

一枚の紙から作る小冊子を数学の学習に導入した効果の研究[†]

山崎 貴史*・藤平 秀行**
 栃木県立鹿沼東高等学校*
 宇都宮大学教育学部**

国際調査の結果、我が国では諸外国に比して数学に対する自信のない生徒が非常に多いことが明らかになった。このような生徒が入学してくる高等学校において「わかりやすい授業」を実現するため、PCやスライドショーによる解説を補助する新教材「一枚の紙から作る小冊子」を普通科高校2年生に対して導入し、その効果を検証した。その結果、小冊子はプリントに比べて保存率が高く、特に数学に対する自信がないレベルの生徒の支持率が高くなることから、従来の教材にはない優位性があることが示された。

キーワード： 数学教育，教材開発，高等学校，わかりやすい授業，PCを活用した授業，小冊子

1. はじめに

国際数学・理科教育動向調査^[1] (TIMSS2007) 結果によると「算数・数学到達度」は得点平均および得点分布とも依然として国際的に高い水準にあるといえる。

<得点平均の国際順位>

小4 3/36位 中2 5/49位

しかし「算数・数学の勉強に対する自信」では国際平均を大きく下回り、調査国のなかではほぼ最下位である。

<算数・数学の勉強に対する自信の国際順位>

小4 32/36位 中2 48/49位

つまり「問題は解けるが自信がない」生徒達が高等学校で数学を学んでいるのである。

また、高校生に対する学習基本調査^[2] (benesse) によると、授業の受け方として約94%が「黒板にかかれたことをきちんとノートにとる」と回答し、好きな学校の勉強方法として、約83%が「黒板を使いながら教えてくれる授業」と回答している。数学の勉強に対する自信を回復するために「わかりやすい授業」を実現することは、特に数学において最重要課題であるといえる。

これまで筆者自身も高等学校の教諭として「わかりやすい授業」を実現するため、従来の授業形態(教

科書+板書が主)に加えて、プレゼンテーションソフトやグラフ描画ソフトによるデジタル教材を活用した授業(図1)を約10年実践し、わかりやすいと評価されるようにはなった。しかし、スライドが先に進んでしまいノートがとれない、目が疲れる、字が小さく見づらいなど解決すべき課題も残った^[3]。

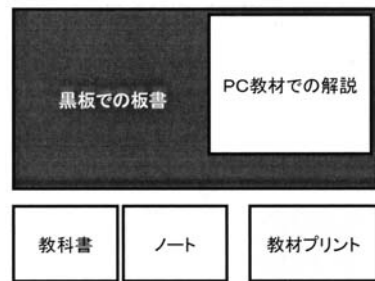


図1 デジタル教材を活用した授業（概略図）

また、通常授業や課外授業で使用する教材として最も使用頻度の高いプリントであるが、保存状況はあまり良くない(図2)。調査校においては50%以上の生徒が、何らかの理由によって授業で配布されたプリントを保存していないのである。

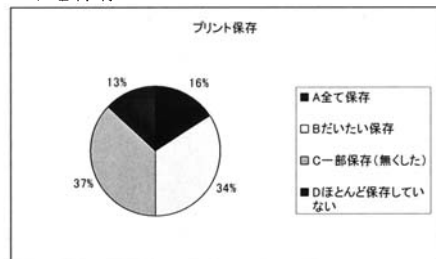


図2 本研究の試行調査時における保存状況

[†] Takashi YAMAZAKI*, Hideyuki FUJIHIRA**:
 Introducing "booklet made with a sheet of paper"
 in the mathematics lesson.

* Kanumahigashi High School

** Faculty of Education, Utsunomiya University

これらの課題を解決しつつ、よりわかりやすい授業を実践するために、PCによる解説内容を生徒の手元に残すことができる新しい教材「小冊子」を導入することを考案した。

2. 先行研究

米国の全米数学教師協議会(NCTM)が2000年に公表した「学校数学のための原則とスタンダード」^[4]の勧告は、すべての生徒が大切な数学的概念とプロセスは理解を伴って学ぶべきであるという信念に基づいている。この中で質の高い数学教育の際だった特徴として原則を定義し、公正、カリキュラム、教授、学習、評価、テクノロジーの6つの原則について取り上げている。

このうち特に公正の原理は他の原則との関わりも深くおよそ中核をなすものである。我が国の学習指導要領とも矛盾することはなく、すべての学校および教師が持つべきビジョンともいえる。また、テクノロジーの原則は公正を成し遂げるのを助けることができ、生徒を引きつけるのに効果的であるとしている。この効果をすべての生徒が享受できるように配慮していかなければならない。

多くの生徒が「自信がない」とする数学に対して、これまでの教授法や教材にこだわりすぎでは、この原則に反することになることは明らかである。生徒の学習への期待を高めることができる授業を実現するために、生徒の学習を支援するための効果的な方法や教材を開発することは数学教育にとって最重要課題であるといえる。

竹村(1981)^[5]は板書事項の一部などを書き込みしやすく空欄にして印刷してある学習プリントを従来のノートに代わって導入した。この方法は学習意欲の低い生徒でも「授業の要点をおさえる」、「ノートをとる時間を軽減し、説明をよく聞ける」ことなど、多くのメリットがあることが示された。

吉野ら(2003)^[6]は問題解決の過程を記入する「吹き出し」のあるプリントで学習をした者は自分の考えなどを整理して書くことにより、メタ認知的モニタリングを促進され学習内容を明確に理解できるようになることから、テストの成績も高くなるであろうことを仮説として、これを検証した。その結果、特に成績下位群にその効果が認められたことが示された。

阿部(2006)^[7]は「黒板講義」と「スライド講義」についてそれぞれの利点と問題点を踏まえ、「スライド講義を行い、かつ数学的論理展開を学生に直接書かせることで講義内容の理解を求める教授方法」を提案した。この手法を適用した結果、8割以上の生徒が満足しながら受講していたことが示された。

和田(2006)^[8]は数学の問題を解決するにあたり、その解法を数値や手順まで含めて一字一句丸暗記するのではなく、公式や式変形をする理由や解法パターンを理解して覚える「理解型暗記」を提唱した。そもそも数学を苦手とする者は、推論のベースとなる知識の絶対量が不足しているため、問題解決のための「思考」や「試行」ができないことが致命的である。これを解消するために「理解型暗記」によって得た知識(解法パターン)を増やし、問題解決ができるようになっていくことで数学の成績が向上していくとしている。

3. 研究の目的

前章で述べたNCTMの提唱した原則に則り、これまで以上に「わかりやすい授業」を実践するために、授業や講義において黒板に直接あるいはスクリーンに投影したデジタル教材を生徒の手元に残すことができる新しい教材が必要である。

この新しい教材は、例えばプレゼンテーションソフトの配付資料印刷機能でただ単にスライドをレイアウトして印刷したものではなく、竹村が導入した空欄や吉野らが導入した吹き出しを活用して、生徒が学習内容を容易に記録することができ、授業のポイントを把握することができる工夫が必要である。

また、阿部が実践した解法の手順や数学的論理展開を生徒自らの手で「書いて理解させる」手法を取り入れることにより、和田の提唱する「暗記型理解」を促進することに加えて、従来のプリント教材の課題を克服できるよう、以下の3つの条件を備える新教材でなくてはならない。

条件① 情報の体系化

複数のプリントに分散して配布していた情報をある程度まとまった単位に集約し、体系的な知識の蓄積を可能にする。

条件② 可搬性の向上

配布する資料の枚数を大幅に削減することで検査しやすくする。場合によっては自宅や学校への運搬を容易にする。

条件③ 知的財産物としての価値向上

生徒自身の手を加えることによって自己の所有物としての価値が向上され、紛失しにくく捨てにくい自分だけの資料になる。

これら条件を備えた新教材として、小冊子はPCによるスライドショーを用いた授業で、解法パターンや式変形が明記された解説を、生徒が書き込む空欄や吹き出しがある資料とした。

- この小冊子は以下の特長を有する。
- スライド教材が生徒の手元に残る
 - テーマ毎にまとまったブック形式である
 - 解説に使用したスライドの空欄や吹き出しに書き込むことで自分だけの参考書になる（資料の個性化により捨てにくい資料になる）
 - 1枚の紙から製本できるので配布が容易である
 - 自分の手で作るおもしろさがある
- この小冊子を導入する効果について、以下の仮説をたてた。

小冊子は解説スライドの記録が容易なこと、持ち運べること、自分だけの資料となることにより、生徒の学習を支援することができ、プリント教材よりも保存率は高くなる。

本研究はこの仮説を立証するために、小冊子を導入した授業を実践し、その効果を調査・検証したものである。

4. 小冊子の概要

B4版1枚の紙をB6版8ページに製本するために、以下のように8ページの資料をレイアウトしておく(図3)。この紙の中央部(図3線分A B)に切り込みを入れて、数回折り込むことでB6版8ページ天綴じ底開きの小冊子が完成する(図4)。

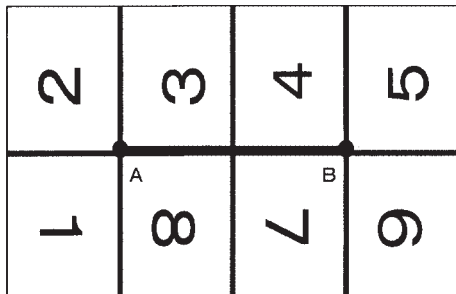


図3 小冊子原稿のレイアウト

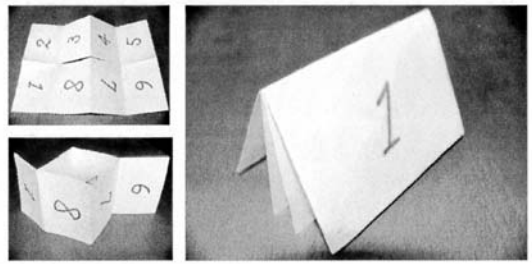


図4 小冊子の切り込みと折り方

本研究ではこの小冊子の各ページに解説スライドに空欄などを設けた資料を掲載し生徒に配布した。以下にその一例を紹介する(例:数学Ⅱ 剰余の定理)。

教p.46
応例3

剰余の定理(応用)

問題 $P(x)$ を $x-1$ で割った余りが5、
 $x+2$ で割った余りが-1であるとき、
 $P(x)$ を $(x-1)(x+2)$ で割った余りを求めよ。

$P(x)$ を $(x-1)(x+2)$ で割った余りを

2次式で割った余りは、
1次式が定数

 $ax+b$ とおいて、商を $q(x)$ とすると、
 $P(x) = (x-1)(x+2)q(x) + ax + b$

$P(1) = a + b = 5$ 割る式 × 商 + 余り
 $P(-2) = -2a + b = -1$ これを解くと $a = 2, b = 3$
求める余りは $2x + 3$ **答**

図5 解説スライド(アニメーション加工前)

解説スライド(図5)に対して、スライドショーにおいてマウスをクリックすると消え、隠しておいた内容が表示されるようなアニメーション設定をした空欄を貼りつけておく(図6)。

教p.46
応例3

剰余の定理(応用)

問題 $P(x)$ を $x-1$ で割った余りが5、
 $x+2$ で割った余りが-1であるとき、
 $P(x)$ を $(x-1)(x+2)$ で割った余りを求めよ。

$P(x)$ を $(x-1)(x+2)$ で割った余りを

2次式で割った余りは、
1次式が定数

 とおいて、商を $q(x)$ とすると、
 $P(x) =$

$P(1) =$ $= 5$ 割る式 × 商 + 余り
 $P(-2) =$ $= -1$ これを解くと $a = 2, b = 3$
求める余りは $2x + 3$ **答**

図6 解説スライド(アニメーション加工後)

生徒はスライドによる解説を聴きながら、小冊子にある空欄を埋めていく、あるいは重要事項にマーカーペンで色をつけていくのである。授業が終わると生徒自らがそれぞれ作成した小冊子が、わかりやすい解説を自分の手元に残すことが可能な世界にたった一つのオリジナル参考書になるのである。

5. 小冊子の効果に関する調査

前年度に1クラスに対して試行調査を実施し、その結果を踏まえた改善を実施して本調査に臨んだ。

<調査対象>

栃木県立全日制普通科高等学校2年生

(平成21年度)全6クラス 240名

1～3組 理系クラス 128名

4～6組 文系クラス 112名

(3・4組は習熟度が高い選抜クラス)

なお、この年代の生徒はTIMSS2003調査において小学校4年生、TIMSS2007調査において中学校2年生として調査を受けた世代と同一である。

<調査手順>

小冊子を導入した授業(1クラス4時間のべ24時間)の後、アンケート調査を実施した。

<調査日程>

2009年5月 実験授業2時間、アンケート調査

6-7月 実験授業2時間、アンケート調査

<指導単元>

数学Ⅱ 二次方程式(解と係数の関係)

高次方程式

数学B 数列(等差・等比数列のまとめ)

数列の和と階差数列

いずれの単元においても、一通り学習を終えた後の単元まとめの授業において小冊子を導入した。

<指導教員>

調査校2年生担当教員3名

6. 調査校に関する基礎調査

数学に関する意識は試行調査を実施した生徒(平成20年度2年生文系1クラス)では、42%が数学を好き・まあまあ好きと回答した(図7)。



図7 数学に関する意識 (試行調査)

また、本調査を実施した生徒(平成21年度2年生6クラス)では、文系・理系の系統の違いによるクラス間の差異は見られるものの、2年生全体の58%が数学を好き・まあまあ好きと回答した(図8)。高校生に関する学習基本調査(benesse) [2]によると、約42%が数学を好き・まあまあ好きと回答しているこ

とと比較して、調査校では全国的にみてやや数学好き傾向があるといえる。

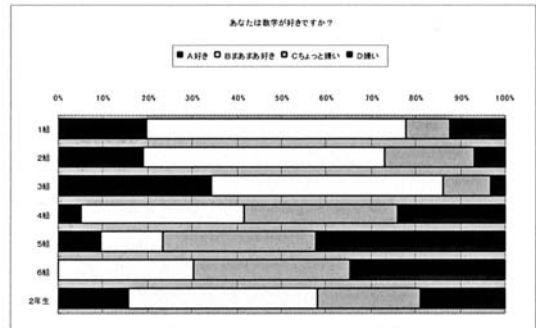


図8 数学に関する意識 (本調査)

また、過去3か年における調査校卒業生の進路状況は、年平均270名の卒業生に対して、国公立大学が約40名(15%)、私立大学が約160名(59%)、短大・専修学校等が約40名(15%)、就職等が約30名(11%)となっている(図9)。

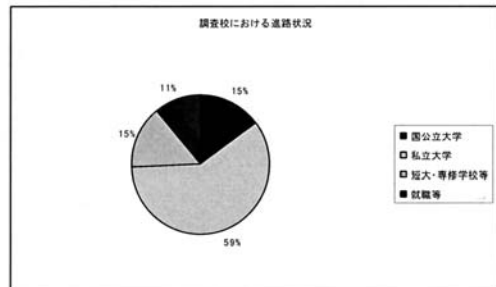


図9 調査校の進路状況

数学の家庭学習時間は2年生全体の平均が平日32.0分、休日53.5分であり、テスト前では100.6分である。高校生に関する学習基本調査(benesse) [2]によると、学校外での学習時間の平均は平日70.5分であることと比較して、数学のみで32.0分となった調査校の家庭学習時間は全国的にみてほぼ標準的な範囲にあるといえる(図10)。

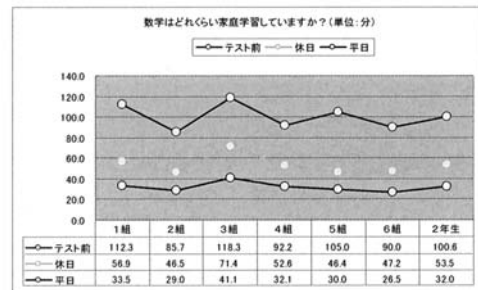


図10 数学の家庭学習時間 (クラス・学年平均)

7. 小冊子の効果に関する調査結果

小冊子を導入した授業の後、生徒の意識や保存状況などについて2年生全体240名に対してアンケート調査を実施した。その結果は以下の通りである。

質問① 小冊子とプリントどちらが良い

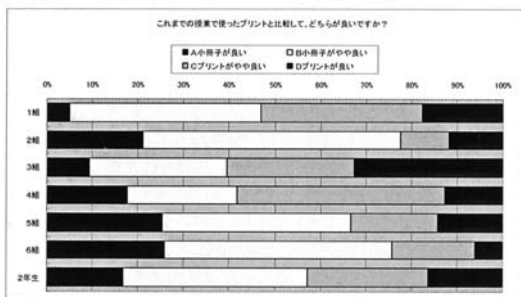


図11 小冊子とプリントの比較 (240名)

「小冊子が良い」「小冊子がやや良い」をあわせて137名(57%)の生徒がプリントよりも小冊子を支持した(図11)。配布した小冊子が全クラス同一の基礎的内容であったためか、他クラスより習熟度が高い3・4組では小冊子の支持は低かった。

質問② 小冊子(またはプリント)を支持した理由

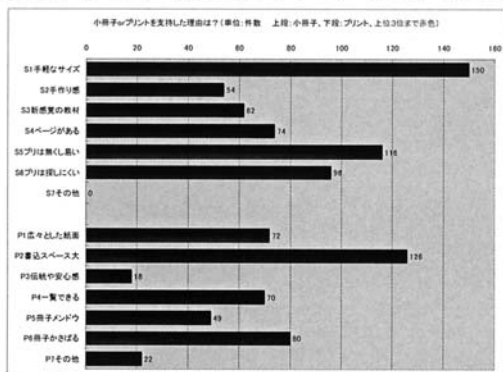


図12 支持の理由,複数回答可 (240名)

小冊子を支持した生徒のうち約半数が「手軽なサイズ(コンパクトで持ち運びがラク)」を理由とし、「プリントは無くしやすい、欲しい情報が探しにくい」というプリントの持つ弱点を理由に挙げた。また、プリントを支持する生徒は「広々とした紙面、書き込むスペースの大きさ」を理由に挙げた(図12)。

質問③ 完成した小冊子は保存している

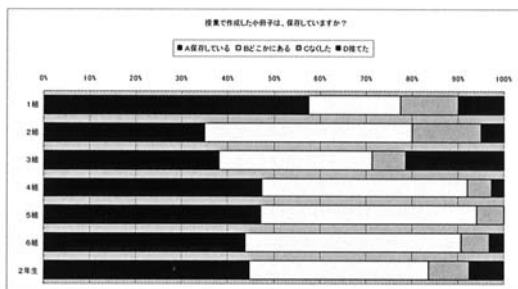


図13 小冊子の保存状況 (240名)

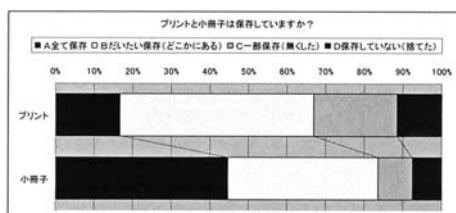


図14 プリントと小冊子の保存状況比較 (240名)

小冊子の保存状況は「全て保存」「だいたい保存(どこかにある)」をあわせて201名(84%)の生徒が後の学習のために保存している状況にあった(図13)。プリントと小冊子の保存状況を比較すると、特に「全て保存」している生徒が16%から44%に大幅に増加していることなどから、プリントに比べて小冊子の保存率が高いことがわかる(図14)。

質問④ 小冊子は学習に活用できる

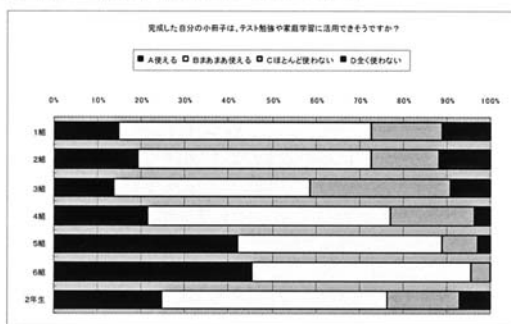


図15 学習への活用 (240名)

テスト勉強や家庭学習に小冊子を「使える」「まあまあ使える」をあわせて184名(77%)の生徒が支持した(図15)。類型別では理系(1~3組)に比べて文系(4~6組)の支持率が高く、習熟度の高い3・4組では支持率が低い結果となった。

質問⑤ 今後もこのような小冊子が欲しい

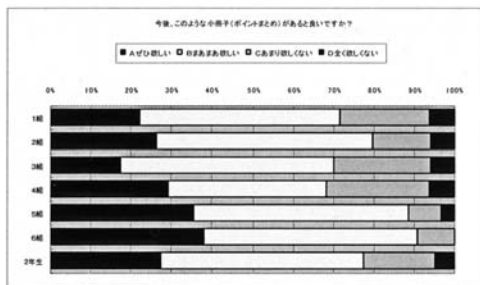


図16 小冊子増刊の要望 (240名)

ポイントまとめをした小冊子を今後も「ぜひ欲しい」「まあまあ欲しい」をあわせて185名(77%)の生徒が支持した(図16)。

他の質問項目に比べて類型による差が少なく、どのクラスにおいても約70%以上の支持があった。

8. 数学の勉強に対する自信との関係

生徒を数学の学習に対する自信によってレベル分けして、自信のレベルと小冊子との関連に主眼をおいた調査を実施した。

以下の4つの質問「数学の成績はいつも良い」「数学で習うことはすぐにわかる」「数学は私の得意教科でない」「私はクラスの友達よりも数学を難しいと感じる」について、「A強くそう思う」「Bそう思う」「Cそう思わない」「D全くそう思わない」を選択させ次のようにレベル分けした。

高いレベル 全ての質問項目に対しA, Bのみ
答えた(否定的な質問にはC, Dのみ)

低いレベル 全ての質問項目に対しC, Dのみ
答えた(否定的な質問にはA, Bのみ)

中間レベル 上記以外の場合

質問項目とレベル分けの方法はTIMSS調査と全て同一とした。その結果は以下の通りである。

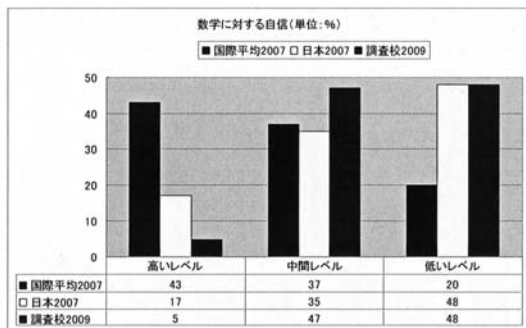


図17 調査校・国際平均・日本平均の比較 (240名)

TIMSS2007の調査対象となった当時の中学2年生が本研究の調査時点では高校2年生となっていたことから同一の質問をして結果を比較した。その結果、自信が高い生徒は5%で2年前よりさらに12%減少し、中間レベルの生徒も35%で2年前より12%増加していることから、数学の勉強に対する自信はさらに低下傾向にあることが示された(図17)。

この数学の勉強に対する自信レベルと小冊子や数学への意識との関連について調査した結果は以下の通りである。

質問① 数学が好き

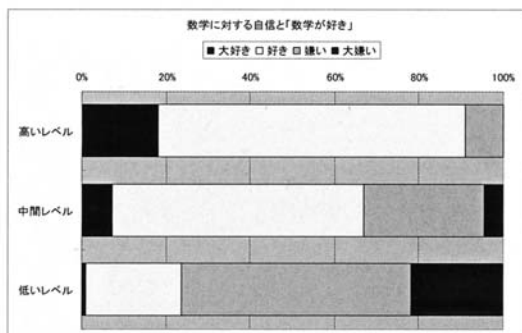


図18 数学の好き嫌い、自信レベル毎 (240名)

2年生全体では数学の好き・嫌いはいずれも50%程度となった。これを数学に対する自信のレベル毎に分析すると、自信が高い生徒は数学を「大好き」「好き」と回答する割合が90%を超えた。一方で自信が低い生徒は数学を「大好き」「好き」と回答する割合が約20%にとどまった(図18)。

質問② 小冊子は私の勉強をサポートしてくれる

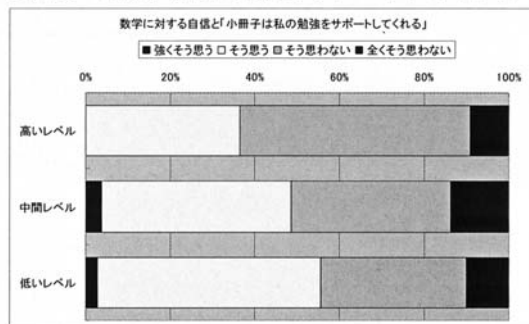


図19 小冊子の学習支援、自信レベル毎 (240名)

2年生全体では小冊子が勉強をサポートしてくれるとした生徒は51%となり、前回のアンケート調査

結果の77%よりも支持率が低下した。その理由は小冊子が増えてくるとそれらの管理が難しくなることを不安視したためで、改善を要する課題として後述したい。また、数学に対する自信のレベル毎に分析すると、自信が低い生徒ほど小冊子が学習を支援してくれると回答した(図19)。

質問③ 小冊子は単元まとめに適している

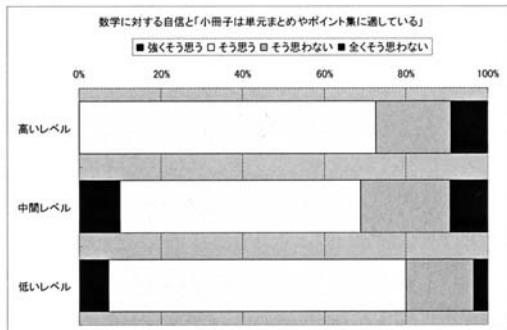


図20 小冊子の適性、自信レベル毎 (240名)

2年生全体では小冊子は単元まとめやポイント集に適しているとした生徒は178名(74%)となった。また、数学に対する自信のレベル毎に分析すると、どのレベルにおいても70~80%の支持率となり、自信のレベルによる差は他の質問項目に比べて少ない(図20)。

質問④ 今後このような小冊子が増刊されると良い

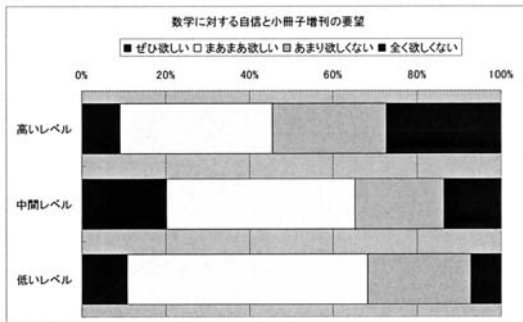


図21 小冊子増刊の要望、自信レベル毎 (240名)

2年生全体では今後もこのような小冊子が欲しいとした生徒は147名(61%)となった。また、数学に対する自信のレベル毎に分析すると、自信が高い生徒の過半数が小冊子は必要ないと回答し、中間レベルの生徒の約20%は「ぜひ欲しい」と回答した(図21)。

9. 研究のまとめ

これまでの調査結果を踏まえて本研究の仮説について検証し、結論を述べる。

最初に「解説スライドの記録が容易なこと」は、試行調査および本調査で配布したのべ278名の生徒全員が授業の解説を聴きながらスライドを完成することが出来ていたことから正しいといえる。

次に「持ち運べること、自分だけの資料となること」は、試行調査および本調査いずれにおいても小冊子を支持した理由の筆頭が「手軽なサイズ」であったこと、およびテスト勉強や家庭学習に使えると回答した生徒が試行調査で87%、本調査で77%という高い数値を示したことから正しいといえる。

最後に「プリント教材よりも保存率が高くなること」は、プリントの保存率が試行調査で50%、本調査で67%であったことに比べて、小冊子の保存率が84%へと向上したことから正しいといえる。

以上のことから、本研究の仮説は正しいことが示され、「情報の体系化」、「可搬性の向上」、「知的財産物としての価値向上」を可能とする小冊子には、わかりやすい授業を実現するための一つの教材として単元まとめやポイント集として利用することにより、これまで多用されてきたプリントなどの教材には存在しない優位性があることが認められる。

また、視覚的にもわかりやすい解説が得られるデジタル教材を手元に残すことができる小冊子は、自己の学習をまとめ、振り返り、そして個性化された学習資産として自己の学習を支援できることから、数学の勉強に対する自信がないという多くの高校生に対して、小冊子を用いた指導は有効であると考えられる。

このことは、空欄のあるプリントが学習意欲の低い生徒にとっても多くのメリットがあると認められた竹村の結論や、スライド講義が8割以上の学生から支持された阿部の結論、さらには吹き出しのあるプリントが特に成績下位群に効果が認められた吉野らの結論と関連していることを示している。

10. 研究の課題

今回の調査により導入の効果と優位性が認められた小冊子であるが、いくつかの課題が残った。

第一に、増刊の要望が多いことである。これまでに習った単元やこれから習う単元でも、小冊子が欲しいという生徒の意見が多数あり対応を検討してい

る。早急に高校数学全科目（数学Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ，A，B，C）の全単元について内容を検討して生徒の要望に応じていきたい。

第二に、小冊子を管理する方法を確立することである。完成した小冊子が増えてくると、プリントと同様に紛失してしまったり、必要な情報を探しにくくなったりして困るという生徒の意見があった。このことが前章で示した小冊子の支持率低下の要因となった。当面は小冊子に2穴パンチで開けた穴を綴じ紐でくくる方法や、写真を閲覧するための簡素なアルバムやバインダーに小冊子を保管していく方法を提案している。

第三に、他の教員との連携が必要なことである。特定の教員が担当するクラスだけに新しい教材を導入するのではその効果は乏しい。学校全体で取り組むことが理想的であるが、これには他の教員との連携がかかせない。今回の調査では2学年全クラスを担当する教員3名の全面的な協力があつたことが、導入した効果を底上げしたことは疑いがない。調査への協力を快諾いただいた先生方には深く感謝の意を表したい。

これら課題に対する改善を実施し、より多くの単元やクラスにおいて小冊子を導入した授業を实践し、その効果を検証する機会を設けていきたい。

1.1. おわりに

生徒と面談していると、小学校の算数は楽しくては大好きだったのに、中学・高校の数学はだんだんと難しくわかりにくくなることから「数学を嫌い」になり、問題は解けても「自信がない」とこぼす生徒が男女問わず増えてきたことを実感する。

このような生徒達に「わかりやすい授業」を提供し、数学好きを一人でも多くしようとこれまで取り組んできた。その一つの取り組みがPCやデジタル教材を活用した授業であり、今回研究テーマとしたスライドショーを手元に残すことができる小冊子を活用した授業である。「教科書+板書」が中心となり、表現力や説得力を向上させるために補助的に「PC+小冊子」を用いる方法が、現時点において最も「わかりやすい授業」を構築できる可能性が高いと考えている。しかし、小冊子やスライドショーを用いた授業は万能薬ではなく功罪両面を併せ持つまさに両刃の剣であることから、使いすぎないように注意する必要があることを忘れてはならない。

刈谷(2008)^[9]は No study kids (NSK) という塾にも行かず家庭でも勉強しない生徒が年々増加しており、「確かな学力」の定着が必要なのはまずはこういう子供達であることを指摘している。

授業がわからない → 家で勉強できない → テストができない → キライになり自信をなくす → 授業がさらにわからない・・・という悪循環に陥ることが無いように、数学教師は「わかりやすい授業」をすることにすべての情熱を注いで、工夫と改善をしていく義務がある。

高等学校の教育課程において重要な教科の一つである数学を、「好き」な、そして「自信がある」生徒を育てていくことは我が国の将来にとって非常に大切である。生徒にとって「わかりやすい授業」は時代の流れとともに変わってゆくものである。これからの数学教師は変化を恐れず、授業改善に取り組むべきである。

1.2. 引用・参考文献

- [1] 国立教育政策研究所(2005), TIMSS2003算数・数学教育の国際比較, ぎょうせい.
- [2] ベネッセ教育研究開発センター(2006), 第4回学習基本調査・国内調査報告書(高校生版).
- [3] 山崎貴史(2007), 数学における情報機器を活用した授業の工夫. 栃木県立鹿沼東高等学校紀要, 第8号, pp. 27-51.
- [4] 筑波大学数学教育学研究室(2001), 新世紀をひらく学校数学—学校教育のための原則とスタンダード—(NCTM勧告の翻訳).
- [5] 竹村精治(1981), 書き込み用のブランクをもったプリントによる学習, 日本数学教育学会誌, pp. 113-117.
- [6] 吉野巖ほか(2003), 数学学習における「吹き出し法」のメタ認知的効果の検討, 北海道教育大学紀要第54巻第1号, pp. 13-23.
- [7] 阿部孝司(2006), 数学系科目における有効な講義方法の提案, 金沢工業大学(KITProgress), pp. 87-94.
- [8] 和田秀樹(2006), 数学は暗記だ! 受かる青チャートの使い方新装改訂版, ブックマン社.
- [9] 刈谷剛彦(2008), 学力と階層, 朝日新聞出版, pp. 50-62.
- [10] 文部省(1999), 高等学校学習指導要領解説数学編理数編, 実教出版.
- [11] 文部省(2009), 高等学校学習指導要領解説.