

## Preface

Since the publication of the first edition of this book, there has been an increasing institutional recognition of the importance of Neuroeconomics in the future of neuroscience, economics, and psychology.

At the time that the first edition was published, just a handful of academic institutions included scientists engaged in neuroeconomic research, but the field has matured at an astonishing rate over the past 5 years.

Today scholars at nearly a hundred institutions worldwide are at work on neuroeconomic problems and courses on neuroeconomics are now commonplace at both the graduate and undergraduate levels.

At the time that the first edition of this volume was published, it was also true that very little was known about the biological mechanism of human and animal decision making.

Accordingly, the first edition was primarily designed to provide scholars interested in beginning to undertake neuroeconomic research with a strong interdisciplinary background in the area.

Today, however, the landscape is quite different.

Over the past 5 years the field of neuroeconomics has matured intellectually as well as institutionally.

Thanks to the work of hundreds of cutting-edge scholars, we now know quite a lot about how and where decisions are made in the brain, and that is reflected in the structure of this second edition.

As we did in the first edition we continue to believe that a strong interdisciplinary background is important for scholars in this area but we now confine that review to the first section of the book.

The second section presents what is known to date about the neural underpinnings of preferences ranging from risk attitudes to social preferences, and to inter-temporal choice.

The third section focuses on the learning of values and the neural systems central to our understanding of the neural representation of subjective value.

Section 4 examines what is known about the choice process itself; the mechanism interposed between the valuation processes described in Section 3 and behavior.

Section 5 expands on social studies of decision making, an important frontier in neuroeconomic research today.

The book concludes with an appendix describing the prospect theory of Kahneman and Tversky in detail.

It provides important practical information on the use of prospect theory in neuroeconomic experiments.

## USING THE BOOK

One of the critical challenges facing anyone interested in Neuroeconomics is the interdisciplinary nature of the science. To be a neuroeconomist one must be fluent in and (to a lesser degree) Primate Anthropology. We recognize that very few scholars or students will come to this book with a background in all of these areas, and the first section of the book is designed to address that constraint before the later sections of the book are encountered.

We recognize that very few scholars or students will come to this book with a background in all of these areas, and the first section of the book is designed to address that constraint before the later sections of the book are encountered.

\* \* \*

## Section 1

Accordingly, the first section of this book is broken into 4 components.

Chapters 1 and 2 describe the theory and methods of experimental economics.

For someone trained in economics these chapters would be entirely superfluous.

They are intended for neurobiologists and psychologists who are trying to get a handle on economic thought as preparation for the second through fifth sections of the book.

For someone who knows a little economics but who has not been formally trained in economics, these two chapters are essential.

Chapters 3 and 4 (along with the appendix) provide a survey of the psychology of Judgment and Decision Making.

These chapters should be of particular value to economists and neuroscientists unfamiliar with that tradition.

Chapters 5 and 6 are designed to provide basic literacy in the fundamental methodologies of neuroscience for non-neuroscientists.

Social scientists who hope to make sense of the empirical chapters that follow are urged to take particular care in reading Chapter 5 which provides a primer on basic neuroscience and Chapter 6 which describes the many methods of neuroscientific research.

Even for those non-neuroscientists familiar with basic neuroscience, Chapter 6 should provide a valuable source for understanding the limitations of methods employed in neuroscientific research that can be consulted as one reads the rest of the book.

Finally, Chapter 7 provides a useful introduction to the study of non-human animals in decision making.

For those whose work, or studies, have focused exclusively on human decision makers, this chapter should provide a clear motivation for understanding the studies of non-human decision makers provided throughout this volume.

For instructors using this volume as a textbook in a graduate or undergraduate class, the first section should typically not be presented in its entirety.

If the course is, for example, being presented in a department of psychology as an advanced elective, Chapters 1 and 2 may be all that is required for most students.

If the course is for students from many backgrounds, Section 1 may be an appropriate object for self-study early in the class sequence.

## Section 2

The second section of the book presents core concepts that guide much neuroeconomic research.

The section begins with a first chapter that deals with the basic neural foundations of subjective value in simple binary choice situations and is followed by chapters that engage central notions in neuroeconomic research. Several of the chapters of this section focus on the notion of preferences; they describe a core idea in the study of decision making at both a behavioral and a neuroscientific level of analysis.

Thus Chapter 9 in this section presents a detailed account of the notion of risk-preference.

It describes economic and psychological models of risk preferences that have guided neuroscientific research and then provides a detailed review of current neuroeconomic research in this subarea.

Other chapters in this section develop this same theme for intertemporal preferences, social preferences, and for the impact of emotion on preferences.

Chapter 13 describes a wealth of research suggesting that neural activity encodes the value of goods and action in a single common neural currency - an idea closely related to the economic notion of utility.

Over the last decade, this idea has emerged as a central theme in neuroeconomic research and this chapter reviews those important findings.

The section closes with a review of what might be called the chemistry of choice (Chapter 14).

It examines an emerging thrust of neuroeconomics: the study of how pharmacologic agents like the hormone oxytocin influence choice behavior.

To achieve that goal it provides a basic review of neuropharmacology that will be of particular interest to non-neuroscientific readers.

## Section 3

The third section of the book focuses on how we learn and represent value.

The first chapter in this section (Chapter 15) provides a much-needed overview of the neurobiology of reinforcement learning and dopamine.

This is an area where tremendous progress has been made in computational neuroscience and the chapter provides a clear summary of the mathematical and empirical bases for understanding how "values" are learned by the mammalian brain.

This will be new material for many economist readers, but even for neurobiologists familiar with studies of the neurotransmitter dopamine, this chapter should provide an important computational foundation.

The second chapter of the section, Chapter 16, extends these ideas with a review of advanced topics in reinforcement learning.

Together Chapters 15 and 16 should provide an essential starting point for anyone interested in the neural basis of valuation.

Chapter 17 builds on these ideas, and requires some familiarity with the material in Chapter 15.

It discusses advanced topics in value encoding in other brain areas and presents data on current research frontiers in reinforcement learning.

The section concludes with Chapter 18 which presents alternative views of many of the ideas presented in the first three chapters of this section including important challenges to the core theories presented in the preceding chapters.

This chapter will be of particular interest to behavioral economists.

#### Section 4

The fourth section presents an overview of the choice process: the neural mechanism that takes value or sensory evidence as an input and triggers action as a behavioral output.

It begins with two chapters that examine the two main neuroscientific threads in the study of choice: perceptual decision making and value-based decision making.

These are followed by a series of chapters that examine advanced topics in this area.

Chapter 21 describes evidence that multiple neural systems interact during the choice process.

Chapter 22 examines cutting-edge research on the multiple brain systems that integrate costs and benefits in the generation of choice.

Chapter 23 describes neuron-level modeling that is beginning to reconcile perceptual, value-based, and cost-related decision making in a single framework.

The final chapter in this section examines well-known violations of traditional choice theory and explores the emerging notion that neurobiological constraints may underlie many of these phenomena.

#### Section 5

This section concludes the volume with an overview of social decision making, within the framework of game theory.

Building explicitly on the material presented in Chapter 11 and in Chapter 2, this section of the book explores the neurobiology of social decision making in some detail.

It begins with an overview of behavioral game theory in Chapter 25 at the behavioral and neural levels.

It then proceeds to studies of the neurobiology of game theoretic behaviors in non human primates, an area of very active research at this time.

It concludes with a review of neurobiological studies of empathy and the theory of mind, which guides neuroeconomic studies of social behavior.

Appendix The volume concludes with a very detailed appendix on prospect theory.

Kahneman and Tversky's prospect theory has played a key role in the development of neuroeconomics, but the theory is more complicated than is generally realized. This chapter thus serves two goals.

First, it should provide a detailed and highly valuable how-to guide explaining how prospect theory should, and should not, be used in the laboratory.

Second, it provides an overview of current neuroeconomic research on the foundations of prospect theory.

Slightly longer than most of the other chapters in the book, it should provide an invaluable hands-on reference for anyone planning prospect theoretic research

\* \* \*

## 序文

本書初版の出版以来、神経科学、経済学、そして心理学の将来における神経経済学的重要性に対する組織的な認識が高まっています。

初版出版当時は、神経経済学の研究に従事する科学者がいる学術機関はほんの一握りでしたが、この分野は過去 5 年間で驚異的な速度で成熟しました。

今日では、世界中の約 100 の機関の研究者が神経経済学の問題に取り組んでおり、神経経済学の授業は大学院レベルと学部レベルの両方で一般的になっています。

本書初版出版当時は、ヒトや動物の意思決定の生物学的メカニズムについてはほとんど知られていなかったのも事実です。

したがって、初版は主に、神経経済学の研究を始めようとしている研究者に、この分野における強力な学際的背景を提供することを目的として設計されました。

しかしながら、今日では状況は大きく異なります。

過去 5 年間で、神経経済学の分野は知的にも制度的にも成熟してきました。

数百人もの最先端の研究者たちの研究のおかげで、脳内で意思決定がどのように、どこで行われるのかについて、私たちは現在かなり多くのことを分かっており、それはこの第 2 版の構成にも反映されています。

初版と同様に、この分野の研究者には強力な学際的背景が重要であると考えていますが、今回はその考察を本書の第 1 章に限定します。

第 2 章では、リスク態度から社会的選好、そして異時点間の選択に至るまで、選好の神経的連鎖について、これまでに分かっていることを紹介します。

第 3 章では、価値の学習と、主観的価値の神経的表現を理解する上で中心となる神経系に焦点を当てます。

第 4 章では、選択プロセスそのもの、すなわち第 3 章で述べた評価プロセスと行動の間に介在するメカニズムについて、既知の事実を検証します。

第 5 章では、今日の神経経済学研究における重要な最先端分野である意思決定の社会学的研究について詳しく解説します。

本書は、カーネマンとトヴェルスキーのプロスペクト理論を詳細に解説する付録で締めくくられています。

本書は、プロスペクト理論を神経経済学実験に応用するための重要な実践情報を提供します。

## 本書の使い方

神経経済学に関心を持つ人が直面する重要な課題の一つは、この科学の学際性です。神経経済学者になるには、霊長類人類学に精通している必要があり、さらに(ある程度は)霊長類人類学にも精通する必要があります。本書を読む研究者や学生のうち、これらすべての分野に関する知識を持つ人はごくわずかであることは認識しており、本書の最初の章は、本書の後半の章に進む前に、この制約に対処することを目指しています。

本書を読む研究者や学生のうち、これらすべての分野に関する知識を持つ人はごくわずかであることは認識しており、本書の最初の章は、本書の後半の章に進む前に、この制約に対処することを目指しています。

\*\*\*

## 第 1 セクション

したがって、本書の第 1 セクションは 4 つの構成要素に分かれています。

第 1 章と第 2 章では、実験経済学の理論と手法について解説しています。

経済学の訓練を受けた人にとって、これらの章は全く不要でしょう。

これらの章は、本書の第 2 章から第 5 章の準備として、経済学の考え方を理解しようとしている神経生物学者や心理学者を対象としています。

経済学の知識は多少あるけれど、正式な経済学の訓練を受けていない人にとって、これらの 2 章は不可欠です。

第 3 章と第 4 章(および付録)では、判断と意思決定の心理学について概説しています。

これらの章は、経済学の伝統に馴染みのない経済学者や神経科学者にとって特に価値があるはずです。

第5章と第6章は、神経科学者以外の人々に、神経科学の基本的な方法論に関する基礎的な知識を提供することを目的としています。

これに続く実証的な章を理解したいと考えている社会科学者は、基礎神経科学の入門書である第5章と、神経科学研究の多様な手法を解説する第6章を特に注意深く読むことを強くお勧めします。

基礎神経科学に精通していない神経科学者にとっても、第6章は神経科学研究で用いられる手法の限界を理解するための貴重な情報源となり、本書の残りの部分を読む際に参考にすることができます。

最後に、第7章は意思決定における非ヒト動物の研究への有用な入門書となっています。

これまで人間の意思決定者のみに焦点を当てた研究や研究を行ってきた人にとって、この章は本書全体を通して提供される非ヒト意思決定者に関する研究を理解するための明確な動機付けとなるでしょう。

本書を大学院または学部の授業で教科書として使用する教員は、通常、最初のセクション全体を提示する必要はありません。

例えば、コースが以下のような場合、

心理学科で上級選択科目として開講されるため、ほとんどの学生にとって第1章と第2章だけで十分でしょう。

このコースが多様な背景を持つ学生を対象としている場合、第1章は授業開始直後に自習するのに適した教材となるでしょう。

## 第2 セクション

本書の第2セクションでは、多くの神経経済学研究を導く中核概念が提示されています。

このセクションは、単純な二者択一状況における主観的価値の基本的な神経基盤を扱う第1章から始まり、神経経済学研究における中心的概念を扱う章が続きます。このセクションのいくつかの章は、選好の概念に焦点を当てており、行動分析と神経科学分析の両方のレベルで意思決定研究の中核となる考え方を説明しています。

したがって、このセクションの第9章では、リスク選好の概念について詳細に説明しています。

本章では、神経科学研究を導いてきたリスク選好の経済的・心理学的モデルを概説し、この分野における最新の神経経済学的研究を詳細にレビューする。

本セクションの他の章では、同じテーマを異時点間の選好、社会的選好、そして感情が選好に与える影響について展開する。

第13章では、神経活動が財と行為の価値を単一の共通神経通貨で符号化することを示唆する豊富な研究について解説する。これは、経済学における効用の概念と密接に関連する考え方である。

過去10年間、この考え方は神経経済学研究の中心テーマとして浮上しており、本章ではそれらの重要な知見をレビューする。

本セクションの最後は、選択の化学とでも呼べるもの(第14章)についてレビューする。

本セクションでは、神経経済学の新たな潮流、すなわちオキシトシンなどの薬理学的因子が選択行動にどのように影響するかを研究する方法について考察する。

この目標を達成するために、本書では神経薬理学の基礎的な概要を提供し、神経科学に詳しくない読者にとって特に興味深い内容となっています。

## 第3 セクション

本書の第3セクションでは、人間がどのように価値を学習し、表現するかに焦点を当てています。

このセクションの最初の章(第15章)では、強化学習とドーパミンに関する神経生物学の待望の概説を提供しています。

これは計算神経科学において大きな進歩を遂げてきた分野であり、本章では哺乳類の脳がどのように「価値」を学習するかを理解するための数学的および経験的根拠を明快にまとめています。

これは多くの経済学者の読者にとっては新しい内容となるでしょうが、神経伝達物質ドーパミンの研究に精通している神経生物学者にとっても、本章は重要な計算論的基礎を提供するはずです。

このセクションの2番目の章(第16章)では、強化学習の高度なトピックを概説することで、これらの考えを拡張しています。

第 15 章と第 16 章は、価値判断の神経基盤に関心を持つすべての人にとって、必須の出発点となるでしょう。

第 17 章はこれらの考えを基に展開しますが、第 15 章の内容にある程度精通していることが前提となります。

他の脳領域における価値エンコーディングに関する高度なトピックを議論し、強化学習における最新の研究最前線に関するデータを提示します。

このセクションは第 18 章で締めくられ、このセクションの最初の 3 章で提示された多くのアイデアに対する代替的な見解を提示し、それ以前の章で提示された中核理論に対する重要な反論も示します。

この章は、特に行動経済学者にとって興味深いものとなるでしょう。

#### 第 4 セクション

第 4 セクションでは、選択プロセス、すなわち価値または感覚的証拠を入力として受け取り、行動出力として行動を引き起こす神経メカニズムの概要を示します。

このセクションは、選択研究における 2 つの主要な神経科学的な流れ、すなわち知覚的意思決定と価値に基づく意思決定を考察する 2 つの章から始まります。

その後、この分野の高度なトピックを考察する一連の章が続きます。

第 21 章では、選択プロセスにおいて複数の神経系が相互作用するという証拠について説明します。

第 22 章では、選択の生成においてコストとベネフィットを統合する複数の脳システムに関する最先端の研究を考察します。

第 23 章では、知覚、価値、コストに基づく意思決定を単一の枠組みで調和させ始めているニューロンレベルのモデリングについて説明します。

このセクションの最終章では、従来の選択理論におけるよく知られた違反を考察し、これらの現象の多くに神経生物学的制約が根底にある可能性があるという新たな概念を探ります。

#### 第 5 セクション

このセクションでは、ゲーム理論の枠組みにおける社会的意思決定の概要を示して本書を締めくくります。

第 11 章と第 2 章で提示された内容を明確に踏まえ、本書のこのセクションでは、社会的意思決定の神経生物学について詳細に考察します。

第 25 章では、行動レベルと神経レベルにおける行動ゲーム理論の概要を説明します。

次に、非ヒト霊長類におけるゲーム理論的行動の神経生物学の研究へと進みます。これは非常に活発な研究分野です。

本書は、現時点での重要な研究です。最後に、共感と心の理論に関する神経生物学的研究を概説し、社会行動の神経経済学的研究の指針としています。付録: 本書は、プロスペクト理論に関する非常に詳細な付録で締めくられています。カーネマンとトヴェルスキーのプロスペクト理論は、神経経済学の発展において重要な役割を果たしてきましたが、理論は一般に認識されているよりも複雑です。そのため、本章は 2 つの目的を持っています。第一に、プロスペクト理論を研究室でどのように使用すべきか、また使用すべきでないかを説明する、詳細かつ非常に価値のあるハウツーガイドを提供することです。第二に、プロスペクト理論の基礎に関する最新の神経経済学的研究の概要を示します。本書の他のほとんどの章よりも少し長めですが、プロスペクト理論的研究を計画しているすべての人にとって、貴重な実践的な参考資料となるでしょう。

\* \* \*