

はじめに

本書について

本書は独学で数理的思考力（数理思考）を鍛えるための実践的な入門書です。本書の主な特徴は以下の3点です。

- 私たちの生活を支える技術と数理の繋がりについて、初歩レベルから大学初等レベルの数理的手法を副読本がなくても独学で理解できるように懇切丁寧に解説します。
- スマートフォンを通じて毎日欠かさず利用している主な機能やサービスについて、その数理的基礎を学びながら、基礎的かつ汎用的な数理的思考力を鍛えることができます。
- 本書を読破すれば、他の理数系の専門書に挑戦できる確かな力が身に付きます。

以上を踏まえ、本書では情報検索、商品推薦、画像分類、文章生成、音声解析、衛星測位という、各テーマで1冊の書籍となるテーマをあえてこの1冊に凝縮し、それぞれの基礎的かつ重要な数理的手法について大量の図表と懇切丁寧な数式を豊富に盛り込み、初学者が独学で理解できるレベルを目指してわかりやすく解説しています。このように幅広い分野を1冊の本で学べる点は本書の大きな特徴の1つですが、これは決して「いいとこ取り」を狙ったわけではありません。まずは本書執筆の背景について、ここで述べます。

実社会で数理的手法が必要不可欠となる例として、すぐに想起されるのはAIです。拙著『DXの実務-戦略と技術をつなぐノウハウと企画から実装までのロードマップ』（英治出版、2022年6月）では、AIだけでなくその原動力となるデータの活用を実務で推進するために必要な知識/観点を伝えるために、数理的な解説をやや踏み込んだレベルで示しています。なぜなら、数理的手法の数々を知らなければ、AI/データ活用を実務で実現するどころか、考えることすら不可能だからです。現在の実務ひいては社会の高度化は、数理的手法に基づく科学技術の発達が大いに寄与しています。

私たちは現在、「第四次産業革命」の真っ只中に生きています¹。この革命の中核は紛れもなくAI/データ活用であり、その根本原理は言うまでもなく「数学」です。つま

1 詳細は以下の内閣府のレポートにまとまっているので参照されたい。
https://www5.cao.go.jp/keizai3/2016/0117nk/n16_2_1.html

り、これからの世界を牽引するのは「数学を駆使したイノベーション」であり、これは逃れられない現実です。その最たる例として、2022年11月、OpenAIがリリースしたChatGPTは、極めて汎用性の高いサービスとして突如現れ、今もなお私たちの仕事や生活に極めて大きな影響を与え続けています。

過去を振り返ると、わずか10年程の間にILSVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge) において画像認識のレベルが人間のレベルを超え、AI界隈で最も有名な論文の1つ“Attention Is All You Need²”で公表されたTransformerの登場によってさまざまなAIのレベルが革命的に向上しました。例えば、ChatGPTなどの先進的なソリューションのAIとして駆動する大規模言語モデル(LLM: Large Language Model)の多くはこのTransformerの技術を基礎として進化を続けており、その出力精度や実行可能な処理の幅は日々進化と拡大を続けています。これらの人類史上経験のない変化を生み出している原動力の1つは、紛れもなく数学です。

一方、日本のビジネス/教育の現場において、いわゆる“STEM”と呼ばれる分野の能力は世界水準と比較して低迷の一途を辿っています³。STEMとは、Science/Technology/Engineering/Mathematicsの頭文字を取った略称ですが、昨今ではArtを含めた“STEAM”と称されることもあります。これらの能力の習熟度は、その重要性が声高に叫ばれている現状とは裏腹に、日本国内では一向に改善されていません。経済産業省が2022年5月に発表したレポート『未来人材ビジョン』⁴には国家の将来を担う人材育成の危機的状況が多角的に提示されていますが、特に深刻なのは同資料P40に記載されている「企業は人に投資せず、個人も学ばない」という痛烈極まりないメッセージでしょう。一方、同資料P48には、東証一部上場企業とGAMMA(旧GAFAM)の時価総額の比較が示されており、たった5社に日本国内の東証一部上場企業すべての時価総額が劣る結果となっています。STEAM人材への教育投資の遅れは、もはや一刻を争う深刻な状況を生み出しています。

今後の国際競争力の強弱は、間違いなく国家及び各企業・組織の数学力が大きく左右するでしょう。にもかかわらず、日本国内では理数離れとも揶揄される状況が一向に改善の兆しを見せていません。例えば、スイスのビジネススクールIMD(International Institute for Management Development)⁵の「世界デジタル競争力ランキング」によると、日本の総合順位は2023年に32位(64カ国中)にまで下落し、調

2 <https://arxiv.org/abs/1706.03762>

3 一方、国内15歳の科学的・数学的リテラシーはOECD加盟国で日本はトップレベルを誇る。詳細は以下のリンクを参照。

https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2022/01_point_2.pdf

4 詳細は以下のリンクを参照。

https://www.meti.go.jp/shingikai/economy/mirai_jinzai/pdf/20220531_1.pdf

5 <https://www.imd.org/>

査開始の2017年以降で最低を更新しています⁶。また、経済協力開発機構（OECD：Organisation for Economic Co-operation and Development）のデータによれば、日本の「自然科学・数学・統計学」分野の卒業生数は2018年に約3万人と米国の10分の1となっています⁷。このような日本国内の数理的思考力の低迷を示唆する事実は、枚挙にいとまがありません。

この現状は何が原因となって生まれているのでしょうか。昨今、実務の現場ではデジタルトランスフォーメーション（DX：Digital Transformation）の実現のためにデジタル人材/DX人材への教育投資の必要性が強く叫ばれ、さまざまな取り組みが推進されています。言うまでもないことですが、その理由はDXにはAI/データの活用が求められるからであり、結果として数理思考が必須だからです。

しかし、この領域で支援をしてきた立場として、私には強い疑念があります。そもそも「教育する側」と「教育される側」の両者は、AI/データ活用において一体どのような「数理思考」が求められているのか、本当に理解しているのでしょうか。これほど重要だと叫ばれている数理思考について、実務の現場で垣間見える教育コンテンツは、「習得すべきコンテンツを、わかりやすく教える」のではなく、「わかりやすい解説がしやすいコンテンツを、わかりやすく教える」ような内容となっている様子が散見されます。端的に言い換えれば、思考への負荷がかからない、受講者に学びの“ストレス”が小さいテーマばかりが提供されているのではないか、ということです。このような教育投資に、一体何の意味があるのでしょうか。この課題意識こそ、私が本書の執筆を決意した出発点です。

例えば、再び『未来人材ビジョン』⁴からの引用ですが、同資料P51では「人事戦略が経営戦略に紐付いていない」ことが人材マネジメントにおける一番の課題だと指摘しています。この点、筆者の推察では、そもそも第四次産業革命を乗り越えるために必要となる人材要件、突き詰めて言えば必要な「数理的思考力」を、人材要件に具体的に落とし込めていないからではないか、と考えています。それをせずして、人事戦略と経営戦略を接続させたDX人材の育成など不可能でしょう。

AIを駆使した数々のソリューションは、数理的手法が実現しています。故に、それらの活用を推進するには数理的視点から能動的に考え、具現化できる素養を備えていることが必須です。ただし、そのためには少なくとも大学教養課程レベルの数学の理解がなければ、具体的に考察するどころか何をどのように検討したらよいのか「取り付く島もない」でしょう。にもかかわらず、多くの実務の現場では、この事実と向き合わずに闇雲に実務を進め、その詳細や理解の及ばない内容については専門家に任

6 <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC288470Y3A121C2000000/>

7 <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOJE228460S2A420C2000000/>

せきり、というのが実態ではないでしょうか。

私たちの生活基盤を支えるソリューションが高度な数理的手法に支えられているという事実は、現代が高度な文明社会であることと同義です。その恩恵を享受し、現代に生きる私たちとしては、そのような数理的手法を理解し、活用するための学習と実践を積み上げるべきではないでしょうか。

本書の特徴

とはいえ、数理的な思考力を鍛えるには相当な根気と労力を要します。AIなどの先端技術を理解するためには数理的な基礎理論（微分/積分、三角関数、指数関数、対数関数、行列、ベクトルなど）を前提とし、さらに応用理論（深層学習、フーリエ解析、微分方程式など）を学習する必要があります。しかし、特に基礎理論の学習段階では内容が非常に抽象的で、個別に学習しているだけだと一体これらが何の役に立つのか、全くわからないまま「砂を噛む」ような苦痛に耐える必要があります。昨今、特にAIに関する情報コンテンツはとにかくわかりやすく、理解の手軽さをアピールして、簡易的な数学的手法をまずは身につけていこう、といったものが溢れています。たしかに、最初から専門的な内容は理解し難いので、まずは数学に対する苦手意識を払拭し、数学とAI並びに実社会がどのように結びついているのかを学ぶことは必要でしょう。

しかし、私はこのような傾向には強く警鐘を鳴らしたい。理解、習得のハードルが低い知識や考え方をいくら身につけたところで、実際に実務で価値を創出できるレベルの数学力は、絶対に身につけません。知識欲を満たすだけの“消費”のような情報収集ならまだしも、第四次産業革命の真っ只中を生き残ることが求められ、例えば企業の命運を左右するDX人材/デジタル人材を育成することを志向するならば、中途半端な育成施策の“消費”は直ちに止め、STEAM人材創出に向けて本格的な「投資」を決断し、推進すべきです。

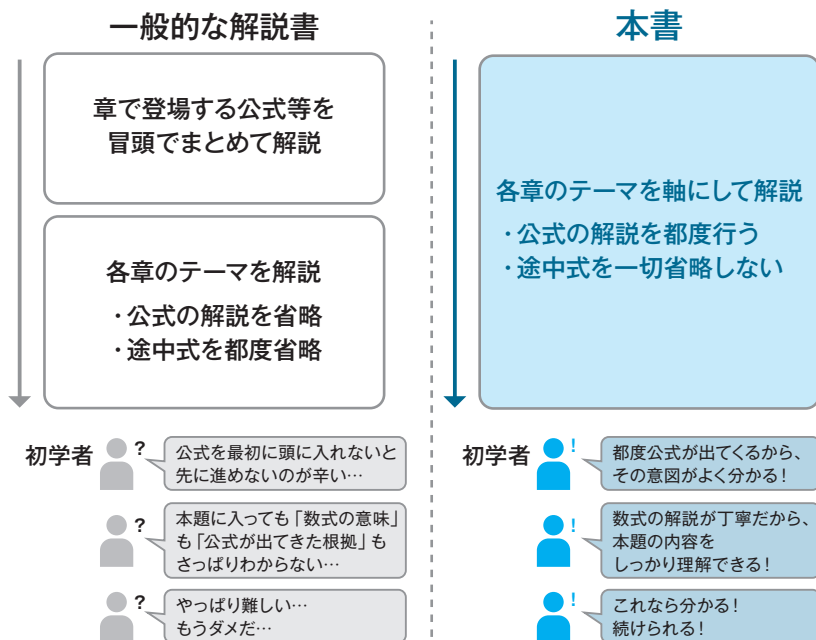
さて、冒頭の日本社会の課題、並びにその解決に立ちはだかるハードルを踏まえ、何とかして基礎理論に留まらない応用レベルの数学力を実践的に学ぶ方法を生み出せないか、という想いのもと、執筆したのが本書です。ここで、本書に「書かれていること」「書かれていないこと」の概要を表0.1に示します。記載の通り、本書では数学を技術に落とし込むためのプログラミングやオープンソース関連のツールといった「ソフトウェア開発」に踏み込む解説は対象外である点に留意ください。また、本書は初学者を対象とした解説書ですので、厳密すぎる定義や条件などを提示しながら解説すると多くの読者にとって理解が困難となることが想定されます。よって、数学的に厳密な定義や条件などの解説は適宜割愛し、必要に応じて注釈などで補足する程度

に留めていますので、あらかじめご了承ください。

▼表0.1 本書に書かれていること / 書かれていないこと

本書に書かれていること	<ul style="list-style-type: none"> ・情報検索、商品推薦、画像分類、文章生成、音声解析、衛星測位の各分野の基礎（中学レベル）～応用的（大学初等レベル）な数理的手法について、副読本なしでも独学で理解できるよう詳細に解説 ・単なる数理モデルや公式の解説に留まらず、それらを実際に活用する際に留意すべき点や発展的な話題に触れ、読者の見識を広げる工夫を随所に提示
本書に書かれていないこと	<ul style="list-style-type: none"> ・厳密すぎる数学的な定義や条件の解説（適宜注釈などで補足） ・AI/データをソリューションとして動かすための各種プログラミングの解説や、網羅的なサンプルコードの提供 ・数学的な考え方をプログラミングに反映させる手法の考察 / 解説

本書を読めば、数理思考のリアルな用途や求められる理解のレベルが、普段触れているサービスの利用体験を踏まえ、手触り感を持って体感できるはずです。さらに、本書が対象とする初学者の方々を考慮し、各章の解説の構成に大きな特徴を持たせています。図0.1の右側で示している通り、各章で中心となるテーマを軸に解説を進め、数理的手法の理解が必要な場面になったら「その都度」公式などの詳細な解説が登場する、という構成としています。



▲図0.1 一般的な解説書と本書の解説方法の比較

図0.1左側のように、一般的な専門書や解説書は、章の冒頭で「必要な公式」を「一度に」紹介・解説し、本題では解説済みの公式を前提として話が進みます。あるいは、基礎的な数理的手法は既知の前提で解説が進みます。そのため、数式の解説でもその理由や途中式が省略されがちで、「なぜこのような計算結果となるのか」「なぜこのような数理的手法がここで出てくるのか」について読者が理解できている前提で次々と解説が展開されます。これでは初学者にとってハードルが高く、苦手意識を植え付けられた教育課程と同じような「詰め込み型」で「不親切」な教科書が思い出されてしまうのではないのでしょうか。一方、本書では各章で解説するテーマを「一直線に解説」します。その中で、必要に応じて公式や数理的手法が「その都度」登場します。さらに、計算過程の途中式は一切省略せず、むしろ丁寧過ぎるほど詳細に解説しています。紹介する数理的手法は決して易しいものではありませんが、独学で理解するためのサポートを極めて手厚く行っているのが本書の大きな特徴です。

この点、本書は昨今重要性が高まり続けている社会人の「学び直し」のためのテキストとして活用されることも想定しています。さらに、高校生/大学生に向けては「実社会では数学がどのように活用されているのか」という疑問に対する「先取り学習」として活用できると考えています。本書が想定する読者は以下に示すような方々です。

- 高校生 / 大学生

- ・ 授業で学んでいる数学が何の役に立つのかわからず、学習へのモチベーションが湧くようなヒントが欲しい
- ・ 将来的にAIに携わることを見据え、どのようなことを学んでいくべきか具体的に知りたい
- ・ AIの分野に進みたいが、そのためにはどの程度の数学力が必要なのか、具体的に知りたい

- 社会人

- ・ 数学が必要だとは理解しているが、何をどのレベルまで理解すればよいのかわかりたい
- ・ AIに関する数理的手法について「ある程度学べた」という手応えや手触り感が欲しい
- ・ 身近な技術の中でどのように数学が機能しているのか、具体例をもとにその必要性を理解しながら学び直したい

私たちの生活を支える技術を数理的に解き明かすため、本書では本格的な解説が展開されます。そのため、理解のハードルは高いですが、その分、一歩ずつ山を登り、

次第に視界が開け、これまで見えなかった景色が見えてくるような読み応えのある書籍を目指しました。そこには単純化した考察をどれだけ積み上げても、絶対に到達できない世界があると、私は確信しています。

本書が読者の数理的思考力を高め、新たな学びやキャリアへと踏み出す一助となることを願ってやみません。