

機械学習のための関数解析入門 カーネル法実践：学習から制御まで



伊吹竜也, 山内淳矢, 畑中健志, 瀬戸道生
共著

内田老鶴圃 (2023年)

A5判 162ページ 定価 3,080円 (2,800円+税)

ISBN : 978-4-7536-0172-1

本書に先立って出版された「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・畑中著)¹⁾を研究室のゼミでの輪読に利用したことがある。システム制御や情報科学分野において関数解析は重要な数学的ツールである。しかし、工学系や情報系では学部の講義で関数解析を習うことがほとんどなく、ゼミで使える簡単かつ面白い本を探していた。幸い、私の知り合いが著者に含まれていたため、「お試し」で利用してみたところ、数学のレベルがゼミにぴったりで、学生たちはヒルベルト空間やカーネル法についての実用上は十分な知識を得た。そのような経験があったので、本書が出版されるとすぐに購入し読んでみた。

本書は理論よりも実践を重視しており、いろいろな計算がすぐにできるよう Python プログラムが多数掲載されている。ここが前著との一つの大きな違いで、カーネル回帰やサポートベクトルマシン、ガウス過程回帰などをすぐに試してみることができる。これは特に学生にとってはたいへんありがたい。まずはプログラムを実行し、結果を見て効果を実感したのちに、前著を使って理屈を勉強するのが順番としては良いのでは、とさえ思う。特に本書の主題でもある「関数解析」に関連する再生核ヒルベルト空間の理論については、本書ではほとんど理論的な説明がないが、まずはプログラミングで興味をもった後に前著でしっかりと勉強するのが良いと思う。

第二部では、カーネル法の制御への応用が述べられている。この第二部は制御の初学者向けに書かれているが、制御の専門家にも十分楽しめる内容である。機械学習は制御分野のホットトピックであり、「機械学習を使ってなんかできないかな」と考えている制御研究者は多いはずだ。そのような研究者は、ぜひ本書を読んでエッセンスを学び、

自分の研究課題に応用して欲しい。たとえば、図 7.1 ではお馴染みのフィードバック制御系において機械学習がどこに応用されるかが一目でわかるようになっている。

以下、本書の具体的な内容について述べる。まず第一部は第 1~4 章までの全 4 章からなる。第 1 章では、最も簡単な線形モデルに限定し、本書で主に扱う回帰と分類の基本的な考え方(最適化手法)を解説しており、本書の導入として次章以降の理解の助けとなる。第 2~4 章では、カーネル法として前著で主に扱っていたカーネル回帰、サポートベクトルマシン、ガウス過程回帰のそれぞれについて、実践できるようになるための必要最低限の内容がまとめられている。さらに、リッジ回帰やソフトマージンサポートベクトルマシンなど、実際のデータを扱う上で必要となる手法についても実践例と共に新たにまとめられている。

第二部は第 5~7 章までの全 3 章で構成されている。第 5 章では、初学者に向けてシステム制御の基礎についてまとめられており、さらに第 6, 7 章への架け橋としてロボットや環境のモデリング・制御における問題提起がなされている。第 6 章では、第一部で扱われたカーネル法の応用として、ロボットモデルやコントローラモデル、環境モデルの学習についてまとめられている。第 7 章では、応用 2 として、第 5 章で提起された諸問題に答える形でカーネル法による学習結果を用いた制御の実践例が紹介されている。さらに、付録として Python によるプログラムの実行方法や、本書における必要最低限の最適化問題の予備知識についてまとめられており、カーネル法の概説も与えられている。

以上、本書はカーネル法の仕組みの理解のみならずその実装や応用のアプローチまで習得できるぜいたくな一冊である。カーネル法に関する書籍はこれまで多数登場しているが、「システム制御との結び付き」についてまとめられた和書は、システム同定に関する書籍²⁾の他にはないと思われる。その意味で本書はたいへん貴重であり、システム制御のみならず他分野への機械学習の応用を検討している読者にはぜひお勧めしたい。

- 1) 瀬戸, 伊吹, 畑中: 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, 内田老鶴圃 (2021)
- 2) 藤本, 永原: 線形システム同定の基礎—最小二乗推定と正則化の原理—, コロナ社 (2021)

(広島大学 永原 正章)