

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01063

研究課題名(和文) グローバルな算数・数学教員養成を目指す遠隔協同セミナーの研究

研究課題名(英文) Research on Distance Learning Cooperative Seminar for Global Arithmetic & Mathematics Teacher Training

研究代表者

河崎 哲嗣 (KAWASAKI, Tetsushi)

岐阜大学・教育学部・准教授

研究者番号：00582488

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：算数・数学を教える教員を目指す学生や教員に対して、教育のグローバル化を目指すための国際遠隔協働セミナーを構築した。日独伯の学生調査によれば、生きるために解決すべき最重要課題は、地域の環境問題に関心が高かった。STEAM教育に結びつく学習内容は概算能力が必要なFermi推定を扱い、問題解決能力と創造的思考力を育成する活動と評価規準・方法を開発した。日独間でのクラウド型グローバルスタンダード高機能Web会議の課題は、複数の音声の伝送方式であった。このプロジェクトはグローバルな教員を輩出し、学生交流の基盤となった。IoTや生理反応データを扱うような創造的思考力の教材・評価の再検討が今後必要である。

研究成果の概要(英文)：Distance Learning Cooperative Seminar corresponding to globalization of education was developed for mathematics teachers and students belonging to teacher training course. The global problem to be solved for sustainable development was regional environmental problems, according to the student survey of three countries, Japan and Germany and Brazil. Learning contents connecting to STEAM education were made Fermi tasks with approximation calculation. Activities and evaluation criteria & method to foster problem solving ability and creative thinking ability were also developed. The problem about high-function web conferencing system with cloud-type global standard was multiple audio transmission methods between Japan and Germany. Exactly this project could produce a student grew up into a global teacher and it contributed to the foundation for international student exchange. It will be necessary to redefine creative thinking ability with IoT and physiological response data in the future.

研究分野：数学教育学 及び 教育工学

キーワード：国際遠隔協働セミナー STEAM教育 数学的モデリング 教育のグローバル化 フェルミ推定 教師教育

1. 研究開始当初の背景

科学・技術の世界は歴史的 Global Excellence を原理とし、常に「新しい知の創造」が求められる世界であり、その教育の内容や方法は、社会構造の変化・発展に対応し続けなければならない。

国際基準は伝統的な考えである"科学のための科学"(Science for Science)から、俯瞰的視点をもつ"社会のための科学"(Science for Society)へとパラダイムシフトしているといえる(木村捨雄, 2008)。

また学校教員やそれを目指す学生達は、国際的に通用する専門的な知識と技能、総合的な見方と異分野の知識を統合できる能力、論理的な思考力と表現力、異文化におけるコミュニケーション力・理解力を身につける必要がある。さらにその力を獲得する有効な授業は、「多様な授業形態」「地域や専門分野のボランティアとの協働」「学習者の理解状況や習得過程等に応じた指導」「学習者の活動的・主体的な授業参加」を体現できることが必要である。しかし算数・数学教員を養成する大学の数学科の授業では、「数学のための数学」は行われても、これらの要件を満たそうとした取り組みは、ほとんど実践されていない状況である。日本の学校の算数・数学教育は、この新しい分野に対応できる人材と経験に乏しく、大学と地域が連動した人材育成は喫緊の課題となろう。

2. 研究の目的

本研究は算数・数学を教える学校教員及び教員養成系大学の学生に対して、教育のグローバル化を目指すための有用な遠隔協働セミナー(研修)の提案である。そこでは、先ずグローバルな知識基盤社会を生きる人材の育成をするためには、『思考力・判断力・表現力』を培う教材・学習形態・評価・制度を配備したカリキュラム開発が必要であると考えた。教材内容は、研究の背景から現実世界での問題を解決する学習(数学的モデリング)をも網羅でき、STEAM 教育にも結びつく内容を主に導入することを目指した。そこで本研究の目的は、以下のとおりとした。

世界の教員養成系大学及び学部在学する学生を対象として、教育や地域の問題・自国に関する意識を把握する。

世界の地域教育や STEAM 教育の実態や教員養成・研修の状況を把握する。

の結果を受けて、大学の授業においての国際遠隔協働セミナーを実現し、世界や地域の学習者や指導者の参加を実現する学習形態を構築する。そこでは、グローバルな人材として必要な能力について検討し、地域の問題解決に結びつく(数学的モデリング)ような STEAM 教材開発から評価規準までを検討する。

グローバルな人材を育成するシステム基盤を考案し、人材モデルとなる学生を輩出する。

次世代に結びつく新たな課題を抽出し、継続研究の方向性を示す。

3. 研究の方法

【目的の方法】独国・カールスルーエ教育大学と伯国・ルーテル大学教育学部と岐阜大学教育学部の3ヶ国の学生に対し、自国でグローバルな課題となる地域問題と教育に対する意識の比較調査を行う。

【目的の方法】独国・バーデン・ヴュルテンベルク州とアジア(シンガポール・カンボジア)の教育機関において実態状況調査と協議を行う。また国内では、先進的な地域教育の状況を把握し、情報・資料を収集するために、調査先を沖縄県・島根県隠岐島とする。

【目的の方法】独国・カールスルーエ教育大学の研究者を研究協力者とし、遠隔協働セミナーを実現する。教材開発や能力育成・能力評価規準や評価方法の策定を協力開発する。深い協働学習に関する先進的な研究を行う機関の実践資料・情報を収集する。

【目的の方法】日独2国間の研究交流を促進するために、カールスルーエ教育大学と岐阜大学教育学部との部局間包括協定を研究者交流に続いて学生交流段階へと順次発展させる。

【目的の方法】3年間の研究を通して得られた新たな知見や課題を整理し、次世代教育に繋がる教材開発から評価規準・方法・遠隔協働セミナーシステムの研究の方向性を検討する。

4. 研究成果

目的については、独国・カールスルーエ教育大学と伯国・ルーテル大学の研究者との共同研究として、教員志望の学生の環境に対する意識調査を行い、グローバルな教員を育てるための必要な教材を検討した。自国が相手国にどのように評価され、自身が自国をどのように評価しているのかをメタ認知の観点で比較研究をした。そこでは、地域の環境や学校教育に対する学生の意識に格差が生まれ、国や地域独自に学生の意識改革に向けての教師教育や大学教育のプログラムの必要性を提言した。特に日本の学生は、他の2国に比べて、真摯に教育的課題を受け止め、勤勉に解決に努め、向上心が高い傾向が表れた。この成果は2016年7月のICME13(ハンブルク)にて発表した。また、さらなる統計分析を深めることによって、学業やキャリア教育に影響を及ぼす外的要因は何なのか、教育制度や教員研修の違いに起因するものは何かという方向性が見え、今後の調査・分析を進める課題とした。

目的については、シンガポール国立教育政策研究所(NIE)等の教育機関を訪問し、STEAM 教材・評価方法・教育制度等について整理した。教科内容や指導では、職業教育と心理学の側面が強く影響し、数学活用の利便性に重点が置かれていた。教科内容の本質へ

の思考力を重視する日本式の大切さも再認識できた。また STEAM 教材の開発については、試行段階の状況であった。

カンボジアでは、王立プノンペン大学の研究者にシンガポールと同様な資料・情報収集の協力を依頼した。日本式の教科内容・指導を踏襲しており、教育研究も地域に関する STEAM 教材の開発も途上のままであった。しかし今後、自由に地域独自の教材やカリキュラム開発が可能であろう展望が見えた。これらの研究は、京都府と岐阜県の中等教育段階の教育機関の教員とともに達成でき、グローバル教育・教師像のイメージ作りの刺激になった。その後、中等教育段階の両国教諭間で授業交換が実現した。

また独国内・バーデン・ヴュルテンベルク州にあるリアルシューレ校等の教育機関を訪問し、グローバル教育の先進的カリキュラム（英米独中 4 カ国共通、児童生徒独自で構築できる）の取組実態や Fermi 推定（後述）の教育内容を授業に採り入れている状況など、未来志向の知見が得られた。さらに、日本国内においても、地域独自の教育インフラの整備やグローバル人材育成において、革新的で先進的な地域（島根県隠岐国学習センター、沖縄県ガンガラーの谷等）を選定し、学生のインターン制度や地域オリジナルの使用テキスト・教材資料を収集した。これらによって、京都・岐阜の地域拠点校への情報提供と地域教育のできる人材育成と教材開発の重要性を示した。

目的については、2015 年 10 月にカールスルーエ教育大学との部局間包括協定により、研究者交流の実現を加速する基盤作りが成功した。遠隔協働セミナーの実施以前より、簡易 Web 会議システムを用いて共同研究や授業構築の協議を繰り返したが、学生同士の発表で終わっていた。そこで、クラウド型グローバルスタンダード高機能 Web 会議 zoom を採用し、より現実的な国際遠隔協働セミナーを立ち上げ、教材を Fermi 推定とする授業を実施することとした。Fermi 推定とは、現実にはとても調べきれなくて簡単に想像もつかみ所のない数量・形を、創造的思考力で短時間の推論を重ねながら、概算・概形を考える数学的モデリングの一つである。Google のような外資系企業が面接試験等で用いている理由は、問題の内容が身近で分かりやすいが「正解がない」ことによって純粹に考えるプロセスが問われるからである。そこで目的の研究の結果より、地域教育に結びつくグローバルな環境問題を扱うことに価値があると捉え、「思考力・判断力・表現力」のいずれかの能力を培うことに結びつくのではないかと検討した。

2016 年 2 月には、リモコン付スピーカー内蔵 Web カメラ(logicool CC3000e)を用いた GROUP ビデオ会議システムを両大学に設置し、ビデオ録画機能と多地点 Web 会議サービスが実現可能となった。しかし Web 会議だけ

では、綿密な内容をゆっくりと時間をかけて納得できるまで協議が出来ないと判断して、セミナーの内容と方法、共同研究としての成果の纏め方などについては、直接会っての本格的な協議を行った。それらを 2015 年 3 月・10 月、2016 年 3 月・7 月、2017 年 3 月・9 月～11 月、2018 年 3 月の計 7 回実施した。

このセミナーにおける Fermi 推定を扱う教育実践の評価規準や方法についての具体的な検討は 2017 年 8 月まで実現できなかった。しかし、ひらめき と きめきサイエンスのような幾つかの講座での Fermi 推定を用いた概数・概形を考える学習活動において、場面毎の解決到達度や児童生徒の変容獲得を可視化した評価システムを開発した。さらに 2017 年 5 月に九州大学ラーニング・アナリティクスセンターにて、この評価方法の方向性の正しさを確かなものとし、教育工学領域の先端研究の情報を収集した。児童生徒一人一人の心拍数やストレス度等の生理反応データを取得するセンサ、また加速度センサを使った時系列動作を捉えた運動分析による評価、ラーニングポートフォリオの有効な活用についての示唆を得た。

加えて Global Proficiency Skills program (cf. Benesse Corporation) で扱っている Fermi 推定のテストによる創造的思考力の測定に着目した。カールスルーエ教育大学の研究者と研究協議し、この資料から Fermi 推定の教育実践によって獲得できる能力を数学的モデリング力（問題解決能力）と創造的思考力（思考力）の 2 つと定義し、研究最終年度での両国学生達との国際遠隔協働セミナーでの実証研究に結びつけた。この成果は 2018 年 3 月 GDM(パーダーボルン)にて発表した。このセミナーでは、学生達が地域の環境問題等に結びつく Fermi 推定教材を扱うことによって、お互いの地域にしかない或いは存在しなかった事物や特徴の再発見に繋げることができた。

今後の課題は、問題毎・教育実践毎の創造的思考力を測定する評価規準の更なる研究を進め、流暢性 (Fluency) ・柔軟性 (Flexibility) ・独創性 (Originality) ・緻密性 (Elaboration) ・問題に対する感受性 (Sensitivity to Problem) の 5 つを育成する有効な教材と教育方法の開発が必要である。

またセミナーで利用した Web 会議システムでは、カメラに映る範囲を一般的な Web カメラの視野角から全方位にすることによって、参加者が自ら自由に視点を切り替えることに意義があった。しかし、プレゼンテーションと話し声（音声帯域）の両方が混在した授業形態では音声伝わりにくく、それぞれの伝送方法を切り替える必要性も生じた。

目的については、学士(約 2 ヶ月)・修士(約 3 ヶ月)の期間に、独国内の研究協力者の所属先への学生の短期留学が実現した。この期間にグローバル教材の開発の重要性と国際遠隔協働セミナーの有用性を知ることによ

って、学生は受講生の立場から授業者(実践者)へと変容し、やがて研究者に成長した。国内では、日本数学的モデリングチャレンジ(京都(於: 京都大学)で、学校教員達の TA(アシスタント・ティーチャー)の立場から、教員との共同研究ができるように変容し、グローバル教員への先駆けとして在学生や教員達への刺激となった。ドイツ語技能検定2級資格を取得して対応したこの学生の変容は、カールスルーエ教育大学の研究協力者も高く評価し、岐阜大学との学生交流に関する包括協定締結へと結びついた。2018年3月GDM(パーダーボルン)にて Fermi 推定の研究についてのポスター発表をし、現在は公立中学校の教員として活躍し、この研究も継続している。

目的については、本研究期間内に社会状況の変化もさらに激しくなり、情報科学技術を基盤とした「個が生きる超スマート社会」への転換を乗り越えるための主体性・多様性・協働性が求められるようになった。問題解決能力の重要性とともに、Fermi 推定の価値についての認知度は依然低い。反面 STEAM 教育の実現のために、Fermi 推定を扱うだけの学習では知識・理解と計算技能に偏重する可能性も生じる。そのために、創造的思考力の育成や Fermi 推定の学習にも通じて、日常生活や科学・技術としてのトレンドな教育的な活動(ex. グローバルなモノや情報を結ぶ創造性を育む IoT やプログラミング学習)を場面を含めるような教育内容を設定し、児童生徒達の実体験による活動が必要だろう。また本研究によって得られた創造的思考力の評価規準や方法の知見をさらに深めるためには、児童生徒の思考活動の過程における生理反応データにも有益な価値が隠されているのではないかと期待できる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 13 件)

森田勝也・間々田和彦・山本春輝・稲葉芳成・河崎哲嗣, 「カンボジアにおける学習支援(算数・数学教育)に向けての現地調査」, 『岐阜大学教育学部教育実践研究・教師教育研究』, pp.33 - 42, 査読無, 第 20 巻, 2018/03, 岐阜大学。

村橋貴之・稲葉芳成・丸山解・小林一茂・河崎哲嗣, 「プログラミング学習の有効活用へ結びつく算数・数学の教育実践 - 距離センサを用いた「速さ」の量認識 - 」, 『岐阜大学教育学部教育実践研究・教師教育研究』, pp.43 - 54, 査読無, 第 20 巻, 2018/03, 岐阜大学。

Mutfried HARTMANN・Thomas BORYS・Tetsushi KAWASAKI・Hidemichi OKAMOTO, "Theoriebildung zu Fermi-Fragen", 52.Jahrestagung der Gesellschaft fuer Didaktik der Mathematik, 掲載確定, <https://gdmv2018.abstract-management.de/program/index.php?action=search>, 査読無,

2018/03, Gemeinsamen Jahrestagung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV) und der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM), Paderborn.

岡本英通・森田勝也・河崎哲嗣, 「フェルミ推定を活用した数学的モデリングの基礎研究 ~ 小学校高年の児童を対象とした教育実験 からの一考察 ~ 」, 『近畿数学教育学会学会誌』, pp.1-14, 査読有, 第 31 号, 2018/02, 近畿数学教育学会。

Tomoko NINOMIYA・Tetsushi KAWASAKI, Sonoko MORI・Yoshihiro HASHIMOTO, "A Comparative Research of Three Countries on Various Backgrounds of Students and Mathematics Education Through Surveys in Germany, Brazil and Japan", 査読無, 51.Jahrestagung der Gesellschaft fuer Didaktik der Mathematik, Beitrage zum Mathematikunterricht 2017, pp.713-716, 2017/03, Potsdam.

柳本哲, 「Studies to Implement Practical Mathematics in Japan」, 『数学教育学会誌』, pp.169-175, 査読有, Vol.57/No3・4, 2017/03, 数学教育学会。

奥林泰一郎・森秀樹・前迫孝憲・森川治, 「遠隔映像対話環境を用いた事前交流とその後の対面交流への影響」, 『日本教育工学会論文誌』, pp213-216, 査読有, Vol.40 (2016) Suppl, 2017/03, 日本教育工学会。

Takehiro KIHIRA・Toshihiko CHIKUSA・Tetsushi KAWASAKI, "DEVELOPMENT OF TEACHING MATERIALS FOR FOSTERING COGNITIVE ABILITY OF SPACE IN JAPANESE HIGH SCHOOLS", ICME13 Hamburg, WEB 公開採録, https://www.conftool.pro/icme13/index.php?page=showAbstract&form_id=955, 査読有, International Congress on Mathematical Education, 2016/07, Hamburg.

Mutfried HARTMANN・Thomas BORYS・Arno BAYER・Tetsushi KAWASAKI, "TEACHING AND APPLYING RESEARCH METHODS IN A CROSS-CULTURAL PROJECT FOR STUDENTS OF MATHEMATICS EDUCATION", ICME13 Hamburg, WEB 公開採録, https://www.conftool.pro/icme13/index.php?page=showAbstract&form_id=1045, 査読有, International Congress on Mathematical Education, 2016/07, Hamburg.

稲葉芳成・河崎哲嗣・黄瀬正敏・柳本哲, 「高等学校における数学的モデリングに関する実践事例 - モデリング・チャレンジプログラムの記録 - 」, 『科学教育研究』, pp. 186-197, 査読有, Vol.40 No.2, 2016/06, 一般社団法人日本科学教育学会(JSSE)。

河崎哲嗣・前迫孝憲, 「日常現象と空間図形を関連付けた直観力を育てる数学教育 見えない物の「想像力」と視点移動による形状の「推測力」」, 『岐阜大学教育学部研究報告(紀要)~教育実践研究~』, pp.53 - 64, 査読無, 第 18 巻, 2016/03, 岐阜大学。

河崎哲嗣・黄瀬正敏・前迫孝憲・稲葉芳成, 「数学的モデリングによるイノベーション教育に関する研究 「ソファ問題」を通して顕在化した関数教育及び図形教育の課題と提案」, 『近畿数学教育学会誌』, pp.27-40, 査読有, 第29号, 2016/02, 近畿数学教育学会.

紀平武宏・竺沙敏彦・河崎哲嗣, 「日常現象の図形モデル表現を目指した教材研究 2次曲線を日常現象の解明に活かすための空間図形教育の教材開発(その1)」, 『数学教育学会誌』, pp.41-50, 査読有, Vol.56(No.1・2), 2015/10, 数学教育学会.

〔学会発表〕(計5件)

河崎哲嗣・他5名, 「フェルミ推定による創造的思考力の育成」, 『2018年度数学教育学会春季年会予稿集』, pp.167-169, 2018/03, 数学教育学会.

Hidemichi OKAMOTO・Tetsushi KAWASAKI・Mutfried HARTMANN・Thomas BORYS, "Lösungsprozesse bei Fermi-Aufgabe beobachten - Entwicklung eines Instruments", 52.Jahrestagung der Gesellschaft fuer Didaktik der Mathematik, <https://gdmv2018.abstract-management.de./program/index.php?action=search>, 2018/03, Gemeinsamen Jahrestagung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV) und der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM), Paderborn, Germany.

中村啓介・河崎哲嗣, 「日常生活における体感を近似モデル表現するSSH探究教材の開発 - 個人に適合した自転車運転の効率を高める実践研究その1 -」, 『2016年度数学教育学会秋季例会発表論文集』, pp.186-188, 2017/09, 数学教育学会.

Mutfried HARTMANN・Thomas BORYS・Fabian MUNDT・Tetsushi KAWASAKI・Arno BAYER, "Geometrische Modellierung interkultureller Differenzen", 51.Jahrestagung der Gesellschaft fuer Didaktik der Mathematik, Beitrage zum Mathematikunterricht 2017, pp.1415-1416, 2017/03, Potsdam.

奥林泰一郎・ゼオースキ・スペンス・前迫孝憲, 「教室・モバイル併用クラウド型遠隔学習コミュニティ環境の開発」, 『教育システム情報学会研究報告』, pp65-68, 30(4), 2015/11, 教育システム情報学会(JSiSE).

〔図書〕(1件)

Akira YANAGIMOTO, Tetsushi KAWASAKI, Noboru YOSHIMURA (分筆), "A Mathematical Modelling Challenge Program for J.H.S. Students in Japan", Mathematical Modelling in Education Research and Practice Cultural, Social and Cognitive Influences, Springer International Publishing AG Switzerland, pp. 579-589,

2015/7.

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等
<http://www2.hamajima.co.jp/~mathenet/koukaikouzaopening/opening015/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河崎 哲嗣 (KAWASAKI, Tetsushi)
岐阜大学・教育学部・准教授
研究者番号: 00582488

(2) 研究分担者

奥林 泰一郎 (OKUBAYASHI, Taiichiro)
大阪大学・人間科学研究科・招へい研究員
研究者番号: 60580941

齊藤 和彦 (SAITO, Kazuhiko)
大和大学・教育学部・准教授
研究者番号: 60738524

前迫 孝憲 (MAESAKO, Takanori)
大阪大学・人間科学研究科・教授
研究者番号: 00114893

柳本 哲 (YANAGIMOTO, Akira)
京都教育大学・教育学部・教授
研究者番号: 90441401

松崎 昭雄 (MATSUZAKI, Akio)
埼玉大学・教育学部・准教授
研究者番号: 105332292

(3) 連携研究者