

令和元年9月3日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01110

研究課題名(和文)電子教科書システム『優しい数学・微分積分と線形代数』構築とその有効性に関する研究

研究課題名(英文)The system for learning mathematics

研究代表者

阿蘇 和寿 (ASO, Kazutoshi)

石川工業高等専門学校・その他部局等・客員研究員

研究者番号：80110154

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、数学を専門としない大学および高校生、高専生、社会人など、広く数学を学ぶ必要がある者を対象にした電子教科書システムを提供することにある。多くの学生や社会人にとって、数学を学ぶ必要がある者は少なくない。しかし、それを学ぶためのテキストは決して易しく書かれているとはいえない。本研究で作成した電子教科書システムは、できるだけ平易な言葉で、学ぶべき数学を短期間に学ぶことができるように工夫したものである。

なお、そのシステムは、PC、タブレット、スマホから見ることができる。
<http://www.tams.ishikawa-nct.ac.jp> (ID:tams, Password: 2016)

研究成果の学術的意義や社会的意義

高校生、高専生、大学生のみならず、社会人においても数学を活用する場面は多い。しかし、それを学ぶことは難しい。現在では、数学の話題についてのサイトが充実してきているとはいえ、初学者に適切と思われるものは数少ない。本研究によって構築された電子教科書は、基礎的なことから順に、平易な言葉で解説されていることに特徴がある。索引からは、それを解説した本文が表示されるようになっており、小さな数学事典としての活用もできる。

また、このシステムは、誰でも、どのような場所からでも利用できる。このことは、通学途上や図書館などからの利用を可能にしていることを意味しており、大きな社会的な意義を有していると判断している。

研究成果の概要(英文)：The aim of this research is to construct a system of mathematics textbook on the web. This system is supposed to be used by students who are not major in mathematics in college, Kosen, high school and members of society. Of course, there are many sites related mathematics. But, many of them are too difficult or serious for the people. The contents of our system are written in plain languages so as to learn mathematics without stress. The system is used by PC, tablet and smartphone. That means that the system can be used everywhere, for example, in the train, coffee shop or library and so on.
<http://www.tams.ishikawa-nct.ac.jp> (ID:tams, Password: 2016)

研究分野：数学教育

キーワード：優しい数学 電子教科書 線形代数 微分積分

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 数学は、学生のみならず、社会人にとっても必要な学問であり、それを習得したいという要求は大きい。これは研究開始当初のみならず、現在にあってはますますその必要性は大きくなっていると思われる。高度に進歩した IT 時代にあつては、その基礎となる数学の理解は必要不可欠だからである。

(2) しかし、数学の修得は決して簡単ではない。その理由は、数学が積み重ねの学問であること、数学で用いられる用語(定義)の理解には少なからず忍耐が要求されるからである。また、一般に、計算ができないと数学が理解できないという観念が強くの逐っている上、その計算練習の目的がわからずに挫折してしまうケースも多い。

(3) 数学は多くの定義や細かい命題や性質の証明を積み重ねて、大きな定理を得るという構造をもち、教科書や講義はその順序によって記述・展開される。理論の厳密性を重視した一般的な教科書を作ろうとすれば、そうならざるを得ない。しかし、実際の授業においては、目的の定理を得るための長い学習過程が学生たちを疲弊させてしまうことは、珍しいことではない。とくに、スローラーナーにとっては、この伝統的な方法は必ずしも「優しい」アプローチとはいえない。必要な数学を短期間で学ぼうとすれば、これまでの数学教育課程の順序を大胆に見直し、身につけるべき概念をより直接的に述べるという方法をとる必要がある。現実には、線形代数を学んだあと「何を学んだかさっぱり分からない」という感想を述べる学生がいる。その学生に対して、比較的短い期間の個別指導を行って、学習内容の大半を理解させることができる場合も多い。このようなことは多くの数学教員が経験しているであろう。しかし、個別指導できる学生数は限られている。したがって、「個別指導の役割を果たす電子教科書システムをつくること」は、大きな意味がある。

2. 研究の目的

(1) 以上の研究の背景に照らして、数学、とくに線形代数と微分積分についての電子教科書が必要と判断した。現在では、数学についてのウェブサイトはかなり多いといってもよい状況にある。しかし、それらは受験生やサイト作成者の学生のためといった、特定の対象者向けのものが多い。また、そのためもあって、(授業の補足といったものも多いためであろう) やや専門的にすぎるものが、数多く見受けられる。

(2) この研究の目的である電子教科書システム『優しい数学』の構築では、できるだけ平易な言葉で、より短期間で、必要な数学を修得できるように工夫することを目的とした。また、理解度を確認するためのドリルや、その理解を助けるための動画教材を揃えることも視野に入れた。

(3) 数学の理解をさまたげるもう1つの要因は、数学用語の理解が難しいということが挙げられる。本システムでは、数学用語はできるだけ定義として明確に述べた。それとともに索引機能を作成し、数学用語からクリックだけで本文の該当箇所に飛べるような機能を設けることとした。

3. 研究の方法

(1) 本研究の方法の一番目は『優しい数学』の目的に即したサイトを作ることである。これを構築する上で必要不可欠な要件としたのは、このシステムが、パーソナルコンピューターやタブレット端末、スマートフォンなどから利用できるものとするところである。このことは、このシステムが誰でも、どのような場所からでも---たとえば、通学途上の車の中や喫茶店、図書館などからでも利用できるようになっていることを意味している。これは、とくに、授業や書籍による数学の学習に抵抗を感じている者にとって、大きな意義を有していると判断される。

(2) 本研究の方法の二番目には、当然のことながら、その本文であるコンテンツを作成することである。これを作成する上では、数学に習熟していない者でも短期間で効率よく習得できる速習コースとする方

針とした。本文はできる限り簡潔に記述し、同時に、電子教材の利点を生かし、定義の背景の説明、定理や公式の証明、確認試験、計算練習ドリル、グラフ・動画などを補助教材として揃えることとした。

(2) 本研究の方法の二番目に当たる、作成した教材の有効性の確認では、実際にそれらの教材を授業で利用した上で、その検証を行うというものである。そのために、学習者との対話をする機会を多くし、必要であればすぐに修正できる機能を施した。

(3) 以上のことに伴って、数学用語の理解を促進するために、索引の項目をクリックすることによって、直ちに該当事項の解説がある本文が表示されるようにした。このため、小さな数学事典としての活用も可能となっている。これが、いわゆる Wikipedia などと一線を画するのは、単なる辞書の解説ではなく、実際の数学を展開している中で、その数学用語の使い方を習得できる点にある。

4. 研究成果

(1) 電子教科書の作成に成果は、ホームページを見ていただくのが最善であろうと思われる。

(tams.ishikawa-nct.ac.jp)

ただし、現段階では、これが完成したものということではできなかった。この項の最後に述べるように、本教材の有効性の検証ができなかったために、これをどのように修正すべきか、必要な項目のうち足りないものは何か、などの特定が難しかったからである。また、当初の計画にはなかった基礎数学の部分を補充するよう計画変更を行ったためでもある。

(2) この教科書では、すべての節を見開き2ページに収まるようにした。これは、タブレット端末やスマートフォンで見やすくするためとともに、節の目的を明確にするために必要と思われたからである。また、授業でプリントとして配布する場合の便宜を図るためでもあった。

(3) その内容には、書き方や配列に工夫をして記述した部分が多い。たとえば、線形代数の第6章「正則行列」は、多くのことがら(行列式、連立方程式の解、ベクトルの1次独立性など)が関連し、混乱を招きやすい章である。ここでは、必要なことと不必要なことを精査し、理解しやすくまとめることができた。また、微分積分の第1章「微分積分入門」では、微分法と積分法を同時に導入した点に新規性がある。通常は極限の説明、微分法の計算、微分法の応用と進み、その後で積分を導入するものが多い。これは、極限のところをつまずいたり、計算はできるけれどもそれが何を意味しているのかわからない、という学生が多いことに配慮したものである。また、微分法と積分法を別々に教える方法では、なぜ関数の傾き(微分法)と関数が作る図形の面積(積分法)が結びつくのかわかりにくいという弊害もある。さらには、不定積分と定積分の関係がわかりやすくなるような配慮も行っている。限定されたページ数の中で、応用まで含めることができた点も評価に値すると思われる。

(4) これからあとは、実現できなかったこと、今後の課題などについて述べる。確認試験、計算練習ドリルなどは、ある程度は完成しているが、これをシステムに組み込むことはできなかった。その理由を端的に言えば「時間の不足」であった。これを一人で言うには、問題の著作権の問題(どこかに同じ問題が載っていないかの確認)と解答の正確性の問題(解答が間違っていないかの吟味)は予想以上に膨大であり、一言でいえば見通しの誤りといわざるを得なかった。

(5) 本研究期間は3年間であったものを4年間に延長したものである。最後の1年間は動画教材の作成に費やされた。当初はホームページに動画ファイルを置いておく予定であったが、研究期間の途中で、Vtuber というものが脚光を浴び始めたため、本研究で作成する動画も、その方向で作成することとした。このため、作成技術の習得にかなりの時間を要することとなった。Vtuberは、本来、作者を公開すべきものではないが、この報告書の性質上、一つの動画のURLを公開しておく。なお、この動画はサンプルのために作られたものであり、やがて別の形に作り直されるものであることを断っておく。

<https://www.youtube.com/watch?v=5z9s0SA08No>

(6) 有効性の検証については、目的を達成することはできなかった。その理由は、研究代表者が長期間にわたって体調を崩し、授業を担当することができなくなったことにある。とくに、教材がある程度の完成した研究期間の最後の2年間は、まったく授業をすることができないという状況を余儀なくされた。その点については非常に残念な結果といわざるを得ない。

(7) 以上のように、達成できなかった部分が多くあるとはいえ、電子教科書の試作としてはある程度の成功を収めたのではないかと思われる。最後に、この研究に継続した活動について報告しておく。作成した教材は、今後とも修正・加筆などができるため、一層の充実を図る予定である。動画については、これからも継続して作成を続けていくが、高校3年間、大学2年間で学ぶ範囲の動画を作るには、授業期間と同じくらいの期間、つまり5年間以上を要するであろうことがわかってきた。できるだけ多くの協力者を得て計画を進めていきたい。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 3 件)

- (1) 阿蘇和寿, 服部多恵, 中谷亮子「高専・大学向けの電子教科書の試作」, 第 98 回日本数学教育(岐阜)大会, 2016.8.3
- (2) 阿蘇和寿, 服部多恵, 中谷亮子「高専・大学向けの電子教科書の試作 優しい数学 線形代数と微分積分」, 第 65 回北陸四県数学教育研究(福井)大会, 2016.10.3
- (3) 阿蘇和寿「円からの出発」, 第 22 回 T³ Japan Annual Meeting, 東京理科大学神楽坂キャンパス, 2018.8.26

[その他]

ホームページ等

<http://tams.ishikawa-nct.ac.jp/>

ID: tams

PW: 2016

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿蘇 和寿 (ASO, Kazutoshi)
石川工業高等専門学校客員研究員
研究者番号: 80110154

(2) 連携研究者

服部 多恵 (HATTORI, Tae)
石川工業高等専門学校講師
研究者番号: 40569365

(3) 連携研究者

中谷 亮子 (NAKATANI, Akiko)
福井工業高等専門学校非常勤講師
研究者番号: 30280382