

数学的表現力に対する電子黒板の効果

佐藤 愛・菊地 則行

1. はじめに

1.1. 研究の背景

教育の情報化の柱の一つとして ICT を利用した教科指導が進んでいる。とくに、電子黒板の利用が学校現場で広がっている。電子黒板の特徴は、静止画・動画の提示、画面への書き込み・訂正・保存、教師と児童生徒との双方向のやり取りなどをコンピュータの存在・操作をほとんど意識することなく簡単にできることである。たとえば、説明者（教師・児童生徒）が電子黒板に書き込みながら説明することで、聞き手（児童生徒）との共通理解が促進される [5] などが報告されている。また、説明者が電子黒板の画面の前で説明ができるので、聞き手の視線を説明画面に集めやすく、聞き手の注意力や興味を引きつけやすい [3] [4] なども報告されている。このように、電子黒板の特徴を活かすことが、授業の新たな可能性を広げつつある。

学校教育において、数学的な表現力を高めていく必要が強調されている。2008 年の中央教育審議会答申の数学科における改善の基本方針では、「根拠を明らかにし筋道をたてて体系的に考えることや、言葉や数、式、図、表、グラフなどの相互の関連を理解し、それらを適切に用いて問題を解決したり、自分の考えをわかりやすく説明したり、互いに自分の考えを表現し伝え合ったりする」教育の充実が強調されている。そして、その答申を踏まえた新学習指導要領では、「事象を数理的に考察し表現する能力を高める」ための改善が図られた。答申や新学習指導要領の背景には、経済協力開発機構の PISA 調査や全国学力・学習状況調査で、日本の子どもたちは数学的な表現力を用いて筋道を立てて自分の考えを説明することが弱いという課題が浮き彫りになったことがある。

1.2. 数学的表現力

数学的表現力とは、図・記号・言語などを用いて事象を数理的に伝える力である。このように定義されるのは、数学教育では、言葉や式、図、表、グラフなどの表現方法が用いられているからである。たとえば、中原（1995）はこれらの表現方法を次の 5 つ表現様式として分類している。 [6]

表 1 数学的な表現様式

表現様式	内容
現実的表現	実際の状況、実物による表現
操作的表現	具体的な動的操作による表現
図的表現	絵、図、グラフなどによる表現
言語的表現	日常言語や数学に関する用語を用いた表現
記号的表現	数字、文字、演算記号などを用いた表現

数学的表現力には能力と意欲の2つの側面がある。能力には、表1のように5つの表現様式がある。これらを効果的に用いることにより表現する力を高めていく。意欲には、活動中に形成される意欲と活動後に形成される意欲がある。活動中に形成される意欲は、その時の活動を支える。それらは充実感や楽しさとして意識される。活動後に形成される意欲は、その後の活動を引き起こす。それらは挑戦と工夫として意識される。

このような数学的表現力を高める教育方法の開発は重要な教育課題である。その方法として、電子黒板をはじめとしたICTを活用した方法の開発が考えられる。しかし、数学的表現力の発達に対する電子黒板利用の効果はまだ明らかになっていない。そこで、本研究ではこの点を検討する。

1.3. 研究目的

本研究の目的は、電子黒板を利用した説明が、数学的表現力のどのような側面の発達に効果があるかを調べることである。具体的には、電子黒板の作表・書き込み機能を利用して数学の内容を説明することが、説明者の数学的表現力の能力と意欲の側面を発達させるのに効果があるかどうか検証することである。なお、本研究で取り上げる数学的表現力は図的表現と記号的表現の2つである。その理由は、図的表現と記号的表現は、電子黒板の特徴である作表・書き込み機能を効果的に活用できる表現様式だからである。また、使用する教材は中学校の教材である。研究結果を中学校数学教育に生かすためである。

2. 方法

2.1. 実験デザイン

数学的表現力の能力と意欲の側面に対する電子黒板を用いた説明の影響力を調べるために、次のような場面設定での実験を行った。その場面設定とは、数学の授業で生徒（説明者）が他の生徒（学習者）に対して問題の解き方を説明するというものであった。実験内容は、4人の説明者が与えられた数学の課題の解き方を学習者に説明するというものであった。説明者は、1回目はホワイトボードを使用した説明、2回目は電子黒板を使用した説明を行った。また、4人の説明者のうち2人は図的表現だけで説明した（図的説明）。他の2人は記号的表現だけで説明した（記号的説明）。実験のデザインを表2に示した。

表2 実験デザイン

生徒	ホワイトボード	電子黒板
E1	課題1 (1) × 図的	課題1 (2) × 図的
E2	課題2 (1) × 図的	課題2 (2) × 図的
E3	課題1 (1) × 記号的	課題1 (2) × 記号的
E4	課題2 (1) × 記号的	課題2 (2) × 記号的

2.2. 参加者

説明者4人、学習者18人の計22人（会津大学3年生）。全員が教職課程履修中の学生であった。

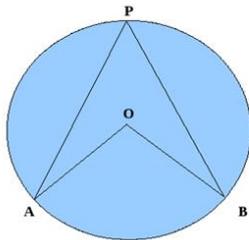
2.3. 課題内容

課題は中学生2、3年生で学習する数学の内容であった。課題1は円周角の定理を証明する問題、課題2はブーメランの定理を証明する問題であった。それぞれの課題には小問が2つあり、課題内容は図1に示した。

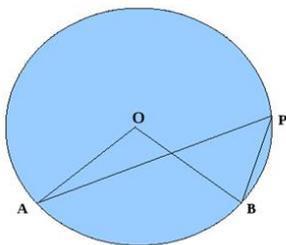
図1 課題内容

【課題1】

①下の図の円Oにおいて円周角の定理の証明をなさい。

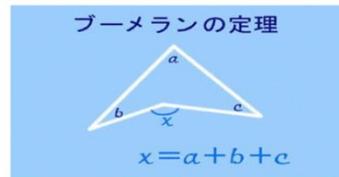


②下の図の円Oにおいて円周角の定理の証明をなさい。



【課題2】

① 下の定理を証明しなさい。



② 下の定理を証明しなさい。



2.4 実験の手続き

2.4.1 予備調査

説明者の4人を選ぶために、実験前に参加者22人全員に事前アンケートに回答してもらった。説明者の説明技術を均等にするために、事前アンケートで「説明をすることが得意」、「説明をすることが好き」、「説明をする経験が多い」と答えた者を選んだ。

2.4.2 説明会

説明者には実験前に電子黒板の機能・操作を説明し、操作練習時間を設けた。その際に、図的表現あるいは記号的表現だけで説明してもらうことを伝えた。

2.4.3 実験

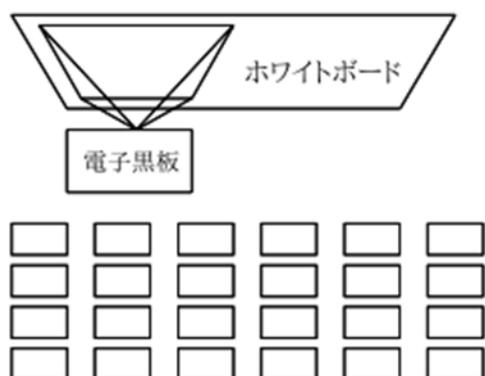
実験は2012年12月4日に行った。場所はS7教室。まず、学習者全員に対して実験の大まかな内容と流れを説明した。その後、4人の説明者が順番に説明を行った。説明時間は1人15分程度とした。1人の説明者の説明が終わるたびに当該説明者には2.5.1で述べる自己評価アンケート・インタビューに、学習者には2.5.2で述べる他者評価アンケートに回答してもらった。

2.5 実験環境

2.5.1 授業環境

本実験の授業環境を図2に示した。

図2 授業環境



2.5.2 使用した電子黒板とソフトウェア

本実験で使用した電子黒板は、EB-45WT。使用したソフトウェアは、Pen Plus for EPSONであった。利用した機能は以下の通りであった。

- ・電子ペンによる自由な図形
- ・文字の描画
- ・ペンの種類，色，太さの変更
- ・図形や画像の取り組み
- ・図形や画像の移動
- ・描画した文字，図形の消去
- ・一つ前の動作に戻る，一つ先の動作に進む
- ・ページの追加

2.6 分析方法

2.6.1 自己評価アンケートとインタビュー

各説明者に説明後に以下のような自己評価アンケートへの回答を求めた。自己評価アンケート（表3）は、数学的表現力の能力に関わる2項目と意欲に関わる4項目で構成されていた。各項目は4段階評定（4. 電子黒板，3. どちらかというとき電子黒板，2. どちらかというときホワイトボード，1. ホワイトボード）で評価させた。アンケート記入後に、各項目の理由をインタビュー形式で調査した。

表3 自己評価アンケート

①図的説明・記号的説明がしやすかったのは。（難易度）
②図的説明・記号的説明がより上手くできたのは。（上達度）
③説明をしているときに充実感が増したのは。（充実感）
④説明をしているときにより楽しかったのは。（楽しさ）
⑤これからも説明に取り組んでいきたいと思わせてくれたのは。（挑戦）
⑥これからも説明の仕方を工夫していきたいと思わせてくれたのは。（工夫）

2.6.2 他者評価アンケート

各説明者の説明が終わるたびに、学習者全員にその説明者について以下のような評価アンケート（表4）への回答を求めた。この他者評価アンケートは、まず数学的表現力の能力に関わる1項目と意欲に関わる1項目からなっていた。各項目は4段階評定（4. 電子黒板, 3. どちらかというとき電子黒板, 2. どちらかというときホワイトボード, 1. ホワイトボード）で評価させた。また、ホワイトボードの説明と電子黒板の説明の比較と、電子黒板の便利な機能についての回答も求めた。

表4 他者評価アンケート

- a. ホワイトボードと電子黒板を使った説明の違いは。
- b. 理解しやすかった説明は。（わかりやすさ）
- c. 興味を引いた説明は。（興味・関心）
- d. 説明を聞くとときに、電子黒板の便利な機能は。

3. 結果

3.1. 図的表現に関する結果

自己評価アンケート調査項目は設問①, ②が能力の側面, 設問③, ④, ⑤, ⑥は意欲の側面を評価する項目であった。また、他者評価アンケート調査項目の設問bが能力の側面, 設問cが意欲の側面を評価する項目であった。下記の記号的表現の質問項目も同様である。

図的説明の結果とその理由を表5に示した。評定は、電子黒板を4点, どちらかというとき電子黒板を3点, どちらかというときホワイトボードを2点, ホワイトボードを1点として集計した。

表5から、能力の側面では設問①, ②ともに平均値が1.0, 設問bでは平均値が2.4で、ホワイトボードが電子黒板を上回った。意欲の側面では平均値が設問④では3.0, 設問⑤では4.0, 設問⑥では4.0, 設問cでは2.9で、設問③以外のすべての項目で、電子黒板がホワイトボードを上回った。

3.2. 記号的表現に関する結果

記号的説明の結果とその理由を表6に示した。設問①, b以外のすべての項目で電子黒板がホワイトボードを上回った。平均値が設問②では3.5, 設問③では3.0, 設問④では3.5, 設問⑤では4.0, 設問⑥では3.5, 設問cでは2.8であった。

表5 図的表現

	設問群	平均	標準偏差
能力	①難易度	1.0	0.0
	②上達度	1.0	0.0
	b わかりやすさ	2.4	0.9
意欲	③充実感	2.0	1.4
	④楽しさ	3.0	1.4
	⑤挑戦	4.0	0.0
	⑥工夫	4.0	0.0
	c 興味・関心	2.9	0.8

表6 記号的表現

	設問群	平均	標準偏差
能力	①難易度	2.5	0.7
	②上達度	3.5	0.7
	b わかりやすさ	2.0	0.9
意欲	③充実感	3.0	0.0
	④楽しさ	3.5	0.7
	⑤挑戦	4.0	0.0
	⑥工夫	3.5	0.7
	c 興味・関心	2.8	0.8

4. 考察

本研究では、数学的表現力の図的表現と記号的表現の2つに対する電子黒板の効果を検討した。

図的表現における能力の側面で効果が見られなかった理由として挙げられたのは、説明者が電子黒板の操作に不慣れだったことと、電子黒板の機能の問題であった。つまり、説明者は今まで電子黒板を使用したことがなく、実験前の一回の練習だけで説明を行ったので、電子黒板をスムーズに使えなかった。また、電子黒板の機能の問題とは、説明時に説明者の影が投影画面に映ってしまうこと、電子ペンの先と文字がずれてしまうことであった。そのため、説明者はホワイトボードを使用したときよりも、電子黒板を使用したときの方が上手く説明できなかった。

図的表現における意欲の側面、とくに効果が顕著に表れた「挑戦」と「工夫」の面での理由として挙げられたのは、手書きよりも正確な図を作成出来ること、電子黒板を使いこなして上手な説明をしたいこと、多様な機能を使って説明を工夫してみたいことなどであった。つまり、このような電子黒板の特徴を使用することが、説明をする意欲を起こさせ、説明に対して前向きな姿勢を作らせたと考えられる。

記号的表現における能力の側面で「難易度」と「わかりやすさ」の面での効果が見られなかった理由として挙げられたのは、図的説明と同様に電子黒板の操作の不慣れ、電子黒板の機能の問題であった。さらに、式を多く用いる記号的説明では書くスペースが電子黒板上に足りなかったことも理由として挙げられた。このことは、多くの文字・式を板書する必要がある記号的説明の特徴が表れた結果だと考えられる。

記号的表現における能力の「上達度」の側面と意欲のすべての側面で効果が見られた理由として挙げられたのは、正確な図を作成できること、様々な色を使い分けられること、説明に対して様々な工夫が出来ることなどであった。これらのことが、説明する意欲を起こさせ、説明に対して前向きな姿勢を作らせたと考えられる。

以上のように、電子黒板を利用した説明は、数学的表現力の図的表現・記号的表現の意欲の側面を高めることに効果がある。先行研究（たとえば [7]）によると、電子黒板の利用は児童生徒の学習意欲などの情意面への影響が大きいことが分かっている。このことは本研究の結果と一致している。

また、能力の側面に効果が見られなかった主な理由の一つは、電子黒板の操作の不慣れの問題があった。電子黒板を用いて数学的表現力を高めていくためには、電子黒板の操作能力・経験が不可欠である。電子黒板の機能・特徴の発揮は、当然のことながら使用者（説明者）の操作能力に依存するからである。

5. 今後の課題

数学的表現力の能力の側面に対する電子黒板利用の効果を明らかにしていくことが今後の課題である。能力の側面には効果が見られなかった理由として挙げられた電子黒板操作の不慣れや電子黒板機能の問題を解決したうえで、能力の側面に対しての効果を明らかにしていきたい。

さらに、現実的表現・操作的表現・言語的表現の3つについても電子黒板を利用することの効果を検討していきたい。

※本論文は、佐藤愛（学部4年生・当時）が菊地則行の指導のもと2012年度に会津大学に提出した卒業論文を、菊地が修正・加筆したものである。

参考・引用文献

- [1] 文部科学省 新学習指導要領
www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/index.htm
- [2] 文部科学省 中学校指導要領解説数学編
www.mext.go.jp/component/a_menu/.../1234912_004.pdf
- [3] 中橋 雄, 寺島 浩介, 中川 一史, 太田 泉 (2010) 電子黒板で発表する学習者の思考と対話を促す指導方略 日本教育工学会論文誌 33 (4) : 373-382
- [4] 佐藤 弘毅, 赤堀 侃司 (2005) 電子化黒板に共有された情報への視線集中が受講者の存在感および学習の情意面に与える影響 日本教育工学会論文誌 29 (4) : 501-513
- [5] 稲垣 忠, 嶺岸 正勝, 佐藤 靖泰 (2008) 算数科授業での児童の説明場面における電子黒板の影響 日本教育工学会論文誌 32 (Suppl - .) : 109-112
- [6] 中原 忠男(1998)「算数・数学教育における構成的アプローチの研究」聖文社
- [7] 「電子黒板の活用により得られる学習効果に関する調査研究」検討委員会 (2010) 電子黒板の活用により得られる学習効果に関する調査研究報告書