

研究内容が一目で分かるタイトルをつける*

サブタイトルはあってもなくてもよい

1220xxx 矢内 勇生

高知工科大学 経済・マネジメント学群

概要

ここに概要を書く¹。これは高知工科大学経済・マネジメント学群に提出する卒業論文を書くための R Markdown 用テンプレートである。草川孝夫先生の発案に基づき矢内勇生が作成した²。原稿の締切が近づくと、それとはまったく関係のないプログラミングや部屋の片付けをしたくなるのはなぜだろうか。これは多くの研究者が抱える悩みだろう。この卒論テンプレートも、某出版社から早く原稿を修正して提出するよう圧力をかけられ、現実逃避の結果として完成したものである³。

1 序論 (or はじめに)

R でデータを分析し、その結果を利用して卒業論文を執筆する学生には、このテンプレートで卒業論文を書くことを強く推奨する。分析結果をアップデートする度に図表の挿入をやり直したり、本文中の数値を書き換えたりするのは大きな手間である。それはいかなる付加価値も生み出さない無駄な作業である。そして、そのような書き換え作業は思わぬミスを呼び込み、結果として再生不可能な結果を報告するという残念な帰結を生み出す。このテンプレートを使えば、分析と本文の作成に必要なすべてのコードを 1 つのファイルに記録することができる。したがって、再生可能な研究の最低限の要件を満たすことが容易になるだろう。

このテンプレートは、フォントのサイズと種類の変更や、余白の設定、図表の挿入位置と通し番号の調整などの、研究とは無関係の難題から学生を解放する⁴。論文を評価する際、研究の内容が最も重要な要素であることは言うまでもないが、形式の美しさ

を蔑ろにする論文には、研究の質の高さも期待できない⁵。

参考文献表の作成には BibTeX を利用する。参考文献は BibTeX 形式で `myrefs.bib` という名前のファイルに記録し、そのファイルを卒論の Rmd ファイルが保存されているディレクトリ (フォルダ) に保存する。BibTeX 自体の使い方を覚える必要はない⁶が、`.bib` ファイルの作り方は覚える必要がある⁷。詳しくは、皆さんの指導教員が教えてくれるだろう。

このテンプレート (Rmd ファイル) を PDF に出力 (knit) すると、`kut_econ_thesis_rmarkdown.pdf` ができる。正しく出力できれば、`kut_econ_thesis_rmd_sample.pdf` と同じ見た目のファイルができるはずである。PDF の作成に使用する LaTeX のテンプレート (`kut_econ_thesis_lualatex.tex`) も矢内が作った⁸。LuaLaTeX の使用を想定しているので、LuaLaTeX が利用可能な TeX 環境がないと、このテンプレートは使えない。日本語フォントは、IPAex フォント に設定してある⁹。このフォントは標準ではインストールされていないかもしれない¹⁰。IPAex フォントがインストール済みでないなら、[ダウンロードページ](#)で最新版を入手し、それをインストールしてほしい (明朝とゴシックの 2 書体が必要)。詳しくは、IPAex フォントの[インストール方法](#)を参照されたい。

* ここに謝辞を書く。R Markdown で論文を書くことを可能にしてくれた Yihui Xie 氏に感謝する。このテンプレートに関する問い合わせは、矢内勇生 <yanai.yuki@kochi-tech.ac.jp> まで。

¹ 概要には節番号をつけたくないので、節タイトル「# 概要 {-}」の {-} を忘れずにつける。これで節番号が割り当てられなくなる。{-} の代わりに {-unnumbered} でもよい。

² 矢内のやる気を喚起するという難しい仕事をやり遂げた草川先生に感謝したまえ。

³ I will give you all my love. これまでの注の書き方をよく見ると、脚注の作り方が 2 通りあることがわかる。原稿の完成が遅くてすいません。

⁴ R (と LaTeX) の使い方を知っていると人生が楽になるという 1 つの例である。

⁵ 筆者はそうように信じている。しかし、この文のように根拠が明らかではない自分の思い込みを論文に書いてはいけない! 論拠となる先行研究を明示するか、そのように考えられる理由を詳細かつ論理的に説明すること。

⁶ knit するときに自動的に実行される。

⁷ Zotero や JabRef, Mendeley などの文献管理アプリに書誌情報を入力し、BibTeX (.bib) 形式でエクスポートすればよい。

⁸ よって、誤りが残されている可能性が高い。

⁹ 他のフォントを使いたい場合は [このウェブページ](#)を参考に、LaTeX テンプレートを少し修正すればよい。IPAex フォントでも問題はないはずなので変える必要はないが、macOS ではヒラギノフォントが使えるので、図のフォントとともにすべてヒラギノにしてもよい。2021 年 7 月現在、日本語 LaTeX の標準フォントは原ノ味フォントであり、それを使ってもよい。ただし、そうすると R で作った図のフォントと本文のフォントが異なるものになってしまうので注意されたい。

¹⁰ macOS の場合、フォントブック (Font Book) というアプリでインストール済みのフォントが確認できる。Windows では、[コントロールパネル] -> [デスクトップのカスタマイズ] -> [フォント] でインストール済みのフォントが確認できる。Ubuntu では、ターミナルで `fc-list` を実行すればよい。IPAex を確認するだけなら、`fc-list | grep ipaex` とすればよい。

このテンプレートを使って卒業論文を書く場合、LaTeX と BibTeX については、[奥村・黒木 \(2020\)](#) を軽く読めば（あるいは手元に置いて必要なときに参照すれば）万全である¹¹。

2 先行研究（この節タイトルはダサいので変える）

ここに先行研究のまとめを書く。ただし、節のタイトルは「先行研究」ではなく、先行研究が扱っているテーマがわかるように書く。

先行研究のまとめは、先行研究の単なる羅列や要約ではない。先行研究で何が明らかになり、何が明らかになっていないかを、論文ごとではなく、内容ごとにまとめる。同じ論点にかかわる先行研究が複数あれば、ひとつの段落で該当する複数の論文をまとめて整理する。論文 1 つにつき 1 つの段落を作れば良いというものではない。

論文は自分がどれだけ勉強したかを示す場ではないので、研究過程で読んだ本であっても、自らの論文の「論」に関係のない文献を取り上げてはいけな。自分の卒論と同じテーマを扱っているというだけでは、先行研究として取り上げるに値しない場合がほとんどである。先行研究の整理がきちんとできていれば、自分の研究とリサーチクエストが同じか類似しているものだけが残されるはずである¹²。

論文を読まなければ、論文は書けない。質の高い論文を読まなければ、質の高い論文は書けない。良い卒業論文を書きたいなら、質の高い論文をたくさん読むべし。

論文の質を判断するためには、ある程度の専門知識と経験が必要である。残念ながら、世の中には低品質の論文や本が多い。科学的根拠に乏しいデマや疑似科学にだまされることがないように、まずは各分野の教科書や評価の定まった古典的研究を読み、各分野の基礎を身に付けることが肝心である。どんな本や論文を読むべきかについては、各自の指導教員に相談すべきである。

何本の論文を先行研究として参照すべきかは扱う問題によって異なるので、参照すべき先行研究や論文・研究書の数具体的な数値で提案することはできない。間違いなく言えることは、「良い論文を書きたいなら」それなり多くの論文を読まなければならないということである。自分の卒業論文で参照・引用する論文の数が 15 本だとしても、15 本だけ読めば済むというものではない。

3 理論と仮説

自らの理論（卒業論文で主張する説）について、根拠を示しながら論理的に説明する。その理論をどうやって検証するかを明確にする。理論から観察可能な含意 (observable implications) を導き出し、観察可能な変数によって構成される作業仮説を提示する。

どのような証拠があれば仮説が支持されるかを明示するのは当然だが、どのような証拠があれば仮説が支持されないか（つまり、自分の説が誤りであることになるか）も明らかにすることが重要である。

4 方法

4.1 データ

分析で使用するデータについて詳しく述べる。データをどこでどうやって手に入れたか（出所）、そのデータにどのような前処理を施したかを具体的に述べ¹³、論文の読者が完全に同じデータを手に入れることができるようにする。重要な変数の記述統計、ヒストグラム、散布図なども示すとよいだろう。

4.2 分析手法

分析手法を明示する。統計分析をするなら、統計モデルを提示する。その際、分析上の仮定を明示するとともに、変数選択の根拠を示す必要がある。欠落変数バイアスや処置後変数バイアスが生じないと考えられる理論的根拠を説得的に示すことが求められる。

本文内数式は $\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$ のように書く。 *This sentence is in italic.* ただし、日本語はイタリックにしない。太字も書けるが論文では使わない。

独立行での数式は次のように書く。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

数式番号を付けたいときは LaTeX の `align` 環境を使って次のように書く。

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

`\label{ラベル}` でラベルを付けておけば、`\ref{ラベル}` を使い、本文中で「式 (1) は正規分布の確率密度関数である」のように数式番号にアクセスできる。番号を自分で直接書かないので、他の式を挿入したり数式を提示する順番を変えたりして数式番号が変わっても、本文を書き換える必要はない。

¹¹ この本は、このテンプレートを使おうと思う研究室には最低でも 1 冊ずつあるべき本なので、自分の研究室にない場合は指導教員に相談を。

¹² 自分のリサーチクエストがどのような文脈に位置づけられるかを明らかにするために、広範囲にわたる先行研究を取り上げることもあり得る。しかし、本学の卒業論文には 12 ページという厳しい上限が課されているので、的を絞って先行研究をまとめたほうが良いだろう。

¹³ 前処理については、Rmd ファイルにコードを書き、それを配布するのが理想である。

複数行にわたる数式ブロックを書くときは、`aligned` 環境 (`align` ではない) を使い、`&` で左右の位置を揃える。

$$p(z|n, \theta) = \binom{n}{z} \theta^z (1 - \theta)^{n-z}$$

$$\binom{n}{z} = {}_nC_z = \frac{n!}{z!(n-z)!}$$

この文のように、数式ブロックの後に段落を変えずに文章を続けるときは `\noindent` を忘れずに書く。

複数行で数式番号をつけるときは、`align` 環境 (`aligned` ではない) を使い次のようにする。

$$Y_i \sim \text{Bernoulli}(\theta_i) \quad (2)$$

$$\log\left(\frac{\theta_i}{1-\theta_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 Z_i \quad (3)$$

式 (2) と (3) はそれぞれ尤度とリンク関数である。このように、`$$`を使わずに数式を書くときは、直後に文を続ければ `\noindent` なしでも前の文と同じ段落として扱われる。段落を変えたいときは、通常の段落作成と同じように空行を入れれば良い。

5 結果

分析結果は図や表で示すことが多いだろう。図や表にはそれぞれ別系統の通し番号を付ける必要があるが、それぞれの図表に他と重複のないラベルをつけておくと、番号は自動的に付される。したがって、適切なラベルさえ付けておけば、図や表を追加したり、図表の順番を入れ替えたりしても、手動で番号を付け直す必要はない。ラベルの付け方が特殊¹⁴なので、しっかり身につけよう。

まず、表のラベルの付け方を説明する。表 1 は、気圧 (mm) を気温 (摂氏) に回帰した線形回帰モデルのパラメータを推定した結果である。モデル (1) は単回帰、モデル (2) は気温の 2 乗を説明変数に加えた重回帰である。現代の標準的作法に従えば、回帰分析の結果は表ではなく図で示すべきだが、表の作り方を説明するためにあえて表を示す。

このように、表をつくる際に `label = "ラベル"` を指定しておいて、その表に言及するときは `\@ref(ラベル)` を使えば、自動的に付された正しい表番号に本文中で言及することができる。LaTeX との違いは、バックスラッシュの後に `@` があることと、カッコが中カッコ (波カッコ) ではなく丸カッコであることである。

次に、図にラベルを付け、ラベルを利用して図に言及する方法を説明する。論文で表示する図については、1 つのコードチャン

表 1: 推定結果：応答変数は気圧 (mm)

	(1)	(2)
定数項	-147.899 (60.496)	91.154 (47.083)
気温 (摂氏)	1.512 (0.419)	-2.706 (0.702)
気温の 2 乗		0.012 (0.002)
自由度修正済み R ²	0.549	0.890
標本サイズ	19	19

注：カッコ内は不均一分散に頑健な標準誤差。

クでは図を 1 つしか作らないというルールを遵守したほうがよい¹⁵。すなわち、各図を作るチャンクには、1 つだけ `plot()` 命令がある状態にする。このチャンクに対し、ラベルをチャンク名 (chunk label) として指定する。下の例では、“`scat1`” がチャンク名であり、ラベルである¹⁶。このとき、チャンク名は英数字のみを使ってつける。その図に言及するときは、`\@ref(fig:scat1)` とする。自分でつけたラベルの前に `fig:` を追加する必要がある。LaTeX との違いは、バックスラッシュの後に `@` があることと、カッコが中カッコ (波カッコ) ではなく丸カッコであることである。たとえば、図 1 は、3 種類のペンギンの翼の長さ (mm) とくちばしの長さ (mm) の関係を示している。

図のキャプションは、`fig.cap` というチャンクオプションで指定する。図 1 の例では、「ペンギンの翼の長さとかちばしの長さの関係」がキャプションである。キャプションの指定時に、文字を引用符で囲むのを忘れないように。

6 考察

分析結果からどのようなことがわかったか (わからなかったか) 議論する。先行研究の知見との比較し、新たに明らかになったことをはっきりさせる。さらに、今後の課題について確認する。

最後に、参照・引用の方法を確認する。文献の引用・参照には、`.bib` ファイルに記録された citation key を利用する。自分が引用・参照する文献の citation key は、文献管理アプリで確認する。参考文献は `myrefs.bib` という名前の 1 つのファイルにまとめて保存し、卒論の `Rmd` ファイルと同じフォルダに設置する

¹⁴ LaTeX とよく似た方法ではあるが、まったく同じではないので注意が必要。

¹⁵ `ggplot` で作った複数の図を `patchwork` パッケージでつなぎ合わせて 1 つの図として扱うなら、その全体を 1 つの図と考える。

¹⁶ 各チャンクに図が 1 つしかない状態にしておけば、チャンクの名前すなわちその図のラベルとなる。

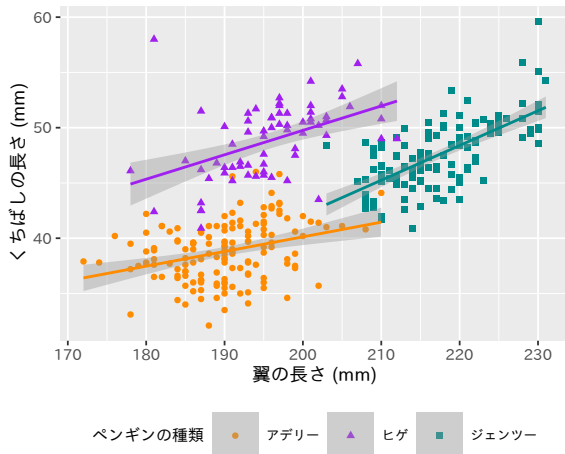


図 1: ペンギンの翼の長さとくちばしの長さの関係

必要がある¹⁷。

このテンプレートは武田史郎氏が作成した `jecon-unicode.bst` という文献スタイルファイルに依存しているので、このファイルを武田氏の [GitHub ページ](#) から入手し、卒論の Rmd ファイルと同じフォルダに設置する¹⁸。基本的な注意はそのページに書いてあるとおりだが、特に注意すべきは以下の 3 点である。

1. 日本語の著者名を書くときも、欧文著者名と同様に姓と名の間にカンマを入れる
 - 例: `author = {浅野, 正彦 and 矢内, 勇生}`
2. 日本語文献には、`language = {ja}` という項目を追加する
3. 日本語文献には、`yomi` という項目を追加して、著者または編者の名前の読み方を記す。
 - 外国語文献（アルファベット順）と日本語文献（あいうえお順）を分けてリストを作りたいときは、`yomi` をひらがなで記す。
 - 例: `yomi = {あさの, まさひこ and やない, ゆうき}`
 - 外国語文献と日本語文献を混在させてアルファベット順に並べたいときは `yomi` をローマ字で記す（このテンプレートはこちらを採用している）。
 - 例: `yomi = {asano, masahiko and yanai, yuki}`

具体例として、このテンプレートと一緒に配布した

`myrefs.bib` を参照されたい。

本文中で `nishiyama2019` という citation key が付けられた文献を参照する際は、「[西山他 \(2019\)](#) は計量経済学の優れた教科書である」のように @ を付けて参照する。Citation key の直後に半角スペースが必要なので注意されたい。文の最後のカッコ内に参照文献を示すときは、[] を使って、「統計的に有意な結果が実質的にも有意とは限らない (たとえば、[浅野・矢内 2018](#): pp. 165-168)」のようにする。複数文献の参照はセミコロン ; で区切り、「統計的因果推論は難しい ([Angrist and Pischke 2015](#); [Cunningham 2021](#))」とする。

7 結論 (or おわりに)

最後に、論文で明らかになった知見をまとめて結論を述べる。「結びにかえて」などという節で終えずに、必ず結ぶこと。

R Markdown は便利である。R Markdown を使えば、プロジェクト研究のデータ分析と論文執筆をまとめて実行することができる。図表の貼り間違いや、数値の転記ミスなどの心配がなくなり、議論の中身に集中することができる。プロジェクト研究でデータ分析を行う学生は、このテンプレートを使って卒業論文を書くべきである。

R でデータ分析を行うなら、このテンプレートを使わない理由がどこにあるのだろうか。

参考文献

- Angrist, Joshua D. and Jörn-Steffen Pischke (2015) *Mastering Metrics: The Path from Cause to Effect*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- 浅野正彦・矢内勇生 (2018) 『R による計量政治学』, オーム社.
- Cunningham, Scot (2021) *Causal Inference: The Mixtape*, New Haven, CT: Yale University Press.
- 西山慶彦・新谷元嗣・川口大司・奥井亮 (2019) 『計量経済学』, 有斐閣.
- 奥村晴彦・黒木裕介 (2020) 『 \LaTeX 2 ϵ 美文書作成入門 第 8 版』, 技術評論社.

¹⁷ 他のファイル名にする場合や複数ファイルを読み込みたい場合は、`kut_econ_thesis_lualatex.tex` で `bib` を呼び出す 1 行を書き換える。

¹⁸ やり方が分かるなら `texmf-local` に設置してシステム全体で利用できるようにインストールしてもよいが、ここでは説明しない。