

第1章

本書はどのような本か (はじめに読むこと！)

Contents

1.1. 本書を読むことができるのは実在の人々です	1
1.1.1. 必要条件	2
1.2. 本書の内容	3
1.2.1. あなたは忙しい。最小限はどこを読めばよい？ という人へ	4
1.2.2. 本当に忙しい人へ：もっと少ないのではないのか？	4
1.2.3. もう少し眺めを楽しみたい。でもそれほど長く眺めていたわけではない、 という人へ	4
1.2.4. もしあなたが帰無仮説を棄却したいだけならば	5
1.2.5. 伝統的な検定 X と同等なものは本書のどこにあるのか？	5
1.3. 第2版での改訂について	6
1.4. フィードバックのお願い	8
1.5. 感謝！	9

Oh honey I'm searching for love that is true,

(おおハニー僕は真実の愛を探しているのだけれども、)

But driving through fog is so dang hard to do.

(この霧の中を抜けて運転するのは実に大変でできないよ)

Please paint me a line on the road to your heart,

(どうか君のハートでこの道に線を描いておくれ、)

I'll rev up my pick up and get a clean start.

(そうすれば僕は僕のトラックを加速して華麗なスタートをしてみせるよ)¹⁾

1.1. 本書を読むことができるのは実在の人々です

本書では、(あなたのような) 現実の人々が現実のデータに対して、ベイジアン分析を現実に実施する方法を説明する。本書は、基礎である確率とプログラミングの初歩的な考えから始める。統計学やプログラミングについて前もって知っている必要はない。本書は順を追って、現実のデータ解析で用いられる高度な階層的なモデルへと進んでいく。本書が念頭に置いているのは、大学院1年生または社会学・生物科学の学部上級生である。

1) 本章は、たとえあなたが過去に統計学と悲しい関係を持っていたとしてもベイジアン分析と恋に落ちることを願い、本書のロードマップを提供する。このポエムはそれらの考えを戯れたものである。

Lake Wobegon²⁾で育って、原子物理学の事前トレーニングを受けていて、ベイズ統計について学ぼうと決意したような神話上の人物ではない (第1版出版後、そんな神話上の人物の1人から本書について連絡を受けた！ だから、たとえあなたがすでに原子物理学のトレーニングを受けているとしても、本書の声があなたに届くことを願う)。

本書における必要条件と内容について、以下に示す。しかし大事なことを最初に記しておこう。あなたが本章の冒頭で気づいたように、各章は有名な詩人によってつくられた優雅で洞察に満ちた詩を含む節から始まる。四行連句³⁾強弱弱格⁴⁾、四歩格⁵⁾、あるいは、「カントリーワルツ」の韻律と口語で言われるような形式である。これらの詩は、ワルツのタイミングにのせた不朽の人類のモチーフからの引喩を通じて、その章の概念的なテーマを扱っている。

If you do not find them to be all that funny,

(もし君があらゆる滑稽なものをそれらから見つけられず、)

If they leave you wanting back all of your money,

(もしそれらが君が払ったお金を返してほしいと望み去ろうとするなら、)

Well, honey, some waltzing's a small price to pay, for

(そうだねハニー、その踊りに少額の支払いをしないか。)

All the good learning you'll get if you stay.

(君がもし居たとして得るすべてのよき学びのために。)

1.1.1. 必要条件

データ分析を行う上で数学を回避することはできない。一方、本書は決して数学的な統計書籍ではなく、理論の証明もしくは形式的な分析に重点を置くものではない⁶⁾。しかし、私はあなたが基礎演算のおぼろげな知識をもってこの本を開いてくれたと期待している。例えば、もしあなたが $\int x dx = \frac{1}{2}x^2$ のような数式を理解できるなら、おそらくうまく読み進められるだろう。前の文ではあくまで積分を「理解できる」としているのであって、自

2) アメリカ合衆国のナショナル・パブリック・ラジオで毎週放送されている有名番組「A Prairie Home Companion」に登場する架空の小さな町「Lack Wobegon」を舞台にした物語のこと。この物語は Garrison Keillor によって綴られ、そして毎回「すべての女性は力強く、すべての男性が格好よく、そしてすべての子どもたちが平均以上の Lake Wobegon からのニュースでした」で結ばれる。そう、もしあなたがそこで育ったのであれば…

3) 四行連句 (quatrain) [名詞]: 四行の詩。「クアトレイン (qua train)」と書かれているのであれば話は別だが、このケースだと哲学者はなにか機関車のなものとくらべてしまうだろう。

4) 強弱弱格の (dactylic) [形容詞]: 1つの強勢の音韻に2つの弱性の音韻で構成される韻脚のこと。空飛ぶ恐竜であるプテロダクティルス (pterodactyl) と混同しないでほしいし、それが空から地面に落下して2回バウンドしたような音 (THUMP-bump-bump) でもない限り、強弱弱格 (dactyl) とは思わないだろう。

5) 四歩格 (tetrameter) [名詞]: 4つの韻脚 (four metrical feet) を含む詩の1行。おなじ4つの足 (four feet) であっても四足動物 (quadruped) と混同しないでほしい。

6) 第1版ではこの点について、「あらゆる数理統計学者は、結局は非公式に気取り屋 (dude) からたかられるだろう」と触れた。この記述は自己言及的なスラングが形式張らないことを示す事例になるという冗談だった。真実の神託ともいえる Wikipedia でさえも、「'Dude' とは一般的に誰かを呼ぶのに用いられる」(<http://en.wikipedia.org/wiki/Dude>, 2014年2月2日時点) と記してあり、そして「[スラング] は形式張ったあるいは真剣なスピーチや文章の品位を一時的にだが低める」(<http://en.wikipedia.org/wiki/Slang>, 2014年2月2日時点) としている。しかしそのような威厳のない文章に対して一部の読者が攻撃的になったため、このジョークは今では脚注を読んだ人々のためのものになった。

ら「生成できる」というものではないことに注意してほしい。数学的な導出が理解の助けとなる時、それらはいよいよ途中のステップで提示されるため、あなたは後部座席に目隠しで着席させられ高速でカーブを切られた後のような車酔いになるのではなく、むしろ旅行や目的地に安心や親しみを感じていくことができるだろう。

もしあなたにある程度の基礎的なコンピュータ・プログラミング経験があるならば、あなたの旅の始まりはよりスムーズになるだろうが、過去のプログラミング経験はそれほど重要ではない。コンピュータ・プログラミングは単にコンピュータに実行させることができるコマンドリストである。例えば、もしあなたが Excel のスプレッドシートのセルにイコールの記号を入力したならば、あなたはプログラミングコマンドを書いている。もしあなたが Java や C, Python, Basic あるいは他のあらゆるコンピュータ・プログラミング言語でのコマンドのリストを書いたなら、あなたはそれで十分だ。ここではプログラミング言語としてフリーの R, JAGS, そして Stan を用いていくが、本書の中でしっかりと説明する。

1.2. 本書の内容

本書は主に3つの部からなる。第I部では、基本をカバーする。ベイズ推論、モデル、確率の基礎的な考え方と R によるプログラミングである。

第II部では、もっともシンプルでありそうなデータ、すなわち同意/非同意、記憶/忘却、男性/女性などといった2値データを用いて、最近のベイジアン分析の重要な考え方を網羅する。このデータは実にシンプルなので、焦点をベイズ的なテクニックに当てることができる。特に、最近のテクニックである「マルコフ連鎖モンテカルロ (Markov chain Monte Carlo; MCMC)」を徹底的かつ直観的に説明する。この第II部では単純なデータしか使わないので、階層モデルの意味について直観的に、見事なグラフィックで細部に至るまで把握することができる。本書の第II部では、「検定力分析」として広く知られる、結論を導くために必要な精度に到達するのに必要なデータはどのくらいかを計画する方法についてもまた説明する。

本書の第III部では実際のデータに対するベイズ的手法を適用する。ここでの応用例は分析されるデータのタイプ、そしてデータを説明もしくは予測するのに用いられる測定タイプによって構造化されている。測定スケール^{a)}の異なるタイプは異なった数学的モデルのタイプを要求するが、他方で根底となる概念は常に同一である。より詳細については後述する。

本書の各章はベイジアン分析の基礎的な適用のための「グランド・ツアー」として、順番に読んでもらうよう設計されている。特に第I部と第II部を順番に読んでもらえれば、

a) 訳注：スケール (scale) は尺度とも訳される。本書では、特に尺度水準を意味する場合は「尺度」の訳語をあてることがあるが、それ以外は「スケール」で統一している。

おそろきたいの感覚をつかめるだろう。しかしより短い経路も可能であり、それについては次に記述する。

1.2.1. あなたは忙しい。最小限はどこを読めばよい？ という人へ

これが本書の最短ツアーである。

- 第2章：ベイズ推論とモデルパラメータの考え方。本章では重要な概念を説明する；飛ばさないように。
- 第3章：Rプログラミング言語。本書に添えられている広範なプログラムセットを含め、ソフトウェアのインストールに関するセクションについて読むこと。ざっと読んでおいて、後で必要になったら読み返すこともできる。
- 第4章：確率の基本的な考え方。あなたがこの内容について高い確率ですでに知っているのであれば、単にざっと読むだけで構わない。
- 第5章：ベイズの公式！
- 第6章：ベイズの公式のもっともシンプルな形式での適用であり、本書の他の至るところから参照される。
- 第7章：MCMC。本章は、現在のベイズ的な応用を可能にする計算方法を説明する。すべての数学的な詳細を学ぶ必要はないが、図の要点を必ずつかんでおくべきである。
- 第8章：MCMCを実施するためのJAGSプログラミング言語。
- 第16章：2群のベイズ推定。前述の各章での基本的な考えのすべてが、2群の比較というケースに適用される。

1.2.2. 本当に忙しい人へ：もっと少ないのではないのか？

もしあなたが概念的基礎と最速でできる実践経験だけを望むなら、そしてもしあなたが t 検定といった古典的な統計に関する知識をある程度持っているのであれば、次の箇所を推薦しよう。最初に、第2章の概念的基礎を読んでほしい。その後、（伝統的な t 検定に類似した）2群のベイズ推定について書かれた Kruschke (2013a) を読んでほしい。これで本書の第16章まで飛び越えることとなる。あなたの実践経験のために、この文献には、他のソフトウェアをインストールせずにブラウザ上で使えるよう、JavaScriptによって実装されたソフトウェアがついている。詳細についてはウェブサイト <http://www.indiana.edu/~kruschke/BEST/> を参照してほしい。

1.2.3. もう少し眺めを楽しみたい。でもそれほど長く眺めていたいわけではない、という人へ

先ほど提案した最短ツアーの後に、もしあなたがさらなる具体的な応用について探求し

たいと望むのであれば、次の章やセクションを読む必要があるだろう。

- 第9章：階層モデル。多くの現実的な応用では階層的、もしくは「マルチレベル」構造を伴う。ベイズ的手法の中には階層モデルへ途切れなく適用できるものがある。
- 第15章：一般化線形モデルの概観。どのタイプのモデルがあなたのデータに適用できるかを知るために、あなたは型にはまったモデルの目録を知る必要があるが、それらの多くは一般化線形モデルの下位モデルである。
- 第16章から第24章までのそれぞれの章。あなたが興味のあるデータ構造に関連する章に行くこと（あなたはすでに第15章を読んでいるので理解できるだろう）。
- 第13章：ベイズ的な観点からの、統計的な検定力分析と調査計画。本章は、初めて読むときにはそれほど重要ではないが、いつまでも飛ばしてはいけぬ。結局のところ、計画が失敗するのであれば、それは失敗する計画なのである。
- セクション25.1。ここにはベジアン分析を報告する方法についての勧告が記載されている。もしあなたがあなたの研究成果で他の人々に影響を与えたいのならば、それについて語るようにならなければならない（おそらくは他の説得手段があるだろうが、それについては他の文献から学ばなければならないだろう）。

1.2.4. もしあなたが帰無仮説を棄却したいだけならば…

大きさや不確かさの推定と対立して、伝統的な統計手法では、たびたび帰無仮説を棄却することに焦点が当てられる。帰無仮説におけるベイズ的な観点として、これらの章を読むこと。

- 第11章：伝統的な帰無仮説有意性検定における p 値の危険性について。
- 第12章：空値 (null value) の査定へのベジアン・アプローチ。

1.2.5. 伝統的な検定 X と同等なものは本書のどこにあるのか？

多くの読者が、すでに帰無仮説有意性検定 (null hypothesis significance testing; NHST) を強調する伝統的な統計学にさらされた後に本書を手取るであろうから、本書では帰無仮説有意性検定の教科書にある多くのトピックに対するベジアン・アプローチを提供する。表 1.1 は標準的な入門統計書でカバーしてある様々な検定と、本書にあるそれらのベイズ的な類似手法の場所を列挙している。

表 1.1 で言及した検定一覧は、すべて「一般化線形モデル」と呼ばれるものの一種である。あなたがすでにその用語に慣れているのであれば、それらの章がどのようなケースをカバーしているかをみるために、表 15.3, p. 453 を先に覗いてみるとよいだろう。あなたがまだその用語に慣れていないとしても、第 15 章全体でその考え方を紹介し説明するため心配しなくてもよい。

表 1.1 帰無仮説有意性検定のベイズ的な類似手法

伝統的な分析名	ベイズ的な類似手法
二項検定	第 6 章～第 9 章, 第 21 章
t 検定	第 16 章
単純な線形回帰分析	第 17 章
重回帰分析	第 18 章
1 要因分散分析	第 19 章
多要因分散分析	第 20 章
ロジスティック回帰分析	第 21 章
多項ロジスティック回帰分析	第 22 章
順序回帰分析	第 23 章
χ^2 検定 (分割表)	第 24 章
検定力分析 (サンプルサイズ計画)	第 13 章

もしかしたら、表 1.1 から「おや、この表は伝統的な統計的検定はそれぞれベイズ分析の何らかの類似法で実行していることを示している。であればベイズ分析で思い悩むのは無益だ」という浅はかな結論を導くかもしれない。そのような結論はおそらく誤っている。第一に、伝統的な帰無仮説有意性検定は深刻な問題を抱えているからで、そのいくつかは第 11 章で議論されている。第二に、ベイズ分析は帰無仮説有意性検定よりも豊かで有益な推論を生み出すものであり、本書を通じた多くの例でそれが示されるであろう。

1.3. 第2版での改訂について

各トピックの基本的な進めかたは第 1 版と同一ではあるが、細部については全体的に隅から隅まで変化している。この書籍とその中のプログラムは完全に書きなおされている。ここにその変更の中からハイライトとなるものをいくつか記す。

- JAGS と Stan はすべて新しいプログラムである。新しいプログラムは第 1 版のスクリプトよりもより簡単に使えるようにデザインされている。特に、あなた自身のデータのためのプログラムを実行しやすいようにするコンパクトで高水準なスクリプトとなっている。この新しいプログラミング自体が主要な仕事であった。
- 導入である第 2 章は、あらゆる可能性がある確信度の再割当てをベイズ推論がどのように行うのか、という基本的な考えに関して、完全に書きなおして大幅に拡張した。
- プログラミング言語の R (第 3 章)、JAGS (第 8 章)、そして Stan (第 14 章) について完全に新しい章を設けた。長々しい R の新章では、リスト型やデータフレーム型といったデータファイルやデータ構造について、いくつかの便利な関数とあわせて説明している（そこには私が特に気に入っている新しい詩もまた加えられている）。

JAGS の新章では JAGS を複数コアで並列処理させる RunJAGS パッケージの説明を含んでいる。Stan の新章では、ハミルトニアンモンテカルロ法 (Hamiltonian Monte Carlo) の概念に関する新たな説明を提供している。Stan の章では Stan と JAGS との間でのプログラムフローの概念的な違いについても説明している。

- 第5章のベイズの公式は、どのようにしてベイズの公式がパラメータ値の確信度を事前から事後へ再び割り当てるのかについて大幅に改訂した。モデル比較のための道具は最初のほうの章からすべて削除し、第10章にコンパクトに示している。
- メトロポリスアルゴリズムとギブスサンプリングは2つの章に分けられていたが、MCMC法として1つの章(第7章)に統合されている。
- 第7章と第8章にMCMCの収束診断における広い材料を新たに加えた。自己相関と有効サンプルサイズに関する説明が加えられた。また最高密度区間 (highest density interval; HDI) 限界の推定における安定性についての説明も加えられた。これらの診断についても、新しいプログラムで表示されるようにしている。
- 階層モデルの第9章では縮小の重要な概念に関する広くユニークな新しい材料が、新しい例とともに組み込まれた。
- 第1版内の多くの章に分かれていたモデル比較におけるすべての材料は、階層モデリングの事例として概念化され、第10章に集中的に統合された。
- 帰無仮説有意性検定の第11章は広範にわたって改訂されている。サンプリング分布の概念を紹介するために新たな材料を加えている。様々な停止ルール、そして多様な検定のためにサンプリング分布を新たに図示している。
- ベイジアン・アプローチによる空値の評価に関する第12章では、実践的に等価な範囲 (region of practical equivalence; ROPE) についての新たな材料、ベイズファクターによる空値の受容についての新たな例、そしてサベージ・ディッキーマ法の面からベイズファクターについての新たな説明が組み込まれている。
- 統計的検定力とサンプルサイズに関する第13章では、新たに逐次テストのセクションを設け、個々の値を拒絶あるいは受容する代わりに推定の精度を調査の目標として設定するよう推奨している。
- 一般化線形モデルを紹介する第15章では完全に改訂し、被予測・予測変数タイプの組み合わせを示す、より完成された表を加えている。
- 平均値の推定に関する第16章では、効果量を明示的に推定して、2群比較について議論を含めている。
- 1つの量的予測変数による回帰に関する第17章では、JAGSとStanによるロバスト回帰の例を広く加えている。2次傾向を含めた階層的回帰の新たな例について、個々の傾斜や曲率の推定による縮小についてもグラフィカルに説明している。
- 重回帰分析に関する第18章では新たに、様々な候補となる予測変数から確率論的に回帰モデルに含めるか、というベイズ的な変数選択のセクションを設けている。

- 1 要因 ANOVA (分散分析) に類似した分析に触れた第 19 章では、共分散分析 (ANCOVA) に類似した完全に動作する例、そして不均一分散などの例を含む例をすべて刷新している。
- 多要因 ANOVA に類似した分析に触れた第 20 章では、参加者内要因と参加者間要因の組み合わせを含む分割区法の完全に動作する例を含む例をすべて刷新している。
- ロジスティック回帰に触れた第 21 章では、ロバストなロジスティック回帰の例、そして名義的予測変数を含む例を含むように拡張している。
- 多項ロジスティック回帰に触れた第 22 章を新たに設けた。本章では第 1 版では欠けていた一般化線形モデルの 1 種 (すなわち、名義的被予測変数) についてあてられている。
- 順序データに触れた第 23 章は大きく拡張されている。単一集団と 2 集団の新しい例を図示し、順序データがそれを量的に扱うかどうかで解釈がどのように異ってくるかをデモンストレーションしている。
- JAGS における打ち切りデータをモデリングする方法を説明するために、セクション 25.4 を新たに設けている。
- エクササイズが多くが追加もしくは改訂されている。

おおそうだ、表紙が違うことには触れただろうか？ 犬たちとベイズの公式の対応は今回明明的になっている。事後分布犬の折りたたまれた耳は、尤度犬と事前分布犬のピンとした耳とどらんとした耳の間をとった形になっている。周辺尤度は MCMC では通常計算されないため、分母にあたる犬はすることがなく眠くなっている。本書の表紙のデザインに込めたものを、表紙の犬たち同様に親しみ、魅力を感じてもらえればと願う。

1.4. フィードバックのお願い

私は本書に数千時間を費やしており、そしてより良くしたい。もしあなたが本書について提案があるならばどのような点でもよいので、Eメールを私 (johnkruschke@gmail.com) に送ってほしい。もしあなたがひどいエラーもしくは無害だが不適切な内容、誤植もしくは感想^{b)}に気づいたら、それを知らせてほしい。もしあなたがより明瞭に説明する方法を知っているのならば知らせてほしい。私は多くの読者が興味を持つような調査について生のデータに興味があり、そしてこのようなデータは料金の発生しない謝礼ともなる。またもし私が急ごしらえで作成したプログラミングコードよりもっと素晴らしいコードをあなたが持っているならば知らせてほしい。各ページの外側余白は意図的に広くしており、あなたの批判や指摘をメモして親切な提案へ書き換えて私にメールするためのスペースである。押韻韻二行連句は高く評価する。

b) 訳注：原典では “thought’s” とあるが、これは文脈的にわざと誤植した言葉を用いていると解釈した。

第1版を出版して以来、私は読者から数百ものEメールを受け取った。多くは返信したが、そのすべてに返信することができず、それらが無視されているという事実困っている。もし私がすみやかにあなたのEメールに返信していないならば、あなたのEメールは次々とやってくるメールに埋もれてしまっているのだろう。いずれにせよ、もしあなたのEメールが冗長もしくは付属的、またはあなたが試したいいくつか複雑な分析についての問題を尋ねたものであるならば、「それは実に興味深いけれど、もっと時間があるときに考えなければならないから、後で返信しよう」と自分に言い聞かせる機会となるだろう。そしてたとえ時間があつたとしても、その時はこないだろう。私が返信をするかしないかにかかわらず、私はあなたたちのメッセージすべてに感謝している。

1.5. 感謝!

私は、Amazon.comやGoodreads.com、ブログ、そしてSNSなどで、第1版のレビューや推薦を書いてくれた多くの読者に感謝している。これを執筆している時点で、Amazon.comで46件、Amazon.co.uk(イギリス)で6件、Amazon.ca(カナダ)で2件、そしてAmazon.cn(中国)で1件のレビューがある。Goodreads.comでは4件のレビューと多くの評価がつけられている。多くの人々が本書について自身のブログでレビューや推薦を記している。多くの人々が本書についてSNS上で「声」をあげている。レビューを書く時間をとってくれた人たちに非常に感謝しており、そしてそのレビューが全般的に非常にポジティブであったことが大変嬉しい。この第2版はより良くなるように多大な労力を費やしたので、この第2版が新しいレビュー執筆へと突き動かしてくれることを願っている。

私はまた第1版の専門的なレビューの著者ら、Andrews(2011)、Barry(2011)、Colvin(2013)、Ding(2011)、Fellingham(2012)、Goldstein(2011)、Smithson(2011)、そしてVanpaemel and Tuerlinckx(2012)にも感謝を述べたい。私が見落としている多くのレビュー著者には申し訳なく思っているの、ぜひ知らせてほしい。私は専門領域においてベイズ的手法の見通しが良くなることは価値のあることだと思うし、また私はレビューを構成するための時間や努力をとってくれたこれらすべての著者らに大変感謝している。

何人かの方が、本書の第1版に関連した拡張もしくは改善プログラムを書いている。特に、2群のベイズ推定のプログラム(“BEST”; Kruschke, 2013a, 本書の第16章と比較しよう)はMike MeredithによってRに、Rasmus BååthによってJavaScriptに、そしてAndrew StrawによってPythonに再パッケージ化された。これらの仕事については、<http://www.indiana.edu/~kruschke/BEST/>を参照してほしい。図9.13(p. 255)に類似した階層的なダイアグラム作成のためのシステムは、Rasmus BååthによってLibreOfficeとRで、そしてTinu Schneiderによって \LaTeX とTikZでつくられた。これらの仕事については、<http://doingbayesiandataanalysis.blogspot.com/2013/10/diagrams-for>

-hierarchical-models-new.html を参照してほしい。より広範な読者が利用できるバイズの手法をつくり出すために費やされた広範な努力と貢献のすべてに心から感謝する。

多くの仲間が *Doing Bayesian Data Analysis* のワークショップやコースを組織している。ワークショップのリストが <https://sites.google.com/site/doingbayesiandataanalysis/>に出ている。それらのワークショップはお互いに、私がここで名をあげられる以上により多くの人々が交流をしているのだけれども、その中には以下のものが含まれる。ミシガン大学で開催された政治社会調査に関する大学間協会のサマープログラムにおける William Jacoby と Dieter Burrell；インディアナ大学社会科学リサーチコモンズの William Pride-more, James Russell, James Walker, そして Jeff DeWitt；スイスのザンクトガレン大学の実証的調査手法サマースクールの Hans-Joachim Knopf；ノルウェーのオスロ大学の Hans Olav Melberg；ノースダコタ州立大学の Mark Nawrot とその同僚；ニュージャージー州連邦航空局ヒューマンファクター研究所の Ulf Ahlstrom とその同僚；ミシガン州立大学の Tim Pleskac とその同僚；ウイスコンシン大学マディソン校の John Curtin；デポー大学の Michael Roberts と, Chester Fornari, Bryan Hanson, そして Humberto Barreto を含むその同僚, ヴァッサー大学の Jan Andrews, Ming-Wen An, そしてその同僚；シートン・ホール大学の Kelly Goedert とその同僚；パデュー大学の Gregory Francis と Zygmunt Pizlo；ブルガリアのソフィアにある新ブルガリア大学の Boicho Kokinov とその同僚；Nathalie Rothert と科学的心理学会 (Association for Psychological Science) のワークショッププログラムの参加者たち；Duncan Brumby と認知科学会のチュートリアルプログラムの参加者たち；東部心理学会 (Eastern Psychological Association) の Andrew Delamater (そしてそこで私の話を紹介してくれた James McClelland にも感謝を)；中西部心理学会 (Midwestern Psychological Association) の William Merri-man；コンピュータ心理学会 (Society for Computers in Psychology) の Xiangen Hu と Michael Jones。私はあなたたちの時間と努力に感謝を述べたい。これらワークショップやコースが参加者たちによってベイジアン分析の実行を推進することを心から願っている。

本書は彼らのコースの多くの教員に使われ、その幾人かは私に彼らの経験を伝えてくれている。特に、オーバリン大学の Jeffrey Witmer は広範囲にわたるコメントを送ってくれた。カリフォルニア大学サンタクルーズ校の Adrian Brasoveanu とワシントン大学の John Miyamoto もまた彼らのコースでの情報を伝えてくれた。Vanpaemel and Tuerlinckx (2012) によるレビューは教室での経験を報告してくれた。これらのコースで第1版を大胆にも試したすべての教員に感謝する。第2版もまた多くの教室やみなさんの研究にとって役立つことを切に願う。

近年私のクラスで洞察力に富むコメントや提案をする学生が多くいる。Young Ahn, Gregory Cox, Junyi Dai, Josh de Lueew, Andrew Jahn, Arash Khodadadi, そして Torrin Liddell などである。Torrin Liddell はまた本書の校正チェックを手伝ってもらっ

た。本書の討論フォーラムを検索し勧めてくれた Anne Standish に感謝する。ブログや討論フォーラムで思慮に富んだコメントを残してくれた多くの人々に感謝する。第1版のエラーについて報告してくれた注意深い読者たちにもまた感謝を述べたい。そして、ベイジアン分析に興味を持ち、私と話をするためにカンファレンスへ訪れてくれた Jacob Hodes にも感謝する。

本書の第1版は、作られてから6年が経過し、その間に多くの研究者や学生が有益なコメントを提供してきた。もっとも広範なコメントは Luiz Pessoa, Michael Kalish, Jerome Busemeyer, そして Adam Krawitz からであった。大変感謝している。個々のセクションについては Michael Erickson, Robert Nosofsky, Geoff Iverson, そして James L. (Jay) McClelland からの有益なコメントによって洞察に満ちた改善がなされた。本書の様々な箇所で, Woojae Kim, Charles Liu, Eric-Jan Wagenmakers, そして Jeffrey Rouder とのコミュニケーションから間接的に得るものがあつた。データセットに対する指摘は、中でも Teresa Treat と Michael Trosset から提供された。Michael D. Lee と Adele Diederich からは非常にありがたい協力的なフィードバックが提供された。ベイジアンに協力的な作業環境は Richard Shiffrin, Jerome Busemeyer, Peter Todd, James Townsend, Robert Nosofsky, そして Luiz Pessoa を含む多くの研究者から提供された。Linda Smith と Amy Holtzworth-Munroe を含む他学部の研究者がベイズ統計学をカリキュラムに組み込むのに非常に協力的であった。様々なティーチングアシスタントが有益なコメントを提供してくれた。特に Noah Silbert と Thomas Wisdom による優れた助力に感謝する。本書が数年で進化しているように, Aaron Albin, Thomas Smith, Sean Matthews, Thomas Parr, Kenji Yoshida, Bryan Bergert, そして私が本書の紹介を調節する助けとなる洞察に満ちた質問やコメントで貢献してくれているおそらく数十の方々を含む、大勢の学生によって提案が寄せられている。

R (R Core Team, 2013), RStudio (RStudio, 2013), JAGS (Plummer, 2003, 2012), RunJAGS (Denwood, 2013), BUGS (Lunn, Thomas, Best, & Spiegelhalter, 2000; A. Thomas, O'Hara, Ligges, & Sturtz, 2006), そして Stan (Stan Development Team, 2012) の開発者たちに多大な感謝を述べる。また、著者が本書を組むために用いたタイプセットソフトウェアの \LaTeX (<http://www.latex-project.org/>) と MikTeX (<http://miktex.org/>), エディタの TeXmaker (<http://www.xmlmath.net/texmaker/>), そして LibreOffice (<http://www.libreoffice.org/>) のドローアプリケーションの開発者にもまた多大なる感謝を述べる。

貢献してくれたのにもかかわらず私が不注意にも言及するのを忘れてしまったすべての方々に、私はお詫びと心からの感謝を送りたい。

最後に、本書を書いている年月の間ずっと尊重してくれた友である Dr. Rima Hanania に私から最大の感謝を送りたい。