

20\*\*年度修士論文

【非公式】機械航空宇宙工学科 学位論文テンプレート  
—LaTeXで論文を書く際に必要な最低限の情報—

20\*\*年2月

東京理科大学大学院創域理工学研究科機械航空宇宙工学専攻

○○研究室

75\*\*\*\* 姓姓 名名

# 目次

記号表	.....	i
第1章	はじめに	1
1.1	テンプレート概要	1
1.2	リポジトリ内のファイル構成	3
1.3	卒論・修論要旨	4
第2章	環境構築・操作方法	5
2.1	環境構築	5
2.1.1	Windows の場合	5
2.1.2	macOS の場合	6
2.2	使用するエディター	7
2.3	pdf ファイルの生成	7
2.3.1	ターミナル上での操作	7
2.3.2	pdfL <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X で日本語を使用する場合	10
2.3.3	l <sup>A</sup> atexmk を使う方法	11
第3章	L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X の基本	12
3.1	L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X での文章の書き方	12
3.1.1	章・節・小節	12
3.1.2	改行・改段落・空白	12
3.1.3	相互参照	14
3.2	L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X での数式の書き方	15
3.2.1	基本的な数式の記法	15
3.2.2	physics2 パッケージ	16
3.2.3	siunitx パッケージ	16
第4章	図表の配置	17
4.1	図の配置	17
4.1.1	図を1枚だけ配置する方法	17
4.1.2	図を複数枚配置する方法	18
4.1.3	画像のファイル形式	22

4.2	表の配置	24
4.2.1	tabular 環境を用いた表	25
4.2.2	tblr 環境を用いた表	26
第 5 章	表記に関するあれこれ	28
5.1	書体	28
5.1.1	通常の文章中で書体を変える方法	28
5.1.2	数式環境中で書体を変える方法	28
5.2	記号の用法	30
5.3	特殊な文字を含む固有名詞などを出力する方法	32
第 6 章	BIBTeX による参考文献一覧の出力	34
6.1	jsme.bst について	34
6.2	bib ファイルについて	35
第 7 章	先生や先輩に添削してもらうときの注意点	36
7.1	latexdiff	36
7.2	latexdiff-vc	36
第 8 章	さらに詳しい情報が欲しい人は	37
8.1	論文の書き方に関する情報	37
8.2	TeX/LaTeX に関する情報	37
8.2.1	書籍	37
8.2.2	インターネット上の情報	37
謝辞		38
文献		41
付録 A	修士課程における研究成果	45
付録 B	スーパーコンピューターごとの性能比較	47

# 記号表

## Alphabet

$d$	Channel width [m]
$L_j$	Computational domain size in $j$ -direction [m]
$N_j$	Number of grid points in $j$ -direction
$Re$	Reynolds number, $= ud/\nu$
$u$	Velocity [m/s]

## Greek

$\delta$	Channel half width [m]
$\epsilon_{ijk}$	Levi–Civita symbol
$\nu$	Kinematic viscosity [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

## Superscripts

$(\ )^*$	Normalized by outer variables, e.g., $\delta$
$(\ )^+$	Normalized by inner variables, e.g., $\nu/u_\tau$ (wall unit)
$(\ )'$	Fluctuation component
$\overline{(\ )}$	Statistically averaged

## Subscripts

$(\ )_{\text{rms}}$	Root mean square
$(\ )_{\text{w}}$	Wall
$(\ )_\tau$	Wall unit

# 第 1 章

## はじめに

第 1 章では学位論文執筆の際の注意事項として、第 1.1 節でこのテンプレートの概要を、第 1.2 節では GitHub リポジトリ内の各ファイルの説明を、第 1.3 節では卒論・修論要旨の L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X テンプレートの紹介をします。このテンプレートを使用する方は現在の L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 習熟度によらず必ず目を通してください。

### 1.1 テンプレート概要

このファイルは東京理科大学創域理工学部機械航空宇宙工学科の卒業論文および同大学大学院創域理工学研究科機械航空宇宙工学専攻の修士論文を作成するにあたり、学科の論文執筆要件を満たした「非公式の」L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X テンプレートです。一連のファイルは東京理科大学創域理工学部機械航空宇宙工学科塚原研究室<sup>1)</sup>の GitHub Organization<sup>2)</sup> から入手可能です。塚原研究室は熱流体系の研究室ですが、所属研究室によらずこのテンプレートは使用可能です。パブリックリポジトリなので、他研究室所属の方もご自身の PC に入れることができます。また、使用する際に塚原研究室の許可を取る必要はありません。ご自由にお使いください。

このテンプレートは研究室に配属されて初めて L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X で文書を書くことになった学部 4 年生を対象に、環境構築から pdf ファイルの生成、卒業論文執筆まで滞りなく行えるように作成しています。そのため基本事項から説明をしていますが、表紙のタイトルにもある通り「必要最低限の情報」しか記載していません。L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 入門書は既に良書がたくさんありますが、本当の初心者は知らなくてもいい情報や学位論文執筆だけを目指すうえでは不要な情報がたくさん書かれているため、困惑した読者も多いのではないかと思います。このテンプレートには学位論文執筆をするうえで学生が欲しがるであろう情報のみを厳選し、その情報とこのテンプレートだけあれば学位論文を書き上げるくらいのことはできるようにしておきました。そのため、T<sub>E</sub>X/L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X で一から文書を作成することを目指している方には情報が足りていないと思います。さらに詳しい情報が欲しい人は書籍やインターネット上の情報を参考にしてください（第 8 章を参照）。また、この main.pdf はモダンな L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X である L<sup>A</sup>u<sub>L</sub>T<sub>E</sub>X で作成しているほか、 j1req というドキュメントクラスや unicode-math など最新の機能をふんだん

---

1) 塚原研究室ウェブページ、<<https://www.rs.tus.ac.jp/~t2lab/index-j.html>>

2) TUS-ME\_thesis\_template、<[https://github.com/tsukahara-lab/TUS-ME\\_thesis\\_template](https://github.com/tsukahara-lab/TUS-ME_thesis_template)>

に使用しています。これからこのテンプレートを使い始めるという方はモダン  $\text{\LaTeX}$  を使えるようになっておきましょう。しかし、学会の講演論文執筆の際はこれらの機能に対応していない場合もあるため、念のためレガシーな  $\text{\LaTeX}$  のコンパイル方法等についても説明をしています。さらに、このテンプレートでは  $\text{\LaTeX}$  に関する説明はもちろんのこと、学生が論文を書くうえで躊躇やすい箇所をまとめています。特に表記に関して細かく記載しているので参考になる箇所は多いかと思います。

もしこのテンプレートに関してバグ等、使用上の問題が発生した際は GitHub の Issues にコメントしてください。ただし、このテンプレートを使用したことで生じた問題に関して大学・学科・塚原研究室および研究室に所属する個人は一切の責任を負いませんのでご了承ください。また、この文書に書かれている  $\text{\TeX}/\text{\LaTeX}$  技術に関する内容はできるだけ正確な記述を心掛けていますが、完全な正確性を保証するものではありません。

このテンプレートを使用される皆様が無事に学位論文を執筆し、卒業・修了されることを心の底から願っております。

2024年11月1日

塚原研究室 学生有志

## 1.2 リポジトリ内のファイル構成

tsukahara-lab/TUS-ME_thesis_template	
chapter/	分割した tex ファイルが入っているフォルダ
figure/	図が入っているフォルダ
table/	表の tex ファイルが入っているフォルダ
.gitignore	Git で管理しないファイル一覧
README.md	GitHub リポジトリの説明書
jsme.bst	日本機械学会対応の BIBTeX スタイルファイル
latexmkrc	詳細は第 2.3.3 節を参照
main.pdf	main.tex をコンパイルした pdf ファイル
main.tex	メインの文書ファイル
mybib_en.bib	英語の参考文献リストファイル
mybib_jp.bib	日本語の参考文献リストファイル
settings.sty	main.tex で読み込むスタイルファイル

README.md はこの GitHub リポジトリを開いたときに一番最初に目に入ってくる説明書です。内容をよく読んで使用するようにしてください。

今皆さんが出でているこの pdf ファイルは main.pdf で、 main.tex を基に作成しています。文書のレイアウト等細かい設定は全てスタイルファイル settings.sty に書いています。 main.tex 冒頭の \usepackage{settings} で読み込んでいるので間違って消さないようにしてください。 main.tex を適切なテキストエディター（第 2.2 節を参照）で開いてもらうと、 \include{chapter/xxx} と書かれた文字列が複数目に入ってくると思います。学位論文のような長い文書を一つの tex ファイルに書き込むとわかりにくくなるので、 chapter/ 以下のディレクトリに章 (chapter) ごとに分割した tex ファイルを置いておき、それを \include{} コマンドで読み込むようにしています。皆さんが出で論文を執筆する際にもこのように tex ファイルを分割しておきましょう。また、コンパイルの際には latexmk という機能を使用し、その際 latexmkrc が必要になります。 latexmk でコンパイルした際のファイル出力先を latex.out/ に設定しています。 latexmk の使用方法も含め、具体的なコンパイルの方法等については第 2 章を参照してください。

jsme.bst, mybib\_en.bib, mybib\_jp.bib は参考文献の出力に使用するファイル群です。具体的な使用方法は第 6 章を参照してください。

最後に、`.gitignore` は Git で管理しないファイルが書かれています。Git の詳細はここでは割愛しますが、`LATEX` で学位論文を執筆する際は Git でバージョン管理するようにしましょう。先生や先輩に添削してもらうときに前回見せたときとの差分を `latexdiff-vc`（第 7.2 節を参照）で見せることができるほか、GitHub のプライベートリポジトリに上げることでそれ自体がバックアップとなり、大変便利です。このリポジトリで使用している `.gitignore` は GitHub で `TeX/LATEX` に対して与えられる標準の `.gitignore` を使用しています。

### 1.3 卒論・修論要旨

卒業論文・修士論文を提出する際は同時に要旨が必要です。要旨についても `LATEX` テンプレートを作成したので、GitHub リポジトリ<sup>3)</sup>からダウンロードしてください。コンパイル方法はこのテンプレートと同様です。要旨に関する詳細な説明はここでは省略しますが、`README.md` にしっかりと目を通すようにしてください。

---

3) TUS-ME\_thesis\_abstract: <[https://github.com/Yuki-MATSUKAWA/TUS-ME\\_thesis\\_abstract](https://github.com/Yuki-MATSUKAWA/TUS-ME_thesis_abstract)>

# 第 2 章

## 環境構築・操作方法

第 2 章では TeX/LaTeX 環境構築の方法と pdf ファイルの生成までのプロセスを説明します。第 2.1 節では TeX Live のインストール方法について、第 2.2 節では TeX/LaTeX 対応のテキストエディター、特に VS Code の場合について述べ、第 2.3 節では pdf ファイル生成までに必要なコマンドや `latexmk` の使い方、クラウド上での LaTeX の使用について述べます。

### 2.1 環境構築

TeX/LaTeX を使用する際は TeX Live というディストリビューションをご自身の PC に入れましょう。ウイルスバスターなどのウイルス対策ソフトが TeX Live のインストールを阻害するという問題が報告されているようです。必ず阻害するわけではありませんが、一時的に動作を停止させておいてからインストールすることをオススメします。また、この章では負荷低減のためミラーサイトからのインストール方法を説明します。

#### 2.1.1 Windows の場合

ここでは ISO イメージからのインストールとネットワークインストーラーからのインストールの二種類のインストール方法を説明します。ISO イメージからインストールの方が問題は発生しにくいかかもしれません。一方でやってみてダメならもう一方で試してみてください。また、`C:\Users\姓姓 名名` のように、インストールする PC のユーザー名に全角文字や空白などが入るとトラブルの原因となります。ユーザー名を半角のものに変えてからインストールすることをおすすめします。

##### ISO イメージからインストール

1. [ミラーサイト](#) から `texlive.iso` をダウンロード。
2. ダブルクリックすると BD-ROM/DVD-ROM ドライブとしてマウントされる（「セキュリティの警告」が出た場合は「開く」を選択 → エクスプローラーで開く）。
3. 共通事項 4 へ。

## ネットワークインストーラからのインストール

1. ミラーサイトから `install-tl.zip` をダウンロード.
2. `install-tl.zip` を展開.
3. 共通事項 4 へ.

## 共通事項

4. `install-tl-windows.bat` を実行 (青い警告ウィンドウが出たら「詳細情報」→「実行」).
5. TeX Live インストーラが現れたら 「TeXworks をインストール」のチェックを外してからインストール (もし TeXworks が欲しかったらインストールしてもよい). インストールは数時間かかることがあるので注意.
6. インストールできたかどうかチェック.
  - (a) Win+R でファイル名を `cmd` と指定し `cmd.exe` (コマンドプロンプトとも呼ぶ) を開く.
  - (b) `tex -v` と入力し Enter.
  - (c) バージョン情報が出てきたらインストール完了, 出なかったら一度 Path を通してみる.
7. 環境変数 Path の確認.
  - (a) `cmd.exe` を開く.
    - i. `path` と入力し Enter.
    - ii. `C:\texlive\****\bin` (\*\*\*\*には TeX Live のバージョンにあてはまる年が入る)があれば完了. 無ければ 7b へ.
  - (b) Windows の「設定」パネルを開く.
    - i. 「システム」→「バージョン情報」→「システムの詳細設定」→「環境変数」の順に開く.
    - ii. 「システム環境変数」の「Path」をダブルクリック.
    - iii. `C:\texlive\****\bin` があれば完了. 無ければ「新規」で追加し, 7a へ.

### 2.1.2 macOS の場合

macOS の場合は Homebrew でのインストールが簡単です.

```
$ brew install --cask mactex-no-gui  
$ sudo tlmgr update --self --all  
$ sudo tlmgr paper a4
```

## 2.2 使用するエディター

$\text{\TeX}/\text{\LaTeX}$  に対応しているテキストエディターは数多く存在しますが、ここでは Microsoft が開発している Visual Studio Code (VS Code) を紹介します。開発元は Microsoft ですが、Windows だけでなく macOS や Linux でも使用可能です。また、VS Code には豊富な拡張機能が存在しているほか、Git との連携も非常に簡単なため近年非常に人気の高いエディターです。VS Code の詳細な使用方法はここでは割愛しますが、最低限の拡張機能として [\LaTeX Workshop](#) を入れておくとよいでしょう。取り扱う画像ファイルが多くなってきた場合は [Image preview](#) があると便利です。また、VS Code の設定ファイル `settings.json`<sup>1)</sup> でさまざまな設定を書き加えることができます。

## 2.3 pdf ファイルの生成

ここでは実際に pdf ファイル（このテンプレートでは `main.pdf`）を生成する過程を説明します。これまでにある程度  $\text{\LaTeX}$  を使った経験のある方は必要な箇所だけ読めばいい（全部わかつていれば読む必要は無い）と思います。と言っても、 $\text{\LaTeX}$  初心者も全部を読む必要は無く、「一旦このテンプレートで学位論文を書き上げたい」ということを考えている人は [第 2.3.1 節の「Lua\LaTeX の場合（このテンプレートはこちら）」](#) と [第 2.3.3 節](#) を読めば大丈夫です。

### 2.3.1 ターミナルでの操作

第 [2.3.3 節](#) の `latexmk` を使用すればターミナルでの操作は非常に簡単になりますが、何か問題が発生した際にデバッグを考えるとターミナルでの操作も覚えておく必要があります。実際に pdf ファイルを生成するときは `latexmk` を使用すればいいのですが、まずはどのようなプロセスで実行されているのかを把握しておきましょう。

#### Lua\LaTeX の場合（このテンプレートはこちら）

この  $\text{\LaTeX}$  テンプレートは Lua\LaTeX での執筆を前提とし、参考文献は upBIB\TeX で読み込むようにしています。Lua\LaTeX は速度がやや遅いものの、高機能で Unicode に対応しているため近年人気が出でてきているモダンな  $\text{\LaTeX}$  です。使い方の詳細は下記のようになります。

1) `settings.json` の一例 <<https://gist.github.com/Yuki-MATSUKAWA/465ecd0ebcbd157e48ac1e3619c9a08c>> を紹介しておきます。 $\text{\LaTeX}$  以外の設定も含まれているので設定の取捨選択は読者の皆さんにお任せします。

### Lua $\text{\LaTeX}$ +upB $\text{\BIB}$ $\text{\TeX}$

```
$ lualatex main  
$ upbibtex main  
$ lualatex main (複数回)
```

まずは主要な  $\text{\LaTeX}$  ソースコードの `main.tex` を Lua $\text{\LaTeX}$  で読み込むために `lualatex main` とターミナルに入力します。\$ は入力しないでください。拡張子の `.tex` は省略可能です。次に、参考文献を読み込むために `upbibtex main` とターミナルに入力します。B $\text{\BIB}$  $\text{\TeX}$  を使わない処理をしているときはこの操作は不要です。これだけだとまだ  $\text{\LaTeX}$  を使う大きなメリットである相互参照の機能を使えていません。 $\text{\LaTeX}$  で相互参照を有効にするには複数回のコンパイルが必要です。相互参照に失敗した場合やコンパイル回数が足りていない場合は参照箇所が? や ?? のように表示されるはずです。そのため、upB $\text{\BIB}$  $\text{\TeX}$  を読み込んだ後に? や ?? が消えるまで複数回コンパイルしましょう。これで `main.pdf` を作成できました。

### レガシー $\text{\LaTeX}$ の場合

モダン  $\text{\LaTeX}$  とレガシー  $\text{\LaTeX}$  の最大の違いは、pdf ファイルを直接生成できるか否かです。p $\text{\LaTeX}$  や up $\text{\LaTeX}$  のようなレガシー  $\text{\LaTeX}$  は一度 dvi ファイルという中間ファイルを生成し、その後 dvi ファイルを pdf 等の適切なファイル形式に変換する作業が必要です (`dvipdfmx`)。これから時代はどんどんモダン  $\text{\LaTeX}$  に置き換えられていくと思いますが、まだ対応していない学会・論文テンプレートも多く存在しているのでここで紹介しておきます。また、pdf $\text{\LaTeX}$  は本来レガシー  $\text{\LaTeX}$  ですが、例外的に直接 pdf ファイルを生成でき、国際雑誌論文テンプレートではよく使用されています。ただし、pdf $\text{\LaTeX}$  は日本語に対応していないため、日本語を使用したい人は Lua $\text{\LaTeX}$  を使うようにしましょう。どうしても pdf $\text{\LaTeX}$  で日本語を使用したい（国際雑誌論文執筆の下書き等）場合は第 2.3.2 節を参照してください。

p $\text{\LaTeX}$  は日本語に対応した  $\text{\LaTeX}$  として長年愛用されてきましたが、今は Lua $\text{\LaTeX}$  などに置き換えられてきています。皆さんは使わないようになります。使い方は下記の通り。Lua $\text{\LaTeX}$  の項目と同様、B $\text{\BIB}$  $\text{\TeX}$  を使わない場合はそこのコマンドを省略してください。

**pLATEX+pBIBTEX**

```
$ platex main  
$ pbibtex main  
$ platex main (複数回)  
$ dvipdfmx main  
または  
$ ptex2pdf -l main  
$ pbibtex main  
$ ptex2pdf -l main (複数回)
```

上記コマンドの `ptex2pdf -l main` は `platex main` と `dvipdfmx main` を続けて実行するコマンドです。

次に `upLATEX` について説明します。これは `pLATEX` を Unicode に対応させたものとなっており、現在でも広く使われています。そのため、このテンプレートを使用することだけを考える際は不要な情報ですが、念のため載せておきます。`upLATEX` では `upBIBTEX` が使えますが先程と同様、不要な場合は省略してください。

**upLATEX+upBIBTEX**

```
$ uplatex main  
$ upbibtex main  
$ uplatex main (複数回)  
$ dvipdfmx main  
または  
$ ptex2pdf -l -u main  
$ pbibtex main  
$ ptex2pdf -l -u main (複数回)
```

`pLATEX` はレガシー `LATEX` ですが例外的に直接 `pdf` を出力できます (`dvipdfmx` が不要)。日本語には対応していませんが、国際雑誌論文では広く使用されています。どうしても `pdfLATEX` で日本語を使用したい場合は次の第 2.3.2 節を参照。使い方は下記の通り。

**pdfLATEX+upBIBTEX**

```
$ pdflatex main  
$ upbibtex main  
$ pdflatex main (複数回)
```

### 2.3.2 pdfLATEX で日本語を使用する場合

国際雑誌論文等のコンパイルは pdfLATEX が想定されていることがあります。pdfLATEX はレガシー LATEX でありながらも直接 pdf ファイルを生成できることから海外では広く使用されていますが、残念ながら日本語に対応していません。しかし、英語論文の下書きとして日本語を使いたい場合があると思います。その際に、見た目が少し悪くなるものの pdfLATEX で日本語を使用する方法が一応あるのでここで紹介しておきます。

**文書全体で日本語を使用**

```
\usepackage[whole]{bxcjkjatype}
```

まず、LATEX 文書全体で日本語を使用したい場合は上記のコマンドをプリアンブルに書きます。これで文書全体で日本語の使用が可能になります。ただし、前述の通り見た目が悪くなるので下書き用（後で英語に変更する用）として使用してください。

**文書の一部分で日本語を使用**

プリアンブルに記載

```
\usepackage{CJKutf8}
```

本文中に記載

```
\begin{CJK}{UTF8}{ipxm}
```

日本語

```
\end{CJK}
```

次に、文書全体ではなく一部分でのみ日本語を使用したい場合のコマンドは上記のようになっています。まず、\usepackage{CJKutf8} というパッケージを読み込むことで日本語を使用できるようにします。厳密には日本語だけでなく、中国語 (Chinese)、日本語 (Japanese)、韓国語 (Korean) の組版規則に対応させるためのパッケージとなります。次に本文中の日本語を使いたい箇所を \begin{CJK}{UTF8}{ipxm} と \end{CJK} で囲ってあげれ

ばそこでは日本語を使えるようになります。米国物理学協会（American Institute of Physics, AIP）が発行している雑誌論文（Physics of Fluidsなど）は著者の氏名で英語表記以外に漢字等の表記を併記することが可能になっています。このようなときにこのコマンドを使ってあげるとよいでしょう。また、日本語を使う箇所がもう少し長い場合はプリアンブルで `\newcommand*{\Ja}[1]{\begin{CJK}{UTF8}{ipxm}#1\end{CJK}}` のようにコマンドを作つてあげてもいいかもしれません。

### 2.3.3 latexmk を使う方法

L<sub>A</sub>T<sub>E</sub>X 関連のファイルが変更されるたびに第 2.3.1 節で紹介した操作を毎回行うのは非常に面倒です。そこで `latexmk` という機能を使って簡略化しましょう。`latexmk` を使うと、このリポジトリ内に入っている `latexmkrc` というファイル<sup>2)</sup>を呼び出し、実行したいコマンドを一回の操作で実行してくれます。`latexmkrc` は `main.tex`（主要な L<sub>A</sub>T<sub>E</sub>X コード）と同じ階層に用意しておいてください。あとはターミナル上で `latexmk main` と打てばすべて実行してくれます。

#### latexmk を使用

```
$ latexmk main
```

これで随分楽になったと思いますが、VS Code を使っている皆さんはもっと楽にできます。私が使っている `settings.json` の中で L<sub>A</sub>T<sub>E</sub>X のビルド時に `latexmk` で実行するように設定してあるので、Windows の場合は Ctrl+Alt+B で同様の操作を行ってくれます。`settings.json` の設定を変更して自動コンパイルにすることもできます。また、Windows で pdf ファイルのプレビューを見たい場合は Ctrl+Alt+V の操作で表示できます。Ctrl キーを押しながらマウスでプレビューをクリックすると該当箇所のソースコードに飛べるのも便利な機能です。

2) 拡張子はつけないでください。

# 第3章

## LATEX の基本

### 3.1 LATEX での文章の書き方

#### 3.1.1 章・節・小節

この学位論文テンプレートは `report` と呼ばれる文書クラスを使用しているため、章 (chapter)，節 (section)，小節 (subsection) に分けて文章を書けます。例えば今読んでいるこの文章は第3章の第3.1.1節に位置しています。それぞれの章や節のタイトルをつけるには `\chapter{}`, `\section{}`, `\subsection{}` のコマンドを使います。{}の中にタイトルの文字列を入れてコンパイルすると章題目などが出力されます。一つの論文の中で同じ名前の章や節が存在することは望ましくありません。名前の重複は避けましょう。また、ある章の中に節が一つだけという状況も避けましょう（ある節の中に小節が一つだけという状況も同様です）。節（小節）を設けるなら必ず複数設けて内容を分けましょう。分けるつもりがないのであれば節（小節）を作らないようにしましょう。また、このpdfファイルのソースコード中で `\chapter{}` や `\section{}` の次の行で `\label{}` コマンドが使われているのがわかると思います。これは LATEX の相互参照の機能を使うために各章・節にラベルをつけています。詳細は第3.1.3節を参照してください。

#### 3.1.2 改行・改段落・空白

Microsoft Word などの文書作成に慣れた人は LATEX の改行や空白の扱いになかなか慣れないと思います。まず改行について説明します。`.tex` ファイル中で改行しても `.pdf` ファイルには反映されません。したがって、文の途中で改行しても全く問題ありません。次ページの枠内にある例では、【入力】で平家物語の冒頭が1文目から4文目までは1文ごとに改行されています。しかし、【出力】では改行されずに前の文に続いて表示されています。次に【入力】の4文目と5文目に注目しましょう。間に空行が入っていますね。この場合は【出力】で改段落しています。LATEX の命令では空行が改段落を意味します。LATEX では他にも改行の役割を担うコマンドが存在しますが、少しずつ違いがあります。例えば`\backslash`コマンドは「段落内の強制改行」なので改行後に冒頭一文字空きはありません。文章中で段落を変える際に`\backslash`で変

えようとしている人をときどき見かけますが、これは適切な操作ではありません。また、\par コマンドで改段落している人もときどき見ますが、空白行を入れれば改段落できるので \par コマンドを使うのは余計な手間ですよね。逆に、改段落するつもりではない場所で空白行を入れてしまい、うっかり改段落してしまうというケースも見ます。LATEX 初心者が引っ掛かりやすいポイントなので気をつけましょう。

### 改行・改段落

#### 【入力 (tex ファイルの中身)】

祇園精舎の鐘の声、諸行無常の響きあり。  
娑羅双樹の花の色、盛者必衰の理をあらはす。  
驕れる人も久しうからず、ただ春の夜の夢のごとし。  
猛き者もつひにはほろびぬ、ひとへに風の前の塵に同じ。

遠く異朝をとぶらへば、秦の趙高、漢の王莽、梁の朱异、唐の祿山、これらは皆舊主先皇の政にもしたがはず、樂しみをきはめ、諫めをも思ひ入れず、天下の亂れん事を悟らずして、民間の愁ふるところを知らざりしかば、久しうからずして、亡じにし者どもなり。\\

近く本朝をうかがふに、承平の將門、天慶の純友、康和の義親、平治の信頼、これらはおごれる心もたけき事も、皆とりどりにこそありしかども、まだかくは六波羅の入道、前太政大臣平朝臣清盛公と申しし人のありさま、傳へ承るこそ心もことばも及ばれね。

#### 【出力 (pdf ファイルでの見た目)】

祇園精舎の鐘の声、諸行無常の響きあり。沙羅双樹の花の色、盛者必衰の理をあらはす。奢れる人も久しうからず、ただ春の夜の夢のごとし。猛き者も遂にはほろびぬ、偏ひとへに風の前の塵におなじ。

遠く異朝をとぶらへば、秦の趙高、漢の王莽、梁の朱异、唐の祿山、これらは皆舊主先皇の政にもしたがはず、樂しみをきはめ、諫めをも思ひ入れず、天下の亂れん事を悟らずして、民間の愁ふるところを知らざりしかば、久しうからずして、亡じにし者どもなり。

近く本朝をうかがふに、承平の將門、天慶の純友、康和の義親、平治の信頼、これらはおごれる心もたけき事も、皆とりどりにこそありしかども、まだかくは六波羅の入道、前太政大臣平朝臣清盛公と申しし人のありさま、傳へ承るこそ心もことばも及ばれね。

次に LATEX での空白の取り扱いについて説明します。ここの例では半角空白に関して説明

します。少々わかりにくいですが、【入力】では This と is の間に半角空白を一つ、is と a の間に半角空白を二つ、a と pen. の間に半角空白を三つ入れていますが、【出力】では無視されて一つ分の空白しか出てきません。

### 空白の処理

#### 【入力 (tex ファイルの中身)】

```
This is a pen.
```

#### 【出力 (pdf ファイルでの見た目)】

This is a pen.

逆に空白を（自分の好きなサイズで）出力したい場合は \hspace{長さ} や \vspace{長さ} といったコマンドを使用します。

### 3.1.3 相互参照

LATEX で文書を書くメリットの一つに相互参照の機能が充実していることが挙げられます。相互参照は「第 3.1.3 節を参照されたい.」や「式 (3.1) を代入すると～」のような文脈において、対応する章・節・式・図・表などの番号を文書中から探し出す機能です。また、ハイパー・リンクを有効にしておくことで、pdf ファイルに適切なリンクが埋め込まれ、クリックで該当箇所に飛ぶことができ大変便利です。この学位論文テンプレートでもハイパー・リンクを有効化しており、青字の文字列をクリックすると参照先に飛べます。図表や章題目などを \label{} コマンドでラベリングし、参照する文章中で \ref{} コマンドを使って呼び出すのが基本的な相互参照の形です。また、数式を参照する際は \eqref{} コマンドの使用が一般的です。図表や式をラベリングしておくことで、式番号や図番号が変わったとしてもその変化に合わせて pdf ファイルの出力も変えられます。また、論文を書き進める途中で章や節の順番が丸ごと入れ替わるといった事態が起きても、相互参照の機能を使っていれば全く問題ありません。ただし、同じ名前のラベルは使用できないため、名前の重複には気をつけましょう。存在しないラベル名を参照してもエラーとなり、pdf ファイル中の出力は ?? となります。

## 3.2 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X での数式の書き方

### 3.2.1 基本的な数式の記法

最も基本的な別行立ての数式は `equation` 環境で記述します。

$$\frac{\partial u_r}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) u_r - \frac{u_\theta^2}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left( \nabla^2 u_r - \frac{u_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} \right) \quad (3.1)$$

式 (3.1) の数式は L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X でサポートされている最も標準的なコマンドで記述しています。上付き添え字はキャレット ^, 下付き添え字はアンダースコア \_ で表現します。したがって,  $u_\theta^2$  は `u_\theta^2` と書きます。分数は `\frac{分子}{分母}` で書き, 常微分・偏微分の場合も同様です。 $\rho$  や  $\theta$  のようなギリシャ文字も出力できるほか,  $\nabla$  や  $\sin$ ,  $\log$  のような数学で使う関数の類もコマンドが存在しています。 $\sin$  や  $\log$  は通常アップライト体 (立体, Roman 体) で書きます。 $\sin x$  などと書くことのないように気をつけましょう。また, 数式中で L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X コマンドを使わずに変換で出した全角の  $\theta$ を入れている人をときどき見かけるので気をつけましょう。式 (3.1) の左辺と右辺で丸括弧の大きさが異なることにも注目してください。左辺は特に何もしていませんが, 右辺は分数がある分, 縦方向に括弧の長さが必要です。括弧の大きさを自動で調整するコマンドとして, `\left(`, `\right)` コマンドがあります。左辺第二項では速度  $\mathbf{u}$  がベクトルであるため, **Bold** 体になっています。これは `\mathbf{u}` とすることで出力できます。このテンプレートでは `unicode-math` を使用しているので `\mathbf{u}` というコマンドもサポートされています。

式 (3.1) は別行立ての数式でしたが,  $E = mc^2$  のように文章中に組み込む数式 (インライン数式) を出力する場合は \$\$ で数式を囲って  $E = mc^2$  と書きます。

複数の数式を並べる場合は `align` 環境を使いましょう。

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A \quad (3.2)$$

$$b^2 = c^2 + a^2 - 2ca \cos B \quad (3.3)$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C \quad (3.4)$$

`align` 環境では & の位置で揃えるように制御しています。式 (3.2)–(3.4) は = の前に & を置いているので, 3 式の位置は = の直前で揃っていることになります。

場合分けのある数式は `cases` 環境が便利です。式(3.5)は Kronecker のデルタです。

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \quad (3.5)$$

### 3.2.2 physics2 パッケージ

式(3.1)は基本的なコマンドを紹介するためにわざと面倒な書き方をしました。しかし、複雑な数式は書くのも大変ですしへの元になります。また、数式のコードが長くなるとエラーの原因を探すのも難しくなります。できるだけ数式を簡単に書くためのツールとして `physics` パッケージが開発され、現在まで広く使われています。ただ、`physics` パッケージはいくつかの問題点を抱えており、最近は `physics` パッケージの代替となる `physics2` パッケージが開発されています。`physics2` パッケージは現在も開発途上のパッケージであるため、使い方は公式ドキュメントをよく読んでください。このテンプレートでは `physics2` パッケージと併せて `fixdif` パッケージと `derivative` パッケージを使用しています。

$$\frac{\partial u_r}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) u_r - \frac{u_\theta^2}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + \nu \left( \nabla^2 u_r - \frac{u_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} \right) \quad (3.6)$$

式(3.6)は式(3.1)を `physics2` パッケージで書き換えたものです。偏微分と大きさ調整が必要な括弧の記述が幾分か楽になりましたね。

### 3.2.3 siunitx パッケージ

これから書きます……

# 第4章

## 図表の配置

LATEX で図や表を挿入するときのコマンドは初心者には覚えにくいです。また、インターネットで検索したものを継ぎ接ぎした結果、何が何だかよくわからないコードができあがるということがよく起きるのでこのファイルからコピーアンドペーストすれば問題ないようにしておきました。この章ではわかりやすくするために図表のキャプションを全て日本語で書いていますが、実際に学位論文を書く際は全て英語で書いてください。

### 4.1 図の配置

#### 4.1.1 図を1枚だけ配置する方法

ここでは図を1枚だけ配置する方法を紹介します。図を配置するときは `figure` 環境で図を自動配置し、`\includegraphics` で図を挿入します（図 4.1 のコードを参照）。`figure` のオプション `[]` の中にある文字は出力する場所を示します。

- t ページ上部 (**top**) に図を出力
- b ページ下部 (**bottom**) に図を出力
- p 単独ページ (**page**) に図を出力
- h できるだけその位置 (**here**) に図を出力
- H 必ずその位置 (**Here**) に図を出力 (`float` パッケージを必要とする)

学位論文中の図は原則ページ上部に配置するのでこの `.tex` ファイル中では `[t]` に設定しています。皆さんはこのままコピーしてください。`\columnwidth` は現在のコラムのテキスト幅を指しており、`[width=0.5\columnwidth]` と設定することで、テキスト幅の半分の横幅で図を挿入できます。図の大きさの指定に関してよく使うコマンドをテキストボックスにまとめています。`\textwidth`, `\columnwidth`, `\ linewidth` はよく似たコマンドですが、二段組の論文の場合はそれぞれの段の列幅が `\columnwidth` になり、`\ linewidth` はリストなどの環境下での行の長さで臨機応変に対応します。これらは文書内のある長さに対して相対的に図の大きさを決定する方法でしたが、`width=25mm` のように絶対的な長さも指定できます。

\centering は図を中央寄せするコマンドです<sup>1)</sup>.

また、コードにもあるように \label{} コマンドを挿入することでラベルを設定できます。ここでは \label{fig:one\_figure} としており、ラベル参照時に図であることがわかるよう fig: を入れています。ご自身の論文の内容に合わせてキャプションやラベルは変更してください。文章中で引用する際は 図~\ref{fig:one\_figure} のように書きます。すると図 4.1 のように出力されます。ハイパーリンクも埋め込まれているので該当する図が遠く離れた位置にあっても便利です。ここで「図」と番号の間にチルダ ~ を入れているのはここでの改行を防止を目的としています。

### \includegraphics で図の大きさの指定によく使うコマンド

#### 【指定するもの】

コマンド	意味	使用例
width	画像の幅	width=0.5\textwidth
height	画像の高さ	height=0.1\textheight
scale	画像のスケール	scale=0.5

#### 【長さに関するコマンド】

コマンド	意味
\textwidth	テキストエリアの幅
\textheight	テキストエリアの高さ
\columnwidth	テキスト列の幅
\ linewidth	現在の環境内での行の長さ

## 4.1.2 図を複数枚配置する方法

関連する図（ここではそれぞれの図を「サブ図」と呼称します）を複数枚配置するときは subcaption を使いましょう<sup>2)</sup>。このテンプレートでは settings.sty 内で読み込んでいます。文章中では subfigure 環境に入れて並べます。例えば 2 枚の図を横に並べて配置したいときは図 4.2 のようになります。ここでは \hfill を使って図と図の間の空白を設定していますが、\hspace{3mm} のように設定しても構いません。 \hspace{3mm} の場合、水平方向に 3 mm の空白ができます。3 枚のサブ図を横に並べたいときも同様で、図 4.3 のようになります。関連するサブ図を横だけでなく縦方向にも配置したいときは、図 4.4 のように横並びの

1) 図などを中央寄せする際に \begin{center} で始まる center 環境を使うのは非推奨です。

2) subfigure や subfig は古いので非推奨です。



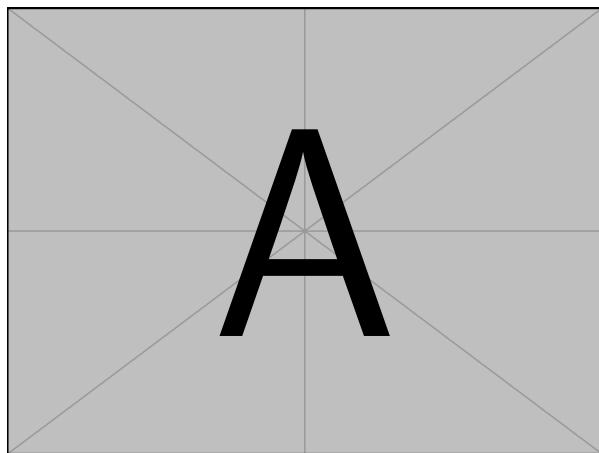
Fig. 4.1 1枚の図.

\columnwidth の合計が大きくなりすぎると自動的に縦に配列してくれます。ここでは縦方向のスペースを確保するために \vspace{5mm} を挿入しています。

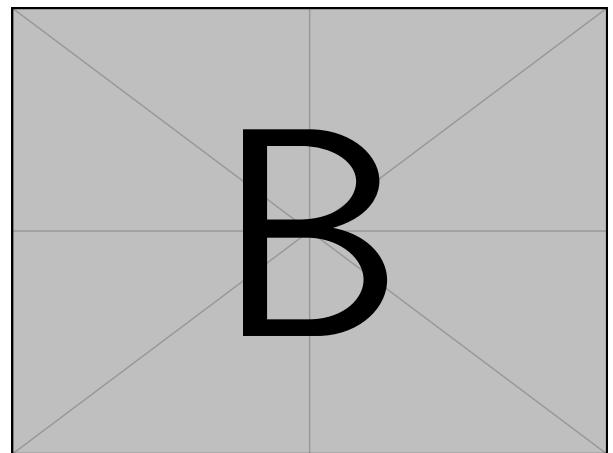
### 図のラベルの参照方法

入力	出力
\ref{fig:one_figure}	4.1
\ref{fig:two_figures}	4.2
\ref{subfig:two_figures_a}	4.2a
\ref{fig:two_figures}(\subref{subfig:two_figures_a})	4.2(a)
(\subref{subfig:two_figures_a}, \subref{subfig:two_figures_b})	(a, b)
(\subref{subfig:four_figures_a}--\subref{subfig:four_figures_c})	(a-c)

また、subfigure 環境を使うことでそれぞれのサブ図にラベルを付けることができます。参照時には \ref{fig:two\_figures} と入力すると 4.2 のように図全体の番号のみ、\subref{subfig:four\_figures\_a} と入力すると a のようにサブ図の番号のみ出力されます。図 4.2 のように出力したい場合は図 ~\ref{fig:two\_figures} とすればよいですが、仮に図 4.2(a) のように出力したい場合は図 ~\ref{fig:two\_figures}(\subref{subfig:two\_figures\_a}) とします。このとき、

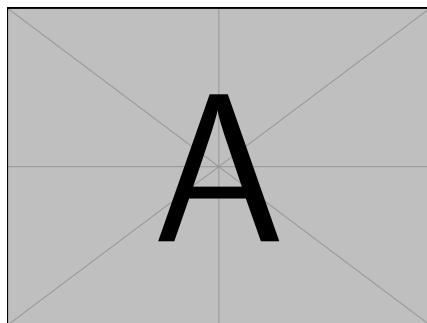


(a) 左の図.

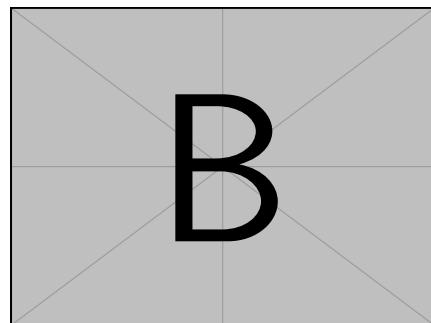


(b) 右の図.

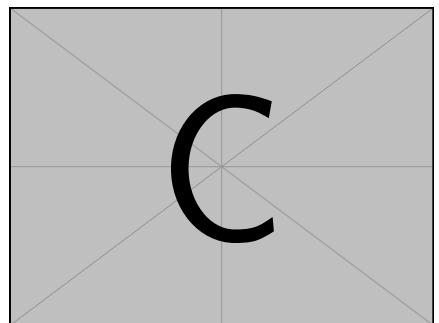
Fig. 4.2 左右の図.



(a) 左の図.



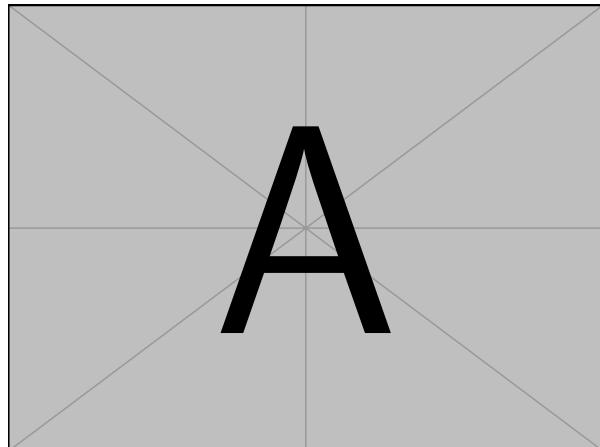
(b) 中央の図.



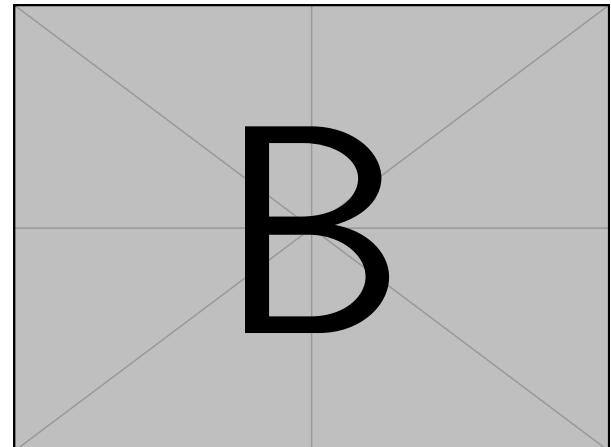
(c) 右の図.

Fig. 4.3 3枚の図.

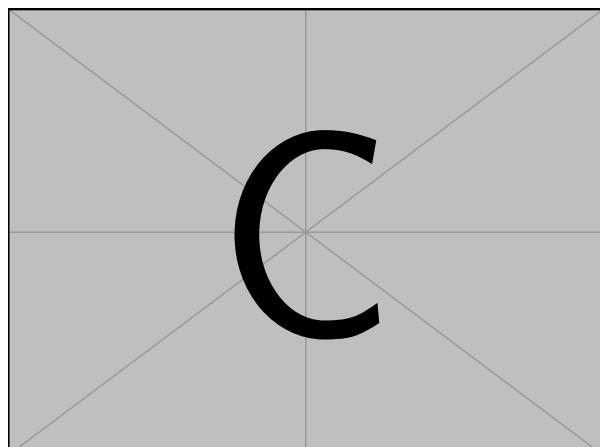
\subref{} 前後の括弧 () を忘れないでください。仮に \ref{subfig:two\_figures\_a} のようにサブ図を \ref{} コマンドで直接指定してあげると 4.2a のように図番号とサブ図番号が括弧無しで出力されます。括弧をデフォルトで出力するような設定もできますが、図 4.2(a, b) や図 4.4(a–c) のように複数のサブ図を指定するときに不便なので括弧を外してあります。もしデフォルトで括弧を出力する設定に変更したい場合は settings.sty 内でコメントアウトしている \renewcommand{\thesubfigure}{(\alph{subfigure})} を有効化してください。



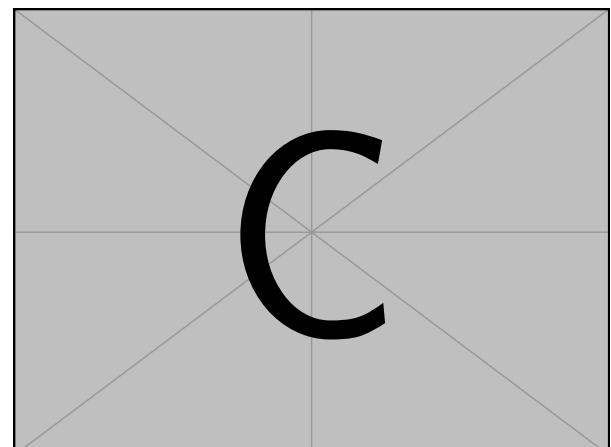
(a) 左上の図.



(b) 右上の図.



(c) 左下の図.



(d) 右下の図.

Fig. 4.4 上下左右に4つ配置した図.

### 4.1.3 画像のファイル形式

画像形式は大きく分類するとラスター画像とベクター画像に分類できます。結論から先に述べると、**ラスター画像であれば JPEG か PNG、ベクター画像であれば PDF を使用してください。**

- ラスター画像：小さな正方形（ピクセル、画素）を大量に組み合わせて作り上げた画像。ラスター画像を拡大するとピクセルの存在を確認できる。ラスター画像の例は以下の通り。
  - GIF (Graphics Interchange Format)：拡張子は .gif で、256 色以下の画像を扱える可逆圧縮形式ファイル。使用できる色は少ないものの、アニメーションにも対応していることから現在でも使う機会が多い。
  - JPEG (Joint Photographic Experts Group)：拡張子は .jpeg や .jpg で、最大 24 ビット（約 1677 万色）の色に対応している非可逆圧縮形式ファイル。
  - PNG (Portable Network Graphics)：拡張子は .png で、JPEG と同様 24 ビットの色に対応している可逆圧縮形式ファイル。透過処理にも対応している。
- ベクター画像：円や直線などを数式的に処理することで作り上げた画像。どれだけ拡大しても明瞭なまま。ベクター画像の例は以下の通り。
  - PS (PostScript)：拡張子は .ps で、Adobe が 1984 年に開発したページ記述言語で組まれた画像形式。
  - EPS (Encapsulated PostScript)：拡張子は .eps で、PostScript の後継となる画像形式（カプセル化された PostScript）。バウンディングボックスを読み込むことで描画領域を確保する。
  - PDF (Portable Document Format)：拡張子は .pdf で、環境に左右されず、ほぼ同様の見た目で画像や文書を閲覧できる。一般的な用途では最も主流なベクター形式。

ラスター画像かベクター画像かという観点では、論文中の画像はできるだけベクター画像の方がいいです。これは上記説明にも書いたように、ベクター画像は内部で数式処理をしているためいくら拡大しても解像度が落ちず明瞭なままだからです。ただし、これは一般的なグラフや簡単なカラーマップ限定の話です。複雑なカラーマップをベクター画像にするとファイルサイズが膨大になり、画像を開くだけでも一苦労です。このような場合には諦めてラスター画像にしましょう。

また、一昔前の  $\text{\LaTeX}$  では画像の挿入と言えば EPS ファイルでした。しかし、現在の  $\text{\LaTeX}$  事情では EPS ファイルの使用は非推奨です。本来  $\text{\TeX}$  エンジンは EPS ファイルを直接処理

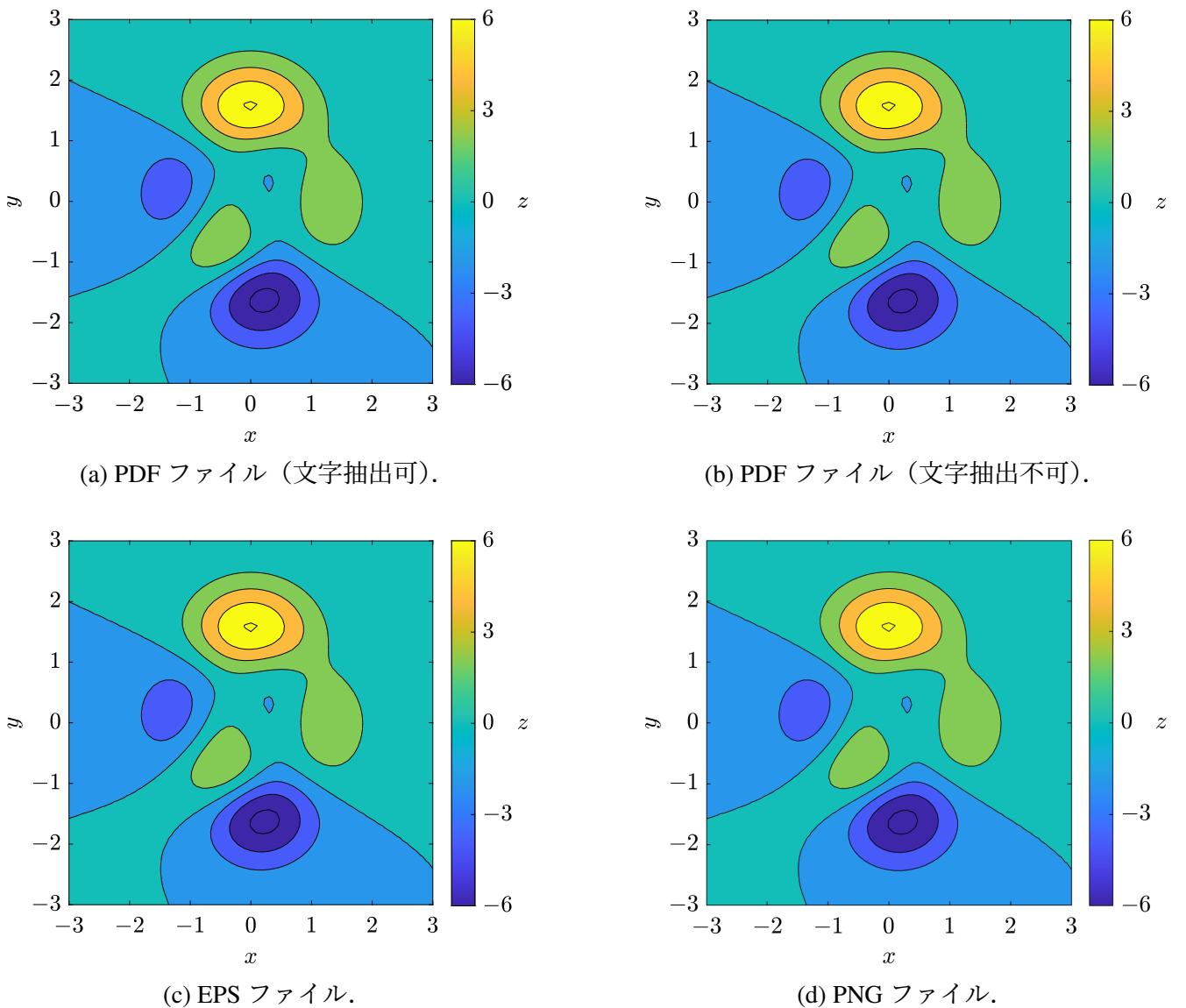


Fig. 4.5 画像形式ごとの比較.

することができず、Ghostscript という PostScript 言語のインタープリターを経由しなければいけません。したがって、最初から PDF で挿入する方がよいというわけです。また、バウンディングボックスの調節がうまくいかず、EPS で挿入すると画像がずれるという問題が生じることがあります。現代に生きる皆さんは EPS ではなく PDF を使いましょう。

それでは実際にいくつかの画像形式を比較してみましょう。図 4.5 では (a, b) PDF ファイル, (c) EPS ファイル, (d) PNG ファイルを並べて比較しています。パネル (a–c) はどれもベクター画像なのでいくら拡大しても明瞭なままであります。一方のパネル (d) を拡大するとラスター画像なので小さな正方形で構成されていることが確認できます。これがベクター画像とラスター画像の違いです。それではパネル (a) と (b) の違いは何でしょうか。どちらも PDF 形式ですよね。main.pdf を開きながら Ctrl+A をしてください。パネル (a) は文字を抽出で

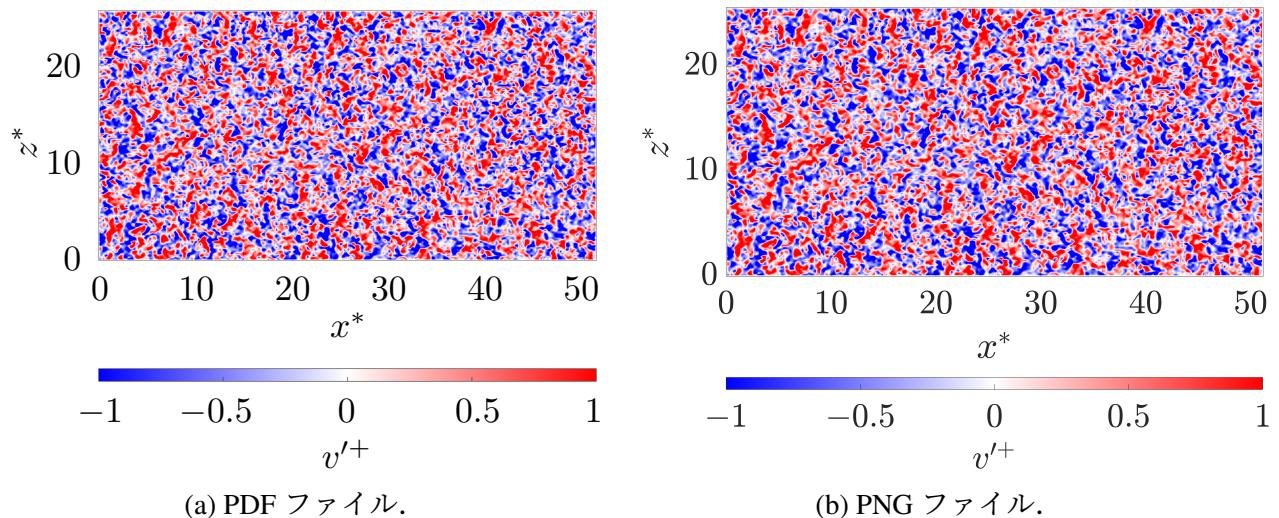


Fig. 4.6 ファイルサイズが大きい画像の比較.

きますが、(b) は文字を抽出できません。皆さんが論文を書く際は (a) 文字抽出が可能な PDF を使用するのが理想です。

ただし、全ての画像をベクター画像にするのは難しい場合もあります。図 4.5 の場合はファイルサイズの小さいカラーマップだったのでベクター画像として貼っても問題ありませんが、もっと複雑な模様だととても扱えるようなファイルサイズではありません。図 4.6(a) はカラーマップだけラスターとし、文字情報は全てベクターで抽出できるようになっています（ファイル自体は PDF）。パネル (b) は全てラスターの画像（PNG）なので文字を抽出することはできません。ただ、図 4.6(a) のような図を作るのは少し技術を要するので、重い画像ファイルの場合は (b) のようなラスター画像でもいいでしょう。

## 4.2 表の配置

次に表の作り方を説明します。正直、 $\text{\LaTeX}$  環境での表作成は少々面倒です。特に表のセルの数が多くなると行をいくつも増やさなければいけないのでかなりの労力がかかります。簡単に  $\text{\LaTeX}$  の表を作ってくれるツールとして、Tables Generator<sup>3)</sup> があります。また、2023年9月27日に Overleaf に入ったアップデートで直感的な表の作成が可能になりました。Overleaf の表作成機能はかなり便利だと思うので、ローカルで  $\text{\LaTeX}$  文書を書いているときに表作成時だけでも Overleaf を立ち上げるとストレス無く表を作れると思います。

ここでは `tabular` 環境を用いた表作成の方法と `tblr` 環境を用いた表作成の方法の両方を記載します。`tabular` 環境は古くから存在している表作成の方法ですが、カスタマイズ性が

3) Tables Generator, <<https://www.tablesgenerator.com/>>

Table 4.1 tabular 環境を用いた表のサンプル。

学会名	会員種別	年会費
実在する学会		
日本機械学会	学生員	4,800 円
日本流体力学会	学生会員	5,000 円
日本伝熱学会	学生会員	4,000 円
実在しない学会		
日本架空学会	小学生会員	-8,000 円
	中高生会員	-5,000 円
	大学生会員	-2,000 円
	名誉学生会員	$6.02 \times 10^{23}$ 円

低く、非常に使いにくいです。しかし、tabulararray パッケージ<sup>4)</sup>でサポートされているtblr 環境は非常にカスタマイズ性が高く、tabular 環境で非常に難しかったセル結合も容易に行えます。tbluar 環境は現在でも広く使われているためこのテンプレートでも説明しますが、皆さんが論文を書くときは是非tblr 環境を使ってみてください。

### 4.2.1 tabular 環境を用いた表

日本機械学会が推奨する表形式を満たしたサンプルを表 4.1 に示します。コードは表 4.1 の該当箇所を確認してください。表を作成するときは table 環境の中に tabular 環境を作ります。table 環境は、表やキャプション、ラベルを全て含めた表全体の制御を行い、tabular 環境は表の各セルの制御を行います。table 環境は figure 環境と同様、h, t, b, p, H による位置制御を行います。表の場合は図と異なり、キャプションは上に付けます。tabular 環境内でセルの文字揃え位置制御は lcr で行います。

- l 左揃え (left)
- c 中央揃え (center)
- r 右揃え (right)

表 4.1 の場合は {l|c|r} としています。この場合、左の列から左寄せ・中央寄せ・右寄せになります。縦棒（パーティカルライン）|は表の縦罫線を入れる場所を示しています。この場合、1列目と2列目の間、2列目と3列目の間に縦罫線を入れます。行の区切りは \\、列の

4) L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X3 を利用した新しいパッケージです。

区切りは & です。横罫線を引くときは `\hline` を使います。日本機械学会のテンプレートの表では一番上の横罫線は 2 本なので `\hline\hline` としています。

次に表のセル結合について説明します。行方向のセル結合を行う際は `\multicolumn{結合する列数}{揃え位置}{セルの中身}` を使います（結合するセルは列）。表 4.1 の 2 行目で使用している `\multicolumn{3}{c}{実在する学会}` は「横並びの 3 つのセルを結合し、『実在する学会』という文字列を中央揃えで配置する」命令です。1 行 1 列目では `\multicolumn{1}{c}{学会名}` としていますが、これは本来左揃えになっている 1 列目を、このセルだけ例外的に中央揃えにするために使用しています。面白い使い方ですね。列方向のセル結合を行う際は `\multirow{結合する行数}{幅}{セルの中身}` を使います（結合するセルは行）。表 4.1 の 7 行 1 列目で使用している `\multirow{4}{*}{日本架空学会}` は「縦並びの 4 つのセルを結合し、『日本架空学会』という文字列を幅指定なしで配置する」命令です。列方向のセル結合を行う際は横罫線を消す必要があります。`\cline{x-y}` という命令を使うと、 $x$  列目から  $y$  列目に横罫線を入れるコマンドです。`\hline` がその行全体に横罫線を入れるのに対して `\cline{}` はその行に部分的な横罫線を入れるコマンドです。横罫線を消すことでセル結合したような出力を得られます。

#### tabular 環境でセル結合する際に使用するコマンド

<code>\multicolumn{結合する列数}{揃え位置}{セルの中身}</code>	列のセル結合
<code>\multirow{結合する行数}{幅}{セルの中身}</code>	行のセル結合
<code>\cline{start-end}</code>	一部の横罫線のみを表示

また、表の中では数式を使用することも可能です。やりがちなミスとして、負の数をセルに入れるとときに数式環境 `$$` に入れ忘れて、マイナスがハイフンとなって出力されているものがあります<sup>5)</sup>。

#### 4.2.2 tabular 環境を用いた表

表 4.2 は `tblr` 環境を用いた表のサンプルです。見た目が表 4.1 と同じになるようにしています。基本的な使い方は `tabular` 環境に準じています。大きな違いは罫線の扱いです。`\begin{tblr}` の直後で `hlines` を入れると全ての横罫線が、`vlines` を入れると全ての縦罫線が表示されます。また、セル結合の方法も異なります。表 4.2 の 2 行目の `\SetCell[c=3]{c} 実在する学会` は「横並びの 3 つのセルを結合し、『実在する学会』という文字列を中央揃えで配置する」命令です。1 行 1 列目では `\SetCell[c]{c} 学会名` とするこ

5) 例えば `-100` と表示するには `$-100$` と入力する必要があります。 `-100` だと `-100` と表示されます。

Table 4.2 `tblr` 環境を用いた表のサンプル。

学会名	会員種別	年会費
実在する学会		
日本機械学会	学生員	4,800 円
日本流体力学会	学生会員	5,000 円
日本伝熱学会	学生会員	4,000 円
実在しない学会		
日本架空学会	小学生会員	-8,000 円
	中高生会員	-5,000 円
	大学生会員	-2,000 円
	名誉学生会員	$6.02 \times 10^{23}$ 円

とでこのセルだけ中央揃えに変えていきます。7行1列目の `\SetCell[r=4]{1}{日本架空学会}` 日本架空学会は「縦並びの4つのセルを結合し、『日本架空学会』という文字列を左揃えで配置する」命令です。

#### tblr 環境でセル結合する際に使用するコマンド

<code>\SetCell{c}</code>	そのセルだけ中央揃えに変更
<code>\SetCell[r=3]{c}</code>	3行をセル結合し中央揃え
<code>\SetCell[c=3]{c}</code>	3列をセル結合し中央揃え
<code>\SetCell[r=2,c=3]{c}</code>	2行3列をセル結合し中央揃え

# 第5章

## 表記に関するあれこれ

### 5.1 書体

$\text{\LaTeX}$  では文書中で書体を変える命令が豊富に用意されています。ここで、通常の文章中で書体を変える命令と数式環境中で書体を変える命令は異なるという点に注意してください。よく  $\text{\LaTeX}$  初心者が混同して使用しているケースを見かけるので気をつけましょう。また、この節で述べる書体変更の命令は全体のごく一部を抜粋したものです。実際にはもっと多くの命令がありますが、機械系学生にとって使用頻度が高いものを選んで載せています。

#### 5.1.1 通常の文章中で書体を変える方法

通常の文章中で書体を変える方法を紹介します。何もしなければ本文は直立体で表示されます。強調する場合は **Boldface** 体や *Italic* 体に変更します。これらは本来欧文書体に対して適用する命令です。和文書体に関してはここでは **ゴシック** 体を紹介します。ただし、普通に学位論文を書いている分には文章中で書体を変える場面はあまりないと思います。

##### 通常の文章中で書体を変える方法

書体クラス	コマンド	出力
直立 (roman, upright)	<code>\textrm{Roman}</code>	Roman
ボールド (boldface)	<code>\textbf{Boldface}</code>	<b>Boldface</b>
イタリック (italic)	<code>\textit{Italic}</code>	<i>Italic</i>
サンセリフ (sans-serif)	<code>\textsf{Sans-serif}</code>	Sans-serif
タイプライター (typewriter)	<code>\texttt{Typewriter}</code>	Typewriter
ゴシック (gothic)	<code>\texttt{ゴシック}</code>	ゴシック

#### 5.1.2 数式環境中で書体を変える方法

次に数式環境中で書体を変える方法を説明します。普通に学位論文を書いている場合であっても数式環境中で書体を変える場面はそれなりにあるはずです。カリグラフィーは

Hamiltonian  $\mathcal{H}$  や Lagrangian  $\mathcal{L}$  で使います。また、ベクトルをボールドイタリック体で表記することがありますが、 $\text{\LaTeX}$  標準ではボールドイタリック体がサポートされていません。そのため、レガシー  $\text{\LaTeX}$  では `\bm` パッケージという外部のパッケージをわざわざ読み込んで `\bm{abcABC123}` とする必要がありました。

### 数式環境中で書体を変える方法（従来の $\text{\LaTeX}$ でサポートされている命令）

書体クラス	コマンド	出力
直立（roman, upright）	<code>\mathrm{abcABC123}</code>	abcABC123
ボールド（boldface）	<code>\mathbf{abcABC123}</code>	<b>abcABC123</b>
イタリック（italic）	<code>\mathit{abcABC123}</code>	<i>abcABC123</i>
カリグラフィー（calligraphy）	<code>\mathcal{ABCDEFG}</code>	$ABCDEFG$

この学位論文テンプレートではモダン  $\text{\LaTeX}$  で使われる `unicode-math` を使用しているため、この問題を解決できます。`unicode-math` では従来の `\math..` というコマンド以外に `\sym..` といコマンドが用意されています。先程のボールドイタリック体は `unicode-math` の標準でサポートされており、`\symbfit{}` コマンドを使用します。ただし、`unicode-math` に対応していない  $\text{\LaTeX}$  テンプレートはまだ多く存在しているので、そのようなテンプレートを使用する際は自分で `\bm` パッケージを読み込む必要があります。また、下記コマンドは書く文字をそれぞれ独立した変数として扱っているため、複数文字で成る変数を扱うのには適していません（後述）。一文字ずつ扱いたい場合には下記コマンド群を使用できます。

### 数式環境中で書体を変える方法（`unicode-math` でサポートされている新しい命令）

書体クラス	コマンド	出力
直立（roman, upright）	<code>\symup{abcABC123}</code>	abcABC123
ボールド（boldface）	<code>\symbf{abcABC123}</code>	<b>abcABC123</b>
イタリック（italic）	<code>\symit{abcABC123}</code>	<i>abcABC123</i>
カリグラフィー（calligraphy）	<code>\symcal{ABCDEFG}</code>	$ABCDEFG$
ボールドイタリック（bold italic）	<code>\symbfit{abcABC123}</code>	<b><i>abcABC123</i></b>

基本的に数式環境中のアルファベットは *Italic* 体で、数字は直立体で表示されます。日本機械学会の規定では無次元数を含め物理量は全て *Italic* 体で記述するように決められているので、物理量自体を直立体にすることはありません。ただし、添え字などで直立体にすることは考えられます。飽和温度を  $T_{\text{sat}}$  と表記する場合には `$T\_mathrm{sat}$` と入力します。

数式中のアルファベットは *Italic* 体なのになぜ `\mathit{}` コマンドが用意されているのでしょうか。

コマンド	出力	コマンド	出力	コマンド	出力
<code>\$diff\$</code>	<i>diff</i>	<code>\$\mathit{diff}\$</code>	<i>diff</i>	<code>\$\sym{diff}\$</code>	<i>diff</i>
<code>\$II\$</code>	<i>II</i>	<code>\$\mathit{II}\$</code>	<i>II</i>	<code>\$\sym{II}\$</code>	<i>II</i>

このように、`$diff$` とするとそれぞれの文字が別の変数として扱われてしまいます。`$II$` の場合も同様です。そのため、複数文字から成る変数は `\mathit{}` で全て指定してあげるのが理想です。新しいコマンドとして `sty` ファイル内に `\newcommand{\diff}{\mathit{diff}}` のように定義してあげると `\diff` と打てばいいだけなので楽です。また、`$\sym{diff}$` も `$diff$` と同様の出力結果です。これは前述のように、`\sym{..}` のコマンドはそれぞれの文字を独立した変数と解釈するからです。複数文字で成る変数を扱う際は従来の `\mathit{..}` コマンドを使用しましょう。

## 5.2 記号の用法

記号を適切に使用していない学位論文をよく見かけるので、学術論文等での使用が想定される各種記号の使用方法を記載します。使い方は研究分野やその人の思想、入力環境などにも依存するので明確な規則はありませんが、大まかな目安として考えてください。

### 横棒

- ハイフン (hyphen, -)
  - Unicode: U+002D (厳密にはハイフンマイナス)
  - L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X での入力 : -
  - 一般的な JIS キーボードであれば「ほ」や「=」があるキーを押すと出てくる。
  - 英語などで見られる複合的な単語 (例: large-scale structure).
  - 大小関係の無い数字の接続 (例: 郵便番号など, 278-8510).
  - 厳密にはハイフン (hyphen, U+2010) ではなくハイフンマイナス (hyphen-minus). 一般的なキーボードから入力できるものはハイフンとマイナスの両方に用いられることがあるハイフンマイナスである。
- en ダッシュ (en dash, –)
  - Unicode: U+2013

- $\text{\LaTeX}$  での入力：-- (ハイフン二つ)
- 複数の人物等を繋ぐ場合 (例 : Navier-Stokes equation).
- 大小関係のある数字を繋ぐ場合 (例 : Figs. 2–4,  $Re = 150\text{--}180$ ). 日本語の文章では「～」の使用 (Figs. 2~4,  $Re = 150\text{--}180$ ) をよく見るが、科学的な文章では不適切。en ダッシュを使うように。また、数式環境中で \$--\$ と入力するとマイナスが二つ出力されてしまう (--) ので、一度数式環境を抜けて \$150\$--\$180\$ とするか \$150\text{\textbackslash text}\{--\}180\$ とすること。
- 図の軸ラベルどうし ( $x-y$  平面).  $\$x-y\$$  としている例をよく見るがこれはマイナスとして処理されるので見た目が  $x - y$  となってしまう。
- em ダッシュ (em dash, —)
  - Unicode: U+2014
  - $\text{\LaTeX}$  での入力：--- (ハイフン三つ)
  - 欧文中で文の区切りなどに用いる。理科系の文章ではあまり使用しない。
  - 欧文中で説明や副題を設ける場合に使用。
- 水平バー (horizontal bar, —)
  - Unicode: U+2015
  - $\text{\LaTeX}$  での入力：— (直接入力する場合), \symbol{"2015} (Unicodeで指定して入力する場合)
  - 和文中で説明や副題を設ける場合に使用するが、環境によっては間に空白が入ってしまうので工夫が必要 (例 : 「○○に関する研究 ——△△の観点から——」)。
- マイナス (minus, -)
  - Unicode: U+2212
  - $\text{\LaTeX}$  での入力 : \$-\$
  - 数式で減算・差を表す際に使用。数式環境に入れ忘れてハイフンで出力されているケースをよく見るので注意。

## 引用符

例えば次のような文を出力したい場合どのように入力すればいいでしょうか。

“I'm a student!” ‘I'm a student’

正解は

``I'm a student!'' ‘I'm a student!’

です。引用や強調の際に使用する引用符を  $\text{\LaTeX}$  で出力する際は、左引用符を ‘ で<sup>1)</sup>、右引用符を ’ で囲います<sup>2)</sup>。単一引用符 ‘’ の場合も二重引用符 “” の場合も同様です。キーボードにデフォルトで搭載されている二重引用符 “” で囲って “I'm a student!” のようにはしないので注意してください。仮に

```
"I'm a student!"      'I'm a student!'
```

と入力したらどのように出力されるでしょうか。

```
"I'm a student!"      'I'm a student!'
```

このようになりました。明らかに変ですよね。気をつけましょう。また、日本機械学会の規定では文献リストの各文献タイトルを引用符で括ることはしないので問題ありませんが、海外ジャーナルなどでは文献タイトルを二重引用符で括るのはよく使われる方法なので覚えておきましょう。

### 5.3 特殊な文字を含む固有名詞などを出力する方法

本節の内容は特に謝辞や文献リストの作成など、人名を多く書く際に役立つと思います。例えば「あれ、 Schrödinger ってどうやって出せばいいんだ？」みたいな経験をされた方は多いのではないでしょうか。また、日本人の人名にはさまざまな漢字が使われており、中には通常の変換機能ではなかなか出せない漢字を使用している人もいます。

このテンプレートでは  $\text{Lua\LaTeX}$  を採用しているため、デフォルトで UTF-8 がサポートされています。したがって、特殊な文字を直接  $\text{tex}$  ファイルに入力してもエラーにならずにそのまま出力できます。例えば先程の Schrödinger の場合は、どこか別のところから文字だけコピーしてきて直接 Schrödinger と打てばそのまま出力できます。コピーしてくる先が無い場合は  $\text{p\LaTeX}$  などレガシー  $\text{\LaTeX}$  で使用するコマンドで  $\text{Schr}^{\text{o}}\text{dinger}$  とすることで出力できます。欧文で使用するアクセント類は  $\text{\LaTeX}$  の入門書には大抵記載があるので詳細はそちらを読んでください。

日本語の場合でも同様で、Unicode でサポートされている文字であればそのまま出力できます。例えば、いわゆる梯子高の「高橋」さんや「飛驒山脈」などは問題無く出力できます。「高」や「驒」は環境によっては文字化けの原因になるので、これはUTF-8がサポートされている大きなメリットですね。ただ、こちらもコピーしてくる先があればいいのですが、無い

1) ‘ は普段あまり使用しないキーなのでどこにあるのか探し回る人が多いです。一般的な JIS キーボードであればアットマーク @ のキーにあります。Shift + @ で出力されます。

2) I'm のアポストロフィと同じです。一般的な JIS キーボードであれば数字の 7 のキーにあります。Shift + 7 で出力されます。

場合は困ります。その際は Unicode を指定して文字を出力するようにしましょう<sup>3)</sup>。例えば「飛驒山脈」の場合は「飛\symbol{"9A52}山脈」とすれば出力できます。「驒」の Unicode は U+9A52 です。Unicode の U+ 以降の文字列を \symbol{"xxxx} の xxxx の箇所に入れれば大丈夫です。ただし、「葛」と「葛」など一部例外として別の字体に同じ Unicode が割り当てられていることがあるので、その際は OpenType の CID 番号を使って \CID{1481}, \CID{7652} のように書きます<sup>4)</sup>。

---

3) 異体字などの Unicode を調べるには [グリフウィキ](#) を使用すると便利です。

4) 「葛」と「葛」の場合はどちらも U+845B です。CID 番号をグリフウィキで調べる際は aj1-01481 など、aj1 を目印に探してください。aj1 は Adobe-Japan1 の略称です。

# 第 6 章

## BIBTEX による参考文献一覧の出力

LATEX では文献リストを作る方法として `thebibliography` 環境の中で `\bibitem` コマンドを使用する方法があります。しかし、この方法は文献リストを人間が全て手打ちで入力しなければいけません。引用する文献が片手で数え切れるくらいの数であれば全て手打ちで文献リストを作ってもいいかもしれません、学術論文や学位論文になると人力で文献リストを作るのは時間の無駄ですしうまくミスの元になります<sup>1)</sup>。

そこで、BIBTEX を使用した参考文献リストの作成方法を説明します。BIBTEX を使えばユーザーが作成した `bib` ファイルを読み込んで自動で文献リストを作ってくれます<sup>2)</sup>。

### 6.1 `jsme.bst` について

第 ?? 節で文献の一般的な引用の仕方を説明しましたが、学会やジャーナルによって細かいルールは異なります。それぞれの論文での引用ルールに則った出力を得るために必要なものが BIBTEX スタイルファイル、`bst` ファイルです。BIBTEX を走らせるときは `bst` ファイルを読み込んで文献リストの出力方法を決めます。有名な `bst` ファイルとして `jplain bst` や `jecon bst` があります。

東京理科大学創域理工学部機械航空宇宙工学科の卒業論文では、参考文献一覧および本文中での引用に関して一般社団法人日本機械学会の論文執筆テンプレートの書き方に沿って記載するよう決められています。しかし、日本機械学会から公式な BIBTEX スタイルテンプレートは配布されていません。そこで、塙原研究室所属の学生が日本機械学会の参考文献の書き方を再現した「非公式の」BIBTEX スタイルテンプレート<sup>3)</sup>を開発し、GitHub で公開しているのでこれを使用します。使用方法は一般的な BIBTEX と同様ですが、詳細な説明書 (`JSME-template1.pdf`) がリポジトリ内にあるので何か問題があった場合はそれを読むよう

---

1) 学会の講演論文テンプレート等では、人力で文献リストを作る方法が採用されているものが結構あります。`\bibitem` コマンド等を使って自力でリストを作成する方法は大抵の LATEX 入門書に記載があるのでそちらを参考してください。

2) BIBTEX は現在でも広く使われていますが、最近は BIBTEX の後継として `biblatex` が徐々に普及してきています。この学位論文テンプレートでは後述の `jsme.bst` を使用しているため BIBTEX の内容に限定して記載しています。将来的には `biblatex` に置き換えると考えています。

3) JSME-bst, <<https://github.com/Yuki-MATSUKAWA/JSME-bst>>

にしましょう。日本機械学会の規定通りの文献出力を得るには `jsme.bst` を使用すれば大丈夫ですが、`TUS-ME_thesis_template` リポジトリ内には最初から `jsme.bst` が入っているのでこれを読んでいる皆さんが新たに `jsme.bst` ファイルを `JSME-bst` リポジトリから移してくる必要はありません。

## 6.2 bib ファイルについて

`BIBTEX` は自動で文献リストを作ってくれるとは言ったものの、書誌情報は与えてあげないといけません。`bib` ファイルには自分が引用する書誌情報を記載します。`bib` ファイルの書き方は `jsme.bst` 内の [JSME-template1.pdf](#) で詳細に書いてあるのでそちらをよく読んでください。`BIBTEX` 初心者にとっても痒い所に手が届くように書かれています。ただ、基本的な内容だけここにも書いておきます。

`bib` ファイルに入力する書誌情報は次のような構造になっています。

### bib ファイル内の書誌情報の構造

```
@エントリー名{参照キー,  
    フィールド 1 = {},  
    フィールド 2 = {},  
    フィールド 3 = {}  
}
```

だいたいの雑誌論文のウェブサイトでは `BIBTEX` 形式で書誌情報を出力できる機能があるのでそこから `bib` ファイルをダウンロードします。もちろん、ダウンロードした `bib` ファイルを自分で書き換えることもできますし、自分で一から `bib` ファイルを作成することも可能です。文献を本文中で引用する際は `\citet{Matsukawa:PoF2022}` のように書きます。このときの `Matsukawa:PoF2022` が参照キーです。参照キーの書き方に特に規則は無く、半角カンマ以外の半角記号も使用可能です。ただ、自己の中でマイルールを設けておくと引用する際に楽です。

# 第7章

## 先生や先輩に添削してもらうときの注意点

### 7.1 latexdiff

### 7.2 latexdiff-vc

# 第8章

## さらに詳しい情報が欲しい人は

### 8.1 論文の書き方に関する情報

- 理科系の作文技術
- 日本語の作文技術

### 8.2 $\text{\TeX}/\text{\LaTeX}$ に関する情報

texdoc

#### 8.2.1 書籍

- 美文書作成入門
- 吉永本

#### 8.2.2 インターネット上の情報

# 謝辞

謝辞は非常に重要な章です。学位論文執筆にあたりお世話になった人は必ず書きましょう。私は基本的に謝辞は自由に書いてほしいと思っていますが、明らかな間違いを書いてくる人を結構見てきました。これまで添削してきた論文の中でよく見た間違いや書き方の例などをここでまとめておきます。

まずは全体に共通する注意事項です。

- 論文本体は基本的に常体（だ・である）で書きますが、謝辞に限り敬体（です・ます）で書いても構いません。
- 氏名の書き間違い等には十分気をつけてください。間違えると大変失礼です。心配な場合は大学や研究室のウェブページ等からコピーアンドペーストするとよいでしょう。特殊な文字が氏名に入っている場合の出力方法は第 5.3 節を参照してください。
- また、所属名の間違いにも気をつけましょう。卒業論文執筆時のときと修士論文執筆時で所属名が変わっていることもあります（大学の学部再編等の事情による）。
- 基本的な日本の大学教員の職階（役職名）は上から順に以下の通りです。
  1. 教授
  2. 准教授
  3. 講師
  4. 助教
  5. 助手

大学によっては上記職階の一部が設置されていない場合があります。また、よくある間違いとして、准教授や助教を「助教授」と書くことが挙げられます。助教授はかつて実際に存在した職階ですが、2007 年の学校教育法の改正に伴い、准教授へと名称が変更されました。また、助教が助教授の略称だと勘違いしているケースもよく見ます。

- 普段大学で○○教授と呼ぶことはありませんが、学位論文の謝辞では「フルネーム + 役職名」で記載しましょう。○○教授や○○准教授と比較して○○講師や○○助教という言い方はあまり聞きませんが、統一して役職名で書いてください。その際、役職名を間違えると大変失礼です。卒業論文執筆時に准教授だった先生が修士論文執筆時には教授に昇進していることもあります。卒論の謝辞を使いまわすのではなく、よく確認してお

くように.

- 修士課程や博士後期課程における「課程」を「過程」と書く間違いをよく見るので気をつけましょう.
- また、大学の場合は「卒業」で大学院の場合は「修了」です。「修了」を「終了」と書いてしまうミスもたまに見ます.
- 謝辞はどうしても同じような文言や文末表現が連続しがちです。しかし、感謝を伝えるためにも表現を少しづつ変えてください。

次に、おおまかな書く順番とそれぞれの注意事項は下記の通りです。必ずこの順番を守らなければいけないというわけではありませんが、このような順であることが多いです。

#### 1. 指導教員（主査）

- 書き方の例：指導教員である東京理科大学創域理工学部機械航空宇宙工学科の○○教授は.....
- 大学によっては教員の所属が大学院の場合もありますが、東京理科大学の場合は学部です。
- よくある間違いとして「指導教官の.....」と書くものです。教官という言い回しは昔の国立大学の教員のものです。正しくは「指導教員」です。
- 稽に実質的な指導教員と主査が異なる場合があります。

#### 2. 共同研究者

- 書き方の例：例：○○研究所の○○博士は.....
- 共同研究者は大学教員の場合もあれば大学以外の研究機関の職員の場合もあります。所属名と役職名をよく確認しておきましょう。

#### 3. 副査の先生方

- 書き方の例：○○教授と○○准教授には本論文の副査を引き受けていただき.....
- 卒業論文の場合は副査がありませんが、修士論文の場合は2名の副査があります。

#### 4. その他お世話になった学生以外の先生方・研究者

- 書き方の例：本研究室所属の○○博士研究員は.....
- 研究室に博士研究員（いわゆるポスドク）や直接の自分の指導教員ではない助教や秘書の方がいる場合も忘れずに書いておきましょう。

#### 5. 研究助成元や計算機センター等

- 書き方の例：直接数値計算の一部は東北大学サイバーサイエンスセンター大規模計算システム AOBA を利用しました。
- 研究遂行にあたり助成等を受けた場合に記載します。奨学金をもらっている場合も

ここに書きましょう。

#### 6. 研究室メンバー

- 書き方の例：博士後期課程1年の○○氏は……
- 研究室メンバー全員を列挙しなければいけないわけではありません。論文執筆にあたって本当に貢献した人を書いてください。全員の貢献があっての学位論文だと思うのであれば全員書いてもいいと思います。
- 並べ方は基本的に貢献度順です。自分と同じ研究班の人をまずは優先的に書きましょう。
- 貢献度が同じだと判断した場合は上からの学年順に並べましょう。
- 貢献度と学年が同じ人は五十音順に並べましょう。
- 日本学術振興会特別研究員に採用されている博士後期課程学生がいる場合は肩書きとして併記することが多いです。

#### 7. 家族

- 書き方の例：最後に、私の大学院進学に対して理解を示し、常に私を気にかけていたいた祖母と両親に感謝申し上げます。
- 自分を応援してくれた家族への感謝も忘れずに。
- 残念ながら自分の卒業・修了を見届けられずにご家族が亡くなってしまう場合もあります。その際は「天国で見守ってくれている○○」などと書くことが多いです。
- なお、家庭環境等の事情により家族を記載したくない場合はこの限りではありません。心の中で感謝しておきましょう。

# 文献

- 安達泰治, 富田佳宏, 連続体力学の基礎, 養賢堂 (2022), pp. 95–110.
- Alligood, K. T., Sauer, T. D. and Yorke, J. A., Chaos: An introduction to dynamical systems, Springer-Verlag New York (1996), pp. 105–147.
- Araki, R., Bos, W. J. T. and Goto, S., Space-local Navier–Stokes turbulence, arXiv: 2308.07255 (2023).
- Berghout, P., Dingemans, R. J., Zhu, X., Verzicco, R., Stevens, R. J. A. M., van Saarloos, W. and Lohse, D., Direct numerical simulations of spiral Taylor–Couette turbulence, Journal of Fluid Mechanics, Vol. 887 (2020), A18.
- Davidson, P. A., Turbulence: An introduction for scientists and engineers, second edition, Oxford University Press (2015), pp. 61–104.
- Dunkel, J., Nonlinear dynamics II: Continuum systems, linear stability analysis and pattern formation, MIT Open Course Ware (2015).
- 後藤晋, 木田重雄, 流体線や面の伸長率のレイノルズ数依存性, 数理解析研究所講究録 1434 亂流現象と力学系的縮約, 京都大学数理解析研究所 (2005), pp. 35–42.
- Hale, J. K. and Koçak, H., Dynamics and bifurcations, Springer-Verlag New York (1991), pp. 217–264.
- Hattori, H., DNS study on heat transfer phenomena with transition to turbulent boundary layers in a pipe, Proceedings of 10th International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer (2023).
- 日野幹雄, 乱流の科学—構造と制御—, 朝倉書店 (2020).
- 日野幹雄, 突風率予測公式について, 日本流体力学会年会 2023 講演論文集 (2023).
- Hirsch, M. W., Smale, S. and Devaney, R. L., Differential equations, dynamical systems & an introduction to chaos, Academic Press (2013).
- 堀本康文, 川口靖夫, 塚原隆裕, 偏心二重円筒間流れにおける乱流間欠構造の可視化, 第 48 回可视化情報シンポジウム (2020), 004.
- Ishida, T., Study on universality of laminar-turbulent patterning to annular geometry of Poiseuille flows and on robustness of the patterning to roughness and rotation in plane channel flows, Ph.D. dissertation, Tokyo University of Science (2017).
- 笠木伸英, 河村洋, 長野靖尚, 宮内敏雄編, 乱流工学ハンドブック, 朝倉書店 (2009), pp. 165–242.
- Kato, K., Alfredsson, P. H., Schlatter, P. and Lingwood, R. J., The influence of axial flow and eccentricity on the instability of Taylor–Couette flow, Proceedings of Japan Society of Fluid Mechanics Annual

- Meeting (2022), 294.
- 川口靖夫, どんな夢を見に行こうか 正しさばかりに恐れ戦かないで, 東京理科大学理工学部機械工学科 ME ニュースレター (2021).
- Kawamura Laboratory, DNS database of wall turbulence and heat transfer: Text database of Poiseuille flow for  $Re_\tau = 64$ , available from <<https://www.rs.tus.ac.jp/~t2lab/db/index.html>>, (accessed on 10 October, 2023).
- Lindsay, D. J., Carbon and nitrogen contents of mesopelagic organisms: Results from Sagami Bay, Japan, *JAMSTEC Journal of Deep Sea Research*, Vol. 22 (2003), pp. 1–14.
- Lueptow, R. M., Stability and experimental velocity field in Taylor–Couette flow with axial and radial flow, *Physics of Rotating Fluids*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York (2000), pp. 137–155.
- 松川裕樹, 直接数値解析を用いた高円筒比 Taylor–Couette–Poiseuille 流の流動状態遷移過程の分類, 東京理工大学大学院理工学研究科機械工学専攻修士論文 (2023).
- Matsukawa, Y. and Tsukahara, T., Laminarization in subcritical Taylor–Couette–Poiseuille flow with increasing pressure gradient, Proceedings of 19th International Conference on Flow Dynamics (2022a), OS15-10.
- Matsukawa, Y. and Tsukahara, T., Subcritical transition of Taylor–Couette–Poiseuille flow at high radius ratio, *Physics of Fluids*, Vol. 34, No. 7 (2022b), 074109.
- 松川裕樹, 塚原隆裕, Taylor–Couette–Poiseuille 流における変調波状 Taylor 湧流から間欠乱流への亜臨界遷移現象, 日本流体力学会年会 2022 講演論文集 (2022c).
- 松川裕樹, 塚原隆裕, 直接数値解析を用いた複合剪断流における亜臨界遷移現象の研究 —直交した流れが局在乱流パターンに与える非線形相互作用—, 東北大大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システム広報 SENAC, Vol. 55 (2022d).
- Matsumoto, T., Physical insights on turbulence from numerical simulation of dissipative weak solution to the Euler equations, Proceedings of 19th International Conference on Flow Dynamics (2022), OS15-8.
- Meyer-Spasche, R., Bolstad, J. H. and Pohl, F., Secondary bifurcations of stationary flows, *Physics of Rotating Fluids*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York (2000), pp. 171–193.
- 中林功一, 鬼頭修己, 大学院のための流体力学, コロナ社 (2002).
- 中川皓介, 主流乱れと円柱粗さの相互作用による後退平板境界層乱流遷移の直接数値解析, 第 58 回飛行機シンポジウム (2020), 2E17.
- Neuhart, D. H. and McGinley, C. B., Free-stream turbulence intensity in the Langley 14- by 22-foot subsonic tunnel, *NASA Technical Publication* (2004), TP-2004-213247.
- Ng, C. S., Direct numerical simulation of turbulent natural convection bounded by differentially heated vertical walls, Master's thesis, *The University of Melbourne* (2013).

- 日本機械学会編, 伝熱工学資料, 丸善出版 (2013), pp. 291–297.
- 日本流体力学会編, 日本流体力学会年会 2023 講演論文集, (2023).
- 日本電気株式会社, 科学技術計算ライブラリ ASL ユーザーズガイド<基本機能編 第4分冊> (2023).
- Ohkitani, K. and Constantin, P., Eulerian–Lagrangian analysis of mhd equations, [RIMS Kôkyûroku](#), Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University (2005), pp. 116–129.
- 奥村晴彦, 黒木裕介, [改訂第8版]  $\text{\LaTeX} 2_{\epsilon}$  美文書作成入門, 技術評論社 (2020), pp. 184–198.
- THMT ed., Proceedings of 10th International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer, (2023).
- Reynolds, O., An experimental investigation of the circumstances which determine whether the motion of water shall be direct or sinuous, and of the law of resistance in parallel channels, [Philosophical Transactions of the Royal Society of London](#), Vol. 174 (1883), pp. 935–982.
- 李家賢一, 新井隆景, 浅井圭介, 航空宇宙工学テキストシリーズ 空気力学入門, コロナ社 (2016).
- 斎藤実俊, 鉄道における空気力学に関する最近の研究開発, [鉄道総研報告](#), Vol. 36 (2022), pp. 1–4.
- Schmid, P. J. and Henningson, D. S., Stability and transition in shear flows, [Springer New York](#) (2001).
- Strogatz, S. H., Nonlinear dynamics and chaos with applications to physics, biology, chemistry, and engineering, [CRC Press](#) (2015).
- 立川裕二, 博士論文執筆の際にお願いしたいこと, <<https://member.ipmu.jp/yuji.tachikawa/misc/dron.html>>, (参照日 2023年10月10日).
- Tajitsu, A., Aoki, W., Kawanomoto, S. and Narita, N., Nonlinearity in the detector used in the Subaru telescope high dispersion spectrograph, [Publications of the National Astronomical Observatory of Japan](#), Vol. 13 (2010), pp. 1–8.
- 竹田一貴, 塚原隆裕, 乱流パフの時空間欠性に関する Domany–Kinzel モデルによる再現の試み, 第35回数値流体力学シンポジウム (2021), A07-5.
- 竹田一貴, 佐野雅己, 塚原隆裕, 亜臨界遷移の高アスペクト比ダクト流で形成される大規模乱流間欠構造に関する研究—側壁における乱流拳動に着目して—, 第99期日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集 (2021).
- 武田史郎, jecon-bst: GitHub, <<https://github.com/ShiroTakeda/jecon-bst>>, (参照日 2023年10月10日).
- 竹広真一, Rayleigh–Fjørtft の定理 (1990).
- Tanogami, T. and Araki, R., Information-thermodynamic bound on information flow in turbulent cascade, [arXiv: 2206.11163](https://arxiv.org/abs/2206.11163) (2023).

- Tashiro, M. and Tsukahara, T., Prediction of constitutive stress for viscoelastic fluid turbulence with LSTM, Proceedings of 9th Asian Joint Workshop on Thermophysics and Fluid Science (2022), 4023.
- Tecplot, Inc., Tecplot 360 getting started manual (2023).
- 坪田誠, 量子流体力学における「ゆらぎと構造の協奏」, ゆらぎと構造の協奏: 非平衡系における普遍法則の確立, 平成 25 年度~平成 29 年度 文部科学省 科学研究補助金 新学術領域研究 (2019), pp. 246–247.
- 塚原隆裕, 大規模直接数値シミュレーションによる低レイノルズ数平行平板間乱流の研究, 東京理科大学大学院理工学研究科機械工学専攻博士論文 (2007).
- 塚原隆裕, 私の「ながれを学ぶ」使命感, ながれ: 日本流体力学会誌, Vol. 42, No. 3 (2023), p. 222.
- 塚原隆裕, 石田貴大, 平面ポアズィユ流の亜臨界遷移域における下臨界レイノルズ数, ながれ: 日本流体力学会誌, Vol. 34, No. 6 (2015), pp. 383–386.
- Tsukahara, T., Seki, Y., Kawamura, H. and Tochio, D., DNS of turbulent channel flow at very low Reynolds numbers, Proceedings of 4th International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (2005), pp. 935–940.
- 塚原隆裕, 岩本薰, 河村洋, 乱流熱伝達を伴うクエット流れにおける大規模構造, 日本伝熱学会論文集, Vol. 15, No. 3 (2007), pp. 151–162.
- 塚原隆裕, 川口靖夫, 石神隆寛, 多様な流れ場の解析に向けた直接数値シミュレーションの応用, ホリスティックアプローチによる計算科学の新展開, 東京理科大学ホリスティック計算科学研究センター (2010), pp. 847–52.
- 牛山剣吾, 石川敬掲, 徳川直子, 小池寿宜, 小型超音速旅客機の自然層流翼設計, 宇宙航空研究開発機構研究開発報告 (2016), JAXA-RR-16-001.
- Wang, L., Exchange student from Northwestern Polytechnical University (China), ME Newsletter, Department of Mechanical Engineering, Tokyo University of Science (2014).
- Yoneda, T., A mathematical consideration of vortex thinning in 2D turbulence, arXiv: 1609.00107 (2016).
- 吉永徹美, LATEX 2 $\epsilon$  辞典 増補改訂版, 翔泳社 (2018), pp. 502–508.
- 湯村翼, レイリー–テイラー不安定による赤道電離圏プラズマバブルの発生, 北海道大学理学部地球科学科卒業論文 (2006).

# 付録 A

## 修士課程における研究成果

### 国際学術雑誌論文（査読あり）

1. Ridai, T. and Kikai, H., History of computational fluid dynamics, [Journal of Rikadai Dynamics](#), Vol. xx, No. x (20xx), xxxxxx.

### 報告書

1. 理大太郎, 機械花子, 数値流体力学の歴史, [日本数値流体力学研究所広報誌](#), Vol. xx, No. x (20xx), pp. xx–xx.

### 受賞

1. **Best Paper Award**, 22nd Tokyo University of Science Conference (TUSC22), 23–26th Sep. (20xx).

### 国際学会講演（査読あり）

1. Ridai, T. and Kikai, H., History of computational fluid dynamics, [22nd Tokyo University of Science Conference](#) (TUSC22), Tokyo (Japan), 23–26th Sep. (20xx), Talk xx, 5 pages.

### 国際学会講演（査読なし）

1. Ridai, T. and Kikai, H., History of computational fluid dynamics, [22nd Tokyo University of Science Conference](#) (TUSC22), Tokyo (Japan), 23–26th Sep. (20xx), Talk xx, 5 pages.

## 国内学会講演（査読なし）

1. 理太郎, 機械花子, 数値流体力学の歴史, 第 22 回東京理科大学学会, 東京, 9 月 23–26 日 (20xx), Talk xx, 5 pages.

## 付録 B

### スーパーコンピューターごとの性能比較

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetuer adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetuer id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.