

〔研究ノート〕

数理解析プログラミングを用いた高等学校教育における 数学教育に関する検討*

伊藤 順治^{*2}, 飯干 亮成^{*3}, 大牟田桃矢^{*3}

An Examination of Mathematics Education in High School Education Using Mathematical Analysis Programming

Junji ITO^{*2}, Ryouna IIHOSHI^{*3}, Touya OHMUTA^{*3}

^{*2}Department of Mechanical and Electrical Engineering, School of Engineering,
Nippon Bunri University

^{*3}Department of Mechanical and Electrical Engineering, School of Engineering,
Nippon Bunri University (Graduate, AY2021)

1. はじめに

今日の高等教育の情勢として、プログラミング教育が必修化されることが話題となっている。大学で理工学を学ぶ際、「数値計算法（数値解析）」は、解析的に解くことが困難な様々な数学の問題を、計算機の処理能力を駆使することによって数値的に求める方法である。解析的に解くことが困難な制御系解析/設計の問題などを、数値的に解くことが時代のトレンドとなっている。このように、現在、「数値計算法」は様々な「工学」の分野での問題を解くために不可欠なツールであり、高性能な製品を開発する上で重要な役割を担っている。プログラミングによる数値解析もその一つの手段である。また、工学においては「微分方程式」が重要となる。物理現象を微分方程式で記述する能力や、微分方程式から記述され

ている物理現象を読み取り、数学的に解を求める能力を身につけることは、理工学を学ぶうえで必須となっている。しかし、現在の高等教育では微分方程式を扱わない。また、プログラミング教育の実施は、高等教育の各教科の学習指導要領には明記されていない。これらのことを問題点として挙げ、工業系の大学への進学を目指す高校生に対し、その準備として高等教育でも取り入れられるべきだと考え、高等教育数学科の観点から、工業系の大学への進学を目指す生徒に対する指導の在り方について考察し、プログラミング教育の導入の適用に関する研究を行い、課題や問題点を明確にすることを目的とした。

2. 高等学校数学科教育の観点から

本研究において、数学Bから数列、数学Ⅱ・数学Ⅲ

*2022年6月15日受理

*2日本文理大学工学部機械電気工学科 教授

*3日本文理大学工学部機械電気工学科（2021年度卒業）

から微分法・積分法の3つの単元を題材として授業資料及び学習指導案を作成した。

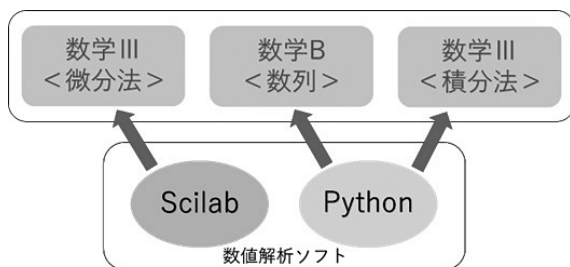


図1 数学教育とプログラミング

〈数列〉

等差数列や等比数列の仕組みを理解し、それらの一般項や和を求める作業、漸化式の一般項を求め、Pythonによるプログラムの実践の中で、構文を用いて一般項を表し、手計算では求めることが難しい第 n 項を数値解析によって求める。これらの作業を通して、教科の学習到達目標の達成及び深い学びにつながるよう作成した。

〈微分法〉

微分法では、関数のグラフの単元を扱う。Scilabを用いたプログラミングにより、plot関数を用いてグラフの概形を求める作業を行う。いくつかの例題を通してプログラミングに慣れてもらった後、実際にチャート等の問題集を用い、練習問題で実践する。増減表など手計算ではグラフを描くことが困難な関数を問題として提示し、プログラミングを用いて概形を求める作業を通して、関数のグラフへの理解が深まるよう作成した。

〈積分法〉

積分法では、区分求積法の単元を扱う。長方形の面積の和、刻み幅を変化させたときの誤差について意識させることで、従来の「積分＝微分の逆」ではなく、「積分＝面積を求める計算」の概念を確立し、プログラミングによる数値解析を通して、積分法に対する理解を深まるように作成した。

3. アンケート調査の実施及び考察

作成した学習指導案や高等教育への微分方程式の導入、数学科教育へのプログラミング教育の導入に対する意識調査を目的とし、現職の私立高等学校数学科教員（29歳～45歳以下）を対象としてアンケート調査を実施した。依頼した8名のうち回答のあった6名の回答をもとに考察する。

質問項目は下記の1～10とした。

1. 数学科教育へのプログラミング教育の導入は、数学への深い学びにつながると思う。
2. 数学科教育へのプログラミング教育の導入は、数学的活動の促進につながると思う。
3. プログラミングによる数値シミュレーションや、データ解析手法の教育は、今後の数学科教育に取り入れるべきだと思う。
4. 今後、情報教科以外を指導する教員もプログラミングに関する知識を身に付ける必要があると思う。
5. 本研究にて提言した授業は、数学へのより深い学びを実現できると思う。
6. 本研究にて提言した授業は、プログラミング教育の導入により、数学科教育の幅を広げることができると思う。
7. 本研究にて提言した授業は、環境面も含めすぐに実践可能であると思う。
8. 微分方程式は高等学校数学科教育で必修化するべきだと思う。
9. 提言した授業について考えられる問題点や改善すべき点期待できる点があれば簡単に記述してください。
10. 数学科教育へのプログラミング教育の導入に対して、教員の立場として考えられる問題があれば簡単に記述してください。

質問項目1～8

質問項目1については「わからない」2人、「少し思う」3人、「強く思う」1人と全体を通して肯定的な回答となった。図2参照。現職の教員もプログラミング教育の導入が数学への深い学びにつながる教材になりうることに可能性を感じていることが分かった。

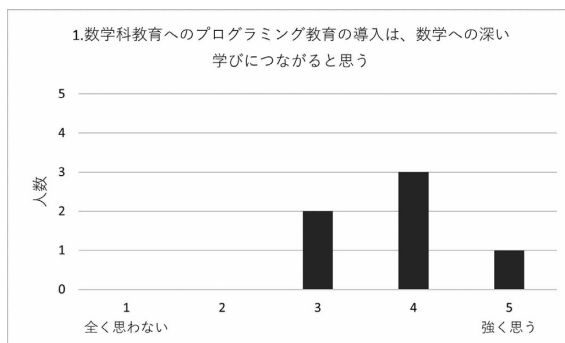


図2 質問1の回答

質問項目2については「あまり思わない」1人、「わ

からない」1人、「少し思う」3人「強く思う」1人と質問1と比較して回答が割れた。図3参照。実際に数学科教育へプログラミング教育を導入した授業実践がされていない現在において、数学的活動の促進につながるか否かはわからないのが現状であるが、Society5.0とも呼ばれる新たな時代の到来に伴い、ICTを活用し問題解決につなげる力は今後求められる。

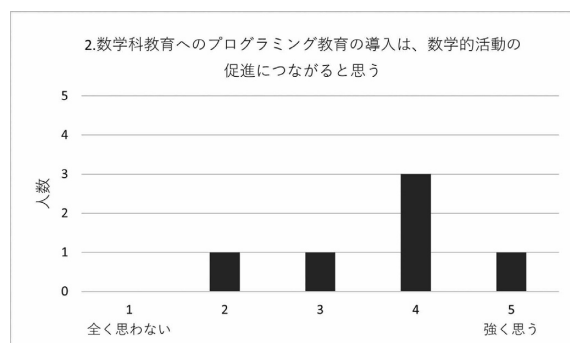


図3 質問2の回答

質問項目3については「わからない」2人、「少し思う」4人と肯定的な回答が多かった。図4参照。微分方程式を高等教育で扱ってほしいという大学からの要望がある現在、文理問わず全ての生徒に対してではなく、理系の中でも、特に工業系への進学を目指す生徒に対しては、これらの教育を実践すべきだと考える。

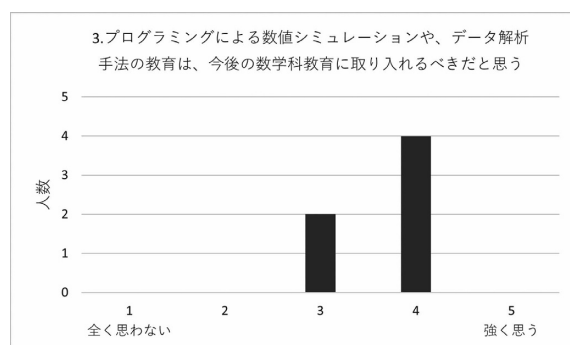


図4 質問3の回答

質問項目4については、「わからない」2人、「少し思う」2人、「強く思う」2人と肯定的な回答が多かった。図5参照。高等教育の各教科の学習指導要領にはプログラミング教育の導入に対する明確な記載はないが、情報教科のみならず他教科の教員もプログラミングに関する知識を身に着ける必要があると考えていることが分かった。

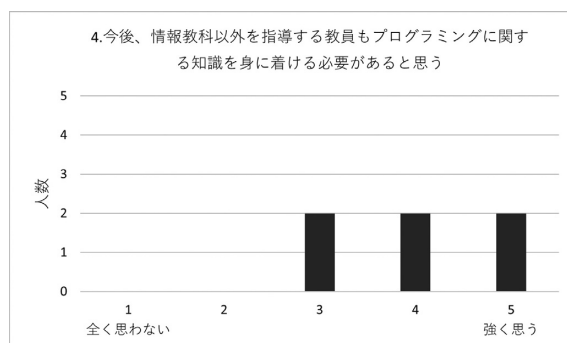


図5 質問4の回答

質問項目5については「わからない」1人、「少し思う」5人と肯定的な回答が多かった。図6参照。今回は作成した授業資料と学習指導案に目を通してもらい回答してもらったものであるため、授業実践や研究授業等を見学することで回答が変わってくることが予想される。しかし、この結果から、現段階では数学科の学習到達目標の達成及び、深い学びにつながる事が期待できる授業が作成できた。

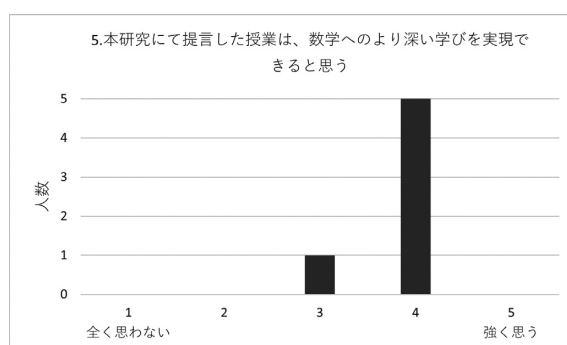


図6 質問5の回答

質問項目6については「わからない」1人、「少し思う」5人と、質問5と全く同じ結果となった。図7参照。

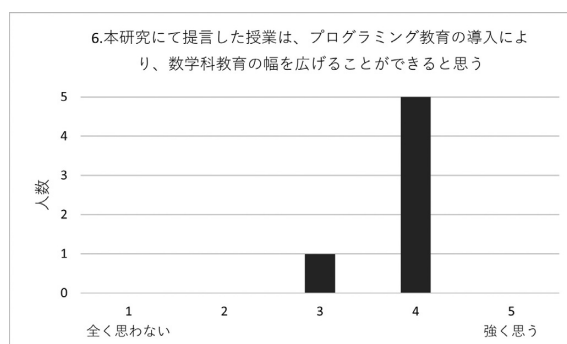


図7 質問6の回答

質問項目7については、「あまり思わない」3人、「わからない」2人、「少し思う」1人と否定的な意見が多かった。図8参照。

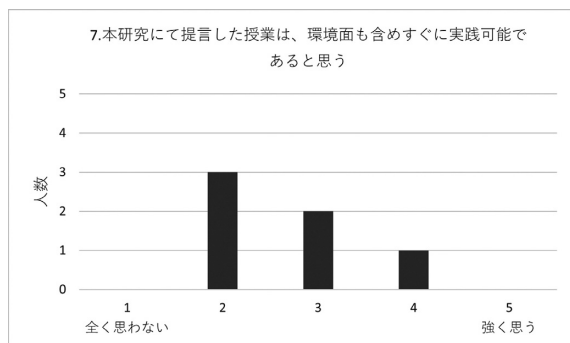


図8 質問7の回答

授業実践となると、いくつか問題点が考えられるが、ICT教育を行える環境が不十分であることや、教員側と生徒側にプログラミングスキルが必要となることが考えられるため、この結果は妥当であると考ええる。

質問項目8については、「あまり思わない」2人、「少し思う」が1人、「強く思う」が1人と意見が分かれた。図9参照。質問3同様、微分方程式を扱って欲しいという大学からの要望があるため扱うべきにとらえる人もいたが、必修化となると授業時間の確保が必要となるなど、問題点も存在し、意見が分かれる形となった。

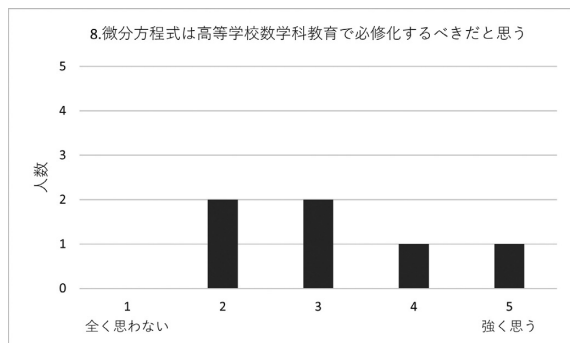


図9 質問8の回答

質問項目9

- ・プログラミングに触れさせるという今までにはない授業でとても面白い授業であると感じた。
- ・指導案を見る限りでは、プログラムによる数値計算を利用して、区分求積法の考え方が確かに面積とかかわりがあることを実感できるように思う。

- ・苦手意識を持っている生徒がいる標準クラスにおいては授業の中身が濃すぎる（詰め込みすぎる）と思う。生徒からすると授業内容の幅が広くて結果的に何も頭に残らないということが起こることが考えられる。もう少し内容を絞って生徒の印象に残るように工夫すると尚良くなると思う。

など肯定的な意見や改善点についての意見が挙がった。

質問項目10

- ・数学的な知識・技能と情報システムの知識・技能の両方を活用することになるため、教員、生徒のそれぞれにそれなりの能力が求められるのではないかなと思う。
- ・時間的な猶予と、その環境がなければ負担は増えると考ええる。学校として動いていくのであれば、全体の共通理解というか、意志の方向性の統一が必要と考ええる。
- ・授業時間の確保が必要などの意見が挙がった。

4. まとめ

本研究の目的は、工業系の大学への進学を目指す生徒に対する指導の在り方について、大学で実際に行われている授業や高等学校数学科教育へプログラミング教育を導入した授業提案をもとに考察し、具体的な課題や問題点を明確にすることであった。

高等学校数学科教育へのプログラミング教育の導入は、今後の数学科教育分野に影響を与え、従来の手計算で行う計算数学と、解析数学の統合という形で反映されることが予想される。本研究では、高等学校学習指導要領に従い、数学科教育の学習到達目標の達成及び、より深い学びにつながるような授業を提言した。実際にコンピュータを用いたプログラミングを通して、数値解析を経験し、ICTを用いて問題解決をする活動に対して、興味をもつきっかけにもなりうる。今後、実際に授業実践を通して、浮き彫りになった課題や問題点を解決、改善し、その活動を繰り返しながら次の授業へと質を高めていくことが必要となってくる。コロナ禍にある現在、実際に高校生を対象とした授業実践には至らなかったが、現職の高等学校数学科教諭へのアンケート調査や調べたことをもとに、現在考えられる問題点や課題についてまとめる。現代においてICTを取り入れた学習活動が盛んに取り入れられているが、各学校においてICT教育を用いた教育が行える環境に差があることが問題点として挙げられる。また、本研究で提言した授業では、教員側のプログラミングスキルも求められる。事前に用意した学習指導案や授業資料をもとに授業に臨むが、思

わぬエラーや、生徒の質問に適切に指導するにはプログラミングについてある程度熟知していなければならない。その場合、教員のプログラミングスキルの研修が必須となってくる。また生徒に対しても、for 文や if 文などの構文を教育する時間が必要となるため、プログラミングの知識を獲得させるためには、追加で授業時間を確保しなければならない可能性がでてくる。結果、教員側と生徒側それぞれでプログラミングスキルの獲得が必要となり、時間が必要となってくるため、今後すぐに数学科へのプログラミング教育の導入は困難だといえる。本研究では各単元を教科書で既習し、ある程度の理解度を得た生徒に対する授業を計画した。各単元を既習した後に演習としてプログラミング教育の導入を行う場合では、数学科での授業では意識しなかったことに気づき、数学科教育への深い学びにつながる事が期待できる。一方で、各単元を習いながらプログラミング教育を導入すると、生徒の中で混乱が起こり、慣れないプログラミングに手一杯となり、本来の目的である単元への理解が浅くなり、学習到達目標に達することができない可能性がある。どの学習段階に本研究で計画した授業を導入していくかについて、授業実践を通して模索し、検討していく必要がある。これらの問題点や課題を解決し、全体の共通理解や意志の方向性の統一が図れれば、プログラミング教育の数学科教育への導入は、数学科教育の幅を広げ、大学での数学科教育の準備としても最適であると考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、アンケート調査への御協力をいただきました高等学校数学科教職員の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- (1) Scilab で学ぶわかりやすい数値計算法 川田昌克 (著) 森北出版株式会社
- (2) Scilab 入門 電気電子工学で学ぶ数値計算ツール 望月孔二 (著)
- (3) Python [完全] 入門 松浦健一郎/司ゆき著 SB Creative
- (4) 科学技術計算のための Python 入門 (開発基礎, 必須ライブラリ, 高速化) 中久喜健司 (著) 技術評論社出版
- (5) 数値シミュレーション入門者のための NumPy&SciPy 数値計算 実装ハンドブック 松田康晴 長井隆 大川洋平 (著) 秀和システム
- (6) Python による数値計算入門 河村哲也・桑名杏奈 (著) 朝倉書店
- (7) Python による数値計算とシミュレーション 小高知宏 (著) オーム社
- (8) Python 科学技術計算入門 NumPy/SymPy/SciPy/pandas による数値計算・データ処理手法 かくあき (著) SHOEISHA 出版
- (9) 高等学校学習指導要領 (平成30年告示) 数学編 理数編
- (10) 初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価 情報処理学会論文誌: プログラミング 兼宗 進 中谷 多哉子 御手洗 理英 福井 眞吾 久野 靖
- (11) 文部科学省 (2016) 小学校段階における論理的思考力や創造性, 問題解決能力等の育成とプログラミング教育に関する有識者会議小学校段階におけるプログラミング教育の在り方について
- (12) 新課程 チャート式 解法と演習 数学ⅡB チャート研究所 編著 数研出版
- (13) 新課程 チャート式 解法と演習 数学Ⅲ チャート研究所 編著 数研出版