

身体性に基づく数理概念理解を目指した 数学ソフトウェアの導入効果

阿南工業高等専門学校・制御情報工学科 杉野 隆三郎(Ryuzaburo Sugino)

太田健吾(Kengo Ohta)

一ノ瀬元喜(Genki Ichinose)

Lee Tran Thanh Thanh

Department of Systems and Control Engineering,

Anan National College of Technology

1. はじめに

高専の専門学科においては、各専門科目の基礎として数学をたいへんによく使うため低学年で一般科目として十分な訓練を受けているにも関わらず、最近では数学を苦手にする学生が増えてきており、結果として高学年の専門科目で少なからずつまづいている学生が存在している。本来、理系であり数学や理科を指向する学生が入学してきているはずの高専でこのような理数系科目の苦手学生が増えてきている原因としては日本社会の変化やゆとり教育の影響が考えられ、その解決策も教育学上も様々な議論があるであろう。そこで、本取り組みでは motor theory[1]に基づく身体性を考慮した数理教育のひとつの試みとして、数学ソフトウェアを用いた一般科目としての数学から専門科目への接続を目指した科目の平成 23, 24 年度に渡る 2 年間の導入事例を紹介し、その教育効果と問題点を報告する。

2. 数学ソフトウェア導入の目的

従来の講義形式での数学系科目の復習と専門科目への接続については、様々な試みがあるが我々は運動野と感覚野を十分に活用した学習成果物を自分の体の外に制作するという「制作行為」が真の理解への近道となるという双方向理論に基づいて、紙と鉛筆以外の道具であるコンピュータ利用による数理的学習に注目した。詳細は文献[2]を参考にして欲しいが、図 1 に示すように人間の理解には左脳と右脳の連携が必要不可欠であるにも関わらず、左脳と右脳間の神経回路網が 99%の確率で形成されていないため、身体と五感をフルに使った制作行為を伴う学習成果物を自らの体の外部に生成ことにがみ真の理解に近づく最短経路となるという概要である。また、正確かつ応用性の高い数理的抽象性を獲得するには、図 2 に示すような身体性を刺激する行為により数理的解の具象化やモデリングの実践が必要であり、この様な学習行動を促進するにもコンピュータ上で数学ソフトウェアを用いた作業を展開することが有効であると考えた。さらに、単なる数学ソフトウェアによる解の探究とその学習積算による数学的理解の進展のみならず、他の専門科目でも有効に

使うことができるツールとしての数学ソフトウェアの習得も目指すため制御情報工学科のカリキュラムで展開される専門科目でも利用可能なソフトウェアとして数式処理ソフト‘maxima’、数値処理ソフト‘scilab’そして統計処理ソフト‘R’を選定してそれぞれを「制御数理」、「情報数理」なる半期1単位科目として高専の第4学年の前期と後期に配置した。

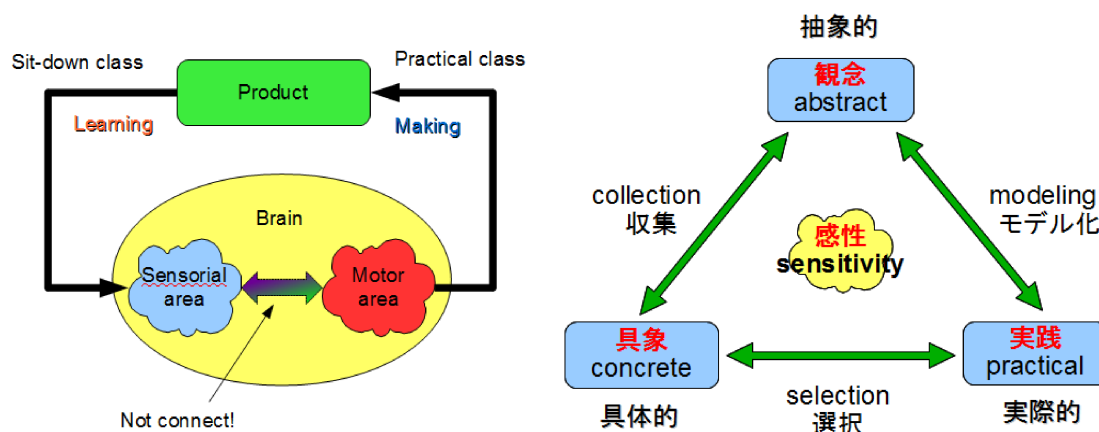


図 1: 運動野と感覚野を刺激する制作行為 図 2: 本質的な理解と身体性を誘発する素過程

3. 授業の構成と対象となる数理分野

高専の第3学年までに学んだ数学と第4学年から本格的に始まる専門科目への橋渡しとなり、各専門科目で有効な数学ツールとなるように新規で数学ソフトウェアの導入教育を設計するにあたり、制御情報工学科のコアとなる専門科目の数理的特徴を見てみることにする。まず、コア科目は下に列举した5分野となり、数学的にはそれぞれの科目内容に応じて重みは異なるが線形代数・微分積分・微分方程式・確率統計がベースになっている。

- ・ 制御工学
- ・ 計測工学
- ・ 情報工学
- ・ ロボット工学 ⇔ メカトロニクス
- ・ アナログ・デジタル回路とその応用

教科指導上の細かい議論は有るが、以下のような内容で2つの新規科目を第4学年に設定し、計算機実習が授業時間の半分を占めるため2名の教員によるペア授業とした。それらの概要として、科目「制御数理」は、計測・制御工学への橋渡しとして、座学で線形計算と微分積分・微分方程式を復習し、数理実習として maxima を用いて手で計算した例題を解かせた。その後、ラプラス変換ならびにフーリエ解析に関する入門問題を同様に scilab で学習させた。科目「情報数理」では、前半のクォーターで確率統計の復習をし、その後情報理論の基礎を座学と R による実習を通じて学習するプログラムとした。

4. アンケート結果とその評価

平成 23 年度と 24 年度に 2 年間に渡り、前期「制御数理」と後期「情報数理」の授業終了後受講したクラス全員にアンケート調査した結果を示し、高専における数学ソフトウェアを用いた数学の専門科目への接続教育を評価する。

最初に、当該クラスの数学に関する苦手意識のアンケート調査を図 3 に示す。確率統計・微分積分・線形代数の 3 大分野について得意・やや得意の意識を持っている学生は平均 20% を下回っており、現在の高専生の平均的な実態をよく示しているものと考えられる。

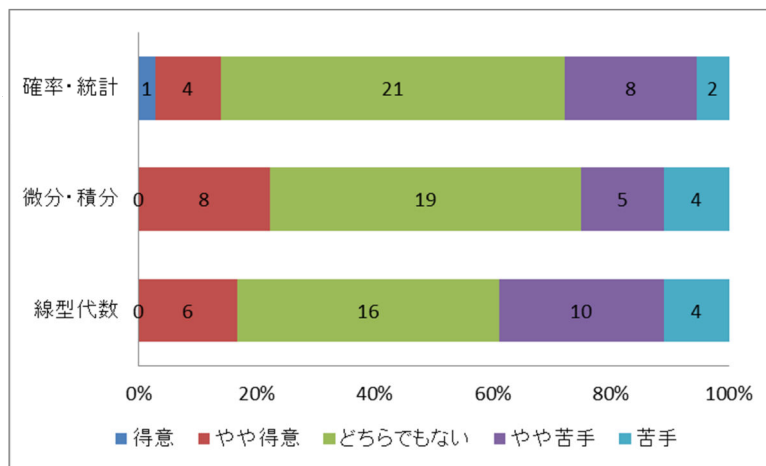
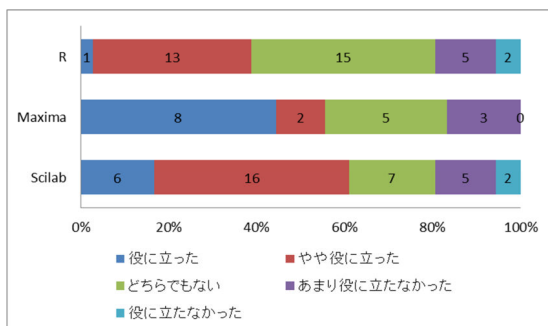
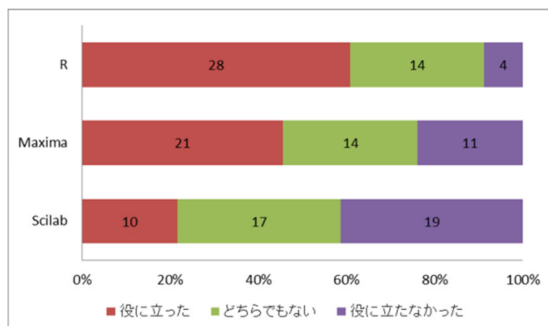


図 3: 数学の各分野における苦手意識の割合 (H24 年度)

次に専門科目を理解するのに R, Maxima, Scilab の各数学ソフトウェアが役に立ったかどうかの質問についての結果を図 4 に示す。平成 24 年度から回答強度を 5 段階にしてしまったが、Maxima, Scilab の肯定的回答が大幅に増えている。これは、23 年度のアンケートを踏まえてレポート課題の内容と分量をより適切なものに変更したことが理由と考えられる。R の肯定的強度が下がっているのは、24 年度のシラバス変更で座学の分量が実習の分量を上回ってしまったからと思われる。



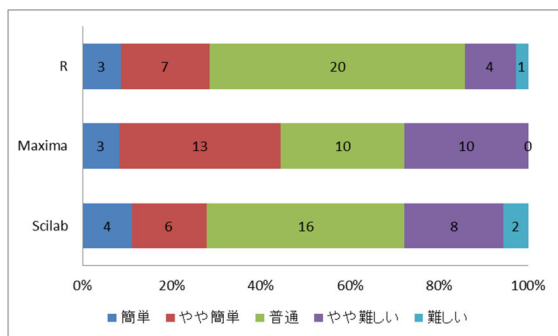
H24 年度



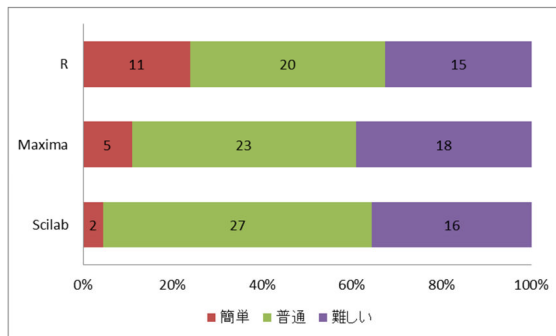
H23 年度

図 4: 専門科目を理解するのに、各ツールは役に立ちましたか？

次に各数学ソフトウェアの使い方と操作の習熟度と興味に関するアンケート結果を図 5, 6 に示す。明らかに 24 年度の肯定的強度が向上しているが、これは前年度のアンケート結果から実技試験を導入した結果と考えられる。この種のアプリケーションの習熟度と興味度を向上されるには、当該ソフトウェアの実技試験を導入することが効果的であることを本校の情報処理教育で明らかにしており、その成果を応用したものである。

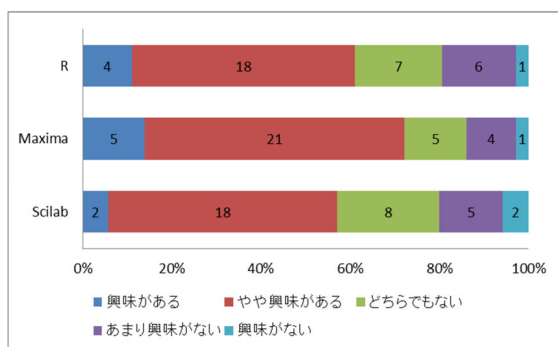


H24 年度

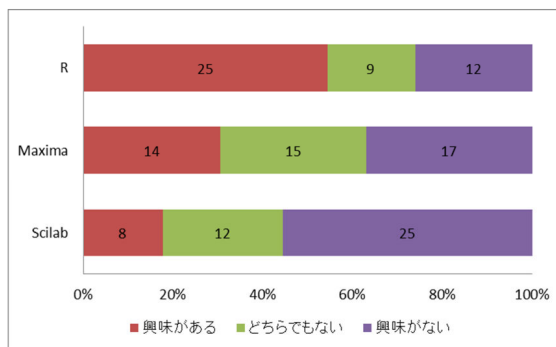


H23 年度

図 5: 各ツールの使い方・操作はどうでしたか？

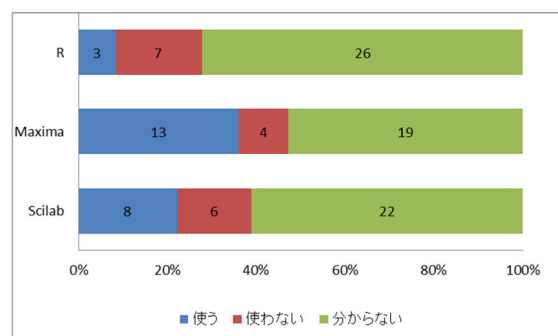


H24 年度

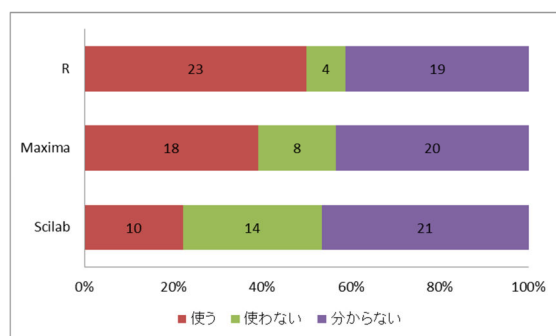


H23 年度

図 6: 各ツールに興味がありますか？



H24 年度



H23 年度

図 7: 今後卒業研究などで各ツールを使うと思いますか？

図 7 は、新しく学んだこれらの数学ソフトウェアを今後卒業研究等他の専門科目で使うつもりがあるかという今後に繋がる大切な意識を問うたものであるが、R 以外の 2 つの数学ソフトについては前年度よりも数学ソフトの理系科目に対する有用性の意識が向上しており、これもやはり実技試験の導入が大きいものと考えられる。繰り返すが、科目「情報数理」がシラバスを変更したために実技的訓練が不足したために、アプリケーションの有効性が十分に感じられなかった結果である。

図 8 は授業形態に関する質問のアンケート結果であり、実技試験の導入による効果が講義とソフトウェア演習のバランスに対する学生の満足度にかかなり大きく効いていることがわかる。これは、この様な数学ソフトウェアを授業に大きく取り入れる場合の授業設計に参考になるであろう。

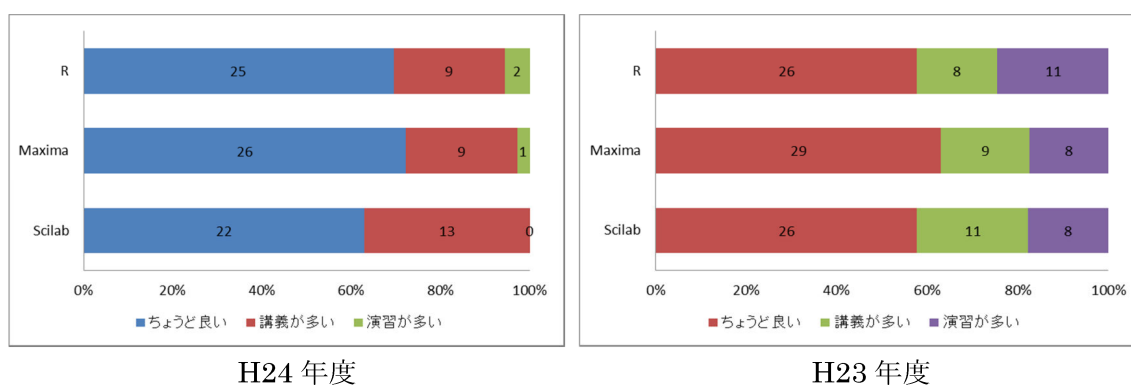


図 8: 講義と演習のバランスはどうでしたか？

数学ソフトウェアを学生にとって本当に有効なものにしていくことに繋がる重要な質問の結果が図 9 で明らかになる。このアンケートは、他の専門科目でもこの様な数学ソフトウェアを用いた方が良いかどうかに関する受講学生の意識であるのが、前年よりも肯定的意識が大きくアップしていることがわかる。この理由としては、やはり実技試験の導入により学習成果がより実感できたことが考えられる。

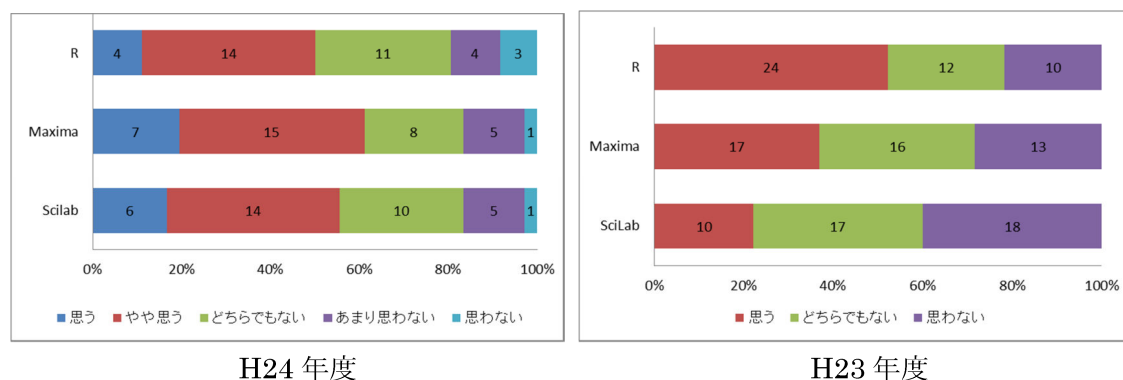


図 9: 他の専門科目の授業でも使った方が良いと思いますか？

さらに、専門科目だけでなく高学年の数学や物理などの一般基礎科目にも数学ソフトが有効であるかどうかの意識調査をした結果が図 10 である。うれしいことに、2 年間にわたる取り組みの中で学生アンケートの結果をフィードバックして実技試験の導入など授業に工夫をした結果、数学や物理などにも数学ソフトが有効であることを学生が気づき始めたことが肯定的割合の向上から推測される。

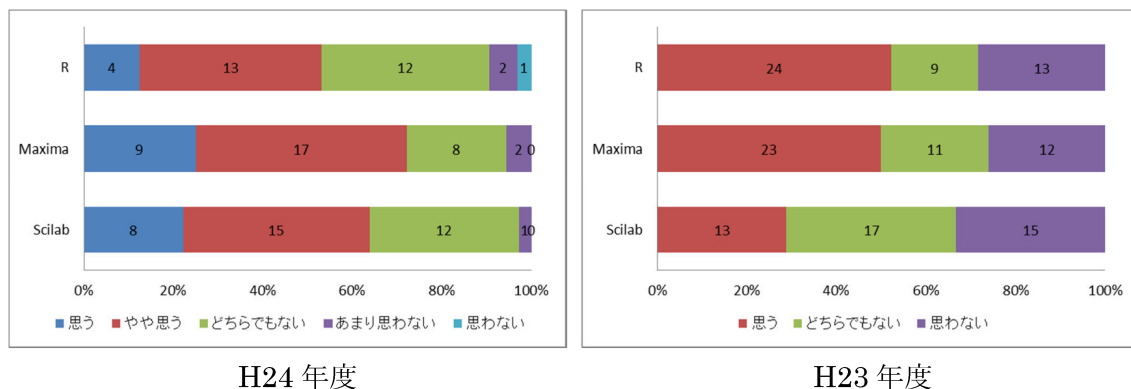


図 10: 数学や物理など教養科目の理解にも役に立つと思いますか？

これらの結果を要約すると、各数学分野を得意とする学生が約 20% 程度に関わらず、約 40% の学生がこれら数学ソフトウェアの有効性を感じていることがわかり、所定の目的に対して一定の教育効果が上がったものと考えられる。R はプログラミング的要素が強いため苦手意識が強く、maxima は実技試験の導入により他の数学ソフトより定着率が向上しているなど、教材と授業手法についてさらなる研究と実践が必要であることを示唆している[3]。

5. おわりに

今後は、他の科目でも積極的に利用するために教員の数学ソフトウェア利用に関する研修の徹底、各数学ソフトウェアに独立セメスター科目にし、より有効なシラバスの検討と定着の評価、学生向けに講習会を開催するなどの教育プログラム上の改善案が考えられる。さらに、「解の探究」をさせる課題を与えて関連する教科にオリентした適切な問題の設定、コンペティション型の演習課題によりチームワーキングとコンペ形式などのアクティブ・ラーニング的なシステムの導入も考えていく予定である。

参考文献

- [1] 柏野牧夫, 音声知覚の運動理論をめぐって, 日本音響学会誌, Vol.62, No.5, pp.391-396, 2006
- [1] 杉野隆三郎, スタンフォード大学数学系科目における CAS 利用の実態, 京都大学数理解析研究所講究録, 第 1674 巻, pp.159-172, 2010
- [3] 杉野隆三郎, 一ノ瀬元喜, 高専専門科目における数学ソフトウェアの導入—身体性を持つ数学教育の試み—, 日本数学教育学会誌, 第 95 巻 (臨時増刊), pp.455, 2013