

2019 年度 修士論文

添削者を困らせることのない  
修士論文の書き方の研究

名古屋大学大学院理学研究科  
理学専攻物理科学領域  
宇宙線物理学研究室

博士前期課程 2 年  
学籍番号 123456

奥村 暁

2024 年 6 月 28 日

## 概要

ここには論文の概要 (abstract) を書きます。論文の先頭なので早い時期に書き始める人がいますが、論文の結論や論理展開はなかなか執筆終盤まで固まりません。そのため、論文の流れや結論がかなり明確になった最終段階で書くようにしましょう。

概要は論文全体の内容を短文で説明するものですので、研究の背景と目的、研究内容、結果と結論などが全て網羅されている必要があります。ここを読んだだけで、論文の中身が大雑把に把握できるようにすることが大切です。原則として改行せずに 1 段落で書きますが、これは複数段落に分けて書くような文章を無理やり 1 段落に合体させるということではありません。1 段落で流れるように書いてください。分量としては A4 の半分から 3 分の 2 程度だと思います。2 ページにもわたる概要はありません。

この概要と序論を同一視する人が多く見られます。おそらく修論提出の直前になって慌てて書くため、序論を要約する格好になってしまうのでしょうか。しかし序論には研究結果の詳細や、それに対する議論や考察は書かれていないことが一般的です。そのため序論の焼き直しのような概要を書かれてしまうと、論文の結論や議論を概要で追うことができなくなり概要を書く意味が薄れてしまいますので、「論文全体の内容を短くまとめているか」に注意して要約してください。

この文書の L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ファイルは、<https://github.com/akira-okumura/MasterThesisTemplate> から入手可能です。

# 目次

第 1 章	序論	1
第 2 章	ガンマ線天文学と CTA 計画	3
第 3 章	自分の研究本体を述べるところ	5
第 4 章	L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X の使い方	7
4.1	改行の仕方	7
4.2	節の使い方	7
4.3	図の使い方	7
4.4	他の論文の図を使う場合の注意点	10
4.5	表の使い方	10
4.6	数式の使い方	11
4.7	引用の仕方	12
4.8	B <sub>B</sub> T <sub>E</sub> X の使用	13
4.9	ヨーロッパ圏の人名など	13
4.10	newcommand	13
4.11	latexdiff	14
第 5 章	添削の作法	15
5.1	添削とは	15
5.2	修士論文添削前に自己点検する項目	15
第 6 章	剽窃について	17
6.1	剽窃とは何か	17
6.2	剽窃をするとどうなるか	17
6.3	修士論文における剽窃について	18
6.4	剽窃行為と実際に認定された例	21
6.5	故意か過失か	22
6.6	剽窃かどうかの判断基準	22
6.7	なぜ剽窃は許されないのか	23
第 7 章	色覚多様性と作図	25
7.1	色覚多様性とは	25
7.2	色覚多様性を配慮した作図	26

---

第 8 章	日本語の作文入門	29
8.1	読者の負担を減らす	29
8.2	細かい日本語	30
8.3	頻繁に見かける言葉の誤用	32
8.4	冗長な表現	38
8.5	許容できない新語	39
8.6	役物の役割	40
8.7	日本語で書けるカタカナ語	41
第 9 章	議論	43
第 10 章	結論	45
付録		47
A	長い証明	47
B	たくさんのフィットの図	47
謝辞		49
引用文献		51

# 図目次

4.1	CTA の完成想像図 . . . . .	8
4.2	ガウシアンでヒストグラムをフィットした例 . . . . .	8
4.3	複数の図を並べた例 . . . . .	9
4.4	異なる画像形式の比較 . . . . .	9
7.1	色覚特性による図の見え方の違い . . . . .	25
7.2	色覚特性を考慮した作図例 . . . . .	26
7.3	散布図の作図例 . . . . .	27
7.4	グラデーションの見え方の例 . . . . .	28



# 表目次

4.1	CTA で使用される望遠鏡の性能諸元 . . . . .	10
4.2	表 4.1 の悪い例 . . . . .	11
8.1	平易な日本語で置き換え可能なカタカナ語。絶対に全て日本語にせよという意味ではありません ので、状況に応じて使い分けてください。 . . . . .	42
8.2	英単語本来の意味を知らずに誤用されているのを見かけるカタカナ語。 . . . .	42





# 第 1 章

## 序論

英語で言うところのイントロダクションです。通常、「序論」(introduction)で始める場合は「結論」(conclusion)という章で締めます。もし「はじめに」で始まる場合は「おわりに」です。

この章では研究の背景や課題などを簡潔に説明します。2 から 4 ページもあれば十分ですし、細かく節に分ける必要もありません。この章で必要なことは、なぜこの論文が書かれたのか、過去の研究に対する位置付け・課題は何か、この研究でどこまでを明らかにしようとしているのかを少ないページ数で説明することです。

このような序論の存在しない修士論文はたくさん存在しますが、何十ページにもなる修士論文では研究の位置付けや課題がどこに書かれているのか読者は見失いやすくなります。先頭に独立した章で簡潔に道筋を示すことで、続く章を読者が読みやすくなります。



## 第 2 章

# ガンマ線天文学と CTA 計画

この章では、自分の研究に関連する分野の歴史や現状について説明したり、研究を展開する上で重要となる知識の解説を行います。ここで使用している見出し「ガンマ線天文学...」はあくまで例ですが、もし Cherekov Telescope Array (CTA) 計画<sup>\*1</sup>に携わる院生の書く修士論文であれば、ガンマ線天文学や宇宙線物理学全般について、現行望遠鏡とガンマ線観測の原理について、また CTA 計画についての記述がこの章では期待されます。

好みによっては「序論」と合体させてしまうのは構いませんし実際にそのような修論は多くありますが、本章は比較的長くなり結論に直結しない情報もたくさん出てくるため、独立した章である方が読者は読みやすいでしょう。特に研究動機を早い段階で短文で読ませるには、序論に要点をまとめてしまうのが簡単です。

またこの章が長くなるときには、例えば「ガンマ線天文学」と「CTA 計画」のように、2つの章に分割するというのも良いと思います。

---

<sup>\*1</sup> 省略語は必ず正式名称を先に書き、省略系は丸括弧に入れます。省略語はあくまで「以降このように略す」という用途だからです。また、日本語文章中で使う丸括弧は ( ) ではなく ( ) です。



## 第 3 章

# 自分の研究本体を述べるところ

ここは自分のやった研究を述べる章です。実際の中身に合わせて章を複数立てにする場合もあると思います。「議論」の章を別に分ける場合は、この章では得られた結果までを記述し、その結果に対する議論は「議論」の章に回すのが良いでしょう。この章は必ずしも 1 つの章のみである必要はありません。研究内容に応じて、複数の章に分割することも一般的に行われます。

修士論文で大切なことは、第 1 章や第 2 章で述べた伏線（研究の目的と動機）を回収するべく、きちんと研究内容を順序立てて書き、また自分の貢献を明確にすることです。論文全体で論理展開がきちんとしていれば良いので、必ずしも実際に行った実験などの時系列でこの章を書き進める必要はありません。また修士論文としての完成度が大切ですので、修士論文のテーマに直接関係のない自分のやったことを無理に混ぜる必要もありません。



## 第 4 章

# L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X の使い方

本章では、L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X の使い方を以下説明します。ここでの表示例は本 PDF を読むだけではどのような L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X コードに対応しているか分かりませんので、`main.tex` や `LaTeX.tex` の中身を参照してください。

この PDF 文書中に `command` のような書体で記載されているものは、L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ソース中で実際に入力するコマンドやファイル名を示しています。

### 4.1 改行の仕方

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X で生成される PDF 中に改行を入れるのは、ソースファイル中に改行を 2 つ連続で入れます。つまり、段落と段落の間に余計な空白行を入れます。「`latex` 改行」などで検索すると「`\`と入力する」と説明が出てくる場合がありますが、これは強制改行のコマンドですので普通の文章中では使わないでください。

また 2 連続の改行を入れると、段落先頭の字下げは自動で行われます。間違えて `\` で強制改行をすると字下げが起きませんので注意してください（段落が変わったと見なされない）。

### 4.2 節の使い方

`\section` や `\subsection` を使うと「節」(section) と呼ばれる構造を作ることができます。長い章を分割して論理展開を分かりやすくする目的で使います。

文中で節を参照するときは、`section` であっても `subsection` であっても「節」と呼び、「4.3 節」や「第 4.3 節」のように書きます (`ref` コマンドの使用は次節参照)。章を参照するときは「2 章」や「第 2 章」とします。

### 4.3 図の使い方

論文中に図を入れるときは、`figure` 環境を使用します。画像形式は図 4.1 のような JPEG (主に写真などに最適) や PNG (色数の少ない画像に最適) に加え、図 4.2 のように PDF (グラフなどに最適) も使うことができます。実際の使い方は、この L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X のコードを読んでください。EPS 形式はいまどき誰も使いません。古い L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X の本の記述などに騙されないでください。

図を文中で参照したいときは `ref` コマンドを使用して、「図 4.1」のようにすることができます。この部分は L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 中で実際には `図~\ref{fig_CTA}` と書いています。「図」と `\ref` の間に `~` を入れるのは、「図」と図番号の間で改行を防ぐためです<sup>\*1</sup>。

`figure` 環境で図を挿入する場所は、初めてその図を言及する段落の直後、もしくは直前です。あまりに離れた

<sup>\*1</sup> このようにチルダを入れる手法は、人名の姓名の間で改行を防ぐのにも広く使われます。

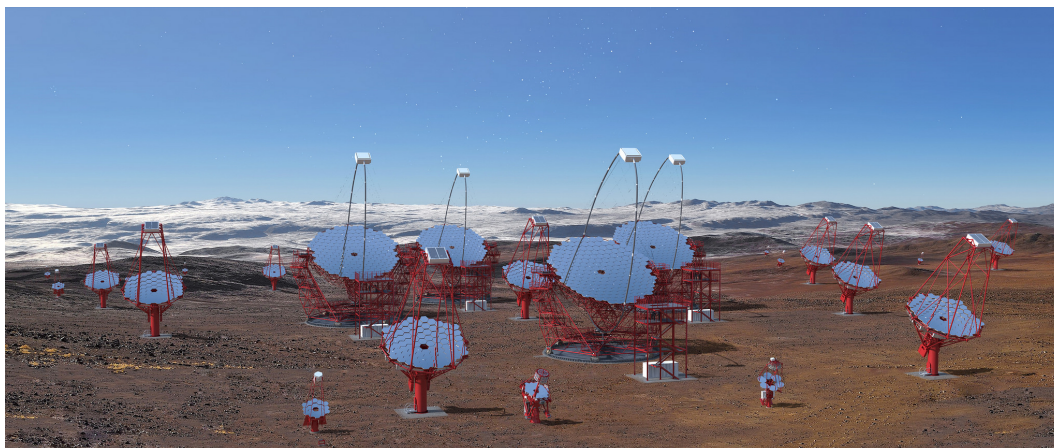


図 4.1 CTA の完成想像図 (画像提供 : G. Pérez, IAC, SMM)。JPEG (ビットマップ画像) なので、出力 PDF で拡大するとドットが見えます。

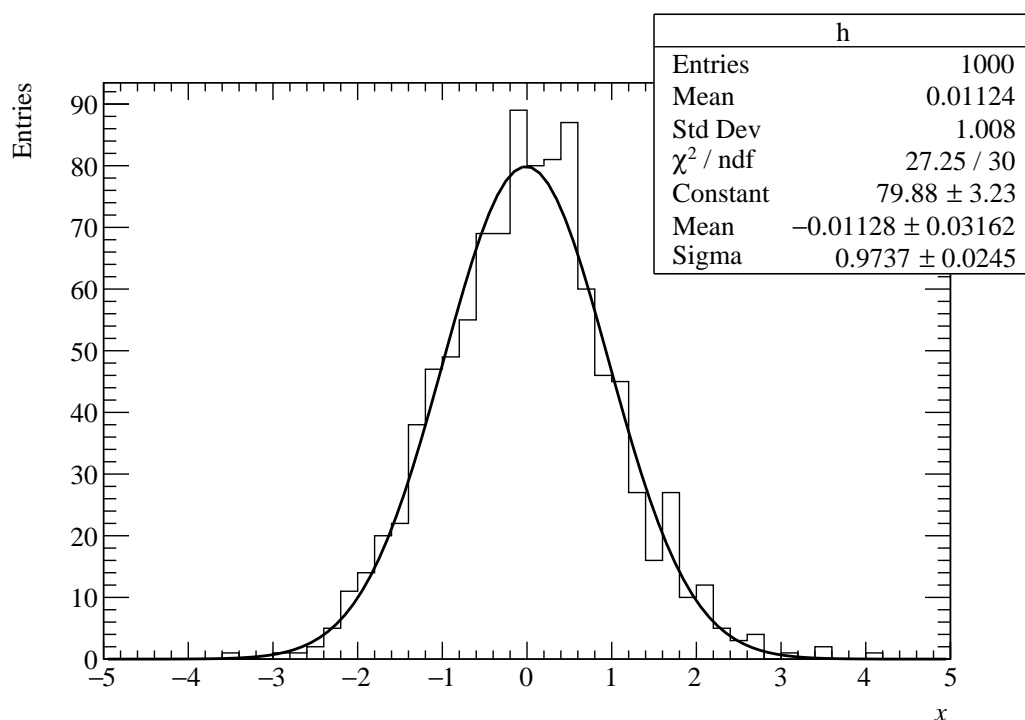


図 4.2 ガウシアンでヒストグラムをフィットした例。PDF (ベクター画像) なので、出力 PDF で拡大しても滑らかです。また文字列も PDF 中で検索することができます。

場所に図を挿入すると読者はどこに図があるかを探さなくてはならず、読むのが困難になるからです。

場合によっては複数の図を並べたいこともあるでしょう。そのようなときは、`subfigure` 環境を使って図 4.3 のようにすることができます。`minipage` 環境でも似たようなことができますが、`subfigure` を使うと小番号を自動で付与したり、「図 4.3(b)」のように、小番号を参照することができます。

またせっかく図の並べ方が分かったので、同じ図を PDF、PNG、JPEG にして図 4.4 にて比較してみましょう。それぞれの画像の特徴が分かります。また図 4.4 は参考のため `subfigure` ではなく `minipage` 環境を使って作っています。



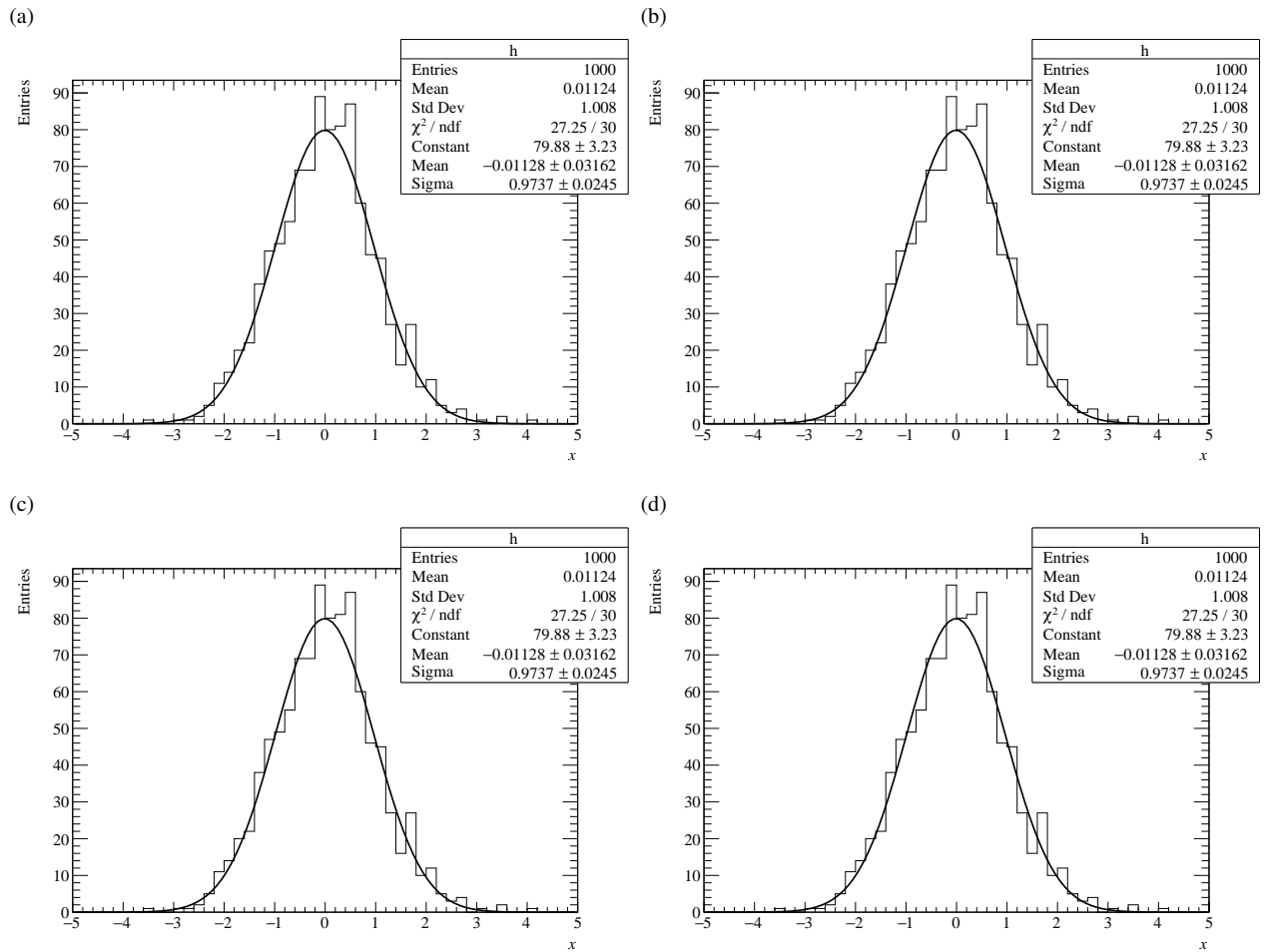


図 4.3 複数の図を並べた例。(a) ガウシアンフィット。(b) 同じもの。(c) これも同じもの。(d) これも同じもの。

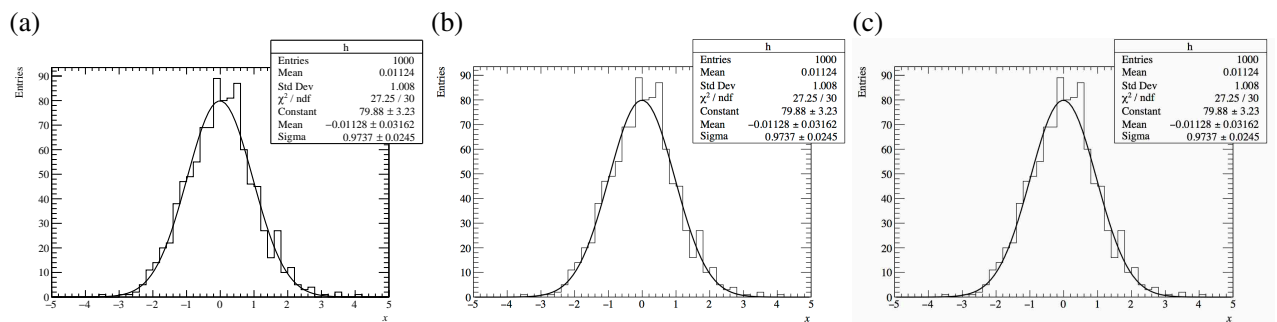


図 4.4 異なる画像形式の比較。(a) PDF 形式。拡大しても綺麗であり、文字も検索やコピーができる。(b) PNG 形式。拡大するとビットマップ画像であることが分かる。文字を選択できない。(c) JPEG 形式。PNG に比べ、JPEG 圧縮特有のブロックノイズ、モスキートノイズが発生しており非常に汚いことが分かる。

表 4.1 CTA で使用される望遠鏡の性能諸元

	大口径望遠鏡	中口径望遠鏡		SC 中口径望遠鏡	小口径望遠鏡		
	Large-Sized Telescope (LST)	Medium-Sized Telescope (MST)		Schwarzschild–Coudler MST (SC-MST)	Smalle-Sized Telescope (SST)		
		FlashCam	NectarCAM		GCT	ASTRI	1M-SST
エネルギー範囲	20–200 GeV	100 GeV – 10 TeV		200 GeV – 10 TeV	5–300 TeV		
台数 (北半球)	4	15		0	0		
台数 (南半球)	4	24		24	70–90		
鏡直径	23 m	12 m		9.7 m	4 m	4 m	4 m
焦点距離	28 m	16 m		5.6 m	2.3 m	2.15 m	5.6 m
視野	4.5°	7.7°		8°	8.6°	9.6°	9°
光学系	放物鏡	Davies–Cotton (DC)		Schwarzschild–Coudler (SC)	SC	SC	DC
画素数	1,855	1,764	1,855	11,328	2,048	1,984	1,296

#### 4.4 他の論文の図を使う場合の注意点

先行研究を引用する際などに他の論文から図や写真を引用することがあると思います。この場合、その図は自分が作成したものではないということがはっきり分かるようにしてください。具体的には、「先行研究で得られた結果 (Okumura 2016)。」ではなく「先行研究で得られた結果 (Okumura (2016) から図を転載)。」のように明示しましょう。

また、論文 PDF から図の部分だけクロップしてくると、その図以外の情報もクロップした図に残り続けます。すなわち、外見上は図しか表示されていないにも関わらず、元の論文の文章などがそのまま PDF に残ってしまいます。

このようにクロップした図を修士論文中で使用すると、PDF 内を検索した際に引用元論文の本文が検索結果に出てしまったり、添削をするために文章の一部にコメントをつけようとする引用元論文の透明の本文にコメントがついてしまったりということがあります。

これを回避するためには、いくつかの方法が考えられます。

1. Adobe Acrobat や Adobe Illustrator のようなソフトウェアを使用し、図以外の不要な箇所を削除する。
2. arXiv に投稿されている T<sub>E</sub>X ソースをダウンロードし、その中に含まれる図の元ファイルを使用する。例えば <https://arxiv.org/src/1512.04369> にアクセスすると arXiv-1512.04369v1.tar.gz というファイルが得られるため、これを展開する。
3. 非推奨 スクリーンショットを撮る。(ただし文字を読める十分に大きい画像として保存すること)

#### 4.5 表の使い方

表 4.1 に、L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X でどのように表を作成するかの例を示します。実際にどのような L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X コードがこの表に対応するのかは、ファイルの中身を眺めてください。

論文中で使う表の一般的な注意点として、あまり罫線をたくさん使いすぎないことです。日本では全てのセルの周辺に罫線を使う傾向があり、最悪、表 4.2 のようになります。窮屈になるので、このような罫線の多用はやめましょう。

表 4.2 表 4.1 の悪い例

	大口径望遠鏡 Large-Sized Telescope (LST)	中口径望遠鏡 Medium-Sized Telescope (MST)	SC 中口径望遠鏡 Schwarzschild-Couder MST (SC-MST)	小口径望遠鏡 Smaller-Sized Telescope (SST)		
		FlashCam NectarCAM		GCT	ASTRI	1M-SST
エネルギー範囲	20–200 GeV	100 GeV – 10 TeV	200 GeV – 10 TeV	5–300 TeV		
台数 (北半球)	4	15	0	0		
台数 (南半球)	4	24	24	70–90		
鏡直径	23 m	12 m	9.7 m	4 m	4 m	4 m
焦点距離	28 m	16 m	5.6 m	2.3 m	2.15 m	5.6 m
視野	4.5°	7.7°	8°	8.6°	9.6°	9°
光学系	放物鏡	Davies–Cotton (DC)	Schwarzschild–Couder (SC)	SC	SC	DC
画素数	1,855	1,764 1,855	11,328	2,048	1,984	1,296

## 4.6 数式の使い方

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X を使う理由のひとつが、数式を綺麗に出力できるというのがあります。例えば中性パイ中間子  $\pi^0$  のガンマ線への二体崩壊であれば

$$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma \quad (4.1)$$

のように書けますし、もっとややこしい数式も色々書けますが、詳細は「LaTeX 数式」などでインターネット上で検索してください。この例のように、本文中に数式を入れるときは $\$$ でその式を囲み、独立した行に数式を書くときは `equation` や `align`<sup>\*2</sup>環境を使ってください。

式番号を参照するときも図のときと同様に `ref` コマンドを使うことができますが、これだと自動で丸括弧がつかず、式 4.1 のようになってしまいます。丸括弧を自動で入れるには `amsmath` パッケージの `refeq` コマンドを使用することで、式 (4.1) のようになります。

### 4.6.1 斜体と立体

数式を書くときには「斜体」(italic) と「立体」(upright) の違いに気をつけてください。基本的に数式は斜体を使って書きます。何も考えずに L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X を使えば全て斜体になります。

ただし、次の 2 つの式を見比べてみてください。

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x \quad (4.2)$$

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x \quad (4.3)$$

式 (4.2) は全ての文字が斜体で書かれていますが、式 (4.3) は  $x$  以外は立体です。このように、いくつかの文字では立体を使うのが一般的です。例えば `log`、`sin`、`e` (自然対数の底)、`i` (虚数単位)、`d` (微分作用素) などは、それぞれ `\log`、`\sin`、`\mathrm{e}`、`\mathrm{i}`、`\mathrm{d}` などと入力することで書くことができます<sup>\*3</sup>。

ここで `\mathrm` というコマンドが出てきましたが、これは数式中で文字を立体にするためのコマンドです。特定の文字を立体にするときだけでなく、変数名の添字を立体するときにも使います。例えばトリガー回数を示す変数は  $N_{\text{trigger}}$  などと書くことがあると思いますが、このときに「trigger」の部分は変数ではありませんので、斜体にしません。

<sup>\*2</sup> `amsmath` パッケージで使用可能です。

<sup>\*3</sup> 自然対数の底や虚数単位の場合は、分野や国によって斜体にするかどうかの違いがあります。また微分作用素は斜体で  $d$  とする場合がありますが、立体にすることで長さを表すのに頻繁に使われる変数  $d$  と区別する効果があります。

## 4.6.2 単位

数式中に単位を使うとき、`\mathrm` を使わずに `100MeV` などとしてしまう間違いもよく見られます。このように斜体になったものは変数  $M$  と  $e$  と  $V$  の掛け算であり、単位ではありません。また `100MeV` のように単位と数値の間にスペースのない書き方をする人も見かけますが、これも間違いです。本文中に書くときは `100\,MeV` とし、`equation` 環境中では `100\,\mathrm{MeV}` と書きます\*4。

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X では % の後ろをコメントとして扱いますので、95% のようにパーセントの表示をしたい場合には `95\,%` のように書きます。% と数値の間にスペース (`\,`) を入れるかどうかは、流派が2つありますが、国際単位系 (SI) ではスペースを入れることになっています。私の周りでは入れない人も多いようです\*5。

さて、先に例に挙げた `100 MeV` 程度の単純な数値であればソースコードに `100\,MeV` と書くのは難しくありませんが、より複雑な数値を書く場合は面倒ですし、余計な間違いが今夕します。これを解決するため `siunitx`\*6 パッケージというものが存在します。このテンプレートの `main.tex` ではこのパッケージを使用する設定にしていますので、実際に使った例を見てみましょう。

$$\frac{dN}{dE} = 2.83(4) \times 10^{-11} \text{ TeV}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \quad (4.4)$$

$$\frac{dN}{dE} = 2.83(4) \times 10^{-11} \text{ TeV}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \quad (4.5)$$

上記2つの式の右辺の見た目は同一ですが、前者では

```
\qty{2.83+0.04e-11}{TeV^{-1}.cm^{-2}.s^{-1}}
```

と入力し、後者では

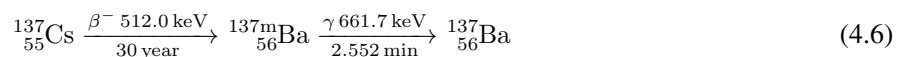
```
2.83(4)\times 10^{-11}\,\mathrm{TeV}^{-1}\,\mathrm{cm}^{-2}\,\mathrm{s}^{-1}
```

と入力しています。かなり簡便になったのが分かると思います。

## 4.6.3 化学式

化学式もその見た目に比べて書くのが面倒です。H<sub>2</sub>O と記述するだけでも `\mathrm{H}_2\mathrm{O}` と入力する必要があります。

そこで `mhchem` パッケージ\*7を利用すれば、複雑な化学式も簡単に入力できるようになります。<sup>137</sup>Cs の崩壊の式を書いてみましょう。詳細は `LaTeX.tex` の中身を読んでみてください。



## 4.7 引用の仕方

研究や論文というのは過去に誰かのやった研究を前提として新たに何かを進歩させるためにあります\*8。しかしあなたの修士論文に全ての過去の研究を書くことはできませんので、引用という形式を使い他の論文をその事実の

\*4 余計なバックスラッシュとカンマは、数字と単位の間にも適度な幅のスペースを入れるためです。普通にスペースを入力するのだと、この間隔が広くなりすぎたり単位だけ次の行に回されたりということが発生します。

\*5 入れない理由としては、% は単位ではなく 0.01 という数だから、というものが挙げられます。投稿論文の場合は出版社の投稿規定に従います。また業界ごとの慣習もあります。よくわからなければスペースを入れておくと良いでしょう。

\*6 <https://ctan.org/pkg/siunitx>

\*7 <https://ctan.org/pkg/mhchem>

\*8 「巨人の肩の上に立つ」とよく表現されます。

出典とします。

ここで、「引用」と日本語で書いた場合には「quotation」と「citation」の2つの英語に翻訳され得ますが、我々の論文で通常用いるのは「citation」のほうです。著作権法などで問題になるのは「quotation」のほうなので、間違えないようにしてください。

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X で `citep` コマンドや `citet` コマンドを使って論文を引用 (cite) するときは、例えば次のようになります。

宇宙線の全粒子スペクトルは図 XX に示すように  $10^9$  eV から  $10^{20}$  eV までおよそ  $-3$  乗の幂で減少している (Swordy 2001)。 $10^{12}$  eV (1 TeV) 付近のガンマ線は超高エネルギーガンマ線と呼ばれ、様々な観測手法が提案されている (例えば 奥村 2005 を見よ)。この奥村 (2005) の手法では...

ここでは引用 (cite) を 3 回しており、それぞれ `citep`、`citep`、`citet` コマンドを使っています。

## 4.8 BibTeX の使用

このテンプレートの場合、51 ページに「引用文献」という箇所があります。このページを手作業で間違いなく整形するのは面倒です。手でやる代わりに BibTeX という仕組みを使います。thesis.bib というファイルに引用文献の必要な情報が書かれていますので、これを参考にして BibTeX ファイルを作るか、論文をダウンロードするときに .bib ファイルもダウンロードできますので、それを使ってください\*9。

例えば Tanabashi et al. (2018) を引用してみましよう。これに対応する部分は、thesis.bib の中の `@article{PhysRevD.98.030001}`、で始まる部分に書いてあります。これを手で入力するのは非効率ですし、入力間違いの温床になります。そのような場合、例えば <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevD.98.030001> を開き「Export Citation」というボタンから BibTeX フォーマットの情報を入手しましょう。出版社によりませんが、ほとんどの論文では BibTeX ファイルをダウンロードできるようになっています。

宇宙・素粒子系の論文で著者が数十名を超えるような場合、全ての著者を掲載すると紙面をそれだけで割いてしまいます。そのような場合は、必要に応じて `author = {Tanabashi, M. and others}`、のように書き換えてください\*10。そうすると、著者情報が Tanabashi, M. et al. という表示に変わります。

## 4.9 ヨーロッパ圏の人名など

ウムラウトなどの混じったヨーロッパ圏の人名を入力するには、例えばシュレーディンガーの場合、L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X では `Shr\{o}dinger` と入力することで `Shrödinger` と表示すると L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X の教科書には書いてあります。しかしいちこんなことをするのは面倒ですので、main.tex に書いてある `\usepackage[utf8]{inputenc}` を使うことで、直接ウムラウトつきの文字を L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X のソース中に書いてしまっても問題ありません。「ö」と「ȫ」は、この L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ソース中では違う入力方法で書かれていますが、出力は同一です。

## 4.10 newcommand

入力が長く、論文中で何度も繰り返し使うような入力はコマンドとして登録することができます。例えば `\HI{}` や `\bs{}` といったコマンドを main.tex で定義しており、これらの結果は「HI」や「\」と表示され

\*9 近年は「文献管理ソフト」と呼ばれるものが発達していますので、特に博士進学する学生は好きなものを入れてみてください。

\*10 このテンプレートでは同梱の jecon.bst を編集したもので対応していますので、各自でこの作業をする必要はありません。著者人数が多いときは自動で筆頭 3 名のみを表示するようにしてあります。もし BibTeX のスタイルファイル (.bst) を独自のものにしたい場合は、注意してください。

ます。

## 4.11 latexdiff

修士論文の執筆中は必ずバックアップをとるようになるのは当然のこととして、L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X のソースファイルなど一式を Git などのバージョン管理ソフトウェアでバージョン管理するようしておきましょう。これは、指導教員に添削してもらう際に `latexdiff` コマンドを利用して、修正箇所・更新箇所を見やすくするためです。

例えばこの修論テンプレートは GitHub 上で管理されており、同梱の `Makefile` を使って

```
$ make diff
```

というコマンドを実行すると `main-diffHEAD.pdf` というファイルが生成されます。もし手元に `git clone` してある L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ファイルに修正が加えられている場合、この `main-diffHEAD.pdf` の中では削除箇所が小さい赤い明朝体で、追加箇所が青いゴシック体で表示されているはずです。この `Makefile` では Git のみに対応しています。

Git の HEAD<sup>\*11</sup>以外の `commit` と差分を取りたいときは、例えば

```
$ make diff DIFFREV=3303f9e
```

とすれば、`main-diff3303f9e.pdf` というファイルが生成されます。

---

\*11 最新の `commit` の場所です。

## 第 5 章

# 添削の作法

### 5.1 添削とは

### 5.2 修士論文添削前に自己点検する項目

- 全ての内容を自分で読み直し、日本語として明らかにおかしな点がないか。また以下の項目に該当するものはないかを確認したか。
- 前回までの添削で指摘された点を全て修正済みか。もし修正していない場合、注意書き（「再測定してから作図し直す予定」など）を付しているか。
- 前回までの添削で指摘された用語の違いなどは、複数箇所でも繰り返し現れる場所も全て修正しているか。全文を検索して確認せよ。
- 第 6 章を読み、剽窃について十分に理解したか。
- 修士論文に剽窃箇所もしくは剽窃と見なされうる箇所は存在しないか。
- 自分で作成したものではない図や写真は、全てその出典が明記され、引用であることを書いてあるか。
- L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ファイル中に図番号などの参照先がないせいで「図??」「表??」「??節」のようにになっている箇所はないか。「?」で全文を検索して確認せよ。
- 日本語読点「、」と欧文カンマ「,」が混在していないか。例えば「ガンマ線望遠鏡は、HESS, MAGIC, VERITAS などがある」のようにしていないか。「,」で全文検索せよ。
- 日本語丸括弧「( )」と欧文丸括弧「()」が混在していないか。「(」や「)」で全文検索せよ。
- 単位と数値の間に必要なスペースは入っているか。「100MeV」のようにしていないか。主な使用単位で全文検索せよ。
- 単位が斜体になっていないか。「100 MeV」のようにしていないか。
- 変数でない添字などが斜体になっていないか。 $N_{trigger}$  のようになっていないか。
- figure 環境や table 環境で場所指定を使ってしまっていないか。
- 専門用語や略語、また式中で使用する変数は全て定義されているか。
- 引用文献が正しく出力されているか。特に、著者名が明らかに崩れていないか、ウェブページからの引用の場合 URL が適切に表示されているか、英単語の大文字・小文字は適切かなどを確認せよ。





## 第 6 章

# 剽窃について

### 6.1 剽窃とは何か

「剽窃（ひょうせつ）」とは辞書で次のように説明されています。

- ・「他人の作品や論文を盗んで、自分のものとして発表すること。」『大辞泉』
- ・「他人の作品・学説などを自分のものとして発表すること。」『スーパー大辞林』
- ・「他人の著作から、部分的に文章、語句、筋、思想などを盗み、自作の中に自分のものとして用いること。他人の作品をそっくりそのまま自分のものと偽る盗用とは異なる。」『ブリタニカ国際大百科事典 小項目事典』

例えばここで『ブリタニカ国際大百科事典 小項目事典』を引用元として明記せずに、

**剽窃（ひょうせつ）とは、他人の著作から、部分的に文章、語句、筋、思想などを盗み、自作の中に自分のものとして用いることです。他人の作品をそっくりそのまま自分のものと偽る盗用とは異なります。**

という説明をしたとします。これが剽窃です。この例では赤字で示したとおり、文体をですます調に変更したり、読点を「、」から「,」に変更したり、文頭に「剽窃（ひょうせつ）とは、」と書き加えたりしていますが、全体としては同一の文章であるため、通常は剽窃と見なされます。

学術論文ではない創作物の形態によっては、剽窃行為が「インスパイア」や「オマージュ」という言葉で括られることもあります。しかし修士論文での剽窃行為は不正行為です。試験でのカンニングやレポートの丸写しと同じであり、(まともな大学や研究室であれば) 厳しく罰せられます。

### 6.2 剽窃をするとどうなるか

修士論文中に剽窃行為が発見された場合、その学期における単位をすべて没収され、卒業に必要な単位が与えられず修士課程を修了できなくなる可能性が生じます。各大学や研究科でどのような対応を実際取るかはそれぞれだと思いますが、少なくとも私が審査員を担当した場合には落第させます。

修論審査に落第すれば、もし就職が決まっても留年を余儀なくされます。留年を選択せず修了を諦めて中退するにしても、就職先は剽窃行為のせいで修了できなかった学生をそのまま採用はしてくれないでしょう。仮に同じ企業に就職が認められたとしても、修士卒扱いで入社できたはずのところが学部卒扱いとなり、初任給が月額数万円低い状態から開始となります。例えば同期と 2 万円の月給差を保ったまま 40 年間働くとする生涯収入で 1000 万円程度の損失になります。もし留年する道を選んでも、定年時点で 1000 万円程度の年収を見込めるのであれば、生涯収入としてその額だけ失うこととなります。

もし博士課程に進学する場合、なぜ留年したかの説明を陰に陽に常に求められます。たとえ直接にその理由を問

われることがなくとも、他の学生より1年多く修士課程に時間がかかったということは、優秀な学生ではないと周りから見なされ、研究をする上でも奨学金などを取得する上でも不利になるでしょう。また標準年限を超えての在籍の場合、大学院の授業料免除などの制度も利用できなくなる可能性があります。

### 6.3 修士論文における剽窃について

節6.1に引用した一般的な剽窃の定義ではなく、科学文書や、特に修士論文での剽窃についてももう少し踏み込んで説明し直してみましょう。

#### 6.3.1 いわゆるコピー

少なくとも宇宙物理学分野における修士論文は独自性のあるものでなくてはなりません。独自性のある（オリジナル）とは次のようなことです。

- 誰かが過去にやった研究ではないこと
- 自分自身の手でやった研究であること（共同研究であれば、十分に自分の貢献のあること）
- 研究本体以外の章も含め、すべて自分の言葉で説明できること

したがって、誰かの論文や教科書の記述をそっくりそのまま持ってきて（いわゆる「コピー」して）、それを自分の修士論文として提出することは許されません。高校や大学のレポートなどでも、他人のレポートを写すなど散々注意されるのと同じことです。

これはコピーする文章の長さに依りません。たとえ1行であってもコピーはコピーであり、剽窃と見なされます<sup>\*1</sup>。

もちろん、ある文章を他の論文や書籍から引用（quote）する必要がある場合は、逆に改変してはいけません。そっくりそのまま書き写し、それを自分の文章とは別のものであると分かるように引用符や枠で囲むようになります。しかし宇宙物理学関連の修士論文でこのような引用をすることは、ほとんどないと思います。

#### 6.3.2 他人の文章の改変

コピーとともによく見られるのが、他人の文章を一部だけ改変して自分が書いたかのように装うことです。完全に同一のものを持ってくる方が簡単ですし、なぜこのような行動を取るのかよく分かりませんが、私の経験として最も多い剽窃行為がこの文章の一部改変です。

もしかすると「先輩の修論を写したりコピーするなよ。自分の言葉で書けよ」とだけ教員から指導を受けると、表面的に一部改変すれば剽窃にはならないと勘違いするのかもしれませんが。しかし元の文章が存在しなければ作成できないのですから、これは独自性のある文章とは見なされず、やはり剽窃行為となります。

たとえば次のような文章が「元ネタ」として存在していたとしましょう<sup>\*2</sup>。

1910年代に Hess らによって宇宙線の存在が確認されて以来、様々なエネルギー領域、様々な検出器によって宇宙線の観測が行われてきた。同時に、ガリレオ以来発達してきた可視光による天体の観測も、電波望遠鏡や赤外望遠鏡の登場によって多波長での観測へと発展することとなった。

宇宙線と言っても、その成分は電磁波、陽子、原子核、neutrino など様々であり、それらの持つエネルギーも広範にわたる。現在地球上で確認されている宇宙線のうち、最もエネルギーの高いものは  $10^{20}$  eV を超え

\*1 ただし、ごくありふれた表現や、酷似するのが避けられない科学的事実は除く。

\*2 これはきちんと添削を受けていない、今となっては恥ずかしい私の修論の一節ですが、あくまで例です。

る（最高エネルギー宇宙線）。これは人工的に到達できるエネルギーを実に 8 桁も上回るが、なぜそのような高エネルギーの宇宙線が存在するのかは謎である。加速機構、地球までの伝播過程、1 次宇宙線成分は何であるのか、いずれも未解明のままであり、その興味は尽きない。

奥村 (2005) より引用

少しこれを改変してみましょう。赤字が削除箇所、青字が追加箇所です。実際に私が発見してきた剽窃行為には、このような改変が多くありました。

1910年1912代年に Hessらによって宇宙線の存在が確認初めて発見されて以来、様々な広いエネルギー領域範囲、様々な多種多様な検出器によって宇宙線の観測が行われてきた。同時にまた、ガリレオ以来発達してきた可視光による天体の観測での天体観測も、電波望遠鏡や赤外線望遠鏡という新しい観測手段の登場によって多波長での観測により、多波長観測へと発展することとなった。

宇宙線と言いつても、その成分は電磁波、陽子、原子核、neutrino電子、ニュートリノなど様々であり、それらの持つそのエネルギー範囲も広範何桁にもわたる。現在、地球上で確認されている宇宙線のうち、最もエネルギーの高いものは  $10^{20}$  eV を超える（いわゆる最高エネルギー宇宙線）。これは大人工的に加速器で人類が到達できるエネルギーを実に 8 桁も上回るが、なぜそのような高いエネルギーの宇宙線が存在するのかは謎である解明されていない。宇宙線の加速機構、地球までの伝播過程、また 1 次宇宙線成分は何であるのかは、いずれも未解明決のまま問題であり、その興味は尽きない将来の宇宙線観測計画による解決が期待される。

奥村 (2005) を意図的に改変

### 6.3.3 元の文章を下敷きに自分で考えたつもりになったもの

さらに改変の量を増やし、ところどころに自分の独自の文を入れたり、文の前後を入れ替える剽窃もあります。自分で考えて文を挿入するのだから剽窃ではないと考える人もいるかもしれませんが、やはり元の文章が存在しなければ書くことのできない文章ですので、これも立派な剽窃です。たとえば次のようなものです。

Hess の気球実験によって 1912 年に宇宙線が大気中で発見されてから、様々な粒子、多様な検出手法、また MeV 領域から  $10^{20}$  eV にまでおよぶエネルギー範囲で宇宙線の観測が行われてきた。一方、電磁波による天体の観測も、ガリレオによる可視光観測に始まり、電波望遠鏡や赤外線望遠鏡などの登場によって他波長観測へと発展した。さらに近年の重力波やニュートリノ観測を加え、現在の宇宙観測は、多粒子、他波長観測の時代、すなわちマルチメッセンジャー天文学へと進展した。

このうち宇宙線は、陽子、原子核、電子、ニュートリノなどを含む、宇宙空間を飛び交う高エネルギーの粒子である。先に述べたように、その最高エネルギーは  $10^{20}$  eV にまでわたる（いわゆる最高エネルギー宇宙線）。これは人類が LHC 加速器で到達できる数 TeV というエネルギーを 8 桁も上回るものであるが、なぜそのような高いエネルギーの宇宙線が宇宙で加速されているのか、宇宙線の発見から 100 年以上が経っても未解決の問題である。その加速機構、加速天体、地球までの伝播、また粒子の種類がなんであるかという謎を解き明かすには、今後の宇宙線観測手法に大きな飛躍が必要である。

奥村 (2005) を意図的に改変

ここまで改変すると、全く違う文章のように感じる人もいるかもしれませんが、実際に行われる剽窃行為では、このような元ネタに改変を加えた文章が何段落も続くことが多く見られます。そのため、文章の一部が似通ってい

るだけでなく、その章の論理展開自体がほとんど同じになってしまうのです。

研究背景は過去に行われた研究の積み重ねなので、論理展開が同じになることは仕方がないという主張をする学生もいます。しかし修士論文はその研究目的が各々違うわけですから、論文のイントロなどで全く同じ論理展開になることは本来ありえません。その論文独自の研究内容を説明するためにイントロは書かれるべきであり、他の文章と同じであるというのは、イントロを書くという目的を勘違いしています。

### 6.3.4 出典のない図表の使用

他人の文章を剽窃する行為とは別に、図表を適切に引用 (cite) せずに流用するという剽窃もあります。これは悪意があって行われているわけではなく、引用の作法を知らないだけの場合が多いため罪としては軽いかもしれませんが、しかし、その修士論文の読者に対して「この図は自分が作りました」と嘘をつくのと同じ行為ですので、やはり問題行為であることは理解できると思います。

このような図表の剽窃は、特に共同研究で多く見られます。ある実験プロジェクトに参加している場合、実験装置の説明の図や写真をプロジェクト内で使いまわすことがあるでしょう。たとえば図 4.1 のようなものが該当します。もしこれを出典もしくは作者を明記せずに使用した場合、剽窃行為に当たります<sup>\*3</sup>。

図表の提供者の名前を入れる、その図が最初に使われた論文や出版物が存在する場合はそれを出典として明記する (cite する)、もしくは提供した実験グループなどの名前を入れるなどしてください。

### 6.3.5 アイデアの盗用

他人の考えた研究アイデアを自分が考えたかのように記述するのも剽窃です。例えば投稿論文になっていないものの、先輩の修士論文で先行研究が行われていたとしましょう。これを先行研究として取り上げることなく、「〜という手法を本論文では考案し」などと書くのは剽窃行為です。きちんと「〜という手法が先行研究で提案され、本論文ではこれを発展させ」のように書きましょう。

### 6.3.6 自己剽窃

自己剽窃とは、自分の書いた論文などから図や文章を剽窃して再利用することです。なぜこれが問題とされるのか、直感的にはすぐに分からないかもしれません。

自己剽窃が最も問題とされるのは、論文の二重投稿です。どこかで論文を出版する場合、レビュー論文でない限り、それぞれが独自の新規性を持つ論文でなくてはなりません。したがって、業績稼ぎのために同じ内容の論文を複数の場所で発表するのは研究不正として扱われます。

次に自己剽窃が問題となるのは、著作権の問題です。投稿論文を科学誌に掲載する多くの場合、その著作権を出版社に譲渡することになります。最近のオープンアクセス (open access) 誌の場合には著作権が論文著者に残される場合もありますが、投稿論文の著作権を必ずしも自分が持っているわけではないのだということを覚えておいてください。

著作権が出版社にあるということは、その著作物を引用の範囲を超えて勝手に再利用してはいけないということになります。著作権、英語で書くと copyright ですが、すなわち複製する権利を出版社に譲渡してしまっているからです。

ただし、多くの出版社では学位論文や国際会議のプロシーディングスなどで、著者が図表などを出版社に断らずに使いまわすことを許可しています。ただし、出典を明記することは求められていることが多い

<sup>\*3</sup> おそらく「出典を明記して再提出しろ」と言われるだけで、落第はしないと思いますが。

はずです。もし投稿論文に使用した図表もしくは文章を修士論文で使いまわす場合、出版社との著作権の契約について理解しておきましょう。たとえば Elsevier 社の場合、<http://jp.elsevier.com/authors/author-rights-and-responsibilities> に著者の権利が書かれています。他の出版社も同様の情報を公開しています。

## 6.4 剽窃行為と実際に認定された例

節 6.3.1 や節 6.3.2 では私が改変の例を示しましたが、これは本文書のために意図的に用意したものにすぎませんので、あまり現実味がありません。そこで、剽窃の含まれる書籍を実際に研究者が出版した例を見てみましょう。これは東洋英和女学院大学の教授が行った剽窃であり、大学はこの研究不正に対して懲戒解雇処分を決定しています<sup>\*4</sup>。

以下に、この研究不正の調査対象となった『ヴァイマルの聖なる政治的精神-ドイツナショナリズムとプロテスタンティズム』（深井智朗、岩波書店、2012年）で見つかった剽窃行為の一部を引用します<sup>\*5\*</sup>。下線は同一の表現を用いている部分、同様の内容で表現が異なる部分と別れています。

レーフラーも、ニーチェのキリスト教批判がその矛先を向けているのは、カントの影響を受け、神を 実践理性の要請として理解 し、キリストの神性は宗教的な価値判断 であると考えたリッachel学派、とりわけヴィルヘルム・ヘルマン的なキリスト教の再構築にあると見ている。ここでは既に述べた通り、人間の意志が行う価値評価がキリスト教信仰の 生みの母 であると理解されているので、リッachel学派 はニーチェのキリスト教批判に対して 完全に 無防備であり、逆にこの神学に対しては ニーチェのあらゆる価値の転倒というプログラムは完全な破壊力を持っていた というのである。つまり、この神学は、ニーチェの前提、すなわち宗教的言表は価値評価をする意志による 決断であるという前提を基盤として成り立っている のであり、ただリッachel学派は ニーチェとは逆の 結論 を出しただけなのである。それ故にレーフラーはヴィルヘルム期に神学者たちをニーチェと共にトータルに否定することができたのである。

深井智朗『ヴァイマルの聖なる政治的精神-ドイツナショナリズムとプロテスタンティズム』  
(岩波書店、2012年 p.197)

※ 剽窃先です

この学派においては—リッachelよりもむしろヴィルヘルム・ヘルマンにおいて一層そうだったのだが—、神は 実践理性の要請として理解 され、キリストの神性は宗教的な価値判断 として理解された。それによって 人間の意志が行う価値評価がキリスト教信仰の 母胎 であることが解明されたのである。すでにトレルチは、宗教を幻想とみなすフォイエルバッハの診断に対して、この リッachel学派 の神学が 全くの 無防備である ことを強調したわけであるが、さらにこの神学に対してニーチェのあらゆる価値の転倒というプログラムは 、完全な破壊力を持っていた わけである。この神学は まさにそれ自体 ニーチェの前提、すなわち宗教的言表は価値評価をする意志による 判断 であるという前提を基盤として その上に 立っている。この神学はただ ニーチェとは逆 に 価値評価 を しただけ である。

W. パネンベルク著 近藤勝彦・芳賀力訳『組織神学の根本問題』

<sup>\*4</sup> [http://www.toyoeiwa.ac.jp/daigaku/news/topics/news\\_2019051001.html](http://www.toyoeiwa.ac.jp/daigaku/news/topics/news_2019051001.html)

<sup>\*5</sup> 元の比較は [http://www.toyoeiwa.ac.jp/daigaku/news/news\\_201905100104.pdf](http://www.toyoeiwa.ac.jp/daigaku/news/news_201905100104.pdf) で公開されています。

<sup>\*6</sup> 実際に見つかった研究不正はこれ以外にもありますが、本書では割愛します。

(日本基督教団出版局、1984年 p.277)

※元の文献です

## 6.5 故意か過失か

剽窃行為が行われたと認定された場合、本人が故意で（すなわち悪いと気が付いていて意図的に）剽窃を行ったか、それとも悪意はなく、誰かの文章を「参考」にしていたら結果として偶然に剽窃のようになってしまったか、その見極めは誰にもできません。したがって、この区別は剽窃行為の有無の判断には関係がありません。言い換えれば、結果として過失で剽窃に見えるような文章を作り出してしまった場合、それは剽窃と見なされます。剽窃だと見なされないような文章を自分の言葉で作成するのは、修士論文執筆者の責任です。

## 6.6 剽窃かどうかの判断基準

剽窃かどうかの判断基準は、どこかで明確に線引きをできるものではありません。例えば節 6.3.3 で例示したものが剽窃に当たるかどうか、その判断は教員によっても分かれるところでしょう。

学術論文出版社の Elsevier 社が、剽窃を行ったかどうかをどのようにして判断すれば良いのか、その基準を書いています\*7。これも全ての修士論文や全ての分野に当てはまるか判断の難しい場合もあるかもしれませんが、考え方の参考になると思います。

Elsevier の説明では「Literal copying」（逐語的な複製、本書の節 6.3.1 に該当）、「Substantial copying」（部分的な複製、節 6.3.2）、「Paraphrasing」（言い換え、節 6.3.3）に分かれています。このうち判断基準が曖昧となりやすい、後者2つについての判断基準を Elsevier の説明から抜粋引用します（強調は筆者による）。

### Substantial copying

(略)

In addition to judging the quantity and quality of the copied content, you should consider the following question: **Has the author benefited from the skill and judgment of the original author?** The degree to which the answer to this question is “yes” will indicate whether substantial copying has taken place.

### Paraphrasing

(略)

**Look at the quantity and quality of what has been taken and also at whether the second author has benefited from the skill and judgment of the first author. If it seems clear, on a balance of probabilities,** that the second author has taken without permission or acknowledgment all or a substantial part of the original work and used it to create a second work, albeit expressed in different words, then such use amounts to plagiarism.

Elsevier 社「Plagiarism complaints」より

少し日本語に直すと、前者の「Substantial copying」の判断基準として、修士論文の執筆者が元文献著者の skill（作文技術）や judgement（意見、見解）から恩恵を受けているかと、自身に問うてみよということです。誰が書いてもほぼ同じにしかならないような一般的な事実や短文\*8を除いて、元ネタを参考にしないと書けないような文章かどうかということです。ここで第三者に対して「これは参考とした文献の言葉を借りずに自分で書いたものだ」

\*7 <https://www.elsevier.com/editors/perk/plagiarism-complaints>

\*8 例えば、「地球とは太陽系の第三惑星である」など。

と強く主張できないようであれば、剽窃と見なされうるということを理解してください。

「Paraphrasing」については、やはり同様に元ネタの skill と judgement から恩恵を受けているかどうかで判断し、これが程度問題で明白であれば、言葉を言い換えていたとしても剽窃であると考えてとしています。

## 6.7 なぜ剽窃は許されないのか

なぜ剽窃行為は許されず、それが修士論文で不正行為とされるのか、その理由を改めてまとめます。

1. 学位審査は、学生が研究背景などを理解しているか、またそれを自分の言葉で伝える能力を身につけているかを審査する場です。したがって、剽窃を含む文書ではこの審査を適切に行えなくなってしまいます。修士の学位を与える審査の一環として修士論文を執筆しているわけですから、修士論文作成能力がないのにそれを他人の文章を使って誤魔化すのは、当然不正行為になります。
2. 同じ文章を使いまわすとき、一般的には引用 (cite ではなくて quote) をし、自分の書いた文章と他人の文章を区別するのが標準的です。超新星の過去の記録など一部の例を除き、宇宙物理学分野で quote のほうの引用をすることはほとんどありません。もし必要となる場合は、他人の書いた文章であることが明確に読者に分かるようにしましょう。自分で作った文章かのように見せるのは決して許される行為ではありません。
3. 他人の書いた文章を自分が書いたかのように見せるのは、人の手柄を横取りすることになります。
4. 少なくとも日本の国内においては、他人の著作物を勝手に使用したり改変したりすることは、著作権の侵害に当たる行為です。
5. 元の文章を無理に改変することにより、推敲された元の文章よりも質の低い文章になることが多く、また間違った記載となる場合が多々あります。例えば「突発天体を観測する」を無理やり「突発天体を監視する」に変更することにより、意味が大きく変わることもあります。
6. 同じものを繰り返すというのは、先人の研究をさらに発展させていくという、科学の営み自体を否定する行為です。
7. 過去数年で該当分野に大きな進展があった場合にも、それを無視した様な文章が生産されてしまいます。例えば 2018 年の修論なのに重力波が未だ検出されていない前提の文章になっていたりということが考えられます。
8. 修論の添削をする教員は、執筆した学生の研究能力や文章作成能力を高めるために添削をしています。良い出来の修論を書かせることが目的ではないのです。そのため、本人が書いてすらいらない文章を添削させ、大学教員の貴重な時間を奪うことは、学生と教員間の信頼関係を大きく毀損する大変失礼な行為です。またそのような添削をしても本人が書いていないのですから、その学生の能力向上には全く役に立たず、学生も自分で考えることなく言われるがままに改訂を繰り返すことになるでしょう。





## 第 7 章

# 色覚多様性と作図

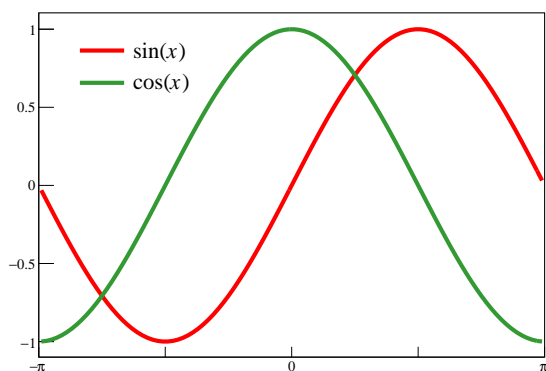
### 7.1 色覚多様性とは

「色覚多様性」や「色覚特性」という言葉を聞いたことがあるでしょうか。もし聞いたことがなくても、「色覚異常」「色盲」「色弱」という言葉であれば知っているかもしれません\*1。人間の色覚は人によって異なり、あなたの目で見ている色の見え方が他の人とは異なる場合があります。このような多様性を、色覚多様性と言います。

人によって異なると言っても、人間の色覚はいくつかの種類に分類されます。血液型が人によって違ったり、利き手の左右が違ったりと同様です。例えば日本人男性の場合、その約 5% は赤と緑の色の差を区別しにくいという色覚を持っていると言われていました。日本人女性であれば 0.2%、白人男性であれば 8% 程度とも言われています。

図 7.1(a) は 2 つの関数を色の違いのみで描いたものです。両方とも実線を使っていますが、 $\sin(x)$  は赤、 $\cos(x)$  は緑を使用しています。あなたが運よく多数派の（「正常」と呼ばれる）色覚特性を持つのであれば、これら 2 つの関数の区別は問題なく行えるでしょう。しかし赤と緑の区別が困難な人には、同じものが図 7.1(b) のように見えている可能性があります。

(a)



(b)

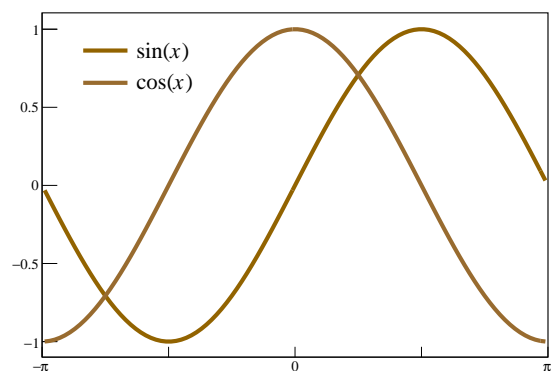


図 7.1 色覚特性による図の見え方の違い。(a) 「正常」とされる場合の人は、この赤と緑の区別がつく。(b) 赤と緑の区別がつきにくい色覚特性を持つ人には、このように見える（シミュレーション）。

\*1 これら言葉の使用の是非についてはこの文章の範囲を超えるので論じませんが、本章では「色覚多様性」という表現で統一します。左利きの人や AB 型の人ををわざわざ「利き手異常」「血液型異常」と呼ばないように、「異常」のような言葉の使用を避ける人が多いということは知っておいてください。

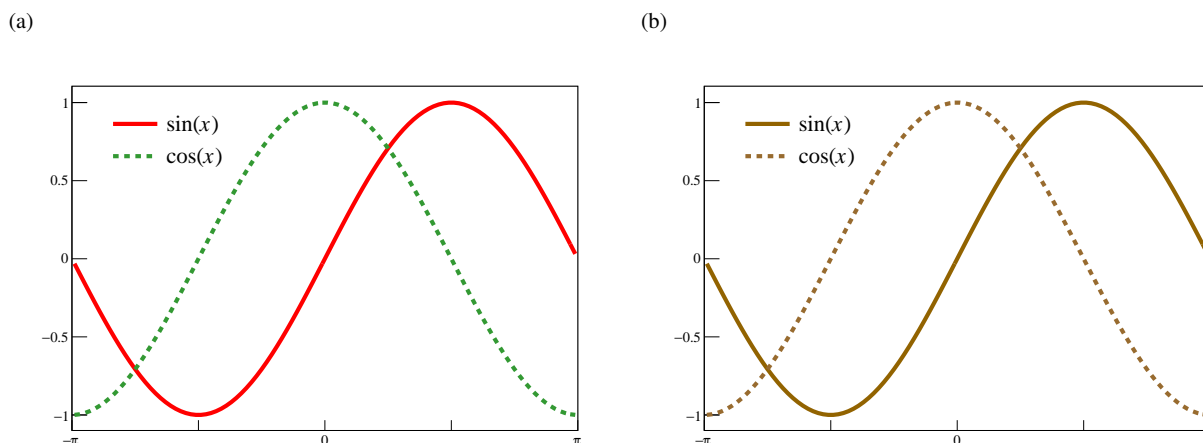


図 7.2 色覚特性を考慮した作図例。(a) 色の違いに加えて、線種も変更した。(b) 赤と緑の区別ができなくても、線種によって区別が可能。

## 7.2 色覚多様性を配慮した作図

### 7.2.1 線種の変更

それでは、図 7.1(a) に示したような 2 つの関数を誰にでも区別できるようにするには、どのようにすれば良いでしょうか。曲線や直線を使用している図の場合、線種を変更するのが一般的に行われる手法です。図 7.2(a) では色の違いに加えて線種の違いを加えました。これであれば色の違いが分からなくても、図 7.2(b) のように 2 つの関数を区別できるようになります。一度に表示する線の数が多い場合、実線、破線、点線、一点鎖線、太線、細線などと使い分けましょう。

### 7.2.2 マーカー形状の変更

散布図のようにデータ点を表示する場合、印（マーカー）の形状を変更します。赤も緑も青もよく使う色ですので図 7.3(a) のような図は修論でも学会でもよく見かけます。しかし、例えば赤と緑の区別がつかない色覚特性の場合、これは図 7.3(b) のように化けます。最悪ですね、なにも区別できなくなります。

これはマーカーの形状を変更することで、図 7.3(d) のように容易に区別が着くようになります。測定値を折れ線グラフで結ぶような場合は、さらに折れ線の線種も変更することでより区別しやすくなる場合があります。

### 7.2.3 グラデーションの変更

2次元のヒストグラムのように、線とマーカーだけでは値の増減を可視化できないものも存在します。そのようなものは色のグラデーションを使用しますが、これも注意深く選定しないと、人によっては同じ色がグラデーション中に複数回登場するようになってしまう場合があります。

図 7.4(a) は虹色のグラデーションで  $\sin(x)\cos(x)$  を表示したものです。このグラデーションでは赤系の色と緑系の色が黄色（0.25 のあたり）を挟んで並んでいます。したがって、0.25 周辺で値が変化する場合には、それが増えているのか減っているのか識別困難になります。

図 7.4(b) を見てみましょう。この図で左上と左下の領域が、増えているのか減っているのか区別がつくでしょう

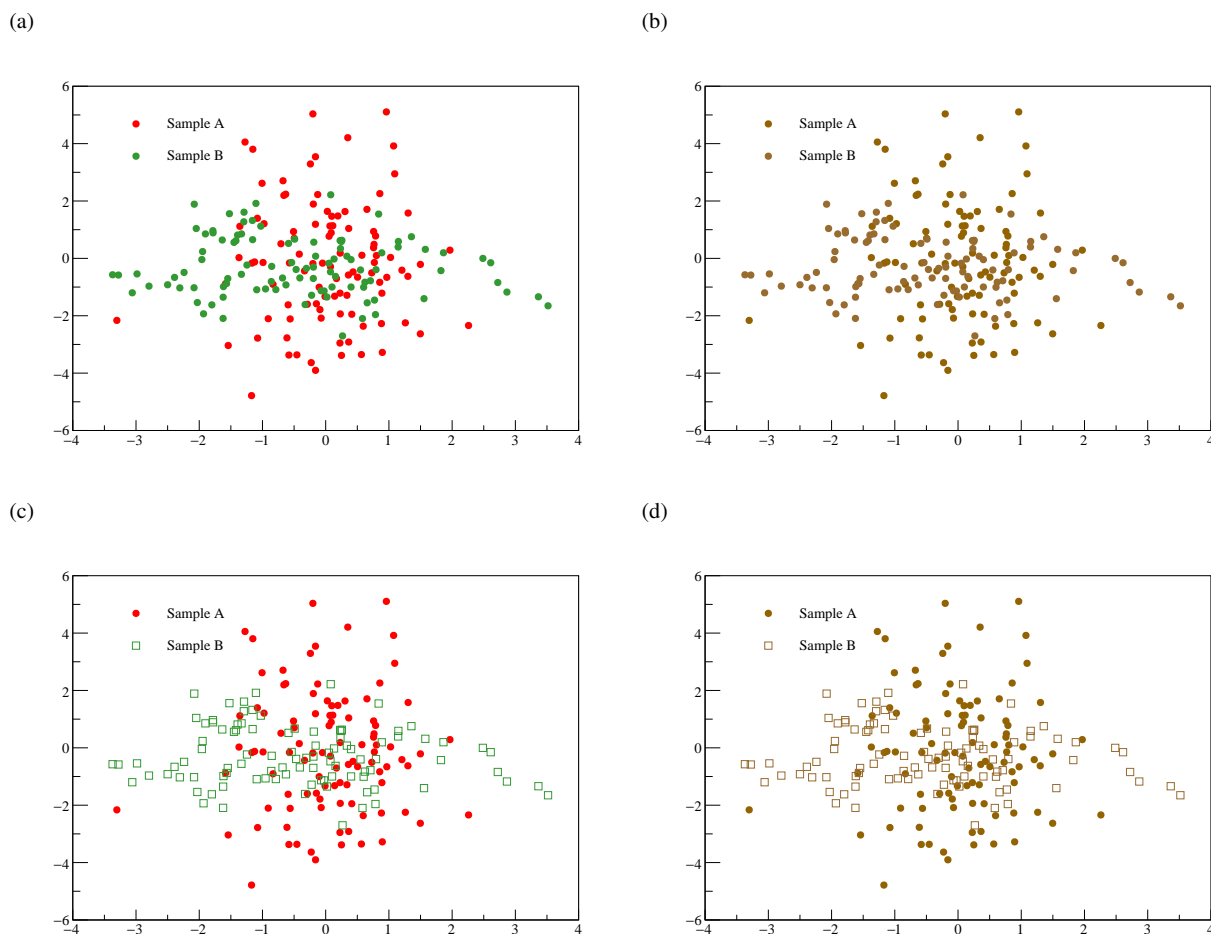


図 7.3 散布図の作図例。(a) 色の違いしかない場合。(b) 色の違いしかない場合の見え方の例（シミュレーション）。(c) 色の違いに加えて、マーカー形状も変更した。(d) 赤と緑の区別ができなくても、マーカー形状によって区別が可能。

か。赤系と緑系の区別ができる人には、図 7.4(a) で黄緑からオレンジへの色の遷移が読み取れます。しかし、これらの色が区別できない場合、この増減は図 7.4(b) から読み取ることはできないのです。

#### 7.2.4 色覚多様性を配慮した図になっているかの判断

あなたが「正常」な色覚特性を持っている場合、他の人がどのように見えているかを即座に想像するのは困難です。したがって、自分の作図が誰にとっても読みやすいかを知るのは容易ではありません。しかし大原則として、「その図を白黒で印刷しても自分が正しく読み取れるか」という考え方をするのが、最も安全な判断方法だと思います。

また、色覚多様性をシミュレーションするソフトウェアも近年は無料で利用することが可能です。例えば Mac や iOS であれば「Sim Daltonism」というアプリケーションが入手可能です。図 7.4(b) は Mac 版の Sim Daltonism を使って見え方をシミュレーションしたものです。Windows や Android でも同様のアプリケーションがあるので、探してみてください。

- macOS 用の Sim Daltonism <https://apps.apple.com/jp/app/sim-daltonism/id693112260>

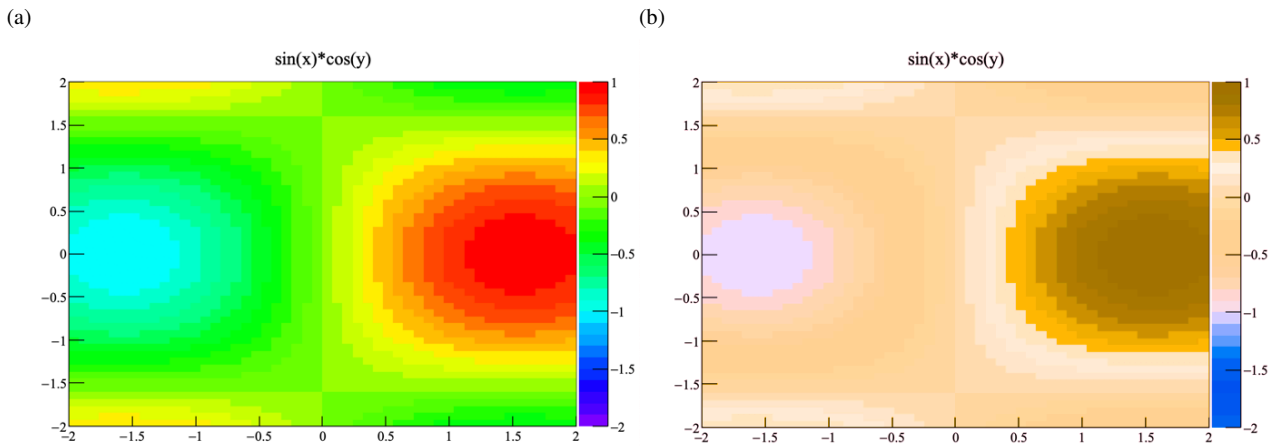


図 7.4 グラデーションの見え方の例。(a) 同程度の輝度で赤系と緑系の色が出てくるグラデーションの使用例。(b) 赤系と緑系の区別がつかない場合の見え方の例 (シミュレーション)。例えば左上や左下の領域が増加しているのか減少しているのか、かなり注意深く見ても識別するのが難しい。

- iOS 用の Sim Daltonism <https://apps.apple.com/jp/app/sim-daltonism/id1050503579>

## 第 8 章

# 日本語の作文入門

### 8.1 読者の負担を減らす

#### 8.1.1 順接の「が」

接続助詞の「が」には順接と逆接の 2 つの使用方法があります。つまり、全く異なる意味を持つわけです。長い文中にこの「が」が現れてしまうと読者には順接と逆接のどちらだと理解すれば良いのか判断するのが困難です。

例えば次の 2 つの例では、「が」が目に入った時点で即座に順接か逆接か理解できるでしょうか。

修正前：「暗黒物質の存在は Fritz Zwicky によって初めて提唱され、現在に至るまで複数の観測による証拠が集められてきたが、今後の観測技術の発展によってさらなる高精度観測が見込まれる。」

修正後：「暗黒物質の存在は Fritz Zwicky によって初めて提唱され、現在に至るまで複数の観測による証拠が集められてきた。今後の観測技術の発展によってさらなる高精度観測が見込まれる。」

修正前：「暗黒物質の存在は Fritz Zwicky によって初めて提唱され、現在に至るまで複数の観測による証拠が集められてきたが、その直接検出には未だ成功していないため、今後の検出感度の向上が必要である。」

修正後：「暗黒物質の存在は Fritz Zwicky によって初めて提唱され、現在に至るまで複数の観測による証拠が集められてきた。しかし、その直接検出には未だ成功していないため、今後の検出感度の向上が必要である。」

1 つ目の例が順接の「が」、2 つ目の例が逆接の「が」です。無闇に長い文を避けること、順接の「が」を論文で使用するのには絶対に避けること、逆接であっても可能な限り他の接続詞に変更することを推奨します。

#### 8.1.2 「が」と「の」

修正前：「電荷が存在しない領域があるため」

修正後：「電荷の存在しない領域があるため」

修正前の例が日本語として間違っているわけではありません\*1。しかし、修正前では「領域が」まで読まないと主語が「電荷」なのか「領域」なのか判別できないため、読者に負担をかけます。

次の例のように文が長くなると、主語の判別がより一層困難になります。

修正前：「レベル 1 トリガーとレベル 2 トリガーが生成された時間差がデータ取得頻度に影響する」

修正後：「レベル 1 トリガーとレベル 2 トリガーの生成された時間差がデータ取得頻度に影響する」

\*1 日本語研究の分野では「ガノ交替」と呼ぶそうです。

### 8.1.3 前述したように、後述するように

どの節なのかを言及せよ。また「XX 節にあるように」ではなく「XX 節で前述（後述）したように」のように書くことで、前述なのか後述なのかを読者が即座に理解できるようにせよ。読者は自分が読んでいる節番号を常に意識していないため、前述なのか後述なのかが節番号からだけでは分からない。

### 8.1.4 不必要に否定形を使わない

修正前：「銀河中心から近くない天体の回転速度が」

修正後：「銀河中心から遠い天体の回転速度が」

「近い」と「遠い」のように対義語の存在する言葉の場合、不必要に否定形を使うと読者の負担が増えます。

## 8.2 細かい日本語

### 8.2.1 「な」と「の」

修正前：「低質量な粒子」

修正後：「低質量の粒子」

修正前：「高輝度な光源」

修正後：「高輝度の光源」

上のような例で「な」を使う人は広く見られますが、より修士論文として相応しいのは修正後の例だと奥村個人は考えています。修正前の表現に違和感を持つのは、おそらく古い世代により多いと思われる。

表現として世間一般で頻繁に使われるようになると、すなわち形容動詞として使えるほどに一般化すると、「の」から「な」への交代が進むと考えられます。物理実験の場合、普段の議論で頻出する単語の場合、その実験グループ内でのみ、この交代が起きるようです。

「低い質量な」「高い輝度な」と分解して考えると違和感が出るため、「低質量な」「高輝度な」にも違和感が出るのではないかと推測します。もし「低質量な」に違和感がないようであれば、「低体重な新生児」「低分子量な化合物」「短時間な停電」という例を考えてみると良いでしょう<sup>\*2</sup>。

この「な」と「の」の交替は真面目に考えると実は難しい問題で、両者の使い分けに厳格な規則性があるわけではなく、また一般的に使われているかどうかとも判断基準になるようです<sup>\*3</sup>。

例えば次の例では「の」を奥村は推奨しますが、

修正前：「高圧な容器」

修正後：「高圧の容器」

物理を離れた次の例では、むしろ「高圧の」では違和感があります。

一般的表現：「高圧な態度」

<sup>\*2</sup> Google 検索の結果では「低体重の新生児」3,360 件、「低体重な新生児」1 件、「低分子量の化合物」19,200 件、「低分子量な化合物」3 件、「低質量の粒子」10 件、「低質量な粒子」1 件です（2024 年 2 月現在）。

<sup>\*3</sup> 例えば「高級なワイン」では「な」を使うのが一般的だと思いますが、「上等のワイン」「上等なワイン」はどちらもよく使われるように思います。このように似たような表現であっても表記揺れが存在します。

違和感のある表現：「高圧の態度」

また次の例では「の」でも「な」でも奥村は許容できるように思いますが、「高速な」だと違和感のある人もいます。

許容：「高速なアルゴリズム」

許容：「高速のアルゴリズム」

許容：「高速な荷電粒子」

許容：「高速の荷電粒子」

一方で、「高速」ではなく「高速度」になるとやはり「の」が良いと思います\*4。

修正前：「高速度な荷電粒子」

修正後：「高速度の荷電粒子」

### 8.2.2 「重い」と「重たい」

「重い」は質量の大小に対する客観的な表現ですが、「重たい」はそこに人間の心理や（特に負の）感情が入り込みます。

修正前：「暗黒物質候補の重たい粒子」

修正後：「暗黒物質候補の重い粒子」

### 8.2.3 漢数字とアラビア数字の使い分け

日本語文章で数字を書くときに「一つ」「ひとつ」「1つ」のどれで書くべきか悩むことがあるかもしれません。横書きの論文でこれが絶対という規則はありませんが、新聞などでも採用されている次の原則を守ると良いでしょう。

- 測定値や計算結果などの数値はアラビア数字で書く（例：511 keV、273 K）
- 熟語として一般的になっているものは漢数字で書く（例：三角形、一般解）
- 他の数字と入れ替えられる数値はアラビア数字で書く（例：1次近似）
- 他の数字と入れ替えられない数値は漢数字で書く（例：四重極モーメント、数百ボルト）\*5
- 桁の大きい数値は漢数字を混ぜる（例：人口1億2000万人）

### 8.2.4 エネルギー単位の形容詞化・名詞化

大学院に入るとそれまでの口語表現では使わなかった雑な日本語に研究室で触れるためか、口語表現をそのまま文語に持ち込む人が多くいます。例えばエネルギーの単位である PeV を次のように使う人がいますが、「kmの山」とか「トンの水」のような表現をしないのと同様、修正前の例は不適切です。

修正前：「PeVまで宇宙線を加速する」

\*4 「高い速の粒子」と分解できないからではないかと推測します。

\*5 「93重極モーメント」などはありませんし、「数123ボルト」のように書けないという意味です。また、数万ボルトや数億ボルトを数万ボルト、数100000000ボルトのように書くと違和感があると思います。

修正後：「PeV 帯域のエネルギーまで宇宙線を加速する」

修正後：「1 PeV まで宇宙線を加速する」

修正前：「PeV の宇宙線」

修正後：「1 PeV のエネルギーを持つ宇宙線」

修正後：「PeV 帯域の宇宙線」

## 8.3 頻繁に見かける言葉の誤用

### 8.3.1 予想

修正前：「ニュートリノと原子核の衝突した位置をモンテカルロデータから予想する」

修正後：「ニュートリノと原子核の衝突した位置をモンテカルロデータから推定する」

修正前：「超新星残骸で加速される宇宙線のエネルギー総量を理論計算により予想する」

修正後：「超新星残骸で加速される宇宙線のエネルギー総量を理論計算により求める」

「予想」という言葉を、測定から確実に分かっていないものを何らかの手段で求めること全般に使用する例を見かけます。予想の「予」は「予（あらかじ）め」という意味ですから、まだ起こっていない事象を、事前に想定するような場合に用います。

また次の例では「まだ直接には発見されていないものの存在を他の観測から示す」という意味で「予想」という言葉が使われることがありますが、暗黒物質がもし実在する場合は人間がどう思おうと存在するわけですから、「あらかじめ」という意味の含まれる「予想」を使うのは不適切です。

修正前：「ビリアル定理の適用により、暗黒物質の存在を予想した」

修正後：「ビリアル定理の適用により、暗黒物質の存在を示した」

修正後：「ビリアル定理の適用により、暗黒物質の存在を指摘した」

修正後：「ビリアル定理の適用により、暗黒物質の存在を提唱した」

修正後：「ビリアル定理の適用により、暗黒物質の存在が要求された」

修正後：「ビリアル定理の適用により、暗黒物質の存在量を見積もった」

修正前：「超新星残骸で加速される宇宙線のエネルギー総量を理論計算により予想する」

修正後：「超新星残骸で加速される宇宙線のエネルギー総量を理論的に計算する」

### 8.3.2 実施

修正前：「この実験は 2020 年から実施されている」

修正後：「この実験は 2020 年から行われている」

「実施」は計画を実際に行うという意味であり、現在進行形や継続の表現を伴うのは不適切です。

### 8.3.3 形成

「生じる」「引き起こす」などの意味で「形成する」という言葉を使う人がいますが、「形成」は形のあるものを作る場合に使用します。



修正前： 「トリガー信号を形成する」

修正後： 「トリガー信号を生成する」

#### 8.3.4 捉える

「光を捉える」のように「検出」とすれば良いところをなんでもかんでも「捉える」と書く人がいますが、「捉える」には心理的な描写を含む複数の意味がありますので、曖昧な表現を避けるという観点から不適切です。

修正前： 「光電子増倍管でチェレンコフ光を捉える」

修正後： 「光電子増倍管でチェレンコフ光を検出する」

#### 8.3.5 放射と放出

「放射」や「放出」は他動詞です。

修正前： 「天体周辺からガンマ線が放射する」

修正後： 「天体周辺からガンマ線を放射する」

修正後： 「天体周辺からガンマ線が放射される」

修正前： 「ベータ崩壊に伴いニュートリノが放出する」

修正後： 「ベータ崩壊に伴いニュートリノを放出する」

修正後： 「ベータ崩壊に伴いニュートリノが放出される」

また、「放出」は内部に元々持っていたものを外部に出すという意味で使用します\*6。そのため、次のような例は書き換えを推奨します。

修正前： 「電子が水中でチェレンコフ光を放出する」

修正後： 「電子が水中でチェレンコフ光を放射する」

#### 8.3.6 統計量

「統計量」(statistic)とは測定データ(標本)から得られる平均値や分散など、その標本に統計処理を施して得られる特徴量のことです。宇宙・素粒子系の分野では標本が大きいことを「高統計」(high statistics)とすることがあり\*7、それに引っ張られて「統計量を貯める」のように言う人がいますが、「統計量」という語は日本語の統計学用語として確立しているものですので、勝手に違う意味で使わないようにしましょう。

修正前： 「長時間観測によって統計量を増やし」

修正後： 「長時間観測によって事象数を増やし」

\*6 ベータ崩壊のニュートリノは元々中性子の中や原子核の中に存在していたわけではありませんが、原子核外に出すということで「放出」が一般的に使われます。

\*7 これはこれで分野依存の強い方言であり、他分野には意味が通じない場合があります。

### 8.3.7 Root Mean Square

二乗平均平方根 (root mean square、RMS) とは、測定値  $x_i$  に対して次の式で定義される統計量です。

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (8.1)$$

RMS と似たものとして、より広く使われる統計量に標準偏差  $s$  がありますが、RMS とは定義が異なります。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (8.2)$$

素粒子分野出身の人は RMS と標準偏差を同じ意味で使うことがありますが、これは素粒子分野で広く使われてきたデータ解析ソフトウェア内で用語の混乱があったためです。両者を混同するのは単純に間違いですので、気をつけてください。

### 8.3.8 速さと速度

「速さ」(speed) はスカラーであり、「速度」(velocity) はベクターです。ただし慣用的に「回転速度」(rotation speed) や「拡散速度」(diffusion speed もしくは diffusion velocity) といった用語では、スカラー量を表すにもかかわらず「速度」や velocity の使われることがあります。また「光速」(定数としての  $c$ ) は英語では speed of light であり velocity of light とは言いませんが、日本語では慣用的に「光速度」が使われることも多々あります(「光速不変の原理」など<sup>\*8</sup>)。

### 8.3.9 ガンマ線観測

「ガンマ線観測」という言葉を使用するときに、まるで観測対象がガンマ線であると勘違いし「ガンマ線を観測する」という表現をする人がいますが、観測対象はガンマ線を放射する天体です。したがって「ガンマ線で観測する」という表現が適切です<sup>\*9</sup>。

一方、これが宇宙線観測の場合になると放射天体の方向が基本的には分かりませんから、宇宙線もしくは宇宙線の引き起こす空気シャワー現象自体を観測していることになり、「宇宙線を観測する」で問題ありません。

### 8.3.10 探索と探査

日本語の一般的な表現では探索と探査に大きな違いはないように思いますが、物理学用語としての探索は search に対応し、探査は survey に対応すると考えれば良いでしょう。

修正前： 「暗黒物質の探査」

修正後： 「暗黒物質の探索」

修正前： 「ガンマ線による銀河面の探査」

修正後： 「ガンマ線による銀河面の探査」

\*8 特殊相対論を考えると、速さ (speed) は普遍ですが、速度 (velocity) は普遍ではありませんので注意してください。

\*9 「可視光観測」という場合に、可視光自体を観測しているわけではないと考えればより分かりやすいと思います。

### 8.3.11 種族と種別

これは誤用ではありませんが、「種族」(population)、「種別」(class)、「型」(type)という日本語は天文学用語で使い分けられている場合があるため、混乱を招きにくい単語選択をするのが良いでしょう。

修正前： 「銀河宇宙線の加速天体がどのような種族の天体かは未解明である」

修正後： 「銀河宇宙線の加速天体がどのような種類の天体かは未解明である」

### 8.3.12 導出

修正前： 「電流と抵抗の積から電圧降下を導出した」

修正後： 「電流と抵抗の積から電圧降下を計算した」

修正前： 「測定電荷量から入射光量を導出した」

修正後： 「測定電荷量から入射光量を推定した」

おそらく「導出」という言葉になにか格好の良い響きがあるのだと思います。実際、「導出」というのは何かを論理的に導き出すという意味ですから、実際にやっていたら格好良いでしょう。この語感のために文語的な表現だと思うのか、なんでもかんでも「導出」と書く人がいます。

### 8.3.13 データ

修正前： 「図 1. に実測データを示す」

修正後： 「図 1. に実測した電流と電圧の関係を示す」

修正前： 「検出器のデータを取得した」

修正後： 「検出器の出力電荷の時間変化を測定した」

何でもかんでも「データ」と書いてはいけません。より具体的に書きましょう。

### 8.3.14 として、としては

修正前： 「光検出器として光電子増倍管を使用している」

修正前： 「光検出器としては光電子増倍管を使用している」

修正後： 「光検出器に光電子増倍管を使用している」

修正前： 「波形整形としては単純な RC 回路による微分のみを使用した」

修正後： 「波形整形には単純な RC 回路による微分のみを使用した」

「...として(は)」は「...の立場で(は)」のような意味の助詞であり、「選手代表として宣誓する」「私としては容認できない」という使い方をします。

光電子増倍管は光検出器なので「光検出器として」使うのは当然であり、意味がおかしくなります。光電子増倍管が他の用途で使われうるという可能性が読者と共有される文脈であれば「として」も許容されますが、それは物理実験の常識ではあり得ません。

### 8.3.15 今回は

修正前：「今回はフーリエ変換を使用することで波形整形を行った」

修正後：「本研究ではフーリエ変換を使用することで波形整形を行った」

「今回」という言葉には現在やっている事象を指す用法がもちろんあります。しかし前回や次回などの事象が存在するかどうか読者の分からない文脈で「今回」を使用するのは不適切です\*10。

### 8.3.16 における

修正前：「チェレンコフ望遠鏡アレイにおける大口径望遠鏡の開発」

修正後：「チェレンコフ望遠鏡アレイの大口径望遠鏡の開発」

「における」は、特定の場所などに限定するために使用する連語です。大口径望遠鏡という望遠鏡はチェレンコフ望遠鏡アレイで使用する専用の望遠鏡ですから、他の実験などから限定する必要はありません。例えば「東京における東京タワーの建設」という言い回しはできませんが、「東京における高層ビルの建設」は適切な表現です（東京タワーは東京にしかないが、高層ビルはどこにでもある）。

### 8.3.17 イメージ

「イメージ」という言葉は和製英語としての用法がほとんどであり、「商品写真はイメージです」のように使われます。この用例の「イメージ」は「良さそうに描かれているけれど実物は異なります」のような意味とされます。英語本来の意味に近い用例で使われる「イメージ」は、日本語では「心象」であったり「心の中に思い描くもの」ですが、そのような意味の「イメージ」を物理系の修士論文で使用することはないでしょう\*11。

修正前：「宇宙線空気シャワーの発達イメージ」

修正後：「宇宙線空気シャワーの発達の模式図」

修正前：「データ取得系のイメージ」

修正後：「データ取得系の概念図」

### 8.3.18 波形を出力

装置の出力信号を時間の関数としてその形状を考えたものが波形です。しかし装置は波形を出力するわけではなく、出力するのは信号です。

修正前：「光電子増倍管が波形を出力し、後段の回路で記録する」

修正後：「光電子増倍管が信号を出力し、その波形を後段の回路で記録する」

\*10 色々と試行錯誤した結果、特定の手法を採用するに至ったような場合に「今回は」とつい書きたくなるのだと思いますが、それは読者と共有できていない情報かもしれないということに気をつけましょう。

\*11 実験装置の完成想像図などで「XX 検出器の CG による完成イメージ」という用例であれば適切ですが、「完成図」と日本語で書けば十分でしょう。

### 8.3.19 増倍と増幅

「増倍」(multiply)も「増幅」(amplify)も似たような意味ですが、物理実験系では使いわけをしています。「増倍」は個数を増やす場合に、「増幅」は数えられないものを増やす場合に使用します。

修正前：「光電子をダイノードで増幅する」

修正後：「光電子をダイノードで増倍する」

修正前：「出力電圧を後段の回路で増倍する」

修正後：「出力電圧を後段の回路で増幅する」

### 8.3.20 「なまる」と「なます」

語感が似ているため混同する人がいますが、「なまる」(もしくは「なまらせる」と「なます」は違う意味です。「なます」は刃物などを焼き入れした後に冷ますという意味です。

修正前：「信号伝送に長いケーブルを使用したため出力波形がなまされた」

修正後：「信号伝送に長いケーブルを使用したため出力波形がなまった」

### 8.3.21 原子核を反跳する

暗黒物質の直接探索実験における素粒子と原子核の散乱の説明の際に「原子核を反跳する」という表現を見かけますが、「反跳する」は自動詞であり他動詞ではありません。英語でも「a xenon nucleus recoils」のように書きます。

修正前：「暗黒物質がキセノン原子核を反跳する」

修正後：「暗黒物質がキセノン原子核を反跳させる」

修正後：「暗黒物質の衝突でキセノン原子核が反跳する」

### 8.3.22 光電子を検出

光検出器で検出するのは光子であって、光電子ではありません。

修正前：「SiPMで1光電子が検出された場合の出力波形」

修正後：「SiPMで1光子が検出された場合の出力波形」

修正後：「SiPMで1光電子が発生した場合の出力波形」

修正前：「PMTの検出光電子数」

修正後：「PMTの検出光子数」

### 8.3.23 塗布

「塗布」という言葉は液体状のものを塗るときに使用します。蒸着するときには使用しません。

修正前：「真空管の内面に光電面を塗布する」

修正後：「真空管の内面に光電面を蒸着する」

修正前：「多層膜コーティングを塗布する」

修正後：「多層膜コーティングを形成する」

### 8.3.24 以降

修正前：「550 nm 以降の範囲では」

修正後：「550 nm 以上の範囲では」

修正後：「550 nm より長波長の範囲では」

修正後：「550 nm より低いエネルギーの範囲では」

「以降」が以上を指しているのか以下を指しているのか読者には判別できません。また光を波長で考えているのかエネルギーで考えているのか区別しにくい文脈では、区別しやすい表現に改めましょう。

### 8.3.25 % と % ポイント

修正前：「2 つの反射率測定では 3 % の差が生じた」

修正後：「2 つの反射率測定では 3 % ポイントの差が生じた」

修正後：「2 つの反射率測定では相対的に 3 % の差が生じた」

比較する 2 つの値がそもそも何かの割合の場合、例えば 2 つの反射率測定値 95 % と 98 % を比較したい場合、これらの差を「XX % の差」のように表現してしまうと読者には  $|98 - 95|$  を指しているのか、 $((\frac{98}{95} - 1) \times 100)$  を指しているのか区別が付きません。前者を意図している場合には「% ポイント」と書くことで、また後者の場合は「相対的に」を入れることによって、2 つの意図を読者が区別できるようになります。

## 8.4 冗長な表現

### 8.4.1 ○○することができる

修正前：「抵抗と電流の積を求めることで電圧降下を推定することができる」

修正後：「抵抗と電流の積を求めることで電圧降下を推定できる」

少し格式ばった論文調の文章を書こうとすると頻出する表現です。もちろん日本語として間違いではありませんが、いたずらに文章を長くするだけで、読者に負担をかけます。

### 8.4.2 ○○をすることが可能である

修正前：「暗黒物質を検出することが可能である」

修正後：「暗黒物質を検出できる」

前節と同様です。

### 8.4.3 ○○を行った

修正前：「出力電圧のベースラインの補正を行った」

修正後：「出力電圧のベースラインを補正した」

修正後：「出力電圧のベースライン補正をした」

これは間違いではありませんが、「〇〇を行った」という表現が連続すると冗長になり読者にも負担をかけます。サ変動詞に書き換えるように意識しましょう。

#### 8.4.4 〇〇の値

修正前：「電圧の値を測定した」

修正後：「電圧を測定した」

特に解説は要らないと思いますが、「の値」は冗長です。また測定対象は電圧であり、その結果を値として得るということに注意しましょう。

#### 8.4.5 しかしながら

「しかし」で十分です。

### 8.5 許容できない新語

文語体の日本語文章ではまだ市民権を得ていませんが、口語で「ら」抜き言葉や「さ」入れ言葉を耳にする頻度がかかなり高くなってきたため、修士論文などでも気にせずに使用する世代が出てくることが考えられます。本書の読者でもあまり意識したことがない人が多いと思われるため、予防線を張っておきます。

#### 8.5.1 「ら」抜き言葉

「食べられる」を「食べれる」と書いたり、「見られる」を「見れる」と書いたり、動詞の可能形で本来は入れる必要のある「ら」を抜いてしまう用法を「ら」抜き言葉と言います。これは五段活用をする動詞以外で頻繁に現れます。

修正前：「チェンバー内部の様子を見れるよう石英窓を取り付けた」

修正後：「チェンバー内部の様子を見られるよう石英窓を取り付けた」

修正前：「エネルギー閾値を下げれないため」

修正後：「エネルギー閾値を下げられないため」

どのような場合が「ら」抜きなのかよく分からない人は、動詞の基本形を非定形にしてみましょう。「食べる」→「食べない」、「見る」→「見ない」、「下げる」→「下げない」のように基本形の最後が取り除かれて活用する動詞は、「食べられる」、「見られる」、「下げられる」のように活用し「ら」が入ります。

また「測る」→「測らない」、「読む」→「読まない」のように基本形の最後が他の母音になる（五段活用する）場合は「測れる」、「読める」のように活用し「ら」は入りません。

#### 8.5.2 「さ」入れ言葉

「あり得なそう」を「あり得なさそう」のように書くのが「さ」入れ言葉です。これは「ない」という形容詞と「～ない」という助動詞の活用を混同するために起きます。前者は「なさそう」と活用しますが、後者は「なそう」となります。

修正前： 「観測期間中に起きなさそうな事象はモンテカルロシミュレーションで考慮しなかった」

修正後： 「観測期間中に起きなさそうな事象はモンテカルロシミュレーションで考慮しなかった」

### 8.5.3 ほぼほぼ

「ほぼ」で十分です。

## 8.6 役物の役割

### 8.6.1 鉤括弧「」

鉤括弧は①発言や記述を引用する場合、②言葉を強調する場合、③本来の意味とは異なる意味を持たせる場合（もしくは少し皮肉を込める場合<sup>\*12</sup>）、④読者に馴染みのない新しい言葉を紹介する場合などに使われます。物理系の修士論文ではほぼ使用する必要がないと思ってください。

③の例： これまで「安全」とされてきた自動車の検査結果は全て不正によるものであった

④の例： これを「宇宙の晴れ上がり」と呼ぶ

### 8.6.2 二重鉤括弧『』

二重鉤括弧は鉤括弧中でさらに鉤括弧を使う場合や、書籍名を書くときに使われます。物理系の修士論文では、日本語の引用文献の書籍名を書く場面ではしか使うことはありません。「」と『』は好みのほうを使って良いわけではありませんので、用法の違いに注意してください。

### 8.6.3 中黒・

中黒は似たようなものを一括りにして列挙するときなどに使用します。また漢字の連続を防ぎ可読性を高める効果もあります。他にも用途はありますが、割愛します。

修正前： 「チェレンコフ望遠鏡アレイでは大中小口径の異なる望遠鏡を設置し」

修正前： 「チェレンコフ望遠鏡アレイでは大、中、小口径の異なる望遠鏡を設置し」

修正後： 「チェレンコフ望遠鏡アレイでは大・中・小口径の異なる望遠鏡を設置し」

修正前： 「陽子陽子衝突」

修正後： 「陽子・陽子衝突」

修正前： 「電子陽電子の対生成」

修正後： 「電子・陽電子の対生成」

### 8.6.4 エンダッシュー

エンダッシュ（ $\text{\LaTeX}$  ではハイフン 2 つを連続して入力する）は日本語にはない記号ですが、英語では①数値の範囲を表すとき、② 2 つの区間や事物を表すとき、③人名を繋げるときなどに使用します。

<sup>\*12</sup> 英語ではこの用法で“”を使用します。これを知らずに間違えて使うと皮肉として受け取られますので注意してください。



日本語では①と②は「～」と「・」で置き換え可能ですので基本的に使う必要はありませんが、③は使うこともあるでしょう。またエンダッシュと間違えてハイフンを使ってはいけません。

修正前： 「1-100 TeV のガンマ線」

修正後： 「1-100 TeV のガンマ線」 (\* 英語でも同様)

修正後： 「1～100 TeV のガンマ線」

修正前： 「陽子-陽子の衝突」

修正後： 「陽子-陽子の衝突」 (\* 英語でも同様)

修正後： 「陽子・陽子の衝突」

③の例： Schwarzschild-Couder 光学系

## 8.7 日本語で書けるカタカナ語

日本語の日常会話では多数の外来語が使われており、その全てを簡単かつ一般的な日本語に直すことはできません。例えば「デジタル」という言葉を日本語に置き換えるのは困難です。

一方で、簡単な日本語で書けるにも関わらず、指導教員が研究指導中にカタカナ語を濫用するために影響を受けてしまう学生が数多くいます。物理の教員は英語を使うことが多いため咄嗟に対応する日本語が出てこないからですが、日本語の修士論文では可能な限り一般的な日本語を使うようにしましょう。

表 8.1 に、これまでの添削で頻繁に見られたカタカナ語と対応する日本語を示します。この表のうち、カタカナ語がすでに市民権を持っている場合には無理やり日本語に直す必要はありませんが、カタカナを乱用する学生はその語のを意味を日本語で説明できない場合が多々あります。そのような学生は積極的に日本語への言い換えをする訓練を意図的にしておくとい良いでしょう。

また、英単語の本来の意味を理解していないにも関わらず不用意にカタカナ語を使うことで、間違った言葉の使い方をする事例もよく見かけます。表 8.2 にいくつかまとめます。

表 8.1 平易な日本語で置き換え可能なカタカナ語。絶対に全て日本語にせよという意味ではありませんので、状況に応じて使い分けてください。

カタカナ語	日本語	使用例
コスト (cost)	費用	建設コスト → 建設費用
イメージ (image)	模式図、概念図、想像図	測定系のイメージ → 測定系の概念図
システム (system)	系	測定システム → 測定系
セットアップ (setup)	配置、構成	測定のセットアップ → 測定系の構成
カウント (count)	計数	検出光子数をカウントした → 検出光子数を計数した
ベースライン (baseline)	基準	ベースライン電圧 → 基準電圧
アノード (anode)	陽極	アノード電圧 → 陽極電圧
カソード (cathode)	陰極	カソード電流 → 陰極電流
ダークカレント (dark current)	暗電流	
ディフューズ (diffuse)	拡散	
アンプ (amplifier)	増幅器	
イベント (event)	事象	
サンプル (sample)	個体	サンプルごとの差 → 個体差
サンプル (sample)	標本	
ゲイン (gain)	利得、増倍率、増幅率	
サイズ (size)	大きさ、面積、長さ	
チェンバー (chamber)	槽	真空チェンバー → 真空槽
ノイズ (noise)	雑音	
バックグラウンド (background)	背景	バックグラウンドイベント → 背景事象
シグナル (signal)	信号	
ピーク (peak)	最大値、最頻値	
プロット (plot)	図 (種類に応じて適切な対応語を使う)	
パラメータ (parameter)	変数、性能	
コインシデンス (coincidence)	同時発生、同時計数	
ターゲット (target)	標的	ターゲット粒子 → 標的粒子
スケール (scale)	級、規模	トンスケールの実験 → トン規模の実験

表 8.2 英単語本来の意味を知らずに誤用されているのを見かけるカタカナ語。

カタカナ語	日本語	誤用例
イメージ (image)	模式図、概念図、想像図	測定系のイメージ → 測定系の概念図
パターン (pattern)	型、規範、繰り返し模様など	ハドロンシャワーのパターン → ハドロンシャワーの像
ピーク (peak)	最大値、最頻値 (本来の意味は山頂)	裾の広いピーク → 裾の広い分布
ボトルネック (bottle neck)	律速する物	暗電流の大きさが SiPM のボトルネックになる → 暗電流の

## 第 9 章

### 議論

ここではこの研究で得られた結果についての議論を行います。測定結果や観測結果などと一緒に議論を進める場合もあるので、必ず必要な章であるとは言えませんが、できる限り研究で得られた事実と自分の議論は分けましょう。



## 第 10 章

### 結論

ここには自分の修士論文の結論を書きます。「議論」の章で書かれたことも、再びここに短く書かれます。

「序論」で始めたら「結論」、「はじめに」で始めたら「おわりに」が原則です。ただし、「まとめと今後の展望」などとすることもありますので、好みに応じて変えてください。



# 付録

「付録」(appendix)は、研究内容の細かい部分を詳述する場合、論文の本文に載せるには少し脱線しており論理の流れを阻害する情報を別の場所にまとめたい場合、論文に必須ではないものの読者にとって有益となる、もしくは理解を助けるような情報を載せる場合などに使用します。付録を必要としない論文ももちろん存在しますので、そこは著者の判断です。

例えば、たくさんの観測データを様々なモデルでフィットした場合には似たようなフィット結果の絵がたくさん出てくるはずですが、そのような図は本文中に大量に出されても大切な情報を見失ってしまいますので、その一部のみを本文中に載せ、他の大部分を付録に載せることが推奨されます。他には、何かしらの長い式変形や証明を載せる必要がある場合、付録に移動する場合があります。

修士論文は学部実験で書いてきた実験レポートに比べるとかなり文章の長いものです。そのため論理展開に重要ではない図や計算が途中でたくさん出てきてしまうと、論文を執筆している本人は論理展開をしにくくなり、また読者は話の流れを見落としやすくなり両者ともに脱線しがちです。付録に図や計算を積極的に移動することで、話の流れを整理すると効果的です。

## A 長い証明

式 (A.1) のように、式番号がアルファベットとアラビア数字の組み合わせになるように L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ソース中で設定してありますので、中身を眺めてみてください。またこの節も他と同様「付録 A」のように参照することができます。

$$1 + 1 = 2 \tag{A.1}$$

## B たくさんのフィットの図





# 謝辞

一般的に論文における「謝辞」(acknowledgments)とは、その論文を作成する上で不可欠だった様々な支援に対する感謝の気持ちを述べる場所です。通常の投稿論文であれば、その論文の作成者・共同研究者は主著者(筆頭著者もしくは責任著者)や共著者として著者リストに入っています。しかし修士論文は単著で書くため、例えば指導教員から論文のアイデアをもらっても指導教員は共著者になりません。また様々な共同研究者にデータ解析を手伝ってもらったり、実験データを提供してもらった場合にも、これが普通の論文であれば共著者になりうるところですが、修士論文では単著、つまりあなたの名前だけが記載されます。そこで、謝辞の必要性が生じるのです\*1。

先輩の修論の謝辞を真似て、やたらと大人数への謝辞を並べてある修論をよく見かけます。私の所属する研究室は大所帯のため、教員全員、院生全員、事務補佐員が20人以上並んでいるものがあります。もちろん感謝を述べたかったら書くのは構いませんしそれを止めるつもりはありませんが、修論の読者からすると「別に大して感謝の気持ちのないくせに、取捨選択する度胸がなく、差し障りのないように機械的に羅列しただけだろう」という印象を持ち、逆に謝辞としての意味が薄れます。

絶対に謝辞に含めなくてはいけないのは、およそ次の通りです\*2。順序は前後しても構いませんが、貢献度の高い人を前にするべきです。

1. 指導教員(教授、准教授など)
2. 修士論文の研究テーマやアイデアを考えた人、提供した人(指導教員の場合が多い)
3. 指導教員以外で直接的に指導した人(助教、ポスドクなど)
4. 論文において本質的となる議論や指摘を行ってくれた人
5. 実験やデータ解析をかなり手伝ってくれた人(先輩や共同研究者など)
6. データや解析スクリプトなどを提供してくれた人(共同研究者など)
7. 研究資金を受給していれば、その資金名と提供元(学内の研究支援も含む)

修士論文の場合、さらに同期の学生や事務補佐員などを謝辞に加える学生も多くいます。これは科学論文として必須ではありませんので、謝辞に加えないからといって失礼に当たるわけではありません。また家族への謝辞を加えることもよくあります\*3。

また謝辞では次のことに注意してください。

1. 現在は指導教「員」と呼称し、指導教「官」ではない\*4。
2. 職階を間違えないこと。「准教授」を「助教授」、「助教」を「助手」とする間違いが多い\*5。
3. 氏名の漢字を絶対に間違えない。旧字体(暁と曉など)や異体字(齋藤と斎藤など)に気をつけること。
4. 所属先は略称ではなく正式名称を書くこと。大学の研究所などの場合、研究所名だけでなく大学名を先に書

\*1 複数著者による投稿論文の場合、共著者にするべきか謝辞での言及のみに留めるかは、場合によります。

\*2 これは投稿論文にも当てはまりますが、投稿論文では、貢献の大きい人は共著者になるべきです。

\*3 独立生計でない場合、研究資金の提供先ですので当然と言えば当然かもしれません。

\*4 国立大学法人化によって、大学教員は公務員ではなくなったため。

\*5 2007年に名称が変更となった。

くこと。

5. 敬称をつけること（「2年間にわたり御指導くださったXX教授」など）。博士号を持っている人には「博士」をつけること。

## 引用文献

- Swordy, S. P. (2001) “The Energy Spectra and Anisotropies of Cosmic Rays,” *Space Science Reviews* **99**, 85–94.
- 奥村暁 (2005) 「TeV- $\gamma$  線観測を用いた Ashra 光電撮像系の開発的研究」, 修士論文, 東京大学大学院理学系研究科  
物理学専攻.
- Tanabashi, M., Hagiwara, K., Hikasa, K. et al. (2018) “Review of Particle Physics,” *Phys. Rev. D* **98**, 030001,  
DOI: [10.1103/PhysRevD.98.030001](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.98.030001).