

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02568

研究課題名(和文)大学の教員養成における幾何学専門科目のeラーニング教材開発

研究課題名(英文)E-learning material for lectures on geometry for teacher education in University

研究代表者

昆 万佑子 (KON, MAYUKO)

信州大学・学術研究院教育学系・准教授

研究者番号：70507186

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,400,000円

研究成果の概要(和文)：教員養成学部の幾何学系専門科目の自主学習eラーニング教材を科目ごとに作成した。作成したコンテンツは小・中学校の指導内容と密接に関連した教材と、球面幾何・双曲幾何といった発展的な教材を含み、信州大学全学教育基盤システムeAlps上に順次掲載している。小学校・中学校学習指導要領の幾何学に関する内容の主要な部分を網羅した総合的な学習教材を作成中であり、パッケージ化を進めている。動的数学ソフトウェアGeoGebraを用いた教材は、各種講習で活用を図っている。専門科目である微分幾何学と関わる研究として、複素空間形の実超曲面のリッチテンソルに関する研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

教員養成において、教科に関する専門的理解は必須であり、科目としての一貫性を持った教材の開発は、学生の学力向上に有用である。本研究では、数学専門科目のeラーニング教材を作成、教員養成学部における数学専門科目の自主学習教材として、小中高の算数・数学の指導要領と、大学の数学専門科目で取り扱う内容との関係に着目した教材開発を行っている。開発した教材を、算数・数学科教員養成系大学において導入することで、数学専門科目の学習時間の不足を補い、学生の資質・学力向上に寄与することが出来る。また、数学的な考え方の深い理解にもつながり、将来的な教員の資質向上にも寄与する。

研究成果の概要(英文)：We developed self e-learning materials for geometrical subjects in Faculty or department related to teacher training. The created contents include teaching materials closely related to the educational guideline of elementary and junior high schools and advanced contents such as spherical geometry and hyperbolic geometry. They are posted on the e-Advanced Learning Platform of Shinshu University.

We are creating comprehensive learning materials that covers geometrical subjects in elementary and junior high school educational guideline, and making a packaged version. We also created some teaching materials by the dynamic mathematics software GeoGebra, and used in various classes.

As a research related to differential geometry, which is one of a specialized subject, we studied the Ricci tensor of real hypersurfaces in complex spaces.

研究分野：微分幾何学

キーワード：eラーニング 動的幾何学ソフトウェア

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

- (1) 教員養成学部の数学教科専門科目のカリキュラムに関しては多数の先行研究がある。数学専門科目により育成すべき能力として、数学の本質を正しく認識して、自信をもって数学を指導できる能力・抽象的思考に慣れ、論理的に正しい思考を展開し表現できる能力が挙げられている。養成段階である大学教育においては、充実した数学専門の教育が必要であるという指摘がなされており、科目内で取り扱う内容についての検討・研究も進められている(丹羽, 松本 2009)。さらに、教育学部の講義では、理学的な内容に染まり過ぎないことを心がけ、小中高の数学に潜む怪しさを伝えるような方向性も欲しいとの指摘もあり(丹羽他, 数理解析研究所講義録, 2010)。小中高の指導内容との関連に着目した研究がおこなわれているが、それらを明示した具体的な学生向けの教材の開発研究は進んでいるとはいいいがたい。
- (2) 平成 10 年の教育職員免許法の改訂により、教科専門科目の必修単位が 40 単位から 20 単位に減少した。これにより、授業の工夫だけでは対応しきれない『教科の専門的能力の低下』が憂慮されている。
- (3) 大学の数学科目における e ラーニング教材の導入に関しては、初年次教育の基礎科目(線形代数学等)での e ラーニング教材の開発・研究は、国内でも様々な大学で進められているが、専門科目における e ラーニング教材は、数が非常に少ない。幾何学分野においては、動的幾何学ソフトウェアを活用した学習コンテンツは、例えば曲面の具体例の画像など、個々の幾何学的対象に対しては多数開発されており、授業での利用例もある(濱田, 示野, 大西, 飯島らによる GeoGebra の利用等)。しかし、幾何学に多様性があることから、大学の幾何教育の基本としてとりあげるべき内容は定まっていなないと思われ、幾何学担当教員の意見は他の分野の意見分布に比べて分散する傾向にある(丹羽他, 数理解析研究所講義録, 2010)。

2. 研究の目的

- (1) 本研究の目的は、動的コンテンツを使用した、教員養成学部の幾何学系専門科目の自主学習 e ラーニング教材を開発し、授業や各種教員講習における効果的な活用方法を見出すことである。大学における数学専門科目の e ラーニング教材は、まだ数が少ない。また、動的ソフトウェアで開発されているコンテンツも、科目ごとに教材としてまとめられたものは少ない。教員養成において、教科に関する専門的理解は必須であり、トピック的な教材ではなく、科目としての一貫性を持った教材の開発は、学生の学力向上に有用である。
- (2) 本研究では、数学専門科目の e ラーニング教材を、科目ごとに作成する。教員養成学部における数学専門科目の自主学習教材として、小中高の算数・数学の指導要領と、大学の数学専門科目で取り扱う内容との関係に着目した教材開発を行い、授業・教育実習での評価を踏まえながら e ラーニング教材の更新、最新化を図る。

3. 研究の方法

- (1) 指導要領・教科書と照らし合わせ、重要度が高い内容を抽出し、科目ごとの e ラーニング教材(暫定版)を作成する。幾何学系の数学専門科目の自主学習用 e ラーニング教材を開発する。教材開発には、主に、信州大学全学教育基盤システム eAlps 及び、動的幾何学ソフトウェアである GeoGebra を用いる。教育実習において、実習生が算数・数学の指導で教材の理解や説明を行う際、数学的な背景の理解を必要とする題材を抽出する。動的幾何学ソフトウェアを活用し、数学的背景を解説する自主学習教材を作成する。また、大学数学において基本的な内容である論理と集合について、自学自習をサポートする e ラーニングの演習問題を作成する。
開発した教材を教育学部の授業に導入し、授業中の解説及び自主学習用教材として利用する。学生の学力向上への効果を検証し、効果的な導入方法を見出す。
- (2) 専門性の高い科目(選択科目「微分幾何学」等)の内容更新のため、先端分野の微分幾何学関連の研究を進める。

4. 研究成果

- (1) 信州大学教育学部数学教育コース必修科目「集合論」、「幾何基礎」、「幾何学」の e ラーニング教材を受講者に公開し、動的コンテンツを授業中の演習に使用した。
「集合論」、「幾何基礎」では、論理と集合、数の体系に関する e ラーニング形式の演習問題を作成し、信州大学全学教育基盤システム eALPs 上に自習用の演習問題を掲載し、正答率を調査し、学生の到達度を確認し、講義での解説にフィードバックを行っている。有理数と実数の性質、極限等、小中高の算数・数学との関連が深い題材は、数学的背景を解説する補

足資料を随時追加中である。

「幾何学」では、動的数学ソフトウェア GeoGebra を用いて作成した動的コンテンツと、授業内容の解説、および授業動画を作成した。作成したコンテンツは、小・中学校の指導内容と密接に関連した教材と、球面幾何・双曲幾何といった発展的な内容を含み、信州大学全学教育基盤システム eAlps 上に掲載している。

大学での幾何学の講義において、小学校・中学校学習指導要領の幾何学の背景的知識を理解するための総合的な学習教材を作成中であり、現在パッケージ化を進めている。コンテンツの現在の内容は下記の通りである。

- ・初等幾何学（作図題、作図可能性、ユークリッド原論）
- ・集合論、数の体系（論理、集合、写像、濃度、自然数、有理数、実数、極限等、e ラーニング演習問題あり）
- ・身の回りの幾何学（GeoGebra 教材）

対面授業、オンライン授業の双方において、作成した e ラーニング教材を活用する実践を行うことにより、数学専門科目の学習時間の不足を補い、学生の資質・学力向上を図っている。対面・オンライン授業と e ラーニング教材双方で受講者からのフィードバックをもとに教材を更新し、最新化を図り、より受講者の理解度に即したコンテンツを提供するよう、教材を更新中である。

- (2) 選択科目「幾何学」、教職大学院講義、信州ジュニアドクター育成塾において、動的数学ソフトウェア GeoGebra の解説と演習を行い、曲線・曲面論の代表的な具体例や、身の回りの幾何学的な事象を GeoGebra で再現し、活用を図った。これらの実践を信州大学教育学部実践報告『教育実践研究』18号、19号に発表した。
- (3) 教育実習において、実習生が算数・数学の指導で教材の理解や説明に数学的な背景の理解を必要とする題材を抽出し、e ラーニング教材の更新、最新化を図る計画であったが、新型コロナウイルスの影響で昨年度は実習参観や附属小学校・中学校との連携が難しく、計画に遅れがある。
- (4) 専門科目である微分幾何学（多様体論）と関わる研究として、正則断面曲率が非ゼロである複素空間形の実超曲面のリッチテンソルに関する研究を進めている。
「Ricci tensor of Hopf Hypersurfaces in a Complex Space Form, International Electronic Journal of Geometry, 11, 2018」では、複素空間形の実超曲面のリッチ作用素 S がある関数 β と構造ベクトル場 ξ に対して $S\xi = \beta\xi$ を満たすという条件のもとに（これは実超曲面に対して一般的な条件である Hopf の条件よりもさらに制限の緩い条件である）、任意のベクトル場 X に対して $(\nabla_X S)X$ が構造ベクトル場と直交するものを分類した。
また、「On pseudo-Einstein real hypersurfaces, Advances in Geometry, 20, 2019」においては、複素次元 3 以上の複素空間形の実超曲面において、リッチテンソル S がある定数 a に対して $S(X,Y) = a g(X,Y)$ を満たすものを分類した。これは実超曲面論で一般的な pseudo-Einstein の条件の拡張である。
「3-dimensional real hypersurfaces with transversal η -Killing Ricci tensor field of a complex space, 2020, Tsukuba Journal of Mathematics, 44」においては、2次元複素空間形の実超曲面のリッチ作用素が $S\xi = \beta\xi$ を満たし、transversal Killing であるものを分類した。
統計と幾何学双方と関連する統計多様体の Chen Inequality に関する結果として、「Chen Inequalities for Statistical Submanifolds of Kähler-Like Statistical Manifolds, Mathematics, 7, 2019」を発表した。

< 引用文献 >

丹羽雅彦, 松岡隆, 川崎謙一郎, 伊藤仁一, 「教員養成大学・学部の数学専門科目の講義内容についての調査」の結果とその考察 (数学教師に必要な数学能力に関する研究), 数理解析研究所講究録, 1711 巻, 89-105

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 昆万佑子	4. 巻 19
2. 論文標題 身の回りの幾何学に係る教材開発へのGeoGebraの活用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 信州大学教育学部附属次世代型学び研究開発センター紀要『教育実践研究』	6. 最初と最後の頁 130-140
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mayuko Kon	4. 巻 44
2. 論文標題 3-dimensional real hypersurfaces with transversal -Killing Ricci tensor field of a complex space form	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tsukuba Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 203-211
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 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hulya Aytimur , Mayuko Kon , Adela Mihai, Cihan Ozgur, Kazuhiko	4. 巻 7
2. 論文標題 Chen Inequalities for Statistical Submanifolds of Kahler-Like Statistical Manifolds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mathematics	6. 最初と最後の頁 1202 ~ 1202
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/math7121202	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 昆万佑子	4. 巻 18
2. 論文標題 曲線・曲面論の講義における動的数学ソフトウェアGeoGebraの活用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 信州大学教育学部附属次世代型学び研究開発センター紀要『教育実践研究』	6. 最初と最後の頁 49 ~ 58
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 Mayuko Kon	4. 巻 -
2. 論文標題 On pseudo-Einstein real hypersurfaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in Geometry	6. 最初と最後の頁 -
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 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mayuko Kon	4. 巻 11
2. 論文標題 Ricci tensor of Hopf hypersurfaces in a complex space form	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Electronic Journal of Geometry	6. 最初と最後の頁 1-7
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 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 昆万佑子
2. 発表標題 曲線・曲面論の講義におけるGeoGebraの活用
3. 学会等名 2019年度統計数理研究所共同研究集会「動的幾何学ソフトウェアGeoGebraの整備と普及」
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------