

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：57601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K04907

研究課題名(和文)TeX環境による工学系数学のグループワーク型授業に対応した次世代型教材の開発

研究課題名(英文)Development of next generation type teaching materials corresponding to group work classes of engineering mathematics based on TeX environment

研究代表者

友安 一夫 (Tomoyasu, Kazuo)

都城工業高等専門学校・一般科目理科・教授

研究者番号：10332107

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：工学系数学の授業における効果的な授業計画を立てる留意点として、(1)劣後順位付け、及び(2)知識のデリバリ・スキルについて調査及び教育実践を行い教育論文を発表した。また、2020年度からオンデマンド型遠隔授業を3年間実施し、解説動画の配信を行った。再生リストとしては5科目作成し、解説動画の素材としてYouTubeにアップロードし、この授業実践に関して教育論文を発表した。さらに、サイエンス社のLIBRARY「工学基礎&高専TEXT」の別巻や改訂版の執筆が始まり、3冊出版に至った。さらに1冊は2023年秋に出版予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

工学系の数学科目毎にグループ型学習のアクティブラーニングを実施するために最適化された教材開発を目指した先行研究は文献調査の範囲では過去にはない。これに対して本研究では、(1)Beamerによる劣後順位付けられた授業配布資料及び高専数学テキスト、及び(2)知識のデリバリ・スキルの留意点を配慮したオンデマンド型遠隔授業における解説動画の作成を行った。これにより工学系数学のグループワーク型授業のアクティブラーニングに特化した教材をカスタマイズ可能なTEX環境等により作成し、次世代型教材の一例を示した。

研究成果の概要(英文)：As points to keep in mind for effective lesson planning in engineering mathematics classes, (1) subordination and (2) knowledge delivery skills were investigated and practiced, and an educational paper was published. In addition, on-demand remote learning classes were implemented for three years starting in 2020, and explanatory videos were provided. Five playlists were created and uploaded to YouTube as materials for instructional videos, and an educational paper was published on this class practice.

In addition, we started writing another volume and revised editions of Science Inc.'s Library "Fundamentals of Engineering & KOSEN TEXT," and published three volumes. One more volume is scheduled for publication in the fall of 2023.

研究分野：小区分09070:教育工学関連

キーワード：Tex アクティブラーニング ブレンド型授業 反転授業 グループ学習 ICT 工学系数学 高専数学

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

工学系の数学の授業をアクティブラーニングで実施する場合、反転授業の有効性が多くの研究者により挙げられていた。反転授業の学術的な背景や授業の構成方法などは2010年代に幾つか報告が上がってきていた。また、対面授業とICTを活用したブレンド型授業の有効性も挙げられている。また、ブレンド型授業においてe-learningシステムを大学独自で構築し運用している先進的な事例としては例えば徳島大学の活動等が挙げられる。このように、ICTの発達に伴い教育コンテンツの共有化が急速に進展していた。さらに世界的にはサルマン・カーン氏の教育NPO「カーン・アカデミー」が有名であり、「ネットを通して高水準の教育を、誰にでも無償で、どこでも受けられるようにする」という理念のもと、教育映像を無料で提供している。このような発想はOCW(=オープンコースウェア)と呼ばれ、アメリカではその発展形としてMOOC(=ムーク=Massive Open Online Courses)と呼ばれるオンライン講義(エディックス、コーセラ、ユダシティ等)が知られている。一方、日本の高等教育機関でもOCWは広がりを見せており、東京大学、京都大等、準備中なものを含めて20以上の大学が導入している状況であった。加えて日本の現役大学生が教えるmanavee(=マナビー)のような、大学受験用の授業動画の無料オンライン講座も当時はあった。

このように、ICTの発展に伴い反転授業やブレンド型授業に特化した情報コンテンツが拡充される一方、教科書や問題集は従来型の教材の使用に留まっている状況である。授業の方法がアクティブラーニングの方向に大きく舵を切るのであれば、教科書や問題集を含めた教材もアクティブラーニングに特化した方向に舵を切る必要があると考えられる。しかし、この点を考究した実践的な事例は文献調査では見当たらない状況であった。

これに対して申請者は2011年以降、サイエンス社により出版された「LIBRARY 工学基礎&高専 TEXT」全シリーズ(全8冊)の教科書・問題集の分担執筆を担当している。このLIBRARYは従来の教科書らしからぬ教科書を作るという発想のもとに執筆・編集作業が進められた。この結果、学習者のかゆいところに手が届く参考書的な教科書として完成した。このサイエンス社のLIBRARYシリーズにおけるこれまでの教科書にない工夫として、吹き出しの挿入による学習者の便を図った点が挙げられる。また、このLIBRARYシリーズ全ての教科書・問題集を執筆したことで教科書・問題集を作成する上での執筆上の留意点、作業の流れを経験できた。この経験とアクティブラーニングに特化した教科書がないという現状から、次世代のアクティブラーニングに特化した教科書作成に生かすことはできないだろうかということに思いが至った。

ここで、サイエンス社のLIBRARYシリーズの執筆ではTEX環境により申請者は組版を行っていた。TEXは数式に特化した組版フリーソフトで理工学系においては事実上の標準組版ソフトとなっている。また、WEB上ではTEXにより作成されたPDFファイルは多くのものがネット上配布されている。しかし、数学教材に限定してみてもTEXソースそのものはWEB上ほとんど配布されていない。その一方、TEXはPCのOSに依存していないDTPソフト(=Desktop Publishing)の一つであるので、TEXにより作成された教材のソースファイルがWEB上配布されたならば、利用者が適宜カスタマイズすることで簡単に目的に応じた利用が可能となる。これより、次世代型教材をTEXソースによりWEB上配布することは数学教育に関わる多くの人にとって有用な情報コンテンツとなることが期待できる。

## 2. 研究の目的

アクティブラーニングが普及してきた一方、工学系の数学では講義・演習形式の授業が一般的である。この一因として、数学のアクティブラーニングに特化した教材や指導例が十分でない点が挙げられる。また、高専では前倒しで数学科目の学習が要請され、授業進度の都合からもアクティブラーニングの導入を阻害している。ただ、このような状況とは裏腹に、数学ではグループ型学習のアクティブラーニングが有効と言われ、知識の伝達には、教員側が「デリバリ・スキル」を磨く必要性が指摘されている。このため、高専・工学系の数学授業においてグループ型学習のアクティブラーニングを推進するためには、デリバリ・スキルの力点とグループ型学習の流れを明示した教材が必要と考えられる。この点を体系的に提示した教材をTEX環境により開発し、ICTで共有することでアクティブラーニングの推進を目指す。

また、数学のグループ型学習では、教えずぎないことが学生の「学修」のために重要である。これに対して、授業毎に教えるべき内容を最大3個までに絞るという劣後順位付けが必要であると言われている。劣後順位というのは、授業の中で説明する重要なものを絞り、あとは授業ではやらないと決めることである。ただこの劣後順位付けは数学においては中堅以上の教員であれば学習内容毎に経験上ある程度把握しているものと思われる。しかし、実際の授業では教えずぎに陥っていることが少なからずある状況と推察される。これに対して、学習内容毎にこの劣後順位付けを調査・実証を伴った形で明らかにした研究報告は文献調査では見当たらない

状況である．このため，工学系の数学基礎科目全般に渡り，学習内容毎にこの劣後順位付けを調査で明らかにすることが第一の目的である．具体的には高専における標準的なシラバスに沿い，基礎数学，微分積分学（高校対応分），微分積分学（大学対応分）はそれぞれ通年で60回分の授業内容に分割し，授業内容毎に知識の劣後順位付けを行う．線形代数，微分方程式の授業では30回分の授業内容に分割し，授業内容毎に知識の劣後順位付けを行う．その後，実際の授業で学生の学習状況を演習，課題，小テスト，定期テストの結果で確認しながらデリバリ・スキル及び教員介入の留意点の調査を各科目群，少なくとも3年間行うことで学生が効率よく学習するための授業のフローチャートを完成させる．以下の(1)，(2)の知見を反映し，授業のフローチャートを明示した(3)で掲げるような教材(=教科書)のTEX環境による作成とTEXソースを含めICTによる共有を目指す．

- (1) 学習内容毎に授業内容の劣後順位付けと知識のデリバリ・スキルの留意点の明示
- (2) 学習内容毎にグループ型学習の教員介入に対する留意点の調査
- (3) 学習内容毎にグループ型学習のアクティブラーニングに特化した教材の作成

### 3．研究の方法

研究目的で掲げた(1)～(2)に対しては，高専での授業担当科目の授業準備における「授業計画・授業実践・課題・理解度の確認」の流れで，PDCAサイクルを回し，「講義内容の劣後順位付け・デリバリ・スキルの留意点・教員介入の留意点」について，調査及び考究する．そして，これにより得られた知見を反映し，グループ型学習のアクティブラーニングに特化した工学系における数学授業の教材作成を目指す．

さらに，研究目的で掲げた(3)に対しては，グループ型学習のアクティブラーニングに特化した工学系における数学授業の教材を昇華させた教科書・問題集の出版を目指す．この実現には，2020年度からサイエンス社のLIBRARYシリーズの教科書・問題集(4科目，全8冊)の改訂版の執筆が始まる予定であり，本研究成果の知見を少なくともこのLIBRARYシリーズのTEXTの担当稿に反映させる計画である．

### 4．研究成果

都城高専1年生の夏季休暇中に実施した数学補習において，研究目的で掲げた(1)～(2)の調査及び考究した結果について教育論文として都城工業高等専門学校研究報告にて発表した．なお，この研究報告の内容は，日本数学教育学会第101回全国算数・数学教育研究(沖縄)大会，及び数学教育学会2019年度春季例会において口頭発表も行った．また，4年次の微分方程式の授業において逆ラプラス変換の計算過程で部分分数分解を行うとき，部分分数分解が簡単できるヘビサイドの目隠し法を授業で解説している．この便法に対して，研究目的で掲げた(1)～(2)の調査及び考究した結果について，日本数学教育学会第101回全国算数・数学教育研究(沖縄)大会において口頭発表を行った．

さらに，2020年度から3年間はコロナ禍のため全国的に遠隔授業が導入され，多くの高専や大学においても遠隔授業が実施された．都城高専でもオンデマンド型遠隔授業が実施され，本研究がある意味飛躍的に進展した．実際，3年間に渡るオンデマンド型遠隔授業において解説動画の配信を行い，再生リストして基礎数学Ⅰ，微分積分学Ⅰ，微分積分学，数学特論，微分方程式の5科目の解説動画を作成し，動画素材としてYouTubeにアップロードし，アーカイブの役割も兼ねて限定公開した．ここでのオンデマンド型遠隔授業の授業実践に関して，研究目的で掲げた(1)～(2)の調査及び考究した結果について教育論文として城西大学数学科数学教育紀要にて発表した．なお，この研究報告の内容は，第3回数学教育セミナーや日本数学教育学会第103回全国算数・数学教育研究(埼玉)大会においても口頭発表した．

研究目的に掲げた(3)に関しては，LIBRARY工学基礎&高専TEXTの別巻として大学編入試験問題集の企画が持ち上がり，この別巻の執筆担当稿において，研究目的で掲げた(1)～(2)の知見を落とし込んだ原稿を作成し，2020年度に出版された．さらに，2020年度から，LIBRARY工学基礎&高専TEXTの改訂版の執筆が始まり，ここでも研究目的で掲げた(1)～(2)の知見を落とし込んだ原稿を作成し，2021年度に基礎数学，2022年度に線形代数が出版された．さらに，2023年度の秋には微分積分が出版予定となっている．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 友安一夫	4. 巻 3
2. 論文標題 Beamer と YouTube によるオンデマンド型遠隔授業の教育効果	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 城西大学数学科数学教育紀要	6. 最初と最後の頁 44-55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 友安一夫，赤池祐次，新井達也，上原成功	4. 巻 53
2. 論文標題 クラス担任による高専1年次における効果的な数学補習システムの模索	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 都城工業高等専門学校 研究報告	6. 最初と最後の頁 18-28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 友安一夫
2. 発表標題 オンデマンド型遠隔授業と対面授業の教育効果の比較
3. 学会等名 日本数学教育学会 第103回全国算数・数学教育研究（埼玉）大会：高専・大学部会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 友安一夫
2. 発表標題 遠隔授業におけるBeamer を活用した授業ノートの教育効果
3. 学会等名 第3回数学教育セミナー 「TEXによる教材作成」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 友安一夫
2. 発表標題 逆ラプラス変換とヘビサイドの目隠し法
3. 学会等名 日本数学教育学会 第101回全国算数・数学教育研究(沖縄)大会：高専・大学部会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 友安一夫
2. 発表標題 高専一年次における数学補習体制の一提案
3. 学会等名 数学教育学会 2019年度春季例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 友安一夫
2. 発表標題 高専1年次における数学補習体制の一提案
3. 学会等名 日本数学教育学会 第100回全国算数・数学教育研究(東京)大会：高専・大学部会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 新井達也, 五十川誠, 上松和弘, 奥村昌司, 友安一夫, 中村元, 西川雅堂, 濱田さやか, 南 貴之	4. 発行年 2023年
2. 出版社 数理工学社/サイエンス社	5. 総ページ数 -
3. 書名 LIBRARY 工学基礎 & 高専TEXT「微分積分」[第2版]	

1. 著者名 新井達也, 五十川読, 上松和弘, 奥村昌司, 友安一夫, 中村元, 西川雅堂, 濱田さやか, 南 貴之	4. 発行年 2022年
2. 出版社 数理工学社/サイエンス社	5. 総ページ数 195
3. 書名 LIBRARY 工学基礎 & 高専TEXT 「線形代数」[第2版]	

1. 著者名 新井達也, 五十川読, 上松和弘, 奥村昌司, 友安一夫, 中村元, 西川雅堂, 濱田さやか, 南 貴之	4. 発行年 2021年
2. 出版社 数理工学社/サイエンス社	5. 総ページ数 245
3. 書名 LIBRARY 工学基礎 & 高専TEXT 基礎数学[第2版]	

1. 著者名 新井達也, 五十川読, 上松和弘, 奥村昌司, 友安一夫, 長尾秀人, 中村元, 西川雅堂, 濱田さやか, 南 貴之	4. 発行年 2020年
2. 出版社 数理工学社/サイエンス社	5. 総ページ数 267
3. 書名 LIBRARY 工学基礎 & 高専TEXT 別巻 1 詳解と演習 大学編入試験問題 <数学>	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>2020年度から2022年度の3年間に渡りオンデマンド型遠隔授業において解説動画の配信を行った。再生リストして、基礎数学I, 微分積分学I, 微分積分学II, 数学特論, 微分方程式の5科目作成し, 解説動画の素材としてYouTubeにアップロードし, アーカイブの役割も兼ねて限定公開した。</p> <p><a href="https://www.youtube.com/channel/UCuY4TGnroLucfekZ1fwvA8g">https://www.youtube.com/channel/UCuY4TGnroLucfekZ1fwvA8g</a></p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	新井 達也  (Arai Tatsuya)  (70331303)	筑波技術大学・障害者高等教育支援センター・教授    (12103)	
連携研究者	赤池 祐次  (Akaike Yuji)  (70311074)	呉工業高等専門学校・自然科学系分野・教授    (55401)	
連携研究者	上原 成功  (Uehara Shigenori)  (80321496)	香川高等専門学校・一般教育科・教授    (56203)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関