

指導教員：和田裕一准教授

東北大学大学院情報科学研究科

博士学位論文

題目：数学教育における創造的学習態度の育成を目指した

国際遠隔協同学習に関する研究

東北大学大学院情報科学研究科

人間社会情報科学専攻

博士課程後期3年の課程

学籍番号： A9ID3008

氏名： 詫摩 京未

博士学位論文目次

数学教育における創造的学習態度の育成を目指した国際遠隔協同学習に関する研究

第1章 はじめに

- 第1節 研究の背景と問題の所在……………1
- 第2節 研究の目的・方法……………7
- 第3節 本論文の構成……………8

第2章 数学教育における創造的学習態度の育成に関する基礎研究

- 第1節 本研究における創造性の定義とその育成方法の検討……………13
- 第2節 創造性の評価方法……………20
- 第3節 まとめ……………27

第3章 ICTを用いた遠隔教育に関する現状と教育内容開発の視点

- 第1節 本研究における遠隔協同学習の定義と遠隔協同学習に関する先行研究……………29
- 第2節 数学教育における創造的学習態度を育成する教育方法としての国際遠隔協同学習の形態と教育内容開発の視点……………35
- 第3節 まとめ……………37

第4章 教育実験Ⅰ：高校生を対象とした国際遠隔協同学習による発展的な内容に対する主体的な学びの検証

- 第1節 教育実験の目的……………39
- 第2節 教育実験の実際……………39

第3節	教育実験の評価	46
第4節	まとめ	59
第5章 教育実験Ⅱ：大学生・院生・現職教員を対象とした国際遠隔協同授業・ゼミナールを恒常的に行うことの有効性の検証		
第1節	教育実験の目的	61
第2節	教育実験の実際	61
第3節	教育実験の評価	68
第4章	教員養成課程における恒常的な実施の有効性について	76
第5節	まとめ	79
第6章 教育実験Ⅲ：国際遠隔協同学習の有無による教育効果の比較		
第1節	教育実験の目的	80
第2節	教育実験の実際	80
第3節	交信授業の有無による教育効果の比較	90
第4節	まとめ	108
第7章 総合考察		
第1節	本論文のまとめ	110
第2節	今後の課題	112
参考・引用文献		115
本論文に関する論文および学会発表		126
資料		129

付録1「光の速さの追求」(第4章)の教材化·····	136
付録2「日時計の数学」(第6章)の教材化·····	146
謝辞·····	151

第1章 はじめに

第1節 研究の背景と問題の所在

1.1 創造性の育成の必要性について

情報社会においては、以前の社会に比べてはるかに多くの情報があふれており、この多くの情報から必要な価値ある情報を取捨選択し、その情報から新たなものを創造する力が必要であるといわれることが多い。例えば、このことについて、李(2003a)は、「変化が激しい時代で起きている様々な問題を主体的に解決しながら豊かに生きようとする時、どうしても必要な力が創造力である。情報化社会を生きる人々にとって、「創造力」は、今までの時代以上に求められている。」としている。このような情報社会において子どもたちがよりよく生きるために創造力を育成することは、現在の学校教育において必要であると考えられる。

学校教育においては、平成18年に改正された教育基本法において「豊かな人間性と創造性を備えた人間の育成を期する」とされ、平成20・21年改訂の学習指導要領では各教科等の特性に応じた創造性の涵養につながる力の育成が盛り込まれた。平成29・30年改訂の学習指導要領では、随所で「創造的な学習」「創造性」などと明記され、文部科学省初等中等教育局教育課程課(2015)では「発達段階に応じて、新たな発見や科学的な思考力の源泉となる創造性を育む」とされている。このように、現在の学校教育において創造性を育成することが求められており、さらに、それを実現するための具体的な教育内容や教育方法について研究する必要があるといえる。また、数学教育においては横地(2003)が、「学力保障に定める算数指導には、数学を、伸長して体系的に学習する面と、数学を、開放されて、創造的に学習する面の両面がある。」とし、数学の体系的な学習と共に、数学教育における創造的な学習の重要性を指摘している。なお、同氏は前者を緊張・体系学習、後者を開放・創造学習と呼んでいる。さらに、その重要性について、「算数の学習においては、まず緊張・体系学習から始め、次いで開放・創造学習に及ぶ。これら両者が交差して学習が進行する。」、「開

放・創造学習の体験を重ねた子供は、緊張・体系学習の際にも、教科書や先生が期待する思考を越えて、創造的な思考を働かせて学習するようになる。」「こうした態度は、やがて、子供自身による、高度で広範な数学の、自立・開拓学習の招来となって実る。」と指摘している。これらの指摘から、創造的学習態度の育成を目指した数学教育は学力保障に応えたよりよい数学教育につながるのではないかと考えた。

1.2 発展的な内容と創造的学習態度の育成を目指した遠隔協同学習について

平成 29・30 年告示の新学習指導要領では、「主体的・対話的で深い学び」がキーワードの一つとして取り上げられている。ここに至る経緯として、平成 15 年の学習指導要領の一部改正により補充的な学習と共に「発展的な学習」が追加されている。教育現場において、発展的な学習を行うときの問題点としては、生徒の意欲や積極性をいかに引き出すかということが挙げられ、生徒の学習態度が受け身であることも多い。児童・生徒が「主体的・対話的で深い学び」をするためには、その課題に取り組む動機づけの難しさが課題の一つとして挙げられるであろう。そのためには、知的好奇心をくすぐる内容や教育方法が必要である。

ここで、協同学習について関田(2017)は「協同学習は主体的な学び、対話的な学びの成果を探るための機会を提供してくれる。」としている。また、遠隔教育について村上(2005)は、「自文化に属しながらも集団間のコミュニケーションが可能であり、異文化と接触することのできる遠隔教育の意味は非常に大きい」と指摘している。さらに太細(1998)は、「教育内容に関して、均一な教育内容を広範な地域の受講者に効率良く伝達することができる。異なった文化、習慣との接触が可能になることで、授業に刺激効果を与えることができる。さらに受講者間の協調と競争によって、学習意欲の活性化、授業の高度化が期待できる」と指摘している。

これらの指摘を踏まえ、本研究では、異なる文化・価値観との遭遇が可能であり、仲間と共に高め合うことができる遠隔協同学習を、「主体的・対話的で深い学び」に取り組む動機付けとなる学習として挙げ、その教育効果について明らかにしたいと考えた。

遠隔協同学習と類した用語として、学校間交流学習が挙げられる。稲垣(2003)は「学校間

交流学习は、遠隔協同学習、協同学習、協働学習、交流学习など、さまざまに呼ばれている」としている。また、堀田・他(2003)は、「交流学习に関する明確な定義は、たとえば教育工學事典にも掲載されていないが、学校現場では多く使われている用語である。同様の概念に共同学習がある。学校現場で共同学習(または協同学習、遠隔協同学習)という用語を使う場合、インターネット等の情報手段を活用して複数校で活動する学習を指すことが多い。」としている。これらでは、「学級の所属するところの学校を超えたところで、交流が成立する点を意識して「学校」間交流と呼ばれることが多い」ことから学校間交流学习と呼ばれている。

本研究では、異なる2つの学級がそれぞれの教室で行われる非同期の通常授業とテレビ会議システム等を使った同期の交信授業を合わせた学習全体を遠隔協同学習と呼ぶ。本研究での遠隔協同学習の基本的な考え方は、横地・他(2001)によるものである。同氏らは、創造性の育成を目的とし、よりよい数学教育を目指すための教育方法としてテレビ会議システムを利用した遠隔協同学習を1995年以来、CCV教育システム研究会(Computer, Communication and Visualの略語)で実施している。この研究会では、「質の高い学習をする2つの学級が協同学習をすれば、更に一段と質の高い学習が生まれ、その学習から、子供は、一段と質の高い創造力を獲得する」(横地, 1996)という仮説を提起し、遠隔協同学習の研究を行っている(横地・他, 2001)。守屋・他(2004・2005)では、この研究方針を引き継ぎ、遠隔協同学習の研究が行われている。

1.3 数学教育において遠隔協同学習を行う意義

経済産業省における理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会(2019)では、「この第四次産業革命を主導し、さらにその限界すら超えて先へと進むために、どうしても欠かすことのできない科学が、三つある。それは、第一に数学、第二に数学、そして第三に数学である！」とし、「現下の第四次産業革命の進行が示すのは、数学が国富の源泉となる経済一言わば「数理資本主義」の時代の到来である。」と述べている。このように、数学を学ぶことの重要性は現在強く訴えられている。したがって、数学の力を伸ばす必要がある。

また、2022 年度から年次進行で実施される高等学校における新学習指導要領においては、「理数科」が新規に設置され、探究活動に重きを置かれる。これらのことから、数学の学力向上、さらには数学科における探究活動、創造的活動が求められており、それを可能にする教育内容や教育方法の開発が必要である。

永井・他(2003)は、「インターネットを使った遠隔地との協同学習では地域差などを生かした学習を構築することが容易なので、これまで社会科や理科などでは効果的な授業が多く報告されてきた。しかし、数学科の授業に関しては数学が客観性を重視する学問であることから、地域性を顕在化させることなどが困難で、Web 上での協同学習に関する実践や見当も磯田、守屋、余田、永井以外にはあまりみられない(Isoda and McCrae 2000,Moriya 2000, 杉田・余田 2001, Nagai et al. 2000)。」としている。今やインターネットを介して相手と通信することは技術的には容易に行うことができる環境となり、遠隔協同学習が教科教育に利用されることはあたりまえのようになってきた。しかし、数学は科学の要であるにも関わらず、上記の永井・他(2003)の指摘のように数学科での活用は少ない。数学科での研究例は他の教科よりも少ないことは、研究対象とする意義の一つである。

ここで、永井・他(2003)が述べるように、確かに数学に地域差はない。数学科では、先取り教育をしない学校であれば、おそらく日本全国どの学校でもおよそ同じ時期に同じ単元を教科書に準じて指導する傾向にある。学校現場の教員は創造的な学習活動や協同学習の必要性は感じながらも、実際は教科書に準じた指導に終始してしまう現状も少なからずあるということも、筆者自身教育現場で教員として勤める中で感じてきた。しかし、本来は、数学を理解させるために生徒たちが暮らす地域をネタにして教材を作成するなど、日本各地でそれぞれの実態に合った創意工夫のある教材づくりがもっと積極的に行われるべきである。このように地域性や教員の個性を活かした学習内容を、他地域と交流することで新たな学びが生まれると考える。このことから、現在の日本で多く見られる画一的な指導状況を打破し、数学教育の発展に寄与するために、遠隔協同学習は教員にとっても生徒にとっても学びが多く意義がある教

育方法であると考えた。

また、CCV 教育システム研究会が発足した当時、一般には遠隔協同学習を数学科で行うことは最も難しいと言われていたとのことである。しかし、数学科で教育効果がみられることを示すことができれば、他教科での協同学習も多分に可能性がある教育方法であることが示せるだろうという思いがあり、CCV 教育システム研究会では数学科で実施することに意義があると考えたとのことである。(横地, 1998a)

1.4 国際的な遠隔協同学習を行う意義について

五十嵐(2002)では、日本とドイツにおいてピタゴラスの定理をテーマに国際的な遠隔協同学習を行った。日本側は、ピタゴラスの定理の応用問題について扱った。日本の中学校でピタゴラスの定理を学習するときには、応用問題を扱うことで学習を深めることが多い。一方で、ドイツ側はピタゴラスの定理の歴史から調べてきた。日本側としては、歴史から調べるという発想はなく、教員・生徒共に斬新であった。そもそもの数学に対する考え方が日本とドイツでは違うということである。国際的な遠隔協同学習を行う意義はここにあると考える。この数学に対する考え方の違いに子どもたちが触れることができたことが学習の深まりになり、教員自身も教材開発の視点を広げることができるという利点がある。

守屋・他(2006)では、日本とドイツの大学生同士の遠隔協同授業・ゼミナールを行った。筆者自身もこのゼミナールに参加したが、ドイツ側が一次関数の導入に、様々な現象から2つの変数を抽出し、グラフや表を作りながら分析しながら一次関数を導入していた。日本の教科書では、このように様々な関数の中から一次関数を導入する活動をする例を見たことがなかったため、感動したことを覚えている。この経験は、筆者が実験を通じた関数の導入を中学1年生の授業に取り入れることに繋がった。この教材開発の視点の広がり、国内に閉じた遠隔協同学習を行っただけでは決して得ることはできない。

守屋・他(2004・2005)では、発信相手を海外の学級として英語で発信授業を行うことで、準備段階において日本語から英語に翻訳して学習内容や自分の考えをまとめ直す作業を加え

ることが知識の精緻化となり、より内容の理解を深めたことが示唆されている。また、黒田(1998a)は、異国間における遠隔協同学習がもたらす教育成果について、日本とドイツとの小学校間での、「模様」を題材とした「対称図形と群」を学習内容とする遠隔協同学習によって、「他の国との交流によって、自分たちの身近にある模様というものを、より意識し大切にしようとする気持ちが培われたといえる」とし、遠隔協同学習によって文化を敬愛する心の育成が可能であることを示している。また、上杉(2017)では、Skype を活用した海外との交流授業を通して、言語習得と異文化理解を相乗効果的に達成されたとしている。これらから、言語の違い、文化の違いが教育効果に差異をもたらすことが示唆される。

国際的に遠隔協同学習を行うことは、これらの理由で意義があると言えるが、数式は万国共通の言語であり、数学が科学教育の根幹であるという視点からも国際的な遠隔協同学習は意義があると考えられる。

そこで、本研究では、国内同士ではなく海外との国際的な遠隔協同学習を研究対象とすることとした。

1.5 問題の所在

遠隔教育に関する研究については、国内外において主に教育工学において散見されるが、数学教育において、クラス単位で外部のクラスと同期で交流を行うことで学習内容の理解を深めること、またこの活動によって創造的学習態度を育成することを目指した研究は少ない。そこで、本研究では CCV 教育システム研究会で提起された仮説「質の高い学習をする2つの学級が協同学習をすれば、更に一段と質の高い学習が生まれ、その学習から、子供は、一段と質の高い創造力を獲得する」を基に遠隔協同学習の研究をより進めることを目指すこととする。特に、遠隔協同学習が発展的な学習に主体的に取り組む動機づけの難しさを解決することにつながるのかを検証する必要がある。また、恒常的に遠隔協同学習を取り入れることの有効性は先行研究では十分に検証されていないため、その点も検証する必要がある。さらに、国際遠隔協同学習を行うクラスと行わないクラスでは発展的な学習に取り組むこと

による学習効果や学習に対する態度に差があるのかを実際に比較する研究はあまりみられな
いため、この点を明らかにする必要がある。

第 2 節 研究の目的・方法

2.1 研究の目的

本研究では、数学教育の発展、子どもらの学力向上を主眼とし、国際遠隔協同学習を教育
方法として提案している。本研究の目的は、数学教育における創造的学習態度の育成を目指
した国際遠隔協同学習の教育効果について明らかにすることであり、具体的には次の 4 点を
明らかにすることを目指す。

- ❶ 国際遠隔協同学習による創造的学習態度の育成の様相を明らかにする。
- ❷ 国際遠隔協同学習を通して、数学を活用した発展的な内容について主体的に学ぶことが
できるか検証する。
- ❸ 国際遠隔協同学習を恒常的に行うことの有効性を検証する。
- ❹ 国際遠隔協同学習について、通常のクラス内に閉じた授業形態と比較したときの教育効果
の差について検証する。

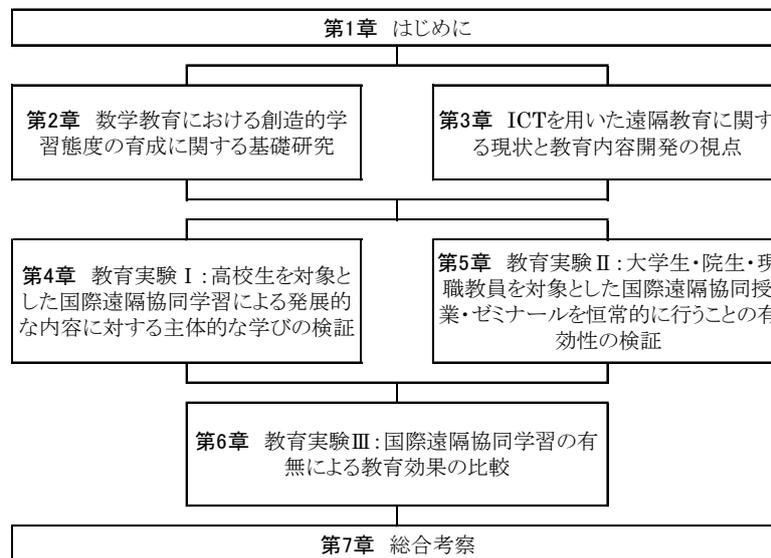
2.2 研究の方法

本研究における創造性を定義し、数学教育における創造的学習態度の育成の条件や、育
成のための手段を先行研究から検討する。また、教育実験における創造的学習態度の評価
方法について検討する。また、ICT を用いた遠隔教育に関する先行研究から、数学教育にお
ける創造的学習態度の育成を目指した国際遠隔協同学習の形態を検討し、教育内容開発の
視点を得る。これらを踏まえ、研究の目的❶に対しては、主に教育実験Ⅰ・Ⅱにおいて検証す
る。研究の目的❷を検証するため、教育実験Ⅰ「高校生を対象とした数学・物理・英語の総合
学習として国際遠隔協同学習」を行い、その教育効果について検証する。研究の目的❸を検
証するため、教育実験Ⅱ「大学生・院生・現職教員を対象とした遠隔協同学習・ゼミナール」を

行い、その教育効果について検証する。さらに、実験Ⅰ・Ⅱの教育効果が、遠隔協同学習によるものであることを明らかにするために、教育実験Ⅲを行い、研究の目的④を検証した。具体的には、国際遠隔協同学習を行うクラスと行わないクラスでは発展的な学習に取り組むことによる学習効果や学習に対する態度に差があるのかを検証する。

第3節 本論文の構成

本論文は、第1章から第7章までで構成されており、これらの関係を図に示す。



第1章 はじめに では、研究の背景と目的、および論文の構成について述べた。まず、近年の教育情勢を踏まえ、数学教育において創造的学習態度を育成する重要性和、その実現のために国際的な遠隔協同学習を取り入れる有効性や意義を論じている。児童・生徒が発展的な内容に対して「主体的・対話的で深い学び」をするためには、その課題に取り組む動機づけの難しさが課題の一つとして挙げられ、そのためには知的好奇心をくすぐる内容や教育方法が必要である。その解決方法の一つとして遠隔協同学習を挙げ、この教育方法により数学的創造力の育成を目指す方向性を示した。さらに、先行研究から英語理解や学習内容の知識の精緻化、異文化理解などの効果を見込み、本研究では海外と交流をする国際遠隔協同学習を研究対象とすることを示した。本研究の目的は、数学教育における創造的学習態度の

育成を目指した国際遠隔協同学習の教育効果について明らかにすることである。本論文は 7 章で構成される。

第 2 章 数学教育における創造的学習態度の育成に関する基礎研究 では、創造性に関する心理学や教育学における先行研究を概観し、創造性を測るために開発された複数の心理尺度を参考に創造的学習態度尺度を作成することで、以降の教育実験における創造的学習態度の測定のための道具立てを行っている。多くの先行研究において一般的に受け入れ、参考にされている恩田(1971)の創造性の定義をもとにし、「創造性とはある目的達成または新しい場面の問題解決に適したアイデアを生み出し、あるいは学習者または学習集団にとって新しい社会的、文化的に価値あるものをつくり出す能力およびそれを基礎づける人格特性であり、多数の因子からなるものである」を本研究での創造性の定義とした。ここで、「社会的、文化的に新しく、価値があるもの」を学習者本人または学習集団に求めることは困難であるので、「社会的、文化的には新しくないが、学習者本人または学習集団にとっては新しく、価値があるもの」を求めることにする。本研究では、創造性を適切な場所で発揮できるように、創造的学習態度を育成することとする。また、数学教育における創造的学習態度の育成方法について方向性を示した。

第 3 章 ICT を用いた遠隔教育に関する現状と教育内容開発の視点 では、ICT を用いた遠隔協同学習に関する近年の研究動向について述べるとともに、本研究で扱う遠隔協同学習の学習内容の要件を整理している。本研究では、遠隔協同学習の定義を、テレビ会議システムやこれに類似したツールを使って同期に交信を行う授業のみを交信授業(Distance Learning, 以後 DL), それぞれの教室で行われる非同期型の通常の授業が繰り返し行われる一連の教授・学習活動全体としている。恩田(1974)は、「異質の情報の相互作用、特に対立した情報がぶつかって矛盾を引き起こし、それを総合して新しい情報がうまれる」とし、これを創造性育成のための一条件としているが、これを踏まえて、CCV 研究会による遠隔協同学習の形態を見直すと、異質の情報の相互作用を行う場を DL と置き換えることができ、この形態は、創造的

学習態度を育成するための一条件に当てはまっている。さらに、異文化交流や英語を使った交流による知識の精緻化を見込み、本研究では、国内同士ではなく海外との国際的な遠隔協同学習を研究対象とし、CCV で提起された仮説「質の高い学習をする 2 つの学級が協同学習をすれば、更に一段と質の高い学習が生まれ、その学習から、子供は、一段と質の高い創造力を獲得する」(横地, 1996)を基に遠隔協同学習の研究をより進めることを目指した。この仮説をもとに「“異質な文化がぶつかり合う中に新たな創造が生まれる”との前提に立ち、①異質な文化的背景をもつ 2 つの学級(もしくは、学校)が、②同じ教育内容を、それぞれ違った方法で学習し、③その過程や結果を相互に交流しあう」という遠隔協同学習の形態をとることとした。教育内容の開発の視点としては、交流するそれぞれの学級が同一のテーマの基に交流することにする。また、この際に異なる視点を交流させることができるテーマ設定をし、交流を通じて学習内容を発展させることができる内容を目指すこととした。

第 4 章 教育実験 I : 高校生を対象とした国際遠隔協同学習による発展的な内容に対する主体的な学びの検証 では、国際遠隔協同学習を通して発展的な内容に対して主体的に学び取り組むことができるかを検証するために、高校生を対象とした日本とタイとの遠隔協同学習を行った。本実験では、1 回目の DL によって意欲づけられ、2 回目の DL に向けて生徒自身が発展的な実験のテーマ設定を行い、実験を行うことができた。このように、生徒の手によって進められる程度の難度を持った課題を設定にしたことが、創造的学習態度の育成につながることを見出している。また、発展的な実験は相手に発表することが前提となっていることも動機付けとなり、意欲的に進めることができ、主体的・対話的に進めることができたといえる。また、数学だけの授業でなく、物理との総合学習は、数学の意義の理解や物理の理解に相乗効果があると推察される。通常授業と DL を組み合わせることで、英語の必要性を認識し勉学意欲の向上に貢献できることも確認できた。また、守屋ら(2008)と同様に、DL は複数回行い、それぞれで学習した内容について発表し、発表を互いに聞くことによってさらに発展的な内容の学習を行い、学習内容を深めるのがよいと確認された。次の DL で少しでも良い内

容を発表したいという生徒の思いが、積極性、独自性・独創性を育てることから、DLを含む遠隔協同総合学習の実施は効果が大きいと考える。今回の協同学習は論理性、積極性の向上に寄与し、学習内容の難易度が適度に高いことがこれらの因子の育成につながることを示唆された。また、発展課題を行う過程において、独自性・独創性が育成されることも示唆された。また、発展的な活動とDLという発表の場が動機付けとなり、積極性の向上に寄与すると考える。

第5章 教育実験Ⅱ：大学生・院生・現職教員を対象とした国際遠隔協同授業・ゼミナールを恒常的に行うことの有効性の検証 では、大学生を対象として日本・ドイツ・タイを繋いだ遠隔協同授業・ゼミナールの実践について示し、複数回交信授業に参加する学生の様相を明らかにし、恒常的に遠隔協同学習を行うことの有効性を検証した。本研究での遠隔協同授業・ゼミナールとは、通常行われている授業やゼミナールを、TV会議システムを利用して海外まで空間や対象を拡大した中で実施する授業やゼミナールである。本実験において明らかになった点は次の通りである。相互の学生・教員の意欲、学力、教材研究力に関しては、相互の学生同士がTV会議を利用して直接に交流し、カリキュラムや教材研究を行うことで、学生の学力や研究力が向上することが示唆された。特に参加者は、数学教育についてさらに継続して研究を深める必要性を感じており、協同ゼミは今後の学習意欲の向上に繋がったと考える。また、数年にわたる複数回の協同ゼミの経験によって、相手との知識の交流を深め、さらに発展的なゼミを展開する可能性が期待できた。このことから、恒常的な協同ゼミの有効性が示唆された。また、国際感覚・英語活用力に関しては、TV会議による英語でのコミュニケーションは難しく、協同ゼミが発表と簡単な質疑応答にとどまった。協同ゼミを英語活用能力の向上の機会とし、交信を複数回重ねることで質の高い内容にしていくことができると考える。さらに、ICT活用力に関しては、学生はプレゼンテーション技術を習得することができた。TV会議の設営を自ら学生が行うことでICT機器の利用に慣れ、ICT活用力を向上させることができたと考えられる。創造的学習態度の育成に関しては、数学教育について日独比較を行った今回の学習内

容設定が、創造的学習態度の育成につながったことが示唆された。また、交信を重ねてこのゼミナール形態に慣れることが、学習内容についての本質的な理解を深め、より創造的な研究をすすめることに繋がることが示唆された。

第 6 章 教育実験Ⅲ：国際遠隔協同学習の有無による教育効果の比較 では、4 章・5 章で明らかになった教育効果が遠隔協同学習によるものであることを明らかにすることを目指した。具体的には、高校 2 年生を対象に、日独遠隔協同学習を実施するクラスと実施しないクラスを設定し、その 2 クラスにおける学習内容の習熟度や学習への意欲等を比較し、国際遠隔協同学習による教育効果について考察した。第 4 章・第 5 章において、国際遠隔協同学習を通して発展的な内容について主体的に学ぶことができること、創造性の育成にも寄与することが示唆された。しかし、同一の教育内容を一般的なクラス内で閉じた授業を行う場合と通信機器を用いて海外の生徒と交信授業を行う場合では教育効果に差があるのかという比較実験は先行研究においても積極的には行われておらず、明らかにされていない。そこで、本章では交信授業の有無による比較実験を行った。その結果、発展的な内容に関しては遠隔協同学習を行ったクラスの方が習熟度は高く、問題に取り組む姿勢も高いことが示された。また、クラス発表レベルでは発表を精緻化しきれない可能性があるが、英語に訳す必要があり、海外の生徒に向けて発表するというレベルまで求めることによって、発表内容をより深く理解しておくことが求められ、内容の精緻化をより図ることができることが示唆された。一方で、発表者以外の生徒に対するフォローの必要性があるという課題点も認められた。

第 7 章 総合考察 では、本研究で得られた成果を述べ、遠隔協同学習の今後の展望や遠隔協同学習をより効果的に行うための視点などを述べた。

第2章 数学教育における創造的学習態度の育成に関する基礎研究

第1節 本研究における創造性の定義とその育成方法の検討

2.1.1 本研究における創造性の定義

恩田(1971)が「創造性の定義は各人各様というように、研究者によってさまざまである」としているように、統一された明確な創造性の定義はないとするのが、一般的な考えである。したがって、それぞれ定めている創造性の定義を考察することによって、本研究における創造性を定義することとする。

心理学的研究に関する先行研究では、創造性の定義をそれぞれ次のように定めている。恩田(1971)は、「創造性とはある目的達成または新しい場面の問題解決に適したアイデアを生み出し、あるいは新しい社会的、文化的(個人的基準を含む)に価値あるものをつくり出す能力およびそれを基礎づける人格特性である」とし、創造性を「創造力とそれを基礎づける創造的人格の総合概念」としてとらえるのが適当であると考え。ヴァン・ファンジュ(1973)は、「創造する」ことは「既存の要素を新しく組み合わせること」としている。このヴァン・ファンジュの定義に対して、恩田(1974)は「このような理論は、ほとんど多くの創造性開発技法の基礎理論となっている。」と評価している。E.P.トーランス(1966)は創造的思考を「欠所、つまり、阻害要素や紛失要素を感知し、そのような要素についての考え、または仮説を形成し、これらの仮説を検証し、おそらくその仮説を修正し再検証して、その結果を人に伝達する過程」であるとする。

数学教育における研究に関する先行研究では、齋藤(1998)は、学校教育における創造性は「本人にとって新しい価値があり、その学習集団の構成員に評価されるものを発想したりつくり出したりする能力及び人格特性である」としている。李(2003a)は、創造性とは、「生徒が、新たな課題に対し、既存の知識を分解、分類、整理し、それを目的に向けたアイデアに組み替え、それに基づいて、生徒にとっての新しい着想、新しい価値を生み出す能力、及び、それを基礎づける人格特性」としている。中浦(2002)は、創造性とは、「学習者にとって新しく価値の

ある着想を生み出す資質や能力である」としている。岩田(2000)は、「数学教育における創造性とは、少なくとも子ども個人において新しく、かつ、少なくとも子ども個人によって数学的に価値があると正当化され、認識される知識や概念を生み出す能力および、それを基礎づける人格特性すなわち創造的態度である。ただし、子ども個人によって得られた所産に価値があるということは、数学的に有用・実用的である、簡潔・明瞭である、一般的・効率的である、発展的・創造的である、論理的・正確である、美しい・審美的である、ということの少なくとも一つが正当化され、認識されることを意味する。」としている。

これらのことから、数学教育における先行研究においてなされているこれらの定義には、恩田(1971)の定義を参考にしたものが多く、創造性を新しい価値のあるものを生み出す能力とそれを基礎づける創造的人格の総合概念としてとらえることが一般的であることが認められた。さらに、これらの定義から、数学教育において創造性を捉える際に共通して留意されている点は、「社会にとって」ではなく、「学習者にとって」新しいもの、価値あるものを考えている点であることがわかった。これらの先行研究を参考に、多くの先行研究において一般的に受け入れ、参考にされている恩田(1971)の創造性の定義をもとにし、本研究での創造性の定義を、「創造性とはある目的達成または新しい場面の問題解決に適したアイデアを生み出し、あるいは学習者または学習集団にとって新しい価値あるものをつくり出す能力およびそれを基礎づける人格特性であり、多数の因子からなるものである」とする。ここで、「社会的、文化的に新しく、価値があるもの」を学習者本人または学習集団に求めることは困難であるので、社会的、文化的には新しく価値あるものを将来的につくり出せることを目指して、「学習者または学習集団にとっては新しい価値があるもの」を求めることにした。

2.1.2 本研究における創造的学習態度の育成方法

学校教育においては、子どもには創造的な体験をさせながら、将来創造性を適切な場所で発揮できるように、そして、最終的には創造性を発揮した仕事ができる子どもを育成することが必要であると考えます。ここで、齋藤・他(2000)は、実践の結果より、創造性と創造性態度との関

係について、「算数・数学学習において、創造性を発揮するには、創造性態度が良好であることがベースであり、しかも各創造性因子は互いに中程度の相関があり、一部の創造性因子を備えているだけでは十分でなく、幅広い創造性因子を備えた人格特性が必要である」ことを明らかにしている。この考察をふまえ、本研究では、将来創造性を適切な場所で発揮できるように、創造的学習態度を育成することとする。

恩田(1971)は、創造的思考を、拡散的思考(*divergent thinking*, 思考の方向が多種多様に変わっていく思考)と集中的思考(*convergent thinking*, ある一定の方向に導かれていく思考),あるいは直観的思考と論理的思考(分析的思考)とが統合されたものとしてとらえることができるとしている。これは、一般的に受け入れられている考え方であり、拡散的思考と集中的思考が統合された創造的思考を育成することが、創造性の育成に繋がると考える。

また、創造性の育成の対象について、新堀(1974)は、「個人の創造性だけが取り上げられ、創造性を個人的な資質としてのみとらえるという傾向がある。社会・集団・時代などにも創造性が考えられはしないか。」とし、集団、社会などにおける創造性の育成を検討することが必要であることを指摘している。さらに、大友(1974)が、「人間関係の働きが、創造性を生み出す」としていることから、個人の創造性を育成するために、学級全体の創造性を育成しようとするのが有効であることが示唆される。よって、本研究では、個人ではなく学級単位での協同的な学習を通して創造的学習態度を育成することとする。

ここで、創造的学習態度の育成方法について検討する。本研究における創造的学習態度を育成するためには、「ある目的達成または新しい場面の問題解決に適したアイデアを生み出す能力」や「新しい社会的、文化的に価値あるものをつくり出す能力」を身につける姿勢が必要であることが定義からわかる。このように新しいものを生み出すためには、そのもととなる基礎的な学力や経験が必要であると考えられる。例えば、恩田(1974)は「基礎的な学力の増進」を創造性育成方法としてあげており、ヴァン・ファンジュ(1973)は、「絶えず新しい知識を蓄積し、それを我々の目的に利用する新しい方法を求め続けなければならない。」としている。これ

らから、基礎的な学力の増進・蓄積、経験の蓄積、さらに新しい情報を収集する能力が創造的学習態度の育成には必要な条件であることがわかる。そこで、まず、基礎的な学力の増進・蓄積および経験の蓄積をさせることとする。(育成方法1)

また、自分の学力、経験を蓄積するだけでなく、自分の生活する中の文化や異文化、他人から様々なことを学び取り、広く受け入れる態度を身につけることが必要であると考え。例えば、新堀(1974)は、創造は既存の経験・素材・理論などの新しい組み合わせや新しい解釈から生まれることが多いのだから、「過去から他人を排除する閉鎖的な態度ではなく、むしろ過去から他人を学び取り、過去や他人を広く受け入れるという開放的な態度が必要である。」としている。また、永野(1974)は、「蓄積された文化や過去の経験があつてこそ、創造は行われる。」としている。特に、異国間での遠隔協同学習を行うことより、異なる文化に触れることができることから、これら一連の活動を意欲的に行うことができると考える。そこで、子どもたちを身の回りの文化に接させる。さらに、遠隔協同学習を通して異文化と接させることとする。(育成方法 2)

また、他人から様々なことを学び取り、広く受け入れる態度を身につけさせることとする。(育成方法 3)

しかし、相手国から得た情報全てを単にそのまま受け入れるのではなく、自分達の行ってきた学習と併せて検討することで、異質の情報が相互に作用する状態を作ることが必要であると考え。これは、恩田(1974)が、「異質の情報の相互作用、特に対立した情報がぶつかって矛盾を引き起こし、それを総合して新しい情報がうまれる」とし、異質の情報が相互に作用すること、特に対立した情報がぶつかって矛盾を引き起こすことを創造性育成のための一条件としていることから示唆する。そこで、相手国から得た情報全てを単にそのまま受け入れるのではなく、自分達の行ってきた学習と併せて検討することで、異質の情報が相互に作用する状態を作らせる。(育成方法 4)

以上のように挙げた育成方法を一連の流れの中で行い、これを繰り返し行うことが、創造的学習態度の育成に有効であると考え。例えば、住田(1974)は、「創造性それのみの伸長を

目指すことは効果が薄い。知能・記憶・想像性などのいろいろの認知能力の発達，社会性・積極性など人格的要因の発達など，多くの要因の円滑な発達に支えられることが必要であろう。創造性の発展には特殊な教育法を探すよりも，言語，数，抽象的能力，論理的思考といった能力の総合的な発展が要求される。」とし，「基本的な知的・人的要因の円満な発展があつて初めて創造性はすくすくと育つものといえる。」としている。そこで，遠隔協同学習における，事前の学習活動，プレゼンテーション準備，発信授業による交流，事後の学習活動という一連の流れの中で上述した育成方法 1～4 を行い，それを繰り返すことにより，遠隔協同学習全体を通して創造的学習態度を育成することとする。

2.1.3 創造的学習態度育成の具体的な手段

続いて，実際の活動における創造的学習態度の育成の具体的な手段について，先行研究から検討する。まず，学級における具体的な手段について検討することとする。

日比(1974)は，「学級における創造性の育成を前提とし，創造的な授業というものを，子どもへの考えのすばらしさに力点をおいてみるよりも，むしろ，動的で生き生きとした民主的な人間関係が育ちつつあるかどうか注目する。」，「一人一人の子どもがそれぞれに自分の考えを持ち，他人の考えと自分の考えとの関連をとらえ，それを通してお互いの考えを深めていくことがなければ，(生活集団としてのいわば地域集団における自然発生的な仲の良さはともかく，)授業における生き生きとした民主的な人間関係は成立しがたい。」としている。このように創造的学習態度を育成するためには，民主的な人間関係が成り立つ学級であることが前提とされる。さらに，恩田(1974)は，個性(独自性)の育成を図る創造的学級作りとして，学級集団に創造的雰囲気，すなわち学級全体が相手の人格を尊重する雰囲気を作ること，また連帯感をもたせることが大切であるとしている。そこで，学級において民主的な人間関係を築き，学級全体が相手の人格を尊重する雰囲気を作り，また学級に連帯感をもたせることとする。(手段 1)

また，学級における創造活動を行わせるために必要な事項の一つとして恩田(1974)は「目的をはっきりつかませる」ことを挙げている。恩田は「このことにより，活動が動機付けられ，解

決の手段や方法を見つけやすくなる」としている。そこで、子どもらに交信授業でプレゼンテーションを行うというはっきりとした目的を持たせることで、明確な目的に向かって意欲的に通常授業で学習を進め、プレゼンテーションへの準備を進めることができると考える。そして、このことが創造的学習態度の育成に寄与すると考える。さらに、遠隔協同学習における設定するテーマを子どもたちにはっきりと認識させることが必要であると考え。このように、子どもに学習の目的をはっきりとつかませることとする。(手段 2)

次に、創造的学習態度の育成の具体的手段として、子どもたちに具体的にどのような活動をさせることが有効であるかを検討した。

まず、自分の体を使って身をもって体験させることが重要であると考え。これは、渋谷(1974)が「身をもって体験させることを第一とする。創造的思考の手がかりは具体的な場面にある。経験や勘だけでは創造活動は生まれない。これらを利用することのできる明敏な知性が必要である。」とすることからいえる。そこで、子どもらには身をもって体験させることとする。(手段 3)

その具体例として、生徒に作品をつくらせる活動を挙げる。例えば、大友(1974)が「自分だけの作品を創り出すことに没頭して、初めて、知識や今までの経験が生き、創造性の高まりとして、彼自身のものになったと思われる。」と述べていることからいえる。そこで、子どもが得た知識、経験を生かす活動として、作品をつくる活動に取り組ませることとする。(手段 4)

また、身をもって体験させることを含め、子どもの学習活動が子どもにとって容易なものでは、創造的学習態度の育成を図ることは難しいと考える。それは、上述したように、異質の情報が相互に作用すること、特に対立した情報がぶつかって矛盾を引き起こすことが創造的学習態度の育成には必要な条件となっていることからいえる。また、トランス.E.P(1972)によると、「抵抗に立ち向かい、危険な課題を試みようとする」ことが創造性育成の具体的手段として挙げられている。さらに、新堀(1974)も「創造性を育てるためには、個人にせよ、集団にせよ、一種の抵抗、難問に遭遇しなくてはならない。」としている。そこで、子どもらには学習活動に

において抵抗，難問に遭遇させることとする。(手段 5)

しかし，抵抗，難問に遭遇させることは単なる創造的学習態度の育成のきっかけとしかならないと考える。ここで，創造的過程について注目し，この抵抗，難問に遭遇した後，創造的学習態度を育成するための具体的手段を見出すこととする。多くの研究者は，創造的過程を分析し，これを次の四段階，つまり準備(preparation)，あたため(incubation)，解明(illumination)，検証(verification)からなるものであると考えている。これは Wallas,G.の提案する四段階にあたり，数分から数ヶ月または数年に及ぶ時間的経過が準備期と解明期の間にかかるという事実から推論されている。

これに関連して，ポアンカレ(1953)は，「無意識的活動が数学上の発見に貢献することは大である」としている。これについて，「或る難問を研究するとき，最初に手をつけたときには，何等効果が上がらないことが屢々ある。そこで，ともかくも暫く休憩をしてまた新たに机にむかう。最初の半時間は何もも得られないが，やがて突然決定的な考えが心にうかんで来る。」としており，「この休憩のあいだ絶えず無意識的な活動が行われて，・・・(中略)・・・後に至ってその仕事の結果が数学者に啓示されたのであると考える」としている。この例として，「フックス関数を定義するに用いた変換が非ユークリッド幾何学の変換とまったく同じである」という考えをひらめいたのは，数学上の仕事のことは忘れていた旅中に乗合馬車に乗り込む瞬間であったという自らの経験を挙げている。ここで，このように無意識的活動が行われ，ひらめきが起こったのは，この課題に対する意識的活動が十分にあったからであるとしている。このことから，同氏の言う「無意識的活動」が，「あたため期」における活動であると考えられ，数学上の発見のような創造的なことを行うには，その過程において「準備期」，「あたため期」が必要であると考えられる。このような創造的過程を子どもに踏ませることで，創造的活動を行わせ，創造的学習態度の育成を図ることができる。そこで，子どもには十分な時間をとって考えるという「あたため期」を持たせることとする。(手段 6)

最後に，創造的学習態度の育成の具体的手段として，教師が行うべきことについて検討す

る。

恩田(1974)は、「知識や技術を自己の中で体系化しておくことは、イメージやアイデアを現実化や具体化するのに必要である。」としている。また、「創造性開発にとって大切なことは、素材の習得のための練習や訓練による、それに伴う繰り返しと注意力、およびそれらの新しい状況への適用である。これを十分に習得し、消化し、熟達して、自由に使いこなせるようにすることが、創造性開発に必要で、そこから創造的思考力また創造的技能が身に付く。」としている。これを具体的に授業実践に当てはめた例として次のことが挙げられる。岩浅(1974)は、「子どもたちにどんなにたどたどしく頼りなくても、自分なりの考えをまとめさせたいという方向を持ち、子どもたちの生活や経験、さらに教材に即しての考え方について、かなりはっきりしたイメージをもっていたことを挙げなければならない。」と述べている。また、恩田(1974)は、「「創造性開発教育」の批判として、その研究が心理主義に傾いていることが挙げられる。創造における心理の過程は重視すべきだが、教育内容の構造の徹底的な研究が重要である。また、子どもに思いつきや自由な発言をさせたりして、これを持って主体性があるように受け取るのが問題である。子どもの思考内容の質を高めることが大切であり、そのためには、教育内容をしっかりおさえておいて、思考の内容を深めていくよう指導することが必要である。」と述べている。このように創造的学習態度の育成をめざすには、教育内容の研究を重視する必要がある。そこで、体系化した教育カリキュラムの中で数学を学ばせ、子どもの中で知識や技術が体系化できるような教育内容を開発することとする。(手段 7)

第 2 節 創造性の評価方法

2.2.1 心理学的研究における創造性の測定方法

Guilford,J.P.は創造性の客観的測定に関する研究の先駆者である。1953年に知能の因子分析研究に基づいて、操作(Operations)、内容(Contents)、所産(Products)からなる「知性の構造(Structure of Intellect)」モデルをつくった。創造性にあたるものは「拡散的思考(divergent

thinking)」に関連する一群の因子であるとし、同氏らは創造性をはかると考えられる課題を集め、吟味し、因子分析を繰り返し、「問題に対する敏感さ(Sensitivity to problem)」「流暢性(Flexibility)」「独創性(Originality)」「柔軟性(Fluency)」「綿密性(Elaboration)」「再定義(Redefinition)」の6つの創造性因子群を発見し命名した。住田(1988)によると、この諸因子のうち、流暢性、柔軟性、独創性の3種は、他の因子よりも安定したものとして取り上げられることが多いとのことである。E.P.トーランス(1966)によると、Torrance,E.P.の所属したミネソタ大学教育研究所は、Guilford,J.P.の材料を改作しようと試み、「ミネソタ創造的思考テスト」を開発した。Guilford,J.P.の研究グループの方法との最も大きな違いは、Guilford,J.P.が単一の問題に対する反応からは単一の因子のみが測定される、と主張しているのに対して、Torrance,E.P.らは、いくつかの因子が測定されると考えたところにある。

現在の創造性検査は、これらの因子分析的研究に多大な影響を受けている。先行研究によって挙げられている創造性因子は異なるが、創造性因子によって創造性を捉え、評価することに関しては一般的に共通しているといえる。したがって、本研究でも創造性を因子によってとらえ、評価することにする。

2.2.2 数学教育における研究での創造性の測定方法

数学教育における測定には、教師によるテストによって創造性を測定する方法と、生徒自身が自らの創造的学習態度を測定する方法がある。本論文では、前者を「創造性テスト」、後者を「創造的学習態度アンケート」と呼ぶこととする。

(1) 創造性テストについて

「数学における創造性を評価する場合も発散的思考を中心にした所産(Product)について創造性の評価の観点を決めて評価するのが一般的である。」とHaylock(1987)は述べている。これは、Guilford,J.P.やTorrance,E.P.が、創造性は創造的思考の中でも拡散的思考と関連が深いとしている、という考えを踏まえたものであると考える。新里(1996)は、数学における創造性の評価の観点として、流暢性、柔軟性、独創性の3つの観点をを用いて得点化している。この

3つの観点は、Guilford,J.P.らが拡散的思考のうち重要視した観点であり、Torrance,E.P.の「ミネソタ創造的思考テスト」においても、同様に、評価の観点の代表的なものとして取り上げられている。新里(1996)によると、島田(1977)、能田(1983)らも評価の観点として上に挙げた3つの観点を採用しているという。しかし、現在、創造的思考は拡散的思考と集中的思考とが統合されたものとして捉えることができる、との考えが一般的である。本研究では、この考えに準じて創造性をとらえているので、この発散的思考のみを重視するのではなく、集中的思考も観点として挙げ、創造性の因子を捉えることが妥当なのではないかと考える。この問題点を考慮して評価観点を挙げている研究として、齋藤・他(2000)の創造性テストがある。ここでは、「学習単元末において、それまでに学んだ知識を駆使して創造性をどの程度発揮できるかを調べるための評価教材」として創造性テストを作成している。齋藤らは、創造性テストの評価観点として5つの観点「拡散性」、「論理性」、「流暢性」、「柔軟性」、「独創性」を設定している。このうち「拡散性」、「論理性」は心理学などの創造性テストの評価観点にあまり設定されていないが、数学教育においては重要な因子であると考え、設定されている。その後、齋藤・他(2001)、藤田・他(2003)は、上の5つの観点から「論理性」を抜いた4観点を採用し、評価している。論理性を観点から削除した理由は、用いられた評価問題の性質上、結果に至るまでの過程が読み取りにくく評価しにくかったからである、としている。こうして論理性を抜いた4観点は、すべて拡散的な観点である。このことから、現在の創造性テストでは、単に Guilford,J.P.らの評価をそのまま適用しない場合でも、論理性などの集中的思考に関する因子を測ることは難しく、拡散的思考に関する因子を測るに留まっている、という現状にあるといえる。

(2) 創造的学習態度に関する尺度について

齋藤(1999)は、「数学学習における創造性に関する態度の測定尺度(Creative Attitude Scale)」(齋藤は頭文字を取ってCASと表している。以下、CASと略記する。)を開発し、提案した。設定された創造性の因子は、「拡散性、論理性、積極性、独自性、集中性・持続性、収束性、精密性」の7因子である。齋藤は、拡散性、論理性、独自性の因子にはそれぞれ5項

目, 積極性, 集中性・持続性の因子にはそれぞれ 4 項目, 収束性, 精密性の因子にはそれぞれ 3 項目の質問項目を考えた。このように, これらの因子に対してウエイトをおいた上で, 創造性に関する態度尺度 CAS の合計得点を区分し, 創造性に関する態度を「創造的でない」から「非常に創造的である」まで, 5 段階で評価している。なお, この CAS は妥当性, 信頼性があることなどを検証されており, 「小学 6 年生及び中学 1・2・3 年生の数学学習において創造性に関する態度を測定する尺度としてかなり有効であることが判明した」とされている。本研究において創造性を, 新しい価値のあるものを生み出す能力とそれを基礎づける人格特性の総合概念として捉えているが, 齋藤の挙げる創造性因子は, この能力とそれを基礎づける人格特性も含んでいる。これらから, 本研究における創造性を評価する上で, 齋藤の創造性態度アンケートは適当であると考え。さらに, 齋藤の CAS は, 数学の学習において創造性に関する態度を測定する尺度として, 現時点では, 妥当性, 信頼性のあるものであるといえることから, 教育実験において使用するのに適当であると考え。また, この創造性態度アンケートは, 齋藤(1999)が「児童生徒自身が学習の自己評価のチェックリストとして利用することによって, 自らの創造性に関する態度を育成していくことができるように思われる」としているように, 生徒自身が創造的学習態度を育成することができたと自覚すること自体にも教育的意義があると考え。一方, 創造的学習態度アンケートの問題点としては, 生徒の自己評価によるものであり, 教師による客観的な評価ではない点が挙げられる。

2.2.3 本研究における教育実験 I・II での創造的学習態度の評価方法

以上の考察より, 齋藤(1999)が開発した「CAS」に, 李(2003a)の「創造性態度に関する認識調査」の探求力, 独創性の項目を加えた創造的学習態度アンケートを作成し, これを本研究では「創造的学習態度アンケート(その 1)」と呼び, 使用することとする(表 2-1)。創造的学習態度の因子は拡散性, 論理性, 独自性・独創性, 集中性・持続性, 収束性, 精密性, 探求力である。

表 2-1 創造的学習態度アンケート(その1) 質問項目

因子	質問文
拡散性	7 可能な限りあらゆる方法を考える
	17 一見関係なさそうな中から関係を見つける
	26 もしそうでなかったら、どうなるだろうと考える。
	1 多くの経験や体験をしようとする
	20 ほかの物事と比べて考える
論理性	13 全体のつながりを考える
	25 結果にいたる過程を考える
	5 どうしてそうなるのかという理由を考える
	4 結果や筋道を予想する
積極性	8 物事を関連付けて考える
	24 解決するまで何度も考える
	3 学習したことを他の場面に適応する
	15 いろいろなことに疑問や好奇心をもつ
独自性・ 独創性	28 疑問や課題を追求する
	12 決まった方法に反論する
	21 新しい方法を考える
	16 ひらめきを大切にす
	9 考えたことに自信を持つ
集中性・ 持続性	23 発見に感動する
	6 人と違うことをするのが恐れない
	31 時間を忘れて考える
	22 他のことに気を奪われない
収束性	19 失敗してもあきらめない
	2 疑問や課題を持ち続ける
	11 どの方法が最も適しているかを考える
精密性	10 共通性や違いを考える
	29 物事を細かく観察する
探究力	27 物事の正確さを確かめる
	30 何かを”自分で作り出す”ことに興味を持っている
	18 やさしい問題よりも、難しい問題にたくさんぶつかってみたいと思っている。
	14 少しぐらいの失敗や危険があっても、これまで誰もやったことのないような新しいことをやってみたい

2.2.4 本研究における教育実験Ⅲでの創造的学習態度の評価方法

仮定する因子の種類とそれに関連する質問項目の見直しを行い、新たに表 2-2 のような因子構造と質問項目からなる尺度を作成した。見直しの観点として、各因子の特徴が質問内容に表わされるように、また、生徒が質問項目から具体的な場面を想定して回答しやすいように工夫した。

表 2-2 見直した後の創造的学習態度尺度の質問項目
(創造的学習態度アンケート(その2) 質問項目)

拡散性	異なるいろいろな解き方を試してみる
	一つの問題を様々な角度から考える
	答えが一つに決まらない問題に積極的に取り組む
流暢性	新しい考えが次々と浮かんでくる
	人よりも多くのアイデアを思いつく
	問題を解くのが速い
収束性	様々な情報が一つの結論につながるかどうか考える
	他の物事と比べて共通性や違いを考える
	一見関係なさそうな事柄の中から共通しているところを見つける
論理性	答えだけでなく、問題を解く過程を重視する
	答えの根拠が理解できるまで何度も考える
	仮定と結論を整理して考える
独創性	一般的なやり方とは違う解き方を考える
	自分の答えが他の人と違っていても気にならない
	ひらめきを重視する
集中性	問題を解くのに時間を忘れて考える傾向がある
	問題を解くとき、他のことに気を奪われない
	一度間違った答えが出て失敗してもあきらめない
精密性	問題文を詳しく読み、内容の細部にまで注意を払う
	計算式やグラフは丁寧に書く
	計算ミスに気をつける

作成した質問紙(表 2-2)を、大学生 328 名(男性 253 名, 女性 74 名, 未記入 1 名)対象に実施した。対象者の年齢は 18-25 歳(平均 19.5 歳)である。

表2-2の創造的学習態度尺度21項目に対して因子分析を行った結果(一般化された最小二乗法, プロマックス回転), 固有値の推移(3.7, 1.4, 1.0, 0.8, 0.7, ...)および解釈可能性から3因子解が適当と判断した(表2-3)。累積寄与率は51.5%であった。

表 2-3 大学生における創造的学習態度尺度の因子分析結果

	質問項目 (括弧内は創造性因子名)
第一因子 ($\alpha = .75$)	16 他の物事と比べて共通性や違いを考える(収束)
	15 一見関係なさそうな事柄の中から共通しているところを見つける(収束)
	11 様々な情報が一つの結論につながるかどうか考える(収束)
	17 問題文を詳しく読み、内容の細部にまで注意を払う(精密)
	2 仮定と結論を整理して考える(論理)
第二因子 ($\alpha = .87$)	19 新しい考えが次々と浮かんでくる(流暢)
	18 人よりも多くのアイデアを思いつく(流暢)
第三因子 ($\alpha = .69$)	8 異なるいろいろな解き方を試してみる(拡散)
	9 一般的なやり方とは違う解き方を考える(独創)
	6 答えが一つに決まらない問題に積極的に取り組む(拡散)

第一因子には、複数の情報を関連付けて取りまとめるといった思考に関連する質問項目が含まれることから、“収束性”因子と解釈した。第二因子には、思考やアイデアの豊富さを問う質問項目からなり、“流暢性”因子と解釈できる。第三因子には思考の広がりや多様性に関連する質問項目が含まれることから、“拡散性”因子と解釈できる。各因子の信頼性係数(クロンバックの α 係数)も、第三因子が.69とやや低いものの、おおむね受容できる内的整合性がみとめられた。

また、構成概念妥当性を検討するために同時に実施したBig-Five性格検査ならびに自己効力感尺度(成田・下仲・中里・河合・佐藤・長田, 1995)と創造的学習態度尺度の各因子との間に、いくつかの有意な相関が認められた。Big-Five性格検査とは、外向性(E)・情緒不安定性(N)・開放性(O)・誠実性(C)・調和性(A)の5つの性格次元を測定する質問紙の総称であり、本研究では代表的なBig-Five性格検査の一つであるNEO-PI-Rの短縮版であるNEO-FFI(下仲・中里・権藤・高山, 1999)を用いた。分析の結果、創造的学習態度尺度の収束性とA($r = .30$), 流暢性とE(.31), O(.32), 拡散性とE(.38)などに有意な相関がみとめられた。とくに洞察力や独創性に関連する質問項目が含まれるO(開放性)は創造性との関連が指摘されているが(下仲・他, 1999), 上述の知見はここでの予測と整合するものであるといえる。また、日常場面の行動をどの程度効果的に遂行できるかに関するメタ認知を測る自己効力感尺度と創造的学習態度尺度の間には、収束性(.30), 流暢性(.32), 拡散性(.27)の正の相関がみられた。ここから、創造的学習態度が高いと自己効力感も高い傾向にあることがうかがえる。

以上をまとめると、当初考えていた7因子のうち、論理性、集中性、精密性の項目は、それぞれまとめた因子を形成することではなく、部分的に上述の3因子に含まれる結果となった。これらの項目の内容は、数学のどんな問題を解く上でも当然に求められる思考態度と考えられるため、回答者ごとの傾向の違いが生じにくかったのではないかと考えられる。

数学の授業場面における児童・生徒の創造的学習態度を測るための尺度の開発と妥当性の検討を目的とした。その結果、創造的学習態度の因子として、収束性、流暢性、拡散性の3因子が抽出された。ここで抽出された3因子は、従来の(一般的な問題解決場面における)創造性研究においても主要因子として取り上げられてきており、数学的問題解決場面における創造的学習態度を考える際にも、同様のことがあてはまるといえよう。また、創造的学習態度尺度とBig-Five性格検査ならびに自己効力感尺度との間に有意な関連がみられたことは、本尺度の構成概念的妥当性を示す傍証の一つとして指摘できる。教育実験Ⅲでは、表2-2の評価尺度を使って「創造的学習態度アンケート(その2)」を作成し、これを試験的に用いることとした。

第3節 まとめ

本研究では、多くの先行研究において一般的に受け入れ、参考にされている恩田(1971)の創造性の定義をもとにし、「創造性とはある目的達成または新しい場面の問題解決に適したアイデアを生み出し、あるいは学習者または学習集団にとって新しい社会的、文化的に価値あるものをつくり出す能力およびそれを基礎づける人格特性であり、多数の因子からなるものである」を本研究での創造性の定義とする。

ここで、「社会的、文化的に新しく、価値があるもの」を学習者本人または学習集団に求めることは困難であるので、「社会的、文化的には新しくないが、学習者本人または学習集団にとっては新しく、価値があるもの」を求めることにする。さらに、この定義における「社会的、文化的」という部分に、「数学的」という言葉を付け加えると、数学教育における創造性の定義とできると考える。

本研究では、学校教育においては、子どもには創造的な体験をさせながら、将来的に創造性を適切な場所で発揮できるように、そして、最終的には創造性を発揮した仕事ができる子どもを育てることを目指し、創造的学習態度の育成を目指す。なお、本研究では、創造的学習

態度は多因子からなるものであると考えることとする。ここで、守屋ら(2005)で示唆されたように、一つの授業で創造的学習態度に関する因子すべてが育成されるわけではないことに留意する必要がある。本研究では、個人ではなく学級単位での協同的な学習を通して創造的学習態度を育成することとする。

また、本研究での教育実験Ⅰ・Ⅱにおける測定方法については、齋藤(1999)が開発した「CAS」に、李(2003)の「創造性態度に関する認識調査」の探求力、独創性の項目を加えた創造性態度アンケートを作成し、これを本研究では「創造的学習態度アンケート(その1)」と呼び、使用することとする。創造的学習態度に関する因子は拡散性、論理性、独自性・独創性、集中性・持続性、収束性、精密性、探求力である。さらに、数学の授業場面における児童・生徒の創造性態度を測るための質問紙の開発と妥当性の検討をし、この尺度を「創造的学習態度アンケート(その2)」と呼び、教育実験Ⅲにて試用することにした。創造的学習態度に関する因子は、拡散性、流暢性、収束性、論理性、独創性、集中性、精密性である。

第3章 ICT を用いた遠隔協同学習に関する現状と教育内容開発の視点

第1節 本研究における遠隔協同学習の定義と遠隔協同学習に関する先行研究

3.1.1 遠隔教育の意義

遠隔教育の種類について、谷田貝(2014)は表 3-1 のようにまとめている。

表 3-1 遠隔教育の種類(谷田貝, 2014)

	同空間(対面教育)	別空間(遠隔教育)	
		一方向	双方向
別時間	個別学習 協調学習 教授者と学習者が各個である	通信教育(郵便型) 写真や文書教材の郵送による学習(個別学習)	eラーニング PCソフトやWebコンテンツなどの電子通信による学習(個別学習, 協調学習)
同時間	一斉学習 協調学習 教授者と学習者が一堂に会す	放送教育 音声や動画などの放送視聴による学習(一斉学習)	テレビ会議システム リアルタイム音声・動画通信による学習(一斉学習, 協調学習)

村上(2005)は、「遠隔教育の授業目標や授業デザインを考えるときに、対面授業との関係，“遠隔”であることの意味を考える必要がある」としている。田中(2004)は、「ヴァーチャル・スクールには、学校教育の質的な補完・拡張(距離の貧しさの克服、識字教育に類する学校教育制度の補完)と質的な変革(学びの集団の組織化、個別化された継続教育)という2つの機能類型がある。これに対応して、学習様式や集団構成にも、伝達様式と参加様式の2つが区別される。この2つの様式は、インターネットのもつ「道具」としての機能(検索、成果の結合、学習の個別化と共同化)と「場」としての機能(出会いをつなぐこと、一人一人を生かすこと、わたしたちになること)に、それぞれ対応する。」としている。その上で、バーチャルユニバーシティの機能類型を表 3-2 のように示している。

表 3-2 バーチャルユニバーシティの 2 類型(田中, 2004)

	類型 1	類型 2
学校教育	量的な補完・拡張	質的な変革
学習様式	伝達型 個人的	参加型 集団的
インターネット	道具の機能	場の機能

村上(2005)は、この分類について、「“遠隔”であることを活かすことを考えた場合、この類型 2 のモデルの立場から遠隔教育を考えていくことが重要であると考えられる」としている。

また、同氏は、「ICT で結ばれる 2 つの場にいる集団は、地理的に離れた遠隔地にいる集団同士であり、これらの集団が、学習習慣や学習動機、社会的に立場といった文化的差異を有する場合は多い」とし、「ICT を活用することによって、集団が継続的に異なる文化として触れることのできる授業デザインが可能になる。恒常的に異なる文化に触れることによって相手の文化の理解が可能になり、新たな教育の可能性が広がる。」ことを指摘している。さらに、「自文化に属しながらも集団間のコミュニケーションが可能であり、異文化と接触することのできる遠隔教育の意味は非常に大きいと考える」としている。これらの指摘のように、同じ空間に存在するクラスメイトではない、他空間に存在する他者との交流には文化的差異によってもたらされる効果が期待できる。

3.1.2 本研究における遠隔協同学習の定義

生徒が共に課題に取り組むことによって自分の学びと互いの学びを最大限に高めようとする協同学習・協働学習は、新学習指導要領においてキーワードとして挙げられている「主体的・対話的で深い学び」や「アクティブ・ラーニング」と関連して求められている視点である。関田(2017)は、「協同学習は主体的な学び、対話的な学びの成果を探るための機会を提供してくれる。」としている。

協同学習は、まずはクラス内、そして学校内(校内の学級間など)で生徒たちが自分の考えの視野を広げ、学習効果を高めるために行われている。例えば、堀田・他(1994a, 1994b)では、中学生を対象に、学年の生徒全体で数学の問題集を作成し、お互いに解き合い質問し

合う活動を行った。ここでは、生徒 1～3 人でグループを構成し、1 グループ 2 台のコンピュータを使って、学年全体の協同問題集作成・解答などに取り組み、学級の枠を超えた協同学習を行っている。

さらに、生徒個々の視野のさらなる拡張や刺激を求めて、学校の枠を超えた日本国内の学級間での協同学習、そして国内の枠を超えた海外の学級との協同学習が展開されていく。

遠隔教育と協同学習を組み合わせたものが、表 3-1 における「リアルタイム音声・動画通信による学習」である。本研究では、テレビ会議システムやこれに類似したツールを使って同期に通信を行う授業のみを通信授業 (Distance Learning) とよぶこととする。そして、それぞれの教室で行われる非同期型の通常の授業と同期型の通信授業とが繰り返し行われる一連の教授・学習活動全体を遠隔協同学習とよぶこととする。

3.1.3 遠隔協同学習に関する研究動向

図 3-1 のように、1990 年代半ばから、学校教育現場における情報通信ネットワークの整備がなされる中で、国内外の学校間での交流学习の実践がテレビ会議システムなどを利用して行われてきた。

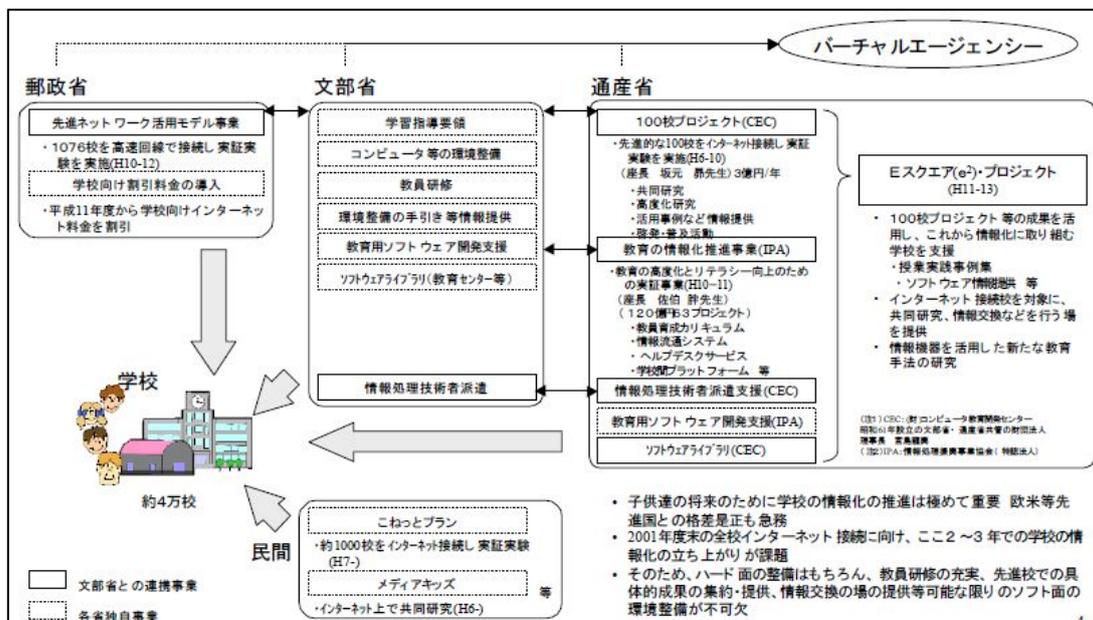


図 3-1 1990 年半ばから 2000 年頃における各省連携による取り組み (通商産業省機械情報産業局情報処理振興課, 2000)

1994 年からは、文部省と通商産業省が中心となって行った初等中等教育の現場のネットワーク化による情報活用の高度化の試みとして 100 校プロジェクトが 3 年間実施された。さらに、1997 年から 2 年間は「国際化」「地域展開」「高度化」を更に推し進めるために新 100 校プロジェクトが実施された。1995 年からは、文部省は「へき地学校高度情報通信設備(マルチメディア)活用方法研究開発事業」を開始し、テレビ会議を利用してへき地の小規模学校と遠隔地にある都会の大規模学校と結び、テレビ会議システムを利用した 2 校が同時に学習を行う研究が進められた。1996 年度には、NTT が中心になり、文部省の援助を得ながら学校におけるマルチメディア環境の整備を支援するプログラム「こねっとプラン」が 2 カ年計画で始まった。情報処理振興事業協会・他(1998)では、「国際化」については、異文化の理解やグローバルな交流を目指し、「世界規模の協同学習を実施することによって、学校の広がりや深みを増すというねらい」が示されている。

このような状況の中、数学教育における遠隔協同学習の実施に向けて、CCV 教育システム研究会が 1995 年に発足した。横地(1998a)、守屋(1999)によると、協同学習の通信速度について、100 校プロジェクトは 64kbps の回線が使われたが、静止的画像の通信が中心となり、動画は難しい。また、100 校プロジェクトはパソコンの画面を使っており、40 名程度のクラス同士の協同学習には不十分であった。そこで、この課題を乗り越え、クラス単位での動画が可能な協同学習を実施することを前提に実践が行われた。CCV 教育システム研究会による教育実践では、市販のテレビ会議システム(三菱電機社製)をベースにした 384kbps の ISDN での実施や、こねっとプランで導入された Phoenix(NTT 製)をベースに回線の容量 128kbps での実施、また「へき地学校高度情報通信設備(マルチメディア)活用方法研究開発事業」で導入されたシステムを利用した実施などがされたということである。

さらに、2000 年代にかけて、多くの教育実践がなされてきた。例として、小学校の社会科「地域の人々の暮らし」をテーマとした国内間での遠隔協同学習(南部・他、1998)、異文化理解を目指した日本とシンガポールの高校生による国際間遠隔学習(中澤・他、2010)など教科

教育，総合学習と多岐にわたる。堀田・他(1999)による学校間交流学習もその実践例であり，「学級内の友だちに伝えるという活動が情報表現を意識する結果になる」(堀田・他 1993, 堀田・他 1994)ことや「学校間で交流することが教科学習にリアリティを持たせていること」(堀田 1996a, 福江・他 1999)などが明らかにされている。

数学教育での活用に関して，CCV 教育システム研究会による一連の国内外の学級間における遠隔協同学習の実践が挙げられる。これらの実践内容は表 3-3 の通りである。

表 3-3 遠隔協同学習の実践内容(守屋, 1999)

单元名	数学的内容	学年	実践期間
1) ケント紙で作ろう	展開図と立体図形	小学校3年	1996.1～3
2) 北風と亀の速さ	速さの測定	小学校3年	1996.1～3
3) 位置	座席を利用した順序や位置関係	小学校1年	1996.6～7
4) 文字と式	演算構造と問題作り	小学校4年	1996.6～7
5) 置物作り	面のまがり方とねじれ方	小学校1年	1996.9～10
6) 刺しゅう画作り	曲線の長さとおまり方の測定	小学校4年	1996.9～10
7) 模様	対称図形と群	小学校5年	1997.7～11
8) ピタゴラスの定理	いろいろな証明方法	中学校2・3年	1999.4～5
9) 日時計	地球と空間の幾何学	中学校2・3年	1999.9～11

また，これら CCV 教育システム研究会での方針を受け，後続して行われていった研究例は複数ある。例えば，丹(2005)は，中学生にとって難易度の高い，三角関数を使った二面角の理論に取り組んでいる。ここで，高校生との遠隔協同学習で説明するために，努力して理解を深めることができたとしている。また，柳本・他(2002a, 2002b)では「絵画と数学」をテーマとした日・中遠隔協同学習，守屋・他(2004)ではフラクタル数学をテーマとした高校生同士の日・タイ遠隔協同学習，守屋・他(2005)では「地球規模で考えよう」をテーマに空間図形や三角比を学ぶ中学生同士の日・タイ遠隔協同学習，守屋・他(2008)では「環境汚染を調査する」をテーマに数学・理科・英語の総合学習として中学生同士の日・タイ遠隔協同学習が実践されるなどしている。

一方で，永井・他(2003)は，「インターネットを使った遠隔地との協同学習では地域差などを生かした学習を構築することが容易なので，これまで社会科や理科などでは効果的な授業

が多く報告されてきた。しかし、数学科の授業に関しては数学が客観性を重視する学問であることから、地域性を顕在化させることなどが困難で、Web 上での協同学習に関する実践や見当も磯田、守屋、余田、永井以外にはあまりみられない(Isoda and McCrae 2000, Moriya 2000, 杉田・余田 2001, Nagai et al. 2000)。』としている。Luiz・他(2006)は数学教育において幾何をテーマに遠隔協同学習を行っているが、永井・他(2003)の指摘のように、先行研究において数学科としての取り組みは他教科に比べると少ない傾向にあるといえるだろう。

3.1.4 ICT を用いた遠隔教育に関する現状

今やインターネットを介して相手と通信することは技術的には容易に行うことができる環境となり、遠隔協同学習が教科教育に利用されることはあたりまえのようになってきた。電話回線でテレビ会議を行っていた時代とは異なり、IP 接続でのテレビ会議が可能となったことで、音声および画像の質も良好となり、実施費用も低くなった。また、テレビ会議システムがなくても、Skype や Zoom などのツールを利用することによって手軽にリアルタイムでの音声・動画通信が可能となった。教育現場でも利用される場面は近年急増しており、英語教育としてネイティブ教員によるオンラインレッスンを教育現場に提供する業者もあり、教育現場での利用はさらに広まると考えられる。相馬(2016)の理科教育における1台 iPad を配置した Facetime を利用した遠隔地との協働学習の実践や、上杉(2017)の Skype を利用した交流授業の実践など、近年の研究ではテレビ会議システム以外のツールで交流する例は多い。

1.5 教員養成課程における遠隔教育

また、教員養成課程において学生が遠隔授業を活用している例は散見されるが、その内容については遠隔地にいることを解決することを主目的とした教員同士の研修、附属校の授業観察、教育実習の事前・事後などの実践例が多い。(村瀬 1998, 坂東ら 2013, 山森ら 2005)

これらの主目的は遠隔地にいる者同士の距離の問題を解決することであり、単に学生らが教育現場に触れる機会をより増やすためなどに行われていることが多く、教員養成課程の学生や教員などの研究内容の質の向上を主目的にしたものはあまりみられない。

第 2 節 数学教育における創造的学習態度を育成する教育方法としての国際遠隔協同学習の形態と教育内容開発の視点

3.2.1 国際遠隔協同学習の形態の検討

CCV 教育システム研究会は、仮説をもとに「異質な文化がぶつかり合う中に新たな創造が生まれる」との前提に立ち、①異質な文化的背景をもつ 2 つの学級(もしくは、学校)が、②同じ教育内容を、それぞれ違った方法で学習し、③その過程や結果を相互に交流しあう」という遠隔協同学習の形態を取った。そして、これを繰り返し、同期型の通常授業と同期型の交信授業を一定のテーマのもとに繰り返し行った。これを図式化したものが図 3-2 である。図 3-3 は交信授業における教室設備及び通信網、2 つの教室間での生徒・教師のやりとりの様子を図式化したものである。

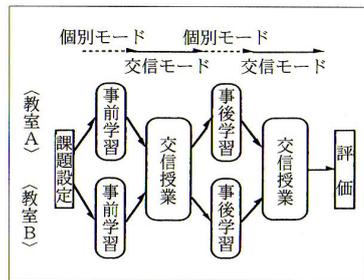


図 3-2 遠隔協同学習の展開モデル (守屋, 2000)

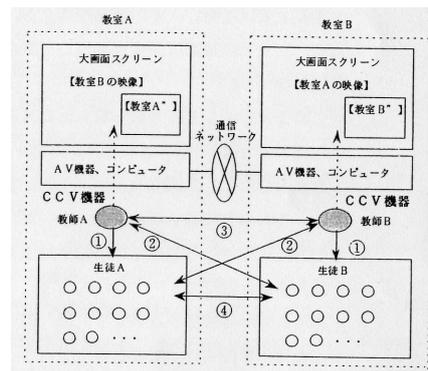


図 3-3 交信授業モデル (守屋, 2000)

恩田(1974)は、「異質の情報の相互作用、特に対立した情報がぶつかって矛盾を引き起こし、それを総合して新しい情報がうまれる」とし、これを創造性育成のための一条件としている。これを踏まえて、CCV 教育システム研究会による遠隔協同学習の形態を見直すと、異質の情報の相互作用を行う場を交信授業と置き換えることができ、この形態は、創造性を育成するための一条件に当てはまっている。したがって、本研究においてもこの形態をとることとした。

さらに、この恩田(1974)による創造性育成のための条件として海外との交流を行う国際的な遠隔協同学習を本研究では行うことを考えた。遠隔協同学習では、異なる 2 つの学級が協

同学習をするが、守屋ら(2004・2005)では、通信相手を海外の学級として英語で通信授業を行うことで、準備段階において日本語から英語に翻訳して学習内容や自分の考えをまとめ直す作業を加えることが知識の精緻化となり、より内容の理解を深めたことが示唆されている。また、黒田(1998a)は、異国間における遠隔協同学習がもたらす教育成果について、日本とドイツとの小学校間での、「模様」を題材とした「対称図形と群」を学習内容とする遠隔協同学習によって、「他の国との交流によって、自分たちの身近にある模様というものを、より意識し大切にしようとする気持ちが培われたといえる」とし、遠隔協同学習によって文化を敬愛する心の育成が可能であることを示している。また、上杉(2017)では、Skype を活用した海外との交流授業を通して、言語習得と異文化理解を相乗効果的に達成されたとしている。これらから、言語の違い、文化の違いが教育効果に差異をもたらすことが示唆される。そこで、本研究では、国内同士ではなく海外との国際的な遠隔協同学習を研究対象とすることとした。

3.2.2 教育内容の開発

教育内容の開発としては、CCV 教育システム研究会による先行研究を参考とするが、その問題点を以下で検討し、本研究における教育内容の開発の視点を考える。

CCV 教育システム研究会の研究では、仮説を提起し、CCV 教育システム研究会による遠隔協同学習の形態による展開ができるような教育内容を開発している。李(2003a)によると、交流するそれぞれの学級における教育内容が異なると、交流を通して質の高いさらなる学習に発展するのが難しいことについて教育実験を通して考察している。そこで、本研究では、交流するそれぞれの学級が同一のテーマの基に交流することにする。また、この際に異なる視点を交流させることができるテーマ設定をし、交流を通じて学習内容を発展させることができる内容を目指す。

また、横地・他(2001)は、手足を動かし、人と人が、情を交わして、この現実の世界で進める実際の活動のことを Real 活動と呼び、「本来、Real 活動でこそ可能となる、数学的研究(数学的概念や法則の獲得など)や数学的活動(数学的作品の製作など)を、さらに一段と広

範で高次なものにするためにこそ、情報機器を活用する。」、また、「協同学習は、子どもたちに、一段と広範で、一段と高次の Real 活動を保証するために行われるものである。」と述べている。また、守屋(2003)は、現在問題になっている数学離れを解決するために、もっと現実社会と数学との接点を探りながら、数学が決して自分たちの社会と無縁でないことを、手作業などの様々な活動を行わせながら指導し、その際には、他の教科と関連させて総合的に数学を扱うようにすることを提案している。これらの観点を踏まえ、主体的に研究をすすめることができるレベルで内容を設定することにする。

また、稲垣(2006)は、学校間交流学習における授業設計の手順モデルを表 3-4 のように示している。これは、学習環境に着目した準備段階と、指導する上での観点を示した実践段階、教師間の前提条件から構成されており、遠隔協同学習を行う上での指標となると考える。

表 3-4 学校間交流学習における授業設計の手順モデル(稲垣, 2006)

準備段階	ステップ 1: 交流相手を見つける
	ステップ 2: 交流の素材・テーマを考える
	ステップ 3: コミュニケーション・ツールを選ぶ
	ステップ 4: 具体的な交流活動をイメージする
実践段階	ステップ 5: ねらいを明確にする
	ステップ 6: 学習者のコミュニケーション・スキルの指導
	ステップ 7: 学習者間の仲間意識を育む
	ステップ 8: コミュニティをデザインする
	ステップ 9: 展開を見通す
前提	ステップ 10: 教師間の連携を図る

第 3 節 まとめ

ICT を用いた遠隔教育に関する現状について、テレビ会議システムがなくても、Skype や Zoom などのツールを利用することによって手軽にリアルタイムでの音声・動画通信が可能となり、近年の研究ではテレビ会議システム以外のツールで交流する例は多くなってきた。

本研究における遠隔協同学習の定義について、テレビ会議システムやこれに類似したツールを使って同期に交信を行う授業のみを交信授業 (Distance Learning, 以後 DL と略記) とよぶこととする。そして、それぞれの教室で行われる非同期型の通常の授業と同期型の交信授

業とが繰り返し行われる一連の教授・学習活動全体を遠隔協同学習とよぶこととする。

恩田(1974)は、「異質の情報の相互作用，特に対立した情報がぶつかって矛盾を引き起こし，それを総合して新しい情報がうまれる」とし，これを創造性育成のための一条件としているが，これを踏まえて，CCV 教育システム研究会による遠隔協同学習の形態を見直すと，異質の情報の相互作用を行う場を交信授業と置き換えることができ，この形態は，創造性を育成するための一条件に当てはまっている。さらに，異文化交流や英語を使った交流による知識の精緻化を見込み，本研究では，国内同士ではなく海外との国際的な遠隔協同学習を研究対象とすることとした。

遠隔協同学習に関する先行研究については，多くの先行研究が挙げられる。一方で，小・中・高校生を対象とした数学科における実践例は少ない傾向にある。また大学教育においては，単に学生らが教育現場に触れる機会をより増やすためなどに行われていることが多く，教員養成課程の学生や教員などの研究内容の質の向上を主目的にしたものはあまりみられない。そこで，本研究では CCV 教育システム研究会で提起された仮説「質の高い学習をする2つの学級が協同学習をすれば，更に一段と質の高い学習が生まれ，その学習から，子供は，一段と質の高い創造力を獲得する」(横地，1996)を基に遠隔協同学習の研究をより進めることを目指した。この仮説をもとに「“異質な文化がぶつかり合う中に新たな創造が生まれる”との前提に立ち，①異質な文化的背景をもつ2つの学級(もしくは，学校)が，②同じ教育内容を，それぞれ違った方法で学習し，③その過程や結果を相互に交流しあう」という遠隔協同学習の形態をとることとした。

教育内容の開発の視点としては，交流するそれぞれの学級が同一のテーマの基に交流することにする。また，この際に異なる視点を交流させることができるテーマ設定をし，交流を通じて学習内容を発展させることができる内容を目指す。

第4章 教育実験Ⅰ：高校生を対象とした国際遠隔協同学習による

発展的な内容に対する主体的な学びの検証

第1節 教育実験の目的

本教育実験の主な目的は、本研究の目的①②であり、次の通りである。

- ①国際遠隔協同学習による創造的学習態度の育成の様相を明らかにする。
- ②国際遠隔協同学習を通して、数学を活用した発展的な内容について主体的に学ぶことができるか検証する。

本教育実験では、日本とタイの高校2年生同士が、「光の速さの追求」をテーマに、数学、物理、英語の総合学習として国際遠隔協同学習に取り組んだ。科学論文の読解、共通実験授業、1回目の交信授業、交信授業を受けて発展させた実験授業、さらにそれを発表した2回目の交信授業が行われた。目的①に対して、これら一連の流れの前後における創造的学習態度の変化について確かめた。さらに、各教室で行われた授業および交信授業における、どの場面において創造的学習態度の育成がみられたのかを確かめ、創造的学習態度の育成の様相について明らかにすることを目指した。目的②に対しては、生徒らの活動の様子、生徒らのレポート、創造的学習態度に関するアンケート、交信授業に対する学習態度に関するアンケートを総合的に評価した。これによって、国際的遠隔協同学習が、発展的な内容について主体的に学ぶことに対して効果的であるかどうかを検証することを目指した。

第2節 教育実験の実際

4.2.1 遠隔協同総合学習の概要

2004年9月から2005年2月にかけて、数学、物理、英語の総合学習として日タイ遠隔協同学習が実施された。教育実践の対象者は、日本側が京都教育大学附属高等学校のスーパー

ーサイエンスハイスクールクラス(以後附高と略記)2年生の39名、タイ側がタイ国ラジャパッド総合大学アユタヤ校附属実験学校(以後LSと略記)5年生(日本の高校2年生に相当)の16名である。

遠隔協同総合学習のテーマは、「光の速さの追求」と設定された。附高ではスーパーサイエンスコースの2年生の科目として応用数学と科学英語を週に1時間ずつ連続して設置している。この2時間を使いこの授業を実施した。指導は数学と英語の教員が共同であったり、さらに実験のアドバイスを理科の教員、助手がおこなった。まず英語で書かれた数学教育の論文 R.A.Dance and J.T.Sandefur (1997) "Approaching the Speed of Light with Class". The Mathematics Teacher, Vol.90, No.4 を読み、これをもとに物理実験と数学的な計算や証明を総合的に取り扱う授業を試みた。今回の附高での場合は、生徒自身で原著を読みこなし、その内容を理解することを求めた。LSの5年生も同じテキストを読み、同じ実験を行った。テレビ会議システムを用いた遠隔協同学習は、DL1では共通に学んだ内容の交流を行い、DL2では両校がそれぞれ考えた発展課題と実験結果等を発表するという設定で実施された。

4.2.2 交信授業の設営

テレビ会議システムは、日本側はNTT製Phoenix Wide IIIを、タイ側はPOLYCOM製テレビ会議システムボードの装着されたパソコンをそれぞれ中心にして、ビデオカメラ、書画カメラ、プロジェクタ、マイク等で構成した。タイ側のインターネットによる通信が不安定であったため、電話回線のISDN(128kbps)を使用した。

4.2.3 授業のねらい

- ① 数学と物理の総合学習： 数学を用いた論理展開で、物理法則や現象を解明していく力をつける。また、数学を応用することで、光の速さという物理的な量を求める。
- ② 科学と英語の総合学習： 英語で書かれた科学的な内容のテキストを読みこなせる英語読解力をつける。また、英語でのプレゼンテーションに取り組み、情報発信力、表現力、英語によるコミュニケーション力を身につける。

③ 発展的な学習： テキストに示されている実験を土台にして，自由な発想で発展実験を考え実行させることで創造的学習態度の育成を図る。

④ 国際交流： タイの生徒との交流を，創造的学習態度を育成するための刺激を受ける場として設定する。

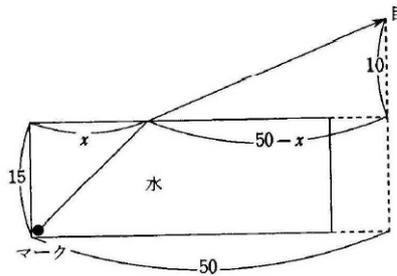
4.2.4 DL1までの授業展開

DL1 までの授業展開は次の通りである。

時間	科学英語	応用数学
1,2	英文テキストのイントロダクションを読む	次回からのグループ 割り振り
3,4	読みPart1発表	読みPart1発表
5,6	Part1 の要約 水中の光速を19cm/nanosecと仮定した時の光の経路を計算する	関数電卓の使い方
7,8	読みPART2発表	実験と計測
9,10	実験結果と計算結果から水中の光速を求める 班ごとのデータ一覧を作る	フェルマーの原理からスネルの法則を極限を用いて証明する
11,12	読みPart2後半 発表	感想を英語でかく
13,14	クラスを2つのグループA, Bにわけ A: 最速下降曲線	B: プレゼンテーション準備
15, 16	A: 最速下降曲線	B: プレゼンテーション準備
17	教育研究集会の公開授業でリハーサル(Bが発表 Aが聴衆役)	

英文は長文なので読むための時間を十分とった。テキストに書かれている水中の光速の求め方は次の通りである。光は最も速い経路を進むというフェルマーの原理を仮定する。図 4-1 のように水の入った容器の底にマークをつける。水の深さや目の位置などは図 4-1 の通りである。マークから観測者の目までの光の経路を考え、水からの出口点からマークまでの水平距離を x cmとしてこの数値を測定する。一方、数学的に時間が最小になる場合を求める。空気中の光速を 30 cm/nanosec, 水中の光速を v cm/nanosec とおき、かかった時間 t を x と v の関数で表す。 v の値を順に決めて固定し、 t が最小になるときの x を求める。 x が実験の測定値と一致し

たときの v が水中での光の速さである。



$$t = \frac{\sqrt{x^2 + 15^2}}{v} + \frac{\sqrt{(50 - x)^2 + 10^2}}{30}$$

図 4-1 数学モデル



図 4-2 実験場面(附高)

4.2.5 DL1 の実際

日本側からは次のように実験結果とその感想を発表した。容器の形が違っても水中の光速はだいたい同じ値を得られるが極端に縦長の容器や平べったい容器では誤差が大きい事、また誤差はどういうところ出やすいかという考察、さらに実験の感想などを発表した。タイ側からは t 式を x で微分してスネルの法則へと導く数式が示された。「どうして微分を使ったのですか」と日本側から質問をし、タイ側の説明を聞きながら日本側の生徒らであれこれと話していく中で理解していくことができた。このタイ側からの発表から、生徒らは、光の速度を求める計算方法が 1 つとは限らないということがわかった。このように、学びはじめたばかりの微分の威力を知る上でもこの DL は効果的であった。その場でわからなかった生徒もタイのプレゼンシートを

後の授業でゆっくりとみることで理解ができた。また、タイの発表がスネルの法則を導くところまでで終わっており、水中の光速を求めるところまで至っていないことに気付いた生徒も数名いた。これについてはさらに後の授業で生徒に考えさせた。さらに、DL1 の発表内容と感想をホームページにまとめ、これをタイからも見られるようにした。



図 4-3 DL1の授業風景(タイ側から撮影)

4.2.6 DL2 までの授業展開

タイの発表を受けて発展実験を生徒自身で考案させた。最初の実験が身近な素材であり、手軽にできるものであったため、その発展実験は考えやすかった。図 4-4 は全 10 班に分かれて発展実験の内容を考えて発表し合った様子である。この写真で板書された内容は付録 1 の図 4 にまとめてあるので参照されたい。「水を他の溶媒に変えて光の速さを測る」という案が 1 番多かったが、他に「実験装置の改良をする」、「水の温度を変える」、「直接光速を測定した方法を調べ、可能なら測定する」などの案が挙がった。

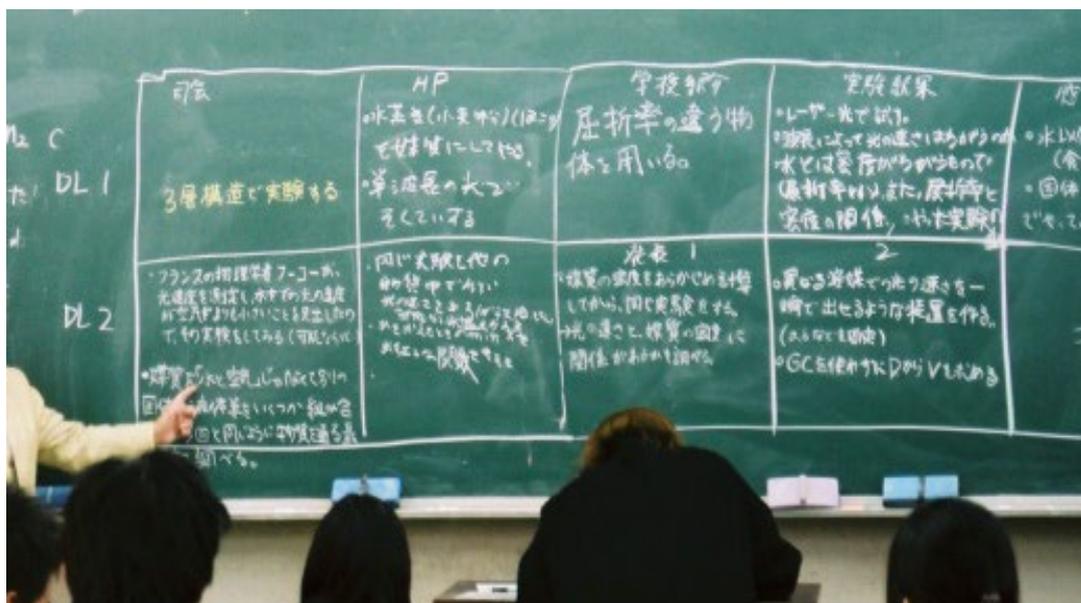


図 4-4 発展実験を考える様子

これらのうち、実際に DL2 の発表担当となった 3 つの班における実験の取り組みの様子を示す。

「実験装置の改良」を行った班は、最初の実験が測定、計算ともに煩雑だと思ったようでもっと簡単に行えるように改良を考えた。改良点は、レーザーを使う、測定する箇所を減らす、入射角を変えられるように長さではなく角を測定する、スネルの法則をもとに測定値から光速がすぐに求まる式を用意しておくなどである。ここでは、「鏡で反射させることを思いついて測定しやすくした」などと実験の工夫点を得意そうに話す生徒の姿もみられた。(図 4-5 参照)

一方、「光速の直接測定」を行った班は、理科助手の援助を得て、4 名が冬休みを利用して実験した。20m 先から鏡にレーザーをあてて数ミリの移動を読み取るという精密さを要する実験である。寒さの中 4 日にわたり、約 30 時間を費やした。最初は受身だった生徒が途中から「このやり方ではできない、こう変えるべきだ」、「計算は自分で納得いくよう考える」と主張するようになり、「大変だったけど実験の楽しさが少しわかった」と感想を述べていた。

また、水の代わりに砂糖水を使い濃度と光速の関係を見出そうとした班は何度も失敗していた。濃度をあげるためにガムシロップに変えたが、水より屈折率が小さくなってしまった。角の

測定を 2 箇所にしないうで臨界角を測るようアドバイスを受け、授業の後さらに時間をかけて実験をやり直した。

このように、これらの 3 班の DL2 発表班は、結果を出したいという思いで特に意欲的に実験に取り組んだ。また、この意欲は物理の教員の実験へのアドバイスによってさらに引き出されていた。

4.2.7 DL2 の実際

日本側からは、「実験装置の改良」、「光速と溶媒の濃度」、「フーコーの実験」の 3 テーマを発表した。発表者は直前まで実験結果を出すことに没頭しており、プレゼンテーションの準備は遅れていた。しかし、内容を熟知していたため要点をコンパクトにまとめることができた。DL1 の反省から、発表は座ってする、はじめにタイトルを書画カメラで見せて今から何を発表するのかわかるようにするなどの工夫をした。また、発表途中で何度も理解できたかを確認する、図やグラフを多用する、書画台カメラのズームを使わないなどの点に気をつけさせたので、発表しない生徒らから「DL1 よりずっとわかりやすくなった」と評価された。

タイ側からは「相対性理論」、「光ファイバー」、「ドップラー効果」、「情報の伝達の仕方」、「前回の補いとしての微分の話」など発展的な話題の調べ学習の発表がなされた。日本の生徒から「知っていることはわかるけれど（初めて聞く）知らないことは（英語の説明だけでは）全然わからなかった」、「つながりがわからなかった」、「もう1度ゆっくりあの数式がみたい」などの声が挙がった。

一方、司会の対応、進行は両国共にスムーズで「一番下の行がよく見えません」、「面を動かさないでください」などの要望を互いに出し、伝えることができた。DL2 を終えて、全体に DL1 よりうまくいったという印象を生徒たちは持った。

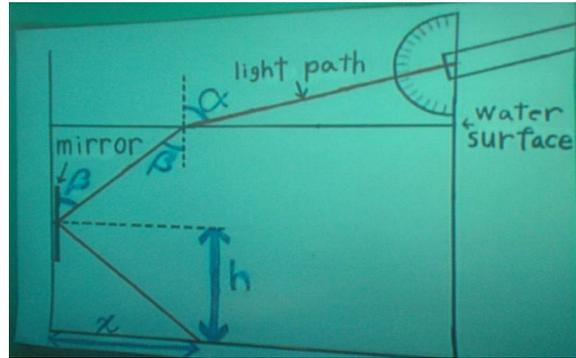
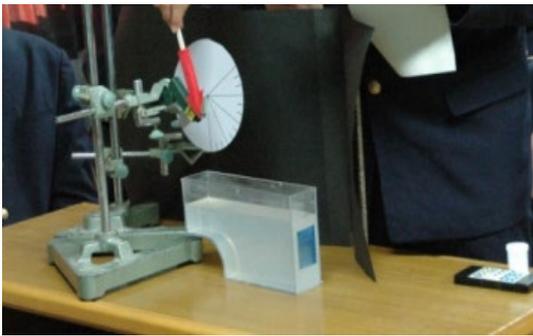


図 4-5 新実験装置の説明場面(附高)

第3節 教育実験の評価

4.3.1 創造的学習態度に関する評価

4.3.1.1 調査の対象

日本側は附高2年39名、タイ側はRS5年16名である。

4.3.1.2 調査の手続き

事前調査は、遠隔協同学習の事前に、日本とタイの生徒に対して質問紙によって実施した。

教育実験として、日本とタイの高校生同士による遠隔協同総合学習が実施された。ここで行われた非同期の授業および交信授業における、どの場面において創造的学習態度の育成がみられたのかを確かめるために、日本とタイの生徒に対して授業ごとの調査を質問紙によって実施した。

事後調査は、遠隔協同学習の事前に、日本の生徒に対して質問紙によって実施した。タイ側については実施できなかった。

遠隔協同学習後に日本側の生徒に対してレポート記述を課した。レポートの内容は、自分が行った発展実験の内容(テーマ、ねらい、実験手順と結果、成功したところ・工夫したところ、自分やメンバーが考えたこと、アドバイスを受けたこと、反省・感想)と「光の速さ」の授業の自分にとっての意義である。

4.3.1.3 質問紙の構成

(1) 事前・事後質問紙調査

生徒の創造的学習態度の育成が図られたかを明らかにするために、守屋ら(2004・2005)の「創造的学習態度アンケート(その1)」を実施した。このアンケートを、日本側の生徒に対しては、遠隔協同総合学習の取り組みの前と後の2回実施した。タイ側については、事前のアンケートは実施できたが、事後のアンケートを実施できなかった。このアンケートは、創造的学習態度に関する因子を拡散性、論理性、積極性、独自性・独創性、集中性・持続性、収束性、精密性、探求力とし、全31項目の質問項目からなるものである。(表4-1, 資料1)

表4-1 創造的学習態度アンケート(その1)

項目	因子	質問文	
1	拡散性	7 可能な限りあらゆる方法を考える	
2		17 一見関係なさそうな中から関係を見つける	
3		26 もしそうでなかったら、どうなるだろうと考える。	
4		1 多くの経験や体験をしようとする	
5		20 ほかの物事と比べて考える	
6	論理性	13 全体のつながりを考える	
7		25 結果にいたる過程を考える	
8		5 どうしてそうなるのかという理由を考える	
9		4 結果や筋道を予想する	
10		8 物事を関連付けて考える	
11	積極性	24 解決するまで何度も考える	
12		3 学習したことを他の場面に適応する	
13		15 いろいろなことに疑問や好奇心をもつ	
14		28 疑問や課題を追求する	
15	独自性・	12 決まった方法に反論する	
16		独創性	21 新しい方法を考える
17	16 ひらめきを大切にす		
18	9 考えたことに自信を持つ		
19	23 発見に感動する		
20	6 人と違うことをするのを恐れない		
21	集中性・		31 時間を忘れて考える
22		持続性	22 他のことに気を奪われない
23			19 失敗してもあきらめない
24			2 疑問や課題を持ち続ける
25	収束性		11 どの方法が最も適しているかを考える
26		10 共通性や違いを考える	
27	精密性	29 物事を細かく観察する	
28		27 物事の正確さを確かめる	
29	探求力	30 何かを“自分で作り出す”ことに興味を持っている	
30		18 やさしい問題よりも、難しい問題にたくさんぶつかってみたいと思っている。	
31		14 少しぐらいの失敗や危険があっても、これまで誰もやったことのないような新しいことをやってみたい	

生徒に「非常にそう思う、そう思う、少しそう思う、あまりそう思わない、全くそう思わない」から一つ選択させ、それぞれ+2,+1,0,-1,-2 を与え、アンケートの項目ごとの平均値を算出する。日本側については、項目ごとに事前・事後の評価の平均値に有意差があるかを調べ、遠隔協同学習の効果について検証することにした。なお、タイ側については事後アンケートが実施でき

ず遠隔協同学習の前後の変化を検証することができなかったため、日本側のみ検証することにした。

(2) 授業ごとの質問紙調査

非同期の通常授業及びDLにおいて創造性が育成された場面を知るために、「創造的学習態度アンケート(その1)」から抜粋した24項目からなるアンケート(これを以後「場面別創造的学習態度アンケート」とよぶ。)を、日本・タイそれぞれの生徒に対して授業後に毎回行った。日本側については、①科学論文読解②共通実験③DL1 ④発展実験⑤DL2 のそれぞれの授業後に計5回実施した。タイ側については、上記②③⑤の計3回実施した。このアンケートでは、全24項目から、その授業で育成されたと思われる項目を選ばせ、それが育成された場面、または、選択した理由を書かせた。(表4-2, 資料2)

表 4-2 場面別創造的学習態度アンケート

項目	因子	質問文
1	拡散性	可能な限りあらゆる方法を考える
2		一見関係なさそうな中から関係を見つける
3		もしそうでなかったら、どうなるだろうと考える。
5	論理性	ほかの物事と比べて考える
6		全体のつながりを考える
7		結果にいたる過程を考える
8		どうしてそうなるのかという理由を考える
9	積極性	結果や筋道を予想する
11		解決するまで何度も考える
13		いろいろなことに疑問や好奇心をもつ
14	独自性・独創性	疑問や課題を追求する
15		決まった方法に反論する
16		新しい方法を考える
17		ひらめきを大切にす
18		考えたことに自信を持つ
19		発見に感動する
20	集中性・持続性	人と違うことをするのを恐れない
21		時間を忘れて考える
23	収束性	失敗してもあきらめない
25		どの方法が最も適しているかを考える
27	精密性	物事を細かく観察する
28		物事の正確さを確かめる
29	探求力	何かを”自分で作り出す”ことに興味を持った
30		やさしい問題よりも、難しい問題にたくさんぶつかってみたいと思った

分析の方法としては、それぞれの授業に対して、項目ごとに、その項目を選択した生徒の割合を算出した。さらに、因子に含まれる項目数は因子ごとに異なるが、同一授業における母集団人数は因子によらず一定であることから、それぞれの授業に対して、因子ごとに、項目を選

択した生徒の割合の平均値を算出し、その数値を比較した。

4.3.1.4 評価の結果と考察

(1) 日本側について

創造的学習態度アンケート(その1)による日本側における前後比較の結果、有意差($p < .05$), 有意傾向($p < .1$)が認められた項目に関しては、「事前の平均値 < 事後の平均値」であり、全項目について事後より事前の評価が高い項目はなかった。ここで、有意差のある項目が多く含まれている創造性因子は論理性、積極性であった。そこで、これらの因子の向上の要因について場面別創造的学習態度アンケートの結果から考察する。

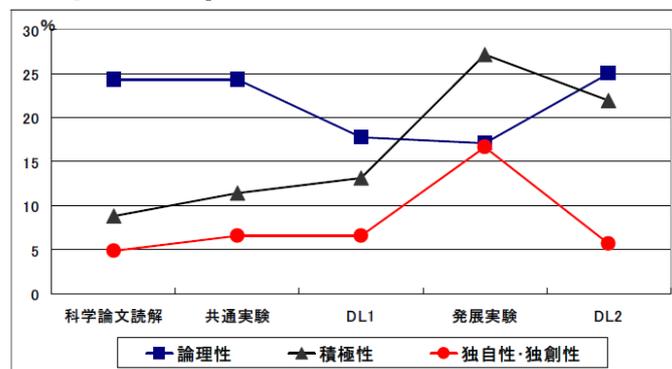


図 4-6 場面別創造的学習態度アンケートの結果(日本側)

図 4-6 は場面別創造的学習態度アンケートの結果であり、項目を選択した生徒の割合の平均値の推移を論理性、積極性、独自性・独創性の因子ごとに示したものである。

・論理性について

論理性について、多重比較による検定を行った結果、有意差($p < .05$)が項目 6「全体のつながりを考える」で認められ、科学論文の読解の授業と DL2 で、共通実験や DL1 や発展実験を行った時よりも評価が向上していることがわかった。DL2 では、前回までに行ってきたことからの発展授業であったために、生徒らは今までの授業との関わりをつかもうとしたと考える。また、生徒の記述から、各授業について、生徒自身で解決できるレベルの学習内容であったが、全体の流れをつかみ、論理立てて考えないと成果が出ない程度に難しいレベルの内容であったことがわかる。一連の授業と課題の難易度が適当であったことが、生徒らの論理性の向上に寄

与したと考える。

・積極性について

生徒の記述によると、積極性が育成された場面は、「うまくいかなかったとき」、「タイの発表でわからなかったので知りたい」と思ったときなどであり、難易度が生徒にとって適度に高かったことが積極性の向上に寄与したと考える。また、図 4-6 のように、発展課題に取り組む授業において、積極性が育成されたとする生徒が多かった。ある生徒のレポートには、「理科系の授業での実験の多くは、教科書通り・指示通りの実験を、既知の結果に誤差を減らしてできるだけ近づけようとするものである。まさか、応用数学・科学英語でこんな creative な実験作業ができると思わなかったが、本当の意味で科学的な発想・思考を磨く糧となった。」とある。積極性が育成された一因は、発展課題を生徒自身が考案し、それに取り組む活動が生徒にとって未経験の取り組みであったことにあり、それによって積極的に取り組めたと考える。

さらに、生徒らは、発展課題に取り組む際に、DL という発表の場において、よりの確な研究発表をタイ側に対して行うために、発展課題に懸命に取り組み、それをわかりやすくまとめようと DL の準備を積極的に進めていた。ある生徒のレポートには、「DL を通じて、伝えることの難しさも感じさせられた。自分が成し遂げたことを結局はみんなに発表できなければ、意味がないのかなと思った。」とある。このように発表することの意義を感じる生徒は多かった。また、「相手に自分の意見を伝えるためにはいろいろな工夫が必要なことを学んだ。タイの生徒も私たちも母国語でない英語で発表し合うので、ゆっくり話したり、視覚的に分かる図を提示したり、ただ発表するだけでも多くのことを考えなければ自分の言いたいことが伝わらないことをしました。」としている生徒もいた。これは、国内において母国語で行う遠隔協同学習では得られないことであり、国際的に行うことの意義の一つであろう。また、1 回だけでなく複数回 DL を行ったことで、発表することの難しさを知った上で、さらに発表の工夫ができたという一面もある。

これらのことから、発展課題と DL という発表の場があることが動機付けとなり、積極性の向上に寄与したと考える。

・独自性・独創性について

図 4-6 のように、独自性・独創性は発展課題に取り組む授業において育成された、とする生徒は他の授業の時よりも多い。検定を行った結果、項目 16「新しい方法を考える」について、発展授業と他の授業で有意傾向($p < .1$)が認められ、発展実験において独自性・独創性が育成されたと示唆される。ある生徒のレポートには、「普通の理科の実験とは違って、自分たちで証明すべき仮定をたて、準備物を用意し、実験方法を考えて実験をするので、実際にやってみると全然予想通りにいかずに何度も試行錯誤を繰り返さなければなりませんでした。・・・とても時間はかかりましたが自分たちで考えながら実験できるので、(こうしたらどうなるんやろう)と思ったら、それをそのまま実行し、失敗したらまた別の方法を考えてというように疑問を全部解決しながら実験できたのでとても充実していました。」とある。このように、生徒が考えを熟成させる時間や課題に対して納得するまで取り組む時間を十分に確保したことが独自性・独創性の向上の一因となったと考える。さらに、生徒だけでこの活動を進めるのではなく、生徒が行き詰まったときに各教科の教師らによる助言を随時受けられる態勢をとったことで、生徒らは、独創的な発想を実験可能なまでに練り上げることができ、発展課題に取り組む中で独創的な活動を行うことができたと考える。DL2 は発展実験より評価が下がっている点については、すでに発展実験において独創性を発揮して取り組んだものをまとめた結果を DL2 にて発表したため、DL2 は新たに独創性を発揮する場面ではなかったといえる。

以上のように創造的学習態度が向上したとみられる因子について考察したが、このような結果となった一因は、今回参加した生徒が単に優秀な生徒であったからだろうという意見があるだろう。確かに、今回の教育実験からは、この教育方法は少なくとも SSH に所属しているような理科系に強い生徒に対しては有効であることがわかったということになる。しかし、一方で、単に優秀なだけでなく、「努力している生徒集団」であったから創造的学習態度に向上が見られたとも考えられる。そのように考える理由は、上記に挙げた生徒のレポートのように、発展実験で試行錯誤を繰り返す姿勢や準備を入念に行って DL に望む姿勢があったからである。

自ら実験内容から考える発展実験という初めての試みに失敗を繰り返し、同級生との相談や教員からのアドバイスを基に努力を重ねた結果、できなかったことができるようになった。また、プレゼンテーションをするときの初歩的な注意を教員が行う必要があるレベルだった生徒たちが、自らの努力によって工夫し発表をよりよいものにしようとした。このように、DL は「努力している生徒集団」に対して、さらに一步を踏み出す機会を与えるものになったと考える。

(2) タイ側について

図 4-7, 4-8 は、タイ側の生徒の場面別創造的学習態度アンケートの結果である。図 4-7 からわかるように、共通実験を行ったときよりも、DL1, DL2 を行ったときの方が創造性の向上した因子、項目が多い。つまり、タイ側の生徒らが自国の学習集団内のみで学習した時よりも、DL を行った時の方が自分たちの創造的学習態度が育成されたと自己評価した因子が多かったことがわかる。特に、図 4-8 から、拡散性、独自性・独創性の項目のほとんどについて、通常授業の時よりも DL の時の方が育成されていることが示唆される。

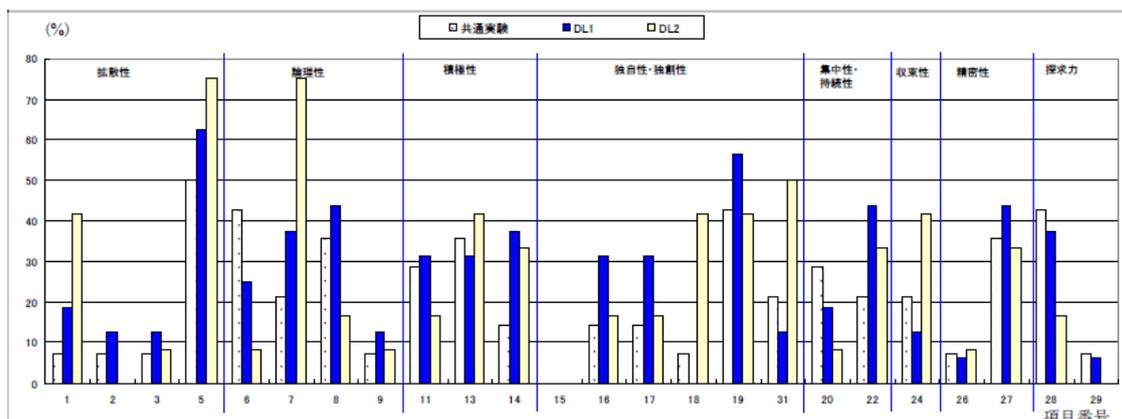


図 4-7 場面別創造的学習態度アンケートの結果(タイ側)

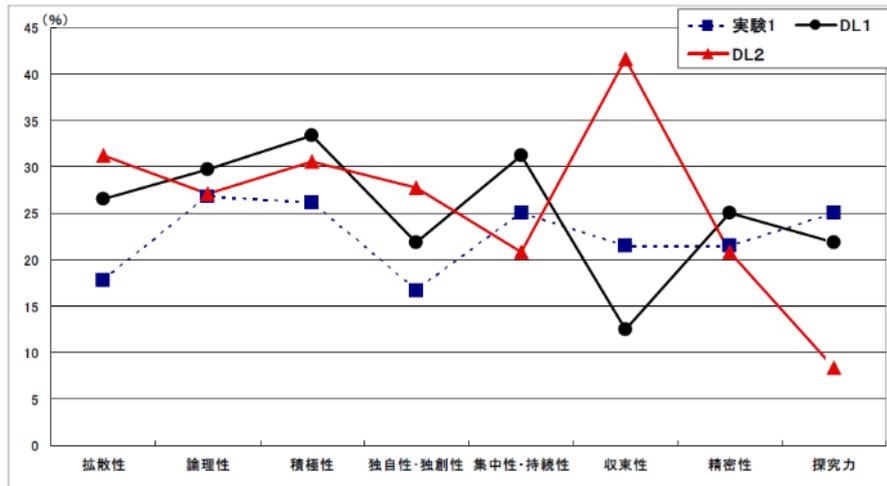


図 4-8 場面別創造的学習態度アンケート結果(タイ側, 因子別)

そこで、場面別創造的学習態度アンケートに書かせた生徒の記述から、DL1 と DL2 における創造性因子の育成の様相の違いを踏まえながら、特に育成された拡散性と独自性・独創性の育成の様相について考察し、今回の DL の形態、内容について検討する。

・ 拡散性について

項目1「可能な限りあらゆる方法を考える」について、共通実験、DL1、DL2 の順に、これを選んだ生徒の割合が増えている。また、DL が進むにつれて、発表内容や発表方法について、「もっと良い方法を思いつきたい、考えつきたい。」という生徒の記述が増えている。このことから、DL を重ねることによって、「よりよい方法を思いつきたい」という欲求が高まり、拡散性の向上に寄与したことが示唆される。

また、DL2 の日本側からの発表において、幾つかの発展実験を紹介したという形態も拡散性の向上に寄与したと考える。生徒の記述から、幾つかの発展実験に関する発表を受けたことによって、タイの生徒らは、その中でも特に良いと思うものや自分の考えに似ているものを見つけることができたことがわかる。

・ 独自性・独創性について

項目 18「考えたことに自信をもつ」に対して、「正しくなくても新しい発想が起こるかもしれない。だから自信をもつ」と数人が記述している。また、同じ生徒らが、項目 20「人と違うことをす

るのおそれない」に対して、「違いは新しい発想のもとになる可能性がある。だからおそれない」と記述している。これらの記述は、共通実験や DL1 のときにはみられなかった記述である。このことから、日本の生徒が新しい発想について発表している姿を見て、自分たちも新しい発想を求めたい、という欲求が起こったのではないかと考える。日本側で独自性・独創性の向上がみられたのは、発展実験に取り組む授業において、考えを熟成させながら行ったことが要因であると示唆された。上に述べたタイ側の創造性育成の様相から、日本側が発展実験に取り組んだ過程や結果をタイ側に伝えることで、タイ側生徒も「新しい発想」を求め、独自性・独創性の育成のきっかけを得ることができたと示唆される。

4.3.2 交信授業に対する学習態度に関する評価

4.3.2.1 調査の対象

日本側は附高 2 年 39 名、タイ側は RS 5 年 16 名である。

4.3.2.2 調査の手続き

調査は、2 回行われた交信授業の直後に、日本とタイの生徒に対して質問紙によって実施した。(タイ側については、2 回目の交信授業後の質問紙の実施ができなかった。)

4.3.2.3 質問紙の構成

交信授業に対する学習態度の様相について明らかにするために、守屋ら(1998c)のアンケート(「交信授業に対する学習態度に関するアンケート」, 資料 3)を各交信授業直後に計 2 回実施した。日本側については 2 回実施できたが、タイ側については 2 回目の交信授業後のアンケートが実施できず、1 回目の交信授業後のアンケートのみの実施となった。このアンケートは、授業に対する興味・関心、授業内容理解、授業環境、授業に対する意欲、交信相手に対する関心、英語理解、DL に対する評価の 7 つのカテゴリーに関する全 25 項目から構成されている。尺度は 5 点尺度である。表 4-3 は、全 25 項目をカテゴリー分けした一覧である。

表 4-3 交信授業に対する学習態度に関するアンケート項目

アンケート 対応番号 (項目)	カテゴリー		項目文
1	授業に対する興味・関心		授業は楽しかった
2			授業内容にひかれ、興味があった
5			授業がどうなるかわくわくしていた
7			授業に満足した
8			授業は退屈だった
3	授業内容理解		全部よくわかった
4			勉強になった
9			ちゃんと授業についていった
11			タイからの発表や説明は分かりやすかった
12			もっと説明をしてほしかった
23			タイの先生の説明は良かった
24			日本の先生はうまく授業をしてくれた
6	授業環境	(学習への集中)	学習に集中できた
14		(機器の環境)	画像を通して生徒達と勉強するのは変な気がした
15			色々な機器が学習のじゃまになった
17			画像の引っかかるような動きが妨げになった
18	音声は良かった		
10	授業に対する意欲		他人の話をじっくり聞いたり理解しようとした
25			(発表者のみ)相手に分かるように努力した
13	交信相手に対する印象		タイの生徒達はとても感じがよいと思った
22	英語理解		英語がよく分かった
16	DLに対する 評価	(DLのよさの実感)	画像を通じての協同学習はよいことだと思う
19		(DLへの意欲)	画像を通じてもっと協同学習をしたい
20			タイの生徒達ともっと協同学習したい
21		(DLによる新しい発見)	協同学習で新しい発見をした

分析方法については、アンケートにおける「大変そう思う、そう思う、どちらともいえない、そう思わない、全くそう思わない」の5点尺度に対して、大変そう思うには+2点～全くそう思わないには-2点を与えて、項目ごとに平均値を算出する。ただし、負の評価である項目 8, 12, 14, 15, 17 では、大変そう思うには-2点～全くそう思わないには+2点を与えて、他の項目と逆の得点化をする。従って、項目 8「授業は退屈だった」が、+0.7 だった場合は、退屈ではなかったことを示していることになる。これによって、平均値が正の値になっている項目は、統一的に評価がよかったものとして判断できるようにする。このようにして点数化したものについて、DL1 において、日・タイそれぞれの評価結果を分析する。さらに、日本側の結果について、アンケートの項目ごとに、DL1,2 間の生徒の評価の平均値に差があるかを対応のある t 検定を用いて調べる。

4.3.2.4 評価の結果と考察

DL1 において、アンケートの項目ごとに両国の生徒の平均値を比較したものを図 4-9 に示す。授業に対する意欲、交信相手に対する印象、DL に対する評価については、日タイ両国共に、評価がよい。また、興味・関心については、ほとんどの項目の評価はよいが、日本側は、『授業に満足した』とは言えなかったことがわかる。しかし、図 4-10 より、この項目 7『授業に満足した』に対して、DL2 では評価が上がっている。この原因は、微分という新たな視点を与えられたことが、意欲、興味・関心に繋がったからである、と生徒の記述から考える。

一方、授業理解に関しては、全体的に日本側は評価が負の値をとり、タイ側は正の値をとっている。日本側の評価が低い原因は、タイ側が何について発表しているのかを把握するのに時間がかかり、交信時間内に十分に理解することが難しかったと考える。一方、項目 4『勉強になった』に対して、日本側の評価は正の値をとっている。生徒の授業プリントにおいて、授業内容を十分理解するのは難しかったが、微分を使って光の速さを処理するという新しい視点を得ることができたことに対して、勉強になったとしている生徒が多かった。この新しい視点を得た機会が勉強になったという評価に繋がったと考える。

また、授業環境については、音声について両国共に評価が低く、特に日本側では評価が低かった。この原因は、交信授業中にハウリングが起こってしまった点にあると考える。DL2 では、このようなことが起こらなかったため、音声についての日本側の評価は上がっている。項目 6『学習に集中できた』に対する評価を考慮すると、交信授業時の機器の状態は、学習に集中するのに妨げにはなっておらず、現状のままでもよいが、さらにより授業環境を整えるためには、音声が極力クリアに聞こえるように、さらなる配慮が必要であると考え。また、項目 17『画像の引っかかるような動きが妨げになった』に対して、日タイともに評価が低い。この原因は、書画カメラを用いて相手に説明する場面が多かったにも関わらず、通信速度を考慮せずに紙を動かしたり、ズームをしたりしてしまった点であると考え。したがって、次への課題として、通信速度を考慮に入れて書画カメラを使わせることが挙げられる。

また、項目 22『英語がよくわかった』に対する評価が両国共に低い。特に日本側の評価が低い。そこで、次への課題として、英語だけに頼らず、図や式を多用することを挙げた。

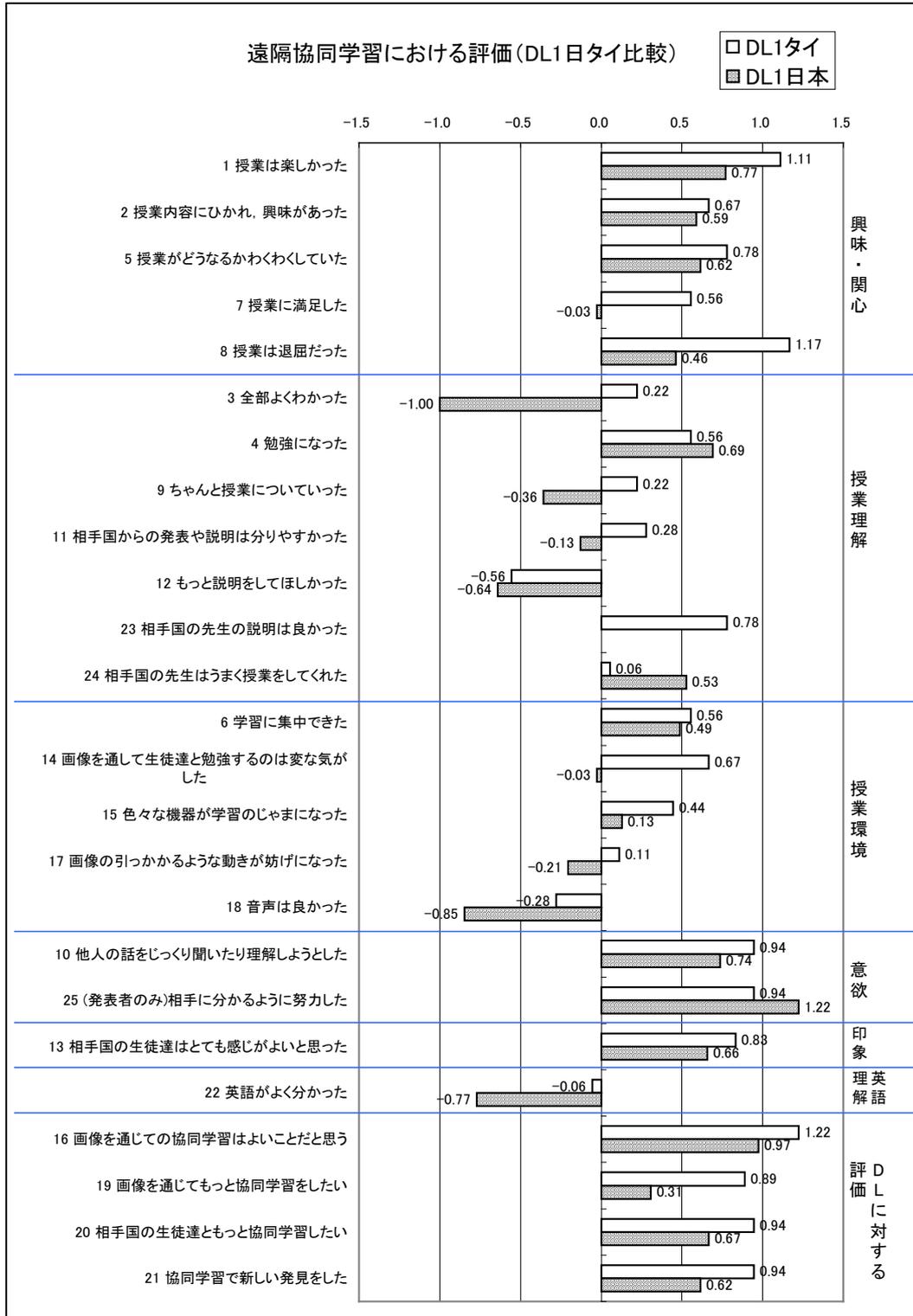


図 4-9 交信授業に対する学習態度に関するアンケート(DL1, 日タイ比較)

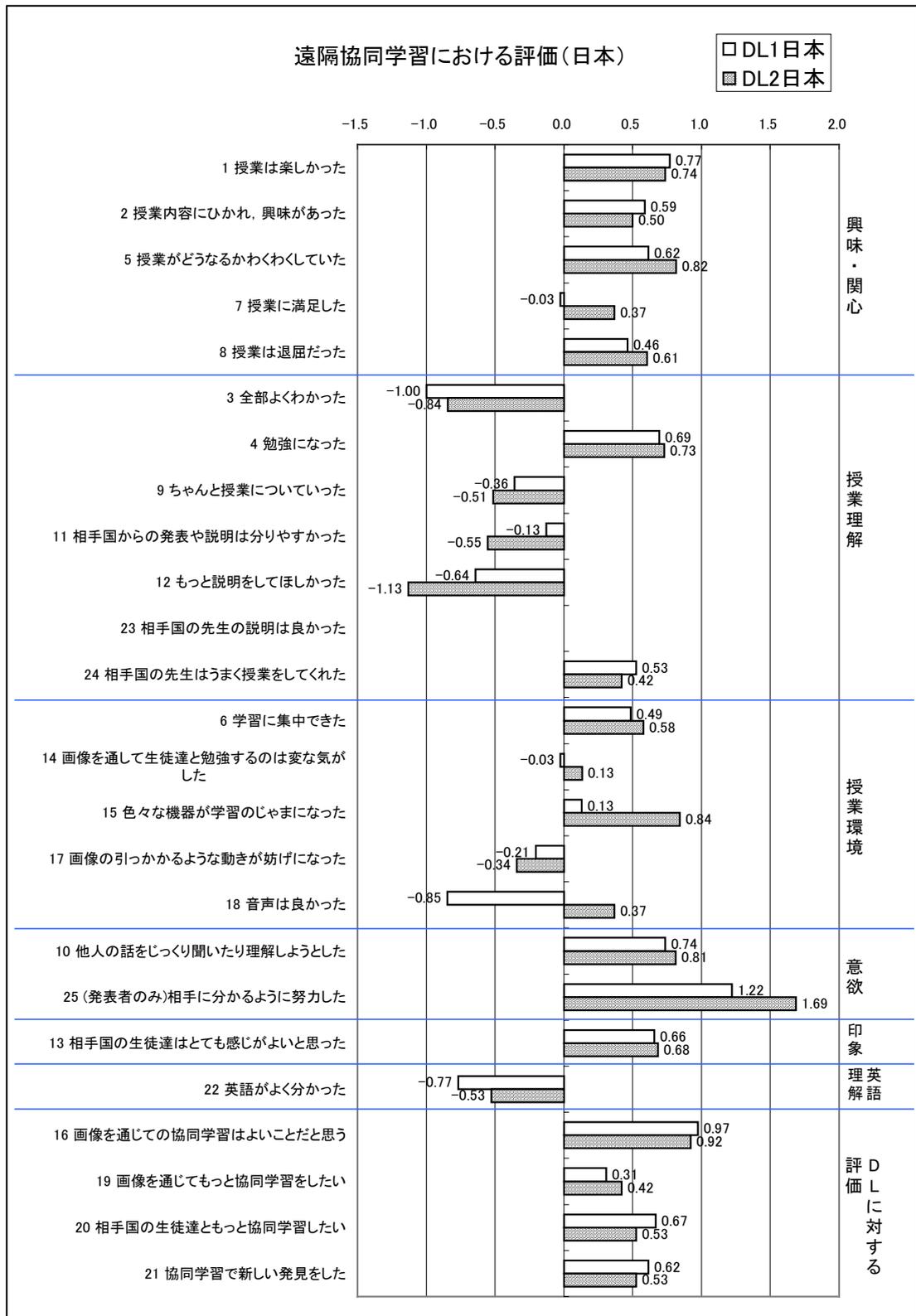


図 4-10 日本側の DL1 と DL2 に対する評価 (交信授業に対する学習態度)

第4章 まとめ

①国際遠隔協同学習による創造的学習態度の育成の様相について

本実験では、1回目の交流授業(以後 DL と略記)によって意欲づけられ、2回目に向けて生徒自身が発展的な実験のテーマ設定を行い、実験を行うことができた。このように、生徒の手によって進められる程度の難度を持った課題を設定にしたことが、創造的学習態度の育成にも寄与したと考える。

また、次の DL で少しでも良い内容を発表したいという生徒の思いが、積極性、独自性・独創性を育てることから、DL を使う総合学習の実施は効果が大きいと考える。今回の協同学習は論理性、積極性の向上に寄与し、学習内容の難易度が適度に高いことがこれらの因子の育成につながることを示唆された。また、発展課題を行う過程において、独自性・独創性が育成されることも示唆された。また、発展的な活動と DL という発表の場が動機付けとなり、積極性の向上に寄与すると考える。

②国際遠隔協同学習を通して、数学を活用した発展的な内容について主体的に学ぶことができるかという検証について

発展的な実験は相手に発表することが前提となっていることも動機付けとなり、意欲的に進めることができ、主体的・対話的に進めることができたといえる。また、数学だけの授業でなく、物理との総合学習は、数学の意義の理解や物理の理解に相乗効果があると推察される。通常授業と DL を組み合わせることで、英語の必要性を認識し勉学意欲の向上に貢献できることも確認できた。また、守屋ら(2008)と同様に、DL は複数回行い、それぞれで学習した内容について発表し、発表を互いに聞くことによってさらに発展的な内容の学習を行い、学習内容を深めるのがよいと確認された。

本実践において特記すべき点は、日本・タイのクラスは共に、一生懸命課題に取り組み、DL を通してさらに互いに努力を重ねることができる生徒たちであった点である。このように一生懸命努力しているクラス同士だったからこそ、課題を乗り越えるときに遠隔協同学習が使える

ることが示唆される。仮に、優秀なクラス同士であっても、互いに一生懸命努力していないクラス同士であれば、遠隔協同学習を行ったところで、教育効果はみられなかったであろう。努力しているクラスがさらなる課題を乗り越えたいときに、遠隔協同学習は利用価値があると考ええる。

第5章 教育実験Ⅱ：大学生・院生・現職教員を対象とした国際遠隔

協同授業・ゼミナールを恒常的に行うことの有効性の検証

第1節 教育実験の目的

本教育実験の主な目的は本研究の目的①③である。

- ①国際遠隔協同学習による創造的学習態度の育成の様相を明らかにする。
- ③国際遠隔協同学習を恒常的に行うことの有効性を検証する。

本教育実験では、国際遠隔協同授業・ゼミナールにおいて学生同士が直接に交流し、カリキュラムや教材の研究を行うことで、学生の学力や研究力を向上させることを目指した。この取り組みは、約2年半の間にわたって第Ⅰ期から第Ⅲ期まで行われた。目的①に対して、それぞれの交信授業におけるどの場面において創造的学習態度の育成がみられたのかを確かめ、創造的学習態度の育成の様相について明らかにすることを目指した。目的③に対しては、第Ⅲ期終了後の学生らへのインタビューを中心に、交信授業に対する学習態度や創造的学習態度に関するアンケートの結果と合わせて総合的に評価し、国際遠隔協同学習を恒常的に行うことの有効性について検証した。インタビューの対象は、初めて交信授業を参観した学部生から3期にわたって経験を重ねた大学院生まで経験値は異なる。

第2節 教育実験の実際

5.2.1 経緯

表5-1のように、第Ⅰ期から第Ⅲ期にかけて行われた国際遠隔協同授業・ゼミナール(以後ICDL&Sと略記)において学生同士が直接に交流し、カリキュラムや教材の研究を行うことで、学生の学力や研究力を向上させることを目指した。

表 5-1 第 I 期から第 III 期にわたる国際遠隔協同授業・ゼミナールの概要

	実施期間	テーマ	接続地点
第 I 期	2010 年 10 月 ～2011 年 2 月	「各国の教育システムと数学科の内容・カリキュラム」 「日時計の教材化」	玉川・京都・ドイツ・タイの 4 地点
第 II 期	2011 年 4 月～ 2011 年 7 月	「関数教育」 お互いの国の教育内容を知り，それを比較する	玉川・京都・ドイツ・タイの 4 地点
第 III 期	2011 年 11 月 ～2012 年 1 月	「幾何教育」 日独の教科書の内容の比較を行い，それぞれの国の特徴を明らかにして，教材研究能力の向上を図る	京都・園田・ドイツの 3 地点

5.2.2 機器と環境

日本側は，京都にテレビ会議システム TC-2200HC (NEC 製) を設置し，システムセンターとした。この機械は 4 地点同時接続が可能である。玉川とドイツには PCS-G50(ソニー製)が常設されている。また，タイには View Station(Polycom 製)が常設されている。事前に何回も接続テストを試みて，接続状況や操作方法を確認し，実行可能であることを確かめた。若干遅延が起きるが，相互でビデオの視聴も可能である。TV 会議システムの他にパワーポイント等のデータをシェアできる DropBox を使い，事前に必要なデータを共有した。画面が 4 等分されて各地の様子が映るため，相手からの発表画面は小さく，また，画質が落ちているので文字は読み取りにくい。そこで，事前に双方のプレゼンテーションファイルを送信しておき，手元の PC 画面でも見られるようにした。プロジェクタを利用したが，精細さでは液晶の大型モニタの方が良いため，両方を併設した。

5.2.3 協同ゼミナールの目標

- ① お互いの教育システムについて理解する。
- ② お互いの教育内容を含んだカリキュラムを知る。
- ③ 交流したことを元に教材化を試みる。

5.2.4 参加者

第Ⅰ期：玉川は、3・4 セメスターに数学科指導法Ⅰ・Ⅱを学習した、中学校・高等学校の数学科教員免許状の取得を目指す工学部 3 年生(6 セメスター)5 名で、内 2 名は小学校教員免許状も取得中である。このゼミナールは数学科指導法Ⅳとして実施された。全員が TV 会議は初めての経験である。英語でのプレゼンテーションも初めて経験する。京都は、大学院教育学研究科修士課程で数学教育を専攻している 1 年生 4 名と 1 年間ドイツ留学した 3 年生 1 名である。日本人同士の TV 会議の経験は豊富であり、英語でのプレゼンテーションの経験もある。ドイツは、グルントシューレ(Grundschule, 日本の小学校 1 学年から 4 学年に相当)、ハウプトシューレ(Hauptschule, 日本の小学校 5 学年から中学校 3 学年に相当)、レアールシューレ(Realschule, 日本の小学校 5 学年から高等学校 1 学年に相当)の教員を目指す 5～7 セメスター生 11 名である。TV 会議は初めての経験である。タイは、教育学部数学科教員が多数であった。若い先生が多く、数学科教育法に関心がある先生方である。

第Ⅱ期：玉川は、3・4セメスターに数学科指導法Ⅰ・Ⅱを受講した、中学校・高等学校の数学科教員免許状の取得を目指す工学部4年生(7セメスター)6名である。玉川学生は第Ⅰ期ICDL&Sに続き、2度目の参加となる。ドイツは、ICDL&Sを初めて経験する、基礎学校(Grundschule, 日本の小学校1学年から4学年に相当)と基幹学校(Hauptschule, 日本の小学校5学年から中学校3学年に相当)、実科学校(Realschule, 日本の小学校5学年から高等学校1学年に相当)の教員を目指す5～7セメスター生11名程度である。京都は、大学院教育学研究科修士課程で数学教育を専攻している大学院生および現職教員の6名程度である。日本人同士のTV会議の経験は豊富であり、英語でのプレゼンテーションの経験もある。

第Ⅲ期：京都は大学院生(2 名)・学部生(1 名)とカールスルーエ教育大学学生(13 名)によって実施された。さらに、園田学園女子大学の小学校教員を目指す 3・4 年生 10 数名がこのやり取りを TV 会議で視聴した。京都の院生1名は、このゼミナールに 3 つのセメスターで参加し

ている。他の院生 1 名は、実験 1 の内容を参観している。学部生は、1 年間のドイツ留学の経験を持ち、ドイツ側教員の指導も受けている。

5.2.5 第 I 期から第 III 期における協同ゼミナールの内容

5.2.5.1 第 I 期 ICDL&S の内容と結果

内容： 合計 3 回の協同ゼミナールが行われた。TV 会議システムの使用が初めての地域もあるため、段階的に接続地点を増やしていった。第 1 回は、日本とドイツの学生は、お互いの国の教育システムとカリキュラムについて発表した。タイと京都は、それらを視聴した。日本の発表に関しては、リハーサルを行っていたのでスムーズにいった。また、ドイツからの内容も、図や写真、ビデオを多用していたので、大まかな内容を理解できたようである。質疑応答では、ハウリングが起きたり、音声・画像の遅延が長かったり、英語をうまく聞き取れず、コミュニケーションが取りにくかった。音声に関しては、日本側での録画用配線を工夫すること、聞く場合はマイクミュートを使うことを実施した。さらに、ドイツ側でも機器の配置と音量の調整等を事後の接続テストで調整して、相当程度に解決できた。第 2 回は、1 回目の続きとして具体的な教育内容として日時計の数学について発表した。前回と比べて音声は相当に改善されており、聞きやすくなった。PC 再生による動画がコマ送りになったが、原因がコンピュータにあるのか TV 会議システムにあるのか不明である。この時点で、タイは DropBox を使っていなかったために、手元に資料が無く、理解しにくかったと思われる。この後は、データをシェアすることにした。第 3 回は、日本からは授業実践について発表した。ドイツからは赤道型から発展させた鉛直型日時計についての発表であった。ドイツでは、数日で鉛直型日時計の製作とプレゼンテーションの準備をした。優秀な 2 名が担当したとのことであった。この時期のドイツは、曇天の日がほとんどで、日光が当たらないので、製作した日時計による時刻確認はできない。実際に時刻を計り日時計の正確さが確認できると、さらに興味を持つと思われる。日本の授業のビデオ紹介は、大変興味を持って視聴された。生の授業を視聴することで、授業に対するイメージが湧いたようである。ただし今回は、編集作業の時間が短く、音声が日本語のままであった

ので、十分に日本の様子が伝わらなかったのが残念である。次からは英文のテロップを入れる等の編集をしたい。



図5-1 第3回の協同ゼミのTV画面(左上京都, 左下ドイツ, 右上玉川, 右下タイ)



図 5-2 ドイツの学校システム

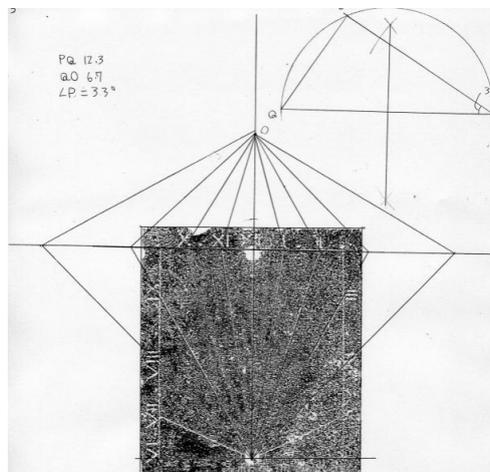


図 5-3 水平型日時計の時刻線から緯度を推定する作図(中学3年生)



図 5-4 鉛直型日時計の原理の説明(ドイツより)

結果：意欲、学力、研究力に関して、日本においては、学習指導要領の翻訳でカリキュラムをより理解していた。学生は、数学教育についてさらに継続して研究を深める必要性を感じており、協同ゼミは今後の学習意欲の向上に繋がったといえる。また、日時計をテーマにしたが、日時計の持っている原理の共通性と形態の相違性が、国際交流の中で際立っていた。共通課題による数学の理解と、各国独自の発展課題への取り組みが図られた。また、数学教育学の知識が豊富である、京都の院生の教材研究・作能力が、玉川の学部生を上回った。またそのことが玉川の学生にとって刺激になっており、学ぶ点が多かった。今回行った日本とドイツとの教育システムなどに関する比較調査は、まずは各国の生徒が独自に文献等を利用して行ったが、さらに協同ゼミで取り上げることで、相手に質問しながら共通点や相違点について理解を深めることができた。また、実際に相手と顔を合わせて交流できることが理解を深める動機付けともなった。国際感覚、英語活用力に関しては、TV会議の経験や英語によるプレゼンテーションの経験がある京都の学生は、普段のゼミのように協同ゼミに違和感なく参加していたことがインタビューからわかる。このことから、国際協同ゼミの日常化が図れることが示唆された。玉川の学生は、発表内容をわかりやすく英語に翻訳する段階で、その内容についてさらにしっかりと理解する機会を持っていた。

2.5.2 第Ⅱ期 ICDL&S の内容と結果

内容： 合計 2 回の協同ゼミナールが行われた。第 1 回では、玉川からは日本とドイツの小学校および中学校の関数教育について、教科書を調べて発表した。また、ドイツからは比例・反比例や一次関数等の教育内容について、日本とドイツの教科書を比較して分かったことを発表した。また、京都からは中学校の関数授業の様子をビデオで紹介した。4地点での接続を行ったが、タイとの接続が不調であり、タイは途中からしか参加できなかった。第 2 回では、ドイツからは日本とドイツの教科書の比較についての発表、玉川からは日本の関数教育の課題と基礎学校とギムナジウム(Gymnasium)の関数教育についての発表を行った。さらに、京都からは小学校での関数授業の様子をビデオで紹介した。

結果： 京都では、ドイツの発表内容をDropBoxからダウンロードして事前にプリントアウトして資料とした。これは、画面上での文字の見にくさを補う効果があった。日本側の英語力不足により質疑応答が深まらない面があった。交信後にまとめとして、このゼミナールを振り返る通常のゼミナールを行い、それを基にもう一度交信を行い、質疑応答を交わせる場面の設定をすれば、さらに内容が深まると考える。玉川の学生は、前回の実践において発表の仕方に課題が残っていたが、今回はパワーポイントなども見やすいように工夫しており、協同ゼミナールを重ねたことで、ICT活用能力やプレゼン能力の向上がみられた。テーマを関数教育に絞って比較研究をすることで、各国の指導の特徴がわかり、学生にとって新たな教育内容開発の示唆が得られたと考える。このような協同ゼミナールを重ねることで、新しい教育内容の開発につながれると期待する。

5.2.5.3 第Ⅲ期 ICDL&S の内容と結果

内容： 合計 2 回の協同ゼミナールが行われた。第 1 回では、日本からは幾何教育の課題が、ドイツからは、幾何の計量分野についての日独比較が発表された。第 2 回では、日本からは、パターンの科学についての日独比較が、ドイツからは、前回と同様に求積についての比較が発表された。

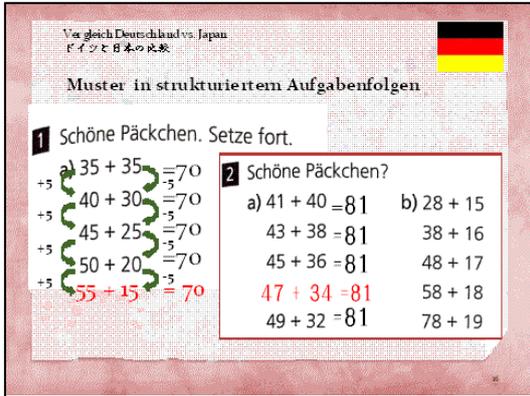


図 5-5 パターンを利用した数指導の例

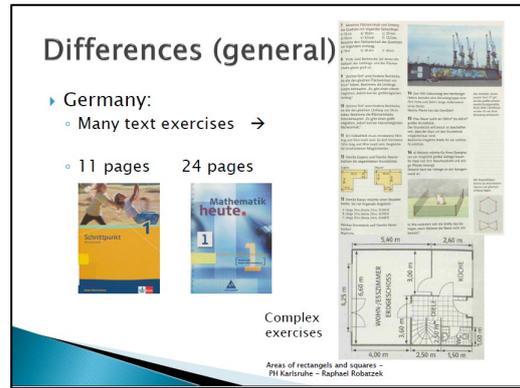


図 5-6 応用が多い面積の指導例

結果：日本からは、日本の幾何教育の特徴と課題を発表したが、その内容は中学校の論証についてであった。一方、ドイツ側の発表は、日本の「計量」に相当する内容であった。基幹学校・実科学校では、日本のような図形の論証が指導されておらず、幾何にかかわる学生の関心事はもっぱら計量となっていた。日独で幾何教育への問題意識に違いがあることが顕著となった DS であった。日独の同じ「計量」内容でも、ドイツでは与えられた数値を使って正確に計算するだけでなく、図や写真から必要な数値を見つけだして概測や概算する内容を含んでいることは、日本の学生の関心事となった。数学的モデリングを意識した内容が低学年から扱われていることが分かった。

第3節 教育実験の評価

本節では、交信授業に対する学習態度および創造的学習態度に関する評価をアンケート調査から行い、今回の授業の結果をさらに考察する。なお、第Ⅲ期は質問紙による調査ができなかったため、第Ⅰ・Ⅱ期のみ評価する。

5.3.1 調査の対象

第Ⅰ期では、京都教育大学大学院1年生4名、玉川大学3年生5名、カールスルーエ教育大学学生9名である。調査は協同ゼミナール(以後 DS と略記) 実施ごとに計3回行ったが、そのうち DS2 では京都で1名調査実施できなかった。また、DS3 では京都2名、玉川2

名調査実施できなかった。第Ⅱ期では、京都教育大学学生 4 名(京都教育大学院生の 1～2 年生 2 名と 1 年間のドイツ留学経験がある 4 年生 1 名, その他学生 1 名), 園田学園女子大学学生 2～4 年生 11 名を対象として分析する。

5.3.2 調査の手続き

教育実験として、ICDL&S を行った。第Ⅰ・Ⅱ期に行われた交信授業直後に、参加した学生を対象に、交信授業に対する学習態度および創造的学習態度に関する調査を質問紙によって実施した。

5.3.3 質問紙の構成

(1) 交信授業に対する学習態度に関する質問紙調査

ICDL&S の教育成果を明らかにするために、「交信授業に対する学習態度に関するアンケート」(資料 3)を第Ⅰ期では各 DS 直後に計 3 回, 第Ⅱ期では計 2 回実施した。なお, 第Ⅰ期におけるドイツ学生の回答は, DS1 のみ回収できた。このアンケートは, 授業に対する興味・関心, 授業理解, 授業環境, 授業に対する意欲, 交信相手に対する印象, 英語理解, DS に対する意欲の 7 つのカテゴリーに関する全 25 項目から構成されている。尺度は 5 点尺度である。

(2) 創造的学習態度に関する質問紙調査

DS において創造性が育成された場面を知るために、「創造的学習態度アンケート(その 1)」から抜粋した 24 項目からなるアンケート(「場面別創造的学習態度アンケート」, 資料 2)を, 生徒に対して DS 実施後に毎行行った。表 5-2 はアンケートの質問項目一覧, 図 5-7 はこのアンケート用紙の一部である。このアンケートでは, 全 24 項目から, その授業で育成されたと思われる項目を選ばせ, それが育成された場面, または, 選択した理由を記述させた。

表 5-2 「場面別創造的学習態度アンケート」の質問項目

拡散性	可能な限りあらゆる方法を考える
	一見関係なさそうな中から関係を見つける
	もしそうでなかったらどうなるだろうと考える
	ほかの物事と比べて考える
論理性	全体のつながりを考える
	結果に至る過程を考える
	どうしてそうなるのかという理由を考える
積極性	結果や筋道を予想する
	解決するまで何度も考える
	いろいろなことに疑問や好奇心をもつ
独自性・独創性	疑問や課題を追求する
	決まった方法に反論する
	新しい方法を考える
	ひらめきを大切にす
	考えたことに自信を持つ
集中性・持続性	発見に感動する
	人と違うことをするのをおそれない
収束性	時間を忘れて考える
	失敗してもあきらめない
精密性	どの方法が最も適しているかを考える
	物事を細かく観察する
探求力	物事の正確さを確かめる
	何かを”自分で作り出す”ことに興味を持った
	易しい問題よりも、難しい問題にたくさんぶつかってみたいと思った

_____ 月 _____ 日 _____ 年 _____ 組 _____ 番

次に挙げる項目のうち、今回の授業中にあなたが行った項目、授業を通して変化した項目について、○をつけてください。また、○をつけた項目には、それを行った場面、○をつけた理由を書いてください。

<例>

No.	因子	項目	○	行った場面、○をつけた理由
1	拡散性	可能な限りあらゆる方法を考える	○	タイの生徒が実験結果について私たちが思いつかなかった
1	拡散性	可能な限りあらゆる方法を考える		
2		一見関係なさそうな中から関係を見つける		
3		もしそうでなかったら、どうなるだろうと考える。		
5		ほかの物事と比べて考える		
6		全体のつながりを考える		
7	論理性	結果に至る過程を考える		
8		どうしてそうなるのかという理由を考える		
9		結果や筋道を予想する		
11		解決するまで何度も考える		
12	積極性	いろいろなことに疑問や好奇心をもつ		

図 5-7 「場面別創造性態度アンケート」の一部

5.3.4 結果及び考察

(1) 交信授業に対する学習態度に関する結果と考察

第 I 期: アンケートによる結果は表 5-3~5-5 の通りである。表の結果において、負の数値には左横に▲印を表示している。なお、調査人数が少ないため、個別のデータと併せて表にまとめた結果を分析した。

京都, 玉川, ドイツの学生たちは, それぞれ TV 会議や英語でのプレゼンテーションの経験値や教育システムなどの予備知識に差があった。このことを前提とし, まず京都・玉川・ドイツそれぞれの集団ごとに結果を考察する。

表 5-3 交信授業に対する学習態度に関するアンケート結果【玉川】

玉川		DS1	DS2	DS3
興味・関心	1 授業は楽しかった	1.00	1.00	1.00
	2 授業内容にひかれ、興味があった	1.00	0.60	1.00
	5 授業がどうなるかすぐわくしていた	▲ -0.20	0.40	1.00
	7 授業に満足した	1.20	0.60	1.00
	8 授業は退屈だった	▲ -1.20	1.20	0.67
授業理解	3 全部よくわかった	0.80	0.40	0.00
	4 勉強になった	0.40	1.40	1.00
	9 ちゃんと授業についていった	▲ -1.20	0.20	0.33
	11 相手からの発表や説明はわかりやすかった	0.20	0.40	0.67
	12 もっと説明をしてほしかった	▲ -1.20	▲ -0.40	▲ -0.67
	23 相手の先生の説明はよかった	0.40	0.20	0.33
24 日本の先生はうまく授業をしてくれた	0.20	0.80	0.67	
授業環境	6 学習に集中できた	1.60	0.80	1.00
	14 画像を通して学生たちと勉強するのは変な気がした	0.60	0.40	0.67
	15 色々な機器が学習のじゃまになった	1.40	0.60	1.00
	17 画像の引っかけのような動きが邪魔になった	▲ -1.60	0.60	0.67
	18 音声はよかった	▲ -0.60	0.80	0.33
意欲	10 他人の話をじっくり聞いたり理解しようとした	▲ -0.40	0.80	1.33
	25 (発表した人のみ)相手にわかるように努力した	0.60	-	-
印象	13 相手の学生たちまでも感じがよいと思った	0.60	0.60	1.00
英語理解	22 英語がよくわかった	0.80	▲ -0.80	▲ -1.00
DSへの意欲	16 画像を通じた協同学習はよいことだと思う	▲ -0.80	0.80	1.00
	19 画像を通じてもっと協同学習をしたい	▲ -0.40	0.60	0.33
	20 相手の学生たちともっと協同学習したい	0.60	0.60	0.00
	21 協同学習で新しい発見をした	1.20	0.40	1.00

表 5-3 より, 玉川の学生にとって DS1 は初めての協同ゼミであったために, 不慣れな点も多く, 負の評価をしている項目があった。しかし, DS2, 3 では正の評価をしている項目がほとんどとなった。

表 5-4 交信授業に対する学習態度に関するアンケート結果【京都】

京都		DS1	DS2	DS3
興味・関心	1 授業は楽しかった	▲ -0.25	1.33	1.00
	2 授業内容にひかれ、興味があった	0.00	1.33	1.00
	5 授業がどうなるかわくわくしていた	0.75	1.00	0.00
	7 授業に満足した	▲ -0.50	0.67	1.00
	8 授業は退屈だった	▲ -0.25	0.67	0.50
授業理解	3 全部よくわかった	▲ -0.25	0.67	0.50
	4 勉強になった	0.50	1.67	1.00
	9 ちゃんと授業についていった	0.00	0.00	1.00
	11 相手からの発表や説明はわかりやすかった	0.00	1.33	1.00
	12 もっと説明をしてほしかった	▲ -1.50	▲ -0.33	0.00
	23 相手の先生の説明はよかった	0.50	0.67	0.00
24 日本の先生はうまく授業をしてくれた	-	-	-	
授業環境	6 学習に集中できた	0.75	1.33	1.00
	14 画像を通して学生たちと勉強するのは実な気がした	0.50	1.67	1.00
	15 色々な機器が学習のじゃまになった	0.50	2.00	1.00
	17 画像の引っかかるような動きが邪魔になった	▲ -1.25	1.67	1.00
	18 音声はよかった	0.00	1.67	1.00
意欲	10 他人の話をじっくり聞いたり理解しようとした	1.50	2.00	1.50
	25 (発表した人のみ)相手にわかるように努力した	-	-	1.00
印象	13 相手の学生たちはとても感じがよいと思った	1.25	1.33	0.50
英語理解	22 英語がよくわかった	▲ -0.50	0.67	0.00
DSへの意欲	16 画像を通じたの協同学習はよいことだと思う	1.00	1.00	1.00
	19 画像を通じたもっと協同学習をしたい	0.25	1.00	0.00
	20 相手の学生たちともっと協同学習したい	0.50	1.00	0.00
	21 協同学習で新しい発見をした	0.25	1.00	▲ -0.50

表 5-4 より、京都教育大学の学生・院生は、DS1 での発表者(玉川・ドイツ)が交信授業に不慣れた学生によるものだったために、十分な満足度を得られたとは言えないことがわかる。しかし、DS2, 3 では、全体的によい評価をしており、協同ゼミにおよそ満足できたことがわかる。また、「他人の話をじっくり聞いたり理解しようとした」という意欲に関する項目に関しては、すべての協同ゼミにおいて高い傾向がある。ゼミに対する意欲が高まっている分、協同ゼミの経験が豊富な学生に対してはゼミの内容自体を充実させることが課題として挙げられると考える。

表 5-5 交信授業に対する学習態度に関するアンケート結果【ドイツ】

ドイツ		DS1
興味・関心	1 授業は楽しかった	1.11
	2 授業内容にこかれ、興味があった	1.67
	5 授業がどうなるかわくわくしていた	1.78
	7 授業に満足した	0.22
	8 授業は退屈だった	1.56
授業理解	3 全部よくわかった	▲ -0.33
	4 勉強になった	1.00
	9 ちゃんと授業についていった	▲ -0.11
	11 相手からの発表や説明はわかりやすかった	▲ -0.44
	12 もっと説明をしてほしかった	▲ -0.11
	23 相手の先生の説明はよかった	-
24 日本の先生はうまく授業をしてくれた	-	
授業環境	6 学習に集中できた	0.89
	14 画像を通して学生たちと勉強するのは変な気がした	0.11
	15 色々な機器が学習のじゃまになった	1.00
	17 画像の引っかけかような動きが邪魔になった	0.67
	18 音声はよかった	0.00
意欲	10 他人の話をじっくり聞いたり理解しようとした	1.67
	25 (発表した人のみ) 相手にわかるように努力した	-
印象	13 相手の学生たちもとても感じがよいと思った	1.00
英語理解	22 英語がよくわかった	▲ -0.78
DSへの意欲	16 画像を通じての協同学習はよいことだと思う	0.89
	19 画像を通じてもっと協同学習をしたい	0.67
	20 相手の学生たちともっと協同学習したい	0.78
	21 協同学習で新しい発見をした	0.22

ドイツの学生のアンケートは DS1 のみ回収できた。表 5-5 より、DS1 において、興味・関心や意欲についての多くの項目で良い評価をしている。一方、授業理解については、相手からの発表は勉強になったが、十分わかりやすい発表であったとはいえないと評価している。これに対して、「発表者側はプレゼンテーションの方法には工夫の余地がある」とレポートに記述しており、DS を行うことで発表者はよりよいプレゼンテーションを目指すきっかけを得ていることがわかった。

次に、京都・玉川・ドイツの集団に共通する結果となった箇所を考察する。DS1～3 のすべてにおいて、項目 12「もっと説明をしてほしかった」という意見が多い。交信中にすべてを解決することは難しいため、交信ゼミの後に質疑応答ができるような環境を整え、内容をさらに深める工夫をすることが必要であると考え。また、授業環境に関する項目については、DS1 よりも DS2, 3 の方が評価がよくなっている。DS1 において問題となったハード面の問題が一定改善された結果である。

第Ⅱ期：図 5-8～5-9 のように、京都の学生・大学院生、園田の学生は共に DS に高い興味・関心を持っており、内容におよそ満足していることがわかる。また、もっと DS を行っていきたいという今後に対する意欲を示していることもわかった。2 回目の方が好意的となっている。DS に慣れた結果と思われる。一方で、より多くの説明を要求している点では、発表内容を少なくしディスカッションの時間をより増やすことが必要であったと考える。

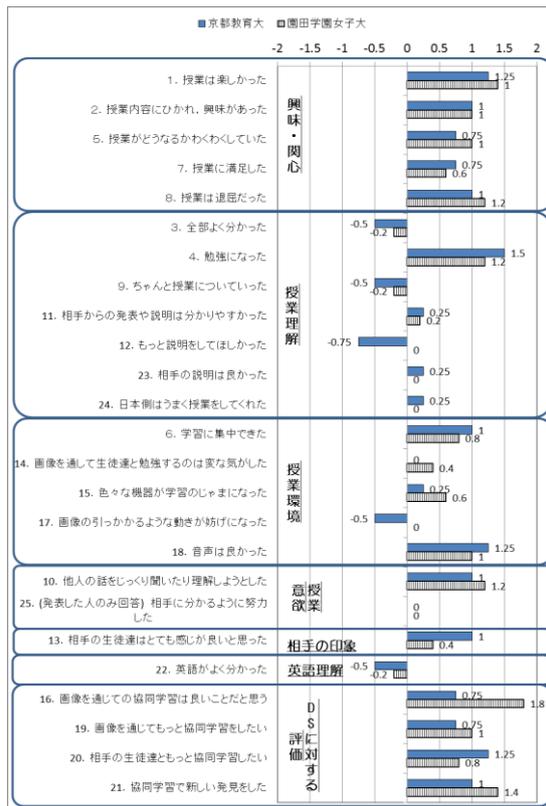


図 5-8 DS1 の交信授業に対する学習態度に関するアンケート結果(左)

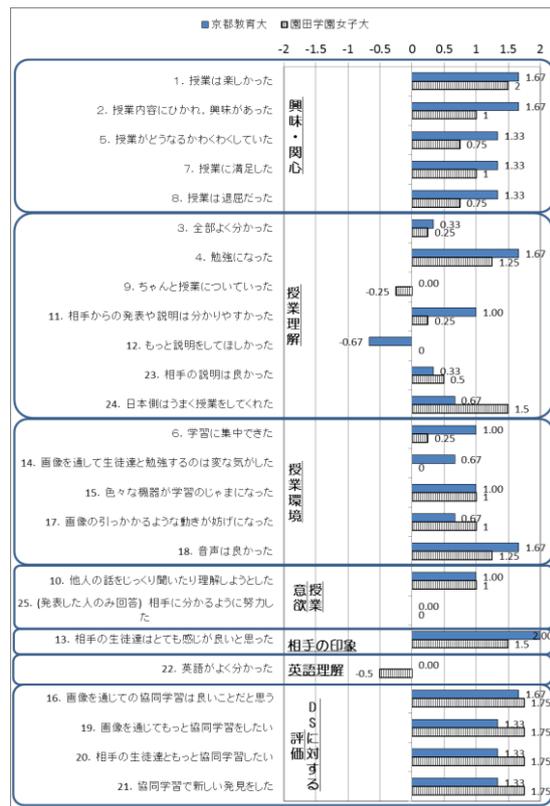


図 5-9 DS2 の交信授業に対する学習態度に関するアンケート結果(右)

(2) 創造的学習態度に関する結果と考察

第Ⅰ期：このアンケートは、創造的学習態度に関する因子を拡散性、論理性、積極性、独自性・独創性、集中性・持続性、収束性、精密性、探求力として構成している。

アンケートの結果、玉川の学生については、DS1、DS2 において、ほぼすべての因子に対して、創造的学習態度が育成されたと生徒が思う場面があったことがわかった。具体的な場面として、DS1 ではよりよいプレゼンテーションのために工夫した場面、DS2 では相手から受けるプ

レゼンテーションの内容を丁寧に理解するために工夫した場面が挙げられた。さらに、TV 会議に慣れてきた DS3 では、発表の内容に踏み込んでその内容が本当に正しいかを検証する精密性や、事前に学習した日時計の原理がどのように利用されているのか楽しみながら聞くという積極性が育成されたと学生たちは感じていたことがわかった。

ドイツの学生についても、DS1, DS2 において、ほぼすべての因子が育成されたと評価していた。生徒らの記述から、ドイツと日本の教育システムの違いについて学習したことがこの評価に大きく関わっていたことがわかった。これらより、数学教育について自国と他国を比較するという今回の学習内容設定が創造的学習態度の育成につながったと考える。

京都の院生については、特に、拡散性や積極性が育成されたとしていた。生徒の記述から、玉川大学学生に比べて協同ゼミに慣れていることから、1 回目の交信時から、授業内容に踏み込んでおり、自分の知識と結びつけて新たな発見をしようとすることができていたと考える。協同ゼミに慣れてくると、相手との知識の交流や共有により、さらに発展的なゼミを展開できる展望が得られた。

第Ⅱ期： 場面別創造的態度アンケートにおいて多くの学生・院生が選んだ項目は、「他の物事と比べて共通性や違いを考える」(収束性)、「異なるいろいろな解き方を試してみる」(拡散性)であった。これらを選んだ理由として、ドイツから発表された内容が日独の教育内容の比較研究であったことを挙げていた。教育課程・内容の異なる相手と DS を行うことが、収束的または拡散的に思考する態度を持つきっかけとなることが示唆された。また、DS で発表を経験した院生は、このゼミナールでは自分の考えを相手に伝えることが大切だと考えたことから、「自分の考えが他の人と違っていても気にならない」(独創性)と考えたことがわかった。自分の考えを的確に相手に伝えることが互いの研究を深めることにつながるという観点を持って DS を行ったことが独創性の育成に寄与することが示唆された。

第Ⅰ期とⅡ期の比較： 第Ⅰ期では、初めて DS に参加した学生の場合に精密性と積極性が、DS に慣れている学生の場合に拡散性と積極性が育成されていた。DS の経験があ

り慣れている学生・院生が参加した第Ⅱ期は、収束性と拡散性が認められ、今まで現れなかった因子である独創性の育成が院生に認められるという結果となった。どのような内容を DS で扱うかによって創造的学習態度因子は異なると思われるが、DS に慣れることと、それまでに研究を深めておくことで、創造的学習態度における拡散性と独創性に寄与できることが示唆された。このように、ICDL&S が創造的学習態度の育成に貢献できることが示唆される結果となっている。

第4節 教員養成教育課程における恒常的な実施の有効性について

5.4.1 第Ⅲ期 ICDL&S 終了後の学生へのインタビューからの考察

第Ⅲ期 ICDL&S 終了後に京都の参加学生へインタビューを行い、学生達がこのゼミナールをどのように感じたのかを調査した。

学生・院生へのインタビューによる主な回答は次の通りである。

●ICDL&S を3期にわたって経験した大学院生

- ・ 教員になるにあたって DS によって主に勉強になったと感じている点は、接続にあたり設置した機器の扱いやプレゼンテーションにおける英語力である。DS における相手とのコミュニケーションにおいては一方通行になっているところがあるため、もっと質疑応答を交わし議論できるようになりたい。今までの DS の経験からどのようにしたらうまくコミュニケーションをとれるのか分かってくるので、継続して ICDL&S に取り組みたい。
- ・ ドイツの学生が毎回一生懸命調べ、母国語ではない英語で発表してくれることが、自分たちのモチベーションを向上させてくれる。自分たちの研究へのモチベーション向上のためにも積極的に参加した方がよい。

●DS を3回参観し、第Ⅲ期2回目の DS で初めて発表者として参加した大学院生

- ・ DS を通じて、教育課程や教育内容の違いを知り、これまで当然だと思っていたことに疑問を持つようになった。また、今回初めて発表を行ったが、これまでと違い、発表の準備をす

ることで DS への興味や意欲が、より高くなった。

●DS を 1～2 回参観した学生

- ・ ドイツ・日本の考え方の違いや教科書の違いがよく分かった。もっと自分たちでも調べて深く理解したい。
- ・ ドイツ側の中に自分の研究にも関わる内容があり、非常に興味深かった。
- ・ 英語を勉強しようと思った。
- ・ プレゼンにおいて図や表を用いられていてわかりやすかった。自分でも説明するときはこのような工夫をしたい。

このインタビューに回答した ICDL&S を 3 年間経験した大学院生らの場合、DS で発表するにあたって特別に発表内容を準備したのではなく、日頃のゼミナールの延長として DS をとらえ、日頃から研究してきた内容を発表している。このように取り組んだ院生らのインタビューの回答を基に、ICDL&S を恒常的に実施することの利点を次のように挙げる。

- ① DS が参加者の日頃の研究に対する意欲の向上につながる。
- ② ICDL&S を積み重ねることに意義を感じ、DS を自分たちの教員としての資質を向上させる機会と捉えて取り組むことができる。

5.4.2 第 I, II, III 期 ICDL&S 全体における学生の様子からの考察

この ICDL&S を 3 期にわたって経験した京都教育大学の院生と 1 年間(2 セミスター)実施した玉川大学の学部生、さらに、第 I, II, III 期とそれぞれに 1 セミスターだけ参加したドイツ学部生の様子から検討してみる。2009 年の 11 月末に Th.Weth 教授が来日した際、京都の院生(当時は学部 4 年生であった院生 2 名)が、卒業研究論文の途中経過を発表して Weth 氏から助言・指導を受けた。英語での発表は初体験であったため、プレゼンテーションの準備には相当に時間がかかった。しかし、大学院生 1 年になった ICDL&S 第 I 期では、プレゼンテーションにも慣れ、DS を初体験の玉川の学生に発表方法を指導するまでになった。また、機器の設定も自分らで行い、さらに、タイの高校生に英語で日時計の原理を説明するようになっ

た。そして、第Ⅱ期、第Ⅲ期に至っては、余裕を持って DS に対応できていた。この背景には、DS への慣れもあるが、通常のゼミナールの中で先行研究や課題の分析、解決策等をしっかり行っていることが挙げられる。つまり、DS のために特別のゼミナールを行っていたのではなく、通常のゼミナールを実施して、その延長としてこの DS が位置づけられていたためである。この位置づけは恒常的 ICDL&S 実施を行う上で重要な姿勢である。

一方、玉川では、数学教育の知識不足と初めての DS の体験であったために、DS に対応するためのゼミナールで精一杯であった。但し、第Ⅱ期では慣れもあり、DS の準備時間はかなり少なくなった。

ドイツの学生は、3 セミスターとも違う学生が参加している。指導教員は、第Ⅰ期が ICDL&S 指導の経験がある Hartmann 氏で、第Ⅱ期と第Ⅲ期は ICDL&S の初経験である Borys 氏であった。第Ⅲ期では、指導教員も ICDL&S に慣れ、今回のプレゼンテーションの内容では、ドイツと日本の教科書の内容を比較、検討した発表となり、最後に参考・引用文献等も掲載されており、完結された発表となっている。このように、ICDL&S を恒常的に行うには、指導教員の慣れが必要である。なお、ドイツの両指導教員は、この後も、ブラジルやノルウェーとの学生同士による DS を実施している。

学生については、ICDL&S を重ねることで、違和感が無くなり自国での通常のゼミナールのよう实施方式になることが分かった。また、TV 会議の設置や DS の準備・進行を学生だけで出来るようになるなど、学生の ICT 活用能力やプレゼンテーション・コミュニケーション能力の向上が認められた。さらに、テーマを関数や幾何に絞って比較研究を行うことで、各国での数学指導の具体的特徴がわかり、学生にとって新たな教育内容開発のヒントを得られることも確かめられた。

この一連の実験から、ICDL&S の継続は、数学の知識、教材研究能力、ネットワーク社会・国際社会への対応力に寄与することを確認できた。なお、ICDL&S を教員養成カリキュラムの中で実施するには、まず、大学 3 年生から準備の手伝いや参観を行いながら ICDL&S につ

いて知ることから始める。次に、4年生では、自国で行っている通常のゼミナールでの研究内容をまとめて発表する。さらに大学院では、自分の研究成果を生かしたより深い内容となる討議を目指すという良いことが示唆される。

第5節 まとめ

①国際遠隔協同学習による創造的学習態度の育成の様相について

創造的学習態度の育成に関しては、数学教育について日独比較を行った今回の学習内容設定が、創造的学習態度の育成につながったことが示唆された。TV 会議に慣れてきた段階で、発表の内容に踏み込んでその内容が本当に正しいかを検証する精密性や、事前に学習した日時計の原理がどのように利用されているのか楽しみながら聞くという積極性が育成されたことと学生たちが感じたことから、交信を重ねてこのゼミナール形態に慣れることが、学習内容についての本質的な理解を深め、より創造的な研究をすすめることに繋がるということが示唆された。また、協同ゼミの経験を積んできた学生では、初回の交信時から、授業内容に踏み込んでおり、自分の知識と結びつけて新たな発見をしようとすることができ、恒常的な協同ゼミが有効であることが示唆された。

③国際遠隔協同学習を恒常的に行うことの有効性の検証

数年にわたる複数回の協同ゼミの経験によって、相手との知識の交流を深め、さらに発展的なゼミを展開する可能性が期待できた。また、協同ゼミの経験を積んできた学生では、初回の交信時から、授業内容に踏み込んでおり、自分の知識と結びつけて新たな発見をしようとすることができ、恒常的な協同ゼミが有効であることが示唆された。また、創造的学習態度に関する因子である独創性については、単発的な遠隔協同学習では育成が確かめられなかった。しかし、恒常的に行うことによって、交信授業では自分の考えを的確に相手に伝えることが互いの研究を深めることにつながるという観点を持つことができるようになった。このことが、独創性の育成に寄与することも示唆された。

第6章 教育実験Ⅲ：国際遠隔協同学習の有無による教育効果の比較

第1節 教育実験の目的

第4章・第5章において、国際遠隔協同学習を通して発展的な内容について主体的に学ぶことができること、国際遠隔協同学習が創造的学習態度の育成にも寄与すること、恒常的な国際遠隔協同学習の有効性が示唆された。しかし、同一の教育内容を一般的なクラス内で閉じた授業を行う場合と通信機器を用いて海外の生徒と交信授業を行う場合では教育効果に差があるのかという比較実験は先行研究においても積極的には行われておらず、明らかにされていない。そこで、本章では交信授業の有無による比較実験を行った。本教育実験の目的は、国際遠隔協同学習について、通常のクラス内に閉じた授業形態と比較したときの教育効果の差について検証すること（本研究の目的④）である。

第2節 教育実験の実際

6.2.1 対象

R 高等学校 2 年 3 組 (37 名, 以後 A クラスと略記), 2 年 2 組 (37 名, 以後 B クラスと略記) の 2 クラスを対象とする。これら 2 クラスは 1 年生の夏もしくは冬から 1 年間英語圏へ留学した生徒たちであり、一定の英語力を身につけて帰国してくるため、英語でのコミュニケーションに関してほぼ問題はなく、現地で英語による数学の授業を受講した経験はあるが、数学をテーマとした交信授業の経験はない。また、2 クラスともに、基本的に理系学部への進学を希望する生徒はほぼいないクラスである。

6.2.2 教育実験の概要

A クラス, B クラスともに同じ時間数で同じ教育内容を学習する。教育内容は「日時計の数学」であり、導入として日時計の科学史を学びながら日時計について知った上で、赤道型日時計および水平型日時計について原理を学び、製作するという内容である。ここで主に必要とな

る数学は、中学校レベルの幾何、高等学校での数学 I レベルの「鋭角の三角比」である。なお、鋭角の三角比については、学習済みの状態で本実験は行った。これらの教科書で学ぶ内容を利用した発展的な学習として「日時計の数学」を扱った。両クラスともに以上の内容を学び、さらに A クラスはその学習内容をまとめてドイツとの交信授業(以後 DL と略記)を行った。B クラスは DL の実施はしていない。教育実験の概要については表 6-1 の通りである。

表 6-1 教育実験の概要

A クラス 授業内容	B クラス 授業内容
① 日時計の科学史(15分)	
② 赤道型日時計の原理についての学習および作製(2時間)	
③ 水平型日時計の原理についての学習および作製(2時間)	
④ 発表準備(2時間) クラス内発表会・発表班決定(1時間)	④ ②赤道型日時計, ③水平型日時計についての復習(学力テスト前に1時間)
⑤ DL 本番(1時間)	

A クラスと B クラスとの授業内容の差異について、A クラスは DL を行うための準備(上記④)および本番(上記⑤)の計 4 時間行ったのに対して、B クラスは教員による復習の時間を 1 時間行った。B クラスについては、さらに授業外における個別質問にも多く対応し、A クラス生徒よりも学習内容の習得のために教員による指導を多く入れて時間をかけて指導した。A クラスでは DL 準備を通して自分たちで①~③の内容についての学び直しを行ったのに対して、B クラスでは教員指導による学び直しを行ったこととなる。なお、DL 本番(上記⑤)における発表者については、DL 本番前に発表指導およびリハーサルを追加で行っている。

A クラス・B クラス共に以上の学習内容を終えた後に、国際的な DL の有無によって教育効果に差がみられるのかを検証した。

6.2.3 日時計を教材として扱った理由と授業のねらい

遠隔協同学習の学習テーマとして日時計を扱った理由は、まず、ドイツと日本では街中で見られる日時計の種類が異なるからである。ドイツの街中でよくある日時計は、時刻盤が壁面にある鉛直型日時計であるのに対して、日本でよくある日時計は時刻盤が地面にある水平型日

時計である。図 6-1 はドイツの建物の壁面にある鉛直型日時計，図 6-2 は宮城県仙台市の龍雲院にある水平型日時計である。しかし，両国の生徒は共に日時計のことについては見たことはあってもあまり注目したことがないという反応であるのが実態である。この実態からも学習意義はあると考えた。また，時刻と太陽の動きなど地球規模で考えることができるテーマであり，遠隔協同学習のテーマとして扱った守屋・他(2005)の実践例もある。これらの理由から，日時計が本実験の教材として適していると考えた。



図 6-1 鉛直型日時計(ドイツ)



図 6-2 水平型日時計(仙台市・龍雲院)

日時計を教材とした数学教育における実践は，小学校および中学校で多く実践例があり，その効果も明らかにされている。これらの小学校や中学校での実践においては，日時計を教材として平面図形や空間図形，論証の指導がなされている。守屋ら(2010)では，中学生を対象に赤道型日時計を基にして作図により水平型日時計を作製できること，さらに，高校生を対象に三角比を使って赤道型日時計を基にして水平型日時計を作製している。高校生では，三角比を活用することで作図に頼らず正確な日時計をつくることが可能であるため，この高校生の実践を参考にし，本実験では主に三角比の学習指導を目的として日時計の数学の教材化を行った。教材化の詳細については，付録 2 を参照されたい。

6.2.4 交信授業までの共通授業について

表 6-1 における①～③の共通授業について次に概要と生徒の反応を述べる。

(1) 日時計の科学史(15分)

日時計についての関心を高めるため，日時計の科学史について学習を行った。

(2) 赤道型日時計の原理についての学習および作製(2 時間)

赤道型日時計の原理の説明と作製を行った。ここでは、守屋ら(2001)による中学 2 年生を対象としたテキストを使用した。なお、このテキストや先行研究においては、赤道型日時計を作品に仕上げている。本実験では、赤道型日時計から水平型日時計を作成することを目標としているので、簡単な模型を作製するに留めた。

まず、赤道型日時計の時刻盤と水平面がつくる角(文字盤の傾斜角)の大きさは「 $90^\circ - \text{緯度}$ 」となることを導き、図 6-5 のような赤道型日時計を作製した。A クラス、B クラスともに原理の理解に混乱を感じる生徒が少なからずいた。原理が十分に理解できてない生徒は作製に手間取っていたが、できるだけ正確に作ろうとしていた様子は見られた。(図 6-3, 6-4)

作製時には、ノーマンを時刻盤に対して垂直に立てる必要があるため、正確に設置するために図 6-20 のように三角比を用いて計算した。この正確にノーマンを設置する過程も理解に時間がかかる生徒がいた。



図 6-3 赤道型日時計の製作



図 6-4 赤道型日時計の製作

(3) 水平型日時計の原理についての学習および作製(2 時間)

水平型日時計の原理, 電卓の使い方, 逆関数, 公式から角度を求める作業をパワーポイントとワークシートで学習した。

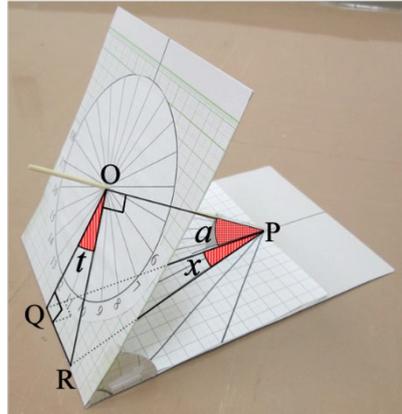


図 6-5 赤道型日時計の模型

ΔOQR について、 $\frac{QR}{OQ} = \tan t$ $QR = OQ \cdot \tan t \dots \textcircled{1}$	ΔQRP について、 $\frac{QR}{QP} = \tan x$ $QR = QP \cdot \tan x \dots \textcircled{3}$
ΔOQP について、 $\frac{OQ}{QP} = \sin a$ $QP = \frac{OQ}{\sin a} \dots \textcircled{2}$	$\textcircled{1}, \textcircled{2}$ を $\textcircled{3}$ に代入して $OQ \cdot \tan t = \frac{OQ}{\sin a} \cdot \tan x$ $\tan t = \frac{1}{\sin a} \cdot \tan x$ $\tan x = \tan t \cdot \sin a$ $x = \tan^{-1}(\tan t \cdot \sin a)$

図 6-6 赤道型日時計を基にして水平型日時計の時刻盤を製作するための公式

図 6-6 は赤道型日時計の時刻盤を基にして水平型日時計の時刻盤を作製するための公式を導く過程を示したものである。通常授業で理解が早い生徒も公式を自分で導き出せず苦勞していた。その後, この公式を利用して水平型日時計の時刻盤を完成させた。最後に, 水平型日時計の目盛と赤道型日時計の目盛の延長線が時刻盤と水平面の二平面の交線で一致しているかなどを全体で確認した。

(4)ドイツ側での指導について

日本とドイツそれぞれでよく見られる日時計として, 日本側では水平型日時計, ドイツ側では

鉛直型日時計を扱い、DL にて発表し合うことにした。互いの文化を交流しながら各国の日時計の原理について三角比を用いて互いに発表し合うことで理解を深め合うことを目指した。

6.2.5 DL に向けての発表準備について

DL を行う A クラスのみ発表準備 (2 時間) および本番で発表する班を決めるオーディションを兼ねたクラス内発表会 (1 時間) を行った。6 班に分かれて赤道型日時計もしくは水平型日時計をテーマにプレゼンテーションを作成した。発表の内容には、それぞれの日時計の原理の説明に加えて、簡単な自己紹介・学校紹介や日本にある日時計の紹介なども含めさせた。発表準備をする中で、授業中に理解しきれなかった原理についての理解を深める生徒が多かった。一方で、発表に向けての動機付けが十分でなかったことや、班活動として取り組ませた結果他力本願になる生徒が出てしまったことが要因で、積極性に欠ける生徒をつくってしまったことは反省点である。生徒のレポートにも「原理の理解が難しく、他のメンバーに頼ってしまい、自分は十分に力を発揮できなかった」という意見と共に「メンバーと意見を出し合いながら協力することでやる気が出てきた」という意見があり、クラス全体の雰囲気をも高めるための指導の工夫が必要である。また、英語でのプレゼンテーション指導のため、ネイティブの数学教員らにも協力してもらい準備を行った。最後にクラス内で発表会を行って、赤道型日時計および水平型日時計の発表班を 1 班ずつ選出した。DL 本番での発表が決まった 2 班については、放課後の時間を使って、打ち合わせおよびリハーサルを行った。特に、水平型日時計の時刻盤を作製するための公式については、発表班のメンバーで相談しながら再度導きだしていただくことで、授業とは異なる式変形で公式を導くことができ、理解を深めることができた。(図 6-7)



図 6-7 発表準備の様子

発表班とならなかった生徒、数学が苦手な生徒は、準備や交信授業において受け身になる傾向がある。極力受け身にならないような工夫として、まずは全員に英語でのプレゼン準備をさせた上で、オーディションで発表班を決めるという手順をとった。これにより、いったんは全員が発表準備に関われるようにはできたが、数学が苦手な生徒にとっては、発表準備班の中で他の生徒に頼って受け身になってしまった。これらの生徒の一部には、学校紹介を行わせる役割を与え、できるだけ参加できるような工夫を行った。しかし、どうしても 1 回だけの交信授業となると全員には役割分担できない。そのためにも、複数回の交信授業を企画し、それらの中で順に役割を担わせるように工夫することが必要である。

6.2.6 DL の概要について

(1) 授業のテーマ:「日時計の数学」

(2) 国際遠隔協同学習の交信相手:

Sankt Dominikus Gymnasium (ドイツ・カールスルーエ) 高校 2 年生相当(17 名)

ドイツの教育課程における Gymnasium とは大学進学を目指した学校である。交信相手決定、事前準備などに際しては、守屋誠司先生(玉川大学)および Thomas Borys 先生(Pädagogische Hochschule Karlsruhe)にご協力いただき、DL の実施が可能となった。ドイツ側の事前授業および本番の指導に関しては、Julian Merkert 先生(Sankt Dominikus Gymnasium)にご指導いただいた。

(3) 交信日時:2017 年 1 月 31 日(火)日本時間 16:00~17:00(ドイツ時間 8:00~9:00)

(4) 交信ツール: Zoom

Zoom は多地点接続可能なビデオ会議ソフトである。無料版は接続時間が 40 分と制限されているが、いったん接続解除してから同じ ID で再接続可能である。1 月 11 日 17:00 から行ったドイツとの接続テストの結果、映像・音声ともに良好であった。タイムラグもなく、パワーポイントのアニメーションもスムーズに動きがわかり、音声のズレも気にならないため、本ツールを採用した。

(5) 教室設営の様子(日本側)

DL 時の教室は図 6-8 のように設営した。教員操作パソコン(以後 PC と略記)を接続時のメイン PC とし、その他に日本側で 4 台、ドイツ側で 1 台の PC を Zoom で接続した。日本側のメイン PC 以外の 4 台は、ホワイトボードで説明する発表者を映し出す PC として 1 台、パワーポイント付近で説明する発表者を映し出す PC として 1 台、発表するパワーポイントを映し出す PC として 1 台、教室全体の様子を映し出す PC として 1 台である。日本側で映し出す映像選択は、メイン PC で教員が行い、2 台のスクリーンに映し出した。2 台のスクリーンのうち、基本的には 1 台は常時相手の映像を映し出して相手の表情が見えるようにし、もう 1 台は日本側およびドイツ側が発表している様子を映し出すようにした。音声については、同じ教室内で Zoom の多地点接続を行ったため、ハウリング対応が難しかった。今回は発表スライド映像スクリーンのプロジェクタに接続している PC の音声をメインにし、必要のない限りその他の音声は OFF にして対応した。特に、音声については、よりよい方法を探る必要性があると考えた。

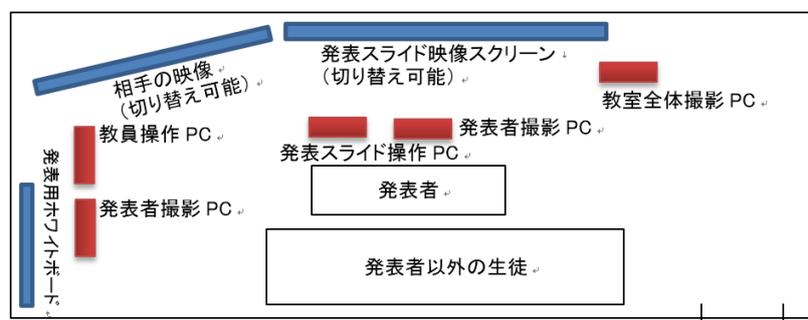


図 6-8 DL 時の教室設営

6.2.7 DL 本番の様子

1 月 31 日(火) 16 時から 40 分程度の DL を行った。日本側からは、赤道型日時計および水平型日時計について 20 分程度、ドイツ側からは、鉛直型日時計について 20 分程度の発表を行った。日本側はインフルエンザ流行のため 10 名の欠席者があり、参加人数は 27 名であった。発表班にも欠席者が出たため、直前に発表内容を調整して本番に臨んだ形となった。接続開始時に、音声が悪く調整が必要であったが、互いに聞こえる程度に改善されたため、

授業を開始した。ただし、音声についてはリハーサルとは異なり終始聞こえにくく、生徒の集中力を欠いてしまうことに繋がってしまった。映像については非常にクリアな状態で実施することができた。

ドイツ側からの発表では、鉛直型日時計の歴史から話が始まり、鉛直型日時計の作製、さらにもっと精度を上げるにはどうしたらよいかということが発表された。最後には、R 高校の体育館の壁に設置することを想定した鉛直型日時計の提案まで行われた(図 6-16)。この提案には日本の高校生たちは驚いていた。

質疑応答については、質問を交し合うことができず、発表し合って終わるレベルで終わってしまった。この点については、互いに初めての DL であったため、質問しづらい雰囲気があったためであると考えられる。今回は DL を 1 回しか実施できなかったが、より意見を交流し、DL の質を高めるためには、守屋ら(2008)などで示されているように、複数回の DL を重ねることが必要不可欠であるといえる。



図 6-9 日本側から赤道型日時計の原理を発表



図 6-10 日本側の教室の様子



図 6-11 ドイツ側の教室の様子

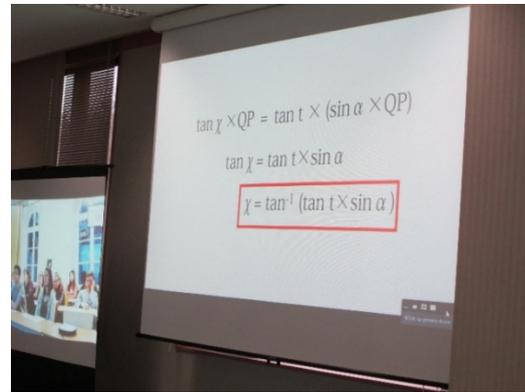
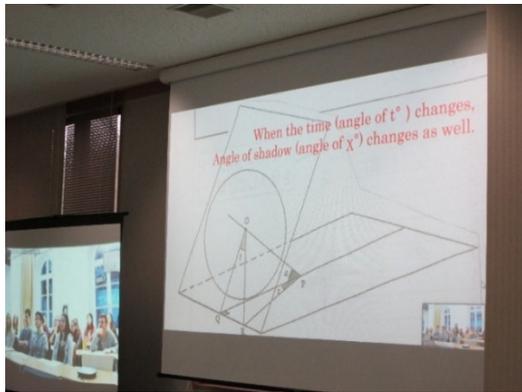


図 6-12/図 6-13 日本側から赤道型日時計から水平型日時計を作製する方法についての説明

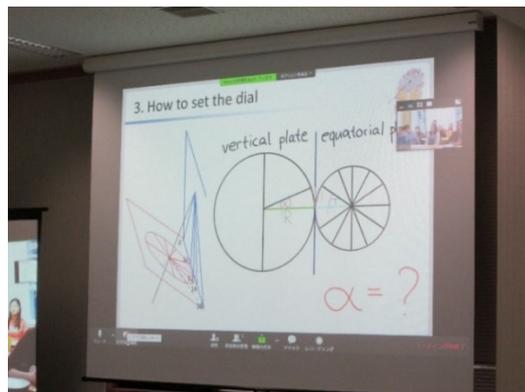
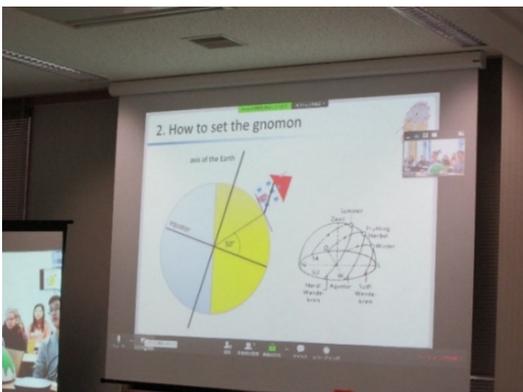


図 6-14/ 図 6-15 ドイツ側から鉛直型日時計についての発表

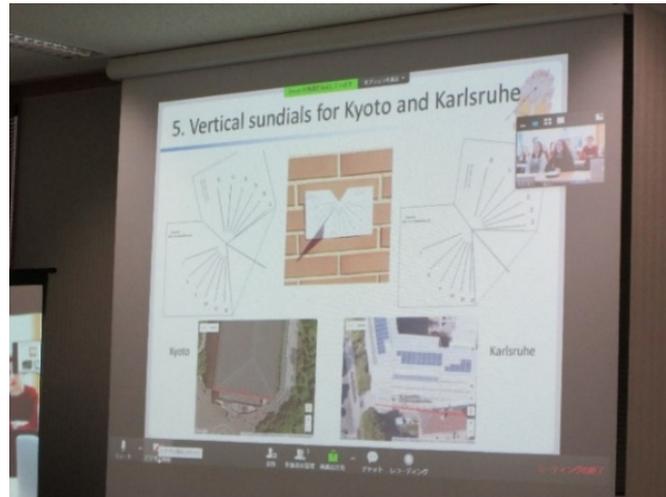


図 6-16 ドイツ側からカールスルーエと宇治で使える鉛直型日時計についての紹介

6.2.8 一連の授業後の両クラスにおける学習内容の習得の様子について

A クラス・B クラス共に学力テストを行ったが、そのテスト勉強を行ったときの生徒の反応に差異がみられた。具体的には、両クラスともに質問にきた生徒はいたが、A クラスは若干名であり、基本的には自分たちで教え合って理解を深めた生徒が多かった。それに対して、Bクラスでは A クラスの DL の代わりに 1 時間の復習授業を行ったが、その授業後も教員を頼って質問をする生徒は多く、個別に質問対応を多く行った。

第3節 交信授業の有無による教育効果の比較

調査の対象は、日本側の A クラス 37 名・B クラス 37 名の生徒全員である。なお、病欠等の理由により調査人数が減っているものもある。

調査の手続きは、表6-2に一覧にしてまとめた。なお、各クラスの様相をさらに検証するために、他の視点も必要と考え、批判的思考態度に着目した。平山ら(2004)は、「論理的思考への自覚」、「探究心」、「客観性」、「証拠の重視」の4因子からなることを明らかにしている。これらの因子は創造性の因子に類似している。そこで、実験前のクラス間の態度の差について検証する方法として、平山ら(2004)の「批判的思考態度尺度」を用いたアンケートも同時に行うこととした。

また、ドイツ側の生徒19名については、事前調査ができず、表6-2における事後調査(2)のみを行った。

表 6-2 調査の手続き 一覧

事前調査	(1)実験前のA・B両クラスの学力差が同程度であるという仮説の検証 ①高校1年1学期中間考査(数学Ⅰ・A, 筆記試験)による調査 ②実験直前に行った「三角比」(数学Ⅰ)に関する筆記試験による調査
	(2)通常の数学の授業における学習態度や創造的学習態度などの様相についての質問紙による調査 (A・B両クラスの学習態度などが同程度であるという仮説の検証) ①数学に対する印象に関するアンケート ②授業に対する学習態度に関するアンケート ③創造的学習態度に関するアンケート ④批判的思考態度に関するアンケート
事後調査	(1)三角比に関する筆記試験による調査
	(2)実験直後における学習態度や創造的学習態度などの様相についての質問紙による調査 ①授業に対する学習態度に関するアンケート ②創造的学習態度に関するアンケート ③批判的思考態度に関するアンケート
	(3)日時計の数学を学び終えた感想レポート(A4版1枚・自由記述)による調査

6.3.1 実験前における2クラスの学力や学習態度の比較

6.3.1.1 実験前の数学の学力差について

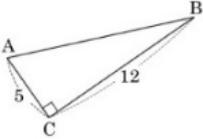
実験前のAクラス(DLあり)37名とBクラス(DLなし)37名の学力差について同程度であろうという仮説をたてた上で比較し、仮説の検証をする。

(1)方法:

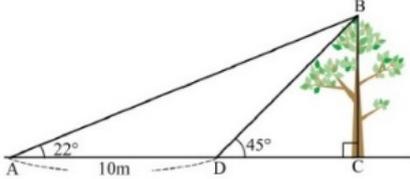
①高校1年時1学期における数学Ⅰおよび数学Aの中間考査の結果を比較する。(この試験は、両クラスとも1年間の留学期間があるため、学内で実施した試験のうち実験前の2クラスを比較できる最新のデータである。)

②本実験において主に活用した「三角比」(数学Ⅰ)の学習内容について実験前にテストを行い、AクラスとBクラスを比較する。なお、以下検定はすべてHAD(清水, 2016)を使用した。実施したテスト内容は図6-17の通りである。

6. 次の図の直角三角形 ABC で、 $\sin A$ 、 $\cos A$ 、 $\tan A$ の値を求めよ。



7. 下の図のように、平地に垂直に立つ木がある。木から離れた地点 A において、木の先端 B を望むときの仰角を測ると 22° で、そこから木に 10m 近づいた地点 D での仰角は 45° であった。このとき、木の高さを求めよ。ただし、 $\tan 22^\circ = 0.4$ とし、小数点第 2 位を四捨五入して答えよ。



8. A は鋭角であるとする。 $\tan A = 2$ のとき、 $\cos A$ と $\sin A$ の値を求めよ。

図 6-17 実験前に実施した三角比に関するテスト

(2) 結果:

① 高校 1 年時 1 学期における数学 I および数学 A の中間考査の結果比較について:

数学 I は A クラス 77.1 点, B クラス 79.4 点であり, 有意差はない。また, 数学 A は A クラス 63.2 点, B クラス 65.8 点であり, 有意差はない。これらの結果より, 実験前の数学の学力について, これら 2 クラスの数学の学力は同程度であるといえる。

② 実験前に行った「三角比」に関するテストの結果比較について:

実験前に行った「三角比」に関するテストの結果は表 6-3 の通りである。この結果から, 実践前における 2 クラスの三角比に関する学力差について, 有意差がないため, これら 2 クラスの予備知識としての三角比に関する習得度は同程度であるといえる。

表 6-3 実験前の三角比に関するテスト結果

問題番号	正答率(%)		t検定 p値
	Aクラス	Bクラス	
6	81.58	78.95	0.764
7	50.00	44.74	0.647
8 (cosA)	78.95	78.95	1
8 (sinA)	71.05	78.95	0.414

6.3.1.2 実験前の授業に対する態度や創造的学習態度などについて

実験前のAクラスとBクラスの生徒の授業に対する態度や創造的学習態度について、同程度であろうという仮説をたてた上で比較し、実験前のクラス間の態度の差について検証する。

(1) 方法:

実験前に次に挙げる 4 種類のアンケートを実施し、これらのアンケート結果について A クラスと B クラスを比較し、2 クラスの評価に差があるか、また 2 クラスの様相を確かめる。

① 数学に対する印象に関するアンケート

数学に対する印象に関する「1 数学は好きな方ですか」「2 数学は得意な方ですか」という質問を行った。これらの質問に対して、「大変そう思う、そう思う、どちらともいえない、そう思わない、全くそう思わない」の 5 点尺度で回答させ、大変そう思う+2 点～全くそう思わない-2 点を与えて、項目ごとに平均値を算出した。この結果から、2 クラスの評価の差を確かめる。

② 授業に対する学習態度に関するアンケート

普段の数学の授業に対する学習態度について調査するため、守屋ら(2004)のアンケートの一部を「事前授業アンケート」として実施した(資料 4)。質問項目は表 6-3 の通りである。分析については、アンケートにおける「大変そう思う、そう思う、どちらともいえない、そう思わない、全くそう思わない」の 5 点尺度に対して、大変そう思う+2 点～全くそう思わない-2 点を与えて、項目ごとに平均値を算出し、それを得点とした。ただし、負の評価である項目 8 では、大変そう思う-2 点～全くそう思わないには+2 点を与えて、他の項目と逆の得点化をした。これによって、平均値が正の値になっている項目は、統一的に評価がよかったものとして判断できるようにした。この結果から、2 クラスの評価の差を確かめる。

③創造的学習態度に関するアンケート

普段の授業における創造的学習態度を調査するために、守屋ら(2004)を改訂した「創造的学習態度アンケート(その2)」(資料6)を実施した。質問項目は表6-4の通りである。これらについて、「非常にあてはまる、ややあてはまる、どちらでもない、ややあてはまらない、全くあてはまらない」の5点尺度に対して、非常にあてはまる+2点～全くあてはまらない-2点を与えて、項目ごとに平均値を算出した。その結果について、2クラスの評価の差を確かめる。

④批判的思考態度に関するアンケート

普段の授業における批判的思考態度を調査するために、平山ら(2004)の「批判的思考態度尺度」における33項目のうち、17項目を抜粋してアンケートを作成した(資料6)。質問項目は表6-5の通りである。これらについて、「非常にあてはまる、ややあてはまる、どちらでもない、ややあてはまらない、全くあてはまらない」の5点尺度に対して、非常にあてはまる+2点～全くあてはまらない-2点を与えて、項目ごとに平均値を算出した。その結果について、2クラスの評価の差を確かめる。

(2)結果:

①数学に対する印象に関するアンケート

「数学は好きな方ですか」に対する各クラスの平均値はAクラス-0.05, Bクラス-0.19であり、有意差はなかった。また、「数学は得意な方ですか」に対する各クラスの平均値はAクラス-0.49, Bクラス-0.67であり、有意差はなかった。この結果より、2クラスの数学に対する印象は同程度であるといえる。

②授業に対する学習態度に関するアンケート

アンケート結果は表6-4の通りである。この結果より、通常の数学の授業では、AクラスよりもBクラスの方が「授業は楽しい(退屈ではない)」「授業内容にひかれ、興味がある」「勉強になる」「他人の話をじっくり聞いたり理解しようとしている」という学習態度を持っていることが示された。

表 6-4 授業に対する学習態度に関するアンケート結果

質問項目		Aクラス	Bクラス
1. 授業は楽しい	(興味・関心)	0.72	1.29 *
2. 授業内容にひかれ、興味がある	(興味・関心)	0.36	0.91 *
5. 授業がどうなるかわくわくしている	(興味・関心)	0.36	0.54
7. 授業に満足している	(興味・関心)	0.86	1.14
8. 授業は退屈だ	(興味・関心)	0.36	0.91 *
3. 全部よく分かる	(授業理解)	0.47	0.77
4. 勉強になる	(授業理解)	0.89	1.26 *
9. ちゃんと授業についていっている	(授業理解)	0.42	0.89
6. 学習に集中できる	(授業環境)	0.75	1.11

* p<.05

③ 創造的学習態度に関するアンケート

アンケート結果は表 6-5 の通りである。「3 答えが一つに決まらない問題に積極的に取り組む」について有意差があり、A クラスが高い評価を示したが、その他の項目についてクラスと B クラスで有意差がなかったため、2 クラスの創造的学習態度はおよそ同程度であるといえる。

表 6-5 創造的学習態度に関するアンケート結果

因子	質問項目	Aクラス	Bクラス
拡散性	1 異なるいろいろな解き方を試してみる	0.27	0.31
	2 一つの問題を様々な角度から考える	0.36	0.29
	3 答えが一つに決まらない問題に積極的に取り組む	0.27	-0.23 *
流暢性	4 新しい考えが次々と浮かんでくる	-0.15	-0.17
	5 人よりも多くのアイデアを思いつく	-0.30	-0.23
	6 問題を解くのが速い	-0.48	-0.46
収束性	7 様々な情報が一つの結論につながるかどうか考える	0.06	0.34
	8 他の物事と比べて共通性や違いを考える	0.18	0.47
	9 一見関係なさそうな事柄の中から共通しているところを見つける	-0.03	0.20
論理性	10 答えだけでなく、問題を解く過程を重視する	0.48	0.47
	11 答えの根拠が理解できるまで何度も考える	1.21	1.00
	12 仮定と結論を整理して考える	0.30	0.12
独創性	13 一般的なやり方とは違う解き方を考える	-0.45	-0.49
	14 自分の答えが他の人と違っていても気にならない	0.39	0.20
	15 ひらめきを重視する	0.48	0.26
集中性	16 問題を解くのに時間を忘れて考える傾向がある	0.58	0.49
	17 問題を解くとき、他のことに気を奪われない	0.27	0.00
	18 一度間違った答えが出て失敗してもあきらめない	0.55	0.57
精密性	19 問題文を詳しく読み、内容の細部にまで注意を払う	0.36	0.17
	20 計算式やグラフは丁寧に書く	0.42	0.40
	21 計算ミスに気をつける	0.85	0.63

* p<.05

④ 批判的思考態度に関するアンケート

アンケート結果は表 6-6 の通りである。この結果より、A クラスよりも B クラスの方が探究心に関する項目である「様々な文化について学びたいと思う」「外国の人がどのように考えるかを勉強することは意義のあることだと思う」「自分とは違う考えの人に興味を持つ」という態度を普段の授業で持っていることが示された。このことより、探究心については B クラスの方が持っている傾向が示されたが、その他の批判的思考態度については同程度であることが示された。

表 6-6 批判的思考態度に関するアンケート結果

因子	質問項目	Aクラス	Bクラス
論理的思考 への自覚	22 複雑な問題について順序たてて考えることが得意だ	-0.06	-0.26
	23 考えをまとめることが得意だ	-0.18	-0.17
	24 物事を正確に考えることに自信がある	-0.24	-0.23
	25 注意深く物事を調べることができる	-0.18	0.00
探求心	26 いろいろな考えの人と接して多くのことを学びたい	0.85	1.11
	27 新しいものにチャレンジするのが好きである	0.85	1.23
	28 様々な文化について学びたいと思う	0.82	1.51 *
	29 外国の人がどのように考えるかを勉強することは、意義のあることだと思う	0.73	1.43 *
	30 自分とは違う考えの人に興味を持つ	0.94	1.40 *
	31 分からないことがあると質問したくなる	1.09	1.14
客観性	32 いつも偏りのない判断をしようとする	0.55	0.51
	33 物事を決めるときには客観的態度を心がける	0.61	0.83
	34 一つ二つの立場だけではなく、できるだけ多くの立場から考えようとする	0.36	0.83
	35 たとえ意見が合わない人の話にも耳を傾ける	0.76	1.06
証拠の重視	36 結論をくだす場合には、確たる証拠の有無にこだわる	0.58	0.49
	37 判断を下す際は、できるだけ多くの事実や証拠を調べる	0.58	0.74
	38 何事も、少しも疑わずに信じ込んだりはしない	0.30	0.49

* p<.05

6.3.2 数学の学習内容の習得について

6.3.2.1 実験後の学力テスト実施とその結果

本実験後に、定期考査として三角比に関する学力テストを行った。受験者数は A クラス 36 名、B クラス 37 名である。テストの生徒の解答について、完全解答を 1、途中まで書いている解答を 0.5、不正解もしくは白紙解答を 0 とし、クラスごとに各問いに関するこれらの平均値を算出し、これをその問いに対する「正答率」とした。また、各クラスの「正答率」の平均値を、そのクラスにおける「テスト全体の正答率」とした。

表 6-7 学力テストの設問内容と正答率

問題番号	設問内容	Aクラス正答率	Bクラス正答率
1	次の直角三角形における $\sin A$, $\cos A$, $\tan A$ の値を求めよ。	97.2%	91.9%
2	次の三角比の値を求めよ。		
(1)	$\sin 30^\circ$	97.2%	86.5%
(2)	$\sin 90^\circ$	86.1%	70.3%
(3)	$\cos 135^\circ$	83.3%	86.5%
(4)	$\tan 150^\circ$	72.2%	89.2%
3	次の等式を満たす角 θ を求めよ。ただし、 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ とする。		
(1)	$\sin \theta = \frac{1}{\sqrt{2}}$	86.1%	86.5%
(2)	$\cos \theta = -\frac{\sqrt{3}}{2}$	88.9%	86.5%
(3)	$\tan \theta = -\sqrt{3}$	83.3%	94.6%
4	直線 $y = -\frac{1}{\sqrt{3}}x$ と $y = x$ のなす角 θ を求めよ。 ただし、 $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ とする。	43.1%	60.8%
5	$\cos \theta = -\frac{1}{3}$ のとき、 $\sin \theta$, $\tan \theta$ の値を求めよ。 ただし、 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ とする。		
	$\sin \theta$	77.8%	77.0%
	$\tan \theta$	66.7%	68.9%
6	$\triangle ABC$ において、次の問いに答えよ。		
(1)	$a = 4$, $B = 30^\circ$, $C = 105^\circ$ のとき、 b と外接円の半径 R を求めよ。		
	b	68.1%	64.9%
	R	80.6%	83.8%
(2)	$a = \sqrt{61}$, $c = 4$, $A = 120^\circ$ のとき、 b を求めよ。	68.1%	70.3%
7	水平型日時計の製作について ※問題文は下記参照	69.4%	48.6% *
8	赤道型日時計の製作について ※問題文は下記参照	AB 68.1%	68.9%
		AC 62.5%	68.9%
9	$\cos 23^\circ = a$ とおくと、次の値を a を用いて表せ。		
(1)	$\sin 67^\circ$	80.6%	81.1%
(2)	$\cos 113^\circ$	38.9%	21.6%
10	$90^\circ < A < 180^\circ$ において、 $\sin A + \cos A = \frac{\sqrt{5}}{4}$ のとき、次の式の値を求めよ。		
10(1)	$\sin A \cos A$	72.2%	75.7%
10(2)	$\sin A - \cos A$	13.9%	16.2%
全体正答率		71.6%	71.4%

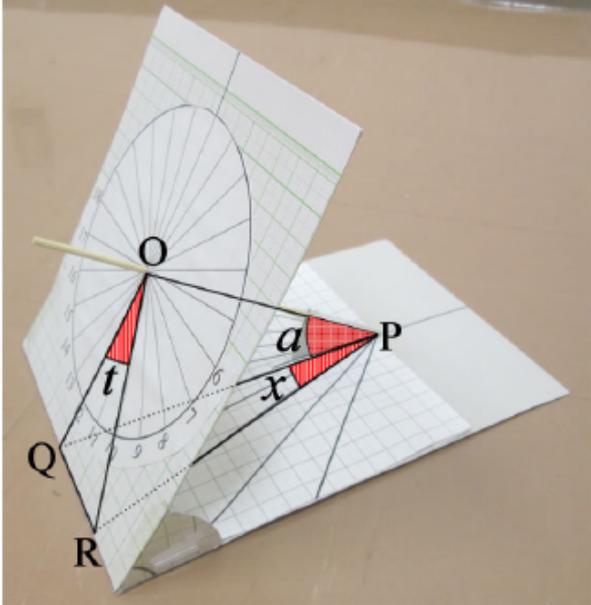
* $p < .05$

テスト全体の正答率は、Aクラス 71.6%、Bクラス 71.4%であり、両クラス間においてテスト全体の正答率に有意差はなかった。また、各設問の内容と正答率については、表 6-7 の通りである。2 クラスを比較した結果、日時計に関する設問である問7については有意差があり、Aクラスの正答率が高いといえたが、その他の設問については2 クラス間において正答率に有意差が認められなかった。

今回のテストにおける「日時計に関する問い」は問 7, 8(図 6-18, 6-20)であったが、問 7に

ついでの結果は表 6-8, 図 6-18 の通りであった。

7. 水平型日時計の製作について, 次の問いに答えよ。



水平型日時計の文字盤を, 赤道型日時計を用いて作図したい。図において, $t(= \angle QOR)$ は赤道型日時計文字盤の 12 時からある時刻までの角度, $x(= \angle QPR)$ は水平型日時計文字盤の 12 時から同時刻までの角度, $a(= \angle OPQ)$ は緯度を示している。

このとき, a, t を用いて, x を表すと,
 $\tan x = \tan t \times \sin a$ となり, $x = \tan^{-1}(\tan t \times \sin a)$ を導くことができる。この公式に, t および a の値を代入すれば, x の値を求めることができ, 水平型日時計の文字盤を作図することができる。

この公式を求める過程について数式を用いて説明せよ。

図 6-18 学カテスト問 7 の問題

表 6-8 学カテスト問 7 の結果

問7	回答数	回答数	回答数	回答数
	完全解答	立式あり(部分正答)	立式あり(不正解)	白紙解答
Bクラス	14	8	7	8
Aクラス	21	8	3	4

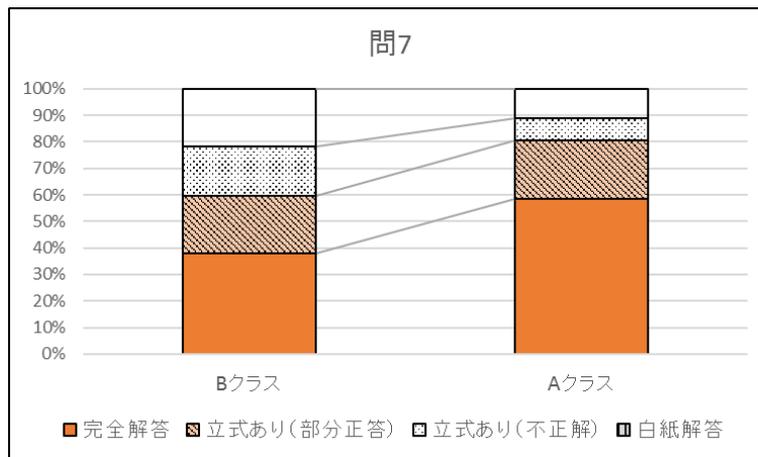


図 6-19 学力テスト問7の結果

問 7 の正答率について、B クラスは 48.6%、A クラスは 69.4%であり、2 クラスの正答率に有意差 ($p < .05$) があり、A クラスの方がよくできていることがわかった。また、B クラスでは A クラスに比べて白紙解答が多かったことも特徴的であった。

問 8 の正答率については、表 6-9/10、図 6-21/22 の通りであった。

8. 赤道型日時計の製作について、次の問いに答えよ。

赤道型日時計を作る際に、文字盤に対してノーモンを垂直に立てる必要がある。そのために、AB と AC の長さを求めて、ノーモンの先端位置 A を決定したい。BC=10cm のとき、AB および AC の長さを求めよ。緯度を 35° 、 $\sin 35^\circ = 0.6$ 、 $\cos 35^\circ = 0.8$ 、 $\tan 35^\circ = 0.7$ とし、答えは小数第 2 位を四捨五入して求めよ。

図 6-20 学力テスト問 8 の問題

表 6-9 学力テスト問 8 (AB の長さ) の結果

問8 AB	回答数	回答数	回答数	回答数
	完全解答	立式あり(部分正答)	立式あり(不正解)	白紙解答
Bクラス	24	3	3	7
Aクラス	23	3	7	3

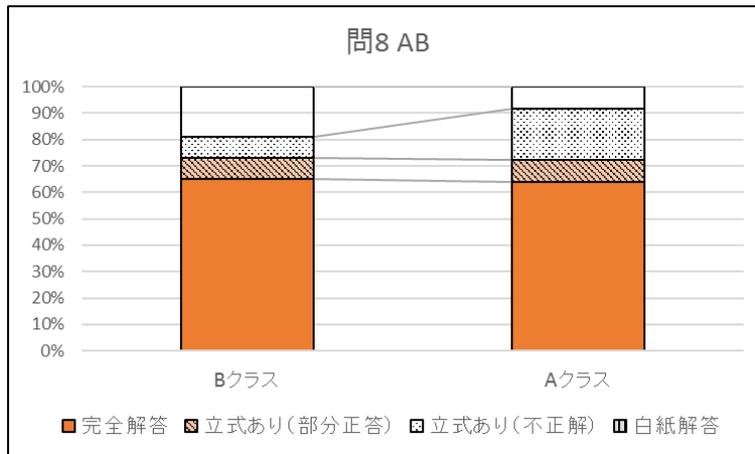


図 6-21 学力テスト問 8(AB の長さ)の結果

表 6-10 学力テスト問 8(AC の長さ)の結果

問8 AC				
	回答数	回答数	回答数	回答数
	完全解答	立式あり(部分正答)	立式あり(不正解)	白紙解答
Bクラス	25	1	0	11
Aクラス	21	3	9	3

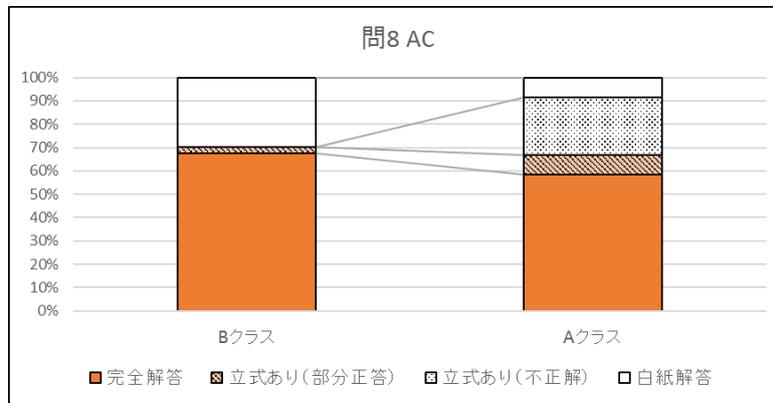


図 6-22 学力テスト問 8(AC の長さ)の結果

問 8(AB を求める)と問 8(AC を求める)の正答率については、それぞれ有意差がなく、同程度の正答率であったといえる。ここで、表のように不正解のうち白紙解答が B クラスの方が圧倒的に多く、A クラスでは白紙解答はほとんどみられなかった。このように、不正解の生徒について、A クラス生徒については、正答はできなかったものの問題に取り組もうとしていた一方で、B クラス生徒については、最初から問題を放棄した生徒が多かったといえる。

以上の結果より、DLの有無により三角比の学習内容の習得に差はないが、発展的な学習内容である「日時計の数学」に関する問題についてはDLを実施したクラスの方が高い理解度を示し、問題に取り組む姿勢も高かったことがわかった。

6.3.2.2 考察

三角比の基本的な問題については国際的なDLの有無によって習熟度は変わらなかったが、教科書にも問題集にも載っていない発展的な学習内容である「日時計の数学」については、国際的なDLを実施した方が実施していないクラスよりも習熟度が高かった。

「日時計の数学」に関する問題において、Bクラス(DLなし)は白紙解答が多く正答率も低かったことから、「日時計の数学」という発展的な学習には取り組みにくかったことがわかる。Bクラスでは、定期考査前にもう一度教員に説明を求める生徒が非常に多く、授業にて再度丁寧に説明した経緯がある一方で、Aクラスでは教員の補助なしに定期考査前に生徒同士で教え合う姿が多く見られた。この経緯から、生徒にとって少し難易度の高い発展的な学習に関しては、教員が丁寧に説明を繰り返すよりも、取り組むきっかけを与えて生徒同士で理解を深め合う方が理解度を上げることができることが示唆される。

また、生徒のレポートにおいて、「発表の練習をしているときに、逃げていた計算式を理解しようと努力することができたし、さらにはそれを英語でメンバーに伝えることができた。」という意見など、発表の準備において理解を深めることができたという意見は非常に多かった。このように、発表の機会をつくり、学んだことを生徒自身がまとめる機会が設けることで、学び直して理解を深めることができることが確かめられた。

一般的に、学んだことを自分の言葉でまとめさせたり、生徒の前で発表させたりすることで理解を深めさせ、学習のまとめとさせる活動は学校現場では頻繁に実施される教育方法の一つである。今回はクラスの生徒への発表会に加えて、さらにその発表をドイツの生徒に英語で発表させるという国際的なDLという機会を設け、DLで発表し合うことを目標に学習を進めた。学内もしくは国内での発表で終わるのではなく、海外の生徒へ発表し交流することの意義は

生徒のレポートから見いだせる。

ある生徒は「日本語では理解しているつもりだが、それを英語に訳せない(という壁にぶち当たった。)」といい、理解している「つもり」の段階から英語に訳す際にもう一度内容について確認する機会を得た。また、次のような生徒の意見から、英語に訳して相手と共有することを目指すことによって、知識の精緻化がなされたことがわかる。

- 「プレゼンの準備で授業では理解しきれなかったところも理解することができたし、しかもそれを英語に変えて学ぶことができたのでとても深いところまで学べたと思う。」
- 「(ドイツの生徒にうまく伝わるよう準備をする時に)国をまたいで意見を共有することの難しさを学んだ。」

さらに、「原理を理解するのが難しく、あいまいにプレゼンを作ってしまったが、発表班に選ばれて、リハーサルや準備をして、もう一度原理を一から計算し、新たにプレゼンを作り直したことで納得のいくものを作ることができた。」という生徒の意見に見られるように、母国語によるクラス内での発表では曖昧な理解でごまかせても、DL では通用しないために理解を深めることができたことがわかる。また、「(準備の時、日時計について)日本だけではなくドイツだともなるのかということも考えることができた。」という生徒の意見に見られるように、視野を広げて検討できた点も DL をすることの意義の一つであったといえる。

このように、今回の DL は発展的な学習に取り組むきっかけとして意義があり、学習効果を上げるのに有効であったと示唆される。

6.3.3 実験後における2クラスの授業に対する学習態度や創造的学習態度などの様相

実験前に実施したアンケートは4種類で、①数学に対する印象に関するアンケート、②授業に対する学習態度に関するアンケート、③創造的学習態度に関するアンケート、④批判的思考態度に関するアンケートであった。実験前におけるAクラス・Bクラスの比較は前述した通りであるが、再度簡単にまとめると表6-11の通りである。

表 6-11 実験前における 2 クラスの学習態度の差異について

	実験前の2クラスの差異
①数学に対する印象に関するアンケート	同程度の印象
②授業に対する学習態度に関するアンケート	通常の数学の授業では、Bクラスの方が「授業は楽しい」「授業内容にひかれ興味がある」「勉強になる」「他人の話をじっくり聞いたり理解しようとしている」という学習態度を持っている。
③創造的学習態度に関するアンケート	およそ同程度
④批判的思考態度に関するアンケート	探求心についてはBクラスの方が持っている傾向が示されたが、およそ同程度

実験前はほぼ同程度の学習態度を持っていた 2 クラスが実験後に変化があったかを検証するために、実験後にもアンケートを行った。これらのアンケートにより、まず実験後の A クラスと B クラスを比較し、交信授業の有無による差があるのかを検証する。さらに、それぞれのクラスにおいて実験前後での変化の様相を調べることで、交信授業による効果について検証する。

なお、本実験にて行った授業における学習態度を調べるために、表 6-11 における②・③・④と同様のアンケートを実施し、「日時計の数学の授業においてどうだったか」「日時計の数学の授業を学び終えた今の時点でどう考えるか」という視点で回答させた。

(1) 方法:

A クラス 26 名、B クラス 35 名に対して、表 6-10 における②・③・④と同様のアンケートを行った。A クラスの実施人数が実験前より少ないのは、インフルエンザの流行による影響であり、DL 参加者 27 名に対して欠席 1 名除く全員に実施した。B クラスについては、欠席 2 名除く全員に対して実施した。具体的な方法は、3.1.2 と同様である。なお、②授業に対する学習態度に関するアンケートについては、交信授業に対する評価に関する項目を表 6-12 のように 16 項目追加して、「事後授業アンケート」(資料 5)として実施した。

(2) 結果と考察

1) 「授業に対する学習態度に関するアンケート」について

アンケート結果は表 6-12 の通りである。

表 6-12 授業に対する学習態度に関するアンケート結果

質問項目		Aクラス事後	Bクラス事後
1. 授業は楽しかった	(興味・関心)	0.65	1.06 *
2. 授業内容にひかれ、興味があった	(興味・関心)	0.04	0.60 *
5. 授業がどうなるかわくわくしていた	(興味・関心)	0.15	0.43
7. 授業に満足した	(興味・関心)	0.46	1.03 *
8. 授業は退屈だった	(興味・関心)	-0.04	0.86 *
3. 全部よく分かった	(授業理解)	0.08	0.31
4. 勉強になった	(授業理解)	0.69	1.11 *
9. ちゃんと授業についていった	(授業理解)	0.23	0.60
11. 相手からの発表や説明は分かりやすかった	(授業理解)	0.58	
12. もっと説明をしてほしかった	(授業理解)	0.08	
23. 相手側の説明はよく分かった	(授業理解)	0.67	
24. 日本側の説明はよく分かった	(授業理解)	0.79	
6. 学習に集中できた	(授業環境)	0.38	0.77
14. 画像を通して生徒達と勉強するのは変な気がした	(授業環境)	-0.58	
15. 色々な機器が学習のじゃまになった	(授業環境)	-0.22	
17. 画像の引っかかるような動きが妨げになった	(授業環境)	-0.88	
18. 音声は良かった	(授業環境)	-0.67	
10. 他人の話をじっくり聞いたり理解しようとした	(授業意欲)	0.60	
25. (発表した人のみ回答)相手に分かるように努力した	(授業意欲)	0.50	
13. 相手の生徒達はとても感じが良かった	(相手への印象)	1.38	
22. 英語がよく分かった	(英語理解)	0.75	
16. 画像を通じての協同学習は良いことだと思う	(DLに対する評価)	0.96	
19. 画像を通じてもっと協同学習をしたい	(DLに対する評価)	0.42	
20. 相手の生徒達ともっと協同学習したい	(DLに対する評価)	0.71	
21. 協同学習で新しい発見をした	(DLに対する評価)	0.54	

* p<.05

A クラス(DL あり)の実験後のアンケートの結果より、授業環境についてあまりよくなかったと評価している。この評価の要因は、音声が悪くなかったことと、画面を通じての授業交流は初めての機会であり慣れていなかった点にあると考える。その他の項目についてはおおむね正の評価をしている。

また、実験後における A クラスと B クラスの評価を比較すると、有意差が認められた項目は事前アンケートとほぼ同じ項目であり、実験前後で A クラスと B クラスの授業への学習態度に関して、差がある項目はそのまま差があり、差がない項目はそのまま差がなかった。よって、交信授業の有無による顕著な変化はみられなかったといえる。

A クラスにおける実験前後の比較結果より、事後調査における「興味・関心」に関する項目は全体としては正の評価ではあり、全体としては満足傾向であったといえる。しかし、項目 8 「授業が退屈であった」について前後で有意差があり、事後の方がやや退屈であった傾向にあるといえる。この理由は、「日時計の数学」の学習から DL 準備・本番までの流れの中で、同

じテーマで取り組む時間が長くなり、理解が不十分で自ら理解しようとしできなかった生徒にとっては退屈であると感じてしまったことにあると考える。DL の機会を設定することで、前述したとおり生徒同士で高め合いながら理解を深めることができる利点がある一方で、生徒同士の学び合いだけでは理解しきれない生徒を教員がフォローする必要もある。退屈だと考えていた生徒も、DL の機会自体は有意義であると捉えている生徒がほとんどであったため、全員が役割を持って DL に関わっていけるように工夫する必要がある。

B クラスにおける事前・事後調査の比較結果より、項目 1「授業は楽しかった」、2「授業内容にひかれ、興味があった」、3「全部よくわかった」、6「学習に集中できた」について前後で有意差があり、事後の方が低い評価を示した。全体として今回の授業は満足傾向にはあるものの、普段の授業に比べると少し取り掛かりにくく、理解不足につながったといえる。

2) 創造的学習態度および批判的思考態度に関するアンケートについて

まず、創造的学習態度に関するアンケートの結果を述べる。A クラスと B クラスの実験後の結果を比較したところ、有意差があり($p<.05$)、B クラスの方が評価の高かった項目は、論理性に関する項目 10「答えだけでなく、問題を解く過程を重視する」と論理性に関する項目 11「答えの根拠が理解できるまで何度も考える」であった。その他の項目に有意差はみられなかった。また、A クラスにおける実験前後の評価を比較したところ、有意差があり($p<.05$)、実験後の方が評価の高かった項目は、流暢性に関する項目 5「人よりも多くのアイデアを思いつく」であった。また、有意差があり($p<.05$)、実験後に評価が下がった項目は、論理性に関する項目 11「答えの根拠が理解できるまで何度も考える」、集中性の項目 18「一度間違った答えが出て失敗してもあきらめない」であった。その他の項目に有意差はなかった。

次に、批判的思考態度に関するアンケートの結果を述べる。A クラスと B クラスの実験後の結果を比較したところ、有意差があり($p<.05$)、B クラスの方が評価の高かった項目は、項目 23, 30, 34, 37 の 4 項目であった。その他の項目に有意差はなかった。また、A クラスにおける実験前後の評価を比較したところ、有意差がみられる項目はなかった。

これらの結果から、交信授業の効果や課題点を見いだすことはできず、今回の交信授業によって創造的学習態度や批判的思考態度に顕著な変化がなかったといえる。

6.3.4 ドイツ生徒の授業の対する学習態度や創造的学習態度の様相

ドイツ生徒 19 名に対しても、実験後に日本側と同様のアンケート(授業に対する学習態度・創造的学習態度・批判的思考態度の 3 種類)を実施した。方法については、日本側と同様である。なお、批判的思考態度アンケートの項目 33 については、アンケート用紙作製時のミスにより調査できなかった。

表 6-13 授業に対する学習態度に関するアンケート結果(ドイツ)

質問項目		ドイツ事後
1. 授業は楽しかった	(興味・関心)	1.32
2. 授業内容にひかれ、興味があった	(興味・関心)	1.26
5. 授業がどうなるかわくわくしていた	(興味・関心)	1.32
7. 授業に満足した	(興味・関心)	0.53
8. 授業は退屈だった	(興味・関心)	1.00
3. 全部よく分かった	(授業理解)	0.79
4. 勉強になった	(授業理解)	0.71
9. ちゃんと授業についていった	(授業理解)	0.61
11. 相手からの発表や説明は分かりやすかった	(授業理解)	1.00
12. もっと説明をしてほしかった	(授業理解)	0.53
23. 相手側の説明はよく分かった	(授業理解)	1.00
24. 日本側の説明はよく分かった	(授業理解)	1.30
6. 学習に集中できた	(授業環境)	0.20
14. 画像を通して生徒達と勉強するのは変な気がした	(授業環境)	0.89
15. 色々な機器が学習のじゃまになった	(授業環境)	-0.24
17. 画像の引っかかるような動きが妨げになった	(授業環境)	0.26
18. 音声は良かった	(授業環境)	-0.07
10. 他人の話をじっくり聞いたり理解しようとした	(授業意欲)	1.21
25. (発表した人のみ回答)相手に分かるように努力した	(授業意欲)	1.24
13. 相手の生徒達はとても感じが良いと思った	(相手への印象)	0.74
22. 英語がよく分かった	(英語理解)	1.42
16. 画像を通じての協同学習は良いことだと思う	(DLに対する評価)	0.89
19. 画像を通じてもっと協同学習をしたい	(DLに対する評価)	0.58
20. 相手の生徒達ともっと協同学習したい	(DLに対する評価)	0.58
21. 協同学習で新しい発見をした	(DLに対する評価)	1.21

表 6-13 より、全体的に正の評価をしており、授業に対する学習態度はおおむねよかったといえる。授業環境においては、初めての交信授業の体験において、様々な機器に違和感があったことや、音声は若干気になったことがわかる。

表 6-14 創造的学習態度に関するアンケート結果(ドイツ)

質問項目	ドイツ事後
1 異なるいろいろな解き方を試してみる	0.05
2 一つの問題を様々な角度から考える	0.33
3 答えが一つに決まらない問題に積極的に取り組む	0.28
4 新しい考えが次々と浮かんでくる	0.16
5 人よりも多くのアイデアを思いつく	-0.11
6 問題を解くのが速い	0.53
7 様々な情報が一つの結論につながるかどうか考える	1.05
8 他の物事と比べて共通性や違いを考える	0.68
9 一見関係なさそうな事柄の中から共通しているところを見つける	0.32
10 答えだけでなく、問題を解く過程を重視する	1.32
11 答えの根拠が理解できるまで何度も考える	0.79
12 仮定と結論を整理して考える	0.63
13 一般的なやり方とは違う解き方を考える	0.63
14 自分の答えが他の人と違っていても気にならない	0.74
15 ひらめきを重視する	0.89
16 問題を解くのに時間を忘れて考える傾向がある	0.26
17 問題を解くとき、他のことに気を奪われない	0.05
18 一度間違った答えが出て失敗してもあきらめない	1.16
19 問題文を詳しく読み、内容の細部にまで注意を払う	0.84
20 計算式やグラフは丁寧に書く	0.74
21 計算ミスに気をつける	0.63

表 6-15 批判的思考態度に関するアンケート結果(ドイツ)

質問項目	ドイツ事後
22 複雑な問題について順序たてて考えることが得意だ	0.88
23 考えをまとめることが得意だ	0.63
24 物事を正確に考えることに自信がある	0.75
25 注意深く物事を調べることができる	0.88
26 いろいろな考えの人と接して多くのことを学びたい	0.63
27 新しいものにチャレンジするのが好きである	1.13
28 様々な文化について学びたいと思う	1.81
29 外国の人がどのように考えるかを勉強することは、意義のある	1.19
30 自分とは違う考えの人に興味を持つ	1.19
31 分からないことがあると質問したくなる	0.56
32 いつも偏りのない判断をしようとする	1.69
34 一つ二つの立場だけではなく、できるだけ多くの立場から考え	1.06
35 たとえ意見が合わない人の話にも耳を傾ける	0.50
36 結論をくだす場合には、確たる証拠の有無にこだわる	0.60
37 判断を下す際は、できるだけ多くの事実や証拠を調べる	1.00
38 何事も、少しも疑わずに信じ込んだりはしない	0.50

表 6-14, 6-15 より、全体的に正の評価をしていたことはわかった。また、高く評価した項目についてその理由について、資料 7 の質問紙にてコメントを求めたが、普段の様子を回答しており、このアンケートが交信授業を通してどうであったかを答えたものではなかった可能性もあることがわかった。事前調査が実施できなかったことを含め、これらの結果から、十分な検証はできなかつた。

指導して頂いた Julian Merkert 先生の交信授業後のコメントによると、ドイツ側の生徒は日時計の数学の授業やプレゼンテーションの準備段階から楽しんで取り組んでおり、日本側

の発表に興味を持って楽しく参加している姿がみられたということであった。

第4節 まとめ

本研究により次のことが明らかになった。

まず、学習効果について、国際遠隔協同学習を行うクラスと行わないクラスでは、三角比の基本的な問題に関しては習熟度に違いが出なかったが、発展的な内容に関しては、DL を行ったクラスの方が行わなかったクラスよりも習熟度が高く、問題に取り組む姿勢も高かった。生徒にとって少し難易度の高く感じる発展的な学習に対して取り組む意欲を持たせ内容を理解させるためには、DL を行わなかったクラスのように教員が繰り返し丁寧に説明するだけでは不十分であることがわかった。その打開策として、自主的に生徒同士が協力して教え合いながらDL の準備を進めたことが、内容の理解を深めるのに有効であったと考える。また、クラス発表レベルでは発表内容を精緻化しきれない可能性があるが、英語に訳す必要があり、海外の生徒に向けて発表するというレベルまで求めることによって、発表内容をより深く理解しておくことが求められ、内容の精緻化をより図ることができることが示唆された。

次に、学習態度については、国際遠隔協同学習の有無によって差があるとはいえないことが示唆された。ここで、発展的な学習内容であるゆえに授業や生徒同士の学び合いだけでは理解しきれない生徒がいたが、それらの生徒にとっては、DL の機会を設定することで、通常の授業に加えてさらに学習内容をまとめ発表する時間を加えることで学習時間が長くなり、その中で学習意欲を低下させてしまうことに繋がってしまうという課題点も見つかった。DL を実施する際に、習熟度低位の生徒に対するフォローを十分に考える必要がある。このフォローとしては、数学が苦手な生徒には交信授業で学校紹介をさせる、司会をさせるなど、数学の内容を発表する以外の場面での活躍の場を設けさせた。しかし、1 回の DL だけでは、クラス全員が交信授業に向けて役割を持つことは不可能である。そのために、複数回の DL を行うことが必要であると考えられる。

今回は1回のみDL実施での比較実験となったが、本来は複数回DLを行うことによってDLにも慣れ、より学習効果が見られるということが守屋・他(2008)などにより示唆されている。今回のようにDLを1回行う場合と行わない場合との比較実験では、創造的学習態度や批判的態度的変化について十分考察できなかった。複数回DLを行ったときの学習効果や学習態度、創造的学習態度などへの影響についてさらに考察することが今後の課題である。

第7章 総合考察

第1節 本論文のまとめ

第1章で挙げた研究目的①～④に沿って明らかになったことについて述べる。

①国際遠隔協同学習による創造的学習態度の育成の様相を明らかにすること。

生徒の手によって進められる程度の難度を持った課題を設定にしたことが、創造性の育成にも寄与することが示唆された。次の交信授業で少しでも良い内容を発表したいという生徒の思いが、積極性、独自性・独創性を育てることから、交信授業を含む国際遠隔協同学習の実施は効果が大きいと考える。教育実践Ⅰにおける協同学習では、論理性、積極性の向上に寄与し、学習内容の難易度が適度に高いことがこれらの因子の育成につながることを示唆された。また、発展課題を行う過程において、独自性・独創性が育成されることも示唆された。また、発展的な活動と交信授業という発表の場が動機付けとなり、積極性の向上に寄与すると考える。

また、教育実験Ⅱのような比較研究という研究内容が創造的学習態度の育成につながったことが示唆された。TV 会議に慣れてきた段階で、発表の内容に踏み込んでその内容が本当に正しいかを検証することで精密性が育成された、また、事前に学習した日時計の原理がどのように利用されているのか楽しみながら聞くということで積極性が育成された、と学生たちは感じた。このことから、交信を重ねてこのゼミナール形態に慣れることが、学習内容についての本質的な理解を深め、より創造的な研究をすすめることに繋がることを示唆された。

②国際遠隔協同学習を通して、発展的な内容について主体的に学ぶことができるか検証する。

教育実験Ⅰの発展的な実験は、相手に発表することが前提となっていることも動機付けとなり、意欲的に進めることができ、主体的・対話的に進めることができたといえる。また、数学だけの授業でなく、物理との総合学習は、数学の意義の理解や物理の理解に相乗効果があると推

察される。通常授業と DL を組み合わせることで、英語の必要性を認識し勉強意欲の向上に貢献できることも確認できた。また、守屋ら(2008)と同様に、DL は複数回行い、それぞれで学習した内容について発表し、発表を互いに聞くことによってさらに発展的な内容の学習を行い、学習内容を深めるのがよいと確認された。

③国際遠隔協同学習を恒常的に行うことの有効性を検証する。

数年にわたる複数回の協同ゼミの経験によって、相手との知識の交流を深め、さらに発展的なゼミを展開する可能性が期待できた。また、協同ゼミの経験を積んできた学生では、初回の交信時から、授業内容に踏み込んでおり、自分の知識と結びつけて新たな発見をしようとすることができおり、恒常的な協同ゼミが有効であることが示唆された。また、創造的学習態度に関する因子である独創性については、単発的な遠隔協同学習では育成が確かめられなかった。しかし、恒常的に行うことによって、交信授業では自分の考えを的確に相手に伝えることが互いの研究を深めることにつながるという観点を持つことができるようになった。このことが、独創性の育成に寄与することも示唆された。

④国際遠隔協同学習について、通常のクラス内に閉じた授業形態と比較したときの教育効果の差

学習内容の習熟に関する教育効果について、国際遠隔協同学習を行うクラスと行わないクラスでは、三角比の基本的な問題に関しては習熟度に違いが出なかったが、発展的な内容に関しては、DL を行ったクラスの方が行わなかったクラスよりも習熟度が高く、問題に取り組む姿勢も高かった。生徒にとって少し難易度の高く感じる発展的な学習に対して取り組む意欲を持たせ内容を理解させるためには、DL を行わなかったクラスのように教員が繰り返し丁寧に説明するだけでは不十分であることがわかった。その打開策として、自主的に生徒同士が協力して教え合いながら交信授業の準備を進めたことが、内容の理解を深めるのに有効であったと考える。また、クラス発表レベルでは発表内容を精緻化しきれない可能性があるが、英語に訳す必要があり、海外の生徒に向けて発表するというレベルまで求めることによって、発表

内容をより深く理解しておくことが求められ、内容の精緻化をより図ることができることが示唆された。

次に、学習態度については、今回の教育実験における国際遠隔協同学習の有無によって差があるとはいえないことが示唆された。ここで、発展的な学習内容であるゆえに授業や生徒同士の学び合いだけでは理解しきれない生徒がいたが、それらの生徒にとっては、交信授業の機会を設定することで、通常の授業に加えてさらに学習内容をまとめ発表する時間を加えることで学習時間が長くなり、その中で学習意欲を低下させてしまうことに繋がってしまうという課題点も見つかった。交信授業を実施する際に、習熟度低位の生徒に対するフォローを十分に考える必要がある。

なお、本研究にて得られた知見には次のことが挙げられる。

国際遠隔協同学習は生徒にとって学習効果があるが、国際遠隔協同学習を行うにあたって教材開発を行った教師側にとってもメリットがある。第 4 章においては、最初の英語の科学論文を読む段階では数学科・英語科の教員が協力して新しい教材を開発した。この成果はそれぞれの教員が教材開発について報告書にまとめる段階まで達していた。同時に、相手国であるタイの教員も熱心な教材研究を行っていた。また、第 6 章においては、日本側は筆者が指導を行ったが、国際遠隔協同学習をするにあたって先行研究を参考に教材開発をすすめ、生徒らの疑問を基にさらに教材化を進めることができた。このように、教員にとってもこの機会が教材開発のきっかけとなり、学びあるものになったといえる。

第2節 今後の課題

本研究で得られた成果から以下の 3 点について今後の課題としたい。

(1) 遠隔協同学習は参加した生徒全員にとって教育効果があるわけではない、という点は注意が必要である。これはどのような授業を行っても生じる問題であるが、実践をする中で、クラスの中には意欲面や学習面などでついていけない生徒もでてくるということである。実践にお

いては、生徒自身も意義があったと感じ、学力向上が見られた生徒の多くは、交信授業の発表の中心になった生徒であった。これらの生徒にとっては得るものが大きい学習機会となったことは大きなメリットである。しかし、発表者とならなかった生徒にとっては、受け身な状態で交信授業を受けることになり、主体性に欠け、学習への意欲や学力向上にも欠ける結果となった。遠隔協同学習は一定の期間をかけて取り組んできたため、一部の受け身な状態の生徒にとっては辛い学習となる場合がある。これらの生徒がより少なくなるような工夫が今後の課題として挙げられる。

遠隔協同学習においては、交信授業に向けての準備が必要不可欠であり、この準備過程が学習効果に大きく寄与すると考える。この準備では、グループ学習を行うことになるが、この学習方法にそもそも慣れていない生徒が多かったことも課題であると考ええる。現状としては、アクティブ・ラーニングが多くの教科で積極的に取り入れられつつあるため、今後改善されつつあると考えるが、生徒の役割分担などグループ学習の取り組みに対する工夫は必要である。

(2) 交信授業の有無による教育効果の差については、教育実験Ⅲでは1回みの交信授業の実施での比較実験となったが、本来は複数回交信授業を行うことによって交信授業にも慣れ、より高い学習効果が見られるということが守屋ら(2008)などにより示唆されている。本実験のように交信授業を1回行う場合と行わない場合との比較実験では、創造的学習態度や批判的態度の変化について十分考察できなかった。綿密な実験計画を立てた上で、複数回交信授業を行ったときの学習効果や学習態度、創造的学習態度などへの影響についてさらに考察し、国際遠隔協同学習の教育効果をさらに明らかにすることが今後の課題である。

(3) 本研究における教育実験対象のほとんどは、初めての取り組みとして教育実験を受けたことになる。現状としては、遠隔協同学習は学校教育においては一般的ではなく、この取り組みを学校教育における教育カリキュラムの中に有効に組み込むことについてはいくつかのハードルをクリアする必要がある。まず、教育カリキュラムに組み込まれていない状況では、教室設営についても音声・映像など接続テストを繰り返しながら設営する必要がある点が課題である。こ

れに対応できる教員がおり、生徒が設営に携われるレベルの設営方法を考える必要がある。

また、国際遠隔協同学習を実施するにあたって、常時交流を持てるような相手を持つこと、交流する学校双方においてこれに対応できる教員チームがあることも求められる。こういった課題に対するハードルをいかにして下げ、学校現場に取り入れられるレベルのものにするか検討することは今後の課題である。しかし、現状としては ICT ツールも多様化し、高度な技術を伴わなくても外国と繋がることのできる環境が整いつつある。文部科学省が 2019 年 3 月 27 日に「新時代の学びを支える先端技術活用推進方策(中間まとめ)」を出している。この中では、遠隔教育は「教育の質を大きく高める手段」と高く評価し、推進する動きとなっている。具体的には、接続先のマッチングや指導面・技術面のアドバイス体制の充実、世界最高速級の学術通信ネットワーク「SINET」の初等中等教育への開放などを提案している。この動きは、遠隔教育の分野の効果が認められ、実用の段階になったことを示しているといえるだろう。また、高校における「理数科」の設置も近々行われ、この科目内で遠隔協同学習を積極的に行うことができるカリキュラムが用意されつつあるともいえる。これらの点から、今後は海外の学校・クラスと交信しながら学習を進めるという教育方法は、学校現場に広く活用されていくであろうと考える。本研究は、今後の遠隔教育による教育の質の向上への一助としたい。そして、ICT 教育環境の進展を活かしながら、数学教育をよりよいものにし、子どもたちが生き生きと学び成長していくことに貢献したい。

参考・引用文献

A

1. 秋田美代・齋藤昇(2013):「創造的な問題解決における関係の表象の役割」, 数学教育学会『数学教育学会誌』Vol.54/No.3・4, 107-115
2. 荒川紘(1983):「日時計＝最古の科学装置」, 海鳴社

B

3. 板東宏和・加藤直樹, 藤原裕, 根本淳一, 稲垣孝男(2013):「教員養成機能の充実を目的とした遠隔授業観察システムの導入と試行」, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-CE-122/No.18, 1-6

D

4. 太細孝(1998):「双方向リアルタイム型遠隔協同授業に関する研究」, 博士論文, 東北大学

F

5. 藤田彰子・齋藤昇(2003):「数学における創造性の発達に関する研究」, 数学教育学会『数学教育学会誌』Vol.44/No.3・4, 59-70
6. 福江義彦・太田耕介・川里祥之・堀田龍也(1999):「インターネットを利用した山間部と離島との交流学習」, 第20回全日本教育工学研究協議会北陸大会, 53-56

H

7. 堀田龍也・湯澤齊之(1993):「学習情報交換モデルによる情報教育の研究～小学校6年社会「世界の中の日本」を題材にして～」, 日本教育工学会研究報告集 JET93-2, 59-66
8. 堀田龍也・西田友幸・深澤健浩・関野義行・石出勉(1994a)「教室内ネットワークの利用による学級の枠を超えた協同学習システムの開発と授業実践－中学校・数学科での「協

- 同問題集」を対象として一」,『日本科学教育学会研究会研究報告』Vol.8, No4, 41-46
9. 堀田龍也・西田友幸(1994b):「情報教育の方法としての協同学習と教師の役割についての一考察」, 日本科学教育学会, 第18回年会論文集, 135-136
 10. 堀田龍也(1996):「小学校低学年における学校間交流を活かした授業実践と評価」, 富山大学教育学部附属教育実践研究指導センター紀要, Vol.14, 69-74
 11. 堀田龍也・黒田卓・中原淳・西森年寿・佐藤宏隆・高橋純・杉本圭優・湯辺美由紀・堀井清一(1999):「テレビ会議システムの利用による学校間交流学習の実践的研究」,『日本科学教育学会研究会研究報告』Vol.14, No.2, 17-22
 12. 堀田龍也・中川一史(2003):「情報通信ネットワークを利用した交流学习を継続させている教師が学習指導上意図している点」,『日本教育工学論文誌』Vol.26, No.4,325-335
 13. Hadamard, Jacques (1945):“An essay on the psychology of invention in the mathematical field”, Princeton University Press (J・アダマール, 伏見康治他訳(2002):「数学における発明の心理」, みすず書房)
 14. Haylock,Derek W. (1987) : “A FRAMEWORK FOR ASSESSING MATHEMATICAL CREATIVITY IN SCHOOLCHILDREN” , Educational Studies in Mathematics 18, 59-74
 15. 日比裕(1974):「創造性を育てる授業展開」,『児童心理』第28巻/第12号, 金子書房, 83-100
 16. 平山るみ・楠見孝(2004):「批判的思考態度が結論導出プロセスに及ぼす影響—証拠評価と結論生成課題を用いての検討—」教育心理学研究, 52, 186-198

I

17. 五十嵐浩二(2002):「古代エジプト・ギリシア探訪—ピタゴラスの定理とその応用」, 横地清監修・菊池乙夫編集『算数+情報教育2 国際理解の展開』, 明治図書, 7-26
18. Isoda,M and McCrae,B(2000)”Mathematical communication on the internet

between high school classrooms in Japan and Australia” TSG6(Distance Learning in Mathematics Education) ICME9 at Japan

19. 稲垣忠(2003):「学校間交流学習における協同性の研究」, 博士論文, 関西大学
20. 稲垣忠・内垣戸貴之・黒上晴夫(2006):「学校間交流のための授業設計モデルの開発」, 『日本教育工学会論文誌』Vol.30,No.2,103-111
21. 岩田耕司(2000):「算数・数学教育における創造性に関する研究(Ⅱ)ー算数・数学教育における発散的思考について」, 『全国数学教育学会誌 数学教育学研究』第6巻, 59-66
22. 岩浅農也(1974):「イメージを豊かに耕す授業の条件ー教材研究と教材の精選ー」, 『児童心理』第28巻/第12号, 金子書房, 70-75

J

23. 情報処理振興事業協会・財団法人コンピュータ教育開発センター(1998):「平成9年度『新100校プロジェクト』成果報告集 I. 国際化に関する企画」

K

24. 経済産業省 理数系人材の産業界での活躍に向けた意見交換会(2019):「数理資本主義の時代~数学パワーが世界を変える~」
25. 黒田恭史(1998a):「日本とドイツの遠隔協同学習についてー評価を中心としてー」, 数学教育学会『研究紀要』Vol.39/No.1・2, 81-87
26. 黒田恭史・守屋誠司・奥山賢一・横地清・太細孝(1998b):「双方向通信を利用した遠隔協同学習の実際(3)ー小学校1年生における曲面の教育を中心としてー」, 数学教育学会『研究紀要』Vol.39/No.1・2, 43-51

L

27. Luiz Carlos Guimaraes et al (2005) : “Cooperative Distance Learning in

Mathematics” US-China Education Review Volume2, No.9

28. 李雪花(2003a):「日・中遠隔協同学習における創造性の研究」, 博士論文, 神戸大学
29. 李雪花・鈴木正彦・船越俊介(2003b):「数学教育における”創造性”の一考察—日・中遠隔協同学習を踏まえて—」, 大阪教育大学数学教室『数学教育研究』第 32 号, 13-32
30. 李雪花(2002):「日・中遠隔協同学習における生徒の認識の変容について(その 2)」, 数学教育学会『数学教育学会誌』臨時増刊 2002 年度数学教育学会秋季例会発表論文集, 78-80

M

31. 宮地功・吉田幸二(2010):「テレビ会議を用いた日中間の国際合同ゼミによる卒業研究を促進する効果の2年間の比較」, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.110/No.263, 11-14
32. 村上正行(2005):「遠隔教育特有の授業デザインおよびシステムの評価研究」, 博士論文, 京都大学
33. 村瀬康一郎(1998):「教師教育におけるテレビ会議システムの活用」, 教育情報研究 日本教育情報学会学会誌, Vol.14/No.2, 11-20
34. 文部科学省初等中等教育局教育課程課(2015):「初等中等教育における創造性の涵養と知的財産の意義の理解に向けて—知的財産に関わる資質・能力の育成—」, 知的財産戦略本部第 2 回検証・評価・企画委員会ヒアリング文科省説明資料
35. 文部科学省(2017):「新しい学習指導要領の考え方—中央教育審議会における議論から改訂そして実施へ—」平成 29 年度小・中学校新教育課程説明会(中央説明会)における文科省説明資料
36. 文部科学省(2019):「新時代の学びを支える先端技術活用推進方策(中間まとめ)」
37. 守屋誠司・黒田恭史・奥山賢一・横地清・西谷泉・太細孝(1998a):「双方向通信を利用した遠隔協同学習の実際(1)」, 数学教育学会『研究紀要』Vol.39/No.1・2, 21-32

38. 守屋誠司・黒田恭史・奥山賢一・横地清・太細孝(1998b):「双方向通信を利用した遠隔協同学習の実際(2)―曲線の教育内容の作成と指導を通して―」, 数学教育学会『研究紀要』Vol.39/No.1・2, 33-42
39. 守屋誠司(1998c):「双方向通信を利用した日独国際遠隔協同学習の実際と評価」, 数学教育学会『研究紀要』Vol.39/No.1・2, 65-79
40. 守屋誠司(1999):「数学教育における遠隔教育の実際と将来への提言」, 大阪教育大学数学教室『数学教育研究』第 29 号, 1999
41. 守屋誠司(2000):「数学教育における遠隔教育の実際と将来への提言」, 大阪教育大学数学教室『数学教育研究』第 29 号, 65-84
42. Moriya,S(2000):”Experiments and some proposals for collaborative distance learning in mathematics classroom” TSG6(Distance Learning in Mathematics Education) ICME9 at Japan
43. 守屋誠司・丹洋一(2001):「第IV章 幾何の公理と証明―論証の考え方とその利用―」『中学校「選択数学」の新展開 3 第二学年の「選択数学」』, 明治図書, 56-77
44. 守屋誠司(2003):「数学教育における小・中一貫カリキュラムの試案と実験事例―その 1―」, 京都教育大学附属教育実践総合センター『教育実践研究紀要』第 4 号, 75-83
45. 守屋誠司・山本彰子・河崎哲嗣・寺本京未(2004):「テレビ会議システムを利用した創造性育成のための国際遠隔協同学習における教育効果の研究」, 数学教育学会『数学教育学会誌』Vol.45/No.1・2, 19-37
46. 守屋誠司・大村隆之・池本博行・寺本京未・渡邊伸樹(2005):「テレビ会議システムを利用した創造性育成のための国際遠隔協同学習の研究」, 数学教育学会『数学教育学会誌』Vol.45/No.3・4, 51-69
47. 守屋誠司・渡邊伸樹・Klaus D. Graf・Thomas Weth(2006):「教員志望の学生を対象とした日独遠隔協同ゼミナールの成果について」, 数学教育学会『数学教育学会誌』

2006/Vol.1・2, 51-70

48. 守屋誠司・寺本京未・岡部恭幸・大黒考文(2008):「創造性の育成を目指した日タイ遠隔協同総合学習の試みー理科, 数学, 英語の総合学習「環境汚染を調査する」ー」, 数学教育学会『数学教育学会誌』2007/Vol.48/No.3・4, 15-26
49. 守屋誠司・丹洋一・宮本俊光(2010):「数学の授業における水平型日時計の扱いと授業実践の成果」, 玉川大学学術研究所『教師養成研究センター紀要』第2号, 1-10c
50. 守屋誠司(2011):「数学教育における教材「日時計」の教育的意義と利用例」『論叢』玉川大学教育学部紀要, 97-111
51. 守屋誠司・渡邊伸樹・佐々木真理・Mutfried Hartmann・Thomas Borys・詫摩京未(2012):「教員養成カリキュラムにおける恒常的利用を目指した遠隔協同ゼミナールの研究(1)」, 数学教育学会 2012 年度春季年会, 数学教育学会誌臨時増刊, 14-16

N

52. 中澤明子・松河秀哉・奥林泰一郎・森秀樹・前迫孝憲(2010):「低帯域高精細映像伝送方式による国際間遠隔学習」, 『日本教育工学会論文誌』Vol.34, Suppl, 85-88
53. 永井正洋・岡部恭幸(2000):「分散型ネットワーク上における数学科共同学習の展開ー2校間での CSILE 型データベース使用と環境のデザイナー」, 日本数学教育学会『日本数学教育学会誌』第 82 巻, 第 5 号, 13-22
54. Nagai, M., et al (2000) "A design of the environment supporting collaborative learning on school mathematics using the distribution network." The Plenary Session of TSG6 (Distance Learning in Mathematics Education) ICME9 at Japan
55. 永井正洋・岡部泰幸・永田潤一郎・赤堀侃司(2003):「Web 上での複数中学校間における数学科協同学習の特徴に関する研究」, 『日本教育工学論文誌』Vol.26, No.4, 285-297
56. 中浦将治(2002):「創造性の基礎を培う数学学習の展開ー知識ネットワークの生成と創

造的学習活動との相互関係」, 日本数学教育学会『日本数学教育学会誌』第 84 卷/第 9 号, 2-11

57. 永野重史(1974):「教育課題としての創造教育」, 『児童心理』第 28 卷/第 12 号, 金子書房, 1-14

58. 成田健一・下仲順子・中里克治・河合千恵子・佐藤眞一・長田由紀子(1995):「特性的自己効力感尺度の研究－生涯発達の利用の可能性を探る－」, 教育心理学研究, 43(3), 306-314

59. 南部昌敏・村瀬康一郎(1998)「SCS とマルチメディアを用いた遠隔協同学習の試みとその影響」日本教育情報学会『教育情報研究』Vol.12, No.2, 21-30

60. 新里孝雄(1996):「証明能力と創造性に関する考察－問題設定の調査を通して－」, 全国数学教育学会『全国数学教育学会誌 数学教育学研究』第 2 卷, 109-114

61. 能田伸彦(1983):「算数・数学科オープンアプローチによる指導の研究」, 東洋館出版社

O

62. 恩田彰(1971):『創造性の研究』, 恒星社厚生閣

63. 恩田彰(1974):『創造心理学』, 恒星社厚生閣

64. 大友紀子(1974):「子どもの創造性を引き出す教育実践」, 『児童心理』第 28 卷/第 12 号, 金子書房, 151-155

P

65. ポアンカレ著, 吉田洋一訳(1953):『科学と方法』, 岩波書店(Poincare, Henri(1908): “Science et Methode”)

S

66. 齋藤昇(1998):「創造性創出過程のモデルの構築とその実践」, 『日本教科教育学会誌』第 21 卷/第 2 号, 19-27

67. 齋藤昇(1999):「数学教育における創造性に関する態度尺度の開発ー小学 6 年生・中学 1・2・3 年生を対象として-」, 全国数学教育学会『全国数学教育学会誌 数学教育研究』第 5 卷, 35-46
68. 齋藤昇・秋田美代(2000):「数学における創造性テストと創造性態度との関係ー小学 6 年生・中学 2 年生を対象としてー」, 全国数学教育学会『全国数学教育学会誌 数学教育研究』第 6 卷, 35-48
69. 齋藤昇・秋田美代(2001):「算数教育における児童の創造性の発達に関する研究ー小学 3・4・5・6 年生を対象としてー」, 全国数学教育学会『全国数学教育学会誌 数学教育研究』第 7 卷, 19-30
70. 佐藤三郎(1974):「創造性の教育を阻む条件の克服」, 『児童心理』第 28 卷/第 12 号, 金子書房, 63-69
71. 渋谷憲一(1974):「創造性教育の今日的課題」, 『児童心理』第 28 卷/第 12 号, 金子書房, 39-47
72. 島田茂(1977):「算数・数学科のオープンエンドアプローチ」, みずうみ書房
73. 清水裕士(2016):「フリーの統計分析ソフト HAD:機能の紹介と統計学習・教育」, 研究実践における利用方法の提案」メディア・情報・コミュニケーション研究, 1, 59-73
74. 下仲順子・中里克治・権藤恭之・高山緑(1999):「NEO-PI-R, NEO-FFI 共通マニュアル」, 東京心理株式会社
75. 新堀通也(1974):「創造性と教師の指導ー創造性を育てる教師ー」, 『児童心理』第 28 卷/第 12 号, 金子書房, 56-62
76. 杉田慶也・余田義彦(2001):「スタディノート(イントラネット・インターネット)利用を範例に」『日本科学教育学会年会論文集』Vol.25, 43-44
77. 住田幸次郎(1974):「創造性の発展心理学」, 『児童心理』第 28 卷/第 12 号, 金子書房, 15-21

78. 住田幸次郎(1988):「創造性検査の構成とその特徴」, 日本創造学会編『創造性研究と測定－創造性研究 6－』, 共立出版
79. 関口直甫(2001):「日時計 その原理と作り方」, 恒星社恒星閣
80. 関田一彦(2017):「アクティブラーニングとしての協同学習の研究」, 教育心理学会『教育心理学年報』56 卷, 158-164
81. 相馬恵子(2016):「ビデオ通話による遠隔地との協働学習を取り入れた中学校理科の授業実践－「火山活動と火成岩」の単元において, 知識・理解に与える影響を中心に－」, 『理科教育学研究』 Vol.56 No.4

T

82. 田中每実(2004):「ラインの向こうとこちら－遠隔ゼミにおける学生集団・教員集団の異文化性－」, 京都大学高等教育叢書 Vol.18, 162-169
83. 丹洋一(2005):「立体の製作活動を取り入れた中学生への三角関数の指導」, 数学教育学会『数学教育学会誌』Vo.46/No.1・2, 41-54
84. 中央教育審議会(2016):「幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」
85. E.P.トーランス, 佐藤三郎訳(1966):「創造性の教育」, 誠信書房(Torrance,E.P(1962):“Guiding creative talent”, Prentice-Hall)
86. トーランス.E.P(1972):扇田博元監訳, 『創造性と学習』, 明治図書

U

87. 上杉祐子(2017):「スカイプを活用した英語取得と異文化理解教育の実践」, 日本教育工学学会『日本教育工学学会研究報告書』, 55-59

V

88. ヴァン・ファンジェ, 加藤八千代他訳(1973):『創造性の開発』, 岩波書店(Von Fange,

Eugene K. (1959) : “PROFESSIONAL CREATIVITY”, Prentice-Hall)

W

89. 渡邊伸樹(2001) : 「赤道型日時計から地面水平型日時計への拡張—小学校における活きた空間教育の実像を求めて—」, 大阪教育大学『数学教育研究』第30号, 109-121
90. Wertheimer, Max (1959) : “Productive thinking”, Greenwood Press (M. ウェルトハイマア, 矢田部達郎訳 (1952) : 『生産的思考』, 岩波現代叢書)

Y

91. 山森直人・菊地章・藤原伸彦・草原 和博・山木朝彦・鳥井葉子 (2005) : 「学部教育の立場から見た遠隔授業観察システムの利用可能性」, 鳴門教育大学情報教育ジャーナル Vol.2, 7-16
92. 柳本哲・瀬尾祐貴・岩瀬謙一・澤田耕治・井畑公男・李雪花・黒田恭史・守屋誠司・鈴木正彦 (2002a) : 「日・中遠隔協同学習」に投影された日本の数学教育の課題(I)」, 数学教育学会『数学教育学会誌』 Vol.42/ No.3・4, 15-24
93. 柳本哲・瀬尾祐貴・岩瀬謙一・澤田耕治・井畑公男・李雪花・黒田恭史・守屋誠司・鈴木正彦 (2002b) : 「日・中遠隔協同学習」に投影された日本の数学教育の課題(II)」, 数学教育学会『数学教育学会誌』Vol.42/ No.3・4, 25-32
94. 谷田貝雅典 (2014) : 『新しいテレビ会議システムを利用した教育効果の比較』, 大学教育出版
95. 横地清 (1996) : 「協同学習と数学の創造力の育成／CCV教育システムの研究」, 数学教育学会『研究紀要』臨時増刊春年会発表論文集, 81-84
96. 横地清 (1998a) : 「リアルタイム遠隔協同学習の開拓／1995年10月—1997年11月にわたる全体計画と第1次プロジェクト」, 数学教育学会『研究紀要』Vol.39/No.1・2, 3-20
97. 横地清 (1998b) : 「日独間のリアルタイム遠隔協同学習／1997年9月—11月」, 数学教

育学会『研究紀要』Vol.39/No.1・2, 53-64

98. 横地清・守屋誠司(2001):『算数+情報教育1 算数を中心とする情報教育の展開』,
明治図書
99. 横地清(2003):「開放・創造学習と緊張・体系学習ー発展する子供ー」,『現代教育科学』8月号 No.563, 明治図書, 78-82
100. 横地清(2004):「遠隔協同学習の意義」, 数学教育学会『数学教育学会誌』
Vol.45/No.3・4, 5-20

本論文に関する論文および学会発表

A. 査読付き論文

A-1. 詫摩京未「国際遠隔協同学習による学習効果についての一考察－高校生による日独遠隔協同学習の教育実践を通して－」, 数学教育学会『数学教育学会誌』再審査中

博士論文との対応:【第6章】

A-2. 守屋誠司・詫摩京未・Mutfried Hartmann・Thomas Borys・渡邊伸樹・佐々木真理・Noppawan Theerapuncharoen (2016)「テレビ会議を利用したエリート算数・数学教員養成のための日本・ドイツ・タイ遠隔協同授業・ゼミナールの研究(Ⅱ)」, 数学教育学会『数学教育学会誌』, Vol.57/No.1・2, pp1-12

博士論文との対応【第5章】

A-3. 詫摩京未・守屋誠司・渡邊伸樹・Mutfried Hartmann・Thomas Borys・佐々木真理・Noppawan Theerapuncharoen (2012)「テレビ会議を利用したエリート算数・数学教員養成のための日本・ドイツ・タイ遠隔協同授業・ゼミナールの研究」, 数学教育学会『数学教育学会誌』, Vol.52/No.3・4, pp81-91

博士論文との対応:【第5章】

A-4. 詫摩京未・守屋誠司・山本彰子・磯部達彦・Kalayanee Chamnanmoh (2012), 「創造性の育成を目指した日タイ遠隔協同総合学習の試み(Ⅱ)－数学, 物理, 英語の総合学習「光の速さの追求」－」, 数学教育学会『数学教育学会誌』, Vol.52/No.3・4, pp111-120

博士論文との対応:【第4章】

B.査読付き国際学会発表

B-1. Kyomi Takuma・Seiji Moriya (2016) “Possibility of International cooperative distance lecture and seminar for training mathematics teachers” ,13th

International Congress on Mathematical Education(ICME-13)

博士論文との対応:【第 5 章】

B-2.Kyomi Takuma・Seiji Moriya・Nobuki Watanabe (2012)“A study on the

International Cooperative Distance Lecture and Seminar between Japan,

Germany and Thailand to train mathematics teachers using a teleconference

system”, International Conference on Mathematics Education Between Japan

and China, Proceedings, pp142-147

博士論文との対応:【第 5 章】

B-3.Kyomi Takuma (2010) “A study of the International Cooperative Distance Learning to foster creativity using TV-Conference System”, The 5th East Asia

Regional Conference on Mathematics Education (EARCOM5), Proceedings Vol.1,

p239

博士論文との対応:【第 4 章】

C.国内学会発表(査読なし)

C-1.詫摩京未・守屋誠司・渡邊伸樹・佐々木真理・Mutfried Hartmann・Thomas Borys,

「教員養成カリキュラムにおける恒常的利用を目指した遠隔協同ゼミナールの研究(2)

—日独による遠隔協同ゼミの評価—」(2012) 数学教育学会 2012 年度春季年会 , 数学

教育学会誌臨時増刊, pp17-19

博士論文との対応:【第 5 章】

- C-2. 詫摩京未・守屋誠司・Mutfried Hartmann・Thomas Borys・渡邊伸樹・佐々木真理・
Noppawan Theerapuncharoen (2011)「エリート算数・数学教員養成のための日本・ド
イツ・タイ遠隔協同ゼミナールの実際ー 関数教育をテーマにー」, 数学教育学会 2011
年度秋季例会, 数学教育学会誌臨時増刊, pp229-231
博士論文との対応:【第 5 章】
- C-3. 詫摩京未・守屋誠司・渡邊伸樹・佐々木真理・Mutfried Hartmann・Thomas Borys・
Noppawan Theerapuncharoen (2011)「テレビ会議を利用したエリート算数・数学教
員養成のための遠隔協同授業・ゼミの研究(3)ー日本・ドイツ・タイによる遠隔協同ゼミの
評価ー」, 数学教育学会 2011 年度春季年会, 数学教育学会誌臨時増刊, pp103-105
博士論文との対応:【第 5 章】
- C-4. 詫摩京未・守屋誠司・和田裕一 (2010)「数学教育における創造性態度尺度の開発」, 数
学教育学会 2010 年度春季年会, 数学教育学会誌臨時増刊, pp213-215
博士論文との対応:【第 2 章】
- C-5. 寺本京未・守屋誠司・佐々木真理・渡邊伸樹 (2005)「日タイ遠隔協同総合学習の教育評
価」, 数学教育学会『数学教育学会誌』臨時増刊, pp41-43
博士論文との対応:【第 4 章】

資料2 教育実験 I・II 場面別創造的学習態度アンケート

_____ 月 _____ 日 _____ 年 _____ 組 _____ 番 名前 _____

次に挙げる項目のうち、今回の授業中にあなたが行った項目、授業を通して変化した項目について、○をつけてください。
また、○をつけた項目には、それを行った場面、○をつけた理由を書いてください。

<例>

No.	因子	項目	○	行った場面、○をつけた理由
1	拡散性	可能な限りあらゆる方法を考える	○	タイの生徒が実験結果について私たちが思いつかなかった考察を説明したとき。

No.	因子	項目	○	行った場面、○をつけた理由
1	拡散性	可能な限りあらゆる方法を考える		
2		一見関係なさそうな中から関係を見つける		
3		もしそうでなかったら、どうなるだろうと考える。		
5	論理性	ほかの物事と比べて考える		
6		全体のつながりを考える		
7		結果にいたる過程を考える		
8	論理性	どうしてそうなるのかという理由を考える		
9		結果や筋道を予想する		
11	構構性	解決するまで何度も考える		
13		いろいろなことに疑問や好奇心をもつ		
14		疑問や課題を追求する		
15	独自性・独創性	決まった方法に反論する		
16		新しい方法を考える		
17		ひらめきを大切にす		
18	独自性・独創性	考えたことに自信を持つ		
19		発見に感動する		
31	集中性・持続性	人と違うことをするのが恐れない		
20		時間を忘れて考える		
22		失敗してもあきらめない		
24	収束性	どの方法が最も適しているかを考える		
26		物事を細かく観察する		
27	精密性	物事の正確さを確かめる		
28		何かを“自分で作り出す”ことに興味を持った		
29	探求力	やさしい問題よりも、難しい問題に		
		たくさんぶつかってみたいと思った		

資料3 教育実験 I・II 発信授業に対する学習態度に関するアンケート

アンケート 対応番号 (項目)	カテゴリー	項目文
1	授業に対する興味・関心	授業は楽しかった
2		授業内容にひかれ、興味があった
5		授業がどうなるかわくわくしていた
7		授業に満足した
8		授業は退屈だった
3	授業内容理解	全部よくわかった
4		勉強になった
9		ちゃんと授業についていった
11		タイからの発表や説明は分りやすかった
12		もっと説明をしてほしかった
23		タイの先生の説明は良かった
24		日本の先生はうまく授業をしてくれた
6		授業環境 (学習への集中) (機器の環境)	学習に集中できた
14	画像を通して生徒達と勉強するのは変な気がした	
15	色々な機器が学習のじゃまになった	
17	画像の引っかかるような動きが妨げになった	
18		音声は良かった
10	授業に対する意欲	他人の話をじっくり聞いたり理解しようとした
25		(発表者のみ)相手に分かるように努力した
13	発信相手に対する印象	タイの生徒達はとても感じがよいと思った
22	英語理解	英語がよく分かった
16	DLに対する 評価	(DLのよさの実感) 画像を通じての協同学習はよいことだと思う
19		(DLへの意欲) 画像を通じてもっと協同学習をしたい
20		タイの生徒達ともっと協同学習したい
21		(DLによる新しい発見) 協同学習で新しい発見をした

DL直後アンケート

記入日： 月 日 年 組 番 名前	自分が思う場所の数字に○をつけ 試みよう。	全然さう思わない ややさう思わない 普通・変わらない ややさう思う 大変さう思う	1. 授業は楽しかった 2. 授業内容にひかれ、興味があった 3. 全部よく分かった 4. 勉強になった 5. 授業がどうなるかわくわくしていた 6. 学習に集中できた 7. 授業に満足した 8. 授業は退屈だった 9. ちゃんと授業についていった 10. 他人の話をじっくり聞いたり理解しようとした 11. タイからの発表や説明は分りやすかった 12. もっと説明をしてほしかった 13. タイの生徒達はとても感じがよいと思った 14. 画像を通して生徒達と勉強するのは変な気がした 15. 色々な機器が学習のじゃまになった 16. 画像を通じての協同学習はよいことだと思う 17. 画像の引っかかるような動きが妨げになった 18. 音声は良かった 19. 画像を通じてもっと協同学習をしたい 20. タイの生徒達ともっと協同学習したい 21. 協同学習で新しい発見をした 22. 英語がよく分かった 23. タイの先生の説明は良かった 24. 日本の先生はうまく授業をしてくれた 25. **発表した人のみ** 相手に分かるように努力した
--------------------------	--------------------------	--	--

資料4 実験実験Ⅲ 事前授業アンケート

授業アンケート		※実践前に実施									
次の質問項目について、 <u>普段の数学の授業に対するイメージ</u> を教えてください。次の5段階「大変そう思う、そう思う、どちらでもない、そう思わない、全くそう思わない」から選び、数字に○をつけてください。											
記入日： 年 月 日											
年 組 番 名前											
		大 変 そ う 思 う		そ う 思 う		ど ち ら と も い え な い		そ う 思 わ な い		全 く そ う 思 わ な い	
1. 授業は楽しい	…	5	…	4	…	3	…	2	…	1	…
2. 授業内容にひかれ、興味がある	…	5	…	4	…	3	…	2	…	1	…
3. 全部よく分かる	…	5	…	4	…	3	…	2	…	1	…
4. 勉強になる	…	5	…	4	…	3	…	2	…	1	…
5. 授業がどうなるかわくわくしている	…	5	…	4	…	3	…	2	…	1	…
6. 学習に集中できる	…	5	…	4	…	3	…	2	…	1	…
7. 授業に満足している	…	5	…	4	…	3	…	2	…	1	…
8. 授業は退屈だ	…	5	…	4	…	3	…	2	…	1	…
9. ちゃんと授業についていっている	…	5	…	4	…	3	…	2	…	1	…
10. 他人の話をじっくり聞いたり理解しようとしている	…	5	…	4	…	3	…	2	…	1	…

資料5 実験実験Ⅲ 事後授業アンケート

授業アンケート		※実践後に実施									
次の質問項目について、 日時計の数学を学び終えて 、あなたの感想を教えてください。次の5段階「大変そう思う、そう思う、どちらでもない、そう思わない、全くそう思わない」から選び、数字に○をつけてください。											
記入日： 年 月 日											
年 組 番 名 前											
	大 変 そ う 思 う		そ う 思 う		ど ち ら と も い え な い		そ う 思 わ な い		全 く そ う 思 わ な い		
1. 授業は楽しかった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
2. 授業内容にひかれ、興味があった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
3. 全部よく分かった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
4. 勉強になった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
5. 授業がどうなるかわくわくしていた	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
6. 学習に集中できた	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
7. 授業に満足した	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
8. 授業は退屈だった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
9. ちゃんと授業についていった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
10. 他人の話をじっくり聞いたり理解しようとした	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
11. 相手からの発表や説明は分かりやすかった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
12. もっと説明をしてほしかった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
13. 相手の生徒達はとても感じが良かった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
14. 画像を通して生徒達と勉強するのは変な気がした	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
15. 色々な機器が学習のじゃまになった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
16. 画像を通じての協同学習は良いことだと思う	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
17. 画像の引っかかるような動きが妨げになった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
18. 音声は良かった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
19. 画像を通じてもっと協同学習をしたい	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
20. 相手の生徒達ともっと協同学習したい	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
21. 協同学習で新しい発見をした	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
22. 英語がよく分かった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
23. 相手側の説明はよく分かった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
24. 日本側の説明はよく分かった	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
25. (発表した人のみ回答)相手に分かるように努力した	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
26. 「日時計の数学」のような授業がもっとほしい	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...
27. 「日時計の数学」に意欲的に取り組むことができた	...	5	.....	4	.....	3	.....	2	.....	1	...

資料6 実験実験Ⅲ 創造的学習態度アンケート(その2)・批判的思考態度アンケート

アンケート②		創造的態度・批判的思考態度アンケート(学習に関するアンケート)				
<p>「日時計の数学」の学習における様子を聞きます。次の質問項目について、あなたの行為はどの程度あてはまりますか。次の5段階(非常にあてはまる、ややあてはまる、どちらでもない、ややあてはまらない、全くあてはまらない)から選び、数字に○をつけてください。</p>						
<p>記入日: _____ 年 _____ 月 _____ 日</p>		非常にあてはまる	ややあてはまる	どちらでもない	ややあてはまらない	全くあてはまらない
<p>_____ 年 組 番 名前 _____</p>						
拡散性	1 異なるいろいろな解き方を試してみる	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	2 一つの問題を様々な角度から考える	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	3 答えが一つに決まらない問題に積極的に取り組む	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
流暢性	4 新しい考えが次々と浮かんでくる	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	5 よりも多くのアイデアを思いつく	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	6 問題を解くのが速い	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
収束性	7 様々な情報が一つの結論につながるかどうか考える	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	8 他の物事と比べて共通性や違いを考える	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	9 一見関係なさそうな事柄の中から共通しているところを見つける	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
論理性	10 答えだけでなく、問題を解く過程を重視する	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	11 答えの根拠が理解できるまで何度も考える	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	12 仮定と結論を整理して考える	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
独創性	13 一般的なやり方とは違う解き方を考える	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	14 自分の答えが他の人と違っていても気にならない	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	15 ひらめきを重視する	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
集中性	16 問題を解くのに時間を忘れて考える傾向がある	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	17 問題を解くとき、他のことに気を奪われない	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	18 一度間違った答えが出て失敗してもあきらめない	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
精密性	19 問題文を詳しく読み、内容の細部にまで注意を払う	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	20 計算式やグラフは丁寧に書く	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	21 計算ミスに気をつける	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
論理的思考への自覚	22 複雑な問題について順序たてて考えることが得意だ	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	23 考えをまとめることが得意だ	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	24 物事を正確に考えることに自信がある	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	25 注意深く物事を調べることができる	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
探求心	26 いろいろな考えの人と接して多くのことを学びたい	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	27 新しいものにチャレンジするのが好きである	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	28 様々な文化について学びたいと思う	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	29 外国の人がどのように考えるかを勉強することは、意義のある	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	30 自分とは違う考えの人に興味を持つ	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	31 分からないことがあると質問したくなる	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
客観性	32 いつも偏りのない判断をしようとする	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	33 物事を決めるときには客観的態度を心がける	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	34 一つ二つの立場だけではなく、できるだけ多くの立場から考え	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	35 たとえ意見が合わない人の話にも耳を傾ける	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
証拠の重視	36 結論をくだす場合には、確たる証拠の有無にこだわる	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	37 判断を下す際は、できるだけ多くの事実や証拠を調べる	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..
	38 何事も、少しも疑わずに信じ込んだりはしない	.. 5 ..	.. 4 ..	.. 3 ..	.. 2 ..	.. 1 ..

資料7 実験実験Ⅲ 場面別創造的学習態度アンケート

アンケート②において、
5(非常にあてはまる)もしくは4(ややあてはまる)を選んだ項目について、
なぜその項目を選んだのかを教えてください。

【回答例】		アンケート② 創造的・批判的思考態度アンケート(学習に関するアンケート)																									
		<p>「日時計の数学」の学習における様子を聞きます。次の質問項目について、あなたの行為はどの程度あてはまりますか。次の5段階(非常にあてはまる、ややあてはまる、どちらでもない、ややあてはまらない、全くあてはまらない)から選び、数字に○をつけてください。</p> <p>記入日: _____ 年 _____ 月 _____ 日</p> <p>年 組 番 名前 _____</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td>非常にあてはまる</td> <td>ややあてはまる</td> <td>どちらでもない</td> <td>ややあてはまらない</td> <td>全くあてはまらない</td> </tr> <tr> <td>拡張性</td> <td>1 異なるいろいろな解き方を試してみる</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2 一つの問題を様々な角度から考える</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> </table>							非常にあてはまる	ややあてはまる	どちらでもない	ややあてはまらない	全くあてはまらない	拡張性	1 異なるいろいろな解き方を試してみる	5	4	3	2	1		2 一つの問題を様々な角度から考える	5	4	3	2	1
		非常にあてはまる	ややあてはまる	どちらでもない	ややあてはまらない	全くあてはまらない																					
拡張性	1 異なるいろいろな解き方を試してみる	5	4	3	2	1																					
	2 一つの問題を様々な角度から考える	5	4	3	2	1																					
項目 No.	2																										
理由	ドイツの生徒と交流した時に、日時計の原理や作り方についての数学を多面的に考えることができたから。																										
項目 No.																											
理由																											
項目 No.																											
理由																											
項目 No.																											
理由																											
項目 No.																											
理由																											
項目 No.																											
理由																											
項目 No.																											
理由																											
項目 No.																											
理由																											
項目 No.																											
理由																											

付録1 「光の速さの追求」(第4章)の教材化

はじめに:

本教材は、京都教育大学附属高等学校スーパーサイエンスコースの生徒を対象に、授業者である同校の山本彰子先生が中心となって教材化されたものである。本付録1は、授業を行うにあたって準備された資料や生徒のレポート、授業後に山本先生によってまとめられた資料をもとに作成したものである。

授業のねらい:

本教材は、理科系コースに所属する高校生を対象とした数学と英語と物理の総合学習として開発された。よって、この授業に関わった教員は、数学科、英語科、物理科の教員となる。

まず、将来科学に関する勉強や仕事を進める上で、英語で書かれた科学的な内容のテキストを読みこなせることが求められるであろうという考えのもとで、英語と数学の総合学習として、英語で科学論文を読む読解力をつけることを目指した。次に、数学と物理の総合学習として、数学を用いた論理展開で、物理法則や現象を解明していく力をつけること、また、数学を応用することで光の速さという物理的な量を求めることを目指した。さらに、テキストに示されている実験を土台として、自由な発想で発展実験を考え実行させることで創造的学習態度の育成を目指した。

授業内容:

(1) 科学論文の読解

英語で書かれた数学教育の論文 R.A.Dance and J.T.Sandefur (1997) "Approaching the Speed of Light with Class". The Mathematics Teacher, Vol.90, No.4 を読んだ。内容は次の通りである。

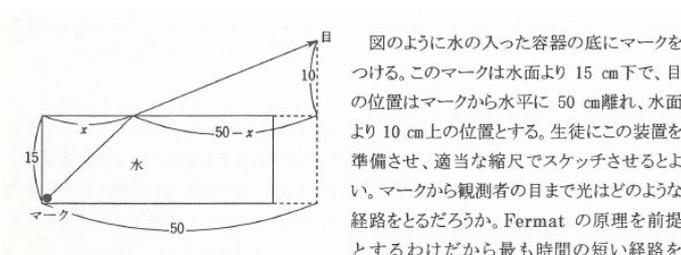
英文の概要 I (省略 意識あり)

われわれはよく生徒の動機づけに数学の授業で応用を扱う。また応用は生徒の数学概念の理解を助けることがある。物理的な事象と関連して数や記号を理解できるからである。成功した例で水中の光の速さに関わる問題を取り上げよう。これはクラスのほとんどの生徒が理解できる定理と簡単な計算しか使わない。また、直接計算することがむずかしい物理的な値をどのように数学を用いて導いていくか学ぶことができるだろう。

最初の光速測定の試みは1667年 Galileo によってなされている。19世紀にはフランスの物理学者 Foucault がその先達である Fizeau の仕事を引き継ぎ、さらにそれを発展させて20世紀にはいり、Michelson が真空中の光速が 30 cm/nanosec であることを測定している。空気中の光速は真空中の光速とほぼ同じと考えてよい。水中の方が空気中よりも遅い。光は通過する媒質によって速度が異なる。

われわれのめざすゴールは水中の光速を求めることである。Foucault-Michelson の測定方法は長い距離を光で照らす必要があった。水中の長い距離を光で照らすのはむずかしいのでかわりにわれわれは Fermat の原理を前提とする。(そうあの Fermat である。)「光は A 点から B 点まで最小の時間を要する経路を進む。」光の屈折もこの原理から説明される。

このテキストでは水中の光速を求めるのに実験的なアプローチを行う。簡単な計測と Fermat の原理、あとはピタゴラスの定理や距離・時間・速さの関係といった簡単な数学を使うだけである。大切なのは数学やテクノロジーをいつどのように使うかを学ぶことで、生徒が数学的な探求をすることを奨励することである。



とる。時間が最小になる経路であって、距離が最小になる経路ではない。水中の方が空気中よりも遅いので、マークから目までの直線コースよりは水中の距離が短くなるような経路をとるということを生徒に考えさせるのもよい。真空中の光の速さがいくらか生徒にたずねてみなさい。もし答えがなければ 30 cm/nanosec であること、真空中と空気中の光速はほとんど変わらないことを教えてよい。それに比べて水中の光速は空気中よりどのくらい遅いのだろうか、生徒に考えさせてみなさい。半分だろうか3分の1くらいだろうか。生徒がどんな予想をたててもよいが、あとで正しい値を知ることができることを伝えておくことが大切ある。さてクラスの生徒が 17 cm/nanosec であるということで予想をまとめたとする。この予想値を使い、また光が水から出る水面の地点とマークとの水平距離を $x \text{ cm}$ とすると、生徒は光がマークから目までにかかる時間 y を式で表すことができるだろう。マークから出口までと出口から目までの2つの線分にかけて考えればよい。下の式のようなになる。

$$y = \frac{\sqrt{x^2 + 15^2}}{17} + \frac{\sqrt{(50-x)^2 + 10^2}}{30}$$

光が違う経路をとったとしてもかかる時間の違いはほんのわずかなので、計算はどれが一番小さいか判断できるように正確にしなければいけない。 $x=12$ とすると

$$y = \frac{\sqrt{12^2 + 15^2}}{17} + \frac{\sqrt{38^2 + 10^2}}{30} \approx 2.4397553$$

出口地点をいろいろ変えて、つまり x の値をいろいろ変えて y を計算させてみよう。生徒が分担して計算し、結果をみんなにみえるように表にしてみるとよい。この表でもしも水中の光速が本当に 17 cm/nanosec であれば光はどの地点で水から出てくるか生徒はみるることができるだろう。同じような繰り返しの計算になるので関数グラフ電卓やコンピューターを使用するのもよい。表を作る機能や関数がどこで最小になるかみつかる機能をもっているものもある。予想値 17 cm/nanosec に対しては $x = 9.874392$ が1番いい値でそのとき $y = 2.4348065 \text{ nanosec}$ となる。

(2) 関数電卓を用いて計算を行う。

(1)の読解の後、実際に関数電卓を使って計算を行った。図1は、活動時の生徒のレポートである。

4. 「光の水中の速さを19 cm/nanosecと仮定したときに代数的なモデルを使って(計算することにより)光の通る道筋を見つける方法」をテキストにかかれている通りにおこなえ。10段落のxとyに相当する値(単位もつけて)を求めよ。

- ・考え方・計算の道筋、手順をわかるようにきちんとかくこと。
- ・9段落にかかれている表を必ずつくること

$$y = \frac{\sqrt{x^2 + 15^2}}{19} + \frac{\sqrt{(50-x)^2 + 10^2}}{9}$$

x	10	10.5	11	11.5	12
y	2.3232	2.3219	2.3211	2.3207	2.3208

↓ x=11.6

x	11	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9
y	2.3211	2.321	2.3209	2.3208	2.3207	2.3207	2.3207	2.3207	2.3207	2.3208

↓ 詳細<23>

x	y
11.5	2.3207094
11.6	2.3206944
11.7	2.3206973
11.8	2.320719

x	y
11.61	2.32069389
11.62	2.32069356
11.63	2.32069340
11.64	2.32069342

11.634
37
2.3206933930213

↓

最小値 x = 11.6337 のとき
y = 2.3206933930213

図1 生徒のレポート

(3) 科学論文の読解(その2)

(2)の活動後に読んだ科学論文の内容は次の通りである。

英文の概要Ⅱ(省略 意識あり)

次は実際に光が水から出るのはどこかを測定し、われわれの速さの予想に基づいた計算結果と比較して予想を改良してみよう。

何人かの生徒は指示された位置からマークを見なければならぬ。いい測定結果を得るための方法は次のようである。容器の底に消えないようなマークをつける。容器に水をみたくすのはここでは15 cmの深さであるが、ほとんど一杯になるような容器もちいるのがよい。大きなパンチ穴をあけたカードを棒の先にテープでつける。この例では正確に25cmの高さに穴がくるように。一人が棒をマークから50 cmのところくるように固定する。二人目がカードの穴を通して水の下の方のマークを見る。マークが水面のどこに見えるかを測るために、容器の上にもものさしを渡しておく。3人目が鉛筆の先をものさしにそって動かし、観察者が鉛筆の先が水面でマークに触れるようにみえるまでいったりきたりさせる。鉛筆の先は実際には水に触れずにできるだけ水面に近いようにする。ものさしを使ってマークから鉛筆の先までの水平距離を測る。何人かが交代で測定しその平均値をとる。この例では水平距離は15.5cm くらいになるだろう。われわれが一緒に計測した先生や生徒の数値はお互いに1 cm以内の違いであった。

15.5 cm という測定値は計算で求めた数値9.87 cmと違う。その理由は水中での光速がわれわれが予想した17 cm/nanosec とは違うからである。では正しい速さはいくらか? 17 cm/nanosec より速いか遅いか生徒に尋ねてみなさい。生徒は次のように考えるかもしれない。水中の光速が遅いほど光は水中でより鉛直に近い方向の経路をとる。予想した経路は実際の経路より鉛直に近いから17 cm/nanosec では遅すぎる。生徒がこのような考えをもてないときは、17より速い速度と遅い速度とで調べさせてみるとよい。

生徒たちは15.5 cm という出口の点に適するような速さが見つかるまで新しい速さを調べなければいけない。生徒の困難点は、彼らの計算に出口点を表す測定値を使いたがる傾向である。これは使うことができない。使うのは彼らの問題の正解として得たいと思う数値である。

生徒のグループはそれぞれ調べてみようと思う速度を使って前と同じ計算をおこなう。それぞれの速度に1つか2つのグループがあたるのがいいだろう。グループの速さを v とすると、関数は次のようになる。

$$y = \frac{\sqrt{x^2 + 15^2}}{v} + \frac{\sqrt{(50-x)^2 + 10^2}}{30}$$

生徒の計算の結果は、水中の光速として選んだ値とそのときの出口点を表す数値を対応させた新しい表にまとめられる。この例では、光速21,22,23,24 cm/nanosec に対してそれぞれ出口点は $x = 13.7, 14.9, 16.2, 17.7$ cmとなる。生徒は水中の光速としてより精密な値を計算しようとするかもしれない。しかし生徒たちの測定値はそれぞれ異なっていて最終的に平均値をとったことを指摘しなさい。だから水中の光速としては可能な範囲を得るにすぎない。水中の光速は21.5 から23 cm/nanosec の間であるという結論を得る。

結果を得た後、空気中の光速と水中の光速の比を生徒にたずねることができる。3:4 または小数で0.75 といった値を答えることができるだろう。

測定をもっと正確にするにはどうすればいいかという議論は有用な発展になるだろう。他の液体やガラスの中の光速を求めるにはどうするかという話題を議論するのも有用である。

(4) テキストに掲載された実験の実施

身近にある缶など形や大きさの異なる容器をいくつか用意して水槽として用いた。実験はグループで行わせ、水の深さや目の位置などは容器に合わせて自由に設定させた。

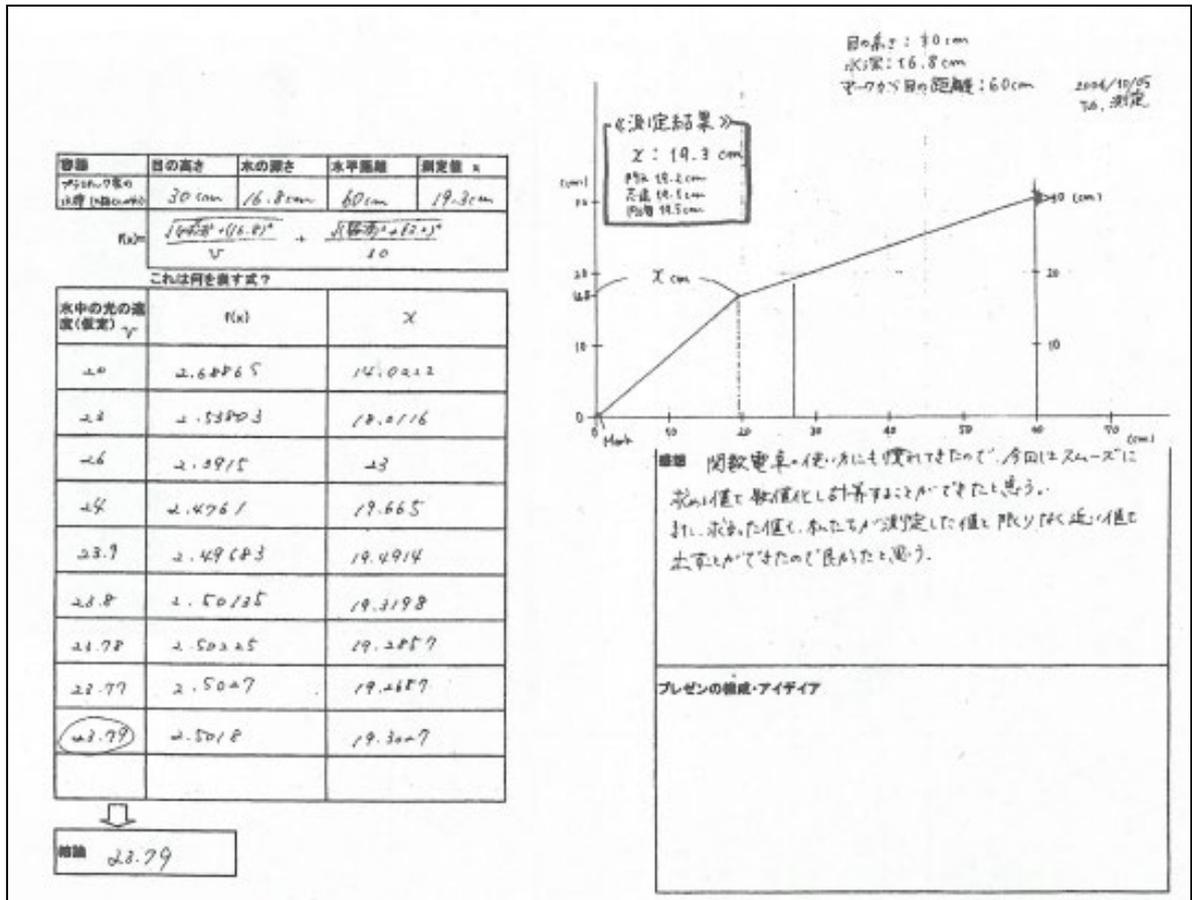


図 2 生徒のレポート

容器の形が違ってても水中の光速はだいたい同じ値を得られるが極端に縦長の容器や平べったい容器では誤差が大きい事、また誤差はどういうところを出やすいかという考察が行われた。

水中の光速		計測・計算結果				
班	容器	水の深さ	水平距離	目の高さ	測定値 xの平均	水中の光速
		cm	cm	cm	cm	cm/ nanosec
A	底の浅いカン	2.9	36.3	10	4.2	25.3
B	アルミの箱のフタ	6	60	30	4	18.1
C	牛乳パック	10	30	33	7.2	24.8
D	おかき缶	10.5	64	30	9	20.8
E	プラスチック	15	50	30	13.6	21.8
F	プラスチック	16.8	60	30	19.3	23.8
G	プラスチック	17	33	32	14	24.3
H	のりカン	19.5	25	34	11.5	22.3
I	プラスチック	20	45	33.1	19.3	23.5
J	パスタいれ	24.5	19.5	70	4	15

図3 生徒の実験結果

(5) 発展実験の考案・実施

科学論文に掲載された実験をもとに、発展実験を考えさせた。

班	水を変える	空気を変える	光を変える	その他
A	3層構造で実験する			
B		水蒸気 小麦粉 ほこり	短波長の光	
C	屈折率の違う物体			
D	密度のちがうもので密度と屈折率の関係を調べる		レーザー光線 波長の違うもの	
E	食塩水 ガラス			
F	別の固体や液体			フーコーの実験をやる(可能なら)
G	ガラス 油 水温を変えた水			nをかえたときのminxを出すような関数を考える
H	密度の違う媒質 密度と光の速さに関係があるかを調べる			
I	異なる溶媒での光の速さを一瞬でだせるような装置を作る		レーザー光線	グラフ電卓をを使わずに微分から速さを求める
J			音	

図4 生徒が考案した発展実験の内容(全10班分)

「水を他の溶媒に変えて光の速さを測る」という案が1番多かったが、他に「実験装置の改良

をする」,「水の温度を変える」,「直接光速を測定した方法を調べ, 可能なら測定する」などの案が挙げられた。これらのうち, タイとの交信授業での発表担当となった 3 つの班における実験の取り組みの様子は本文の通りである。

(6) 「光の速さの追求」の授業内容に関連して行われた数学の授業

「光の速さの追求」の授業内容に関連し, 次に挙げる 4 つの数学の授業が行われた。次に使用された授業プリント・生徒のレポート(図 5~図 11)を掲載し, 指導内容を示す。

A) フェルマーの原理からスネルの法則を導く

スネルの法則 v_1 を空気中の光の速さ v_2 を水中の光の速さ
 θ_1 を空気中の光の進む方向と鉛直線のなす角
 θ_2 を水中の光の進む方向と鉛直線のなす角とすると
 $\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$ が成り立つ。

(2) $B \rightarrow P \rightarrow A$ が光の経路である。このとき図を用いて $\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \leq \frac{v_2}{v_1}$ を証明せよ。

空気
速さ v_1
水
速さ v_2

AP=AQ, BP=BR となるように
点 Q, R をとる
 $B \rightarrow P \rightarrow A$ が最速のコース
 だから
 $PR \geq \text{動く時間} \leq PQ \geq \text{動く時間}$
 $\frac{PR}{v_2} \leq \frac{PQ}{v_1}$
 $\frac{z}{v_2} \leq \frac{y}{v_1} \dots \textcircled{2}$

正弦定理より
 $\frac{y}{\sin \alpha} = \frac{r}{\sin \gamma}$ $y = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} r$
 $\frac{z}{\sin \beta} = \frac{r}{\sin \delta}$ $z = \frac{\sin \beta}{\sin \delta} r$

②に代入し
 $\frac{\frac{\sin \beta}{\sin \delta} r}{v_2} \leq \frac{\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} r}{v_1}$
 $\frac{\sin \beta}{v_2 \sin \delta} \leq \frac{\sin \alpha}{v_1 \sin \gamma}$
 P' を P より $J < P$ に近づけると
 $\frac{\sin \theta_2}{v_2 \sin 90^\circ} \leq \frac{\sin \theta_1}{v_1 \sin 90^\circ}$
 $\frac{\sin \theta_2}{v_2} \leq \frac{\sin \theta_1}{v_1}$
 $\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \geq \frac{v_2}{v_1}$

スネルの法則 v_1 を空気中の光の速さ v_2 を水中の光の速さ
 θ_1 を空気中の光の進む方向と鉛直線のなす角
 θ_2 を水中の光の進む方向と鉛直線のなす角とすると
 $\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1}$ が成り立つ。

(2) $B \rightarrow P \rightarrow A$ が光の経路である。このとき図を用いて $\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} \leq \frac{v_2}{v_1}$ を証明せよ。

図 5 生徒レポートの一部

B) 最速下降曲線 サイクロイド

最速下降曲線 最速下降曲線1

歴史的エピソード
1696年数学者ヨハンベルヌーイは「世界中の最も賢そうな数学者」にこの問題を投げかけ、解をみつけるまで6ヶ月待とうといった。正しい解が5回寄せられた。数学のことでフランス人にバカにされるのは好きでないと即刻回答をよせたニュートン。当時新しい分野である微積分についてベルヌーイ兄弟と活発に文通していたライブニッツ、ヨハンの学生であったロピタル、そして兄のヤコブベルヌーイと本人である。

最速下降曲線問題
点Aから点Bまで最も速く到達する滑り台を作るにはどのような曲線にすればよいか。重力のみ働くと考え、摩擦はないものとする。

①三層を最速に進むコース(問題1)
物体が三層におかれている物質の中を各層の中は直進してI層は速さ v_1 II層は速さ v_2 III層は速さ v_3 で進む。点Aから点Bまでどのようなコースで進むのが一番速いか。

②n層を最速に進むコース 最速下降曲線2

n層におかれている物質の中を各層の中は直進してI層は速さ v_1 II層は速さ v_2 III層は速さ v_3 、……、n層は速さ v_n で進む。点Aから点Bまでどのようなコースで進むのが一番速いか。

3層の場合を拡張して
$$\frac{v_1}{\sin \alpha_1} = \frac{v_2}{\sin \alpha_2} = \dots = \frac{v_n}{\sin \alpha_n}$$
であることがわかる。

③最速下降曲線の条件
最速下降曲線では、無限にうすい多くの層の中を速さを刻々変化させながら進むと考えると上の式はどのようなだろうか。

曲線上の各点を通る時の速さを v 、速度ベクトルと鉛直線のなす角を α とする。どの点でも
$$\frac{v}{\sin \alpha} = k$$
を一定に保つように進めば最速であると考えるとよいだろう。
$$v = k \sin \alpha$$

 k は点Aと点Bの位置によって決まる定数である。一方重力だけの影響を受ける運動では物体の質量を m 、速さを v 、垂直落下距離を y とすると、エネルギー保存則より
$$mgy = \frac{1}{2}mv^2$$
が成り立つ。これより $v = \sqrt{2gy}$ が導かれる。
$$v = \sqrt{2gy}, v = k \sin \alpha$$
の2式が最速下降曲線を定めるための条件である。 y が決まれば速さ v が決まり、 v がきまれば速度ベクトルの向きを示す α が決まるわけである。

④円を補助に使う 最速下降曲線3

点Pが $\begin{cases} v = k \sin \alpha \\ v = \sqrt{2gy} \end{cases}$ をみたしながら進むとその軌跡はどんな図形となるだろうか。まず y を α の式で表してみよう。
$$\sqrt{2gy} = k \sin \alpha$$

$$y = \frac{k^2 \sin^2 \alpha}{2g} = \frac{k^2}{2g} \left(\frac{1 - \cos 2\alpha}{2} \right) = \frac{k^2}{4g} (1 - \cos 2\alpha)$$

 y と α の関係を半径 $\frac{k^2}{4g}$ の円を使って示すと次のようになる。

最速下降曲線をy軸の下の方を正の向きとした座標系に描き、さらに、曲線上の点Pに対して上記の半径 $\frac{k^2}{4g}$ の円も重ねて描くと下図のようになる。円はx軸に接している。

曲線上の点Pを定めるとその点における速さと速度ベクトル \vec{v} の向きが決まるわけであるが、 \vec{v} の向きに関して次のような関係があることがわかる。 \vec{v} と鉛直線PDのなす角が α であり、 \vec{v} と半径PCのなす角も α である。つまり \vec{v} は $\angle CPD$ をちょうど二等分する向きになる。さらに \vec{v} の向きに関しては次の問題に示されるような重要な関係がある。

⑤速度ベクトルの向きの特徴(問題2) 最速下降曲線4

最速下降曲線上の点Pにおける速度ベクトル \vec{v} は鉛直線PDと半径PCのなす角を二等分することを証明せよ。また \vec{v} とx軸の正の向きとなす角を β 、 \vec{v} と円の接線のなす角を β_1 とすると $\beta_1 = \beta_2$ であることを証明せよ。

鋭角は等しいから
 $\angle DPC = \theta$
 $\theta = 2\alpha$
 $\angle RPC = \alpha$
 $\beta_1 = 90^\circ - \angle DPR = 90^\circ - \alpha$
 $\beta_2 = 90^\circ - \angle RPC = 90^\circ - \alpha$
よって $\beta_1 = \beta_2$

⑥速度ベクトルの分解
速度ベクトル \vec{v} をx軸方向と円の接線方向の2つの成分に分解し、それぞれ \vec{v}_1, \vec{v}_2 とする。 \vec{v} と \vec{v}_1, \vec{v} と \vec{v}_2 のなす角が等しいから、 \vec{v}_2 を2辺とする平行四辺形はひし形になる

今度は \vec{v}_1, \vec{v}_2 の大きさについて調べてみよう。 \vec{v} と \vec{v}_1, \vec{v} と \vec{v}_2 のなす角は等しいのでどちらも β とする。前問で調べたように $\beta = 90^\circ - \alpha$ であった。ひし形の中にできる直角三角形をみれば

図 6/7 授業プリント

C) 2変数関数の最小値

水中の光速 2変数関数のグラフで最小値をとらせる

1. $f = f(x, v) = \frac{\sqrt{x^2 + 15^2}}{v} + \frac{\sqrt{(31-x)^2 + 12^2}}{30}$

空気中の光速 30cm/nanosec
水中の光速 vcm/nanosec

① f が x と v の2変数関数 $f(x, v)$ であると考えて右のようなグラフをかいた。

② 水中の光速 v を求めるのに、次の方法が間違っていることをこのグラフを使って説明せよ。
「 $f(x, v)$ の x に測定値を代入し、 f が最小になるときの v を求める。」
 x を1つの値に決めると v は v の値が大きくなるにつれて単調減少していくので、その最小値は存在しないから。

③ $f(x, v)$ の x に一定値を代入し v の関数と考えるとどのような曲線上にあるか。
 x に一定値を代入すると $\sqrt{x^2 + 15^2}$, $\frac{\sqrt{(31-x)^2 + 12^2}}{30}$ は定数となるので、これを a , b とおくと $t = \frac{a}{v} + b$ となる。
 $v > 0, a > 0, b > 0$ なのでグラフは右図のようになる。
水中の光速を求める正しい方法を述べよ。
適当な v の値を代入し、 t を x の関数とみるとその最小値が存在するので、最小値をとるときの x の値を調べる。この操作をいろいろな v の値について行い、最小値をとるときの x の値が測定値に最も近くなるときの v の値が求めるべき値である。

x	v	t
10	20	1.707614
10.5	20	1.70729
11	20	1.707514
11.5	20	1.70827
12	20	1.709542
12.5	20	1.711317
13	20	1.713582
13.5	20	1.716325
10	21	1.66469
10.5	21	1.663895
11	21	1.663226
11.5	21	1.66357
12	21	1.663806
12.5	21	1.664828
13	21	1.666321
13.5	21	1.668276
10	22	1.625669
10.5	22	1.624063
11	22	1.622964
11.5	22	1.622356
12	22	1.622227
12.5	22	1.622564
13	22	1.623357
13.5	22	1.624556
10	23	1.590041
10.5	23	1.587878
11	23	1.586203
11.5	23	1.585002
12	23	1.584254
12.5	23	1.583976
13	23	1.584129
13.5	23	1.584713
10	24	1.557382
10.5	24	1.554708
11	24	1.552505
11.5	24	1.550761
12	24	1.549464
12.5	24	1.548604
13	24	1.54817
13.5	24	1.548155

$f = f(x, v) = \frac{\sqrt{x^2 + 15^2}}{v} + \frac{\sqrt{(31-x)^2 + 12^2}}{30}$

斜線は v を一定にしたとき t が最小になるところ

図 8/9 授業プリント

D) 微分で導く水中の光速

タイの発表の続きを考える 微分で最短時間のコースを求める

$$t = f(x, v) = \frac{\sqrt{x^2 + 15^2}}{v} + \frac{\sqrt{(31-x)^2 + 12^2}}{30}$$

空気中の光速 30
水中の光速 v

tをxで微分する

$$\frac{dt}{dx} = \frac{2x}{2v\sqrt{x^2 + 15^2}} + \frac{-2(31-x)}{30 \cdot 2\sqrt{(31-x)^2 + 12^2}}$$

$$= \frac{x}{v\sqrt{x^2 + 15^2}} - \frac{(31-x)}{30\sqrt{(31-x)^2 + 12^2}}$$

$$\frac{dt}{dx} = 0 \text{ となるのは } \frac{x}{v\sqrt{x^2 + 15^2}} = \frac{(31-x)}{30\sqrt{(31-x)^2 + 12^2}}$$

$$\frac{x}{\sqrt{x^2 + 15^2}} = \frac{(31-x)}{30}$$

$$\frac{\sin \theta_i}{v} = \frac{\sin \theta_r}{30} \quad (\text{スネルの法則})$$

タイの発表はここまででした。
最初の目的の水中の光速を求めるところまで到達していません。
続きを次の2点に注意して考えてください。

① $\frac{dt}{dx} = 0$ となる x を x_0 とする

増減表を作り $x = x_0$ で 極小 (極大でなく) かつ最小となることを確認する

x	0	...	x_0	...	31
$\frac{dt}{dx}$			0		
t					

ココの符号が肝心

$0 < x_1 < x_0 < x_2 < 31$ とおき

i) $x = x_1$ のとき
 $x = x_0$ のときより
 θ_i は小さくなる
 θ_r は大きくなるので
 $\frac{dt}{dx} = \frac{\sin \theta_i}{v} - \frac{\sin \theta_r}{30}$
小さくなる 大きくなる
 $\therefore \frac{dt}{dx}$ は負の値をとる
 ② $x = x_0$ の式で表す。
 フェルマーの原理から最短時間になる x_0 が実験で測定できたはずなので x_0 は測定値に等しい。
 この式がわかればもう前のように関数電卓で最小になる x を求める必要はなく測定値 x_0 を代入する計算だけで v が求められるわけです。
 (計算に電卓はいるでしょうが)
 発表実験で前と同じことをやる班は今度はこの式を使ってください。

ii) $x = x_2$ のとき
 $x = x_0$ のときより
 θ_i は大きくなる
 θ_r は小さくなるので
 $\frac{dt}{dx} = \frac{\sin \theta_i}{v} - \frac{\sin \theta_r}{30}$
大きくなる 小さくなる
 $\therefore \frac{dt}{dx}$ は正の値をとる
 したがって $x = x_0$ で極小となる

$$\frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + 15^2}} = \frac{31 - x_0}{30}$$

$$v = \frac{30 x_0}{\sqrt{x_0^2 + 15^2}} = \frac{30 x_0 \sqrt{(31 - x_0)^2 + 12^2}}{(31 - x_0) \sqrt{x_0^2 + 15^2}}$$

図 10/11 授業プリント

付録 2 「日時計の数学」(第 6 章)の教材化

はじめに:

本教材は、高校 2 年生の生徒を対象に教材化されたものである。なお、本教材において主に理解が必要なのは高等学校数学 I で学ぶ三角比の導入レベルである。本実験では、高校 2 年生を対象としたが、本来であれば高校 1 年時の数学 I で十分実施可能である。

授業のねらい:

日時計のことを学んだ上で、赤道型日時計の原理を理解し作成する。その上で、赤道型日時計を利用して水平型日時計を作製することを目指す。まず、平面図形、空間図形を活用して赤道型日時計の原理を理解する。ここで、三角比を用いて赤道型日時計をより正確に作製する。さらに、三角比、三角関数を利用して、水平型日時計の時刻盤を作製する。

この活動の中で、主に三角比を活用し、三角比の理解を深めることを目指す。

授業内容:

(1) 日時計の科学史について知る(導入として 15 分)

授業での導入として日時計がどこでどのように使われてきたかを示した。その後、日時計について調べるレポート課題を課して日時計の知識を広げさせた。

(2) 赤道型日時計の原理についての学習及び作製(2 時間)

赤道型日時計の原理の理解と作製については、中学 2 年生を対象に作られたテキスト(守屋ら(2001))を使用した。こちらを参照されたい。なお、このテキストや先行研究においては、赤道型日時計を作品と仕上げているが、本実験では赤道型日時計から水平型日時計を作製することを目指しているため、簡単な模型を作製するに留めた。

時刻盤の傾斜角は $(90-a)^\circ$ に設定

ここで考えやすくするために、地軸ONと地点Pを含む平面で切断した断面図(右図)をつくって調べよう。

- ① 地点Pで赤道面と平行になる平面上に文字盤を設置しなければならない。右の断面図で線分PQにあたる位置である。
- ② 地点Pで、水平面と文字盤とがつくる角は、右の図の $\angle QPA = x^\circ$ である。
- ③ ここで緯度が $\angle AOP = a^\circ$ であるとすると、 $\angle QPA = x^\circ$ は、緯度 a° とどんな大きさの関係になるだろうか。

問1 右の断面図で、 $\angle QPA = x^\circ$ を、これまでの図形の性質を用いて、 $\angle AOP = a^\circ$ による式で表せ。

$x^\circ = (90-a)^\circ$

図1 守屋ら(2001)のテキストを基に授業で用いたスライドの一部

ここで、図2のように、ノーモンを時刻盤に垂直に立てる必要が出てくる。このとき、平面に対して垂直な直線を三垂線の定理から考えたり、 $\angle CBA = 90^\circ - \text{緯度}$ 、 $\angle BCA = 90^\circ$ であることから、 $\angle BAC = \text{緯度}$ であることを導いたりしながら、ノーモンを時刻盤に対して垂直に立てる活動を行う。

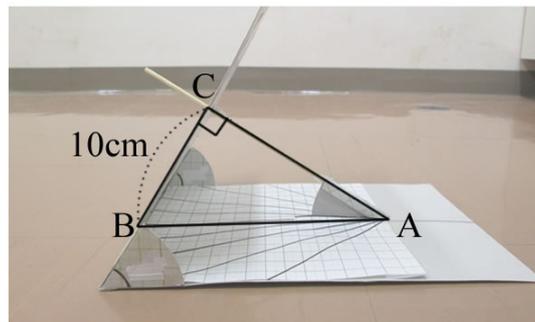


図2 ノーモンを時刻盤に垂直に立てる

しかし、高校生に実際に作らせてみると、時刻盤の書かれた厚紙に若干の湾曲があることなどから点Aや点Cの位置がずれることもあり、苦勞する姿がみられた。そこで、BCの長さを実測し、実測したBCの長さと同じ場所の緯度から求められた $\angle CAB (= \theta)$ の大きさから、三角比を用いてABおよびACの長さを求めることにした。

実際には、 $AB = BC / \sin \theta$ 、 $AC = BC / \tan \theta$ となる。この導き出したAB、ACの長さから

点 A, C の位置を定めることができた。

三角比は高等学校数学 I で学ぶが, 実際に必要に迫られて三角比を活用するという場面に直面することは少ないだろう。この活動は, より正確に作製したいという生徒の要求を満たす上で三角比を使うことに意義があることを示せる機会となった。また, この機会に三角比の定義を習得しきれていなかった生徒に対して確認することもできた。

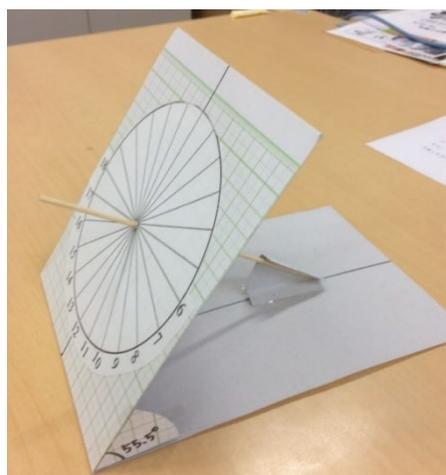


図 3 作製した赤道型日時計の模型

(3) 水平型日時計の原理についての学習および製作(2 時間)

(2) で作成した赤道型日時計から水平型日時計を作製することを目指した。まず, 図 4, 5 のように, 赤道型日時計と水平型日時計における時刻盤にできる影の違いの説明を行った。ここでは, 太陽光によって作られるノーマンの影について, 赤道型日時計の時刻盤にできる影は OR で, 同時刻の太陽光によって水平面に作られるノーマンの影は PR になることを確認した。

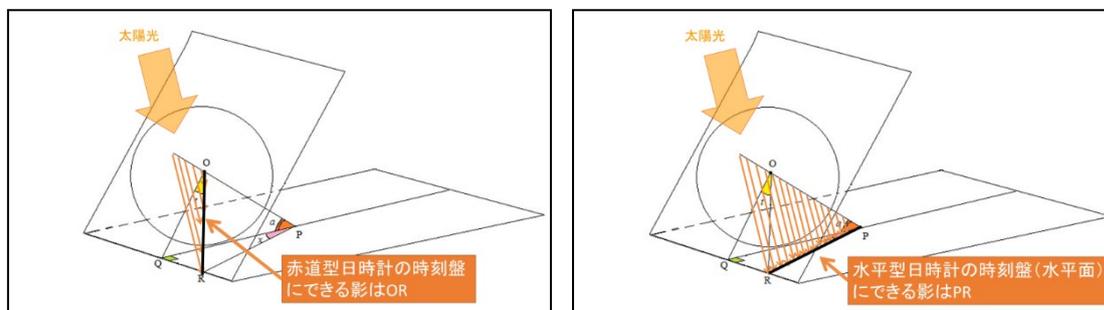


図 4/5 赤道型日時計と水平型日時計における時刻盤にできる影の違いの説明

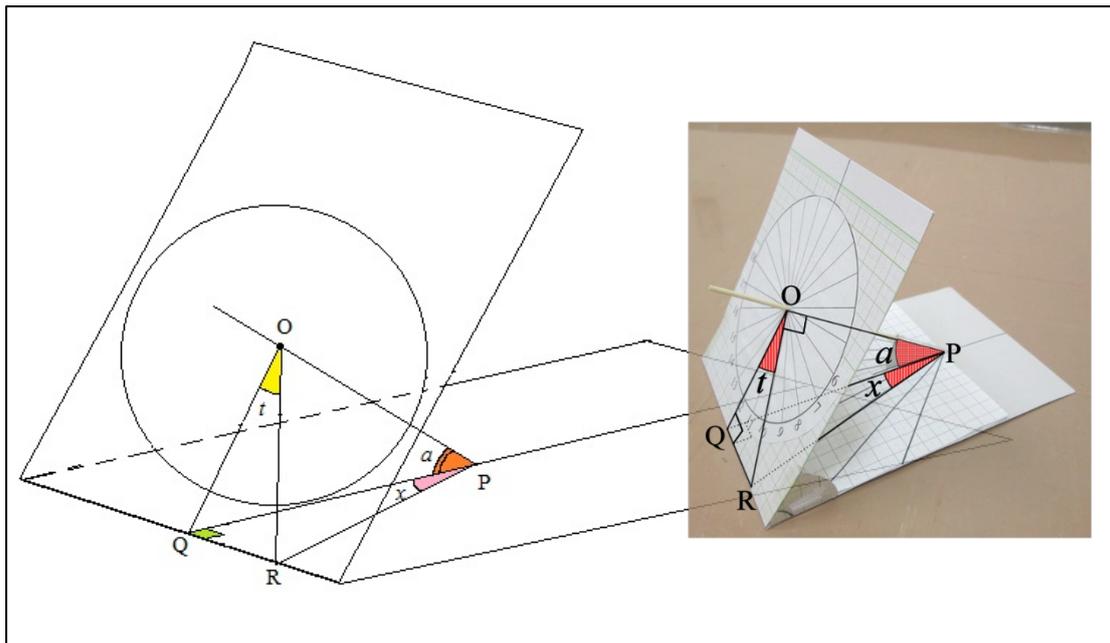


図 6 $\angle t$ から $\angle x$ を求める公式をつくる

その上で、水平型日時計の時刻盤をつくるためには、図 6 における $\angle t$ から $\angle x$ を求める公式をつくる必要があることを確認した。この公式は図 7 のように求めることができる。

<p>$\triangle OQR$ について、</p> $\frac{QR}{OQ} = \tan t$ $QR = OQ \cdot \tan t \quad \dots \textcircled{1}$ <p>、</p> <p>$\triangle OQP$ について、</p> $\frac{OQ}{QP} = \sin a$ $QP = \frac{OQ}{\sin a} \quad \dots \textcircled{2}$	<p>$\triangle QRP$ について、</p> $\frac{QR}{QP} = \tan x$ $QR = QP \cdot \tan x \quad \dots \textcircled{3}$ <p>①、②を③に代入して</p> $OQ \cdot \tan t = \frac{OQ}{\sin a} \cdot \tan x$ $\tan t = \frac{1}{\sin a} \cdot \tan x$ $\tan x = \tan t \cdot \sin a$ $x = \tan^{-1}(\tan t \cdot \sin a)$
--	---

図 7 赤道型日時計を基にして水平型日時計の時刻盤を製作するための公式

ここでは、空間において3つの三角形を見いだしてこれらの関係に注目することが求められる。数学教育においては空間図形に苦手意識を持つ生徒が多いという指摘はよくなされるが、この公式を求める過程においてこの課題に向き合うことになる点で意義があるといえるだろう。

生徒らにとって、この公式を導く過程が今回の教材において最も難易度の高いものとなった。この公式を導く過程に対して、いかに生徒に主体的に向き合わせるかが求められる。この課題に主体的に向き合わせるための手段として、交信授業は有効であったと示唆されることは本文でも述べた。

その後、図 8、9 のように公式に値を代入して電卓を用いて計算することによって、水平型日時計の時刻盤を完成させた。完成できたら、水平型日時計の時刻盤が正しく作製されているかを確認するために、水平型日時計の目盛と赤道型日時計の目盛の延長線が時刻盤と水平面の二平面の交線で一致しているかを確認した。

x の値を求めよう。

$$x = \tan^{-1}(\tan t \cdot \sin a)$$

$t, a (a = 34.5^\circ)$
を代入して計算

t (度)	x (度)
15	8.63
30	18.11
45	29.53
60	44.45
75	64.68
90	90

水平型日時計の時刻盤をつくろう

t (度)	x (度)
15	8.63
30	18.11
45	29.53
60	44.45
75	64.68
90	90

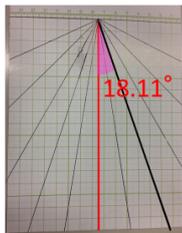


図 8/9 公式を用いて $\angle x$ を求めて時刻盤をつくる

最後、作製した水平型日時計を使用するためには、赤道型日時計の時刻盤をとりはずせばよいことを確認して、水平型日時計の完成とした。

参考文献

1. 守屋誠司・丹洋一(2001):「第IV章 幾何の公理と証明—論証の考え方とその利用—」
『中学校「選択数学」の新展開 3 第二学年の「選択数学」』, 明治図書, 56-77
2. 守屋誠司・丹洋一・宮本俊光(2010):「数学の授業における水平型日時計の扱いと授業実践の成果」, 玉川大学学術研究所『教師養成研究センター紀要』第 2 号

謝辞

本研究は、東北大学大学院情報科学研究科和田裕一准教授のご指導のもとで行うことができました。中学校・高等学校教員として京都での勤務，出産・育児，大学での研究を同時期に行うという環境でしたが，その環境を理解して頂き，長い目で研究を見守って頂きました。温かいご指導を賜りましたことを，ここに深く感謝の意を表します。

また，玉川大学教育学部守屋誠司教授には，学部生から現在に至るまで，継続して数学教育に関してご指導頂きました。教育実践については守屋教授のご指導がなければまとめることができませんでした。温かいご指導を賜りましたことをここに深く感謝の意を表します。

本研究をまとめるにあたり，東北大学大学院情報科学研究科の堀田龍也教授，篠澤和久教授，邑本俊亮教授には，多くのご助言を頂き，方向性を示して頂きましたことを深く感謝します。

また，東北大学大学院情報科学研究科リテラシー教育プログラムの諸先生方，関係各位にもご助言頂き，励まして頂きましたことを感謝します。

また，教育実験にあたり，元京都教育大学附属高等学校教諭の山本彰子先生方をはじめ，多くの先生方に関わって頂き，ご協力，ご助言を頂きました。また，京都教育大学佐々木真理准教授にはお忙しい中資料提供をして頂きました。本当に有り難うございました。

本研究の遂行，本論文の執筆は，以上の方々をはじめとする多くの関係各位によって支えられたものであり，ここに謹んで感謝の意を表します。