

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010年～2012年

課題番号：22500940

研究課題名（和文）科学能力とコミュニケーション能力育成のための教育および教育支援の研究

研究課題名（英文）Research on education to nurture scientific and communication abilities and supporting teachers to implement this education

研究代表者

秋山 仁（AKIYAMA HITOSHI）

東京理科大学・総合教育機構・教授

研究者番号：00096942

研究成果の概要（和文）：グローバル社会で活躍できる人材の育成を目的として、「生きた学び」を現場の授業に浸透させるための教具・教材および教育支援システムの開発を行った。理論と実践を融合した教材・教具を開発し、研究チームと教員間など関係性の構築と情報の共有を目的とした研修プログラム、教育改革事業を企画し、1つの教育支援システムを提案した。さらに、研究成果を活用した公開シンポジウム、テレビ番組、教科書、教具などの企画・監修・制作を通して、「生きた学び」の教育観を啓発していった。

研究成果の概要（英文）：With the objective of nurturing children who can eventually play an active role in today's globalized society, this research project generated educational tools and materials, as well as an educational support system, designed to cultivate "zest for life" in actual teaching contexts. The proposed educational system features a Teacher Development Program in which a community of researchers and teachers collaborates to develop educational materials and tools that integrate theory and practice in the service of educational reform. Research outcome applications included planning and holding an educational symposium, advising educational TV programs, and creating textbooks, teaching aids which served to increase public awareness of the principles of "zest for life".

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：教師教育・体験学習・教具（道具）・教育支援

1. 研究開始当初の背景

本研究チームは過去10年以上に渡って、中等教育の教育改革事業および教員研修会を企画し、運営している。そこでは、単に知識だけでなく、創造力や行動力まで身につける、「本物」に触れ、情操的にも精神的にも

豊かで、生徒の心を希望と喜びで満たす真の人間教育を目指している。研究代表者は、道具を使って体験する教育の重要性を訴えるために、国内外の講演、執筆、集中講義などを通して、教育啓発活動を行って、大きな反響を呼んだ（業績参照）。

しかし、教育改革事業および教員研修会を通して、「見て、触れて、試して、考える」教育、社会实践として「生活の中でどのように使われているのかが実感できる」教育を、わかりやすく、具体的に伝え、教育実践の現場に浸透させることは非常に難しいことがわかった。

そこで、本研究は、実質的に教育の質を高めるために、現場の教員を支援するシステムを構築することを研究課題とした。

2. 研究の目的

(1) 体験型授業によって科学能力およびコミュニケーション能力を育成する教育の開発：「考えることを楽しみ、挑戦することによって興奮し、人と人を結びつけることができる人材を育てる」教育を実現するための体験型授業、およびそれに必要な基礎知識の習得を可視化できる授業設計・教材を開発する。

(2) (1) の教育を初等中等教育の現場に啓発する教育支援システムの開発：教育支援者が学校、教員、教員が担当するクラスとどのように関わっていけばいいかを考察し、1つの教育支援システムを提案する。

(3) 体験型授業実践における学びと教育支援システムに対する評価：生徒や教員と道具との関係および授業の質的变化と、教育支援者の介入効果を分析し、体験型授業における学びの質、教育支援システムの有効性について評価する。

3. 研究の方法

(1) 教授法および教材・教具の開発

①研究協力校（高校）の教育課題を明確化した上で、具体的な取り組み事項やテーマを設定し、目標を明示する。
②目標を具現化するために、研究協力校の教員と教授法・授業設計・教材を共同開発する。

(2) 教育支援システムの構築

①研究協力校の学習状況を調査し、状況に応じてより有効な教授法を、現場の教員と共同開発する。
②教員の授業実践に対し、本研究チームはその授業に対して指導や助言を行い、さらに教育内容を共同で改善していく。この関係性によって、理論と実践を融合した教育を設計することができる。
③教授法、学習指導案、教具・教材は、Content Management System (CMS) によって蓄積、本研究チームと研究協力校および教育改革事業に参加した教員らが共有する。

(3) 教育実践の評価および教育啓発活動

①各教育改革事業は、研究協力校とのディスカッションの記録、教員および教育改革事業

へ参加した教員へのアンケート調査の結果、教具・教材などを合わせて、対象校の教育および教員の変化について分析・考察し、報告書を作成する。

②研究成果を活かした教育啓発活動として、公開の教育シンポジウムおよびワークショップを開催する。

4. 研究成果

(1) 教授法および教材・教具の開発

東海大学付属の5つの高等学校（および中等部）を研究協力校とした、教授法および授業開発を行った。5校中、1校は3年間通して活動に取り組み、残りの4校は2年間ずつ取り組んだ。4校中3校が中等部を擁しており、中・高教員が一丸となった授業研究・開発が展開された。

①（数学部門）各校での取り組み事項やテーマ、数学科の全教員を対象とする「学校研修」のプログラム等を策定するに当たっては、各校の特性を踏まえた検討がなされた。たとえば、3年間通して取り組んだ第五高校では、「友人に説明できるほど理解する」（1年目）、「視覚と体験を通じた理解」（2～3年目）をテーマに設定した。他の4校では、「数学を魅せる」、「数学の活用と体験」、「表現力の育成」、「学力差の混在するクラスでの教材作成」、「生徒の年齢に見合った学びなおし」などをテーマに設定した。

②（数学部門）各研究協力校では、設定されたテーマを踏まえて、以下のような教授法や教材・教具が開発された。その代表的なものを以下に挙げていく。

第五高校では、1年目に「小学校以来学んできた定理や公式などのうち、疑問に感じ続けていた事柄や理解しづらかった事柄について、生徒が自らの言葉で他人に説明する」という活動に取り組みさせた。現在学んでいる事柄でなく、小学校以来学んできた事柄を対象にしたのは、それらの事柄について、これまでの生徒自身の体験などを踏まえ、年齢に見合った思考をさせる意図があった。同校では、翌年以降、数学Ⅰの三角比と数学Ⅱの三角関数について、それぞれの単元全体を通じた授業計画の作成に取り組み、その成果を授業に反映させ、また、各単元における公開研究授業を実施した。2年目に実施した公開研究授業では、「教室での（普段の）授業」における生徒の思考を補助する教材・教具のあり方についての研究成果が反映されたものになった。3年目は、より実践的な体験を通じた学びを演出することによる学習効果をねらい、体育館内のある地点Aからひもで固定された風船の高さを算出する（ただし、A地点の付近に障害物がある）問題に取り組みさせた。生徒は、問題を自分自身の問題としてとらえることができ、その問題を解決する手

段として既習の定理に触れることで、その定理のもつ意義について理解を深められたようである。

翔洋高校・中等部では、学校研修における特徴的な取り組みとして、「数学の活用と体験」および「数学的考察力・表現力の育成」の2つのプログラムを設定した。「数学の活用と体験」では、授業で学んでいる知識や技能を、より現実的な場面の中で体験的に活用することにより、学んだ事柄の意義を生徒が実感を伴って理解し、生徒の数学的好奇心が育成されることを目的に、題材研究と授業開発を行った。「数学的考察力・表現力の育成」は、生徒が筋道立てた説明ができるようにすることを目標に、そのために不可欠な「数学的考察力」の育成とともに、その指導法について研究した。

数多くの教材を開発したが、中でも、空間の把握能力の育成のため、正多面体や平行多面体の元素を発見し、それらの模型を制作し、特許を取得した。また、これらの発見は新聞や雑誌などでも紹介された。(朝日新聞 2012年4月30日朝刊、第17面/EPFL OBJECTIF SCIENCES, 『MULTIPLO “DES MATHS AU BIG BANG”』 János Pach)

(理科部門)

世界の科学教育、とりわけイギリス、OECDのPISA学力テスト、そのトップのフィンランド、概念形成研究を大学教育にまで取り入れているアメリカなどの教授法を研究し、特に形成的アセスメント、誤概念の克服、市民教育などについて調査し、シンポジウム等を開催。またその成果を教員研修に反映させた。生徒の理解に対応し、探究を重視した指導ができるような授業の開発を行った。実験開発は3年間で約80ほどを行い、その多くは百元ショップの材料をもとにしている。百元ショップの材料使って、手ごろな価格で、準備するための時間的負担を軽減する教材・実験を開発ことによって、生徒が日常的に体験学習を実践できるような工夫をした。そして、討論を通して科学的な理解を深めることを目的に、生徒が主体的に学びにかかわれる教育をめざした。

(英語部門) 学校研修および地域連携教育改革プロジェクトを通して、英語教員の関心事は、新学習指導要領の「生徒が英語に触れる機会を充実するとともに、授業を実際のコミュニケーションの場面とするため、授業は英語で行うことを基本とする」の一節である。しかし、付属校の中には、SELHi指定校であった高校もあれば、個人的に研修会に参加して、研修課題として「英語で授業を行う」ことに挑戦したものの、現場に戻ると他の教員が文法訳読式であり、定期テストが学年単位で統一されているなどの問題から、「英語で授業」が実践されていない高校もあった。

そこで、教員の「英語で授業」の経験、生徒の英語によるコミュニケーション能力に応じて、教材が開発された。具体的に2例を紹介する。

第三高校は、全教員が文法訳読式から英語のコミュニケーション活動中心の授業にシフトするために、日英語対象表現リスト(bilingual key expressions)を作成する活動、日英語(裏表)カードを並び替えてストーリーを把握する活動など、生徒が英語で意味を積み上げる導入活動の教材を設計・制作した。

すでに、プロジェクト型学習の授業で、英語でのコミュニケーション活動が行われている翔洋高校では、生徒の主体性を伸長することを目的とした授業の研究を行った。生徒の日常的な経験、背景知識などを活かすことによって、彼らが活動の意味を理解し、活動の中の彼らの立場、状況、役割を彼ら自身が明確できるような活動を設計し、教材を制作した。また、生徒のアウトプットを重視し、授業の最後には必ずライティング活動を入れた。

このような教材の効果を検証するために、授業の参与観察、リフレクション会議などのデータを基に質的研究を行い、論文として発表した(研究業績:学会発表①)。

(2) 教育支援システムの構築

①(数学部門) 第五高校以外の4校では、1年目に数学科の全教員を対象に、上述の「学校研修」を行い、2年目にその成果を生かした授業開発を推進する形式を採った。学校研修の研修プログラムを策定するために、数学分野の研究分担者が各校に出向き、その学校の数学科教員とともに、研修内容について検討した。その際、4つの研究協力校それぞれの特性を活かすように心がけた。「特性」の主たるものは、生徒の数学的能力であるが、各学校の地域性なども考慮に入れられた。こうした検討を行うことは、各数学科教員が漠然と抱いていた教育目標が共有化される効果もあった。

第五高校では、3年間にわたって、数学に対する生徒の意識調査を行い、このプログラムの効果を検証した。

②(数学部門) 学校研修では、実施したすべての学校で、「教授法の共有化」をプログラムに取り入れた。普段の授業で、教えにくい、または、生徒が理解しづらいと感じている箇所について、全教員に事前に調査して、それに基づいて各回のテーマを設定した。当日は、それらの問題点を分析するとともに、授業でどのような工夫をしているのかを紹介し合ったり、新たな提案がなされたりした。

(理科部門) 本研究を通して開発した実験・教材は、教師、あるいは生徒同士による実験開発のモデルとなる。夏期教員研修(合宿形

式6日間)では、研修者ととも100円ショップに行き材料をそれぞれが購入、全員がそれまで開発を余りしていなかったにもかかわらず各自が数個の百円ショップの素材を用いて実験開発を行い成果発表をした。またその開発した実験を秋の授業プログラムに組み込み各自の工夫で授業を行った。その報告は年度末の研修会で行い、東海大学のWEBで附属高校の教員が手軽な実験を共有できるようになった。教師、生徒が知識だけでなく、新しい工夫の方法を主体的に学ぶことにつながった。

③(理科部門)ICTを利用し、教員に負担の少ないが効果の大きい理科ネットワーク(科学技術振興機構JST作成)の利用をベースに、実験で見せにくい教材の動画での提示などのノウハウ、クリッカー等を利用して生徒の認識をリアルタイムで把握し主体的に授業にかかわらせ概念形成をはかる授業の研究を行った。

(英語部門)オープンソースのeラーニングプラットフォームMoodleを使い、研修および教育改革イベント専用のサイトを設定した(例:<http://www.ried.tokai.ac.jp/ried/tprogram/english/index.html>)。これによって、研究チームと研究協力校との教材およびコメントの共有、研修やイベントに関するアンケート調査、日本の各地の学校の教員動詞の(英語での)ディスカッションが可能になった。このサイトは、「教える一教わる」関係のバリアを軽減する効果があった。また、ユビキタス環境として、いつでもどこでも情報の提供と収集が可能であるため、日常業務に追われて、授業研究にまともな時間がとれない教員らが、互いにサイトの教材やディスカッションを通して、教育改革へ意識が向いていく変化があった。この点については、教材および教員らのフォーラムへの書込み、アンケートの回答などを分析し、国際学会で発表し、論文としてまとめた(研究業績:論文①、④)。

(3) 教育実践の評価および教育啓発活動

各研究協力校で実施した教育改革事業については、年度ごとに実施報告書を作成した。学校研修実施校に関する報告書では、毎回の研修内容や公開研究授業へ向けた議論の過程などがまとめられている。

また、各研究協力校では、公開研究授業を含む研究会を実施した。各研究会へは、東海大学附属諸校の教員のみならず、地元の公立および私立中学・高校の数学教員も参加した。①(数学部門)附属仰星高校・中等部では、授業での数学ソフトの効果的な活用法に多くの参加者が関心をもち、そのソフトがその後の授業に活用されたことが報告されている。

②研究成果についての教育啓発活動の一環

として、2013年3月21日に東海大学高輪キャンパスで第1回「生きたことば・活かした学び」シンポジウムを開催した。研究分担者らが講演し、東海大学附属校教員は実践報告した。その模様は動画配信された。

数学部門は、研究協力校を代表して、第五高校教諭が、自らの公開授業や取り組みの成果について発表をした。

英語部門は数学との横断的授業を開発し、数学の教具と豊富な画像を取り入れたスライド・ショーを使って、視覚的に訴え、また理解を体感してもらいながら、「黄金比」の特徴と美しさを英語で理解する実践を紹介した。

(理科部門)教育改革事業の公開授業およびサイエンス・イベントは、各学科の教員が全員で1つの授業をつくることを通して、教員間の関係性を強化するとともに教育改革に対する教員全員の士気を高める。

2011年度は、地域(福岡県宗像市)の教育機関および企業と協力して地域の住民のためのサイエンス・イベントを開催し、学びの喜びを共有する、という経験をすることができた。サイエンス・イベントは宗像市長が大会委員長を務め、当研究組織メンバーの支援のもと、附属第五高校(福岡県)が中心となって運営された。期間中3000人近くの来場者があり、地域の人材の育成にも寄与するものとなった。また、当研究組織メンバーは、3月には石巻で被災地支援の実験ショー・ブースでの実験の紹介などを行った。

2012年度は、地域連携教育改革プロジェクトの一環として、第五高校浦安高校・中等部翔洋高校・中等部で、それぞれ公開授業とサイエンスイベントを行った。サイエンスイベントの中では、理科読の演示、サイエンスショーを実施した。どちらも市長が大会委員長になり、市の教育委員会、市の商工会議所、銀行や信用金庫、企業出展などで、附属高校が中心となり地域振興の大型イベントをスタートした。浦安では1400人、翔洋では1600人の参加があり、五校は宗像のイベントの中心となり焼く4000人の参加があった。地域連携の大きな柱は、附属校の教育力のアップで、公開授業には地域連携で一緒に取り組んだ地域の公立中学からも見学者が来て、授業を見よう授業改善していくかの議論を行った。

アメリカ物理学会が推進する認知科学に基づいた教授法を参考に、日本の教授法との比較研究を行うシンポジウム「科学をどう教えるか」www.rikakari.jp/npofiles/sympo20120715annai.pdf (2012年7月)、

「科学をどう教えるか」www.ried.tokai.ac.jp/ried/files/events/entryform20130113/ (2012年3月)を、東海大学代々木キャンパスで開催した。理科ではこのシンポの内容を教員研修に

反映させている。

2013年3月にはまた、第1回「生きたことば・活きた学び」シンポジウムも開催した。理科は、生徒の理解に対応し、探究を重視した指導。ICTを利用して実験。百円ショップの材料で教材開発。討論で深める科学的な理解。これらを盛り込んだ授業の実践報告「理科『全員で探究する理科の授業一人がブタ肉を食べてもブタの筋肉にならないのはなぜ』を紹介した。

(英語部門) 2012年度教育開発セミナー
“Learning through communication”

(<http://www.ried.tokai.ac.jp/ried/files/events/entryform20130223/>) を主催し、2つのワークショップ「リーディング」と「ドラマ・パフォーマンス」を公開した。参加者が学び手となり、コミュニケーションを通して学ぶことの意味について考えた。日本人教員より外国人教員の参加が多かったという、おもしろい形態でワークショップが進められたが、外国人教員の積極的な参加・意見が、日本人教員の参加への姿勢に刺激を与え、結果として、非常に活発なワークショップになった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 20 件)

- ① 鈴木広子、リーディング活動における状況論的理解と言語生成、教育開発 (Educational Development)、査読有、4、2010、65-90
- ② 秋山仁、桑田孝泰、酒井利訓、佐藤郁郎、多面体の展開図の平面充填性に関するプロジェクト学習、東海大学紀要 教育研究所、査読有、18、2011、33-48
- ③ 秋山仁、桑田孝泰、酒井利訓、佐藤郁郎、正多角形および正多面体の対角線に関するプロジェクト学習、教育開発 (東海大学教育開発研究所紀要)、査読有、7、2013、3-14
- ④ Collins, P., Suzuki, H., Evolving teacher perceptions on learner autonomy, Proceedings of the Independent Learning Association Conference, Wellington, New Zealand, 査読有、2012。(印刷中)
- ⑤ Jin Akiyama, H. Maehara, G. Nakamura, and I. Sato, Element Number of the Platonic Solids, Geometriae Dedicata, Vol.145, Issue1, 181-193 (2010), Springer-Verlag, 査読有
- ⑥ Jin Akiyama, Math as I like it, -Problems and Conjectures on Polyhedra- Severino V. Gervacio International Conference on Graph Theory and Combinatorics, The DLSU Mathematics Inbox, Special issue 2009, 13-36.(2010), 査読有

- ⑦ Jin Akiyama, I. Sato, The Element Number of the Convex Regular Polytopes, Geometriae Dedicata, Vol.151. Issue 1, 269-278(2011), Springer, 査読有
- ⑧ Jin Akiyama, H. Ito, M. Kobayashi, and G. Nakamura, Arrangements of n points whose incident-line-numbers are at most $n/2$, Graphs and Combinatorics, 27(3), 321-326 (2011), 査読有
- ⑨ Jin Akiyama, G. Nakamura, X. Chen and M-J. Ruiz, Minimum Perimeter Developments of the Platonic Solids, Thai J. of Math, 9(3), 461-487 (2011), 査読有
- ⑩ Jin Akiyama, T. Kuwata et., al., Determination of All Tessellation Polyhedra with Regular Polygonal Faces, Computational Geometry, Graphs and Applications, Lecture Notes in Computer Science Vol.7033, 1-11 (2011), 査読有
- ⑪ Jin Akiyama, S. Hitotumatu and I. Sato, Determination of the Element Numbers of Regular Polytopes, Geometriae Dedicata, Vol.159(2012), 89-97, 査読有
- ⑫ Jin Akiyama, I. Sato, The Diagonal Weights of Regular n -Polytopes, to appear in Elemente der Mathematik., 査読有
- ⑬ Jin Akiyama, M. Kobayashi, H. Nakagawa, G. Nakamura and I. Sato, Atoms for Parallelohedra, To appear in "Geometry -Intuitive, Discrete and Convex", Bolyai Soc. Math. Studies, (J. Pach et. al. eds) Springer -Verlag, 査読有
- ⑭ Jin Akiyama, I. Sato and H. Seoung, On Reversibilities among parallelohedra, Computational Geometry, LNCS Vol.7579 (2012), 14-28, 査読有
- ⑮ Jin Akiyama, S. Hitotumatu and I. Sato, A Note on the Existence of a Universal Polytope among Regular 4-Polytopes, J. Indones. Math Soc. Vol.19, No.1(2013), 41-47, 査読有

[学会発表] (計 24 件)

- ① Collins, P., Suzuki, H., Nurturing the communication skills required of global citizens. The Second East Asian International Conference on Teacher Education Research. The Hong Kong Institute of Education, Hong Kong, 2010年12月15日
- ② Takikawa, Y., The lesson based on concept formation research -The world of the atom is investigated using sound. International Conference on Learning Innovation in Science and Technology (ICLIST2012), Phuket, Thailand, 2012年3月1日
- ③ Kuwata, T., The dissection of polygons by triangles, The 2nd International Conference on

Mathematics and Technology in Mathematics Education, Phnom Penh, Cambodia, 2013年3月5日

- ④ Jin Akiyama, International Conference on Computational Geometry and Graph Theory (CGGA 2010), Dalian Maritime University, China, Nov 5, 2010
- ⑤ Jin Akiyama, Thai Mathematics Festival, National Science and Technology Department Agency (NSTDA), Feb 19, 2011.
- ⑥ Jin Akiyama, The 4th International Conf. on Science and Mathematics Education in Developing Countries, Zaman University, Cambodian Math. Soc., Feb 25, 2011.
- ⑦ Jin Akiyama, XIV-EGC, Spanish Conference on Computational Geometry, Alcala de Henares, Spain, Spanish Math. Soc., Jun 27, 2011
- ⑧ Jin Akiyama, The Annual meeting of Philippines Math Society, Batangas, Philippines, May 19, 2012
- ⑨ Jin Akiyama, Thai Japan Joint Conference on Computational Geometry and Graph Theory (TJJCCGG 2012), Bangkok, Thailand, Dec 8, 2012.

〔図書〕(計3件)

- ① 滝川洋二、新星出版、ガリレオ工房の科学マジック、2011、174

〔産業財産権〕

○取得状況(計2件)

名称：立体パズル
発明者：秋山仁、中村義作、佐藤郁郎、田宮憲久
権利者：東海大学
種類：特許
番号：特許第4310418号
出願年月日：2008.10.17
国内外の別：日本国

名称：立体パズル
発明者：秋山仁、中村義作、佐藤郁郎、田宮憲久
権利者：東海大学
種類：特許
番号：特許第4310419号
出願年月日：2008.10.28
国内外の別：日本国

〔その他〕

ホームページ等

東海大学教育開発研究所
<http://www.ried.tokai.ac.jp/ried/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

秋山 仁 (AKIYAMA HITOSHI)
東京理科大学・総合教育機構・教授
研究者番号：00096942

(2) 研究分担者

瀧川洋二 (TAKIGAWA YOUJI)
東海大学・教育研究所・教授
研究者番号：30436597
桑田孝泰 (KUWATA TAKAYASU)
東海大学・教育研究所・教授
研究者番号：70307677
コリンズ ピーター (PETER COLLINS)
東海大学・教育研究所・准教授
研究者番号：10307241
酒井利訓 (SAKAI TOSHINORI)
東海大学・教育研究所・教授
研究者番号：20267842
鈴木広子 (SUZUKI HIROKO)
東海大学・教育研究所・教授
研究者番号：50191789