ロボットの確率・統計

―製作・競技・知能研究で役立つ考え方と計算法―

上田 隆一 著

コ ロ ナ 社

ま え が き

企画の意図

本書は，ロボットを作って動かすときに必要な確率・統計の知識をまとめようということで企画されました。確率ロボティクス[1)〜3)†]や機械学習[4)] の書籍に登場する各アルゴリズムを理解するためには，確率・統計の基礎知識が助けになることは当然ですから，勉強したい人も多いものと考えています。しかし，ロボティクスには広大な範囲の知識が必要とされるため，後手に回ってしまった人も多いのではないでしょうか。

学部，学科によっては，そうならないように，大学に入るとすぐに統計学の講義が用意されていることもあります。しかし，このような講義で学ぶ統計学は，確率ロボティクスや機械学習で使われるものと流儀や範囲が思いのほか異なっています。また，講義で使われる教科書は，定義などをしっかり正確に説明する役割を背負っているので，読者に強い動機を与えるものではありません。

そこで，もっとロボットや機械の話に寄せることで確率・統計を学ぶ動機を与える本，いわば教科書を読むための入門書を作ろうということになりました。ロボットを組み立てる，制御やセンサー処理をプログラミングする，性能を評価する，ロボコンで作戦を立てるなど，ロボットだけに話を限定しても，さまざまな統計の知識，確率の計算が必要になります。そこで，話題をロボットに限定して，「ロボット好き」を自認する好き者を誘い込んで，確率・統計の話に一通り触れてもらおうと考えました。

ロボットの世界には，数学が苦手でも天才的な仕事をする人がいます。筆者は，小難しい統計用語満載の怪しいプレゼン資料を作る人よりも，手が動く人

† 肩付数字は巻末の引用・参考文献の番号を表す。

たちのほうが好きなのですが，そういう職人気質の人たちにも，とりあえずは一度読んでみてもらえると幸いです。

本書の内容

ということで，なんでもロボットに話をからめていった結果，本書はつぎに挙げる 9 章で構成されることになりました。

1 章：代表値 —— 統計の知識がないと喧嘩になる　小学生の素朴なロボット競技での言い争いから，統計の使い方を考える。

2 章：確率 —— 機械が動くという奇跡　すぐリタイアするけど無反省なロボコンチームを題材に，確率の計算方法や使い方を考える。

3 章：期待値 —— 運を神頼みにしない　筆者の RoboCup（ロボットサッカーの世界大会）でのインチキを題材に，期待値の求め方や使い方を確認する。

4 章：連続値と多変量 —— ロボットは空間を動く　ロボットの動きの再現性に関する実験を題材に，多次元，連続な空間での確率の扱い方を理解する。

5 章：試行回数と信頼性 —— 実験で教員に叱られないために　ロボットを研究している学生の「何回実験すればいいのか」という疑問から，ベイズの定理の導出方法と使い方を確認する。

6 章：動く確率分布 —— ロボットは時空を進む　ロボットの動きの予測を例題に，動く確率分布の計算原理と近似計算の方法を理解する。

7 章：センシングと推定 —— ロボットは実世界を観察する　人間の連想ゲームをベイズの定理から解釈し，ロボットのセンサー情報処理に利用する方法を考える。

8 章：機械学習 —— ロボットはぼんやり実世界を観察する　人間や動物の認知機能に対する考察から，学習の原理およびそこでの確率・統計の役割を把握する。

9 章：意思決定と制御 —— ロボットは自律する　確率的に不確かな将来に対して人間やロボットがどう行動を決めるか，なんのために行動するのかについて，ベルマン方程式から考察する。

1章　代表値 • 要約統計量 • 統計的探求プロセス • 統計的リテラシー	**2章　確率** • 乗法 / 加法定理 • 確率変数 • 確率分布	**3章　期待値** • 意思決定への利用 • 計算への利用 • シミュレーションによる計算
4章　連続値と多変量 • 連続型確率変数 • モンテカルロ法と密度 • 確率密度関数	**5章　試行回数と信頼性** • 確率分布の分布 • ベイズの定理 • 共役性	**6章　動く確率分布** • 状態遷移 • 線形 / 非線形性 • 確率分布の近似計算
7章　センシングと推定 • ベイズフィルタ • カルマンフィルタ • パーティクルフィルタ	**8章　機械学習** • 損失関数と勾配 • 教師なし（ベイズ）学習 • 教師あり学習	**9章　意思決定と制御** • ベルマン方程式 • 最適化 / 最適制御 • 強化学習

図 1　各章のキーワード

図 1 に，各章でキーワードになる語句を書き出してみました。大雑把にいって，前半の 3 章くらいまでが微積分の出てこない基礎の基礎です。そして，後半の 7 章以降が「知能」を考える応用的な内容になり，ロボットだけではなく，人間はどうしているだろうかという考察も交えて話を進めます。それらの間の章では，具体例を用いて，基礎から応用へ，1 つずつ知識をつけていきます。特に（順番と関係なく）結びつきの強い章を挙げておくと，4, 6, 7, 9 章は確率ロボティクス，5, 8 章は機械学習の講義で扱われる内容です。また，1, 3, 9 章は，統計を自身の行動や世の中の理解に活かすことを考える章になっています。1 章で「統計を使って他人のことを評論するのは悪趣味」というような記述があり，9 章で評論してないで自分はどうするのか決めろと迫ります。9 章は確率・統計では通常扱われない内容ですが，筆者が読んださまざまな教科書は客観的すぎて当事者意識が希薄なのが気になっていましたので，頭でっかちになることを防ぐために必須と考えています。ただ，バランス的にあまりページを割くわけにはいかなかったので，ちょっと急ぎ足でわかりにくいかもしれません。8 章も難しいわりには駆け足です。これらの章については，「わからないぞ！」と抗議の声を上げていただければ，また別の機会にまとめます。

人間の話をするときは筆者の個人的な見解が含まれてしまうので，そういう

意味で，この本は「教科書」とはいえません。本文中で突然世間話をすることもありますし，脚注で愚痴をたくさん書いています。ただ，人間の行動を眺めると，興味深いことがいろいろ見えてくるので，読者の興味を掻き立てられるのではないかと考えました。数式を追うときに世間話で気が散ったり，脚注で「嘘じゃないか？」と思ったりすることがあるかもしれません。そうならないように素直に書くこともできたのですが，それで読者が満足して終わらないよう，少し「毒」を盛ってみました。毒による疑問や違和感が，論文や，具体的な研究事例を紹介している書籍 5) を手にとる動機に繋がれば幸いです。

本書の性質と対象となる読者，推奨する読み方

原稿を書いているときは

- 工学系や情報系の学部に入学した大学 1 年生
- ロボット用や機械学習用のソフトウェアをカスタマイズしようと思っても原理がわからなくて踏み込めない人
- 自分でソフトウェアを触っているわけではないが，確率・統計の考え方や，自ら考えて行動するロボット（自律ロボット）の動作原理を理解したい人

を頭に思い浮かべて，その人たちがどう読んでいくかを考えました。また，すぐに何かに使える内容を志向するのではなく，思考の土台を整えることを心がけて執筆しました。

「土台」の一部をなす数式については，数学が苦手，あるいは学習してこなかった人に配慮して極力避けることも最初は考えたのですが，結局，容赦なく使いました。これは数学が苦手な人はお断りということではなく，**むしろ逆に，数式アレルギーの人の症状を和らげよう**くらいに考えています。世の中の多くの人が，理不尽に学校で問題を解かされて数式アレルギーになっているわけですが，よくよく考えてみたら，受験したり，自分でいきなりコードを書いたりということでもなければ，教科書の数式は解かなくても暗記しなくてもよく，読めるだけでいいわけです。ということで，各数式に対し，（限界はありますが）

その数式の読み方や意味をしっかり言葉で補足しました。

また，筆者のような人間がすらすらと数式のある教科書や論文を読めていると思うなら，それは誤解です。しつこく時間をかけて読んでいるだけです[†1]。例えば，筆者は機械学習の教科書 4) をもう十年くらい，何かあったら開いていますが，まだたぶん 3 分の 2 くらいしか理解していません。「数式のわからない文系の人にも〜」のような本は半日で読めてしまうこともありますが，それと同じと考えてはいけません。数式というのは，言葉で説明しようとすると膨大な字数がかかることを短縮して書くためのものなので，数式のある本というのは，見かけの文字数より断然内容が濃く，得られる知見も大きいわけです[†2]。読破できなくても，ちょっとでも自身の理解が進めば，数千円の価値はあったと考えたほうがよいでしょう。

ですので，本書もおそらく，何年もかけて読むたぐいの本だと考えています。ただ，1 ページ目から順に何年もかけて読むのではなく，わからないところはすっ飛ばして，何度も通読する方法をおすすめします。後ろのほうは，最初はほぼ全部すっ飛ばすことになります。おそらく多くの人にとってまだ習っていない数学も出てくるので，「こういうふうに確率論や線形代数，微積分を使うんだ」と理解するだけで，今後の数学の勉強に良い影響があると思います。勉強したら本書に戻って，またわからないところを確認して，と繰り返すうちに理解できるかもしれませんし，そのように時間をかけて理解していった経験は，その後の生き方にも良い影響を与えることでしょう。

だんだん世の中が理屈っぽくなっていく中で，数式という言語が使えることの重要度は増しています。いままで数式から逃げ回ってきた人には，ここでお縄になっていただければ幸いです。また，若干後ろ向きですが，本書の中には，「数字や理屈を振りかざして『論破！』と叫びながら迫ってくる人たちをどうやってのらりくらりとかわすか」の指南もありますので，そこまで（そこだけ？）

[†1] 本書をちょっとだけ読んで，「難しい」と Amazon のレビューに書くのはやめましょう。

[†2] ですから，本書をちょっとだけ読んで，「高い」と Amazon のレビューに書くのはやめましょう。（しつこい）

は頑張って読んでいただきたいです。

過去に筆者の著書を読んだことがある方は，「今回はコードの掲載がない」と思うかもしれません。これまでの筆者の著作は，プログラミングしながら手で理解しましょうというものばかりだったのですが，本書については布団の中や，学校，職場への行き帰りの電車で思考にふけりながら読んでいただきたいと思い，コードの掲載はやめました。一方，この手の本は自分で数式を書いたり変形したりしながら読むと理解が速くなります。手を動かせる方は，キーボードを紙と鉛筆に持ち替えて取り組んでいただければ幸いです。

謝　辞

本書は，2022 年の 5 月頃に筆者が当時の Twitter で「書きたい」とつぶやいたところを，コロナ社の編集の方に拾っていただいて実現したものです。いつもの筆者は短期決戦型なのですが，今回は「論文を書くから」と 4 回くらい執筆を中断して，脱稿まで 1 年以上かかってしまいました。たいへんご迷惑をおかけしました。

また，公式や数式の展開，その他記載内容に間違いがないかどうかの確認には，教科書のほか，ウェブサイトも参考にしました。本文中で挙げたサイトのほかには，特に「高校数学の美しい物語」（https://manabitimes.jp/math）とWikipedia（https://ja.wikipedia.org/）をよく閲覧しました。運営されている皆様に感謝申し上げます。もちろん（学生さんも本書を読むので明記しておきますが），軽い確認以上に依存してしまった際は，少し間を置いて筆者自身の解釈を経た上で，自分の言葉で改めて記述しています。Wikipedia の利用については，記載内容を信頼しつつ，一次資料（Wikipedia でいうところの「信頼できる公刊された情報源」）まで目を通して，一次資料のほうを引用しています。

査読については，たいへんお忙しいところを東北大学の田村雄介先生，軍司健太さん，奈良貴明さん，千葉工業大学の藤井浩光先生に快諾いただき，さまざまな指摘をいただきました。軍司さん，奈良さんは，東北大学の大野和則先生からご紹介いただきました。なお，筆者の個人的な主張やぼやき，与太話に

ついては，査読いただいた皆様いずれも，見て見ぬ振りをされていたものと思われます。それらも含め，本書の記述内容の責任の所在は筆者にあることをご理解ください。

また，毎度のことながら，千葉工業大学先進工学部未来ロボティクス学科の教員の皆様，学生の皆様，そして筆者が所属する研究室の皆様には，本書執筆中の筆者の反応の悪さに辛抱強くお付き合いいただき，誠にありがとうございました。家族については，全員勉強か趣味に没頭していて，筆者からは（悪態をつくわけではなく，本書の 9 章を踏まえて）好きにやってくれ俺は知らんという感じで，感謝したりされたりする気にはならないのですが，そのままでいいと思います。

カラー画像

以下よりカラー図面がダウンロード可能です。

https://www.coronasha.co.jp/static/04687/color.pdf

※ 表紙のイラストは，パブリックドメインの写真（https://en.wikipedia.org/wiki/Marrus_orthocanna#/media/File:Marrus_orthocanna_crop.jpg）を筆者が加工して作ったものです。ヒノオビクラゲという，複数の個体が集まって群体を作るクダクラゲの一種です。群体を作るクラゲについては，9 章で少し話題にしました。「なんでロボットの本なのにクラゲなんだよ」という質問につきましては，「筆者がよく思考の出発点にするから」と答えることになりますが，そんなに深い話でもありません。

2024 年 1 月

上田 隆一

目　　　　次

1.　代表値 —— 統計の知識がないと喧嘩になる

2.　確率 —— 機械が動くという奇跡

3.　期待値——運を神頼みにしない

4.　連続値と多変量 ── ロボットは空間を動く

5.　試行回数と信頼性 ── 実験で教員に叱られないために

6. 動く確率分布 —— ロボットは時空を進む

7.　センシングと推定——ロボットは実世界を観察する

8.　機械学習——ロボットはぼんやり実世界を観察する

9.　意思決定と制御――ロボットは自律する

第 1 章

代表値

統計の知識がないと喧嘩になる

最初の章では，まず統計というものを考える上で基礎となる**代表値**について考えを深めていきましょう。多くの人は統計を数学の一種だと認識していると思うのですが，よほど高度な研究をしない限りは，統計は「人と会話をするための道具」だと考えたほうがよい，というのが筆者の考えです。統計の基礎概念である代表値は，何かの実験結果や営業成績，あるいはロボコンの試合結果や途中の経過について，あれやこれやとチームで話すとき，知らないうちに使っているはずです。

本章で取り上げる代表値は，平均値など，小学生でも計算できるような簡単なものばかりです。ただ，計算ができることと使いこなすことの間には高い壁があります。例えば，学生が何か実験結果をまとめたレポートや論文を持ってくると，（まだ修行中なのでオッケーなのですが）たいていの場合，統計の使い方がなんとなく変です。そして，それが大変困ったことであると理解しないまま卒業したであろう大人は，SNS で変な統計を持ち出して他人をやり込めようと喧嘩をし，この世に地獄を造成しています。「たかが平均値」と侮らず，地獄からの救いを見出すために，基礎を確認していきましょう。

例 1.1　(ある小学生の喧嘩)　　まず，代表値のない世界に行ってみましょう。そんな世界はないのですが，小学校低学年に戻ればそういう状態になります。小学生の A さんと B 君が，それぞれのロボットに周回コースを走らせ，コースアウトせずに何周できるかという遊びをしている状況[†]を考え

† 小学校低学年がロボットで遊ぶかという話はありますが，最近はそういう教材もあるようです。

ましょう。2 人は何回挑戦するかは決めずになんとなく遊んでいましたが，各回でロボットが何周したかはきっちり記録していました。記録は，つぎのようなものでした。

- A さん（10 回挑戦）：2, 3, 1, 5, 0, 3, 7, 2, 4, 1
- B 君（7 回挑戦）：5, 3, 6, 4, 2, 5, 4

そして，遊び終わったあと，「ああ面白かった。また明日！」となればよかったのですが，「うちらのロボット，どっちのほうが『つよい』[†]んだろう？」という話になってしまいました。A さんが「私のロボットは 7 周できた！」と主張し，B 君が「でも A さんのロボットはすぐにコースアウトすることが多いし，そもそも自分のほうが 3 回少ないし …」と反論し始めて，だんだん収拾がつかなくなって，最後は小学生らしい悪口の言い合いになりました。

1.1 代表値で比較する

小学生にはちょっと酷な評論になってしまいますが，いまの例の A さんと B 君には，「得られた結果（数字）について会話する方法を知らない」という点で問題があります。このときに助けになる唯一の道具が統計の知識です。また，知識があって計算できるだけではなく，相手に勘違いさせないように，正しい言葉で伝えることが必要です。A さん，B 君の遊びを例として，初歩的な統計の考え方，用語を確認していきましょう。

1.1.1 試行と事象

まず，ロボットの周回数「$2, 3, 1, \cdots$」のように，何かの結果が偶然出てくるような行為を，統計学や確率論では**試行**と呼びます。また，試行の結果として起こる現象を**事象**と呼びます。「A さんが 10 回挑戦」の「挑戦」は，統計の話

---

† 特に定義があるわけではなく，小学生的な漠然とした「つよさ」。

をするときは「試行」と表現するほうが話が通じます。また,「A さんの 1 回目の試行の結果は 2 だった」は,「A さんの 1 回目の試行の結果, 事象として 2 が観測された」と堅苦しくいうこともできます。ただ,「試行の結果は 2 だった」で通じる場合は, 特に事象という言葉を使う必要はありません。事象には,「コインを投げる試行をしたら表（裏）が出た」など, 数字以外のもの[†1]もあり得ますが, しばらくは結果が数だとして話を進めます。また, 本書では「試行の結果としての事象」を「試行結果」と表記することがあります。

試行と事象について, 数学的な表現を導入しておきましょう。「X さん（君）の i 回目の試行の結果観測される事象（の値)」を x_i と表すことにします。x_i の x には A さん, B 君にそれぞれ対応する a か b を入れることとしましょう。このような記号を導入するのは, いちいち「X さん（君）の i 回目の試行の結果観測される事象の値」と書くと面倒だからであって, 数学が嫌いな人に対する嫌がらせではありません。x_i という記号を見ると「数学だ」と身構える人がいますが, 数式を解けといわれたとき以外は, 単なる国語の読解問題です。慣れようと思えばなんとかなります[†2]。

もう 1 つ, よく使われる記号を導入しておきます。「X さん（君）の i 回目から j 回目の試行の結果観測される事象」を $x_{i:j}$ と表すことにします。これで, A さん, B 君の試行結果の事象は,「$2, 3, 1, 5, \cdots$」と具体的に数値を出さずに, それぞれ $a_{1:10}, b_{1:7}$ と書くことができます。また, このような事象の並びや寄せ集め（数学の用語では**列**や**集合**）を**データ**と呼ぶことがあります。

1.1.2　代表値の選択と計算

試行や事象の定義や表記の説明は単なる前座で, ここからが本題です。データに対して, **代表値**というものを考えてみます。代表値というのは,「2, 3, 1,

---

[†1] 次章で出てきます。

[†2] ということで,「まえがき」でも述べたとおり, この本はためらわずに数学の記号を使います。その都度ちゃんと説明を入れますので, 慣れていきましょう。一度慣れると一生お得です。ただ,「ちゃんと」にも限界はありますので, 他の資料（教科書やインターネット上の文章や動画）も併用することをおすすめします。

5, 0, 3, 7, 2, 4, 1」というような，たくさん数字が並んだデータを，（乱暴に）1 つの数字で説明するためのもので，以下の値がよく使われます。

（**1**）　**最大値，最小値**　　例えば，A さんの「私のロボットは 7 周できた！」の 7 は，**最大値**と呼ばれる種類の代表値です。事象を数値で表したり置き換えたりできる場合に，結果の中で最大のものを指します。数学の記号を使うと，データ $x_{1:N}$ の最大値を

$$\max_{i=1,2,\cdots,N} x_i \quad \text{あるいは} \quad \max x_{1:N} \tag{1.1}$$

などと表せます[†]。上式の右の表記を使うと $\max a_{1:10} = 7$ となり，B 君の結果の最大値 $\max b_{1:7} = 6$ を上回ります。つまり，この点では A さんのほうが優れていることになります。

最大値があれば，**最小値**

$$\min_{i=1,2,\cdots,N} x_i \quad \text{あるいは} \quad \min x_{1:N} \tag{1.2}$$

もあります。最小値を比較すると，$\min a_{1:10} = 0$，$\min b_{1:7} = 2$ となり，この点では B 君のほうが優れていることになります。ということで，最大値，最小値で比較すると，どっちが優れていたかはわかりません。B 君があと 3 回挑戦していたら，B 君の最大値，最小値は変わっていた可能性もあります。また，最大値，最小値だけでは，それ以外の値だった試行に関する情報が抜けてしまいます。

（**2**）　**平　均　値**　　では，特定の試行だけではなく，各試行をまんべんなく反映した代表値はないものでしょうか。後述のように万能な代表値は存在しないのですが，無難なものとして**平均値**があります。平均値は，試行結果をすべて足して，試行の回数で割った数で，試行結果 $x_{1:N}$ に対して

$$\bar{x}_{1:N} = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_N}{N} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i \tag{1.3}$$

† 左の表記法の場合，max の下に書いてあるのが範囲で，この場合は「i が 1 から N のもののうち，最大の x_i の値」という意味になります。

で定義できます[†1]。この式の $\bar{x}_{1:N}$ のように，本書では記号の上の横棒を，データに対する平均値の印とします。

A さん，B 君の全試行について，それぞれ平均値を計算してみましょう。

- $\bar{a}_{1:10} = \dfrac{2+3+1+5+0+3+7+2+4+1}{10} = 2.8$
- $\bar{b}_{1:7} = \dfrac{5+3+6+4+2+5+4}{7} \simeq 4.1$

となります[†2]。

この 2.8, 4.1 は，どの試行の値を変えても変化するので，全部の試行の結果を反映しているといえ，最大値，最小値のように 1 つの試行だけに焦点を当てた代表値よりも，全試行の傾向を良く表しているように思われます。また，試行の回数が多くても少なくても，有利不利は出ないように思われます。B 君の「でも A さんのロボットはすぐにコースアウトすることが多いし…」という主張は，おそらく「平均値で考えたときに自分のほうが優れている」という思考に基づくものでしょう。この思考には一定の合理性があります。

しかし，例えば走り高跳びや棒高跳びのように，世の中には最大値で優勝が決まる競技もあるので，B 君の主張が 100% 通るわけでもありません。平均値はほとんどの人が知っている代表値かもしれませんが，それですべてが語れるわけではありません。

[†1] $\sum$ も嫌がる人がいますが，「$x_1 + x_2 + \cdots + x_N$」とか「$i = 1$ から N まで x_i を全部足す」とか書くのが面倒なので，$\displaystyle\sum_{i=1}^{N} x_i$ と省略して書いているにすぎません。

[†2] 「$\simeq$」は，左辺と右辺がまったく同じではなく，右辺が近似した数になっているという意味で使っています。B 君の平均値は $4.1428\cdots$ ですが，工学では小さい桁の数値を表示すると，「その小さい桁になんらかの意義があるから無視するな」という意味になります。例えば 4.1428 まで書いておくと，「小数第 4 位まで意味がある」ということを堂々と宣言することになります。しかし，この例では試行の回数が少なすぎて，小さい桁には意味がないでしょう。ここでは 4.1 と書いていますが，たぶん 0.1 もあまり意味がなく，4 と書くほうがより適切でしょう。意味のある桁数は，**有効数字**と呼ばれます。この桁数をどうするかという細かい話はありますが，とりあえず自分が意味があると考える桁まで書いておくのがよいでしょう。最近，表計算ソフトで算出した桁の多い小数を，そのまま論文やスライドに貼る人が（プロの研究者でも）多いので，ついつい説明がしつこくなりました。

索　　　引

―― 著 者 略 歴 ――

2001年　東京大学工学部精密機械工学科卒業
2003年　東京大学大学院工学系研究科修士課程修了（精密機械工学専攻）
2004年　東京大学大学院工学系研究科博士課程中退
2004年　東京大学助手
2007年　博士（工学）（東京大学）
2008年　東京大学助教
2009年　有限会社 USP 研究所技術研究員
2013年　産業技術大学院大学助教
2015年　千葉工業大学准教授
　　　　現在に至る

ロボットの確率・統計
-製作・競技・知能研究で役立つ考え方と計算法-
Introduction to Probability and Statistics for Robotics
–Basis for Thinking and Mathematical Manipulation on Creation, Competition, and Research–

2024 年 3 月 21 日　初版第 1 刷発行　★

検印省略

著　者	うえ　だ　りゅう　いち 上　田　隆　一
発 行 者	株式会社　コ ロ ナ 社 代 表 者　牛 来 真 也
印 刷 所	三 美 印 刷 株 式 会 社
製 本 所	有限会社　愛 千 製 本 所

112–0011　東京都文京区千石 4–46–10
発 行 所　株式会社　コ ロ ナ 社
CORONA PUBLISHING CO., LTD.
Tokyo Japan
振替 00140–8–14844・電話(03)3941–3131(代)
ホームページ https://www.coronasha.co.jp

ISBN 978–4–339–04687–8　C3053　Printed in Japan　（新宅）G