

はじめに

機械学習とは、簡単にいえばデータの性質や法則性を見出す仕組みのことであり、人工知能 (AI)、ビッグデータ、データサイエンスという言葉が一般に普及してきた現代では欠かせない技術となっている。機械学習は統計学や数理科学、計算機科学を基盤とする技術であり、検索エンジンや購買履歴データの解析、株価・天候予測、音声・画像認識、疾病の発見など、機械学習単体でも様々な統計データの解析で活躍していることはすでに知られていることであろう。その一方で、近年では物理学、化学、生物学などの自然科学からロボティクス、システム制御、情報処理などの工学に至るまで、様々な分野で「機械学習を通じたデータの活用」が行われている。機械学習に分類されるアルゴリズムは多岐に渡り、現在も様々な新しいアルゴリズムが提案され続けているが、これらは大きく「教師あり学習」、「教師なし学習」、「強化学習」の3種類に分類することができる。本書は、その中でも入力データと出力データの間関係を見出すことを目的とした教師あり学習、特に**カーネル法**に注目し、その数学的背景の概説と実践例の紹介を試みる。

本書は「機械学習のための関数解析入門：ヒルベルト空間とカーネル法」(瀬戸-伊吹-畑中 [1]) と姉妹本の立ち位置にある。瀬戸-伊吹-畑中 [1] では、理工学部の標準的な数学の知識を前提に、関数解析の応用として、カーネル法の理論と応用の解説を試みた^{*1}。瀬戸-伊吹-畑中 [1] に引き続き、本書では実践編としてより実装に特化した形でカーネル法、およびその応用例についてまとめている。特に、本書単独でも第1~4章を読めばカーネル法による回帰・分類について学べるように配慮し、学習に用いた数値・実験データに加えてプログラムのソースコードも用意することで、読者が実際に手を動かしながら読み進めら

^{*1} カーネル法の概要については瀬戸-伊吹-畑中 [1] のまえがき (<http://www.rokakuho.co.jp/data/books/0171.html>) を参照されたい。

ii はじめに

れる内容にした。また、本書のもう一つの特徴として、単なる学習方法の習得のみならず、学習結果を基に現実世界のモノを動かすまでの一連の流れを習得できる構成を採用した。具体的には学習対象はロボット運動に作用する不確かな環境とし、学習を超えて、学習結果のロボット制御への利用方法までをまとめた。このロボット制御への応用例を通して、機械学習がコンピュータ（サイバー空間）上に留まらずに実世界（フィジカル空間）上の対象に対しても有用であることを示そう。ロボット制御に限らず、読者が専門とする分野への機械学習の導入のきっかけを本書が担うことを願う。

プログラミング言語として、本書では Python を採用した。Python はオープンソース・フリーソフトウェアであり、誰でも簡単に利用できる。また、インタープリタ型言語であるため、記述したコードを直ちに実行できる。付録 A で紹介する Google Colaboratory ^{*2} というクラウドサービスを利用することで、ウェブブラウザ上でコードの記述・実行ができ、初心者の方でも実行環境の構築を行うことなく Python を導入できるのも魅力である。ぜひ読者の方でもサンプルコードを実装し、本書の内容を実践していただきたい。

本書は実践に重きを置くが、同時に本書単独でも各種学習アルゴリズムとその数学的背景、およびシステム制御の基礎についてある程度理解できるように注意して執筆した。なお、本書で扱うサンプルコードや実験データは以下の出版社 HP にアップロードされているので、適宜ダウンロードされたい。

http://www.rokakuho.co.jp/data/04_support.html

本書の構成

本書はカーネル法の実践と制御応用の実践の二部構成でまとめられている。第 I 部では、まず第 1 章で最も簡単な線形な場合の回帰・分類問題を紹介しよう。ここで紹介する最適化の概念が学習の基盤となる。第 2~4 章では、カーネル法の応用例として、回帰、サポートベクトルマシン、ガウス過程回帰について概説し、実践例を紹介する。ここでは、瀬戸-伊吹-畑中 [1] で紹介した数値例に加えていくつか重要な例を紹介しよう。第 II 部では、まず第 5 章で本書

^{*2} <https://colab.research.google.com/> を参照とする。

で用いるシステム制御の基礎について解説する。第6章では、第I部で紹介した内容の応用例として、実際に取得した実験データを用いた制御のための学習について紹介する。さらに、第7章では学習結果の制御への応用例を紹介しよう。なお、本書ではすぐに実践に入りたい読者向けに、数学的背景である最適化の基礎やカーネル法の概説を付録にまとめた。

最後に、本書の完成までに多くの方々のお世話になりました。本書で扱う実験には加藤圭祐氏、堀川聖氏に多大なる協力をいただきました。コードの作成・確認には Marco Omainska 氏に協力していただきました。また、伊吹賢一氏と島根大学の鈴木聡氏は原稿を精読し、多くの誤りや読みづらさを指摘し、改善を提案してくれました。本書の出版にあたっては、内田老鶴圃社長内田学氏、同社編集部笠井千代樹氏、生天目悠也氏に大変お世話になりました。皆様に厚くお礼を申し上げます。

2023年4月

著者