

A high-angle, slightly blurred photograph of a modern desk setup. In the center is a white Apple iMac with a silver keyboard and a white mouse. To the left, a portion of a silver laptop is visible. A black mesh pen holder sits on the desk, containing a few pens. A small, round, light-brown cork coaster is also present. A black smartphone lies on the desk surface. The background shows a window with green foliage outside. The entire image has a soft, muted color palette.

全体像

全体像

- 全体像

推論・探索の時代、知識の時代、
機械学習・特徴表現学習の時代でどのような研究が
行われてきたのかについて説明をしていく

→量が多いため各時代の研究を複数回に分けて説明

全体像

- ・ 推論・探索の時代

- ・ 探索木

- 迷路やハノイの塔などへの活用

- ・ ロボットの行動計画

- ・ ボードゲーム

全体像

- 知識の時代
 - 人工無能
 - エキスパートシステム
 - 意味ネットワーク
 - オントロジー

全体像

- 機械学習・特徴表現学習の時代
 - レコメンデーションシステム
 - みにくいアヒルの子定理
 - 自然言語処理
 - ニューラルネットワーク

A high-angle, slightly blurred photograph of a clean, modern desk. In the center is a white Apple iMac with its iconic logo. To its left is a silver laptop. In front of the iMac is a white Apple keyboard and a white mouse. To the left of the keyboard is a small, round, light-brown cork coaster and a black mesh pen holder containing a few pens. A black smartphone lies on the desk to the right of the keyboard. Another smartphone is visible in the top right corner, near a window showing green foliage outside. The overall aesthetic is minimalist and professional.

探索木

探索木

• データ構造

データを効果的に扱うための**様々な形式**のこと

→キュー、スタック、木構造（ツリー構造） など

キュー : 最初に格納したデータから順に取り出すデータ構造

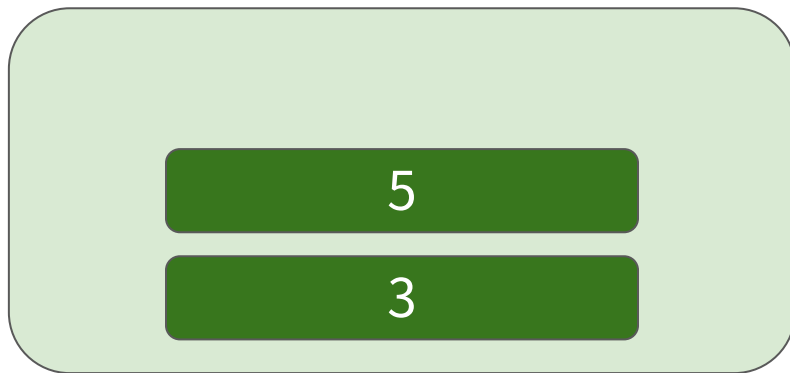
スタック : 最後に格納したデータから順に取り出すデータ構造

木構造 : 階層を持ったツリー状のデータ構造

探索木

- キュー

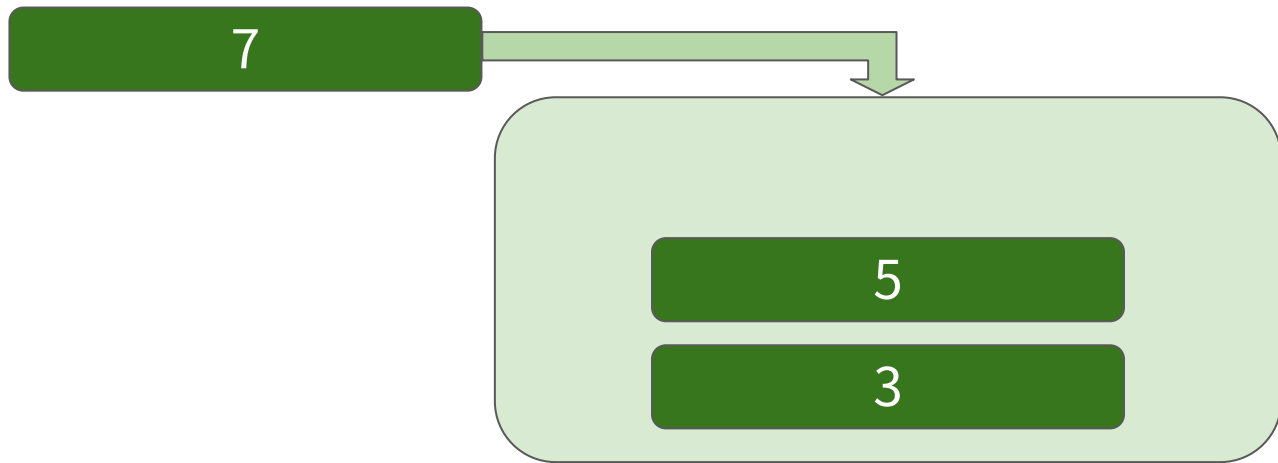
最初に格納したデータから順に取り出すデータ構造



探索木

- キュー

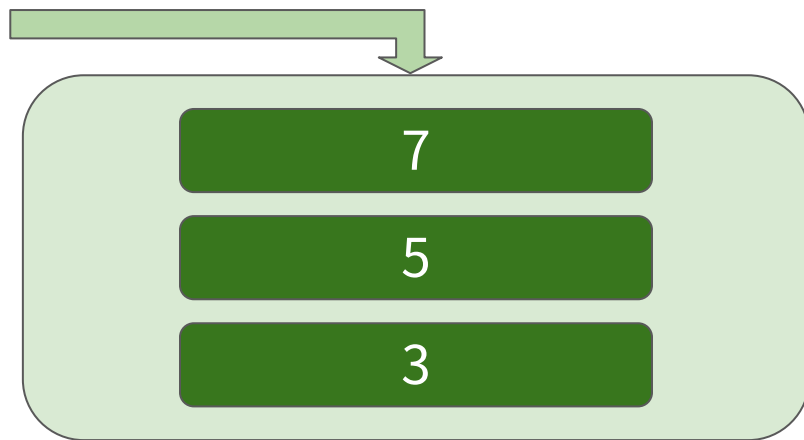
最初に格納したデータから順に取り出すデータ構造



探索木

- キュー

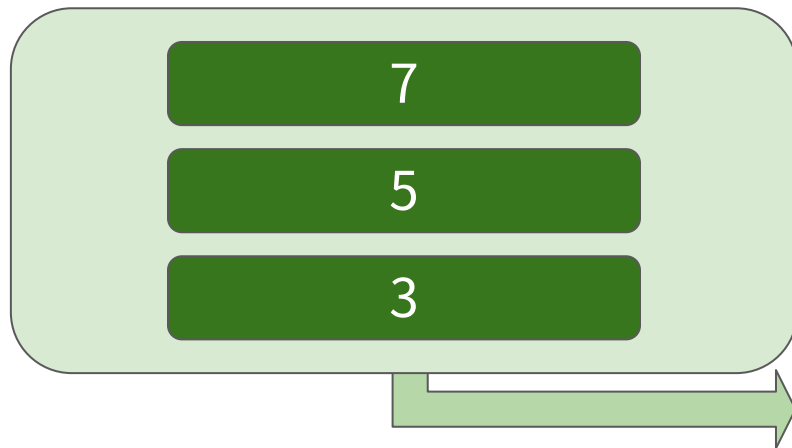
最初に格納したデータから順に取り出すデータ構造



探索木

- キュー

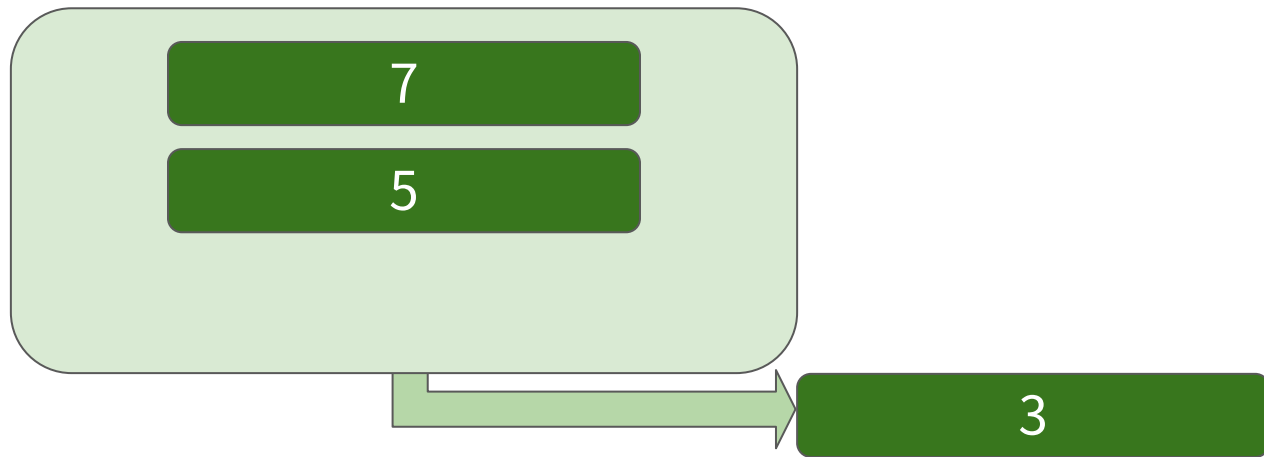
最初に格納したデータから順に取り出すデータ構造



探索木

- キュー

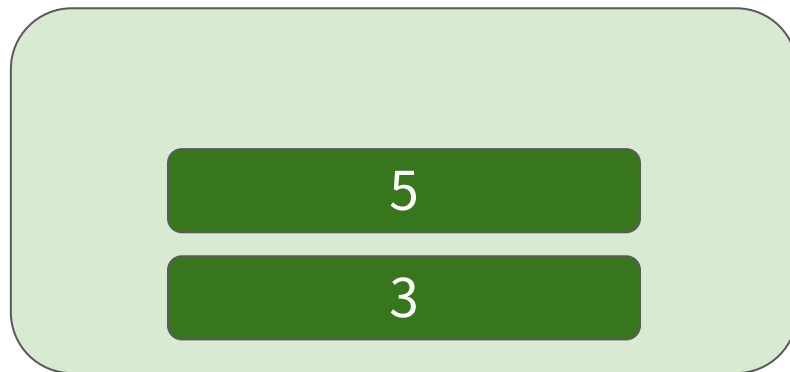
最初に格納したデータから順に取り出すデータ構造



探索木

- スタック

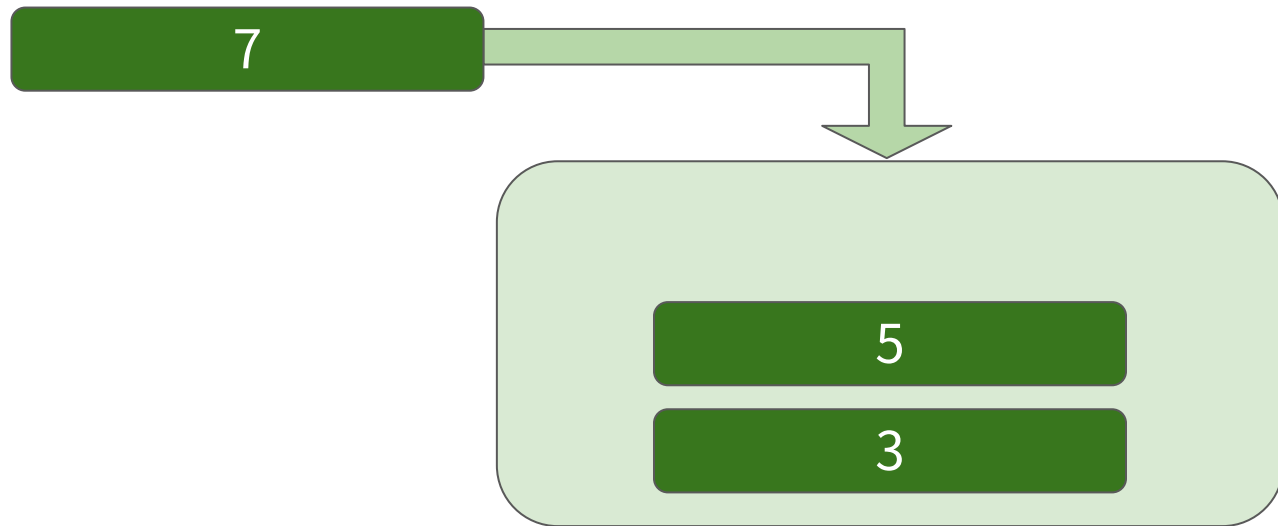
最後に格納したデータから順に取り出すデータ構造



探索木

- スタック

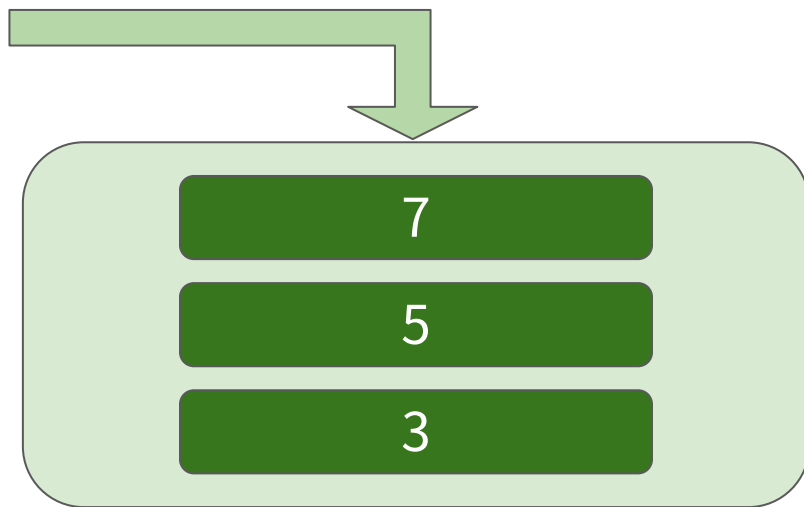
最後に格納したデータから順に取り出すデータ構造



探索木

- スタック

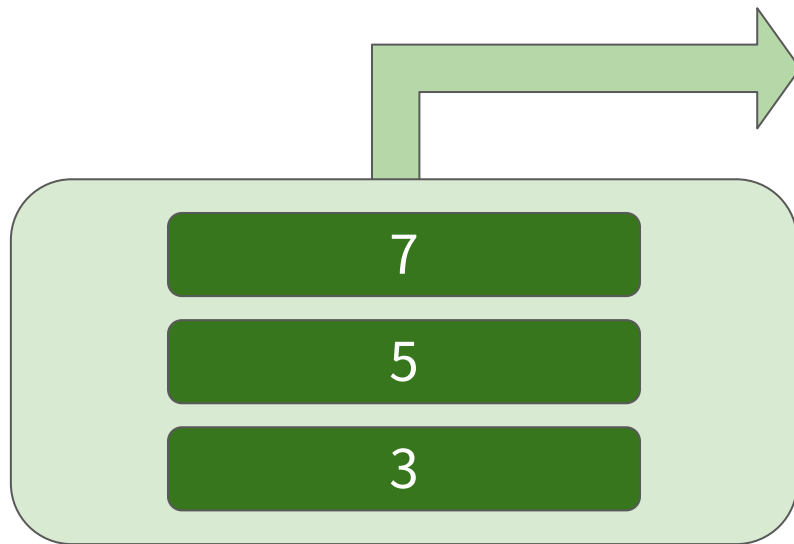
最後に格納したデータから順に取り出すデータ構造



探索木

- スタック

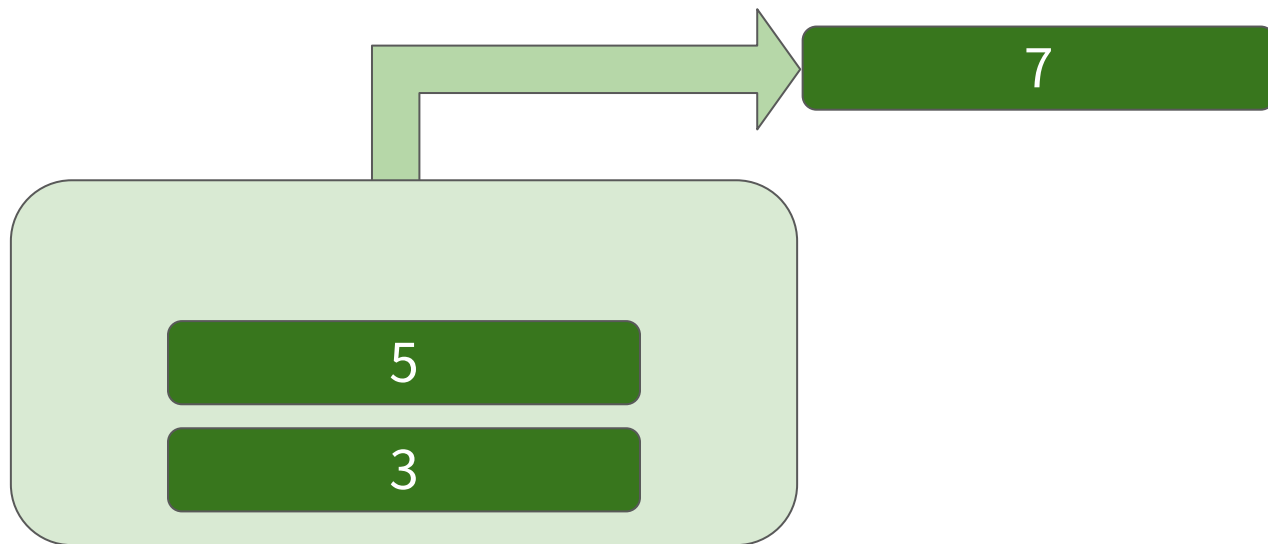
最後に格納したデータから順に取り出すデータ構造



探索木

- スタック

最後に格納したデータから順に取り出すデータ構造



探索木

・木構造

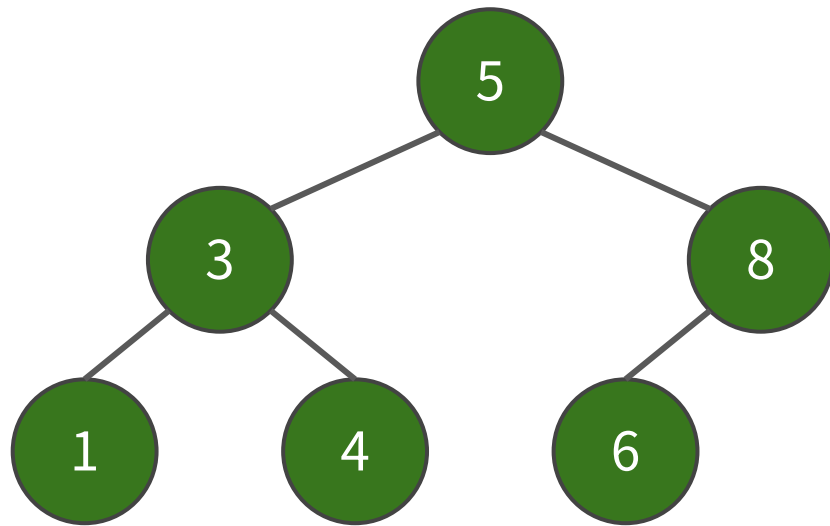
階層を持ったツリー状のデータ構造

→ 1つ1つの要素を**ノード**と呼ぶ

→ 一番上のノードを**ルート**

子をもたないノードを**リーフ**

ノードのつながりを**ブランチ**



探索木

• 探索木

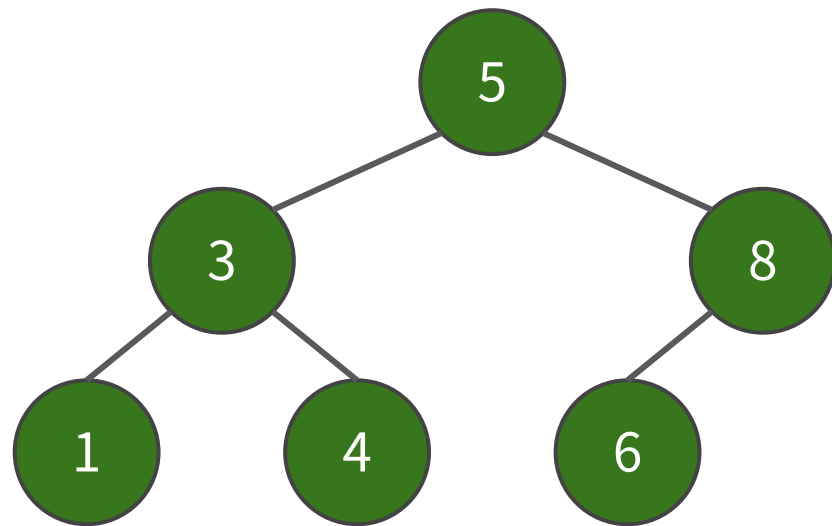
データを効率よく検索するために使用される木構造

→木構造の1種になる

→特定のルールに基づいて

必要なデータを**探索**していく

→コンピュータが得意な分野



探索木

- 探索の種類

1. 幅優先探索

2. 深さ優先探索

→探索する方法によってメリットとデメリットがあるので、
状況に合わせて使い分けることが大切になる

探索木

- 幅優先探索

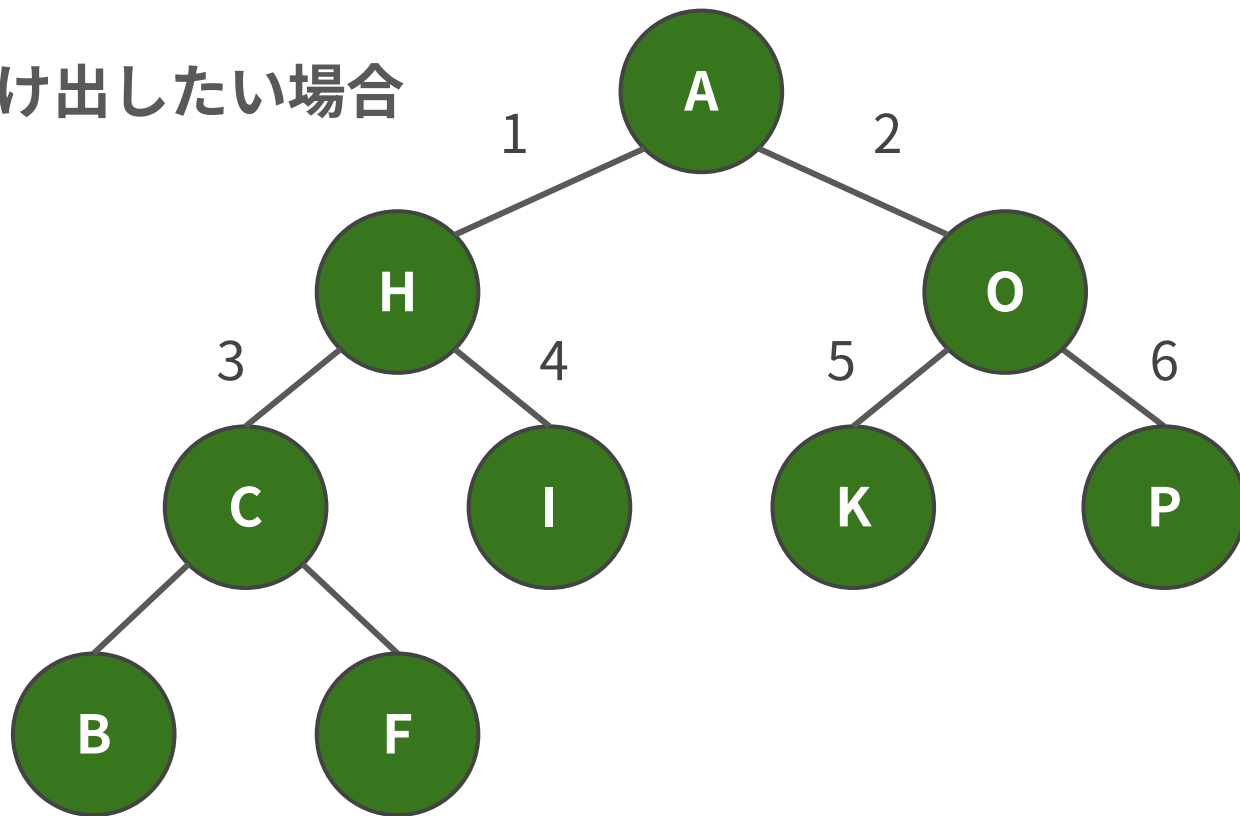
初期のノードから見て近いノードから探索を行う

→探索したノードを全て記憶しなければならないため**メモリ**が必要

→**最短経路**を見つけ出すことができるメリットがある

探索木

Pを見つけ出したい場合



探索木

- 深さ優先探索

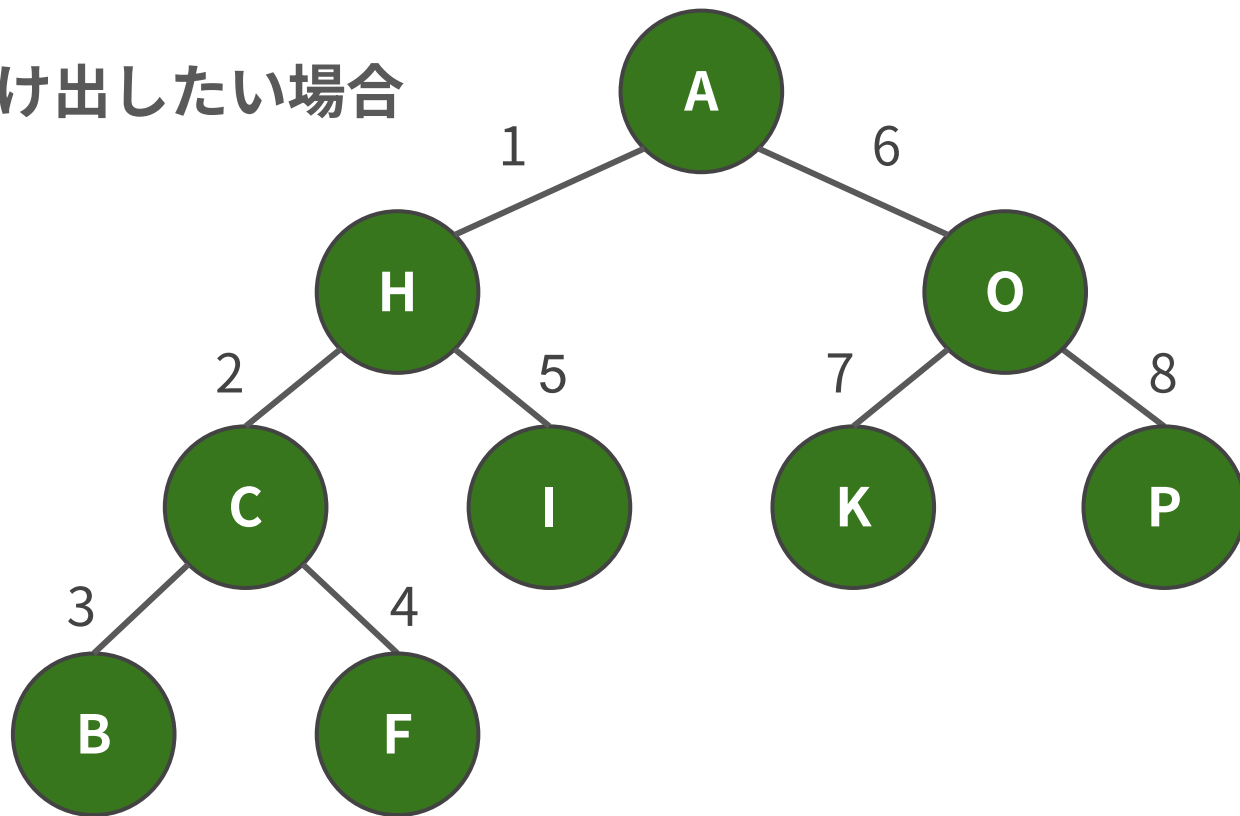
あるノードから行き止まりになるまで行き、
行き止まりになったら1つ手前のノードまで戻り
また行き止まりになるまで探索を行う

→記憶するものが少なく**メモリ**が少なくて済む

→**最短経路**とは限らない（遠回りする可能性が高い）

探索木

Pを見つけ出したい場合





迷路とハノイの塔

迷路とハノイの塔

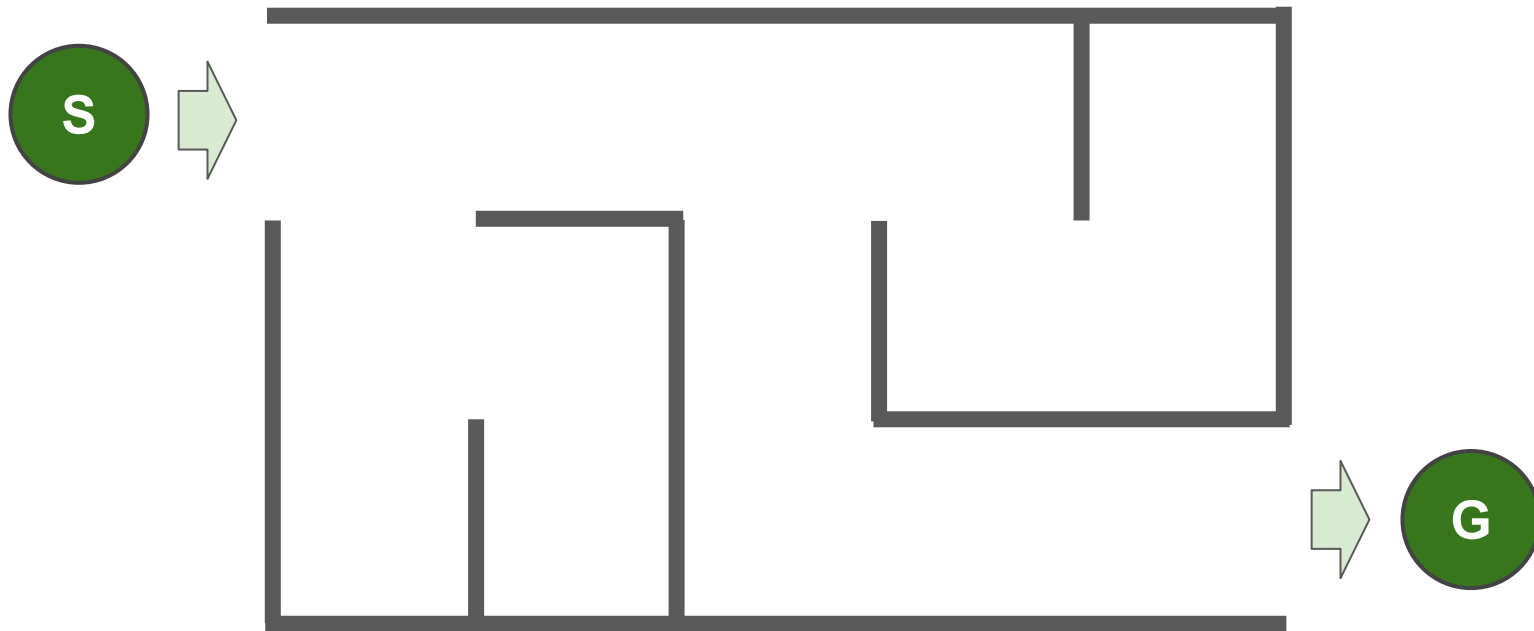
- 探索木

探索木を使用することで迷路やハノイの塔など
シンプルなゲームや問題を解くことができる

- 迷路やハノイの塔以外にも、木構造にすることができれば
基本的に問題を解くことができる
- コンピュータ**が処理できる形式にできるかが重要

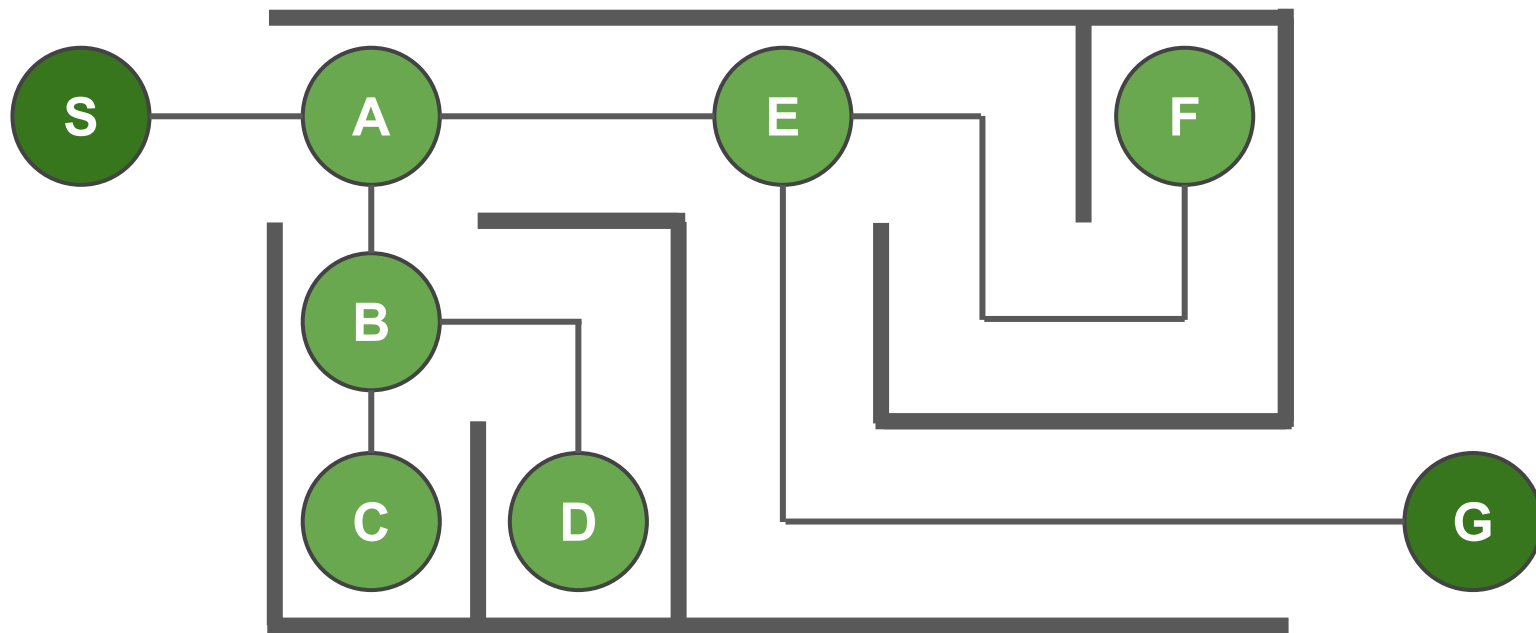
迷路とハノイの塔

- 迷路



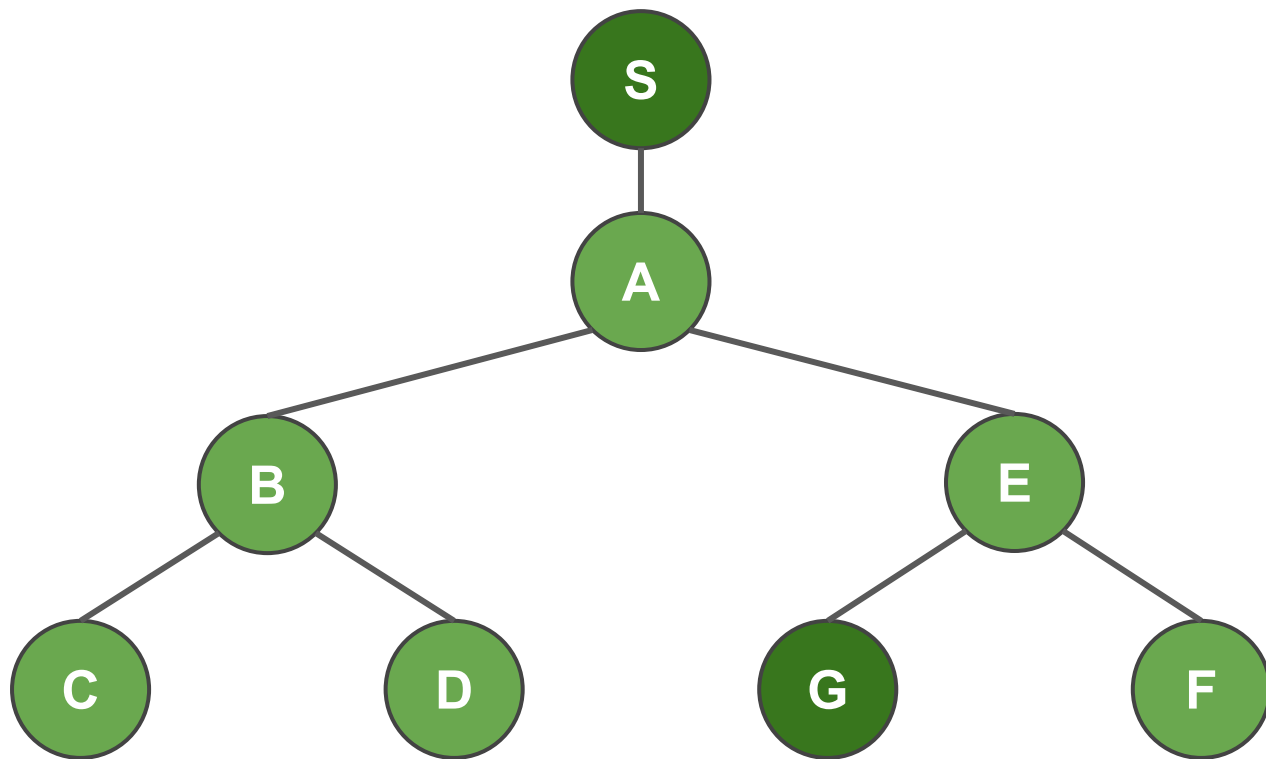
迷路とハノイの塔

- 迷路



迷路とハノイの塔

- 迷路



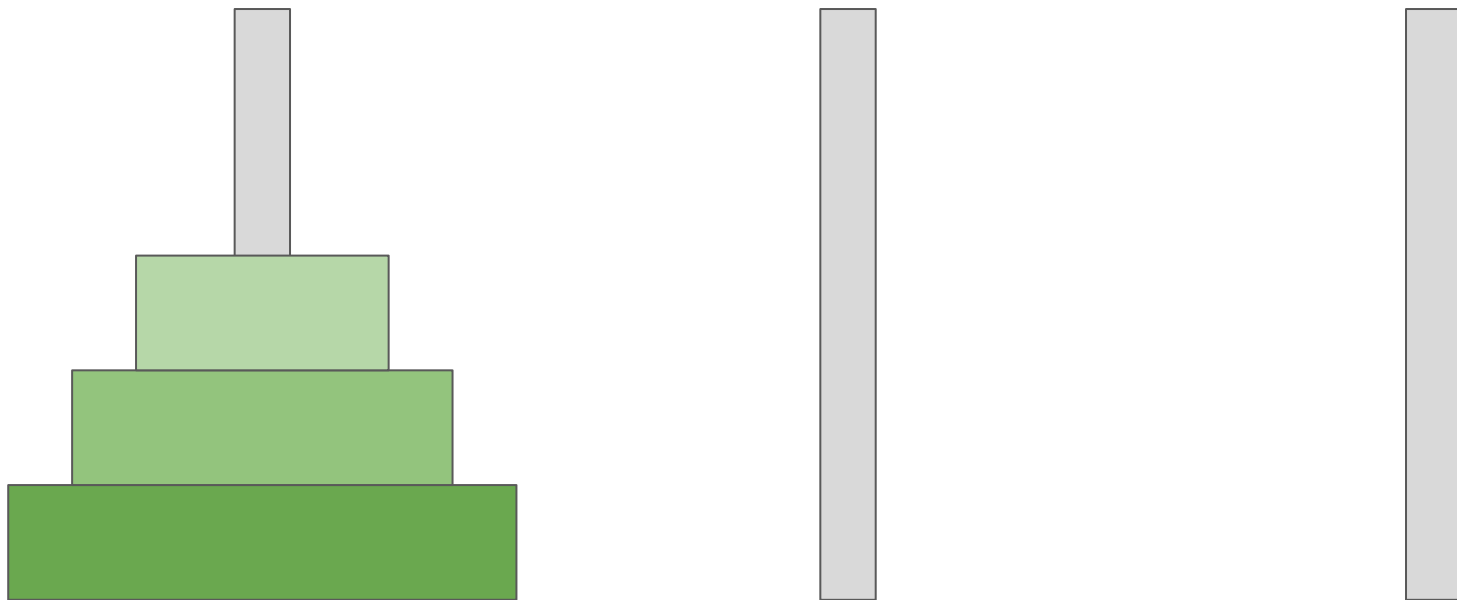
迷路とハノイの塔

- ・ハノイの塔

3本の杭と中央に穴の空いた複数の円盤から構成され、
ルールに基づき円板を移動させていくゲームのこと

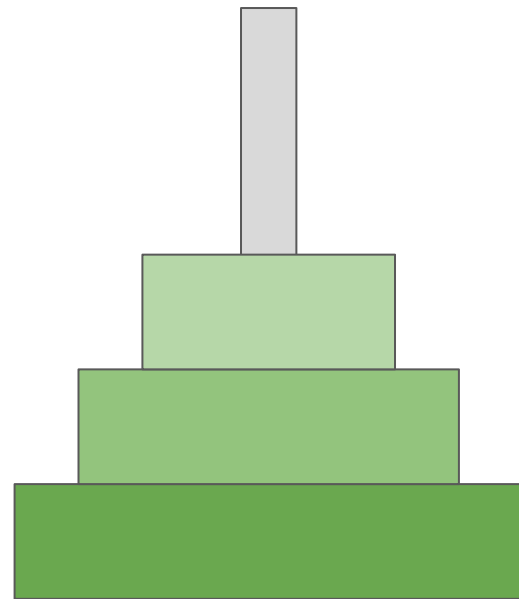
迷路とハノイの塔

- ハノイの塔



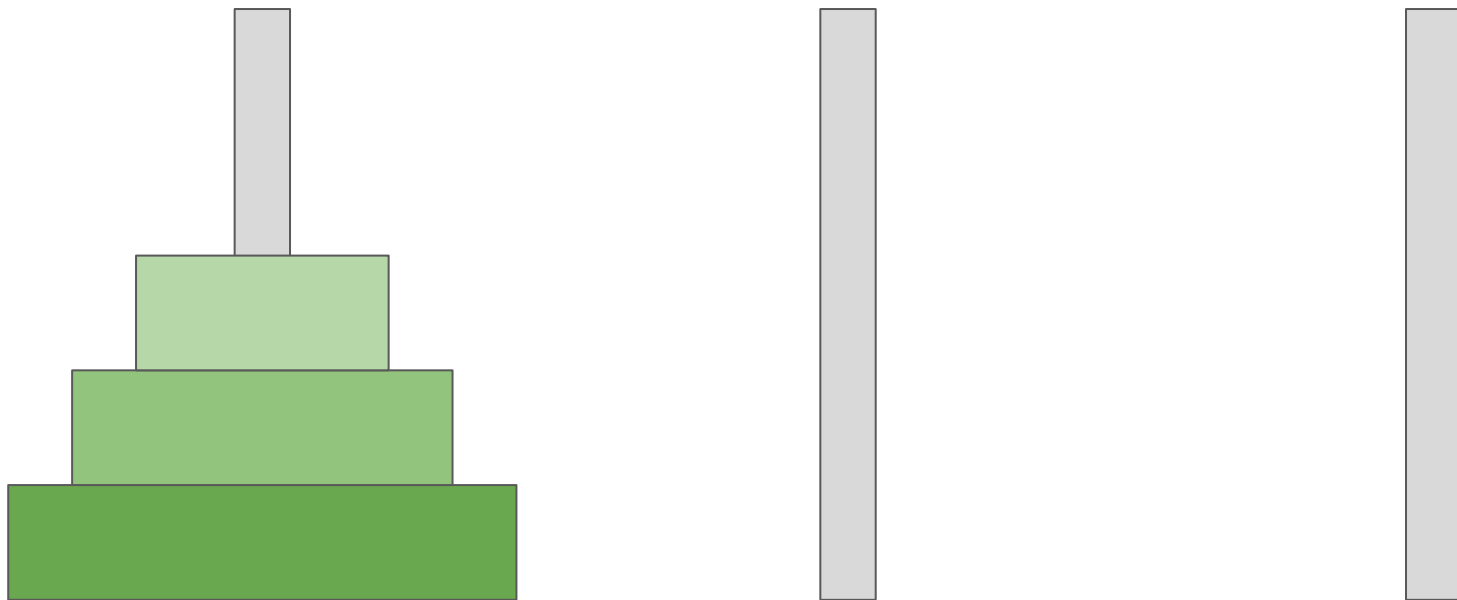
迷路とハノイの塔

- ハノイの塔



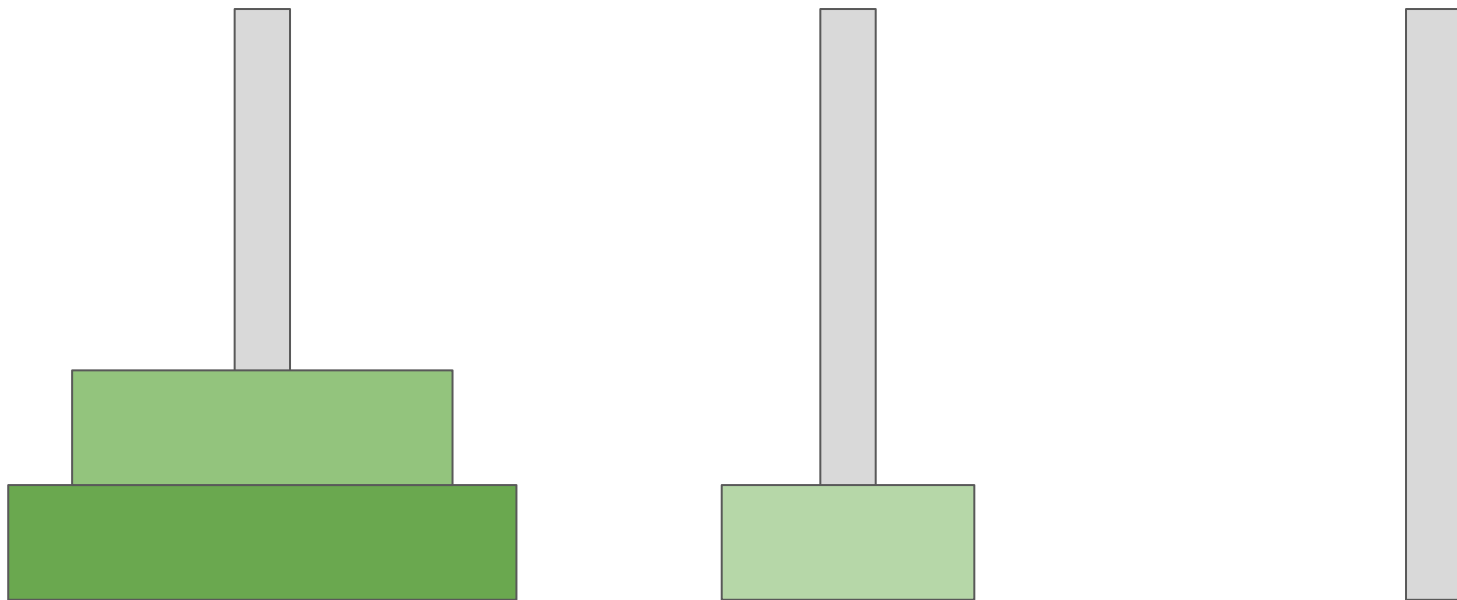
迷路とハノイの塔

- ハノイの塔



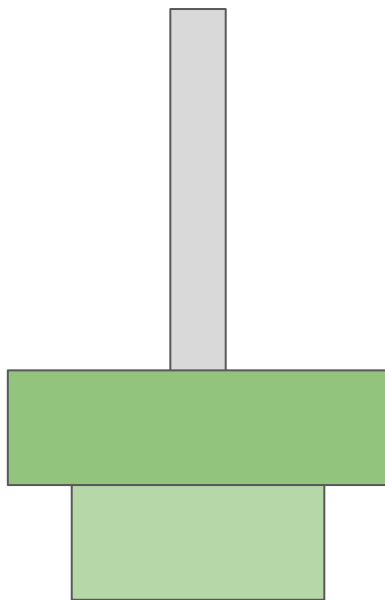
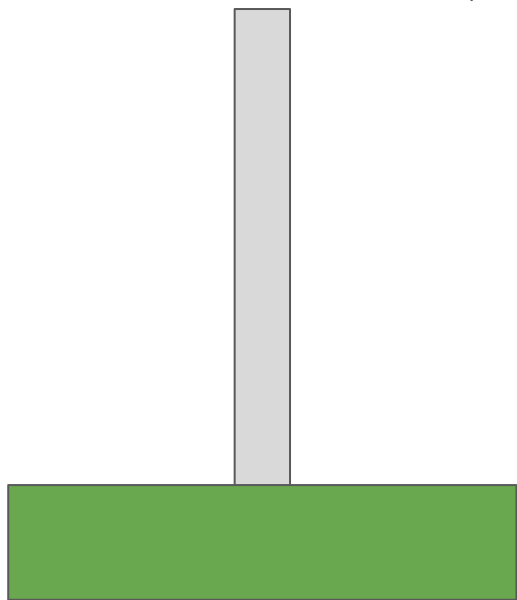
迷路とハノイの塔

- ハノイの塔



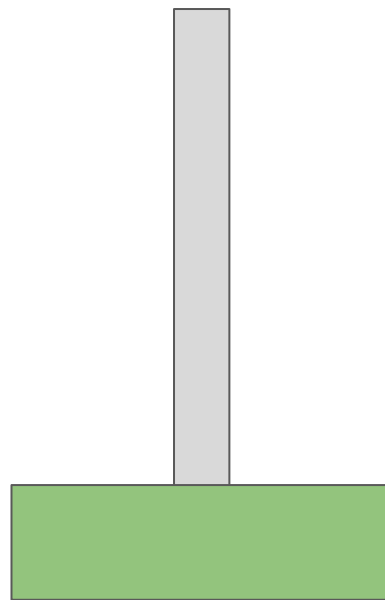
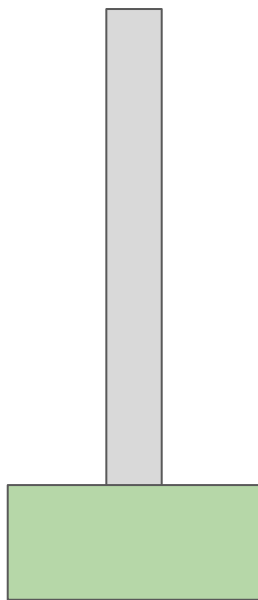
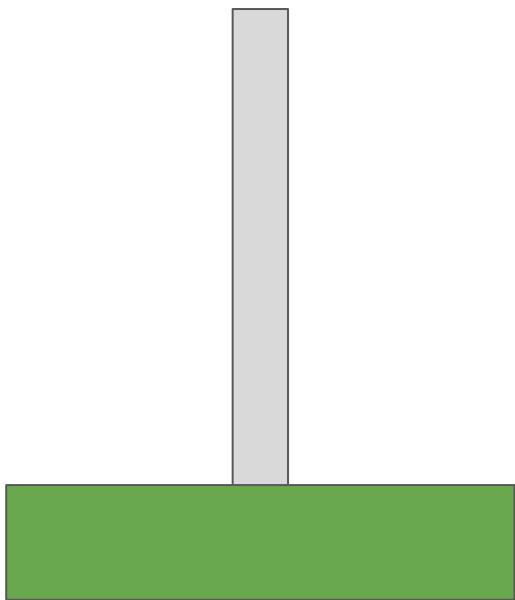
迷路とハノイの塔

- ・ ハノイの塔



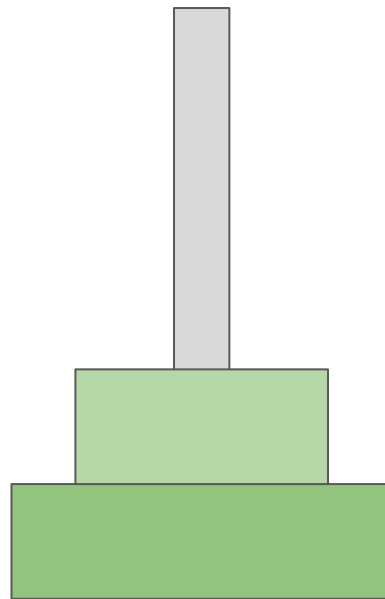
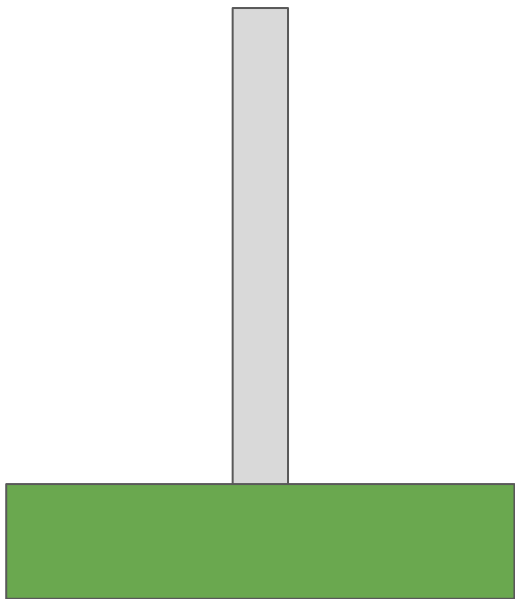
迷路とハノイの塔

- ・ ハノイの塔



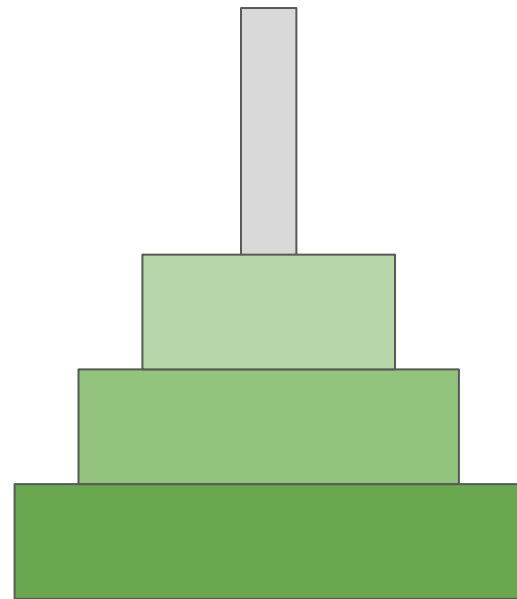
迷路とハノイの塔

- ・ ハノイの塔



迷路とハノイの塔

- ハノイの塔

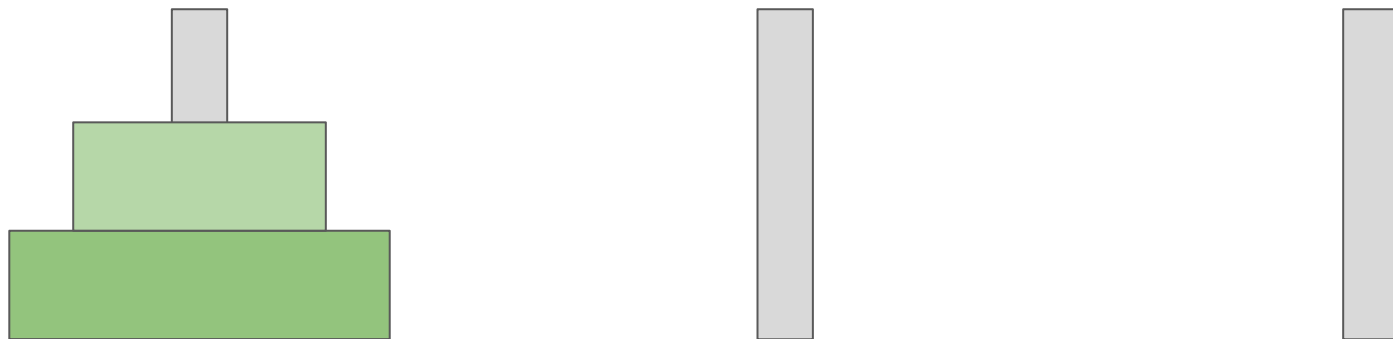


迷路とハノイの塔

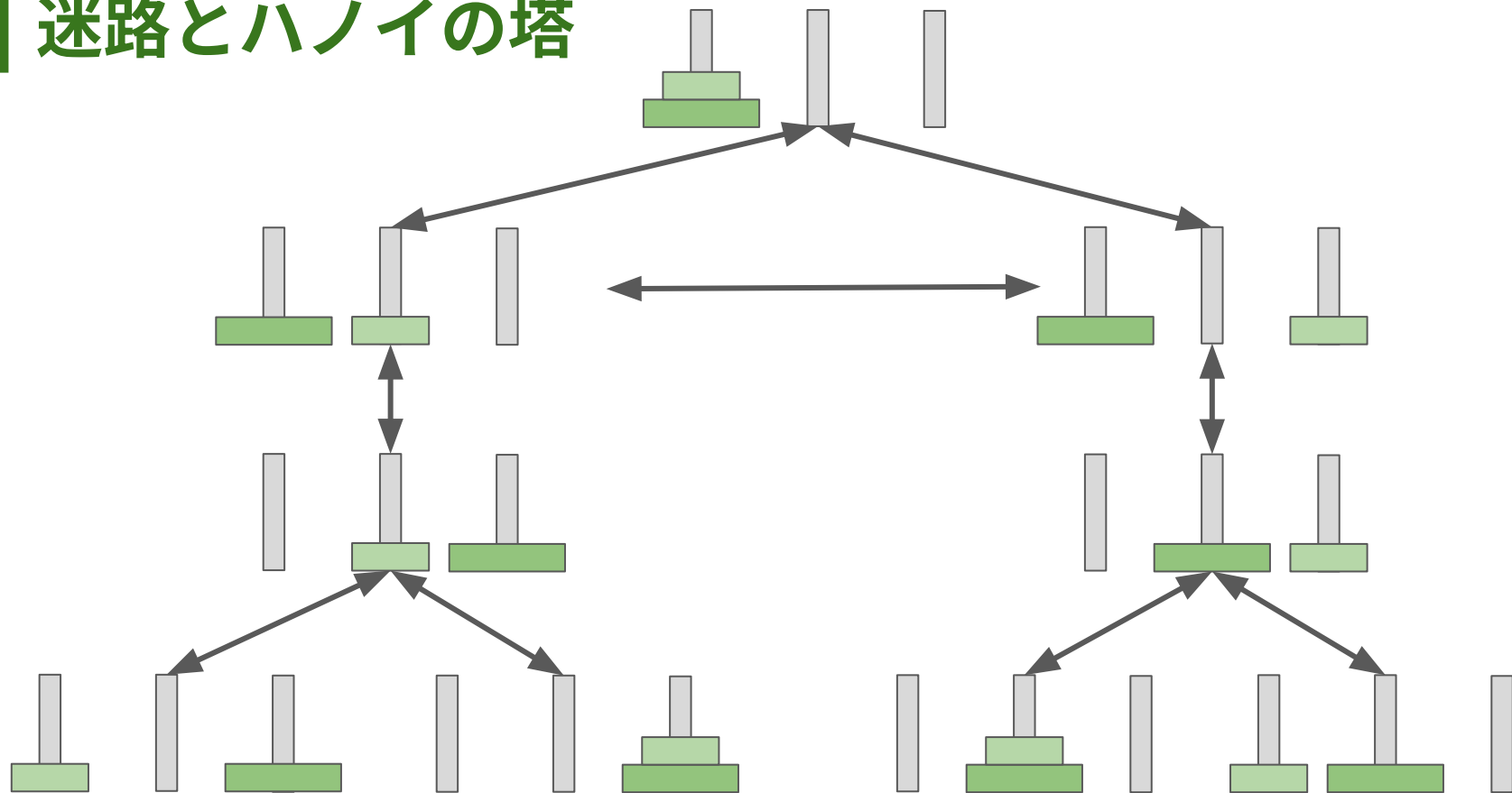
- ・ハノイの塔

コンピュータが理解できる形式にすることで
問題を解くことができる

→探索木を使ってハノイの塔を表現する



迷路とハノイの塔





行動計画

| 行動計画

- 行動計画

目標を達成するために取るべき行動を計画すること

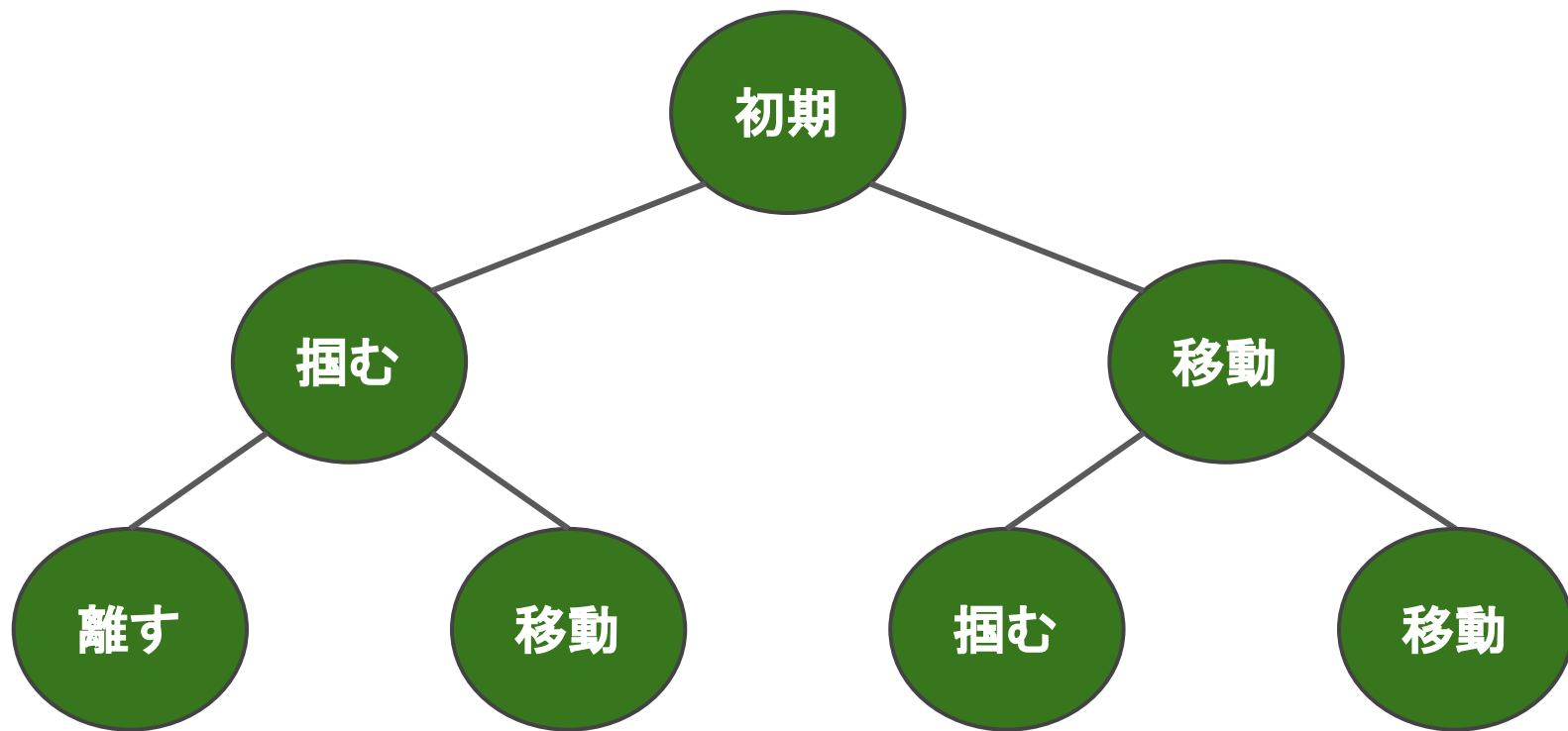
→行動計画を人間が1つ1つ作ることでもあるが

ロボットが自分で判断して行動計画を作成してほしい

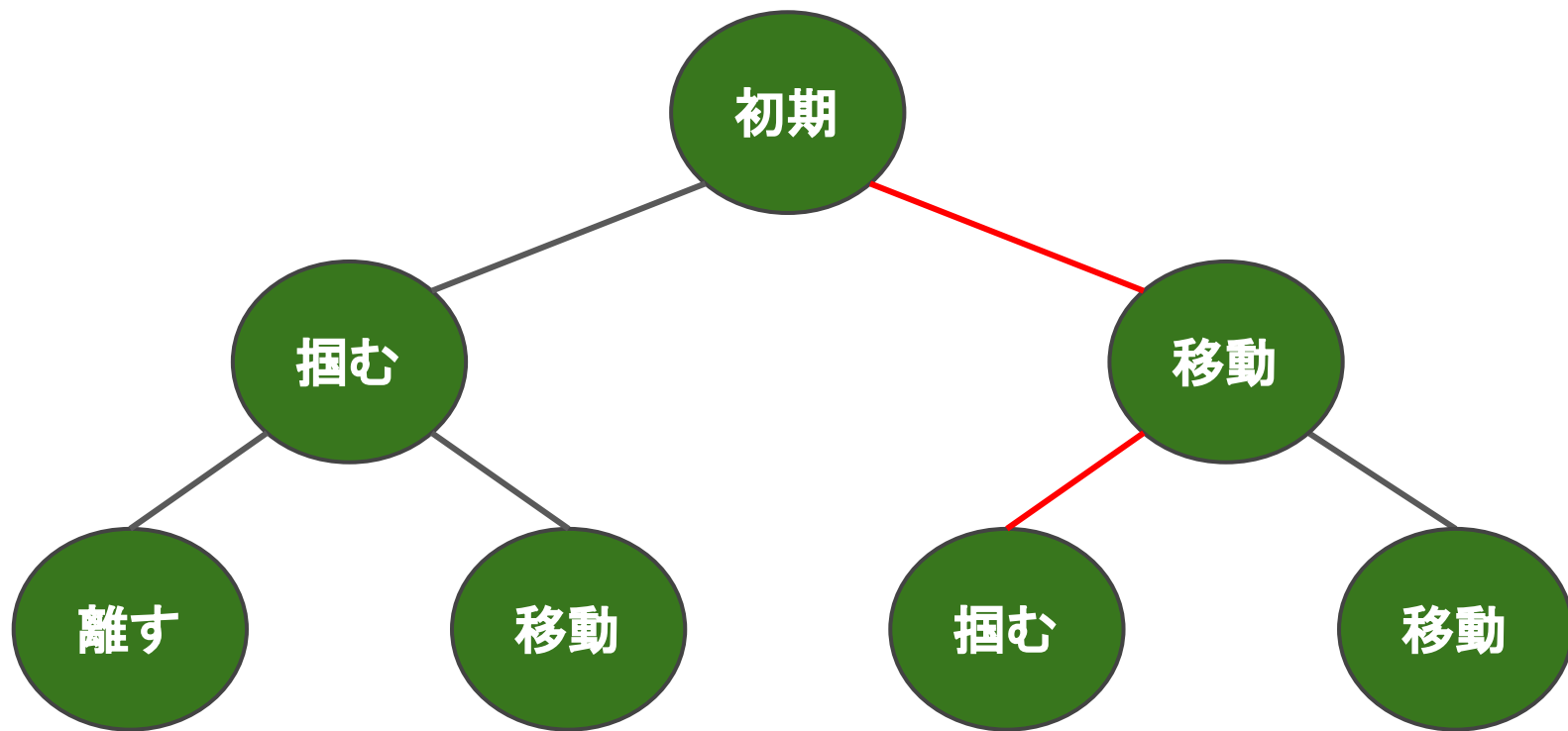
→ロボットの行動計画に**探索**を利用することができる

数ある行動から求める結果になる行動パターンを探索していく

行動計画



行動計画



| 行動計画

探索など利用して行動計画を作成することを**プランニング**という
→あらゆる**前提条件**、**行動**、**結果**に関する記述があれば
初期状態から目標状態に到達するまでの行動計画を立てられる

- ・ 前提条件：ある行動を行うために必要な条件
- ・ 行動：状態の変化をもたらす操作
- ・ 結果：行動によって生じる結果

行動計画

前提条件：本Aが机の上にある

行動：本Aを棚に移動する

結果：本Aが棚の中にある

前提条件：本Bが机の上にある

行動：本Bを棚に移動する

結果：本Bが棚の中にある

前提条件：本Cが机の上にある

行動：本Cを棚に移動する

結果：本Cが棚の中にある

前提条件：本Aが棚の中にある

行動：本Aを机に移動する

結果：本Aが机の上にある

行動計画

・ 具体例

初期状態：机の上に本A、Cがある状態

目標状態：机の上にある全ての本を棚の中にある状態

→目標状態になるように適切な行動を選択していく（探索）

前提条件：本Aが机の上にある

行動：本Aを棚に移動する

結果：本Aが棚の中にある

前提条件：本Cが机の上にある

行動：本Cを棚に移動する

結果：本Cが棚の中にある

行動計画

前提条件、行動、結果を組み合わせで記述する**STRIPS**が
プランニングシステムでは有名である

→プランニングを「積み木の世界」で実現する研究も行われる

→「積み木の世界」とはコンピュータの中にある**仮想的な世界**で
直方体、円錐などの積み木から成る世界のこと

→現実世界は複雑すぎるため仮想上の単純化した積み木で研究

行動計画

- テリー・ウィノグラードは「積み木の世界」に存在するブロックを英語の指示で動かすことができる
- システムである**SHRDLU**を開発した（1968～1970年）
- 限定的であったが自然言語で対話することができた
 - 「赤いブロックを持って」「赤いブロックを持ちました」
- 研究成果は**Cycプロジェクト**に引き継がれていく

行動計画

- ・ Cycプロジェクト

一般常識もデータベース化して、人間と同様の
推論システムを構築することを目的とするプロジェクト

→ **SHRDLU**はAI分野において様々な場所に影響を与えた



ボードゲーム

| ボードゲーム

• ボードゲーム

- ボードゲームでは全ての手から常に**最適な手**を選択し続けることができれば相手に勝つことができる
- ボードゲームと**探索**（最適な手を探索）は相性が良い
- 全ての手から最適な手を見つけ出すためには**膨大な計算**が必要
- 実は手の組み合わせは天文学的な数字である

| ボードゲーム

- ・ ボードゲームの手の組み合わせの数

オセロ：約 10^{60} 乗

チェス：約 10^{120} 乗

将棋：約 10^{220} 乗

囲碁：約 10^{360} 乗

→オセロ、チェス、将棋、囲碁の順で手の数は増えていく

| ボードゲーム

- 探索の効率化

全ての手から最適な手を選択するのは困難

探索効率化のためにコストという概念が取り入れられる

→コストはスコアと読み替える方が分かりやすい

→それぞれの盤面に対してスコアをつけていく

良い盤面には高いスコアを、悪い盤面には低いスコアを設定

| ボードゲーム

・探索の効率化

スコアの高い盤面になるように手を決めていく

→盤面のスコアが悪くなるような手を考えないことで

探索を**省略**することができ計算量を減らすことができる

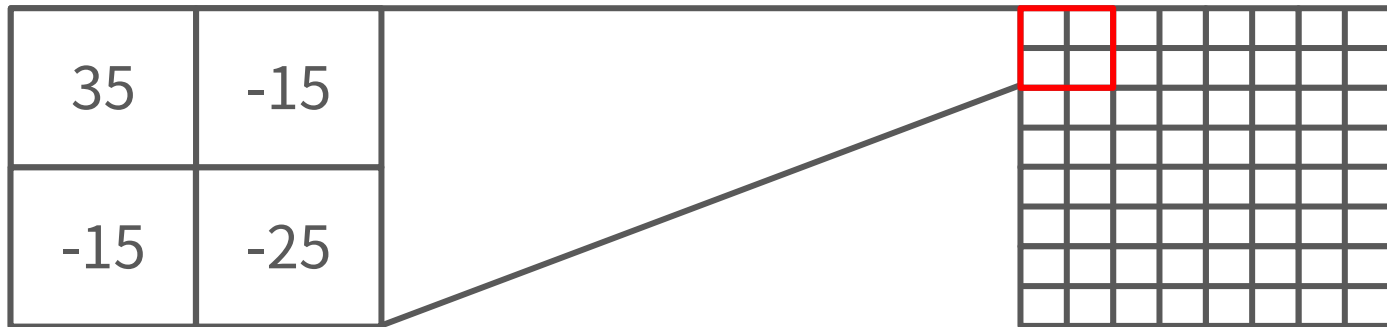
→全ての盤面に対してスコアを付けるのは難しいため

人が経験的に知っている知識から良い盤面にスコアを付けていく

ボードゲーム

- 例えば

オセロなら角に自分のコマがある盤面のスコアは高い
→角に相手のコマがある盤面はスコアが低い などと決めていく



| ボードゲーム

人が経験的に知っている知識のことを

ヒューリスティックな知識という

→ヒューリスティックな知識を使用することで

ある程度正しい答えを短時間に出すことができる

→全てを計算すると時間がかかりすぎてしまう場合、

ヒューリスティックな知識を使うことがある

| ボードゲーム

- ボードゲームのゲーム戦略

ボードゲームは相手の手も考える必要がある

→AとBがボードゲームを行うとき、

Aが手を打つときはAが有利になるような手を打つ

Bが手を打つときはAが不利になるような手を打つ

→以上のような手法（**Mini-Max法**）を使用して戦略を立てる

| ボードゲーム

- Mini-Max法

数手先の盤面の中から最適な盤面になる手を選択する

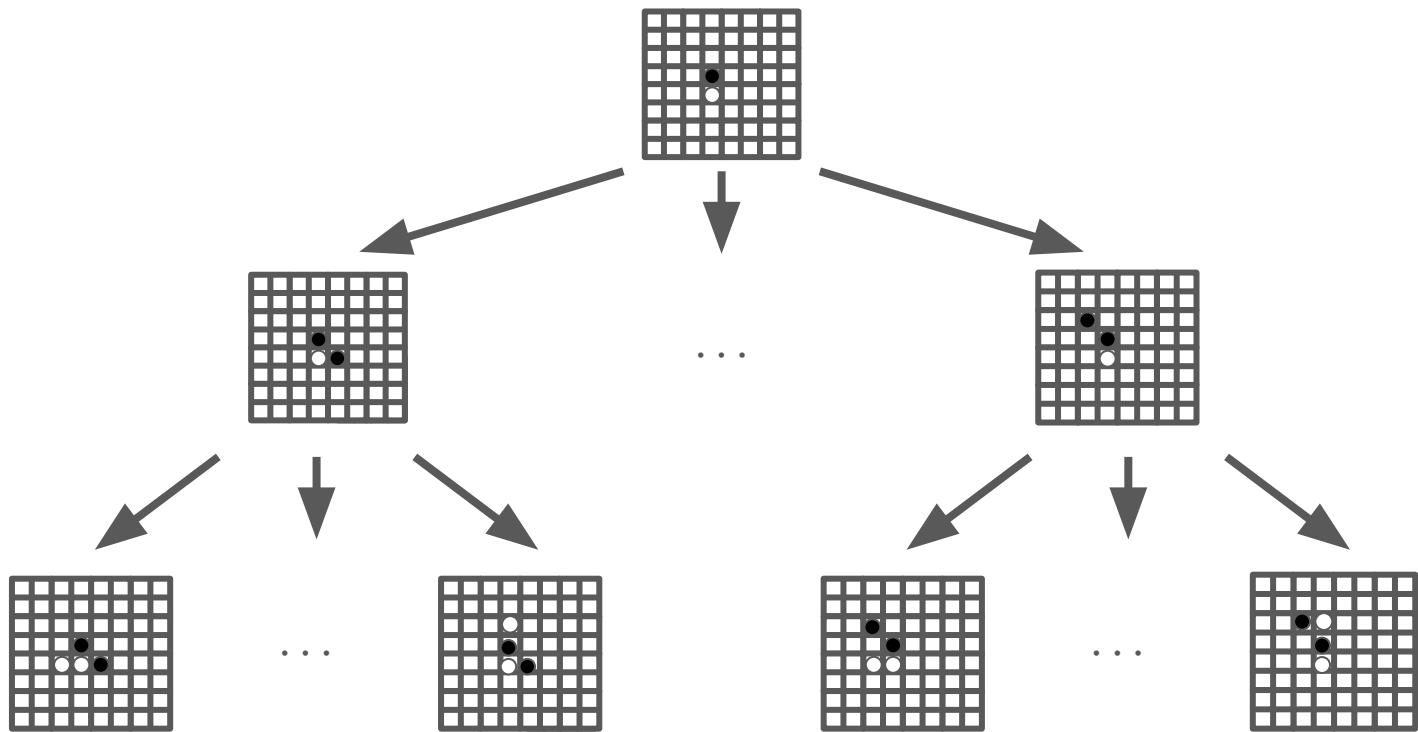
→1手あたり30通り打てる手がある場合、

3手先の盤面は27,000ある計算になる ($30 \times 30 \times 30$)

→4手先の場合は810,000、5手先の場合は24,300,000

読む手数が1手増えるだけでも計算量は一気に膨れ上がる

| ボードゲーム



| ボードゲーム

• ボードゲームのゲーム戦略

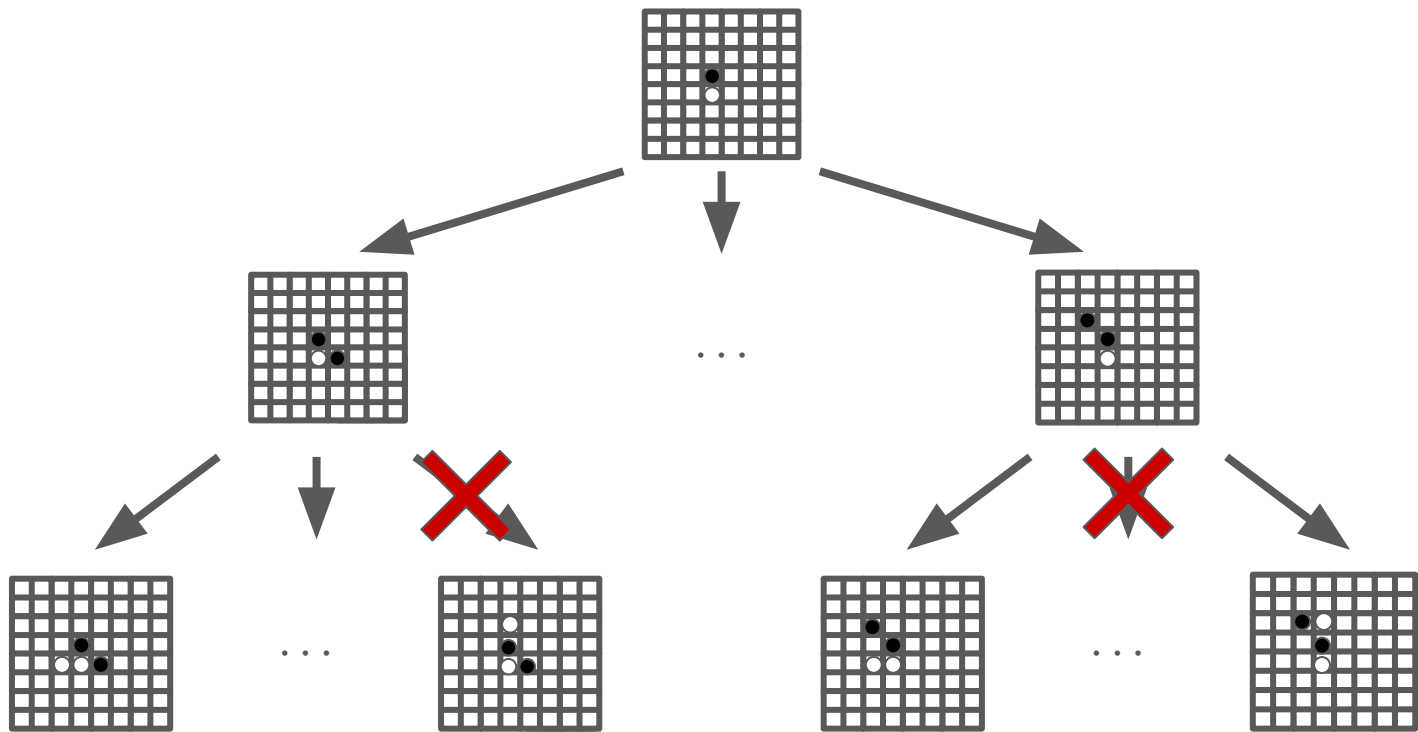
Mini-Max法を改良し探索の省略を行った $\alpha\beta$ 法がある

→深くまで読む必要がない手を見つけたら

それ以降の探索を省略することで探索を効率化している

→ α カットと β カットというカット方法で探索を省略している

ボードゲーム



| ボードゲーム

・デメリット

3手先から考えれば悪い手でも、

10手先から考えれば最善の手だったかもしれない

→切り捨てた手の中に最善の手があったかもしれない

→全ての手を調べる方が最適な手を発見できる確率が高い

全てのパターンを調べる方のことを**ブルートフォース**という

| ボードゲーム

・モンテカルロ法

- ゲームの終盤まで進んだら、打てる手は少なくなってくる
- AI同士でランダムな手を打って、終局（**プレイアウト**）させ人間が設定した盤面に対するスコアを更新していく
- 人間が設定したスコアよりも勝ちやすいスコアになっていく

| ボードゲーム

- モンテカルロ法

何度もシミュレーションを行ったりして

近似的な解答を導き出す手法のことを**モンテカルロ法**という

→力任せの方法だが、勝率を高めることができた

→処理能力が高いからこそできる芸当である

| ボードゲーム

- AlphaGo

DeepMind社が開発した人工知能の囲碁プログラム

市場が予想していたより早く囲碁のプロに勝ってしまった

→モンテカルロ法以外にも**ディープラーニング**などの技術が使用

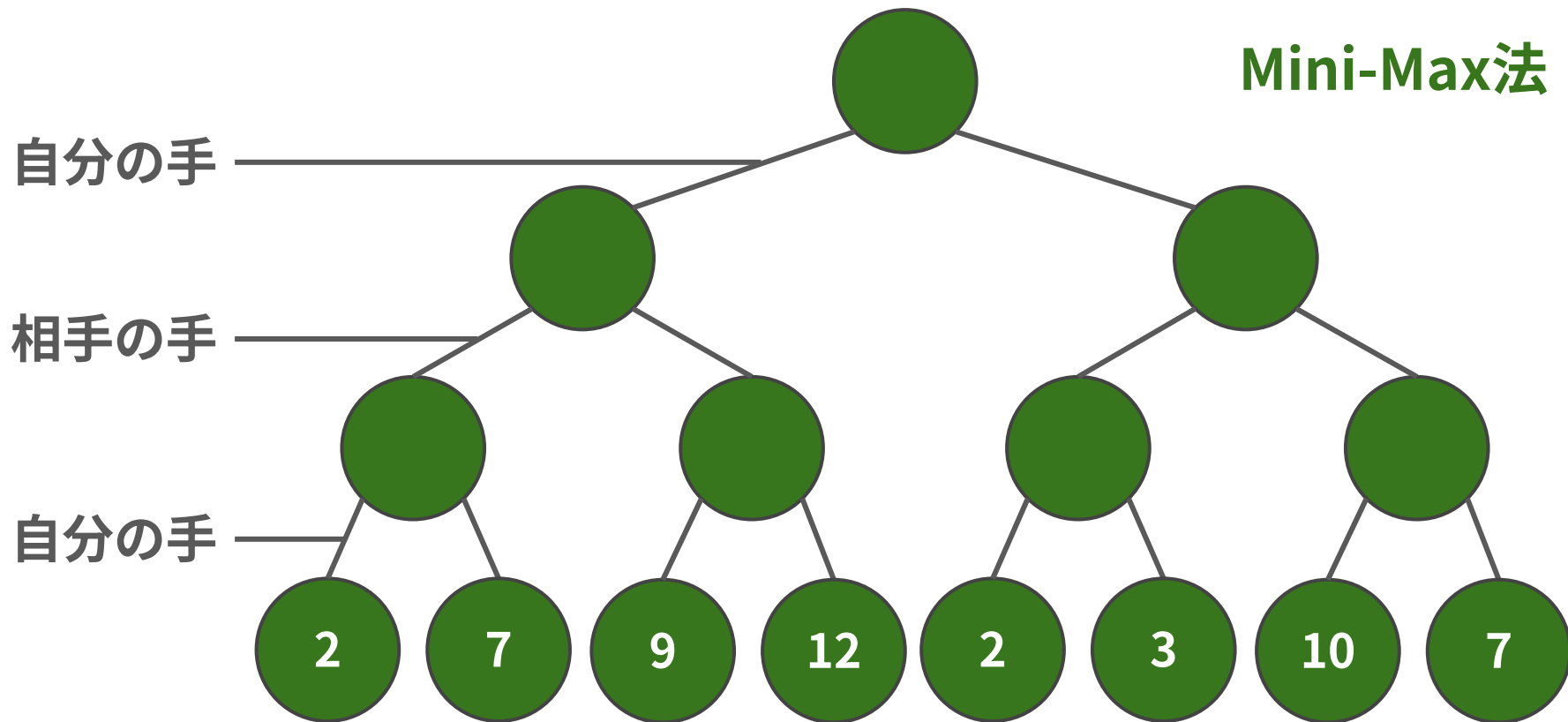
特徴量を自ら学習し、盤面や駒などにスコアを付けていく

→人間が重要だと思っていたものが**特徴量**になることもある

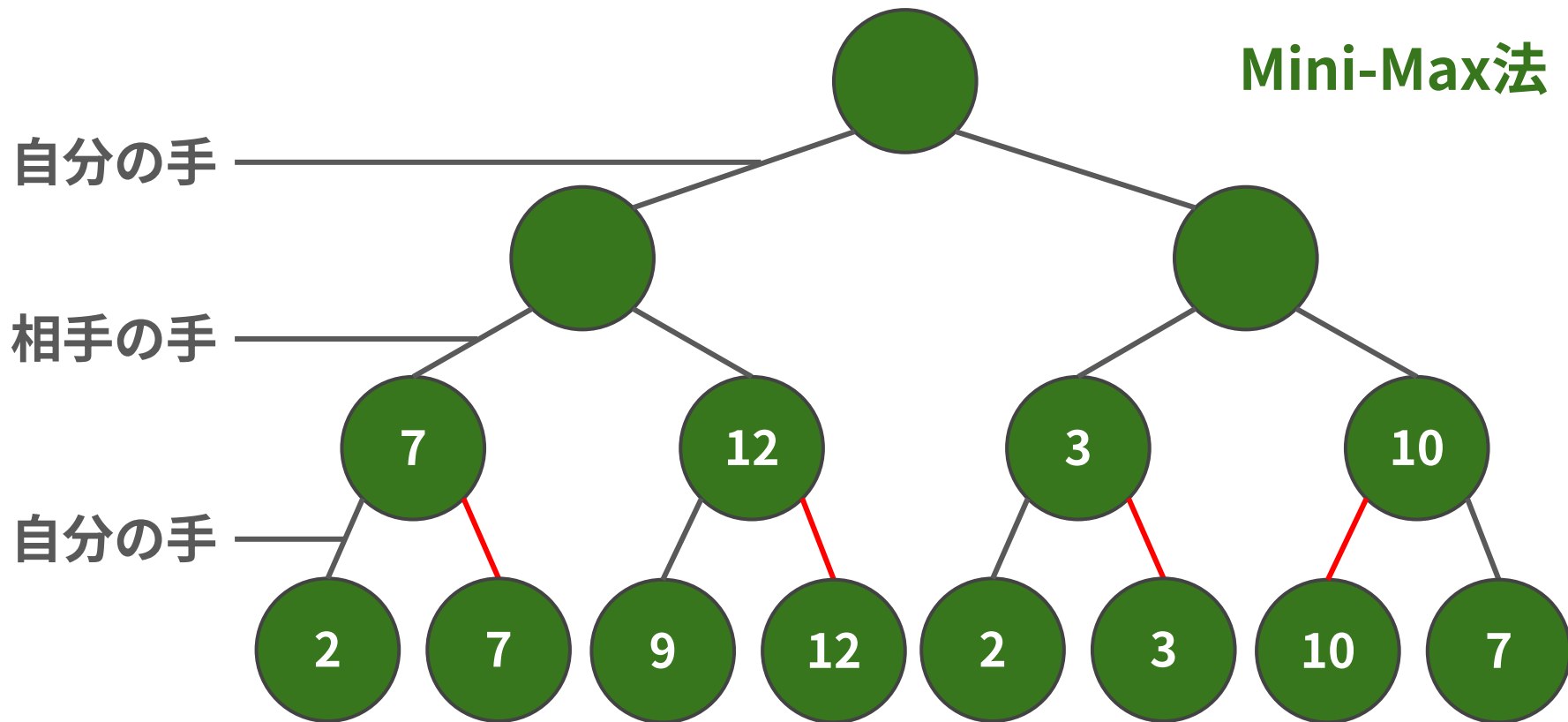
A high-angle, slightly blurred photograph of a modern desk setup. In the center is a white Apple iMac with a silver keyboard and a white mouse. To the left, a portion of a silver laptop is visible. A black mesh pen holder sits on the desk. A smartphone lies on the desk to the right of the keyboard. A small, round, light-colored object, possibly a coaster or a small dish, is on the left. The background shows a window with green foliage outside. The text "Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法" is overlaid in white, centered, with a thin white horizontal line underneath it.

Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法

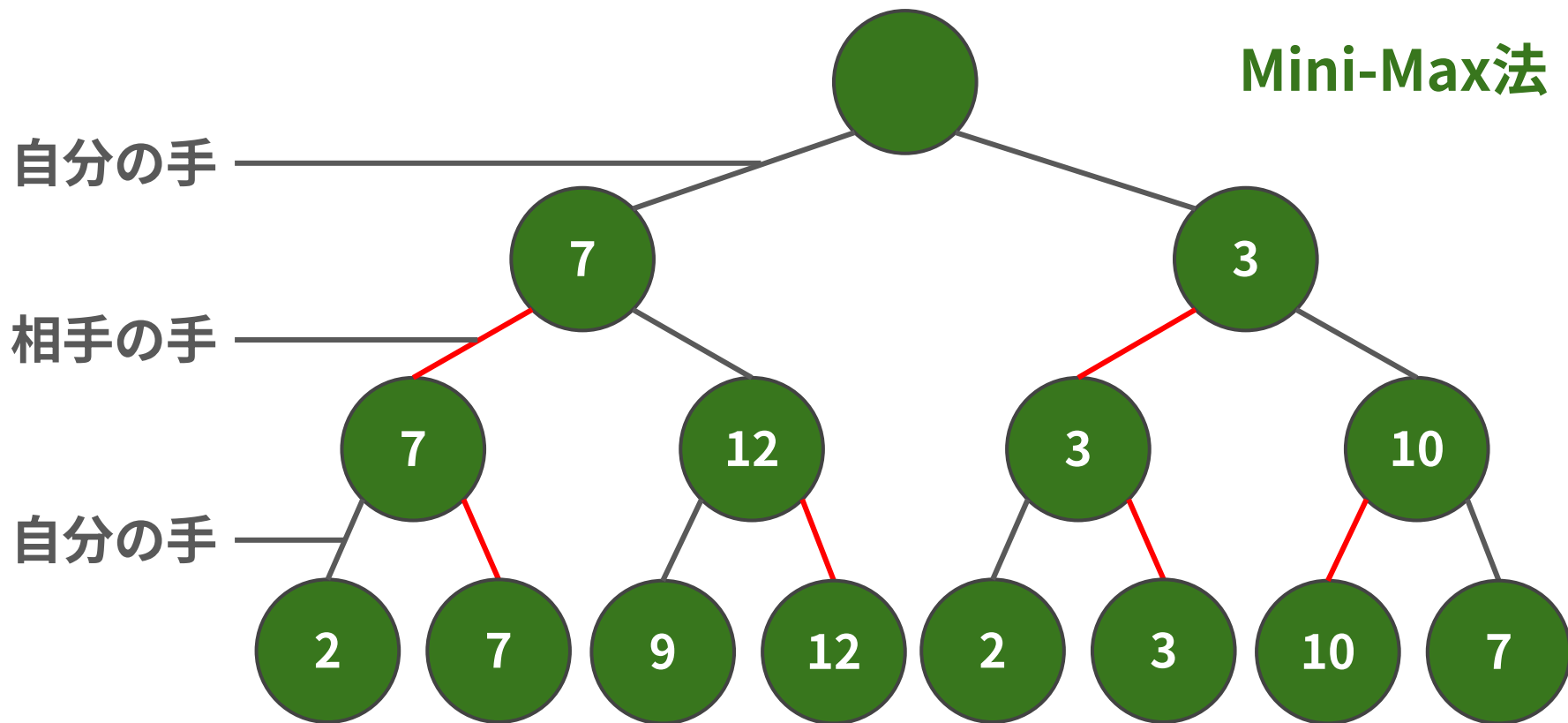
Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



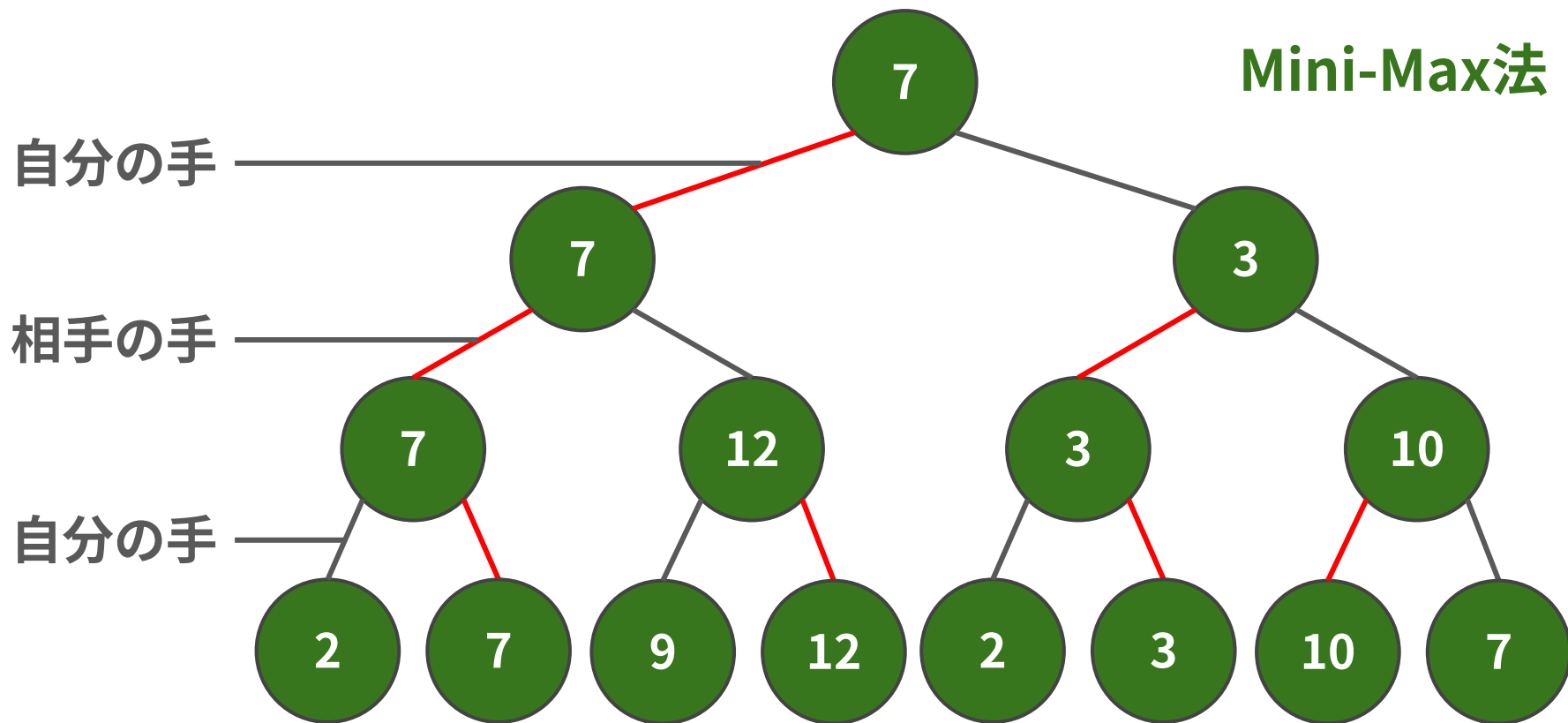
Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



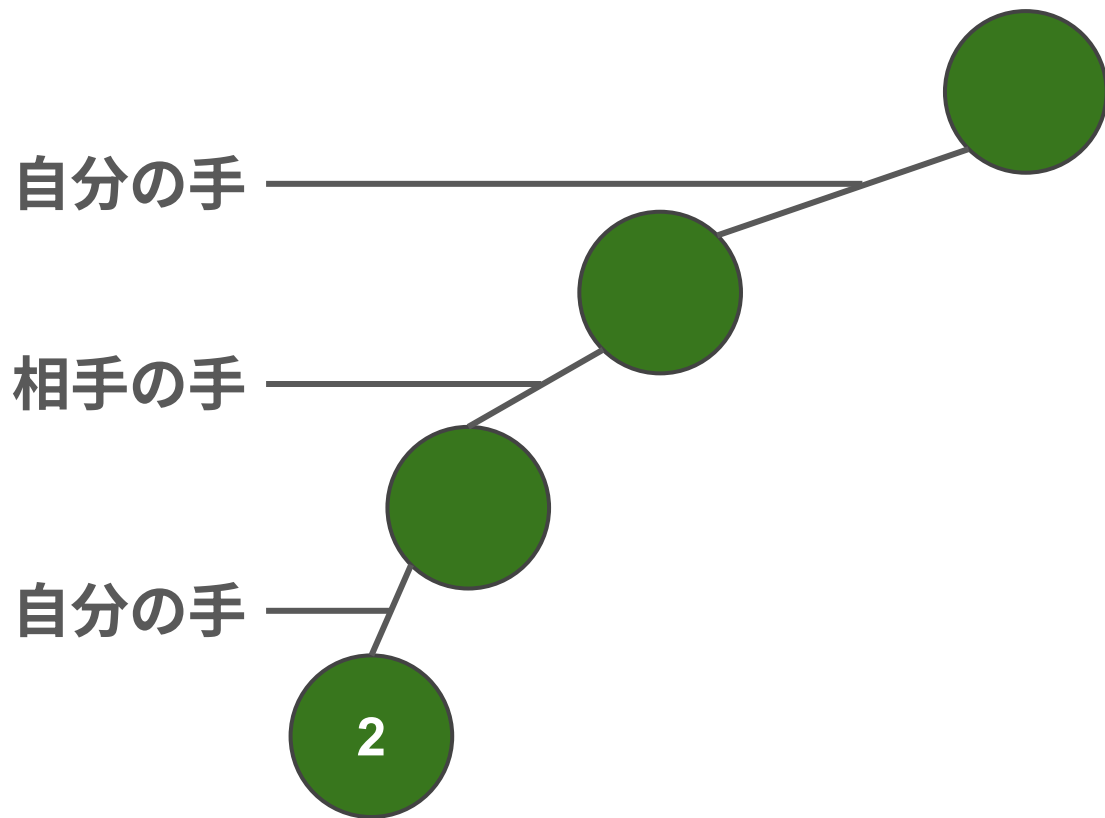
Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法

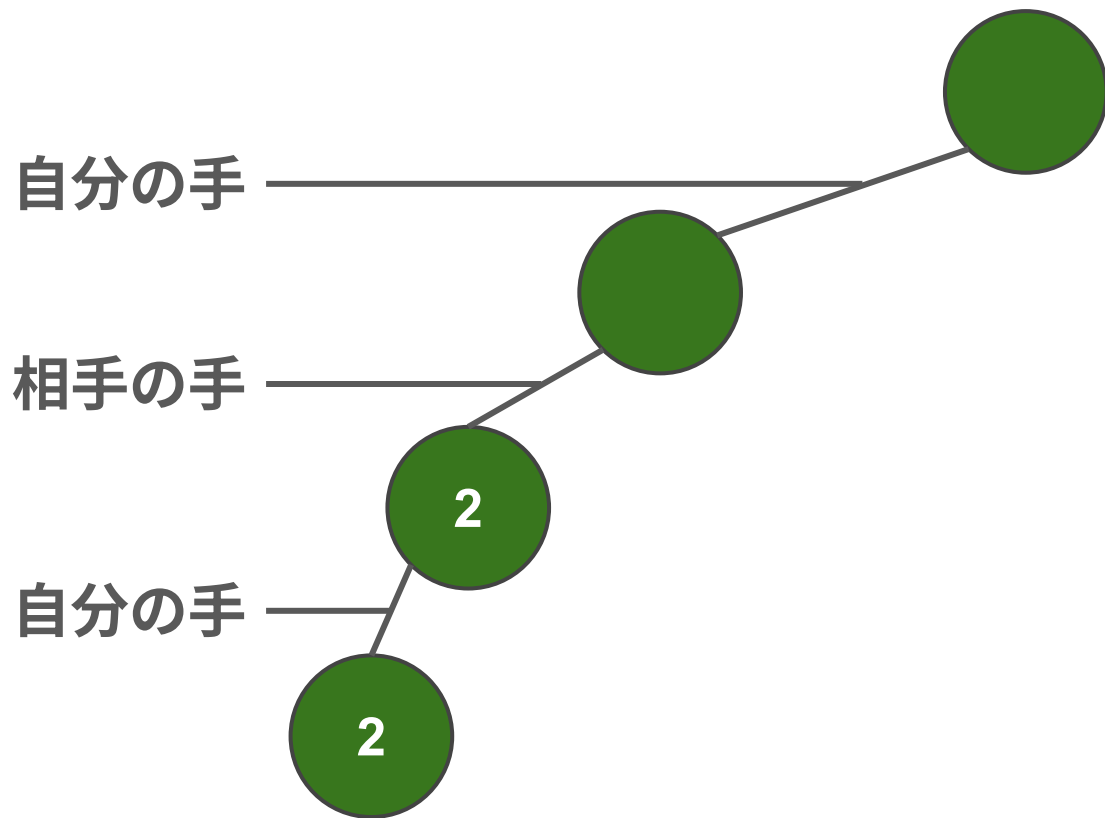


Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



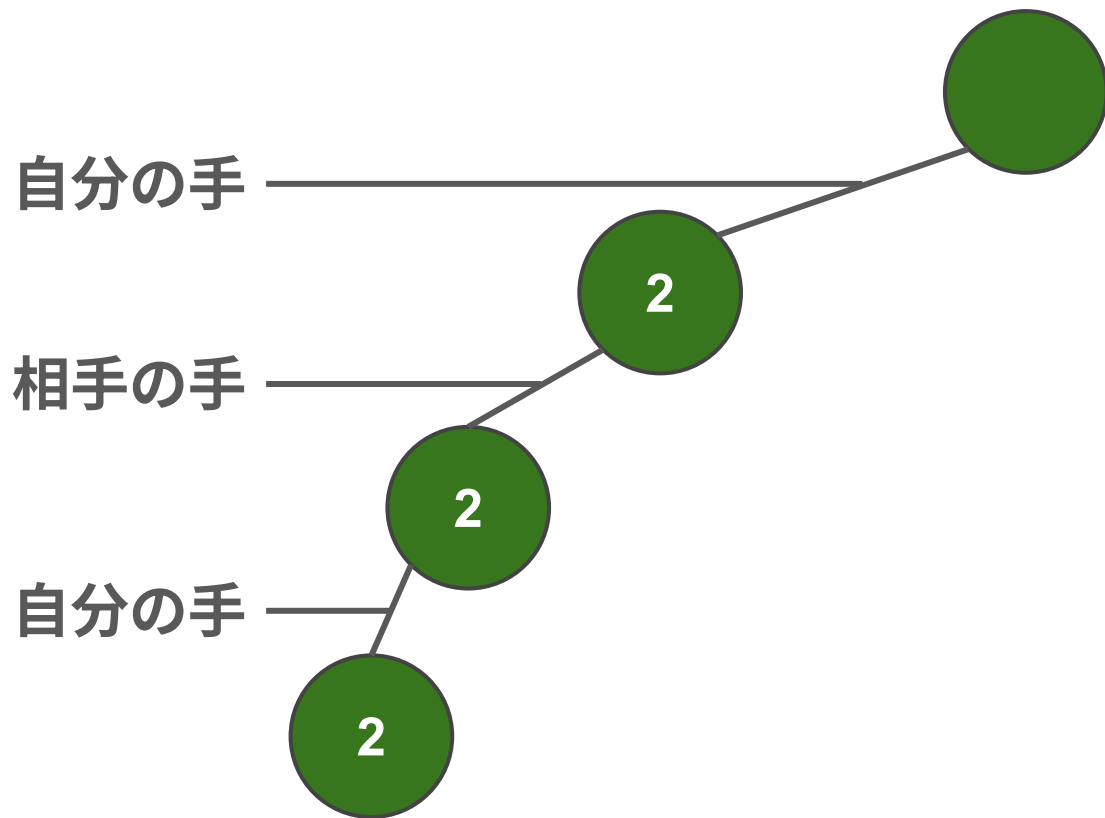
$\alpha\beta$ 法

Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



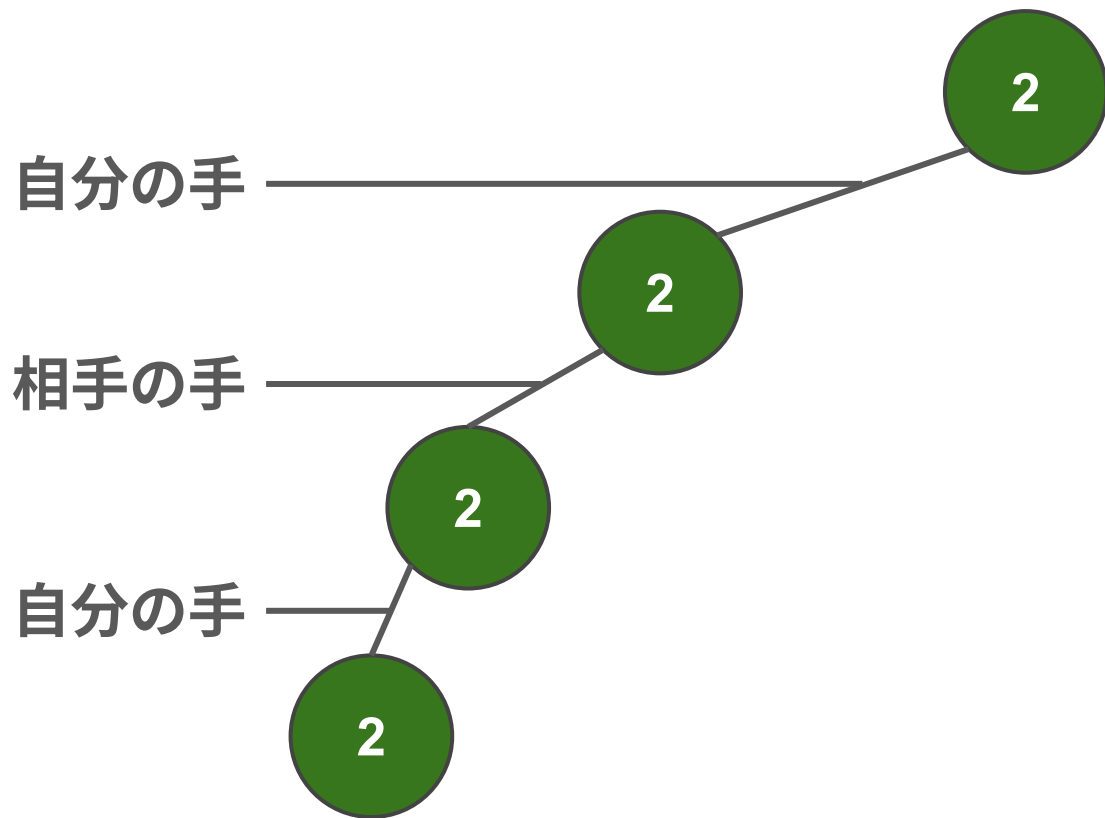
$\alpha\beta$ 法

Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



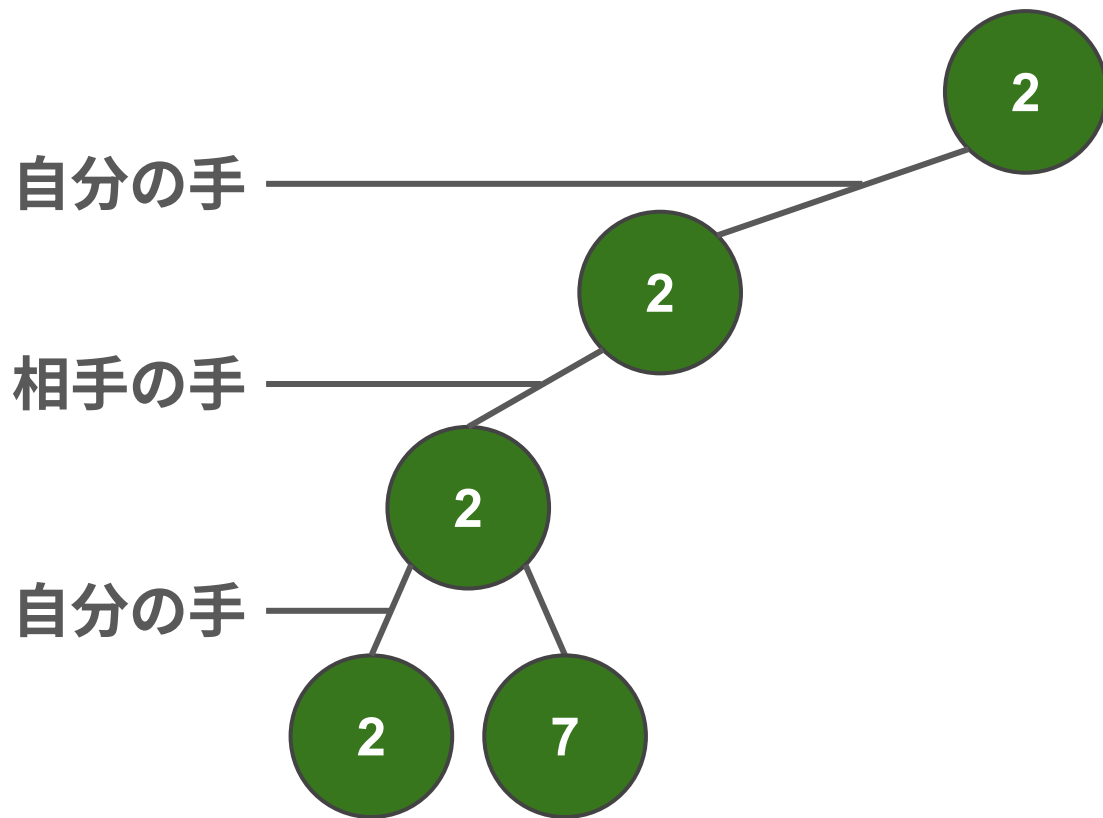
$\alpha\beta$ 法

Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



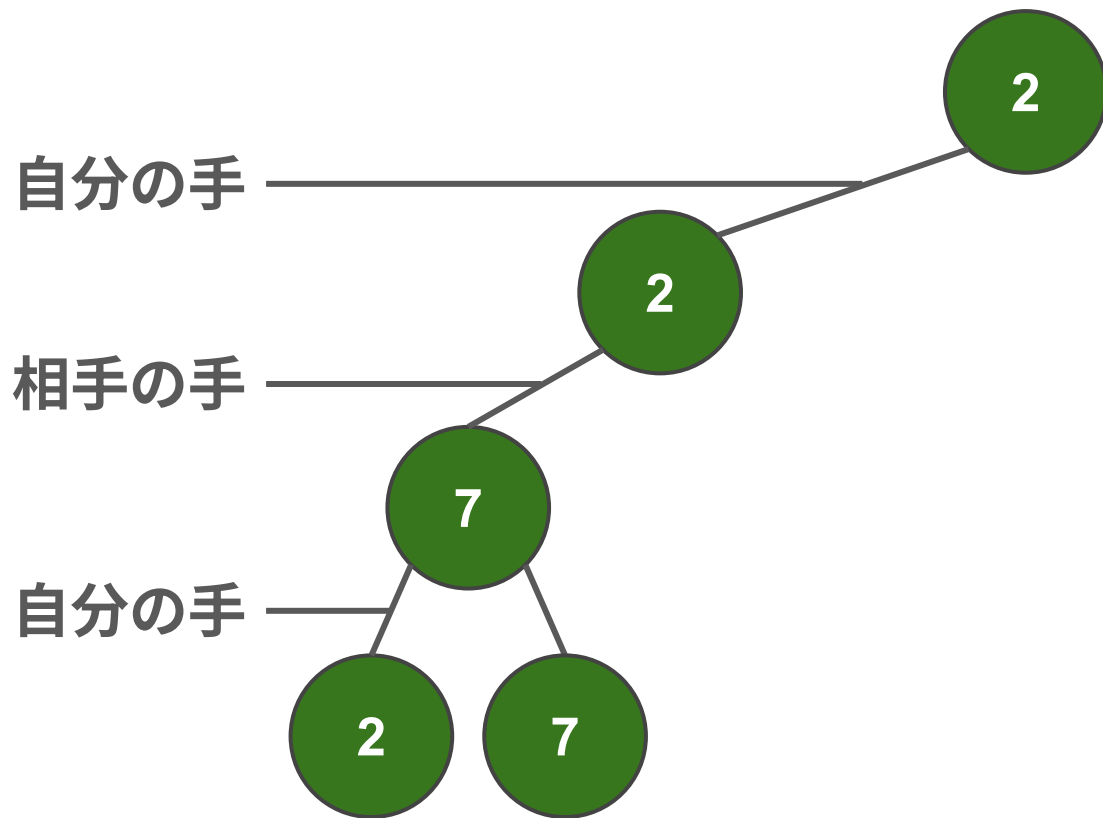
$\alpha\beta$ 法

Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



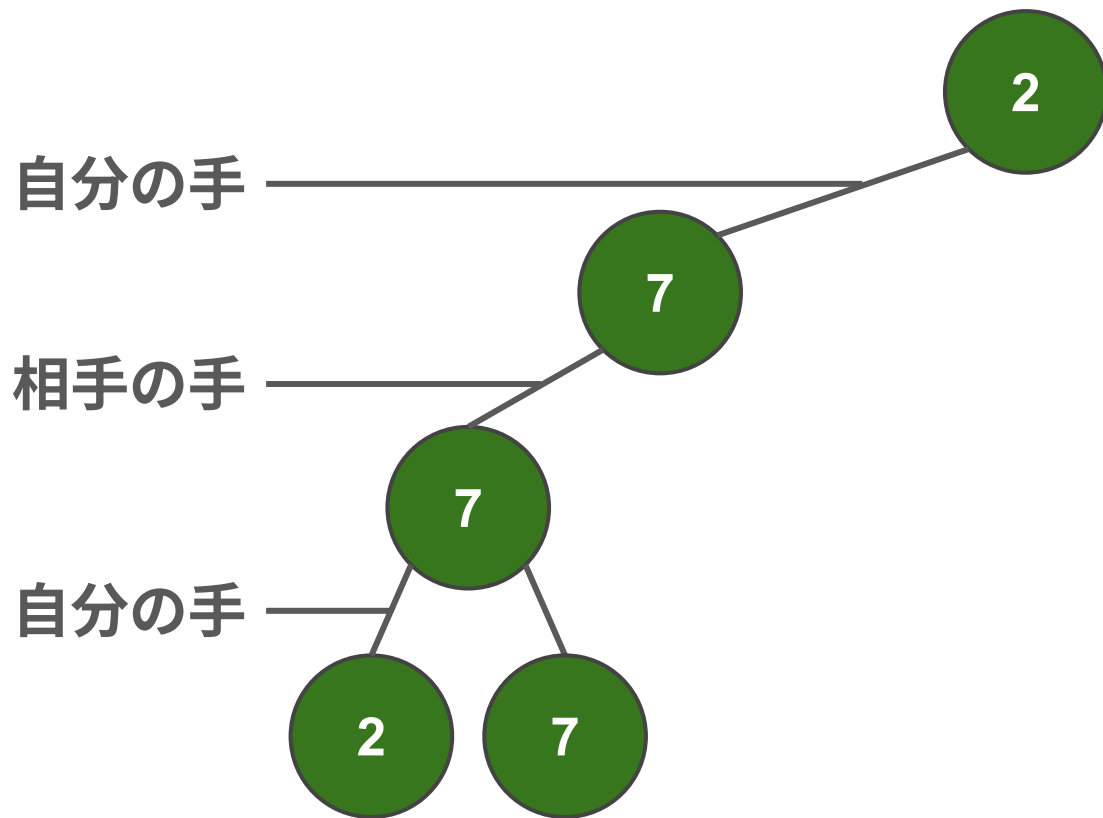
$\alpha\beta$ 法

Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



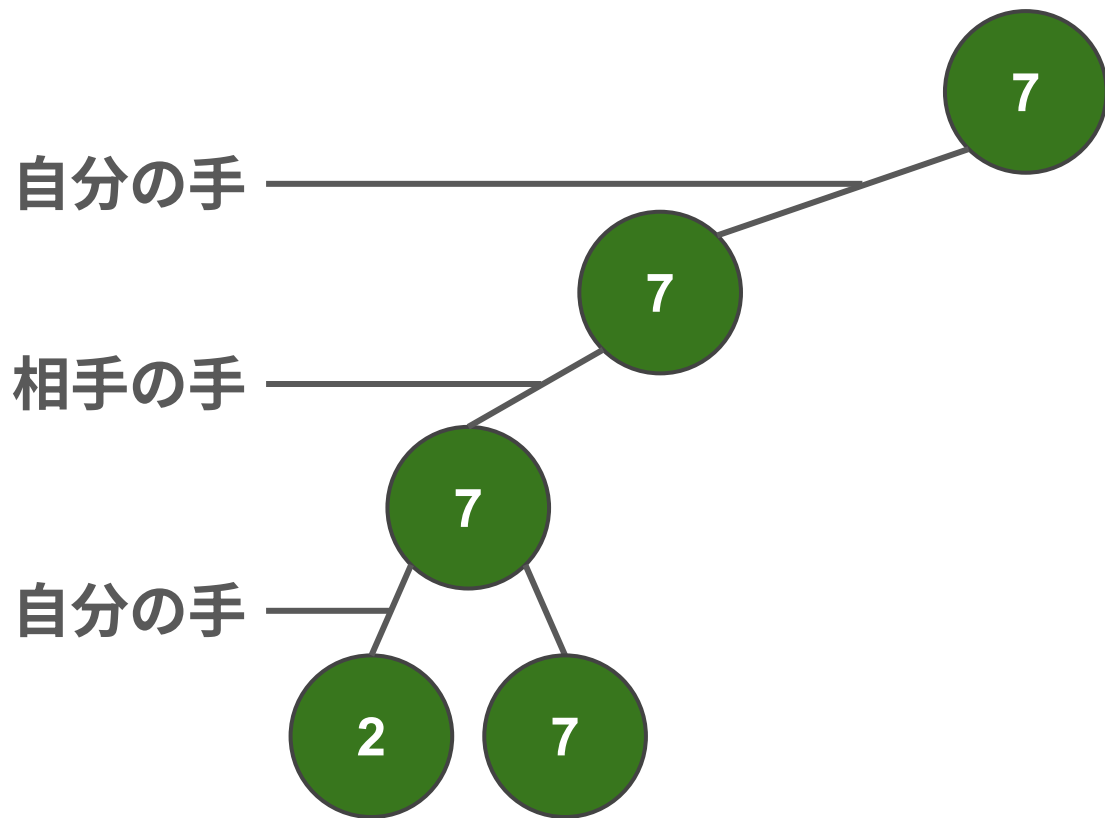
$\alpha\beta$ 法

Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



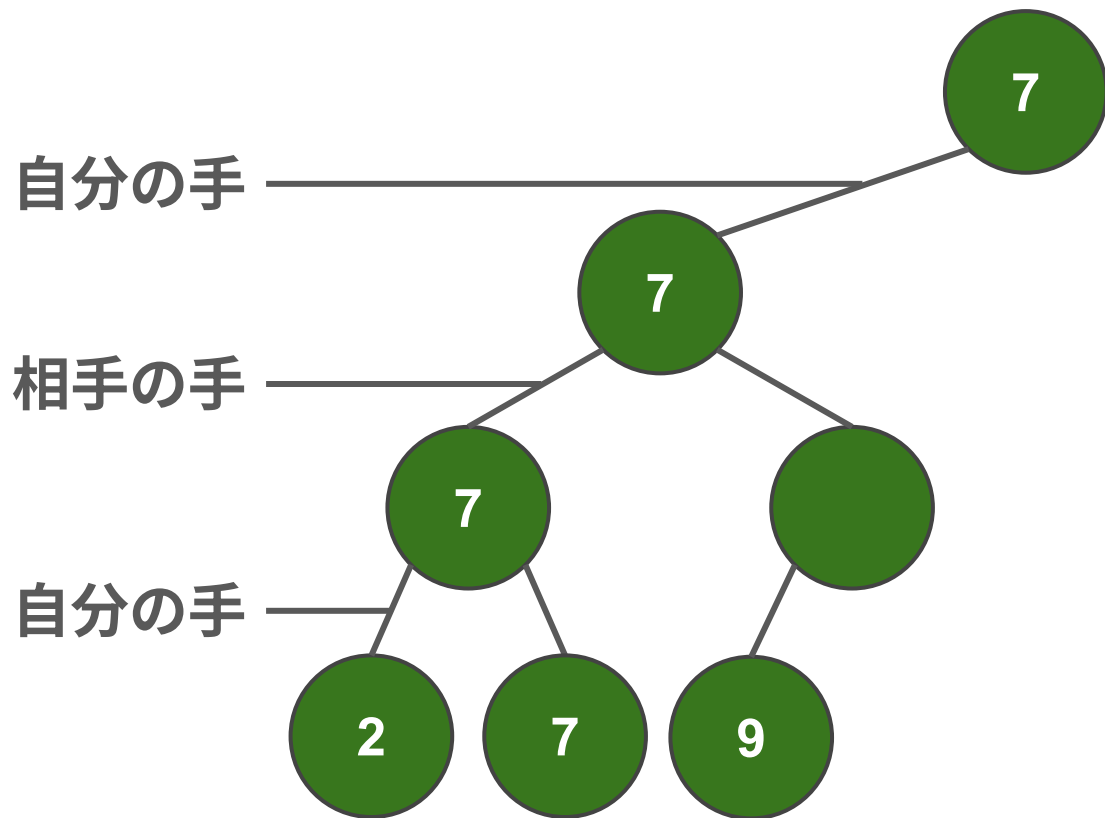
$\alpha\beta$ 法

Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



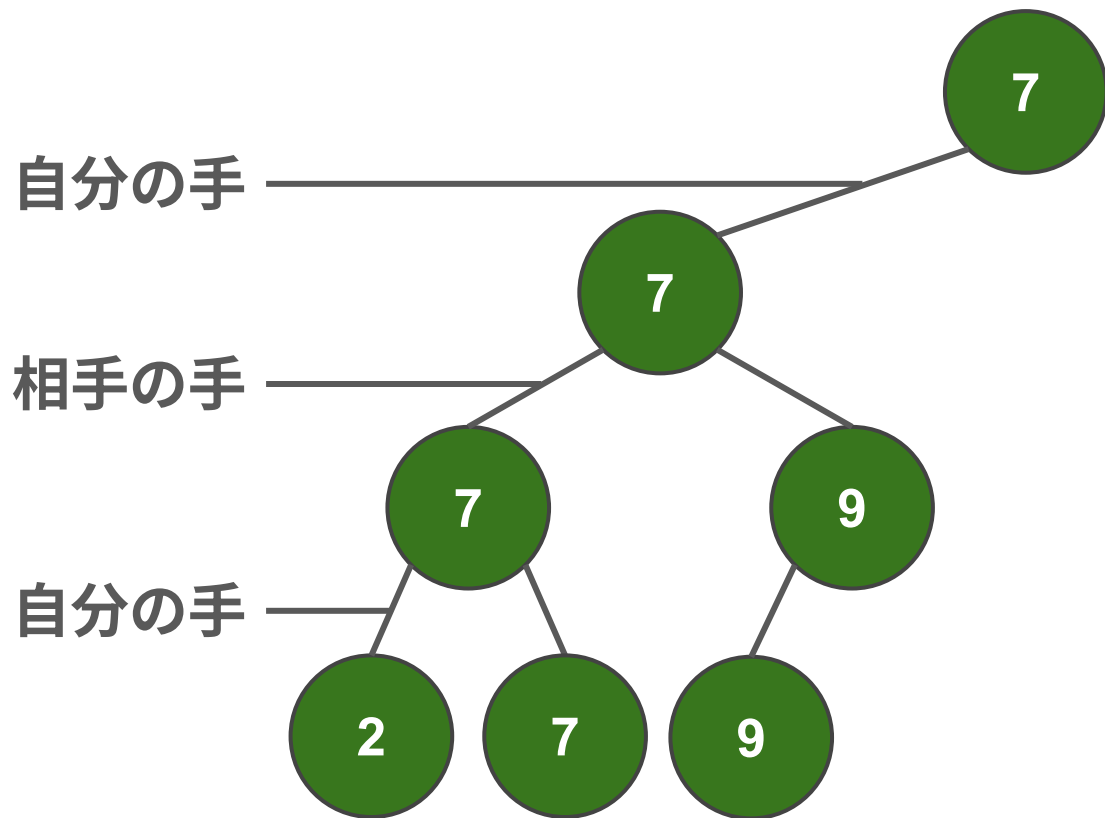
$\alpha\beta$ 法

Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



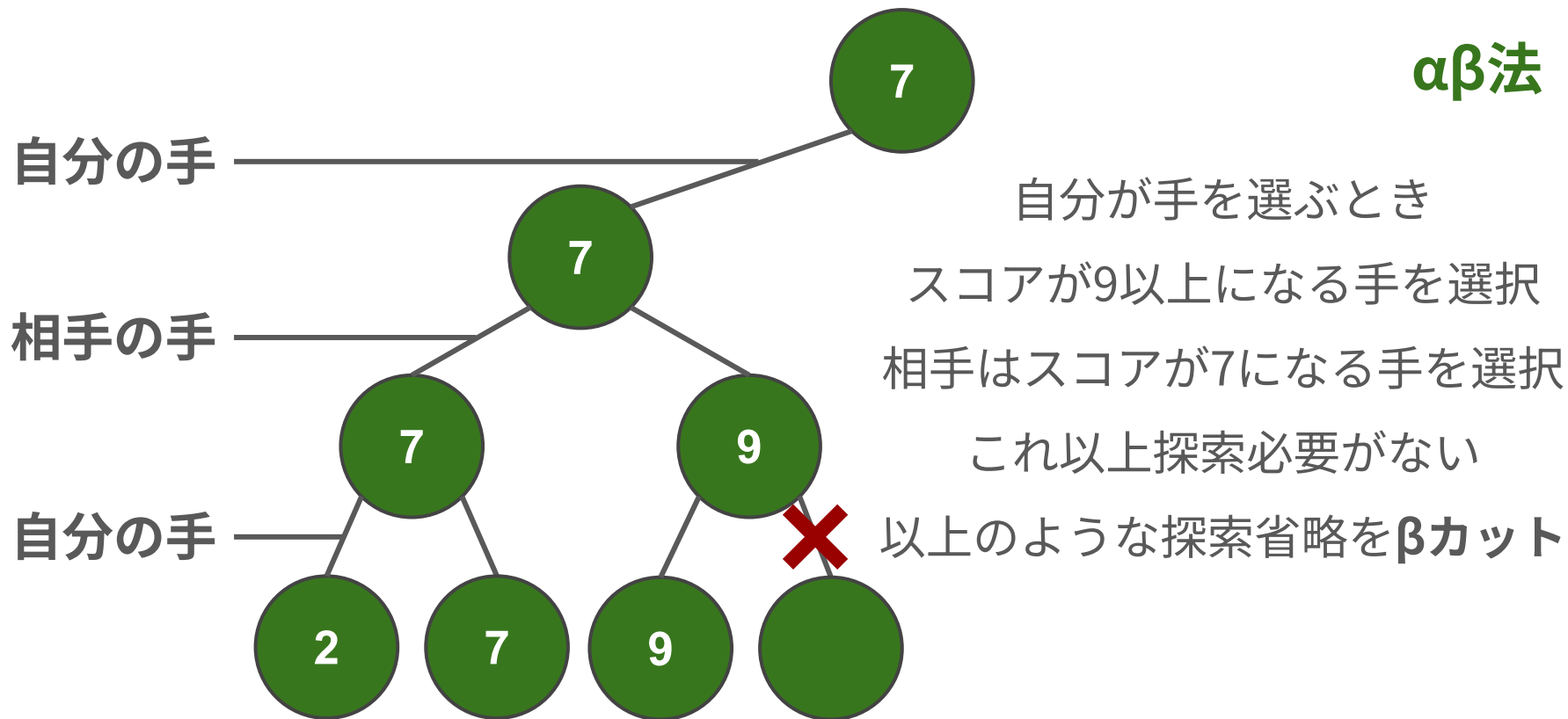
$\alpha\beta$ 法

Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法

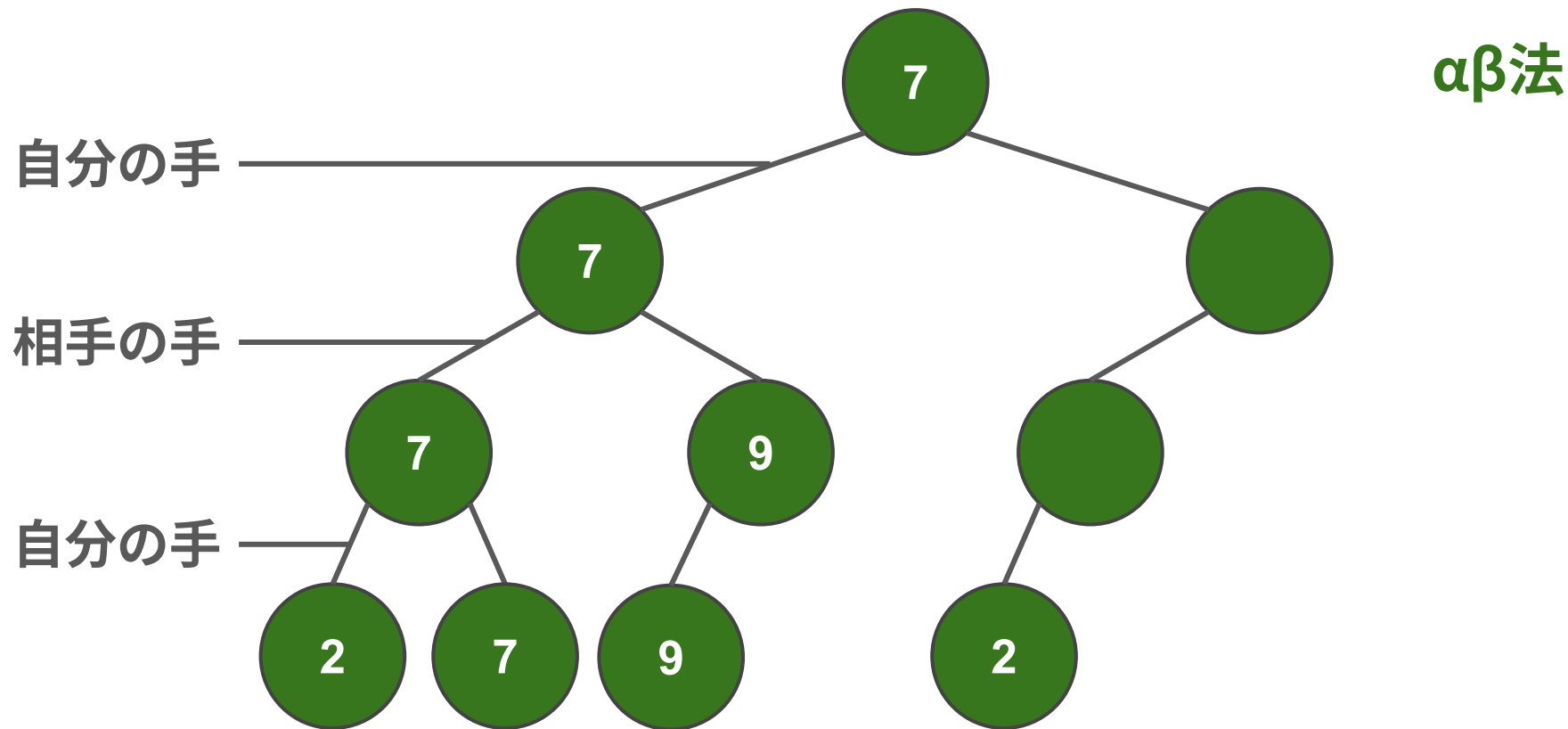


$\alpha\beta$ 法

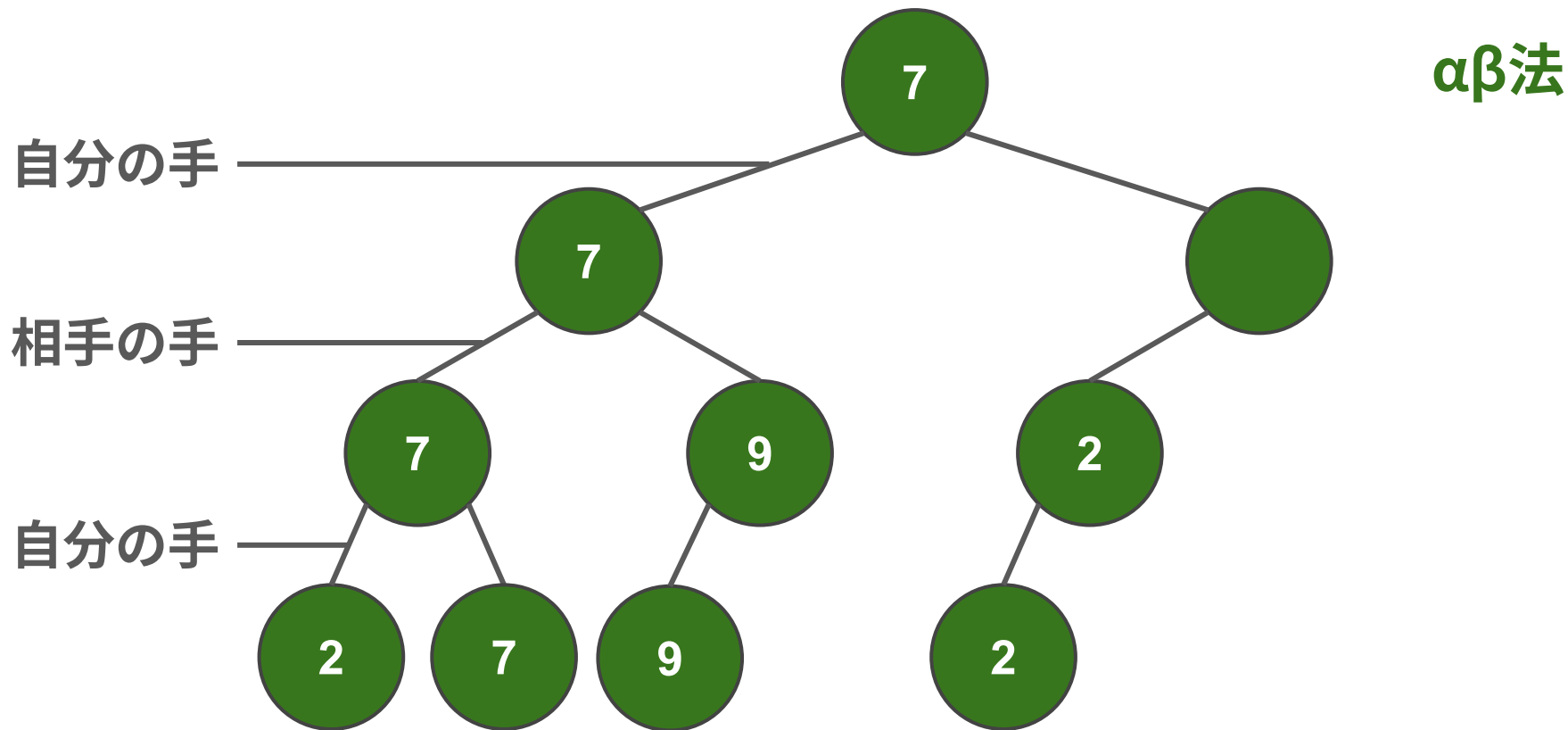
Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



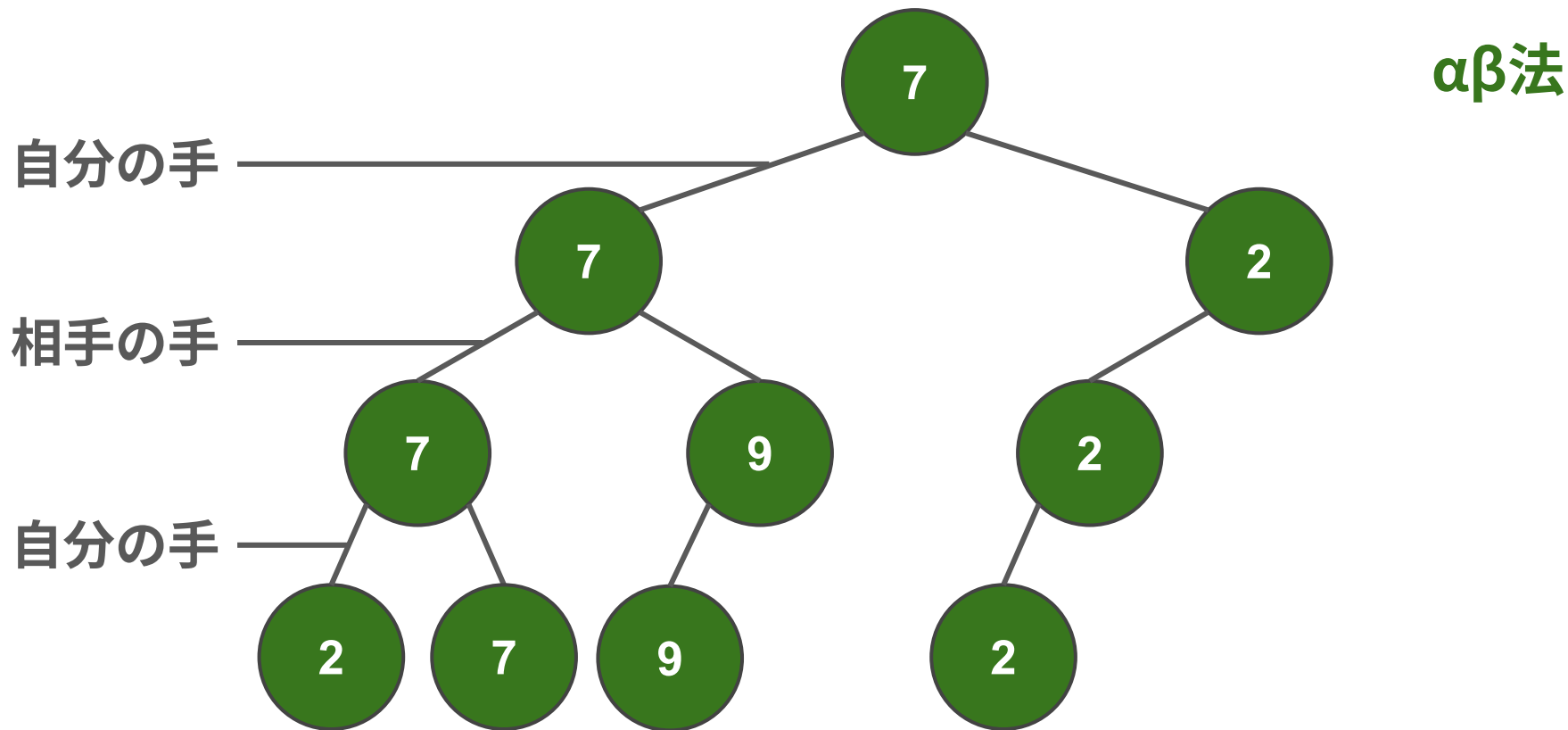
Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



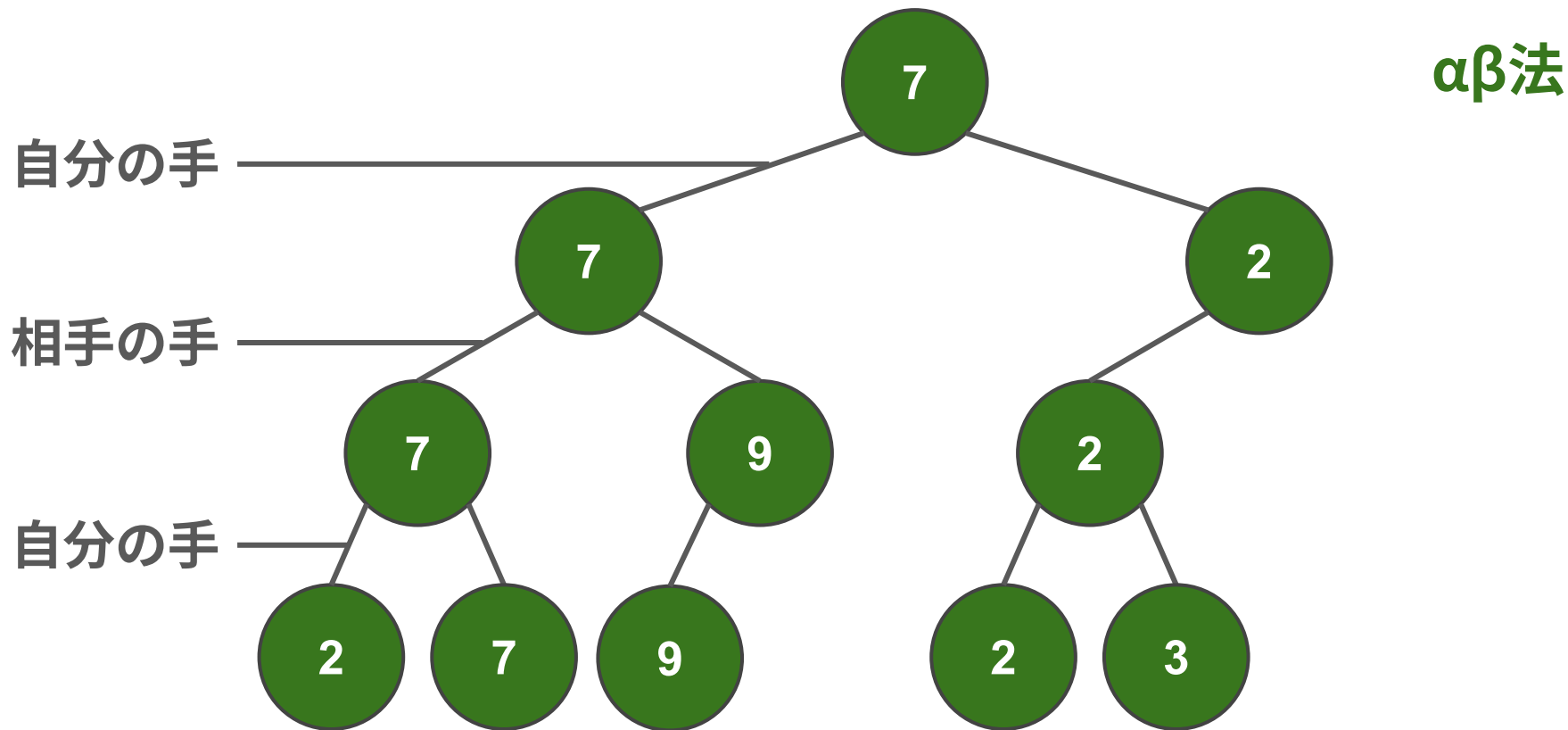
Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



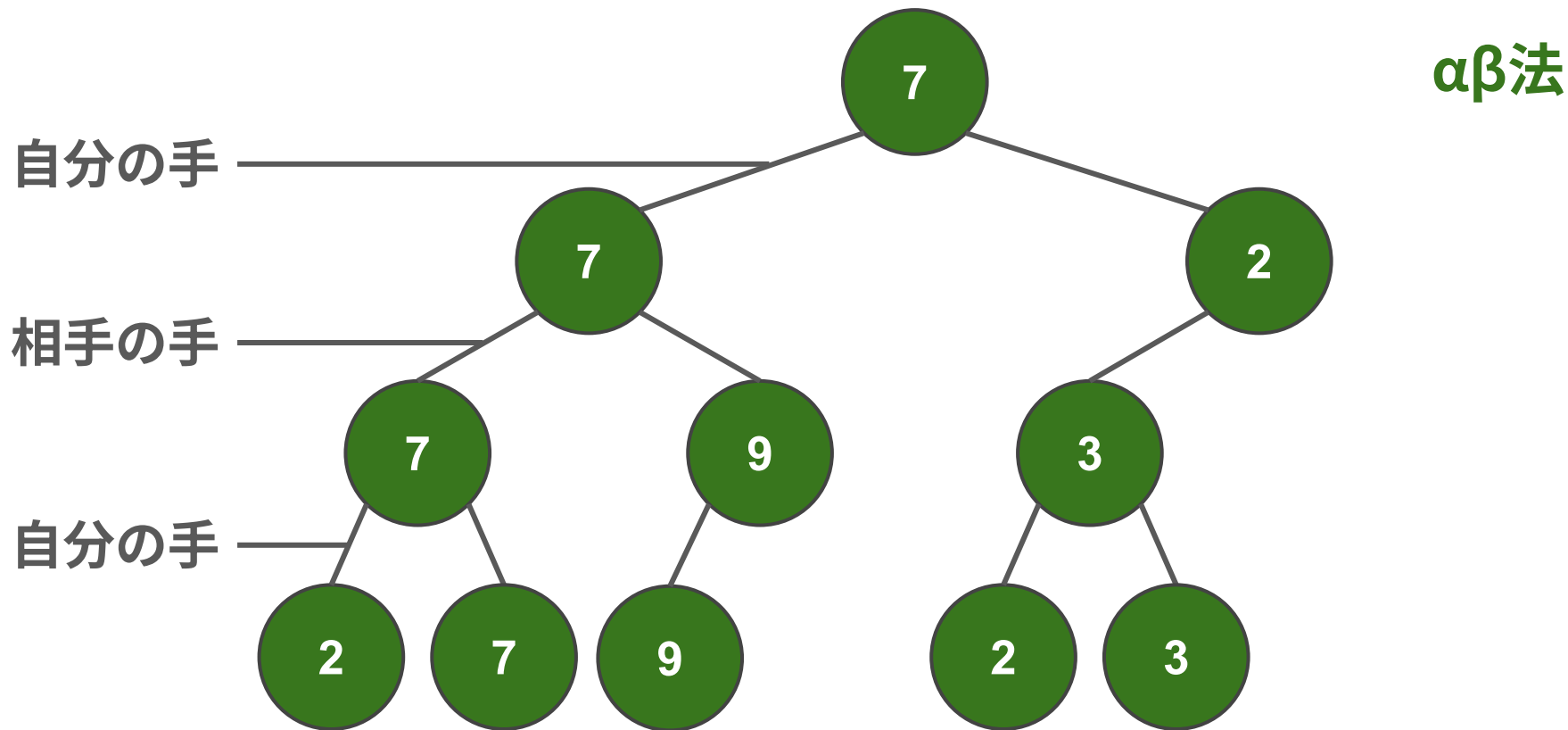
Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



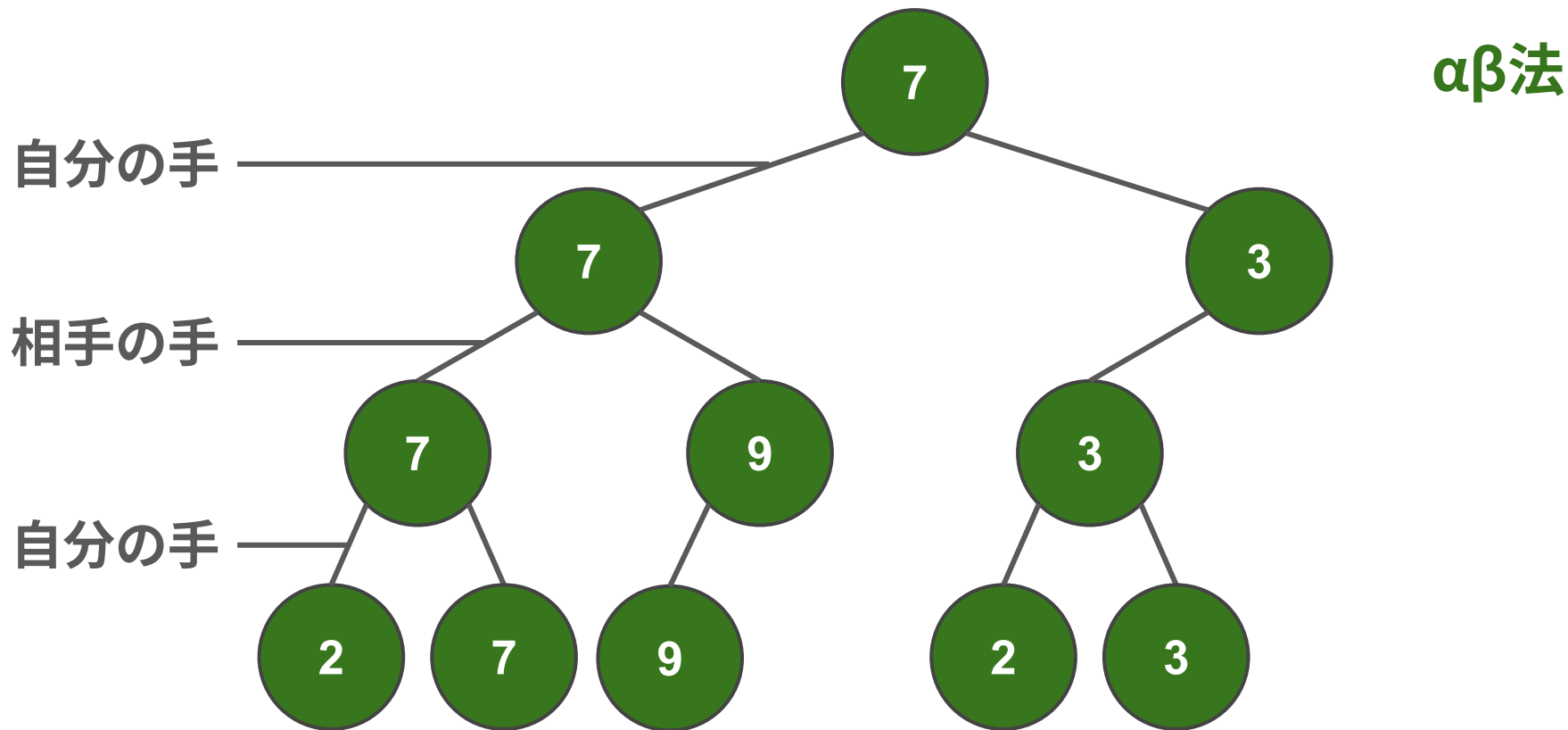
Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



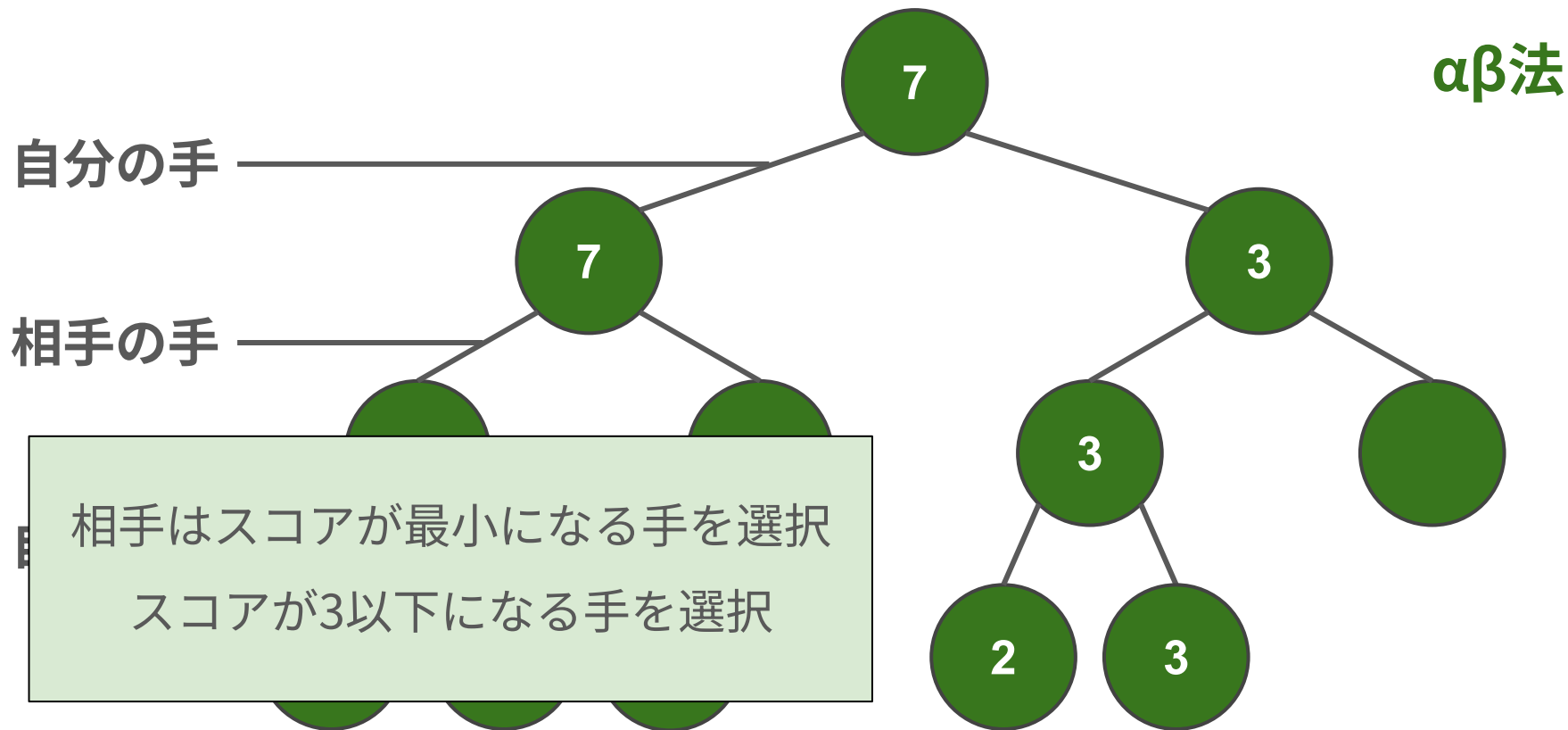
Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



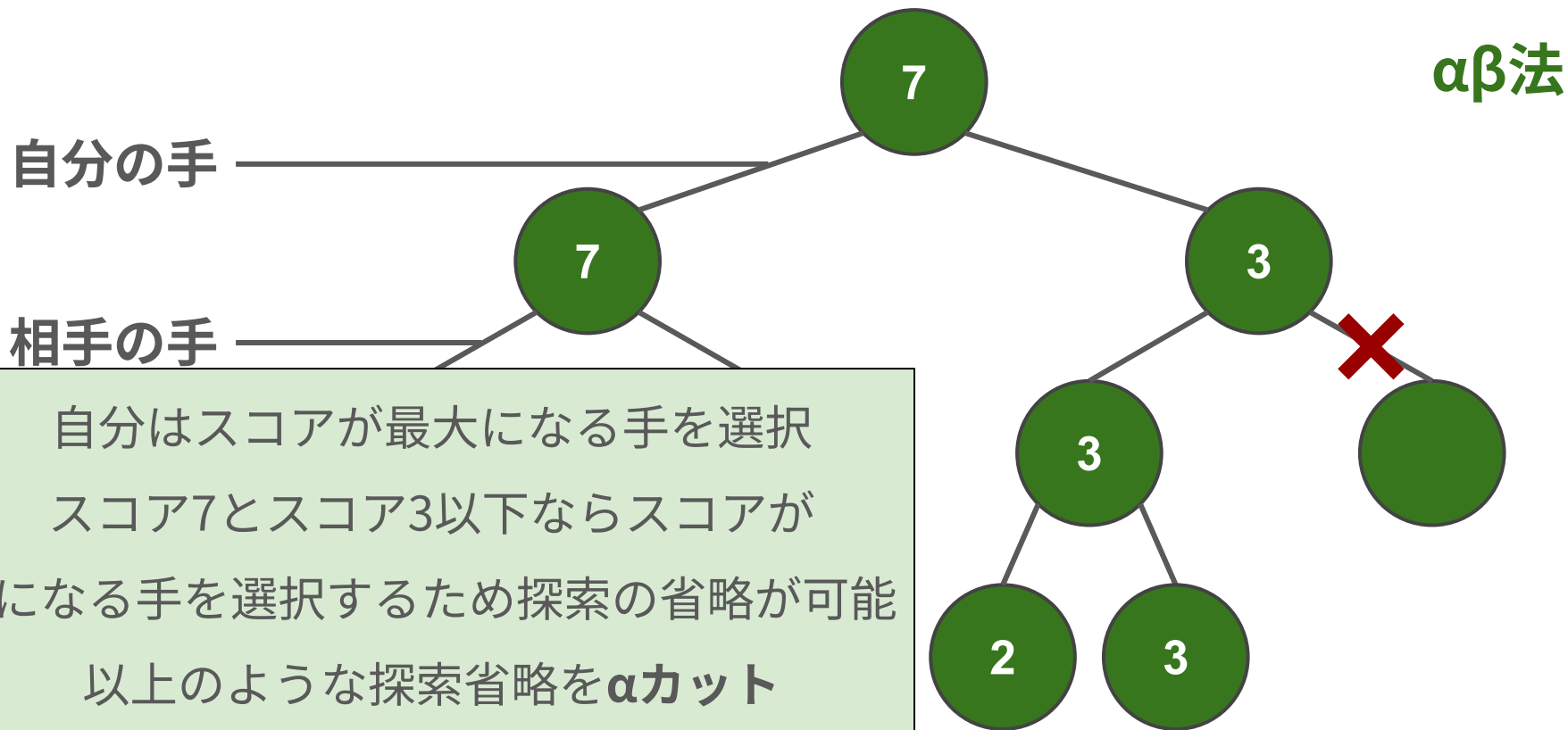
Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法



Mini-Max法と $\alpha\beta$ 法

- $\alpha\beta$ 法

α カット : 相手の手をこれ以上探索する必要がない場合に
探索を省略すること

β カット : 自分の手をこれ以上探索する必要がない場合に
探索を省略すること



人工無能と エキスパートシステム

人工無能とエキスパートシステム

- ・人工無能

チャットボットなどと呼ばれるプログラム

→あらかじめ質問に対する回答などが設定されており

入力されたキーワードもとに機械的に質問に回答する

→文章・会話などを判断しているわけではないので人工無能

人工無能とエキスパートシステム

- **ELIZA（イライザ）**

1964年、チャットボットの元祖となる**ELIZA**が開発される
→ルールに従って文を返すものだったが人間と勘違いする人も存在

- **イライザ効果**

意識的にはわかっているにもかかわらず、無意識的にコンピュータの動作が人間と似ていると感じてしまう現象のこと

人工無能とエキスパートシステム

- **PARRY**

ELIZAと同時期にケネス・コルビーによって開発された
チャットボットでELIZAと会話をしたことがある

→会話の記録も残っており、最も有名な会話はICCC1972である

→チャットボットはルールに従って設定された回答を提供
推論を行い知識を提供するシステム開発が開発される

人工無能とエキスパートシステム

- DENDRAL

1960年代の人工知能に関するプロジェクト・システムのこと
→有機化学の知識を使用して、未知の有機化合物を特定する

DENDRALは世界初の**エキスパートシステム**である

→エキスパートシステムとは特定分野の知識を大量に取り込み、
その知識をもとに様々な推論・判断を行うシステムのこと

人工無能とエキスパートシステム

- ・エキスパートシステム

1970年代後半からエキスパートシステムの開発が活発
→知識ベースと推論エンジンにより構成

知識ベース　：知識、情報、データなどが一定のルールに従い
格納されたデータベースのこと

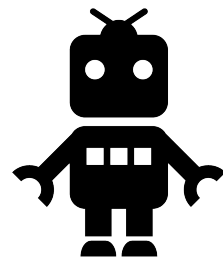
推論エンジン：知識ベースから結論を導き出す仕組みのこと

人工無能とエキスパートシステム

- ・マイシン（MYCIN）

1970年代にスタンフォード大学で開発された
エキスパートシステムで、感染した細菌を判断するシステム

→マイシン（MYCIN）による診断結果は、
専門の医師よりも精度は低かったが
専門でない医師よりの精度は高かった



人工無能とエキスパートシステム

- ・エキスパートシステムの課題

- ・知識ベースを構築するために時間と手間が必要

- 専門家の**暗黙知**を聞き出すのが困難

- ・人間が使う**曖昧な表現**をルール化するのが困難

- 矛盾していたり、一貫していなかったりした

- 人や地域によって言葉の使い分けがある

人工無能とエキスパートシステム

- ・ **エキスパートシステムの課題**

- ・ 常識的な知識を獲得するのが困難である

- データ化されていなかったり、何が常識が分かりにくい

- 何か言葉を使用するとき、その言葉の裏には常識が存在

- 常識をコンピューターに0から伝えていくことは困難である

人工無能とエキスパートシステム

- ・知識のボトルネック

人間が持っている大量の一般常識・知識を

コンピュータに伝えることが極めて難しいこと

→以上のような問題から第2次人工知能ブームは終焉

→ブームが終わったとしてもエキスパートシステム研究は

行われており、現在の人工知能研究に大きな影響を与えている

人工無能とエキスパートシステム

第2次人工知能ブームでは専門家から知識を引き出すための方法として**インタビューシステム**の研究がすすめられた

・インタビューシステム

インタビュー形式でヒアリングを行うこと

→インタビューを受ける側の**暗黙知・経験則を含む知識を、**
いかに聞き出すのかが重要なポイントになる



意味ネットワーク

意味ネットワーク

エキスパートシステム開発と同時期に、
知識表現の研究もすすめられるようになった

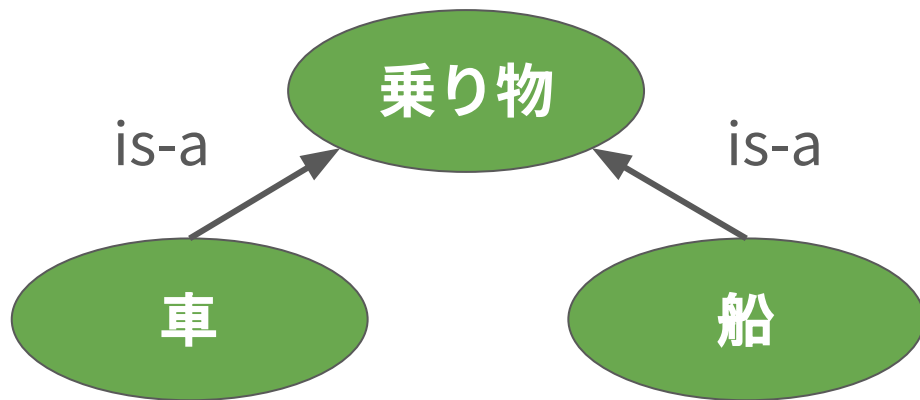
- 知識表現

コンピュータが処理できるように知識を表現すること
→ 適当に知識を与えたとしても上手いこと処理ができない
知識を表現する手法として意味ネットワークなどが存在する

意味ネットワーク

- 意味ネットワーク

概念間の意味関係をネットワークの形で表現する手法
→概念をノードで表し、概念の意味関係をリンクで表す



意味ネットワーク

- 重要な関係性

概念間の関係性には以下のようなものが存在する

- 「is-a」の関係 : **継承関係**を表す
- 「part-of」の関係 : **属性関係**を表す
- 「has-a」の関係 : **所有関係**を表す

→それぞれの関係性を理解することが大切になります

意味ネットワーク

- 「is-a」の関係（継承関係）

「車は乗り物である」のように「AはBである」という関係

→矢印が向いている方が**上位概念(B)**、反対側が**下位概念(A)**になり

下位概念は上位概念の属性（特性）を受け継ぐ特徴があります



意味ネットワーク

- 「part-of」の関係（属性関係）

「タイヤは車の一部である」のように

「AはBの一部である」という関係を表す

→矢印が向いている方が**全体**(B)、反対側が**部分**(A)になる



意味ネットワーク

- 「has-a」の関係（所有関係）

「車はタイヤを所有している」のように

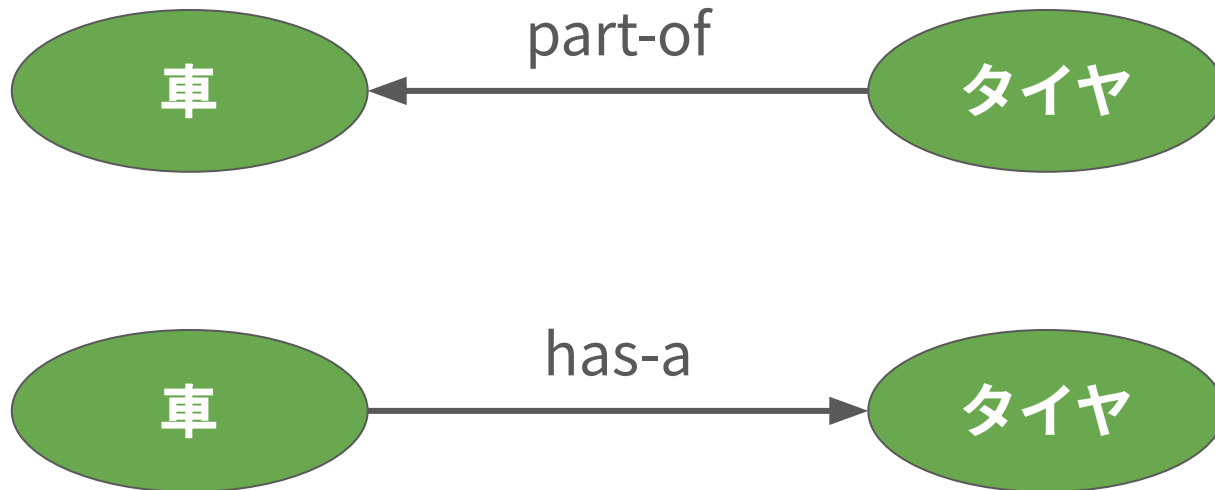
「AはBを所有している」という関係を表す

→矢印の方が**所有されるもの(B)**、反対側が**所有するもの(A)**になる

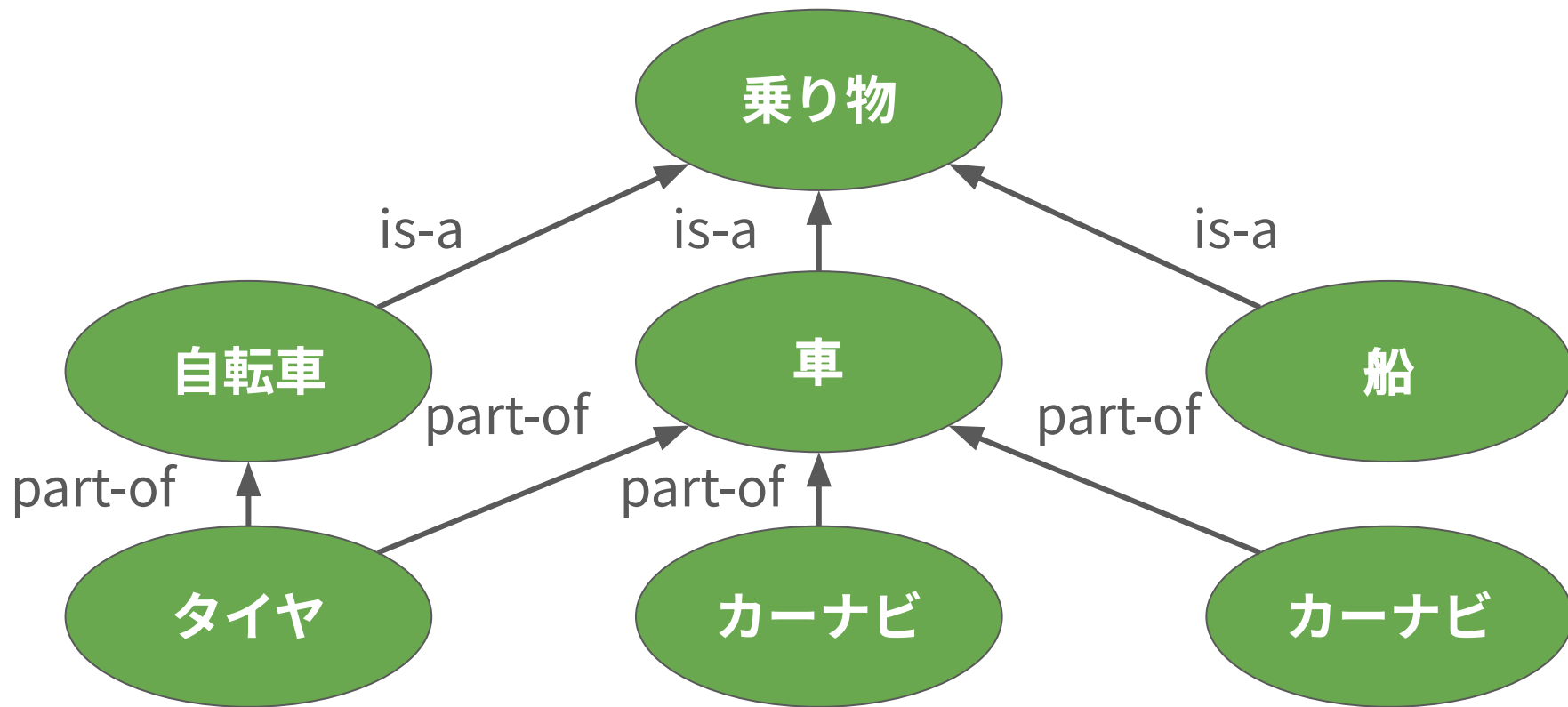


意味ネットワーク

「part-of」の関係と「has-a」の関係は真逆関係と言える



意味ネットワーク





オントロジー

| オントロジー

エキスパートシステム開発と同時期に、
知識表現の研究もすすめられるようになった

→コンピュータが処理できるように**知識を表現する手法**として
前回は**意味ネットワーク**について説明をした

→今回は**オントロジー**について詳しく解説

| オントロジー

・オントロジー

概念を体系化するための学問・方法論・仕様のこと

→ トム・グルーパーの「概念化の明示的な仕様」が有名

→ 作成者によって概念の記述方法が異なると概念を**共有**できない

ルールを定めることで他人が作ったものを利用できる

→ 知識構築のための**コスト**を全体的に下げることができる

| オントロジー

- ・ オントロジーにおける重要な関係

- ・ 「is-a」 の関係

上位概念と下位概念の関係（車は乗り物である）

- ・ 「part-of」 の関係

全体と部分の関係（タイヤは車の一部である）

オントロジー

・オントロジーにおける重要な関係

「is-a」の関係は**推移律**が成立する特徴がある

→AとB、BとCに関係が成立するとき、AとCにも関係が成立

軽自動車は車である、車は乗り物である場合

軽自動車は乗り物である も関係が成立



｜オントロジー

- ・オントロジーにおける重要な関係

「part-of」の関係は**推移律**が成立する場合がある

→車は乗り物の一部、軽自動車は車の一部、

軽自動車は乗り物の一部 は**推移律**が成立している



｜オントロジー

・オントロジーにおける重要な関係

「part-of」の関係は**推移律**が成立する場合がある

→山田はA株式会社に属している（一部である）、

足は山田の一部である、足はA株式会社の一部である

→以上は**推移律**が成立していない



| オントロジー

- ・ オントロジーにおける重要な関係

part-ofの関係には5種類以上の意味があり複雑である

- ・ 役所は公共施設の一部である
- ・ 夫は夫婦の一部である

→同じpart-ofの関係であるが性質が大きく異なる

→本来ならば関係を分けて記述したいが、現状できていない

| オントロジー

オントロジーには、ヘビーウェイトオントロジーと

ライトウェイトオントロジーの2種類がある

→どのような思想で知識を構築していくのかという違いがある

厳密に知識を構築するか、効率的に知識を構築するか

- ・ヘビーウェイトオントロジー：厳密に知識を構築していく
- ・ライトウェイトオントロジー：効率的に知識を構築していく

| オントロジー

- ヘビーウェイトオントロジー

人間が知識（概念）の関係性を考え、

厳密に知識を体系化しようとするアプローチである

→**Cycプロジェクト**はヘビーウェイトオントロジーの一例である

| オントロジー

- Cycプロジェクト

一般常識もデータベース化して、人間と同様の**推論システム**を構築することを目的とするプロジェクト

→1984年に開始され、35年以上も入力作業は続いている
現代版バベルの塔と呼ばれている

| オントロジー

- ・ **ライトウェイトオントロジー**

コンピュータに情報を入力し、自動的に関係性を見つけ出し、
効率的に知識を体系化しようとするアプローチである

→ **ワトソン**はライトウェイトオントロジーの一例である

→ この思想は**ウェブマイニング**や**データマイニング**と相性が良い

| オントロジー

- ワトソン

IBMが開発した質問応答（**Question-Answering**）のシステム
→2011年にアメリカのクイズ番組で対戦して優勝

- **Question-Answering**

自然言語の質問をユーザーから受けつけ、
その質問に対して最も適した回答を出力システムのこと

| オントロジー

・ワトソン

Wikipediaの情報をライトウェイトオントロジー形式で体系化し
それを活用して答えを導き出している

→質問を理解して回答を出力しているわけではない

IBMはワトソンを人工知能ではなく、**拡張知能**と呼んでいる

→**拡張知能**とは人間の能力を支援する技術のことである

｜オントロジー

日本でも質問に対して回答を出力するシステムを開発しようとする流れがあった（東ロボくん）

- ・東ロボくん（2011～2016年）

東大の入試を突破することを目標にした人工知能

→現状、東大入試を突破することは不可能であると判断され終了

→**読解力**が必要であり知識だけで合格は困難（偏差値57は突破）

| オントロジー

- ・ウェブマイニング

ウェブ上にあるデータを分析して有益な情報を抽出する手法

- ・データマイニング

膨大なデータを分析して有益な情報を抽出する手法

→厳密性よりも効率性が求められるという特徴がある

| オントロジー

オントロジーの研究は、**セマンティック・ウェブ**や**LOD**などの研究として展開されていく

・セマンティック・ウェブ

コンピュータが自律的にWebページの情報を
処理（収集・加工など）するための技術・思想・構想のこと
→ライトウェイト・オントロジーの思想と相性が良い

｜オントロジー

・セマンティック・ウェブ

コンピュータがWebページに何が書かれているかを
理解できるように**メタデータ**を付与していく

→**メタデータ**：データの情報が記述されたデータのこと

「太宰治」というデータに対して「author（著者）」という
データを付与することで「太宰治」とは何か理解できる

→`<div property="author">太宰治</div>`

｜オントロジー

- ・ **LOD（リンクト・オープン・データ）**

Web上でコンピュータ処理に適したデータを
公開・共有するための技術の総称のこと

→セマンティックウェブの形成に重要な技術である

→構造化されたデータ同士をリンクさせることで
巨大なデータベースを構築していく

A high-angle, slightly blurred photograph of a clean, modern desk. In the center is a white Apple iMac with its iconic logo. To its left is a laptop, partially visible. In front of the iMac is a white Apple keyboard and a white mouse. To the left of the keyboard is a small, round, light-brown cork coaster and a black mesh pen holder containing a few pens. A black smartphone lies on the desk to the right of the keyboard. The background shows a window with green foliage outside. The overall aesthetic is clean and professional.

機械学習

機械学習

- ・ 機械学習 (Machine Learning)

アーサー・サミュエルが最初に機械学習を定義した (1959年)

→ 「明示的にプログラムしなくても学習する能力を
コンピュータに与える研究分野」と定義した

→ 人間が明示的にルールを与えなくても学習データをもとにして
ルールやパターンを学習していくこと

機械学習

・ルールベース（家賃）

様々な条件から家賃を求めるシステムを作りたい

→専門家が考えた特徴量（駅からの距離など）と値を使用して
家賃を求めるシステムを構築していく

→駅から1km離れたら基本的に5,000円安くなり、
築年数が1年長くなるごとに1,000円安くなっていく など

機械学習

- 機械学習（家賃）

駅からの距離、築年数などの特徴量を**専門家**が設定し

大量のデータを与えて最適な値を見つけ出していく

→ルールベースの場合は値を専門家が決めていた

→駅から1km離れたら基本的に4,100円安くなり、

築年数が1年長くなるごとに980円安くなっていく など

機械学習

- ・ 特徴量設計（特徴量エンジニアリング）

- 機械学習では選ぶ特徴量によってモデル精度が大きく変化
- モデルが学習しやすいようにデータを加工なども必要
- データの特性などを理解し、適切な特徴量を選択したり、作成したりすることを特徴量設計という
- ディープラーニング等では特徴量自体をモデルが学習していく

機械学習

- ・ 特徴量設計（特徴量エンジニアリング）

- ・ データの加工

駅からの距離が1.2kmや800mなど単位がバラバラの場合は使用しにくいので単位を統一していく

→1,200m、800mとすることでモデルが学習しやすくなる

機械学習

- データ量の増加

- インターネットの普及にともない、インターネット上に多くのデータ（**ビッグデータ**）が蓄積されるようになった
- 大量のデータを収集し、学習させることが可能な環境になった
- 学習させるデータ量が多いほど、モデル精度が上がる
- 機械学習は**パターン認識**の分野の技術だった

機械学習

・パターン認識

画像や音声など様々なデータから一定のパターン・特徴を見つけ出し、取り出す技術のこと

→音声認識、顔認識、文字認識などは**パターン認識**の1つ

→人が発見することができなかったパターンを見つけることができる可能性もある

機械学習

- 機械学習

機械学習を活用することでスパムフィルターや
レコメンデーションエンジンを作成することができる

- スпамフィルター

→受信したメールがスパムメール（迷惑メール）かどうかを
判断するアルゴリズムのこと

機械学習

- 機械学習

- レコメンデーションエンジン

ユーザーの興味があるものを学習し、

興味がありそうな情報を提案するシステムのこと

→Amazonにおける「おすすめ商品」を提案するシステム、

YouTubeにおける「おすすめ動画」を提案するシステムが

代表的なレコメンデーションエンジンである

機械学習

・みにくいアヒルの子定理

何らかの仮定に基づいて特徴量を選択しなければ、
分類することは不可能であるということ

→分類するためには、**仮定**に基づいて**特徴量を選択**する必要がある

→データを比較する場合、各データは似ているが、同じではない
何か分類するとき、人は仮定に基づいて特徴量を選択している

機械学習

・みにくいアヒルの子定理

	毛色	生まれ月	体重	性別
醜いアヒルの子	黒色	4月	110g	オス
アヒルの子A	黄色	4月	95g	オス
アヒルの子B	黄色	4月	110g	メス
アヒルの子C	黄色	3月	105g	オス

機械学習

・みにくいアヒルの子定理

醜いアヒルの子、アヒルの子A、アヒルの子B、アヒルの子Cはそれぞれ異なる特徴を持っている

→分類するためには、どの特徴量で分類すべきか決める必要がある

→毛色、生まれ月、重さ、性別など数ある中から分類すべき特徴量を選択する必要がある

機械学習

- データ量の増加と自然言語処理

インターネットが普及したことでWebページが増加した
→大量のテキストデータが登場したことで、
テキストを収集するコストが低下し、
自然言語を処理するモデルの開発がさらに盛んになっていく

→今まではデータの収集コストが高く研究が進みにくかった

機械学習

- 自然言語処理

人が日常的に使っている言語（**自然言語**）を
コンピュータで処理させる技術のこと

→言語翻訳、検索エンジンなど幅広い分野で使用される

→検索で欲しい情報が出たり、翻訳を手軽にできたりするのは
自然言語の処理能力が上がったからである

機械学習

- 統計的自然言語処理

統計的に自然言語を処理するアプローチが取られる

→確率論や統計学を使って、自然言語を処理することで、

自然言語処理の精度は向上した

→機械翻訳の分野では、従来単語を1つ1つ訳していたが、

コーパスを活用することで翻訳の精度が向上した

機械学習

- 統計的自然言語処理

コーパス（対訳データ）とは自然言語の文章を構造化したもの
→イメージとしては例文が大量に集められたもの

→大量の例文を使用することで、複数の意味がある単語を
正しく翻訳できる確率が上がった

機械学習

- 統計的自然言語処理

「はし」には「箸」「橋」「端」など複数の意味がある

→前後の単語によって意味を使い分けることができる

→「はし」付近に食べ物に関する記述があれば「箸」と予測して
「Chopsticks」と翻訳することが可能である

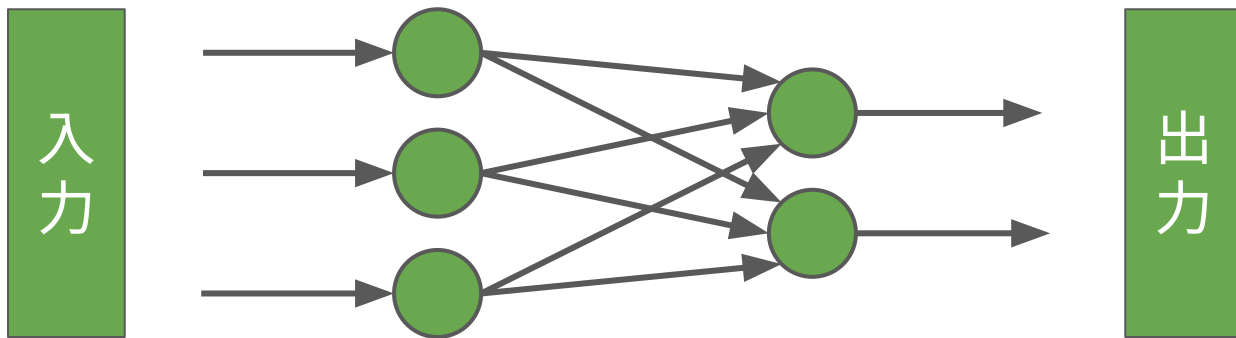
A high-angle, slightly blurred photograph of a clean, white desk. In the center is an Apple iMac with a silver frame and a black screen. To its left is a laptop, partially visible. In front of the iMac is a white Apple keyboard and a white mouse. To the left of the keyboard is a small, round, light-brown cork coaster. To the right of the keyboard is a black smartphone. In the background, to the left of the iMac, is a black mesh pen holder containing a few pens. A white horizontal line is drawn across the middle of the image, passing behind the text.

深層学習

深層学習

・ニューラルネットワーク

人間の神経回路（ニューロン）を模倣した数理モデル
→ニューロンは他のニューロンから信号を受け取り、
一定の信号を受け取ると、他のニューロンに信号を送る

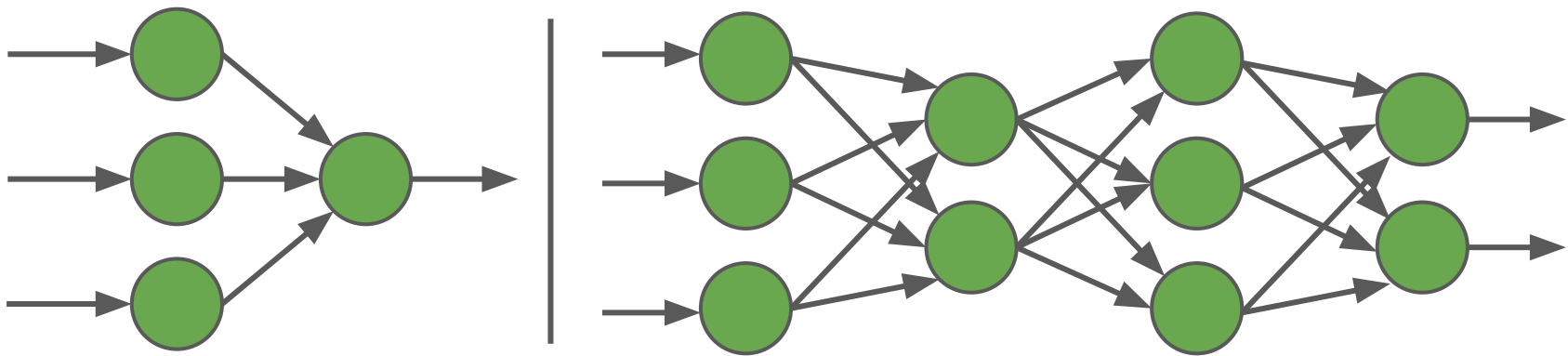


深層学習

- 単純パーセプトロン

1958年に提案されたニューラルネットワーク

→多層化したものがディープラーニングである



深層学習

- ILSVRC（画像認識の精度を競う大会）

ImageNet Large Scale Visual Recognition Challengeの略
→2012年トロント大学のジェフリー・ヒントンが中心となった
SuperVisionが優勝した（モデルは**AlexNet**）

→**ディープラーニング**を活用した画像認識のシステム
当時は、画像認識には**機械学習**が用いられていた

深層学習

・ディープラーニング

2015年から**人間の認識率**を越える精度を誇るようになる

- 2012年以前にも、ディープラーニングのアイデアは存在したが技術的に難しく、日の目を浴びていなかった
- 技術的に可能になったことで、注目されるようになった

深層学習

・特徴表現学習

- 適切な出力をするために**特徴量**自体をモデルに学習させること
- 家賃を求めるシステムを作りたいとき、大量のデータを使用してモデルに家賃を求める上で重要な要素（**特徴量**）を決めてもらう
- 人からは何を**特徴量**にしているのか分からない

深層学習

・表現学習

適切な出力をするためにデータから重要な要素を抽出し、
それを表現（処理しやすいベクトルなどの形式）として学習

→特徴表現学習は表現学習の1つである

表現学習には**状態表現学習**、**時系列表現学習** などある

深層学習

- ・人工知能を導入するときの注意点

- ・人工知能の導入が最適なのかを考える

ルールベースのシステムで安価に解決できるならば

ルールベースのシステムを導入することも1つの選択肢

→機械学習、深層学習を選択することが全てではない

問題・課題解決のための1つの手段にすぎない

深層学習

- ・ 人工知能を導入するときの注意点

- ・ 業務プロセスを見直す

人工知能の導入が円滑に進むように業務プロセスを見直すことが大切である

→人工知能を導入するために組織を変更していく

深層学習

- 人工知能を導入するときの注意点

- 効果を測定する

人工知能を導入することで、どのような効果があるのかを測定し、人工知能を導入することがベストなのか判断する
→ルールベースのシステムで解決できるならば、
ルールベースのシステムを導入することも選択肢の1つ

A high-angle, slightly blurred photograph of a clean, modern desk. In the center is a white Apple iMac with a silver keyboard and a white mouse. To the left, a portion of a silver laptop is visible. A black mesh pen holder sits to the left of the iMac. A small, round, light-colored wooden coaster is in the lower-left foreground. A black smartphone lies on the desk to the right of the keyboard. Another smartphone is visible on the far right edge. The background shows a window with green foliage outside. The overall aesthetic is clean and professional.

大規模言語モデル

大規模言語モデル

- 大規模言語モデル（LLM）

大量のテキストデータで学習し、自然言語処理に関するタスクをこなすことができるモデルのこと

→**ChatGPT**は大規模言語モデルである**GPT**をベースに作られている

ChatGPT : サービス名であり、対話型AIの1つ

GPT : 大規模言語モデルの1つ（OpenAIが開発）

大規模言語モデル

- 大規模言語モデル（LLM）

現在のモデルは人が文章を書いたのか

AIが書いたのか分からないというレベルになっている

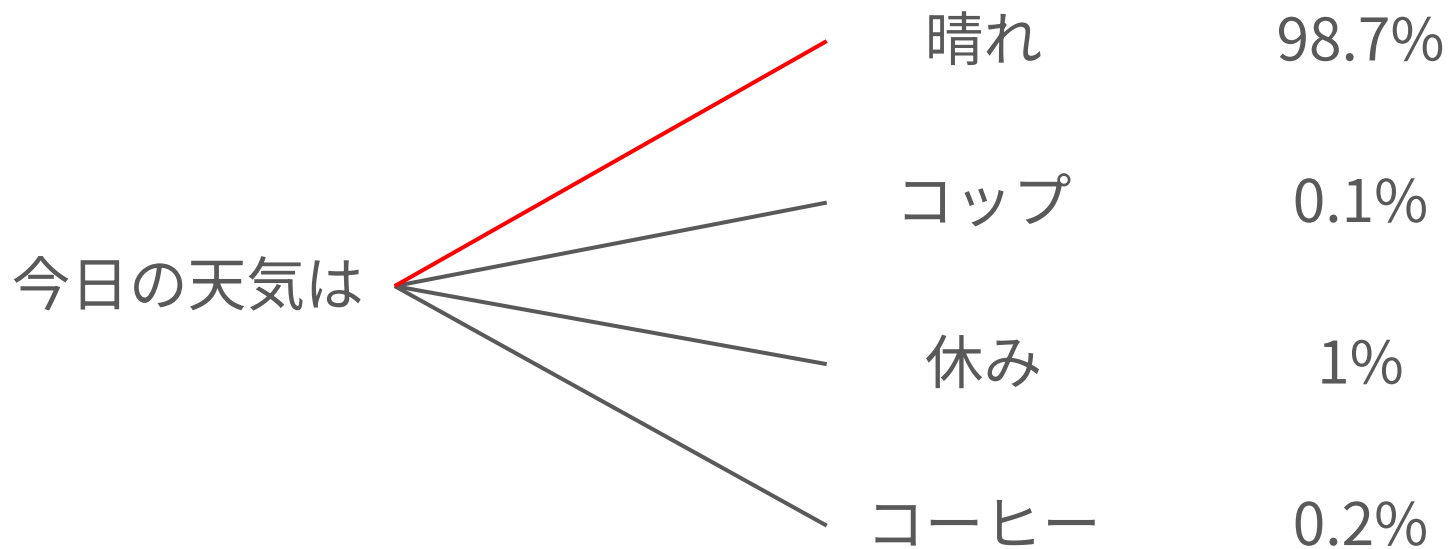
→1分間で数百文字の文を作成するため人の執筆速度を超えている

→言語モデルは次に来る単語の**出現確率**などを

用いて文章を生成している

大規模言語モデル

- 大規模言語モデル (LLM)



大規模言語モデル

- 大規模言語モデル（LLM）

近年のLLMの精度の向上はトランスフォーマーと呼ばれる技術の影響が大きいとされている

→GPTは**Generative Pre-trained Transformer**の略である

→LLMなど事前に大量の学習をすることを**事前学習**という

大規模言語モデル

- 大規模言語モデル（LLM）

- LLMなどは大量に学習し、特定のタスクに合わせて
少量の学習を行うことで、高精度のモデルを作成できる
→特定のタスクに合わせて、少量データを使用して
学習をすることを**ファインチューニング**という
- 1からモデルを作る必要がないため、コストが低くて済む

大規模言語モデル

- 大規模言語モデル（LLM）

Googleなどが提供している事前学習を行ったモデルを
自分たちの用途に合わせてファインチューニングを行うことで
用途に特化した高精度のモデルを作ることが可能

→新しい文章や画像など生成するAIを**生成AI**という
LLMも生成AIの1つである