

平成22年3月24日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18500684
 研究課題名（和文） モバイル学習環境を活用した実験・観察型の数理教育の有効性に関する実証的研究
 研究課題名（英文） An empirical study on the effectiveness of mathematics education of the experiment / observation type using a mobile learning environment
 研究代表者
 佐伯 昭彦 (SAEKI AKIHIKO)
 鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・准教授
 研究者番号：60167418

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、モバイル学習環境を活用した実験・観察型の数理教材を開発し、その教育的有効性を実際の授業で明らかにすることである。研究期間内において、インターネットとハンドヘルド・テクノロジーを活用したモバイル学習環境を構築した。授業の内容は、遠隔地にいる2つのクラスの生徒が、協調学習を通して、歩く動作とグラフの関係を探究することである。授業を評価した結果、研究目的が達成できたことが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research is to develop the experiment / observation type of mathematical teaching materials which utilized a mobile learning environment, and to clarify the educational validity by actual lesson. Within the research period, we constructed the mobile learning environment which utilized the Internet and handheld computer technology. The contents of the lesson are that the students of two classes which are present in a remote place investigate the relation between a movement of walking and a graph, through cooperation study. As a result of evaluating the lesson, it became clear that the research's purpose has been achieved.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,100,000	0	1,100,000
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,500,000	720,000	4,220,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：数学教育，教育工学，数学的リテラシー，モバイル学習環境，科学教育

1. 研究開始当初の背景

学力低下について様々な教育的議論が行われる昨今、従来の暗記型詰め込み教育に対して、生徒が共同で学習する活動を通して自

らの力で知識を構成する協調学習の実践的成果が教育関係の関連学会等で報告されるようになってきた。

筆者らは、グラフ電卓、データ収集機(CBL: Calculator-Based Laboratory)と各

種センサ（距離，音，電流・電圧，温度センサなど）のハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学と物理との総合学習の実践研究を行い，生徒が共同で実験・観察する活動を通して，生徒自らの力で既習事項を関連づけながら問題解決できることを実証的に明らかにした．しかし，実験環境における時間的と物理的な制約により，①実験に必要な情報検索・収集，②実験データのコンピュータ保存，③実験報告書の作成，④遠隔地とのコミュニケーションによる協調学習，などの学習活動が実験中に行えないといった学習障害が課題として明らかになった．

これに対して，テクノロジーの発達により，PDA (Personal Digital Assistant) などの携帯情報端末の高機能（インターネット，データ処理・保存，文書・画像処理など）を活用したモバイル学習環境では，上記の課題が克服可能となり，国内外で実践研究が徐々に行われるようになってきた．このモバイル学習環境では，実験で収集したデータ・画像等をインターネットで送信・蓄積可能，しかも，実験中に情報検索・収集による調べ学習，さらに，遠隔地にいる生徒との協調学習も可能となる．しかし，我が国の中学校・高等学校における数理教育での実践例はなく，現場での活用を指向した実践的な研究が今後の課題である．

2. 研究の目的

本研究の目的は，モバイル学習環境を活用した実験・観察型の数理教材を開発し，その教育的有効性を実際の授業で明らかにすることである．本研究で開発するモバイル学習環境は，携帯情報端末としてコンパクトサイズのモバイル PC (Personal Computer) や PDA (Personal Digital Assistant)，さらに，携帯情報端末に接続するデータ収集機として LabPro と各種センサで構成されている．これにより，データ収集機を活用した実験・観察中に，インターネットを介して収集したデータと画像等を送信・蓄積可能となり，しかも，実験中に情報検索・収集による調べ学習，さらに，遠隔地にいる生徒との協調学習も可能となる．

3. 研究の方法

研究目的を達成するために，以下の3つの項目を相互に関連させながら研究を行う．

- (1) 実験・観察中に収集したデータと画像等を送信・蓄積，実験中に情報検索・収集による調べ学習，さらに，遠隔地にいる生徒との協調学習を可能とするモバイル学習環境を構築する．
- (2) インターネットとハンドヘルド・テクノロジーを活用した実験・観察型の数理教材を開発する．
- (3) 開発した教材を研究授業で実践し，その有効性を明らかにする．

4. 研究成果

(1) モバイル学習環境の構築

当初予定していた PDA とデータ収集機との接続は，米国で市販されている PDA と日本の PDA との OS が異なるために，日本語が表示できる環境での構築が無理であることが分かった．

次に，カメラ付きのモバイル PC にデータ収集機と距離センサを USB で接続し，米国 Vernier 社のアプリケーション Logger Pro3 を使うことで一連のデータ収集，解析，モデル化の活動ができるモバイル学習環境を構築した（図1）．Logger Pro3 は，西村（2006）が実践で使用した『運動くん』のように，モバイル PC のカメラで収録した動画からデータを収集する機能がある．一方，図1のように，モバイル PC で撮影した動画と，データ収集機とセンサで収集したデータとを連動させる synchronized Video Capture 機能を有するのが特徴である．



図1. モバイル学習環境の機器構成

モバイル学習環境は、いつでも何処でも実験データを収集できる利点がある。さらに、インターネット環境を活用することにより、①情報検索・情報収集による調べ学習、②遠距離の生徒とのコミュニケーションによる協調学習、③実験データ・静止画・動画の送信・蓄積、など、これまでの実験環境では実現できなかったことが可能となる。

実際には、ボールの落下運動、ボールの跳ね返り運動、さらに振り子の運動の教材を開発した(図2)。しかし、Logger Pro3のユーザーインターフェースが複雑なため、モバイルPCの小さな画面では授業で使えないことが分かった。

以上の結果により、ノートパソコン、インターネットとデータ収集機等を活用した環境で研究を進めることにした。

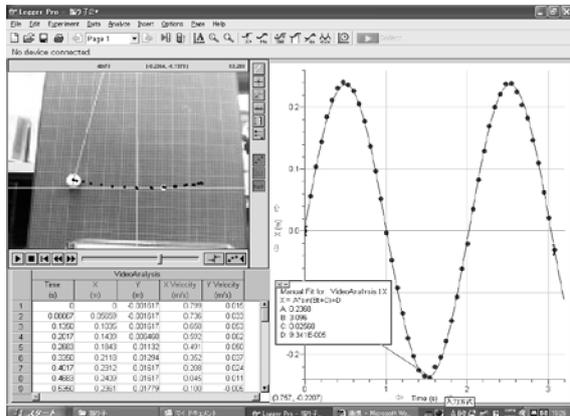


図2. 振り子の実験のデータと数学モデル

(2) インターネットを活用した実験・観察型の数理教材を開発

インターネットとハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学と物理との総合学習の教材を実践レベルまでに改良した。授業内容は、距離センサの前を生徒が歩いて時間と距離を表すS-Tグラフ(時間と距離のグラフ)を作成する実験・観察型の探究活動を、遠隔地の2校で同時に行う実践である。まず、最初に両校の生徒は、与えられたS-Tグラフを描くように距離センサの前を歩くことを求められ、実験と観察を繰り返しながらS-Tグラフを作成する方法を習得する。次に、遠隔地にいる2グループの生徒たちが、自分たちの歩いた映像を相手校に送り、相手が歩いた結果のS-Tグラフをお互いに回答する。最後

には、自分たちの歩いた様子を言葉や文章で表現しグループに伝え、相手が歩いた結果のS-Tグラフをお互いに回答する。この授業により、生徒が歩いた現象の変化をグラフに表現する能力と、グラフから現象の変化を捉える能力が育成されると考えられる。また、歩いた様子を言葉や文章で表現し遠隔地の生徒に伝え回答しあうといった強調学習を通して、歩く場面における数量(時間と距離)の関係を概括的に捉える能力が育成できると考えた。

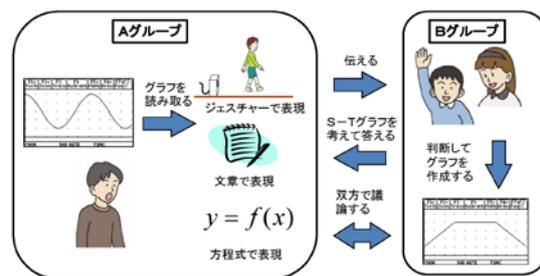


図3. 実験・観察型の数理教材の概念図

(3) 研究授業の実践

①実施クラスの概要

[対象生徒]岡山県立備前緑陽高等学校3年生19名

[授業者]末廣聡(研究協力者),佐伯昭彦

[実施日]平成21年9月15日

[使用機材]グラフ電卓(6),CBL(6),距離センサ(6),パソコン(2),プロジェクタ(2),マイク(2),スピーカ(2),ビデオカメラ(2),ボイスレコーダ(4)

[グループ]4グループ

[遠隔クラスの構成]2つの教室に分かれた4つのグループが、インターネット経由でビデオ通話が可能であるSkypeによる双方向の協調学習を行った。

②授業の概要

・導入(10分)

1つの教室で授業の趣旨と課題の説明を行った。その後、2つの教室(A教室,B教室)に分かれた。

・課題1のオリジナルグラフの作成(14分)

グループで相談し、相手のグループに出題するグラフと歩き方を考え、実際にハンドヘルド・テクノロジーを使って歩き、考えた通りにグラフが得られるかを確認した。

・課題1の出題と回答 (18分)

最初に A 教室の 2 グループがオリジナルグラフの動作をインターネットの Skype で伝え、B 教室の 2 グループが送られてきた動作を見てグラフを紙に書き Skype で回答し、A 教室がその採点をした。次に、B 教室の 2 グループが出題し、A 教室の 2 グループが回答した。

・課題1の振り返り (3分)

相手のグループの回答結果を振り返り、動作の伝え方と相手の受け取りについてのコメントを作成した。

・課題2のオリジナルグラフの作成 (15分)

グループで相談し、相手のグループに出題するグラフと歩き方を考え、歩いた様子を文章で表現した。

・課題2の出題と回答 (13分)

最初に A 教室の 2 グループが歩いた様子の文書をインターネットの Skype で伝え、B 教室の 2 グループがグラフを紙に書き Skype で回答し、A 教室がその採点をした。次に、B 教室の 2 グループが出題し、A 教室の 2 グループが回答した。

・授業のまとめ (14分)

1つの教室に集まり、本授業の振り返りをおこなった。さらに、相手に S-T グラフを文章で伝えるために必要なキーワードをクラス全体で考察した。

③授業の評価

・相手の動作をグラフ化する課題

4つのグループの中で、3グループが正しくグラフ化できたと生徒たちは自己評価した。その内の2グループが、より正確なグラフを把握するためには、時間を測定しながら相手の動きを観察する必要があることを反省した。これは、相手の動作の距離に関しては映像から伝わってくるので y 軸方向のグラフの形状は良いが、x 軸方向のグラフの形状が若干違っていたのは、時間に関しては映像から伝わってこないのが感覚的にグラフをかいたためと生徒は判断した。

・動作を表現した文章をグラフ化する課題

4つのグループの中で、3グループが正しくグラフ化できたと生徒たちは自己評価した。正しくグラフ化できなかった原因をク

ラス全体で考察した結果、伝わってきた文章の中で「早く小さく移動する」という曖昧な個所があったことが原因として挙げられた。また、グラフを正確に伝えるための文章に必要なキーワードを考察した結果、①移動の距離と時間、②止まるなどの動作説明、③スタート地点とゴール地点、④文章を分かりやすく簡単に表現する、といったキーワードが挙げられた。

・事前調査と事後調査の結果

この授業により、生徒が歩いた現象の変化をグラフに表現する能力と、グラフから現象の変化を捉え文章に表現する能力が向上したかどうかを検証するために授業の前後に調査を行った。

まず、生徒が歩いた現象の変化をグラフに表現する能力に関する調査は、国立教育政策研究所(2006)が実施した特定の課題に関する調査の「水槽の問題」を使用した(図4)。

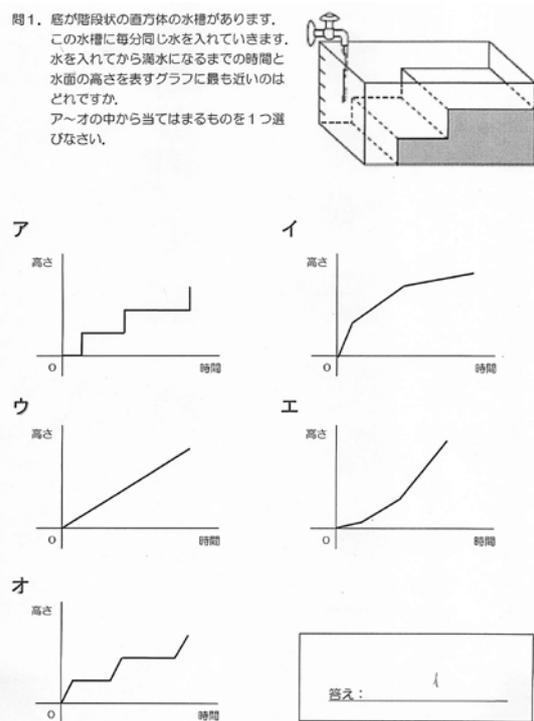


図4. 水槽の問題(国立教育政策研究所 2006)

本授業での歩く実践と水槽の問題は、時間とともに変化する現象は異なるが、どちらも変化する現象をグラフ化する能力が必要であるため調査問題として取り扱った。表1に事前と事後の調査結果を示す。この結果から、

正しい「イ」を選択した生徒は、事前調査の9名から事後調査13名に増えたことが分かった。また、事前調査で誤答が多かった「オ」を選択した生徒は、事前調査が7名で、事後調査が1名であり、6名減ったことが分かった。「オ」を選択する生徒は、水深の変化を水槽の形状で判断することが誤りの原因であると考えられる。本授業の実施により、現象の形状で判断する生徒が大幅に減り、正しいグラフを選択した生徒が増えたことから、本授業が現象の変化をグラフ化する生徒の能力を向上させたと言える。

表1. 「水槽の問題」の調査結果

	ア	イ	ウ	エ	オ	無答
事前	0	9	0	3	7	0
事後	0	13	1	2	1	2

次に、グラフから現象の変化を捉え文章に表現する能力の調査は、図5に示すダイアグラム（新訂算数6年上、啓林館、平成8年度用、p.106）に示されている列車の運行状況を文章で表現する問題を使用した。

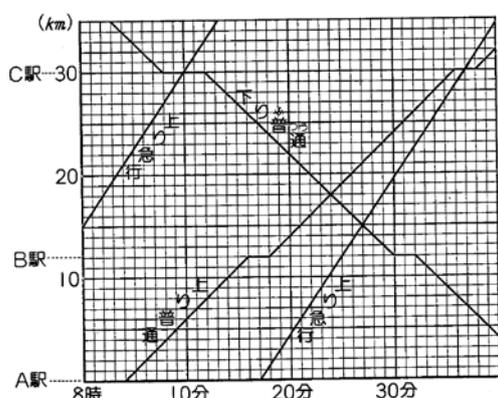


図5. ダイアグラムを文章で表現する問題

生徒が記述した文章の評価方法は、グラフを正確に伝えるために必要なキーワード（距離、時間、動作など）を採点基準として得点化し、事前と事後調査の変容を分析する予定である。詳細な評価は、現在分析中であるが、事前調査で「分からない」や無記入であった9名の生徒の中で、6名の生徒が事後調査で幾つかのキーワードを使って現象を文章化

していた。この結果から、グラフから現象の変化を捉え文章に表現する能力が向上した生徒がいたことが明らかになった。

・生徒の感想

授業後の生徒の感想は、全ての生徒が好意的であった。

例えば、「2つの教室を通して授業をしてみて、カメラを通してグラフを伝えたりするのはなかなか難しいと思った。でも、意外と伝わって正確なグラフが書けてたから良かった。不思議な授業だったけど、楽しかった。」のように表現することの難しさを記述している生徒は19人中の8人であった。また、「できるとは思えなかった」と記述した生徒が1名、「わからなかった」と記述した生徒が3名いた。このように否定的な表現を記述した生徒は、12人であった。しかし、否定的な記述をした生徒の中で「できた」という内容を記述した生徒が5名、「わかった」ということを記述した生徒が2名、「楽しかった」ということを記述した生徒が4名、「グラフを読みとる力が増した」と記述した生徒が1名であった。つまり、「難しい」など否定的な意見を記述した全員の生徒が、「できた」などの肯定的な意見も記述していることが分かった。

次に、「スカイプを使うのは初めてで、楽しかった。人に口で伝えたりするのは、すごく難しかった。グループの人みんなでグラフを考えるのは大変だったけど協力してできてよかった」のように、グループによる実験・観察型の協調学習の良さを記述している生徒がいた。例えば、「自分たちで動いて考えた」といった内容を記述した生徒が3名、「協力して考えた」といった内容を記述した4名いた。

さらに、「文章を見てグラフを書いた経験を活かして、普段の生活でも必要な条件をきちんと伝えられるようにしたいと思いました。」のように、今回の授業の内容だけでなく、普段の生活においても人に伝えるための表現力の大切さを記述した生徒が2名いた。

・伝えあう学習環境の評価

今回の研究授業では、2つの教室に分かれた4つのグループが、インターネット経由でビデオ通話が可能であるSkypeによる双方向

の協調学習を行った。生徒のアンケートに Skype のことを記述した生徒は6名であった。何れの生徒も、Skype を使った授業の楽しさや凄さについて記述していた。しかし、生徒たちが表現したジェスチャーを繰り返し観察することができない制約、さらに、生徒が記述した文章が映像では見づらい原因により、協調学習がスムーズに行えない課題が見受けられた。このため、コンピュータの画面上にリアルタイムの映像に加えて、ジェスチャー映像が繰り返し観察できる再生機能とテキストを送ることができる機能を備えた学習環境の構築が今後の課題となった。

以上の結果により、生徒が歩いた現象の変化をグラフに表現する能力と、グラフから現象の変化を捉える能力が育成できたと考える。また、歩いた様子を言葉や文章で表現し遠隔地の生徒に伝え回答しあうといった協調学習を通して、歩く場面における数量（時間と距離）の関係を概括的に捉える能力が育成できたと考える。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計1件）

- ①佐伯昭彦、氏家亮子、土田理、末廣聡、「事象の変化とグラフをつなぐ数学的リテラシーを育成する教材に関する一考察 - 歩く様子と S-T グラフとの関係を考察する教材開発-」、日韓国際数学教育セミナー2009 論文集、鳴門教育大学、査読なし、2009、pp. 129-134.

〔学会発表〕（計5件）

- ①佐伯昭彦、氏家亮子、土田理、末廣聡、「事象の変化とグラフをつなぐ数学的リテラシーを育成する教材に関する一考察 - 歩く様子と S-T グラフとの関係を考察する教材開発-」、第41回数学教育論文発表会、2008年11月2日、筑波大学。
- ②土田理、氏家亮子、末廣聡、佐伯昭彦、「ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学と物理との総合学習(5) - 物体の運動測定記録タイマー vs. 超音波距離センサー

-」、日本科学教育学会第32回年会、2008年8月23日、岡山理科大学。

- ③佐伯昭彦、氏家亮子、土田理、「モバイル学習環境における実験・観察型の数理教材の開発について」、第40回数学教育論文発表会、2007年11月4日、東京理科大学。
- ④氏家亮子、佐伯昭彦、土田理、佐藤一、「ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学と物理との総合学習(4)」、日本科学教育学会第31回年会、2007年8月18日、北海道大学。
- ⑤氏家亮子、佐伯昭彦、土田理、佐藤一、「ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学と物理との総合学習(3)」、日本科学教育学会第30回年会、2006年8月18日、筑波学院大学。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐伯 昭彦 (SAEKI AKIHIKO)

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・准教授

研究者番号：60167418

(2) 研究分担者

土田 理 (TSUCHIDA SATOSHI)

鹿児島大学・教育学部・教授

研究者番号：10217325

氏家 亮子 (UJIIE AKIKO)

金沢工業高等専門学校・一般教科・准教授

研究者番号：30280382

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

末廣 聡 (SUEHIRO SATOSHI)

岡山県立備前緑陽高等学校・教諭