

工学における物理と数学の統一的教育の提案

(第2報) 高校教育との連携について

Proposal for unified education of physics and mathematics in engineering
Part 2, Collaboration with High School Education

渡邊浩志¹⁾

Hiroshi Watanabe

1) (株) テクスパイア (〒102-0083 東京都千代田区麹町3-3-8 麹町センタープレイス 4階)

E-mail: watanabe.hiroshi@techspire.co.jp)

It seems that physics and mathematics education are clearly separated in both high schools and universities. On the other hand, in engineering education, it is important to develop engineers who can understand real phenomena through observation and computer simulation. For this purpose, we propose that physics and mathematics should be integrated into a coherent education, taking into consideration the content of the distinction between the two.

Key Words: Education method, Education System, Engineering education

1. はじめに

高校・大学とも物理と数学の教育は明確に切り離されていると思われる。一方、工学教育においては、観察、および計算機シミュレーションにより実現象が把握できるようなエンジニアの育成が重要である。この目的のためには、峻別される内容も考慮したうえで、物理と数学を統一し、一貫した教育をすべきと提案する。

日本では全国のどの地域で教育を受けても、一定の水準の教育を受けられるようにするため、文部科学省が学校教育法等に基づき、各学校で教育課程(カリキュラム)を編成する際の基準を定めており、これを「学習指導要領」という。学習指導要領では、小学校、中学校、高等学校等ごとに、それぞれの教科等の目標や大まかな教育内容を定め、これとは別に、学校教育法施行規則で、例えば小・中学校の教科等の年間の標準授業時数等が定められている。[1] また、前報[2] で指摘したように、日本における物理と数学の教育は、初等教育、即ち小学校においては主に教育学部出身の教員が担当し、中等教育、即ち中学校高等学校においては主に理学部出身の教員が担当する。

本論文では、最初に学習指導要領の流れおよび特に計算力学に密接な関係のある行列の取り扱いをまとめ、さらに近年の学習指導要領で重視される傾向にあるデータサイエンスの学習内容と関連を考察する。

2. 学習指導要領の変遷

学習指導要領は第2次大戦後すぐに試案が作成されたが、現在のような大臣告示の形で定められたのは昭和33年のことであり、それ以来、ほぼ10年毎に改訂されてきた。それぞれの改訂における、主なねらいと特徴は、以下のとおりである。

- 昭和33～35年改訂 教育課程の基準としての性格の明確化(道徳の時間の新設、系統的な学習を重視、基礎学力の充実、科学技術教育の向上等)
- 昭和43～45年改訂 教育内容の一層の向上(「教育内容の現代化」)(時代の進展に対応した教育内容の導入(算数における集合の導入等))
- 昭和52～53年改訂 ゆとりのある充実した学校生活の実現 = 学習負担の適正化(各教科等の目標・内容を中核的事項にしぼる)
- 平成元年改訂 社会の変化に自ら対応できる心豊かな人間の育成(生活科の新設、道徳教育の充実等)
- 平成10～11年改訂 基礎・基本を確実に身に付けさせ、自ら学び自ら考える力などの「生きる力」の育成(教育内容の厳選、「総合的な学習の時間」の新設等)
- 平成20～21年改訂 「生きる力」の育成、知識・技能の習得と思考力・判断力・表現力等の育成のバランスを重視、「統計」に関する内容を必修化

(数学 I)「課題学習」(数学)、「数学活用」、「理科課題研究」、「科学と人間の生活」の新設等

- 平成 29～31 年改訂「社会に開かれた教育課程」を通して、社会や世界の状況を幅広く視野に入れ自分の人生を切り拓いていくために求められる資質・能力とは何かを、教育課程において明確化し育んでいくこと。

学習指導要領全体のまとめでは、工学教育、特に、計算力学分野との関連性がわからないので、象徴的なテーマとして行列の取り扱いについて表 1 にまとめる。表の作成に当たっては市川のもとめ[3]を参考にして加筆した。行列が採用された昭和 45 年の改定はのちに「詰め込み教育」といわれるもので、対して「円周率 3」、「ゆとり世代」といわれるものが平成 11 年の改定にあたる。

昭和 45 年の改定の時代背景としては、1960 年代のソ連の人工衛星の打ち上げ成功によるアメリカの「スプートニク・ショック」や、日本の高度経済成長による科学技術教育の充実が最重要課題として認識されていたことなどが理由と考えられる。行列は高度な分野と考えられていたらしく、この段階で初めて導入される。

しかし学習内容の拡充により「落ちこぼれ」「受験戦争」が問題になり、この対策として昭和 53 年の改定では理数教育を中心に、小中高あわせて 3 割近くの削減が実施される。平成元年は揺り戻しのように複素平面が復活するなど学習内容が増加、平成 11 年の改定では逆の揺り戻しで完全学校週 5 日制のゆとり教育になり、「学力低下」という社会問題を招き、平成 20 年の改定にいたる。学習内容は拡充されたが、なぜか「行列」は削除された。その代わりにように「統計」が必修化される。

平成 30 年改訂では「行列」が復活する。この教育課程が実施されるのは、令和 4 年度(2022 年)入学、2024 年度現在で高校 3 年生からである。この学習指導要領に準拠する教材例として、「行列入門」[4]を文部科学省が作成・公開している。この内容を確認すると、行列導入の目的の一つがデータサイエンスであることがわかる。行列を活用した統計的处理、行列によるグラフ表現などが解説されている。これに対して、計算力学、特に連続体解析学の理解にあたって必要な行列の知識は、Table1 の項目だと一次変換で、これに加え 2 次形式があげられる。これらは「行列入門」には含まれていない。

3. データサイエンスの基礎的学習内容

2 章で示したように、今後の学習指導要領ではデータサイエンス系の教育が強化されていくと考えられる。実は計算力学も使用している数学としては共通する部分も多い。東京大学数理・情報教育研究センターのウェブサイト[5]に「学部レベルのデータサイエンス・プログラムのカリキュラム指針」としてまとめられた資料が公開されているので紹介する。

- A) データサイエンス入門
- B) 数学基礎
- C) 計算論的思考
 - (ア) アルゴリズム・ソフトウェア基礎
 - (イ) データキュレーション データベースとデータ管理
- D) 統計的思考
 - (ア) 統計的モデリング基礎
 - (イ) 統計的学習・機械学習

このうち、数学基礎に含まれる項目は以下の通りである。ベクトル・テンソル解析の基礎知識としてはおおむね十分といえる内容である。

- 数学的構造(関数、集合、関係、論理)
- 線形モデリングと行列計算(行列代数、行列分解、固有値、固有ベクトル、射影、最小二乗法)
- 最適化(微分に関連する解析学の概念)
- 多変量(多変数関数の微分・積分の概念、その数値計算)
- 確率、確率モデル(数え上げ原理、1 変量確率分布、多変量確率分布、独立性、計算機によるシミュレーション)

4. まとめ

本論文では、学習指導要領の流れ、特に計算力学に密接な関係のある行列の取り扱いをまとめた。また近年の学習指導要領で重視される傾向にあるデータサイエンスの学習内容は計算力学に応用可能なものが多いことを示した。

参考文献

- [1] 文部科学省、学習指導要領「生きる力」、https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/idea/1304372.htm (2024 年 4 月 17 日閲覧)
- [2] 渡邊浩志、菊地 脛、工学における物理と数学の統一的教育の提案、計算工学講演会論文集、Vol.28 (2023 年 5 月)
- [3] 市川 伸一、高校数学カリキュラム変遷、<https://www.p.u-tokyo.ac.jp/lab/ichikawa/johoka/2008/Group1/curriculumtop.htm> (2024 年 4 月 17 日閲覧)
- [4] 文部科学省、高等学校数学教材(行列入門)、https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseioun/1394142_00001.html (2024 年 4 月 17 日閲覧)
- [5] 東京大学数理・情報教育研究センター「学部レベルのデータサイエンス・プログラムのカリキュラム指針」<http://www.mi.u-tokyo.ac.jp/mds-oudan/index.html> (2024 年 4 月 17 日閲覧)

Table 1. 高等学校学習指導要領における行列の取り扱い

	昭和26年	昭和30年	昭和35年	昭和45年	昭和53年	平成元年	平成11年	平成20年	平成30年
行列とその 応用				数学Ⅱ A・ Ⅱ B 数学一般・ 応用数学	代数・幾何	数学 C	数学 C		数学 C
行列とその 演算				数学Ⅱ A・ Ⅱ B 数学一般・ 応用数学	代数・幾何	数学 C	数学 C		数学 C
一次変換				数学Ⅱ A・ Ⅱ B 応用数学	代数・幾何				
行列の積と 逆行列				数学Ⅱ B	代数・幾何	数学 C	数学 C		数学 C
行列の応用				数学Ⅱ B	代数・幾何	数学 C	数学 C		数学 C