

JavaScript Primer

迷わないとための入門書

Iazu, Suguru Inatomi 著



ASCII
DWANGO

※本書の内容は、<https://jsprimer.net/> にて公開されています。

商標

本文中に記載されている社名および商品名は、一般に開発メーカーの登録商標です。
なお、本文中では™・©・®表示を明記しておりません。

はじめに

本書の目的

この書籍の目的は、JavaScript というプログラミング言語を学ぶことです。先頭から順番に読んでいけば、JavaScript の文法や機能を一から学べるように書かれています。

JavaScript の文法といった書き方を学ぶことも重要ですが、実際にどう使われているかを知ることも目的にしています。なぜなら、JavaScript のコードを読んだり書いたりするには、文法の知識だけでは足りないと考えているためです。そのため、「[第一部 基本文法](#)」では文法だけではなく現実の利用方法について言及し、「[第二部 ユースケース](#)」では小さなアプリケーションを例に現実と近い使い方を解説しています。

また、JavaScript は常に変化を取り入れている言語でもあり、言語自身や言語を取り巻く開発環境も変化しています。この書籍では、これらの JavaScript を取り巻く変化に対応できる基礎を身につけていくことを目的としています。そのため、単に書き方を学ぶのではなく、なぜ動かないのかや問題の調べ方にも焦点を当てていきます。

本書の目的でないこと

ひとつの書籍で JavaScript のすべてを学ぶことはできません。なぜなら、JavaScript を使ってできる範囲があまりにも広いためです。そのため、この書籍では取り扱わない内容（目的外）を明確にしておきます。

- 他のプログラミング言語と比較するのが目的ではない
- ウェブブラウザについて学ぶのが目的ではない
- Node.js について学ぶのが目的ではない
- JavaScript のすべての文法や機能を網羅するのが目的ではない
- JavaScript のリファレンスとなることが目的ではない
- JavaScript のライブラリやフレームワークの使い方を学ぶのが目的ではない
- これを読んだから何か作れるというゴールがあるわけではない

この書籍は、リファレンスのようにすべての文法や機能を網羅していくことを目的にはしていません。JavaScript やブラウザの API に関しては、[MDN Web Docs^{*1}](#) (MDN) というすばらしいリファレンスがすでにあります。

ライブラリの使い方や特定のアプリケーションの作り方を学ぶことも目的ではありません。それらに

^{*1} <https://developer.mozilla.org/ja/>

はじめに

については、ライブラリのドキュメントや実在するアプリケーションから学ぶことを推奨しています。もちろん、ライブラリやアプリケーションについての別の書籍をあわせて読むのもよいでしょう。

この書籍は、それらのライブラリやアプリケーションが動くために利用している仕組みを理解する手助けをします。作り込まれたライブラリやアプリケーションは、一見するとまるで魔法のように見えます。実際には、何らかの仕組みがありその上で作られたものがライブラリやアプリケーションとして動いています。

具体的な仕組み自体までは解説しませんが、そこに仕組みがあることに気づき理解する手助けをします。

本書を誰が読むべきか

この書籍は、プログラミング経験のある人が JavaScript という言語を新たに学ぶことを念頭に書かれています。そのため、この書籍で初めてプログラミング言語を学ぶという人には、少し難しい部分があります。しかし、実際にプログラムを動かして学べるように書かれているため、プログラミング初心者が挑戦してみてもよいでしょう。

JavaScript を書いたことはあるが最近の JavaScript がよくわからないという人も、この書籍の読者対象です。2015 年に、JavaScript には ECMAScript 2015 と呼ばれる仕様の大きな変更が入りました。この書籍は、ECMAScript 2015 を前提とした JavaScript の入門書であり、必要な部分では今までの書き方との違いについても触っています。そのため、新しい書き方や何が今までと違うのかわからない場合にも、この書籍は役に立ちます。

この書籍は、JavaScript の仕様に対して真剣に向き合って書かれています。入門書であるからといって、極端に省略して不正確な内容を紹介することは避けています。そのため、JavaScript の熟練者であっても、この書籍を読むことで発見があるはずです。

本書の特徴

この書籍の特徴について簡単に紹介します。

ECMAScript 2015 と呼ばれる仕様の大きな更新が行われた際に、JavaScript には新しい書き方や機能が大きく増えました。今までの JavaScript という言語とは異なるものに見えるほどです。

この書籍は、新しくなった ECMAScript 2015 以降を前提にして一から書かれています。今から JavaScript を学ぶなら、新しくなった ECMAScript 2015 を前提としたほうがよりスッキリと学べるためです。この書籍は、ECMAScript 2015 をベースにしつつ現時点の最新バージョンである ECMAScript book.esversion まで対応しています。

また、現在のウェブブラウザは、ECMAScript 2015 をサポートしています。そのため、この書籍では一から学ぶ上で知る必要がない古い書き方は紹介していないことがあります。しかし、既存のコードを読む際には古い書き方への理解も必要になるので、頻出するケースについては紹介しています。

一方で、近い未来に入るであろう JavaScript の新しい機能については触れていません。なぜなら、それは未来の話であるため不確定な部分が多く、実際の使われ方も予測できないためです。この書籍は、基本を学びつつ現実のユースケースから離れすぎないことを目的としています。

この書籍の文章やソースコードは、オープンソースとして GitHub の [asciidwango/js-primer](https://github.com/asciidwango/js-primer)*²で公開されています。また書籍の内容が jsprimer.net*³という URL で公開されているため、ウェブブラウザで読みます。ウェブ版では、その場でサンプルコードを実行して JavaScript を学べます。

書籍の内容がウェブで公開されているため、書籍の内容を共有したいときに URL を貼れます。また、書籍の内容やサンプルコードは次のライセンスの範囲内で自由に利用できます。

ライセンス

この書籍に記述されているすべてのソースコードは、MIT ライセンスに基づいたオープンソースソフトウェアとして提供されます。また、この書籍の文章は Creative Commons の Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) ライセンスに基づいて提供されます。どちらも、著作権表示がされていればある程度自由に利用できるライセンスとなっています。

この書籍に記述されているすべてのソースコードは、MIT ライセンスに基づいたオープンソースソフトウェアとして提供されます。また、この書籍の文章は Creative Commons の Attribution-NonCommercial 4.0 (CC BY-NC 4.0) ライセンスに基づいて提供されます。どちらも、著作権表示がされていればある程度自由に利用できるライセンスとなっています。

ライセンスについての詳細は、次のライセンス文書をご覧ください。

ライセンス文書

Source Code released under the MIT License. Copyright (c) 2016-present jsprimer project

Permission is hereby granted, free of charge, to any person obtaining a copy of this software and associated documentation files (the "Software"), to deal in the Software without restriction, including without limitation the rights to use, copy, modify, merge, publish, distribute, sublicense, and/or sell copies of the Software, and to permit persons to whom the Software is furnished to do so, subject to the following conditions:

The above copyright notice and this permission notice shall be included in all copies or substantial portions of the Software.

THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS", WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EXPRESS OR IMPLIED, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE AND NONINFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL THE AUTHORS OR COPYRIGHT HOLDERS BE LIABLE FOR ANY CLAIM, DAMAGES OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN AN ACTION OF CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.

The text content released under the CC BY-NC 4.0.

Copyright (c) 2016-present jsprimer project

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

*² <https://github.com/asciidwango/js-primer>

*³ <https://jsprimer.net/>

はじめに

文章の間違いに気づいたら

まったくバグがないプログラムはないのと同様に、まったく間違いのない技術書は存在しません。この書籍もできるだけ間違い（特に技術的な間違い）を減らすように努力していますが、どうしても誤字脱字や技術的な間違い、コード例の間違いなどを見落としている場合があります。

そのため「この書籍には間違いが存在する」と思って読んでいくことを推奨しています。もし、読んでいて間違いを見つけたなら、ぜひ報告してください。

また、文章の意味や意図がわからないといった疑問を持つこともあるでしょう。そのような疑問もぜひ報告してください。

もし、その疑問が実際には間違いではなく勘違いであっても、回答をもらうことで自分の理解を修正できます。そのため、疑問を問い合わせても損することはないはずです。

この書籍は GitHub 上で公開されているため、GitHub リポジトリの Issue としてあなたの疑問を報告できます。

- 書籍の GitHub リポジトリ: <https://github.com/asciidwango/js-primer>

GitHub のアカウントを持っていない方は、次のフォームから報告できます。

- <https://goo.gl/forms/10x4ckFyb0fB9cBM2>

あるいは、アスキードワンゴ編集部にメールを送ることでも報告できます。

- アスキードワンゴ編集部メールアドレス: info@asciidwango.jp

問題を修正する

この書籍は GitHub 上で文章やサンプルのソースコードがすべて公開されています。

そのため、問題を報告するだけではなく、修正内容を Pull Request することで問題を修正できます。

誤字を 1 文字修正するものから技術的な間違いを修正するものまで、どのような修正であっても感謝いたします。問題を見つけたら、ぜひ修正することにも挑戦してみてください。

謝辞

この書籍は次の方々にレビューをしていただきました。

- mizchi (竹馬光太郎)
- 中西優介@better_than_i_w
- @tsin1rou
- sakito
- 川上和義
- 尾上洋介

この書籍をよりよいものにできたのは皆さんのご協力のおかげです。

また、この書籍は最初から [GitHub](#) に公開した状態で執筆が行われています。そのため、Issue で問題の報告や Pull Request で修正を送ってもらうなど、さまざまな人の助けによって成り立っています。この書籍に対してコントリビュートしてくれた方々に感謝します。

変更点

初版からの変更点をまとめると次のようになります。

- ECMAScript の新しいバージョンである ES2020、ES2021、ES2022 に対応した
- 新しい ECMAScript の機能によって、使う必要がなくなった機能は非推奨へと変更した
- 文字では想像しにくいビット演算、非同期処理などに図を追加した
- Promise と Async Function を非同期の処理の中心として書き直した
- 一方で、エラーファーストコールバックは非同期処理としてはメインではなくなった
- `Array#includes` という表記は、Private Class Fields(`#field`) と記号が被るため廃止した
- Node.js でも ECMAScript Modules を使うようになり、CommonJS はメインではなくなった
- Node.js が 12 から 18 までアップデートし、npm は 6 から 8 までアップデート、各種ライブラリも最新にアップデート
- 読者からのフィードバックを受けて、全体をより分かりやすく読みやすくなるように書き直した

ECMAScript はアップデートにより、機能的が利用できなくなるという変更はほぼありません。その点では、初版で紹介した JavaScript は現在でも動作します。

一方で、実際の利用のされ方などの状況を見て、使われなくなっていく機能はあります。そのため、この書籍では古くなった機能は、何によって置き換えたのかも解説しています。

著者紹介

azu

ISO/IEC JTC 1/SC 22/ECMAScript Ad Hoc 委員会エキスパートで ECMAScript、JSON の仕様に関わる。2011 年に JSer.info を立ち上げ、継続的に JavaScript の情報を発信している。ライフワークとしてオープンソースへのコントリビューションをしている。

- Twitter: https://twitter.com/azu_re
- GitHub: <https://github.com/azu>

Suguru Inatomi

長崎生まれ福岡育ち。2016 年より Angular 日本ユーザー会の代表を務める。2018 年に日本で一人目の Google Developers Expert for Angular に認定される。日々の仕事の傍ら、Angular をはじめとする OSS へのコントリビューションや翻訳、登壇、イベントの主催などの活動を続けている。

- Twitter: <https://twitter.com/laco2net>
- GitHub: <https://github.com/lacolaco>

第1部 基本文法

Part 1

第1章

JavaScript とは

Chapter 1

JavaScript を学びはじめる前に、まず JavaScript とはどのようなプログラミング言語なのかを紹介します。

JavaScript は主にウェブブラウザの中で動くプログラミング言語です。ウェブサイトで操作をしたら表示が書き換わったり、ウェブサイトのサーバーと通信してデータを取得したりと現在のウェブサイトには欠かせないプログラミング言語です。このような JavaScript を活用してアプリケーションのように操作できるウェブサイトをウェブアプリとも言います。

JavaScript はウェブブラウザだけではなく、Node.js というサーバー側のアプリケーションを作る仕組みでも利用されています。また、デスクトップアプリやスマートフォンアプリ、IoT (Internet of Things) デバイスでも JavaScript を使って動かせるものがあります。このように、JavaScript はかなり幅広い環境で動いているプログラミング言語で、さまざまな種類のアプリケーションを作成できます。

1.1 JavaScript と ECMAScript

JavaScript という言語は ECMAScript という仕様によって動作が決められています。ECMAScript という仕様では、どの実行環境でも共通な動作のみが定義されているため、基本的にどの実行環境でも同じ動作をします。

一方で、実行環境によって異なる部分もあります。たとえば、ブラウザでは UI (ユーザーインターフェース) を操作するための JavaScript の機能が定義されていますが、サーバー側の処理を書く Node.js ではそれらの機能は不要です。このように、実行環境によって必要な機能は異なるため、それらの機能は実行環境ごとに定義（実装）されています。

そのため、「ECMAScript」はどの実行環境でも共通の部分、「JavaScript」は ECMAScript と実行環境の固有機能も含んだ範囲というのがイメージしやすいでしょう。

ECMAScript の仕様で定義されている機能を学ぶことで、どの実行環境でも対応できる基本的な部分を学べます。この書籍では、この違いを明確に区別する必要がある場合は「ECMAScript」と「JavaScript」という単語を使い分けます。そうでない場合、「JavaScript」という単語を使います。

また、この ECMAScript という仕様（共通の部分）も毎年アップデートされ、新しい文法や機能が追加されています。そのため、実行環境によっては古いバージョンの ECMAScript を実装したものとなっている場合があります。ECMAScript は 2015 年に ECMAScript 2015 (ES2015) として大きく

1.2 JavaScript ってどのような言語？

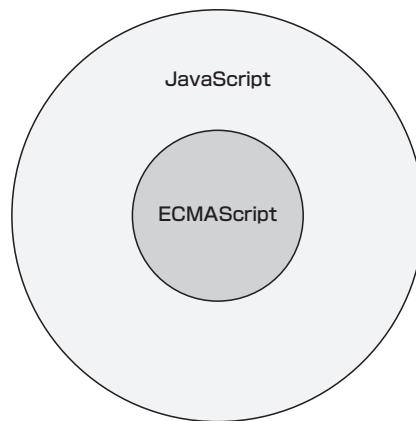


図 1.1 JavaScript と ECMAScript の範囲

アップデートされた仕様が公開されました。

今から JavaScript を学ぶなら、ES2015 以降を基本にしたほうがわかりやすいため、この書籍は ES2015 に基づいた内容となっています。また、既存のコードは ES2015 より前のバージョンを元にしたものも多いため、それらのコードに関しても解説しています。

まずは、JavaScript (ECMAScript) とはどのような言語なのかを大まかに見てていきます。

1.2 JavaScript ってどのような言語？

JavaScript は、元々 Netscape Navigator というブラウザのために開発されたプログラミング言語です。C、Java、Self、Scheme などのプログラミング言語の影響を受けて作られました。

JavaScript は、大部分がオブジェクト（値や処理を 1 つにまとめたものと考えてください）であり、そのオブジェクト同士のコミュニケーションによって成り立っています。オブジェクトには、ECMAScript の仕様として定められたオブジェクト、実行環境が定義したオブジェクト、ユーザー（つまりあなたです）の定義したオブジェクトが存在します。

この書籍の「[第 1 部 基本文法](#)」では ECMAScript の定義する構文やオブジェクトを学んでいきます。「[第 2 部 応用編（ユースケース）](#)」ではブラウザや Node.js といった実行環境が定義するオブジェクトを学びながら、小さなアプリケーションを作成していきます。ユーザーの定義したオブジェクトは、コードを書いていくと自然と登場するため、適宜見ていきます。

次に、JavaScript の言語的な特徴を簡単に紹介していきます。

1.2.1 大文字と小文字を区別する

まず、JavaScript は大文字小文字を区別します。たとえば、次のように `name` という変数を大文字と小文字で書いた場合に、それぞれは別々の `name` と `NAME` という名前の変数として認識されます。

```
// name という名前の変数を宣言
const name = "azu";
```

第1章 JavaScript とは

```
// NAME という名前の変数を宣言
const NAME = "azu";
```

また、大文字で開始しなければならないといった命名規則が意味を持つケースはありません。そのため、あくまで別々の名前として認識されるというだけになっています（変数についての詳細は「[変数と宣言](#)」の章で解説します）。

1.2.2 予約語を持つ

JavaScript には特別な意味を持つキーワードがあり、これらは予約語とも呼ばれます。このキーワードと同じ名前の変数や関数は宣言できません。先ほどの、変数を宣言する `const` も予約語のひとつとなっています。そのため、`const` という名前の変数名は宣言できません。

1.2.3 文はセミコロンで区切られる

JavaScript は、文（Statement）ごとに処理していき、文はセミコロン（;）によって区切られます。特殊なルールに基づき、セミコロンがない文も、行末に自動でセミコロンが挿入されるという仕組みも持っています^{*1}。しかし、暗黙的なものへ頼ると意図しない挙動が発生するため、セミコロンは常に書くようにします（詳細は「[文と式](#)」の章で解説します）。

また、スペース、タブ文字などは空白文字（ホワイトスペース）と呼ばれます。これらの空白文字を文にいくつ置いても挙動に違いはありません。

たとえば、次の 1 足す 1 を行う 2 つの文は、+ の前後の空白文字の個数に違いはありますが、動作としてはまったく同じ意味となります。

```
// 式や文の間にスペースがいくつあっても同じ意味となる
1 + 1;
1 + 1;
```

空白文字の置き方は人によって好みが異なるため、人によって書き方が異なる場合もあります。複数人で開発する場合は、これらの空白文字の置き方を決めたコーディングスタイルを決めるでしょう。コーディングスタイルの統一については「[付録 A 参考リンク集](#)」を参照してください。

1.2.4 strict mode

JavaScript には **strict mode** という実行モードが存在しています。名前のとおり厳格な実行モードで、古く安全でない構文や機能が一部禁止されています。

`"use strict"` という文字列をファイルまたは関数の先頭に書くことで、そのスコープにあるコードは strict mode で実行されます。また、後述する"Module"の実行コンテキストでは、この strict mode がデフォルトとなっています。

```
"use strict";
// このコードは strict mode で実行される
```

^{*1} Automatic Semicolon Insertion と呼ばれる仕組みです。

1.2 JavaScript ってどのような言語？

strict mode では、`eval` や `with` といったレガシーな機能や構文を禁止します。また、明らかな問題を含んだコードに対しては早期的に例外を投げることで、開発者が間違いに気づきやすくしてくれます。

たとえば、次のような `const` などのキーワードを含まずに変数を宣言しようとした場合に、strict mode では例外が発生します。strict mode でない場合は、例外が発生せずにグローバル変数が作られます。

```
"use strict";
mistypedVariable = 42; // => ReferenceError
```

このように、strict mode では開発者が安全にコードを書けるように、JavaScript の落とし穴を一部ふさいでくれます。そのため、常に strict mode で実行できるコードを書くことが、より安全なコードにつながります。

本書では、明示的に「strict mode ではない」ことを宣言した場合を除き、すべて strict mode として実行できるコードを扱います。

1.2.5 実行コンテキスト: Script と Module

JavaScript の実行コンテキストとして "Script" と "Module" があります。コードを書く場合には、この 2 つの実行コンテキストの違いを意識することは多くありません。

"Script" の実行コンテキストは、多くの実行環境ではデフォルトの実行コンテキストです。"Script" の実行コンテキストでは、デフォルトは strict mode ではありません。

"Module" の実行コンテキストは、JavaScript をモジュールとして実行するために、ECMAScript 2015 で導入されたものです。"Module" の実行コンテキストでは、デフォルトが strict mode となり、古く安全でない構文や機能は一部禁止されています。また、モジュールの機能は "Module" の実行コンテキストでしか利用できません。モジュールについての詳細は「[ECMAScript モジュール](#)」の章で解説します。

1.2.6 JavaScript の仕様は毎年更新される

最後に、JavaScript の仕様である ECMAScript は毎年更新され、JavaScript には新しい構文や機能が増え続けています。そのため、この書籍で学んだ後もまだまだ知らなかったことが出てくるはずです。

一方で、ECMAScript は後方互換性が慎重に考慮されているため、過去に書いた JavaScript のコードが動かなくなる変更はほとんど入りません。そのため、この書籍で学んだことのすべてが無駄になることはありません。

ECMAScript の仕様がどのように策定されているかについては「[ECMAScript](#)」の章で解説します。

第2章 コメント

Chapter 2

コメントはプログラムとして評価されないため、ソースコードの説明を書くために利用されています。この書籍でも、JavaScript のソースコードを解説するためにコメントを使っていきます。

コメントの書き方には、一行コメントと複数行コメントの 2 種類があります。

2.1 一行コメント

一行コメントは名前のとおり、一行ずつコメントを書く際に利用します。//以降から行末までがコメントとして扱われるため、プログラムとして評価されません。

```
// 一行コメント  
// この部分はコードとして評価されない
```

2.2 複数行コメント

複数行コメントは名前のとおり、複数行のコメントを書く際に利用します。一行コメントとは違い複数行をまとめて書けるので、長い説明を書く際に利用されています。

/*と*/で囲まれた範囲がコメントとして扱われるため、プログラムとして評価されません。

```
/*  
複数行コメント  
囲まれている範囲がコードとして評価されない  
*/
```

複数行コメントの中に、複数行コメントを書くことはできません。次のように、複数行のコメントをネストして書いた場合は構文エラーとなります。

```
/* ネストされた /* 複数行コメント */ は書けない */
```

2.3 HTML-like コメント ES2015

ECMAScript 2015 (ES2015) から後方互換性のための仕様として **HTML-like コメント** が追加されています。この HTML-like コメントは、ブラウザの実装に合わせた後方互換性のための仕様として定義されています。

HTML-like コメントは名前のとおり、HTML のコメントと同じ表記です。

```
<!-- この行はコメントと認識される
console.log("この行は JavaScript のコードとして実行される");
--> この行もコメントと認識される
```

ここでは、<!--と-->がそれぞれ一行コメントとして認識されます。

JavaScript をサポートしていないブラウザでは、`<script>`タグを正しく認識できないために書かれたコードが表示されていました。それを避けるために`<script>`の中を HTML コメントで囲み、表示はされないが実行されるという回避策が取られていました。今は`<script>`タグをサポートしていないブラウザはないため、この回避策は不要です。

```
<script language="javascript">
<!--
  document.bgColor = "brown";
// -->
</script>
```

一方、`<script>`タグ内、つまり JavaScript 内に HTML コメントが書かれているサイトは残っています。このようなサイトでも JavaScript が動作するという、後方互換性のための仕様として追加されています。

歴史的経緯^{*1}は別として、ECMAScript ではこのように後方互換性が慎重に取り扱われます。ECMAScript は一度入った仕様が使えなくなることはほとんどないため、基本文法で覚えたことが使えなくなることはありません。一方で、仕様が更新されるたびに新しい機能が増えるため、それを学び続けることには変わりありません。

2.4 まとめ

この章では、ソースコードに説明を書けるコメントについて学びました。

- // 以降から行末までが一行コメント
- /* と */で囲まれた範囲が複数行コメント
- HTML-like コメントは後方互換性のためだけに存在する

^{*1} <https://dev.mozilla.jp/2016/03/es6-in-depth-arrow-functions/>

第3章

変数と宣言

Chapter 3

プログラミング言語には、文字列や数値などのデータに名前をつけることで、繰り返し利用できるようする**変数**という機能があります。

JavaScript には「これは変数です」という宣言をするキーワードとして、`const`、`let`、`var` の 3 つがあります。

`var` はもっとも古くからある変数宣言のキーワードですが、意図しない動作を作りやすい問題が知られています。そのため ECMAScript 2015 で、`var` の問題を改善するために `const` と `let` という新しいキーワードが導入されました。

この章では `const`、`let`、`var` の順に、それぞれの方法で宣言した変数の違いについて見ていきます。

3.1 `const` ES2015

`const` キーワードでは、再代入できない変数の宣言とその変数が参照する値（初期値）を定義できます。

次のように、`const` キーワードに続いて変数名を書き、代入演算子（`=`）の右辺に変数の初期値を書いて変数を定義できます。

```
const 変数名 = 初期値;
```

次のコードでは `bookTitle` という変数を宣言し、初期値が "JavaScript Primer" という文字列であることを定義しています。

```
const bookTitle = "JavaScript Primer";
```

`const`、`let`、`var` のキーワードも共通の仕組みですが、変数同士を、（カンマ）で区切ることにより、同時に複数の変数を定義できます。

次のコードでは、`bookTitle` と `bookCategory` という変数を順番に定義しています。

```
const bookTitle = "JavaScript Primer",
      bookCategory = "プログラミング";
```

これは次のように書いた場合と同じ意味になります。

3.2 let

```
const bookTitle = "JavaScript Primer";
const bookCategory = "プログラミング";
```

また、`const` は再代入できない変数を宣言するキーワードです。そのため、`const` キーワードで宣言した変数に対して、後から値を代入することはできません。

次のコードでは、`const` で宣言した変数 `bookTitle` に対して値を再代入しているため、次のようなエラー (`TypeError`) が発生します。エラーが発生するとそれ以降の処理は実行されなくなります。

```
const bookTitle = "JavaScript Primer";
bookTitle = "新しいタイトル"; // => TypeError: invalid assignment to const
                           'bookTitle'
```

一般的に変数への再代入は「変数の値は最初に定義した値と常に同じである」という参照透過性と呼ばれるルールを壊すため、バグを発生させやすい要因として知られています。そのため、変数に対して値を再代入する必要がない場合は、`const` キーワードで変数宣言することを推奨しています。

変数に値を再代入したいケースとして、ループなどの反復処理の途中で特定の変数が参照する値を変化させたい場合があります。そのような場合には、変数への再代入が可能な `let` キーワードを利用します。

3.2 let ES2015

`let` キーワードでは、値の再代入が可能な変数を宣言できます。`let` の使い方は `const` とほとんど同じです。

次のコードでは、`bookTitle` という変数を宣言し、初期値を "JavaScript Primer" という文字列であることを定義しています。

```
let bookTitle = "JavaScript Primer";
```

`let` は `const` とは異なり、初期値を指定しない変数も定義できます。初期値が指定されなかった変数はデフォルト値として `undefined` という値で初期化されます (`undefined` は値が未定義ということを表す値です)。

次のコードでは、`bookTitle` という変数を宣言しています。このとき `bookTitle` には初期値が指定されていないため、デフォルト値として `undefined` で初期化されます。

```
let bookTitle;
// bookTitle は自動的に undefined という値になる
```

この `let` で宣言された `bookTitle` という変数には、代入演算子 (=) を使うことで値を代入できます。代入演算子 (=) の右側には変数へ代入する値を書きますが、ここでは "JavaScript Primer" という文字列を代入しています。

```
let bookTitle;
bookTitle = "JavaScript Primer";
```

第3章 変数と宣言

`let` で宣言した変数に対しては何度でも値の代入が可能です。

```
let count = 0;
count = 1;
count = 2;
count = 3;
```

3.3 var

`var` キーワードでは、値の再代入が可能な変数を宣言できます。`var` の使い方は `let` とほとんど同じです。

```
var bookTitle = "JavaScript Primer";
```

`var` では、`let` と同じように初期値がない変数を宣言でき、変数に対して値の再代入もできます。

```
var bookTitle;
bookTitle = "JavaScript Primer";
bookTitle = "新しいタイトル";
```

3.3.1 var の問題

`var` は `let` とよく似ていますが、`var` キーワードには同じ名前の変数を再定義できてしまう問題があります。

`let` や `const` では、同じ名前の変数を再定義しようとすると、次のような構文エラー (SyntaxError) が発生します。そのため、間違えて変数を二重に定義してしまうというミスを防ぐことができます。

```
// "x" という変数名で変数を定義する
let x;
// 同じ変数名の変数"x"を定義すると SyntaxError となる
let x; // => SyntaxError: redeclaration of let x
```

一方、`var` は同じ名前の変数を再定義できます。これは意図せずに同じ変数名で定義してもエラーとならずに、値を上書きしてしまいます。

```
// "x" という変数を定義する
var x = 1;
// 同じ変数名の変数"x"を定義できる
var x = 2;
// 変数 x は 2 となる
```

また `var` には変数の巻き上げと呼ばれる意図しない挙動があり、`let` や `const` ではこの問題が解消されています。`var` による変数の巻き上げの問題については「[関数とスコープ](#)」の章で解説します。そ

3.4 変数名に使える名前のルール

のため、現時点では「`let` は `var` を改善したバージョン」ということだけ覚えておくとよいです。

このように、`var` にはさまざまな問題があります。また、ほとんどすべてのケースで `var` は `const` か `let` に置き換えが可能です。そのため、これから書くコードに対して `var` を利用することは避けたほうがよいでしょう。

なぜ `let` や `const` は追加されたのか？

ECMAScript 2015 では、`var` そのものを改善するのではなく、新しく `const` と `let` というキーワードを追加することで、`var` の問題を回避できるようにしました。`var` 自体の動作を変更しなかったのは、後方互換性のためです。

なぜなら、`var` の挙動 자체を変更してしまうと、すでに `var` で書かれたコードの動作が変わってしまい、動かなくなるアプリケーションが出てくるためです。新しく `const` や `let` などのキーワードを ECMAScript 仕様に追加しても、そのキーワードを使っているソースコードは追加時点では存在しません^a。そのため、`const` や `let` が追加されても後方互換性には影響がありません。

このように、ECMAScript では機能を追加する際にも後方互換性を重視しているため、`var` 自体の挙動は変更されませんでした。

^a `let` や `const` は ECMAScript 2015 以前に予約語として定義されていたため、既存のコードと衝突する可能性はありませんでした。

3.4 変数名に使える名前のルール

ここまで `const`、`let`、`var` での変数宣言とそれぞれの特徴について見てきました。どのキーワードにおいても宣言できる変数に利用できる名前のルールは同じです。また、このルールは変数の名前や関数の名前といった JavaScript の識別子において共通するルールとなります。

変数名の名前（識別子）には、次のルールがあります。

1. 半角のアルファベット、`_`（アンダースコア）、`$`（ダラー）、数字を組み合わせた名前にする
2. 変数名は数字から開始できない
3. 予約語と被る名前は利用できない

変数の名前は、半角のアルファベットである `A` から `Z`（大文字）と `a` から `z`（小文字）、`_`（アンダースコア）、`$`（ダラー）、数字の `0` から `9` を組み合わせた名前にします。JavaScript では、アルファベットの大文字と小文字は区別されます。

これらに加えて、ひらがなや一部の漢字なども変数名に利用できますが、全角の文字列が混在すると環境によって扱いにくいくこともあるためお勧めしません。

```
let $; // OK: $が利用できる
let _title; // OK: _が利用できる
let jquery; // OK: 小文字のアルファベットが利用できる
let TITLE; // OK: 大文字のアルファベットが利用できる
let es2015; // OK: 数字は先頭以外なら利用できる
```

第3章 変数と宣言

```
let 日本語の変数名; // OK: 一部の漢字や日本語も利用できる
```

変数名に数字を含めることはできますが、変数名を数字から開始することはできません。これは変数名と数値が区別できなくなってしまうためです。

```
let 1st; // NG: 数字から始まっている
let 123; // NG: 数字のみで構成されている
```

また、予約語として定義されているキーワードは変数名には利用できません。予約語とは、`let` のように構文として意味を持つキーワードのことです。予約語の一覧は「[予約語 — JavaScript | MDN](#)」^{*1}で確認できますが、基本的には構文として利用される名前が予約されています。

```
let let; // NG: let は変数宣言のために予約されているので利用できない
let if; // NG: if は if 文のために予約されているので利用できない
```

const は定数ではない

`const` は「再代入できない変数」を定義する変数宣言であり、必ずしも定数を定義するわけではありません。定数とは、一度定義した名前（変数名）が常に同じ値を示すものです。

JavaScript でも、`const` 宣言によって定数に近い変数を定義できます。次のように、`const` 宣言によって定義した変数を、変更できないプリミティブな値で初期化すれば、それは実質的に定数です。プリミティブな値とは、数値や文字列などオブジェクト以外のデータです（詳細は「[データ型とリテラル](#)」の章で解説します）。

```
// TEN_NUMBER という変数は常に 10 という値を示す
const TEN_NUMBER = 10;
```

しかし、JavaScript ではオブジェクトなども `const` 宣言できます。次のコードのように、オブジェクトという値そのものは、初期化したあとでも変更できます。

```
// const でオブジェクトを定義している
const object = {
  key: "値"
};
// オブジェクトそのものは変更できてしまう
object.key = "新しい値";
```

このように、`const` で宣言した変数が常に同じ値を示すとは限らないため、定数とは呼べません（詳細は「[オブジェクト](#)」の章で解説します）。

また `const` には、変数名の命名規則はなく、代入できる値にも制限はありません。そのため、`const` 宣言の特性として「再代入できない変数」を定義すると理解しておくのがよいでしょう。

^{*1} https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Reserved_Words

3.5 まとめ

この章では、JavaScriptにおける変数を宣言するキーワードとして `const`、`let`、`var`があることにについて学びました。

- `const` は、再代入できない変数を宣言できる
- `let` は、再代入ができる変数を宣言できる
- `var` は、再代入ができる変数を宣言できるが、いくつかの問題が知られている
- 変数の名前（識別子）には利用できる名前のルールがある

`var` はほとんどすべてのケースで `let` や `const` に置き換えが可能です。`const` は再代入できない変数を定義するキーワードです。再代入を禁止することで、ミスから発生するバグを減らすことが期待できます。このため変数を宣言する場合には、まず `const` で定義できないかを検討し、できない場合は `let` を使うことを推奨しています。

第4章 値の評価と表示

Chapter 4

変数宣言をすることで値に名前をつける方法を学びました。次はその値をどのように評価するかについてです。

値の評価とは、入力した値を評価してその結果を返すことを示しています。たとえば、次のような値の評価があります。

- `1 + 1` という式を評価したら `2` という結果を返す
- `bookTitle` という変数を評価したら、変数に代入されている値を返す
- `const x = 1;` という文を評価することで変数を定義するが、この文には返り値はない

この値の評価方法を確認するために、ウェブブラウザ（以下ブラウザ）を使って JavaScript を実行する方法を見ていきます。

4.1 この書籍で利用するブラウザ

まずはブラウザ上で JavaScript のコードを実行してみましょう。この書籍ではブラウザとして Firefox を利用します。次の URL から Firefox をダウンロードし、インストールしてください。

- Firefox: <https://www.mozilla.org/ja/firefox/new/>

この書籍で紹介するサンプルコードのほとんどは、Google Chrome、Microsoft Edge、Safari などのブラウザの最新版でも動作します。一方で、古い JavaScript しかサポートしていない Internet Explorer では多くのコードは動作しません。

また、ブラウザによっては標準化されていないエラーメッセージの細かな違いや開発者ツールの使い方の違いなどもあります。この書籍では Firefox で実行した結果を記載しています。そのため、Firefox 以外のブラウザでは細かな違いがあることに注意してください。

4.2 ブラウザで JavaScript を実行する

ブラウザで JavaScript を実行する方法としては大きく分けて 2 つあります。1 つ目はブラウザの開発者ツールのコンソール上で JavaScript コードを評価する方法です。2 つ目は HTML ファイルを作成し JavaScript コードを読み込む方法です。

4.2 ブラウザで JavaScript を実行する

4.2.1 ブラウザの開発者ツールのコンソール上で JavaScript コードを評価する方法

ブラウザや Node.js など多くの実行環境には、コードを評価してその結果を表示する REPL (read–eval–print loop) と呼ばれる開発者向けの機能があります。Firefox では、開発者ツールのウェブコンソールと呼ばれるパネルに REPL 機能が含まれています。REPL 機能を使うことで、試したいコードをその場で実行できるため、JavaScript の動作を理解するのに役立ちます。

REPL 機能を使うには、まず Firefox の開発者ツールを次のいずれかの方法で開きます。

- Firefox メニュー（メニューバーがある場合や macOS では、ツールメニュー）の”ブラウザツール”のサブメニューから”ウェブ開発ツール”を選択する
- キーボードショートカット **[Ctrl]+[Shift]+[K]** (macOS では **[Command]+[Option]+[K]**) を押下する

詳細は “[ウェブコンソールを開く](#)”^{*1} を参照してください。



図 4.1 Firefox でウェブコンソールを開いた状態

開発者ツールの”コンソール”タブを選択すると、コマンドライン（二重山カッコ>>からはじまる欄）に任意のコードを入力して評価できます。このコマンドラインがブラウザにおける REPL 機能です。

REPL に 1 という値を入力し Enter キーを押すと、その評価結果である 1 が次の行に表示されます。

```
>> 1
1
```

^{*1} https://developer.mozilla.org/ja/docs/Tools/Web_Console/Opening_the_Web_Console

第4章 値の評価と表示

`1 + 1` という式を入力すると、その評価結果である `2` が次の行に表示されます。

```
>> 1 + 1
2
```

次に `const` キーワードを使って `bookTitle` という変数を宣言してみると、`undefined` という結果が次の行に表示されます。変数宣言は変数名と値を関連づけるだけであるため、変数宣言自体は何も値を返さないという意味で `undefined` が結果になります。REPL ではそのまま次の入力ができるため、`bookTitle` という入力をすると、先ほど変数を入れた "JavaScript Primer" という結果が次の行に表示されます。

```
>> const bookTitle = "JavaScript Primer";
undefined
>> bookTitle
"JavaScript Primer"
```

このようにコマンドラインの REPL 機能では、JavaScript のコードを 1 行ごとに実行できます。
`[Shift]+[Enter]` で改行して複数行の入力もできます。好きな単位で JavaScript のコードを評価できるため、コードの動きを簡単に試したい場合などに利用できます。

注意点としては、REPL ではその REPL を終了するまで `const` キーワードなどで宣言した変数が残り続けます。たとえば、`const` での変数宣言は同じ変数名を二度定義できないというルールでした。そのため 1 行ずつ実行しても、同じ変数名を定義したことになるため構文エラー (`SyntaxError`) となります。

```
>> const bookTitle = "JavaScript Primer";
undefined
>> const bookTitle = "JavaScript Primer";
SyntaxError: redeclaration of const bookTitle
```

ブラウザでは、開発者ツールを開いているウェブページでリロードすると REPL の実行状態もリセットされます。`redeclaration` (再定義) に関するエラーメッセージが出た際にはページをリロードしてみてください。

4.2.2 HTML ファイルを作成して JavaScript コードを読み込む方法

REPL はあくまで開発者向けの機能です。ウェブサイトでは HTML に記述した `<script>` タグで JavaScript を読み込んで実行します。ここでは、HTML と JavaScript ファイルを使った JavaScript コードの実行方法を見ていきます。

HTML ファイルと JavaScript ファイルの 2 種類を使って、JavaScript のコードを実行する準備をしていきます。ファイルを作成するため [Visual Studio Code^{*2}](https://code.visualstudio.com/) などの JavaScript に対応したエディターを用意しておくとスムーズです。エディターはどんなものでも問題ありませんが、必ず文字コード（エンコーディング）は **UTF-8**、改行コードは **LF** にしてファイルを保存してください。

^{*2} <https://code.visualstudio.com/>

ファイルを作成するディレクトリはどんな場所でも問題ありませんが、ここでは `example` という名前のディレクトリにファイルを作成していきます。

まずは JavaScript ファイルとして `index.js` ファイルを `example/index.js` というパスに作成します。`index.js` の中には次のようなコードを書いておきます。

index.js

```
1;
```

次に HTML ファイルとして `index.html` ファイルを `example/index.html` というパスに作成します。この HTML ファイルから先ほど作成した `index.js` ファイルを読み込んで実行します。`index.html` の中には次のようなコードを書いておきます。

index.html

```
<html>
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>Example</title>
  <script src=".//index.js"></script>
</head>
<body></body>
</html>
```

重要なのは `<script src=".//index.js"></script>` という記述です。これは同じディレクトリにある `index.js` という名前の JavaScript ファイルをスクリプトとして読み込むという意味になります。

最後にブラウザで作成した `index.html` を開きます。HTML ファイルを開くには、ブラウザに HTML ファイルをドラッグアンドドロップするかまたはファイルメニューから “ファイルを開く” で HTML ファイルを選択します。HTML ファイルを開いた際に、ブラウザのアドレスバーには `file:///` からはじまるローカルファイルのファイルパスが表示されます。

先ほどと同じ手順で “ウェブコンソール” を開いてみると、コンソールには何も表示されていないはずです。REPL では自動で評価結果のコンソール表示まで行いますが、JavaScript コードとして読み込んだ場合は勝手に評価結果を表示することはできません。あくまで自動表示は REPL の機能です。そのため多くの実行環境では **コンソール表示** するための API (機能) が存在しています。

4.3 Console API

JavaScript の多くの実行環境では、Console API を使ってコンソールに表示します。`console.log(引数)` の引数にコンソール表示したい値を渡すことで、評価結果がコンソールに表示されます。

先ほどの `index.js` の中身を次のように書き換えます。そしてページをリロードすると、`1` という

第4章 値の評価と表示

値を評価した結果がウェブコンソールに表示されます。

```
index.js
```

```
console.log(1); // => 1
```

次のように引数に式を書いた場合は先に引数((と)の間に書かれたもの)の式を評価してから、その結果をコンソールに表示します。そのため、 $1 + 1$ の評価結果として 2 がコンソールに表示されます。

```
index.js
```

```
console.log(1 + 1); // => 2
```

同じように引数に変数を渡すこともできます。この場合もまず先に引数である変数を評価してから、その結果をコンソールに表示します。

```
index.js
```

```
const total = 42 + 42;  
console.log(total); // => 84
```

Console API は原始的なプリントデバッグとして利用できます。「この値は何だろう」と思ったらコンソールに表示すると解決する問題は多いです。また JavaScript の開発環境は高機能化が進んでいるため、Console API 以外にもさまざまな機能がありますがここでは詳細は省きます。

この書籍では、コード内で評価結果を表示するために Console API を利用していきます。

すでに何度も登場していますが、コード内のコメントで// => 評価結果と書いている場合があります。このコメントは、その左辺にある値を評価した結果または Console API で表示した結果を掲載しています。

```
// 式の評価結果の例（コンソールには表示されない）  
1; // => 1  
const total = 42 + 42;  
// 変数の評価結果の例（コンソールには表示されない）  
total; // => 84  
// Console API でコンソールに表示する例  
console.log("JavaScript"); // => "JavaScript"
```

4.4 ウェブ版の書籍でコードを実行する

4.4 ウェブ版の書籍でコードを実行する

ウェブ版の書籍では実行できるサンプルコードには実行というボタンが配置されています。このボタンでは実行するたびに毎回新しい環境を作成して実行するため、REPL で発生する変数の再定義といった問題はおきません。

一方で、REPL と同じように 1 というコードを実行すると 1 という評価結果を得られます。また Console API にも対応しています。サンプルコードを改変して実行するなど、よりコードへの理解を深めるために利用できます。

```
console.log("Console API で表示");
// 値を評価した場合は最後の結果が表示される
42; // => 42
```

4.5 コードの評価とエラー

JavaScript のコードを実行したときにエラーメッセージが表示されて意図したように動かなかった場合もあるはずです。プログラムを書くときに一度もエラーを出さずに書き終えることはほとんどありません。特に新しいプログラミング言語を学ぶ際にはトライアンドエラー（試行錯誤）することはとても重要です。

エラーメッセージがウェブコンソールに表示された際には、あわてずにそのエラーメッセージを読むことで多くの問題は解決できます。またエラーには大きく分けて構文エラーと実行時エラーの 2 種類があります。ここではエラーメッセージの簡単な読み方を知り、そのエラーを修正する足がかりを見ていきます。

4.5.1 構文エラー

構文エラー (SyntaxError) は書かれたコードの文法が間違っている場合に発生するエラーです。

JavaScript エンジンは、コードをパース（解釈）してから、プログラムとして実行できる形に変換して実行します。コードをパースする際に文法の問題が見つかると、その時点で構文エラーが発生するためプログラムとして実行できません。

次のコードでは、関数呼び出しに) をつけ忘れているため構文エラーが発生します。

index.js

```
console.log(1; // => SyntaxError: missing ) after argument list
```

Firefox でこのコードを実行すると次のようなエラーメッセージがコンソールに表示されます。

```
SyntaxError: missing ) after argument list[詳細] index.js:1:13
```

エラーメッセージはブラウザによって多少の違いはありますが、基本的には同じ形式のメッセージに

第4章 値の評価と表示

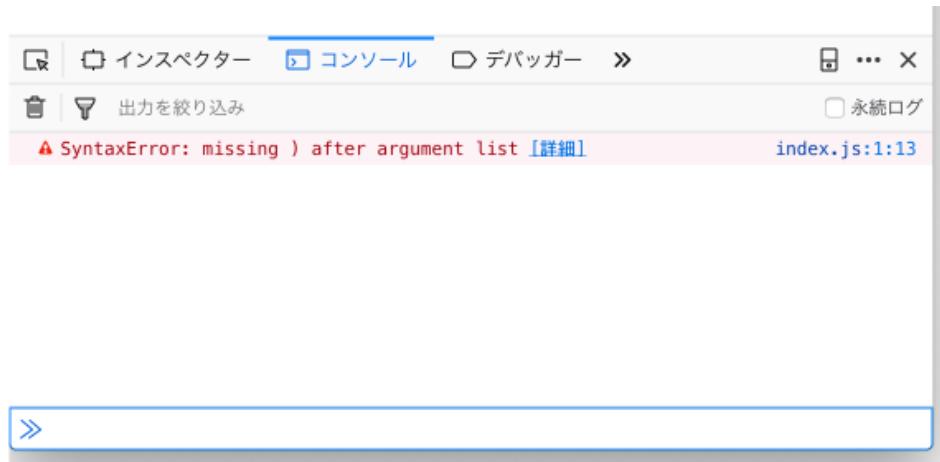


図4.2 コンソールに表示された SyntaxError

なります。このエラーメッセージをパートごとに見てみると次のようになります。

SyntaxError: missing) after argument list	[詳細]	index.js:1:13
~~~~~	~~~~~	~~~~~
エラーの種類		行番号: 列番号
エラー内容の説明		ファイル名
メッセージ	意味	
SyntaxError: missing ) after argument list index.js:1:13	エラーの種類は SyntaxError で、関数呼び出しの ) が足りない 例外が index.js の 1 行目 13 列目で発生した	

Firefoxでは[詳細]というリンクがエラーメッセージによっては表示されます。この[詳細]リンクはエラーメッセージに関するMDNの解説ページへのリンクとなっています。この例のエラーメッセージでは次の解説ページへリンクされています。

- [https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Errors/Missing_parenthesis_after_argument_list](https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Errors/Missing_parenthesis_after_argument_list)

このエラーメッセージや解説ページから、関数呼び出しの ) が足りないため構文エラーとなっていることがわかります。そのため、次のように足りない ) を追加することでエラーを修正できます。

```
console.log(1);
```

## 4.5 コードの評価とエラー

構文エラーによっては少しエラーメッセージから意味が読み取りにくいものもあります。  
次のコードでは、`const` を `cosnt` とタイプミスしているため構文エラーが発生しています。

```
index.js
cosnt a = 1;
```

SyntaxError: unexpected token: identifier[詳細] index.js:1:6

メッセージ	意味
SyntaxError: unexpected token: identifier <a href="#">index.js:1:6</a>	エラーの種類は <code>SyntaxError</code> で、予期しない識別子（変数名 <code>a</code> ）が指定されている 例外が <code>index.js</code> の 1 行目 6 列目で発生した

プログラムをパースする際に `index.js:1:6` で予期しない（構文として解釈できない）識別子が見つかったため、構文エラーが発生したという意味になります。1行目6列目（行は1から、列は0からカウントする）である `a` という文字列がおかしいということになります。しかし、実際には `cosnt` というタイプミスがこの構文エラーの原因です。

なぜこのようなエラーメッセージになるかというと、`cosnt` (`const` のタイプミス) はキーワードではないため、ただの変数名として解釈されます。そのため、このコードは次のようなコードであると解釈され、そのような文法は認められないということで構文エラーとなっています。

`cosnt` という変数名 `a` という変数名 = 1;

このようにエラーメッセージとエラーの原因是必ずしも一致しません。しかし、構文エラーの原因是コードの書き間違いであることがほとんどです。そのため、エラーが発生した位置やその周辺を注意深く見てることで、エラーの原因を特定できます。

#### 4.5.2 実行時エラー

実行時エラーはプログラムを実行している最中に発生するエラーです。実行時（ランタイム）に起きるエラーであるため、ランタイムエラーと呼ばれることもあります。API に渡す値のデータ型の問題から起きた `TypeError` や存在しない変数を参照しようとして起きた `ReferenceError` などさまざまな種類があります。

実行時エラーが発生した場合は、そのコードは構文としては正しい（構文エラーではない）のですが、別のことが原因でエラーが発生しています。

次のコードでは `x` という存在しない変数を参照したため、`ReferenceError` という実行時エラーが発生しています。

## 第4章 値の評価と表示

index.js

```
const value = "値";
console.log(x); // => ReferenceError: x is not defined
```

ReferenceError: x is not defined[詳細] index.js:2:1

メッセージ	意味
ReferenceError: x is not defined	エラーの種類は <code>ReferenceError</code> で、 <code>x</code> という未定義の識別子を参照したため発生
index.js:2:1	例外が <code>index.js</code> の 2 行目 1 列目で発生した

`x` という変数や関数が存在するかは、実行してみないとわかりません。そのため、実行して `x` という識別子を参照したときに、初めて `x` が存在するかが判明し、`x` が存在しない場合は `ReferenceError` となります。

この例では、`value` 変数を参照しているつもりで、`x` という存在しない変数を参照していたのが原因のようです。先ほどのコードは、次のように参照する変数を `value` に変更すれば、エラーが修正できます。

```
const value = "値";
console.log(value); // => "値"
```

このように、実行時エラーは該当する箇所を実行するまで、エラーになるかがわからない場合も多いのです。そのため、どこまではちゃんと実行できたか順番に追っていくような、エラーの原因を特定する作業が必要になる場合があります。このようなエラーの原因を特定し、修正する作業のことを **デバッグ** と呼びます。

実行時エラーは構文エラーに比べてエラーの種類も多く、その原因もプログラムの数だけあります。そのため、エラーの原因を見つけることが大変な場合もあります。しかし、JavaScript はとてもよく使われている言語なので、ウェブ上には類似するエラーを報告している人も多いです。エラーメッセージで検索をしてみると、類似するエラーの原因と解消方法が見つかるケースもあります。

実行時エラーが発生した際には、エラーが発生した行の周辺をよく見ることやエラーメッセージを調べてみることが大切です。

## 4.6 まとめ

ブラウザ上で JavaScript を実行する方法として開発者ツールを使う方法と HTML から JavaScript ファイルを読み込む方法を紹介しました。「[第1部 基本文法](#)」で紹介するサンプルコードは基本的にこれらの方法で実行できます。サンプルコードを自分なりに改変して実行してみるとより理解が深くなるため、サンプルコードの動作を自分自身で確認してみてください。

コードを実行してエラーが発生した場合にはエラーメッセージや位置情報などが表示されます。これらのエラー情報をを使ってデバッグすることでエラーの原因を取り除けるはずです。

## 4.6 まとめ

JavaScriptにおいては多くのエラーはすでに類似するケースがウェブ上に報告されています。構文エラーや実行時エラーの典型的なものはMDNの[JavaScriptエラーリファレンス](#)*3にまとめられています。また[Google](#)*4、[GitHub](#)*5、[Stack Overflow](#)*6などでエラーメッセージを検索することで、エラーの原因を見つけられることもあります。

エラーがウェブコンソールに表示されているならば、そのエラーは修正できます。エラーを過度に怖がる必要はありません。エラーメッセージなどのヒントを使ってエラーを修正していくようにしましょう。

---

*3 <https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Errors>  
*4 <https://www.google.com/>  
*5 <https://github.com/>  
*6 <https://stackoverflow.com/>

## 第5章

# データ型とリテラル

---

# Chapter 5

### 5.1 データ型

JavaScript は動的型づけ言語に分類される言語であるため、静的型づけ言語のような変数の型はありません。しかし、文字列、数値、真偽値といった値の型は存在します。これらの値の型のことをデータ型と呼びます。

データ型を大きく分けると、プリミティブ型とオブジェクトの2つに分類されます。

プリミティブ型（基本型）は、真偽値や数値などの基本的な値の型のことです。プリミティブ型の値は、一度作成したらその値自体を変更できないという immutable の特性を持ちます。JavaScript では、文字列も一度作成したら変更できない mutable の特性を持ち、プリミティブ型の一種として扱われます。

一方、プリミティブ型ではないものをオブジェクト（複合型）と呼び、オブジェクトは複数のプリミティブ型の値またはオブジェクトからなる集合です。オブジェクトは、一度作成した後もその値自体を変更できるため mutable の特性を持ちます。オブジェクトは、値そのものではなく値への参照を経由して操作されるため、参照型のデータとも言います。

データ型を細かく見ていくと、7つのプリミティブ型とオブジェクトからなります。

- プリミティブ型（基本型）
  - 真偽値 (Boolean) : `true` または `false` のデータ型
  - 数値 (Number) : `42` や `3.14159` などの数値のデータ型
  - 巨大な整数 (BigInt) : ES2020 から追加された `9007199254740992n` などの任意精度の整数のデータ型
  - 文字列 (String) : `"JavaScript"` などの文字列のデータ型
  - `undefined`: 値が未定義であることを意味するデータ型
  - `null`: 値が存在しないことを意味するデータ型
  - シンボル (Symbol) : ES2015 から追加された一意で不变な値のデータ型
- オブジェクト（複合型）
  - プリミティブ型以外のデータ
  - オブジェクト、配列、関数、クラス、正規表現、Date など

プリミティブ型でないものは、オブジェクトであると覚えていれば問題ありません。

`typeof` 演算子を使うことで、次のようにデータ型を調べることができます。

```
console.log(typeof true); // => "boolean"
console.log(typeof 42); // => "number"
console.log(typeof 9007199254740992n); // => "bigint"
console.log(typeof "JavaScript"); // => "string"
console.log(typeof Symbol("シンボル")); // => "symbol"
console.log(typeof undefined); // => "undefined"
console.log(typeof null); // => "object"
console.log(typeof ["配列"]); // => "object"
console.log(typeof { "key": "value" }); // => "object"
console.log(typeof function() {}); // => "function"
```

プリミティブ型の値は、それぞれ `typeof` 演算子の評価結果として、その値のデータ型を返します。一方で、オブジェクトに分類される値は"object"となります。

配列（`[]`）とオブジェクト（`{} / ()`）は、どちらも"object"という判定結果になります。そのため、`typeof` 演算子ではオブジェクトの詳細な種類を正しく判定することはできません。ただし、関数はオブジェクトの中でも特別扱いされているため、`typeof` 演算子の評価結果は"function"となります。また、`typeof null` が"object"となるのは、歴史的経緯のある仕様のバグ^{*1}です。

このことからもわかるように `typeof` 演算子は、プリミティブ型またはオブジェクトかを判別するものです。`typeof` 演算子では、オブジェクトの詳細な種類を判定できないことは、覚えておくとよいでしょう。各オブジェクトの判定方法については、それぞれのオブジェクトの章で見ていきます。

## 5.2 リテラル

プリミティブ型の値や一部のオブジェクトは、リテラルを使うことで簡単に定義できるようになっています。

リテラルとはプログラム上で数値や文字列など、データ型の値を直接記述できるように構文として定義されたものです。たとえば、"と"で囲んだ範囲が文字列リテラルで、これは文字列型のデータを表現しています。

次のコードでは、"こんにちは"という文字列型のデータを初期値に持つ変数 `str` を定義しています。

```
// "と"で囲んだ範囲が文字列リテラル
const str = "こんにちは";
```

リテラル表現がない場合は、その値を作る関数に引数を渡して作成する形になります。そのような冗長な表現を避ける方法として、よく利用される主要なデータ型にはリテラルが用意されています。

次の4つのプリミティブ型は、それぞれリテラル表現を持っています。

- 真偽値

---

^{*1} JavaScript が最初に Netscape で実装された際に `typeof null === "object"` となるバグがありました。このバグを修正するとすでにこの挙動に依存しているコードが壊れるため、修正が見送られ現在の挙動が仕様となりました。詳しくは <https://2ality.com/2013/10/typeof-null.html> を参照。

## 第5章 データ型とリテラル

- 数値
- 文字列
- null

また、オブジェクトの中でもよく利用されるものに関してはリテラル表現が用意されています。

- オブジェクト
- 配列
- 正規表現

これらのリテラルについて、まずはプリミティブ型から順番に見ていきます。

### 5.2.1 真偽値 (Boolean)

真偽値には `true` と `false` のリテラルがあります。それぞれ `true` と `false` の値を返すリテラルで、見た目どおりの意味となります。

```
true; // => true
false; // => false
```

### 5.2.2 数値 (Number)

数値には 42 のような整数リテラルと 3.14159 のような浮動小数点数リテラルがあります。

これらのリテラルで表現できる数値は [IEEE 754](#) の倍精度浮動小数として扱われます。倍精度浮動小数では 64 ビットで数値を表現します。64 ビットのうち 52 ビットを数字の格納のために使い、11 ビットを小数点の位置に使い、残りの 1 ビットはプラスとマイナスの符号です。そのため、正確に扱える数値の最大値は  $2^{53} - 1$  (2 の 53 乗から 1 引いた値) となります。

#### 整数リテラル

整数リテラルには次の 4 種類があります。

- 10 進数: 数字の組み合わせ
  - ただし、複数の数字を組み合わせた際に、先頭を 0 から開始すると 8 進数として扱われる場合があります
  - 例) 0、2、10
- 2 進数: `0b` (または `OB`) の後ろに、0 または 1 の数字の組み合わせ
  - 例) `0b0`、`0b10`、`0b1010`
- 8 進数: `0o` (または `OO`) の後ろに、0 から 7 までの数字の組み合わせ
  - `0o` は数字のゼロと小文字アルファベットの `o`
  - 例) `0o644`、`0o777`
- 16 進数: `0x` (または `OX`) の後ろに、0 から 9 までの数字と `a` から `f` または `A` から `F` のアルファベットの組み合わせ
  - アルファベットの大文字・小文字の違いは値には影響しません

## – 例) 0x30A2、0xEEFF

0 から 9 の数字のみで書かれた数値は、10 進数として扱われます。

```
console.log(1); // => 1
console.log(10); // => 10
console.log(255); // => 255
```

0b からはじまる 2 進数リテラルは、ビットを表現するのによく利用されています。b は 2 進数を表す binary を意味しています。

```
console.log(0b1111); // => 15
console.log(0b1000000000); // => 1024
```

0o からはじまる 8 進数リテラルは、ファイルのパーミッションを表現するのによく利用されています。o は 8 進数を表す octal を意味しています。

```
console.log(0o644); // => 420
console.log(0o777); // => 511
```

次のように、0 からはじまり、0 から 7 の数字を組み合わせた場合も 8 進数として扱われます。しかし、この表記は 10 進数と紛らわしいものであったため、ES2015 で 0o の 8 進数リテラルが新たに導入されました。また、strict mode ではこの書き方は例外が発生するため、次のような 8 進数の書き方は避けるべきです（詳細は「[JavaScript とは](#)」の「strict mode」を参照）。

```
// 非推奨な 8 進数の書き方
// strict mode は例外が発生
console.log(0644); // => 420
console.log(0777); // => 511
```

0x からはじまる 16 進数リテラルは、文字のコードポイントや RGB 値の表現などに利用されています。x は 16 進数を表す hex を意味しています。

```
console.log(0xFF); // => 255
// 小文字で書いても意味は同じ
console.log(0xff); // => 255
console.log(0x30A2); // => 12450
```

名前	表記例	用途
10 進数	42	数値
2 進数	0b0001	ビット演算など
8 進数	0o777	ファイルのパーミッションなど
16 進数	0xEEFF	文字のコードポイント、RGB 値など

## 第5章 データ型とリテラル

**浮動小数点数リテラル**

浮動小数点数をリテラルとして書く場合には、次の2種類の表記が利用できます。

- 3.14159 のような.（ドット）を含んだ数値
- 2e8 のような e または E を含んだ数値

0 からはじまる浮動小数点数は、0 を省略して書くことができます。

```
.123; // => 0.123
```

しかし、JavaScript では. をオブジェクトにおいて利用する機会が多いため、0 からはじまる場合でも省略せずに書いたほうが意図しない挙動を減らせるでしょう。



変数名を数字からはじめることができないのは、数値リテラルと衝突してしまうからです。

e は指数（exponent）を意味する記号で、e のあとには指数部の値を書きます。たとえば、2e8 は  $2 \times 10^8$  の 8 乗となるので、10 進数で表すと 200000000 となります。

```
2e8; // => 200000000
```

**5.2.3 BigInt ES2020**

JavaScript では、1 や 3.14159 などの数値リテラルは [IEEE 754](#) で定義された倍精度浮動小数となります。倍精度浮動小数で正確に扱える数値の最大値は  $2^{53} - 1$  (2 の 53 乗から 1 引いた値である 9007199254740991) です。この数値リテラルで安全に表せる最大の数値は `Number.MAX_SAFE_INTEGER` として定義されています。

```
console.log(Number.MAX_SAFE_INTEGER); // => 9007199254740991
```

数値リテラルで  $2^{53} - 1$  (9007199254740991) よりも大きな値を表現したり計算すると間違った結果となる場合があります。

この問題を解決するために、ES2020 では `BigInt` という新しい整数型のデータ型とリテラルが追加されました。数値リテラルは倍精度浮動小数 (64 ビット) で数値を扱うのに対して、`BigInt` では任意の精度の整数を扱えます。そのため、`BigInt` では  $2^{53} - 1$  (9007199254740991) よりも大きな整数を正しく表現できます。

`BigInt` リテラルは、数値の後ろに `n` をつけます。

```
console.log(1n); // => 1n
// 2^53-1 より大きな値も扱える
console.log(9007199254740992n); // => 9007199254740992n
```

`BigInt` は整数を扱うデータ型であるため、次のように小数点を含めた場合は構文エラーとなります。

```
1.2n; // => SyntaxError
```

### 5.2.4 Numeric Separators ES2021

数値が大きくなるほど、桁数の見間違いなどが発生しやすくなります。次のコードは、1兆を数値リテラルで書いていますが、桁数を読み取りにくいです。

```
1000000000000;
```

ES2021 から、数値リテラル内の区切り文字として`_`を追加できる Numeric Separators がサポートされています。Numeric Separators は、数値リテラル内では区切り文字として`_`が追加できます。次のコードも、1兆を数値リテラルで書いています。数値リテラルを評価する際に`_`は単純に無視されるため同じ意味となります。

```
1_000_000_000_000;
```

Numeric Separators は数値リテラルである整数、浮動小数点、BigInt のリテラル内でのみ利用できます。また、`_`はリテラルの先頭や数値の最後に追加することはできません。

```
_123; // 変数として評価される
3._14; // => SyntaxError
0x52_; // => SyntaxError
1234n_; // => SyntaxError
```

### 5.2.5 文字列 (String)

文字列リテラル共通のルールとして、同じ記号で囲んだ内容を文字列として扱います。文字列リテラルとして次の 3 種類のリテラルがありますが、その評価結果はすべて同じ"文字列"になります。

```
console.log("文字列"); // => "文字列"
console.log('文字列'); // => "文字列"
console.log(`文字列`); // => "文字列"
```

#### ダブルクオートとシングルクオート

"（ダブルクオート）と'（シングルクオート）はまったく同じ意味となります。PHP や Ruby などとは違い、どちらのリテラルでも評価結果は同じとなります。

文字列リテラルは同じ記号で囲む必要があるため、次のように文字列の中に同じ記号が出現した場合は、\' のように\（バックスラッシュ）を使ってエスケープしなければなりません。

```
'8 o\'clock'; // => "8 o'clock"
```

また、文字列内部に出現しない別のクオート記号を使うことで、エスケープをせずに書くこともできます。

## 第5章 データ型とリテラル

```
"8 o'clock"; // => "8 o'clock"
```

ダブルクオートとシングルクオートどちらも、改行をそのままでは入力できません。次のように改行を含んだ文字列は定義できないため、構文エラー（`SyntaxError`）となります。

```
"複数行の  
文字列を  
入れたい"; // => SyntaxError: "" string literal contains an unescaped line break
```

改行の代わりに改行記号のエスケープシーケンス（`\n`）を使うことで複数行の文字列を書くことができます。

```
"複数行の\n 文字列を\n 入れたい";
```

シングルクオートとダブルクオートの文字列リテラルに改行を入れるには、エスケープシーケンスを使わないといけません。これに対して ES2015 から導入されたテンプレートリテラルでは、複数行の文字列を直感的に書くことができます。

**テンプレートリテラル ES2015**

テンプレートリテラルは、（バッククオート）で囲んだ範囲を文字列とするリテラルです。テンプレートリテラルでは、複数行の文字列を改行記号のエスケープシーケンス（`\n`）を使わずにそのまま書くことができます。

複数行の文字列も、で囲めば、そのまま書くことができます。

```
`複数行の  
文字列を  
入れたい`; // => "複数行の\n 文字列を\n 入れたい"
```

また、名前のとおりテンプレートのような機能も持っています。テンプレートリテラル内で``${変数名}``と書いた場合に、その変数の値を埋め込むことができます。

```
const str = "文字列";  
console.log(`これは${str}です`); // => "これは文字列です"
```

テンプレートリテラルも他の文字列リテラルと同様に同じリテラル記号を内包したい場合は、\を使ってエスケープする必要があります。

```
`This is \`code\``; // => "This is `code`"
```

**5.2.6 null リテラル**

`null` リテラルは `null` 値を返すリテラルです。`null` は「値がない」ということを表現する値です。

次のように、未定義の変数を参照した場合は、参照できないため `ReferenceError` の例外が投げられます。

```
foo; // "ReferenceError: foo is not defined"
```

`foo` には値がないということを表現したい場合は、`null` 値を代入することで、`null` 値を持つ `foo` という変数を定義できます。これにより、`foo` を値がない変数として定義し、参照できるようになります。

```
const foo = null;
console.log(foo); // => null
```

undefined はリテラルではない

プリミティブ型として紹介した `undefined` はリテラルではありません。`undefined` はただのグローバル変数で、`undefined` という値を持っているだけです。

次のように、`undefined` はただのグローバル変数であるため、同じ `undefined` という名前のローカル変数を宣言できます。

```
function fn(){
    // undefined という名前の変数をエラーなく定義できる
    const undefined = "独自の未定義値";
    console.log(undefined); // => "独自の未定義値"
}
fn();
```

これに対して `true`、`false`、`null` などはグローバル変数ではなくリテラルであるため、同じ名前の変数を定義することはできません。リテラルは変数名として利用できない予約語のようなものであるため、再定義しようとすると構文エラー（`SyntaxError`）となります。

```
var null; // => SyntaxError
```

ここでは、説明のために `undefined` というローカル変数を宣言しましたが、`undefined` の再定義は非推奨です。無用な混乱を生むだけなので避けるべきです。

### 5.2.7 オブジェクトリテラル

JavaScriptにおいて、オブジェクトはあらゆるものの中の基礎となります。そのオブジェクトを作成する方法として、オブジェクトリテラルがあります。オブジェクトリテラルは`{}`（中カッコ）を書くことで、新しいオブジェクトを作成できます。

```
const obj = {};
```

オブジェクトリテラルはオブジェクトの作成と同時に中身を定義できます。オブジェクトのキーと値を`:`で区切ったものを`{}`の中に書くことで作成と初期化が同時にできます。

次のコードで作成したオブジェクトは `key` というキー名と`"value"`という文字列の値を持つオブジェクトを作成しています。キー名には、文字列または `Symbol` を指定し、値にはプリミティブ型の値から

## 第5章 データ型とリテラル

オブジェクトまで何でも入れることができます。

```
const obj = {
  "key": "value"
};
```

このとき、オブジェクトが持つキーのことをプロパティ名と呼びます。この場合、`obj` というオブジェクトは `key` というプロパティを持っていると言います。

`obj` の `key` プロパティを参照するには、`.`（ドット）でつないで参照する方法と、`[]`（ブラケット）で参照する方法があります。

```
const obj = {
  "key": "value"
};

// ドット記法
console.log(obj.key); // => "value"

// ブラケット記法
console.log(obj["key"]); // => "value"
```

ドット記法では、プロパティ名が変数名と同じく識別子である必要があります。そのため、次のように識別子として利用できないプロパティ名はドット記法として書くことができません。

```
// プロパティ名は文字列の"123"
const object = {
  "123": "value"
};

// OK: ブラケット記法では、文字列として書くことができる
console.log(object["123"]); // => "value"
// NG: ドット記法では、数値からはじまる識別子は利用できない
object.123
```

オブジェクトはとても重要で、これから紹介する配列や正規表現もこのオブジェクトが元となっています。詳細は「[オブジェクト](#)」の章で解説します。ここでは、オブジェクトリテラル（`{ }と}`）が出てきたら、新しいオブジェクトを作成しているんだなと思ってください。

### 5.2.8 配列リテラル

オブジェクトリテラルと並んで、よく使われるリテラルとして配列リテラルがあります。配列リテラルは `[ ]` でカンマ区切りの値を囲み、その値を持つ Array オブジェクトを作成します。配列（Array オブジェクト）とは、複数の値に順序をつけて格納できるオブジェクトの一種です。

```
const emptyArray = []; // 空の配列を作成
const array = [1, 2, 3]; // 値を持った配列を作成
```

### 5.3 プリミティブ型とオブジェクト

配列は 0 からはじまるインデックス（添字）に、対応した値を保持しています。作成した配列の要素を取得するには、配列に対して `array[index]` という構文で指定したインデックスの値を参照できます。

```
const array = ["index:0", "index:1", "index:2"];
// 0 番目の要素を参照
console.log(array[0]); // => "index:0"
// 1 番目の要素を参照
console.log(array[1]); // => "index:1"
```

配列についての詳細は「[配列](#)」の章で解説します。

#### 5.2.9 正規表現リテラル

JavaScript は正規表現をリテラルで書くことができます。正規表現リテラルは / (スラッシュ) と / (スラッシュ) で正規表現のパターン文字列を囲みます。正規表現のパターン内では、+ などの特定の記号や \ (バックスラッシュ) からはじまる特殊文字が特別な意味を持ちます。

次のコードでは、数字にマッチする特殊文字である \d を使い、1 文字以上の数字にマッチする正規表現をリテラルで表現しています。

```
const numberRegExp = /\d+/; // 1 文字以上の数字にマッチする正規表現
// numberRegExp の正規表現が文字列"123"にマッチするかをテストする
console.log(numberRegExp.test("123")); // => true
```

`RegExp` コンストラクタを使うことで、文字列から正規表現オブジェクトを作成できます。しかし、特殊文字の二重エスケープが必要になり直感的に書くことが難しくなります。

正規表現オブジェクトについて詳しくは、「[文字列](#)」の章で紹介します。

## 5.3 プリミティブ型とオブジェクト

プリミティブ型は基本的にリテラルで表現しますが、真偽値 (Boolean)、数値 (Number)、文字列 (String) はそれぞれオブジェクトとして表現する方法もあります。これらはプリミティブ型の値をラップしたようなオブジェクトであるためラッパーオブジェクトと呼ばれます。

ラッパーオブジェクトは、`new` 演算子と対応するコンストラクタ関数を利用して作成できます。たとえば、文字列のプリミティブ型に対応するコンストラクタ関数は `String` となります。

次のコードでは、`String` のラッパーオブジェクトを作成しています。ラッパーオブジェクトは、名前のとおりオブジェクトの一種であるため `typeof` 演算子の結果も "object" です。また、オブジェクトであるため `length` プロパティなどのオブジェクトが持つプロパティを参照できます。

```
// 文字列をラップしたString ラッパーオブジェクト
const str = new String("文字列");
// ラッパーオブジェクトは"object"型のデータ
console.log(typeof str); // => "object"
```

## 第5章 データ型とリテラル

```
// String オブジェクトの length プロパティは文字列の長さを返す
console.log(str.length); // => 3
```

しかし、明示的にラッパーオブジェクトを使うべき理由はありません。なぜなら、JavaScript ではプリミティブ型のデータに対してもオブジェクトのように参照できる仕組みがあるためです。次のコードでは、プリミティブ型の文字列データに対しても `length` プロパティへアクセスできています。

```
// プリミティブ型の文字列データ
const str = "文字列";
// プリミティブ型の文字列は"string"型のデータ
console.log(typeof str); // => "string"
// プリミティブ型の文字列もlength プロパティを参照できる
console.log(str.length); // => 3
```

これは、プリミティブ型のデータのプロパティへアクセスする際に、対応するラッパーオブジェクトへ暗黙的に変換してからプロパティへアクセスするためです。また、ラッパーオブジェクトを明示的に作成するには、リテラルに比べて冗長な書き方が必要になります。このように、ラッパーオブジェクトを明示的に作成する必要はないため、常にリテラルでプリミティブ型のデータを表現することを推奨します。

このラッパーオブジェクトへの暗黙的な型変換の仕組みについては「[ラッパーオブジェクト](#)」の章で解説します。現時点では、プリミティブ型のデータであってもオブジェクトのようにプロパティ（メソッドなども含む）を参照できるということだけを知っていれば問題ありません。

## 5.4 まとめ

この章では、データ型とリテラルについて学びました。

- 7種類のプリミティブ型とオブジェクトがある
- リテラルはデータ型の値を直接記述できる構文として定義されたもの
- プリミティブ型の真偽値、数値、文字列、null はリテラル表現がある
- オブジェクト型のオブジェクト、配列、正規表現にはリテラル表現がある
- プリミティブ型のデータでもプロパティアクセスができる

## 第6章

### 演算子

# Chapter 6

演算子はよく利用する演算処理を記号などで表現したものです。たとえば、足し算をする + も演算子の一種です。これ以外にも演算子には多くの種類があります。

演算子は演算する対象を持ちます。この演算子の対象のことを**被演算子（オペランド）**と呼びます。

次のコードでは、+ 演算子が値同士を足し算する加算演算を行っています。このとき、+ 演算子の対象となっている 1 と 2 という 2 つの値がオペランドです。

```
1 + 2;
```

このコードでは + 演算子に対して、前後に合計 2 つのオペランドがあります。このように、2 つのオペランドを取る演算子を**二項演算子**と呼びます。

```
// 二項演算子とオペランドの関係
左オペランド 演算子 右オペランド
```

また、1 つの演算子に対して 1 つのオペランドだけを取るものもあります。たとえば、数値をインクリメントする ++ 演算子は、次のように前後どちらか一方にオペランドを置きます。

```
let num = 1;
num++;
// または
++num;
```

このように、1 つのオペランドを取る演算子を**単項演算子**と呼びます。単項演算子と二項演算子で同じ記号を使うことがあるため、呼び方を変えていきます。

この章では、演算子ごとにそれぞれの処理について学んでいきます。また、演算子の中でも比較演算子は、JavaScript でも特に挙動が理解しにくい**暗黙的な型変換**という問題と密接な関係があります。そのため、演算子をひととおり見た後に、暗黙的な型変換と明示的な型変換について学んでいきます。

演算子の種類は多いため、すべての演算子の動作をここで覚える必要はありません。必要となったタイミングで、改めてその演算子の動作を見るのがよいでしょう。

## 6.1 二項演算子

四則演算など基本的な二項演算子を見ていきます。

### 6.1.1 プラス演算子 (+)

2つの数値を加算する演算子です。

```
console.log(1 + 1); // => 2
```

JavaScript では、数値は内部的に IEEE 754 方式の浮動小数点数として表現されています（「データ型とリテラル」の章を参照）。そのため、整数と浮動小数点数の加算もプラス演算子で行えます。

```
console.log(10 + 0.5); // => 10.5
```

### 6.1.2 文字列結合演算子 (+)

数値の加算に利用したプラス演算子 (+) は、文字列の結合に利用できます。

文字列結合演算子 (+) は、2つの文字列を結合した文字列を返します。

```
const value = "文字列" + "結合";
console.log(value); // => "文字列結合"
```

つまり、プラス演算子 (+) は数値同士と文字列同士の演算をします。

### 6.1.3 マイナス演算子 (-)

2つの数値を減算する演算子です。左オペランドから右オペランドを減算した値を返します。

```
console.log(1 - 1); // => 0
console.log(10 - 0.5); // => 9.5
```

### 6.1.4 乗算演算子 (*)

2つの数値を乗算する演算子です。

```
console.log(2 * 8); // => 16
console.log(10 * 0.5); // => 5
```

### 6.1.5 除算演算子 (/)

2つの数値を除算する演算子です。左オペランドを右オペランドで除算した値を返します。

```
console.log(8 / 2); // => 4
console.log(10 / 0.5); // => 20
```

### 6.1.6 剰余演算子 (%)

2つの数値のあまりを求める演算子です。左オペランドを右オペランドで除算したあまりを返します。

```
console.log(8 % 2); // => 0
console.log(9 % 2); // => 1
console.log(10 % 0.5); // => 0
console.log(10 % 4.5); // => 1
```

### 6.1.7 べき乗演算子 (**)ES2016

2つの数値のべき乗を求める演算子です。左オペランドを右オペランドでべき乗した値を返します。

```
// べき乗演算子（ES2016）で2の4乗を計算
console.log(2 ** 4); // => 16
```

べき乗演算子と同じ動作をする `Math.pow` メソッドがあります。

```
console.log(Math.pow(2, 4)); // => 16
```

べき乗演算子は ES2016 で後から追加された演算子であるため、関数と演算子がそれぞれ存在しています。他の二項演算子は演算子が先に存在していたため、`Math` には対応するメソッドがありません。

## 6.2 単項演算子（算術）

単項演算子は、1つのオペランドを受け取って処理する演算子です。

### 6.2.1 単項プラス演算子 (+)

単項演算子の + はオペランドを数値に変換します。

次のコードでは、数値の 1 を数値へ変換するため、結果は変わらず数値の 1 です。`+ 数値` のように数値に対して、単項プラス演算子をつけるケースはほぼ無いでしょう。

```
console.log(+1); // => 1
```

また、単項プラス演算子は、数値以外も数値へと変換します。次のコードでは、数字（文字列）を数値へ変換しています。

```
console.log(+ "1"); // => 1
```

## 第6章 演算子

一方、数値に変換できない文字列などは NaN という特殊な値へと変換されます。

```
// 数値ではない文字列はNaN という値に変換される
console.log(+ "文字列"); // => NaN
```

NaN は “Not-a-Number” の略称で、数値ではないが Number 型の値を表現しています。NaN はどの値とも（NaN 自身に対しても）一致しない特性があり、Number.isNaN メソッドを使うことで NaN の判定を行えます。

```
// 自分自身とも一致しない
console.log(NaN === NaN); // => false
// Number 型である
console.log(typeof NaN); // => "number"
// Number.isNaN で NaN かどうかを判定
console.log(Number.isNaN(NaN)); // => true
```

しかし、単項プラス演算子は文字列から数値への変換に使うべきではありません。なぜなら、Number コンストラクタ関数や parseInt 関数などの明示的な変換方法が存在するためです。詳しくは「[暗黙的な型変換](#)」の章で解説します。

### 6.2.2 単項マイナス演算子 (-)

単項マイナス演算子はマイナスの数値を記述する場合に利用します。

たとえば、マイナスの 1 という数値を -1 と書くことができるるのは、単項マイナス演算子を利用しているからです。

```
console.log(-1); // => -1
```

また、単項マイナス演算子はマイナスの数値を反転できます。そのため、“マイナスのマイナスの数値”はプラスの数値となります。

```
console.log(-(-1)); // => 1
```

単項マイナス演算子も文字列などを数値へ変換します。

```
console.log(-"1"); // => -1
```

また、数値へ変換できない文字列などをオペランドに指定した場合は、NaN という特殊な値になります。そのため、単項プラス演算子と同じく、文字列から数値への変換に単項マイナス演算子を使うべきではありません。

```
console.log(- "文字列"); // => NaN
```

### 6.2.3 インクリメント演算子 (++)

インクリメント演算子 (++) は、オペランドの数値を +1 する演算子です。オペランドの前後どちらかにインクリメント演算子を置くことで、オペランドに対して値を +1 した値を返します。

```
let num = 1;
num++;
console.log(num); // => 2
// 次のようにした場合と結果は同じ
// num = num + 1;
```

インクリメント演算子 (++) は、オペランドの後に置くか前に置くかで、それぞれで評価の順番が異なります。

後置インクリメント演算子 (num++) は、次のような順で処理が行われます。

1. num の評価結果を返す
2. num に対して +1 する

そのため、num++ が返す値は +1 する前の値となります。

```
let x = 1;
console.log(x++); // => 1
console.log(x); // => 2
```

一方、前置インクリメント演算子 (++num) は、次のような順で処理が行われます。

1. num に対して +1 する
2. num の評価結果を返す

そのため、++num が返す値は +1 した後の値となります。

```
let x = 1;
console.log(++x); // => 2
console.log(x); // => 2
```

この 2 つの使い分けが必要となる場面は多くありません。そのため、評価の順番が異なることだけを覚えておけば問題ないと言えます。

### 6.2.4 デクリメント演算子 (--)

デクリメント演算子 (--) は、オペランドの数値を -1 する演算子です。

```
let num = 1;
num--;
console.log(num); // => 0
```

## 第6章 演算子

```
// 次のようにした場合と結果は同じ
// num = num - 1;
```

デクリメント演算子は、インクリメント演算子と同様に、オペラントの前後のどちらかに置くことができます。デクリメント演算子も、前後どちらに置くかで評価の順番が変わります。

```
// 後置デクリメント演算子
let x = 1;
console.log(x--); // => 1
console.log(x);   // => 0
// 前置デクリメント演算子
let y = 1;
console.log(--y); // => 0
console.log(y);   // => 0
```

## 6.3 比較演算子

比較演算子はオペラント同士の値を比較し、真偽値を返す演算子です。

## 6.3.1 厳密等価演算子 (===)

厳密等価演算子は、左右の2つのオペラントを比較します。同じ型で同じ値である場合に、`true` を返します。

```
console.log(1 === 1); // => true
console.log(1 === "1"); // => false
```

また、オペラントがどちらもオブジェクトであるときは、オブジェクトの参照が同じである場合に、`true` を返します。

次のコードでは、空のオブジェクトリテラル (`{}`) 同士を比較しています。オブジェクトリテラルは、新しいオブジェクトを作成します。そのため、異なるオブジェクトを参照する変数を`==`で比較すると `false` を返します。

```
// {} は新しいオブジェクトを作成している
const objA = {};
const objB = {};
// 生成されたオブジェクトは異なる参照となる
console.log(objA === objB); // => false
// 同じ参照を比較している場合
console.log(objA === objA); // => true
```

### 6.3.2 厳密不等価演算子 (`!==`)

厳密不等価演算子は、左右の 2 つのオペラントを比較します。異なる型または異なる値である場合に、`true` を返します。

```
console.log(1 !== 1); // => false
console.log(1 !== "1"); // => true
```

`==`を反転した結果を返す演算子となります。

### 6.3.3 等価演算子 (`==`)

等価演算子 (`==`) は、2 つのオペラントを比較します。同じデータ型のオペラントを比較する場合は、厳密等価演算子 (`===`) と同じ結果になります。

```
console.log(1 == 1); // => true
console.log("str" == "str"); // => true
console.log("JavaScript" == "ECMAScript"); // => false
// オブジェクトは参照が一致しているならtrueを返す
// {} は新しいオブジェクトを作成している
const objA = {};
const objB = {};
console.log(objA == objB); // => false
console.log(objA == objA); // => true
```

しかし、等価演算子 (`==`) はオペラント同士が異なる型の値であった場合に、同じ型となるように暗黙的な型変換をしてから比較します。

そのため、次のような、見た目からは結果を予測できない挙動が多く存在します。

```
// 文字列を数値に変換してから比較
console.log(1 == "1"); // => true
// "01"を数値にすると1となる
console.log(1 == "01"); // => true
// 真偽値を数値に変換してから比較
console.log(0 == false); // => true
// null の比較はfalseを返す
console.log(0 == null); // => false
// nullとundefinedの比較は常にtrueを返す
console.log(null == undefined); // => true
```

意図しない挙動となることがあるため、暗黙的な型変換が行われる等価演算子 (`==`) を使うべきではありません。代わりに、厳密等価演算子 (`===`) を使い、異なる型を比較したい場合は明示的に型を合わせるべきです。

## 第6章 演算子

例外的に、等価演算子（`==`）が使われるケースとして、`null` と `undefined` の比較があります。

次のように、比較したいオペランドが `null` または `undefined` であることを判定したい場合に、厳密等価演算子（`===`）では二度比較する必要があります。等価演算子（`==`）では `null` と `undefined` の比較結果は `true` となるため、一度の比較でよくなります。

```
const value = undefined; /* または null */
// === では 2 つの値と比較しないといけない
if (value === null || value === undefined) {
    console.log("value が null または undefined である場合の処理");
}
// == では null と比較するだけでよい
if (value == null) {
    console.log("value が null または undefined である場合の処理");
}
```

このように等価演算子（`==`）を使う例外的なケースはありますが、等価演算子（`==`）は暗黙的な型変換をするため、バグを引き起こしやすいです。そのため、仕組みを理解するまでは常に厳密等価演算子（`===`）を利用することを推奨します。

#### 6.3.4 不等価演算子（`!=`）

不等価演算子（`!=`）は、2 つのオペランドを比較し、等しくないなら `true` を返します。

```
console.log(1 != 1); // => false
console.log("str" != "str"); // => false
console.log("JavaScript" != "ECMAScript"); // => true
console.log(true != true); // => false
// オブジェクトは参照が一致していないならtrue を返す
const objA = {};
const objB = {};
console.log(objA != objB); // => true
console.log(objA != objA); // => false
```

不等価演算子も、等価演算子（`==`）と同様に異なる型のオペランドを比較する際に、暗黙的な型変換をしてから比較します。

```
console.log(1 != "1"); // => false
console.log(0 != false); // => false
console.log(0 != null); // => true
console.log(null != undefined); // => false
```

そのため、不等価演算子（`!=`）は、利用するべきではありません。代わりに暗黙的な型変換をしない厳密不等価演算子（`!==`）を利用します。

### 6.3.5 大なり演算子/より大きい (>)

大なり演算子は、左オペランドが右オペランドより大きいならば、`true` を返します。

```
console.log(42 > 21); // => true
console.log(42 > 42); // => false
```

### 6.3.6 大なりイコール演算子/以上 (>=)

大なりイコール演算子は、左オペランドが右オペランドより大きいまたは等しいならば、`true` を返します。

```
console.log(42 >= 21); // => true
console.log(42 >= 42); // => true
console.log(42 >= 43); // => false
```

### 6.3.7 小なり演算子/より小さい (<)

小なり演算子は、左オペランドが右オペランドより小さいならば、`true` を返します。

```
console.log(21 < 42); // => true
console.log(42 < 42); // => false
```

### 6.3.8 小なりイコール演算子/以下 (<=)

小なりイコール演算子は、左オペランドが右オペランドより小さいまたは等しいならば、`true` を返します。

```
console.log(21 <= 42); // => true
console.log(42 <= 42); // => true
console.log(43 <= 42); // => false
```

## 6.4 ビット演算子

ビット演算子では、オペランドである数値を符号付き 32 ビット整数（0 と 1 からなる 32 個のビットの集合）として扱います。

たとえば、1 という数値は符号付き 32 ビット整数のビットでは、00000000000000000000000000000001 として表現されます。わかりやすく 4 ビットごとに区切ると 0000_0000_0000_0000_0000_0000_0000_0001 のような 32 ビットの集合となります。符号付き 32 ビット整数では、先頭の最上位ビット（一番左のビット）は符号を表し、0 の場合は正の値、1 の場合は負の値であることを示しています。

## 第 6 章 演算子

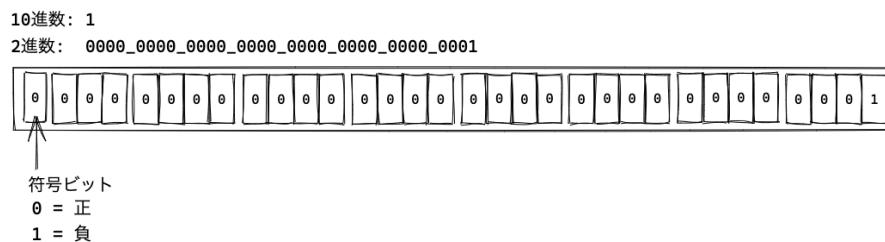


図 6.1 1 の符号付き 32bit 整数での表現

符号付き 32 ビット整数では負の数値は、2 の補数形式という形式で表現されます。2 の補数とは、それぞれのビットを反転して 1 ビットを足した値となります。

たとえば、-1 という数値の符号付き 32 ビット整数は、次のように 2 の補数で求められます。

- 10 進数の 1 は、符号付き 32 ビット整数では 0000_0000_0000_0000_0000_0000_0001 となる
- 0000_0000_0000_0000_0000_0000_0001 の各ビットを反転すると 1111_1111_1111_1111_1111_1111_1110 となる
- これに 1 ビットを足すと 1111_1111_1111_1111_1111_1111_1111 となる

これによって、-1 の符号付き 32 ビット整数は 1111_1111_1111_1111_1111_1111_1111 となります。

符号付き 32 ビット整数で表現できる数値の範囲は、1000_0000_0000_0000_0000_0000_0000 から 0111_1111_1111_1111_1111_1111_1111 までとなります。10 進数に直すと  $-(2^{31})$  (2 の 31 乗の負の数) から  $(2^{31}) - 1$  (2 の 31 乗から 1 引いた数) までとなります。32 ビットを超える数値については、32 ビットをはみ出るビットが最上位 (一番左) から順番に捨てられます。

これから見ていくビット演算子はオペランドを符号付き 32 ビット整数として扱い、その演算結果を 10 進数の数値として返します。

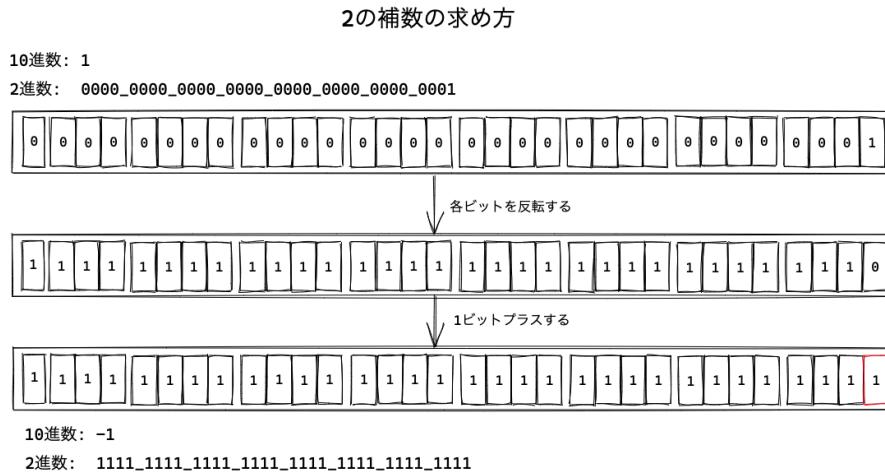


図 6.2 -1 の符号付き 32 ビット整数での表現

### 6.4.1 ビット論理積 (&)

ビット論理積演算子 (`&`) はビットごとの AND 演算した結果を返します。AND 演算では、オペランドの各ビットがどちらも 1 の場合は 1 となり、それ以外の場合は 0 となります。

次のコードでは、10 進数の 15 と 9 を AND 演算しています。15 は、符号付き 32 ビット整数では 0000_0000_0000_0000_0000_0000_1111 となります。9 は、符号付き 32 ビット整数では 0000_0000_0000_0000_0000_0000_1001 となります。これらを AND 演算した結果は 0000_0000_0000_0000_0000_0000_1001 となり、10 進数の値である 9 を返します。

```
console.log(15      & 9);      // => 9
// 同じ位の各ビット同士をAND 演算する（上位の0は省略）
// 1111
// 1001
// -----
// 1001
console.log(0b1111 & 0b1001); // => 0b1001
```

### 6.4.2 ビット論理和 (|)

ビット論理和演算子 (|) はビットごとの **OR** 演算した結果を返します。OR 演算では、オペランドの各ビットがどちらか片方でも 1 の場合は 1 となり、両方とも 0 の場合は 0 となります。

```
console.log(15      | 9);      // => 15
// 同じ位の各ビット同士をOR演算する（上位の0は省略）
// 1111
// 1001
// -----
// 1111
console.log(0b1111 | 0b1001); // => 0b1111
```

### 6.4.3 ビット排他的論理和 (^)

ビット排他的論理和演算子 (^) はビットごとの **XOR** 演算した結果を返します。XOR 演算では、オペランドのビットが異なるなら 1、両方とも同じなら 0 となります。

```
console.log(15      ^ 9);      // => 6
// 同じ位の各ビット同士をXOR演算する（上位の0は省略）
// 1111
// 1001
// -----
// 0110
console.log(0b1111 ^ 0b1001); // => 0b0110
```

### 6.4.4 ビット否定 (~)

単項演算子の否定演算子 (~) はオペランドの各ビットを反転した値を返します。これは 1 の補数として知られている値と同じものです。

次のコードでは、10 進数で 15 を否定演算子 (~) で各ビットを反転させた値を得ています。15 は 0000_0000_0000_0000_0000_0000_1111 です。各ビットを反転させると 1111_1111_1111_1111_1111_1111_0000 となり、10 進数では -16 となります。

```
console.log(~15); // => -16
```

$\sim x$  のように  $x$  をビット否定演算子で演算した結果は、 $-(x + 1)$  となります。この性質を利用する形で、ビット否定演算子 (~) はビット演算以外でも使われていることがあります。

文字列 (String オブジェクト) が持つ `indexOf` メソッドは、マッチする文字列を見つけて、そのインデックス (位置) を返すメソッドです。この `indexOf` メソッドは、検索対象が見つからない場合は -1 を返します。

```
const str = "森森木森森";
// 見つかった場合はインデックスを返す
// JavaScript のインデックスは 0 から開始するので 2 を返す
console.log(str.indexOf("本")); // => 2
// 見つからない場合は -1 を返す
console.log(str.indexOf("火")); // => -1
```

否定演算子 (~) は 1 の補数を返すため、~(-1) は 0 となります。

```
console.log(~0); // => -1
console.log(~(-1)); // => 0
```

JavaScript では 0 も、if 文では `false` として扱われます。そのため、`~indexOf` の結果が 0 となるのは、その文字列が見つからなかった場合だけとなります。次のコードのように否定演算子 (~) と `indexOf` メソッドを使ったイディオムが一部では使われていました。

```
const str = "森森木森森";
// indexOf メソッドは見つからなかった場合は -1 を返す
if (str.indexOf("木") !== -1) {
    console.log("木を見つけました");
}
// 否定演算子 (~) で同じ動作を実装
// (~(-1)) は 0 となるため、見つからなかった場合は if 文の中身は実行されない
if (~str.indexOf("木")) {
    console.log("木を見つけました");
}
```

ES2015 では、文字列 (String オブジェクト) に `includes` メソッドが実装されました。`includes` メソッドは指定した文字列が含まれているかを真偽値で返します。

```
const str = "森森木森森";
if (str.includes("木")) {
    console.log("木を見つけました");
}
```

そのため、否定演算子 (~) と `indexOf` メソッドを使ったイディオムは、`includes` メソッドに置き換えられます。

#### 6.4.5 左シフト演算子 (<<)

左シフト演算子は、数値である `num` を `bit` の数だけ左へシフトします。左にあふれたビットは破棄され、0 のビットを右から詰めます。

```
num << bit;
```

## 第 6 章 演算子

次のコードでは、9 を 2 ビット分だけ左ヘシフトしています。

```
console.log(      9 << 2); // => 36
console.log(0b1111 << 2); // => 0b11_1100
```

**6.4.6 右シフト演算子 (>>)**

右シフト演算子は、数値である num を bit の数だけ右ヘシフトします。右にあふれたビットは破棄され、左端のビットのコピーを左から詰めます。

```
num >> bit;
```

次のコードでは、-9 を 2 ビット分だけ右ヘシフトしています。左端のビットのコピーを使うため、常に符号は維持されます。

```
console.log((-9) >> 2); // => -3
//    1111_1111_1111_1111_1111_1111_0111 >> 2
// => 1111_1111_1111_1111_1111_1111_1101
```

**6.4.7 ゼロ埋め右シフト演算子 (>>>)**

ゼロ埋め右シフト演算子は、数値である num を bit の数だけ右ヘシフトするのは右シフト演算子 (>>) と同じです。異なる点としては右にあふれたビットは破棄され、0 のビットを左から詰めます。

次のコードでは、-9 を 2 ビット分だけゼロ埋め右シフトしています。左端のビットは 0 となるため、常に正の値となります。

```
console.log((-9) >>> 2); // => 1073741821
//    1111_1111_1111_1111_1111_1111_0111 >>> 2
// => 0011_1111_1111_1111_1111_1111_1101
```

**6.5 代入演算子 (=)**

代入演算子 (=) は変数に対して値を代入します。代入演算子については「[変数と宣言](#)」の章も参照してください。

```
let x = 1;
x = 42;
console.log(x); // => 42
```

また、代入演算子は二項演算子と組み合わせて利用できます。`+=`、`-=`、`*=`、`/=`、`%=`、`<<=`、`>>=`、`>>>=`、`&=`、`^=`、`|=`、`**=`のように、演算した結果を代入できます。

```
let num = 1;
```

```
num += 10; // num = num + 10; と同じ
console.log(num); // => 11
```

### 6.5.1 分割代入 (Destructuring assignment) ES2015

今まで見てきた代入演算子は1つの変数に値を代入するものでした。分割代入を使うことで、配列やオブジェクトの値を複数の変数へ同時に代入できます。分割代入は短縮記法のひとつでES2015から導入された構文です。

分割代入は、代入演算子(=)を使うのは同じですが、左辺のオペランドが配列リテラルやオブジェクトリテラルとなります。

次のコードでは、右辺の配列の値を、左辺の配列リテラルの対応するインデックスに書かれた変数名へ代入します。

```
const array = [1, 2];
// aにはarrayの0番目の値、bには1番目の値が代入される
const [a, b] = array;
console.log(a); // => 1
console.log(b); // => 2
```

これは、次のように書いたのと同じ結果になります。

```
const array = [1, 2];
const a = array[0];
const b = array[1];
```

同様にオブジェクトも分割代入に対応しています。オブジェクトの場合は、右辺のオブジェクトのプロパティ値を、左辺に対応するプロパティ名へ代入します。

```
const obj = {
  "key": "value"
};
// プロパティ名keyの値を、変数keyとして定義する
const { key } = obj;
console.log(key); // => "value"
```

これは、次のように書いたのと同じ結果になります。

```
const obj = {
  "key": "value"
};
const key = obj.key;
```

## 6.6 論理演算子

論理演算子は基本的に真偽値を扱う演算子で AND (かつ)、OR (または)、NOT (否定) を表現できます。

### 6.6.1 AND 演算子 (`&&`)

AND 演算子 (`&&`) は、左辺の値の評価結果が `true` ならば、右辺の評価結果を返します。一方で、左辺の値の評価結果が `false` ならば、そのまま左辺の値を返します。

```
// 左辺は true であるため、右辺の評価結果を返す
console.log(true && "右辺の値"); // => "右辺の値"
// 左辺が false であるなら、その時点で false を返す
// 右辺は評価されない
console.log(false && "右辺の値"); // => false
```

AND 演算子 (`&&`) は、左辺の評価が `false` の場合、オペランドの右辺は評価されません。次のように、左辺が `false` の場合は、右辺に書いた `console.log` 関数自体が実行されません。

```
// 左辺が true なので、右辺は評価される
true && console.log("このコンソールログは実行されます");
// 左辺が false なので、右辺は評価されない
false && console.log("このコンソールログは実行されません");
```

このような値が決まった時点でそれ以上評価しないことを **短絡評価** と呼びます。

また、AND 演算子は左辺を評価する際に、左辺を真偽値へと **暗黙的な型変換** をしてから判定します。真偽値への暗黙的な型変換では、次に挙げる値は `false` へ変換されます。

- `false`
- `undefined`
- `null`
- `0`
- `0n`
- `NaN`
- `""` (空文字列)

暗黙的な型変換によって `false` に変換されるこれらの値をまとめて **falsy** な値と呼びます。`falsy` ではない値は、`true` へと変換されます。`true` へと変換される値の種類は多いため、`false` へと変換されない値は `true` となることは覚えておくとよいです。このオペランドを真偽値に変換してから評価するのは AND、OR、NOT 演算子で共通の動作です。

次のように、AND 演算子 (`&&`) は左辺を真偽値へと変換した結果が `true` の場合に、右辺の評価結果を返します。つまり、左辺が `falsy` の場合は、右辺は評価されません。

```
// 左辺は falsy ではないため、評価結果として右辺を返す
console.log("文字列" && "右辺の値"); // => "右辺の値"
console.log(42 && "右辺の値"); // => "右辺の値"
// 左辺が falsy であるため、評価結果として左辺を返す
console.log("") && "右辺の値"); // => ""
console.log(0 && "右辺の値"); // => 0
console.log(null && "右辺の値"); // => null
```

AND 演算子は、if 文と組み合わせて利用することが多い演算子です。

次のように、`value` が String 型でかつ値が"str"である場合という条件をひとつの式として書くことができます。

```
const value = "str";
if (typeof value === "string" && value === "str") {
    console.log(`#${value} is string value`);
}
// if 文のネストで書いた場合と結果は同じとなる
if (typeof value === "string") {
    if (value === "str") {
        console.log(`#${value} is string value`);
    }
}
```

このときに、`value` が String 型でない場合は、その時点で if 文の条件式は `false` となります。そのため、`value` が String 型ではない場合は、AND 演算子 (`&&`) の右辺は評価されずに、if 文の中身も実行されません。

AND 演算子 (`&&`) を使うと、if 文のネストに比べて短く書くことができます。

しかし、if 文が 3 重 4 重にネストしているのは複雑なのと同様に、AND 演算子や OR 演算子が 3 つ 4 つ連続すると複雑で読みにくいコードとなります。その場合は抽象化ができるいかを検討するべきサインとなります。

### 6.6.2 OR 演算子 (||)

OR 演算子 (`||`) は、左辺の値の評価結果が `true` ならば、そのまま左辺の値を返します。一方で、左辺の値の評価結果が `false` であるならば、右辺の評価結果を返します。

```
// 左辺が true なので、左辺の値が返される
console.log(true || "右辺の値"); // => true
// 左辺が false なので、右辺の値が返される
console.log(false || "右辺の値"); // => "右辺の値"
```

OR 演算子 (`||`) は、左辺の評価が `true` の場合、オペランドの右辺を評価しません。これは、AND 演算子 (`&&`) と同様の短絡評価となるためです。

## 第6章 演算子

```
// 左辺が true ので、右辺は評価されない
true || console.log("このコンソールログは実行されません");
// 左辺が false ので、右辺は評価される
false || console.log("このコンソールログは実行されます");
```

また、OR 演算子は左辺を評価する際に、左辺を真偽値へと暗黙的な型変換します。次のように、OR 演算子は左辺が falsy の場合には右辺の値を返します。

```
// 左辺が falsy ので、右辺の値が返される
console.log(0 || "左辺は falsy"); // => "左辺は falsy"
console.log("") || "左辺は falsy"; // => "左辺は falsy"
console.log(null || "左辺は falsy"); // => "左辺は falsy"
// 左辺は falsy ではないため、左辺の値が返される
console.log(42 || "右辺の値"); // => 42
console.log("文字列" || "右辺の値"); // => "文字列"
```

OR 演算子は、if 文と組み合わせて利用することが多い演算子です。

次のように、value が 0 または 1 の場合に if 文の中身が実行されます。

```
const value = 1;
if (value === 0 || value === 1) {
    console.log("value は 0 または 1 です。");
}
```

## 6.6.3 NOT 演算子 (!)

NOT 演算子 (!) は、オペランドの評価結果が `true` ならば、`false` を返します。一方で、オペランドの評価結果が `false` ならば、`true` を返します。つまり、オペランドの評価結果を反転した真偽値を返します。

```
console.log(!false); // => true
console.log(!true); // => false
```

NOT 演算子 (!) も AND 演算子 (`&&`) と OR 演算子 (`||`) と同様に真偽値へと暗黙的な型変換します。falsy である値は `true` へ変換され、falsy ではない値は `false` へと変換されます。

```
// falsy な値は true となる
console.log(!0); // => true
console.log(! ""); // => true
console.log(!null); // => true
// falsy ではない値は false となる
console.log(!42); // => false
console.log(!"文字列"); // => false
```

6.7 Nullish coalescing 演算子 (??) ES2020

NOT 演算子は必ず真偽値を返すため、次のように 2 つ NOT 演算子を重ねて真偽値へ変換するという使い方も見かけます。たとえば、`!!falsy` な値のように 2 度反転すれば `false` になります。

```
const str = "";
// 空文字列は falsy であるため、true -> false へと変換される
console.log (!!str); // => false
```

このようなケースの多くは、比較演算子を使うなどより明示的な方法で、真偽値を得ることができます。安易に `!!` による変換に頼るよりは別の方法を探してみるのがいいでしょう。

```
const str = "";
// 空文字列（長さが 0 より大きな文字列）でないことを判定
console.log(str.length > 0); // => false
```

## 6.7 Nullish coalescing 演算子 (??) ES2020

Nullish coalescing 演算子 (??) は、左辺の値が `nullish` であるならば、右辺の評価結果を返します。`nullish` とは、評価結果が `null` または `undefined` となる値のことです。

```
// 左辺が nullish であるため、右辺の値の評価結果を返す
console.log(null ?? "右辺の値"); // => "右辺の値"
console.log(undefined ?? "右辺の値"); // => "右辺の値"
// 左辺が nullish ではないため、左辺の値の評価結果を返す
console.log(true ?? "右辺の値"); // => true
console.log(false ?? "右辺の値"); // => false
console.log(0 ?? "右辺の値"); // => 0
console.log("文字列" ?? "右辺の値"); // => "文字列"
```

Nullish coalescing 演算子 (??) と OR 演算子 (||) は、値のデフォルト値を指定する場合によく利用されています。OR 演算子 (||) は左辺が falsy の場合に右辺を評価するため、意図しない結果となる場合が知られています。

次のコードは、`inputValue` が未定義だった場合に、`value` に対するデフォルト値を OR 演算子 (||) で指定しています。`inputValue` が未定義 (`undefined`) の場合は、意図したように OR 演算子 (||) の右辺で指定した `42` が入ります。しかし、`inputValue` が `0` という値であった場合は、`0` は falsy であるため `value` には右辺の `42` が入ります。これでは `0` という値が扱えないため、意図しない動作となっています。

```
const inputValue = 任意の値または未定義;
// inputValue が falsy の場合は、value には 42 が入る
// inputValue が 0 の場合は、value に 42 が入ってしまう
const value = inputValue || 42;
console.log(value);
```

## 第6章 演算子

この問題を解決するためにES2020でNullish coalescing演算子（??）が導入されています。

Nullish coalescing演算子（??）では、左辺がnullishの場合のみ、valueに右辺で指定した42が入ります。そのため、inputValueが0という値が入った場合は、valueにはそのままinputValueの値である0が入ります。

```
const inputValue = 任意の値または未定義;
// inputValueがnullishの場合は、valueには42に入る
// inputValueが0の場合は、valueに0に入る
const value = inputValue ?? 42;
console.log(value);
```

## 6.8 条件（三項）演算子（?:と:）

条件演算子（?:と:）は三項をとる演算子であるため、三項演算子とも呼ばれます。

条件演算子は条件式を評価した結果がtrueならば、Trueのとき処理する式の評価結果を返します。条件式がfalseである場合は、Falseのとき処理する式の評価結果を返します。

条件式 ? True のとき処理する式 : False のとき処理する式;

if文との違いは、条件演算子は式として書くことができるため値を返します。次のように、条件式の評価結果により"A"または"B"どちらかを返します。

```
const valueA = true ? "A" : "B";
console.log(valueA); // => "A"
const valueB = false ? "A" : "B";
console.log(valueB); // => "B"
```

条件分岐による値を返せるため、条件によって変数の初期値が違う場合などに使われます。

次の例では、text文字列にprefixとなる文字列を先頭につける関数を書いています。prefixの第二引数を省略したり文字列ではないものが指定された場合に、デフォルトのprefixを使います。第二引数が省略された場合には、prefixにundefinedが入ります。

条件演算子の評価結果は値を返すので、constを使って宣言と同時に代入できます。

```
function addPrefix(text, prefix) {
    // prefixが指定されていない場合は"デフォルト:"を付ける
    const pre = typeof prefix === "string" ? prefix : "デフォルト:";
    return pre + text;
}

console.log(addPrefix("文字列")); // => "デフォルト: 文字列"
console.log(addPrefix("文字列", "カスタム:")); // => "カスタム: 文字列"
```

if文を使った場合は、宣言と代入を分ける必要があるため、constを使うことができません。

## 6.8 条件（三項）演算子（?:）

```
function addPrefix(text, prefix) {
  let pre = "デフォルト:";
  if (typeof prefix === "string") {
    pre = prefix;
  }
  return pre + text;
}

console.log(addPrefix("文字列")); // => "デフォルト: 文字列"
console.log(addPrefix("文字列", "カスタム:")); // => "カスタム: 文字列"
```

**6.8.1 グループ化演算子 ((と))**

グループ化演算子は複数の二項演算子が組み合わさった場合に、演算子の優先順位を明示できる演算子です。

たとえば、次のようにグループ化演算子で囲んだ部分が最初に処理されるため、結果も変化します。

```
const a = 1;
const b = 2;
const c = 3;
console.log(a + b * c); // 7
console.log((a + b) * c); // => 9
```

演算子の優先順位^{*1}は ECMAScript 仕様で定義されていますが、演算子の優先度をすべて覚えるのは難しいです。演算子の優先順位の中でグループ化演算子は優先される演算子となり、グループ化演算子を使って優先順位を明示できます。

次のようなグループ化演算子を使わずに書いたコードを見てみましょう。`x` が `true` または、`y` かつ `z` が `true` であるときに処理されます。

```
if (x || y && z) {
  // x が true または
  // y かつ z が true
}
```

ひとつの式に複数の種類の演算子が出てくると読みにくくなる傾向があります。このような場合にはグループ化演算子を使い、結合順を明示して書くようにしましょう。

```
if (x || (y && z)) {
  // x が true または
  // y かつ z が true
```

---

^{*1} [https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Operators/Operator_Precedence#Table](https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Operators/Operator_Precedence#Table)

## 第 6 章 演算子

}

しかし、ひとつの式で多数の演算をするよりも、式自体を分けたほうが読みやすい場合もあります。次のように `a` と `b` が文字列型または `x` と `y` が数値型の場合に処理する `if` 文を考えてみます。グループ化演算子を使い、そのまま 1 つの条件式で書くことも可能ですが、読みにくくなってしまいます。

```
if ((typeof a === "string" && typeof b === "string") || (typeof x === "number"
  && typeof y === "number")) {
  // a と b が文字列型 または
  // x と y が数値型
}
```

このように無理して 1 つの式（1 行）で書くよりも、条件式を分解してそれぞれの結果を変数として定義したほうが読みやすくなる場合もあります。

```
const isAbString = typeof a === "string" && typeof b === "string";
const isXyNumber = typeof x === "number" && typeof y === "number";
if (isAbString || isXyNumber) {
  // a と b が文字列型 または
  // x と y が数値型
}
```

そのため、グループ化演算子ですべての条件をまとめのではなく、それぞれの条件を分解して名前をつける（変数として定義する）ことも重要です。

## 6.9 カンマ演算子 (,)

カンマ演算子 `(,)` は、カンマ `,` で区切った式を左から順に評価し、最後の式の評価結果を返します。

次の例では、式 1、式 2、式 3 の順に評価され、式 3 の評価結果を返します。

式1, 式2, 式3;

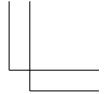
これまでに、カンマで区切るという表現は、`const` による変数宣言などでも出てきました。左から順に実行する点ではカンマ演算子の挙動は同じものですが、構文としては似て非なるものです。

```
const a = 1, b = 2, c = a + b;
console.log(c); // => 3
```

一般にカンマ演算子を利用する機会はほとんどないため、「カンマで区切った式は左から順に評価される」ということだけを知っていれば問題ありません^{*2}。

---

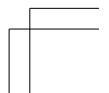
^{*2} カンマ演算子を活用したテクニックとして `indirect call` というものがあります。<https://2ality.com/2014/01/eval.html>



## 6.10 まとめ

この章では演算子について学びました。

- 演算子はよく利用する演算処理を記号などで表現したもの
- 四則演算から論理演算などさまざまな種類の演算子がある
- 演算子には優先順位が定義されており、グループ化演算子で明示できる



## 第7章

# 暗黙的な型変換

---

# Chapter 7

この章では、明示的な型変換と暗黙的な型変換について学んでいきます。

「演算子」の章にて、等価演算子（`==`）ではなく厳密等価演算子（`===`）の利用を推奨していました。これは厳密等価演算子（`===`）が暗黙的な型変換をせずに、値同士を比較できるためです。

厳密等価演算子（`===`）では異なるデータ型を比較した場合に、その比較結果は必ず `false` となります。次のコードは、数値の `1` と文字列の "`1`" という異なるデータ型を比較しているので、結果は `false` となります。

```
// ===では、異なるデータ型の比較結果はfalse
console.log(1 === "1"); // => false
```

しかし、等価演算子（`==`）では異なるデータ型を比較した場合に、同じ型となるように暗黙的な型変換をしてから比較します。次のコードでは、数値の `1` と文字列の "`1`" の比較結果が `true` となっています。これは、等価演算子（`==`）は右辺の文字列 "`1`" を数値の `1` へと暗黙的な型変換してから、比較するためです。

```
// ==では、異なるデータ型は暗黙的な型変換をしてから比較される
// 暗黙的な型変換によって 1 == 1 のように変換されてから比較される
console.log(1 == "1"); // => true
```

このように、暗黙的な型変換によって意図しない結果となるため、比較には厳密等価演算子（`===`）を使うべきです。

別の暗黙的な型変換の例として、数値と真偽値の加算を見てみましょう。多くの言語では、数値と真偽値の加算のような異なるデータ型同士の加算はエラーとなります。しかし、JavaScript では暗黙的な型変換が行われてから加算されるため、エラーなく処理されます。

次のコードでは、真偽値の `true` が数値の `1` へと暗黙的に変換されてから加算処理が行われます。

```
// 暗黙的な型変換が行われ、数値の加算として計算される
1 + true; // => 2
// 次のように暗黙的に変換されてから計算される
1 + 1; // => 2
```

## 7.1 暗黙的な型変換とは

JavaScript では、エラーが発生するのではなく、暗黙的な型変換が行われてしまうケースが多くあります。暗黙的に変換が行われた場合、プログラムは例外を投げずに処理が進むため、バグの発見が難しくなります。このように、暗黙的な型変換はできる限り避けるべき挙動です。

この章では、次のことを学んでいきます。

- 暗黙的な型変換とはどのようなものなのか
- 暗黙的ではない明示的な型変換の方法
- 明示的な変換だけでは解決しないこと

## 7.1 暗黙的な型変換とは

暗黙的な型変換とは次のことを言います。

- ある処理において、その処理過程で行われる明示的ではない型変換のこと

暗黙的な型変換は、演算子による演算や関数の処理過程で行われます。ここでは、演算子における暗黙的な型変換を中心に見ていきます。

### 7.1.1 等価演算子の暗黙的な型変換

もっとも有名な暗黙的な型変換は、先ほども出てきた等価演算子（`==`）です。等価演算子は、オペランド同士が同じ型となるように暗黙的な型変換をしてから、比較します。

次のように等価演算子（`==`）による比較は、驚くような結果を作り出します。

```
// 異なる型である場合に暗黙的な型変換が行われる
console.log(1 == "1"); // => true
console.log(0 == false); // => true
console.log(10 == ["10"]); // => true
```

このほかにも等価演算子による予想できない結果は、比較する値と型の組み合わせの数だけあります。そのため、等価演算子の比較結果がどうなるか覚えるのは現実的ではありません。

しかし、等価演算子の暗黙的な型変換を避ける簡単な方法があります。

それは、常に厳密等価演算子（`===`）を使うことです。値を比較する際は、常に厳密等価演算子を使うことで、暗黙的な型変換をせずに値を比較できます。

```
console.log(1 === "1"); // => false
console.log(0 === false); // => false
console.log(10 === ["10"]); // => false
```

厳密等価演算子（`===`）を使うことで、意図しない比較結果を避けることができます。そのため、比較には等価演算子（`==`）ではなく厳密等価演算子（`===`）を使うことを推奨します。

## 第7章 暗黙的な型変換

**7.1.2 さまざまな暗黙的な型変換**

他の演算子についても、具体的な例を見てみましょう。

次のコードでは、数値の1と文字列の"2"をプラス演算子で処理しています。プラス演算子(+)は、数値の加算と文字列の結合を両方実行できるように多重定義されています。このケースでは、JavaScriptは文字列の結合を優先する仕様となっています。そのため、数値の1を文字列の"1"へ暗黙的に変換してから、文字列結合します。

```
1 + "2"; // => "12"
// 演算過程で次のように暗黙的な型変換が行われる
"1" + "2"; // => "12"
```

もうひとつ、数値と文字列での暗黙的な型変換を見てみましょう。次のコードでは、数値の1から文字列の"2"を減算しています。

JavaScriptには、文字列に対するマイナス演算子(-)の定義はありません。そのため、マイナス演算子の対象となる数値への暗黙的な型変換が行われます。これにより、文字列の"2"を数値の2へ暗黙的に変換してから、減算します。

```
1 - "2"; // => -1
// 演算過程で次のように暗黙的な型変換が行われる
1 - 2; // => -1
```

2つの値までは、まだ結果の型を予想できます。しかし、3つ以上の値を扱う場合に結果を予測するのが難しくなります。

次のように3つ以上の値を+演算子で演算する場合に、値の型が混ざっていると、演算する順番によっても結果が異なります。

```
const x = 1, y = "2", z = 3;
console.log(x + y + z); // => "123"
console.log(y + x + z); // => "213"
console.log(x + z + y); // => "42"
```

暗黙的な型変換では、結果の値の型はオペランドの型に依存しています。それを避けるには、暗黙的ではない変換 — つまり明示的な型変換をする必要があります。

**7.2 明示的な型変換**

プリミティブ型へ明示的な型変換をする方法を見ていきます。

**7.2.1 任意の値 → 真偽値**

JavaScriptではBooleanコンストラクタ関数を使うことで、任意の値をtrueまたはfalseの真偽値に変換できます。

## 7.2 明示的な型変換

```
Boolean("string"); // => true
Boolean(1); // => true
Boolean({}); // => true
Boolean(0); // => false
Boolean(""); // => false
Boolean(null); // => false
```

JavaScript では、次の値は `false` へ変換されます。

- `false`
- `undefined`
- `null`
- `0`
- `0n`
- `NaN`
- `""` (空文字列)

暗黙的な型変換によって `false` に変換されるこれらの値をまとめて **falsy** な値と呼びます。falsy ではない値は、`true` へと変換されます。

この変換ルールは `if` 文の条件式の評価と同様です。次のように `if` 文に対して、真偽値以外の値を渡したときに、真偽値へと暗黙的に変換されてから判定されます。

```
// x は undefined
let x;
if (!x) {
    console.log("falsy な値なら表示", x);
}
```

真偽値については、暗黙的な型変換のルールが少ないため、明示的に変換せずに扱われることも多いです。しかし、より正確な判定をして真偽値を得るには、次のように厳密等価演算子 (`==`) を使って比較します。

```
// x は undefined
let x;
if (x === undefined) {
    console.log("x が undefined なら表示", x);
}
```

### 7.2.2 数値 → 文字列

数値から文字列へ明示的に変換する場合は、`String` コンストラクタ関数を使います。

```
String(1); // => "1"
```

`String` コンストラクタ関数は、数値以外にもいろいろな値を文字列へと変換できます。

## 第 7 章 暗黙的な型変換

```

String("str"); // => "str"
String(true); // => "true"
String(null); // => "null"
String(undefined); // => "undefined"
String(Symbol("シンボルの説明文")); // => "Symbol(シンボルの説明文)"
// プリミティブ型ではない値の場合
String([1, 2, 3]); // => "1,2,3"
String({ key: "value" }); // => "[object Object]"
String(function() {}); // "function() {}"

```

上記の結果からもわかるように `String` コンストラクタ関数での明示的な変換は、万能な方法ではありません。真偽値、数値、文字列、`undefined`、`null`、シンボルのプリミティブ型の値に対しての変換では、見た目どおりの文字列を得ることができます。

一方、オブジェクトに対しては、あまり意味のある文字列を返しません。オブジェクトに対しては `String` コンストラクタ関数より適切な方法があるためです。配列には `join` メソッド、オブジェクトには `JSON.stringify` メソッドなど、より適切な方法があります。そのため、`String` コンストラクタ関数での変換は、あくまでプリミティブ型に対してのみに留めるべきです。

### 7.2.3 シンボル → 文字列

プラス演算子を文字列に利用した場合、文字列の結合を優先します。「片方が文字列なら、もう片方のオペランドとは関係なく、結果は文字列となるのでは？」と考えるかもしれません。

```
"文字列" + x; // 文字列となる？
```

しかし、ES2015 で追加されたプリミティブ型であるシンボルは暗黙的に型変換できません。文字列結合演算子をシンボルに対して利用すると例外を投げるようになっています。そのため、片方が文字列であるからといってプラス演算子の結果が必ず文字列になるとは限らないことがわかります。

次のコードでは、シンボルを文字列結合演算子 (+) で文字列に変換できないという `TypeError` が発生しています。

```

"文字列と" + Symbol("シンボルの説明");
// => TypeError: can't convert symbol to string

```

この問題も `String` コンストラクタ関数を使って、シンボルを明示的に文字列化することで解決できます。

```

"文字列と" + String(Symbol("シンボルの説明")); // => "文字列と Symbol(シンボルの説明)"

```

### 7.2.4 文字列 → 数値

文字列から数値に変換する典型的なケースとしては、ユーザー入力として数字を受け取ることがあります。ユーザー入力は文字列でしか受け取ることができないため、それを数値に変換してから利用

## 7.2 明示的な型変換

する必要があります。

文字列から数値へ明示的に変換するには `Number` コンストラクタ関数が利用できます。

```
// ユーザー入力を文字列として受け取る
const input = window.prompt("数字を入力してください", "42");
// 文字列を数値に変換する
const num = Number(input);
console.log(typeof num); // => "number"
console.log(num); // 入力された文字列を数値に変換したもの
```

また、文字列から数字を取り出して変換する関数として `Number.parseInt`、`Number.parseFloat` も利用できます。`Number.parseInt` は文字列から整数を取り出し、`Number.parseFloat` は文字列から浮動小数点数を取り出することができます。`Number.parseInt(文字列, 基数)` の第二引数には基数を指定します。たとえば、文字列をパースして 10 進数として数値を取り出したい場合は、第二引数に基数として 10 を指定します。

```
// "1"をパースして10進数として取り出す
console.log(Number.parseInt("1", 10)); // => 1
// 余計な文字は無視してパースした結果を返す
console.log(Number.parseInt("42px", 10)); // => 42
console.log(Number.parseInt("10.5", 10)); // => 10
// 文字列をパースして浮動小数点数として取り出す
console.log(Number.parseFloat("1")); // => 1
console.log(Number.parseFloat("42.5px")); // => 42.5
console.log(Number.parseFloat("10.5")); // => 10.5
```

しかし、ユーザーが数字を入力することは限りません。`Number` コンストラクタ関数、`Number.parseInt`、`Number.parseFloat` は、数字以外の文字列を渡すと `NaN` (Not a Number) を返します。

```
// 数字ではないため、数値へは変換できない
Number("文字列"); // => NaN
// 未定義の値は NaN になる
Number(undefined); // => NaN
```

そのため、任意の値から数値へ変換した場合には、`NaN` になってしまった場合の処理を書く必要があります。変換した結果が `NaN` であるかは `Number.isNaN` メソッドで判定できます。

```
const userInput = "任意の文字列";
const num = Number.parseInt(userInput, 10);
if (Number.isNaN(num)) {
    console.log("パースした結果 NaN になった", num);
}
```

### 7.2.5 NaN は Not a Number だけど Number 型

ここで、数値への型変換でたびたび現れる NaN という値について詳しく見ていきます。NaN は Not a Number の略称で、特殊な性質を持つ Number 型のデータです。

この NaN というデータの性質については [IEEE 754^{*1}](#) で規定されており、JavaScript だけの性質ではありません。

NaN という値を作る方法は簡単で、Number 型と互換性のない性質のデータを Number 型へ変換した結果は NaN となります。たとえば、オブジェクトは数値とは互換性のないデータです。そのため、オブジェクトを明示的に変換したとしても結果は NaN になります。

```
Number({}); // => NaN
```

また、NaN は何と演算しても結果は NaN になる特殊な値です。次のように、計算の途中で値が NaN になると、最終的な結果も NaN となります。

```
const x = 10;
const y = x + NaN;
const z = y + 20;
console.log(x); // => 10
console.log(y); // => NaN
console.log(z); // => NaN
```

NaN は Number 型の一種であるという名前と矛盾したデータに見えます。

```
// NaN は number 型
console.log(typeof NaN); // => "number"
```

NaN しか持っていない特殊な性質として、自分自身と一致しないというものがあります。この特徴を利用することで、ある値が NaN であるかを判定できます。

```
function isNaN(x) {
    // NaN は自分自身と一致しない
    return x !== x;
}
console.log(isNaN(1)); // => false
console.log(isNaN("str")); // => false
console.log(isNaN({})); // => false
console.log(isNaN([])); // => false
console.log(isNaN(NaN)); // => true
```

同様の処理をする方法として `Number.isNaN` メソッドがあります。実際に値が NaN かを判定する際

---

^{*1} [https://ja.wikipedia.org/wiki/IEEE_754](https://ja.wikipedia.org/wiki/IEEE_754)

## 7.2 明示的な型変換

には、`Number.isNaN` メソッドを利用するとよいでしょう。

```
Number.isNaN(NaN); // => true
```

`NaN` は暗黙的な型変換の中でもっとも避けたい値となります。理由として、先ほど紹介したように `NaN` は何と演算しても結果が `NaN` となってしまうためです。これにより、計算していた値がどこで `NaN` となったのかがわかりにくく、デバッグが難しくなります。

たとえば、次の `sum` 関数は可変長引数（任意の個数の引数）を受け取り、その合計値を返します。しかし、`sum(x, y, z)` と呼び出したときの結果が `NaN` になってしましました。これは、引数の中に `undefined`（未定義の値）が含まれているためです。

```
// 任意の個数の数値を受け取り、その合計値を返す関数
function sum(...values) {
    return values.reduce((total, value) => {
        return total + value;
    }, 0);
}

const x = 1, z = 10;
let y; // y は undefined
console.log(sum(x, y, z)); // => NaN
```

そのため、`sum(x, y, z);` は次のように呼ばれていたのと同じ結果になります。`undefined` に数値を加算すると結果は `NaN` となります。

```
sum(1, undefined, 10); // => NaN
// 計算中に NaN となるため、最終結果も NaN になる
1 + undefined; // => NaN
NaN + 10; // => NaN
```

これは、`sum` 関数において引数を明示的に `Number` 型へ変換したとしても回避できません。つまり、次のように明示的な型変換をしても解決できないことがわかります。

```
function sum(...values) {
    return values.reduce((total, value) => {
        // value を Number で明示的に数値へ変換してから加算する
        return total + Number(value);
    }, 0);
}

const x = 1, z = 10;
let y; // y は undefined
console.log(sum(x, y, z)); // => NaN
```

この意図しない `NaN` への変換を避ける方法として、大きく分けて次の2つがあります。

## 第7章 暗黙的な型変換

- `sum` 関数側（呼ばれる側）で、Number 型の値以外を受けつけなくする
- `sum` 関数を呼び出す側で、Number 型の値のみを渡すようにする

つまり、呼び出す側または呼び出される側で対処するということですが、どちらも行うことがより安全なコードにつながります。

まずは、`sum` 関数が数値のみを受け取ることを明示する必要があります。

明示する方法として `sum` 関数のドキュメント（コメント）として記述したり、引数に数値以外の値がある場合は例外を投げるという処理を追加するといった形です。

JavaScript ではコメントで引数の型を記述する書式として [JSDoc^{*2}](#) が有名です。また、実行時に値が Number 型であるかをチェックし `throw` 文で例外を投げることで、`sum` 関数の利用者に使い方を明示できます（`throw` 文については「[例外処理](#)」の章で解説します）。

この2つを利用して `sum` 関数の前提条件を詳細に実装したものは次のようにになります。

```
/** 
 * 数値を合計した値を返します。
 * 1つ以上の数値と共に呼び出す必要があります。
 * @param {...number} values
 * @returns {number}
 */
function sum(...values) {
  return values.reduce((total, value) => {
    // 値が Number 型ではない場合に、例外を投げる
    if (typeof value !== "number") {
      throw new Error(`[${value}]は Number 型ではありません`);
    }
    return total + Number(value);
  }, 0);
}

const x = 1, z = 10;
let y; // y は undefined
console.log(x, y, z);
// Number 型の値ではない y を渡しているため例外が発生する
console.log(sum(x, y, z)); // => Error
```

このように、`sum` 関数はどのように使うべきかを明示することで、エラーとなったときに呼ばれる側と呼び出し側でどちらに問題があるのかが明確になります。この場合は、`sum` 関数へ `undefined` な値を渡している呼び出し側に問題があります。

JavaScript は、型エラーに対して暗黙的な型変換をしてしまうなど、驚くほど曖昧さを許容しています。そのため、大きなアプリケーションを書く場合は、このような検出しにくいバグを見つけられるよう書くことが重要です。

---

^{*2} <https://jsdoc.app/>

## 7.3 明示的な変換でも解決しないこと

先ほどの例からもわかるように、あらゆるケースが明示的な変換で解決できるわけではありません。Number型と互換性がない値を数値にしても、NaNとなってしまいます。一度、NaNになってしまふとNumber.isNaNで判定して処理を終えるしかありません。

JavaScriptの型変換は基本的に情報が減る方向へしか変換できません。そのため、明示的な変換をする前に、まず変換がそもそも必要なかを考える必要があります。

### 7.3.1 空文字列かどうかを判定する

たとえば、文字列が空文字列なのかを判定したい場合を考えてみましょう。""(空文字列)はfalsyな値であるため、明示的にBooleanコンストラクタ関数で真偽値へ変換できます。しかし、falsyな値は空文字列以外にもあるため、明示的に変換したからといって空文字列だけを判定できるわけではありません。

次のコードでは、明示的な型変換をしていますが、0も空文字列となってしまい意図しない挙動になっています。

```
// 空文字列かどうかを判定
function isEmptyString(str) {
    // str が falsy な値なら、isEmptyString 関数は true を返す
    return !Boolean(str);
}
// 空文字列列の場合は、true を返す
console.log(isEmptyString ""); // => true
// falsy な値の場合は、true を返す
console.log(isEmptyString 0); // => true
// undefined の場合は、true を返す
console.log(isEmptyString()); // => true
```

ほとんどのケースにおいて、真偽値を得るには型変換ではなく別の方法が存在します。

この場合、空文字列とは「String型で文字長が0の値」であると定義することで、isEmptyString関数をもっと正確に書くことができます。次のように実装することで、値が空文字列であるかを正しく判定できるようになりました。

```
// 空文字列かどうかを判定
function isEmptyString(str) {
    // String型でlengthが0の値の場合はtrueを返す
    return typeof str === "string" && str.length === 0;
}
console.log(isEmptyString ""); // => true
// falsyな値でも正しく判定できる
```

## 第 7 章 暗黙的な型変換

```
console.log(isEmptyString(0)); // => false
console.log(isEmptyString()); // => false
```

`Boolean` を使った型変換は、楽をするための型変換であり、正確に真偽値を得るための方法ではありません。そのため、型変換をする前にまず別の方法で解決できないかを考えることも大切です。

### 7.4 まとめ

この章では暗黙的な型変換と明示的な型変換について学びました。

- 暗黙的な型変換は意図しない結果となりやすいため避ける
- 比較には等価演算子（`==`）ではなく、厳密等価演算子（`===`）を利用する
- 演算子による暗黙的な型変換より、明示的な型変換をする関数を利用する
- 真偽値を得るには、明示的な型変換以外の方法もある

## 第8章

# 関数と宣言

# Chapter 8

関数とは、ある一連の手続き（文の集まり）を1つの処理としてまとめる機能です。関数を利用することで、同じ処理を毎回書くのではなく、一度定義した関数を呼び出すことで同じ処理を実行できます。

これまで利用してきたコンソール表示をするConsole APIも関数です。`console.log`は「受け取った値をコンソールへ出力する」という処理をまとめた関数です。

この章では、関数の定義方法や呼び出し方について見ていきます。

### 8.1 関数宣言

JavaScriptでは、関数を定義するために`function`キーワードを使います。`function`からはじまる文は**関数宣言**と呼び、次のように関数を定義できます。

```
// 関数宣言
function 関数名(仮引数1, 仮引数2) {
    // 関数が呼び出されたときの処理
    // ...
    return 関数の返り値;
}
// 関数呼び出し
const 関数の結果 = 関数名(引数1, 引数2);
console.log(関数の結果); // => 関数の返り値
```

関数は次の4つの要素で構成されています。

- 関数名 — 利用できる名前は変数名と同じ（3章の「[変数名に使える名前のルール](#)」を参照）
- 仮引数 — 関数の呼び出し時に渡された値が入る変数。複数ある場合は、（カンマ）で区切る
- 関数の中身 — {と}で囲んだ関数の処理を書く場所
- 関数の返り値 — 関数を呼び出したときに、呼び出し元へ返される値

宣言した関数は、`関数名()`と関数名にカッコをつけることで呼び出せます。関数を引数と共に呼ぶ際は、`関数名(引数1, 引数2)`とし、引数が複数ある場合は、（カンマ）で区切れます。

関数の中身では`return`文によって、関数の実行結果として任意の値を返せます。

## 第8章 関数と宣言

次のコードでは、引数で受け取った値を2倍にして返す `double` という関数を定義しています。`double` 関数には `num` という仮引数が定義されており、`10` という値を引数として渡して関数を呼び出しています。仮引数の `num` には `10` が代入され、その値を2倍にしたもの `return` 文で返しています。

```
function double(num) {
    return num * 2;
}
// double 関数の返り値は、num に 10 を入れて return 文で返した値
console.log(double(10)); // => 20
```

関数で `return` 文が実行されると、関数内ではそれ以降の処理は行われません。また関数が値を返す必要がない場合は、`return` 文では返り値を省略できます。`return` 文の返り値を省略した場合は、未定義の値である `undefined` を返します。

```
function fn() {
    // 何も返り値を指定しない場合は undefined を返す
    return;
    // すでに return されているため、この行は実行されません
}
console.log(fn()); // => undefined
```

関数が何も値を返す必要がない場合は、`return` 文そのものを省略できます。`return` 文そのものを省略した場合は、`undefined` という値を返します。

```
function fn() { }
console.log(fn()); // => undefined
```

## 8.2 関数の引数

JavaScript では、関数に定義した仮引数の個数と実際に呼び出したときの引数の個数が違っても、関数を呼び出せます。そのため、引数の個数が合っていないときの挙動を知る必要があります。また、引数が省略されたときに、デフォルトの値を指定するデフォルト引数という構文についても見ていきましょう。

### 8.2.1 呼び出し時の引数が少ないとき

定義した関数の仮引数よりも呼び出し時の引数が少ない場合、余った仮引数には `undefined` という値が代入されます。

次のコードでは、引数として渡した値をそのまま返す `echo` 関数を定義しています。`echo` 関数は仮引数 `x` を定義していますが、引数を渡さずに呼び出すと、仮引数 `x` には `undefined` が入ります。

```
function echo(x) {
    return x;
}

console.log(echo(1)); // => 1
console.log(echo()); // => undefined
```

複数の引数を受けつける関数でも同様に、余った仮引数には `undefined` が入ります。

次のコードでは、2つの引数を受け取り、それを配列として返す `argumentsToArray` 関数を定義しています。このとき、引数として1つの値しか渡していない場合、残る仮引数には `undefined` が代入されます。

```
function argumentsToArray(x, y) {
    return [x, y];
}

console.log(argumentsToArray(1, 2)); // => [1, 2]
// 仮引数の x には 1、y には undefined が入る
console.log(argumentsToArray(1)); // => [1, undefined]
```

### 8.2.2 デフォルト引数 ES2015

デフォルト引数（デフォルトパラメータ）は、仮引数に対応する引数が渡されていない場合に、デフォルトで代入される値を指定できます。次のように、仮引数に対して仮引数 = デフォルト値という構文で、仮引数ごとにデフォルト値を指定できます。

```
function 関数名 (仮引数 1 = デフォルト値 1, 仮引数 2 = デフォルト値 2) {
```

```
}
```

次のコードでは、渡した値をそのまま返す `echo` 関数を定義しています。先ほどの `echo` 関数とは異なり、仮引数 `x` に対してデフォルト値を指定しています。そのため、引数を渡さずに `echo` 関数を呼び出すと、`x` には"デフォルト値"が代入されます。

```
function echo(x = "デフォルト値") {
    return x;
}

console.log(echo(1)); // => 1
console.log(echo()); // => "デフォルト値"
```

ES2015 でデフォルト引数が導入されるまでは、OR 演算子 (`||`) を使ったデフォルト値の指定がよく利用されていました。

## 第8章 関数と宣言

```
function addPrefix(text, prefix) {
  const pre = prefix || "デフォルト:";
  return pre + text;
}

console.log(addPrefix("文字列")); // => "デフォルト: 文字列"
console.log(addPrefix("文字列", "カスタム:")); // => "カスタム: 文字列"
```

しかし、OR 演算子 (||) を使ったデフォルト値の指定にはひとつ問題があります。OR 演算子 (||) では、左辺のオペランドが falsy な値の場合に右辺のオペランドを評価します。falsy な値とは、真偽値へと変換すると `false` となる次のような値のことです（「暗黙的な型変換」の章を参照）。

- `false`
- `undefined`
- `null`
- `0`
- `0n`
- `NaN`
- `""` (空文字列)

OR 演算子 (||) を使った場合、次のように `prefix` に空文字列を指定した場合にもデフォルト値が入ります。これは書いた人が意図した挙動なのかがとてもわかりにくく、このような挙動はバグにつながることがあります。

```
function addPrefix(text, prefix) {
  const pre = prefix || "デフォルト:";
  return pre + text;
}

// falsy な値を渡すとデフォルト値が入ってしまう
console.log(addPrefix("文字列")); // => "デフォルト: 文字列"
console.log(addPrefix("文字列", "")); // => "デフォルト: 文字列"
console.log(addPrefix("文字列", "カスタム:")); // => "カスタム: 文字列"
```

デフォルト引数を使って書くことで、このような挙動は起きなくなるため安全です。デフォルト引数では、引数が渡されなかった場合のみデフォルト値が入ります。

```
function addPrefix(text, prefix = "デフォルト:") {
  return prefix + text;
}

// falsy な値を渡してもデフォルト値は代入されない
console.log(addPrefix("文字列")); // => "デフォルト: 文字列"
console.log(addPrefix("文字列", "")); // => "文字列"
```

```
console.log(addPrefix("文字列", "カスタム:")); // => "カスタム: 文字列"
```

また、ES2020 から導入された Nullish coalescing 演算子 (??) を利用することでも、OR 演算子 (||) の問題を避けつつデフォルト値を指定できます。

```
function addPrefix(text, prefix) {
    // prefix が null または undefined の時、デフォルト値を返す
    const pre = prefix ?? "デフォルト:";
    return pre + text;
}

console.log(addPrefix("文字列")); // => "デフォルト: 文字列"
// falsy な値でも意図通りに動作する
console.log(addPrefix("文字列", "")); // => "文字列"
console.log(addPrefix("文字列", "カスタム:")); // => "カスタム: 文字列"
```

### 8.2.3 呼び出し時の引数が多いとき

関数の仮引数に対して引数の個数が多い場合、あふれた引数は単純に無視されます。

次のコードでは、2 つの引数を足し算した値を返す add 関数を定義しています。この add 関数には仮引数が 2 つしかありません。そのため、3 つ以上の引数を渡しても 3 番目以降の引数は単純に無視されます。

```
function add(x, y) {
    return x + y;
}
add(1, 3); // => 4
add(1, 3, 5); // => 4
```

## 8.3 可変長引数

関数において引数の数が固定ではなく、任意の個数の引数を受け取りたい場合があります。たとえば、`Math.max(...args)` は引数を何個でも受け取り、受け取った引数の中で最大の数値を返す関数です。このような、固定した数ではなく任意の個数の引数を受け取れることを可変長引数と呼びます。

```
// Math.max は可変長引数を受け取る関数
const max = Math.max(1, 5, 10, 20);
console.log(max); // => 20
```

可変長引数を実現するためには、Rest parameters か関数の中でのみ参照できる `arguments` という特殊な変数を利用します。

### 8.3.1 Rest parameters ES2015

Rest parameters は、仮引数名の前に`...`をつけた仮引数のこと。残余引数とも呼ばれます。Rest parameters には、関数に渡された値が配列として代入されます。

次のコードでは、`fn` 関数に`...args`という Rest parameters が定義されています。この`fn` 関数を呼び出したときの引数の値が、`args`という変数に配列として代入されます。

```
function fn(...args) {
    // args は、渡された引数が入った配列
    console.log(args); // => ["a", "b", "c"]
}
fn("a", "b", "c");
```

Rest parameters は、通常の仮引数と組み合わせても定義できます。ほかの仮引数と組み合わせる際には、必ず Rest parameters を末尾の仮引数として定義する必要があります。

次のコードでは、1番目の引数は`arg1`に代入され、残りの引数が`restArgs`に配列として代入されます。

```
function fn(arg1, ...restArgs) {
    console.log(arg1); // => "a"
    console.log(restArgs); // => ["b", "c"]
}
fn("a", "b", "c");
```

Rest parameters は、引数をまとめた配列を仮引数に定義する構文でした。一方で、配列を展開して関数の引数に渡す Spread 構文もあります。

Spread 構文は、配列の前に`...`をつけた構文のこと。関数には配列の値を展開したものが引数として渡されます。次のコードでは、`array`の配列を展開して`fn` 関数の引数として渡しています。

```
function fn(x, y, z) {
    console.log(x); // => 1
    console.log(y); // => 2
    console.log(z); // => 3
}
const array = [1, 2, 3];
// Spread 構文で配列を引数に展開して関数を呼び出す
fn(...array);
// 次のように書いたのと同じ意味
fn(array[0], array[1], array[2]);
```

### 8.3.2 arguments

可変長引数を扱う方法として、`arguments` という関数の中でのみ参照できる特殊な変数があります。`arguments` は関数に渡された引数の値がすべて入った **Array-like** なオブジェクトです。**Array-like** なオブジェクトは、配列のようにインデックスで要素へアクセスできます。しかし、`Array` ではないため、実際の配列とは異なり `Array` のメソッドは利用できないという特殊なオブジェクトです。

次のコードでは、`fn` 関数に仮引数が定義されていません。しかし、関数の内部では `arguments` という変数で、実際に渡された引数を配列のように参照できます。

```
function fn() {
    // arguments はインデックスを指定して各要素にアクセスできる
    console.log(arguments[0]); // => "a"
    console.log(arguments[1]); // => "b"
    console.log(arguments[2]); // => "c"
}
fn("a", "b", "c");
```

Rest parameters が利用できる環境では、`arguments` 変数を使うべき理由はありません。`arguments` 変数には次のような問題があります。

- Arrow Function では利用できない（Arrow Function については後述）
- Array-like オブジェクトであるため、`Array` のメソッドを利用できない
- 関数が可変長引数を受けつけるのかを仮引数だけを見て判断できない

`arguments` 変数は仮引数の定義とは関係なく、実際に渡された引数がすべて含まれています。そのため、関数の仮引数の定義部分だけ見ても、実際に関数の要求する引数がわからないという問題を作りやすいです。Rest parameters であれば、仮引数で可変長を受け入れることが明確になります。

このように、可変長引数が必要な場合は `arguments` 変数よりも、Rest parameters での実装を推奨します。

## 8.4 関数の引数と分割代入 ES2015

関数の引数においても分割代入（Destructuring assignment）が利用できます。分割代入はオブジェクトや配列からプロパティを取り出し、変数として定義し直す構文です。

次のコードでは、関数の引数として `user` オブジェクトを渡し、`id` プロパティをコンソールへ出力しています。

```
function printUserId(user) {
    console.log(user.id); // => 42
}
const user = {
    id: 42
```

## 第8章 関数と宣言

```
};

printUserId(user);
```

関数の引数に分割代入を使うことで、このコードは次のように書けます。次のコードの `printUserId` 関数はオブジェクトを引数として受け取ります。この受け取った `user` オブジェクトの `id` プロパティを変数 `id` として定義しています。

```
// 第一引数のオブジェクトからid プロパティを変数id として定義する
function printUserId({ id }) {
  console.log(id); // => 42
}
const user = {
  id: 42
};
printUserId(user);
```

代入演算子 (`=`) におけるオブジェクトの分割代入では、左辺に定義したい変数を定義し、右辺のオブジェクトから対応するプロパティを代入していました。関数の仮引数が左辺で、関数に渡す引数を右辺と考えるとほぼ同じ構文であることがわかります。

```
const user = {
  id: 42
};
// オブジェクトの分割代入
const { id } = user;
console.log(id); // => 42
// 関数の引数の分割代入
function printUserId({ id }) {
  console.log(id); // => 42
}
printUserId(user);
```

関数の引数における分割代入は、オブジェクトだけではなく配列についても利用できます。次のコードでは、引数に渡された配列の1番目の要素が `first` に、2番目の要素が `second` に代入されます。

```
function print([first, second]) {
  console.log(first); // => 1
  console.log(second); // => 2
}
const array = [1, 2];
print(array);
```

## 8.5 関数はオブジェクト

JavaScript では、関数は関数オブジェクトとも呼ばれ、オブジェクトの一種です。関数はただのオブジェクトとは異なり、関数名に () をつけることで、関数としてまとめた処理を呼び出すことができます。

一方で、() をつけて呼び出されなければ、関数をオブジェクトとして参照できます。また、関数はほかの値と同じように変数へ代入したり、関数の引数として渡すことが可能です。

次のコードでは、定義した `fn` 関数を `myFunc` 変数へ代入してから、呼び出しています。

```
function fn() {
  console.log("fn が呼び出されました");
}

// 関数 fn を myFunc 変数に代入している
const myFunc = fn;
myFunc();
```

このように関数が値として扱えることを、**ファーストクラスファンクション**（第一級関数）と呼びます。

先ほどのコードでは、関数宣言をしてから変数へ代入していましたが、最初から関数を値として定義できます。関数を値として定義する場合には、関数宣言と同じ `function` キーワードを使った方法と Arrow Function を使った方法があります。どちらの方法も、関数を式（代入する値）として扱うため**関数式**と呼びます。

### 8.5.1 関数式

関数式とは、関数を値として変数へ代入している式のことと言います。関数宣言は文でしたが、関数式では関数を値として扱っています。これは、文字列や数値などの変数宣言と同じ定義方法です。

```
// 関数式
const 変数名 = function() {
  // 関数を呼び出したときの処理
  // ...
  return 関数の返り値;
};
```

関数式では `function` キーワードの右辺に書く関数名は省略できます。なぜなら、定義した関数式は変数名で参照できるためです。一方、関数宣言では `function` キーワードの右辺の関数名は省略できません。

```
// 関数式は変数名で参照できるため、"関数名"を省略できる
const 変数名 = function() {
};
```

## 第8章 関数と宣言

```
// 関数宣言では"関数名"は省略できない
function 関数名 () {
}
```

このように関数式では、名前を持たない関数を変数に代入できます。このような名前を持たない関数を匿名関数（または無名関数）と呼びます。

もちろん関数式でも関数に名前をつけることができます。しかし、この関数の名前は関数の外からは呼ぶことができません。一方、関数の中からは呼ぶことができるため、再帰的に関数を呼び出す際などに利用されます。

```
// factorial は関数の外から呼び出せる名前
// innerFact は関数の外から呼び出せない名前
const factorial = function innerFact(n) {
    if (n === 0) {
        return 1;
    }
    // innerFact を再帰的に呼び出している
    return n * innerFact(n - 1);
};
console.log(factorial(3)); // => 6
```

### 8.5.2 Arrow Function ES2015

関数式には `function` キーワードを使った方法以外に、Arrow Function と呼ばれる書き方があります。名前のとおり矢印のような`=>`（イコールと大なり記号）を使い、匿名関数を定義する構文です。次のように、`function` キーワードを使った関数式とよく似た書き方をします。

```
// Arrow Function を使った関数定義
const 変数名 = () => {
    // 関数を呼び出したときの処理
    // ...
    return 関数の返す値;
};
```

Arrow Function には書き方にいくつかのパターンがありますが、`function` キーワードに比べて短く書けるようになっています。また、Arrow Function には省略記法があり、次の場合にはさらに短く書けます。

- 関数の仮引数が1つのときは`()`を省略できる
- 関数の処理が1つの式である場合に、ブロックと`return`文を省略できる
  - その式の評価結果を`return`の返り値とする

## 8.5 関数はオブジェクト

```
// 仮引数の数と定義
const fnA = () => { /* 仮引数がないとき */ };
const fnB = (x) => { /* 仮引数が1つのみのとき */ };
const fnC = x => { /* 仮引数が1つのみのときは()を省略可能 */ };
const fnD = (x, y) => { /* 仮引数が複数のとき */ };
// 値の返し方
// 次の2つの定義は同じ意味となる
const mulA = x => { return x * x; }; // ブロックの中でreturn
const mulB = x => x * x; // 1行のみの場合はreturnとブロックを省略できる
```

Arrow Functionについては次のような特徴があります。

- 名前をつけることができない（常に匿名関数）
- `this` が静的に決定できる（詳細は「[関数とスコープ](#)」の章で解説します）
- `function` キーワードに比べて短く書くことができる
- `new` できない（コンストラクタ関数ではない）
- `arguments` 変数を参照できない

たとえば `function` キーワードの関数式では、値を返すコールバック関数を次のように書きます。配列の `map` メソッドは、配列の要素を順番にコールバック関数へ渡し、そのコールバック関数が返した値を新しい配列にして返します。

```
const array = [1, 2, 3];
// 1,2,3と順番に値が渡されコールバック関数（匿名関数）が処理する
const doubleArray = array.map(function(value) {
    return value * 2; // 返した値をまとめた配列ができる
});
console.log(doubleArray); // => [2, 4, 6]
```

Arrow Functionでは処理が1つの式だけである場合に、`return` 文を省略して暗黙的にその式の評価結果を `return` の返り値とします。また、Arrow Functionは仮引数が1つである場合は()を省略できます。このような省略はコールバック関数を多用する場合にコードの見通しを良くします。

次のコードは、先ほどの `function` キーワードで書いたコールバック関数と同じ結果になります。

```
const array = [1, 2, 3];
// 仮引数が1つなので()を省略できる
// 関数の処理が1つの式なのでreturn文を省略できる
const doubleArray = array.map(value => value * 2);
console.log(doubleArray); // => [2, 4, 6]
```

Arrow Functionは `function` キーワードの関数式に比べて、できることとできないことがはつきりしています。たとえば、`function` キーワードでは非推奨としていた `arguments` 変数を参照できますが、Arrow Functionでは参照できなくなっています。Arrow Functionでは、人による解釈や実装の

## 第8章 関数と宣言

違いが生まれにくくなります。

また、`function` キーワードと Arrow Function の大きな違いとして、`this` という特殊なキーワードに関する挙動の違いがあります。`this` については「[関数とスコープ](#)」の章で解説しますが、Arrow Function ではこの `this` の問題の多くを解決できるという利点があります。

そのため、Arrow Function で問題ない場合は Arrow Function で書き、そうでない場合は `function` キーワードを使うことを推奨します。

## 同じ名前の関数宣言は上書きされる

関数宣言で定義した関数は、関数の名前でのみ区別されます。そのため、同じ名前の関数を複数回宣言した場合には、後ろで宣言された関数によって上書きされます。

次のコードでは、`fn` という関数名を 2 つ定義していますが、最後に定義された `fn` 関数が優先されています。また、仮引数の定義が異なっていても、関数の名前が同じなら上書きされます。

```
function fn(x) {
    return `最初の関数 x: ${x}`;
}

function fn(x, y) {
    return `最後の関数 x: ${x}, y: ${y}`;
}

console.log(fn(2, 10)); // => "最後の関数 x: 2, y: 10"
```

この関数定義の上書きは `function` キーワードでの関数宣言と `var` キーワードを使った関数式のみで発生します。`let` や `const` では同じ変数名の定義はエラーとなるため、このような関数定義の上書きもエラーとなります。

このように、同じ関数名で複数の関数を定義することは、関数を上書きしてしまうため避けるべきです。引数の違いで関数を呼び分けたい場合は、別々の名前で関数を定義するか関数の内部で引数の値で処理を分岐する必要があります。

この関数定義の上書きは `function` キーワードでの関数宣言と `var` キーワードを使った関数式のみで発生します。一方で、`const` や `let` では同じ変数名の定義はエラーとなるため、このような関数定義の上書きもエラーとなります。

```
const fn = (x) => {
    return `最初の関数 x: ${x}`;
};

// const は同じ変数名を定義できないため、構文エラーとなる
const fn = (x, y) => {
    return `最後の関数 x: ${x}, y: ${y}`;
};
```

関数の上書きを避けたい場合は、`const` と関数式を使って関数を定義することで、意図しない上書きが発生しにくくなります。

## 8.6 コールバック関数

関数はファーストクラスであるため、その場で作った匿名関数を関数の引数（値）として渡すことができます。引数として渡される関数のことを**コールバック関数**と呼びます。一方、コールバック関数を引数として使う関数やメソッドのことを**高階関数**と呼びます。

```
function 高階関数(コールバック関数) {  
    コールバック関数();  
}
```

たとえば、配列の `forEach` メソッドはコールバック関数を引数として受け取る高階関数です。`forEach` メソッドは、配列の各要素に対してコールバック関数を一度ずつ呼び出します。

```
const array = [1, 2, 3];  
const output = (value) => {  
    console.log(value);  
};  
array.forEach(output);  
// 次のように実行しているのと同じ  
// output(1); => 1  
// output(2); => 2  
// output(3); => 3
```

毎回、関数を定義してその関数をコールバック関数として渡すのは、少し手間がかかります。そこで、関数はファーストクラスであることを利用して、コールバック関数となる匿名関数をその場で定義して渡せます。

```
const array = [1, 2, 3];  
array.forEach((value) => {  
    console.log(value);  
});
```

コールバック関数は非同期処理においてもよく利用されます。非同期処理におけるコールバック関数の利用方法については「[非同期処理](#)」の章で解説します。

## 8.7 メソッド

オブジェクトのプロパティである関数を**メソッド**と呼びます。JavaScriptにおいて、関数とメソッドの機能的な違いはありません。しかし、呼び方を区別したほうがわかりやすいため、ここではオブジェクトのプロパティである関数をメソッドと呼びます。

次のコードでは、`obj` の `method1` プロパティと `method2` プロパティに関数を定義しています。この `obj.method1` プロパティと `obj.method2` プロパティがメソッドです。

## 第8章 関数と宣言

```
const obj = {
    method1: function() {
        // function キーワードでのメソッド
    },
    method2: () => {
        // Arrow Function でのメソッド
    }
};
```

次のように空オブジェクトの `obj` を定義してから、`method` プロパティへ関数を代入してもメソッドを定義できます。

```
const obj = {};
obj.method = function() {
```

メソッドを呼び出す場合は、関数呼び出しと同様にオブジェクト.メソッド名() と書くことで呼び出せます。

```
const obj = {
    method: function() {
        return "this is method";
    }
};
console.log(obj.method()); // => "this is method"
```

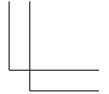
8.7.1 メソッドの短縮記法 ES2015

先ほどの方法では、プロパティに関数を代入するという書き方になっていました。ES2015 からは、メソッドとしてプロパティを定義するための短縮した書き方が追加されています。

次のように、オブジェクトリテラルの中でメソッド名(){} /*メソッドの処理*/ } と書くことができます。

```
const obj = {
    method() {
        return "this is method";
    }
};
console.log(obj.method()); // => "this is method"
```

この書き方はオブジェクトのメソッドだけではなく、クラスのメソッドと共通の書き方となっています。メソッドを定義する場合は、できるだけこの短縮記法に統一したほうがよいでしょう。



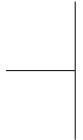
## 8.8 まとめ

この章では、次のことについて学びました。

- 関数の宣言方法
- 関数を値として使う方法
- コールバック関数
- 関数式と Arrow Function
- メソッドの定義方法

基本的な関数の定義や値としての関数について学びました。JavaScript では、非同期処理を扱うことが多く、その場合にコールバック関数が使われます。Arrow Function を使うことで、コールバック関数を短く簡潔に書くことができます。

JavaScript でのメソッドは、オブジェクトのプロパティである関数のことです。ES2015 からは、メソッドを定義する構文が追加されているため活用していきます。



## 第9章

### 文と式

# Chapter 9

本格的に基本文法について学ぶ前に、JavaScript というプログラミング言語がどのような要素からできているかを見ていきましょう。

JavaScript は、文 (Statement) と式 (Expression) から構成されています。

#### 9.1 式

式 (Expression) を簡潔に述べると、値を生成し、変数に代入できるものを言います。

42 のようなリテラルや `foo` といった変数、関数呼び出しが式です。また、`1 + 1` のような式と演算子の組み合わせも式と呼びます。

式の特徴として、式を評価すると結果の値が得られます。この結果の値を評価値と呼びます。

評価した結果を変数に代入できるものは式であるという理解で問題ありません。

```
// 1 という式の評価値を表示
console.log(1); // => 1
// 1 + 1 という式の評価値を表示
console.log(1 + 1); // => 2
// 式の評価値を変数に代入
const total = 1 + 1;
// 関数式の評価値（関数オブジェクト）を変数に代入
const fn = function() {
    return 1;
};
// fn() という式の評価値を表示
console.log(fn()); // => 1
```

#### 9.2 文

文 (Statement) を簡潔に述べると、処理する 1 ステップが 1 つの文と言えます。JavaScript では、文の末尾にセミコロン (;) を置くことで文と文に区切りをつけます。

ソースコードとして書かれた文を上から処理していくことで、プログラムが実行されます。

```
処理する文;  
処理する文;  
処理する文;
```

たとえば、if 文や for 文などが文と呼ばれるものです。次のように、文の処理の一部として式を含むことがあります。

```
const isTrue = true;  
// isTrue という式が if 文の中に出てくる  
if (isTrue) {  
}
```

一方、if 文などは文であり式にはなれません。

式ではないため、if 文を変数へ代入することはできません。次のようなコードは構文として問題があるため、構文エラー（SyntaxError）となります。

```
// 構文として間違っているため、SyntaxError が発生する  
var forIsNotExpression = if (true) { /* if は文であるため式にはなれない */ }
```

### 9.2.1 式文

一方で、式（Expression）は文（Statement）になれます。文となった式のことを**式文**と呼びます。基本的に文が書ける場所には式を書けます。

その際に、**式文**（Expression statement）は文の一種であるため、セミコロンで文を区切っています。

```
// 式文であるためセミコロンをつけている  
式;
```

式は文になりますが、先ほどの if 文のように文は式になれません。

### 9.2.2 ブロック文

次のような、文を{と}で囲んだ部分を**ブロック**と言います。ブロックには、複数の文が書けます。

## 第9章 文と式

```
{
  文;
  文;
}
```

ブロック文は単独でも書けますが、基本的には if 文や for 文など他の構文と組み合わせて書くことがほとんどです。次のコードでは、if 文とブロック文を組み合わせることで、if 文の処理内容に複数の文を書いています。

```
// if 文とブロック文の組み合わせ
if (true) {
  console.log("文 1");
  console.log("文 2");
}
```

文の末尾にはセミコロンをつけるとしていましたが、例外としてブロックで終わる文の末尾には、セミコロンが不要となっています。

```
// ブロックで終わらない文なので、セミコロンが必要
if (true) console.log(true);
// ブロックで終わる文なので、セミコロンが不要
if (true) {
  console.log(true);
}
```

## 単独のブロック文の活用

アプリケーションのソースコードに if 文などと組み合わせない単独のブロック文を書くことはほとんどありません。しかし、REPL で同じコードの一部を変更して実行を繰り返している場合には、単独のブロック文が役に立つ機会もあります。

REPL では、次のように同じ変数名を再定義すると、構文エラーが発生します（詳細は「[変数と宣言](#)」の章の「[var の問題](#)」を参照）。そのため、同じコードを再び実行するには、ブラウザでページをリロードして変数定義をリセットしないといけませんでした。

```
// REPL での動作。>>は REPL の入力欄
>> const count = 1;
undefined
>> const count = 2;
SyntaxError: redeclaration of const count
```

この問題は単独のブロック文で変数定義を囲むことで回避できます。ブロック文 ({} ) の中で let や const を用いて変数を定義しても、そのブロック文の外には影響しません。そのため、次

## 9.3 function 宣言（文）と function 式

のようにブロック文で囲んでおけば、同じ変数名を定義しても構文エラー（`SyntaxError`）にはなりません。

```
// REPL での動作。>>は REPL の入力欄
>> {
  const count = 1;
}
undefined // ここでブロック内で定義した変数 count は参照できなくなる
>> {
  const count = 1;
}
undefined // ここでブロック内で定義した変数 count は参照できなくなる
```

これは、ブロックスコープという仕組みによるものですが、詳しい仕組みについては「[関数とスコープ](#)」の章で解説します。今は、ブロック文を使うと REPL での試行錯誤がしやすいということだけ知っていれば問題ありません。

### 9.3 function 宣言（文）と function 式

「[関数と宣言](#)」の章において、関数を定義する方法を学びました。function キーワードから文を開始する関数宣言と、変数へ関数式を代入する方法があります。

関数宣言（文）と関数式は、どちらも `function` というキーワードを利用しています。

```
// learn 関数を宣言する関数宣言文
function learn() {
}
// 関数式を read 変数へ代入
const read = function() {
};
```

この文と式の違いを見ると、関数宣言文にはセミコロンがなく、関数式にはセミコロンがあります。このような、違いがなぜ生まれるのかは、ここまでとの内容から説明できます。

関数宣言（文）で定義した `learn` 関数には、セミコロンがありません。これは、ブロックで終わる文にはセミコロンが不要であるためです。

一方、関数式を `read` 変数へ代入したものには、セミコロンがあります。

「ブロックで終わる関数であるためセミコロンが不要なのでは？」と思うかもしれません。

しかし、この匿名関数は式であり、この処理は変数を宣言する文の一部であることがわかります。つまり、次のように置き換えるても同じと言えるため、末尾にセミコロンが必要となります。

```
function fn() {}
// fn(式) の評価値を代入する変数宣言の文
const read = fn;
```

## 第9章 文と式

### 9.4 まとめ

この章では次のことについて学びました。

- JavaScript は文 (Statement) と式 (Expression) から構成される
- 文は式になれない
- 式は文になれる (式文)
- 文の末尾にはセミコロンをつける
- ブロックで終わる文は例外的にセミコロンをつけなくてよい

JavaScript には、特殊なルールに基づき、セミコロンがない文も行末に自動でセミコロンが挿入されるという仕組みがあります。しかし、この仕組みは構文を正しく解析できない場合に、セミコロンを足すという挙動を持っています。これにより、意図しない挙動を生むことがあります。そのため、必ず文の末尾にはセミコロンを書くようにします。

エディターや IDE の中にはセミコロンの入力の補助をしてくれるものや、[ESLint^{*1}](#)などの Lint ツールを使うことで、セミコロンが必要なのかをチェックできます。

セミコロンが必要か見分けるにはある程度慣れが必要ですが、ツールを使って静的にチェックできます。そのため、ツールなどの支援を受けて経験的に慣れていくこともよい方法と言えます。

---

^{*1} <http://eslint.org/>

## 第10章

## 条件分岐

# Chapter 10

この章では if 文や switch 文を使った条件分岐について学んでいきます。条件分岐を使うことで、特定の条件を満たすかどうかで行う処理を変更できます。

### 10.1 if 文

if 文を使うことで、プログラム内に条件分岐を書けます。

if 文は次のような構文が基本形となります。条件式の評価結果が `true` であるならば、実行する文が実行されます。

```
if (条件式) {
    実行する文;
}
```

次のコードでは条件式が `true` であるため、if の中身が実行されます。

```
if (true) {
    console.log("この行は実行されます");
}
```

実行する文が 1 つのみの場合は、`{` と `}` のブロックを省略できます。しかし、どこまでが if 文かがわかりにくくなるため、常にブロックで囲むことを推奨します。

```
if (true)
    console.log("この行は実行されます");
```

if 文は条件式に比較演算子などを使い、その比較結果によって処理を分岐するためによく使われます。次のコードでは、`x` が 10 よりも大きな値である場合に、if 文の中身が実行されます。

```
const x = 42;
if (x > 10) {
    console.log("x は 10 より大きな値です");
}
```

## 第 10 章 条件分岐

`if` 文の条件式には `true` または `false` といった真偽値以外の値も指定できます。真偽値以外の値の場合、その値を暗黙的に真偽値へ変換してから、条件式として判定します。

真偽値へ変換すると `true` となる値の種類は多いため、逆に変換した結果が `false` となる値を覚えるのが簡単です。次の値は真偽値へと変換すると `false` となるため、これらは `falsy` な値と呼ばれます（「[暗黙的な型変換](#)」の章を参照）。

- `false`
- `undefined`
- `null`
- `0`
- `On`
- `NaN`
- `""` (空文字列)

`falsy` ではない値は、`true` へと変換されます。そのため、"文字列" や 0 以外の数値などを条件式に指定した場合は、`true` へと変換してから条件式として判定します。

次のコードは、条件式が `true` へと変換されるため、`if` 文の中身が実行されます。

```
if (true) {
    console.log("この行は実行されます");
}
if ("文字列") {
    console.log("この行は実行されます");
}
if (42) {
    console.log("この行は実行されます");
}
if ([ "配列" ]) {
    console.log("この行は実行されます");
}
if ({ name: "オブジェクト" }) {
    console.log("この行は実行されます");
}
```

`falsy` な値を条件式に指定した場合は、`false` へと変換されます。次のコードは、条件式が `false` へと変換されるため、`if` 文の中身は実行されません。

```
if (false) {
    // この行は実行されません
}
if ( "") {
    // この行は実行されません
}
```

## 10.1 if 文

```
if (0) {
    // この行は実行されません
}
if (undefined) {
    // この行は実行されません
}
if (null) {
    // この行は実行されません
}
```

## 10.1.1 else if 文

複数の条件分岐を書く場合は、if 文に続けて else if 文を使います。たとえば、次の 3 つの条件分岐するプログラムを考えます。

- `version` が “ES5” ならば “ECMAScript 5” と出力
- `version` が “ES6” ならば “ECMAScript 2015” と出力
- `version` が “ES7” ならば “ECMAScript 2016” と出力

次のコードでは、if 文と else if 文を使うことで 3 つの条件を書いています。変数 `version` の値が "ES6" であるため、コンソールには "ECMAScript 2015" が output されます。

```
const version = "ES6";
if (version === "ES5") {
    console.log("ECMAScript 5");
} else if (version === "ES6") {
    console.log("ECMAScript 2015");
} else if (version === "ES7") {
    console.log("ECMAScript 2016");
}
```

## 10.1.2 else 文

if 文と else if 文では、条件に一致した場合の処理をブロック内に書いていました。一方で条件に一致しなかった場合の処理は、else 文を使うことで書けます。

次のコードでは、変数 `num` の数値が 10 より大きいかを判定しています。`num` の値は 10 以下であるため、else 文で書いた処理が実行されます。

```
const num = 1;
if (num > 10) {
    console.log(`num は 10 より大きいです: ${num}`);
} else {
```

## 第 10 章 条件分岐

```
    console.log(`num は 10 以下です: ${num}`);
}
```

**ネストした if 文**

if 文、else if 文、else 文はネストして書けます。次のように複数の条件を満たすかどうかを if 文のネストとして表現できます。

```
if (条件式 A) {
    if (条件式 B) {
        // 条件式 A と条件式 B が true ならば実行される文
    }
}
```

ネストした if 文の例として、今年がうるう年かを判定してみましょう。  
うるう年の条件は次のとおりです。

- 西暦で示した年が 4 で割り切れる年はうるう年です
- ただし、西暦で示した年が 100 で割り切れる年はうるう年ではありません
- ただし、西暦で示した年が 400 で割り切れる年はうるう年です

西暦での現在の年は `new Date().getFullYear()` で取得できます。このうるう年の条件を if 文で表現すると次のように書けます。

```
const year = new Date().getFullYear();
if (year % 4 === 0) { // 4 で割り切れる
    if (year % 100 === 0) { // 100 で割り切れる
        if (year % 400 === 0) { // 400 で割り切れる
            console.log(`${year}年はうるう年です`);
        } else {
            console.log(`${year}年はうるう年ではありません`);
        }
    } else {
        console.log(`${year}年はうるう年です`);
    }
} else {
    console.log(`${year}年はうるう年ではありません`);
}
```

条件を上から順に書き下したため、ネストが深い文となってしまっています。一般的にはネストは浅いほうが、読みやすいコードとなります。

条件を少し読み解くと、400 で割り切れる年は無条件にうるう年であることがわかります。そのため、条件を並び替えることで、ネストする if 文なしに書くことができます。

```

const year = new Date().getFullYear();
if (year % 400 === 0) { // 400で割り切れる
    console.log(`#${year}年はうるう年です`);
} else if (year % 100 === 0) { // 100で割り切れる
    console.log(`#${year}年はうるう年ではありません`);
} else if (year % 4 === 0) { // 4で割り切れる
    console.log(`#${year}年はうるう年です`);
} else { // それ以外
    console.log(`#${year}年はうるう年ではありません`);
}

```

## 10.2 switch 文

switch 文は、次のような構文で式の評価結果が指定した値である場合に行う処理を並べて書きます。

```

switch (式) {
    case ラベル 1:
        // 式の評価結果がラベル 1 と一致する場合に実行する文
        break;
    case ラベル 2:
        // 式の評価結果がラベル 2 と一致する場合に実行する文
        break;
    default:
        // どの case にも該当しない場合の処理
        break;
}
// break; 後はここから実行される

```

switch 文は if 文と同様に式の評価結果に基づく条件分岐を扱います。また break 文は、switch 文から抜けて switch 文の次の文から実行するためのものです。次のコードでは、version の評価結果は "ES6"となるため、case "ES6": に続く文が実行されます。

```

const version = "ES6";
switch (version) {
    case "ES5":
        console.log("ECMAScript 5");
        break;
    case "ES6":
        console.log("ECMAScript 2015");
        break;
    case "ES7":

```

## 第 10 章 条件分岐

```

        console.log("ECMAScript 2016");
        break;
    default:
        console.log("知らないバージョンです");
        break;
    }
// "ECMAScript 2015" と出力される

```

これは if 文で次のように書いた場合と同じ結果になります。

```

const version = "ES6";
if (version === "ES5") {
    console.log("ECMAScript 5");
} else if (version === "ES6") {
    console.log("ECMAScript 2015");
} else if (version === "ES7") {
    console.log("ECMAScript 2016");
} else {
    console.log("知らないバージョンです");
}

```

switch 文はやや複雑な仕組みであるため、どのように処理されているかを見ていきます。まず switch (式) の式を評価します。

```

switch (式) {
    // case
}

```

次に式の評価結果が厳密等価演算子 (===) で一致するラベルを探索します。一致するラベルが存在する場合は、その case 節を実行します。一致するラベルが存在しない場合は、default 節が実行されます。

```

switch (式) {
    // if (式 === "ラベル 1")
    case "ラベル 1":
        break;
    // else if (式 === "ラベル 2")
    case "ラベル 2":
        break;
    // else
    default:
        break;
}

```

### 10.2.1 break 文

switch 文の case 節では基本的に `break;` を使って switch 文を抜けるようにします。この `break;` は省略が可能ですが、省略した場合、後ろに続く case 節が条件に関係なく実行されます。

```
const version = "ES6";
switch (version) {
    case "ES5":
        console.log("ECMAScript 5");
    case "ES6": // 一致するケース
        console.log("ECMAScript 2015");
    case "ES7": // break されないため条件無視して実行
        console.log("ECMAScript 2016");
    default: // break されないため条件無視して実行
        console.log("知らないバージョンです");
}
/*
"ECMAScript 2015"
"ECMAScript 2016"
"知らないバージョンです"
と出力される
*/
```

このように `break;` を忘れてしまうと意図しない case 節が実行されてしまいます。そのため、case 節と break 文が多用されている switch 文が出てきた場合、別の方法で書けないかを考えるべきサインとなります。

switch 文は if 文の代用として使うのではなく、次のように関数と組み合わせて条件に対する値を返すパターンとして使うことが多いです。関数については「[関数と宣言](#)」の章で紹介します。

```
function getECMAScriptName(version) {
    switch (version) {
        case "ES5":
            return "ECMAScript 5";
        case "ES6":
            return "ECMAScript 2015";
        case "ES7":
            return "ECMAScript 2016";
        default:
            return "知らないバージョンです";
    }
}
```

## 第 10 章 条件分岐

```
// 関数を実行して return された値を得る
getECMAScriptName("ES6"); // => "ECMAScript 2015"
```

### 10.3 まとめ

この章では条件分岐について学びました。

- if 文、else if 文、else 文で条件分岐した処理を扱える
- 条件式に指定した値は真偽値へと変換してから判定される
- 真偽値に変換すると `false` となる値を falsy と呼ぶ
- switch 文と case 節、default 節を組み合わせて条件分岐した処理を扱える
- case 節で break 文しない場合は引き続き case 節が実行される

条件分岐には if 文や switch 文を利用します。複雑な条件を定義する場合には、if 文のネストが深くなりやすいです。そのような場合には、条件式自体を見直してよりシンプルな条件にできないかを考えることも重要です。

## 第11章

# ループと反復処理

---

# Chapter 11

この章では、while 文や for 文などの基本的な反復処理と制御文について学んでいきます。  
プログラミングにおいて、同じ処理を繰り返すために同じコードを繰り返し書く必要はありません。  
ループやイテレータなどを使い、反復処理として同じ処理を繰り返し実行できます。  
また、for 文などの構文だけではなく、配列のメソッドを利用して反復処理を行う方法もあります。配列のメソッドを使った反復処理もよく利用されるため、合わせて見ていきます。

### 11.1 while 文

while 文は条件式が `true` であるならば、反復処理を行います。

```
while (条件式) {
    実行する文;
}
```

while 文の実行フローは次のようになります。最初から条件式が `false` である場合は、何も実行せず while 文は終了します。

1. 条件式の評価結果が `true` なら次のステップへ、`false` なら終了
2. 実行する文を実行
3. ステップ 1 へ戻る

次のコードでは `x` の値が 10 未満であるなら、コンソールへ繰り返しログが出力されます。また、実行する文にて `x` の値を増やし、条件式が `false` となるようにしています。

```
let x = 0;
console.log(`ループ開始前の x の値: ${x}`);
while (x < 10) {
    console.log(x);
    x += 1;
}
console.log(`ループ終了後の x の値: ${x}`);
```

## 第 11 章 ループと反復処理

つまり、実行する文の中で条件式が `false` となるような処理を書かないと無限ループします。

JavaScript には、より安全な反復処理の書き方があるため、`while` 文は使う場面が限られています。

安易に `while` 文を使うよりも、ほかの書き方で解決できないかを考えてからでも遅くはないでしょう。

## 無限ループ

反復処理を扱う際に、コードの書き間違いや条件式のミスなどから無限ループを引き起こしてしまう場合があります。たとえば、次のコードは条件式の評価結果が常に `true` となってしまうため、無限ループが発生してしまいます。

```
let i = 1;
// 条件式が常に true になるため、無限ループする
while (i > 0) {
    console.log(`#${i}回目のループ`);
    i += 1;
}
```

無限ループが発生してしまったときは、あわてずにスクリプトを停止してからコードを修正しましょう。

ほとんどのブラウザには無限ループが発生した際に、自動的にスクリプトの実行を停止する機能が含まれています。また、ブラウザで該当のスクリプトを実行しているページ（タブ）またはブラウザそのものを閉じることで強制的に停止できます。Node.js で実行している場合は `Ctrl + C` を入力し、終了シグナルを送ることで強制的に停止できます。

無限ループが発生する原因のほとんどは条件式に関連する実装ミスです。まずは条件式の確認をしてみることで問題を解決できるはずです。

## 11.2 do-while 文

`do-while` 文は `while` 文とほとんど同じですが実行順序が異なります。

```
do {
    実行する文;
} while (条件式);
```

`do-while` 文の実行フローは次のようにになります。

1. 実行する文を実行
2. 条件式の評価結果が `true` なら次のステップへ、`false` なら終了
3. ステップ 1 へ戻る

`while` 文とは異なり、必ず最初に実行する文を処理します。

そのため、次のコードのように最初から条件式を満たさない場合でも、初回の実行する文が処理され、コンソールへ `1000` と出力されます。

```
const x = 1000;
do {
    console.log(x); // => 1000
} while (x < 10);
```

この仕組みをうまく利用して、ループの開始前とループ中の処理をまとめて書けます。しかし、while 文と同じくほかの書き方で解決できないかを考えてからでも遅くはないでしょう。

### 11.3 for 文

for 文は繰り返す範囲を指定した反復処理を書けます。

```
for (初期化式; 条件式; 増分式) {
    実行する文;
}
```

for 文の実行フローは次のようにになります。

1. 初期化式で変数の宣言
2. 条件式の評価結果が `true` なら次のステップへ、`false` なら終了
3. 実行する文を実行
4. 増分式で変数を更新
5. ステップ 2 へ戻る

次のコードでは、for 文で 1 から 10 までの値を合計して、その結果をコンソールへ出力しています。

```
let total = 0; // total の初期値は 0
// for 文の実行フロー
// i を 0 で初期化
// i が 10 未満（条件式を満たす）なら for 文の処理を実行
// i に 1 を足し、再び条件式の判定へ
for (let i = 0; i < 10; i++) {
    total += i + 1; // 1 から 10 の値を total に加算している
}
console.log(total); // => 55
```

このコードは 1 から 10 までの合計を電卓で計算すればいいので、普通は必要ありませんね。もう少し実用的なものを考えると、任意の数値の入った配列を受け取り、その合計を計算して返すという関数を実装すると良さそうです。

次のコードでは、任意の数値が入った配列を受け取り、その合計値を返す `sum` 関数を実装しています。`numbers` 配列に含まれている要素を先頭から順番に変数 `total` へ加算することで合計値を計算しています。

```
function sum(numbers) {
```

## 第 11 章 ループと反復処理

```

let total = 0;
for (let i = 0; i < numbers.length; i++) {
    total += numbers[i];
}
return total;
}

console.log(sum([1, 2, 3, 4, 5])); // => 15

```

JavaScript の配列である `Array` オブジェクトには、反復処理のためのメソッドが備わっています。そのため、配列のメソッドを使った反復処理も合わせて見ていきます。

## 11.4 配列の `forEach` メソッド

配列には `forEach` メソッドという `for` 文と同じように反復処理を行うメソッドがあります。`forEach` メソッドでの反復処理は、次のように書けます。

```

const array = [1, 2, 3];
array.forEach(currentValue => {
    // 配列の要素ごとに呼び出される処理
});

```

JavaScript では、関数がファーストクラスであるため、その場で作った匿名関数（名前のない関数）を引数として渡せます。

引数として渡される関数のことを **コールバック関数** と呼びます。また、コールバック関数を引数として受け取る関数やメソッドのことを **高階関数** と呼びます。

```

const array = [1, 2, 3];
// forEach は"コールバック関数"を受け取る高階関数
array.forEach(コールバック関数);

```

`forEach` メソッドのコールバック関数には、配列の要素が先頭から順番に渡されて実行されます。つまり、コールバック関数の仮引数である `currentValue` には、1 から 3 の値が順番に渡されます。

```

const array = [1, 2, 3];
array.forEach(currentValue => {
    console.log(currentValue);
});
// 1
// 2
// 3
// と順番に出力される

```

先ほどの for 文の例と同じ数値の合計を返す sum 関数を forEach メソッドで実装してみます。

```
function sum(numbers) {
  let total = 0;
  numbers.forEach(num => {
    total += num;
  });
  return total;
}

sum([1, 2, 3, 4, 5]); // => 15
```

forEach には for 文の条件式に相当するものではなく、必ず配列のすべての要素を反復処理します。変数 *i* といった一時的な値を定義する必要がないため、シンプルに反復処理を書けます。

## 11.5 break 文

break 文は処理中の文から抜けて次の文へ移行する制御文です。while、do-while、for の中に使い、処理中のループを抜けて次の文へ制御を移します。

```
while (true) {
  break; // *1 へ
}
// *1 次の文
```

switch 文で出てきたものと同様で、処理中のループ文を終了できます。

次のコードでは配列の要素に 1 つでも偶数を含んでいるかを判定しています。

```
const numbers = [1, 5, 10, 15, 20];
// 偶数があるかどうか
let isEvenIncluded = false;
for (let i = 0; i < numbers.length; i++) {
  const num = numbers[i];
  if (num % 2 === 0) {
    isEvenIncluded = true;
    break;
  }
}
console.log(isEvenIncluded); // => true
```

1 つでも偶数があるかがわかれればいいため、配列内から最初の偶数を見つけたら for 文での反復処理を終了します。このような処理は、使い回せるように関数として実装するのが一般的です。

同様の処理をする isEvenIncluded 関数を実装してみます。次のコードでは、break 文が実行され、

## 第 11 章 ループと反復処理

ループを抜けた後に return 文で結果を返しています。

```
// 引数の num が偶数なら true を返す
function isEven(num) {
    return num % 2 === 0;
}

// 引数の numbers に偶数が含まれているなら true を返す
function isEvenIncluded(numbers) {
    let isEvenIncluded = false;
    for (let i = 0; i < numbers.length; i++) {
        const num = numbers[i];
        if (isEven(num)) {
            isEvenIncluded = true;
            break;
        }
    }
    return isEvenIncluded;
}

const array = [1, 5, 10, 15, 20];
console.log(isEvenIncluded(array)); // => true
```

return 文は現在の関数を終了させることができるので、次のようにも書けます。numbers に 1 つでも偶数が含まれていれば結果は true となるため、偶数の値が見つかった時点で true を返しています。

```
function isEven(num) {
    return num % 2 === 0;
}

function isEvenIncluded(numbers) {
    for (let i = 0; i < numbers.length; i++) {
        const num = numbers[i];
        if (isEven(num)) {
            return true;
        }
    }
    return false;
}

const numbers = [1, 5, 10, 15, 20];
console.log(isEvenIncluded(numbers)); // => true
```

偶数を見つけたらすぐに return することで一時的な変数が不要となり、より簡潔に書けました。

### 11.5.1 配列の some メソッド

先ほどの `isEvenIncluded` 関数は、偶数を見つけたら `true` を返す関数でした。配列では `some` メソッドで同様のことが行えます。

`some` メソッドは、配列の各要素をテストする処理をコールバック関数として受け取ります。コールバック関数が、一度でも `true` を返した時点で反復処理を終了し、`some` メソッドは `true` を返します。

```
const array = [1, 2, 3, 4, 5];
const isPassed = array.some(currentValue => {
    // テストをパスすると true、そうでないなら false を返す
});
```

`some` メソッドを使うことで、配列に偶数が含まれているかは次のように書けます。受け取った値が偶数であるかをテストするコールバック関数として `isEven` 関数を渡します。

```
function isEven(num) {
    return num % 2 === 0;
}
const numbers = [1, 5, 10, 15, 20];
console.log(numbers.some(isEven)); // => true
```

## 11.6 continue 文

`continue` 文は現在の反復処理を終了して、次の反復処理を行います。`continue` 文は、`while`、`do-while`、`for` の中で使えます。

たとえば、`while` 文の処理中で `continue` 文が実行されると、現在の反復処理はその時点で終了します。そして、次の反復処理で条件式を評価するところからループが再開します。

```
while (条件式) {
    // 実行される処理
    continue; // 条件式へ
    // これ以降の行は実行されません
}
```

次のコードでは、配列の中から偶数を集め、新しい配列を作り返しています。偶数ではない場合、処理中の `for` 文をスキップします。

```
// number が偶数なら true を返す
function isEven(num) {
    return num % 2 === 0;
}
// numbers に含まれている偶数だけを取り出す
```

## 第 11 章 ループと反復処理

```

function filterEven(numbers) {
  const results = [];
  for (let i = 0; i < numbers.length; i++) {
    const num = numbers[i];
    // 偶数ではないなら、次のループへ
    if (!isEven(num)) {
      continue;
    }
    // 偶数を results に追加
    results.push(num);
  }
  return results;
}
const array = [1, 5, 10, 15, 20];
console.log(filterEven(array)); // => [10, 20]

```

もちろん、次のように `continue` 文を使わずに「偶数なら `results` へ追加する」という書き方も可能です。

```

if (isEven(number)) {
  results.push(number);
}

```

この場合、条件が複雑になってきた場合にネストが深くなつてコードが読みにくくなります。そのため、10 章の「[ネストした if 文](#)」のうるう年の例でも紹介したように、できるだけ早い段階でそれ以上処理を続けない宣言をして、複雑なコードになることを避けています。

### 11.6.1 配列の `filter` メソッド

配列から特定の値だけを集めた新しい配列を作るには `filter` メソッドを利用できます。

`filter` メソッドには、配列の各要素をテストする処理をコールバック関数として渡します。コールバック関数が `true` を返した要素のみを集めた新しい配列を返します。

```

const array = [1, 2, 3, 4, 5];
// テストをパスしたものを集めた配列
const filteredArray = array.filter((currentValue, index, array) => {
  // テストをパスするなら true、そうでないなら false を返す
});

```

先ほどの `continue` 文を使った値の絞り込みは `filter` メソッドを使うとより簡潔に書けます。次のコードでは、`filter` メソッドを使って偶数だけに絞り込んでいます。

```

function isEven(num) {
  return num % 2 === 0;
}

```

```
}
```

```
const array = [1, 5, 10, 15, 20];
console.log(array.filter(isEven)); // => [10, 20]
```

## 11.7 for...in 文

for...in 文はオブジェクトのプロパティに対して、反復処理を行います^{*1}。

```
for (プロパティ in オブジェクト) {
    実行する文;
}
```

次のコードでは `obj` のプロパティ名を `key` 変数に代入して反復処理をしています。`obj` には、3つのプロパティ名があるため3回繰り返されます（ループのたびに毎回新しいブロックを作成しているため、ループごとに定義する変数 `key` は再定義エラーになりません。詳細は「[関数とスコープ](#)」の章の「[ブロックスコープ](#)」で解説します）。

```
const obj = {
    "a": 1,
    "b": 2,
    "c": 3
};
// 注記: ループのたびに毎回新しいブロックに変数keyが定義されるため、
// 再定義エラーが発生しない
for (const key in obj) {
    const value = obj[key];
    console.log(`key:${key}, value:${value}`);
}
// "key:a, value:1"
// "key:b, value:2"
// "key:c, value:3"
```

オブジェクトに対する反復処理のために `for...in` 文は有用に見えますが、多くの問題を持っています。

JavaScript では、オブジェクトは何らかのオブジェクトを継承しています。`for...in` 文は、対象となるオブジェクトのプロパティを列挙する場合に、親オブジェクトまで列挙可能なものがあるかを探して列挙します。そのため、オブジェクト自身が持っていないプロパティも列挙されてしまい、意図しない結果になる場合があります。

---

^{*1} `for...in` 文がプロパティを列挙する順番は ES2019 までは実装依存でしたが、ES2020 で列挙する順番が決められました。

## 第 11 章 ループと反復処理

安全にオブジェクトのプロパティを列挙するには、`Object.keys` メソッド、`Object.values` メソッド、`Object.entries` メソッドなどが利用できます。

先ほどの例である、オブジェクトのキーと値を列挙するコードは `for...in` 文を使わずに書けます。`Object.keys` メソッドは引数のオブジェクト自身が持つ列挙可能なプロパティ名の配列を返します。そのため `for...in` 文とは違い、親オブジェクトのプロパティは列挙されません。

```
const obj = {
  "a": 1,
  "b": 2,
  "c": 3
};

Object.keys(obj).forEach(key => {
  const value = obj[key];
  console.log(`key:${key}, value:${value}`);
});

// "key:a, value:1"
// "key:b, value:2"
// "key:c, value:3"
```

また、`for...in` 文は配列に対しても利用できますが、こちらも期待した結果にはなりません。

次のコードでは、配列の要素が列挙されそうですが、実際には配列のプロパティ名が列挙されます。`for...in` 文が列挙する配列オブジェクトのプロパティ名は、要素のインデックスを文字列化した“0”、“1”となるため、その文字列が `num` へと順番に代入されます。そのため、数値と文字列の加算が行われ、意図した結果にはなりません。

```
const numbers = [5, 10];
let total = 0;
for (const num in numbers) {
  // 0 + "0" + "1" という文字列結合が行われる
  total += num;
}
console.log(total); // => "001"
```

配列の内容に対して反復処理を行う場合は、`for` 文や `forEach` メソッド、後述する `for...of` 文を使うべきでしょう。

このように `for...in` 文は正しく扱うのが難しいですが、代わりとなる手段が豊富にあります。そのため、`for...in` 文の利用は避け、`Object.keys` メソッドなどを使って配列として反復処理するなどの方法を考えたほうがよいでしょう。

## 11.8 `for...of` 文 ES2015

最後に `for...of` 文についてです。

JavaScript では、`Symbol.iterator` という特別な名前のメソッドを実装したオブジェクトを **iterable** と呼びます。iterable オブジェクトは、`for...of` 文で反復処理できます。

iterable については generator と密接な関係がありますが、ここでは反復処理時の動作が定義されたオブジェクトと認識していれば問題ありません。

iterable オブジェクトは反復処理時に次の返す値を定義しています。それに対して、`for...of` 文では、`iterable` から値を 1 つ取り出し、`variable` に代入して反復処理を行います。

```
for (variable of iterable) {  
    実行する文;  
}
```

実はすでに iterable オブジェクトは登場していて、`Array` は iterable オブジェクトです。

次のように `for...of` 文で、配列から値を取り出して反復処理を行えます。`for...in` 文とは異なり、インデックス値ではなく配列の値を列挙します。

```
const array = [1, 2, 3];  
for (const value of array) {  
    console.log(value);  
}  
// 1  
// 2  
// 3
```

JavaScript では `String` オブジェクトも iterable です。そのため、文字列を 1 文字ずつ列挙できます。

```
const str = "吉野家";  
for (const value of str) {  
    console.log(value);  
}  
// "吉"  
// "野"  
// "家"
```

そのほかにも、`TypedArray`、`Map`、`Set`、DOM `NodeList` など、`Symbol.iterator` が実装されているオブジェクトは多いです。`for...of` 文は、それらの iterable オブジェクトで反復処理に利用できます。

## 11.9 まとめ

この章では、`for` 文などの構文での反復処理と配列のメソッドを使った反復処理について比較しながら見てきました。`for` 文などの構文では `continue` 文や `break` 文が利用できますが、配列のメソッドではそれらは利用できません。一方で配列のメソッドは、一時的な変数を管理する必要がないことや、処理をコールバック関数として書くという違いがあります。

第 11 章 ループと反復処理

どちらの方法も反復処理においてはよく利用されます。どちらが優れているというわけでもないため、どちらの方法も使いこなせるようになることが重要です。また、配列のメソッドについては「[配列](#)」の章でも詳しく解説します。

## 第12章 オブジェクト

# Chapter 12

オブジェクトはプロパティの集合です。プロパティとは名前（キー）と値（バリュー）が対になったものです。プロパティのキーには文字列または `Symbol` が利用でき、値には任意のデータを指定できます。また、1つのオブジェクトは複数のプロパティを持てるため、1つのオブジェクトで多種多様な値を表現できます。

今まで登場してきた、配列や関数などもオブジェクトの一種です。JavaScript には、あらゆるオブジェクトの元となる `Object` というビルトインオブジェクトがあります。ビルトインオブジェクトは、実行環境にあらかじめ定義されているオブジェクトのことです。`Object` というビルトインオブジェクトは ECMAScript の仕様で定義されているため、あらゆる JavaScript の実行環境で利用できます。

この章では、オブジェクトの作成や扱い方、`Object` というビルトインオブジェクトについて見てきます。

### 12.1 オブジェクトを作成する

オブジェクトを作成するには、オブジェクトリテラル（`{}`）を利用します。

```
// プロパティを持たない空のオブジェクトを作成
const obj = {};
```

オブジェクトリテラルでは、初期値としてプロパティを持つオブジェクトを作成できます。プロパティは、オブジェクトリテラル（`{}`）の中にキーと値を：（コロン）で区切って記述します。

```
// プロパティを持つオブジェクトを定義する
const obj = {
  // キー: 値
  "key": "value"
};
```

オブジェクトリテラルのプロパティ名（キー）はクオート（"や'）を省略できます。そのため、次のように書いても同じです。

```
// プロパティ名（キー）はクオートを省略することが可能
```

## 第12章 オブジェクト

```
const obj = {
  // キー: 値
  key: "value"
};
```

ただし、変数名として利用できないプロパティ名はクオート（"や'）で囲む必要があります。次の `my-prop` というプロパティ名は、変数名として利用できない-が含まれているため定義できません（「[変数と宣言](#)」の章の「[変数名に使える名前のルール](#)」を参照）。

```
const object = {
  // キー: 値
  my-prop: "value" // NG
};
```

`my-prop` というプロパティ名を定義する場合は、クオート（"や'）で囲む必要があります。

```
const obj = {
  // キー: 値
  "my-prop": "value" // OK
};
```

オブジェクトリテラルでは複数のプロパティ（キーと値の組み合わせ）を持つオブジェクトも作成できます。複数のプロパティを定義するには、それぞれのプロパティを、（カンマ）で区切ります。

```
const color = {
  // それぞれのプロパティは、で区切る
  red: "red",
  green: "green",
  blue: "blue"
};
```

プロパティの値に変数名を指定すれば、そのキーは指定した変数を参照します。

```
const name = "名前";
// name というプロパティ名で name の変数を値に設定したオブジェクト
const obj = {
  name: name
};
console.log(obj); // => { name: "名前" }
```

また ES2015 からは、プロパティ名と値に指定する変数名が同じ場合は`{ name }`のように省略して書けます。次のコードは、プロパティ名 `name` に変数 `name` を値にしたプロパティを設定しています。

```
const name = "名前";
```

## 12.2 プロパティへのアクセス

```
// name というプロパティ名で name の変数を値に設定したオブジェクト
const obj = {
  name
};
console.log(obj); // => { name: "名前" }
```

この省略記法は、モジュールや分割代入においても共通した表現です。そのため、{}の中でプロパティ名が単独で書かれている場合は、この省略記法を利用していることに注意してください。

### 12.1.1 {}は Object のインスタンスオブジェクト

`Object` は JavaScript のビルトインオブジェクトです。オブジェクトリテラル ({} ) は、このビルトインオブジェクトである `Object` を元にして新しいオブジェクトを作成するための構文です。

オブジェクトリテラル以外の方法として、`new` 演算子を使うことで、`Object` から新しいオブジェクトを作成できます。次のコードでは、`new Object()` でオブジェクトを作成していますが、これは空のオブジェクトリテラルと同じ意味です。

```
// プロパティを持たない空のオブジェクトを作成
// = Object からインスタンスオブジェクトを作成
const obj = new Object();
console.log(obj); // => {}
```

オブジェクトリテラルのほうが明らかに簡潔で、プロパティの初期値も指定できるため、`new Object()` を使う利点はありません。

`new Object()` でオブジェクトを作成することは、「`Object` のインスタンスオブジェクトを作成する」と言います。しかしながら、`Object` やインスタンスオブジェクトなどややこしい言葉の使い分けが必要となってしまいます。そのため、この書籍ではオブジェクトリテラルと `new Object` どちらの方法であっても、単に「オブジェクトを作成する」と呼びます。

オブジェクトリテラルは、`Object` から新しいインスタンスオブジェクトを作成していることを意識しておくとよいでしょう。

## 12.2 プロパティへのアクセス

オブジェクトのプロパティにアクセスする方法として、ドット記法 (.) とブラケット記法 ([] ) があります。それぞれの記法でプロパティ名を指定すると、その名前を持ったプロパティの値を参照できます。

```
const obj = {
  key: "value"
};
// ドット記法で参照
console.log(obj.key); // => "value"
// ブラケット記法で参照
```

## 第12章 オブジェクト

```
console.log(obj["key"]); // => "value"
```

ドット記法（.）では、プロパティ名が変数名と同じく識別子の命名規則を満たす必要があります（詳細は「[変数と宣言](#)」の章の「[変数名に使える名前のルール](#)」を参照）。

```
obj.key; // OK
// プロパティ名が数字から始まる識別子は利用できない
obj.123; // NG
// プロパティ名にハイフンを含む識別子は利用できない
obj.my-prop; // NG
```

一方、括弧記法では、[と]の間に任意の式を書けます。そのため、識別子の命名規則とは関係なく、任意の文字列をプロパティ名として指定できます。ただし、プロパティ名は文字列へと暗黙的に変換されることに注意してください。

```
const obj = {
  key: "value",
  123: 456,
  "my-key": "my-value"
};

console.log(obj["key"]); // => "value"
// プロパティ名が数字からはじまる識別子も利用できる
console.log(obj[123]); // => 456
// プロパティ名は暗黙的に文字列に変換されているため、次も同じプロパティを参照している
console.log(obj["123"]); // => 456
// プロパティ名にハイフンを含む識別子も利用できる
console.log(obj["my-key"]); // => "my-value"
```

また、括弧記法ではプロパティ名に変数も利用できます。次のコードでは、プロパティ名に myLang という変数を括弧記法で指定しています。

```
const languages = {
  ja: "日本語",
  en: "英語"
};
const myLang = "ja";
console.log(languages[myLang]); // => "日本語"
```

ドット記法ではプロパティ名に変数は利用できないため、プロパティ名に変数を指定したい場合は括弧記法を利用します。基本的には簡潔なドット記法（.）を使い、ドット記法で書けない場合は括弧記法（[]）を使うとよいでしょう。

## 12.3 オブジェクトと分割代入 ES2015

同じオブジェクトのプロパティを何度もアクセスする場合に、何度もオブジェクト.プロパティ名と書くと冗長となりやすいです。そのため、短い名前で利用できるように、そのプロパティを変数として定義し直すことがあります。

次のコードでは、変数 `ja` と `en` を定義し、その初期値として `languages` オブジェクトのプロパティを代入しています。

```
const languages = {
  ja: "日本語",
  en: "英語"
};
const ja = languages.ja;
const en = languages.en;
console.log(ja); // => "日本語"
console.log(en); // => "英語"
```

このようなオブジェクトのプロパティを変数として定義し直すときには、分割代入 (Destructuring assignment) が利用できます。

オブジェクトの分割代入では、左辺にオブジェクトリテラルのような構文で変数名を定義します。右辺のオブジェクトから対応するプロパティ名が、左辺で定義した変数に代入されます。

次のコードでは、先ほどのコードと同じように `languages` オブジェクトから `ja` と `en` プロパティを取り出して変数として定義しています。代入演算子のオペランドとして左辺と右辺それぞれに `ja` と `en` と書いていたのが、分割代入では一箇所に書くことができます。

```
const languages = {
  ja: "日本語",
  en: "英語"
};
const { ja, en } = languages;
console.log(ja); // => "日本語"
console.log(en); // => "英語"
```

## 12.4 プロパティの追加

オブジェクトは、一度作成した後もその値自体を変更できるというミュータブル (mutable) の特性を持ちます。そのため、作成したオブジェクトに対して、後からプロパティを追加できます。

プロパティの追加方法は単純で、作成したいプロパティ名へ値を代入するだけです。そのとき、オブジェクトに指定したプロパティが存在しないなら、自動的にプロパティが作成されます。

プロパティの追加はドット記法、括弧記法どちらでも可能です。

## 第 12 章 オブジェクト

```
// 空のオブジェクト
const obj = {};
// key プロパティを追加して値を代入
obj.key = "value";
console.log(obj.key); // => "value"
```

先ほども紹介したように、ドット記法は変数の識別子として利用可能なプロパティ名しか利用できません。

一方、ブラケット記法は `object[式]` の式の評価結果を文字列にしたものを利用できます。そのため、次のものをプロパティ名として扱う場合にはブラケット記法を利用します。

- 変数
- 変数の識別子として扱えない文字列
- Symbol

```
const key = "key-string";
const obj = {};
// key の評価結果 "key-string" をプロパティ名に利用
obj[key] = "value of key";
// 取り出すときも同じく key 変数を利用
console.log(obj[key]); // => "value of key"
```

ブラケット記法を用いたプロパティ定義は、オブジェクトリテラルの中でも利用できます。オブジェクトリテラル内でのブラケット記法を使ったプロパティ名は **Computed property names** と呼ばれます。Computed property names は ES2015 から導入された記法ですが、式の評価結果をプロパティ名に使う点はブラケット記法と同じです。

次のコードでは、Computed property names を使って `key` 変数の評価結果である "key-string" をプロパティ名にしています。

```
const key = "key-string";
// Computed Property で key の評価結果 "key-string" をプロパティ名に利用
const obj = {
  [key]: "value"
};
console.log(obj[key]); // => "value"
```

JavaScript のオブジェクトは、作成後にプロパティが変更可能という `mutable` の特性を持つことを紹介しました。そのため、関数が受け取ったオブジェクトに対して、勝手にプロパティを追加できてしまします。

次のコードは、`changeProperty` 関数が引数として受け取ったオブジェクトにプロパティを追加している悪い例です。

```
function changeProperty(obj) {
```

## 12.4 プロパティの追加

```

obj.key = "value";
// いろいろな処理...
}
const obj = {};
changeProperty(obj); // obj のプロパティを変更している
console.log(obj.key); // => "value"

```

このように、プロパティを初期化時以外に追加してしまうと、そのオブジェクトがどのようなプロパティを持っているかがわかりにくくなります。そのため、できる限り作成後に新しいプロパティは追加しないほうがよいでしょう。オブジェクトの作成時のオブジェクトリテラルの中でプロパティを定義することを推奨します。

#### 12.4.1 プロパティの削除

オブジェクトのプロパティを削除するには `delete` 演算子を利用します。削除したいプロパティを `delete` 演算子の右辺に指定して、プロパティを削除できます。

```

const obj = {
  key1: "value1",
  key2: "value2"
};
// key1 プロパティを削除
delete obj.key1;
// key1 プロパティが削除されている
console.log(obj); // => { "key2": "value2" }

```

const で定義したオブジェクトは変更可能

先ほどのコード例で、`const` で宣言したオブジェクトのプロパティがエラーなく変更できていることがわかります。次のコードを実行してみると、値であるオブジェクトのプロパティが変更できていることがわかります。

```

const obj = { key: "value" };
obj.key = "Hi!"; // const で定義したオブジェクト (obj) が変更できる
console.log(obj.key); // => "Hi!"

```

JavaScript の `const` は値を固定するのではなく、変数への再代入を防ぐためのものです。そのため、次のような `obj` 変数への再代入は防げますが、変数に代入された値であるオブジェクトの変更は防げません（3章の「`const`」を参照）。

```

const obj = { key: "value" };
obj = {}; // => SyntaxError

```

## 第 12 章 オブジェクト

作成したオブジェクトのプロパティの変更を防止するには `Object.freeze` メソッドを利用す  
る必要があります。`Object.freeze` はオブジェクトを凍結します。凍結されたオブジェクトで  
プロパティの追加や変更をすると例外が発生するようになります。

ただし、`Object.freeze` メソッドを利用する場合は必ず strict mode と合わせて使います（詳  
細は「[JavaScript とは](#)」の `strict mode` を参照）。strict mode でない場合は、凍結されたオブ  
ジェクトのプロパティを変更しても例外が発生せずに単純に無視されます。

```
"use strict";
const object = Object.freeze({ key: "value" });
// freeze したオブジェクトにはプロパティの追加や変更ができない
object.key = "value"; // => TypeError: "key" is read-only
```

## 12.5 プロパティの存在を確認する

JavaScript では、存在しないプロパティに対してアクセスした場合に例外ではなく `undefined` を返  
します。次のコードは、`obj` には存在しない `notFound` プロパティにアクセスしているため、`undefined`  
という値が返ってきます。

```
const obj = {};
console.log(obj.notFound); // => undefined
```

このように、JavaScript では存在しないプロパティへアクセスした場合に例外が発生しません。プロ  
パティ名を間違えた場合に単に `undefined` という値を返すため、間違いに気づきにくいという問題が  
あります。

次のようにプロパティ名を間違えていた場合にも、例外が発生しません。さらにプロパティ名をネス  
トしてアクセスした場合に、初めて例外が発生します。

```
const widget = {
  window: {
    title: "ウィジェットのタイトル"
  }
};
// window を windw と間違えているが、例外は発生しない
console.log(widget.windw); // => undefined
// さらにネストした場合に、例外が発生する
// undefined.title と書いたのと同じ意味となるため
console.log(widget.windw.title); // => TypeError: widget.windw is undefined
// 例外が発生した文以降は実行されません
```

`undefined` や `null` はオブジェクトではないため、存在しないプロパティへアクセスすると例外が発  
生してしまいます。あるオブジェクトがあるプロパティを持っているかを確認する方法として、次の 4

## 12.5 プロパティの存在を確認する

つがあります。

- `undefined`との比較
- `in`演算子
- `Object.hasOwn`静的メソッド **ES2022**
- `Object.prototype.hasOwnProperty`メソッド

### 12.5.1 プロパティの存在確認: `undefined`との比較

存在しないプロパティへアクセスした場合に `undefined`を返すため、実際にプロパティアクセスすることでも判定できそうです。次のコードでは、`key`プロパティの値が `undefined`ではないという条件式で、プロパティが存在するかを判定しています。

```
const obj = {
  key: "value"
};

// key プロパティが undefined ではないなら、プロパティが存在する?
if (obj.key !== undefined) {
  // key プロパティが存在する?ときの処理
  console.log("key プロパティの値は undefined ではない");
}
```

しかし、この方法はプロパティの値が `undefined`であった場合に、プロパティそのものが存在しない場合と区別できないという問題があります。次のコードでは、`key`プロパティの値が `undefined`であるため、プロパティが存在しているにもかかわらず if 文の中は実行されません。

```
const obj = {
  key: undefined
};

// key プロパティの値が undefined である場合
if (obj.key !== undefined) {
  // この行は実行されません
}
```

このような問題があるため、プロパティが存在するかを判定するには `in`演算子か `Object.hasOwn`静的メソッドを利用します。

### 12.5.2 プロパティの存在確認: `in`演算子を使う

`in`演算子は、指定したオブジェクト上に指定したプロパティがあるかを判定し真偽値を返します。

```
"プロパティ名" in オブジェクト; // true or false
```

次のコードでは `obj` に `key`プロパティが存在するかを判定しています。`in`演算子は、プロパティの

## 第 12 章 オブジェクト

値は関係なく、プロパティが存在した場合に `true` を返します。

```
const obj = { key: undefined };
// key プロパティを持っているなら true
if ("key" in obj) {
    console.log("key プロパティは存在する");
}
```

### 12.5.3 プロパティの存在確認: `Object.hasOwn` 静的メソッド ES2022

`Object.hasOwn` 静的メソッドは、対象のオブジェクトが指定したプロパティを持っているかを判定できます。この `Object.hasOwn` 静的メソッドの引数には、オブジェクトとオブジェクトが持っているかを確認したいプロパティ名を渡します。

```
const obj = {};
// obj が"プロパティ名"を持っているかを確認する
Object.hasOwn(obj, "プロパティ名"); // true or false
```

次のコードでは `obj` に `key` プロパティが存在するかを判定しています。`Object.hasOwn` 静的メソッドも、プロパティの値は関係なく、オブジェクトが指定したプロパティを持っている場合に `true` を返します。

```
const obj = { key: undefined };
// obj が key プロパティを持っているなら true となる
if (Object.hasOwn(obj, "key")) {
    console.log(`obj` は `key` プロパティを持っている`);
}
```

`in` 演算子と `Object.hasOwn` 静的メソッドは同じ結果を返していますが、厳密には動作が異なるケースもあります。この動作の違いを知るにはまずプロトタイプオブジェクトという特殊なオブジェクトについて理解する必要があります。そのため、`in` 演算子と `Object.hasOwn` 静的メソッドの違いについては、次の章の「[プロトタイプオブジェクト](#)」で詳しく解説します。

## 12.6 プロパティの存在確認: `Object.prototype.hasOwnProperty` メソッド

`Object.hasOwn` 静的メソッドは ES2022 で導入されたメソッドです。ES2022 より前では、`Object.prototype.hasOwnProperty` メソッドというよく似たメソッドが利用されていました。`hasOwnProperty` メソッドは、`Object.hasOwn` 静的メソッドとよく似ていますが、オブジェクトのインスタンスから呼び出す点が異なります。

```
const obj = { key: undefined };
```

```
// obj が key プロパティを持っているなら true となる
if (obj.hasOwnProperty("key")) {
    console.log(`obj は key プロパティを持っている`);
}
```

しかし、`hasOwnProperty` メソッドには欠点があるため、`Object.hasOwnProperty` 静的メソッドが利用できる状況では使う理由はありません。この欠点もプロトタイプオブジェクトに関係するため、次の章の「[プロトタイプオブジェクト](#)」で詳しく解説します。

## 12.7 Optional chaining 演算子 (?.) ES2020

プロパティの存在を確認する方法として4つの方法を紹介しました。プロパティが存在するかが重要な場合は、基本的には`in`演算子または`Object.hasOwnProperty`静的メソッドを使います。

しかし、最終的に取得したいものがプロパティの値であるならば、`if`文で`undefined`と比較しても問題ありません。なぜなら、値を取得したい場合には、プロパティが存在するかどうかとプロパティの値が`undefined`かどうかの違いを区別する意味はないためです。

次のコードでは、`widget.window.title`プロパティに値が定義されているなら（`undefined`ではないなら）、そのプロパティの値をコンソールに表示しています。

```
function printWidgetTitle(widget) {
    // 例外を避けるために widget のプロパティの存在を順番に確認してから、値を表示している
    if (widget.window !== undefined && widget.window.title !== undefined) {
        console.log(`ウィジェットのタイトルは${widget.window.title}です`);
    } else {
        console.log("ウィジェットのタイトルは未定義です");
    }
}
// タイトルが定義されているwidget
printWidgetTitle({
    window: {
        title: "Book Viewer"
    }
});
// タイトルが未定義のwidget
printWidgetTitle({
    // タイトルが定義されてない空のオブジェクト
});
```

この`widget.window.title`のようなネストしたプロパティにアクセスする際には、プロパティの存在を順番に確認してからアクセスする必要があります。なぜなら、`widget`オブジェクトが`window`プロパティを持っていない場合は`undefined`という値を返すためです。このときに、さらにネストし

## 第 12 章 オブジェクト

た `widget.window.title` プロパティにアクセスすると、`undefined.title` という参照となり例外が発生してしまいます。

しかし、プロパティへアクセスするたびに `undefined` との比較を AND 演算子 (`&&`) でつなげて書いていくと冗長です。

この問題を解決するために、ES2020 ではネストしたプロパティの存在確認とアクセスを簡単に行う構文として Optional chaining 演算子 (`?.`) が導入されました。Optional chaining 演算子 (`?.`) は、ドット記法 (`.`) の代わりに `?.` をプロパティアクセスに使います。

Optional chaining 演算子 (`?.`) は左辺のオペランドが nullish (`null` または `undefined`) の場合は、それ以上評価せずに `undefined` を返します。一方で、プロパティが存在する場合は、そのプロパティの評価結果を返します。

つまり、Optional chaining 演算子 (`?.`) では、存在しないプロパティへアクセスした場合でも例外ではなく、`undefined` という値を返します。

```
const obj = {
  a: {
    b: "obj の a プロパティの b プロパティ"
  }
};

// obj.a.b は存在するので、その評価結果を返す
console.log(obj?.a?.b); // => "obj の a プロパティの b プロパティ"
// 存在しないプロパティのネストもundefined を返す
// ドット記法の場合は例外が発生してしまう
console.log(obj?.notFound?.notFound); // => undefined
// undefined や null は nullish なので、undefined を返す
console.log(undefined?.notFound?.notFound); // => undefined
console.log(null?.notFound?.notFound); // => undefined
```

先ほどのウィジェットのタイトルを表示する関数も Optional chaining 演算子 (`?.`) を使うと、if 文を使わずに書けます。次のコードの `printWidgetTitle` 関数では、`widget?.window?.title` にアクセスできる場合はその評価結果が変数 `title` に入ります。プロパティにアクセスできない場合は `undefined` を返すため、Nullish coalescing 演算子 (`??`) によって右辺の"未定義"が変数 `title` のデフォルト値となります。

```
function printWidgetTitle(widget) {
  const title = widget?.window?.title ?? "未定義";
  console.log(`ウィジェットのタイトルは${title}です`);
}

printWidgetTitle({
  window: {
    title: "Book Viewer"
  }
}); // "ウィジェットのタイトルは Book Viewer です" と出力される
```

12.8 `toString` メソッド

```
printWidgetTitle({
  // タイトルが定義されてない空のオブジェクト
}); // "ウィジェットのタイトルは未定義です" と出力される
```

また、Optional chaining 演算子 (`?.`) はブレケット記法 (`[]`) と組み合わせることもできます。ブレケット記法の場合も、左辺のオペランドが nullish (`null` または `undefined`) の場合は、それ以上評価せずに `undefined` を返します。一方で、プロパティが存在する場合は、そのプロパティの評価結果を返します。

```
const languages = {
  ja: {
    hello: "こんにちは！"
  },
  en: {
    hello: "Hello!"
  }
};
const langJapanese = "ja";
const langKorean = "ko";
const messageKey = "hello";
// Optional chaining 演算子 (?.) とブレケット記法を組みわせた書き方
console.log(languages?.[langJapanese]?.[messageKey]); // => "こんにちは！"
// languages に ko プロパティが定義されていないため、undefined を返す
console.log(languages?.[langKorean]?.[messageKey]); // => undefined
```

## 12.8 `toString` メソッド

オブジェクトの `toString` メソッドは、オブジェクト自身を文字列化するメソッドです。`String` コンストラクタ関数を使うことでも文字列化できます。この 2 つにはどのような違いがあるのでしょうか？（`String` コンストラクタ関数については「[暗黙的な型変換](#)」の章を参照）

実は `String` コンストラクタ関数は、引数に渡されたオブジェクトの `toString` メソッドを呼び出しています。そのため、`String` コンストラクタ関数と `toString` メソッドの結果はどちらも同じになります。

```
const obj = { key: "value" };
console.log(obj.toString()); // => "[object Object]"
// String コンストラクタ関数は toString メソッドを呼んでいる
console.log(String(obj)); // => "[object Object]"
```

このことは、オブジェクトに `toString` メソッドを再定義してみるとわかります。独自の `toString` メソッドを定義したオブジェクトを `String` コンストラクタ関数で文字列化してみます。すると、再定義した `toString` メソッドの返り値が、`String` コンストラクタ関数の返り値になることがわかります。

## 第12章 オブジェクト

```
// 独自のtoStringメソッドを定義
const customObject = {
  toString() {
    return "custom value";
  }
};
console.log(String(customObject)); // => "custom value"
```

## オブジェクトのプロパティ名は文字列化される

オブジェクトのプロパティへアクセスする際に、指定したプロパティ名は暗黙的に文字列に変換されます。ブラケット記法では、オブジェクトをプロパティ名に指定することができますが、これは意図したようには動作しません。なぜなら、オブジェクトを文字列化すると"[object Object]"という文字列になるためです。

次のコードでは、keyObject1とkeyObject2をブラケット記法でプロパティ名に指定しています。しかし、keyObject1とkeyObject2はどちらも文字列化すると"[object Object]"という同じプロパティ名となります。そのため、プロパティは意図せず上書きされてしまいます。

```
const obj = {};
const keyObject1 = { a: 1 };
const keyObject2 = { b: 2 };
// どちらも同じプロパティ名 ("[object Object]") に代入している
obj[keyObject1] = "1";
obj[keyObject2] = "2";
console.log(obj); // { "[object Object]": "2" }
```

唯一の例外として、Symbolだけは文字列化されずにオブジェクトのプロパティ名として扱えます。

```
const obj = {};
// Symbolは例外的に文字列化されず扱える
const symbolKey1 = Symbol("シンボル1");
const symbolKey2 = Symbol("シンボル2");
obj[symbolKey1] = "1";
obj[symbolKey2] = "2";
console.log(obj[symbolKey1]); // => "1"
console.log(obj[symbolKey2]); // => "2"
```

基本的にはオブジェクトのプロパティ名は文字列として扱われることを覚えておくとよいでしょう。また、Mapというビルトインオブジェクトはオブジェクトをキーとして扱えます（詳細は「[Map/Set](#)」の章で解説します）。そのため、オブジェクトをキーに指定したい場合はMapを利用します。

## 12.9 オブジェクトの静的メソッド

## 12.9 オブジェクトの静的メソッド

最後にビルトインオブジェクトである `Object` の静的メソッドについて見ていきましょう。静的メソッド（スタティックメソッド）とは、インスタンスの元となるオブジェクトから呼び出せるメソッドのことです。

`Object` の `toString` メソッドなどは、`Object` のインスタンスオブジェクトから呼び出すメソッドでした。これに対して、`Object.hasOwn` 静的メソッドのような静的メソッドは `Object` そのものに実装されているメソッドです。

ここでは、オブジェクトの処理でよく利用されるいくつかの静的メソッドを紹介します。

### 12.9.1 オブジェクトの列挙

最初に紹介したように、オブジェクトはプロパティの集合です。そのオブジェクトのプロパティを列挙する方法として、次の3つの静的メソッドがあります。

- `Object.keys` メソッド: オブジェクトのプロパティ名の配列を返す
- `Object.values` メソッド ES2017: オブジェクトの値の配列を返す
- `Object.entries` メソッド ES2017: オブジェクトのプロパティ名と値の配列を返す

それぞれ、オブジェクトのキー、値、キーと値の組み合わせを配列にして返します。

```
const obj = {
  "one": 1,
  "two": 2,
  "three": 3
};

// Object.keys はキーを列挙した配列を返す
console.log(Object.keys(obj)); // => ["one", "two", "three"]

// Object.values は値を列挙した配列を返す
console.log(Object.values(obj)); // => [1, 2, 3]

// Object.entries は [キー, 値] の配列を返す
console.log(Object.entries(obj)); // => [["one", 1], ["two", 2], ["three", 3]]
```

これらの静的メソッドと配列の `forEach` メソッドなどを組み合わせれば、プロパティに対して反復処理ができます。次のコードでは、`Object.keys` メソッドで取得したプロパティ名の一覧をコンソールへ出力しています。

```
const obj = {
  "one": 1,
  "two": 2,
  "three": 3
};
```

## 第 12 章 オブジェクト

```
const keys = Object.keys(obj);
keys.forEach(key => {
  console.log(key);
});
// 次の値が順番に出力される
// "one"
// "two"
// "three"
```

## 12.9.2 オブジェクトのマージと複製

`Object.assign` メソッドES2015 は、あるオブジェクトを別のオブジェクトに代入（assign）できます。このメソッドを使うことで、オブジェクトの複製やオブジェクト同士のマージができます。

`Object.assign` メソッドは、`target` オブジェクトに対して、1つ以上の `sources` オブジェクトを指定します。`sources` オブジェクト自身が持つ列挙可能なプロパティを第一引数の `target` オブジェクトに対してコピーします。`Object.assign` メソッドの返り値は、`target` オブジェクトになります。

```
const obj = Object.assign(target, ...sources);
```

## オブジェクトのマージ

具体的なオブジェクトのマージの例を見ていきます。

次のコードでは、新しく作った空のオブジェクトを `target` にしています。この空のオブジェクト (`target`) に `objectA` と `objectB` をマージしたものが、`Object.assign` メソッドの返り値となります。

```
const objectA = { a: "a" };
const objectB = { b: "b" };
const merged = Object.assign({}, objectA, objectB);
console.log(merged); // => { a: "a", b: "b" }
```

第一引数には空のオブジェクトではなく、既存のオブジェクトも指定できます。第一引数に既存のオブジェクトを指定した場合は、そのオブジェクトのプロパティが変更されます。

次のコードでは、第一引数に指定された `objectA` に対してプロパティが追加されています。

```
const objectA = { a: "a" };
const objectB = { b: "b" };
const merged = Object.assign(objectA, objectB);
console.log(merged); // => { a: "a", b: "b" }
// objectA が変更されている
console.log(objectA); // => { a: "a", b: "b" }
console.log(merged === objectA); // => true
```

## 12.9 オブジェクトの静的メソッド

空のオブジェクトを `target` にすることで、既存のオブジェクトには影響を与えずマージしたオブジェクトを作れます。そのため、`Object.assign` メソッドの第一引数には、空のオブジェクトリテラルを指定するのが典型的な利用方法です。

このとき、プロパティ名が重複した場合は、後ろのオブジェクトのプロパティにより上書きされます。JavaScript では、基本的に処理は先頭から後ろへと順番に行います。そのため、空のオブジェクトへ `objectA` を代入してから、その結果に `objectB` を代入するという形になります。

```
// version のプロパティ名が被っている
const objectA = { version: "a" };
const objectB = { version: "b" };
const merged = Object.assign({}, objectA, objectB);
// 後ろにある objectB のプロパティで上書きされる
console.log(merged); // => { version: "b" }
```

オブジェクトの spread 構文でのマージ ES2018

ES2018 では、オブジェクトのマージを行うオブジェクトの... (spread 構文) が追加されました。ES2015 で配列の要素を展開する... (spread 構文) はサポートされていましたが、オブジェクトに対しても ES2018 でサポートされました。オブジェクトの spread 構文は、オブジェクトリテラルの中に指定したオブジェクトのプロパティを展開できます。

オブジェクトの spread 構文は、`Object.assign` とは異なり必ず新しいオブジェクトを作成します。なぜなら spread 構文はオブジェクトリテラルの中でのみ記述でき、オブジェクトリテラルは新しいオブジェクトを作成するためです。

次のコードでは `objectA` と `objectB` をマージした新しいオブジェクトを返します。

```
const objectA = { a: "a" };
const objectB = { b: "b" };
const merged = {
  ...objectA,
  ...objectB
};
console.log(merged); // => { a: "a", b: "b" }
```

プロパティ名が被った場合は、後ろにあるオブジェクトが優先されます。そのため同じプロパティ名を持つオブジェクトをマージした場合には、後ろにあるオブジェクトによってプロパティが上書きされます。

```
// version のプロパティ名が被っている
const objectA = { version: "a" };
const objectB = { version: "b" };
const merged = {
  ...objectA,
  ...objectB,
```

## 第 12 章 オブジェクト

```

        other: "other"
    };
    // 後ろにある objectB のプロパティで上書きされる
    console.log(merged); // => { version: "b", other: "other" }
}

```

## オブジェクトの複製

JavaScript には、オブジェクトを複製する関数は用意されていません。しかし、新しく空のオブジェクトを作成し、そこへ既存のオブジェクトのプロパティをコピーすれば、それはオブジェクトの複製をしていると言えます。次のように、`Object.assign` メソッドを使うことでオブジェクトを複製できます。

```

// 引数の obj を浅く複製したオブジェクトを返す
const shallowClone = (obj) => {
    return Object.assign({}, obj);
};

const obj = { a: "a" };
const cloneObj = shallowClone(obj);
console.log(cloneObj); // => { a: "a" }

// オブジェクトを複製しているので、異なるオブジェクトとなる
console.log(obj === cloneObj); // => false

```

注意点として、`Object.assign` メソッドは `sources` オブジェクトのプロパティを浅くコピー (shallow copy) する点です。shallow copy とは、`sources` オブジェクトの直下にあるプロパティだけをコピーするということです。そのプロパティの値がオブジェクトである場合に、ネストした先のオブジェクトまでも複製するわけではありません。

```

const shallowClone = (obj) => {
    return Object.assign({}, obj);
};

const obj = {
    level: 1,
    nest: {
        level: 2
    },
};
const cloneObj = shallowClone(obj);
// nest プロパティのオブジェクトは同じオブジェクトのままになる
console.log(cloneObj.nest === obj.nest); // => true

```

逆にプロパティの値までも再帰的に複製してコピーすることを、深いコピー (deep copy) と呼びます。deep copy は、再帰的に shallow copy することで実現できます。次のコードでは、`deepClone` を `shallowClone` を使うことで実現しています。

```
// 引数の obj を浅く複製したオブジェクトを返す
const shallowClone = (obj) => {
    return Object.assign({}, obj);
};

// 引数の obj を深く複製したオブジェクトを返す
function deepClone(obj) {
    const newObj = shallowClone(obj);
    // プロパティがオブジェクト型であるなら、再帰的に複製する
    Object.keys(newObj)
        .filter(k => typeof newObj[k] === "object")
        .forEach(k => newObj[k] = deepClone(newObj[k]));
    return newObj;
}

const obj = {
    level: 1,
    nest: {
        level: 2
    }
};
const cloneObj = deepClone(obj);
// nest オブジェクトも再帰的に複製されている
console.log(cloneObj.nest === obj.nest); // => false
```

このように、JavaScript のビルトインメソッドは浅い（shallow）実装のみを提供し、深い（deep）実装は提供していないことが多いです。言語としては最低限の機能を提供し、より複雑な機能はユーザー側で実装するという形式を取るためです。

JavaScript は言語仕様で定義されている機能が最低限であるため、それを補うようにユーザーが作成した小さな機能を持つライブラリが数多く公開されています。それらのライブラリは npm と呼ばれる JavaScript のパッケージ管理ツールで公開され、JavaScript のエコシステムを築いています。ライブラリの利用については「[ユースケース: Node.js で CLI アプリケーション](#)」の章で紹介します。

## 12.10 まとめ

この章では、オブジェクトについて学びました。

- `Object` というビルトインオブジェクトがある
- `{}`（オブジェクトリテラル）でのオブジェクトの作成や更新方法
- プロパティの存在確認するには `in` 演算子か `Object.hasOwnProperty` 静的メソッドを使う
- Optional chaining 演算子（`?.`）はネストしたプロパティの存在確認とアクセスを同時に使う記法
- オブジェクトのインスタンスマソッドと静的メソッド

第 12 章 オブジェクト

JavaScript の `Object` は他のオブジェクトのベースとなるオブジェクトです。次の「プロトタイプオブジェクト」の章では、`Object` がどのようにベースとして動作しているのかを見ていきます。

## 第13章

## プロトタイプオブジェクト

# Chapter 13

「オブジェクト」の章では、オブジェクトの処理方法について見てきました。その中で、空のオブジェクトであっても `toString` メソッドなどを呼び出していました。

```
const obj = {};
console.log(obj.toString()); // "[object Object]"
```

オブジェクトリテラルで空のオブジェクトを定義しただけなのに、`toString` メソッドを呼び出せています。このメソッドはどこに実装されているのでしょうか？

また、JavaScript には `toString` 以外にも、オブジェクトに自動的に実装されるメソッドがあります。これらのオブジェクトに組み込まれたメソッドを **ビルトインメソッド** と呼びます。

この章では、これらのビルトインメソッドがどこに実装され、なぜ `Object` のインスタンスから呼び出せるのかを確認していきます。詳しい仕組みについては「[クラス](#)」の章で改めて解説するため、この章では大まかな動作の流れを理解することが目的です。

### 13.1 `Object` はすべての元

`Object` には、他の `Array`、`String`、`Function` などのオブジェクトとは異なる特徴があります。それは、他のオブジェクトはすべて `Object` を継承しているという点です。

正確には、ほとんどすべてのオブジェクトは `Object.prototype` プロパティに定義された `prototype` オブジェクトを継承しています。`prototype` オブジェクトとは、すべてのオブジェクトの作成時に自動的に追加される特殊なオブジェクトです。`Object` の `prototype` オブジェクトは、すべてのオブジェクトから利用できるメソッドなどを提供するベースオブジェクトとも言えます。

## 第13章 プロトタイプオブジェクト

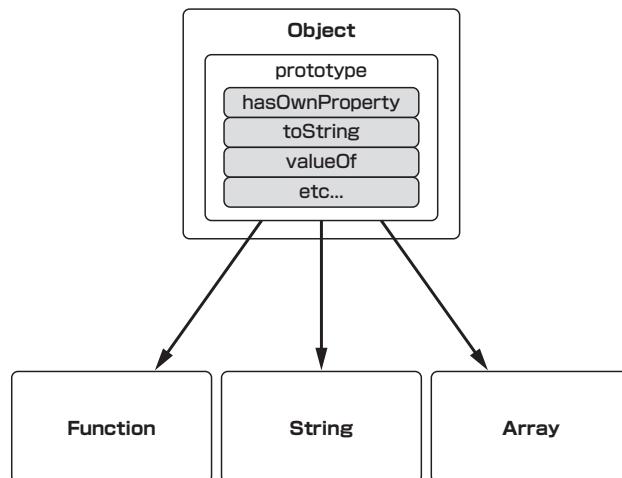


図 13.1 すべてのオブジェクトは Object の prototype を継承している

具体的にどういうことかを見てみます。

先ほども登場した `toString` メソッドは、`Object` の `prototype` オブジェクトに定義があります。次のように、`Object.prototype.toString` メソッドの実装自体も参照できます。

```
// Object.prototype オブジェクトに toString メソッドの定義がある
console.log(typeof Object.prototype.toString); // => "function"
```

このような `prototype` オブジェクトに組み込まれているメソッドはプロトタイプメソッドと呼ばれます。この書籍では `Object.prototype.toString` のようなプロトタイプメソッドを「`Object` の `toString` メソッド」と短縮して呼ぶことがあります。

`Object` のインスタンスは、この `Object.prototype` オブジェクトに定義されたメソッドやプロパティを継承します。つまり、オブジェクトリテラルや `new Object` でインスタンス化したオブジェクトは、`Object.prototype` に定義されたものが利用できるということです。

次のコードでは、オブジェクトリテラルで作成（インスタンス化）したオブジェクトから、`Object.prototype.toString` メソッドを参照しています。このときに、インスタンスの `toString` メソッドと `Object.prototype.toString` は同じものとなることがわかります。

```
const obj = {
  "key": "value"
};
// obj インスタンスは Object.prototype に定義されたものを継承する
// obj.toString は継承した Object.prototype.toString を参照している
console.log(obj.toString === Object.prototype.toString); // => true
// インスタンスからプロトタイプメソッドを呼び出せる
console.log(obj.toString()); // => "[object Object]"
```

このように `Object.prototype` に定義されている `toString` メソッドなどは、インスタンス作成時

### 13.2 プロトタイプメソッドとインスタンスマソッドの優先順位

に自動的に継承されるため、`Object` のインスタンスから呼び出せます。これによりオブジェクトリテラルで作成した空のオブジェクトでも、`Object.prototype.toString` メソッドなどを呼び出せるようになっています。

このインスタンスから `prototype` オブジェクト上に定義されたメソッドを参照できる仕組みをプロトタイプチェーンと呼びます。プロトタイプチェーンの仕組みについては「[クラス](#)」の章で扱うため、ここではインスタンスからプロトタイプメソッドを呼び出せるということがわかつていれば問題ありません。

#### `Object#toString` という短縮した表記について

この書籍では、`Object.prototype.toString` のように `prototype` を含めて毎回書くと冗長なため、「`Object` の `toString` メソッド」と短縮して書く場合があります。この書籍以外の文章では、`Object.prototype.toString` を `Object#toString` のように `prototype` の代わりに`#`を利用しているケースがあります。

`#`が `prototype` の短縮表現として使われていたのは、`#`が JavaScript の構文として使われていない記号でもあったためです。詳細は「[クラス](#)」の章で解説しますが、ES2022 では`#`が JavaScript の構文として追加され、`#`という記号が意味を持つようになりました。ES2022 以降では、説明のために`#`を `prototype` の短縮表現に使うと、人によっては異なる意味に見えてしまう可能性があります。

そのため、この書籍では `Object.prototype.toString` を `Object#toString` のように`#`を使って表す短縮表記を利用していません。

## 13.2 プロトタイプメソッドとインスタンスマソッドの優先順位

プロトタイプメソッドと同じ名前のメソッドがインスタンスオブジェクトに定義されている場合もあります。その場合には、インスタンスに定義したメソッドが優先して呼び出されます。

次のコードでは、`Object` のインスタンスである `customObject` に `toString` メソッドを定義しています。実行してみると、プロトタイプメソッドよりも優先してインスタンスのメソッドが呼び出されていることがわかります。

```
// オブジェクトのインスタンスにtoString メソッドを定義
const customObject = {
  toString() {
    return "custom value";
  };
}
console.log(customObject.toString()); // => "custom value"
```

このように、インスタンスとプロトタイプオブジェクトで同じ名前のメソッドがある場合には、インスタンスのメソッドが優先されます。

## 第 13 章 プロトタイプオブジェクト

### 13.3 Object.hasOwnProperty 静的メソッドと in 演算子との違い

「オブジェクト」の章で学んだ `Object.hasOwnProperty` 静的メソッドと `in` 演算子の挙動の違いについて見てきます。2つの挙動の違いはこの章で紹介したプロトタイプオブジェクトに関係しています。

`Object.hasOwnProperty` 静的メソッドは、指定したオブジェクト自体が指定したプロパティを持っているかを判定します。一方、`in` 演算子はオブジェクト自身が持っていないければ、そのオブジェクトの継承元である `prototype` オブジェクトまで探索して持っているかを判定します。つまり、`in` 演算子はインスタンスに実装されたメソッドなのか、プロトタイプオブジェクトに実装されたメソッドなのかを区別しません。

次のコードでは、空のオブジェクトが `toString` メソッドを持っているかを `Object.hasOwnProperty` 静的メソッドと `in` 演算子でそれぞれ判定しています。`Object.hasOwnProperty` 静的メソッドは `false` を返し、`in` 演算子は `toString` メソッドがプロトタイプオブジェクトに存在するため `true` を返します。

```
const obj = {};
// obj というオブジェクト自体に toString メソッドが定義されているわけではない
console.log(Object.hasOwnProperty(obj, "toString")); // => false
// in 演算子は指定されたプロパティ名が見つかるまで親をたどるため、
// Object.prototype まで見にいく
console.log("toString" in obj); // => true
```

次のように、インスタンスが `toString` メソッドを持っている場合は、`Object.hasOwnProperty` 静的メソッドも `true` を返します。

```
// オブジェクトのインスタンスにtoString メソッドを定義
const obj = {
  toString() {
    return "custom value";
  }
};
// オブジェクトのインスタンスがtoString メソッドを持っている
console.log(Object.hasOwnProperty(obj, "toString")); // => true
console.log("toString" in obj); // => true
```

### 13.4 オブジェクトの継承元を明示する `Object.create` メソッド

`Object.create` メソッドを使うと、第一引数に指定した `prototype` オブジェクトを継承した新しいオブジェクトを作成できます。

これまでの説明で、オブジェクトリテラルは `Object.prototype` オブジェクトを自動的に継承したオブジェクトを作成していることがわかりました。オブジェクトリテラルで作成する新しいオブジェクトは、`Object.create` メソッドを使うことで次のように書けます。

## 13.5 Array も Object を継承している

```
// const obj = {} と同じ意味
const obj = Object.create(Object.prototype);
// obj は Object.prototype を継承している
// そのため、obj.toString と Object.prototype.toString は同じとなる
console.log(obj.toString === Object.prototype.toString); // => true
```

### 13.5 Array も Object を継承している

`Object` と `Object.prototype` の関係と同じように、ビルトインオブジェクト `Array` も `Array.prototype` を持っています。同じように、配列 (Array) のインスタンスは `Array.prototype` を継承します。さらに、`Array.prototype` は `Object.prototype` を継承しているため、`Array` のインスタンスは `Object.prototype` も継承しています。

`Array` のインスタンス → `Array.prototype` → `Object.prototype`

`Object.create` メソッドを使って `Array` と `Object` の関係をコードとして表現してみます。この疑似コードは、`Array` コンストラクタの実装など、実際のものとは異なる部分があるため、あくまでイメージであることに注意してください。

```
// このコードはイメージです！
// Array コンストラクタ自身は関数でもある
const Array = function() {};
// Array.prototype は Object.prototype を継承している
Array.prototype = Object.create(Object.prototype);
// Array のインスタンスは、Array.prototype を継承している
const array = Object.create(Array.prototype);
// array は Object.prototype を継承している
console.log(array.hasOwnProperty === Object.prototype.hasOwnProperty);
// => true
```

このように、`Array` のインスタンスも `Object.prototype` を継承しているため、`Object.prototype` に定義されているメソッドを利用できます。

次のコードでは、`Array` のインスタンスから `Object.prototype.hasOwnProperty` メソッドが参照できていることがわかります。

```
const array = [];
// Array のインスタンス -> Array.prototype -> Object.prototype
console.log(array.hasOwnProperty === Object.prototype.hasOwnProperty);
// => true
```

このような `hasOwnProperty` メソッドの参照が可能なのもプロトタイプチェーンという仕組みによるものです。

## 第13章 プロトタイプオブジェクト

ここでは、`Object.prototype` はすべてのオブジェクトの親となるオブジェクトであることを覚えておくだけ問題ありません。これにより、`Array` や `String` などのインスタンスも `Object.prototype` が持つメソッドを利用できる点を覚えておきましょう。

また、`Array.prototype` などもそれぞれ独自のメソッドを定義しています。たとえば、`Array.prototype.toString` メソッドもそのひとつです。そのため、`Array` のインスタンスで `toString` メソッドを呼び出すと `Array.prototype.toString` が優先して呼び出されます。

```
const numbers = [1, 2, 3];
// Array.prototype.toString が定義されているため、Object.prototype.toString とは異なる出力形式となる
console.log(numbers.toString()); // => "1,2,3"
```

## 13.6 Object.prototype を継承しないオブジェクト

`Object` はすべてのオブジェクトの親になるオブジェクトであると言いましたが、例外もあります。イディオム（慣習的な書き方）ですが、`Object.create(null)` とすることで `Object.prototype` を継承しないオブジェクトを作成できます。これにより、プロパティやメソッドをまったく持たない本当に空のオブジェクトを作れます。

```
// 親が null、つまり親がないオブジェクトを作る
const obj = Object.create(null);
// Object.prototype を継承しないため、hasOwnProperty が存在しない
console.log(obj.hasOwnProperty); // => undefined
```

`Object.create` メソッドは ES5 から導入されました。`Object.create` メソッドは `Object.create(null)` というイディオムで、一部ライブラリなどで `Map` オブジェクトの代わりとして利用されていました。`Map` とはキーと値の組み合わせを保持するためのオブジェクトです。

ただのオブジェクトも `Map` とよく似た性質を持っていますが、最初からいくつかのプロパティが存在し、アクセスできてしまいます。なぜなら、`Object` のインスタンスはデフォルトで `Object.prototype` を継承するため、`toString` などのプロパティ名がオブジェクトを作成した時点で存在するためです。そのため、`Object.create(null)` で `Object.prototype` を継承しないオブジェクトを作成し、そのオブジェクトが `Map` の代わりとして使われていました。

```
// 空オブジェクトを作成
const obj = {};
// "toString" という値を定義していないのに、"toString" が存在している
console.log(obj["toString"]); // Function
// Map のような空オブジェクト
const mapLike = Object.create(null);
// toString キーは存在しない
console.log(mapLike["toString"]); // => undefined
```

しかし、ES2015 からは本物の Map が利用できるため、`Object.create(null)` を Map の代わりに利用する必要はありません。Map については「[Map/Set](#)」の章で詳しく紹介します。

また `Object.create(null)` によって作成される空のオブジェクトは、`Object.hasOwnProperty` 静的メソッドが ES2022 で導入された理由でもあります。

次のように、`Object.prototype` を継承しないオブジェクトは、`Object.prototype.hasOwnProperty` メソッドを呼び出せません。そのため、オブジェクトがプロパティを持っているかということを確認する際に、単純には `hasOwnProperty` メソッドが使えないという状況が出てきました。

```
// Map のような空オブジェクト
const mapLike = Object.create(null);
// Object.prototype を継承していないため呼び出すと例外が発生する
console.log(mapLike.hasOwnProperty("key")); // => Error: hasOwnProperty メソッドは呼び出せない
```

ES2022 から導入された `Object.hasOwnProperty` 静的メソッドは、対象のオブジェクトが `Object.prototype` を継承していないかは関係なく利用できます。

```
// Map のような空オブジェクト
const mapLike = Object.create(null);
// key は存在しない
console.log(Object.hasOwnProperty(mapLike, "key")); // => false
```

このように、対象となるオブジェクトに依存しない `Object.hasOwnProperty` 静的メソッドは、`hasOwnProperty` メソッドの欠点を修正しています。

## 13.7 まとめ

この章では、プロトタイプオブジェクトについて学びました。

- プロトタイプオブジェクトはオブジェクトの作成時に自動的に作成される
- `Object` のプロトタイプオブジェクトには `toString` などのプロトタイプメソッドが定義されている
- ほとんどのオブジェクトは `Object.prototype` を継承することで `toString` メソッドなどを呼び出せる
- プロトタイプメソッドとインスタンスマソッドではインスタンスマソッドが優先される
- `Object.create` メソッドを使うことでプロトタイプオブジェクトを継承しないオブジェクトを作成できる

プロトタイプオブジェクトに定義されているメソッドがどのように参照されているかを確認しました。このプロトタイプの詳しい仕組みについては「[クラス](#)」の章で改めて解説します。

## 第14章

### 配列

# Chapter 14

配列は JavaScript の中でもよく使われるオブジェクトです。

配列とは値に順序をつけて格納できるオブジェクトです。配列に格納したそれぞれの値のことを要素、それぞれの要素の位置のことをインデックス (index) と呼びます。インデックスは先頭の要素から 0、1、2 のように 0 からはじまる連番となります。

また JavaScript における配列は可変長です。そのため配列を作成後に配列へ要素を追加したり、配列から要素を削除できます。

この章では、配列の基本的な操作と配列を扱う場合においてのパターンについて学びます。

### 14.1 配列の作成とアクセス

配列の作成と要素へのアクセス方法は「データ型とリテラル」の章の「配列リテラル」すでに紹介していますが、もう一度振り返ってみましょう。

配列の作成には配列リテラルを使います。配列リテラル ([と]) の中に要素をカンマ (,) 区切りで記述するだけです。

```
const emptyArray = [];
const numbers = [1, 2, 3];
// 2 次元配列（配列の配列）
const matrix = [
  ["a", "b"],
  ["c", "d"]
];
```

作成した配列の要素へのインデックスとなる数値を、配列 [インデックス] と記述することで、そのインデックスの要素を配列から読み取れます。配列の先頭要素のインデックスは 0 となります。配列のインデックスは、0 以上  $2^{32} - 1$  未満の整数となります。

```
const array = ["one", "two", "three"];
console.log(array[0]); // => "one"
```

2 次元配列（配列の配列）からの値の読み取りも同様に配列 [インデックス] でアクセスできます。

## 14.1 配列の作成とアクセス

配列 [0][0] は、配列の 0 番目の要素である配列 (["a", "b"]) の 0 番目の要素を読み取ります。

```
// 2 次元配列 (配列の配列)
const matrix = [
  ["a", "b"],
  ["c", "d"]
];
console.log(matrix[0][0]); // => "a"
```

配列の `length` プロパティは配列の要素の数を返します。そのため、配列の最後の要素へアクセスするには `array.length - 1` をインデックスとして利用できます。

```
const array = ["one", "two", "three"];
console.log(array.length); // => 3
// 配列の要素数 - 1 が 最後の要素のインデックスとなる
console.log(array[array.length - 1]); // => "three"
```

一方、存在しないインデックスにアクセスした場合はどうなるでしょうか？ JavaScript では、存在しないインデックスに対してアクセスした場合に、例外ではなく `undefined` を返します。

```
const array = ["one", "two", "three"];
// array にはインデックスが 100 の要素は定義されていない
console.log(array[100]); // => undefined
```

これは、配列がオブジェクトであることを考えると、次のように存在しないプロパティへアクセスしているのと原理は同じです。オブジェクトでも、存在しないプロパティへアクセスした場合には `undefined` が返ってきます。

```
const obj = {
  "0": "one",
  "1": "two",
  "2": "three",
  "length": 3
};
// obj["100"] は定義されていないため undefined が返る
console.log(obj[100]); // => undefined
```

また、配列は常に `length` の数だけ要素を持っているとは限りません。次のように、配列リテラルでは値を省略することで、未定義の要素を含めることができます。このような、配列の中に隙間があるものを **疎な配列** と呼びます。一方、隙間がなくすべてのインデックスに要素がある配列を **密な配列** と呼びます。

```
// 未定義の箇所が 1 つ含まれる疎な配列
// インデックスが 1 の値を省略しているので、カンマが2 つ続いていることに注意
```

## 第14章 配列

```
const sparseArray = [1,, 3];
console.log(sparseArray.length); // => 3
// 1番目の要素は存在しないため undefined が返る
console.log(sparseArray[1]); // => undefined
```

**14.1.1 Array.prototype.at** ES2022

配列の要素にアクセスするには配列 [インデックス] という構文を使うことを紹介しました。その際に、配列の末尾の要素へアクセスするには、array[array.length - 1] という length プロパティを使う必要があります。array を 2回書く必要があるなど、末尾の要素へのアクセスは少し手間が必要になっていました。

この問題を解決するため ES2022 では、相対的なインデックスの値を指定して配列の要素へアクセスできる `Array.prototype.at` メソッドが追加されました。Array の `at` メソッドは、配列 [インデックス] とよく似ていますが、引数には相対的なインデックスの値を引数として渡せます。`.at(0)` や `.at(1)` などのように 0 以上のインデックスを渡した場合は、配列 [インデックス] と同じく指定した位置の要素へアクセスできます。一方で、`.at(-1)` のようにマイナスのインデックスを渡した場合は、末尾から数えた位置の要素へアクセスできます。

```
const array = ["a", "b", "c"];
//
console.log(array.at(0)); // => "a"
console.log(array.at(1)); // => "b"
// 後ろから 1 つ目の要素にアクセス
console.log(array.at(-1)); // => "c"
// -1 は、次のように書いた場合と同じ結果
console.log(array[array.length - 1]); // => "c"
```

配列 [インデックス] のインデックスに-1を指定すると、配列オブジェクトの"-1"というプロパティ名へのアクセスとなります。そのため配列 [-1] と書くと、大抵の場合は `undefined` が返されます。

```
const array = ["a", "b", "c"];
console.log(array[-1]); // => undefined
```

**14.2 オブジェクトが配列かどうかを判定する**

あるオブジェクトが配列かどうかを判定するには `Array.isArray` メソッドを利用します。`Array.isArray` メソッドは引数が配列ならば `true` を返します。

```
const obj = {};
const array = [];
console.log(Array.isArray(obj)); // => false
```

```
console.log(Array.isArray(array)); // => true
```

また、`typeof` 演算子では配列かどうかを判定することはできません。配列もオブジェクトの一種であるため、`typeof` 演算子の結果が"object"となるためです。

```
const array = [];
console.log(typeof array); // => "object"
```

#### TypedArray ES2015

JavaScript の配列は可変長のみですが、`TypedArray` という固定長でかつ型つきの配列を扱う別のオブジェクトが存在します。`TypedArray` はバイナリデータのバッファを示すために使われるデータ型で、WebGL やバイナリを扱う場面で利用されます。文字列や数値などのプリミティブ型の値を直接は利用できないため、通常の配列とは用途や使い勝手が異なります。

また、`TypedArray` は `Array.isArray` のメソッドの結果が `false` となることからも別物と考えてよいでしょう。

```
// TypedArray を作成
const typedArray = new Int8Array(8);
console.log(Array.isArray(typedArray)); // => false
```

そのため、JavaScript で配列といった場合には `Array` を示します。

## 14.3 配列と分割代入 ES2015

配列の指定したインデックスの値を変数として定義し直す場合には、分割代入（Destructuring assignment）が利用できます。

配列の分割代入では、左辺に配列リテラルのような構文で定義したい変数名を書きます。右辺の配列から対応するインデックスの要素が、左辺で定義した変数に代入されます。

次のコードでは、左辺に定義した変数に対して、右辺の配列から対応するインデックスの要素が代入されます。`first` にはインデックスが 0 の要素、`second` にはインデックスが 1 の要素、`third` にはインデックスが 2 の要素が代入されます。

```
const array = ["one", "two", "three"];
const [first, second, third] = array;
console.log(first); // => "one"
console.log(second); // => "two"
console.log(third); // => "three"
```

## 第 14 章 配列

## undefined の要素と未定義の要素の違い

疎な配列で該当するインデックスに要素がない場合は `undefined` を返します。しかし、`undefined` という値も存在するため、配列に `undefined` という値がある場合に区別できません。

次のコードでは、`undefined` という値を要素として定義した密な配列と、要素そのものがない疎な配列を定義しています。どちらも要素にアクセスした結果は `undefined` となり、区別できていません。

```
// 要素として undefined を持つ密な配列
const denseArray = [1, undefined, 3];
// 要素そのものがない疎な配列
const sparseArray = [1, , 3];
console.log(denseArray[1]); // => undefined
console.log(sparseArray[1]); // => undefined
```

この違いを見つける方法として利用できるのが `Object.hasOwn` 静的メソッドです。`Object.hasOwn` 静的メソッドを使うことで、配列の指定したインデックスに要素自体が存在するかを判定できます。

```
const denseArray = [1, undefined, 3];
const sparseArray = [1, , 3];
// 要素自体は存在し、その値がundefined
console.log(Object.hasOwn(denseArray, 1)); // => true
// 要素自体が存在しない
console.log(Object.hasOwn(sparseArray, 1)); // => false
```

## 14.4 配列から要素を検索

配列から指定した要素を検索する目的には、主に次の 3 つがあります。

- その要素のインデックスが欲しい場合
- その要素自体が欲しい場合
- その要素が含まれているかという真偽値が欲しい場合

配列にはそれぞれに対応したメソッドが用意されているため、目的別に見ていきます。

## 14.4.1 インデックスを取得

指定した要素が配列のどの位置にあるかを知りたい場合、`Array` の `indexOf` メソッドや `findIndex` メソッド ES2015 を利用します。要素の位置のことをインデックス (`index`) と呼ぶため、メソッド名にも `index` という名前が入っています。

## 14.4 配列から要素を検索

次のコードでは、Array の `indexOf` メソッドを利用して、配列の中から "JavaScript" という文字列のインデックスを取得しています。`indexOf` メソッドは引数と厳密等価演算子 (==) で一致する要素があるなら、その要素のインデックスを返し、該当する要素がない場合は -1 を返します。`indexOf` メソッドは先頭から検索して見つかった要素のインデックスを返します。`indexOf` メソッドには対となる Array の `lastIndexOf` メソッドがあり、`lastIndexOf` メソッドでは末尾から検索した結果が得られます。

```
const array = ["Java", "JavaScript", "Ruby"];
const indexOfJS = array.indexOf("JavaScript");
console.log(indexOfJS); // => 1
console.log(array[indexOfJS]); // => "JavaScript"
// "JS" という要素はないため -1 が返される
console.log(array.indexOf("JS")); // => -1
```

`indexOf` メソッドは配列からプリミティブな要素を発見できますが、オブジェクトは持っているプロパティが同じでも別オブジェクトだと異なるものとして扱われます。次のコードを見ると、同じプロパティを持つ異なるオブジェクトは、`indexOf` メソッドでは見つけることができません。これは、異なる参照を持つオブジェクト同士は === で比較しても一致しないためです。

```
const obj = { key: "value" };
const array = ["A", "B", obj];
console.log(array.indexOf({ key: "value" })); // => -1
// リテラルは新しいオブジェクトを作るため、異なるオブジェクトだと判定される
console.log(obj === { key: "value" }); // => false
// 等価のオブジェクトを検索してインデックスを返す
console.log(array.indexOf(obj)); // => 2
```

このように、異なるオブジェクトだが値は同じものを見つけたい場合には、Array の `findIndex` メソッドが利用できます。`findIndex` メソッドの引数には配列の各要素をテストする関数をコールバック関数として渡します。`indexOf` メソッドとは異なり、テストする処理を自由に書けます。これにより、プロパティの値が同じ要素を配列から見つけて、その要素のインデックスが得られます。

```
// color プロパティを持つオブジェクトの配列
const colors = [
  { "color": "red" },
  { "color": "green" },
  { "color": "blue" }
];
// color プロパティが "blue" のオブジェクトのインデックスを取得
const indexOfBlue = colors.findIndex((obj) => {
  return obj.color === "blue";
});
console.log(indexOfBlue); // => 2
```

## 第 14 章 配列

```
console.log(colors[indexOfBlue]); // => { "color": "blue" }
```

**14.4.2 条件に一致する要素を取得**

配列から要素を取得する方法としてインデックスを使うこともできます。先ほどのように `findIndex` メソッドでインデックスを取得し、そのインデックスで配列へアクセスすればよいだけです。

しかし、`findIndex` メソッドを使って要素を取得するケースでは、そのインデックスが欲しいのか、またはその要素自体が欲しいのかがコードとして明確ではありません。

より明確に要素自体が欲しいということを表現するには、`Array` の `find` メソッド **ES2015** が使えます。`find` メソッドには、`findIndex` メソッドと同様にテストする関数をコールバック関数として渡します。`find` メソッドの返り値は、要素そのものとなり、要素が存在しない場合は `undefined` を返します。

```
// color プロパティを持つオブジェクトの配列
const colors = [
  { "color": "red" },
  { "color": "green" },
  { "color": "blue" }
];
// color プロパティが"blue"のオブジェクトを取得
const blueColor = colors.find((obj) => {
  return obj.color === "blue";
});
console.log(blueColor); // => { "color": "blue" }
// 該当する要素がない場合はundefined を返す
const whiteColor = colors.find((obj) => {
  return obj.color === "white";
});
console.log(whiteColor); // => undefined
```

**14.4.3 指定範囲の要素を取得**

配列から指定範囲の要素を取り出す方法として `Array` の `slice` メソッドが利用できます。`slice` メソッドは、第一引数の開始位置から第二引数の終了位置（終了位置の要素は含まない）までの範囲を取り出した新しい配列を返します。第二引数は省略でき、省略した場合は配列の末尾の要素まで含んだ新しい配列を返します。

```
const array = ["A", "B", "C", "D", "E"];
// インデックス 1 から 4 まで (4 の要素は含まない) の範囲を取り出す
console.log(array.slice(1, 4)); // => ["B", "C", "D"]
// 第二引数を省略した場合は、第一引数から末尾の要素までを取り出す
```

## 14.4 配列から要素を検索

```
console.log(array.slice(1)); // => ["B", "C", "D", "E"]
// マイナスを指定すると後ろから数えた位置となる
console.log(array.slice(-1)); // => ["E"]
// 第一引数と第二引数が同じ場合は、空の配列を返す
console.log(array.slice(1, 1)); // => []
// 第一引数 > 第二引数の場合、常に空配列を返す
console.log(array.slice(4, 1)); // => []
```

`slice` メソッドと引数の関係を図にすると次のようにになります。

+-----+-----+-----+-----+-----+
"A"   "B"   "C"   "D"   "E"
+-----+-----+-----+-----+-----+
0        1        2        3        4        5

-5	-4	-3	-2	-1
----	----	----	----	----

#### 14.4.4 真偽値を取得

最後に、指定した要素が配列に含まれているかを知る方法について見ていきます。インデックスや要素が取得できれば、その要素は配列に含まれているということはわかります。

しかし、指定した要素が含まれているかだけを知りたい場合に、Array の `findIndex` メソッドや `find` メソッドは過剰な機能を持っています。そのコードを読んだ人には、取得したインデックスや要素を何に使うのかが明確ではありません。

次のコードは、Array の `indexOf` メソッドを利用し、該当する要素が含まれているかを判定しています。`indexOf` メソッドの結果を `indexOfJS` に代入していますが、含まれているかを判定する以外には利用していません。コードを隅々まで読まないといけないため、意図が明確ではなくコードの読みづらさにつながります。

```
const array = ["Java", "JavaScript", "Ruby"];
// indexOf メソッドは含まれていないときのみ-1 を返すことを利用
const indexOfJS = array.indexOf("JavaScript");
if (indexOfJS !== -1) {
  console.log("配列に JavaScript が含まれている");
  // ... いろいろな処理 ...
  // indexOfJS は、含まれているのかの判定以外には利用していない
}
```

そこで、ES2016 で導入された Array の `includes` メソッド ES2016 を利用します。Array の `includes` メソッドは配列に指定要素が含まれているかを判定します。`includes` メソッドは真偽値を返すので、`indexOf` メソッドを使った場合に比べて意図が明確になります。前述のコードでは次のように `includes` メソッドを使うべきでしょう。

## 第 14 章 配列

```
const array = ["Java", "JavaScript", "Ruby"];
// includes は含まれているなら true を返す
if (array.includes("JavaScript")) {
    console.log("配列に JavaScript が含まれている");
}
```

`includes` メソッドは、`indexOf` メソッドと同様、異なるオブジェクトだが値が同じものを見つけたい場合には利用できません。Array の `find` メソッドのようにテストするコールバック関数を利用して、真偽値を得るには Array の `some` メソッドを利用できます。

Array の `some` メソッドはテストするコールバック関数にマッチする要素があるなら `true` を返し、存在しない場合は `false` を返します（「ループと反復処理」の章の「配列の `some` メソッド」を参照）。

```
// color プロパティを持つオブジェクトの配列
const colors = [
    { "color": "red" },
    { "color": "green" },
    { "color": "blue" }
];
// color プロパティが"blue"のオブジェクトがあるかどうか
const isIncludedBlueColor = colors.some((obj) => {
    return obj.color === "blue";
});
console.log(isIncludedBlueColor); // => true
```

## 14.5 追加と削除

配列は可変長であるため、作成後の配列に対して要素を追加、削除できます。

要素を配列の末尾へ追加するには Array の `push` が利用できます。一方、末尾から要素を削除するには Array の `pop` が利用できます。

```
const array = ["A", "B", "C"];
array.push("D"); // "D"を末尾に追加
console.log(array); // => ["A", "B", "C", "D"]
const poppedItem = array.pop(); // 最末尾の要素を削除し、その要素を返す
console.log(poppedItem); // => "D"
console.log(array); // => ["A", "B", "C"]
```

要素を配列の先頭へ追加するには Array の `unshift` が利用できます。一方、配列の先頭から要素を削除するには Array の `shift` が利用できます。

```
const array = ["A", "B", "C"];
array.unshift("S"); // "S"を先頭に追加
```

## 14.6 配列同士を結合

```
console.log(array); // => ["S", "A", "B", "C"]
const shiftedItem = array.shift(); // 先頭の要素を削除
console.log(shiftedItem); // => "S"
console.log(array); // => ["A", "B", "C"]
```

## 14.6 配列同士を結合

Array の concat メソッドを使うことで配列と配列を結合した新しい配列を作成できます。

```
const array = ["A", "B", "C"];
const newArray = array.concat(["D", "E"]);
console.log(newArray); // => ["A", "B", "C", "D", "E"]
```

また、concat メソッドは配列だけではなく任意の値を要素として結合できます。

```
const array = ["A", "B", "C"];
const newArray = array.concat("新しい要素");
console.log(newArray); // => ["A", "B", "C", "新しい要素"]
```

## 14.7 配列の展開 ES2015

... (Spread 構文) を使うことで、配列リテラル中に既存の配列を展開できます。

次のコードでは、配列リテラルの末尾に配列を展開しています。これは、Array#concat メソッドで配列同士を結合するのと同じ結果になります。

```
const array = ["A", "B", "C"];
// Spread 構文を使った場合
const newArray = ["X", "Y", "Z", ...array];
// concat メソッドの場合
const newArrayConcat = ["X", "Y", "Z"].concat(array);
console.log(newArray); // => ["X", "Y", "Z", "A", "B", "C"]
console.log(newArrayConcat); // => ["X", "Y", "Z", "A", "B", "C"]
```

Spread 構文は、concat メソッドとは異なり、配列リテラル中の任意の位置に配列を展開できます。そのため、次のように要素の途中に配列を展開できます。

```
const array = ["A", "B", "C"];
const newArray = ["X", ...array, "Z"];
console.log(newArray); // => ["X", "A", "B", "C", "Z"]
```

## 14.8 配列をフラット化 ES2019

Array の `flat` メソッドES2019 を使うことで、多次元配列をフラットな配列に変換できます。引数を指定しなかった場合は1段階のみのフラット化ですが、引数に渡す数値でフラット化する深さを指定できます。配列をすべてフラット化する場合には、無限を意味する `Infinity` を値として渡すことで実現できます。

```
const array = [[["A"], "B"], "C"];
// 引数なしは 1 を指定した場合と同じ
console.log(array.flat()); // => [["A"], "B", "C"]
console.log(array.flat(1)); // => [[["A"]], "B", "C"]
console.log(array.flat(2)); // => ["A", "B", "C"]
// すべてをフラット化するには Infinity を渡す
console.log(array.flat(Infinity)); // => ["A", "B", "C"]
```

また、Array の `flat` メソッドは必ず新しい配列を作成して返すメソッドです。そのため、これ以上フラット化できない配列をフラット化しても、同じ要素を持つ新しい配列を返します。

```
const array = ["A", "B", "C"];
console.log(array.flat()); // => ["A", "B", "C"]
```

## 14.9 配列から要素を削除

### 14.9.1 Array.prototype.splice

配列の先頭や末尾の要素を削除する場合は `Array` の `shift` メソッドや `pop` メソッドで行えます。しかし、配列の任意のインデックスの要素を削除できません。配列の任意のインデックスの要素を削除するには `Array` の `splice` メソッドを利用できます。

`splice` メソッドを利用すると、削除した要素を自動で詰めることができます。`splice` メソッドは指定したインデックスから、指定した数だけ要素を取り除き、必要ならば要素を同時に追加できます。

```
const array = [];
array.splice(インデックス, 削除する要素数);
// 削除と同時に要素の追加もできる
array.splice(インデックス, 削除する要素数, ... 追加する要素);
```

たとえば、配列のインデックスが1の要素を削除するには、インデックス1から1つの要素を削除するという指定をする必要があります。このとき、削除した要素は自動で詰められるため、疎な配列にはなりません。

```
const array = ["a", "b", "c"];
// 1番目から1つの要素 ("b") を削除
```

## 14.9 配列から要素を削除

```
array.splice(1, 1);
console.log(array); // => ["a", "c"]
console.log(array.length); // => 2
console.log(array[1]); // => "c"
// すべて削除
array.splice(0, array.length);
console.log(array.length); // => 0
```

14.9.2 `length` プロパティへの代入

配列のすべての要素を削除することは `Array` の `splice` で行えますが、配列の `length` プロパティへの代入を利用した方法もあります。

```
const array = [1, 2, 3];
array.length = 0; // 配列を空にする
console.log(array); // => []
```

配列の `length` プロパティへ要素数を代入すると、その要素数に配列が切り詰められます。つまり、`length` プロパティへ 0 を代入すると、インデックスが 0 以降の要素がすべて削除されます。

## 14.9.3 空の配列を代入

最後に、その配列の要素を削除するのではなく、新しい空の配列を変数へ代入する方法です。次のコードでは、`array` 変数に空の配列を代入することで、`array` に空の配列を参照させています。

```
let array = [1, 2, 3];
console.log(array.length); // => 3
// 新しい配列で変数を上書き
array = [];
console.log(array.length); // => 0
```

元々、`array` 変数が参照していた `[1, 2, 3]` はどこからも参照されなくなり、ガベージコレクションによりメモリから解放されます。

また、`const` で宣言した配列の場合は変数に対して再代入できないため、この手法は使えません。そのため、再代入をしたい場合は `let` または `var` で変数宣言をする必要があります。

```
const array = [1, 2, 3];
console.log(array.length); // => 3
// const で宣言された変数には再代入できない
array = []; // TypeError: invalid assignment to const `array` が発生
```

## 14.10 破壊的なメソッドと非破壊的なメソッド

これまで紹介してきた配列を変更するメソッドには、破壊的なメソッドと非破壊的なメソッドがあります。この破壊的なメソッドと非破壊的なメソッドの違いを知ることは、意図しない結果を避けるために重要です。破壊的なメソッドとは、配列オブジェクトそのものを変更し、変更した配列または変更箇所を返すメソッドです。非破壊的なメソッドとは、配列オブジェクトのコピーを作成してから変更し、そのコピーした配列を返すメソッドです。

破壊的なメソッドの例として、配列に要素を追加する `Array` の `push` メソッドがあります。`push` メソッドは、`myArray` の配列そのものへ要素を追加しています。その結果 `myArray` 変数の参照する配列が変更されるため破壊的なメソッドです。

```
const myArray = ["A", "B", "C"];
const result = myArray.push("D");
// push の戻り値は配列ではなく、追加後の配列の length
console.log(result); // => 4
// myArray が参照する配列そのものが変更されている
console.log(myArray); // => ["A", "B", "C", "D"]
```

非破壊的なメソッドの例として、配列に要素を結合する `Array` の `concat` メソッドがあります。`concat` メソッドは、`myArray` をコピーした配列に対して要素を結合し、その配列を返します。`myArray` 変数の参照する配列は変更されないため非破壊的なメソッドです。

```
const myArray = ["A", "B", "C"];
// concat の戻り値は結合済みの新しい配列
const newArray = myArray.concat("D");
console.log(newArray); // => ["A", "B", "C", "D"]
// myArray は変更されていない
console.log(myArray); // => ["A", "B", "C"]
// newArray と myArray は異なる配列オブジェクト
console.log(myArray === newArray); // => false
```

JavaScriptにおいて破壊的なメソッドと非破壊的なメソッドを名前から見分ける方法はありません。また、配列を返す破壊的なメソッドもあるため、戻り値からも判別できません。たとえば、`Array` の `sort` メソッドは戻り値がソート済みの配列ですが破壊的メソッドです。

次の表で紹介するメソッド^{*1}は破壊的なメソッドです。

メソッド名	戻り値
<code>Array.prototype.pop</code>	配列の末尾の値
<code>Array.prototype.push</code>	変更後の配列の length
<code>Array.prototype.splice</code>	取り除かれた要素を含む配列

^{*1} [https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Array/](https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Array/)

## 14.10 破壊的なメソッドと非破壊的なメソッド

メソッド名	返り値
<code>Array.prototype.reverse</code>	反転した配列
<code>Array.prototype.shift</code>	配列の先頭の値
<code>Array.prototype.sort</code>	ソートした配列
<code>Array.prototype.unshift</code>	変更後の配列の length
<code>Array.prototype.copyWithin</code> <small>ES2015</small>	変更後の配列
<code>Array.prototype.fill</code> <small>ES2015</small>	変更後の配列

破壊的メソッドは意図せぬ副作用を与えることがあるため、そのことを意識して利用する必要があります。たとえば、配列から特定のインデックスの要素を削除する `removeAtIndex` という関数を提供したいとします。

```
// array の index 番目の要素を削除した配列を返す関数
function removeAtIndex(array, index) { /* 実装 */ }
```

次のように、破壊的なメソッドである `Array` の `splice` メソッドで要素を削除すると、引数として受け取った配列にも影響を与えます。この場合 `removeAtIndex` 関数には副作用があるため、破壊的であることについてのコメントがあると親切です。

```
// array の index 番目の要素を削除した配列を返す関数
// 引数の array は破壊的に変更される
function removeAtIndex(array, index) {
    array.splice(index, 1);
    return array;
}

const array = ["A", "B", "C"];
// array から 1 番目の要素を削除した配列を取得
const newArray = removeAtIndex(array, 1);
console.log(newArray); // => ["A", "C"]
// array 自体にも影響を与える
console.log(array); // => ["A", "C"]
```

一方、非破壊的メソッドは配列のコピーを作成するため、元々の配列に対して影響はありません。この `removeAtIndex` 関数を非破壊的なものにするには、受け取った配列をコピーしてから変更を加える必要があります。

JavaScript には `copy` メソッドそのものは存在しませんが、配列をコピーする方法として `Array` の `slice` メソッドと `concat` メソッドが利用されています。`slice` メソッドと `concat` メソッドは引数なしで呼び出すと、その配列のコピーを返します。

```
const myArray = ["A", "B", "C"];
// slice は myArray のコピーを返す - myArray.concat() でも同じ
const copiedArray = myArray.slice();
myArray.push("D");
```

## 第 14 章 配列

```

console.log(myArray); // => ["A", "B", "C", "D"]
// array のコピーである copiedArray には影響がない
console.log(copiedArray); // => ["A", "B", "C"]
// コピーであるため参照は異なる
console.log(copiedArray === myArray); // => false

```

コピーした配列に変更を加えることで、`removeAtIndex` 関数を非破壊的な関数として実装できます。非破壊的であれば引数の配列への副作用がないので、注意させるようなコメントは不要です。

```

// array の index 番目の要素を削除した配列を返す関数
function removeAtIndex(array, index) {
    // コピーを作成してから変更する
    const copiedArray = array.slice();
    copiedArray.splice(index, 1);
    return copiedArray;
}
const array = ["A", "B", "C"];
// array から 1 番目の要素を削除した配列を取得
const newArray = removeAtIndex(array, 1);
console.log(newArray); // => ["A", "C"]
// 元の array には影響がない
console.log(array); // => ["A", "B", "C"]

```

このように JavaScript の配列には破壊的なメソッドと非破壊的メソッドが混在しています。そのため、統一的なインターフェースで扱えないのが現状です。このような背景もあるため、JavaScript には配列を扱うためのさまざまライブラリが存在します。非破壊的な配列を扱うライブラリの例として [immutable-array-prototype](#)^{*2} や [Immutable.js](#)^{*3} などがあります。

## 14.11 配列を反復処理するメソッド

「[ループと反復処理](#)」の章において配列を反復処理する方法を一部解説しましたが、改めて関連する Array メソッドを見ていきます。反復処理の中でもよく利用されるのが Array の `forEach`、`map`、`filter`、`reduce` メソッドです。どのメソッドも共通して引数にコールバック関数を受け取るため高階関数と呼ばれます。

### 14.11.1 Array.prototype.forEach

Array の `forEach` メソッドは配列の要素を先頭から順番にコールバック関数へ渡し、反復処理を行うメソッドです。

次のようにコールバック関数には要素、インデックス、配列が引数として渡され、配列要素の先頭

---

*2 <https://github.com/azu/immutable-array-prototype>  
 *3 <https://immutable-js.com/>

## 14.11 配列を反復処理するメソッド

から順番に反復処理します。

```
const array = [1, 2, 3];
array.forEach((currentValue, index, array) => {
  console.log(currentValue, index, array);
});
// コンソールの出力
// 1, 0, [1, 2, 3]
// 2, 1, [1, 2, 3]
// 3, 2, [1, 2, 3]
```

### 14.11.2 Array.prototype.map

Array の `map` メソッドは配列の要素を順番にコールバック関数へ渡し、コールバック関数が返した値から新しい配列を返す非破壊的なメソッドです。配列の各要素を加工したい場合に利用します。

次のようにコールバック関数には要素、インデックス、配列が引数として渡され、配列要素の先頭から順番に反復処理します。`map` メソッドの返り値は、それぞれのコールバック関数が返した値を集めた新しい配列です。

```
const array = [1, 2, 3];
// 各要素に 10 を乗算した新しい配列を作成する
const newArray = array.map((currentValue, index, array) => {
  return currentValue * 10;
});
console.log(newArray); // => [10, 20, 30]
// 元の配列とは異なるインスタンス
console.log(array === newArray); // => false
```

### 14.11.3 Array.prototype.filter

Array の `filter` メソッドは配列の要素を順番にコールバック関数へ渡し、コールバック関数が `true` を返した要素だけを集めた新しい配列を返す非破壊的なメソッドです。配列から不要な要素を取り除いた配列を作成したい場合に利用します。

次のようにコールバック関数には要素、インデックス、配列が引数として渡され、配列要素の先頭から順番に反復処理します。`filter` メソッドの返り値は、コールバック関数が `true` を返した要素だけを集めた新しい配列です。

```
const array = [1, 2, 3];
// 奇数の値を持つ要素だけを集めた配列を返す
const newArray = array.filter((currentValue, index, array) => {
  return currentValue % 2 === 1;
```

## 第 14 章 配列

```

    });
    console.log(newArray); // => [1, 3]
    // 元の配列とは異なるインスタンス
    console.log(array === newArray); // => false
  
```

**14.11.4 Array.prototype.reduce**

Array の `reduce` メソッドは累積値（アキュムレータ）と配列の要素を順番にコールバック関数へ渡し、1 つの累積値を返します。配列から配列以外を含む任意の値を作成したい場合に利用します。

ここまでで紹介した反復処理のメソッドとは異なり、コールバック関数には累積値、要素、インデックス、配列を引数として渡します。`reduce` メソッドの第二引数には累積値の初期値となる値を渡せます。

次のコードでは、`reduce` メソッドは初期値を 0 として配列の各要素を加算した 1 つの数値を返します。つまり配列から配列要素の合計値という Number 型の値を返しています。

```

const array = [1, 2, 3];
// すべての要素を加算した値を返す
// accumulator の初期値は 0
const totalValue = array.reduce((accumulator, currentValue, index, array) => {
  return accumulator + currentValue;
}, 0);
// 0 + 1 + 2 + 3 という式の結果が返り値になる
console.log(totalValue); // => 6
  
```

`reduce` メソッドに渡したコールバック関数は配列の要素数である 3 回呼び出され、それぞれ次のような結果になります。

	accumulator	currentValue	return した値
1 回目の呼び出し	0	1	0 + 1
2 回目の呼び出し	1	2	1 + 2
3 回目の呼び出し	3	3	3 + 3

Array の `reduce` メソッドはやや複雑ですが、配列から配列以外のデータ型の値を作成できる特徴があります。また、`reduce` メソッドでは、配列から直接 Number 型の値を返せるため、`totalValue` という変数を再代入できない `const` で宣言していました。

配列の数値の合計を `forEach` メソッドなど反復処理で計算すると、次のコードのように `totalValue` という変数は再代入ができる `let` で宣言する必要があります。

```

const array = [1, 2, 3];
// 初期値は 0
let totalValue = 0;
array.forEach((currentValue) => {
  totalValue += currentValue;
}
  
```

## 14.11 配列を反復処理するメソッド

```
});  
console.log(totalValue); // => 6
```

`let` で宣言した変数は再代入が可能なため、意図しない箇所で変数の値が変更され、バグの原因となることがあります。そのため、できる限り変数を `const` で宣言したい場合には `reduce` メソッドは有用です。一方で、`reduce` メソッドは可読性があまりよくないため、コードの意図が伝わりにくいうデメリットもあります。

`reduce` メソッドには利点と可読性のトレードオフがありますが、利用する場合は `reduce` メソッドを扱う処理を関数で囲むなど処理の意図がわかるように工夫をする必要があります。

```
const array = [1, 2, 3];  
function sum(array) {  
    return array.reduce((accumulator, currentValue) => {  
        return accumulator + currentValue;  
    }, 0);  
}  
console.log(sum(array)); // => 6
```

## Array-like オブジェクト

配列のように扱えるが配列ではないオブジェクトのことを、**Array-like オブジェクト**と呼びます。Array-like オブジェクトとは配列のようにインデックスにアクセスでき、配列のように `length` プロパティも持っています。しかし、配列のインスタンスではないため、Array のプロトタイプメソッドを持っていないオブジェクトのことです。

機能	Array-like オブジェクト	配列
インデックスアクセス ( <code>array[0]</code> )	できる	できる
長さ ( <code>array.length</code> )	持っている	持っている
Array のプロトタイプメソッド ( <code>forEach</code> メソッドなど)	持っていない場合もある	持っている

## 第 14 章 配列

Array-like オブジェクトの例として `arguments` があります。`arguments` オブジェクトは、`function` で宣言した関数の中から参照できる変数です。`arguments` オブジェクトには関数の引数に渡された値が順番に格納されていて、配列のように引数へアクセスできます。

```
function myFunc() {
    console.log(arguments[0]); // => "a"
    console.log(arguments[1]); // => "b"
    console.log(arguments[2]); // => "c"
    // 配列ではないため、配列のメソッドは持っていない
    console.log(typeof arguments.forEach); // => "undefined"
}
myFunc("a", "b", "c");
```

Array-like オブジェクトか配列なのかを判別するには `Array.isArray` メソッドを利用できます。Array-like オブジェクトは配列ではないので結果は常に `false` となります。

```
function myFunc() {
    console.log(Array.isArray([1, 2, 3])); // => true
    console.log(Array.isArray(arguments)); // => false
}
myFunc("a", "b", "c");
```

Array-like オブジェクトは配列のようで配列ではないというもどかしさを持つオブジェクトです。`Array.from` メソッド ES2015 を使うことで Array-like オブジェクトを配列に変換して扱うことができます。一度配列に変換してしまえば `Array` メソッドも利用できます。

```
function myFunc() {
    // Array-like オブジェクトを配列へ変換
    const argumentsArray = Array.from(arguments);
    console.log(Array.isArray(argumentsArray)); // => true
    // 配列のメソッドを利用できる
    argumentsArray.forEach(arg => {
        console.log(arg);
    });
}
myFunc("a", "b", "c");
```

## 14.12 メソッドチェーンと高階関数

配列で頻出するパターンとしてメソッドチェーンがあります。メソッドチェーンとは、メソッドを呼び出した返り値に対してさらにメソッド呼び出しをするパターンのことを言います。

## 14.12 メソッドチェーンと高階関数

次のコードでは、Array の `concat` メソッドの返り値、つまり配列に対してさらに `concat` メソッドを呼び出すというメソッドチェーンが行われています。

```
const array = ["a"].concat("b").concat("c");
console.log(array); // => ["a", "b", "c"]
```

このコードの `concat` メソッドの呼び出しを分解してみると何が行われているのかわかりやすいです。`concat` メソッドの返り値は結合した新しい配列です。先ほどのメソッドチェーンでは、その新しい配列に対してさらに `concat` メソッドで値を結合しているということがわかります。

```
// メソッドチェーンを分解した例
// 一時的な abArray という変数が増えている
const abArray = ["a"].concat("b");
console.log(abArray); // => ["a", "b"]
const abcArray = abArray.concat("c");
console.log(abcArray); // => ["a", "b", "c"]
```

メソッドチェーンを利用することで処理の見た目を簡潔にできます。メソッドチェーンを利用した場合も最終的な処理結果は同じですが、途中の一時的な変数を省略できます。先ほどの例では `abArray` という一時的な変数をメソッドチェーンでは省略できています。

メソッドチェーンは配列に限ったものではありませんが、配列では頻出するパターンです。なぜなら、配列に含まれるデータを表示する際には、最終的に文字列や数値など別のデータへ加工することがほとんどであるためです。配列には配列を返す高階関数が多く実装されているため、配列を柔軟に加工できます。

次のコードでは、ECMAScript のバージョン名と発行年数が定義された `ECMAScriptVersions` という配列が定義されています。この配列から 2000 年以前に発行された ECMAScript のバージョン名の一覧を取り出すことを考えてみます。目的の一覧を取り出すには「2000 年以前のデータに絞り込む」と「データから `name` を取り出す」という 2 つの加工処理を組み合わせる必要があります。

この 2 つの加工処理は Array の `filter` メソッドと `map` メソッドで実現できます。`filter` メソッドで配列から 2000 年以前というルールで絞り込み、`map` メソッドでそれぞれの要素から `name` プロパティを取り出せます。どちらのメソッドも配列を返すのでメソッドチェーンで処理をつなげられます。

```
// ECMAScript のバージョン名と発行年
const ECMAScriptVersions = [
  { name: "ECMAScript 1", year: 1997 },
  { name: "ECMAScript 2", year: 1998 },
  { name: "ECMAScript 3", year: 1999 },
  { name: "ECMAScript 5", year: 2009 },
  { name: "ECMAScript 5.1", year: 2011 },
  { name: "ECMAScript 2015", year: 2015 },
  { name: "ECMAScript 2016", year: 2016 },
  { name: "ECMAScript 2017", year: 2017 },
];
```

## 第 14 章 配列

```
// メソッドチェーンで必要な加工処理を並べている
const versionNames = ECMAScriptVersions
  // 2000 年以下のデータに絞り込み
  .filter(ECMAScript => ECMAScript.year <= 2000)
  // それぞれの要素から name プロパティを取り出す
  .map(ECMAScript => ECMAScript.name);
console.log(versionNames);
// => ["ECMAScript 1", "ECMAScript 2", "ECMAScript 3"]
```

メソッドチェーンを使うことで複数の処理からなるものをひとつのまとまった処理のように見せることができます。長過ぎるメソッドチェーンは長過ぎる関数と同じように読みにくくなりますが、適度な単位のメソッドチェーンは処理をスッキリ見せるパターンとして利用されています。

### 14.13 まとめ

この章では配列について学びました。

- 配列は順序を持った要素を格納できるオブジェクトの一種
- 配列には破壊的なメソッドと非破壊的なメソッドがある
- 配列には反復処理を行う高階関数となるメソッドがある
- メソッドチェーンは配列のメソッドが配列を返すことを利用している

配列は JavaScript の中でもよく使われるオブジェクトで、メソッドの種類も多いです。この書籍でもすべてのメソッドは紹介していないため、詳しくは [Array についてのドキュメント^{*4}](#) も参照してみてください。

^{*4} [https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Array](https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Array)

## 第15章 文字列

# Chapter 15

この章では JavaScript における文字列について学んでいきます。まずは、文字列の作成方法や文字列の操作方法について見ていきます。そして、文字列を編集して自由な文字列を作れるようになることがこの章の目的です。

### 15.1 文字列を作成する

文字列を作成するには、文字列リテラルを利用します。「データ型とリテラル」の章でも紹介しましたが、文字列リテラルには"（ダブルクオート）、'（シングルクオート）、`（バッククオート）の3種類があります。

まずは"（ダブルクオート）と'（シングルクオート）について見ていきます。

"（ダブルクオート）と'（シングルクオート）に意味的な違いはありません。そのため、どちらを使うかは好みやプロジェクトごとのコーディング規約によって異なります。この書籍では、"（ダブルクオート）を主な文字列リテラルとして利用します。

```
const double = "文字列";
console.log(double); // => "文字列"
const single = ' 文字列';
console.log(single); // => ' 文字列'
// どちらも同じ文字列
console.log(double === single); // => true
```

ES2015 では、テンプレートリテラル`（バッククオート）が追加されました。`（バッククオート）を利用することで文字列を作成できる点は、他の文字列リテラルと同じです。

これに加えてテンプレートリテラルでは、文字列中に改行を入力できます。次のコードでは、テンプレートリテラルを使って複数行の文字列を見た目どおりに定義しています。

```
const multiline = `1 行目
2 行目
3 行目`;
// \n は改行を意味する
```

## 第 15 章 文字列

```
console.log(multiline); // => "1 行目\n2 行目\n3 行目"
```

どの文字列リテラルでも共通ですが、文字列リテラルは同じ記号が対になります。そのため、文字列の中にリテラルと同じ記号が出現した場合は、\ (バックスラッシュ) を使ってエスケープする必要があります。次のコードでは、文字列中の"を\"のようにエスケープしています。

```
const str = "This book is \"js-primer\"";
console.log(str); // => 'This book is "js-primer"'
```

## 15.2 エスケープシーケンス

文字列リテラル中にはそのままでは入力できない特殊な文字もあります。改行もそのひとつで、" (ダブルクオート) と' (シングルクオート) の文字列リテラルには改行をそのまま入力できません (テンプレートリテラル中には例外的に改行をそのまま入力できます)。

次のコードは、JavaScript の構文として正しくないため、構文エラー (SyntaxError) となります。

```
// JavaScript エンジンが構文として解釈できないため、SyntaxError となる
const invalidString = "1 行目
2 行目
3 行目";
```

この問題を回避するためには、改行のような特殊な文字をエスケープシーケンスとして書く必要があります。エスケープシーケンスは、\と特定の文字を組み合わせることで、特殊文字を表現します。

次の表では、代表的なエスケープシーケンス^{*1}を紹介しています。エスケープシーケンスは、" (ダブルクオート)、' (シングルクオート)、` (バッククオート) すべての文字列リテラルの中で利用できます。

エスケープシーケンス	意味
\'	シングルクオート
\"	ダブルクオート
\`	バッククオート
\\\	バックスラッシュ (\そのものを表示する)
\n	改行
\t	タブ
\uXXXX	Code Unit (\uと4桁のHexDigit)
\u{X} ... \u{XXXXXX}	Code Point (\u{}のカッコ中にHexDigit)

このエスケープシーケンスを利用することで、先ほどの" (ダブルクオート) の中に改行 (\n) を入力できます。

^{*1} [https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/String#%E3%82%A8%E3%82%B9%E3%82%B1%E3%83%BC%E3%83%97%E3%82%B7%E3%83%BC%E3%82%B1%E3%83%B3%E3%82%B9](https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/String#%E3%82%A8%E3%82%B9%E3%82%B1%E3%83%BC%E3%83%97%E3%82%B7%E3%83%BC%E3%82%B1%E3%83%B3%E3%82%B9)

## 15.3 文字列を結合する

```
// 改行を\nのエスケープシーケンスとして入力している
const multiline = "1 行目\n2 行目\n3 行目";
console.log(multiline);
/* 改行した結果が出力される
1 行目
2 行目
3 行目
*/
```

また、\からはじまる文字は自動的にエスケープシーケンスとして扱われます。しかし、\aのように定義されていないエスケープシーケンスは、\が単に無視され aという文字列として扱われます。これにより、\ (バックスラッシュ) そのものを入力していたつもりが、その文字がエスケープシーケンスとして扱われてしまう問題があります。

次のコードでは、_という組み合わせのエスケープシーケンスはないため、\が無視された文字列として評価されます。

```
console.log(" \_\(\ツ\)\_/");
// \_\(\ツ\)\_/ のように\が無視されて表示される
```

\ (バックスラッシュ) そのものを入力したい場合は、\\のようにエスケープする必要があります。

```
console.log(" \\_\(\ツ\)\_/");
// \\_\(\ツ\)\_/ と表示される
```

### 15.3 文字列を結合する

文字列を結合する簡単な方法は文字列結合演算子 (+) を使う方法です。

```
const str = "a" + "b";
console.log(str); // => "ab"
```

変数と文字列を結合したい場合も文字列結合演算子で行えます。

```
const name = "JavaScript";
console.log("Hello " + name + "!"); // => "Hello JavaScript!"
```

特定の書式に文字列を埋め込むには、テンプレートリテラルを使うとより宣言的に書けます。

テンプレートリテラル中に\${変数名}で書かれた変数は評価時に展開されます。つまり、先ほどの文字列結合は次のように書けます。

```
const name = "JavaScript";
console.log(`Hello ${name}!`); // => "Hello JavaScript!"
```

## 15.4 文字へのアクセス

文字列の特定の位置にある文字にはインデックスを指定してアクセスできます。これは、配列における要素へのアクセスにインデックスを指定するのと同じです。

文字列では文字列 [インデックス] のように指定した位置（インデックス）の文字へアクセスできます。インデックスの値は 0 以上  $2^{53} - 1$  未満の整数が指定できます。

```
const str = "文字列";
// 配列と同じようにインデックスでアクセスできる
console.log(str[0]); // => "文"
console.log(str[1]); // => "字"
console.log(str[2]); // => "列"
```

また、存在しないインデックスへのアクセスでは配列やオブジェクトと同じように `undefined` を返します。

```
const str = "文字列";
// 42 番目の要素は存在しない
console.log(str[42]); // => undefined
```

### 15.4.1 String.prototype.at ES2022

ES2022 から `String.prototype.at` メソッドが追加されています。`String` の `at` メソッドは、`Array` の `at` メソッドと同じく、相対的なインデックスを渡してその位置の文字へアクセスできます。`at` メソッドへ-1 のようにマイナスのインデックスを渡した場合は、末尾から数えた位置の文字へアクセスできます。

```
const str = "文字列";
console.log(str.at(0)); // => "文"
console.log(str.at(1)); // => "字"
console.log(str.at(2)); // => "列"
console.log(str.at(-1)); // => "列"
```

## 15.5 文字列とは

今まで何気なく「文字列」という言葉を利用していましたが、ここでいう文字列とはどのようなものでしょうか？コンピュータのメモリ上には文字列の「ア」といった文字をそのまま保存できないため、0 と 1 からなるビット列へ変換する必要があります。この文字からビット列へ変換することを符号化（エンコード）と呼びます。

一方で、変換後のビット列が何の文字なのかを管理する表が必要になります。この文字に対応するビット列（ID）の一覧表のことを符号化文字集合と呼びます。

次の表は、Unicode という文字コードにおける符号化文字集合からカタカナの一部分を取り出したものです^{*2}。Unicode はすべての文字に対して ID (Code Point) を振ることを目的に作成されている仕様です。

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
30A0	=	ア	ア	イ	イ	ウ	ウ	エ	エ	オ	オ	カ	ガ	キ	ギ	ク
30B0	グ	ケ	ゲ	コ	ゴ	サ	ザ	シ	ジ	ス	ズ	セ	ゼ	ソ	ゾ	タ
30C0	ダ	チ	ヂ	ツ	ヅ	テ	ヂ	ト	ド	ナ	ニ	ヌ	ネ	ノ	ハ	

JavaScript (ECMAScript) は文字コードとして Unicode を採用し、文字をエンコードする方式として UTF-16 を採用しています。UTF-16 とは、それぞれの文字を 16 ビットのビット列に変換するエンコード方式です。Unicode では 1 文字を表すのに使う最小限のビットの組み合わせを **Code Unit** (符号単位) と呼び、UTF-16 では各 Code Unit のサイズが 16 ビット (2 バイト) です。

次のコードは、文字列を構成する Code Unit を hex 値 (16 進数) にして表示する例です。String の `charCodeAt` メソッドは、文字列の指定インデックスの Code Unit を整数として返します。その Code Unit の整数値を `NumberToString` メソッドで hex 値 (16 進数) にしています。

```
const str = "アオイ";
// それぞれの文字をCode Unit の hex 値 (16 進数) に変換する
// toString の引数に 16 を渡すと 16 進数に変換される
console.log(str.charCodeAt(0).toString(16)); // => "30a2"
console.log(str.charCodeAt(1).toString(16)); // => "30aa"
console.log(str.charCodeAt(2).toString(16)); // => "30a4"
```

逆に、Code Unit を hex 値 (16 進数) から文字へと変換するには `String.fromCharCode` メソッドを使います。次のコードでは、16 進数の整数リテラルである `0x` で記述した Code Unit から文字列へと変換しています (`0x` リテラルについては「データ型とリテラル」の章を参照)。

```
const str = String.fromCharCode(
  0x30a2, // アの Code Unit
  0x30aa, // オの Code Unit
  0x30a4 // イの Code Unit
);
console.log(str); // => "アオイ"
```

これらの結果をまとめると、この文字列と文字列を構成する UTF-16 の Code Unit との関係は次のようにになります。

インデックス	0	1	2
文字列	ア	オ	イ
UTF-16 の Code Unit (16 進数)	0x30A2	0x30AA	0x30A4

*2 Unicode のカタカナの一覧 <https://unicode-table.com/jp/#katakana> から取り出したテーブルです。

## 第 15 章 文字列

このように、JavaScript における文字列は 16 ビットの Code Unit が順番に並んだものとして内部的に管理されています。これは、ECMAScript の内部表現として UTF-16 を採用しているだけで、JavaScript ファイル（ソースコードを書いたファイル）のエンコーディングとは関係ありません。そのため、JavaScript ファイル自体のエンコードは、UTF-16 以外の文字コードであっても問題ありません。

UTF-16 を利用していることは JavaScript の内部的な表現であるため、気にする必要がないようにも思えます。しかし、この JavaScript が UTF-16 を利用していることは、これから見ていく String の API にも影響しています。この UTF-16 と文字列については、次の章である「[文字列と Unicode](#)」で詳しく見ていきます。

ここでは、「JavaScript の文字列の各要素は UTF-16 の Code Unit で構成されている」ということだけを覚えておけば問題ありません。

## 15.6 文字列の分解と結合

文字列を配列へ分解するには String の `split` メソッドを利用できます。一方、配列の要素を結合して文字列にするには Array の `join` メソッドを利用できます。

この 2 つはよく組み合わせて利用されるため、合わせて見ていきます。

String の `split` メソッドは、第一引数に指定した区切り文字で文字列を分解した配列を返します。次のコードでは、文字列を・で区切った配列を作成しています。

```
const strings = "赤・青・緑".split("・");
console.log(strings); // => ["赤", "青", "緑"]
```

分解してきた文字列の配列を結合して文字列を作る際に、Array の `join` メソッドが利用できます。Array の `join` メソッドの第一引数には区切り文字を指定し、その区切り文字で結合した文字列を返します。

この 2 つを合わせれば、区切り文字を・から、へ変換する処理を次のように書くことができます。・で文字列を分割 (`split`) してから、区切り文字を、にして結合 (`join`) すれば変換できます。

```
const str = "赤・青・緑".split("・").join("、");
console.log(str); // => "赤、青、緑"
```

String の `split` メソッドの第一引数には正規表現も指定できます。これを利用すると、次のように文字列をスペースで区切るような処理を簡単に書けます。`\s+` は 1 つ以上のスペースにマッチする正規表現オブジェクトを作成する正規表現リテラルです。

```
// 文字間に 1 つ以上のスペースがある
const str = "a      b      c      d";
// 1 つ以上のスペースにマッチして分解する
const strings = str.split(/\s+/);
console.log(strings); // => ["a", "b", "c", "d"]
```

## 15.7 文字列の長さ

String の `length` プロパティは文字列の要素数を返します。文字列の構成要素は Code Unit であるため、`length` プロパティは Code Unit の個数を返します。

次の文字列は 3 つの要素 (Code Unit) が並んだものであるため、`length` プロパティは 3 を返します。

```
console.log("文字列".length); // => 3
```

また、空文字列は要素数が 0 であるため、`length` プロパティの結果も 0 となります。

```
console.log("").length); // => 0
```

## 15.8 文字列の比較

文字列の比較には`==`（厳密比較演算子）を利用します。次の条件を満たしていれば同じ文字列となります。

- 文字列の要素である Code Unit が同じ順番で並んでいるか
- 文字列の長さ (`length`) は同じか

難しく書いていますが、同じ文字列同士なら`==`（厳密比較演算子）の結果は `true` となります。

```
console.log("文字列" === "文字列"); // => true
// 一致しなければ false となる
console.log("JS" === "ES"); // => false
// 文字列の長さが異なるのでfalse となる
console.log("文字列" === "文字"); // => false
```

また、`==`などの比較演算子だけではなく、`>`、`<`、`>=`、`<=`など大小の関係演算子で文字列同士の比較もできます。

これらの関係演算子も、文字列の要素である Code Unit 同士を先頭から順番に比較します。文字列から Code Unit の数値を取得するには、String の `charCodeAt` メソッドを利用できます。

次のコードでは、ABC と ABD を比較した場合にどちらが大きい (Code Unit の値が大きい) かを比較しています。

```
// "A"と"B"の Code Unit は 65 と 66
console.log("A".charCodeAt(0)); // => 65
console.log("B".charCodeAt(0)); // => 66
// "A" (65) は"B" (66) より Code Unit の値が小さい
console.log("A" > "B"); // => false
// 先頭から順番に比較し C > D が false であるため
console.log("ABC" > "ABD"); // => false
```

## 第 15 章 文字列

このように、関係演算子での文字列比較は Code Unit 同士を比較しています。この結果を予測するのは難しく、また直感的ではない結果が生まれることも多いです。文字の順番は国や言語によっても異なるため、国際化（Internationalization）に関する知識も必要です。

JavaScriptにおいても、[ECMA-402^{*3}](#)という ECMAScript と関連する別の仕様として国際化についての取り決めがされています。この国際化に関する API を定義した [Intl^{*4}](#)というビルトインオブジェクトもありますが、この API についての詳細は省略します。

## 15.9 文字列の一部を取得

文字列からその一部を取り出したい場合には、String の `slice` メソッドや `substring` メソッドが利用できます。

`slice` メソッドについては、すでに配列で学んでいますが、基本的な動作は文字列でも同様です。まずは `slice` メソッドについて見てていきます。

String の `slice` メソッドは、第一引数の開始位置から第二引数の終了位置（終了位置の要素は含まれない）までの範囲を取り出した新しい文字列を返します。第二引数は省略でき、省略した場合は文字列の末尾まで含んだ新しい文字列を返します。

位置にマイナスの値を指定した場合は文字列の末尾から数えた位置となります。また、第一引数の位置が第二引数の位置より大きい場合、常に空の文字列を返します。

そのため、メソッドの引数の扱い方は配列の `slice` メソッドと同様です。

```
const str = "ABCDE";
console.log(str.slice(1)); // => "BCDE"
console.log(str.slice(1, 5)); // => "BCDE"
// マイナスを指定すると後ろからの位置となる
console.log(str.slice(-1)); // => "E"
// インデックスが 1 から 4 の範囲を取り出す
console.log(str.slice(1, 4)); // => "BCD"
// 第一引数 > 第二引数の場合、常に空文字列を返す
console.log(str.slice(4, 1)); // => ""
```

String の `substring` メソッドは、`slice` メソッドと同じく第一引数に開始位置、第二引数に終了位置を指定し、その範囲を取り出して新しい文字列を返します。第二引数を省略した場合の挙動も同様で、省略した場合は文字列の末尾が終了位置となります。

`slice` メソッドとは異なる点として、位置にマイナスの値を指定した場合は常に 0 として扱われます。また、第一引数の位置が第二引数の位置より大きい場合、第一引数と第二引数が入れ替わるという予想しにくい挙動となります。

```
const str = "ABCDE";
console.log(str.substring(1)); // => "BCDE"
console.log(str.substring(1, 5)); // => "BCDE"
```

^{*3} <https://www.ecma-international.org/publications-and-standards/standards/ecma-402/>

^{*4} [https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Intl](https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Reference/Global_Objects/Intl)

```
// マイナスを指定すると0として扱われる
console.log(str.substring(-1)); // => "ABCDE"
// 位置:1から4の範囲を取り出す
console.log(str.substring(1, 4)); // => "BCD"
// 第一引数 > 第二引数の場合、引数が入れ替わる
// str.substring(1, 4)と同じ結果になる
console.log(str.substring(4, 1)); // => "BCD"
```

このように、マイナスの位置や引数が交換される挙動はわかりやすいものとは言えません。そのため、`slice` メソッドと `substring` メソッドに指定する引数は、どちらとも同じ結果となる範囲に限定したほうが直感的な挙動となります。つまり、指定するインデックスは0以上にして、第二引数を指定する場合は第一引数の位置 < 第二引数の位置にするということです。

`String` の `slice` メソッドは `indexOf` メソッドなどの位置を取得するものと組み合わせて使うことが多いでしょう。次のコードでは、?の位置を `indexOf` メソッドで取得し、それ以降の文字列を `slice` メソッドで切り出しています。

```
const url = "https://example.com?param=1";
const indexOfQuery = url.indexOf("?");
const queryString = url.slice(indexOfQuery);
console.log(queryString); // => "?param=1"
```

また、配列とは異なりプリミティブ型の値である文字列は、`slice` メソッドと `substring` メソッド共に非破壊的です。機能的な違いがほとんどないため、どちらを利用するかは好みの問題となるでしょう。

## 15.10 文字列の検索

文字列の検索方法として、大きく分けて文字列による検索と正規表現による検索があります。

指定した文字列が文字列中に含まれているかを検索する方法として、`String` メソッドには取得したい結果ごとにメソッドが用意されています。ここでは、次の3種類の結果を取得する方法について文字列と正規表現それぞれの検索方法を見ていきます。

- マッチした箇所のインデックスを取得
- マッチした文字列の取得
- マッチしたかどうかの真偽値を取得

### 15.10.1 文字列による検索

`String` オブジェクトには、指定した文字列で検索するメソッドが用意されています。

### 文字列によるインデックスの取得

`String` の `indexOf` メソッドと `lastIndexOf` メソッドは、指定した文字列で検索し、その文字列が最初に現れたインデックスを返します。これらは配列の `Array` の `indexOf` メソッドと同じで、厳密等価演算子 (`==`) で文字列を検索します。一致する文字列がない場合は `-1` を返します。

- 文字列`.indexOf("検索文字列")`: 先頭から検索し、指定された文字列が最初に現れたインデックスを返す
- 文字列`.lastIndexOf("検索文字列")`: 末尾から検索し、指定された文字列が最初に現れたインデックスを返す

どちらのメソッドも一致する文字列が複数個ある場合でも、指定した検索文字列を最初に見つけた時点で検索は終了します。

```
// 検索対象となる文字列
const str = "にわにはにわにわとりがいる";
// indexOf は先頭から検索してインデックスを返す - "**にわ**にはにわにわとりがいる"
// "にわ"の先頭のインデックスを返すため 0 となる
console.log(str.indexOf("にわ")); // => 0
// lastIndexOf は末尾から検索してインデックスを返す - "にわにはにわ**にわ**とりがいる"
console.log(str.lastIndexOf("にわ")); // => 6
// 指定した文字列が見つからない場合は -1 を返す
console.log(str.indexOf("未知のキーワード")); // => -1
```

### 15.10.2 文字列にマッチした文字列の取得

文字列を検索してマッチした文字列は、検索文字列そのものになるので自明です。

次のコードでは "Script" という文字列で検索していますが、その検索文字列にマッチする文字列はもちろん "Script" になります。

```
const str = "JavaScript";
const searchWord = "Script";
const index = str.indexOf(searchWord);
if (index !== -1) {
    console.log(`"${searchWord}"が見つかりました`);
} else {
    console.log(`"${searchWord}"は見つかりませんでした`);
}
```

### 真偽値の取得

「文字列」に「検索文字列」が含まれているかを検索する方法がいくつか用意されています。次の 3 つのメソッドは ES2015 で導入されました。

## 15.11 正規表現オブジェクト

- `String.prototype.startsWith(検索文字列)` ES2015: 検索文字列が先頭にあるかの真偽値を返す
- `String.prototype.endsWith(検索文字列)` ES2015: 検索文字列が末尾にあるかの真偽値を返す
- `String.prototype.includes(検索文字列)` ES2015: 検索文字列を含むかの真偽値を返す

具体的な例をいくつか見てみましょう。

```
// 検索対象となる文字列
const str = "にわにはにわにわとりがいる";
// startsWith - 検索文字列が先頭なら true
console.log(str.startsWith("にわ")); // => true
console.log(str.startsWith("いる")); // => false
// endsWith - 検索文字列が末尾なら true
console.log(str.endsWith("にわ")); // => false
console.log(str.endsWith("いる")); // => true
// includes - 検索文字列が含まれるなら true
console.log(str.includes("にわ")); // => true
console.log(str.includes("いる")); // => true
```

## 15.11 正規表現オブジェクト

文字列による検索では、固定の文字列にマッチするものしか検索できません。一方で正規表現による検索では、あるパターン（規則性）にマッチするという柔軟な検索ができます。

正規表現は正規表現オブジェクト（`RegExp` オブジェクト）として表現されます。正規表現オブジェクトはマッチする範囲を決めるパターンと正規表現の検索モードを指定するフラグの 2 つで構成されます。正規表現のパターン内では、次の文字は特殊文字と呼ばれ、特別な意味を持ちます。特殊文字として解釈されないように入力する場合には\（バックスラッシュ）でエスケープする必要があります。

\ ^ \$ . * + ? ( ) [ ] { } |

正規表現オブジェクトを作成するには、正規表現リテラルと `RegExp` コンストラクタを使う 2 つの方法があります。

```
// 正規表現リテラルで正規表現オブジェクトを作成
const patternA = /パターン/フラグ;
// RegExp コンストラクタで正規表現オブジェクトを作成
const patternB = new RegExp("パターン文字列", "フラグ");
```

正規表現リテラルは、/と/のリテラル内に正規表現のパターンを書くことで、正規表現オブジェクトを作成できます。次のコードでは、+ という 1 回以上の繰り返しを意味する特殊文字を使い、a が 1 回以上連続する文字列にマッチする正規表現オブジェクトを作成しています。

```
const pattern = /a+/;
```

## 第 15 章 文字列

正規表現オブジェクトを作成するもう一つの方法として `RegExp` コンストラクタがあります。`RegExp` コンストラクタでは、文字列から正規表現オブジェクトを作成できます。

次のコードでは、`RegExp` コンストラクタを使って `a` が 1 文字以上連続している文字列にマッチする正規表現オブジェクトを作成しています。これは先ほどの正規表現リテラルで作成した正規表現オブジェクトと同じ意味になります。

```
const pattern = new RegExp("a+");
```

### 15.11.1 正規表現リテラルと `RegExp` コンストラクタの違い

正規表現リテラルと `RegExp` コンストラクタの違いとして、正規表現のパターンが評価されるタイミングの違いがあります。正規表現リテラルは、ソースコードをロード（パース）した段階で正規表現のパターンが評価されます。一方で、`RegExp` コンストラクタでは通常の関数と同じように、`RegExp` コンストラクタを呼び出すまで正規表現のパターンは評価されません。

単独の `[` という不正なパターンである正規表現を例に、評価されているタイミングの違いを見てみます。`[は対になる]` と組み合わせて利用する特殊文字であるため、正規表現のパターンに単独で書くと構文エラーの例外が発生します。

正規表現リテラルは、ソースコードのロード時に正規表現のパターンが評価されるため、次のように `main` 関数を呼び出さないでも構文エラー（`SyntaxError`）が発生します。

```
// 正規表現リテラルはロード時にパターンが評価され、例外が発生する
function main() {
    // [は対となる] を組み合わせる特殊文字であるため、単独で書けない
    const invalidPattern = /[/;
}

// main 関数を呼び出さなくとも例外が発生する
```

一方で、`RegExp` コンストラクタは実行時に正規表現のパターンが評価されるため、`main` 関数を呼び出すことで初めて構文エラー（`SyntaxError`）が発生します。

```
// RegExp コンストラクタは実行時にパターンが評価され、例外が発生する
function main() {
    // [は対となる] を組み合わせる特殊文字であるため、単独で書けない
    const invalidPattern = new RegExp("[");
}

// main 関数を呼び出すことで初めて例外が発生する
main();
```

これを言い換えると、正規表現リテラルはコードを書いた時点で決まったパターンの正規表現オブジェクトを作成する構文です。一方で、`RegExp` コンストラクタは変数と組み合わせるなど、実行時に

## 15.11 正規表現オブジェクト

変わることがあるパターンの正規表現オブジェクトを作成できます。

例として、指定個数のホワイトスペース（空白文字）が連続した場合にマッチする正規表現オブジェクトで比較してみます。

次のコードでは、正規表現リテラルを使って3つ連続するホワイトスペースにマッチする正規表現オブジェクトを作成しています。`\s`はスペースやタブなどのホワイトスペースにマッチする特殊文字です。また、`{数字}`は指定した回数だけ繰り返しを意味する特殊文字です。

```
// 3つの連続するスペースなどにマッチする正規表現
const pattern = /\s{3}/;
```

正規表現リテラルは、ロード時に正規表現のパターンが評価されるため、`\s`の連続する回数を動的に変更することはできません。一方で、`RegExp`コンストラクタは、実行時に正規表現のパターンが評価されるため、変数を含んだ正規表現オブジェクトを作成できます。

次のコードでは、`RegExp`コンストラクタで変数 `spaceCount` の数だけ連続するホワイトスペースにマッチする正規表現オブジェクトを作成しています。注意点として、`\`（バックスラッシュ）自体が、文字列中ではエスケープ文字であることに注意してください。そのため、`RegExp`コンストラクタの引数のパターン文字列では、バックスラッシュからはじまる特殊文字は`\`（バックスラッシュ）自体をエスケープする必要があります。

```
const spaceCount = 3;
// /\s{3}/の正規表現を文字列から作成する
// "\"がエスケープ文字であるため、\"自身を文字列として書くには、\"\\\"のように2つ書く
const pattern = new RegExp(`\\${spaceCount}`);
```

このように、`RegExp`コンストラクタは文字列から正規表現オブジェクトを作成できますが、特殊文字のエスケープが必要となります。そのため、正規表現リテラルで表現できる場合は、リテラルを利用したほうが簡潔でパフォーマンスもよいです。正規表現のパターンに変数を利用する場合などは、`RegExp`コンストラクタを利用します。

### 15.11.2 正規表現による検索

正規表現による検索は、正規表現オブジェクトと対応した `String` オブジェクトまたは `RegExp` オブジェクトのメソッドを利用します。

#### 正規表現によるインデックスの取得

`String` の `indexOf` メソッドの正規表現版とも言える `String` の `search` メソッドがあります。`search` メソッドは正規表現のパターンにマッチした箇所のインデックスを返し、マッチする文字列がない場合は-1を返します。

- `String.prototype.indexOf(検索文字列)`: 指定された文字列にマッチした箇所のインデックスを返す
- `String.prototype.search(/パターン/)`: 指定された正規表現のパターンにマッチした箇所のインデックスを返す

## 第 15 章 文字列

次のコードでは、数字が 3 つ連続しているかを検索し、該当した箇所のインデックスを返しています。`\d` は、1 文字の数字（0 から 9）にマッチする特殊文字です。

```
const str = "ABC123EFG";
const searchPattern = /\d{3}/;
console.log(str.search(searchPattern)); // => 3
```

**正規表現によるマッチした文字列の取得**

文字列による検索では、検索した文字列そのものがマッチした文字列になります。しかし、`search` メソッドの正規表現による検索は、正規表現パターンによる検索であるため、検索してマッチした文字列の長さは固定ではありません。つまり、次のように String の `search` メソッドでマッチしたインデックスのみを取得しても、実際にマッチした文字列がわかりません。

```
const str = "abc123def";
// 連続した数字にマッチする正規表現
const searchPattern = /\d+/;
const index = str.search(searchPattern); // => 3
// indexだけではマッチした文字列の長さがわからない
str.slice(index, index + マッチした文字列の長さ); // マッチした文字列は取得できない
```

そのため、マッチした文字列を取得する String の `match` メソッドと `matchAll` メソッドが用意されています。また、これらのメソッドは正規表現のマッチを文字列の最後まで繰り返す `g` フラグ（global の略称）によって挙動が変わります。

**マッチした文字列の取得**

まずは、マッチした文字列を取得する String の `match` メソッドから見ていきます。`match` メソッドは、正規表現の//パターン/が"文字列"にマッチすると、マッチした文字列に関する情報を返すメソッドです。

```
"文字列".match(/パターン/);
match メソッドで検索した結果、正規表現にマッチする文字列がなかった場合は null を返します。
```

```
console.log("文字列".match(/マッチしないパターン/)); // => null
```

`match` メソッドは正規表現の `g` フラグなしのパターンで検索した場合、最初にマッチしたものが見つかった時点での検索が終了します。このときの `match` メソッドの返り値は、`index` プロパティと `input` プロパティをもった特殊な配列となります。`index` プロパティにはマッチした文字列の先頭のインデックスが、`input` プロパティには検索対象となった文字列全体が含まれています。

次のコードの/[a-zA-Z]+/という正規表現は a から Z のどれかの文字が 1 つ以上連続しているものにマッチします。この正規表現にマッチした文字列は、返り値の配列からインデックスアクセスで取得できます。`g` フラグなしでは、最初にマッチしたものを見つけた時点で検索が終了するので、返り値の配列には 1 つの要素しか含まれていません。

## 15.11 正規表現オブジェクト

```
const str = "ABC あいう DE えお";
const alphabetsPattern = /[a-zA-Z]+/;
// g フラグなしでは、最初の結果のみを含んだ特殊な配列を返す
const results = str.match(alphabetsPattern);
console.log(results.length); // => 1
// マッチした文字列はインデックスでアクセスできる
console.log(results[0]); // => "ABC"
// マッチした文字列の先頭のインデックス
console.log(results.index); // => 0
// 検索対象となった文字列全体
console.log(results.input); // => "ABC あいう DE えお"
```

`match` メソッドは正規表現の `g` フラグありのパターンで検索した場合、マッチしたすべての文字列を含んだ配列を返します。

次のコードの`/[a-zA-Z]+/g` という正規表現は `a` から `Z` のどれかの文字が 1 つ以上連続しているものに繰り返しマッチします。この正規表現にマッチする箇所は"ABC"と"DE"の 2 つとなるため、`match` メソッドの返り値である配列にも 2 つの要素が含まれています。

```
const str = "ABC あいう DE えお";
const alphabetsPattern = /[a-zA-Z]+/g;
// g フラグありでは、すべての検索結果を含む配列を返す
const resultsWithG = str.match(alphabetsPattern);
console.log(resultsWithG.length); // => 2
console.log(resultsWithG[0]); // => "ABC"
console.log(resultsWithG[1]); // => "DE"
// index と input は g フラグありの場合は追加されない
console.log(resultsWithG.index); // => undefined
console.log(resultsWithG.input); // => undefined
```

このときの `match` メソッドの返り値である配列には `index` と `input` プロパティはありません。なぜなら、複数の箇所にマッチする場合においては、1 つの `index` プロパティでは意味が一意に決まらないためです。

String の `match` メソッドの挙動をまとめると次のようにになります。

- マッチしない場合は、`null` を返す
- マッチした場合は、マッチした文字列を含んだ特殊な配列を返す
- 正規表現の `g` フラグがある場合は、マッチしたすべての結果を含んだただの配列を返す

ES2020 では、正規表現の `g` フラグを使った繰り返しマッチする場合においても、それぞれマッチした文字列ごとの情報を得るために String の `matchAll` が追加されています。`matchAll` メソッドは、マッチした結果を Iterator で返します。

次のコードでは、`matchAll` メソッドでアルファベットにマッチする結果の Iterator オブジェクトを取得しています。Iterator オブジェクトは `for...of` 構文で反復処理すると、Iterator から値を 1 づつ

## 第 15 章 文字列

つ取り出して処理できます（詳細は「[ループと反復処理](#)」の章を参照）。このときの反復処理で取得できる値は、それぞれのマッチした文字列と `index` と `input` プロパティを持つ特殊な配列となります。

```
const str = "ABC あいう DE えお";
const alphabetsPattern = /[a-zA-Z]+/g;
// matchAll は Iterator を返す
const matchesIterator = str.matchAll(alphabetsPattern);
for (const match of matchesIterator) {
    // マッチした要素ごとの情報を含んでいる
    console.log(`match: "${match[0]}", index: ${match.index}, input: "${match.input}"`);
}
// 次の順番でコンソールに出力される
// match: "ABC", index: 0, input: "ABC あいう DE えお"
// match: "DE", index: 8, input: "ABC あいう DE えお"
```

そのため、正規表現の `g` フラグを使った繰り返しマッチを行う場合には、`match` メソッドではなく `matchAll` メソッドを利用します。また、`matchAll` メソッドは `g` フラグなしの正規表現はサポートしていないため、`g` フラグなしの正規表現を渡した場合は例外が発生します。

**マッチした文字列の一部を取得**

`String` の `match` メソッドと `matchAll` メソッドは、どちらも正規表現のキャプチャリングに対応しています。キャプチャリングとは、正規表現中で/**パターン 1(パターン 2)**/のようにカッコで囲んだ部分を取り出すことです。このキャプチャリングによって、正規表現でマッチした一部分だけを取り出せます。

`match` メソッドと `matchAll` メソッドはどちらもマッチした結果を配列として返します。

そのマッチしているパターンにキャプチャが含まれている場合は、返り値の配列へキャプチャした部分が追加されていきます。配列の先頭にはマッチした文字列全体が入り、順番にキャプチャリング((と))で囲んだ範囲が配列に含まれます。

```
const [マッチした全体の文字列, キャプチャ 1, キャプチャ 2] = 文字列.match(/パターン
(キャプチャ 1) と (キャプチャ 2)/);
```

次のコードでは、ECMAScript 数字の数字部分だけを取り出そうとしています。`String` の `match` メソッドとキャプチャリングによって数字(`d+`)にマッチする部分を取り出しています。

```
// "ECMAScript (数字+)"にマッチするが、欲しい文字列は数字の部分のみ
const pattern = /ECMAScript (\d+)/;
// 戻り値は 0 番目がマッチした全体、1 番目がキャプチャの1 番目というように対応している
// [マッチした全部の文字列, キャプチャの1 番目, キャプチャの2 番目 ....]
const [all, capture1] = "ECMAScript 6".match(pattern);
console.log(all); // => "ECMAScript 6"
console.log(capture1); // => "6"
```

## 15.11 正規表現オブジェクト

正規表現の `g` フラグを使い繰り返し文字列にマッチする場合には、`matchAll` メソッドを利用します。先ほども紹介したように、`match` メソッドは繰り返しマッチした場合に、それぞれ個別のマッチした情報を取得できないためです。

次のコードでは、ES 数字の数字（`d+`）にマッチする部分を取り出しています。`matchAll` の返り値である `Iterator` を反復処理することで、それぞれマッチしたキャプチャを取り出しています。

```
// "ES(数字+)"にマッチするが、欲しい文字列は数字の部分のみ
const pattern = /ES(\d+)/g;
// iterator を返す
const matchesIterator = "ES2015、ES2016、ES2017".matchAll(pattern);
for (const match of matchesIterator) {
    // マッチした要素ごとの情報を含んでいる
    // 0番目はマッチした文字列全体、1番目がキャプチャの1番目である数字
    console.log(`match: "${match[0]}", capture1: ${match[1]}, 
    index: ${match.index}, input: "${match.input}"`);
}
// 次の順番でコンソールに出力される
// match: "ES2015", capture1: 2015, index: 0, input: "ES2015、ES2016、ES2017"
// match: "ES2016", capture1: 2016, index: 7, input: "ES2015、ES2016、ES2017"
// match: "ES2017", capture1: 2017, index: 14, input: "ES2015、ES2016、ES2017"
```

## RegExp.prototype.exec での String.prototype.matchAll

`String` の `matchAll` メソッドは、ES2020 で導入されたメソッドです。それまでは、`RegExp` の `exec` メソッドという `String` の `match` メソッドによく似た挙動をするメソッドを利用して、`String` の `matchAll` メソッド相当の表現を実装していました。  
`RegExp` の `exec` メソッドは、引数に文字列を受け取るメソッドです。

```
/pattern/.exec("文字列");
```

`RegExp` の `exec` メソッドは `g` フラグなしのパターンで検索した場合、マッチした最初の結果のみを含む特殊な配列を返します。このときの `exec` メソッドの返り値である配列が `index` プロパティと `input` プロパティが追加された特殊な配列となるのは、`String` の `match` メソッドと同様です。

```
const str = "ABC あいう DE えお";
const alphabetsPattern = /[a-zA-Z]+/;
// g フラグなしでは、最初の結果のみを持つ配列を返す
const results = alphabetsPattern.exec(str);
console.log(results.length); // => 1
```

## 第 15 章 文字列

```

console.log(results[0]); // => "ABC"
// マッチした文字列の先頭のインデックス
console.log(results.index); // => 0
// 検索対象となった文字列全体
console.log(results.input); // => "ABC あいう DE えお"

```

RegExp の `exec` メソッドは `g` フラグありのパターンで検索した場合も、マッチした最初の結果のみを含む特殊な配列を返します。この点は String の `match` メソッドとは異なります。また、最後にマッチした文字列末尾のインデックスを正規表現オブジェクトの `lastIndex` プロパティに記録します。そしてもう一度 `exec` メソッドを呼び出すと最後にマッチした末尾のインデックス (`lastIndex` プロパティの位置) から検索が開始されます。

```

const str = "ABC あいう DE えお";
const alphabetsPattern = /[a-zA-Z]+/g;
// まだ一度も検索していないので、lastIndex は 0 となり先頭から検索が開始される
console.log(alphabetsPattern.lastIndex); // => 0
// g フラグありでも、一回目の結果は同じだが、lastIndex プロパティが更新される
const result1 = alphabetsPattern.exec(str);
console.log(result1[0]); // => "ABC"
console.log(alphabetsPattern.lastIndex); // => 3
// 2 回目の検索が、lastIndex の値のインデックスから開始される
const result2 = alphabetsPattern.exec(str);
console.log(result2[0]); // => "DE"
console.log(alphabetsPattern.lastIndex); // => 10
// 検索結果が見つからない場合は null を返し、lastIndex プロパティは 0 にリセットされる
const result3 = alphabetsPattern.exec(str);
console.log(result3); // => null
console.log(alphabetsPattern.lastIndex); // => 0

```

RegExp の `exec` メソッドの挙動をまとめると次のようになります。正規表現の `g` フラグがない場合は、String の `match` メソッドと同じ結果です。一方で、正規表現の `g` フラグがある場合は、String の `match` メソッドとは異なる挙動をします。

- マッチしない場合は、`null` を返す
- マッチした場合は、マッチした文字列を含んだ特殊な配列を返す
- 正規表現の `g` フラグがある場合は、マッチした文字列を含んだ特殊な配列を返し、マッチした末尾のインデックスを正規表現オブジェクトの `lastIndex` プロパティに記録する

この正規表現の `g` フラグと `exec` メソッドで検索した場合に、`lastIndex` プロパティが検索ごとに更新される仕組みを利用して、マッチするすべての結果を取得できます。

次のコードでは、`RegExp` の `exec` メソッドを使い、アルファベットにマッチした結果を `matches` に保持しています。`g` フラグがある場合の `exec` メソッドでは最後にマッチした位置が記録されているため、`while` 文で反復処理して続きから検索しています。また、`exec` メソッドはマッチしなければ `null` を返すため、マッチするものがなくなれば `while` 文から自動的に脱出します。

```
const str = "ABC あいう DE えお";
const alphabetsPattern = /[a-zA-Z]+/g;
let matches;
while (matches = alphabetsPattern.exec(str)) {
    // RegExp の exec メソッドの返り値は index プロパティなどを含む特殊な配列
    console.log(`match: ${matches[0]}, index: ${matches.index},
    lastIndex: ${alphabetsPattern.lastIndex}`);
}
// 次の順番でコンソールに出力される
// match: ABC, index: 0, lastIndex: 3
// match: DE, index: 8, lastIndex: 10
```

このように `RegExp` の `exec` メソッドと正規表現の `g` フラグを使い、`String` の `matchAll` メソッド相当の反復処理を実装していました。`RegExp` の `exec` は `Iterator` オブジェクトという反復処理のためオブジェクトが導入される以前からあるメソッドです。

`String` の `matchAll` が `Iterator` を扱うわかりやすい反復処理に比べて、`RegExp` の `exec` メソッドは `while` 文などで手動で反復処理を書く必要があるため直感的ではありません。そのため、`String` の `matchAll` メソッドが利用できる場合に、`RegExp` の `exec` メソッドを利用する必要はありません。

### 真偽値を取得

正規表現オブジェクトを使って、そのパターンにマッチするかをテストするには、`RegExp` の `test` メソッドを利用できます。

正規表現のパターンには、パターンの位置を指定する特殊文字があります。そのため、「文字列による検索」で登場したメソッドは、特殊文字と `RegExp` の `test` メソッドで表現できます。

- `String` の `startsWith` 相当: `/^パターン/.test(文字列)`
  - `^` は先頭に一致する特殊文字
- `String` の `endsWith` 相当: `/パターン$/.test(文字列)`
  - `$` は末尾に一致する特殊文字
- `String` の `includes` 相当: `/パターン/.test(文字列)`

具体的な例を見てみましょう。

```
// 検索対象となる文字列
const str = "にわにはにわにわとりがいる";
```

## 第 15 章 文字列

```
// ^ - 検索文字列が先頭なら true
console.log(/にわ/.test(str)); // => true
console.log(/いる/.test(str)); // => false
// $ - 検索文字列が末尾なら true
console.log(/にわ$/ .test(str)); // => false
console.log(/いる$/ .test(str)); // => true
// 検索文字列が含まれるなら true
console.log(/にわ/.test(str)); // => true
console.log(/いる/.test(str)); // => true
```

そのほかにも、正規表現では繰り返しや文字の集合などを特殊文字で表現できるため柔軟な検索が可能です。

### 15.11.3 文字列と正規表現どちらを使うべきか

`String` メソッドでの検索と同等のことは、正規表現でもできることがわかりました。`String` メソッドと正規表現で同じ結果が得られる場合はどちらを利用するのがよいでしょうか？

正規表現は曖昧な検索に強く、特殊文字をすることで柔軟な検索結果を得られます。一方、曖昧であるため、コードを見ても何を検索しているかが正規表現のパターン自体からわからないことがあります。

次の例は、/からはじまり/で終わる文字列かを判定しようとしています。この判定を正規表現と`String` メソッドを使ってそれぞれ実装しています（これは意図的に正規表現に不利な例となっています）。

正規表現の場合、`/^.*\/$/`のようにパターンそのものを見ても何をしたいのかはひと目ではわかりにくいです。`String` メソッドの場合は、/からはじまり/で終わるかを判定していることがそのままコードに表現できています。

```
const str = "/正規表現のような文字列/";
// 正規表現で/からはじまり/で終わる文字列のパターン
const regExpLikePattern = /^.*\/$/;
// RegExp の test メソッドでパターンにマッチするかを判定
console.log(regExpLikePattern.test(str)); // => true
// String メソッドで、/からはじまり/で終わる文字列かを判定する関数
const isRegExpLikeString = (str) => {
    return str.startsWith("/") && str.endsWith("/");
};
console.log(isRegExpLikeString(str)); // => true
```

このように、正規表現は柔軟で便利ですが、コード上から意図が消えてしまいやすいです。そのため、正規表現を扱う際にはコメントや変数名で具体的な意図を補足したほうがよいでしょう。

「`String` メソッドと正規表現で同じ結果が得られる場合はどちらを利用するのがよいでしょうか？」という疑問に戻ります。`String` メソッドで表現できることは `String` メソッドで表現し、柔軟性や曖昧

## 15.12 文字列の置換/削除

な検索が必要な場合はコメントとともに正規表現を利用するという方針を推奨します。

正規表現についてより詳しくは MDN の正規表現ドキュメント^{*5}や、コンソールで実行しながら試せる regex101^{*6}のようなサイトを参照してください。

## 15.12 文字列の置換/削除

文字列の一部を置換したり削除するには String の `replace` メソッドを利用します。「データ型とリテラル」の章で説明したようにプリミティブ型である文字列は不变な特性を持ちます。そのため、文字列から一部の文字を削除するような操作はできません。

つまり、`delete` 演算子は文字列に対して利用できません。strict mode では、`delete` 演算子で削除できないプロパティを削除しようとするとエラーが発生します。strict mode でない場合は、エラーも発生せず単に無視されます（詳細は「JavaScript とは」の `strict mode` を参照）。

```
"use strict";
const str = "文字列";
// 文字列の 0 番目の削除を試みるが Strict mode では例外が発生する
delete str[0];
// => TypeError: property 0 is non-configurable and can't be deleted
```

代わりに、String の `replace` メソッドで、削除したい文字を取り除いた新しい文字列を返すことで削除を表現します。`replace` メソッドは、文字列から第一引数の検索文字列または正規表現にマッチする部分を、第二引数の置換文字列へ置換します。第一引数には、文字列と正規表現を指定できます。

```
文字列.replace("検索文字列", "置換文字列");
文字列.replace(/パターン/, "置換文字列");
```

次のように、`replace` メソッドで削除したい部分を空文字列へ置換することで、文字列を削除できます。

```
const str = "文字列";
// "文字"を""(空文字列)へ置換することで"削除"を表現
const newStr = str.replace("文字", "");
console.log(newStr); // => "列"
```

`replace` メソッドには正規表現も指定できます。g フラグを有効化した正規表現を渡すことで、文字列からパターンにマッチするものをすべて置換できます。

```
// 検索対象となる文字列
const str = "にわにはにわにわとりがいる";
// 文字列を指定した場合は、最初に一致したものだけが置換される
console.log(str.replace("にわ", "niwa")); // => "niwa にはにわにわとりがいる"
```

*5 [https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Guide/Regular_Expressions](https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Guide/Regular_Expressions)

*6 <https://regex101.com/>

## 第 15 章 文字列

```
// g フラグなし正規表現の場合は、最初に一致したものだけが置換される
console.log(str.replace(/にわ/, "niwa")); // => "niwa にはにわにわとりがいる"
// g フラグあり正規表現の場合は、繰り返し置換を行う
console.log(str.replace(/にわ/g, "niwa")); // => "niwa には niwaniwa とりがいる"
```

文字列から検索文字列にマッチするものすべて置換する場合には、ES2021 で追加された String の `replaceAll` メソッドも利用できます。`replace` メソッドでは、最初に一致したものだけが置換されますが、`replaceAll` メソッドでは一致したものがすべて置換されます。

`String` の `replace` と `g` フラグ付きの正規表現を使った場合との違いとして、`String` の `replaceAll` メソッドでは、正規表現ではなく文字列を使ってすべてを置換できます。そのため、正規表現では特殊な意味を持つ?のような文字列も検索文字列にそのまま書いて置換ができます。

```
// 検索対象となる文字列
const str = "??";
// replace メソッドに文字列を指定した場合は、最初に一致したものだけが置換される
console.log(str.replace("?", "!")); // => "!!"
// replaceAll メソッドに文字列を指定した場合は、一致したものがすべて置換される
console.log(str.replaceAll("?", "!")); // => "!!!"
// replace メソッドの場合は、正規表現の特殊文字はエスケープが必要となる
console.log(str.replace(/\?/g, "!")); // => "!!!"
// replaceAll メソッドにも正規表現を渡せるが、この場合はエスケープが必要となる
// ためreplace と同じ
console.log(str.replaceAll(/\?/g, "!")); // => "!!!"
```

`replace` メソッドと `replaceAll` メソッドでは、キャプチャした文字列を利用して複雑な置換処理もできます。

`replace` メソッドと `replaceAll` メソッドの第二引数にはコールバック関数を渡せます。第一引数のパターンにマッチした部分がコールバック関数の返り値で置換されます。コールバック関数の第一引数にはパターンに一致した文字列全体、第二引数以降へキャプチャした文字列が順番に入ります。

```
const 置換した結果の文字列 = 文字列.replace(/(パターン)/, (all, ...captures) => {
    return 置換したい文字列;
});
```

例として、2017-03-01 を 2017 年 03 月 01 日に置換する処理を書いてみましょう。

`/(\d{4})-(\d{2})-(\d{2})/g` という正規表現が "2017-03-01" という文字列にマッチします。コールバック関数の `year`、`month`、`day` にはそれぞれキャプチャした文字列が入り、マッチした文字列全体がコールバック関数の返り値に置換されます。

```
function toDateJa(dateString) {
    // パターンにマッチしたときのみ、コールバック関数で置換処理が行われる
    return dateString.replace(/(\d{4})-(\d{2})-(\d{2})/g, (all, year, month, day)
        => {
```

## 15.13 文字列の組み立て

```
// all には、マッチした文字列全体が入っているが今回は利用しない
// all が次の返す値で置換されるイメージ
return `${year}年${month}月${day}日`;
});

}

// マッチしない文字列の場合は、そのままの文字列が返る
console.log(toDateJa("本日ハ晴天ナリ")); // => "本日ハ晴天ナリ"
// マッチした場合は置換した結果を返す
console.log(toDateJa("今日は 2017-03-01 です")); // => "今日は 2017 年 03 月 01 日です"
```

### 15.13 文字列の組み立て

最後に文字列の組み立てについて見ていきましょう。最初に述べたようにこの章の目的は、「自由な文字列を作れるようになること」です。

文字列を単純に結合したり置換することで新しい文字列を作れることがわかりました。一方、構造的な文字列の場合は単純に結合するだけでは意味が異なってしまうことがあります。

ここでの構造的な文字列とは、URL 文字列やファイルパス文字列といった文字列中にコンテキストを持っているものを指します。たとえば、URL 文字列は次のような構造を持っており、それぞれの要素に入る文字列の種類などが決められています（詳細は「[URL Standard^{*7}](#)」を参照）。

```
"https://example.com/index.html"
~~~~~ ~~~~~ ~~~~~
| | |
scheme host pathname
```

これらの文字列を作成する場合は、文字列結合演算子（+）で単純に結合するよりも専用の関数を用意するほうが安全です。

たとえば、次のように baseURL と pathname を渡し、それらを結合した URL にあるリソースを取得する getResource 関数があるとします。この getResource 関数には、ベース URL（baseURL）とパス（pathname）を引数に渡して利用します。

```
// baseURL と pathname にあるリソースを取得する
function getResource(baseURL, pathname) {
 const url = baseURL + pathname;
 console.log(url); // => "http://example.com/resouces/example.js"
 // 省略) リソースを取得する処理...
}
const baseURL = "http://example.com/resouces";
const pathname = "/example.js";
```

^{*7} <https://url.spec.whatwg.org/>

## 第 15 章 文字列

```
getResource(baseURL, pathname);
```

しかし、人によっては、`baseURL` の末尾には`/`が含まれると考える場合もあります。`getResource` 関数は、`baseURL` の末尾に`/`が含まれているケースを想定していませんでした。そのため、意図しない URL からリソースを取得するという問題が発生します。

```
// baseURL と pathname にあるリソースを取得する
function getResource(baseURL, pathname) {
 const url = baseURL + pathname;
 // /と/が2つ重なってしまっている
 console.log(url); // => "http://example.com/resouces//example.js"
 // 省略) リソースを取得する処理...
}

const baseURL = "http://example.com/resouces/";
const pathname = "/example.js";
getResource(baseURL, pathname);
```

この問題が難しいところは、結合してできた `url` は文字列としては正しいため、エラーではないということです。つまり、一見すると問題ないように見えますが、実際に動かしてみて初めてわかるような問題が生じやすいのです。

そのため、このような構造的な文字列を扱う場合は、専用の関数や専用のオブジェクトを作ることで安全に文字列を処理します。

先ほどのような、URL 文字列の結合を安全に行うには、入力される `baseURL` 文字列の表記揺れを吸収する仕組みを作成します。次の `baseJoin` 関数はベース URL とパスを結合した文字列を返しますが、ベース URL の末尾に`/`があるかの揺れを吸収しています。

```
// ベース URL とパスを結合した文字列を返す
function baseJoin(baseURL, pathname) {
 // 末尾に / がある場合は、/ を削除してから結合する
 const stripSlashBaseURL = baseURL.replace(/\/$/, "");
 return stripSlashBaseURL + pathname;
}

// baseURL と pathname にあるリソースを取得する
function getResource(baseURL, pathname) {
 const url = baseJoin(baseURL, pathname);
 // baseURL の末尾に / があってもなくても同じ結果となる
 console.log(url); // => "http://example.com/resouces/example.js"
 // 省略) リソースを取得する処理...
}

const baseURL = "http://example.com/resouces/";
const pathname = "/example.js";
getResource(baseURL, pathname);
```

## 15.13 文字列の組み立て

ECMAScript の範囲ではありませんが、URL やファイルパスといった典型的なものに対してはすでに専用のものがあります。URL を扱うものとしてウェブ標準 API である URL オブジェクト^{*8}、ファイルパスを扱うものとしては Node.js のコアモジュールである Path モジュール^{*9}などがあります。専用の仕組みがある場合は、直接 + 演算子で結合するような文字列処理は避けるべきです。

15.13.1 タグつきテンプレート関数 ES2015

JavaScript では、テンプレートとなる文字列に対して一部分だけを変更する処理を行う方法として、タグつきテンプレート関数があります。タグつきテンプレート関数とは、関数`テンプレート`という形式で記述する関数とテンプレートリテラルを合わせた表現です。関数の呼び出しに関数(`テンプレート`)ではなく、関数`テンプレート`という書式を使っていることに注意してください。

通常の関数として呼び出した場合、関数の引数にはただの文字列が渡ってきます。

```
function tag(str) {
 // 引数 str にはただの文字列が渡ってくる
 console.log(str); // => "template 0 literal 1"
}
// () をつけて関数を呼び出す
tag(`template ${0} literal ${1}`);
```

しかし、()ではなく関数`テンプレート`と記述することで、関数が受け取る引数にはタグつきテンプレート向けの値が渡ってきます。このとき、関数の第一引数にはテンプレートの中身が\${}で区切られた文字列の配列、第二引数以降は\${}の中に書いた式の評価結果が順番に渡されます。

```
// 呼び出し方によって受け取る引数の形式が変わる
function tag(strings, ...values) {
 // strings は文字列のパースが${}で区切られた配列となる
 console.log(strings); // => ["template ", " literal ", ""]
 // values には${}の評価値が順番に入る
 console.log(values); // => [0, 1]
}
// () をつけずにテンプレートを呼び出す
tag`template ${0} literal ${1}`;
```

どちらも同じ関数ですが、関数`テンプレート`という書式で呼び出すと渡される引数が特殊な形になります。そのため、タグつきテンプレートで利用する関数のことをタグ関数（Tag function）と呼び分けることにします。

まずは引数をどう扱うかを見ていくために、タグつきテンプレートの内容をそのまま結合して返す stringRaw というタグ関数を実装してみます。Array の reduce メソッドを使うことで、テンプレートの文字列と変数を順番に結合できます（reduce メソッドについては「配列」の章を参照）。

^{*8} <https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/API/URL>

^{*9} <https://nodejs.org/api/path.html>

## 第 15 章 文字列

```
// テンプレートを順番どおりに結合した文字列を返すタグ関数
function stringRaw(strings, ...values) {
 // 配列から文字列を返すために reduce メソッドを利用する
 // result の初期値は strings[0] の値となる
 return strings.reduce((result, str, i) => {
 console.log([result, values[i - 1], str]);
 // それぞれループで次のような出力となる
 // 1 度目: ["template ", 0, " literal "]
 // 2 度目: ["template 0 literal ", 1, ""]
 return result + values[i - 1] + str;
 });
}
// 関数`テンプレートリテラル`という形で呼び出す
console.log(stringRaw`template ${0} literal ${1}`);
// => "template 0 literal 1"
```

ここで実装した `stringRaw` タグ関数と同様のものが、`String.raw` メソッド ES2015 として提供されています。

```
console.log(String.raw`template ${0} literal ${1}`);
// => "template 0 literal 1"
```

タグつきテンプレート関数を利用することで、テンプレートとなる文字列に対して特定の形式に変換したデータを埋め込むといったテンプレート処理が行えます。

次のコードでは、テンプレート中の変数を URL エスケープしてから埋め込むタグつきテンプレート関数を定義しています。`encodeURIComponent` 関数は引数の値を URL エスケープする関数です。`escapeURL` では受け取った変数を `encodeURIComponent` 関数で URL エスケープしてから埋め込んでいます。

```
// 変数を URL エスケープするタグ関数
function escapeURL(strings, ...values) {
 return strings.reduce((result, str, i) => {
 return result + encodeURIComponent(values[i - 1]) + str;
 });
}

const input = "A&B";
// escapeURL タグ関数を使ったタグつきテンプレート
const escapedURL = escapeURL`https://example.com/search?q=${input}&sort=desc`;
console.log(escapedURL); // => "https://example.com/search?q=A%26B&sort=desc"
```

このようにタグつきテンプレートリテラルを使うことで、コンテキストに応じた処理をつけ加えることができます。この機能は JavaScript 内に HTML などの別の言語や DSL（ドメイン固有言語）を埋

め込む際に利用されることが多いです。

## 15.14 まとめ

この章では、JavaScript における文字列（String オブジェクト）について紹介しました。文字列を処理する String メソッドにはさまざまなものがあり、正規表現と組み合わせて使うものも含まれます。

正規表現は、正規表現のみで 1 冊の本が作れるような JavaScript 言語内にある別言語です。詳細は [MDN の正規表現ドキュメント^{*10}](#) なども参照してください。

文字列は一見すると単純に見えますが、文字列には URL やパスといったコンテキストを持つ文字列もあります。それらの文字列を安全に扱うためには、コンテキストに応じた処理が必要になります。また、タグつきテンプレートリテラルを利用することで、テンプレート中の変数を自動でエスケープするといった処理を実現できます。

---

^{*10} [https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Guide/Regular_Expressions](https://developer.mozilla.org/ja/docs/Web/JavaScript/Guide/Regular_Expressions)

## 第16章

### 文字列と Unicode

# Chapter 16

「[文字列](#)」の章で紹介したように、JavaScript は文字コードとして Unicode を採用し、エンコード方式として UTF-16 を採用しています。この UTF-16 を採用しているのは、あくまで JavaScript の内部で文字列を扱う際の文字コード（内部コード）です。そのため、コードを書いたファイル自体の文字コード（外部コード）は、UTF-8 のように UTF-16 以外の文字コードであっても問題ありません。

「[文字列](#)」の章では、これらの文字コードは意識していないかのように、内部的にどのような文字コードで扱っているかは意識せずに文字列処理ができます。しかし、JavaScript の String オブジェクトにはこの文字コード（Unicode）に特化した API もあります。また、絵文字を含む特定の文字を扱う際や「文字数」を数えるという場合には、内部コードである UTF-16 を意識しないといけない場面があります。

この章では、文字列における Unicode を意識しないといけない場面について見てきます。また、Unicode 自体も ECMAScript と同じように歴史がある仕様であり、Unicode のすべてを紹介するには膨大な文章が必要になります。そのため、この章は JavaScript における Unicode と UTF-16 に話を限定しています。

Unicode の歴史を含めた文字コード自体について詳しく知りたい方は「[プログラマのための文字コード技術入門](#)」^{*1}や「[文字コード「超」研究](#)」^{*2}等を参照してください。

#### 16.1 Code Point

Unicode はすべての文字（制御文字などの画面に表示されない文字も含む）に対して ID を定義する目的で策定されている仕様です。この「文字」に対する「一意の ID」のことを **Code Point**（符号位置）と呼びます。

Code Point を扱うメソッドの多くは、ECMAScript 2015 で追加されています。ES2015 で追加された String の `codePointAt` メソッドや `String.fromCodePoint` 静的メソッドを使うことで、文字列と Code Point を相互変換できます。

String の `codePointAt` メソッド ES2015 は、文字列の指定インデックスにある文字の Code Point の値を返します。

^{*1} 『[改訂新版] プログラマのための文字コード技術入門』矢野啓介 著、技術評論社  
^{*2} 『文字コード「超」研究 改訂第2版』深沢千尋 著、ラトルズ

## 16.2 Code Point と Code Unit の違い

```
// 文字列"あ"の Code Point を取得
console.log("あ".codePointAt(0)); // => 12354
```

一方の `String.fromCharCode` メソッドES2015 は、指定した Code Point に対応する文字を返します。

```
// Code Point が 12354 の文字を取得する
console.log(String.fromCodePoint(12354)); // => "あ"
// 12354 を 16 進数リテラルで表記しても同じ結果
console.log(String.fromCodePoint(0x3042)); // => "あ"
```

また、文字列リテラル中には Unicode エスケープシーケンスで、直接 Code Point を書くこともできます。Code Point は\u{Code Point の 16 進数の値}のようにエスケープシーケンスとして記述できます。Unicode エスケープシーケンスでは、Code Point の 16 進数の値が必要となります。Number の `toString` メソッドの引数に基底となる 16 を渡すことで、16 進数の文字列を取得できます。

```
// "あ"の Code Point は 12354
const codePointOfあ = "あ".codePointAt(0);
// 12354 の 16 進数表現は"3042"
const hexOfあ = codePointOfあ.toString(16);
console.log(hexOfあ); // => "3042"
// Unicode エスケープで"あ"を表現できる
console.log("\u{3042}"); // => "あ"
```

## 16.2 Code Point と Code Unit の違い

Code Point（符号位置）について紹介しましたが、JavaScript の文字列の構成要素は UTF-16 で変換された Code Unit（符号単位）です（詳細は「[文字列](#)」の章を参照）。ある範囲の文字列については、Code Point（符号位置）と Code Unit（符号単位）は結果として同じ値となります。

次のコードでは、アオイという文字列の各要素を Code Point と Code Unit として表示しています。`convertCodeUnits` 関数は文字列を Code Unit の配列にし、`convertCodePoints` 関数は文字列を Code Point の配列にしています。それぞれの関数の実装はまだ理解しなくとも問題ありません。

```
// 文字列を Code Unit(16 進数) の配列にして返す
function convertCodeUnits(str) {
 const codeUnits = [];
 for (let i = 0; i < str.length; i++) {
 codeUnits.push(str.charCodeAt(i).toString(16));
 }
 return codeUnits;
}
// 文字列を Code Point(16 進数) の配列にして返す
```

## 第 16 章 文字列と Unicode

```

function convertCodePoints(str) {
 return Array.from(str).map(char => {
 return char.codePointAt(0).toString(16);
 });
}

const str = "アオイ";
const codeUnits = convertCodeUnits(str);
console.log(codeUnits); // => ["30a2", "30aa", "30a4"]
const codePoints = convertCodePoints(str);
console.log(codePoints); // => ["30a2", "30aa", "30a4"]

```

実行した結果をまとめてみると、この文字列においては Code Point と Code Unit が同じ値になっていることがわかります。

表 16.1 文字列における Code Unit と Code Point の表

インデックス	0	1	2
文字列	ア	オ	イ
Unicode の Code Point (16 進数)	0x30A2	0x30AA	0x30A4
UTF-16 の Code Unit (16 進数)	0x30A2	0x30AA	0x30A4

しかし、文字列によっては Code Point と Code Unit が異なる値となる場合があります。

先ほどと同じ関数を使い、リンゴ🍎（リンゴの絵文字）という文字列を構成する Code Unit と Code Point を見比べてみます。

```

// 文字列を Code Unit(16 進数) の配列にして返す
function convertCodeUnits(str) {
 const codeUnits = [];
 for (let i = 0; i < str.length; i++) {
 codeUnits.push(str.charCodeAt(i).toString(16));
 }
 return codeUnits;
}

// 文字列を Code Point(16 進数) の配列にして返す
function convertCodePoints(str) {
 return Array.from(str).map(char => {
 return char.codePointAt(0).toString(16);
 });
}

const str = "リンゴ🍎";
const codeUnits = convertCodeUnits(str);

```

```
console.log(codeUnits); // => ["30ea", "30f3", "30b4", "d83c", "df4e"]
const codePoints = convertCodePoints(str);
console.log(codePoints); // => ["30ea", "30f3", "30b4", "1f34e"]
```

実行した結果をまとめてみると、この絵文字を含む文字列においては Code Point と Code Unit が異なる値となることがわかります。

表 16.2 絵文字を含んだ文字列における Code Unit と Code Point の表

インデックス	0	1	2	3	4
文字列	リ	ン	ゴ	🍎	
Unicode の Code Point (16 進数)	0x30ea	0x30f3	0x30b4	0x1f34e	
UTF-16 の Code Unit (16 進数)	0x30ea	0x30f3	0x30b4	0xd83c	0xdf4e

具体的には、Code Point の要素数が 4 つなのに対して、Code Unit の要素数が 5 つになっています。また、Code Point では 1 つの Code Point が🍎に対応していますが、Code Unit では 2 つの Code Unit で🍎に対応しています。JavaScript では「文字列は Code Unit が順番に並んだもの」として扱われるためこの文字列の要素数（長さ）は Code Unit の個数である 5 つとなっています。

ある 1 つの文字に対応する ID である Code Point を、16 ビット（2 バイト）の Code Unit で表現するのが UTF-16 というエンコード方式です。しかし、16 ビット（2 バイト）で表現できる範囲は、65536 種類（2 の 16 乗）です。現在、Unicode に登録されている Code Point は 10 万種類を超えていたため、すべての文字と Code Unit を 1 対 1 の関係で表すことができません。

このような場合に、UTF-16 では 2 つ Code Unit の組み合わせ（合計 4 バイト）で 1 つの文字（1 つの Code Point）を表現します。この仕組みをサロゲートペアと呼びます。

### 16.3 サロゲートペア

サロゲートペアでは、2 つの Code Unit の組み合わせ（合計 4 バイト）で 1 つの文字（1 つの Code Point）を表現します。UTF-16 では、次の範囲をサロゲートペアに利用する領域としています。

- \uD800～\uDBFF：上位サロゲートの範囲
- \uDC00～\uDFFF：下位サロゲートの範囲

文字列中に上位サロゲートと下位サロゲートの Code Unit が並んだ場合に、2 つの Code Unit を組み合わせて 1 文字（Code Point）として扱います。

次のコードでは、サロゲートペアの文字である「𩫔（ほっけ）」を次の 2 つの Code Unit で表現しています。Code Unit のエスケープシーケンス（\uXXXX）を 2 つ並べることで𩫔という文字を表現できます。一方で、ES2015 からは Code Point のエスケープシーケンス（\u{XXXX}）も書けるため、1 つの Code Point で𩫔という文字を表現できることもわかります。しかし、Code Point のエスケープシーケンスで書いた場合でも、内部的に Code Unit に変換された値で保持されることはありません。

```
// 上位サロゲート + 下位サロゲートの組み合わせ
console.log("\uD867\uDE3D"); // => "𩫔"
// Code Point での表現
```

## 第 16 章 文字列と Unicode

```
console.log("\u{29e3d}"); // => "鮓"
```

先ほどの例で登場した  (リンゴの絵文字) もサロゲートペアで表現される文字です。

```
// Code Unit (上位サロゲート + 下位サロゲート)
console.log("\uD83C\uDF4E"); // => "🍎"
// Code Point
console.log("\u{1F34E}"); // => "🍎"
```

このようにサロゲートペアでは、2つの Code Unit で1つの Code Point を表現します。

基本的には、文字列は Code Unit が順番に並んでいるものとして扱われるため、多くの `String` のメソッドは Code Unit ごとに作用します。また、インデックスアクセスも Code Unit ごととなります。そのため、サロゲートペアで表現されている文字列では、上位サロゲート（0番目）と下位サロゲート（1番目）へのインデックスアクセスになります。

```
// 内部的には Code Unit が並んでいるものとして扱われている
console.log("\uD867\uDE3D"); // => "鮓"
// インデックスアクセスもCode Unit ごととなる
console.log("鮓"[0]); // => "\uD867"
console.log("鮓"[1]); // => "\uDE3D"
```

絵文字や「鮓（ほっけ）」などのサロゲートペアで表現される文字が文字列中に含まれると、Code Unit ごとに扱う文字列処理は複雑になります。

たとえば、`String` の `length` プロパティは文字列における Code Unit の要素数を数えるため、`"🍎".length` の結果は 2 となります。

```
console.log("🍎".length); // => 2
```

このような場合には、文字列を Code Point ごとに処理することを考える必要があります。

## 16.4 Code Point を扱う

文字列を Code Point が順番に並んだものとして扱うには、Code Point に対応したメソッドなどを利用する必要があります。

ES2015 から文字列を Code Point ごとに扱うメソッドや構文が追加されています。次に紹介するのは、文字列を Code Point ごとに扱います。

- `CodePoint` を名前に含むメソッド
- `u` (Unicode) フラグが有効化されている正規表現
- 文字列の `Iterator` を扱うもの (Destructuring、`for...of`、`Array.from` メソッドなど)

これらの Code Point を扱う処理と具体的な使い方を見ていきます。

### 16.4.1 正規表現の . と Unicode

ES2015 では、正規表現に `u` (Unicode) フラグが追加されました。この `u` フラグをつけた正規表現は、文字列を Code Point が順番に並んだものとして扱います。

具体的に `u` フラグの有無による、(改行文字以外のどの 1 文字にもマッチする特殊文字) の動作の違いを見ていきます。

`/(.) のひらき/`というパターンで、にマッチする部分を取り出すことを例に見ていきます。

まずは、`u` フラグをつけていない正規表現と `String` の `match` メソッドでマッチした範囲を取り出してみます。`match` メソッドの返す値は [マッチした全体の文字列、キャプチャされた文字列] です（詳細は「[文字列](#)」の章を参照）。

実際にマッチした結果を見てみると、`.` は鮒の下位サロゲートである `\ude3d` にマッチしていることがわかります（`\ude3d` は単独では表示できないため、文字化けのように表示されます）。

```
const [all, fish] = "鮒のひらき".match(/(.) のひらき/);
console.log(all); // => "\ude3d のひらき"
console.log(fish); // => "\ude3d"
```

つまり、`u` フラグをつけていない正規表現は、文字列を Code Unit が順番に並んだものとして扱っています。

このような意図しない結果を避けるには、正規表現に `u` フラグをつきます。`u` フラグがついた正規表現は、文字列を Code Point ごとに扱います。そのため、任意の 1 文字にマッチする `.` が鮒という文字（Code Point）にマッチします。

```
const [all, fish] = "鮒のひらき".match(/(.) のひらき/u);
console.log(all); // => "鮒のひらき"
console.log(fish); // => "鮒"
```

基本的には正規表現に `u` フラグをつけて問題となるケースは少ないはずです。なぜなら、サロゲートペアの片方だけにマッチしたい正規表現を書くケースはまれであるためです。

### 16.4.2 Code Point の数を数える

`String` の `length` プロパティは、文字列を構成する Code Unit の個数を表すプロパティです。そのためサロゲートペアを含む文字列では、`length` の結果が見た目より大きな値となる場合があります。

```
// Code Unit の個数を返す
console.log("🍎".length); // => 2
console.log("\uD83C\uDF4E"); // => "🍎"
console.log("\uD83C\uDF4E".length); // => 2
```

JavaScript には、文字列における Code Point の個数を数えるメソッドは用意されていません。これを行うには、文字列を Code Point ごとに区切った配列へ変換して、配列の長さを数えるのが簡潔なや

## 第 16 章 文字列と Unicode

り方です。

`Array.from` メソッド ES2015 は、引数に iterable なオブジェクトを受け取り、それを元にした新しい配列を返します。iterable オブジェクトとは `Symbol.iterator` という特別な名前のメソッドを実装したオブジェクトの総称で、`for...of` 文などで反復処理が可能なオブジェクトです（詳細は「[ループと反復処理](#)」の章の「[for...of 文](#)」を参照）。

文字列も iterable オブジェクトであるため、`Array.from` メソッドによって 1 文字（厳密には Code Point）ごとに区切った配列へと変換できます。先ほども紹介したように、文字列を iterable として扱う場合は Code Point ごとに処理を行います。

```
// Code Point ごとの配列にする
// Array.from メソッドは Iterator を配列にする
const codePoints = Array.from("リンゴ🍎");
console.log(codePoints); // => ["り", "ン", "ゴ", "🍎"]
// Code Point の個数を数える
console.log(codePoints.length); // => 4
```

しかし、Code Point の数を数えた場合でも、直感的な結果にならない場合もあります。なぜなら、Code Point には制御文字などの視覚的に見えないものも定義されているためです。そのため、文字として数えたくないものは無視するなど、視覚的な[文字列の長さ](#)を数えるにはさらなる工夫が必要になります。

#### 16.4.3 Code Point ごとに反復処理をする

先ほど紹介した `Array.from` メソッドを使えば、文字列を Code Point で区切った文字の配列へと変換できます。配列にすれば、あとは「[ループと反復処理](#)」の章で学んだ方法を使って、Code Point ごとに反復処理ができます。

次のコードでは、文字列中に登場する🍎の個数を数えています。`countOfCodePoints` 関数は、`Array.from` で Code Point ごとの配列にし、配列を `codePoint` でフィルターした結果できた配列の要素数を返します。

```
// 指定した codePoint の個数を数える
function countOfCodePoints(str, codePoint) {
 return Array.from(str).filter(item => {
 return item === codePoint;
 }).length;
}
console.log(countOfCodePoints("🍎🍇🍎🥕🍓", "🍎")); // => 2
```

`for...of` による反復処理も文字列を Code Point ごとに扱えます。これは、`for...of` 文が対象を `Iterator` として列挙するためです。

先ほどのコードと同じ `countOfCodePoints` 関数を `for...of` を使って実装してみます。

```
// 指定した codePoint の個数を数える
```

```
function countOfCodePoints(str, codePoint) {
 let count = 0;
 for (const item of str) {
 if (item === codePoint) {
 count++;
 }
 }
 return count;
}
console.log(countOfCodePoints("🍎🍇🍎🥕🥕", "🍎")); // => 2
```

## 16.5 まとめ

この章では、文字列と Unicode の関係について簡潔に紹介しました。Unicode にはこの章で紹介しきれなかった表現もあります。また、JavaScript には Unicode をキレイに扱う API が用意されているとは言い切れない部分もあります。

一方で「[文字列](#)」の章で紹介したように、Code Unit や Code Point を意識しなくても柔軟で強力な文字列処理ができます。しかし、近年は絵文字を利用するケースが多くなったため、Code Point を意識したプログラミングが必要となるケースも増えています。

Unicode は ECMAScript とは独立した仕様であるため、文字列を扱う悩みはプログラミング言語を問わずに出てくる共通の課題です。特に Java は JavaScript と同じく UTF-16 をエンコード方式として採用しているため、類似する問題が見られます。そのため、JavaScript で文字列処理の問題にぶつかった際には、他の言語ではどうしているかを調べることも重要です。

## 第17章

### ラッパーオブジェクト

# Chapter 17

JavaScript のデータ型はプリミティブ型とオブジェクトに分けられます（詳細は「[データ型とリテラル](#)」の章を参照）。

次のコードでは文字列リテラルでプリミティブ型の値である文字列を定義しています。プリミティブ型の値である文字列は `String` オブジェクトのインスタンスではありません。しかし、プリミティブ型の文字列においても、`String` オブジェクトのインスタンスマソッドである `toUpperCase` メソッドを呼び出せます。

```
// String の toUpperCase メソッドを呼び出せる
"string".toUpperCase(); // => "STRING"
```

プリミティブ型である文字列が `String` のインスタンスマソッドを呼び出せるのは一見不思議です。この章では、プリミティブ型の値がなぜオブジェクトのメソッドを呼び出せるのかについて解説します。

#### 17.1 プリミティブ型とラッパーオブジェクト

プリミティブ型のデータのうち、真偽値 (`Boolean`)、数値 (`Number`)、文字列 (`String`)、シンボル (`Symbol`) にはそれぞれ対応するオブジェクトが存在します。たとえば、文字列に対応するオブジェクトとして、`String` オブジェクトがあります。

この `String` オブジェクトを `new` することで `String` オブジェクトのインスタンスを作れます。

```
// "input value"の値をラップした String のインスタンスを生成
const str = new String("input value");
// String のインスタンスマソッドである toUpperCase を呼び出す
str.toUpperCase(); // => "INPUT VALUE"
```

このようにインスタンス化されたものは、プリミティブ型の値を包んだ（ラップした）オブジェクトと言えます。そのため、このようなオブジェクトをプリミティブ型の値に対してのラッパーオブジェクトと呼びます。

ラッパーオブジェクトとプリミティブ型の対応は次のとおりです。

## 17.2 プリミティブ型の値からラッパーオブジェクトへの自動変換

ラッパーオブジェクト	プリミティブ型	例
<code>Boolean</code>	真偽値	<code>true</code> や <code>false</code>
<code>Number</code>	数値	<code>1</code> や <code>2</code>
<code>BigInt</code>	<code>BigInt</code>	<code>1n</code> や <code>2n</code>
<code>String</code>	文字列	<code>"文字列"</code>
<code>Symbol</code>	シンボル	<code>Symbol("説明")</code>



注記: `undefined` と `null` に対応するラッパーオブジェクトはありません。

注意点として、ラッパーオブジェクトは名前のとおりオブジェクトです。そのため、次のように `typeof` 演算子でラッパーオブジェクトを見ると"object"です。

```
// プリミティブの文字列は"string"型
const str = "文字列";
console.log(typeof str); // => "string"
// ラッパーオブジェクトは"object"型
const stringWrapper = new String("文字列");
console.log(typeof stringWrapper); // => "object"
```

## 17.2 プリミティブ型の値からラッパーオブジェクトへの自動変換

JavaScript では、プリミティブ型の値に対してプロパティアクセスするとき、自動で対応するラッパーオブジェクトに変換されます。たとえば"string"という文字列は、自動的に `new String("string")` のようなラッパーオブジェクトへ変換されています。これにより、プリミティブ型の値である文字列が `String` のインスタンスマソッドを呼び出せるようになります。

```
const str = "string";
// プリミティブ型の値に対してメソッド呼び出しを行う
str.toUpperCase();
// str へアクセスする際に"string"がラッパーオブジェクトへ変換され、
// ラッパーオブジェクトはStringのインスタンスなのでメソッドを呼び出せる
// つまり、上のコードは下のコードと同じ意味である
(new String(str)).toUpperCase();
```

このように、プリミティブ型の値からラッパーオブジェクトへの変換は自動的に行われます^{*1}。

一方、明示的に作成したラッパーオブジェクトからプリミティブ型の値を取り出すこともできます。

ラッパーオブジェクトの `valueOf` メソッドを呼び出すことで、ラッパーオブジェクトから値を取り出せます。たとえば、次のように文字列のラッパーオブジェクトから `valueOf` メソッドで文字列を取り出せます。

---

^{*1} このようなプリミティブ型からオブジェクト型への変換はボックス化（ボクシング）、逆にオブジェクト型からプリミティブ型への変換はボックス化解除（アンボクシング）と呼ばれます。

## 第 17 章 ラッパーオブジェクト

```
const stringWrapper = new String("文字列");
// プリミティブ型の値を取得する
console.log(stringWrapper.valueOf()); // => "文字列"
```

avaScript には、リテラルを使ったプリミティブ型の文字列とラッパーオブジェクトを使った文字列オブジェクトがあります（真偽値や数値についても同様です）。この 2 つを明示的に使い分ける利点はないため、常にリテラルを使うことを推奨します。理由として次の 3 つが挙げられます。

- 必要に応じて、プリミティブ型の文字列は自動的にラッパーオブジェクトに変換されるため
- `new String("string")` のようにラッパーオブジェクトのインスタンスを扱う利点がないため
- ラッパーオブジェクトを `typeof` 演算子で評価した結果が、プリミティブ型ではなく "`object`" となり混乱を生むため

これらの理由などから、プリミティブ型のデータにはリテラルを使います。常にリテラルを使うことでラッパーオブジェクトを意識する必要がなくなります。

```
// OK: リテラルを使う
const str = "文字列";
// NG: ラッパーオブジェクトを使う
const stringWrapper = new String("文字列");
```

### 17.3 まとめ

この章では、プリミティブ型の値がなぜメソッド呼び出しできるのかについて解説しました。その仕組みの背景にはプリミティブ型に対応したラッパーオブジェクトの存在があります。プリミティブ型の値のプロパティへアクセスする際に、自動的にラッパーオブジェクトへ変換されることでメソッド呼び出しが可能となっています。

「JavaScript はすべてがオブジェクトである」と言われることがあります。プリミティブ型はオブジェクトではありませんが、プリミティブ型に対応したラッパーオブジェクトが用意されています (`null` と `undefined` を除く)。そのため、「すべてがオブジェクトのように見える」というのが正しい認識となるでしょう。

## 第18章

### 関数とスコープ

# Chapter 18

定義された関数はそれぞれのスコープを持っています。スコープとは変数や関数の引数などを参照できる範囲を決めるものです。JavaScriptでは、新しい関数を定義するとその関数にひもづけられた新しいスコープが作成されます。関数を定義するということは処理をまとめることだけではなく、変数が有効な範囲を決める新しいスコープを作っていると言えます。

スコープの仕組みを理解することは関数をより深く理解することにつながります。なぜなら関数とスコープは密接な関係を持っているからです。この章では関数とスコープの関係を中心に、スコープとはどのような働きをしていて、スコープ内では変数の名前から取得する値がどのように決まるかを見ていきます。

JavaScriptのスコープは、ES2015において直感的に理解しやすい仕組みが整備されました。基本的にはES2015以降の仕組みを理解していればコードを書く場合には問題ありません。

しかし、既存のコードを理解するためには、ES2015よりも前に決められた古い仕組みについても知る必要があります。なぜなら、既存のコードは古い仕組みを使って書かれていることもあるためです。また、JavaScriptでは古い仕組みと新しい仕組みを混在して書くことができます。古い仕組みによるスコープは直感的でない挙動も多いため、古い仕組みについても補足していきます。

#### 18.1 スコープとは

スコープとは変数の名前や関数などの参照できる範囲を決めるものです。スコープの中で定義された変数はスコープの内側でのみ参照でき、スコープの外側からは参照できません。

身近なスコープの例として関数によるスコープを見ておきます。

次のコードでは、`fn` 関数のブロック (`{ と }`) 内で変数 `x` を定義しています。この変数 `x` は `fn` 関数のスコープに定義されているため、`fn` 関数の内側では参照できます。一方、`fn` 関数の外側から変数 `x` は参照できないため `ReferenceError` が発生します。

```
function fn() {
 const x = 1;
 // fn 関数のスコープ内から x は参照できる
 console.log(x); // => 1
}
fn();
```

## 第 18 章 関数とスコープ

```
// fn 関数のスコープ外から x は参照できないためエラー
console.log(x); // => ReferenceError: x is not defined
```

このコードを見てわかるように、変数 `x` は `fn` 関数のスコープにひもづけて定義されます。そのため、変数 `x` は `fn` 関数のスコープ内でのみ参照できます。

関数は仮引数を持ちますが、仮引数は関数のスコープにひもづけて定義されます。そのため、仮引数はその関数の中でのみ参照が可能で、関数の外からは参照できません。

```
function fn(arg) {
 // fn 関数のスコープ内から仮引数 arg は参照できる
 console.log(arg); // => 1
}
fn(1);
// fn 関数のスコープ外から arg は参照できないためエラー
console.log(arg); // => ReferenceError: arg is not defined
```

このような、関数によるスコープのことを関数スコープと呼びます。

「[変数と宣言](#)」の章にて、`let` や `const` は同じスコープ内に同じ名前の変数を二重に定義できないという話をしました。これは、各スコープには同じ名前の変数は 1 つしか宣言できないためです（`var` による変数宣言と `function` による関数宣言は例外的に可能です）。

```
// スコープ内に同じ "a" を定義すると SyntaxError となる
let a;
let a;
```

一方、スコープが異なれば同じ名前で変数を宣言できます。次のコードでは、`fnA` 関数と `fnB` 関数という異なるスコープで、それぞれ変数 `x` を定義できていることがわかります。

```
// 異なる関数のスコープには同じ "x" を定義できる
function fnA() {
 let x;
}
function fnB() {
 let x;
}
```

このように、スコープが異なれば同じ名前の変数を定義できます。スコープの仕組みがないと、グローバルな空間内で一意な変数名を考える必要があります。スコープがあることで同じ名前の変数をスコープごとに定義できるため、スコープの役割は重要です。

## 18.2 ブロックスコープ

{と}で囲んだ範囲をブロックと呼びます（「[文と式](#)」の章を参照）。ブロックもスコープを作成しま

す。ブロック内で宣言された変数は、スコープ内でのみ参照でき、スコープの外側からは参照できません。

```
// ブロック内で定義した変数はスコープ内でのみ参照できる
{
 const x = 1;
 console.log(x); // => 1
}
// スコープの外からx を参照できないためエラー
console.log(x); // => ReferenceError: x is not defined
```

ブロックによるスコープのことをブロックスコープと呼びます。

`if` 文や `while` 文などもブロックスコープを作成します。単独のブロックと同じく、ブロックの中で宣言した変数は外から参照できません。

```
// if 文のブロック内で定義した変数はブロックスコープの中でのみ参照できる
if (true) {
 const x = "inner";
 console.log(x); // => "inner"
}
console.log(x); // => ReferenceError: x is not defined
```

`for` 文は、ループごとに新しいブロックスコープを作成します。このことは「各スコープには同じ名前の変数は1つしか宣言できない」のルールを考えてみるとわかりやすいです。次のコードでは、ループごとに `const` で `element` 変数を定義していますが、エラーなく定義できています。これは、ループごとに別々のブロックスコープが作成され、変数の宣言もそれぞれ別々のスコープで行われるためです。

```
const array = [1, 2, 3, 4, 5];
// ループごとに新しいブロックスコープを作成する
for (const element of array) {
 // for のブロックスコープの中でのみ element を参照できる
 console.log(element);
}
// ループの外からはブロックスコープ内の変数は参照できない
console.log(element); // => ReferenceError: element is not defined
```

## 18.3 スコープチェーン

関数やブロックはネスト（入れ子）して書けますが、同様にスコープもネストできます。次のコードではブロックの中にブロックを書いています。このとき外側のブロックスコープのことを `OUTER`、内側のブロックスコープのことを `INNER` と呼ぶことにします。

## 第 18 章 関数とスコープ

```
{
 // OUTER ブロックスコープ
 {
 // INNER ブロックスコープ
 }
}
```

スコープがネストしている場合に、内側のスコープから外側のスコープにある変数を参照できます。次のコードでは、内側の INNER ブロックスコープから外側の OUTER ブロックスコープに定義されている変数 `x` を参照できます。これは、ブロックスコープに限らず関数スコープでも同様です。

```
{
 // OUTER ブロックスコープ
 const x = "x";
 {
 // INNER ブロックスコープから OUTER ブロックスコープの変数を参照できる
 console.log(x); // => "x"
 }
}
```

変数を参照する際には、現在のスコープ（変数を参照する式が書かれているスコープ）から外側のスコープへと順番に変数が定義されているかを確認します。上記のコードでは、内側の INNER ブロックスコープには変数 `x` はありませんが、外側の OUTER ブロックスコープに変数 `x` が定義されているため参照できます。つまり、次のようなステップで参照したい変数を探索しています。

1. INNER ブロックスコープに変数 `x` があるかを確認 → ない
2. ひとつ外側の OUTER ブロックスコープに変数 `x` があるかを確認 → ある

一方、現在のスコープも含め、外側のどのスコープにも該当する変数が定義されていない場合は、`ReferenceError` の例外が発生します。次の例では、どのスコープにも存在しない `xyz` を参照しているため、`ReferenceError` の例外が発生します。

```
{
 // OUTER ブロックスコープ
 {
 // INNER ブロックスコープ
 console.log(xyz); // => ReferenceError: xyz is not defined
 }
}
```

このときも、現在のスコープ（変数を参照する式が書かれているスコープ）から外側のスコープへと順番に変数が定義されているかを確認しています。しかし、どのスコープにも変数 `xyz` は定義されていないため、`ReferenceError` の例外が発生していました。つまり次のようなステップで参照したい変数を探索しています。

## 18.4 グローバルスコープ

1. INNER ブロックスコープに変数 xyz があるかを確認 → ない
2. ひとつ外側の OUTER ブロックスコープに変数 xyz があるかを確認 → ない
3. 一番外側のスコープにも変数 xyz は定義されていない → ReferenceError が発生

この内側から外側のスコープへと順番に変数が定義されているか探す仕組みのことをスコープチェーンと呼びます。

内側と外側のスコープ両方に同じ名前の変数が定義されている場合もスコープチェーンの仕組みで解決できます。次のコードでは、内側の INNER ブロックスコープと外側の OUTER ブロックスコープに同じ名前の変数 x が定義されています。スコープチェーンの仕組みにより、現在のスコープに定義されている変数 x を優先的に参照します。

```
{
 // OUTER ブロックスコープ
 const x = "outer";
 {
 // INNER ブロックスコープ
 const x = "inner";
 // 現在のスコープ (INNER ブロックスコープ) にある x を参照する
 console.log(x); // => "inner"
 }
 // 現在のスコープ (OUTER ブロックスコープ) にある x を参照する
 console.log(x); // => "outer"
}
```

このようにスコープは階層的な構造となっており、変数を参照する際にどの変数が参照できるかはスコープチェーンによって解決されています。

## 18.4 グローバルスコープ

今までコードをプログラム直下に書いていましたが、ここにも暗黙的なグローバルスコープ（大域スコープ）と呼ばれるスコープが存在します。グローバルスコープとは名前のとおりもっとも外側にあるスコープで、プログラム実行時に暗黙的に作成されます。

```
// プログラム直下はグローバルスコープ
const x = "x";
console.log(x); // => "x"
```

グローバルスコープで定義した変数はグローバル変数と呼ばれ、グローバル変数はあらゆるスコープから参照できる変数となります。なぜなら、スコープチェーンの仕組みにより、最終的にもっとも外側のグローバルスコープに定義されている変数を参照できるためです。

```
// グローバル変数はどのスコープからも参照できる
const globalVariable = "グローバル";
```

## 第18章 関数とスコープ

```
// ブロックスコープ
{
 // ブロックスコープ内には該当する変数が定義されてない -> 外側のスコープへ
 console.log(globalVariable); // => "グローバル"
}

// 関数スコープ
function fn() {
 // 関数スコープ内には該当する変数が定義されてない -> 外側のスコープへ
 console.log(globalVariable); // => "グローバル"
}
fn();
```

グローバルスコープには自分で定義したグローバル変数以外に、プログラム実行時に自動的に定義される**ビルトインオブジェクト**があります。

ビルトインオブジェクトには、大きく分けて2種類のものがあります。1つ目はECMAScript仕様が定義する`undefined`のような変数（「データ型とリテラル」の章の「`undefined`はリテラルではない」を参照）や`isNaN`のような関数、`Array`や`RegExp`などのコンストラクタ関数です。2つ目は実行環境（ブラウザやNode.jsなど）が定義するオブジェクトで`document`や`module`などがあります。どちらもグローバルスコープに自動的に定義されているという点で大きな使い分けはないため、この章ではどちらもビルトインオブジェクトと呼ぶことにします。

ビルトインオブジェクトは、プログラム開始時にグローバルスコープへ自動的に定義されているためどのスコープからも参照できます。

```
// ビルトインオブジェクトは実行環境が自動的に定義している
// どこのスコープから参照してもReferenceErrorにはならない
console.log(isNaN); // => isNaN
console.log(Array); // => Array
```

自分で定義したグローバル変数とビルトインオブジェクトでは、グローバル変数が優先して参照されます。つまり次のようにビルトインオブジェクトと同じ名前の変数を定義すると、定義した変数が参照されます。

```
// "Array"という名前の変数を定義
const Array = 1;
// 自分で定義した変数がビルトインオブジェクトより優先される
console.log(Array); // => 1
```

ビルトインオブジェクトと同じ名前の変数を定義したことにより、ビルトインオブジェクトを参照できなくなります。このように内側のスコープで外側のスコープと同じ名前の変数を定義することで、外側の変数が参照できなくなることを**変数の隠蔽**（shadowing）と呼びます。

この問題を回避する方法としては、むやみにグローバルスコープへ変数を定義しないことです。グローバルスコープでビルトインオブジェクトと名前が衝突するとすべてのスコープへ影響を与えますが、関数のスコープ内では影響範囲がその関数の中だけにとどまります。

## 18.4 グローバルスコープ

ビルトインオブジェクトと同じ名前を避けることは難しいです。なぜならビルトインオブジェクトには実行環境（ブラウザや Node.js など）がそれぞれ独自に定義したものが多く存在するためです。関数などを活用して小さなスコープを中心にしてプログラムを書くことで、ビルトインオブジェクトと同じ名前の変数があっても影響範囲を限定できます。

## 変数を参照できる範囲を小さくする

グローバル変数に限らず、特定の変数を参照できる範囲を小さくするのはよいことです。なぜなら、現在のスコープの変数を参照するつもりがグローバル変数を参照したり、その逆も起きることがあるからです。あらゆる変数がグローバルスコープにあると、どこでその変数が参照されているのかを把握できなくなります。これを避けるシンプルな考え方は、変数はできるだけ利用するスコープ内に定義するというものです。

次のコードでは、`doHeavyTask` 関数の実行時間を計測しようとしています。`Date.now` メソッドは現在の時刻をミリ秒にして返す関数です。`Date.now` メソッドを使った実行後の時刻から実行前の時刻を引くことで、間に行われた処理の実行時間が得られます。

```
function doHeavyTask() {
 // 計測したい処理
}

const startTime = Date.now();
doHeavyTask();
const endTime = Date.now();
console.log(`実行時間は${endTime - startTime}ミリ秒`);
```

このコードでは、計測処理以外で利用しない `startTime` と `endTime` という変数がグローバルスコープに定義されています。プログラム全体が短い場合はあまり問題になりませんが、プログラムが長くなっていくにつれ、影響の範囲が広がっていきます。この 2 つの変数を参照できる範囲を小さくする簡単な方法は、この実行時間を計測する処理を関数にすることです。

```
// 実行時間を計測したい関数をコールバック関数として引数に渡す
const measureTask = (taskFn) => {
 const startTime = Date.now();
 taskFn();
 const endTime = Date.now();
 console.log(`実行時間は${endTime - startTime}ミリ秒`);
};

function doHeavyTask() {
 // 計測したい処理
}
measureTask(doHeavyTask);
```

これにより、`startTime` と `endTime` という変数をグローバルスコープからなくせました。ま

## 第 18 章 関数とスコープ

た、実行時間を計測するという処理を `measureTask` という関数にしたことで再利用できます。コードの量が増えていくにつれ、人が一度に把握できる量にも限界がやってきます。そのため、人が一度に把握できる範囲のサイズに処理をまとめていくことが必要です。この問題を解決するアプローチとして、変数の参照できる範囲を小さくすることや処理を関数にまとめるという手法がよく利用されます。

## 18.5 関数スコープと `var` の巻き上げ

変数宣言には `var`、`let`、`const` が利用できます。「[変数と宣言](#)」の章において、「`let` は `var` を改善したバージョン」と紹介したように、`let` は `var` を改善する目的で導入された構文です。`const` は再代入できないという点以外は `let` と同じ動作になります。そのため、`let` が使える場合に `var` を使う理由はありませんが、既存のコードや既存のライブラリなどでは `var` が利用されている場面もあるため、`var` の動作を理解する必要があります。

まず最初に、`let` と `var` で共通する動作を見ていきます。`let` と `var` どちらも、初期値を指定せずに宣言した変数の評価結果は暗黙的に `undefined` になります。また、`let` と `var` どちらも、変数宣言をした後に値を代入できます。

次のコードでは、それぞれ初期値を持たない変数を宣言した後に参照すると、変数の評価結果は `undefined` となっています。

```
let let_x;
var var_x;
// 宣言後にそれぞれの変数を参照するとundefined となる
console.log(let_x); // => undefined
console.log(var_x); // => undefined
// 宣言後に値を代入できる
let_x = "let の x";
var_x = "var の x";
```

次に、`let` と `var` で異なる動作を見ていきます。

`let` では、変数を宣言する前にその変数を参照すると `ReferenceError` の例外が発生して参照できません。次のコードでは、変数を宣言する前に、変数 `x` を参照したため `ReferenceError` となっています。エラーメッセージから、変数 `x` が存在しないからエラーになっているのではなく、実際に宣言した行より前に参照したためエラーとなっているのがわかります*¹。

```
console.log(x); // => ReferenceError: can't access lexical declaration `x'
 // before initialization
let x = "let の x";
```

一方 `var` では、変数を宣言する前にその変数を参照しても `undefined` となります。次のコードは、

---

*¹ この仕組みは Temporal Dead Zone (TDZ) と呼ばれます。

## 18.5 関数スコープと var の巻き上げ

変数を宣言する前に参照しているにもかかわらずエラーにはならず、変数 `x` の評価結果は `undefined` となります。

```
// var 声明よりも前に参照してもエラーにならない
console.log(x); // => undefined
var x = "var の x";
```

このように `var` で宣言された変数が宣言前に参照でき、その値が `undefined` となる特殊な動きをしていることがわかります。

この `var` の振る舞いを理解するために、変数宣言が **宣言**と**代入**の2つの部分から構成されていると考えてみましょう。`var` による変数宣言は、**宣言**部分が暗黙的にもっとも近い関数またはグローバルスコープの先頭に巻き上げられ、**代入**部分はそのままの位置に残るという特殊な動作をします。

この動作により、変数 `x` を参照するコードよりも前に変数 `x` の宣言部分が移動し、変数 `x` の評価結果は暗黙的に `undefined` となっています。つまり、先ほどのコードは実際の実行時には、次のように解釈されて実行されていると考えられます。

```
// 解釈されたコード
// スコープの先頭に宣言部分が巻き上げられる
var x;
console.log(x); // => undefined
// 変数への代入はそのままの位置に残る
x = "var の x";
console.log(x); // => "var の x"
```

さらに、`var` 変数の宣言の巻き上げは、ブロックスコープを無視してもっとも近い関数またはグローバルスコープに変数をひもづけます。そのため、次のようにブロック {} で `var` による変数宣言を囲んでも、もっとも近い関数スコープである `fn` 関数の直下に **宣言**部分が巻き上げられます（`if` 文や `for` 文におけるブロックスコープも同様に無視されます）。

```
function fn() {
 // 内側のスコープにあるはずの変数 x が参照できる
 console.log(x); // => undefined
 {
 var x = "var の x";
 }
 console.log(x); // => "var の x"
}
fn();
```

つまり、先ほどのコードは実際の実行時には、次のように解釈されて実行されていると考えられます。

```
// 解釈されたコード
function fn() {
```

## 第 18 章 関数とスコープ

```
// もっとも近い関数スコープの先頭に宣言部分が巻き上げられる
var x;
console.log(x); // => undefined
{
 // 変数への代入はそのままの位置に残る
 x = "var の x";
}
console.log(x); // => "var の x"
}
fn();
```

この変数の宣言部分がもっとも近い関数またはグローバルスコープの先頭に移動しているように見える動作のことを変数の巻き上げ (hoisting) と呼びます。

このように `var` は `let`、`const` とは異なった動作をしています。`var` は巻き上げによりブロックスコープを無視して、宣言部分を自動的に関数スコープの先頭に移動するという予測しにくい問題を持っています。この問題のもっとも簡単な回避方法は `var` を使わないことですが、`var` を含んだコードではこの動作に気をつける必要があります。

## 18.6 関数宣言と巻き上げ

`function` キーワードを使った関数宣言も `var` と同様に、もっとも近い関数またはグローバルスコープの先頭に巻き上げられます。次のコードでは、実際に `hello` 関数を宣言した行より前に関数を呼び出せます。

```
// hello 関数の宣言より前に呼び出せる
hello(); // => "Hello"

function hello(){
 return "Hello";
}
```

これは、関数宣言は宣言そのものであるため、`hello` 関数そのものがスコープの先頭に巻き上げられます。つまり先ほどのコードは、次のように解釈されて実行されていると考えられます。

```
// 解釈されたコード
// hello 関数の宣言が巻き上げられる
function hello(){
 return "Hello";
}

hello(); // => "Hello"
```

`function` キーワードによる関数宣言も巻き上げられます。しかし、`var` による変数宣言の巻き上げとは異なり、問題となることはほとんどありません。なぜなら、実際に巻き上げられた関数を呼び出せ

## 18.6 関数宣言と巻き上げ

るためです。

注意点として、`var` で宣言された変数へ関数を代入した場合は `var` のルールで巻き上げられます。そのため、`var` で変数へ関数を代入する関数式では、`hello` 変数が巻き上げにより `undefined` となるため呼び出せません（「[関数と宣言](#)」の章の「[関数式](#)」を参照）。

```
// hello 変数は巻き上げられ、暗黙的に undefined となる
hello(); // => TypeError: hello is not a function

// hello 変数へ関数を代入している
var hello = function(){
 return "Hello";
};
```

## 即時実行関数

即時実行関数 (**IIFE**, *Immediately-Invoked Function Expression*) は、グローバルスコープの汚染を避けるために生まれたイディオムです。

次のように、匿名関数を宣言した直後に呼び出すことで、任意の処理を関数のスコープに閉じて実行できます。関数スコープを作ることで `foo` 変数は匿名関数の外側からはアクセスできません。

```
// 匿名関数を宣言 + 実行を同時にやっている
(function() {
 // 関数のスコープ内で foo 変数を宣言している
 var foo = "foo";
 console.log(foo); // => "foo"
})();
// foo 変数のスコープ外
console.log(typeof foo === "undefined"); // => true
```

関数を式として定義して、そのまま呼び出しています。`function` からはじまってしまうと JavaScript エンジンが関数宣言と解釈してしまうため、無害なカッコなどで囲んで関数式として解釈させるのが特徴的な記法です。これは次のように書いた場合と意味は同じですが、匿名関数を定義して実行するため短く書くことができ、余計な関数定義がグローバルスコープに残りません。

```
function fn() {
 var foo = "foo";
 console.log(foo); // => "foo"
}
fn();
// foo 変数のスコープ外
```

## 第 18 章 関数とスコープ

```
console.log(typeof foo === "undefined"); // => true
```

ECMAScript 5 までは、変数を宣言する方法は `var` しか存在しませんでした。そのため、即時実行関数は `var` によるグローバルスコープの汚染を防ぐために使われていました。

しかし ECMAScript 2015 で導入された `let` と `const` により、ブロックスコープに対して変数宣言できるようになりました。そのため、グローバルスコープの汚染を防ぐための即時実行関数は不要です。先ほどの即時実行関数は次のように `let` や `const` とブロックスコープで置き換えられます。

```
{
 // ブロックスコープ内で foo 変数を宣言している
 const foo = "foo";
 console.log(foo); // => "foo"
}
// foo 変数のスコープ外
console.log(typeof foo === "undefined"); // => true
```

## 18.7 クロージャー

最後にこの章ではクロージャーと呼ばれる関数とスコープに関する性質について見ていきます。クロージャーとは「外側のスコープにある変数への参照を保持できる」という関数が持つ性質のことです。

クロージャーは言葉で説明しただけではわかりにくい性質です。このセクションでは、クロージャーを使ったコードがどのように動くのかを理解することを目標にします。

次の例では `createCounter` 関数が、関数内で定義した `increment` 関数を返しています。その返された `increment` 関数を `myCounter` 変数に代入しています。この `myCounter` 変数を実行するたびに 1, 2, 3 と 1 ずつ増えた値を返しています。

さらに、もう一度 `createCounter` 関数を実行して、その返り値を `newCounter` 変数に代入します。`newCounter` 変数も実行するたびに 1 ずつ増えていますが、`myCounter` 変数とその値を共有しているわけではないことがわかります。

```
// increment 関数を定義して返す関数
function createCounter() {
 let count = 0;
 // increment 関数は count 変数を参照
 function increment() {
 count = count + 1;
 return count;
 }
 return increment;
}
```

```
// myCounter は createCounter が返した関数を参照
const myCounter = createCounter();
myCounter(); // => 1
myCounter(); // => 2
// 新しく newCounter を定義する
const newCounter = createCounter();
newCounter(); // => 1
newCounter(); // => 2
// myCounter と newCounter は別々の状態を持っている
myCounter(); // => 3
newCounter(); // => 3
```

このように、まるで関数が状態（ここでは 1 ずつ増える `count` という値）を持っているように振る舞える仕組みの背景にはクロージャーがあります。クロージャーは直感的に理解しにくいため、まずはクロージャーを理解するために必要な「静的スコープ」と「メモリ管理の仕組み」について見ていきます。

### 18.7.1 静的スコープ

クロージャーを理解するために、今まで意識してこなかったスコープの性質について見ていきます。JavaScript のスコープには、どの識別子がどの変数を参照するかが静的に決定されるという性質があります。つまり、コードを実行する前にどの識別子がどの変数を参照しているかがわかるということです。

次のような例を見てみます。`printX` 関数内で変数 `x` を参照していますが、変数 `x` はグローバルスコープと関数 `run` の中に、それぞれ定義されています。このとき `printX` 関数内の `x` という識別子がどの変数 `x` を参照するかは静的に決定されます。

結論から言えば、`printX` 関数にある識別子 `x` はグローバルスコープ (*1) の変数 `x` を参照します。そのため、`printX` 関数の実行結果は常に 10 となります。

```
const x = 10; // *1

function printX() {
 // この識別子 x は常に*1 の変数 x を参照する
 console.log(x); // => 10
}

function run() {
 const x = 20; // *2
 printX(); // 常に 10 が出力される
}

run();
```

## 第18章 関数とスコープ

スコープチェーンの仕組みを思い出すと、この識別子 `x` は次のように名前解決されてグローバルスコープの変数 `x` を参照することがわかります。

1. `printX` の関数スコープに変数 `x` が定義されていない
2. ひとつ外側のスコープ（グローバルスコープ）を確認する
3. ひとつ外側のスコープに `const x = 10;` が定義されているので、識別子 `x` はこの変数を参照する

つまり、`printX` 関数中に書かれた `x` という識別子は、`run` 関数の実行とは関係なく、静的に*1 で定義された変数 `x` を参照することが決定されます。このように、どの識別子がどの変数を参照しているかを静的に決定する性質を **静的スコープ** と呼びます。

この静的スコープの仕組みは `function` キーワードを使った関数宣言、メソッド、Arrow Function などすべての関数で共通する性質です。

## 動的スコープ

JavaScript は静的スコープです。しかし、動的スコープという呼び出し元により識別子がどの変数を参照するかが変わる仕組みを持つ言語もあります。

次のコードは、動的スコープの動きを説明する **疑似的な言語のコード例** です。識別子 `x` が呼び出し元のスコープを参照する仕組みである場合には、次のような結果になります。

```
// 動的スコープの疑似的な言語のコード例 (JavaScript ではありません)
// 変数 x を宣言
var x = 10;

// printX という関数を定義
fn printX() {
 // 動的スコープの言語では、識別子 x は呼び出し元によってどの変数x を
 // 参照するかが変わる
 // print 関数でコンソールへログを出力する
 print(x);
}

fn run() {
 // 呼び出し元のスコープで、変数 x を定義している
 var x = 20;
 printX();
}

printX(); // ここでは 10 が outputされる
run(); // ここでは 20 が outputされる
```

このように関数呼び出し時に呼び出し元のスコープの変数を参照する仕組みを **動的スコープ** と

呼びます。

JavaScript は変数や関数の参照先は静的スコープで決まるため、上記のような動的スコープではありません。しかし、JavaScript でも `this` という特別なキーワードだけは、呼び出し元によって動的に参照先が変わります。`this` というキーワードについては次の章で解説します。

## 18.8 メモリ管理の仕組み

プログラミング言語は、使わなくなった変数やデータを解放する仕組みを持っています。なぜなら、変数や関数を定義すると定義されたデータはメモリ上に確保されますが、ハードウェアのメモリは有限だからです。そのため、メモリからデータがあふれないように、必要なタイミングで不要なデータをメモリから解放する必要があります。

不要なデータをメモリから解放する方法は言語によって異なりますが、JavaScript ではガベージコレクションが採用されています。ガベージコレクションとは、どこからも参照されなくなったデータを不要なデータと判断して自動的にメモリ上から解放する仕組みのことです。

JavaScript にはガベージコレクションがあるため、手動でメモリを解放するコードを書く必要はありません。しかし、ガベージコレクションといったメモリ管理の仕組みを理解することは、スコープやクロージャーに関係するため大切です。

どのようなタイミングでメモリ上から不要なデータが解放されるのか、具体的な例を見てみましょう。

次の例では、最初に`"before text"`という文字列のデータがメモリ上に確保され、変数 `x` はそのメモリ上のデータを参照しています。その後、`"after text"`という新しい文字列のデータを作り、変数 `x` はその新しいデータへ参照先を変えています。

このとき、最初にメモリ上へ確保した`"before text"`という文字列のデータはどこからも参照されなくなっています。どこからも参照されなくなった時点で不要になったデータと判断されるためガベージコレクションの回収対象となります。その後、任意のタイミングでガベージコレクションによって回収されてメモリ上から解放されます^{*2}。

```
let x = "before text";
// 変数 x に新しいデータを代入する
x = "after text";
// このとき"before text"というデータはどこからも参照されなくなる
// その後、ガベージコレクションによってメモリ上から解放される
```

次にこのガベージコレクションと関数の関係性について考えてみましょう。よくある誤解として「関数の中で作成したデータは、その関数の実行が終了したら解放される」というのがあります。関数の中で作成したデータは、その関数の実行が終了した時点で必ずしも解放されるわけではありません。

具体的に、「関数の実行が終了した際に解放される場合」と「関数の実行が終了しても解放されない場合」の例をそれぞれ見ていきます。

まずは、関数の実行が終了した際に解放されるデータの例です。

次のコードでは、`printX` 関数の中で変数 `x` を定義しています。この変数 `x` は、`printX` 関数が実行

---

^{*2} ECMAScript の仕様ではガベージコレクションの実装の規定はないため、実装依存の処理となります。

## 第 18 章 関数とスコープ

されるたびに定義され、実行終了後にどこからも参照されなくなります。どこからも参照されなくなつたものは、ガベージコレクションによって回収されてメモリ上から解放されます。

```
function printX() {
 const x = "X";
 console.log(x); // => "X"
}

printX();
// この時点では "X" を参照するものはなくなる -> 解放される
```

次に、関数の実行が終了しても解放されないデータの例です。

次のコードでは、`createArray` 関数の中で定義された変数 `tempArray` は、`createArray` 関数の返り値となっています。この、関数で定義された変数 `tempArray` は返り値として、別の変数 `array` に代入されています。つまり、変数 `tempArray` が参照している配列オブジェクトは、`createArray` 関数の実行終了後も変数 `array` から参照され続けています。ひとつでも参照されているならば、そのデータが自動的に解放されることはありません。

```
function createArray() {
 const tempArray = [1, 2, 3];
 return tempArray;
}

const array = createArray();
console.log(array); // => [1, 2, 3]
// 変数 array が [1, 2, 3] という値を参照している -> 解放されない
```

つまり、関数の実行が終了したことと関数内で定義したデータの解放のタイミングは直接関係ないことがわかります。そのデータがメモリ上から解放されるかどうかはあくまで、そのデータが参照されているかによって決定されます。

### 18.8.1 クロージャーがなぜ動くのか

ここまでで「静的スコープ」と「メモリ管理の仕組み」について説明してきました。

- 静的スコープ: ある変数がどの値を参照するかは静的に決まる
- メモリ管理の仕組み: 参照されなくなったデータはガベージコレクションにより解放される

クロージャーとはこの 2 つの仕組みを利用して、関数内から特定の変数を参照し続けることで関数が状態を持てる仕組みのことを言います。

最初にクロージャーの例として紹介した `createCounter` 関数の例を改めて見てみましょう。

```
const createCounter = () => {
 let count = 0;
 return function increment() {
```

```

 // increment 関数は createCounter 関数のスコープに定義された変数 count を
 // 参照している
 count = count + 1;
 return count;
};

};

// createCounter() の実行結果は、内側で定義されていた increment 関数
const myCounter = createCounter();
// myCounter 関数の実行結果は count の評価結果
console.log(myCounter()); // => 1
console.log(myCounter()); // => 2

```

つまり次のような参照の関係が `myCounter` 変数と `count` 変数の間にあります。

- `myCounter` 変数は `createCounter` 関数の返り値である `increment` 関数を参照している
- `myCounter` 変数は `increment` 関数を経由して `count` 変数を参照している
- `myCounter` 変数を実行した後も `count` 変数への参照は保たれています

`myCounter → increment → count`

`count` 変数を参照するものがいるため、`count` 変数は自動的に解放されません。そのため `count` 変数の値は保持され続け、`myCounter` 変数を実行するたびに 1 ずつ大きくなっています。

このように `count` 変数が自動解放されずに保持できているのは「`increment` 関数内から外側の `createCounter` 関数スコープにある `count` 変数を参照している」ためです。このような性質のことをクロージャー（関数閉包）と呼びます。クロージャーは「静的スコープ」と「参照され続けている変数のデータが保持される」という 2 つの性質によって成り立っています。

JavaScript の関数は静的スコープとメモリ管理という 2 つの性質を常に持っています。そのため、ある意味ではすべての関数がクロージャーとなります BUT、ここでは関数が特定の変数を参照することで関数が状態を持っていることを指します。

先ほどの例では `createCounter` 関数を実行するたびに、それぞれ `count` と `increment` 関数が定義されます。そのため、`createCounter` 関数を実行すると、それぞれ別々の `increment` 関数が定義され、別々の `count` 変数を参照します。

次のように `createCounter` 関数を複数回呼び出してみると、別々の状態を持っていることが確認できます。

```

const createCounter = () => {
 let count = 0;
 return function increment() {
 // 変数 count を参照し続けている
 count = count + 1;
 return count;
 };
};

```

## 第 18 章 関数とスコープ

```
// countUp と newCountUp はそれぞれ別の increment 関数（内側にあるのも別の count 変数）
const countUp = createCounter();
const newCountUp = createCounter();
// 参照してる関数（オブジェクト）は別であるため === は一致しない
console.log(countUp === newCountUp); // false
// それぞれの状態も別となる
console.log(countUp()); // => 1
console.log(newCountUp()); // => 1
```

## 18.8.2 クロージャーの用途

クロージャーはさまざまな用途に利用されますが、次のような用途で利用されることが多いです。

- 関数に状態を持たせる手段として
- 外から参照できない変数を定義する手段として
- グローバル変数を減らす手段として
- 高階関数の一部分として

これらはクロージャーの特徴でもあるので、同時に使われることがあります。

たとえば次の例では、`privateCount` という変数を関数の中に定義しています。この `privateCount` 変数は、外のグローバルスコープからは直接参照できません。外から参照する必要がない変数をクロージャーとなる関数に閉じ込めてことで、グローバルに定義する変数を減らせてています。

```
const createCounter = () => {
 // 外のスコープから privateCount を直接参照できない
 let privateCount = 0;
 return () => {
 privateCount++;
 return `${privateCount}回目`;
 };
};

const counter = createCounter();
console.log(counter()); // => "1 回目"
console.log(counter()); // => "2 回目"
```

また、関数を返す関数のことを高階関数と呼びますが、クロージャーの性質を使うことで次のように `n` より大きいかを判定する高階関数を作れます。最初から `greaterThan5` という関数を定義すればよいのですが、高階関数を使うことで条件を後から定義できるなどの柔軟性が得られます。

```
function greaterThan(n) {
 return function(m) {
 return m > n;
 };
}
```

```
}
```

```
// 5より大きな値かを判定する関数を作成する
```

```
const greaterThan5 = greaterThan(5);
```

```
console.log(greaterThan5(4)); // => false
```

```
console.log(greaterThan5(5)); // => false
```

```
console.log(greaterThan5(6)); // => true
```

クロージャーは、変数が参照する値が静的に決まる静的スコープという性質とデータは参照されていれば保持されるという2つの性質によって成り立っています。

JavaScriptには、関数を短く定義できる Arrow Function や高階関数である Array の `forEach` メソッドなどクロージャーを自然と利用しやすい環境があります。関数を理解する上ではクロージャーを理解することが大切です。

#### 状態を持つ関数オブジェクト

JavaScriptでは関数はオブジェクトの一種です。オブジェクトであるため直接プロパティに値を代入できます。そのため、クロージャーを使わなくとも、次のように関数にプロパティとして状態を持たせることができます。

```
function countUp() {
 // count プロパティを参照して変更する
 countUp.count = countUp.count + 1;
 return countUp.count;
}

// 関数オブジェクトにプロパティとして値を代入する
countUp.count = 0;
// 呼び出すごとに count が更新される
console.log(countUp()); // => 1
console.log(countUp()); // => 2
```

しかし、この方法は推奨されていません。なぜなら、関数の外から `count` プロパティを変更できるためです。関数オブジェクトのプロパティは外からも参照でき、そのプロパティ値は変更できます。関数の中でのみ参照可能な状態を扱いたい場合には、それを強制できるクロージャーが有効です。

```
function countUp() {
 // count プロパティを参照して変更する
 countUp.count = countUp.count + 1;
 return countUp.count;
}

countUp.count = 0;
// 呼び出すごとに count が更新される
```

第 18 章 関数とスコープ

```
console.log(countUp()); // => 1
// 直接値を変更してしまう
countUp.count = 10;
console.log(countUp()); // => 11
```

## 18.9 まとめ

この章では関数を中心にスコープについて学びました。

- 関数やブロックはスコープを持つ
- スコープはネストできる
- もっとも外側にはグローバルスコープがある
- スコープチェーンは内側から外側のスコープへと順番に変数が定義されているか探す仕組みのこと
- var キーワードでの変数宣言や function での関数宣言では巻き上げが発生する
- クロージャーは静的スコープとメモリ管理の仕組みからなる関数が持つ性質

## 第19章

### 関数と this

# Chapter 19

この章では `this` という特殊な動作をするキーワードについて見ていきます。基本的にはメソッドの中で利用しますが、`this` は読み取り専用のグローバル変数のようなものでどこにでも書けます。加えて、`this` の参照先（評価結果）は条件によって異なります。

`this` の参照先は主に次の条件によって変化します。

- 実行コンテキストにおける `this`
- コンストラクタにおける `this`
- 関数とメソッドにおける `this`
- Arrow Function における `this`

コンストラクタにおける `this` は、次の章である「[クラス](#)」で扱います。この章ではさまざまな条件での `this` について扱いますが、`this` が実際に使われるのはメソッドにおいてです。そのため、あらゆる条件下での `this` の動きをすべて覚える必要はありません。

この章では、さまざまな条件下で変わる `this` の参照先と関数や Arrow Function との関係を見ていきます。また、実際にどのような状況で問題が発生するかを知り、`this` の動きを予測可能にするにはどのようにするかを見ていきます。

#### 19.1 実行コンテキストと this

最初に「[JavaScript とは](#)」の章において、JavaScript には実行コンテキストとして“Script”と“Module”があるという話をしました。どの実行コンテキストで JavaScript のコードを評価するかは、実行環境によってやり方が異なります。この章では、ブラウザの `script` 要素と `type` 属性を使い、それぞれの実行コンテキストを明示しながら `this` の動きを見ていきます。

トップレベル（もっとも外側のスコープ）にある `this` は、実行コンテキストによって値が異なります。実行コンテキストの違いは意識しにくい部分であり、トップレベルで `this` を使うと混乱を生むことになります。そのため、コードのトップレベルにおいては `this` を使うべきではありませんが、それぞれの実行コンテキストにおける動作を紹介します。

### 19.1.1 スクリプトにおける this

実行コンテキストが“Script”である場合、トップレベルのスコープに書かれた `this` はグローバルオブジェクトを参照します。グローバルオブジェクトは、実行環境ごとに異なるものが定義されています。ブラウザのグローバルオブジェクトは `window` オブジェクト、Node.js のグローバルオブジェクトは `global` オブジェクトとなります。

ブラウザでは、`script` 要素の `type` 属性を指定していない場合は、実行コンテキストが“Script”として実行されます。この `script` 要素の直下に書いた `this` はグローバルオブジェクトである `window` オブジェクトとなります。

```
<script>
// 実行コンテキストは"Script"
console.log(this); // => window
</script>
```

### 19.1.2 モジュールにおける this

実行コンテキストが“Module”である場合、そのトップレベルのスコープに書かれた `this` は常に `undefined` となります。

ブラウザで、`script` 要素に `type="module"` 属性がついた場合は、実行コンテキストが“Module”として実行されます。この `script` 要素の直下に書いた `this` は `undefined` となります。

```
<script type="module">
// 実行コンテキストは"Module"
console.log(this); // => undefined
</script>
```

このように、トップレベルのスコープの `this` は実行コンテキストによって `undefined` となる場合があります。

単純にグローバルオブジェクトを参照したい場合は、`this` ではなく `globalThis` を使います。`globalThis` は実行環境のグローバルオブジェクトを参照するために ES2020 で導入されました。

実行環境のグローバルオブジェクトは、ブラウザでは `window`、Node.js では `global` のように名前が異なります。そのため同じコードで、異なるグローバルオブジェクトを参照するには、コード上で分岐する必要がありました。ES2020 ではこの問題を解決するために、実行環境のグローバルオブジェクトを参照する `globalThis` が導入されました。

```
// ブラウザでは window オブジェクト、Node.js では global オブジェクトを参照する
console.log(globalThis);
```

## 19.2 関数とメソッドにおける this

関数を定義する方法として、`function` キーワードによる関数宣言と関数式、Arrow Function などがあります。`this` が参照先を決めるルールは、Arrow Function とそれ以外の関数定義の方法で異なります。

そのため、まずは関数定義の種類について振り返ってから、それぞれの `this` について見ていきます。

### 19.2.1 関数の種類

「[関数と宣言](#)」の章で詳しく紹介していますが、関数の定義方法と呼び出し方について改めて振り返ってみましょう。関数を定義する場合には、次の 3 つの方法を利用します。

```
// function キーワードからはじめる関数宣言
function fn1() {}

// function を式として扱う関数式
const fn2 = function() {};

// Arrow Function を使った関数式
const fn3 = () => {};
```

それぞれ定義した関数は関数名 `()` と書くことで呼び出せます。

```
// 関数宣言
function fn() {}

// 関数呼び出し
fn();
```

### 19.2.2 メソッドの種類

JavaScript ではオブジェクトのプロパティが関数である場合にそれをメソッドと呼びます。一般的にはメソッドも含めたものを関数と言い、関数宣言などとプロパティである関数を区別する場合にメソッドと呼びます。

メソッドを定義する場合には、オブジェクトのプロパティに関数式を定義するだけです。

```
const obj = {
 // function キーワードを使ったメソッド
 method1: function() {
 },
 // Arrow Function を使ったメソッド
 method2: () => {
 }
};
```

## 第 19 章 関数と this

これに加えてメソッドには短縮記法があります。オブジェクトリテラルの中でメソッド名 () { /* メソッドの処理 */ } と書くことで、メソッドを定義できます。

```
const obj = {
 // メソッドの短縮記法で定義したメソッド
 method() {
 }
};
```

これらのメソッドは、オブジェクト名.メソッド名 () と書くことで呼び出せます。

```
const obj = {
 // メソッドの定義
 method() {
 }
};

// メソッド呼び出し
obj.method();
```

関数定義とメソッドの定義についてまとめると、次のようにになります。

名前	関数	メソッド
関数宣言 (function fn() {})	✓	✗
関式式 (const fn = function() {})	✓	✓
Arrow Function (const fn = () => {})	✓	✓
メソッドの短縮記法 (const obj = { method() {} })	✗	✓

最初に書いたように `this` の挙動は、Arrow Function の関数定義とそれ以外 (`function` キーワードやメソッドの短縮記法) の関数定義で異なります。そのため、まずは **Arrow Function 以外** の関数やメソッドにおける `this` を見ていきます。

### 19.3 Arrow Function 以外の関数における this

Arrow Function 以外の関数（メソッドも含む）における `this` は、実行時に決まる値となります。言い方を変えると `this` は関数に渡される暗黙的な引数のようなもので、その渡される値は関数を実行するときに決まります。

次のコードは疑似的なものです。関数の中に書かれた `this` は、関数の呼び出し元から暗黙的に渡される値を参照することになります。このルールは Arrow Function 以外の関数やメソッドで共通した仕組みとなります。Arrow Function で定義した関数やメソッドはこのルールとは別の仕組みとなります。

```
// 疑似的な this の値の仕組み
// 関数は引数として暗黙的にthis の値を受け取るイメージ
function fn(暗黙的に渡される this の値, 仮引数) {
```

## 19.3 Arrow Function 以外の関数における this

```
 console.log(this); // => 暗黙的に渡される this の値
}
// 暗黙的に this の値を引数として渡しているイメージ
fn(暗黙的に渡す this の値, 引数);
```

関数における this の基本的な参照先（暗黙的に関数に渡す this の値）はベースオブジェクトとなります。ベースオブジェクトとは「メソッドを呼ぶ際に、そのメソッドのドット演算子またはブラケット演算子のひとつ左にあるオブジェクト」のことと言います。ベースオブジェクトがない場合の this は undefined となります。

たとえば、fn() のように関数を呼び出したとき、この fn 関数呼び出しのベースオブジェクトはないため、this は undefined となります。一方、obj.method() のようにメソッドを呼び出したとき、この obj.method メソッド呼び出しのベースオブジェクトは obj オブジェクトとなり、this は obj となります。

```
// fn 関数はメソッドではないのでベースオブジェクトはない
fn();
// obj.method メソッドのベースオブジェクトは obj
obj.method();
// obj1.obj2.method メソッドのベースオブジェクトは obj2
// ドット演算子、ブラケット演算子どちらも結果は同じ
obj1.obj2.method();
obj1["obj2"]["method"]();
```

this は関数の定義ではなく呼び出し方で参照する値が異なります。これは、後述する「[this が問題となるパターン](#)」で詳しく紹介します。Arrow Function 以外の関数では、関数の定義だけを見て this の値が何かということは決定できない点に注意が必要です。

## 19.3.1 関数宣言や関数式における this

まずは、関数宣言や関数式の場合を見ていきます。

次の例では、関数宣言で関数 fn1 と関数式で関数 fn2 を定義し、それぞれの関数内で this を返します。定義したそれぞれの関数を fn1() と fn2() のようにただの関数として呼び出しています。このとき、ベースオブジェクトはないため、this は undefined となります。

```
"use strict";
function fn1() {
 return this;
}
const fn2 = function() {
 return this;
};
// 関数の中の this が参照する値は呼び出し方によって決まる
// fn1 と fn2 どちらもただの関数として呼び出している
```

## 第 19 章 関数と this

```
// メソッドとして呼び出していないためベースオブジェクトはない
// ベースオブジェクトがない場合、this は undefined となる
console.log(fn1()); // => undefined
console.log(fn2()); // => undefined
```

これは、関数の中に関数を定義して呼び出す場合も同じです。

```
"use strict";
function outer() {
 console.log(this); // => undefined
 function inner() {
 console.log(this); // => undefined
 }
 // inner 関数呼び出しのベースオブジェクトはない
 inner();
}
// outer 関数呼び出しのベースオブジェクトはない
outer();
```

この書籍では注釈がないコードは strict mode として扱いますが、コード例に "use strict"; と改めて strict mode を明示しています（詳細は「[JavaScript とは](#)」の strict mode を参照）。なぜなら、strict mode ではない状況で this が undefined の場合は、this がグローバルオブジェクトを参照するように変換される問題があるためです。

strict mode は、このような意図しにくい動作を防止するために導入されています。しかしながら、strict mode のメソッド以外の関数における this は undefined となるため使い道がありません。そのため、メソッド以外で this を使う必要はありません。

### 19.3.2 メソッド呼び出しにおける this

次に、メソッドの場合を見ていきます。メソッドの場合は、そのメソッドが何かしらのオブジェクトに所属しています。なぜなら、JavaScript ではオブジェクトのプロパティとして指定される関数のことをメソッドと呼ぶためです。

次の例では method1 と method2 はそれぞれメソッドとして呼び出されています。このとき、それぞれのベースオブジェクトは obj となり、this は obj となります。

```
const obj = {
 // 関数式をプロパティの値にしたメソッド
 method1: function() {
 return this;
 },
 // 短縮記法で定義したメソッド
 method2() {
 return this;
 }
};
```

19.4 `this` が問題となるパターン

```

 }
};

// メソッド呼び出しの場合、それぞれのthisはベースオブジェクト(obj)を参照する
// メソッド呼び出しの.の左にあるオブジェクトがベースオブジェクト
console.log(obj.method1()); // => obj
console.log(obj.method2()); // => obj

```

これを利用すれば、メソッドの中から同じオブジェクトに所属する別のプロパティを `this` で参照できます。

```

const person = {
 fullName: "Brendan Eich",
 sayName: function() {
 // person.fullNameと書いているのと同じ
 return this.fullName;
 }
};
// person.fullNameを出力する
console.log(person.sayName()); // => "Brendan Eich"

```

このようにメソッドが所属するオブジェクトのプロパティを、オブジェクト名.プロパティ名の代わりに `this.プロパティ名` で参照できます。

オブジェクトは何重にもネストできますが、`this` はベースオブジェクトを参照するというルールは同じです。

次のコードを見てみると、ネストしたオブジェクトにおいてメソッド内の `this` がベースオブジェクトである `obj3` を参照していることがわかります。このときのベースオブジェクトはドットでつないだ一番左の `obj1` ではなく、メソッドから見てひとつ左の `obj3` となります。

```

const obj1 = {
 obj2: {
 obj3: {
 method() {
 return this;
 }
 }
 }
};
// obj1.obj2.obj3.methodメソッドのthisはobj3を参照
console.log(obj1.obj2.obj3.method() === obj1.obj2.obj3); // => true

```

## 19.4 `this` が問題となるパターン

`this` はその関数（メソッドも含む）呼び出しのベースオブジェクトを参照することがわかりました。

## 第 19 章 関数と this

`this` は所属するオブジェクトを直接書く代わりとして利用できますが、一方 `this` にはいろいろな問題があります。

この問題の原因は `this` がどの値を参照するかは関数の呼び出し時に決まるという性質に由来します。この `this` の性質が問題となるパターンの代表的な 2 つの例とそれぞれの対策について見ていきます。

#### 19.4.1 問題: `this` を含むメソッドを変数に代入した場合

JavaScript ではメソッドとして定義したものが、後からただの関数として呼び出されることがあります。なぜなら、メソッドは関数を値に持つプロパティのこと、プロパティは変数に代入し直せるためです。

そのため、メソッドとして定義した関数も、別の変数に代入してただの関数として呼び出されることがあります。この場合には、メソッドとして定義した関数であっても、実行時にはただの関数であるためベースオブジェクトが変わっています。これは `this` が定義した時点ではなく実行したときに決まるという性質そのものです。

具体的に、`this` が実行時に変わる例を見ていきます。次の例では、`person.sayName` メソッドを変数 `say` に代入してから実行しています。このときの `say` 関数（`sayName` メソッドを参照）のベースオブジェクトはありません。そのため、`this` は `undefined` となり、`undefined.fullName` は参照できず例外を投げます。

```
"use strict";
const person = {
 fullName: "Brendan Eich",
 sayName: function() {
 // this は呼び出し元によって異なる
 return this.fullName;
 }
};
// sayName メソッドは person オブジェクトに所属する
// this は person オブジェクトとなる
console.log(person.sayName()); // => "Brendan Eich"
// person.sayName を say 変数に代入する
const say = person.sayName;
// 代入したメソッドを関数として呼ぶ
// この say 関数はどのオブジェクトにも所属していない
// this は undefined となるため例外を投げる
say(); // => TypeError: Cannot read property 'fullName' of undefined
```

結果的には、次のようなコードが実行されているのと同じです。次のコードでは、`undefined.fullName` を参照しようとして例外が発生しています。

```
"use strict";
```

19.4 `this` が問題となるパターン

```
// const say = person.sayName; は次のようなイメージ
const say = function() {
 return this.fullName;
};

// this は undefined となるため例外を投げる
say(); // => TypeError: Cannot read property 'fullName' of undefined
```

このように、Arrow Function 以外の関数において、`this` は定義したときではなく実行したときに決定されます。そのため、関数に `this` を含んでいる場合、その関数は意図した呼ばれ方がされないと間違った結果が発生するという問題があります。

この問題の対処法としては大きく分けて 2 つあります。

1 つはメソッドとして定義されている関数はメソッドとして呼ぶということです。メソッドをわざわざただの関数として呼ばなければそもそもこの問題は発生しません。

もう 1 つは、`this` の値を指定して関数を呼べるメソッドで関数を実行する方法です。

#### 対処法: `call`、`apply`、`bind` メソッド

関数やメソッドの `this` を明示的に指定して関数を実行する方法もあります。`Function` (関数オブジェクト) には `call`、`apply`、`bind` といった明示的に `this` を指定して関数を実行するメソッドが用意されています。

`call` メソッドは第一引数に `this` としたい値を指定し、残りの引数には呼び出す関数の引数を指定します。暗黙的に渡される `this` の値を明示的に渡せるメソッドと言えます。

関数.`call(this の値, ... 関数の引数);`

次の例では `this` に `person` オブジェクトを指定した状態で `say` 関数を呼び出しています。`call` メソッドの第二引数で指定した値が、`say` 関数の仮引数 `message` に入ります。

```
"use strict";
function say(message) {
 return `${message} ${this.fullName}!`;
}
const person = {
 fullName: "Brendan Eich"
};
// this を person にして say 関数を呼びだす
console.log(say.call(person, "こんにちは")); // => "こんにちは Brendan Eich!"
// say 関数をそのまま呼び出すと this は undefined となるため例外が発生
say("こんにちは"); // => TypeError: Cannot read property 'fullName' of undefined
```

`apply` メソッドは第一引数に `this` とする値を指定し、第二引数に関数の引数を配列として渡します。

関数.`apply(this の値, [関数の引数 1, 関数の引数 2]);`

## 第 19 章 関数と this

次の例では `this` に `person` オブジェクトを指定した状態で `say` 関数を呼び出しています。`apply` メソッドの第二引数で指定した配列は、自動的に展開されて `say` 関数の仮引数 `message` に入ります。

```
"use strict";
function say(message) {
 return `${message} ${this.fullName}!`;
}
const person = {
 fullName: "Brendan Eich"
};
// this を person にして say 関数を呼びだす
// call とは異なり引数を配列として渡す
console.log(say.apply(person, ["こんにちは"]));
// => "こんにちは Brendan Eich!"
// say 関数をそのまま呼び出すと this は undefined となるため例外が発生
say("こんにちは");
// => TypeError: Cannot read property 'fullName' of undefined
```

`call` メソッドと `apply` メソッドの違いは、関数の引数への値の渡し方だけです。また、どちらのメソッドも `this` の値が不要な場合は `null` を渡すのが一般的です。

```
function add(x, y) {
 return x + y;
}
// this が不要な場合は、null を渡す
console.log(add.call(null, 1, 2));
// => 3
console.log(add.apply(null, [1, 2]));
// => 3
```

最後に `bind` メソッドについてです。名前のとおり `this` の値を束縛（bind）した新しい関数を作成します。

```
関数.bind(this の値, ... 関数の引数); // => this や引数が bind された関数
```

次の例では `this` を `person` オブジェクトに束縛した `say` 関数をラップした関数を作っています。`bind` メソッドの第二引数以降に値を渡すことで、束縛した関数の引数も束縛できます。

```
function say(message) {
 return `${message} ${this.fullName}!`;
}
const person = {
 fullName: "Brendan Eich"
};
// this を person に束縛した say 関数をラップした関数を作る
const sayPerson = say.bind(person, "こんにちは");
console.log(sayPerson());
// => "こんにちは Brendan Eich!"
```

19.4 `this` が問題となるパターン

この `bind` メソッドをただの関数で表現すると次のように書けます。`bind` は `this` や引数を束縛した関数を作るメソッドだということがわかります。

```
function say(message) {
 return `${message} ${this.fullName} ! `;
}

const person = {
 fullName: "Brendan Eich"
};

// this を person に束縛した say 関数をラップした関数を作る
// say.bind(person, "こんにちは"); は次のようなラップ関数を作る
const sayPerson = () => {
 return say.call(person, "こんにちは");
};

console.log(sayPerson()); // => "こんにちは Brendan Eich ! "
```

このように `call`、`apply`、`bind` メソッドを使うことで `this` を明示的に指定した状態で関数を呼び出せます。しかし、毎回関数を呼び出すたびにこれらのメソッドを使うのは、関数を呼び出すための関数が必要になってしまい手間がかかります。そのため、基本的には「メソッドとして定義されている関数はメソッドとして呼ぶこと」でこの問題を回避するほうがよいでしょう。その中で、どうしても `this` を固定したい場合には `call`、`apply`、`bind` メソッドを利用します。

#### 19.4.2 問題: コールバック関数と `this`

コールバック関数の中で `this` を参照すると問題となる場合があります。この問題は、メソッドの中で `Array` の `map` メソッドなどのコールバック関数を扱う場合に発生しやすいです。

具体的に、コールバック関数における `this` が問題となっている例を見てみましょう。次のコードでは `prefixArray` メソッドの中で `map` メソッドを使っています。このとき、`map` メソッドのコールバック関数の中で、`Prefixer` オブジェクトを参照するつもりで `this` を参照しています。

しかし、このコールバック関数における `this` は `undefined` となり、`undefined.prefix` は参照できないため `TypeError` の例外が発生します。

```
"use strict";
// strict mode を明示しているのは、this がグローバルオブジェクトに暗黙的に
// 変換されるのを防止するため
const Prefixer = {
 prefix: "pre",
 /**
 * strings 配列の各要素に prefix をつける
 */
 prefixArray(strings) {
 return strings.map(function(str) {
```

## 第19章 関数とthis

```

 // コールバック関数における this は undefined となる (strict mode)
 // そのため this.prefix は undefined.prefix となり例外が発生する
 return this.prefix + "-" + str;
 });
}
};

// prefixArray メソッドにおける this は Prefixer
Prefixer.prefixArray(["a", "b", "c"]); // => TypeError: Cannot read property
 // 'prefix' of undefined

```

なぜコールバック関数の中の this が undefined となるのかを見ていきます。Array の map メソッドにはコールバック関数として、その場で定義した匿名関数を渡していることに注目してください。

```

// ...
prefixArray(strings) {
 // 匿名関数をコールバック関数として渡している
 return strings.map(function(str) {
 return this.prefix + "-" + str;
 });
}
// ...

```

このとき、Array の map メソッドに渡しているコールバック関数は callback() のようにただの関数として呼び出されます。つまり、コールバック関数として呼び出すとき、この関数にはベースオブジェクトはありません。そのため callback 関数の this は undefined となります。

先ほどの例では匿名関数をコールバック関数として直接メソッドに渡していますが、一度 callback 変数に入れてから渡しても結果は同じです。

```

"use strict";
// strict mode を明示しているのは、this がグローバルオブジェクトに暗黙的に
// 変換されるのを防止するため
const Prefixer = {
 prefix: "pre",
 prefixArray(strings) {
 // コールバック関数は callback() のように呼び出される
 // そのためコールバック関数における this は undefined となる (strict mode)
 const callback = function(str) {
 return this.prefix + "-" + str;
 };
 return strings.map(callback);
 }
};

```

## 19.4 this が問題となるパターン

```
// prefixArray メソッドにおける this は Prefixer
Prefixer.prefixArray(["a", "b", "c"]); // => TypeError: Cannot read property
// 'prefix' of undefined
```

**対処法: this を一時変数へ代入する**

コールバック関数内での this の参照先が変わる問題への対処法として、this を別の変数に代入し、その this の参照先を保持するという方法があります。

this は関数の呼び出し元で変化し、その参照先は呼び出し元におけるベースオブジェクトです。prefixArray メソッドの呼び出しにおいては、this は Prefixer オブジェクトです。しかし、コールバック関数は改めて関数として呼び出されるため this が undefined となってしまうのが問題でした。

そのため、最初の prefixArray メソッド呼び出しにおける this の参照先を一時変数として保存することでこの問題を回避できます。次のコードでは、prefixArray メソッドの this を that 変数に保持しています。コールバック関数からは this の代わりに that 変数を参照することで、コールバック関数からも prefixArray メソッド呼び出しと同じ this を参照できます。

```
"use strict";
const Prefixer = {
 prefix: "pre",
 prefixArray(strings) {
 // that は prefixArray メソッド呼び出しにおける this となる
 // つまり that は Prefixer オブジェクトを参照する
 const that = this;
 return strings.map(function(str) {
 // this ではなく that を参照する
 return that.prefix + "-" + str;
 });
 }
};
// prefixArray メソッドにおける this は Prefixer
const prefixedStrings = Prefixer.prefixArray(["a", "b", "c"]);
console.log(prefixedStrings); // => ["pre-a", "pre-b", "pre-c"]
```

もちろん Function の call メソッドなどで明示的に this を渡して関数を呼び出すこともできます。また、Array の map メソッドなどは this となる値を引数として渡せる仕組みを持っています。そのため、次のように第二引数に this となる値を渡すことでも解決できます。

```
"use strict";
const Prefixer = {
 prefix: "pre",
 prefixArray(strings) {
 // Array の map メソッドは第二引数に this となる値を渡せる
 }
};
```

## 第 19 章 関数と this

```

 return strings.map(function(str) {
 // this が第二引数の値と同じになる
 // つまり prefixArray メソッドと同じ this となる
 return this.prefix + "-" + str;
 }, this);
 }
};

// prefixArray メソッドにおける this は Prefixer
const prefixedStrings = Prefixer.prefixArray(["a", "b", "c"]);
console.log(prefixedStrings); // => ["pre-a", "pre-b", "pre-c"]

```

しかし、これらの解決方法はコールバック関数において `this` が変わることを意識して書く必要があります。そもそもメソッド呼び出しとその中のコールバック関数における `this` が変わってしまうのが問題でした。ES2015 では `this` を変えずにコールバック関数を定義する方法として、Arrow Function が導入されました。

**対処法: Arrow Function でコールバック関数を扱う**

通常の関数やメソッドは呼び出し時に暗黙的に `this` の値を受け取り、関数内の `this` はその値を参照します。一方、Arrow Function はこの暗黙的な `this` の値を受け取ません。そのため Arrow Function 内の `this` は、スコープチェーンの仕組みと同様に外側の関数（この場合は `prefixArray` メソッド）を探索します。これにより、Arrow Function で定義したコールバック関数は呼び出し方には関係なく、常に外側の関数の `this` をそのまま利用します。

Arrow Function を使うことで、先ほどのコードは次のように書けます。

```

"use strict";
const Prefixer = {
 prefix: "pre",
 prefixArray(strings) {
 return strings.map((str) => {
 // Arrow Function 自体は this を持たない
 // this は外側の prefixArray 関数が持つ this を参照する
 // そのため this.prefix は"pre"となる
 return this.prefix + "-" + str;
 });
 }
};
// このとき、prefixArray のベースオブジェクトは Prefixer となる
// つまり、prefixArray メソッド内の this は Prefixer を参照する
const prefixedStrings = Prefixer.prefixArray(["a", "b", "c"]);
console.log(prefixedStrings); // => ["pre-a", "pre-b", "pre-c"]

```

このように、Arrow Function でのコールバック関数における `this` は簡潔です。コールバック関数

内での `this` の対処法として `this` を代入する方法を紹介しましたが、ES2015 からは Arrow Function を使うのがもっとも簡潔です。

この Arrow Function と `this` の関係についてより詳しく見ていきます。

## 19.5 Arrow Function と this

Arrow Function で定義された関数やメソッドにおける `this` がどの値を参照するかは関数の定義時（静的）に決まります。一方、Arrow Function ではない関数においては、`this` は呼び出し元に依存するため関数の実行時（動的）に決まります。

Arrow Function とそれ以外の関数で大きく違うのは、Arrow Function は `this` を暗黙的な引数として受けつけないということです。そのため、Arrow Function 内には `this` が定義されていません。このときの `this` は外側のスコープ（関数）の `this` を参照します。

これは、変数におけるスコープチェーンの仕組みと同様で、そのスコープに `this` が定義されていない場合には外側のスコープを探索します。そのため、Arrow Function 内の `this` の参照で、常に外側のスコープ（関数）へと `this` の定義を探索しに行きます（詳細は「[関数とスコープ](#)」の章の「[スコープチェーン](#)」を参照）。また、`this` は ECMAScript のキーワードであるため、ユーザーは `this` という変数を定義できません。

```
// this はキーワードであるため、ユーザーは this という名前の変数を定義できない
const this = "this は読み取り専用"; // => SyntaxError: Unexpected token this
```

これにより、通常の変数のように `this` がどの値を参照するかは静的（定義時）に決定されます（詳細は「[関数とスコープ](#)」の章の「[静的スコープ](#)」を参照）。つまり、Arrow Function における `this` は「Arrow Function 自身の外側のスコープに定義されたもっとも近い関数の `this` の値」となります。

具体的な Arrow Function における `this` の動きを見ていきましょう。

まずは、関数式の Arrow Function を見ていきます。

次の例では、関数式で定義した Arrow Function の中の `this` をコンソールに出力しています。このとき、`fn` の外側には関数がないため、「自身より外側のスコープに定義されたもっとも近い関数」の条件にあてはまるものはありません。このときの `this` はトップレベルに書かれた `this` と同じ値になります。

```
// Arrow Function で定義した関数
const fn = () => {
 // この関数の外側には関数は存在しない
 // トップレベルの this と同じ値
 return this;
};
console.log(fn() === this); // => true
```

トップレベルに書かれた `this` の値は実行コンテキストによって異なることを紹介しました。`this` の値は、実行コンテキストが “Script” ならばグローバルオブジェクトとなり、“Module” ならば `undefined` となります。

## 第 19 章 関数と this

次の例のように、Arrow Function を包むように通常の関数が定義されている場合はどうでしょうか。Arrow Function における `this` は「自身の外側のスコープにあるもっとも近い関数の `this` の値」となるのは同じです。

```
"use strict";
function outer() {
 // Arrow Function で定義した関数を返す
 return () => {
 // この関数の外側には outer 関数が存在する
 // outer 関数に this を書いた場合と同じ
 return this;
 };
}
// outer 関数の返り値は Arrow Function にて定義された関数
const innerArrowFunction = outer();
console.log(innerArrowFunction()); // => undefined
```

つまり、この Arrow Function における `this` は `outer` 関数で `this` を参照した場合と同じ値になります。

```
"use strict";
function outer() {
 // outer 関数直下の this
 const that = this;
 // Arrow Function で定義した関数を返す
 return () => {
 // Arrow Function 自身は this を持たない
 // outer 関数に this を書いた場合と同じ
 return that;
 };
}
// outer() と呼び出したときの this は undefined(strict mode)
const innerArrowFunction = outer();
console.log(innerArrowFunction()); // => undefined
```

### 19.5.1 メソッドとコールバック関数と Arrow Function

メソッド内におけるコールバック関数は Arrow Function をより活用できるパターンです。`function` キーワードでコールバック関数を定義すると、`this` の値はコールバック関数の呼ばれ方を意識する必要があります。なぜなら、`function` キーワードで定義した関数における `this` は呼び出し方によって変わるためにです。

コールバック関数側から見ると、どのように呼ばれるかによって変わってしまう `this` を使うことは

## 19.5 Arrow Function と this

できません。そのため、コールバック関数の外側のスコープで `this` を一時変数に代入し、それを使うという回避方法を取っていました。

```
// callback 関数を受け取り呼び出す関数
const callCallback = (callback) => {
 // callback を呼び出す実装
};

const obj = {
 method() {
 callCallback(function() {
 // ここで this は callCallback の実装に依存する
 // callback() のように単純に呼び出されるなら this は undefined になる
 // Function の call メソッドなどを使って特定のオブジェクトを指定するかも
 // しない
 // この問題を回避するために const that = this のような一時変数を使う
 });
 }
};
```

一方、Arrow Function でコールバック関数を定義した場合は、1つ外側の関数の `this` を参照します。このときの Arrow Function で定義したコールバック関数における `this` は呼び出し方によって変化しません。そのため、`this` を一時変数に代入するなどの回避方法は必要ありません。

```
// callback 関数を受け取り呼び出す関数
const callCallback = (callback) => {
 // callback を呼び出す実装
};

const obj = {
 method() {
 callCallback(() => {
 // ここで this は 1つ外側の関数における this と同じ
 });
 }
};
```

この Arrow Function における `this` は呼び出し方の影響を受けません。つまり、コールバック関数がどのように呼ばれるかという実装について考えることなく `this` を扱えます。

```
const Prefixer = {
 prefix: "pre",
 prefixArray(strings) {
```

## 第 19 章 関数と this

```

 return strings.map((str) => {
 // Prefixer.prefixArray() と呼び出されたとき
 // this は常に Prefixer を参照する
 return this.prefix + "-" + str;
 });
 }
};

const prefixedStrings = Prefixer.prefixArray(["a", "b", "c"]);
console.log(prefixedStrings); // => ["pre-a", "pre-b", "pre-c"]

```

**19.5.2 Arrow Function は this を bind できない**

Arrow Function で定義した関数では `call`、`apply`、`bind` を使った `this` の指定は単に無視されます。これは、Arrow Function は `this` を持てないためです。

次のように Arrow Function で定義した関数に対して `call` で `this` を指定しても、`this` の参照先が代わっていなことがあります。同様に `apply` や `bind` メソッドを使った場合も `this` の参照先は変わりません。

```

const fn = () => {
 return this;
};

// Script コンテキストの場合、スクリプト直下の Arrow Function の this は
// グローバルオブジェクト
console.log(fn()); // グローバルオブジェクト
// call で this を {} にしようとしても、this は変わらない
console.log(fn.call({})); // グローバルオブジェクト

```

最初に述べたように `function` キーワードで定義した関数では呼び出し時に、ベースオブジェクトが `this` の値として暗黙的な引数のように渡されます。一方、Arrow Function の関数は呼び出し時に `this` を受け取らず、`this` の参照先は定義時に静的に決定されます。

また、`this` が変わらないのはあくまで Arrow Function で定義した関数だけで、Arrow Function の `this` が参照する「自身の外側のスコープにあるもっとも近い関数の `this` の値」は `call` メソッドで変更できます。

```

const obj = {
 method() {
 const arrowFunction = () => {
 return this;
 };
 return arrowFunction();
 }
};

```

```
// 通常の this は obj.method の this と同じ
console.log(obj.method()); // => obj
// obj.method の this を変更すれば、Arrow Function の this も変更される
console.log(obj.method.call("THAT")); // => "THAT"
```

## 19.6 まとめ

`this` は状況によって異なる値を参照する性質を持ったキーワードであることを紹介しました。その `this` の評価結果をまとめると次の表のようになります。

実行コンテキスト	strict mode	コード	this の評価結果
Script	* ^{*1}	<code>this</code>	globalThis
Script	*	<code>const fn = () =&gt; this</code>	globalThis
Script	NO	<code>const fn = function(){ return this; }</code>	globalThis
Script	YES	<code>const fn = function(){ return this; }</code>	undefined
Script	*	<code>const obj = { method: () =&gt; { return this; } }</code>	globalThis
Module	YES	<code>this</code>	undefined
Module	YES	<code>const fn = () =&gt; this</code>	undefined
Module	YES	<code>const fn = function(){ return this; }</code>	undefined
Module	YES	<code>const obj = { method: () =&gt; { return this; } }</code>	undefined
*	*	<code>const obj = { method(){ return this; } }</code>	obj
*	*	<code>const obj = { method: function(){ return this; } }</code>	obj

実際にブラウザで実行した結果は「[What is 'this' value in JavaScript](#)^{*2}」というサイトで確認できます。

`this` はオブジェクト指向プログラミングの文脈で JavaScript に導入されました。メソッド以外においても `this` は評価できますが、実行コンテキストや strict mode などによって結果が異なり、混乱の元となります。そのため、メソッドではない通常の関数においては `this` を使うべきではありません^{*3}。

また、メソッドにおいても `this` は呼び出し方によって異なる値となり、それにより発生する問題と対処法について紹介しました。コールバック関数における `this` は Arrow Function を使うことでわかりやすく解決できます。この背景には Arrow Function で定義した関数は `this` を持たないという性質があります。

^{*1} *はどの場合でも `this` の評価結果に影響しないということを示しています。

^{*2} <https://azu.github.io/what-is-this/>

^{*3} ES2015 の仕様編集者である Allen Wirfs-Brock 氏もただの関数においては `this` を使うべきではないと述べている。  
<https://twitter.com/awbjs/status/938272440085446657>

## 第20章

### クラス

# Chapter 20

「クラス」と一言にいってもさまざまであるため、ここでは構造、動作、状態を定義できるものを指すことにします。また、この章では概念を示す場合はクラスと呼び、クラスに関する構文（記述するコード）のことを `class` 構文と呼びます。

クラスとは動作や状態を定義した構造です。クラスからはインスタンスと呼ばれるオブジェクトを作成でき、インスタンスはクラスに定義した動作を継承し、状態は動作によって変化します。とても抽象的なことに思えますが、これは今までオブジェクトや関数を使って表現してきたものです。JavaScript では ES2015 より前までは `class` 構文ではなく、関数を使ってクラスのようなものを表現して扱っていました。

ES2015 でクラスを表現するための `class` 構文が導入されましたが、この `class` 構文で定義したクラスは関数オブジェクトの一種です。`class` 構文ではプロトタイプベースの継承の仕組みを使って関数でクラスを表現しています。そのため、`class` 構文はクラスを作るための関数定義や継承をパターン化した書き方と言えます。

また、関数の定義方法として関数宣言文と関数式があるように、クラスにもクラス宣言文とクラス式があります。このように関数とクラスは似ている部分が多いです。

この章では、`class` 構文でのクラスの定義や継承、クラスの性質について学んでいきます。

## 20.1 クラスの定義

クラスを定義するには `class` 構文を使います。クラスの定義方法にはクラス宣言文とクラス式があります。

まずは、クラス宣言文によるクラスの定義方法を見ていきます。

クラス宣言文では `class` キーワードを使い、`class` クラス名`{ }`のようにクラスの構造を定義できます。

クラスは必ずコンストラクタを持ち、`constructor` という名前のメソッドとして定義します。コンストラクタとは、そのクラスからインスタンスを作成する際にインスタンスに関する状態の初期化を行うメソッドです。`constructor` メソッドに定義した処理は、クラスをインスタンス化したときに自動的に呼び出されます。

```
class MyClass {
 constructor() {
```

## 20.2 クラスのインスタンス化

```
// コンストラクタ関数の処理
// インスタンス化されるときに自動的に呼び出される
}
}
```

もうひとつの定義方法であるクラス式は、クラスを値として定義する方法です。クラス式ではクラス名を省略できます。これは関数式における匿名関数と同じです。

```
const MyClass = class MyClass {
 constructor() {}
};

const AnonymousClass = class {
 constructor() {}
};
```

コンストラクタ関数内で、何も処理がない場合はコンストラクタの記述を省略できます。省略した場合でも自動的に空のコンストラクタが定義されるため、クラスにはコンストラクタが必ず存在します。

```
class MyClassA {
 constructor() {
 // コンストラクタの処理が必要なら書く
 }
}

// コンストラクタの処理が不要な場合は省略できる
class MyClassB { }
```

## 20.2 クラスのインスタンス化

クラスは `new` 演算子でインスタンスであるオブジェクトを作成できます。`class` 構文で定義したクラスからインスタンスを作成することを **インスタンス化** と呼びます。あるインスタンスが指定したクラスから作成されたものかを判定するには `instanceof` 演算子が利用できます。

```
class MyClass {
}

// MyClass をインスタンス化する
const myClass = new MyClass();
// 毎回新しいインスタンス(オブジェクト)を作成する
const myClassAnother = new MyClass();
// それぞれのインスタンスは異なるオブジェクト
console.log(myClass === myClassAnother); // => false
```

## 第 20 章 クラス

```
// クラスのインスタンスかどうかは instanceof 演算子で判定できる
console.log(myClass instanceof MyClass); // => true
console.log(myClassAnother instanceof MyClass); // => true
```

このままでは何も処理がない空のクラスなので、値を持ったクラスを定義してみましょう。

クラスではインスタンスの初期化処理をコンストラクタ関数で行います。コンストラクタ関数は new 演算子でインスタンス化する際に自動的に呼び出されます。コンストラクタ関数内での this はこれから新しく作るインスタンスオブジェクトとなります。

次のコードでは、x 座標と y 座標の値を持つ Point というクラスを定義しています。コンストラクタ関数 (constructor) の中にインスタンスオブジェクト (this) の x と y プロパティに値を代入して初期化しています。

```
class Point {
 // コンストラクタ関数の仮引数として x と y を定義
 constructor(x, y) {
 // コンストラクタ関数における this はインスタンスを示すオブジェクト
 // インスタンスの x と y プロパティにそれぞれ値を設定する
 this.x = x;
 this.y = y;
 }
}
```

この Point クラスのインスタンスを作成するには new 演算子を使います。new 演算子には関数呼び出しと同じように引数を渡すことができます。new 演算子の引数はクラスの constructor メソッド (コンストラクタ関数) の仮引数に渡されます。そして、コンストラクタの中ではインスタンスオブジェクト (this) の初期化処理を行います。

```
class Point {
 // 2. コンストラクタ関数の仮引数として x には 3、y には 4 が渡る
 constructor(x, y) {
 // 3. インスタンス (this) の x と y プロパティにそれぞれ値を設定する
 this.x = x;
 this.y = y;
 // コンストラクタでは return 文は書かない
 }
}

// 1. コンストラクタを new 演算子で引数とともに呼び出す
const point = new Point(3, 4);
// 4. Point のインスタンスである point の x と y プロパティには初期化された値が入る
console.log(point.x); // => 3
console.log(point.y); // => 4
```

## 20.2 クラスのインスタンス化

このようにクラスからインスタンスを作成するには必ず `new` 演算子を使います。

一方、クラスは通常の関数として呼ぶことができません。これは、クラスのコンストラクタはインスタンス (`this`) を初期化する場所であり、通常の関数とは役割が異なるためです。

```
class MyClass {
 constructor() {}
}
// クラスは関数として呼び出すことはできない
MyClass(); // => TypeError: class constructors must be invoked with |new|
```

また、コンストラクタは初期化処理を書く場所であるため、`return` 文で値を返すべきではありません。JavaScript では、コンストラクタ関数が任意のオブジェクトを返すことが可能ですが、行うべきではありません。なぜなら、コンストラクタは `new` 演算子で呼び出し、その評価結果はクラスのインスタンスを期待するのが一般的であるためです。

次のコードのようにコンストラクタで返した値が `new` 演算子で呼び出した際の返り値となります。このような書き方は混乱を生むため避けるべきです。

```
// 非推奨の例: コンストラクタで値を返すべきではない
class Point {
 constructor(x, y) {
 // this の代わりにただのオブジェクトを返せる
 return { x, y };
 }
}

// new 演算子の結果はコンストラクタ関数が返したただのオブジェクト
const point = new Point(3, 4);
console.log(point); // => { x: 3, y: 4 }
// Point クラスのインスタンスではない
console.log(point instanceof Point); // => false
```

#### クラス名は大文字ではじめる

JavaScript では慣習としてクラス名には大文字ではじまる名前をつけます。これは、変数名にキャメルケースを使う慣習があるのと同じで、名前自体に特別なルールがあるわけではありません。クラス名を大文字にしておき、そのインスタンスは小文字で開始すれば名前が被らないという合理的な理由で好まれています。



```
class Thing {}
const thing = new Thing();
```

## 第 20 章 クラス

## class 構文と関数でのクラスの違い

ES2015 より前はこれらのクラスを `class` 構文ではなく、関数で表現していました。その表現方法は人によってさまざまですが、これも `class` 構文という統一した記法が導入された理由の 1 つです。

次のコードは、関数でクラスを実装した 1 つの例です。この関数でのクラス表現は、継承の仕組みなどは省かれていますが、`class` 構文とよく似ています。

```
// コンストラクタ関数
const Point = function PointConstructor(x, y) {
 // インスタンスの初期化処理
 this.x = x;
 this.y = y;
};

// new 演算子でコンストラクタ関数から新しいインスタンスを作成
const point = new Point(3, 4);

大きな違いとして、class 構文で定義したクラスは関数として呼び出すことができません。クラスは new 演算子でインスタンス化して使うものなので、これはクラスの誤用を防ぐ仕様です。
一方、関数でのクラス表現はただの関数なので、当然関数として呼び出せます。

// 関数でのクラス表現
function MyClassLike() {
}

// 関数なので関数として呼び出せる
MyClassLike();

// class 構文でのクラス
class MyClass {
}
// クラスは関数として呼び出すと例外が発生する
MyClass(); // => TypeError: class constructors must be invoked with |new|
```

このように、関数でクラスのようなものを実装した場合には、関数として呼び出してしまう問題があります。このような問題を避けるためにもクラスは `class` 構文を使って実装します。

## 20.3 クラスのプロトタイプメソッドの定義

クラスの動作はメソッドによって定義できます。`constructor` メソッドは初期化時に呼ばれる特殊なメソッドですが、`class` 構文ではクラスに対して自由にメソッドを定義できます。このクラスに定義したメソッドは作成したインスタンスが持つ動作となります。

## 20.3 クラスのプロトタイプメソッドの定義

次のように `class` 構文ではクラスに対してメソッドを定義できます。メソッドの中からクラスのインスタンスを参照するには、`constructor` メソッドと同じく `this` を使います。このクラスのメソッドにおける `this` は「[関数と this](#)」の章で学んだメソッドと同じくベースオブジェクトを参照します。

```
class クラス {
 メソッド() {
 // ここで this はベースオブジェクトを参照
 }
}

const インスタンス = new クラス();
// メソッド呼び出しのベースオブジェクト(this) はインスタンスとなる
インスタンス.メソッド();
```

クラスのプロトタイプメソッド定義では、オブジェクトにおけるメソッドとは異なり `key : value` のように：区切りでメソッドを定義できないことに注意してください。つまり、次のような書き方は構文エラー（`SyntaxError`）となります。

```
// クラスでは次のようにメソッドを定義できない
class クラス {
 // SyntaxError
 メソッド: () => {}
 // SyntaxError
 メソッド: function(){}
}
```

このメソッド定義の構文でクラスに対して定義したメソッドは、クラスの各インスタンスから**共有されるメソッド**となります。このインスタンス間で共有されるメソッドのことを**プロトタイプメソッド**と呼びます。

次のコードでは、`Counter` クラスに `increment` メソッドを定義しています。このときの `Counter` クラスのインスタンスは、それぞれ別々の状態（`count` プロパティ）を持ちます。

```
class Counter {
 constructor() {
 this.count = 0;
 }
 // increment メソッドをクラスに定義する
 increment() {
 // this は Counter のインスタンスを参照する
 this.count++;
 }
}
const counterA = new Counter();
```

## 第 20 章 クラス

```
const counterB = new Counter();
// counterA.increment() のベースオブジェクトは counterA インスタンス
counterA.increment();
// 各インスタンスの持つプロパティ(状態)は異なる
console.log(counterA.count); // => 1
console.log(counterB.count); // => 0
```

このときの `increment` メソッドはプロトタイプメソッドとして定義されています。プロトタイプメソッドは各インスタンス間 (`counterA` と `counterB`) で共有されます。そのため、次のように各インスタンスの `increment` メソッドの参照先は同じとなっていることがわかります。

```
class Counter {
 constructor() {
 this.count = 0;
 }
 increment() {
 this.count++;
 }
}
const counterA = new Counter();
const counterB = new Counter();
// 各インスタンスオブジェクトのメソッドは共有されている(同じ関数を参照している)
console.log(counterA.increment === counterB.increment); // => true
```

プロトタイプメソッドがなぜインスタンス間で共有されているのかは、クラスの継承の仕組みと密接に関係しています。プロトタイプメソッドの仕組みについては後ほど解説します。

ここでは、次のような構文でクラスにメソッドを定義すると、各インスタンスで共有されるプロトタイプメソッドとして定義されるということが理解できていれば問題ありません。

```
class クラス {
 メソッド() {
 // このメソッドはプロトタイプメソッドとして定義される
 }
}
```

## 20.4 クラスのアクセサプロパティの定義

クラスに対してメソッドを定義できますが、メソッドはインスタンス名. メソッド名 () のように呼び出す必要があります。クラスでは、プロパティの参照 (getter)、プロパティへの代入 (setter) 時に呼び出される特殊なメソッドを定義できます。このメソッドはプロパティのように振る舞うためアクセサプロパティと呼ばれます。

次のコードでは、プロパティの参照 (getter)、プロパティへの代入 (setter) に対するアクセサプロ

## 20.4 クラスのアクセッサプロパティの定義

パティを定義しています。アクセッサプロパティはメソッド名（プロパティ名）の前に `get` または `set` をつけるだけです。`getter (get)` には仮引数はありませんが、必ず値を返す必要があります。`setter (set)` の仮引数にはプロパティへ代入する値が入りますが、値を返す必要はありません。

```
class クラス {
 // getter
 get プロパティ名 () {
 return 値;
 }
 // setter
 set プロパティ名 (仮引数) {
 // setter の処理
 }
}
const インスタンス = new クラス ();
インスタンス.プロパティ名; // getter が呼び出される
インスタンス.プロパティ名 = 値; // setter が呼び出される
```

次のコードでは、`NumberWrapper` クラスの `value` プロパティをアクセッサプロパティとして定義しています。`value` プロパティへアクセスした際にそれぞれ定義した `getter` と `setter` が呼ばれているのがわかります。このアクセッサプロパティで実際に読み書きされているのは、`NumberWrapper` インスタンスの `_value` プロパティとなります。

```
class NumberWrapper {
 constructor(value) {
 this._value = value;
 }
 // _value プロパティの値を返す getter
 get value() {
 console.log("getter");
 return this._value;
 }
 // _value プロパティに値を代入する setter
 set value(newValue) {
 console.log("setter");
 this._value = newValue;
 }
}

const numberWrapper = new NumberWrapper(1);
// "getter"とコンソールに表示される
console.log(numberWrapper.value); // => 1
```

## 第 20 章 クラス

```
// "setter"とコンソールに表示される
numberWrapper.value = 42;
// "getter"とコンソールに表示される
console.log(numberWrapper.value); // => 42
```

（アンダーバー）から始まるプロパティ名

NumberWrapper の value のアクセッサプロパティで実際に読み書きしているのは、_value プロパティです。このように、外から直接読み書きしてほしくないプロパティを_（アンダーバー）から始まる名前にするのはただの習慣であるため、構文としての意味はありません。ECMAScript 2022 から、外から直接読み書きしてほしくないプライベートなプロパティを定義する Private クラスフィールド構文が追加されました。Private クラスフィールド構文では#（ハッシュ）記号をプロパティ名の前につけます。そのため、外から直接読み書きしてほしくないプロパティを_からはじめるという慣習は、Private クラスフィールド構文の利用が進むにつれて使われなくなっていくと考えています。

Private クラスフィールド構文については、この後に解説します。

**20.4.1 Array.prototype.length をアクセッサプロパティで再現する**

getter や setter を利用しないと実現が難しいものとして、Array.prototype.length プロパティがあります。Array の length プロパティへ値を代入すると、そのインデックス以降の要素は自動的に削除される仕様になっています。

次のコードでは、配列の要素数（length プロパティ）を小さくすると配列の要素が削除されています。

```
const array = [1, 2, 3, 4, 5];
// 要素数を減らすと、インデックス以降の要素が削除される
array.length = 2;
console.log(array.join(", ")); // => "1, 2"
// 要素数だけを増やしても、配列の中身は空要素が増えるだけ
array.length = 5;
console.log(array.join(", ")); // => "1, 2, , , "
```

この length プロパティの挙動を再現する `ArrayLike` クラスを実装してみます。Array の length プロパティは、length プロパティへ値を代入した際に次のことを行っています。

- 現在要素数より小さな要素数が指定された場合、その要素数を変更し、配列の末尾の要素を削除する
- 現在要素数より大きな要素数が指定された場合、その要素数だけを変更し、配列の実際の要素はそのままにする

`ArrayLike` の length プロパティの setter で要素の追加や削除を実装することで、配列のような

## 20.4 クラスのアクセサプロパティの定義

`length` プロパティを実装できます。

```
/**
 * 配列のような length を持つクラス
 */
class ArrayLike {
 constructor(items = []) {
 this._items = items;
 }

 get items() {
 return this._items;
 }

 get length() {
 return this._items.length;
 }

 set length(newLength) {
 const currentItemLength = this.items.length;
 // 現在要素数より小さな newLength が指定された場合、指定した要素数となるように
 // 末尾を削除する
 if (newLength < currentItemLength) {
 this._items = this.items.slice(0, newLength);
 } else if (newLength > currentItemLength) {
 // 現在要素数より大きな newLength が指定された場合、指定した要素数となる
 // ように末尾に空要素を追加する
 this._items = this.items.concat(new Array(newLength -
 currentItemLength));
 }
 }
}

const arrayLike = new ArrayLike([1, 2, 3, 4, 5]);
// 要素数を減らすとインデックス以降の要素が削除される
arrayLike.length = 2;
console.log(arrayLike.items.join(", ")); // => "1, 2"
// 要素数を増やすと末尾に空要素が追加される
arrayLike.length = 5;
console.log(arrayLike.items.join(", ")); // => "1, 2, , , "
```

## 第 20 章 クラス

このようにアクセサプロパティでは、プロパティのようでありながら実際にアクセスした際には他のプロパティと連動する動作を実現できます。

## 20.5 Public クラスフィールド ES2022

クラスでは、`constructor` メソッドの中でクラスの状態であるインスタンスのプロパティの初期化することを紹介しました。先ほども紹介した `Counter` クラスでは、`constructor` メソッドの中で `count` プロパティの初期値を `0` として定義しています。

```
class Counter {
 constructor() {
 this.count = 0;
 }
 increment() {
 this.count++;
 }
}
```

この `Counter` では `new` 演算子で何も引数を渡すことなく初期化するため、`constructor` メソッドには仮引数を定義していません。このような場合でも、`constructor` メソッドを書かないとプロパティの初期化ができないためわざわざしという問題がありました。

ES2022 で、クラスのインスタンスが持つプロパティの初期化をわかりやすく宣言的にする構文として、**クラスフィールド**構文が追加されました。

クラスフィールドは、クラスのインスタンスが持つプロパティを定義する次のような構文です。

```
class クラス {
 プロパティ名 = プロパティの初期値;
}
```

クラスフィールドを使って先ほどの `Counter` クラスを書き直してみると次のようになります。`count` プロパティをクラスフィールドとして定義して、その初期値は `0` としています。

```
class Counter {
 count = 0;
 increment() {
 this.count++;
 }
}
const counter = new Counter();
counter.increment();
console.log(counter.count); // => 1
```

クラスフィールドで定義するのは、クラスのインスタンスが持つプロパティです。そのため、

`constructor` メソッドの中で `this.count = 0` のように定義した場合と結果的にはほとんど同じ意味となります。クラスフィールドで定義したプロパティは、クラス内から他のプロパティと同じように `this.` プロパティ名で参照できます。

クラスフィールドは `constructor` メソッドでの初期化と併用が可能です。次のコードでは、クラスフィールドと `constructor` メソッドでそれぞれインスタンスのプロパティを定義しています。

```
// 別々のプロパティ名はそれぞれ定義される
class MyClass {
 publicField = 1;
 constructor(arg) {
 this.property = arg;
 }
}
const myClass = new MyClass(2);
console.log(myClass.publicField); // => 1
console.log(myClass.property); // => 2
```

また、クラスフィールドでの初期化処理が行われ、その後 `constructor` でのプロパティの定義という処理順となります。そのため、同じプロパティ名への定義がある場合は、`constructor` メソッド内での定義でプロパティは上書きされます。

```
// 同じプロパティ名の場合は、constructor での代入が後となる
class OwnClass {
 publicField = 1;
 constructor(arg) {
 this.publicField = arg;
 }
}
const ownClass = new OwnClass(2);
console.log(ownClass.publicField); // => 2
```

この `publicField` プロパティのように、クラスの外からアクセスできるプロパティを定義するクラスフィールドを **Public クラスフィールド** と呼びます。

### 20.5.1 クラスフィールドを使ってプロパティの存在を宣言する

クラスフィールドでは、プロパティの初期値は省略可能となっています。そのため、次のように初期値を省略した Public クラスフィールドも定義できます。

```
class MyClass {
 // myProperty は undefined で初期化される
 myProperty;
}
```

## 第 20 章 クラス

このときの `myProperty` は `undefined` で初期化されます。この初期値を省略したクラスフィールドの定義は、クラスのインスタンスが持つプロパティを明示するために利用できます。

次の `Loader` クラスは、`load` メソッドを呼び出すまでは、`loadedContent` プロパティの値は `undefined` です。クラスフィールドを使えば、`Loader` クラスのインスタンスは、`loadedContent` というプロパティを持っていることを宣言的に表現できます。

```
class Loader {
 loadedContent;
 load() {
 this.loadedContent = "読み込んだコンテンツ内容";
 }
}
```

JavaScript では、オブジェクトのプロパティは初期化時に存在していなくても、後から代入すれば作成できてしまいます。そのため、次のように `Loader` クラスを実装しても意味は同じです。

```
class Loader {
 load() {
 this.loadedContent = "読み込んだコンテンツ内容";
 }
}
```

しかし、このように実装してしまうと `Loader` クラスを利用する側は、`loadedContent` プロパティの存在を `load` メソッドの中まで読まないとわからないという問題があります。これに対して、クラスフィールドを使って「`Loader` クラスは `loadedContent` というプロパティを持っている」ということを宣言的に表現できます。宣言的にプロパティを定義することで、エディターでのコード補完が可能になったり、コードを読む人に優しいというメリットがあります。

### 20.5.2 クラスフィールドでの `this` はクラスのインスタンスを示す

クラスフィールドの初期値には任意の式が書け、`this` も利用できます。クラスフィールドでの `this` は、そのクラスのインスタンスを参照します。

次のコードでは、`up` フィールドの初期値に `increment` メソッドを指定しています。JavaScript では関数も値として扱えるため、`up` メソッドを呼び出すと `increment` メソッドが呼び出されます。

```
class Counter {
 count = 0;
 // up は increment メソッドを参照している
 up = this.increment;
 increment() {
 this.count++;
 }
}
```

```
const counter = new Counter();
counter.up(); // 結果的には increment メソッドが呼び出される
console.log(counter.count); // => 1
```

クラスフィールドでの `this` は、Arrow Function と組み合わせると強力です。

次のコードでは、`up` メソッドに `this.increment` メソッドを呼び出す関数を Arrow Function 定義しています。Arrow Function で定義した関数における `this` は、どのような呼び出し方をしても変化しません（「[Arrow Function でコールバック関数を扱う](#)」を参照）。そのため、`up` メソッドはどのような呼び方をした場合でも `this` がクラスのインスタンスとなるため、確実に `increment` メソッドを呼び出せます。

```
class Counter {
 count = 0;
 // クラスフィールドでの this はクラスのインスタンスとなる
 // up メソッドは、クラスのインスタンスに定義される
 up = () => {
 this.increment();
 };
 increment() {
 this.count++;
 }
}
const counter = new Counter();
// Arrow Function なので、this はクラスのインスタンスに固定されている
const up = counter.up;
up();
console.log(counter.count); // => 1
// 通常のメソッド定義では、this が undefined となってしまうため例外が発生する
const increment = counter.increment;
increment(); // Error: Uncaught TypeError: this is undefined
```

#### クラスフィールドとインスタンスのプロパティの違い

クラスフィールドで定義したプロパティやメソッドは、クラスのインスタンスにプロパティとして定義されます。そのため、クラスフィールドは、`constructor` の中で `this` に対してプロパティを追加するのと意味的にはほぼ同じで、見た目がわかりやすくなった構文と捉えることができます。

```
class ExampleClass {
 fieldMethod = () => {
 console.log("クラスフィールドで定義されたメソッド");
```

## 第 20 章 クラス

```

 };
constructor() {
 this.propertyMethod = () => {
 console.log("インスタンスにプロパティとして定義されたメソッド");
 };
}
}

```

しかし、厳密にはこのふたつのプロパティ定義には異なる点はあります。次のように、クラスフィールドと `constructor` の中で `this` に追加するプロパティ名に対する `setter` を定義してみるとこの違いがわかります。

```

class ExampleClass {
 field = "フィールド";
constructor() {
 this.property = "コンストラクタ";
}
// クラスフィールド名に対応する setter
set field(value) {
 console.log("field で定義された値", value);
}
// this のプロパティ名に対応する setter
set property(value) {
 console.log("constructor で代入された値", value);
}
}
// set field は呼び出されない
// 一方で、set property は呼び出される
const example = new ExampleClass();

```

クラスフィールド名に対する `setter` は呼び出されないのでに対して、`this.property` への代入に対する `setter` は呼び出されています。これは、クラスフィールドは `=` を使った代入で定義されるのではなく、`Object.defineProperty` メソッドを使ってプロパティが定義されるという違いがあります。`Object.defineProperty` を使ったプロパティの定義では、`setter` は無視してプロパティが定義されます。`setter` は `=` での代入に反応します。そのため、`constructor` の中での `this.property` への代入に対しては `setter` が呼び出されます。

同じプロパティの定義であっても、プロパティの定義の仕組みが微妙に異なる点から、このような挙動の違いが存在しています。しかし、この違いを意識するようなコードを書くことは避けたほうが安全です。実際に見た目からこの違いを意識するのは難しく、それを意識させるようなコードは複雑性が高いためです。

## 20.6 Private クラスフィールド **ES2022**

クラスフィールド構文で次のように書くと、定義したプロパティはクラスのインスタンス化した後に外からも参照できます。そのため、Public クラスフィールドと呼ばれます。

```
class クラス {
 プロパティ名 = プロパティの初期値;
}
```

一方で外からアクセスされたくないインスタンスのプロパティも存在します。そのようなプライベートなプロパティを定義する構文も ES2022 で追加されています。

Private クラスフィールドは、次のように # をフィールド名の前につけたクラスフィールドを定義します。

```
class クラス {
 // プライベートなプロパティは # をつける
 #フィールド名 = プロパティの初期値;
}
```

定義した Private クラスフィールドは、`this.#フィールド名` で参照できます。

```
class PrivateExampleClass {
 #privateField = 42;
 dump() {
 // Private クラスフィールドはクラス内からのみ参照できる
 console.log(this.#privateField); // => 42
 }
}
const privateExample = new PrivateExampleClass();
privateExample.dump();
```

もう少し具体的な Private クラスフィールドの使い方を見ていきます。

アクセサプロパティの例でも登場した `NumberWrapper` を Private クラスフィールドを使って書き直してみます。元々の `NumberWrapper` クラスでは、`_value` プロパティに実際の値を読み書きしていました。この場合、`_value` プロパティは、外からもアクセスできてしまうため、定義した getter と setter が無視できてしまいます。

```
class NumberWrapper {
 // Public クラスフィールドなのでクラスの外からアクセスができる
 _value;
 constructor(value) {
 this._value = value;
```

## 第 20 章 クラス

```

 }
 // _value プロパティの値を返す getter
 get value() {
 return this._value;
 }
 // _value プロパティに値を代入する setter
 set value(newValue) {
 this._value = newValue;
 }
}
const numberWrapper = new NumberWrapper(1);
// _value プロパティは外からもアクセスできる
console.log(numberWrapper._value); // => 1

```

Private クラスフィールドでは、外からアクセスされたくないプロパティを#をつけてクラスフィールドとして定義します。次のコードでは、#value はプライベートプロパティとなっているため、構文エラーが発生し外からアクセスできなくなることが確認できます。Private クラスフィールドを使うことで、クラスを利用する際は getter と setter を経由しないと#value を参照できなくなりました。

```

class NumberWrapper {
 // value は Private クラスフィールドとして定義
 #value;
 constructor(value) {
 this.#value = value;
 }
 // #value フィールドの値を返す getter
 get value() {
 return this.#value;
 }
 // #value フィールドに値を代入する setter
 set value(newValue) {
 this.#value = newValue;
 }
}

const numberWrapper = new NumberWrapper(1);
// クラスの外から Private クラスフィールドには直接はアクセスできない
console.log(numberWrapper.#value); // => SyntaxError: reference to undeclared
 // private field or method #value

```

Private クラスフィールドを使うことで、クラスの外からアクセスさせたくないプロパティを宣言できます。これは、実装したクラスの意図しない使われ方を防いだり、クラスの外からプロパティの状態

を直接書き換えるといった行為を防げます。

また、Private クラスフィールドでは、途中から値が入る場合でもフィールドの宣言が必須となっています。次のコードでは、`#loadedContent` に実際に値が入るのは `load` メソッドが呼び出されたときです。Public クラスフィールドではフィールドの定義は省略可能でしたが、Private クラスフィールドでは`#loadedContent` フィールドの定義が必須となっています。言い換えると、Private クラスフィールドでは、クラスを定義した段階でクラスに存在するすべての Private クラスフィールドを明示する必要があります。

```
class PrivateLoader {
 // 途中で値が入る場合でも最初に undefined で初期化されるフィールドの定義が必須
 #loadedContent;
 load() {
 this.#loadedContent = "読み込んだコンテンツ内容";
 }
}
```

## 20.7 静的メソッド

インスタンスマソッドは、クラスをインスタンス化して利用します。一方、クラスをインスタンス化せずに利用できる静的メソッド（クラスメソッド）もあります。

静的メソッドの定義方法はメソッド名の前に、`static` をつけるだけです。

```
class クラス {
 static メソッド() {
 // 静的メソッドの処理
 }
}
// 静的メソッドの呼び出し
クラス.メソッド();
```

次のコードでは、配列をラップする `ArrayWrapper` というクラスを定義しています。`ArrayWrapper` はコンストラクタの引数として配列を受け取って初期化しています。このクラスに配列ではなく要素そのものを引数に受け取ってインスタンス化できる `ArrayWrapper.of` という静的メソッドを定義します。

```
class ArrayWrapper {
 constructor(array = []) {
 this.array = array;
 }

 // rest parameters として要素を受け取ける
 static of(...items) {
 return new ArrayWrapper(items);
 }
}
```

## 第 20 章 クラス

```
}

get length() {
 return this.array.length;
}
}

// 配列を引数として渡している
const arrayWrapperA = new ArrayWrapper([1, 2, 3]);
// 要素を引数として渡している
const arrayWrapperB = ArrayWrapper.of(1, 2, 3);
console.log(arrayWrapperA.length); // => 3
console.log(arrayWrapperB.length); // => 3
```

クラスの静的メソッドにおける `this` は、そのクラス自身を参照します。そのため、先ほどのコードは `new ArrayWrapper` の代わりに `new this` と書くこともできます。

```
class ArrayWrapper {
 // new 演算子で引数が渡されたなかった場合の初期値は空配列
 constructor(array = []) {
 this.array = array;
 }

 static of(...items) {
 // this は ArrayWrapper を参照する
 return new this(items);
 }

 get length() {
 return this.array.length;
 }
}

const arrayWrapper = ArrayWrapper.of(1, 2, 3);
console.log(arrayWrapper.length); // => 3
```

このように静的メソッドでの `this` はクラス自身を参照するため、クラスのインスタンスは参照できません。そのため静的メソッドは、クラスのインスタンスを作成する処理やクラスに関係する処理を書くために利用されます。

## 20.8 プロトタイプに定義したメソッドとインスタンスに定義したメソッドの違い

### 20.7.1 静的クラスフィールド ES2022

ES2022 で追加されたクラスフィールドも、インスタンスではなくクラス自体に定義する静的クラスフィールドが利用できます。

静的クラスフィールドはフィールドの前に、`static` をつけるだけです。静的クラスフィールドで定義したプロパティは、クラス自体のプロパティとして定義されます。次のコードでは、Public 静的クラスフィールドを使って `Colors` クラス自体にプロパティを定義しています。

```
class Colors {
 static GREEN = "緑";
 static RED = "赤";
 static BLUE = "青";
}
// クラスのプロパティとして参照できる
console.log(Colors.GREEN); // => "緑"
```

また、Private クラスフィールドも静的に利用できます。Private 静的クラスフィールドは、クラス自体にプロパティを定義したいが、そのプロパティを外から参照されたくない場合に利用します。Private 静的クラスフィールドはフィールドの前に、`static` をつけるだけです。

```
class MyClass {
 static #privateClassProp = "This is private";
 static outputPrivate() {
 // クラス内からは Private 静的クラスフィールドで定義したプロパティを参照できる
 console.log(this.#privateClassProp);
 }
}
MyClass.outputPrivate();
```

## 20.8 プロトタイプに定義したメソッドとインスタンスに定義したメソッドの違い

ここまでで、プロトタイプメソッドの定義とクラスフィールドを使ったインスタンスに対するメソッドの定義の 2 種類を見てきました。プロトタイプメソッドの定義方法は、メソッドをプロトタイプオブジェクトという特殊なオブジェクトに定義します。一方で、クラスフィールドで定義したメソッドは、クラスのインスタンスに対してメソッドを定義します。

どちらのメソッド定義方法でも、`new` 演算子でインスタンス化したオブジェクトからメソッドを呼び出すことができる点は同じです。

```
class ExampleClass {
 // クラスフィールドを使い、インスタンスにメソッドを定義
```

## 第 20 章 クラス

```

instanceMethod = () => {
 console.log("インスタンスマソッド");
};

// メソッド構文を使い、プロトタイプオブジェクトにメソッドを定義
prototypeMethod() {
 console.log("プロトタイプメソッド");
}

const example = new ExampleClass();
// どちらのメソッドもインスタンスから呼び出せる
example.instanceMethod();
example.prototypeMethod();

```

しかしこの 2 つのメソッドの定義方法は、メソッドを定義先となるオブジェクトが実際に異なります。

まず、この 2 種類のメソッドがそれぞれ別の場所へと定義されていることを見ていきます。次のコードでは、`ConflictClass` クラスに `method` という同じ名前のメソッドをプロトタイプメソッドとインスタンスに対してそれぞれ定義しています。

```

class ConflictClass {
 // インスタンスオブジェクトに method を定義
 method = () => {
 console.log("インスタンスオブジェクトのメソッド");
 };

 // クラスのプロトタイプメソッドとして method を定義
 method() {
 console.log("プロトタイプのメソッド");
 }
}

const conflict = new ConflictClass();
conflict.method(); // どちらの method が呼び出される？

```

結論から述べると、この場合はインスタンスオブジェクトに定義した `method` が呼び出されます。このとき、インスタンスの `method` プロパティを `delete` 演算子で削除すると、今度はプロトタイプメソッドの `method` が呼び出されます。

```

class ConflictClass {
 // インスタンスオブジェクトに method を定義
 method = () => {
 console.log("インスタンスオブジェクトのメソッド");
 };
}

```

```

};

method() {
 console.log("プロトタイプメソッド");
}
}

const conflict = new ConflictClass();
conflict.method(); // "インスタンスオブジェクトのメソッド"
// インスタンスの method プロパティを削除
delete conflict.method;
conflict.method(); // "プロトタイプメソッド"

```

この実行結果から次のことがわかります。

- プロトタイプメソッドとインスタンスオブジェクトのメソッドは上書きされずにどちらも定義されている
- インスタンスオブジェクトのメソッドがプロトタイプオブジェクトのメソッドよりも優先して呼ばれている

どちらも注意深く意識しないと気づきにくいですが、この挙動は JavaScript の重要な仕組みであるため理解することは重要です。

この挙動はプロトタイプオブジェクトと呼ばれる特殊なオブジェクトとプロトタイプチェーンと呼ばれる仕組みで成り立っています。どちらもプロトタイプについていることからわかるように、2つで1組のような仕組みです。

次のセクションでは、プロトタイプオブジェクトとプロトタイプチェーンとはどのような仕組みなのかを見ていきます。

## 20.9 プロトタイプオブジェクト

プロトタイプメソッドとインスタンスオブジェクトのメソッドを同時に定義しても、互いのメソッドは上書きされるわけではありません。なぜなら、プロトタイプメソッドはプロトタイプオブジェクトへ、インスタンスオブジェクトのメソッドはインスタンスオブジェクトへそれぞれ定義されるためです。

プロトタイプオブジェクトについては「[プロトタイプオブジェクト](#)」の章で簡単に紹介していましたが、改めて解説していきます。

プロトタイプオブジェクトとは、JavaScript の関数オブジェクトの `prototype` プロパティに自動的に作成される特殊なオブジェクトです。クラスも一種の関数オブジェクトであるため、自動的に `prototype` プロパティにプロトタイプオブジェクトが作成されています。

次のコードでは、関数やクラス自身の `prototype` プロパティに、プロトタイプオブジェクトが自動的に作成されていることがわかります。

```

function fn() {
}

```

## 第 20 章 クラス

```
// prototype プロパティにプロトタイプオブジェクトが存在する
console.log(typeof fn.prototype === "object"); // => true

class MyClass {
}

// prototype プロパティにプロトタイプオブジェクトが存在する
console.log(typeof MyClass.prototype === "object"); // => true
```

`class` 構文のメソッド定義は、このプロトタイプオブジェクトのプロパティとして定義されます。次のコードでは、クラスのメソッドがプロトタイプオブジェクトに定義されていることを確認できます。また、クラスには `constructor` メソッド（コンストラクタ）が必ず定義されます。この `constructor` メソッドもプロトタイプオブジェクトに定義されており、この `constructor` プロパティはクラス自身を参照します。

```
class MyClass {
 method() {}
}

console.log(typeof MyClass.prototype.method === "function"); // => true
// クラスの constructor はクラス自身を参照する
console.log(MyClass.prototype.constructor === MyClass); // => true
```

このように、プロトタイプメソッドはプロトタイプオブジェクトに定義され、インスタンスオブジェクトのメソッドとは異なるオブジェクトに定義されています。そのため、それぞれの方法でメソッドを定義しても、上書きされることはありません。

## 20.10 プロトタイプチェーン

`class` 構文で定義したプロトタイプメソッドはプロトタイプオブジェクトに定義されます。しかし、インスタンス（オブジェクト）にはメソッドが定義されていないのに、インスタンスからクラスのプロトタイプメソッドを呼び出せます。

```
class MyClass {
 method() {
 console.log("プロトタイプのメソッド");
 }
}
const instance = new MyClass();
instance.method(); // "プロトタイプのメソッド"
```

インスタンスからプロトタイプメソッドを呼び出せるのはプロトタイプチェーンと呼ばれる仕組みによるものです。プロトタイプチェーンは 2 つの処理から成り立ちます。

- インスタンス作成時に、インスタンスの`[[Prototype]]` 内部プロパティへプロトタイプオブジェクトの参照を保存する処理
- インスタンスからプロパティ（またはメソッド）を参照するときに、`[[Prototype]]` 内部プロパティまで探索する処理

### 20.10.1 インスタンス作成とプロトタイプチェーン

クラスから `new` 演算子によってインスタンスを作成する際に、インスタンスにはクラスのプロトタイプオブジェクトへの参照が保存されます。このとき、インスタンスからクラスのプロトタイプオブジェクトへの参照は、インスタンスオブジェクトの`[[Prototype]]` という内部プロパティに保存されます。

`[[Prototype]]` 内部プロパティは ECMAScript の仕様で定められた内部的な表現であるため、通常のプロパティのようにアクセスできません。ここでは説明のために、`[[プロパティ名]]` という書式で ECMAScript の仕様上に存在する内部プロパティを表現しています。

`[[Prototype]]` 内部プロパティへプロパティのようにアクセスできませんが、`Object.getPrototypeOf` メソッドで `[[Prototype]]` 内部プロパティを参照できます。

次のコードでは、`instance` オブジェクトの`[[Prototype]]` 内部プロパティを取得しています。その取得した結果がクラスのプロトタイプオブジェクトを参照していることを確認できます。

```
class MyClass {
 method() {
 console.log("プロトタイプのメソッド");
 }
}

const instance = new MyClass();
// instance の [[Prototype]] 内部プロパティは MyClass.prototype と一致する
const MyClassPrototype = Object.getPrototypeOf(instance);
console.log(MyClassPrototype === MyClass.prototype); // => true
```

ここで重要なのは、インスタンスはどのクラスから作られたかやそのクラスのプロトタイプオブジェクトを知っているということです。

[[Prototype]] 内部プロパティを読み書きする  
 `Object.getPrototypeOf`(オブジェクト) でオブジェクトの`[[Prototype]]` を読み取ることができます。一方、`Object.setPrototypeOf`(オブジェクト, プロトタイプオブジェクト) でオブジェクトの`[[Prototype]]` にプロトタイプオブジェクトを設定できます。また、`[[Prototype]]` 内部プロパティを通常のプロパティのように扱える`__proto__` という特殊なアクセサプロパティが存在します。

しかし、これらの`[[Prototype]]` 内部プロパティを直接読み書きすることは通常の用途では行いません。また、既存のビルトインオブジェクトの動作なども変更できるため、不用意に扱うべきではないでしょう。

### 20.10.2 プロパティの参照とプロトタイプチェーン

プロトタイプオブジェクトのプロパティがどのようにインスタンスから参照されるかを見ていきましょう。

オブジェクトのプロパティを参照するときに、オブジェクト自身がプロパティを持っていない場合でも、そこで探索が終わるわけではありません。オブジェクトの [[Prototype]] 内部プロパティ（仕様上の内部的なプロパティ）の参照先であるプロトタイプオブジェクトに対しても探索を続けます。これは、スコープに指定した識別子の変数がなかった場合に外側のスコープへと探索するスコープチェーンと良く似た仕組みです。

つまり、オブジェクトがプロパティを探索するときは次のような順番で、それぞれのオブジェクトを調べます。すべてのオブジェクトにおいて見つからなかった場合の結果は `undefined` を返します。

1. `instance` オブジェクト自身
2. `instance` オブジェクトの [[Prototype]] の参照先（プロトタイプオブジェクト）
3. どこにもなかった場合は `undefined`

次のコードでは、インスタンスオブジェクト自身は `method` プロパティを持っていません。そのため、実際に参照しているのはクラスのプロトタイプオブジェクトの `method` プロパティです。

```
class MyClass {
 method() {
 console.log("プロトタイプのメソッド");
 }
}

const instance = new MyClass();
// インスタンスにはmethod プロパティがないため、プロトタイプオブジェクトのmethod が
// 参照される
instance.method(); // "プロトタイプのメソッド"
// instance.method の参照はプロトタイプオブジェクトの method と一致する
const Prototype = Object.getPrototypeOf(instance);
console.log(instance.method === Prototype.method); // => true
```

このように、インスタンスオブジェクトに `method` が定義されていなくても、クラスのプロトタイプオブジェクトの `method` を呼び出すことができます。このプロパティを参照する際に、オブジェクト自身から [[Prototype]] 内部プロパティへと順番に探す仕組みのことをプロトタイプチェーンと呼びます。

プロトタイプチェーンの仕組みを疑似的なコードとして表現すると次のような動きをしています。

```
// プロトタイプチェーンの動作の疑似的なコード
class MyClass {
 method() {
 console.log("プロトタイプのメソッド");
```

```

 }
}

const instance = new MyClass();
// instance.method() を実行する場合
// 次のような呼び出し処理が行われている
// インスタンスが method プロパティを持っている場合
if (Object.hasOwnProperty(instance, "method")) {
 instance.method();
} else {
 // インスタンスの [[Prototype]] の参照先 (MyClass のプロトタイプオブジェクト) を
 // 取り出す
 const prototypeObject = Object.getPrototypeOf(instance);
 // プロトタイプオブジェクトが method プロパティを持っている場合
 if (Object.hasOwnProperty(prototypeObject, "method")) {
 // this はインスタンス自身を指定して呼び出す
 prototypeObject.method.call(instance);
 }
}

```

プロトタイプチェーンの仕組みによって、プロトタイプオブジェクトに定義したプロトタイプメソッドをインスタンスから呼び出せます。

普段は、プロトタイプオブジェクトやプロトタイプチェーンといった仕組みを意識する必要はありません。class 構文はこのようなプロトタイプを意識せずにクラスを利用できるように導入された構文です。しかし、プロトタイプベースである言語の JavaScript ではクラスをこのようなプロトタイプを使って表現していることは知っておくとよいでしょう。

## 20.11 繙承

`extends` キーワードを使うことで既存のクラスを継承できます。継承とは、クラスの構造や機能を引き継いだ新しいクラスを定義することです。

### 20.11.1 繙承したクラスの定義

`extends` キーワードを使って既存のクラスを継承した新しいクラスを定義してみます。class 構文の右辺に `extends` キーワードで継承元となる親クラス（基底クラス）を指定することで、親クラスを継承した子クラス（派生クラス）を定義できます。

```
class 子クラス extends 親クラス {
```

次のコードでは、Parent クラスを継承した Child クラスを定義しています。子クラスである Child クラスのインスタンス化は通常のクラスと同じく `new` 演算子を使って行います。

## 第 20 章 クラス

```
class Parent {
}
class Child extends Parent {
}
const instance = new Child();
```

## 20.11.2 super

`extends` を使って定義した子クラスから親クラスを参照するには `super` というキーワードを利用します。もっともシンプルな `super` を使う例としてコンストラクタの処理を見ていきます。

`class` 構文でも紹介しましたが、クラスは必ず `constructor` メソッド（コンストラクタ）を持ちます。これは、継承した子クラスでも同じです。

次のコードでは、`Parent` クラスを継承した `Child` クラスのコンストラクタで、`super()` を呼び出しています。`super()` は子クラスから親クラスの `constructor` メソッドを呼び出します。

```
// 親クラス
class Parent {
 constructor(...args) {
 console.log("Parent コンストラクタの処理", ...args);
 }
}
// Parent を継承した Child クラスの定義
class Child extends Parent {
 constructor(...args) {
 // Parent のコンストラクタ処理を呼び出す
 super(...args);
 console.log("Child コンストラクタの処理", ...args);
 }
}
const child = new Child("引数 1", "引数 2");
// "Parent コンストラクタの処理", "引数 1", "引数 2"
// "Child コンストラクタの処理", "引数 1", "引数 2"
```

`class` 構文でのクラス定義では、`constructor` メソッド（コンストラクタ）で何も処理しない場合は省略できることを紹介しました。これは、継承した子クラスでも同じです。

次のコードの `Child` クラスのコンストラクタでは、何も処理を行っていません。そのため、`Child` クラスの `constructor` メソッドの定義を省略できます。

```
class Parent {}
class Child extends Parent {}
```

このように子クラスで `constructor` を省略した場合は次のように書いた場合と同じ意味になります

す。`constructor` メソッドの引数をすべて受け取り、そのまま `super` へ引数の順番を維持して渡します。

```
class Parent {}
class Child extends Parent {
 constructor(...args) {
 super(...args); // 親クラスに引数をそのまま渡す
 }
}
```

### 20.11.3 コンストラクタの処理順は親クラスから子クラスへ

コンストラクタの処理順は、親クラスから子クラスへと順番が決まっています。

`class` 構文では必ず親クラスのコンストラクタ処理 (`super()` の呼び出し) を先に行い、その次に子クラスのコンストラクタ処理を行います。子クラスのコンストラクタでは、`this` を触る前に `super()` で親クラスのコンストラクタ処理を呼び出さないと `ReferenceError` となるためです。

次のコードでは、`Parent` と `Child` でそれぞれインスタンス (`this`) の `name` プロパティに値を書き込んでいます。子クラスでは先に `super()` を呼び出してからでないと `this` を参照できません。そのため、コンストラクタの処理順は `Parent` から `Child` という順番に限定されます。

```
class Parent {
 constructor() {
 this.name = "Parent";
 }
}
class Child extends Parent {
 constructor() {
 // 子クラスでは super() を this に触る前に呼び出さなければならない
 super();
 // 子クラスのコンストラクタ処理
 // 親クラスで書き込まれた name は上書きされる
 this.name = "Child";
 }
}
const parent = new Parent();
console.log(parent.name); // => "Parent"
const child = new Child();
console.log(child.name); // => "Child"
```

### 20.11.4 クラスフィールドの継承

Public クラスフィールドもコンストラクタの処理順と同じく親クラスのフィールドが初期化された後に子クラスのフィールドが初期化されます。Public クラスフィールドは、インスタンスオブジェクトに対してプロパティを定義する構文でした。そのため、親クラスで定義されていたフィールドも、実際にインスタンス化したオブジェクトのプロパティとして定義されます。

```
class Parent {
 parentField = "親クラスで定義したフィールド";
}

// Parent を継承した Child を定義
class Child extends Parent {
 childField = "子クラスで定義したフィールド";
}

const instance = new Child();
console.log(instance.parentField); // => "親クラスで定義したフィールド"
console.log(instance.childField); // => "子クラスで定義したフィールド"
```

同じ名前のフィールドが定義されている場合は、子クラスのフィールド定義で上書きされます。

```
class Parent {
 field = "親クラスで定義したフィールド";
}

// Parent を継承した Child を定義
class Child extends Parent {
 field = "子クラスで定義したフィールド";
}

const instance = new Child();
console.log(instance.field); // => "子クラスで定義したフィールド"
```

Public クラスフィールドは、このように親クラスで定義したフィールドも子クラスに定義されます。一方で、Private クラスフィールドは、このように親クラスで定義したフィールドは子クラスに定義されません。

次のコードでは、親クラスで定義した Private クラスフィールドを子クラスから参照しようとしています。しかし、#parentField は参照できず構文エラーとなることがわかります。

```
class Parent {
 #parentField = "親クラスで定義した Private フィールド";
}

// Parent を継承した Child を定義
class Child extends Parent {
 dump() {
```

```

 console.log(this.#parentField); // => SyntaxError: reference to
 // undeclared private field or method #parentFeild
 }
}

const instance = new Child();
instance.dump();

```

これは、Private クラスフィールドの Private とは各クラスごとの Private を守る目的であるためです。継承したクラスから Private クラスフィールドが利用できてしまうと、Private な情報が子クラスに漏れてしまうためです。JavaScript では、クラスの外に公開したくないが、子クラスからは利用できるようにしたいというような中間の制限を持ったプロパティを定義する構文はありません。

このように子クラスも含むクラスの外からアクセスを厳密に拒否する Private を hard private と呼びます。JavaScript での Private クラスフィールドは hard private となっています。

一方で、子クラスからのアクセスは許可したり、クラス外からのアクセスが可能となるような特例を持つような Private を soft private と呼びます。JavaScript での soft private は、WeakMap や WeakSet を使ってユーザー自身で実装する必要があります（「[Map/Set](#)」の章を参照）。

### 20.11.5 プロトタイプ継承

次のコードでは `extends` キーワードを使って Parent クラスを継承した Child クラスを定義しています。Parent クラスでは `method` を定義しているため、これを継承している Child クラスのインスタンスからも呼び出せます。

```

class Parent {
 method() {
 console.log("Parent.prototype.method");
 }
}

// Parent を継承した Child を定義
class Child extends Parent {
 // method の定義はない
}

// Child のインスタンスは Parent のプロトタイプメソッドを継承している
const instance = new Child();
instance.method(); // "Parent.prototype.method"

```

このように、子クラスのインスタンスから親クラスのプロトタイプメソッドもプロトタイプチェーンの仕組みによって呼び出せます。

`extends` によって継承した場合、子クラスのプロトタイプオブジェクトの `[[Prototype]]` 内部プロパティには親クラスのプロトタイプオブジェクトが設定されます。このコードでは、`Child.prototype` オブジェクトの `[[Prototype]]` 内部プロパティには `Parent.prototype` が設定されます。

これにより、プロパティを参照する場合には次のような順番でオブジェクトを探索しています。

## 第 20 章 クラス

1. instance オブジェクト自身
2. Child.prototype (instance オブジェクトの [[Prototype]] の参照先)
3. Parent.prototype (Child.prototype オブジェクトの [[Prototype]] の参照先)

このプロトタイプチェーンの仕組みにより、method プロパティは Parent.prototype オブジェクトに定義されたものを参照します。

このように JavaScript では class 構文と extends キーワードをすることでクラスの機能を継承できます。class 構文ではプロトタイプオブジェクトを参照する仕組みによって継承が行われています。そのため、この継承の仕組みをプロトタイプ継承と呼びます。

### 20.11.6 静的メソッドの継承

インスタンスとクラスのプロトタイプオブジェクトとの間にはプロトタイプチェーンがあります。クラス自身（クラスのコンストラクタ）も親クラス自身（親クラスのコンストラクタ）との間にプロトタイプチェーンがあります。

簡単に言えば、静的メソッドも継承されるということです。

```
class Parent {
 static hello() {
 return "Hello";
 }
}

class Child extends Parent {}

console.log(Child.hello()); // => "Hello"
```

extends によって継承した場合、子クラスのコンストラクタの [[Prototype]] 内部プロパティには親クラスのコンストラクタが設定されます。このコードでは、Child コンストラクタの [[Prototype]] 内部プロパティに Parent コンストラクタが設定されます。

つまり、先ほどのコードでは Child.hello プロパティを参照した場合には、次のような順番でオブジェクトを探索しています。

1. Child コンストラクタ
2. Parent コンストラクタ (Child コンストラクタの [[Prototype]] の参照先)

クラスのコンストラクタ同士にもプロトタイプチェーンの仕組みがあるため、子クラスは親クラスの静的メソッドを呼び出せます。

### 20.11.7 super プロパティ

子クラスから親クラスのコンストラクタ処理を呼び出すには super() を使います。同じように、子クラスのプロトタイプメソッドからは、super.プロパティ名で親クラスのプロトタイプメソッドを参照できます。

次のコードでは、Child.prototype.method の中で super.method() と書くことで Parent.prototype.method を呼び出しています。このように、子クラスから継承元の親クラスのプロトタイプメ

ソッドは `super.` プロパティ名で参照できます。

```
class Parent {
 method() {
 console.log("Parent.prototype.method");
 }
}
class Child extends Parent {
 method() {
 console.log("Child.prototype.method");
 // this.method() だと自分 (this) の method を呼び出して無限ループする
 // そのため明示的に super.method() を呼ぶことで、Parent.prototype.method を
 // 呼び出す
 super.method();
 }
}
const child = new Child();
child.method();
// コンソールには次のように出力される
// "Child.prototype.method"
// "Parent.prototype.method"
```

プロトタイプチェーンでは、インスタンスからクラス、さらに親のクラスと継承関係をさかのぼるようにメソッドを探索すると紹介しました。このコードでは `Child.prototype.method` が定義されているため、`child.method` は `Child.prototype.method` を呼び出します。そして `Child.prototype.method` は `super.method` を呼び出しているため、`Parent.prototype.method` が呼び出されます。

クラスの静的メソッド同士も同じように `super.method()` と書くことで呼び出せます。次のコードでは、`Parent` を継承した `Child` から親クラスの静的メソッドを呼び出しています。

```
class Parent {
 static method() {
 console.log("Parent.method");
 }
}
class Child extends Parent {
 static method() {
 console.log("Child.method");
 // super.method() で Parent.method を呼びだす
 super.method();
 }
}
```

## 第 20 章 クラス

```
Child.method();
// コンソールには次のように出力される
// "Child.method"
// "Parent.method"
```

**20.11.8 繙承の判定**

あるクラスが指定したクラスをプロトタイプ継承しているかは `instanceof` 演算子を使って判定できます。

次のコードでは、`Child` のインスタンスは `Child` クラスと `Parent` クラスを継承したオブジェクトであることを確認しています。

```
class Parent {}
class Child extends Parent {}

const parent = new Parent();
const child = new Child();
// Parent のインスタンスは Parent のみを継承したインスタンス
console.log(parent instanceof Parent); // => true
console.log(parent instanceof Child); // => false
// Child のインスタンスは Child と Parent を継承したインスタンス
console.log(child instanceof Parent); // => true
console.log(child instanceof Child); // => true
```

より具体的な継承の使い方については「[ユースケース: Todo アプリ](#)」の章で見ていきます。

**20.12 ビルトインオブジェクトの継承**

ここまで自分が定義したクラスを継承してきましたが、ビルトインオブジェクトのコンストラクタも継承できます。ビルトインオブジェクトには `Array`、`String`、`Object`、`Number`、`Error`、`Date` などのコンストラクタがあります。`class` 構文ではこれらのビルトインオブジェクトを継承できます。

次のコードでは、ビルトインオブジェクトである `Array` を継承して独自のメソッドを加えた `MyArray` クラスを定義しています。継承した `MyArray` は `Array` の性質であるメソッドや状態管理についての仕組みを継承しています。継承した性質に加えて、`MyArray` クラスへ `first` や `last` といったアクセサプロパティを追加しています。

```
class MyArray extends Array {
 get first() {
 return this.at(0);
 }

 get last() {
```

```
 return this.at(-1);
 }
}

// Array を継承しているので Array.from も継承している
// Array.from は Iterable なオブジェクトから配列インスタンスを作成する
const array = MyArray.from([1, 2, 3, 4, 5]);
console.log(array.length); // => 5
console.log(array.first); // => 1
console.log(array.last); // => 5
```

Array を継承した MyArray は、Array が元々持つ length プロパティや Array.from メソッドなどを継承しているので利用できます。

## 20.13 まとめ

この章ではクラスについて学びました。

- JavaScript のクラスはプロトタイプベース
- クラスは `class` 構文で定義できる
- クラスで定義したメソッドはプロトタイプオブジェクトとプロトタイプチェーンの仕組みで呼び出せる
- クラスのインスタンスに対するプロパティの定義にはクラスフィールドが利用できる
- クラスの外からアクセスさせたくないプロパティの定義には Private クラスフィールドを使う
- アクセッサプロパティは `getter` と `setter` のメソッドを定義することでプロパティのように振る舞う
- クラスは `extends` で継承できる
- クラスのプロトタイプメソッドと静的メソッドはどちらも継承される