

研究紀要

第50号

1. 確率・統計の考え方の指導について —「たぶん」とはなにか—	
数学科 徳峯 良昭	.....1
2. テクノロジーを活用した関数や図形の授業展開に関する研究	
数学科 両角 達男, 徳峯 良昭 鈴木 彬, 大根田 裕	.....11
3. 「式を読む」ことを重視した文字式指導に関する研究	
数学科 両角 達男	.....51
4. 新しい学力観を生かす理科授業のあり方	
理科 角田 陸男, 金子 丈夫 莊司 隆一, 新井 直志	.....81
5. 酸・アルカリの中和の濃度と体積の関係を調べる実験の改善	
理科 莊司 隆一, 角田 陸男	.....105
6. マルチメディアによるエイズの授業	
保健体育科 小磯 透, 鈴木 和弘 小山 浩, 中村 なおみ 理科 角田 陸男, 金子 丈夫 大妻女子大学人間生活科学研究所 大澤 清二, 笠井 直美 湘南白百合学園中・高等学校 腰高 真弓	.....113
7. コンピュータを利用したゲームデータ処理システムについて —'97ハンドボール世界選手権熊本大会での処理システム—	
保健体育科 小山 浩 筑波大学体育科学系 大西 武三 駒沢大学保健体育部 村松 誠	.....133
8. Show and Tellに自己評価・相互評価を取り入れる試み —評価活動やQ & Aコンテストによる授業活性化の工夫—	
英語科 藤田 守	.....155
9. 入門期日本人英語学習者の英語音素の識別	
英語科 久保野 りえ	.....165

1998

筑波大学附属中学校

「筑波大学附属中学校研究紀要」寄稿規定

1. 本誌に寄稿できるのは、原則として本校教官に限る。ただし、筑波大学や他の大学、学校（小・中・高）及び、他の教育研究・教育行政機関（教育委員会等）の先生や大学院生等と共同で研究を行っている場合は、論文を連名で提出することとする。
2. 本誌に寄稿できる論文のファースト・オーサーは、本校教官に限る。
3. 編集委員会が特に必要と認めた場合は、本校教官以外にも寄稿を依頼することができる。
4. 寄稿内容は、教育学や教科教育学、教育実践の研究領域における総説、原著論文、研究資料、書評、内外の研究動向、研究上の問題提起、その他とし、完結したものに限る。
5. 原稿の採択は、本誌編集委員会において決定する。また、本誌の発行は、原則として年1回とする。
6. 原稿は、本校所定の原稿用紙(40字×40行)に黒インク書きとする。ワープロを使用する場合は、A版1枚40字×40行とする。文章は現代仮名づかい、ひら仮名使用とし、句読点、カッコ（「、「、《、【、など）は1字分とする。外国語は活字体を使用し、1マスに2字（大文字は1字）を収める。
7. 総説、原著論文、研究資料は、個人で投稿するときのページ数は刷り上がり20ページ以内、連名での投稿は刷り上がり30ページ以内を目安とする。これは、図表や写真を含む枚数である。
8. 挿図原稿は、黒インクを用い直接印刷できるように、きれいに明瞭に書く。写真は白黒の鮮明な画像のものとする。
9. 図表及び写真はすべて別紙とし、それぞれ必ず通し番号とタイトルをつけ、本文とは別に番号順に一括する。図表の挿入箇所は、本文原稿の欄外に、赤インクでそれぞれの番号によって指示する。
10. 引用・参考文献は、最後に引用順に一括し、下記の形式のように書くこと。
〔定期刊行物〕 著者名：表題、雑誌名、巻（号）、頁(pp)～頁(pp)、発行年
〔単行本〕 著者名（分担執筆者名）：論文名、（編集・監修者名）書名、
引用頁(pp)～頁(pp)、発行所、発行年
尚、本文で引用する場合は、文献の番号に片カッコをつけたものを引用個所の右肩に記入する。＊引用文献と参考文献は分けて書くことが望ましい。
11. 総説、原著論文、研究資料は、英文タイトル及び400語(10行)程度の英文の抄録(サマリー)とその邦文を添付する。書評、内外の研究動向、その他については、英文タイトルをつける。
12. 論文のキーワードを3つ設定し、英文・邦文の抄録に続けて付記する。

筑波大学附属中学校紀要第50号発刊にあたって

本校では、平成9年度に新制中学発足50周年を迎え、この節目の年に研究紀要第50巻をまとめることができました。

21世紀を目前に、今、教育界は大きな改革の渦中にあります。中央教育審議会の第1次・第2次答申を受け、教育課程審議会の中間まとめも出され、いよいよ学校5日制完全実施に向け、学習指導要領改訂の作業も開始されました。特に、各教科聖域なく、授業時数削減の中にあって強調されている総合的な学習が、新しく盛りこまれております。

本校では、既に、30年近く前より、総合学習を取り入れその成果をまとめておりますが、これらを踏まえて、更に、新しい総合的な学習への移行を模索・検討しつつあります。

本号では、数学、理科、保健体育、英語の4教科の研究が報告されています。中でも、保健体育と理科の2教科による共同研究は、新しい総合的学習指導の試みの研究として、特徴的提案と考えます。

今日、中学校の教育現場では、生徒のいじめ・不登校・暴力殺傷事件等が相継ぎ、世間の目は中学生に集中しております。このような生徒の生活指導は、教科別指導内容以前の問題であり、教師の日頃の教育・研究にかける時間に、更に大きな負担が加わっている現状といえます。

このような中にあって、日々努力を重ねた研究内容を皆様にお届けし、忌憚のないご指導・ご意見をお願いする次第であります。

平成10年3月

筑波大学附属中学校長 川 口 千 代

確率・統計の考え方の指導について ～「たぶん」とはなにか～

数 学 科 德 峰 良 昭

1.はじめに

数学では、考え方の指導が重視されている。しかし、実際の指導場面ではどうかというと、ほんとうにこれでよいのかと疑問に思う。たとえば、文章で表された問題（応用問題）をやつたから、考え方の指導がなされた。また、考え込まなければできないような難しい問題を解いたから、考え方の指導がなされた。とされる場合が多い。これらが、考え方の指導になつてないとは思わないが、数学の考え方の本質はもっと別のところにあるように思う。この原稿の目的は、数学の考え方の分析ではない。こういうことこそ必要なのではないかという観点で、確率・統計の分野に限って考え方の指導についての具体案を示したい。

確率・統計は身の回りに溢れているが、以外と正しい知識に欠けている場合が多い。（生徒に限らず）それは、確率・統計の基本的な考え方の欠如からきているように思う。

教科書での扱いも考え方については軽く扱っているように思われる。確率・統計といいながら、確率と統計とは全く別の扱いになっている。また、考え方を軽くみているため、カリキュラムの改定の時期になると削減や減少の対象になりやすい。そこで、上でのべたような観点での指導場面について述べてみたい。

2.問題解決としての視点

例1 あるお菓子を買うと、箱の中に1枚のカードが入っている。カードは全部で6種類あり、6種類全部そろうと景品が貰える。このお菓子を何個買えば景品が貰えるか。

これは、本校の大根田先生が授業でとりあげた問題である。大根田先生は、さいころを使って実験をして答えを得たとのことであった。どんな実験をしたのかというと、生徒に、さいころを1から6までのすべての目ができるまで振り続けさせ、何回かかったか調べさせ、全生徒の回数の平均をとったとのことであった。この問題は昔からよく取り上げられている。新しい数学へのアプローチ「確率」（昭和41年発行 渡部隆一著 共立出版）でも、平均値をもって答えとしている。

しかし、この解答は筆者には納得できない面があり、筆者と大根田先生との間で議論のやりとりがあった。

「その平均の数だけのお菓子を買えば、ほんとうに景品がもらえるのか」

「たぶん貰えるのではないか」

「しかし、平均値の15個（理論値は14.7個）買っても、貰える確率は64%にすぎないが」

「このような問題は平均で答えるのがふつうではないか」

「買う立場からすると、答えの数だけ買っても実際には貰えない場合も多いというのでは納得できないのではないか」

筆者がこの問題を授業で取り上げるとしたらどうするか考えてみた。

「何個買えば景品が貰えるかな」

「10個ぐらい」

「10個買えば、ほんとうに貰える？」

「たぶん」

「たぶんってどうゆうこと」

「？」

「たぶんというのは、確率でいうとどのくらいかな」

「50%ぐらい」「いや、90%はないとね」「99%だよ」

「それでは、予想をたててみよう。これだけ買えば、たぶん景品が貰えるだろうという回数の予想をね。」

さて、予想が当たっているかどうか、実験で検証することにする。

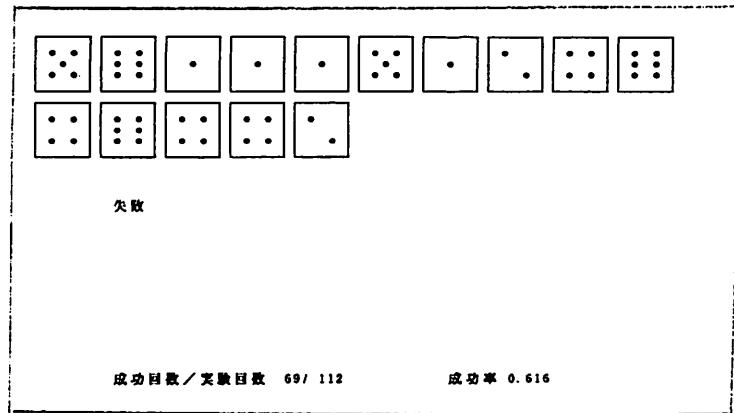
大根田先生と同じように、さいころを使って実験するとしよう。

大根田先生は、平均値を求めることを目的としたので、1つのさいころを次々に振っていき、すべての目が出そろう回数を出させて、クラス全員の数値の平均をとっている。

これに対して、筆者の場合、10個買ったとき、景品はほんとうに貰えるのか、20個ならどうなのかが問題になるので、10個とか20個のさいころを振ってすべての目が含まれている確率を調べる実験になる。確率を実験で求める場合、実験の回数を増やす必要がある。そこで、この実験をコンピュータで行なうことを考えソフトを作った。このソフトは大根田先生にも使ってもらったが、大根田先生はあくまで平均が解であるという立場で、このソフトを使っての授業の実践について日本数学教育学会全国大会で発表されている。

次に、このソフトについて紹介しておこう。

- ① 画面で、さいころの個数をきいてくるので希望する数値をインプットする。
- ② どの目がでることをチェックするかをインプットする。(上の問題では1~6の目)
- ③ キイを押すと、画面にいわれた個数のさいころが表示され、成功か失敗かが表示される。
また、ここまで実験回数、成功率が表示される。
- ④ キイを押すと、次の実験に移れる。キイを押しっぱなしにしておけば、高速で実験が続けられる。



1998年3月

次に、参考までに、筆者が行った実験の結果をあげておく。この実験はそれぞれ500回の実験結果である。

さいころの数	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
成 功 率	0.004	0.074	0.107	0.220	0.270	0.396	0.418	0.500	0.574	0.660	0.704

さいころの数	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
成 功 率	0.728	0.800	0.816	0.836	0.870	0.890	0.920	0.934	0.930	0.936	0.944

なお、確率の計算上はどうなるかについて触れておく。平均値は簡単な計算で求まるが、ここでは確率が問題になる。これは、高校生の演習問題として、おもしろい問題である。筆算だけで計算するのは大変だが、コンピュータを使用すれば簡単である。いま、n回さいころを振ったとき、k種類の目が出る確率をA(n,k)とおくと、

$$A(1,1)=1$$

$$A(1,k)=0 \quad (k=2,3,4,5,6)$$

$$A(n+1,1)=A(n,1)/6$$

$$A(n+1,k)=A(n,k)*k/6+A(n,k-1)*(1-(k-1)/6) \quad (k=2,3,4,5,6)$$

その結果は、次のようになる。

理論上の成功率

サイコロの数	成功率	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
6	0.015										
7	0.054	**									
8	0.114	****									
9	0.189	*****									
10	0.272	*****	***								
11	0.356	*****	****								
12	0.438	*****	****								
13	0.514	*****	****								
14	0.583	*****	****								
15	0.644	*****	****								
16	0.698	*****	****								
17	0.745	*****	****								
18	0.785	*****	****								
19	0.819	*****	****								
20	0.848	*****	****								
21	0.873	*****	****								
22	0.893	*****	****								
23	0.911	*****	****								
24	0.925	*****	****								
25	0.938	*****	****								
26	0.948	*****	****								
27	0.957	*****	****								
28	0.964	*****	****								
29	0.970	*****	****								
30	0.975	*****	****								

上の結果から、「たぶん貰える」のたぶんが確率0.8ぐらいのことならば、18～19個買う必要がある。もし、たぶんが確率0.9ぐらいの意味ならば22～23個買う必要がある。

この種の問題では、どのようなことを行えば問題解決になるのか、また、そのためには、どのような実験を行えばよいのかを生徒達に考えさせることが重要ではないだろうか。問題の解釈が複数でてくることも考えられる。そのようなこともあり得ることを理解することも意味がある。

例2 6個のさいころを振り、1の目がでたら、そのさいころを除く。このようなことを続けると、さいころがなくなるまでに何回さいころを振らなければならないか。

この問題は、数教協の河森さんのレポートにあった問題を少し変えたものである。元の問題は100個のさいころによって、放射性元素の崩壊のシミュレーションを行うというものであった。

例1と同じように、「さいころがなくなる回数の平均値」という見方と「何回振ればたぶんさいころがなくなるだろう」の何回を求めるという見方がある。ここでは、後者の意味で考えてみよう。

ここでも、たぶんを確率いくつにするか決める必要があるが、まず、n回さいころを振ったとき、さいころがなくなる確率を求める。これは、実験で求めればよい。

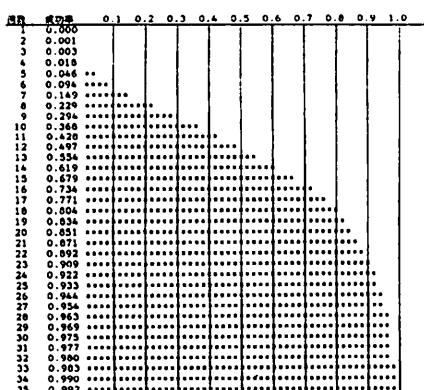
たとえば、40人のクラスであれば、各自に6個のさいころを持ってもらって、さいころがなくなるまで振り続けてもらい、次のような表をつくる。

回 数	1	2	3	4	5	6	7	8	
①この回でさいころがなくなった人数	0	0	0	0	1	1	1	0	
②この回までにさいころがなくなった人数	0	0	0	0	1	2	3	3	
②の相対度数	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.050	0.075	0.075	

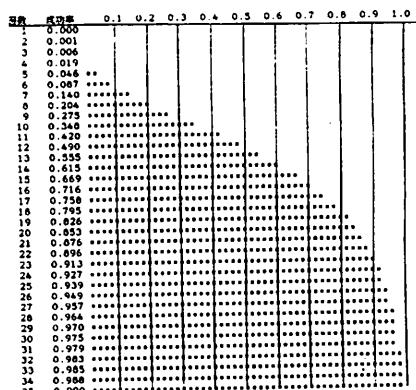
実験の回数を増やすにはコンピュータを使う。

次のグラフは、1000回の実験の結果と、理論上の数値を表したものである。

1000回の実験



理論上の数値

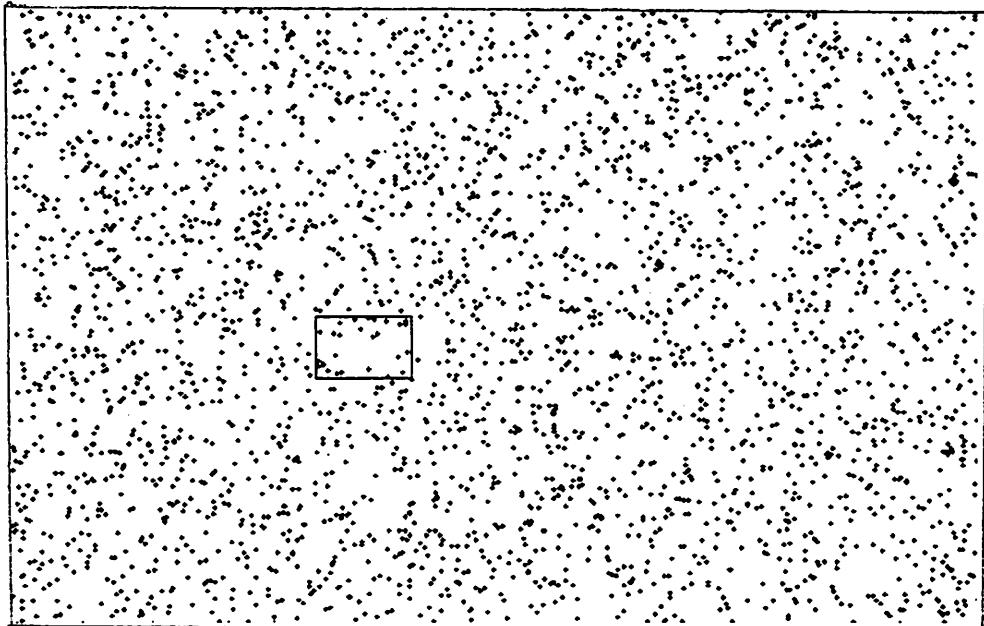


「たぶん」が確率80%ぐらいのことならば、18回くらいさいころを振ればよいし、確率90%ぐらいのことであれば、23回くらいさいころを振ればよい。

2. 信じてよいのか

まず、次の例をみてもらおう。

例3 次の図の中の点の数を求めなさい。



全部の点が数えられれば問題ないが、まず不可能であろう。ここでよく用いられるのが、一部分だけ調べて全体を推測する方法である。

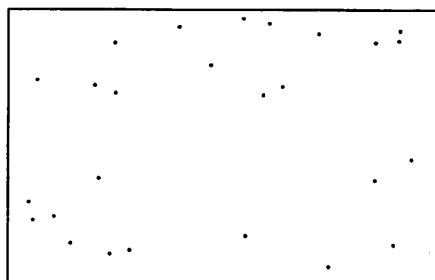
たとえば、上の図の中の小さな長方形は全体の100分の1で右の図はその拡大図である。ここだけなら数えることも可能である。ちなみにこの中には26個の点がある。

のことから、
全体の点の数は、約 $26 \times 100 = 2600 \cdots *$

普通、中学校ではここで終りであるが、ほんとうは、ここからが問題である。

この数字をほんとうに信じてよいのか。
「たぶんこのくらいだろう。」ということになるが、この場合のたぶんは何だろうか。

この疑問を解消させるために、いろいろな場所での数えあげを行う。そのことを簡単に行うためのコンピュータソフトがある。このソフトは数年前に完成していたのだが、ここ数年、3年の確率を担当していなかったので使用していなかった。ところが、平成9年度の日本数学教育学



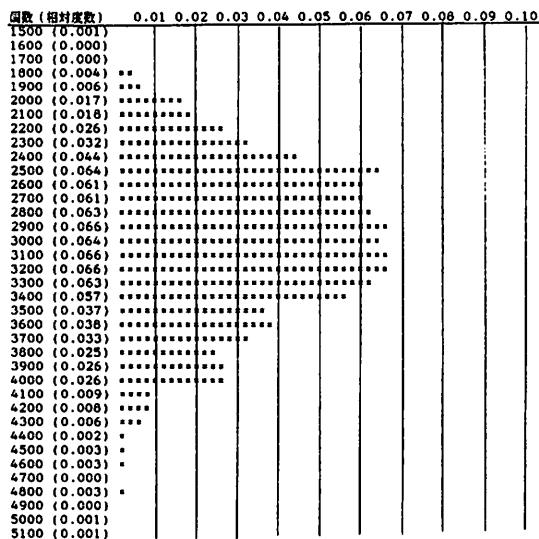
会で同じようなソフトの発表があった。しかし、この方の発表は上の*で終わっている。

筆者の場合、コンピュータの画面上で、小さな長方形は大きさも、場所も自由に変えられる。また、この長方形は拡大ができ、中の点の数え上げも自動的に行ってくれる。

1人で10回の実験を行えば、もし40人のクラスであれば400個のデータが得られる。

コンピュータのソフトは、このような実験を自動的に連続行うこともできるようにしてある。

次のグラフは、この機能を用いて得た1000個のデータによるものである。



このグラフをどう読むかが問題である。

全体の点の数の推定値が1800～4800とかなり幅が広いことがわかる。しかし、グラフの山のまんなかは推定値3000のあたりであるので、ほんとうの値もこのへんだろうことがわかる。(実は、3000個の点を打つようプログラムされているので、この推定値は正しい) 山の両脇合わせて10%のところをカットすると、推定値の90%は2200～3900の範囲に入る。これは、ほんとうの値3000あたりのところから±900の範囲である。したがって、この方法で全体の点の数を推定する場合、「たぶんこのあたりだろう」というときの「たぶん」が確率90%の意味ならば、このあたりの「あたり」は±900を意味することになる。限られたデータからの推定値には、このような想像もしないような誤差を覚悟しなければならないことは知っておかなければならない。

例4 新聞や雑誌などで発表されるテレビの視聴率は、300人程のモニターで調査したものであるという。このような調査は信用できるのだろうか。

「信用できる」「信用できない」の2者択一で終わるのではなく、「信用できるとは?」「信用できないとは?」が問題になる。

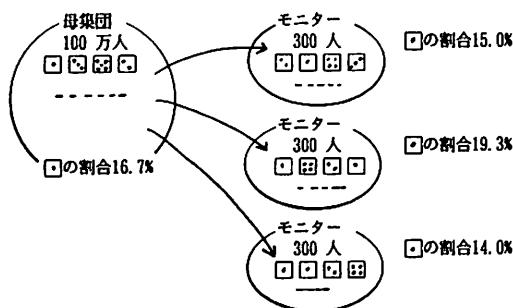
この課題については、筆者は昭和62年頃から教材に取り入れてきた。

いろいろな作業・思考に入る前に生徒にどう思うかを問うと
 「新聞に発表されるくらいだから正しい数値にちがいない。したがって、信用できる。」
 「わずか300人で調べた数値では信用できない。」

の2つに意見が分かれる。

この問題も実験によって確かめることができる。

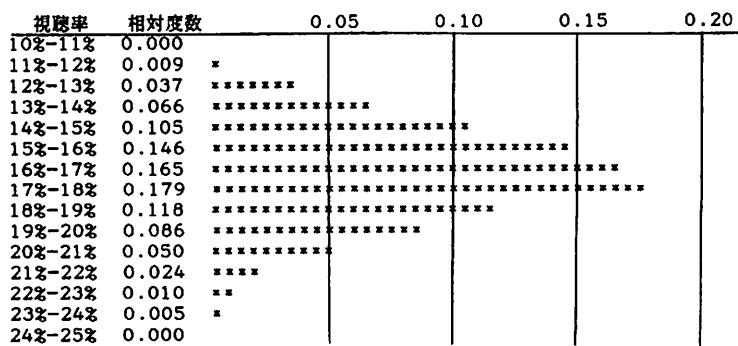
たとえば、100万人の視聴者がいて、そのなかから300人のモニターを選ぶとする。



どのチャンネルを見ていたかは、さいころの目で決めることにする。たとえば、1の目が出た者が1のチャンネルを見ていたとする。(チャンネルは1~6とする)

もし、300回さいころを振ったとき、1の目が40回出れば、300人のモニターのうち40人が1チャンネルを見ていたことになる。この場合、1チャンネルの視聴率は $40 \div 300 = 0.133$ すなわち、13.3%ということになる。これに対して、母集団100万人の1チャンネルの視聴率は、さいころを100万回振って決めるうことになる。実際には、さいころを100万回振ることは不可能である。しかし、確率の意味から考えて、さいころを100万回振ったときの1の目の出る相対度数は $1/6 = 0.167$ すなわち、16.7%とみてよい。この場合、ほんとうの視聴率16.7%に対して、モニターで調べた視聴率は13.3%であり、3.4%の誤差があることになる。このような実験を、数多く行えば、どのくらいの誤差が生ずるのかわかる。

実験の回数を増やすために、コンピュータを使うこともできる。実際に、筆者ははじめこの方法による授業を行っていた。次のグラフは、1000回の実験の結果を表している。



このグラフによれば、母集団の視聴率16.7%に対して、300人のモニターの視聴率は11%～24%の範囲にある。端の方にある部分を除くと、約90%は13%～21%の範囲にある。すなわち、「母集団の視聴率は、たぶんこのあたりだろう」のたぶんを確率90%の意味にとるならば、このあたりは約±4%の範囲を表すことになる。

ところで、さいころによるこの授業は、実は問題が多い。

一番の問題は、「100万人の母集団から300人の標本を取り出して、母集団の視聴率と標本の視聴率を調べている」という実感がわからず、何の実験をしているのかわからないという点である。

「さいころの目とチャンネルの関係がわからない」

「モニターとさいころの関係がわからない」

「どうやって、モニターを選んだのかわからない」

等、生徒の評判はあまりよろしくない。

そこで、母集団そのものも画面に表すことにし、そこからモニターを抽出する場面も画面上で演出することにした。また、どのチャンネルを観ていたかを示すとき、チャンネルは1～12の数値を用いて現実感を出すことにした。これらの数値の1つ、たとえば2はテレビを見ていなかったことを表す。母集団を画面に出すことは、現実にはなかなかむずかしい。100万人では数が大き過ぎるので、10万人の母集団で扱うこととした。1人を1つの点で表す。1画面に1000個の点を表示し、100画面を用意した。これらから300個の点を選ぶのは生徒なので、数の限界はここまでだと判断した。生徒は100画面を移動しながら300個（この数も変えられる）の点を任意に選ぶことができる。点を選ぶと、点は数に変わる。この数値がチャンネルである。画面を移動しながら300個の点を選ぶには多少時間がかかる。授業の中でこの作業を行う場合、1人では2～3回が限度である。したがって、クラスの全員のデータを合わせて判断することになる。それでも、実験の回数としては少ない。そこで、300個の点の抽出を自動で行うことができるようにもなっている。

49ページ		
1チャンネル	10	106コ
2チャンネル	33	1
3チャンネル	0	.....
4チャンネル	11	.....6
5チャンネル	0	.....
6チャンネル	14	.....
7チャンネル	0	.....
8チャンネル	14	.....
9チャンネル	0	.....
10チャンネル	12	.....2
11チャンネル	0	.....8
12チャンネル	12	.....6
		.....1

1ペーパー		
	5コ	2
1チャンネル	0	
2チャンネル	2	
3チャンネル	0	
4チャンネル	0	
5チャンネル	0	
6チャンネル	0	
7チャンネル	0	
8チャンネル	0	
9チャンネル	0	
10チャンネル	1	
11チャンネル	0	
12チャンネル	2	
		c
		a
		2

このような実験を授業に取り入れる場合、つぎのことが重要である。

- ① 目的は何かをはっきりさせる。
- ② その目的のためにはどんな実験が適切かを考えさせる。
- ③ コンピュータでのシミュレーションで実験を行うときは、実験を行っているという実感が持てるようとする。
- ④ 実験のデータをどう読むか、十分に時間をとって理解させる。

従来、確率や統計の授業というと、確率の計算、統計のグラフが主であったが、確率によってどんなことがわかるのか、グラフをどう読むのかなどの指導がより重要なのではないだろうか。そのときつかわれる数値は必ずしも計算によって出てきたものでなくてもよいだろう。中学生では、むしろ計算からでてきた数値より実験から出てきた数値の方が、問題の本質を理解しやすいのではないだろうか。

中学では、実験データによる数値を使い、高校では計算による裏打ちのある数値を使う、このような使い分けによって確率・統計の考え方の理解が深まる指導ができるのではないだろうか。

筑波大学附属中学校研究紀要 第50号

本稿は、筑波大学附属中学校の教員が、各自の研究テーマについて、執筆した論文を収録したものです。各論文は、以下の順序で記載されています。

1. 研究題目
2. 研究目的
3. 研究方法
4. 研究結果
5. 考察・結論
6. 参考文献

各論文の題名と著者名は、次の通りです。

1. 「中高生の学習意欲向上策」(著者: 田中和也)
2. 「学習習慣の形成とその影響」(著者: 岩谷千尋)
3. 「学習環境の整備とその効果」(著者: 佐藤一郎)
4. 「学習指導法の変遷とその影響」(著者: 高橋洋子)
5. 「学習成績の評価とその問題点」(著者: 木村義典)
6. 「学習意欲の育成とその実践法」(著者: 森山泰司)
7. 「学習指導法の実践とその効果」(著者: 伊藤洋子)
8. 「学習環境の整備とその効果」(著者: 佐藤一郎)
9. 「学習成績の評価とその問題点」(著者: 木村義典)
10. 「学習意欲の育成とその実践法」(著者: 森山泰司)
11. 「学習指導法の実践とその効果」(著者: 伊藤洋子)

テクノロジーを活用した関数や図形の授業展開に関する研究

—「オリジナルソフトと汎用ソフト」をそれぞれ用いた関数や図形の授業実践とその比較研究を通して—

数学科 ○両角 達男, 徳峯 良昭
鈴木 彰, 大根田 裕

【要約】

本校数学科では、継続して関数のカリキュラム研究を行ってきている。そのカリキュラム研究では、いくつかの新しい提案を主張しつつ、その主張を裏付けるようなコンピュータを用いた授業を実践してきている。本稿では、徳峯が開発したいいくつかのオリジナルソフトを用いた授業と市販されている汎用ソフトを用いた授業とを比較し、実際に授業を行うという視点で「テクノロジーを活用した関数や図形の授業展開」のあり方について考察をした。

本研究の目的は、教師・生徒の立場で実際に授業を展開するという視座にたったときに、どのようなコンピュータソフトが有効なのか、そしてどのような使い方が学習によりよい効果をもたらすのかを考察することにある。

研究方法は、徳峯が開発したオリジナルソフトを活用した授業と、市販されている汎用ソフトを用いた授業、そして最近開発されてきたCBLや改良されてきているグラフ電卓などを用いた授業を4人のスタッフがそれぞれ行い、討議のもと比較研究を行った。授業記録としては、生徒の筆記したノートを軸にしながら、ビデオなどの機器を活用した。

授業実践および比較研究の結果、例えば次のようなことが明らかになってきた。

「ソフトを用いた授業を行う際には、次の6点を重視する。なお、この6点を重視するためには、ソフトに使用法の『制限』を加えるといった、ユーザー（生徒・教師）のための使いやすさを考えていく必要がある。

- | | |
|------------------|------------|
| ① 授業の目的を明確にする | ② 授業に集中させる |
| ③ 考えさせる場面をつくる | ④ 記録させる |
| ⑤ 事後の授業での展開を重視する | ⑥ 評価は慎重に行う |
- 」

なお、今後への課題としては、考察の結果あがってきた観点に基づいたソフトの開発とソフトの使い方（指導法）の研究を継続的に行う必要がある。

本稿は、次のように分担執筆をしている。

- | | |
|--------------------------------------|-------|
| 1章 「自作のパソコンソフトについて」 | 徳峯 良昭 |
| 2章 「テクノロジーを活用した授業展開について」 | 大根田 裕 |
| 3章 「オリジナルソフトと市販ソフトの双方を使用した授業展開について」 | 鈴木 彰 |
| 4章 「オリジナルソフトと汎用ソフトを活用した授業展開について」, 5章 | 両角 達男 |

1.自作のパソコンのソフトについて

1-1. パソコンを授業でどう使うか

パソコンを授業で使う場合、つぎの使い方がある。

A プログラムを生徒に組ませる。

ア プログラミングを学ばせることが目的の場合

イ プログラミングを、問題解決の方法を考える場とする場合

ウ パソコンを問題解決の道具として使うためのプログラムを組む場合

B できているソフトを使う。

ア 教師が開発した教材のために、教師自らが作成したソフトを使う場合

イ 市販されているソフトを使う場合

・問題が決まっている単独のソフト

・機能が決まっている汎用のソフト

ウ 情報のやりとりに使う場合

中学校の場合、Aのプログラムを組ませるのは、技術科の役割で、数学では扱わないとなっているため、数学に関する限り、このことについての研究発表がほとんどない。

しかし、筆者はプログラミングは中学校の数学でも有効であると考え、授業の中でも取り入れている。そこで、この論稿の中では、このことにも触れておきたい。

Bについては、パソコンが学校に登場した初期の頃は、ほとんどアの場合が多く、研究発表のほとんどがこのタイプであった。

しかし、扱いやすい汎用のソフトの登場で、イの使い方についての研究発表も増えている。特に若い人達の研究が増えている。

Bのウについては、インターネットの登場で、これからこのタイプの研究発表も増えるとは思うが、現在は、数学の授業の中でどう使うのか模索している段階だと思う。筆者も、こういう使い方ができないかという期待はあるのだが、現在はまだ手がついていない。

1-2. プログラムを組ませる授業の実践例

数学では、プログラミングを学習の目的とした授業は不要である。

しかし、ごく簡単なプログラムを用いての授業は、数学の学習としてなかなか有効である。ここで、いくつかの実践例を紹介しよう。

まず、Aのイのタイプの例である。

実践例1 $\triangle ABC$ の3辺の長さがa, b, cのとき、この三角形が直角三角形かどうか判定するプログラムをつくり、これを用いて、次の場合に、 $\triangle ABC$ が直角三角形かどうか調べなさい。

(1) a = 6, b = 10, c = 8 (2) a = 15, b = 13, c = 11

(3) a = 13, b = 12, c = 5 (4) a = 15, b = 12, c = 9

(5) a = 9, b = 10, c = 8 (6) a = 24, b = 7, c = 25

これは、パソコンを問題解決の方法を考えさせるために使った例である。

この問題のプログラムを組むために必要なプログラミングの知識は、
 input文, print文, if文程度
 である。

模範解答の1つを紹介すると、

```

10 input a,b,c
20 if a * a+b * b=c * c then 60
30 if b * b+c * c=a * a then 60
40 if c * c+a * a=b * b then 60
50 print "直角三角形でない":end
60 print "直角三角形":end

```

しかし、多くの生徒たちはこのようなプログラムは組まない。20の文だけで、30, 40を抜かしている場合が多い。また、比較的できる生徒はa, b, cの最大値をみつけて、これの2乗と他の2辺の2乗の和を比べようとする。このアイデアはいいのだが、プログラミングはかなり難しい。

生徒のプログラミングの能力がどうかなと思われるときは、10, 50, 60は与えておいて、if文だけを考えさせる場合もある。

実践例2 周囲の長さが40cmの長方形の縦の長さをxcm, 面積をycm²とするとき, xとyの関係を表すグラフをかきたい。

- (1) xの値をインプットしてyの値を求めるプログラムをつくりなさい。
- (2) このプログラムを使って、xとyの関係を表すグラフをかきなさい。

次に、Aのイの例を紹介する。

これは、グラフをかくためのデータを集める道具としてパソコンを使った例である。
 ここでのプログラミングはきわめて簡単である。

```

10 input x
20 y=x*(20-x)
30 print y
40 end

```

この使い方は、関数の導入で、きわめて有効である。xの値をインプットするとyの値がプリントされるというプログラムが関数そのものになっている。

生徒にとって、プログラミングがはじめての場合は、次のようにしている。

```

10 input x
20 y= 
30 print y
40 end

```

生徒たちは20の文の 中を埋めるだけ。このようにすれば、プログラミングのことを全く知らない生徒でも対応でき、プログラムを組む下地ができる。

このように、簡単なプログラミングを数学の普通の授業の中に取り組むことは、難しいことではなく、なかなか有効な手段、道具となりうる。

1-3. ソフトを用いての授業について

最近のパソコンはユーザーが自分でソフトをつくることは考慮されていないように思われる。

たしかに、市販のソフトが充実しつつあるのも事実で、これらを使う機会も増えている。しかし、こういうこともやってみたい、ああいうこともやってみたいというときに、市販のソフトで間に合うかというと、ほとんどの場合「NO」である。したがって、筆者にとって、自分でソフトを作る機会は減っていない。

市販のソフトを使う場合、そのソフトを自分がもっていなければ話にならない。実は、これが第1の大きなネックになっている。本校の場合、比較的、いろいろなソフトを試すことができる。さて、使えるソフトが手元にある場合、まず、そのソフトでどんなことができるか調べ、その範囲内で、現在自分が教えているところで利用することができないかどうかを考える必要がある。そのとき、すでに、発表されている事例などを参考にすることもできる。しかし、残念ながら、これらの事例の中で、自分の授業でやってみたいと思われるものはそれほど多くない。その理由は、パソコンを使う必然性が感じられるものが多くない。(これは、あくまで筆者の感じである。)

市販のソフトを使う場合、自分で作ったソフトを使う場合のどちらにしても、次のことを大事にしたい。

(1) 授業の目的を明確にする

パソコンを使う場合、「生徒がおもしろがるから」が目的になりがちである。興味をもって取り組むことは大事であるが、その操作を通して、本来の数学の授業としての目的が達成できるのかどうか見極めることが大切である。

(2) 授業に集中させる

パソコンを使うと、授業に集中できるとよく言われる。しかし、実際の授業のなかではこの逆のケースも多い。特に、いろいろの画面が自由に出てくるようなソフトの場合、授業と関係ない画面を出しておもしろがっている生徒をよくみかける。このようなことがおきないように対策を立てておきたい。

筆者が自分で作るソフトでは、このことを考えて、1枚のフロッピィにその授業で使いたいソフトだけを入れておき、自動立ち上げにセットしておく。また、プログラムを画面に出していたずらせる生徒を防御するため、プログラムにプロテクトをかけておく。

生徒を信用しないのかと問われるが、こういうことについては、あまり信用できない。

(3) 考えさせる場面をつくる

なにもかも自動的にパソコンがやってしまい、生徒はそれを眺めるだけというようなソフトは、あきられる。その画面からなにが言えるのか考える場面が必要である。教科書会社のソフトによくある「見て理解する」タイプのソフトでも、ただ眺めさせるだけでは、効果がない。その画面をみて気のついたことなどを書きさせたり、言わせたりする場面が必要である。

(4) 記録させる

授業で必要なことをノートする。これは、パソコンを使う授業でも同じである。画面をみて納得したつもりでもそれはあくまでつもりにすぎない。それをどう自分のものにするのかは、ノートの取り方にもかかってくる。そこで、どういうことを、どういう形で記録させるかの指導が必要になる。

(5) 事後の授業での展開を重視する

パソコンを用いた場合、次の授業でこれをどう展開するのかが重要である。これをみこしてパソコンをどう使うかを計画しなければならない。

(6) 評価は慎重に

パソコンを用いた場合、直後の生徒の評価はおおむね良好である。これをもって授業は成功であったと判断してはいけない。普段と違うことをやった場合、おもしろそうな操作活動が入った場合、画面をみてなんなくうなずける場合、生徒は「よくわかった」と評価する場合が多い。しかし、ほんとうに、わかったかどうかはこれだけではわからない。しばらくたってから、生徒が全く理解していないことに気付く場合がよくある。「画面をみているときは、そんなものかと思った」「こんな意味が画面の中にあるなんて気がつかなかった」という言葉をよく聞く。評価は、指導者のねらいがほんとうに達成されたのかどうかで判断すべきである。特に、おもしろさの陰に、本来のねらいが消えてしまう場合が多いことに注意すべきである。

1-4. ソフトの自作について

筆者が自作のソフトを使うのは、次の場合である。

ア 市販のソフトに目的にかなうものがない場合

イ 市販のソフトでは、細かい改良ができない場合

アについては、後で述べる。

イの事例について述べる。

実践例3 関数 $y = x^2$ を満たす点 (x, y) を次のように取りなさい。

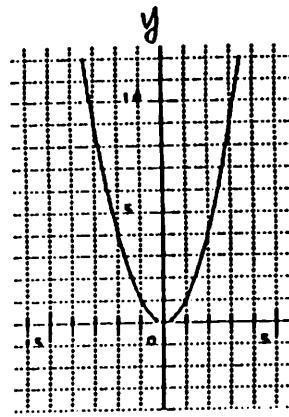
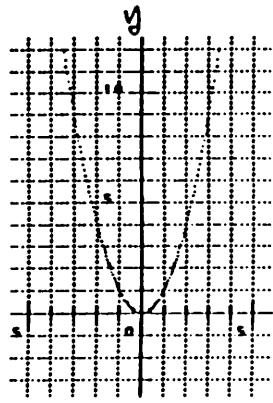
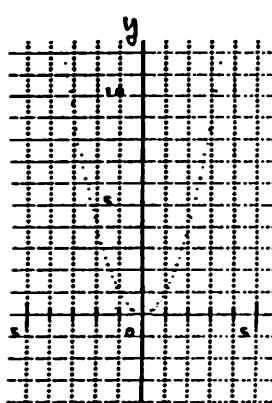
(1) x を整数の範囲で

(2) x を0.5 きざみで

(3) x を0.1 きざみで

(4) x を0.05 きざみで

(5) x を0.01 きざみで



教科書では、普通（1）、（2）までぐらいをやってみせるか、生徒への課題にしてある。この問題は、なんでもないよう思えるが、実は「グラフとは何か」「グラフは、関数式を満たす点の集まりである」という意味を理解させるためのものである。

（1）（2）までは、手作業でやらせる。しかし、（3）以降はパソコンの領域であろう。市販のソフトではこのような細かい操作ができにくい。（もしかしたら、筆者が知らないだけかもしれないが）

実践例4 パソコンの画面には、図の長方形の縦、横、周囲の長さ、面積が表示される。

また、次のキー操作ができる。

Aのキー 面積を変えずに縦の長さを増加する。

Bのキー 面積を変えずに縦の長さを減少する。

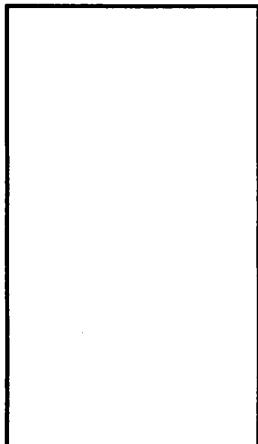
Cのキー 周囲の長さを変えずに縦の長さを増加する。

Dのキー 周囲の長さを変えずに縦の長さを減少する。

これらを用いて、関数をつくってみよう。そして、その関数にどんな性質があるか考えてみよう。また、どんなグラフになるか調べてみよう。

工夫すれば、これに近いことを、市販の図形ソフトで行えるかもしれないが、複雑な工夫が加わると、問題の本質が見えにくくなる。

縦 10.0 横 20.0 面積 200.0 周囲 50.0 対角線 22.4



1-5. ソフトを自作するときの条件

ソフトを自作するとき、どのようなことを考慮するのか例をあげて説明する。

(1) データ収録のためのソフト（ピックの定理）

ピックの定理は、方眼紙の格子点を結んでできる閉じた図形に関する定理で、この図形の周上の点の数と内部の点の数、この図形の面積との間の関係を1つの式で表したものである。

この定理を授業のなかで取り上げる試みは以前から行われていた。

筆者は、これを関数の問題として取り上げたらどうかと考えた。いくつもの図形のデータから関数関係を読み取らせようと考えた。簡単な図形ならば、点の数を調べたり、面積を計算することはたやすい。しかし、複雑な図形や数多くの図形からデータを集めるとなると、生徒からの拒否反応が予想される。このような場合、パソコンならうまくいくだろうという予測が立つ。

この時点（平成5年）で、ピックの定理を扱った市販のソフトはみつけられなかった。

このソフトの基本は、生徒が自由にかいた図形に対して、3つのデータを示すことである。

それに、どのような付加価値をつけるか。それは、このソフトによってどのような授業を考えるのかによって決まる。

筆者は、関数にこだわったため、次のことを考慮した。

- ア データの表を画面上に残す。
- イ グラフを画面上に表示するバージョンをつくる。
- ウ 図を画面上に残すバージョンをつくる。
- エ 方眼紙の格子点を結ぶものからの拡張のバージョンをつくる。

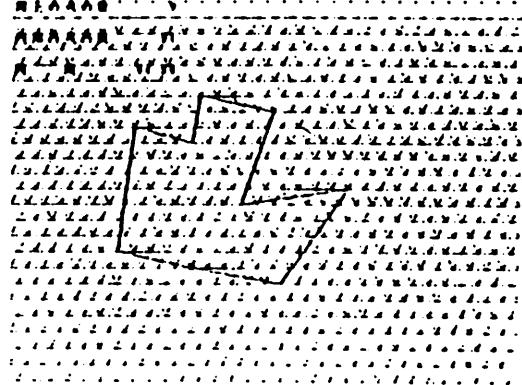
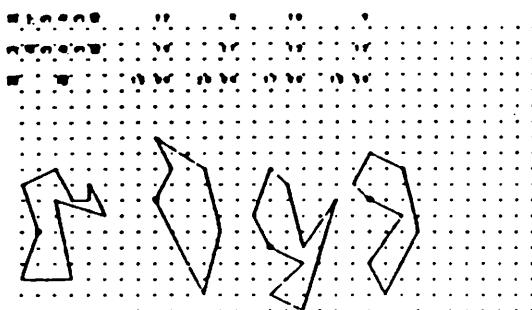
関数は2つの変量の間の関係を調べるものである。3つの変量を同時に変化させると、これらの変量の間の関係はなかなか見えない。これを1つを固定して2つを変量として扱うと、関係が見えてくる。

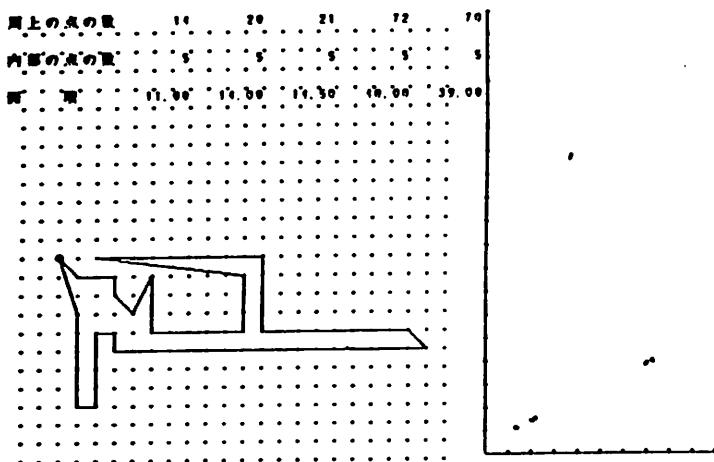
生徒は、いくつものデータからどんな関数かを考えることになる。そのとき、データをいちいちノートするのはわずらわしい。そこで、アの表が必要になる。

また、データの数値から関数関係があるかどうかを調べるかわりに、グラフから判定することをやらせたいとも考え、イのグラフのバージョンを考えた。

図をノートに記録させる場合のことを考えてウを考えた。

また、前提となる条件を変えたとき、どうなるのか考えさせるためにエをつけた。





このソフトは、平成6年の本校の研究協議会の公開授業で使われ、平成7年の日本数学教育学会での両角先生の発表にも使われている。その発表をみて、ある県の教育委員会がプロの業者につくらせたソフトが本校に送られてきた。そのソフトでは、点の個数や面積をパソコンが自動的に示すのではなく、生徒が自分で調べる形になっていた。また、表やグラフの表示はない。おそらく、パソコンの画面上に図をかくことのおもしろさに焦点をあててつくったソフトであろう。ソフトをつくる前の発想が筆者とは異なっているものと思う。

(2) 疑似体験のソフト（速さとは何か）

関数の授業で扱う内容の中に、変化の割合がある。いろいろの研究会で、変化の割合の必要性を生徒にわからせるのが難しいとの話がよくでる。教科書などで、変化の割合の具体例として取り上げられるのが「速さ」である。しかし、多くの場合、単なる計算問題に終わっている。関数で変化の割合を重視する意味が読み取れない。そこで、筆者はここに焦点を当てた指導案を考えた。

まず、生徒の誤解を利用することにした。

生徒にとって速さとは、(距離) ÷ (時間) である。移動している点のある時点での速さは、移動をはじめてからの時間とその間に動いた距離をこの公式に当てはめる。これが生徒の求め方である。いうまでもなく、これは、移動を始めてから、その時点までの平均速度を計算していることになる。ところが生徒は、この値をその時点での速さと錯覚している。ある時点での速さとは、普通瞬間の速さを意味する。それでは「瞬間の速さ」とは何か。数学的には極限の概念が必要になるが、日常では、ごく短時間での平均速度とみてよい。しかし、短時間とはどれだけの時間なのか、人様々であろう。ここに、変化の割合の指導が盛り込めないかと考えた。

これらのことを持続案に盛り込む場合、この移動の過程を生徒に体験させるのが最適であろうと考えた。実際の体験を授業の中で行うのは難しい。そこで、パソコンの画面上での疑似体

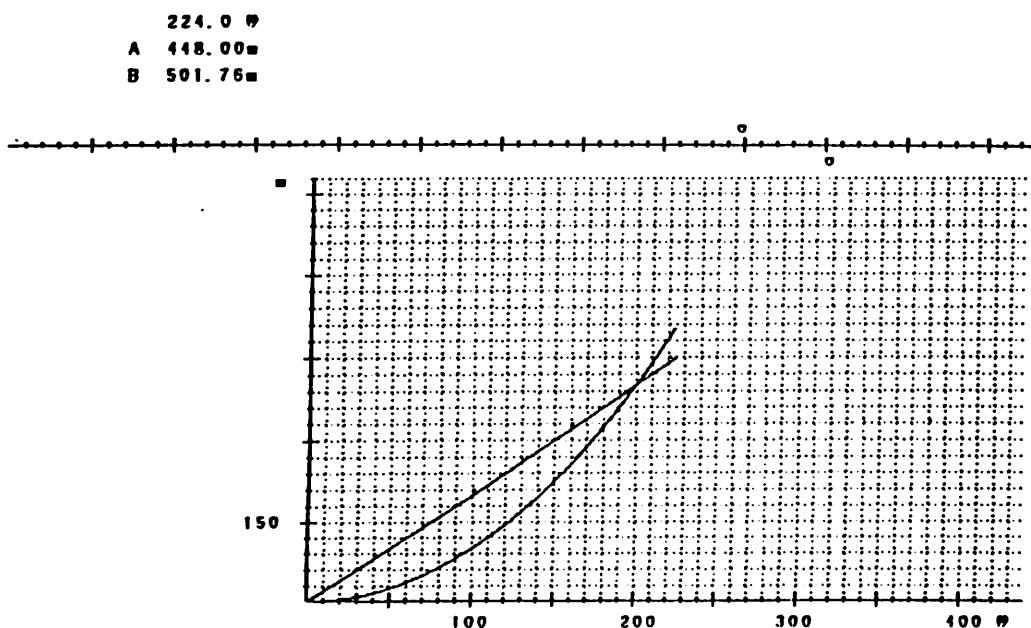
験を考えた。残念ながら、市販のソフトで、このようなことを行うのは難しい。

そこで、自作のソフトで行うこととした。

まず、生徒の錯覚を、自分で気付かせるための設定を考えた。

第1の画面では、1個の点の移動を扱う。この点は速さが刻々と変わる。ここで、ある時点での速さを考えさせる。おそらく、大部分の生徒は、移動はじめてからの平均速度を計算するだろう。

第2の画面では、2つの点の移動を扱う。1つの点は速さを変えない。他の点は速さが変わる。はじめはゆっくりでだんだん速くなる。はじめのうちは第1の点が先行するが、そのうちに第2の点に追いつかれる。この追いつかれた時点でのそれぞれの点の速さを考えさせる。生徒が第1の画面で行った計算では、どちらの点の速さも同じである。ところが、この時点で一方の点が他方の点を追い抜いているのであるから、速さが同じであるわけがない。この矛盾を生徒がどう考えるのかが授業の柱になる。このような想定のもとでソフトを設計し完成させた。なお、このソフトを用いて平成8年の本校の研究協議会で両角先生が公開授業を行い、そのときの経過を日本数学教育学会で発表している。



(3) 疑似実験のソフト（確率の実験）

確率の授業で、いろいろの実験を行いたいと思っている教師は多いだろう。筆者もそうである。たとえば、

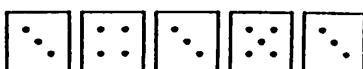
「プロ野球の日本シリーズでAチームとBチームが対戦することになった。両チームの力が互角のとき、何回で決着することが多いだろうか」

という課題を計算で求めさせるのは中学生では難しい。しかし、実験で調べることはできる。

1試合の結果をさいころの目で決めることがある。

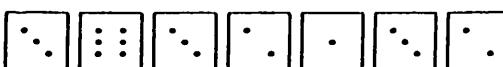
いま、偶数の目がでればAの勝ち、奇数の目がでればBの勝ちと決めておく。
たとえば、

サイコロの図



.....4勝1敗でBの勝ち

サイコロの図



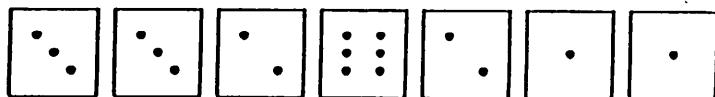
.....4勝3敗でAの勝ち

このような実験を多数回行えばよい。クラスの全員が協力すればある程度の実験回数にはなるが、もっと回数を増やすにはパソコンに頼るほかない。

この程度の簡単な実験も市販のソフトでは難しい。

この実験のソフトは簡単に作れる。

実験を1回ずつ100回行った例（数分でできる）



Aの勝負	回数	相対度数
4-0	6	0. 060
4-1	14	0. 140
4-2	11	0. 110
4-3	18	0. 180
0-4	9	0. 090
1-4	13	0. 130
2-4	18	0. 180
3-4	11	0. 110
計	100	1. 00

1998年3月

実験を2000回連続で行った例（数分できる）

Aの勝負	回数	相対度数
4- 0	119	0.060
4- 1	260	0.130
4- 2	326	0.163
4- 3	321	0.161
0- 4	125	0.063
1- 4	243	0.122
2- 4	316	0.158
3- 4	290	0.145
計	2000	1.00

理論値は	4-0 0.063	0-4 0.063
	4-1 0.125	1-4 0.125
	4-2 0.156	2-4 0.156
	4-3 0.156	3-4 0.156

となる。力が互角なのに、4勝2敗の確率と4勝3敗の確率は等しい。実験からもこのことは推察でき、生徒たちは、以外な結果に驚く。

一般的の教師に自作のソフトを勧めても現実は無理である。とすれば、教師が手軽に、しかも本当に使いたいなと思えるような市販のソフトが出回ることを期待したい。最近はパソコンの話題がインターネットの方に傾いているため、授業の中で実際にパソコンを使うことが少なくなりつつあるのかと心配する。このような心配を吹き飛ばす意味からもぜひ、よいソフトの作成に努力してもらいたい。

（文責 徳峯 良昭）

2. テクノロジーを活用した授業展開について

最近、様々な機能を有する電卓やコンピュータ（一般にこれらを総称してテクノロジーと呼ぶことにする）の導入に伴い、学習方法が多様化してきた。例えば、生徒が自分で数学を扱える可能性、操作的・実験的な数学の可能性、具体と抽象の橋渡し、直観と論理の橋渡しなどへの可能性、などについて今後どうしていくのがよいのかといったことが問われてきている。

ここでは、具体的なテクノロジーとしてCBLシステム（Calculator Based Laboratory=電卓実験室, Texas Instruments), グラフ電卓(CASIO), Cabri Geometry II(Texas Instruments)などを、関数の授業に活用した。また、そのソフトには多様な機能があるが、今回は、以下の様な機能を授業に活用していった。以下、簡単に、その機教育機器の機能の概略を述べる。

CBLシステム 手軽に事象から生のデータを採集し、グラフ電卓に接続することによりグラフをえがいたり、結果を解析することができるもので、リアルタイムで現象を探求できる。具体的には距離センサー（音波により障害物との距離を測定する、Program HIKER）を用い、自分自身の体を移動させたり、センサーを動かしたりすることによって、時間と距離とのグラフをグラフ電卓に表示する。具体的な事象とグラフのかかわりについての体感が可能となる。

グラフ電卓 式を入力することより、式からグラフの関係を探求できる。グラフをえがくといったグラフ機能、グラフを動的に捉えるといったダイナミック機能、座標を調べるといったトレース機能などがある。式からグラフをえがくといった活動が効率よく進められ、探求の活動がしやすくなる。

Cabri Geometry II 図形を解析するソフトであるが、座標軸を設定することにより放物線、双曲線や直線などをえがくことが可能で、グラフと式との関係を探求できる。グラフの移動などをを利用してグラフを図形的に扱うといった探求の中で、図形と式との関連を調べることができる。グラフ電卓は式からグラフを探求できたが、逆にCabri Geometry IIではコンピュータ画面上に表現されたグラフと、それに対応する式との関係（グラフから式）を探求することが可能となる。

これらの利用により、これまでの表、式、グラフといった考察の方法が画期的に変化した。これまでの関数の学習内容は、関数を表す式とグラフとの関係を数学的に分析することが核となった指導（図1）を中心であったが、テクノロジーの発達によって、その指導の効率化を図ったり、日常生活の中から関数関係を積極的に見つけ出すといった指導が可能になったといえるからである。

つまり、事象→グラフ→表・式といった手法（図2）や、グラフ→式→グラフといった手法（図3, 4）などの効率化などが可能になったといえる。

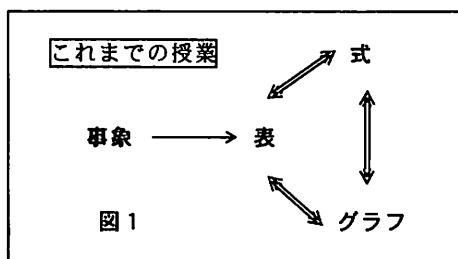


図 2

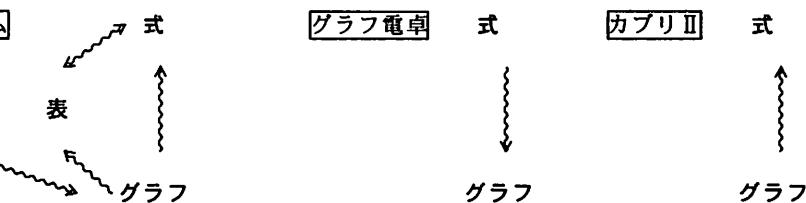


図 3

図 4

2-1. テクノロジーを活用する上で留意すること

これまで授業で活用してきたテクノロジー (CBLシステム, グラフ電卓, Cabri Geometry II) を、実際に授業で活用していくときに注意すべき点を以下にまとめていく。

CBLシステム

- ①機能表示がすべて英語であるため、誤操作を行いHIKERのプログラムを消してしまうことがよくあるので、スイッチを押すだけで、すぐ操作ができるように設定しておくこと。
- ②接続ケーブルの接続不良が起こりやすいので、プラグをきちんと奥まで差し込むこと。
- ③距離センサーの測定角度（約30度）を意識させること。
- ④測定可能距離（約30cm～6m）を意識させること。
- ⑤測定可能時間（6秒）を意識させること。
- ⑥「CBL→グラフ電卓」によって、グラフ電卓に表示されたグラフは、座標平面上に（粗めに）プロットされた点の集まりであり、そのままでは連続曲線になっていないことを意識させる必要があること。

グラフ電卓

多様な機能があるため、生徒にとって興味関心をそそるところがある。教師の意図する以上の機能を用いることがあり、英語表示のためかすぐ復旧できなくなるといったトラブルがみうけられた。そうならないように準備をしておく必要がある。

Cabri Geometry II

- ①多様な機能があるため、生徒にとって興味・関心をそそり、教師の意図する以上の機能を用い遊んでしまうことがある。生徒の行動が、教師のねらいとあまりにも逸脱するようなことがあれば、制止や制限を加える必要がある。
- ②ウインドウズ上で動いているため、慣れている生徒は他のソフトに入り込むといったことがある。生徒がそうしないように注意する必要がある。
- ③グラフ（放物線、双曲線）の式が $ax^2+bxy+cy^2+dx+ey+f=0$ の形式のため、 $y =$ といった表示に変形し直して考察しなければならない。

2-2. テクノロジーを活用した授業展開

紙面の関係上、ここではCBLシステム、グラフ電卓、Cabri Geometry IIを活用した授業展開の概略について述べる。

○授業1「自分の動きをグラフに表そう」 CBLシステムの活用

【授業のねらい】

私たち教師にとって、数学を通して健全な生徒を育成するといったことは大前提ではあるが、同時に生徒に数学を教えているという事実も無視できない。教師は、効率よく数学を教えようするために、論理的に説明できる事象を「都合よく」取り上げようとする傾向が強い。言い換えれば、事象を教師にとって教えやすい形に加工して教授しようとするのである。そこでは、身近な事象をモデル化したりして考察する習慣付けがなされるため、モデル化された世界と事象を同一視するといった弊害（例えば、「速さ」や「落水問題」などにおいて）が見受けられる場合もある。

また、最近の高校生に対しては「微積分の導入において、変化の割合のことを話していても、具体的にそれが何をさしているのかわからない」といった生徒が多くなってきている」といった話を聞くことがある。このことは、これまで変化の割合が一定となる現象や、位置を表すグラフばかりを学んできた結果、現象の変化に対する感覚を見失っているともとれよう。だんだん速くなったり徐々に遅くなったりするといった、事象の状態に即した見方や感覚が失われているともとれる。

そこで、この授業では、事象の数理化（できる限り事象の状態に即応した形で、数理化すること）の必要性およびグラフのイメージ（変化の変化感）をつかむことをねらいとしている。

【授業の概要】

具体的事象と数学的な概念を結ぶパイプ役としてCBLシステムの距離センサー（音波により障害物との距離を測定する）を用い、具体的事象とグラフのかかわりについて体感する。

自分自身の体を移動させたり、センサーを動かしたりすることで、時間と距離とのグラフをグラフ電卓に表示させる。前半は、提示されたグラフ（直線、波形、階段）にあうように動くといった活動をおこない、後半、それらをもとに、さまざまなグラフを作成してみた。

【授業の実際】

育鳳館（小さな体育館のような大きさのホール）においてグループ単位で学習活動をさせた。グループごとに試行錯誤・協議をし、工夫をこらしながら楽しく活動を行うことができた。生

徒は、あたかも自分がコピトになり、グラフ電卓にえがかれたグラフ上を歩いているような感覚を味わうことができる。自分の動き方をグラフ上で再現しているような「イメージ」を感じることができたのではないだろうか。この学習を経て、生徒たちは具体的な事象とグラフの関係を肌で感じ取ることができたと考える。

○授業2「グラフが直線、山型になるように歩いてみよう」 CBLシステムの活用

【授業のねらい】

「時間と距離のグラフが直線になるように歩いてみよう」という課題に対して、生徒は「速さが一定になるように歩けばいい」と答えを返してくる。けれども、実際に歩くということを行ったときにそれは可能であろうか。数学のよさの一つであるが、身近な事象を考察する際に抽象化し、考察したい部分だけを取り出したモデルの上で、その事象の様相を調べていくことがある。モデル化された（理想化された）世界では、主に考察したい事柄に対して捨象される部分があるため、実際の様相と異なる場合も出てくる可能性がある。その一つの例が、「距離・速さ・時間」に関する実際の事象の状況と、生徒のイメージするモデルとの関係である。生徒は速度に関する問題等に慣れ親しんできたこともあってか、「電車に乗る」といった経験が豊富にあるにも関わらず、速度0からスタートするという情報を排除し、速さを平均化して「速さはいつも～である」と言い切ることが多い。また、変化の割合などを捉える際には、具体的な事象との関連がうまくとれていない生徒が見受けられる。変化の割合を具体的な事象における使われ方でとらえるのではなく、数学的にモデル化された世界で、例えばグラフ上の傾きや公式（速さの公式など）によって求められた値のみを変化の割合ととらえる傾向が強い。

この授業では、具体的な事象と数学的な概念を結ぶパイプ役としてCBLシステム（距離センサー：音波により障害物との距離を測定する）を用い、速さが一定になるように歩くことと変化の割合について扱えるような環境を設定する。さらに、山型のグラフの予測や検証を行い、しだいに連続性などに気づいたり、式とグラフの関係や有用性がわかるように、システムを道具として活用していく。

【授業の概要】

話し合い活動を通じ、速さが一定になるように歩くことと変化の割合、および連続性について扱えるような環境を設定した。そこでは、予測や検証をおこない、しだいに変化の割合などに気づいたり、式とグラフの関係や有用性がわかるように、CBLシステムを道具として活用しようとした。

【授業の実際】

話し合い活動の中で、生徒は、グラフ電卓にえがかれたグラフ上を歩いているような感覚を味わうことができ、具体的な事象とグラフの関係を肌で感じ取ることができたと思える。その中で、速さが一定になるように歩くことと変化の割合、および連続性について気付けたのではないだろうか。なお、グラフが点のプロットであるため、複数の生徒がいれば山型のグラフをえがくことは可能だといった解決方法を見いだした生徒も見受けられた。

○授業3 「グラフを90度回転移動したり、x軸、y軸方向に平行移動してみよう」

グラフ電卓、Cabri Geometry IIを活用

【授業のねらい】

課題学習的な内容として授業を設定した。指導時間の確保といった制約があるため、これまで不可能であった内容を、効率よく学習できるかというところに授業のねらいを置く。内容的には、中学校の学習内容を逸脱するものもあるが、あえて学習の可能性を問うものとして設定した。具体的には、グラフ電卓、Cabri Geometry IIを道具として活用し、

「 $y = 2x$, $y = 2/x$ などのグラフを移動したグラフをえがくにはどうしたらよいか

(グラフ電卓)」、

「 $y = 2x$, $y = 2/x$ などのグラフを移動したグラフからどんなことがわかるか

(Cabri Geometry II)」などを扱った。

【授業の概要】

同一内容を、グラフ電卓を活用した場合と、Cabri Geometry IIを活用した場合とに分けて、別々のクラスで授業を行った。どちらを活用するかによって課題の提示方法が異なるが、ほぼ同一内容なので、ここでは、グラフ電卓で行った学習課題について記述する。

学習課題1

$y = 2x$ のグラフを90度回転移動する方法を考えてみよう。

学習課題2

$y = 2x$ のグラフをx軸、y軸方向に3平行移動してみよう。

学習課題3

$y = 2/x$ のグラフをx軸、y軸方向に3平行移動してみよう。

学習課題4

課題2、3から、どのようなことがいえるか。

【授業の実際】

グラフ電卓を活用した授業では、生徒が考えるといった時間が確保できた。はじめは、試行錯誤的にグラフを描いていたが、予測を繰り返すことによって実際にグラフ電卓上にえがくことができた。そして、その活動の中で自分の予測が正しいかどうかを確認でき、生徒の思考活動を充実させたものにできたと確信している。なお、課題3の $y = 2/x$ のグラフをy軸方向に3平行移動してみようという課題については、解決できなかったクラスについては助言を与えた。

Cabri Geometry IIを活用した授業では、簡単にグラフをえがけ、すぐ式表示ができてしまうので、グラフの移動と式との関連を見いだすことはできるという反面、それでおしまいという生徒が見受けられた。また、グラフの移動と式との関連がいとも簡単に見えてしまうため、式からグラフの移動の吟味が甘くなってしまうといった弊害もみられた。

2-3. テクノロジーを活用した授業実践を通して得られること

これまでの関数の学習内容は、関数を表す式とグラフとの関係を数学的に分析することが核となった指導が中心であったが、テクノロジーの発達によって、日常生活の中から関数関係を

積極的に見つけ出したり、事象の変化をとらえた具体例を扱うといった指導がより可能になったといえるのではないだろうか。問題解決の過程において、予測や検証をおこない、操作や実験を繰り返す中で、しだいに、伴って変わる量や変化の割合などに気づいたり、式とグラフとの関係やそれらの有用性がわかりえるような環境を設定する、といった指導法の在り方の重要性について改めて認識させられた。以下、授業実践を通じて得られたことを列記する。

- (1) CBLシステムを活用した授業は、具体的な事象と数学的な概念を結ぶ導入として成立したと思える。グループ単位で活動したわけだが、生徒は非常に興味・関心を持ち、積極的に課題に取り組むことができた。ただし、もう少し時間をかけて、生徒が作成したさまざまなグラフを検討すべきだという必要性を感じた。例えば、富士山のようなグラフやノコギリ型のようなグラフなど、作成可能かどうかも検討すべきと思える。
- (2) 抽象化やモデル化することにより、具体的な事象を数学的に捉えようとする。しかし、常に抽象化やモデル化をしようとすると、具体的な事象の様相に応じた捉え方ができなくなる可能性がある。換言すれば、「具体的な事象」のリアルな状態と、それに対応する「数学的概念」が不自然な形で生徒の中に共存してしまうのである。例えば、歩くという行為を具体的な事象の状態に応じてみると、時間の変化に応じて分速が変わっていく。そうして実際の状態をモデル化して、数学的に考察するのであるが、彼らは実際に「歩く」という行為と離れて「分速5mで歩き始める」ということを何の疑問も感じないで認めている。実際の状態をどう認識させていくか、その学習をいつ行うのが妥当なのかなどを研究していくなければならない。
- (3) 「速さ=距離÷時間」にこだわりを持つ生徒は、具体的な事象の説明に対してそれを認めようとせず、生徒自身の概念の再構成（具体的な事象に応じて既存の概念を変容していくこと）を抑制している。例えば、それまで生徒が持っていた「グラフ上における意味」などを事象の状態に応じて修正し、再構成することなどが授業の中で見受けられたが、生徒の中には実体験による反例を認めつつも、自分の考えが正しいことを主張するために、成り立つ例を強化しようとする者もいた。知識の区分けを解消するために、授業における「導入」がいかに大切かどうかを主張しているととれる。
- (4) グラフ電卓を活用した授業では、生徒の思考過程を大切にすることことができたと思える。はじめは、試行錯誤的にグラフを描いていたが、予測を繰り返すことによって実際にグラフ電卓上に描くことができ、探求活動のなかで自分の予測が正しいかどうかを確認したり、思考活動を充実させたものにできたと確信している。
- (5) Cabri Geometry IIを活用した授業では、ソフトの特性上、簡単にグラフをかくことができ、式との関連もすぐ見えてしまうといった良さがある反面、それで理解したつもりになる生徒がみうけられる。ソフトの長所が、短所となりえることが指摘できよう。いかに、指導内容を定着させるかが課題として研究課題として残った。 (文責 大根田 裕)

3. オリジナルソフトと市販ソフト（汎用ソフトを含む）の双方を使用した授業展開について

3-1. オリジナルソフトと市販ソフト（汎用ソフトを含む）を活用する上で上級留意すること
コンピュータを用いた授業でどのような点に注意を払う必要があるか、また、どんな点が問題となるかを考えてみよう。

(1) オリジナルソフトを用いた場合

自作ソフト（徳峯開発ソフト）用いて授業を展開したとき、コンピュータを目の前にして操作の仕方について多くのことを説明するのはあまり役に立たない。特に男子生徒は、勝手にキー操作をしてしまう。また、説明あまり聞いていない。トラブルを起こすと、テレビゲームの感覚でぐりセットボタンを押したり、自由にキーを操作してプログラム（N88 BASICを用いている）を壊してしまうこともある。キー操作はできるだけ簡単に、コンピュータを前にしたときにはほとんど説明しないでも課題に取り組めるようにしておく必要がある。そのため、操作マニュアルは説明文のプリントを渡しておく方がよい。さらに、コンピュータに電源を入れたと同時に課題が表示されるようなプログラムの工夫が大切である。もちろん、それぞれのコンピュータがLANで結ばれていれば、このようなトラブルは多少避けられるかもしれない。しかし、必ずしもそうなっている学校ばかりとは限らない。コンピュータを単体で使うことが普通である。

解決しなければならないこととして、コンピュータの画面を見て課題を説明するもの、コンピュータの画面を見る前に課題を説明するもの、コンピュータを用いて課題解決するものなどがある。オリジナルソフトには、ある課題に集中させることができるというメリットがある。課題を並列的でなく直列的に並べることができるので、「一つの課題がすんだら次の課題へ」と授業を段階的に進める。そのため計画通りに授業を進めることができる。ただ、生徒はいろいろなことをやりたがる傾向があり、このような制限があると他のことをやってみたいと思ってもやることできない。コンピュータゲームのように、多様なことをコンピュータ上で味わおうとしている生徒には興味が湧かないこともある。コンピュータで数学を学ぶという姿勢を持っている生徒には、コンピュータで遊ぶという感覚で課題に相対するので、市販ソフトと比べてシンプルであるために面白みが少ないようである。一方、課題にまじめに取り組んでいる生徒には、教師の意図がコンピュータを通じてはっきりとつかめ、コンピュータを使うことにより、より数学に対する興味が増していくようである。生徒の感想には「コンピュータを用いる数学の授業がおもしろい」というのが多い。

自作ソフトでは、プログラムを作ることに大変な作業と時間が必要である。課題を作成したり、解決するために自在で思うようなプログラムを作れるプログラミングの技術を備えているかどうかが重要なポイントである。そのようなプログラミングの技術があって、自作ソフトのよさが出てくる。自作ソフトでは、授業を通してプログラムを改良していくことができ、少しずつプログラム上の問題点や、授業での扱いにくさなどが解決され、使い勝手がよくなっていく。また、教えている生徒の実態に即した課題が創出されるのも特徴といえるであろう。この

ように、自作ソフトは生徒の実態をふまえて課題のねらいもはつきりしているので、授業できちんと反映することができる。それゆえ、ソフトの活用で注意することは、そのねらいをきちんと実行することである。

自作ソフトの最大の難点は、先程も述べたように、自分がこのようにやりたいと考えたように自在にプログラミングをすることが困難であるということである。

(2)市販ソフト（汎用ソフトなど）を用いた場合

市販ソフトは、一つで多くの要求を満たそうとする傾向が強い。そのため、ねらいが絞りきれない。また、いろいろな課題が盛り込まれている。授業で市販ソフトを扱う場合、生徒は課題が並列的に、しかも全然、別の種類の課題が一つのアプリケーションに入っているので、先生が用意した課題と違うものをやり始めることもしばしばである。そのため皆で共通の課題を追求するような授業では、共通の課題に取り組んでいない生徒も出てくる。このような状態を起こさないようにするのは結構骨の折れるものである。一つのフロッピーに一つの課題となつていれば、他のことに手を染めないが、いろいろなことがあると他の課題に興味を示すことをさけることはできない。それと、課題がいろいろあると、一つの課題が行き詰まると他の課題に興味がいってしまうことがある、教師としては、授業を進める上で予定通りに進まない。つまらない物理的な障害が意外と大きいので生徒に対して十分気を配らなければならない。まして、最近のwindows 95などでは、課題にたどり着くまでいろいろなことがあるので、それをしっかり理解させて課題にたどり着かせる練習が必要である。その結果、他のアプリケーションなどに興味・関心を示して、数学の問題と別のものに取り組んだりして授業にならないこともある。もちろん、他のことをやっていて、興味を覚えるという副産物や、自分で積極的にいろいろなことに取り組むというメリットも生まれるが、これらのことからはあまり成果は期待できず結構気まぐれことが多い。したがって、市販の汎用ソフトの活用で注意することは課題に全員がしっかりと取り組むように、授業計画とコンピュータの使用についての計画をきちんとすることである。

次に注意することは、市販ソフトでは、画面をきれいにしたり表示に工夫を凝らしているものが多いが、これらは本質とあまり関係ないものも多いので惑わされないようにすることが大切である。

また、単に印刷物と同じなのにコンピュータで課題を提示しているものもあるので、これらの課題は、コンピュータの利点を利用したものとは言えないので注意を要する。

筆者が2年生の選択教科（本校では総合学習として取り組んでいる）で使用した課題学習のソフト「Let's Try」（東京書籍）に生徒は大いに興味を示し、熱心に取り組んでいた。しかし、グループごとに自由に取り組ませたこと也有って、一つのフロッピーに「4桁の数あて」「対角線は何個の枠を通る」「三平方の定理の証明」「魔方陣」etc.など、いろいろな課題が入っているので、課題に行き詰まると「他の課題」に移ってしまい、追求心が高まらない者が多かったようと思う。それと皆で共通の課題を追求していないので他の生徒には何をやっているのかわからず、発表をさせても、その課題に取り組んでいない生徒にはあまり役に立たなかった。ただ、自ら進んで課題に取り組むという点では、多様性があった方がよいのかもしれない。しかし、全体の授業を考えると、個々バラバラに取り組んでいたのでは、全く個別化してしまい、同じ教室に同時に机を並べて学習している意味がなくなってしまう。したがって、全体と個の関係

を考えた授業計画をすることが大切である。

自作ソフト汎用ソフトいずれの場合でも「コンピュータを用いた授業とそうでない授業とのつながりをどうつけるか」が結構難しい。作図ツールを用いての授業研究もよく発表されているが、コンピュータの上と、紙の上での課題解決とにどういうつながりと差があるかをしっかりと認識させるようにしなければならない。特に作図ツールを用いての图形問題の解決では、生徒が自由に图形をかき、課題解決の授業には向かない使い方になってしまい可能性もある。图形の性質の発見には向くが、授業で扱うにはそれほど役に立たない場合もある。ねらいをしっかりと抑えておくことが大切である。「图形を紙の上に定規とコンパスなどを使ってかく」とことと「コンピュータの画面上にかく」こととの違いを認識し、コンピュータを使うメリットが見えてくる授業展開をすることが必要である。

コンピュータ活用の授業で注意するもう一つのことは、コンピュータを動かすことそれ自体には興味を示すが、肝心の数学には興味を示さず、課題に取り組まずに遊んでしまう生徒もいるので、その辺もしっかりと把握しなければならない。

3-2. 自作ソフト及び汎用ソフトの活用事例

コンピュータを活用した授業の例を見ていこう。オリジナルソフトとして徳峯開発のソフトを用いた平行四辺形の面積を求める問題を取り上げる。

【課題1】右図において、点Pは動く点で△ABPの面積がわかる。

このとき、次の3つのことを自由に

图形に加えてよい。

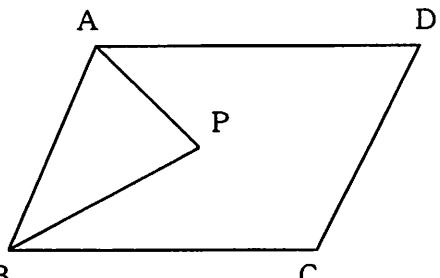
(1)平行線を引く

(2)中点をとる

(3)直線を引く

さらに線分の長さも表示できる。

このとき、平行四辺形ABCDの面積を求めなさい。



この問題は実際に图形をかいて解く問題と違って、三角形の面積が即座に表示されるというコンピュータの長所を取り入れたものである。1年生の授業であったが、生徒も非常に興味を持って課題の解決に取り組んでいた。

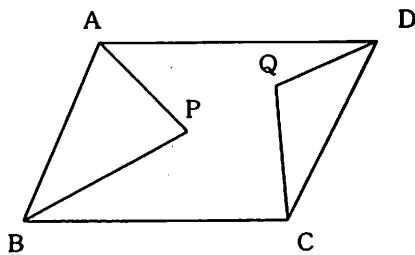
この授業では生徒に課題を説明し、生徒にいろいろな解決方法をさぐらせ、その方法を黒板を使って発表させた。

生徒には、ワークシートを与え、課題解決のいろいろな方法を考えさせた。

生徒の課題解決の方法の発表がだいたい出尽くしたところで、この問題を発展させた次の課題が順次画面に表示できるようになっている。次の課題は、图形にかく加えることができるのと同じ条件であるが、求める图形の形が違う。

課題は、次のような問題である。

【課題2】右の図で $\triangle CDQ$ の面積を求めるよ。



この授業は、課題が直列的に表示され、学習者の工夫によって課題がいろいろな方法で解決される課題学習である。課題が順次難しくなり、生徒はその解決方法を見出し、それをワークシートにまとめ発表するという方法で授業を進めた。この課題は、コンピュータだからこそできる課題で、紙の上で鉛筆と定規を用いて解決できる問題ではない。

生徒の解決の方法をあげると次のようなものがあった。

(その1)

線分ACと線分BDの交点に点Pを持っていく。

平行四辺形は $\triangle ABP$ の面積の4倍であるから

$$16 \times 4 = 64$$

(その2)

点Cに点Pを持っていく。

(その3)

辺BCの中点を通る辺ABに平行な直線を引く。

その線上に点Pを持っていく。

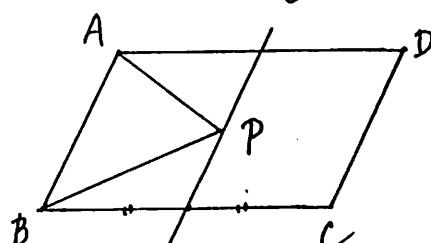
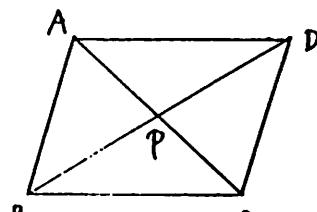
平行四辺形は $\triangle ABP$ の面積の4倍であるから

$$16 \times 4 = 64$$

(その4)

辺CDの中点に点Pを持っていく。

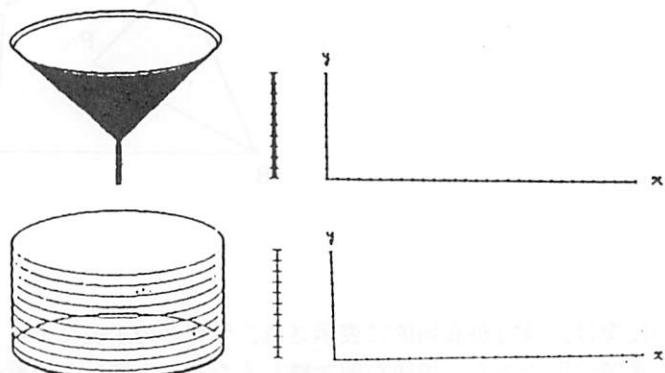
まだ、いろいろな考えが発表された。



このソフトのねらいは、いろいろ工夫することによって「多様な考え方がある」ということを味わわせるものである。生徒は「自分で考えたより、多くの考えが発表され、絞れば絞るほど考えが出てきておもしろかった。」と感想に述べていた。

次の例は関数の落水の問題例である。

右の図のように上の容器から下の容器に水が落ち、高さが時間によって変化していく様子をシミュレーションで示される。そして、時間と高さの関係のデータを表示し、それをグラフで表す問題である。容器の形とグラフの形の関係や、水の高さの変化の速い遅いはグラフにどのような形で表されるかを予想させたりする課題で、グラフの読みに関する問題である。



なお、このソフトでは、実際に自分のかいたグラフとパスワードを入力してコンピュータがかいたグラフと比べることができるようにしてある。

生徒は、何回も水を落とすシミュレーションをやりながら、グラフの形といろいろな容器との関係をつかんでいく。最初の授業では、コンピュータを操作しワークシートにグラフをかかせ、さらに自分のグラフをコンピュータがかいたグラフと照らし合わせた。次の授業では、グラフの形と水の落ち方の関係及び容器の関係を生徒に考えさせ、発表させた。生徒は、問題のねらいをよくつかみ、グラフの読みができていた。

この授業でも、生徒は、いろいろな容器を使って、いろいろなグラフをかき、関係を見つけるのに一生懸命取り組んでいた。感想には、コンピュータの授業はおもしろいと記されていた。

次に汎用ソフトを用いた活用事例をあげてみよう。

前述の「Let's Try」(東京書籍)

を用いての授業例である。

これは、本校で行われている総合学習の中での2年生の課題である。生徒が取り組んだ課題は、「数当てゲーム」「三平方の定理の証明」「円周角」「立方体の切り口」「3次の魔方陣」etc.である。

生徒は、課題についての説明を受けず、コンピュータ画面を自分で見てどんな課題かを考え、課題解決をするようにさせた。それぞれ、何人かのグループに分かれていたので、そのグループで課題に取り組ませたが、グループ内の興味が必ずしも同じではなく、一つのグループがさらに細分化されたグループも多かった。それなりに時間をかけて課題解決を目指し、解決できたが、それ以上の追求心がわいてこなかった。

回数	4ケタの数	数値OK	数のみOK
1	4235	0	3
2	1670	0	1
3	9851	1	0
4	9850	1	0
5	4257	1	1
6	3256	1	2
7	3456	2	0
8	6453	4	0

3-3. 効果的なオリジナルソフトと市販ソフト（汎用ソフト）の使い方についての私見

コンピュータを活用した授業では生徒の関心も高くコンピュータの授業を臨んでいることが生徒の感想からわかる。効果的に、コンピュータを活用すれば、生徒の数学に関する学習意欲も増し、授業がよりよく展開できるようになる。

コンピュータをどのように活用すればよいかを考えてみたい。

まず、グラフをかくとき、コンピュータを用いない授業では、コンピュータを用いた授業に対してグラフをかくことが手作業となるためにどうしても時間がかかり、グラフをかくことが授業の目的と化してしまうおそれが多い。

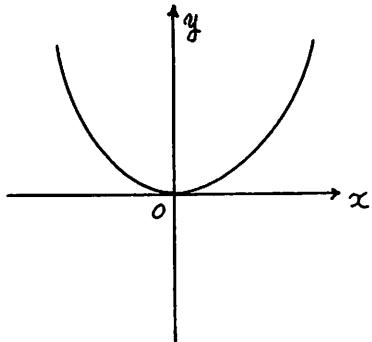
そこで、 $y = ax^2$ のようなグラフでは、図のように、

およそのいい加減なグラフをかいてしまうことが多くなってくる。そのことが本当にグラフの形がつかめてからであれば、問題ないのであるが、どうしてもそのつながりがおろそかになりがちである。

生徒がグラフについての性質を十分に理解しないままに、デフォルメされたグラフになってしまうのは、細かい性質を探る場合に問題がある。また、課題追求において、グラフが曖昧なままで解決に支障をきたす場合も出てくる。そのため十分グラフをかく練習をさせたり、細かく点をプロットさせたりして、グラフの形をつかませる練習を余儀なくされる。

一方、コンピュータを用いたグラフでは、形状についてはかなり詳しく表示され、誰が操作してもグラフの形は同じなので、グラフを読むという作業に時間を十分かけることができる。したがって、コンピュータによってグラフをかき、そのグラフを利用して問題解決するのには便利である。生徒には、煩わしさがなく、課題に対する取り組みも多くを期待できる。しかし、ここで懸念されるのは、コンピュータがグラフをかいてくれるため、自分で紙の上にグラフの概形をかく場合、グラフが容易にかけるかというと、ちょうど、電卓の登場で筆算や暗算による四則の計算力が落ちてしまうと同じような現象が起こり、なかなかうまくかけないということである。ただでさえ、点をプロットしてグラフをかく作業は煩わしい。コンピュータでかけるとなれば、あえて点をとってグラフをかく必要がないので、グラフの概形を紙の上にかけないこともおこってくる。また、式を入力してグラフをかく場合、入力した式が違っているために起こるグラフの間違いに気づかないことも考えられる。もちろん、「コンピュータを用いてかいたグラフ」と実際に点をとって「紙の上でかいたグラフ」との対応をきちんと抑えておけばそのような心配は少ない。我々が四則計算を電卓でやる場合、当然、四則の計算原理をとらえていて、時間をかけさえすれば筆算で計算ができるという前提があるからである。したがってコンピュータを用いた授業では、関数のグラフをかく上でx座標、y座標の関係をきちんととらえて時間をかけさえすれば、コンピュータでかいたグラフと同じものがかけるという確信とその手法をつかんでいるようにしなければならない。

作図ツールのような汎用ソフトも効果的に扱えるのは、課題がはっきりしているときである。曖昧であると生徒は、自由にいろいろな图形をかいたりして、共通の課題を追求することにな



らない。授業では、初歩的なことで、案外、つまづくものであるからきちんと授業の展開とワークシートのようなものを用意することが肝要である。

最近のコンピュータの発展で、プログラムを作る人が少なくなってきた。教材開発の一つとして、オリジナルなソフトを作れるような環境作りとコンピュータの発展を期待したい。

(文責 鈴木 彰)

4. オリジナルソフトと汎用ソフトを活用した授業展開について

4-1. オリジナルソフトと汎用ソフトの持つ長所・短所について

コンピュータを活用した授業を実際に展開していく際に、次のような【課題】を解決していく必要がある。

【コンピュータを活用した授業を実践する上での課題】

- (1) コンピュータを活用した授業とコンピュータを活用しない授業との接続をどうするか？
 - (2) 授業の中でコンピュータを使う目的は何か？
 - ① コンピュータを特定の問題を解くための「ヒント」を与えるものとして使うのか？
 - ② コンピュータを「数学的な現象」をみせるための「シミュレーション」として使うのか？
 - (3) 数学の授業の中で「議論」を起こし、「議論」をわかるための情報などを提供するものとしてコンピュータを使うのか？
 - (4) ある単元で学習した事柄をまとめたり、確認したりする「練習問題」や「章末問題」の感覚でコンピュータを使うのか？
 - (5) コンピュータを使うこと、それ自体に対する生徒の興味・関心などを満たすために使うのか？（例えば、コンピュータを使わない授業の方が同じことをやっても能率があがるがコンピュータを使った方が生徒が喜ぶので使う、など）
 - (6) 数学のまつわるいくつかの話題や情報を検索するために、コンピュータを使うのか？
- (3) コンピュータを活用した授業のまとめをどのようにしていくか？
※例えば、コンピュータを活用した授業での学習内容と、生徒たちが用いている教科書の記述との対応をどのようにつけるかなど。
- (4) コンピュータを活用した授業を展開していく際に、教師のねらいをどのように生徒たちに達成させていくか？
※例えば、コンピュータ操作の仕方だけで終わってしまうのではなく、数学の学習にいかに移行させるかなど。
- (5) 「コンピュータがそう答えているから、だからいいんだよ」といった生徒の声に対して、どのように数学の学習の必要性を感じさせるか？

以上のような【課題】をどのように解決させたかによって、オリジナルソフトや汎用ソフトの使いやすさやよさが決まってくる。コンピュータを用いて授業を行う際に、上の【課題】に対してより多くの解答が出せるようなソフトが、教師にとって使いやすい、そして生徒の学習に最適なソフトといえよう。こうした見方で、今まで私が実際に授業で活用してきた範囲で、オリジナルソフトと汎用ソフトの長所・短所を比較したい。なお、ここでの「オリジナルソフト」と「汎用ソフト」の用語の使用の仕方は、次のようにする。

オリジナルソフトとは………徳峯氏作のソフトのように、個人（多くは教師）がある特定の授業を行うために作成したソフトすなわち、使用目的が絞られたソフト

汎用ソフトとは…………大きく2種類ある。一方は、教科書会社などが開発している数学の授業および課題学習用のソフト。ある程度使用目的が

絞られているソフトである。もう一方は、図形ソフトのCabri Geometrè, Cabri Geometry II, Geo Blockや統計ソフトのLotus 1-2-3, Excellなどのように様々な用途・機能を有するソフト。

「ソフトのよしあしの判断は、ソフトの使われ方すなわち授業の目的によって規定されるものである」という前提があるが、私なりの判断では、これらのソフトの長所・短所は次の表の通りである。

なお、以下の表にも記しているが、オリジナルソフトのよしあしには「そのオリジナルソフトの開発者の個人差」が大きく反映してくる。ユーザーの立場（生徒の使い勝手のよさ・学習の進行のしやすさ）にいかに立つかであるが、幸いにも本校数学科の徳峯氏の開発したソフトがすばらしいものが多いので、オリジナルソフトに対してかなり好意的な判断をしている。換言すれば、徳峯氏および徳峯氏のソフトに出会うことがなければ、オリジナルソフトに対してはもっと厳しい評価をしていたかもしれない。

（注：両角個人は、オリジナルソフトを開発するまでの技量を持ち合わせていないため、多くの数学教師という立場（一般の数学教師としてのユーザーの立場）になることができる）

【オリジナルソフトと汎用ソフトの長所・短所】

長 戸所	短 戸所
【オリジナルソフト】	【オリジナルソフト】
① 「ねらい」を焦点化したソフトゆえ、ソフトを用いた授業展開の仕方がイメージしやすい。また、授業展開のされ方に応じてその授業の流れに沿った形で、ソフトを改良することができる。	① オリジナルソフトは、ソフトを開発する方に多大な時間と労力を必要とする。また、ソフトを開発した方がいないと、トラブルが生じた場合にどのように対処してよいのか困る場合が生じる。
② オリジナルソフトには、沢山の機能が盛り込まれていない（汎用ソフトで多機能なものとの比較）、ソフトの使用に自ずと「制限」がついてくる。その「制限」が生徒の思考にはよい方向に働くことが多い。「制限」から先は、コンピュータから離れて「思考」または「議論」によって解決しようとする行為が生じやすい。	② ソフトを作成する際にねらいを絞っているため、単線型のソフトとなる。すなわち、あるテーマに対して、連続的な（関連する）問題をプロットすることは可能となるが、全く異なる主旨の内容を入れることはほとんどない。
③ オリジナルソフトには「装飾」があまりないので、学習の柱が見やすい。 (学習の「骨」にあたるもののが見やすい)	③ 内容重視ゆえ、画面の上で見栄えがしないことがある。
	④ ソフトを開発する方の数学観・教材観・教育観などによって、ソフトの内容およびソフト開発の主旨が決まるため、誰がその

<p>また、数学の学習を主体にソフトが開発されているので、余計なものをできる限り削ろうとしている。（不必要的情報が削られている）</p> <p>④ 実際に教っている生徒を対象にしているため、生徒の使いやすさや生徒に関連したデータを盛り込んだソフトを開発できる。</p>	<p>ソフトを開発するかによって、そのソフトの出来ぐあいや使い勝手のよさがかなり異なる「オリジナルソフトには、開発者の個人差がかなり反映される！」</p>
<p>【汎用ソフト】</p> <p>① すでに多くの方が使っている（可能性が高い）ので、どのようにしてそのソフトを使っていったらよいのかという指導方法を得ることができる。</p> <p>② ソフトが容易に手に入りやすい。また、マニュアルなどがきちんとあると、そのマニュアルに沿って使用すればよいという安心感がある。</p> <p>③ 画面がきれいである。特に、windows 95 対応のソフト(CD-ROMやフロッピーでのソフト)になると、「見やすさ」が第一に考えられている。</p> <p>④ 生徒が喜びそうな「装飾」がかけられているソフトがある。（例えば、教科書会社などから出されているソフト）</p> <p>⑤ Cabri II のように、バージョンアップすることによって、使える機能もより多機能になり、いろいろなことができそうな可能性が拡大する。 ※例えば、Cabri I ではできなかった多角形の面積が、ボタン一つで計測できるようになったなど。</p> <p>⑥ 授業の導入時などに、CabriやLotus1-2-3などをシミュレーションなどで用いること（パソコンを教室にあるテレビに接続して情報をテレビ画面に出力するなどの方法）によって、生徒のモチベーションを高めることができる。</p>	<p>【汎用ソフト】</p> <p>① 多機能になればなるほど、使い方を教師・生徒双方がマスターするまでが大変である。例えば、Cabriを用いて図形の授業を使用をするとき、図形の作成からコンピュータを用いて行わせようすると、コンピュータの基本操作から教えていくことが必要となる。その際に、コンピュータ操作に興味をもつ生徒とそうでない生徒の間に大きな「個人差」が生じ、授業が一定のペースで進まなくなることがある。</p> <p>「興味を持つ生徒はどんどん進行し、そういう生徒は何もできなくなってしまう」という結果に陥りやすい。</p> <p>② 授業者のねらいに沿ったソフトでない場合「ただコンピュータのソフトを使った」という学習経験になりやすい。</p> <p>③ 多機能である場合、生徒は教師が限定して使わせたい機能とは異なる機能を使おうとする傾向がある。そうなると、授業の本来のねらいと異なる方向に行ってしまうことがある。 (LANで結ばれていない場合など顕著)</p> <p>④ 教科書会社で出されているソフトに多いがシミュレーションが丁寧すぎて、マウスでクリックしていくと、解答までのプロセスがほとんど見えてしまうものがある。</p> <p>そういうソフトの場合には、生徒の思考が期待できない場合がある。 (ヒントの出しすぎ→生徒の思考の方向づけ 生徒の思考の停止へ)</p>

「ユーザーにとっての使いやすさ」と「ソフトの中にいかに『制限』を盛り込むか」という2点が、私が考えるよいソフトの基本条件である。ユーザーには、教師にとっての使いやすさと生徒にとっての使いやすさがある。特に、私のようにコンピュータ操作に熟達していない数学教師にとって、ソフトの使いやすさは大切である。例えば、フロッピー（またはCD-ROM）を入れてコンピュータを立ち上げたときに、簡単な指示文のもとに、次々と目的の画面にたどりつけることや、余計な情報にまどわされないように「目的」に直結するような学習画面がすぐ出てくること、コンピュータ操作に失敗したらすぐ新しいワークシートに戻れること（簡単な操作など）などを満たしていると、実際に授業で使っていても使いやすい。「多機能であると様々な操作が可能になる」ということは事実であるが、これはコンピュータに熟達したユーザーにとってはそうであるが、学校での授業となるとなかなかそうもいかない。焦点を絞ったソフトである方が、教師としては使いやすい。このことは、学校で実際に数学の授業をしている方が開発するオリジナルソフトと、学校以外の方が開発されるソフトとの相違ともいえる。

（必ずしもこれにあてはまらない場合ももちろんあるが）

また、「ソフトの中にいかに『制限』を盛り込むか」という点は、コンピュータを数学の授業の中で活用していくのにあたって大切な視点である。あるところまではコンピュータで操作できるが、その先には『制限』が存在する…という状態に生徒たちがたどりついて初めて、「考える」という学習活動が行われていく。「ここから先はどうしたらいいんだろうか？」 そうした疑問を抱くためには、学習の初期段階でモチベーションを高めておく必要がある。初期段階での動機付けに、ある程度のコンピュータ操作は役立つ。そして、初期段階でのコンピュータ操作により得られた情報が「ここから先はどうしたらいいんだろうか？」の疑問を解決するヒントになっている、といったソフトであると授業が活気あふれるものになってくる。この活動は、ソフトの中にある『制限』が込められているから可能なのであり、もしその『制限』がない場合には教師の側で人為的に『制限』を設けることが必要である。『制限』を取り払ってしまうと次のようなことが生じてしまう恐れがある。

○ コンピュータをみて「わかったつもり」になり、その「わかったつもり」が打破できなくなってしまう。

※例えば、図形に関するソフトを使用しているときに、画面上での「図のみえかた」に依存してしまい、他の視点から図をみよう（コンピュータ画面上に出された見取り図以外の方向）という活動が抑制されてしまう。そして、コンピュータ画面上の方向という特殊な場合でよしと判断してしまう。

○ 結局コンピュータが正答を示してくれるのであるから、考えなくともいつかはコンピュータが教えてくれるという「受け身」の状態になってしまう。

※例えば、CAI的な要素をもつソフトにみられるが、ヒントをどんどんコンピュータが示していく、最後に答えを表示してくれるようなソフトがこれに該当する。コンピュータを操作して、マウスなどであるキーを押していくといつかは必ず正解が出てくる、といったソフトであると「このままキーを押していれば必ず答えが出てくるから、それをみればよい」という、コンピュータの指示に従った形での学習しかできなくなってしまう。

人が思考の状態に入るには、「動機付け」がなされていることと、これをどうやって乗り越えたらしいのかという「ハードル」が設置されていることが必要である。「制限」をソフトの中に盛り込むことによって、「ハードル」を生徒たちに感得させられる。

これより、現在流布されている数学学習用の汎用ソフトに対しては、先にあげた「長所・短所」と関連して次のような条件が入ってくるとさらに使いやすくなる。

◎ユーザー（教師・生徒双方）にとって使いやすくする。実際の数学の授業では、多機能であるからよいというものではない。

◎ソフトを使って数学の学習をしていく際に、生徒が自分で考え、コンピュータの指示に頼らずに操作をして「調べていく」ことができるよう、ソフトの中に『制限』を盛り込む。

◎多機能のソフトに対しては、実際の授業での使い方を示したマニュアルや実践事例を添付するか、『制限』した使い方ができるように補助的なソフトが添えられているとよい。

4-2. オリジナルソフトや汎用ソフトの数学授業における使い方について

先にあげた【コンピュータを活用した授業を実践するまでの課題】のそれぞれに対して、いろいろなソフトの使い方が考えられる。ただし、40名ほどの生徒が集まってきたの「授業」の中では、自宅学習ができるCAI的なソフトの使い方よりも、クラスの集団やグループでの集団（2人1組での練りあげの活動を含む）が必ず起きるようなソフトに私は価値をおきたい。ドリル学習のように、コンピュータの画面を通して「問題」が表示され、その答えを画面の上で選択し、その選択状況に応じてコンピュータがレスポンスする、というコンピュータソフトであるならば「家庭学習」があるいは「放課後などでのコンピュータの使い方」にした方がよい。

（※インターネットを用いて、ある課題のもと「フォーラム」を介して議論をすることも可能になってきている。しかし、そうした「フォーラム」よりも、数学の授業の方が優れるのは、いろいろな学習活動における生徒同士および教師とのやりとりがリアルタイムでみれること、表情の変化や態度の変化などが画面だけでなく、五感で感じられるところにある。それゆえ、コンピュータを用いた授業においては「コンピュータで調べたことをもとに議論すること」に主眼をおきたい。なお、このことは前筑波大学教授 芳賀和夫氏との共同研究で、30名ほどの中学生と自宅のコンピュータをLANで結び、試験的にインターネットを用いて双方向のやりとりを行った研究より述べている。）

そこで、現在市販されているソフトや今までに開発されたソフトを使用する、という前提にたったときに、授業の中では次のようなソフトの使い方がある。ただし、コンピュータを使って調べたことなどをもとに「議論する」というプロセスを必ず入れた場合である。

(1)教室での授業（導入）→コンピュータ教室で調べる→教室に戻ってきて「調べた事柄」の発表およびまとめ

(2)コンピュータ教室でソフトを立ち上げ、そのソフトを用いての導入・課題解決
→コンピュータ教室あるいは教室でのまとめ

(3)教室での導入の際にシミュレーションだけにソフトを使う→解決などはノートを用いて

(4)教室での授業（ある内容や単元を終了）→教室で疑問に残ったことやもっと発展・一般化したことを調べるためにコンピュータ教室でソフトを使う。

(5)教室で話題になったことを解決するために、「データをとるための手段」として教室あるいはコンピュータ教室でソフトを使う。

(6)教室で電卓を用いる感覚で、あるデータで出てきた数値を分析する手段として、教室あるいはコンピュータ教室でソフトを用いる。

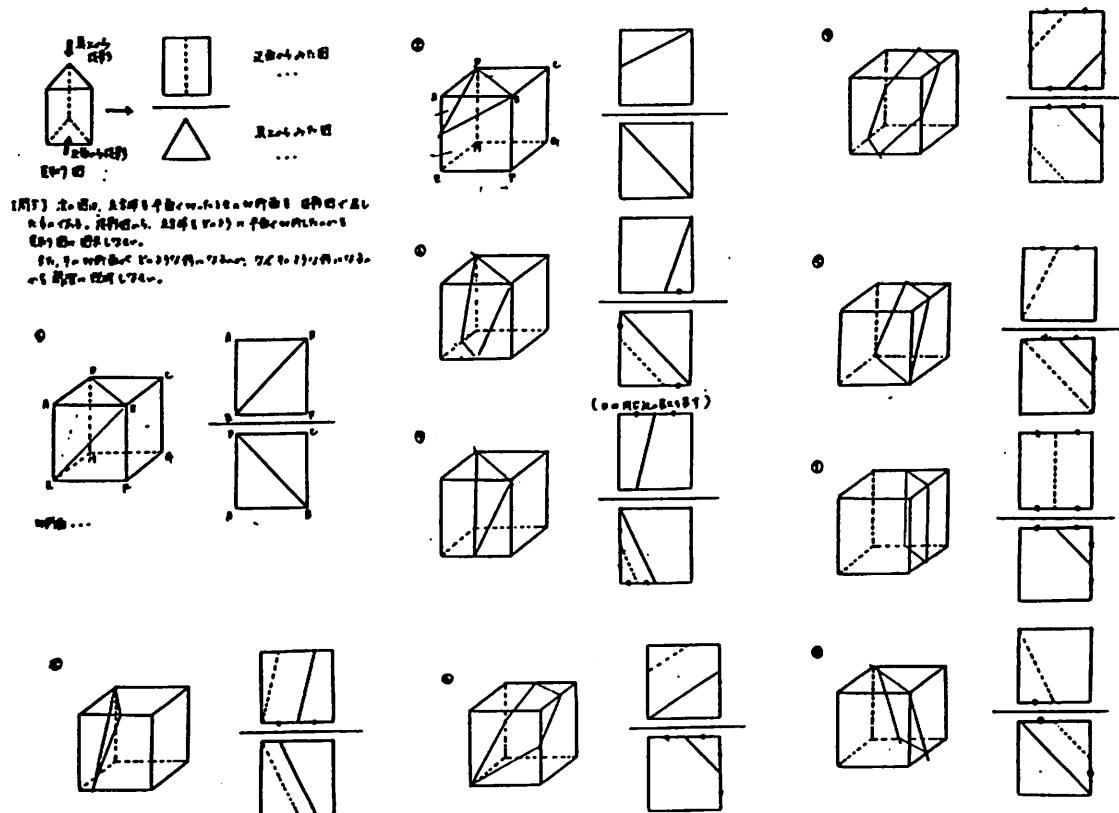
オリジナルソフトを用いた場合には、(1), (2)のスタイルが多かった。また、汎用ソフトを用いる場合には(1),(2)に加えて、(3)～(6)の使い方が考えられる。(1)や(2)の使い方は、ソフトそれ自体に「制限」があるときに有効である。ところが、ソフトにあまり「制限」がなく、操作を繰り返していると答えが出てしまうような場合には(3)～(6)の使い方が有効となってくる。すなわち、人為的に「制限」を作り出している使い方である。

例えば、(4)の使い方の例として、次の中学1年生に対する授業実践例がある。

【問題】次の図は、立方体を平面で切ったときの切断面を投影図で表したものである。

投影図から、立方体をどのように平面で切断したのかを見取り図に記入しなさい。

また、その切断面がどのような形になるのか、なぜそのような形になるのかを簡潔に説明しなさい。



立方体の見取り図の右側にかかれた「投影図」は、上が立面図で、下が平面図である。生徒には、投影図のみを与え、見取り図に変換したらどのような図として切断面が浮き上がってくるかということを問うた。【問題】の見取り図にかかれた「切断面」は、ある生徒のノートからとったものである。授業の中では、「いったいどのような切断面になるのだろうか？」どのように表せるのだろうか？」ということを発表させ、その後「本当にそうなるのだろうか？」という生徒間の疑問をもとに議論をしていった。立方体の見取り図をあらかじめA3版の用紙に印刷し、その用紙に切断面を赤ペンで書き込む形で、生徒の意見を次から次へと発表させていく。なお、生徒個々には、友達の意見がすぐ書けるように、立方体の見取り図を沢山すったワークシートを同時に渡している。「議論をする」ことで1時間半費やしたところで、コンピュータ教室に移動し、コンピュータを用いて確認をすることになる。ソフトは、東京書籍より出ている課題学習ソフトを活用している。このソフトでは、不必要的線をファンクションキーで消すことができる。なお、コンピュータであらかじめシミュレートしていなかったので、生徒の間には「本当にこのコンピュータの図であっているのかな？」という疑問が生じていた。生徒の中には「コンピュータの画面をみただけでは納得できない」という者も現れ、立方体を実際に画用紙で作成して切断してみたり、立方体を辺だけで作ったモデルに輪ゴムや下敷きを用いて「本当はどうなっているのか」と追求していく生徒も出てきた。あらかじめ十分な「議論をしている」ことがよい効果を生んだと考えられる。同時に、コンピュータ操作を通して「へー、こう切ったときには、投影図はこんな形になるんだ」という声も挙がっていた。教科書会社以外のところからも、立体に関するソフトが開発されているが（例えば、CECなどに所収されているソフトの中に、教科書会社から開発されたソフトと同じような主旨で作成されたもの、Cabriの立体バージョンを目指して開発されたものなどがある）、「議論する」ことに主眼をおいて使用すると、効果的な使用の仕方ができる。

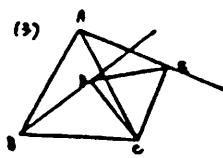
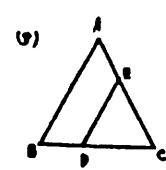
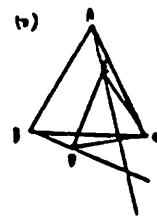
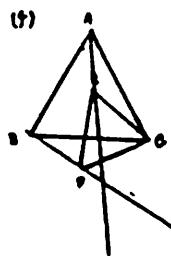
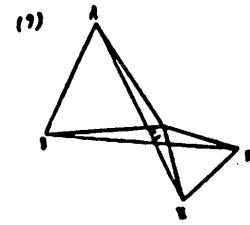
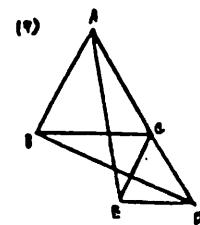
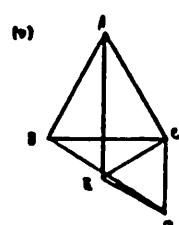
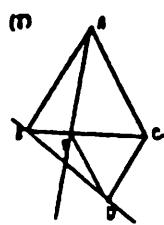
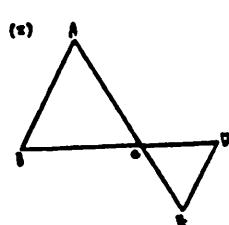
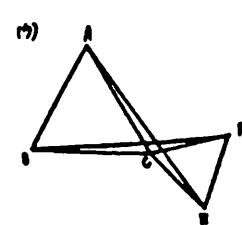
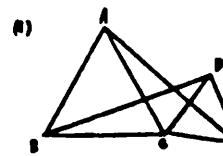
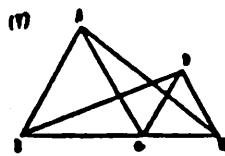
(3)の使い方の例としては、次の中学2年生に行った授業がある。授業の題材としては、正三角形の一つの頂点を共有する正三角形をもう一つつくり、その三角形を回転させる。このとき、どのようなことがいえるかというオープンな扱いである。 $\triangle ABC$ と $\triangle CDE$ を沢山プリントにして提示し、プリントの上で例えば合同になりそうな図形に着目したり、直線AEと直線BDによってつくられる角はいつも同じ角になりそうだ(60° になる)などを予想してから、コンピュータ操作をしたクラスと、あらかじめコンピュータ操作を行ってから問題解決に入っていったクラスとに分けて実践を行った。次のプリント1は前者の場合を指し、プリント2は後者の場合を指す。なお、プリント2についてはある生徒が自分の考えを記入したものを利用している。

比較すると、先にコンピュータ画面でシミュレートした図をみせた（各自の操作による）場合の方は、生徒にとって「気づいたこと」が発見しやすく、かつ興味深く取り組んでいた。

プリント1

問題1 定角で、 $\triangle ABC \sim \triangle CDE$ はなぜ正確であります。

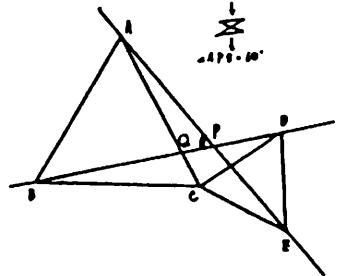
(1)~(13) の図をみて、相似の条件を満たすものから、△ABCと△CDEが相似であることを記入せよ。



プリント2

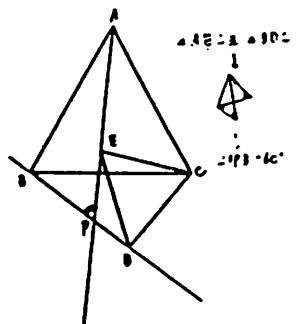
（練習） $\triangle ABC \cong \triangle CDE$ は $\{ \angle A = \angle C, \angle B = \angle E \}$ で成り立つ。
 既に $\angle A = \angle C$, $\angle B = \angle E$ が証明された。次に $AB = CD$ を証明せよ。
 すなはち、 $\triangle ABC \cong \triangle CDE$ であることを証明せよ。

○ 両角AEと直角BDが共通 $\angle APB = \square$ で成り立つ。
 $\angle ACE \cong \angle BCD$



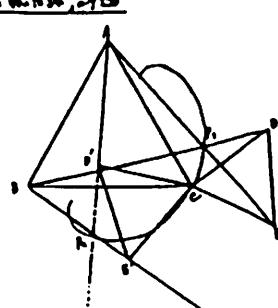
（証明）
 $\angle AEC \cong \angle BCD$ で成り立つ
 $AC = BC$ (既述)
 $\angle ACE = \angle BCD = 60^\circ$

（既述）
 $\angle AEC = \angle ACD + \angle CED$
 $\angle ACE = \angle BCD \dots \odot$
 $\odot = \odot$. 既述
 $\angle ACE = \angle BCD$
 $\angle AEC = \angle BCD \dots \odot$
 $\angle APC = \angle BCD \dots \odot$
 $\odot = \odot$. 既述
 $\angle AEC = \angle BCD \dots \odot$
 $\angle APC = \angle BCD \dots \odot$
 $\angle APC = \angle BCD = 60^\circ$
 $\angle APC = \angle BCD = 60^\circ$
 $\angle APC = \angle BCD = 60^\circ$
 $\angle APC = \angle BCD = 60^\circ$

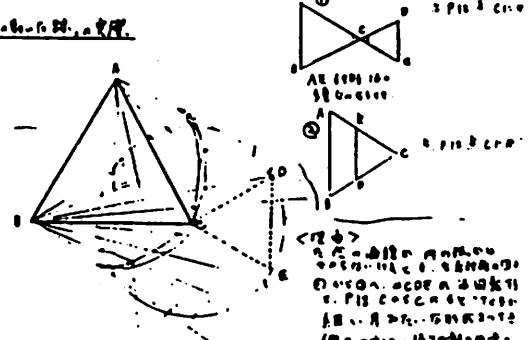


（証明）
 $\angle AEC \cong \angle BCD$ で成り立つ
 $AC = BC$
 $CE = CD$ (既述)
 $\angle AEC = \angle BCD = 60^\circ$
 $\angle AEC = \angle BCD$
 $\angle ACE = \angle BCD \dots \odot$
 $\odot = \odot$. 既述
 $\angle APC = \angle BCD - (\angle BAC - \angle CAE)$
 $= (\angle BCA - \angle CDA)$
 $= 60^\circ$
 $\angle APC = 60^\circ$
 $\angle APC = 60^\circ$
 $\angle APC = 60^\circ$

○ $\angle AED = \angle CEB = 90^\circ$, $\angle EPC = \angle BPD = 90^\circ$
 今、
 予想した $\angle AED = \angle CEB$ が得られた。
 証明も達成した。
 よって、
 $\triangle AED \cong \triangle CEB$



予想した $\angle AED = \angle CEB$
 $\angle AED = \angle CEB$
 $\angle AED = 90^\circ$
 $\angle AED = 90^\circ$



（証明）
 $\angle AED = \angle CEB$
 $\angle AED = \angle CEB$
 $\angle AED = 90^\circ$
 $\angle AED = 90^\circ$

【プリント2】の問題文の文章にあるように、コンピュータ画面ですべて解決させるのではなく、この【プリント2】の学習活動は教室において「三角定規とコンパス」を用いて学習している。なお、②の部分に興味を抱いた生徒については、Cabriなどを用いて「軌跡」がどうなるかを探ることも可能である。②の部分については、こうなるだろうという予想をするのにとどめ、実際にいくつかの場合の点を作図によってとっていった生徒のプリントを印刷し、「予想は正しそうだ」というところで話を止めている。確認の意味合いでコンピュータをしようした【プリント1】のスタイルの方では、「ふーん、確かにこうなるんだ」というところでとまってしまう生徒が多く、その先の（教室で見つけた「気づいたこと」を発展させるという意味での）ことを自ら発見しようという生徒がそれほど多くみられなかった。なお、このソフトは、東京書籍から出ている課題学習ソフトの1つである。大阪書籍から出ている課題学習ソフトにも、この問題に関連したものがあり、さらに発展させて「問題づくり」の活動ができるようになっている。

(5)の事例としては、中学2年生に対して行った「図形と一次関数を融合した授業」がある。この授業は、都立高校教諭の坂本正彦氏と筑波大学大学院の松原弘和氏との共同で行ったものであり、詳しい授業の考察およびその授業でのねらいなどは、別の論文で述べる予定である。授業は次のような経緯を経て進行していった。

(1998.1.13および20での、それぞれ2時間連続の授業)

- ①平行四辺形の4つの内角の二等分線をひいたときに、平行四辺形の内部にできる四角形はどのような四角形だろうか？そしてそれはなぜだろうか？（図形の証明の確認）
- ②平行四辺形の横の長さを変えていく。そのときに、内部にできた四角形など伴って変わるべき数量をあげてみよう。さらに、それらの間にはどのような関係があるだろうか？
(Cabri geometreを用いてのコンピュータ画面上での図形の構成、そして必要なデータを測定の機能を用いて調べていく作業。さらに、ワークシートにそれらのデータを記録し、座標平面上にデータをプロットする作業を通して「規則性」をグラフからみつけていく学習活動)

- ③全体での討議・コンピュータ操作を通して得られた事柄の発表。

- ④平行四辺形などの条件を変えたときに、同じようなことがいえそうなのかといった「拡張」「発展」の段階
(「こんなことがいえそうかな」の予測の確認→個々によって問題意識が異なるので、個々でレポートを作成し、後日レポートの発表会を行う)

この授業において、②の段階で「データをとるための手段」としてCabri Iを使っている。なお、2クラスで同様の学習を展開したが、図形・一次関数の融合した授業におけるコンピュータの有効な活用のあり方を探るために、2クラスで展開の仕方の順序を変えている。さらに、2クラスで用いた図形ソフトも変えている。

②の段階でのCabri Iの使い方であるが、平行四辺形を次のように作図していく方法をコンピュータ画面上で行わせている。

「Cabri I の上での平行四辺形ABCDのかき方

- (a) 線分ABを決める
- (b) 線分ABの外に点Dをとり、点Dを通って平行な直線をひく
- (c) 直線ADを通って、線分ABに平行な直線mをひく。そして、直線mとの交点をCとする。
- (d) 線分DC,線分BCをひき、直線m,nは非表示にする。」

上のように、平行四辺形ABCDのかき方を指定したのは、生徒たちがCabri I を用いるのが初めてであったことと、平行四辺形の縦方向を決めて図を動かすことができる。そうすることによって、規則的に変化していく変量が見いだしやすくなっていく。様々な形の場合への発展は、こうした「制限」を伴ったコンピュータ画面上の後に考察すればよい、という判断のもと授業を進行していった。この一連の授業では、例えば「各角の二等分線をひいてできる四角形の対角線と、もとの平行四辺形の横の長さに何かの関係がある」といった予測が、データをとることによって出されてくる。実際、平行四辺形の各角の二等分線をひいてできる四角形（長方形）の対角線の長さは、次のようにして求めることができる。

(長方形の対角線の長さ)=(もとの平行四辺形の長い方の辺)-(もとの平行四辺形の短い方の辺)

なお、図形の授業において、この性質が証明できることを確認している。

こうした図形の性質の発見や、一見図形の問題として扱われがちな題材の中に、関数が潜んでいる（一次関数、二次関数、三角関数など）を発見するために「データをとるための手段」として汎用ソフトを用いることは有効である。ただし、生徒個々の能力によって、平行四辺形をコンピュータ画面上に作図することにかなり「差」が生じ、あらかじめマクロをくんでおいて、うまく作図できない生徒に対する処方を出しておくことが必要である。

(6)の事例としては、現在継続して行っている総合学習での実践がこれにあたる。2年生を対象にした総合学習では、収集したデータをグラフ化したり代表値に着目して、そのデータの傾向や特徴を読むことを学習している。グラフの読み方やいくつかのデータを散布図・相関図などに表すことを行った後に、自由研究において(6)にあたる学習活動を行っている。本校での総合学習は、生徒による選択によって行われているため、1つのクラス全体でという学習ではこれらの課題といえよう。

なお、(1)や(2)に対応するオリジナルソフトを使った授業事例としては、次の2つの授業がある。これらの授業で扱った題材およびそのソフトの開発の主旨については、1章の徳峯氏の論稿に詳しく述べているので参照して頂きたい。(1-5. ソフトを自作するときの条件)

授業分析の視点としては、小高俊夫氏を中心とした図形認知研究会における授業分析の視点を活用している。（対置の原理、変容の原理など）なお、授業分析の視点の詳細については、本研究紀要の両角の論稿を参照して頂きたい。

【授業事例1】ある条件を一定にするという「視点」によって、ともなって変わる2つの数量をみつける

[1] 授業における変容

今までの関数の学習では（教科書にある題材も含め）、2つの数量があらかじめ明示されており、それらの数量間の関係が「比例かどうか」などといった考察をさせることに力点が置かれていた。この実践では、ともなって変わる2つの数量それ自体を発見することに重きをおいている。

一見すると時間をかなり要すように見えるが、伴って変わる2つの数量を探していく活動の中に「2つの数量間の関係を探ろう」「2つの数量間の規則性を探そう」といった生徒の活動が喚起されている。

点を結んでできる图形の
「周上の点の数」と
「面積」との間には当初
何らかの関係があるとい
う予測をしたが、実際に
データをとっていたら
何も規則性がなかったと
いう経験をした状態

→ 図形の形や内部の点の数
を一定にすると、「周上
の点の数」と「面積」と
の間には規則性が生じて
くることをグラフの形を
通して発見していく状態
→ また、データを調べる
ための方法に着目し始め
る状態

[2] 授業の実際

授業では、ピックの定理を背景にして開発されたオリジナルソフトを活用している。徳峯氏が開発したソフトである。

ピックの定理に関するソフトは教科書会社から出されている課題学習ソフトや、他の個人の方が開発したソフトなど様々なものがある。しかし、このソフトの特徴は、画面の左側には格子点を頂点にもつ图形（閉じた图形）ができ、图形を閉じた瞬間に関連する数値（例えば内部の点の数など）が瞬時に出せる。また、もとの格子点についても自在に変更することができる。画面の右側にはグラフがあり、コンピュータにかけたグラフの形状によって、左側の図やデータと対応させながら、比較・考察することが可能となる。

この実践では、次のような特徴的な生徒の活動がみられた。なお、詳細については、筑波大学附属中学校研究紀要第48号を参照して頂きたい。

① コンピュータ上でかける图形の「周上の点の数」と
「面積」との間には、比例などに代表される規則性が
ありそうだという予測をする。

② 実際にいくつものデータをとっていくと、無秩序に点
が座標平面上に並んでしまうという経験。そして、何も
規則性や関係がないという当初の「予測」に反する結果

③ 周上の点の数が違っていても、面積が同じになる場合が
ある、形をそろえるとグラフがおもしろい形になる、と
いうグラフの形に着目した意見。

④ 何か1つの条件を決めていくと、条件を決めないと
は異なる結果（グラフの形）が生じそうだという期待感。
そして、条件を1つ決めて考察、という方向性の確認。

⑤ 内部の点の数を固定すると、周上の点の数と面積との
関係がグラフで直線になったり、图形の形を決めてデータ
をとっていくと放物線が出てくるという経験。そして、
条件を決めることによって、伴って変わる2量が浮き上
がってくるというまとめ。

- (1) 表を作成する際に、自然数を順序よく代入していくことは、生徒にとってあたりまえのことではない。ここから得られることは、関数の指導に際して、きれいな値で出せる表を教科書や我々教師側から与えすぎているのではないかという反省である。また、自然数を順序よく代入して計算することによって、「御利益」が生じるような場面を体感させる必要がある。
- (2) 変化の様子を言語表現（うんと、ぐっとなどの擬態語や比喩を用いて）などで表現しようとする傾向が強い。ここから得られることは、こうした生徒の言葉である擬態語をうまく活用していくと、関数に関わる概念が伝達しやすいのではということである。さらに、こうした生徒なりの表現を教師がうまく定式化させることも必要である。

【授業事例2】疑似体験と実際の経験を比較して、速さの違う動きから「変化の仕方の違い」を探る

[1] 授業における変容

運動している物体の速さを求める場面で、多くの生徒たちは「速さ = 距離 ÷ 時間」という公式を適用して求めようとする傾向がある。この公式が単純に適用できるためには、その区間における運動が等速運動であるといった前提が必要である。日常生活では、等速ではない運動などいくつかの経験をしたり、そうした物体をみているのに関わらず、数学の学習場面になると「等速である」ことを前提にして問題解決をする傾向が強い。この実践では、こうした生徒の傾向を踏まえ、速さが区間の途中の情報によって変わっていく題材をもとに、変化の仕方について考察していった。生徒の活動より、次のような特徴的な傾向がみられた。

(a) 速さの概念すなわち「変化の仕方」の学習のためには、実施の体験と疑似体験であるコンピュータシミュレーションとを結ぶ活動として、予想を言い合ったり、実際の結果に対する自分の考えを討論する場が必要である。

速さを求めるためには、考えている区間の最初と最後の情報をもとに、「速さ = 移動距離 ÷ 移動時間」という計算を行えば「速さ」を常に求めることができる、という手続きが先行して判断した状態

速さを求めるためには、考えている区間の最初と最後の情報だけではなく途中の情報 — 变化の仕方 — に着目して、速さを調べていくということへの気づき。およびその考察

① 速さを求めるためには、移動の最初と最後の情報をもとに『距離 ÷ 時間』を計算すればよいと判断する

② (2つの物体の運動より) 速さを求めるためには、移動の最初と最後の情報をもとにすればよいと判断。でも、2つの物体の動き方からすると、同じ速さなのかなという疑問も生じている。
(→結局、同じ速さという結論)

③ 移動の最初と200秒後は同じだけど、移動の途中が異なるのではないかというグラフの形からの気づき。そして、速さが同じかどうかという議論。

④ グラフ上の小さな区間での考察とその意見の発表。グラフを用いての同じ速さか、異なる速さかの議論

⑤ 異なる速さなのだろうという全体の意見の収束。同時に生じた「瞬間に速さ、それ自体が存在するのか」という問い合わせに対する問い合わせの出現
(2つの意見に分かれての議論が続く)

- (b) 速さの概念を学習する上で、グラフの解釈と実体験とを個々の生徒が結びつけることが必要である。
- (c) 「速さ=距離÷時間」という公式は、生徒によって大変強い概念であり、時間と距離に関するグラフや他者の意見が出てきてもなかなか変容しない生徒がいる。これは、公式を用いて答えを求めたことによる「わかったつもり」の状態である。
- なお、授業の詳細については「テクノロジーを活用した新しい数学教育」(1997 明治図書)内の両角の論稿を参照して頂きたい。

[2] 授業の実際

この授業で用いたソフトは、コンピュータ画面上に矢印キーの動きと運動もして動く物体が現れ、その動きとともに移動時間と移動距離、そして画面の右側にグラフが表示されるものである。

画面上には、異なる動き方をする2つの物体が現れていて、ちょうど200秒のときの移動距離が同じになるようになっている。一方が一次関数で、移動時間と移動距離が表せる動きをしていて、もう一方が二次関数で表せる動きをしている。 $(y=ax^2)$ の形

コンピュータの画面上では、物体の動きそれ自体、移動時間と移動距離のグラフが出ている。グラフが出ているのに関わらず、当初は「速さは距離を時間で割ったものである」ととらえている生徒（手続き先行型の知識でとらえる）が非常に多い。同時に、「何かおかしいなあ」と気づいていく生徒も出てくる。なお、コンピュータを用いてデータをとる際に、記録用のワークシートと電卓を生徒に配布している。また、基本的に2人1組のスタイルをとって、コンピュータ操作を行っている。

(文責 両角達男)

5. 本研究のまとめと今後への課題

本研究は、オリジナルソフトと汎用ソフトをそれぞれ活用した授業について、数学科4名がそれぞれの授業実践をもとに考察していったものである。本校数学科では、徳峯良昭氏を中心に継続してコンピュータを活用した関数の授業や、関数のカリキュラムのあり方に関わる研究をしてきた。その関数のカリキュラムに関する研究では、徳峯氏の開発したソフトを中心とした研究協議会や日本数学教育学会などにおいてその研究成果を発表してきている。ここ数年の間に徳峯氏によって開発された「関数の授業に関わるオリジナルソフト」は、次の通りである。

- ブラックボックスに関するソフト → ブラックボックスを用いて数値を代入、出力された数値をグラフ化することにより、「規則性」を見いだす学習を展開。
- 野球の打球に関するソフト → 1992に開発。中1と中3で同じソフトを異なる主旨で使い、比較研究を行った。
- 落水のデモンストレーションソフト → 1994に開発。中2でこのソフトを用いて、生徒の事象に対するイメージと関数とのかかわりについて研究を行った。なお、この研究と海外の数学教育の研究の流れに、共通する点が多いことがわかった。
注：海外の論文よりも、徳峯氏のアイデアの方が早かったという事実がある。
- ピックの定理を背景にした関数の導入のソフト (1994)
- 異なる動きをする2つの物体に関する「変化の割合」に関するソフト (1996)

これらのソフトを用いた授業と、教科書会社や教育用ソフトを用いた授業をそれぞれ行い、比較考察をしてきた。さらに、関数のカリキュラムに関わる継続研究の中で、大根田氏がグラフ電卓やCBLといった教育機器を用いた授業実践を行ってきているので、その視座から関数の授業のあり方を述べている。グラフ電卓やCBLが主に開発されたのはアメリカ合衆国であるが、もともとの発想は我が国にある。比較研究の視座から、こうした教育機器を用いた実践についても考察した。

個々の主張をまとめると、主に次のような。

- 数学の授業の中に、簡単なプログラミングを用いることは有効である。また、うまく生徒を方向づけていくと、プログラミングは自然な形で学習できる。
- ソフト用いた授業を行う際には、次の3点を重視する。なお、この3点を重視するためには、ソフトに使用法の「制限」などを加えることが有効である。
 - ① 授業の目的を明確にする
 - ② 授業に集中させる
 - ③ 考えさせる場面をつくる
 - ④ 記録させる
 - ⑤ 事後の授業での展開を重視する
 - ⑥ 評価は慎重に

- ◎テクノロジーの活用により、工夫した授業展開を行っていくと今までの「事象・表・式・グラフ」の捉え方や指導順序とは異なる展開が可能となる。また、事象から直接グラフ化できることにより、生徒の関数に関するイメージ化が促進される。
(例えば、CBLを用いた「与えられたグラフの形」となるように歩く実践。これは、メタ認知活動を促していることにも通じる。)
- ◎グラフが瞬時にかけ、それがみえることによりイメージ化がはかれるが、同時にグラフを見て「わかったつもり」になる恐れがある。
- ◎オリジナルソフトの場合には、指導目標などが明確になっているので使いやすさがあるが、汎用ソフトの場合には必ずしもそうとはいえない。そこで、汎用ソフトを用いる場合には、生徒全員がしっかりと取り組めるように授業計画とコンピュータの使用についての計画を十分に練っておく必要がある。
- ◎作図ツールなどで顕著であるが、コンピュータ上での操作と紙と鉛筆による操作との関連を明確にはかっておく必要がある。すなわち、コンピュータ上で図をかくことと紙の上での図をかくことの共通点、相違点をその授業の中で明確にしていく必要がある。
- ◎ソフトのよい条件とは、「ユーザー（教師と生徒双方の立場で）にとっての使いやすさ」と「ソフトの中にいかに『制限』を盛り込むか」の2点を中心としたものである。
- ◎「ソフトの中にある程度の『制限』を盛り込む」ことが、学校数学で扱うソフトの開発の上で必要な理由は、以下の通りである。
 - ①コンピュータをみて「わかったつもり」になり、そのわかったつもりを打破できなくなることを回避するため。
 - ②結局コンピュータが正答を示してくれるのだから…という受け身の姿勢をとらせないため。それゆえ、多機能であることがよいこととはいえない。学習目的に応じてソフトは開発されなければならない。
- ◎汎用ソフトをうまく活用していくためには、そのソフトの活用の仕方を工夫すればよい。
例えば、多機能で『制限』がついていなければ、人為的に『制限』をつけるような指導方法を考え出し実践すればよい。または、コンピュータをシミュレーション用やデータをとるためにだけ、といったように限定して、授業の流れの中でスポット的に扱ってもよい。
すなわち、使用方法の工夫が、汎用ソフトによる学習効果を高める。

今後への課題は、次の通りである。

- (1)オリジナルソフトは、ソフトを開発される方がいて始めて使用できるものである。
オリジナルソフトの理念を受けつつ、汎用ソフトを効果的に使用する実践を沢山行っていく必要がある。すなわち、「汎用ソフトの使い方」の研究である。
- (2)様々な機能を有するソフトの「可能性」とその使用における「限界」の双方を探る必要がある。
- (3)オリジナルソフトや汎用ソフトを用いた授業に対する評価方法の研究。
および、生徒の情意面の向上に対する評価方法の研究。

本研究は、平成9年度科学教育費補助金 奨励研究（B）（課題番号09913010）の奨励によるものである。
(文責 両角 達男)

「式を読む」ことを重視した文字式指導に関する研究

—同一生徒に対する3年間の継続的な授業実践を通して—

数学科 両角 達男

【要約】

「式を読む」とは、学習者が式に対して何らかの「文脈」を設定し、その文脈の中で既に学習してきた事柄と対置させながら、式の意味を見いだしていくことである。既にいくつかの実態調査を経て、形式的な文字式の変形場面や文字式の有用性（よさ）を得る場面などで学習者にとって「式を読む」活動が有効であることを示してきている。本研究では、実際の授業をどうしたらよいのかという視座に立って、「式を読む」ことを重視した文字式指導プランを作成し、実際の授業実践を通してその指導プランを検証していくことを目的としている。

この目的を達成するためには、継続的な研究が必要であるが、本研究では文字式の指導でポイントとなるいくつかの授業に焦点を当て、「式を読む」ことを重視した授業実践を行い、その授業を分析していった。なお、授業の考察などについては「変容」「対置」などに焦点をあてた分析を行っている。

同一生徒に対する授業実践を通して、例えば、次のようなことが大切であることがわかつてきた。

- ◎正しい式変形のよりどころを際だたせるために、なぜその式変形ではいけないのかという「生徒の発言のよりどころ」を議論の中で明確にしていくこと。
- ◎「生徒の論理」を授業の中で大切にして展開し、教師の方では議論の後にそれらの「生徒の論理」を定式化していくこと。
- ◎図などの文脈に対応させて文字式の意味を考えていくためには、文字式の形に着目させて文脈と比較していくこと。
- ◎文字式を用いると、例えば工夫して計算することができたといった「有用性」を生徒が実感できる場面をつくること。

本研究は、平成9年度日本数学教育学会・数学教育論文発表会にて発表した原稿を加筆・修正したものである。

1. 「式を読む」ことと関連する先行研究について

三輪氏は、「式を読む」ことを文字式'から事象に対応させて新しい発見や洞察を得ることと捉え、事象、文字式、文字式'と線で示される三角形状の図式(scheme)を提示している。¹¹⁾そして、式を読む仕方として、「式を演算された数量と結びつける」「式を数値と結び付ける」「式と図形と結び付ける」「式の形に着目して式を捉える」などを事例をもとに説明している。三輪氏の提唱した三角形状の図式が、益子氏¹²⁾に引用されていることなどをふまえると、三輪氏の述べる「式を読む」ことの定義は、ある規範性を持つと考えられる。また、ABRAHAM ARCAVIは数計算などにおけるNumner Senceに対置して、Symbol Senceという概念を提唱し、中等学校

における代数の学習において Symbol Sense を磨くことが重要な役目を果たすことを主張している。^[3]

例えば、「 $(2n - 1)^2 - 1$ の計算の結果はどうなりますか」という問い合わせに対して、答えとして得られる式を変形していくことにより、様々な意味を引き出すことができるといったことが例示されている。この論文の中には、Reading, Symbols in context といったキーワードが随所に出てくる。「読む」「文脈」という概念が、Arcavi の言う Symbol Sense には不可欠であるといえよう。また、Symbol Sense の例としてグラフ表現における文字式の意味も挙げられている。これは、算数における「式をよむ」こととの違いを表した一例といえる。

また、海外の教科書の中にはグラフの形やグラフの変化の仕方の読みと対応させて、Symbol Sense について述べているものもある。これらの著述から得られる知見としては、文字式に意味を与える「文脈」の一つとしてグラフを考察していかなければならないということである。

「文脈」という言葉に着目したときには、認知科学者や心理学者の主張が参考になる。例えば西林克彦氏は、「わかる」ことへの一種の弊害となる「わかったつもり」の状態からの脱出のためには、部分に対して「統一的な文脈」を設定し、その統一的な文脈の中で部分間をつなげていくことが大切であるという主張をしている。受験学力などに代表される「知識の一時預かり」状態をアンチテーゼとして例示し、よき「文脈」を学習の中で提示することの必要性を強く主張している。^{[4][5]} 同様の主張は、状況論などの動向をふまえて論じている永野重史氏の言明などにもみられる。(例えば知識の再構造化など)^[6]

そこで、認知科学者の研究で「文脈」という用語が多く使用されている実態などを踏まえ、式を読むことを次のようにとらえることにする。なお、この言明は筆者が以前から主張している「式を読む」ことと同義である。また、文字式を読む場面で重視されることや式を読むことの分類などは、以前から主張していることを踏襲する。^{[7][8]}

「式を読む」とは、学習者が式に対して何らかの「文脈」を設定し、その文脈の中で既に学んできたことと対置させながら、式の意味を見いだしていくことである。文字式を読む活動では、記号的表現における式の読み；例えば式の形（構造）に着目してその意味を捉えるなど；などが学習の進行につれ重視されていく。すなわち、図的表現や言語的表現などから既知の式（文字式）などへ、文字式の対応する文脈は移っていく。

「意味」ということに着目したときには、「新しい数学の課題を考えようとするときに中学生は『手続き先行型』の見方で発想したり、意見を述べようとする傾向がある。また、議論の中では『意味』を踏まえた意見よりも、生徒たちにとって数学的とみられる『手続き』をよりどころにした発想や意見に価値をおく傾向が強い。」という実際の授業体験を通した考えを筆者は持っている。そうした中学生の傾向に一つの示唆を与える上でも「式を読む」活動は有効であると捉える。^[9]

2. 研究の方法

筆者の先行研究や関連する先行研究を踏まえ、文字式を学習していく上で「式を読む」活動は必要不可欠であるという立場にたって、長期的な文字式指導のプランをたてる。そのプラン

をたてる方法は、次の通りである。

- (1)関連する関数のカリキュラムの研究（筑波大学附属中学校数学科で行っている8年間にわたる実践研究など）の主張や、図形認知研究会でのカリキュラムの研究の手法を活用する。なお、図形認知研究会（代表 小高俊夫氏）でのカリキュラム研究は、各学年（2年単位）で重視したいことがあり、それに対してポイントごとに授業実践（現在のカリキュラムとのクロスを考えながら）をする方法をとっている。
- (2)同一生徒に対し、長期に渡り授業実践を行う。また、生徒の筆記したもの、授業記録をできるかぎり残す。なお、授業記録に関しては、生徒の筆記した授業記録ノート、教師の筆記した授業記録（授業計画と授業実践後の記録の双方）、授業を撮影したビデオなどがある。

3. 式を読むことを重視した文字式指導のプランについて

「式を読む」ことを重視した文字式指導のプランとして、次のような点を各学年で重視したいと考える。なお、「4.「式を読む」ことを重視した文字式指導の実践事例とその考察」においては、以下にあげた式を読むことを重視した文字式指導のプランに沿うような授業を計画し、実践している。

- 中1：個数の処理（現在高数Ⅰで学習）のような図的表現を伴った題材で、文字式の導入を図る。その際、個数の処理などの離散的な題材から規則性をみつける学習を重視する。次に、文字式の計算のよりどころとなる計算法則（分配法則）の妥当性を「文脈」を設定して説明する学習を行う。この学習の後に、文字式の計算を十分に行う。
また、現在中2で行われている文字式の計算のレベルも中1で行いたい。文字式および式変形によって出された文字式の背景にある思考過程を必要に応じてたどる。
- 図的表現を「文脈」とした式を読む学習を重視
→中1の比例・反比例は中2以降で扱う。
- 中2：文字式の学習は現在より後退する。その代わり、関数の学習は中2がメインとなる。グラフの活用に重点をおいた学習の展開を図る。関数とは何かの学習においては、一次関数にとらわれずに現行の制限を取り払った展開を行う。
(グラフの形からどのような変わり方をしたのか「ことば」で表現する活動などの重視)
→いろいろな形のグラフを扱うが、メインは一次関数。
→文字式に対応する文脈として「グラフ」表現があり、グラフの形状と文字のもつ変数的なイメージが連動することの学習
- 中3：文字式の意味を記号的表現の中で捉える学習を重視する。数の性質を発見し、一般的にその性質が成り立つことを説明するといった「代数的な証明」はこの段階で行う。
(図形の論証の後に行う) また、工夫して計算するといった目的をもった式変形などの場面を設定する中で、式の形に着目する学習を行う。2次式の計算では、高校で学習する平方完成を意識した展開を行う。また、2次方程式は平方根の考え方、因数分解で解けるレベルにとどめ、解の公式の適用は高校段階へ。
(グラフ解による近似の学習を行う)
→初等整数論の題材をうまく盛り込む。

4. 「式を読む」ことを重視した文字式指導の実践事例とその考察

「式を読む」ことを重視した文字式指導のプランに基づき、実際に授業実践を行ったものが次に挙げる【事例1】～【事例4】である。この授業実践では、同一生徒に対して行ったものであり、彼らが中学1年～中学3年までに実際に学習した記録でもある。この授業実践の考察をもとに、式を読むことを重視した文字式指導のあり方や、式を読むことを重視した文字式指導のプランの再考をしていく。

【事例1】～【事例4】は、それぞれ次のような視点から授業計画し、実践を行ったものである。

【事例1】図的な表現を伴った文字式の導入における「式を読む」学習

「台形の辺上に並んだ墓石の総数を求める場面で、他者の作った式の意味を式の形や特徴的な数に着目して考え、説明していく」

【事例2】分配法則が成り立つ場合とそうでない場合を比較しながら、文字式の計算ができるることを説明していく学習

「 $4x + 8y = 12xy$ という計算ができるかどうかを判断する場面で、 $4x + 8y$ の式の意味を説明していく」

【事例3】図形の文脈の中で、文字式の形からどのように考えていたのかを見いだす学習

「正方形を2枚重ねてできる図形の面積を表す文字式から、どのようにその面積を求めたのかを説明していく」

【事例4】文字式の形に着目して、工夫して計算したり、目的となる式を導き出していく学習 —記号的表現の中で—

ここで、【事例4】については、いくつかの授業で扱った題材を中心に考察している。

授業分析の視点は、小高俊夫氏の主張する「局面の原理」「変容の原理」「対置の原理」「統合の原理」の4つの原理に基づいて考察している。特に、授業の中の節目にあたる「局面」に関しては「授業の実際」の考察の中で、フローチャートの形で表現している。また、1つの授業の中で最も大切な部分ともいえる「変容」に関しては、「この授業で重視したいこと」の中に状態の変化として記述している。これらの分析は、現在の認知科学、教育方法学などの先行研究を十分に踏まえたものである。

([10]以降の参考文献を参照のこと)

**【事例1】図的な表現を伴った文字式の導入における「式を読む」学習
『台形の辺上に並んだ墓石の総数を求める場面で、他者の作った式の意味を式の形や特徴的な数に着目して考え、説明していく』**

【1】この授業で重視したいこと

「正三角形や正方形など特別な形の周状に並べた墓石の総数を求め、段数と墓石の総数との関係を文字式で表現する」といった問題は、文字式の導入として、よく扱われる題材である。この授業では、従前から扱われているこの題材を「式を読む」という側面を強く出して、扱おうとしたものである。多くの実践との違いは、次の点にある。

- (1)この授業は、数式を文字式に表現することを主たるねらいとするのではなく、様々な形で表された式が、図上で様々な解釈できることを学ぶことを主たるねらいとする。なお、文字式表現においては、段数の省略形として「だ」もしくは「x」などを使用しよう、という程度とする。
 - (2)「他者の作成した式の意味を考える」を授業の中心とすることにより、式の形や特徴的な数、演算などが、式の意味を捉える上で重要な役割を果たすことを学習させる。
- この授業における変容は、次のようにある。

図を分割したり、規則的に段数を変化してできる「墓石の総数」の変化の仕方に着目してある段数のときの墓石の総数を求めることができる状態

→
変容
→
他者の作成した式の意味を考える中で「式の形と図との分割の仕方」が対応している、特徴的な数や演算が図の上での操作などに対応していることを認識する状態

【2】授業の実際

次の問題を提示する。

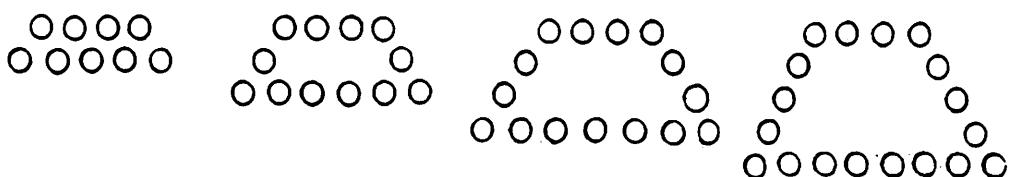
〈問題〉墓石を次の図のように、台形の形に並べていく。

2段のとき

3段のとき

4段のとき

5段のとき



図のように、台形の形に墓石を10段まで並べたときに、墓石は全部でいくつあるだろうか。いろいろな方法で、10段のときの墓石の総数を求めよう。また、いろいろな求め方を友達にうまく説明する方法を考えよう。

この授業は、大きく2つの授業場面より構成される。1つは、4段のときの図を参考にしながら規則性などに着目して10段のときの「基石の総数」を求めることがあり、いま1つは、他者の考えた式の意味を「図」と対応させながら考え、説明していくことである。

以下では、右の図の③以降の授業の動きを述べていく。

③の段階では、次の23個の式が提示される。

(生徒の発表による)

$$\text{式1} : (10 - 4) \times 3 + 15$$

$$\text{式2} : (10 + 1) \times 3$$

$$\text{式3} : \{(10 - 2)\} + (7 + 6) + 4$$

$$\text{式4} : 11 + 12 + 13 - 3$$

$$\text{式5} : 4 + 11 + 3 \times 6$$

$$\text{式6} : 10 \times 2 + (1 + 1) + (10 + 1)$$

$$\text{式7} : 10 \times 2 + (10 - 1) + 4$$

$$\text{式8} : 4 + 10 + 3 + 10 \times 2 - 4$$

$$\text{式9} : 3 \times 10 + 3$$

$$\text{式10} : 8 \times 2 + 17$$

$$\text{式11} : 4 + 2 \times 8 + 13$$

$$\text{式12} : 11 + 10 + 10 + 2$$

$$\text{式13} : 85 - (3 + 10) \times 8 \div 2$$

$$\text{式14} : (4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 + 13) \\ - (3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10)$$

$$\text{式15} : (10 - 1) + 4 + (10 - 2) \times 2$$

$$\text{式16} : 12 \times 3 - 3$$

$$\text{式17} : 10 \times 2 + (10 + 3)$$

$$\text{式18} : 4 + 13 + 16$$

$$\text{式19} : (10 \times 2 - 1) \times 2 + 2 + (-7)$$

$$\text{式20} : (3 + 9) \times 2 + (10 - 1)$$

$$\text{式21} : (45 + 40) - 52$$

$$\text{式22} : 13 \times 2 - 1 + 8$$

$$\text{式23} : 130 - 45 - 28 - 24$$

① 4段のときの図を元にして、基石の総数を求める方法を生徒個々が考え、その考えを式の形で表現していく。

② 10段のときの総数が33個となることを確認した後、3通りの方法でどのように求めたのかを確認する。

③ 10段のときの総数を求める式だけを提示させ、その式の意味を考えることを促す。

④ 同じ考え方で求めることができる式をグループ分けしたり、特徴的な数を「段数」「上底」「下底」という用語で表したり、「対応させる」といった言葉で演算の意味を表現することを生徒が他者の式の意味を説明する中で行う。

⑤ 図の上で式の意味を説明するためには、式の形と図の上で求め方が対応していくことや、よく使われる数や演算に着目することが式の意味を考えいく上で重要であることを、他者の前で「説明していく」中で確認していく。

生徒の表現によるこれらの式の意味は、例えば次の通りである。なお、授業においては、生徒の説明が他者に伝わりやすくするために、10段のときの基石が並んだ図をA3版の用紙に刷り、その図に自分の考えを図示した後に説明に入っていた。

【生徒による「他者の考えた式」の意味の説明例】

式4： $11+12+13-3$

4段のときは $4+5+6+7-3-4=(4-4)+\underline{5+6+7}-3$

5段のときは $4+5+6+7-3-4-5$

$$=(4-4)+(5-5)+\underline{6+7+8}-3$$

これより、例えば5段のときには、段数の次の数6から3番目までの数6, 7, 8を足して3を引いたものとなっている。だから、10段のときには、10の次の数から3番目までの数11, 12, 13を足してそこから3を引いた数になる。

式5： $4+11+3\times 6$

台形の上底が4、下底から両端にある基石を抜いた数が11、両側にある基石は3のグループが6つある。

式6： $10\times 2+(1+1)+(10+1)$

両側にある基石の数は段数と同じ。また、下底から両端の基石を除いたものは「段数+1」。
左右対称とみて、上底を $1+1$ に分ける。

式7： $10\times 2+(10-1)+4$

4は上底、10は横側の辺に下底の基石を加えて段数と同じにしたもの、そして下底の残りが段数から1を引いたものとなる。

式8： $4+10+3+10\times 2-4$

上底、下底、両側の辺にあたるところを囲んでいくと、4つのかどが重なってくる。そこで、最後に4を引く。段数の言葉で表すと、上底+(段数+3)+段数×2-重なった部分となる。

式11： $4+2\times 8+13$

上底、下底を先に囲むと、4は上底、13は下底を表している。残りの両側の基石は「段数-2」ずつあることになる。

式13： $85-(3+10)\times 8\div 2$

85は基石を中まで敷き詰めたときに出でてくる総数である。式で書いていけば、
 $4+5+6+7+8+9+10+11+12+13$ となる。ここから、敷き詰めた中の台形の総数を抜

いていけばよい。中の台形の碁石の総数は、上底3、下底10の台形の面積を求める式と同じと考えられるから、 $(3+10) \times 8 \div 2$ を最後に引けばよい。式14も同じようにして考えることができる。

生徒より、式15に対しては、このままでは足りないという意見が出される。

式16： $12 \times 3 - 3$

「段数+2」の個数ずつ分けていくと、3この碁石が重複する。段数+1だとちょうど3倍すると10段のときができるが、段数+2のときには「段数+1±1」の部分が重複した部分として出てくる。

「他者の考えた式」の意味をこのようにして、次々に説明していくことを行っていった。なお、その際に、次のような点が「式の意味を探る上で着目すべきこと」として議論の中で共通にあがってくる。(④、⑤の段階)

碁石の総数を求める式を考えるには、次のことに着目すればよい。

(1) 対称な部分や共通な部分に着目する。

(2) 段数の変化に対して、規則的に変わっていく数に着目する。

(3) 10段のときならば、式の中で10という数が何を意味するのかに着目する。

(4) 「 $\times 2$ 」ならば、図の中で同じ個数だけある辺に着目する。「 $\div 2$ 」の場合も同じように、同じ個数だけある部分に着目する。

(5) 例えば、中に碁石をうめて求める方法のように、実際にはない部分についても注意して式の意味を考えていく。(全体からひいて出す)

また、生徒の中には、例えば式4： $11 + 12 + 13 - 3$ を $10 + 10 + 10 + (1 + 2 + 3) - 3$ と変形して、変形した式の意味を探ろうとした者や、当初自分が考えた方法に基づいて得られた結果に「他者の考えた式」を関連させて説明しようとした者もいた。

※例えば、式16に対して「段数が1段ずつ増えていくのに対して、碁石の総数が3ずつ増えていく」という自分の発見をもとに説明しようとした生徒がいた。

[3] この授業実践より得されること

「図形の辺上に並んだ碁石の総数を求める」という、問題それ自体はよく扱われている題材であるが、多くの授業実践では、その求め方を生徒が発表するところでとどまり、一般化された数（この場合は10がそれにあたる）を文字表現する点に中心が置かれている。この実践では、「他者の作った式の意味を考える」という活動を中心とし、「式から他者の思考過程を想定すること」を生徒にさせていった。一見すると「文字式表現」というねらいに対して、異なるねらいに向かっているようにみえるが、「他者の作った式の意味を授業の中で説明する」という場面の中で、一般化された数を「他の言葉」で言い換えるといった活動が生じてきている。それが、一般化された数を文字表現する素地になってきている。

まとめると、次の通りである。

- 「他者のつくった式」から「他者の思考過程」を想定していく活動は、そのクラスにおける生徒の興味を高める。
- 「他者のつくった式」の意味を説明するプロセスが、文字式表現へのプロローグとなる。
- 「同じ考え方の式をグルーピングする」という活動と、「異なる形の文字式を変形して同じ形の文字式を得る」という活動が関連してくる。

【事例2】分配法則が成り立つ場合とそうでない場合を比較しながら、文字式の計算ができるることを説明していく学習

『 $4x + 8y = 12xy$ という計算ができるかどうか判断する場面で、 $4x + 8y$ の式の意味を説明していく』

【1】この授業で重視したいこと

分配法則を用いて $4x + 8x = 12x$ となることについては、必ず授業の中で扱われるが、

$4x + 8y = 12xy$ と計算できないことについては（恒等式として）、多くの場合、教師の説明だけで終わるのではないだろうか。教科書をみても、「 $2x + 3$ は 1 つの項にまとめることができない」（大日本図書教科書・中学校数学 1 年 P.61）のような説明があればまだ丁寧であるが、多くの教科書では「計算の結果が単項式にならない文字式の計算」については、扱う教師の裁量にまかされている。文字式の計算の始めの段階で、 $4x + 8y$ の計算について議論すること、それ自体が生徒を混乱にまねくおそれがあるという立場に対して、私は「数式と文字式の計算の違いを早期から印象づける」という意味で、この授業を行うことの必要性を主張したい。

この授業で重視したい点は、次の 3 点である。

(1) $4x + 8y = 12xy$ という文字式の計算が成り立たないことを説明するために、文字に数値を代入し文字式を対応する数式に変換したり、文字式に対応するような図的文脈を設定して、図の上で説明する。

（文字式の表現様式を変えることによる説明）

(2) 「違う文字は、違う数や違う数量を表すことがある」ことを文字式の計算の初期段階に印象づける。

(3) 文字式の計算の背景にある分配法則が、既知の数の計算法則などと関連がとれているという、計算のよりどころを意識する。

この授業における変容は、次の通りである。

$4x + 8y = 12xy$ という計算はいつも成り立たないということは感じているが、成り立たないのかという理由については、自分の中で十分に出せない状態

→
変容
→

$4x + 8y = 12xy$ という計算と $4x + 8x$ という計算を対置して、同じ文字の場合と異なる文字の場合を比較しながら、 $4x + 8y$ の計算の結果が $4x + 8y$ それ自体であることを説明できる状態

[2] 授業の実際

次の問題を提示する。ただし、教師側で「 $4x + 8y$ の計算の結果は、 $12xy$ だったね」という言い方で、生徒に「おかしいなあ」という思いを強く抱かせる。

この授業では、②の段階で 文字に数値を代入することによって「 $4x + 8y$ の計算の結果が $12xy$ にならない」ということが示される。

【問題】 $4x + 8y = 12xy$ という計算は、いつも成り立つだろうか？

しかし、③の段階で $4x + 8y = 12xy$ が成り立つような x や y の値が提示されることにより、葛藤が生じる。

「文字式の計算では、 x や y に様々な値が入っても
いつも成り立つもの」

「文字式の計算では、 計算式と計算の結果をつなぐ
ような x や y の値が存在すればよい」

という2つの見方である。これより、 $4x + 8y$ という
計算式と $4x + 8x$ という計算式を比較しようという
「対置の活動」が生じてくる。

④の段階から後に出てきた、典型的な生徒の発言や
活動を以下に述べていく。

(7) $4x + 8y$ では x と y は質が違うものだから、
 $4x + 8x$ の場合のように同じものとして計算できない
のではないだろうか。

(1) $4x + 8x = 12x$ という式で逆算をしました。
そうすると、 $12x \div x = 12 = 4 + 8$ となる。
また、 $4x + 8x$ を x で割っていくと $4 + 8$ となる
ので 12 。
だから、 $4x + 8x$ が $12x$ となることは正しい。
ところが、 $4x + 8y = 12xy$ のそれぞれを x で
割っても、 $12xy$ の方は $12y$ となるけれど
 $4x + 8y$ の方は $12y$ とはならない。だから、
 $4x + 8y$ の計算が $12xy$ となるのはおかしい。

① $4x + 8y$ は $12xy$ とはならないと思うけれど、なぜなのかという疑問をもつ。

② x や y 数値を代入すれば、 $4x + 8y$ と
 $12xy$ との計算の結果が異なることを指摘。

③ $x = 1, y = 1$ や、 $x = 2, y = 1/2$
などのときに $4x + 8y = 12xy$ が成り立ってしまうという意見。
でも、 $4x + 8y = 12xy$ を認めてしま
うのはおかしいという感覚。

④ $4x + 8y$ と $4x + 8x$ という計算は全
く違うもの、だから2つの計算を
比較して説明すればいいのではないか
という意見。

⑤ $4x + 8y$ と $4x + 8x$ の2つの計算を
対置させながら、 $4x + 8y$ の計算が
できることを数値を代入して比較した
り、図的表現を用いて比較したりする。

⑥ $4x + 8y$ という文字式は、計算の過
程と計算の結果の双方を表している
ことをまとめることをまとめる。

(ウ) $4x + 8y$ の計算の結果が $12x$ となるのは、次のようにして説明できます。

に考えて、 $4x + 8y = 4 \div (1/x) + 8 \div (1/y)$ と考えます。

この式は、ちょうど分数でわるときに逆数をかけたことから、その逆の計算をしています。

そうすると、分母が $(1/x)$ で同じになります。だから、足し算の計算をしてもよく、

$12 \div (1/x)$ となります。これをもとに戻せば、 $12x$ です。

ところが、 $4x + 8y$ の場合はそうはいかないです。

$$4x + 8y = 4 \div (1/x) + 8 \div (1/y)$$

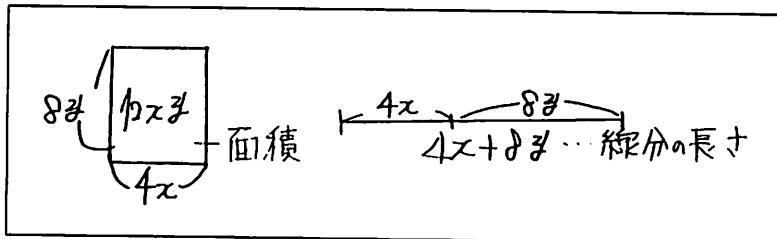
と同じように分数にすると、分母が $(1/x)$ と $(1/y)$ になって計算できません。 $1/2 + 1/3$ を通分して計算するように、 $(1/x)$ と $(1/y)$ を同じにしようとしたんだけど、 x と y はどうやっても変わらないから、計算できません。

(ア)～(ウ)の生徒の発言は、それぞれ算数で学習した「逆算」「分数の計算」ということがらをよりどころにして説明している。特に、(ウ)の生徒の考えに対しては賛同する意見が多く、 $4x + 8y$ の計算はできないのではないかという結論に至りそうであった。その雰囲気を変えたのは、次の(I)の発言である。

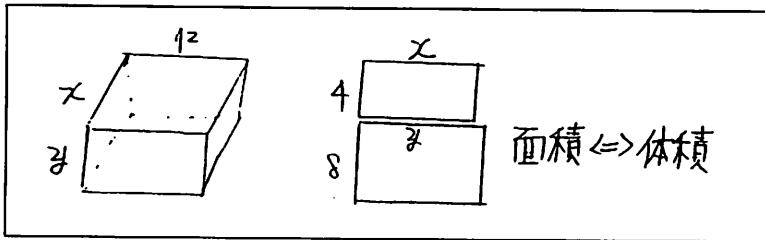
(I) $4x + 8y$ というもとの式から、十が抜かれてかくと $4x8y$ となる。そうするとかけることになるから、 $32xy$ 。実際の答えは、 $12xy$ よりも大きくなるんじゃないかな。

(オ) $4x + 8y$ の答えが $32xy$ になる、というのはおかしいんじゃないかな。だって、 $x=2$, $y=3$ を代入してみると、 $4x + 8y = 32$ となるけど、 $32xy$ の方は 32 より大きくなるはずだ。だって、 x も y も 1 より大きな数を代入することになるから。

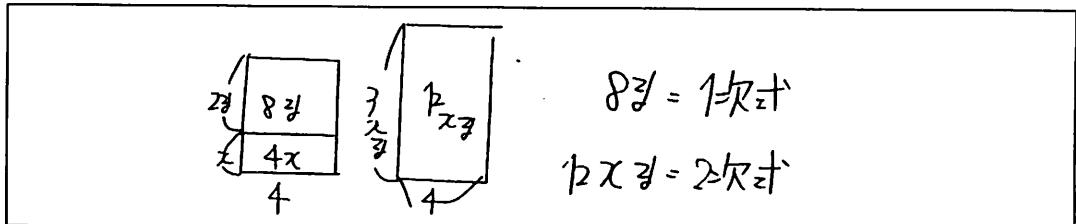
(カ) $4x + 8y$ と $4x8y$ では式の意味が違うと思う。 $4x8y$ は、例えば、横 $4x$ 、縦 $8y$ の長方形の面積となり、その面積はたぶん $32xy$ となる。 $12xy$ は、その長方形の面積の $1/3$ にすぎない。 $4x + 8y$ は一直線上に $4x$ と $8y$ を並べると、線分の長さになる。だから、面積と線分の長さで、 $12xy$ と $4x + 8y$ とは違うものになっている。



(キ) $12xy$ というのは、 $12 \times x \times y$ のことを表していて、縦 x 、横 12 、高さ y の直方体の体積を表している。これに対して、 $4x + 8y$ は、縦 4 、横 x の長方形と縦 8 、横 y の2つの長方形の面積の和を表している。面積と面積を足しても面積になるけれど、面積と面積をどう足しても体積にはならない。だから、 $4x + 8y$ の答えが $12xy$ となるのは違うと思う。



(ク) $4x + 8y$ という式で、 $8y = 4 \times 2y$, $12xy = 4 \times 3xy$ となる。2つの式がそれぞれ面積を表すと仮にしても、 $2y$ と $3xy$ を比べると、 $3xy$ の方が大きくなる。例えば、 x の値が 1 のときをみたって、 $2y$ と $3y$ を比べれば $3y$ の方が大きい。また、 $2y$ は 1 次式だけど、 $3xy$ の式は 2 次式だから、違っている。



(カ)～(ク)の発言は、いずれも文字式を図の上で「意味」づけ、 $4x + 8y$ の計算の意味を図を用いて説明しようとしたものである。(カ) や (キ) のような説明は、数学史の中にも出てくる発想であるが、(ク) のように一方を固定してから他の残ったものを比較するというアイデアは興味深い。なお、図的表記が文字式と連動して出てくる背景には、 $4x + 8y$ という文字式が次の問題を通して導き出されていることに起因すると考えられる。

「一辺が x cm の正方形の折り紙を、のりしろが一辺 1 cm の正方形となるようにつなぐ。
周囲の長さは、どのように表せるだろうか。
いろいろな表し方をしてみよう。」

授業においては、 $4x + 8y$ は $x = 1$, $y = 1$ などの場合に $12xy$ という式が成り立つことを認めつつ、「文字式の計算は、文字が様々な値を代入しても成り立つ場合のことを考える」という点で合意し、まとめに入っていた。方程式との違いを触れ、 $4x + 8y$ という文字式の計算の結果としては「 $12xy$ 」という文字式は間違いであるが、 $4x + 8y = 12xy$ を成り立たせる値の集まりを考えることは後で学習する、と述べている。

[3] この授業実践より得られること

$4x + 8y = 12xy$ という計算ができるかどうか判断し、その判断の裏付けをしていく過程の中で「 $4x + 8y$ という文字式を、対応する文脈の中で意味づける」という活動がなされていく。この授業で扱った題材は、文字式の計算においてよく生じる誤答である。文字式の計算の中でよく生じる誤答を、授業の中で取り上げ「どこが違っているのか」ということを問うスタイルの授業はよくみられる。しかし、中途半端な取り上げ方であると、生徒の混乱をきたすおそれがある。そこで、「どこが間違っているのかを指摘し、正しい式変形を示すこと」にとどまるのでは

なく、できるかぎり「なぜその式変形ではいけないのか、正しい式変形と対置して説明する」という活動を行うことが必要であろう。

まとめると、次の通りである。

○ 「 $4x + 8y = 12xy$ という計算式」を生徒に提示することにより、正しい式変形との対置（比較）を促す。

○ 正しい式変形のよりどころを際立たせるために、なぜその式変形ではいけないのかという「生徒の発言のよりどころ」を授業の中で明確にしていく。

→ 例えば、分数の計算の仕方、逆算、図の上で文字式の意味を考えること（面積、体積）などその際、「生徒の論理」をできる限り大切にし、教師の方では議論の後にその「生徒の論理」を定式化していく。

なお、この授業実践に呼応して、定期試験の中で次のような問題を出題している。生徒の出来具合は、思ったよりもよくできていた。

（7割の生徒が教師の願いのレベルにあたる回答を書いていた。）

〈平成6年9月28日（水）実施〉

【問題】 達男君は、「 $6x + 8x$ の計算の結果はいつも $14x^2$ になる」という。

達男君の計算が正しくないことを 2通りの方法で説明しなさい。

また、 $6x + 8x$ の正しい計算の仕方を、

$6x + 8x$ と $6x + 8y$ との違いをふまえて説明しなさい。

第1学年 前期期末試験問題より

〈上記の問題の解答例〉

(達男君の計算が正しくないことの説明)

(その1) $x = 2$ を $6x + 8x$ に代入する。

$$6x + 8x = 6 \times 2 + 8 \times 2 = 28$$

$$14x^2 = 14 \times 2^2 = 56$$

$x = 2$ のときに $6x + 8x = 14x^2$ が成り立たないので、 $6x + 8x = 14x^2$ とはならない。

(文字式の計算は、いろいろな x の値に対しても成り立つものだから)

(その2) 右の図のようなモデルを考える。

$6x + 8x$ は縦 x 、横 $6 + 8$ の長方形の面積を表している。

これに対して、 $6x^2 + 8x^2$ で

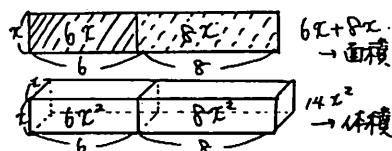
表せる $14x^2$ は体積を表している。

表している数量が違うので、 $14x^2$

とはならない。

($6x + 8x$ の正しい計算についての説明)

1つの式の中で、同じ文字は同じ数量を表している。



のことより、 $6x + 8x$ を分配法則を使って計算することができる。

$$\begin{aligned} 6x + 8x &= (6 + 8)x \\ &= 14x \end{aligned}$$

注：テストの採点に関しては、 $6x + 8x$ は $6x + 8y$ との違いを述べることでも○とした。

【事例3】 図形の文脈の中で、文字式の形からどのように考えていたのかを見いだしていく学習
**『正方形を2枚重ねてできる図形の面積を表す文字式から、どのように
 その面積をもとめたのかを説明していく』**

【1】この授業で重視したいこと

図形の文脈の中で、式の形に着目してその意味を考え、説明していくという点では【事例1】と共に通している。【事例1】と【事例3】との違いは、前者は主たる考察の対象が数式であるのに対して、後者は考察の対象が文字式である点である。数式の場合には、計算によって「他者の考えた式」のそれぞれが同じものを指しているかどうかを判定することができる。ところが、【事例3】のような文字式の場合には、まだ文字式の変形を行うという学習をしていないため、表現された文字式が全く同じかどうかを瞬時に判定できない。そこで、本当にその文字式が図形の面積を表しているかどうかということを、図と文字式を対応させて考えていく必要がある。

数式と比較して、文字式の場合には【事例2】のように、必ずしも計算の結果が単項式とはならないので、「式の形に着目して文字式の意味を考えていく」ことが一層必要となってくる。

この授業で重視したい点は、次の3点である。

- (1) 文字式の形に着目することによって、どのような図形に着目して面積などを求めていたのかが判定できること。
- (2) 同じ形の文字式であっても、式を読む側の視点によって、多様な式の意味の読みとり方ができること。
- (3) 文字式の方が数式よりも式の形が残りやすいことから、他者の考えを伝達する手段として優れていることを体感する。

この授業における変容は、次の通りである。

図に補助線を入れたり、 x や y が具体的な数の場面のことをもとにしながら、正方形を重ねてできる図形の面積を求めることができる状態

→
変容
→

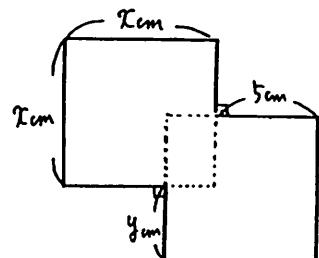
他者の作成した文字式の形に着目して、図形と対応させながら文字式の背景にある思考過程を想定することができる状態。また、文字式の形に「考え方」を込めることができるなどを知る状態

【2】授業の実際

次の問題を提示する。

【問題】1辺x cmの正方形を2枚重ねあわせたときにできる图形の「周の長さ」と「面積」をいろいろな方法で求めよう。ただし、重ね合わさっている面が長方形となるように、重ねあわせるものとする。

※「面積」を表す式が、カッコのついた複雑な形になった場合、そのままの形にしておく。



【事例1】と同様に、正方形が2枚重なってできる图形の面積を各自が求める場面と、他者の考えた文字式の意味を考え、説明する場面との大きな2つの授業場面より、この授業は構成される。「周の長さ」を同時に求めさせたのは、⑤に関わる图形の計量の際に活用できる「考え方」を文章として提示するためである。文章として、图形の周の長さの求め方をまとめることにより、その「求め方を表した文章」の省略形として、すなわち「考え方をコンパクトにまとめた表現」として文字式を捉えることができる。さらに、この作業によって、面積を表す「他者の作成した文字式」の意味が想定しやすくなってくる。

②,③の段階に関わる「他者の考えた文字式」は次の通りである。

$$\text{式1} : x^2 + xy + 5x - 5y$$

$$\text{式2} : (x+y) \times x \div 2 \times 2 + 5(x-y)$$

$$\text{式3} : x^2 + y(x-5) + 5x$$

$$\text{式4} : x^2 + x^2 - (x-y)(x-5)$$

$$\text{式5} : (x+5)(x+y) - 5y - 5y$$

$$\text{式6} : 5x \times 2 + (x-5)(x-y)$$

$$\text{式7} : 2xy + (x-y)(5+x)$$

$$\text{式8} : (x^2/2 + x^2/2) + 5x/2 + 5x/2 + xy - 5y$$

$$\text{式9} : \{(x+y)(x+5)/2 - 5y\} \times 2$$

$$\text{式10} : x(x+y) + 5(x-y)$$

$$\text{式11} : 2 \times \{x^2 - (x-5)(x-y)/2\}$$

$$\text{式12} : x(5+x+y) - 5y$$

① x や y が具体的な数値の場合をもとにしたり、图形に補助線を入れることによって、图形の面積を求めていく。

② 図形の周の長さを確認する。
その後、図形の「面積」を表す文字式を発表していく。

③ 同じ图形の面積でありながら、多様な文字式で表現されることを知る。同時に、すべての文字式が本当に同じ图形の面積を表しているのだろうかという疑問が生じる。

④ $x+y$ 、 $x-y$ 、 $x-5$ など、カッコの中にある文字式の図における意味に着目しながら、文字式を考えていく。

⑤いくつかの文字式の意味を確認した後に、この图形の面積を求めるための「考え方」として挙げられるものを出していく。(対称性に着目して図をわかる重なりをひく、合同な图形に着目するなど)

式13 : $x^2 + y^2 + (5+y)(x-y)$

式14 : $\{(x-5)+x\}y + \{(x-y)+x\} \times 5$
+ $(x-5)(x-y)$

式15 : $5x + \{(x+2y)(x-5) + (5x+x^2)\} \times 1/2$

式16 : $2 \times (x^2 / 2) + 2 \times (25 / 2) + (x-5)(y+5)$

式17 : $(x-y+x) \times 5 \times 1/2 \times 2 + (x-5+x) \times y \times 1/2 \times 2 + (x-y)(x-5)$

式18 : $(x-y \times 5/x)(x+y) + x \times 5 \times 1/2 \times 2 + y \times 5y/x \times 1/2 \times 2$

⑥カッコの有無やカッコの位置、文字式の形などによって、その式の上での意味が異なることや一つの文字式であっても多様に解釈できることなどを認識する。

ここでは、18通りの文字式を挙げたが、図形の分割の仕方によってさらに多様な文字式を出すことができる。別のクラスでは、クラスの人数分だけ提示していく（41通り）ということを行っている。⑤の段階における面積の求め方を表す文章としては、次のようなものを授業の中で確認した。

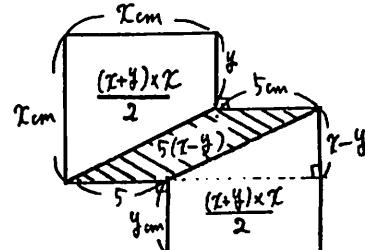
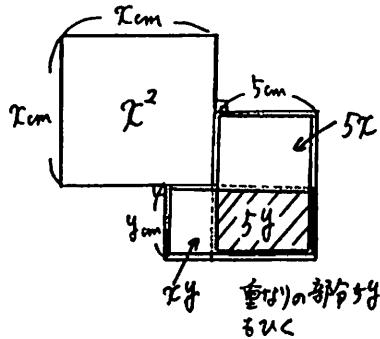
- 対角線をひいて対称な図形に分ける。
- 辺を動かして、大きな長方形をつくる。
- 対角線や点と点を結んでできる直角三角形に着目する。
- 平行線に着目して、平行四辺形をつくる。
- 等しい面積をもつ四角形どうしに着目する。
- 2つの正方形を重ねてできる図形の中心に着目する。
- 1つの正方形と他の図形という見方をする。
- 正方形をもとにして、そこから重なりをひく。
- 相似な図形に着目する。

先に挙げた18の式に対する「図」の上での意味は、次の通りである。

ただし、以下の「図」の分割などの仕方は、1つのクラスの生徒からあげられたものであり、同じ文字式でも異なる分割の仕方があることなどはいくつかの事例（文字式）でもって確認をしている。

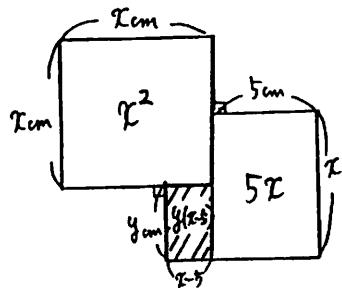
式1 : $x^2 + xy + 5x - 5y$

式2 : $(x+y) \times x \div 2 \times 2 + 5(x-y)$

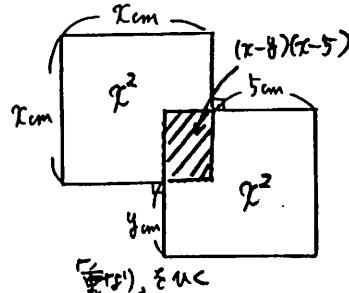


1998年3月

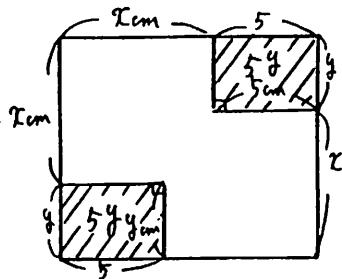
$$\text{式3: } x^2 + y(x - 5) + 5x$$



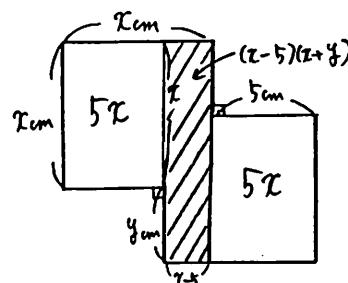
$$\text{式4: } x^2 + x^2 - (x - y)(x - 5)$$



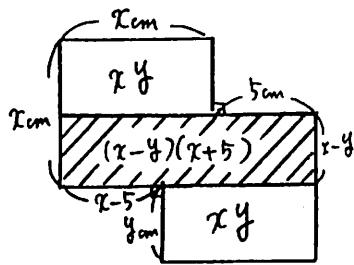
$$\text{式5: } (x + 5)(x + y) - 5y - 5y$$



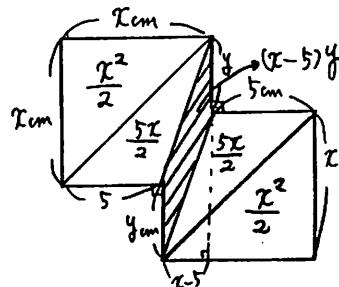
$$\text{式6: } 5x \times 2 + (x - 5)(x - y)$$



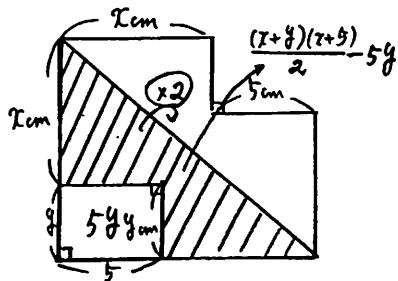
$$\text{式7: } 2xy + (x - y)(5 + x)$$



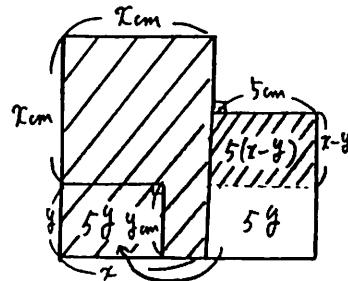
$$\text{式8: } (x^2 / 2 + x^2 / 2) + 5x / 2 + 5x / 2 + xy - 5y$$



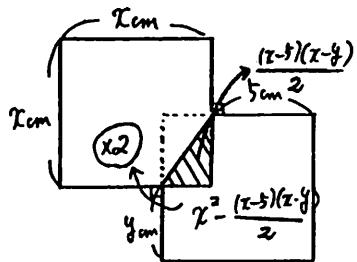
$$\text{式9: } \{(x + y)(x + 5) / 2 - 5y\} \times 2$$



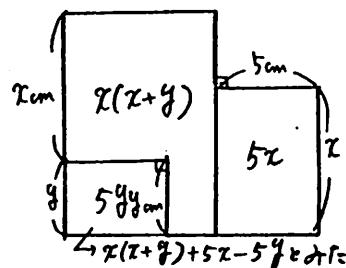
$$\text{式10: } x(x + y) + 5(x - y)$$



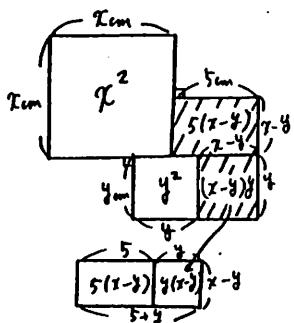
式11 : $2 \times |x^2 - (x-5)(x-y)/2|$



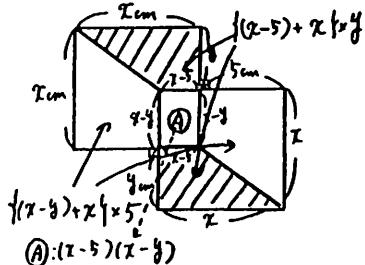
式12 : $x(5+x+y) - 5y$



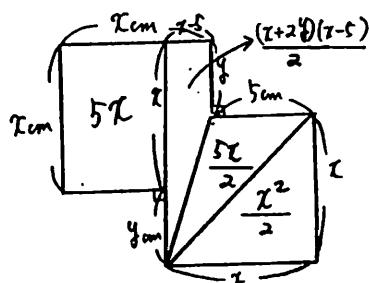
式13 : $x^2 + y^2 + (5+y)(x-y)$



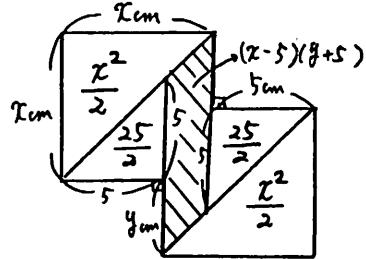
式14 : $\{(x-5)+x\}y + \{(x-y)+x\} \times 5$
+ (x-5)(x-y)



式15 : $5x + \{(x+2y)(x-5) + (5x+x^2)\} \times 1/2$

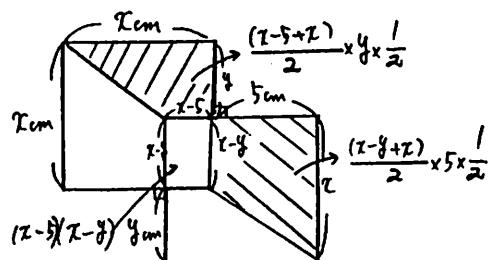


式16 : $2 \times (x^2/2) + 2 \times (25/2) + (x-5)(y+5)$



式17 : $(x-y+x) \times 5 \times 1/2 \times 2 + (x-5+x) \times y \times 1/2 \times 2 + (x-y)(x-5)$

右の図のように、重なりの部分が
(x-y)(x-5)で表せることと、
対角線で残った部分を分割する
と同じ面積の台形が2個ずつ
生じることに着目すればよい。

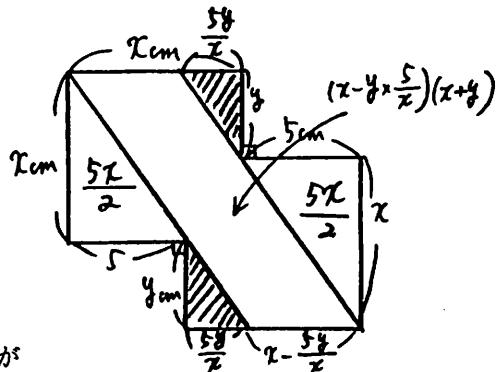


$$\text{式18} : (x - y \times 5/x)(x + y) + x \times 5 \times 1/2 \times 2 + y \times 5y/x \times 1/2 \times 2$$

右の図のように、3つの点が1つの直線で結べることよりこれらの2直線によってできる「直角三角形」に着目していく。その直角三角形が相似形であることより、

$$5:x = \square:y$$

という比の式を得て、 $5y/x$ が小さな直角三角形の一つの辺の長さであることを得る。その後は、平行四辺形と直角三角形が2組（計4つ）であることからその面積の総和を求めていく。



式18のように相似の概念が必要となる文字式に関しては、全体で確認をとりながら進めていった。他者の作った文字式の意味を考える際には、面積など計量の仕方にあたる「文章」が有効であった。求め方が文章化されることによって、手がかりがつかめない生徒にはそれがヒントになり、進んでいる生徒に対しては「同じ文字式であっても、別の意味の捉え方ができないか」という見直しの契機にもなっていた。

【3】この授業実践より得られること

文字式の式変形の導入として扱われる題材として、ある図形の面積など計量の場面で出されたいいくつかの文字式を比較し、「それらの文字式は本当に同じだろうか?」という問い合わせのものと式変形を行っていくという学習材がある。【事例3】で出てくる文字式は、その形によっては容易に変形できないものが多くある。そこで、それらの文字式が本当に図形の面積を表しているのか「図の上で考え、確かめてみよう」という活動が促されることになる。

【事例1】との違いは、他者のえた文字式がより複雑であることから、その意味が捉えにくいという点である。同時に、小カッコや中カッコによって、意味を有する文字式がひとかたまりとなるために、うまく図と対応すると意味が捉えやすくなってくる。
まとめると、次の通りである。

- 図に対応させて文字式の意味を考えていくためには、文字式の形に着目することが大切であることを知る。
- いくつかの文字式の意味を考えていくことを通して、文字式を変形してできる「新しい文字式」の意味を文脈の上で考える学習も同時に行っている。
- 図形の面積を求める文章の省略形として「文字式」が存在することを認識する。

この実践の難しさは、複雑な文字式の意味を探っていくときに、どのような文節（1かたまりの文字式）にわけてみていいかという「見通し」をたてることである。実際の授業では、着想が浮かんだ生徒のアイデアを、できる限り小出しに紹介していくというスタイルをとっていた。生徒の能力に応じて、グループで文字式の意味を考えていくといった授業スタイルが

効果的であろう。

また、他者の作成した文字式の意味を考えていく中で、文字に数値を代入し特殊な場合で考えていくという生徒もみられた。

なお、この授業実践に呼応して、定期試験の中で次のような問題を出題している。(2)の(7)に対する解答はほぼ9割の生徒ができていたが、(1)については3~4割ほどと「複雑な文字式からその意味を図の上で考え、説明する」ことに対しては難しかったようである。

なお、(7)と(1)についての生徒の解答例は、以下の通りである。

〈平成7年6月13日（火）実施〉

④ 次の各問いに答えなさい。

(1) 右の図のように。

1辺の長さ10cmの

正方形の紙を、重ねて

部分が長方形になるように

10枚並べていく。図のように。

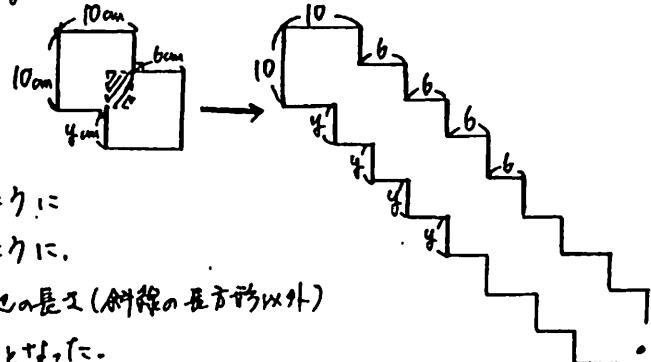
重なりの長方形以外の辺の長さ（斜線の長方形以外）

はそれぞれ6cm、4cmとなる。

このような並べ方で、1辺の長さ10cmの正方形を 10枚

並べたときにできる四角形の 「面積」を

それを求めなさい。（答えを表す式のみでよい。また、式の形は無理に変えることもよい。）



(2) 1辺の長さxcmの正方形を2枚

(1)と同じように並べてできる四角形の

「面積」を、遠也君は次のように

考えた。遠也君は、どのように答えて

(7), (1)の式を作ったのかを

解答欄の図を用いて説明しなさい。

ただし、遠也君の作った式の形は変えずに説明しなさい。

$$(7) (x+6)(x+4) - 6 \times 4 \times 2$$

$$(1) 6x + \frac{(4+x)(x-6)}{2} + \frac{(x-6)4}{2} + \frac{(6+x)x}{2}$$

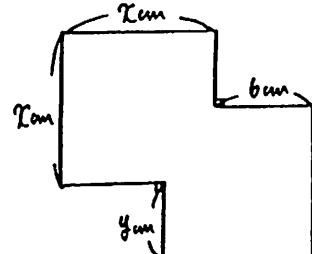


図 (1) 面積, $10^2 \times 10 - 9(40 - 4x)$

(2) $I = (x+6)(x+8) - 6x^2$
 $= (x+6) \cdot 12 + 6^2 - 6x^2$
 $= (x+6)(12 + 6 - 6x)$
 $= (x+6)(6(2-x))$
 $= 6(x+6)(2-x)$

上のように、たるみの部分を1つだけ取り除くと、長方形の面積を計算することができる。

(4) $I = 6x + \frac{(1+x)(x-6)}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + \frac{(6+2)x}{2}$
 $= 6x + \frac{x^2 + x - 6}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + 3x$
 $= 6x + \frac{x^2 + x - 6 + (x-6)^2 + 6x}{2}$
 $= 6x + \frac{x^2 + x - 6 + x^2 - 12x + 36 + 6x}{2}$
 $= 6x + \frac{2x^2 - 12x + 30}{2}$

図 (1) 面積, $100 - 54x$

(2) $I = (x+6)(x+8) - 6x^2$
 $= (x+6) \cdot 12 + 6^2 - 6x^2$
 $= (x+6)(12 + 6 - 6x)$
 $= (x+6)(6(2-x))$
 $= 6(x+6)(2-x)$

上のように、たるみの部分を1つだけ取り除くと、長方形の面積を計算することができる。

(4) $I = x + \frac{(1+x)(x-6)}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + \frac{(6+2)x}{2}$
 $= x + \frac{x^2 + x - 6}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + 3x$
 $= x + \frac{x^2 + x - 6 + (x-6)^2 + 6x}{2}$
 $= x + \frac{2x^2 - 12x + 30}{2}$

最初に長方形ととり、それがうち長方形と三角形で表されていく。

図 (1) 面積, $640 - 36x$ (cm²)

(2) $I = (x+6)(x+8) - 6x^2$
 $= (x+6) \cdot 12 + 6^2 - 6x^2$
 $= (x+6)(12 + 6 - 6x)$
 $= (x+6)(6(2-x))$
 $= 6(x+6)(2-x)$

上のように、たるみの部分を1つだけ取り除くと、長方形の面積を計算することができる。

(4) $I = x + \frac{(1+x)(x-6)}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + \frac{(6+2)x}{2}$
 $= x + \frac{x^2 + x - 6}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + 3x$
 $= x + \frac{x^2 + x - 6 + (x-6)^2 + 6x}{2}$
 $= x + \frac{2x^2 - 12x + 30}{2}$

上のように、たるみの部分を1つだけ取り除くと、長方形の面積を計算することができる。

図 (1) 面積, $100 + 9(4x + 60)$

(2) $I = (x+6)(x+8) - 6x^2$
 $= (x+6) \cdot 12 + 6^2 - 6x^2$
 $= (x+6)(12 + 6 - 6x)$
 $= (x+6)(6(2-x))$
 $= 6(x+6)(2-x)$

$(x+6)(x+8)$ というものは \blacksquare この大きな四角形の面積で、 \blacksquare この面積 ($6x$) を 2 個分としている。

(4) $I = x + \frac{(1+x)(x-6)}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + \frac{(6+2)x}{2}$
 $= x + \frac{x^2 + x - 6}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + 3x$
 $= x + \frac{x^2 + x - 6 + (x-6)^2 + 6x}{2}$
 $= x + \frac{2x^2 - 12x + 30}{2}$

図 (1) 面積, $74x + 18x$ (cm²)

(2) $I = (x+6)(x+8) - 6x^2$
 $= (x+6) \cdot 12 + 6^2 - 6x^2$
 $= (x+6)(12 + 6 - 6x)$
 $= (x+6)(6(2-x))$
 $= 6(x+6)(2-x)$

$(x+6)(x+8)$ は、下のとおり、長方形全体のことである。
 それから、 \bigcirc の部分の 6x を 2 \times (x+8) としていた。

(4) $I = x + \frac{(1+x)(x-6)}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + \frac{(6+2)x}{2}$
 $= x + \frac{x^2 + x - 6}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + 3x$
 $= x + \frac{x^2 + x - 6 + (x-6)^2 + 6x}{2}$
 $= x + \frac{2x^2 - 12x + 30}{2}$

x ... ○のとき
 $\frac{(3+6)(x+8)}{2} \dots \Delta$ のとき
 $\frac{(x-6)x}{2} \dots x$ のとき
 $\frac{(6+2)x}{2} \dots \star$ のとき

図 (1) 面積, $36x + 640$ (cm²)

(2) $I = (x+6)(x+8) - 6x^2$
 $= (x+6) \cdot 12 + 6^2 - 6x^2$
 $= (x+6)(12 + 6 - 6x)$
 $= (x+6)(6(2-x))$
 $= 6(x+6)(2-x)$

$(x+6)(x+8)$ というものは、あまりに大きすぎる長方形である。
 6x というものは、6x がこの長方形の 2 フラグといふこと意味している。だから、あまり長い長方形から、6x が 2 つとすればいいが、 $(x+6)(x+8) - 6x^2$ 。

(4) $I = x + \frac{(1+x)(x-6)}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + \frac{(6+2)x}{2}$
 $= x + \frac{x^2 + x - 6}{2} + \frac{(x-6)^2}{2} + 3x$
 $= x + \frac{x^2 + x - 6 + (x-6)^2 + 6x}{2}$
 $= x + \frac{2x^2 - 12x + 30}{2}$

上のようになり、○、□、○、○ が違う。
 ○は $6x$ の長方形、□は $\frac{1+2x}{2}(x-6)$ の長方形、△は $\frac{1+2x}{2}$ の三角形、□は $\frac{6+2x}{2}$ の長方形に相当する。
 ○の大きさが△より大きい。

問題 2 $2(80+2y) + 8(60+4y) = 640 + 36y$ $640+36y$

(1) $(x+6)(x+y) - 6y \times 2$

$$(x+y)(x+y) - 6y \times 2$$

$x+y$

6

$x-y$

$x+y$

$6y \times 2$

(2) $(x+6)(x+y) - 6y \times 2$

(3) $6x \times \frac{(1+2)(x-4)}{2} + \frac{(x-6)y}{2} + \frac{(6+y)x}{2}$

$x+y$

x

6

$x-y$

$x+y$

6

x

(4) $6x \times \frac{(1+2)(x-4)}{2} + \frac{(x-6)y}{2} + \frac{(6+y)x}{2}$

x

6

x

$x+y$

6

x

上の図のように補助線を引く。
(x+y)(x+y)の長方形をつくり、
その長方形からL字型の部分を
引いてやる。

問題 1 $1000 - 360 + 36y$

(1) $(x+6)(x+y) - 6y \times 2$

x

y

6

x

$x+y$

6

$x-y$

$x+y$

$6y \times 2$

わりの長方形の面積 $(x+y)(x+y)$
をたしてから、中の空白の部分
 $6y \times 2$ を引いてやった

(2) $6x \times \frac{(1+2)(x-4)}{2} + \frac{(x-6)y}{2} + \frac{(6+y)x}{2}$

x

6

x

$x+y$

x

$x-y$

問題 1 $10 \times 10 \times 10 - 4(10-4) \times (10-1)$

(1) $(x+6)(x+y) - 6y \times 2$

x

y

6

x

$x+y$

6

$x-y$

一番大きな長方形 $(x+y)(x+y)$
から斜線部分の長方形 (6)
を2つ引いた。

(2) $6x \times \frac{(1+2)(x-4)}{2} + \frac{(x-6)y}{2} + \frac{(6+y)x}{2}$

x

y

6

x

$x+y$

6

$x-y$

上の図のように分けよ
 $6x$... ①の長方形
 $\frac{(4+x)(x-6)}{2}$... ②の台形
 $\frac{(x-6)y}{2}$... ③の三角形
 $\frac{(6+y)x}{2}$... ④の長方形

す。

**【事例4】文字式の形に着目して、工夫して計算したり、目的となる式を導き出していく学習
—記号的表現の中で—**

【事例1】～【事例3】までとの違いは、図的表現の有無である。事例4の中で挙げる問題例は、記号的表現の中での式の読みである。すなわち、文字式と数式を対応させたり、文字式の形に着目して既知の文字式と対応させたりすることである。例えば、文字式と数式とを対応させるため、倍数の見分け方など整数の性質を文字式を用いて調べていく、といった問題例もある。事例1のような「個数の処理」の色合いがあるが、事例1の題材との違いは先述したように「図的表現」が伴わないという点である。

「図的表現」が存在することにより、視覚的に数の演算や文字式の演算を捉えることができる。visualなものがない点で、事例1～事例3のような題材よりも上の学年で扱うことが適当であると考える。

ここでは、細かく授業の流れを追うことはせず、授業の中で扱った問題と大まかな授業の流れだけを触れる。なお、記号的表現の中での式の読みができるることにより、例えば「 $x^4 + 4$ を因数分解しなさい」という一見因数分解できそうもない式が、 $(x^2 + 2x + 2)(x^2 - 2x + 2)$ と因数分解できるようになっていくと思う。

【倍数の見分け方に関する問題例】

〈問題1〉 123123	これらの数は、何の倍数だろう？
234234	また、何でそんなことがいえるのだろうか？
357357	
851851	
753753	

〈問題2〉

	A	B	C	D	E	F	G
1段目	1	2	3	4	5		
2段目		11	10	9	8	7	6
3段目	12	13	14	15	16		
4段目		22	21	20	19	18	17
5段目	23	24	25	26	27		

A～Gの位置に自然数を、左から5つ、右から6つまで書いていく。

次の□の数は、どの位置にあるだろうか。それは、なぜだろうか？

(1) $\square = 500$ (2) $\square = 4554$, $\square = 5291$

双方とも「11の倍数の見分け方」を追求していくための問題である。

〈問題1〉については、電卓を併用することによって「3桁の数が連続してできる6桁の数は、11の倍数になりそうである」という予想をたてることができる。また、〈問題2〉については、(2)の数が11の倍数であることから、4554や5291と11の倍数との関係について考察していくことができる。〈問題2〉の方が、ストレートに「11の倍数の見分け方」に入っていくことができるが、生徒にとっては〈問題2〉の方がとりつきやすい。ただし、〈問題2〉では、(2)より「11の倍数の見分け方」はどうなっているのかというテーマに引っ張っていく必要がある。

〈問題1〉〈問題2〉双方に共通のテーマ

数を左からみて、
 (奇数番目の位の数の和) – (偶数番目の位の数の和) = (11の倍数) ならば、
 もとの数はいつも11の倍数になっている。
 これは、本当か？ 本当ならば、このことがらが成り立つことを説明しよう。

なお、文字式による論証に関しては、現行では「図形の論証」の前からスタートしているが、私は「図形の論証」がある程度行われた後、すなわち中学3年からが適当であると考える。その理由として、現行の位置づけで、生徒の立場からみたときに「一般性を文字を用いて、本当に説明しているか？」形式的に文字を使って説明を書いているのでは？」という危惧を、生徒の活動を通して感じるからである。それならば、図形の論証でしっかりと「証明すること」の意味や意義を学習した後の方が、適当であると考える。

〈問題3〉6363, 2574, 1287のように、上2桁と下2桁の数の和が99となる4桁の数は、何の倍数だろうか？ それは、なぜだろうか？

〈問題1〉や〈問題2〉を解決した後に、練習問題として扱った問題である。99の倍数であること（ないしは99の約数の倍数）が指摘できればよい。生徒は、問題文の中に「和が99」というように99が出ているため、本当に99の倍数であるかどうか懐疑的になる。こうした生徒の心理を逆手にとった問題の提示の仕方である。

なお、すべての位の数を文字表現した説明（証明）の仕方と、上2桁と下2桁の数をa, bといったようにおいた説明した方法とを比較し、より工夫した「数と文字の対応の仕方」も学習させる。

例：上2桁の数をa、下2桁の数をbとおく。

上2桁と下2桁の数の和が99だから、 $a + b = 99$

$$\begin{aligned} 100a + b &= 99a + (a + b) \\ &= 99a + 99 \\ &= 99(a + 1) \end{aligned}$$

99 × 整数の形になるので、条件を満たす4桁の数は99の倍数である。

【工夫して計算することに関する問題例】

〈問題4〉工夫して次の計算をしよう。

$$\textcircled{1} \quad 1996 \times 1996 - 1997 \times 1998 + 1998 \times 1994 - 1995 \times 1994$$

$$\textcircled{2} \quad 56^2 + 67^2 + 78^2 - 45^2 - 34^2 - 23^2$$

中学3年の題材として、よく扱われている計算である。次の要件を満たすような数の計算だと、文字を用いたり、工夫してみようという生徒の活動を促す。

(7) まともに計算するのが大変なもの（例えば①）

(4) 2数の和（差）が一定になるペアがあったり、2数のペアに何らかの演算を加えると対称になるもの

（例えば②では、 $56 + 45 = 101$, $67 + 34 = 101$, $78 + 23 = 101$ など）

また、その和101は左右対称な数となっている）

(9) 計算の対象となっている数すべてが、ある基準を設けるとみやすい形になっているもの

（例えば、①では1994～1998の中間である1996を基準にして表してみる、②では56を基準にすると56から11の倍数だけ差があるなど）

教科書で挙げられる数の計算では、そのまま計算した方が早いような感覚となり、「工夫して計算する」という意図がなかなか生じてこない場合が多い。

※ $56^2 - 55^2$, $556^2 - 555^2$, $5556^2 - 5555^2$, …などの計算も同様である。

〈問題5〉工夫して次の計算をしよう。

$$\textcircled{1} \quad (x - y)^2 (x + y)^2$$

$$\textcircled{2} \quad (x^2 + 1)(x + 1)(x - 1)$$

$$\text{※または} (x^4 + 1)(x^2 + 1)(x + 1)(x - 1)$$

文字式の展開でよく扱われる問題の一つである。生徒は、それまでの計算の経験から「式を左からみて計算していく」という習慣がついている。文字式の展開の場面では、「式を左からみて計算していく」という手法よりも、既知の式の形を想起しながら「式を右や、途中からみて計算していく」方が早く計算できる場合がある。「順序に注目した式の読み」は、文字式の計算の場面で必要なことである。

総じて、次のようなことが体感できるような問題が扱えればと考える。

○整数の性質を調べていくときに、文字を用いればその構造が非常に見やすくなるという経験ができる

○既知の文字式の形（例えば「和と差の積」）に帰着できること

○文字を使うと速算ができる、といったように文字を用いることの有用性が感得できること

5. 結語

本稿では、「式を読む」ことを重視した文字式指導プランをたて、そのプランのもと幾つかの授業実践を行い、式を読むことを重視した文字式指導について考察してきた。

まず、式を読むことに関する先行研究においては、Number Senseに対置して考えられたSymbol Senseの概念の中に、筆者が従前から強調してきた「式を読む」概念と共通の考え方があることを参考に、関連する先行研究をまとめた。文章題に対する学習者の解決過程を研究していく中に「解釈」に焦点があてられた研究が多くなってきているが、式を読むことに関する研究も「解釈」に関わる研究が並行して必要である。(数学教育学、認知科学を中心として)

次に、本校数学科で継続して研究している「関数のカリキュラムのあり方」と、筆者も属している图形認知研究会で継続して研究している「图形・空間のカリキュラムのあり方」の研究方法をもとに、「式を読むことを重視した文字式指導プラン」を作成した。そのプランの骨子は次の通りである。

【式を読むことを重視した文字式指導プランについて】

- 中1：①図的表現を伴った題材（個数の処理など）を文字式の学習で積極的に活用。
②文字式計算のよりどころ・妥当性を議論することの重視。
③式の計算については、現行の中2のレベルまで踏み込む。

- 中2：関数の学習をメインとする。文字式の学習は、関数の学習の中で扱う。
(文字式の学習の主軸は中1へ移行)
「グラフを読む」ことの重視 → 「式を読む」こととの対応

- 中3：①文字式を用いた代数的な証明は中3で扱う。
②文字式の意味を、記号的表現の中で捉える学習を中3で強調する
○式の形に着目すること
○目的をもった式変形

この「式を読むことを重視した文字式指導プラン」に対して、プランの中1での実践に対応する事例として【事例1】【事例2】があり、中3に対応する事例として【事例4】がある。

【事例3】については、この題材の展開の仕方によって中3になったり、それより前の学年になったりするものである。【事例3】の授業については、中2の生徒たちに対して実施している。

また、【事例1】～【事例4】のそれぞれに共通するのは、同一の生徒を3年間継続して授業実践しているところである。また、それぞれの授業の評価問題を定期テストの中に入れ、できる限り数学全体の学習の流れにそった形で授業実践している。その意味では、特別な時間を飛び込みで行うというスタイルをいっさいっていない。「通常の授業のスタイルで、全体との流れを考慮して」という点がこの研究を特徴づける点である。

【事例1】～【事例4】の長期に連続する授業実践を通して、次のようなことがわかってきた。
○「他者のつくった式」から「他者の思考過程」を想定していく学習活動は、そのクラスに

- 「他者のつくった式」の意味を説明するプロセスが、言語表現などを文字式表現に変えていくプロローグとなる。
- 「同じ考え方の式をグルーピングする」という活動と、「異なる形の文字式を変形して同じ形の文字式を得る」という活動が関連してくる。
- 「計算の結果が単項式にならない文字式計算」について、 $4x + 8y = 12xy$ のような式を生徒に提示することによって「正しい式と対置しよう」という動きが生徒に生ずる。
- 正しい式変形のよりどころについて、生徒から様々な意見がよせられたときに、「生徒の発言のよりどころが何か」という点を授業の中でおさえていく（定式化）していく必要がある。逆に、この部分がきちんとなされないと、混乱をまねいてしまうおそれがある。
- 正しい式変形を認識するためには、正しいとはいえない式変形を「対置」させることができることが有効である。
- 図に対応させて文字式の意味を考えていくためには、文字式の形に着目することが大切である。
- いくつかの文字式の意味を考えていくことを通して、文字式を変形してできる「新しい文字式」の意味を「文脈」の上で考えていく活動も同時にしている。
- （図形の面積を求める）文章の省略形としての「文字式」の存在を知ることができる。
- 整数の性質を調べていくときに、文字を用いればその構造が非常にみやすくなる経験ができる。
- 既知の文字式の形に帰着することができる。また、文字式であるとその活動がしやすくなる。
- 文字式を用いると速算ができるといったように、文字を用いることの有用性が感得できること。

今後への研究課題は、次の通りである。

(1) 式を読むことを重視した授業の評価方法について

「式を読む」ことを重視した授業として実践した授業が、本当に「式を読む」ことを重視したものになっているのか？ また、その授業に対して、どれだけ生徒に効果があがつたのか？を測る方法を検討しなければならない。

(2) 式を読むことを重視した指導プランの是非

カリキュラムの行方とも関連するが、式を読むことを重視した指導プランの中には、現在の文字式の指導順序や数量関係の指導順序・内容を変えたものが入っている。実践を通して、そして文献研究を通して、この指導プランの是非を問うていく必要がある。そして、改善していく必要がある。

(3) 式を読むことを重視した指導事例とその考察をさらに行うこと

多くのバリエーションに富んだ「事例」が実践できれば、より生徒に適した形の「式を読む学習活動」について考察できる。現在考えている「整数論」をふまえた事例の作成を検討していく中で、平成10年度の計画的な授業実践に生かしていく。

【参考文献】

- [1] 三輪辰郎(1996) 文字式の指導序説 筑波数学教育研究第15号 筑波大学数学教育研究室
- [2] 益子典文(1997) 文字式を使った熟慮的な思考について 明治図書・数学教育
- [3] ABRAHAM ARCAVI(1994) Symbol Sense:Informal Sense-making in Formal Mathematics For the Learning of Mathematics
- [4] 西林克彦(1997) 「わかるのしくみ」－わかったつもりからの脱出－ 新曜社
- [5] 西林克彦(1994) 間違いだらけの学習論－なぜ勉強が身につかないのか－ 新曜社
- [6] 永野重史(1997) 子どもの学力とは何か 岩波書店
- [7] 両角達男(1991) 学校数学における「式を読む」ことに関する一考察 筑波数学教育研究第10号
- [8] 両角達男(1994) 文字式の学習における「式を読む」ことの一考察
筑波大学附属中学校研究紀要第46号
- [9] 両角達男(1997) 「意味と手続き」という視点からみた中学生の意見の特徴について
中学校 数学の研究 大日本図書
- [10] 小高俊夫(1998) 図形・空間のカリキュラム改革にむけて 東洋館
- [11] 小高俊夫(1997) 図形・空間のカリキュラム改革への提言
日本数学教育学会第30回数学教育論文発表会「テーマ別研究部会」発表集録 P.103～110
- [12] 小高俊夫(1992) 算数・数学に認知科学は役立つか ～スキーマ形成の理論～ 東洋館
- [13] 日本数学教育学会編 日本の算数・数学教育1997
「学校数学の授業構成を問い合わせる」 産業図書
- [14] 日本数学教育学会編 日本の算数・数学教育1995
「数学学習の理論化へむけて」 産業図書
- [15] 国宗 進編著(1997) 明治図書
中学校数学科・新しい授業づくり5 確かな理解をめざした文字式の学習指導
- [16] 国宗 進・熊倉啓之(1996) 文字式についての理解の水準に関する研究
日本数学教育学会 数学教育学論究 Vol.65/66 P.35～55
- [17] 水越敏行・吉崎静夫・田中博之編著(1995)
教育方法改善シリーズⅢ 授業設計と展開の改善 国立教育会館
- [18] 吉崎静夫(1992) 教師の意志決定と授業研究 ぎょうせい
- [19] 駒林邦男(1994) 学び意欲を育てる授業・抑える授業 あゆみ出版
- [20] 日本教育方法学会編(1993) いま、授業成立の原則を問う 明治図書
- [21] 日本教育方法学会編(1997) 新しい学校像と教育改革 明治図書
- [22] 平山密義編著(1997) 質的研究法による授業研究
－教育学・教育工学・心理学からのアプローチ－ 北大路書房
- [23] D.A.ノーマン(1997) 人を賢くする道具
－ソフトテクノロジーの心理学－ 新曜社

新しい学力観を生かす理科の授業のあり方

理科 角田 陸男
莊司 隆一

金子 丈夫
新井 直志

□□□新しい学力観 課題学習 評価

[要 約]

現在進行しつつある「教育改革」は、これから時代を生きる子どもたちにとって必要とされる資質や学力を根底から見直す作業とともに進められている。そこで、理科の学習過程を見直す視点として、科学的な思考力の啓発が重要視されている。

本校では、理科における学力の構造を分析し、科学的思考力を最上位の能力として位置づけるとともに、この能力の基礎となる「知識・理解」をしっかりと身につけさせることが重要であることを指摘してきた。また、科学的思考力を育成する具体的な方策として、各分野における「課題学習」の重要性を提起するとともに、具体的な課題学習単元を開発し、実践的な試行を続けてきている。

本論稿では、現在進行しつつある「教育改革」の動向を受けとめて、からの理科教育を構成していくキーコンセプトを明らかにするとともに、理科学習の実際的な指導場面において重視すべきこと、また課題学習における具体的な学習指導法の要点の分析、さらに課題学習に対する学習の評価の方法について論述する。

1. はじめに—教育課程編成をめぐる動向—

第15期中央教育審議会は、1996年7月に第1次答申を、また1997年5月に審議のまとめを発表した。また、この答申を受けて発足した教育課程審議会は、1997年11月に「中間まとめ」を発表した。

これによれば、からの激動する先行き不透明な社会の中にあって子供たちの成長に望まれる資質として「生きる力」の育成が重要であるとされている。そしてこの「生きる力」とは「自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する能力」であり、同時に「自ら律しつつ、他人とともに協調し、他人を思いやる心や感動する心など豊かな人間性」さらに「たくましく生きるために健康や体力が不可欠である」としている。これらの主張はいわば「知育（智育）」「德育」「体育」を学校教育の基本としていた戦後教育の一貫した学校教育観と変わるものではない。一方、従来からあった学校教育における「知識注入」偏重型の教育に対する批判の潮流を一層明確にしたものであるといえよう。確かに、現在、中学校教育で展開されている国語・社会・数学……といった9つの教科教育の中で提示される情報を子どもたちが全て吸収し、蓄積することは至難の技であるし、これらの知識をたんに蓄積すること自体が学校教育にとって本質的な意味を持つとも考えられない。だとするならば、からの学校教育で意図的・系統的に用意し、子どもたちの内包する豊かな資質を引き出し、啓発するようなプロセス—それこそが教育課程である—はどのようなものであればよいのだろう。

うか。先の答申は、現在及びこれからの中学生たちを取り巻く日本国内を初めとした国際社会の状況を、高度情報化社会・個別の国境を越えた国際的・社会として、この中にあって日本は「円熟した国際的視野を持った国」として成長発展していく必要があるものとしている。それでは、これからの中学生としての教育課程全体を視野に入れつつ、理科教育の担うべき教育目標はどのようなものになるのだろうか。そして、理科教育の内容を構成していく上で、キーコンセプトとなるべきものは何だろうか。我々は、これまでの理科教育課程研究の流れと具体的な授業実践をふまえ、以下に列挙するものを抽出してみた。

[理科教育を構成するためのキーコンセプト]

① 「不易」と「流行」

理科教育の中に盛り込まれている様々な学習内容は、戦後5回の学習指導要領の改訂の中で入れ替わりつつも定着してきているものである。削除されたものや付加されたものが変化しているものの、中学生という発達段階における教育内容として妥当性が保証されてきているものといえよう。それはいわば教育内容としての「不易」の部分を持ったものであるということであり、この内容を基盤に置きつつ、現在の教科のネットワークの中でどこをどう厚くしていくかが検討されなければならないことになるだろう。そしてまた、この「不易」の部分に加えて、現在の中学生たちの実態（「指示待ち人間の増加」「人間関係の希薄化」「規範感覚の低下」「集団遊びの減少」「将来の夢の欠如」「自然体験、社会体験の減少」等々）をふまえて出されてくる今日的な教育課題－流行にあたる部分－をどう教育活動の中に取り入れていくかを考えざるを得ないことになる。

② 「発展性をもちネットワーク化された知識と断片化（細分化）された知識」

「知識の耐用年数」という表現に代表されるように、様々な情報媒体から流れ出される情報の全てをインプットすることは不可能である。だとすれば、これからの中学生として重要なことは、どのようにして自分に必要な、あるいは重要な知識を獲得していくか、という「知識獲得の方法の知－方法知－」である。すなわち、断片化された大量の知識の獲得に主眼を置くのではなく、発展性を持った、いわば自己の内部で基礎的知識のネットワーク化という知識の体系化なのである。

③ 「教科の枠を越えた新しい人類的な課題や問題」

1970年代に経済の無限の成長はあり得ないことが世界の共通認識となり、ベルリンの壁の崩壊を端緒とする東西の冷戦構造が氷解した現在の社会情勢の中にあって、新たな人類的視野における課題や問題がクローズアップされてきている。そして、今までの単独教科の教材では網羅できない新たな内容が露呈してきている。それが「地球環境問題」であり、「エネルギー・資源の問題」、「人口問題－南北間格差の問題」、「医療技術における生命倫理の問題」等々である。こうした課題は未来を担う子どもたちにとって避けて通ることができないものでありながら、単独の教科の学習といった視座からは捉えることができないものである。地球的なあるいは人類的なといったグローバルな視点を持たずして解決の方向を探ることができない課題を学校教育あるいは、理科教育の中でどのようにして取り上げ、どのようにして＜学習材＞として構成していくかが問われているといえる。

④ 「子どもたちを具体的な行動－実行－に誘う学習過程と体得的な知識」

先に述べた「地球環境問題－環境教育」にしても、これまでの実践内容を考えた時、ややも

すれば「その場だけの」「知識先行的な」学習の過程になりがちであった。しかし、学び取った内容を真に身についたものにするには、「自らの行動や実践に結びつく」ことが意図的に図られなければならない。背伸びした実践ではなく、例えば「環境の学習をしたから、自然界では分解することのないプラスチック製品を捨てないようになった」とか「貴重な石油資源で作られている消しゴムやシャープペンシルを大事に使おう」というようなことでいいのである。そういう体得的な学習をこそからの教育では尊重すべきなのである。

⑤「教育環境（教材）から学習環境（学習材）へという教材観の転換」

これまで、教師が工夫改良を加え最善の学習展開をするべく個別の授業に用意された学習素材や学習内容を「教材」と総称してきた。しかし、中教審答申にも述べられているようにこれから時代を生きる子どもたちにとって重要なのは、「学習」「勉強」の活動から「学び」の活動へと転換していくことである。＜主体的＞＜自主的＞といった姿勢に裏打ちされた「学びの過程」へと転換していくためには、教師主導の学習から生徒主導の学習へと重点を移すことが必要である。その意味では、生徒の活動過程を保証する学習環境の整備と「学習材」という視点へ教材観の変更が必要になってくる。

⑥「内発的な動機の喚起」「ヒト的特質一知的な好奇心一の喚起」

本来、理科教育は経済社会的価値からは一歩離れたところに教科の特性が存在している。「ヒトは未知なるものに遭遇したときに『知りたい』と思ってしまう」本性を備えている。いわゆる「知的な好奇心」といわれているこの特性をこそ理科教育の内発的な動機付けにしていくことが大切である。生徒が感ずるであろう「興味」や「関心」をどううまく系統化して用意し得るのかが学習材料としての「質」を高めていくことになる。興味・関心のある素材に出会ったとき、生徒は自ずと学習の過程に入っていくのである。

⑦「学ぶことの意味の理解」

理科をはじめとして学校教育で用意されている学習内容ー教科の学習ーを生徒は「なぜ勉強するのだろう?」という素朴な疑問を抱いているのが普通である。「そこにあるからやる」という受け身的姿勢からの脱却を目指すのであれば、「～のためにこそ～を学ぶのだ」という主体的な自覚を持たせることが必要になる。その意味で、理科教育は何のために存在し、何の必要性があって勉強しなければならないのか、を理解させることが必要になってくる。21世紀の主人公たる生徒たちにとって世界的な視野を持った市民的教養の重要性はもとより、現在山積する世界的な課題や問題を解決していく主体としての自覚を持たせることーそのためにこそ学ぶ、という自覚ーが重要なのである。教育とは未来を切り開く希望の切り札なのである。

⑧「学校の機能の分化ー職業性・専門性の育成と高等教育への基礎的資質の育成ー」

中央教育審議会の議論を待つまでもなく、現在は「明治の教育改革」「戦後の新制学校教育の改革」に続く第3の教育改革にあたっている。この背景には、「高等学校への進学率が97%を超えたこと」「大学教育の大衆化」といったものが存在している。こうした教育社会状況を受けて、中学校教育の新たな位置付けが問われてきている。つまり、中学校教育は次なる高等教育への基礎過程という位置付けだけではない、新たな役割を持つ必要性が出てきているのである。

中高一貫校の設立も提唱されている中で、21世紀へ向けて、どのような内容や役割を中学校教育は担っていけばよいのかが問われているといえよう。

⑨「学校を学習の場としてだけでなく、子どもたちの成長・発達の場として捉えること」

学校が「教科の学習をする」ところだけではない、ということは既に自明のことがらである。

子どもたちが学校で過ごす時間の大きさを考える時、学校はまさに生活時間的にも人間関係的にも子どもたちが成長・発達を遂げていく最も重たい生活の場なのである。その意味で理科教育－理科の授業－の場は人間的な成長を促す場でもあることを自覚する必要がある。

⑩「学校－地域－家庭の教育的な連携」

このキーコンセプトは、過去において、中央教育審議会の審議が行われる度に繰り返し提唱されてきているものである。しかし、その内容をどのようにして実効あるものにしていくのかは、一向に見えてこなかったといえる。今回の中間まとめによれば、「学校を開く」ことあるいは「開かれた学校」を作ることが重要であるとされている。この内容には、「市井の経験豊かな職業人による授業の幅の拡大」といったものが盛り込まれ、実現すべき方向が具体化されてきたように思う。もちろん、「学校－地域－家庭の教育的な連携」はこれに限定されるだけではないが、「学校を開いていく」方向性の示唆にはなっているだろう。それでは、理科教育の中でどのような内容を取り込んでいけばよいのだろうか。

ここに、列挙したキーコンセプトのうち、①～⑤は、理科教育の中で取り上げるべき学習内容への選択の視点を述べたものであり、⑥～⑦は、子どもたちに学習の目当てや意味を確信させ主体的な活動へと導くために必要な学習指導の方法に関する視点、さらに⑧～⑩は、これからの中学校教育が意識的に取り込まざるを得ない学校の機能という側面での視点をそれぞれ述べたものである。これら、個別のキーコンセプトについての詳細な論考は、別途展開したいが、いずれにしてもこれからの中学校教育の展開にあたっては十分な学習材の吟味と入念に練られた学習課程とが要求されることになるだろう。

2 理科において「新しい学力」・「生きる力」をどう受けとめるか

先に述べたように、中央教育審議会のまとめのなかで、「生きる力」が強調され、それをいかに育てるかということがしばしば話題にのぼる。この「生きる力」とは何か。中教審のまとめの内容は次の3つに整理することができる。

- ① 自分で課題を見つけ、自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する資質や能力。
- ② 自らを律しつつ、他人とともに強調し他人を思いやる心や感動する心など豊かな人間性。
- ③ たくましく生きるために健康や体力。

これらのうち、1番目の資質・能力については、これまで「新しい学力観」とは何かという議論の中に、しばしば挙げられたものとほぼ一致する。すなわち、これら「自主性・主体性」、「問題解決能力」といった語は、からの教育のキーワードとして盛んに用いられてきたものであり、これは裏を返せば、現在の教育にこれらのものが不足しているということであろう。もちろんこれまで個々の学校や教師により、このような点を補うような実践はなされてきており、それらの先行的な実践に学ぶところは多い。

現在、多くの学校で実践されている授業の中に「課題学習」あるいは「課題解決学習」がありそのねらいは、まさに「自ら考え、課題を解決していく学習」である。本校ではこれらの課題学習に特に力を入れ、現行の理科のカリキュラムの中に位置づけている。その詳細は3で述べる。

本校の理科では、いわゆる「新しい学力観」に対応した理科の学力の構造として、次のよう

なものを考えてきた。¹⁾ すなわち、最も根底に基礎的・基本的な科学知識があり、この科学知識を身につけ、理解を深める学習過程の中で、観察・実験・実習などの技能的な能力に裏打ちされた自然事象に対する関心・意欲・態度そして表現力などが育成されてくる。そして、これらの能力を総合化したものとして科学的な思考力・判断力が形成される。自然の事物・現象に対する基礎的・基本的な知識や豊富な先行経験がなければ、生徒たちの「興味・関心・意欲」は湧くものではなく、それらの基礎があつてこそ主体的な学習が可能になるものであると考える。一例を挙げると、きれいな花を見て楽しんだり、興味をもって摘むというようなことは日常生活の中での行動であるが、そのつくりを調べようとすることは、ある程度の知識があつてこそ湧いてくる興味であろう。また、顕微鏡を使ってさらに詳細に調べようとすれば、その使い方を知らなければならない。身の回りの事象を理科の学習にまで高めるためには、やはり基礎的な知識が必要となるのである。それを軽視し、日常生活の中での興味・関心だけから出発しようとすれば、かつての生活単元学習のように「這い回るだけの学習」という批判を浴びることになろう。理科の学習につながるような生徒の「興味・関心・意欲」ははじめからあるものではなく、意図的・系統的に用意された学習過程によってこそ作り出すことが可能になるのである。

本校で実践してきている「課題学習」は、当然のことながら、これらの能力を高めるためには有効であると考えてきた。「自ら考え、課題を解決していく学習」を通して、生徒は学力を高めていくこともできる。

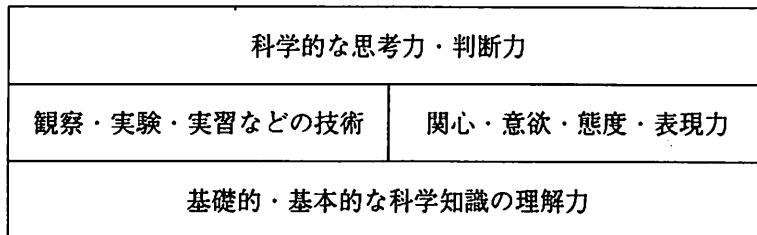


図1 理科の学力の構造

次に、中教審のまとめを整理した中で2番目に挙げた「豊かな人間性」について述べてみたい。これについてはいわゆる道徳的な内容を示しているように思われる。もとより学習指導要領の趣旨としては道徳教育は道徳の時間だけでなく、教育活動全体を通じて行うものとなっているが、やはり普段の教科の授業の中でも道徳観を積極的に育てていく必要がある。

その点、理科の実験・観察ではグループでの活動が多く、「他人との協調性」、「他人の考えを理解する力」や「他人への思いやりの心」を育てる絶好の機会となる。また課題学習的な授業になれば、個別学習にしろグループ学習にしろ、「自らを律する」ことが必要不可欠となる。このように理科の授業は、いわゆる道徳的な心を育てる絶好の場となっている。そのためには、ただ学習させるだけでなく、グループ内での分担・責任を明確にさせるような方法を取っても良いし、余裕のある者が積極的に進めていくような機会があってもよい。また話し合いを十分にさせる機会があってもよいし、グループ内で教え合ったり助け合ったりすることがあってもよいだろう。

「問題解決の能力」や「協調性」がいくら育っても、「感動する心」がなければ、そこに「思

いやりの心」は芽生えにくい。「感動する心」を育てることは、音楽や美術が、もっとも中心におくねらいであろうが、理科においても「美しさ」「大切さ」を感じるようなねらいが望まれる。そのような点からも教材を考えてみたい。例えば、1分野では塩類の結晶や金属の結晶（金属樹）を、単に概念を理解させるだけの教材でなく、その美しさ、不思議さを十分に味わってもらうための教材とも考えていくようにしたい。

3. 理科における指導法の工夫

この節では、前節において、検討し考察してきた「新しい学力（観）」や「生きる力」を、生徒に対して、理科の授業の中でどのように身につけさせたらよいかを述べてみたい。

平成2年度に、我々は中学校における理科教育の役割（理科の本領）を「人間性の育成」を柱にして掲げて、以来実践してきた。この「人間性の育成」についてやや具体的に述べると、人間が本来持っている「探究活動を具現化していく」という観点をベースとして、「広く自然や社会を科学的に捉える視点を持たせ、その方法を身につけさせる」ということ、「自然界に生存するすべての生命に対する畏敬の心・慈しみの心を育てる」ということになるであろう。

「知りたい、わかりたい、なぜそのようになっているのだろうか」といった意欲や知的好奇心、不思議に思う気持ちは誰でも持っているものである。これらの基盤の上に、生徒に、自然の事象を筋道立って説明する科学的な視点をもたせ、そして、自然界に存在する生命に対する畏敬の念・慈しみの心を育てることが、人類と他の生物との共存の基本となるものであると考える。

これらの理科教育の根本を考えるとき、「指導の重点」として、次の内容を設定した。

- ① 第1学年導入単元・第2学年融合ミニ単元・第3学年総括単元、という第1・2分野融合カリキュラムの編成を基礎とした学習指導を展開する。
- ② 各学年において、「課題解決型」の探究活動をより積極的に取り入れる。
- ③ 従来から行ってきた観察・実験中心の学習活動と新しい教材の開発を積極的に行う。
- ④ 教材の内容は、日常生活とのつながりを重視するとともに、21世紀に向けた課題意識・問題意識を含ませるようなものにする。
- ⑤ 視聴覚教材やメディアを多様に取り入れ、学習の変化やリズムを意図的に構成する。

これらの実践を行ってきた中で、「新しい学力」「生きる力」という新しい教育の方向が打ち出されてきた。ここでは、上の指導の重点の①～⑤の内容に沿って、また、今までの我々の実践に照らし合わせて、理科の授業の指導法を改めて見直してみることにしたい。

(1) 「課題解決型」の探究活動をより積極的に取り入れること

平成6（1994）年の第22回研究協議会で「課題学習」について取り上げた。これについては、本校の研究紀要²⁾でくわしくまとめたが、これからも、この学習形態を積極的に取り上げようとしているものであるし、これが「生きる力」の育成に直結するものと考えている。

この課題学習の特徴は、観察・実験を中心とした学習展開の中で、「生徒による観察・実験方法の企画・立案」と「結果の表現・発表」にある。

つまり、これまでの観察・実験を中心とした授業の展開の多くは、

- ①教師によるねらい(課題)の提示 → ②教師による観察・実験方法の説明
 → ③生徒の観察・実験 → ④結果の考察 → ⑤結論

という手順で進められてきた。ここでいう、ふだんの理科の授業の中で取り上げる「課題学習」は次のような展開のものである。

- ①教師によるねらい(課題)の提示 → ②生徒による観察・実験方法の企画・立案
 → ③生徒の観察・実験 → ④結果の考察・表現・発表 → ⑤結論

解決しようとする「課題」は教師により提示されるが、その解決に至る過程を生徒に話し合いによって考えさせようとするものである。3~4人を1つの班として活動させるため、班によって違った方法になり、班内での協力や班の間での競い合いなどが起こることになる。班ごとの活動という学習の個別化と、班内での協力や支え合いを期待するものである。特に、生徒による観察・実験方法を自ら考えさせることにより、生徒の「意欲」や筋道立って考え正しい結論を得ようとする「科学的な思考力」を身につけさせ、また、結果から結論までの筋道をまとめ、他の人にわかつてもらうように発表することにより、表現・伝達する力をつけさせようとするものである。

このような課題学習が、これまでのどの観察・実験でもできるわけではないが、3年間の中でいくつか設定することによって、「新しい学力」や「生きる力」を今まで以上に身につけさせることになるとを考えている。

(2) 観察・実験中心の学習活動と新しい教材の開発を積極的に行うこと

理科の学習の特徴の1つである「観察・実験」は、ふだんの授業の中で「柱」になるものであろう。この「観察・実験」を柱とした学習を繰り返すことにより、基礎的な知識や技能を身につけ、筋道立った考え方などができるようになると思われる。

「新しい学力」や「生きる力」を念頭に置いたとき、「観察・実験」を柱とした学習を設定する際に、いくつかの点を考慮しなければならないと思っている。

まず第1に、解決する過程が複数あるものが良いと思われる。隣の班と違った方法で解決していくというのは魅力あるものである。自分たちで考えた方法によって結果・結論を得ようとするのは、学習する意欲を更に高めるものになろう。これらの過程をおもに重視しているのは「課題学習」である。

第2に、観察・実験で得られた「結果から結論を読み取る過程」を大切にすべきである。結果と結論の違いを踏まえ、観察・実験の結果から結論を導き出す思考過程を重視する教材を用意すべきである。

第3に、「結果から結論を得るまでの道筋を第三者に伝える過程」を大切にすべきである。自分たちの考え方・推論を第三者に伝え、わかつてもらう工夫をすることで、表現する力を育てたいものである。

ただ、どの観察・実験もこれらすべての過程に時間を持って進める訳にはいかないだろう。ここではより効果があがる過程に時間を取りるべきである。観察・実験の種類によって、「観

察・実験を行う過程」や「結論を読み取る過程」、「第三者に伝える過程」などのいずれかに重点を置いた方がより効果的のあがるものがあるであろう。これからは、「学習する意欲の喚起」、「科学的思考力の育成」という点からも、観察・実験についての教材の開発とより一層の充実を図らねばならないであろう。

(3) 教材の内容は日常生活とのつながりを重視するとともに、21世紀に向けた課題意識・

問題意識をふくらませるようなものとすること

教材の内容を日常生活とのつながりを重視して設定するのは、2つの意味がある。

1つは、日常とのつながりのある教材を設定するにことは、教材を「身近に」感じられ、違和感なく取り組めるということである。身近であるという感覚は、「物理的な身近さ」と「心理的な身近さ」があると思われる。日常生活の中で手に取って見ることができる教材は「物理的な身近なもの」であり、これに対して、日常生活の中では手に取って見ることはできないが、テレビや新聞・雑誌などを通してよく知っている教材が「心理的な身近なもの」である。前者の例が、学校でよく見られる植物やネコやイヌ、光や音など教材として取り扱うことであり、後者の例が火星や土星など惑星や原子・イオン、放射線などである。これらの「身近さ」を、教材の設定のとき考慮し違和感なく授業に取り組めるようにしたいものである。

もう1つは、日常生活とつながりがあり身近なものを教材にするということは、多くの生徒の共通の基盤に立てるという利点がある。「これなら知っている……」「さわったことある……」「新聞に出ていた……」というものを教材として用いれば、その教材の説明をしなくとも、多くの生徒の知的な共通点から授業がスタートできることになる。また、多くの生徒が知っていることが日常生活にあるということは、観察・実験後、繰り返し接することができ、学習の定着にもよいものといえるだろう。

以上のように、身近なもので日常生活とのつながりがあるものは、特別な教材を用いるものより、親しみやすく、理解をする上からもよい教材といえるのではないだろうか。(時には特別な教材もいいが、多くは手に入れにくいだろう。)

さらに、日常生活とつながりがあり、身近なものを教材とするとき、これから時代を生きる生徒にとって課題となっている「環境問題」「国際理解に関する問題」「情報化時代に関する問題」などを含んでいると更によいと思われる。理科という単独教科だけでこれらの課題をいつも含んだ教材を設定できるわけではないが、教師は、学校という組織の中で意識して取り入れる必要があるのではないかと考える。この点については、我々の今後の課題であると捉えている。

(4) 視聴覚教材やメディアを多様に取り入れ、学習の変化やリズムを意図的に構成すること

毎時間の授業で、観察・実験を設定することは難しい。観察や実験を設定できない学習内容もある。このような学習内容であっても何らかの「もの」を見せたい。「もの」を効果的に見せるということは、「百聞は一見にしかず」の言葉もあるとおり、生徒にとってインパクトを与えるものであるし、授業の中で変化をつけ、意欲を喚起することができるものと思われる。

また、中教審の答申では、「自然体験を重視する」ように提言されている。積極的に教室の外へ生徒を連れ出し、いわゆる「自然」に触れその中から学び取らせるように設定するとい

うことであろう。人間の持っている五感をフルに使うことにより、知識偏重でない学習をさせることができる点非常によいが、普段の授業でもいわゆる「小さな自然」を教室の中に設定して授業する姿勢を持ってみたいものである。

たとえば、導入のとき、1つの花を持っていき、この花から授業を展開する方法も学習に変化を与える方法である。花などなかったら、ビデオやスライドなどがある。コンピューターも普及している。これらのメディアを有効に使いたい。授業に変化やリズムを与えることは、生徒の思考活動を活性化することにつながる。1時間の授業が「起承転結」を持って進められるということは、まとまりがあり山のあるしまりを持った授業になるであろう。「お話理科」でなく「ものがあり変化のある理科」は、生徒の興味・関心を高める方法である。生徒の目の地平に立って、教材を設定することが、生徒の学習に対する意欲を更に喚起することができるのではないだろうか。

4. 学習の評価について

(1) 評価に対する考え方

一口に評価といっても、様々なものがある。いわゆる「教育評価」とは、教育の過程における学習の効率や効果、生徒の変容を教育目標に照らして判定し、明らかにしようとするものであり、その対象は、学習者（生徒）、カリキュラム（授業、教材）、教師など多岐にわたっている。一般に評価といった場合、学習者である生徒の評価に限定されることが多く、指導要録に示されている評価もこれを指している。しかし、「生徒にとっての教育の最適化」を行うためには、カリキュラムや授業者である教師の改善、学習の効果・効率を常に念頭に置いておかねばならない。特に、授業に対する生徒の生の声を大切にし、謙虚な姿勢で生徒の意見や感想に耳を傾け、教師の授業の企画・運営、言動や教材などにフィードバックさせることによって、次の目標設定や計画・実施に役立て、教師にとって手応えのある授業を模索していくことが結果として、生徒にとってより分かりやすい授業となっていくと考える。つまり、最も重要で適切な「評価者は学習者である」という視点で授業を組み立てていくことを忘れてはならない。

①教師による評価

これまでの評価は、教育する側に立って、教師が指導した一定の知識や技能などを子供たちがどの程度身に付いたかを把握することに重点が置かれる傾向が見られた。しかし、「新しい学力」や「生きる力」が呼ばれている中で、「これからは子供の側に立ち、子供一人ひとりのよさや可能性を伸ばし、その自己実現を支援していくことを評価の役割としてとらえることが肝要である。」といわれるようになってきた。

特に重要視されるようになっているものとして、次の4つ評価をあげることができる。

- (ア) 「知識・理解」から「科学する態度」の評価
- (イ) 興味・関心に応じた「自主的・意欲的」な学習活動の評価
- (ウ) 「自己表出力」（表現・発表）の評価
- (エ) 「評価力」の評価

「自然事象への関心・意欲・態度」の評価をどのようにしていくかが大きな課題としてあげられるが、以前から「関心・態度」の評価は主観的になり、「客観的科学的評価」が困難であるという指摘・批判がされてきた経緯がある。確かに内面にある心的な機能である情意

領域を外部からとらえようとするのは難しいことであるが、授業内でのやりとりや日頃の活動などは、教師が目と耳と心で絶えず調べ、確認し、判断していく教師の「主観」が評価の大切な部分を占めていると考える。この教師による主観的評価を積み重ねていくことこそ「客観的評価」の材料であると考える。そのためには、評価項目を明確にし、評価機会を多くすることが大切である。

評価項目を明確にするため、教科、単元、授業でのねらい設定し、それをもとに生徒の育てたい資質や能力など具体的な評価項目を立てていくことが大切となるであろう。

また、評価機会を多くすることは、授業時間の中での教師の負担が大きくなりがちではあるが、発言、行動、問題点などの記録は、生徒評価ばかりでなく、授業改善、教材の改善などの重要な手がかりともなるものである。さらに、一人の教師の一つの評価だけに頼らず、状況に応じて複数教師による評価（TT）を行うことも客観的な評価を行う重要な方法であるといえる。

②生徒による評価

授業の評価者である生徒自身の「自己評価」をつけ加えることを忘れてはならない。この「自己評価」を行うことによって、今までの自分自身の学習を振り返るきっかけを与え、生徒自身ばかりでなく教師にも学習の見直しを行う大切な機会となる。有効な「自己評価」を行うには、生徒が「自己評価力」を身につけていることが必要である。その能力が生徒の学習活動にも影響を与えててしまうからである。全ての単元で実施することは難しくても、適切な「自己評価」の機会を多く与えていく、「自己評価力」を養っていく事が必要である。

自己評価の過程において、自らに問い合わせ、自らに答える「自問自答」による評価を行えるようになり、さらには、自らを省みて、次の段階へ進むステップを確かに「自省能力」が身についていくことを期待している。このステップを積み重ねることによって「自己教育力」の向上へと発展していくのではないかと考える。

いずれにせよ、私たちは、評価に対する基本的な姿勢として、ある時点での生徒の能力を「断定する評価」ではなく、「生徒のつまずきを発見しフィードバックする評価」を重視したいと考えている。

(2) 具体的な評価の方法

①形成的評価

学習途中での生徒の理解度を知るために、学習計画書や観察・実験のレポートなどの提出物を評価しながら、つまずき・勘違いなど理解していない内容の発見も行う。

本校では、各授業ごとに生徒による授業記録ノートを作成したり、必要に応じて、カメラやビデオを使用し、授業記録に役立てながら、授業評価の材料として利用している。

また、興味・関心に応じた「自主的・意欲的」な学習活動の評価を行うためには、自由研究指導やその評価も重要である。

(ア) 学習計画書、観察・実験のレポート

(イ) 授業記録ノート

(ウ) 自由研究および新聞記事（スクラップ）によるレポート（NIE）

②生徒の自己評価（ブレーポストテストによる方法）

小単元や単元の前後で実施し、学習の効果や理解しにくい内容、つまずきの原因などの発見を行う。生徒の予備知識や興味・関心などの診断的評価を合わせて行うと教材やカリ

キュラムの改善への資料とすることができます。

(ア) 単元前後の自己評価

導入単元、課題学習「土の科学」など

(イ) 行事前後の意識調査

修学旅行、総合学習、校外学習「長瀬」など

③ 定期テストによる方法

知識・理解度ばかりでなく、観察・実験の技能、科学的思考など観点別の評価を意識して問題作成を行う。評価する観点を示してやることにより、「知識の獲得」に偏るのでなく、学習の過程を大切にする姿勢を意識させたり、学習過程の見直しをさせたり促したりすることもできる。

テストの返却時に、解説をしながら、つまずきの原因を指摘し、正しい理解や思考法の育成に役立てる。定期テストは「断定する評価」になりがちであるが、解説を行い、きめ細かく生徒の質問に答える時間を設けることで、学習へのフィードバックを行うことができる。

5. 残された課題

新聞報道等で明らかになったように『学校週5日制』は、2002年をめどに施行されようとしており、それに向けた小・中・高等学校の教育内容の改革も各教科の教育内容や時間数といった、具体化へ向けて検討が現在進められている。

教育課程審議会では、公立の中高一貫校の設立や教育行政をめぐる『規制緩和』の問題、さらには、教育にゆとりや自由をもたらす入試制度の在り方といった難問題を残しつつ議論が続けられている。

一方、『学校週5日制』に向けた各教科や道徳・特別活動等の内容を抽出する学習指導要領の検討も98年の2月から始められている。こうした公教育のベース作りともいえる検討が現在進行中であり、それをどのようにして受け止め、新たな理科教育を創り出していくのか、という課題が待ち受けている。具体的には、生徒の発達段階を中高3年間－3年間という区切りから、どのような客観的なデータに基づいて学年の区切りの変更を加えていけばよいのか、そして、その各段階での最適な学習材（学習内容）をどのように抽出して配列するのか、そしてまた生徒の学習の自由度をどの段階でどのような形で保証していくのか、といった多岐にわたる課題が存在している。もとより、理科教育は学校教育の一翼を担うものとして存在しており、これのみが単独で機能するものではなく、中学校教育総体の検討－学校教育の目標や役割の再検討－が前提となるであろう。

現在、私たちが迫られているのは、個別の学習材についての学習指導法の研究といった次元を超えた課題に直面しているのである。しかし、「はじめに」の項でも述べたように、学校教育がいわば社会のインフラストラクチャーとして果たす機能の重要性は一向に変化するものではないし、日本が21世紀へ向けた国際社会の中で、世界のリーダーとしての役割を担っていく基礎は、この学校教育における「人づくり」にあることは自明のことである。私たちは、その責任の重さをしっかりと受け止めつつ、生徒の明るく希望に満ちた笑顔を保証していくような日々の活動を生み出すにはどうすればよいのかという、教育現場にある者にとって、避けて通ることのできない実践的な研究課題をしっかりと認識しつつ、不断の研鑽を今後も積んでいきたいと考えている。

〔参考文献〕

1. 本校研究協議会発表資料 理科(1996)
2. 本校研究紀要49号「学校週5日制に向けた理科カルキュラムの展望」(1997)

〔執筆分担〕

要 約	角田
1. はじめに	角田
2. 理科において「新しい学力」・「生きる力」をどう受けとめるか	莊司
3. 理科における指導法の工夫	金子
4. 学習の評価について	新井
5. 残された課題	角田

資料1

理科学習指導案

授業者 筑波大学附属中学校 角田 陸男

1. 日時 平成9年11月15日 13:30~14:20 理科実験室
2. 学級 1年5組 (男子20名 女子21名)
3. 学級所見 明朗活発なクラスで男女の仲も大変良い。学習に対する意欲も旺盛だが、時折けじめがつかず、おしゃべりが多いことがある。授業内容が興味深いものであれば、集中して聞いている。クラスの中に数人、集中力や学力の低い生徒もいるが、クラス全体でカバーしていくこうとする姿勢が伺われる。
4. 単元名 単元2 身の回りの物理現象 第1小単元 力と圧力
5. 単元設定の主旨 私たちの身の回りに起こる物理現象には、生徒たちにとっても身近に感じられるものが数多くある。これらの物理現象の中から興味深いものを取り上げ、科学に対する親近感を感じさせるとともに、それらの現象の中にある科学的整合性や規則性の持つ美しさを味わわせたい。同時に、自分たちの実験や観察を通して得られた結果をもとに、現象の底にある規則性を見いだす力—科学的な思考力を培うとともに、自ら実験や観察を立案し課題を解決していく能力も育てたい。単元を構成する「光の性質」「音の性質」「温度と熱」「力と圧力」という学習内容は有機的なつながりを持たせにくいため、「物理変化に伴う様々な現象—物質の性質は変化せず、形や状態が変化する—」としての一貫性を意識して単元を構成したいと考えている。また、「光の性質」や「音の性質」では、理科2分野の学習内容である「人体の感覚器—目や耳ー」との融合を考え、人間の感覚器の持つ素晴らしさや自分たちの目や耳を大切にしようという意識を育てる学習展開にしたいと考えている。
6. 第1小単元「力と圧力」の構成
 1. 力のはたらき 2. ばねの変形と力の大きさ 3. 弾性体の性質（グラフの書き方）
 4. いろいろな力（力の図示） 5. 質量と重さ（固体の密度） 6. 液体・気体の密度
 7. (本時) 課題学習 未知の物質を探る 8. 圧力 9. 水の圧力 10. 大気の圧力
11. 大気の圧力
7. 単元の目標

小単元名	感心・意欲・態度	科学的思考	技能・表現	知識・理解
1.力と圧力	<ul style="list-style-type: none"> ・力がはたらくとどのような現象が起きるのか知ろうとする。 ・物質の量としての質量と力の1つである重量との違いに襟身をする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・力の種類に関する実験や力の大きさと物体の変形量を調べる実験を行い、その結果から規則性を見い出そうとする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験の誤差が少なくなるような工夫をすることができる。 ・実験結果をグラフ化し、そこから2つの量の関係性を見い出す 	<ul style="list-style-type: none"> ・弾性体の変形量が力の大きさに比例することができる。 ・力の3つの要素を理解し、力を正しく矢印で表すことができる。

	<p>持つ。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・物質の特製と仕手の密度に着目し身の回りにある物質の違いを調べようとする。 ・美津濃圧力や大気圧の大きさに興味を持つ。 	<p>・物質の特製である密度の測定をとおして、物質の同定を行うことができる。</p> <p>・実験には必ず誤差が伴うことを理解できる。</p>	<p>ことができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・教科書や資料集を有効に活用し、情報を検索することができる。 ・経験をもとに実験を計画し、実行できる。 	<p>・物質の密度の求め方を理解できる。</p> <p>・圧力とはどのような量か理解できる。</p> <p>・水圧の大きさが水面からの深さに比例することを理解できる。</p>
--	---	---	---	---

8. 本時の学習指導

- (1) 題材 7. 課題学習 未知の物質を探る
- (2) 前時のねらい
1. 純粋な物質にはその物質に固有な量として、密度があることを理解させる。
 2. 空気や他の気体にも重さがあることを理解させ、また気体の密度の求め方を考えさせ、実験によってその値を導かせる。
 3. 気体の密度は、1 lあたりの質量で表すことを理解させる。
- (3) 本時のねらい
1. 前時までに行った密度の学習をもとに、未知の物質の密度を求めるという学習課題に取り組ませ、実験結果から物質を同定させる。
 2. 実験の方法をグループで話し合う活動を通して、学習内容の共有化と相互の深まりを持たせる。
 3. 実験への取り組みの意欲を喚起し、主体的な学習態度を培う。

(4) 本時の指導過程

	指 導 過 程	期待される生徒の活動	備考
導入	<p>(呼び掛け・発問)</p> <p>「前回までの勉強で、固体や液体、そして気体の密度の求め方が分かったかな？」</p> <p>「さあ、それでは少し復習してみよう。密度を実験によって求めるには、どんな量を測定すればよかったかな？」</p> <p>→生徒を指名し答えさせる。</p> <p>→答を板書する。</p>	<p>→前時の自分たちの学習を振り返り、思い出す。</p> <p>・密度を求めるには、質量と体積を測定することが必要だったことを思い出す。</p> <p>・指名された生徒は発表する。</p>	<p>・密度はどのような量か、また、その求め方は学習している。</p>

	<p>(板書) (復習)</p> <p>密度=質量÷体積 単位は $[g/cm^3]$ (ただし、気体は $[g/l]$ で表す。)</p> <p>「さて、今日は今までの密度の勉強のまとめとして、『未知の物質を探る』という課題学習に取り組んでもらうことにするよ。」</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・板書のノート。 ・今日の学習内容についてのイメージをつかむ。 	
展開発展	<p>→ (板書) 7. 未知の物質を探る 「ここには、A～Kまでの記号をつけた箱があるんだけど、この中にはそれぞれ3種類の物質が入れてある。固体が2種類と気体が1種類になっている。班ごとにどの箱を持っていってもよいけれど、それぞれの箱にはいろいろな物質が入れてあるから他の班のとは同じとは限らないよ。」</p> <p>-実験プリント配布-</p> <p>「この課題学習では、今までのよう、先生の指示に従って実験をしていくというのではなくて、各班ごとに実験の方法や確認の仕方を考え、それに従って実験や観察の学習を進めるというわけだ。ここでの学習課題は、「未知の物質を探る」ということだね。もちろん今まで学習してきた『密度』を測定することが物質を知る手がかりになるというわけだが、その他に、物質の基本的な性質を知らないと決めてにはならないんだ。それを調べるために教科書や資料集を使うといいね。各班ごとにしっかりと相談しながら、どうしたら物質の密度が測定できるか考えながら実験を進めなさい。」</p> <p>「もし、ここに出ていない実験器具や道具で必要なものがあれば、申し出れば出してあげます。実験の時間は、あの時計で()時()分までとします。それでは、実験開始！！」</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・説明を聞き、学習内容について理解する。 ・プリントを見ながら説明を聞く。 ・課題学習の方法についておぼろげにイメージする。 ・課題学習に対する興味・関心を示す生徒が出てくる。 ・課題学習の進め方について、だいたい理解する。 ・各班ごとに実験方法について話し合いを始める。-必要な道具や器具、質量や体積の測定のし方など- ・話し合った結果をプリントにまとめ実験を始める。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ボンベに入った気体の密度の測定は未習である。

	<p>—机間巡回（助言）— (呼びかけ) 「3種類の物質が分かった班は、黒板の表に予想した物質の名前を書き込みなさい。」</p> <p>—机間巡回（助言）— (指示) 「実験の終わった班は、協力して道具を片付けなさい。」</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実験結果から結論が出た班は、黒板の表に書き込みに来る ・協力して、実験器具を片づける。
ま と め	<p>—道具の片付けが終わったことを確認して— (説明とまとめ) 「さあ、どうやら全部の班の結果が出たようだ。それでは、正解を発表することにするよ。」</p> <p>—黒板の表に正解を記入していく— 「全部正解の班は、()、駄目だった班は()だね。この実験では質量の測定は正確にできるのだけれど、どうしても体積の測定に誤差が多く含まれてしまうんだね。そういう点を考えると正しく密度を求めるのはすごく難しくて、うまくいかなかった班も悲観することはないからね。ただし、Aに入っていたこの物質なんて、君たちはまさか金ではないと思いこんでいたようだけれど、この色と手ざわりをもとにすれば、・・・」「つまり、物質が何であるかを決めるには密度という1つの量ではなくて、物質のいろいろな性質を総合的に判断して決めることが必要なんだね。」</p> <p>「それでは、今日の授業はこれで終わりにします。」</p> <p>—号令・挨拶—</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・結果に一喜一憂する。歓声が上がる

1998年3月

[各組の結果]

	固体①	固体②	気体
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
I			
J			
K			

[参考]

- ・しんちゅう(真鍮) ($\text{Cu} 60\% \cdot \text{Zn} 40\%$) 8.21 g/cm^3
- ・アクリル $1.14 \sim 1.18 \text{ g/cm}^3$
- ・スズ 7.28 g/cm^3
- ・水銀 13.6 g/cm^3
- ・チタン 4.54 g/cm^3
- ・炭素 2.25 g/cm^3
- ・タングステン 19.1 g/cm^3
- ・クロム 7.20 g/cm^3

1年()組 _____

課題学習『未矢印の物質を探る』

<密度を測定して、物質が何であるか探ってみよう!!!>

<教科書・資料集を参考にして、物質が何であるか調べよう!!!>

○自分たちの持ってきたトレイは () (ルガット)

○物質の特長 未知の固体① : _____

未知の固体② : _____

未知の気体 : _____

1. 未知の物質の質量の測定方法

2. 未知の物質の体積の測定方法

3. 測定の結果

	未知の固体①	未知の固体②	未知の気体
質量 [g]			
体積 [cm^3]			
密度 [g/cm^3]			[g/L]
物質の正体			

資料2

理科学習指導案

授業者 金子 丈夫

- 1 日時 1997（平成9）年 11月15日（土）(11:30～12:20)【理科講義室】
- 2 学級 3年5組 （男子20人、女子20人 計40人）
- 3 学級所見 聞くべきときはよく聞き、観察や実験など作業場面ではよく取り組むので、授業のやりやすいクラスである。しかし、反応がいくぶん弱く、発言や発表があまり出ない。また、授業の準備をおろそかにする生徒が何人かおり、生徒によって理解力や観察・実験などの技能にかなり差があり、個別に対応をしなければならないときがある。
- 4 単元名 第2単元 「大地の変化」 小単元「地震」
- 5 単元設定の趣旨

「地震を正しく恐れよう」とは、元気象庁長官 故和達清夫氏の言葉である。この言葉を最も身近に感じたのが、約1000日前の95年1月17日に起こった、いわゆる「阪神・淡路大震災」一兵庫県南部地震である。この地震では、6300人を越す死者と多くの建物・交通網などに損害が出て、今でも避難生活を送っている人々がいる。

日本は、地震国とか火山国といわれている。このため、多くの人々は、「いつ地震がきてもおかしくない」、「近くの火山が噴火する恐れがあるのではないか」といった思いは持っている。そして、震災後、多くの人々は、避難生活用のいろいろな品々を用意し用心深くなったのは確かである。多くの学校でも、非常用の飲み水や食べ物が少なからず用意された。しかし、震災から2年半以上たち、人々の意識はどうであろうか。自分や自分の住んでいる地域が地震や火山の危険に合うかもしれない。家族や地域として災害に備え、具体的に行動を起こさねばならないと思っているにもかかわらず、防災の意識は薄れかけているのではないだろうか。

日本列島は、複数のプレートの境界線上にあり、地殻の変動、地震、火山が多く、不安定なところにある。変動とか不安定といつても、1年に水平方向で数cm、垂直方向で1mm前後だという。この大きさ（速さ）は、我々人間の知覚し得る大きさ以下だから、地震のとき以外は大地は不動と感じる。しかし、生物の生活の場である大地が、降水や流水のはたらきや地震・火山といった地球内部のエネルギーによって、長い時間をかけて絶え間なく変化しているのは事実である。

この単元は、この大地の上で安全に生活するため、また、生物の生活の場である大地がどのような歴史的な変動の積み重ねの上に成り立っているかを理解するために設定されたものである。そして、この学習を通して、いつ起ころうかわからない地震や火山噴火、洪水などに対して、正しい防災の方法を身につけ、被害を少しでも少なくする手立てを考えさせることができればと考えている。

生徒は、小学校で、流水のはたらき（第4学年）、地層と堆積岩（第6学年）について学習している。地震については経験的には知っている。しかし、流水のはたらきの長い時間的な積み重ねの結果現在の地形や地層があること、地震や火山についてほとんど知らない。

これらの小学校の学習経験や今までの生活経験を踏まえ、学習を開拓したいと考えている。

また、地域的なことから、がけや地層の観察が不可能である。このため野外実習－長瀬での校外学習－での経験や具体的な資料、標本や視聴覚教材を使い、できるだけ生徒の五感に訴えながら学習を行いたいと考えている。

6 単元の構成

I 火山	1 火山の活動	2 溶岩の性質と火山の形・噴火の様子
II 地震	3 地震のゆれ	4 地震のゆれの伝わり方(1) (本時)
	5 地震のゆれの伝わり方(2)	6 震央・震源の求め方
	7 阪神・淡路大震災と防災	
III 火成岩	8 火成岩のつくり	9 火成岩の鉱物 10 火成岩の種類
IV 堆積岩	11 火山灰の観察※（省略可）	12 風化と流水の三作用
	13 地層のでき方	14 堆積岩 15 化石 16 地層の読み方
V 大地の変化	17 地形と大地の変化	18 地層と大地の変化
	19 日本列島のでき方	

7 小単元「地震」の目標

関心・意欲・態度	科学的思考	技能・表現	知識・理解
<ul style="list-style-type: none"> ・阪神淡路大震災などに興味を持って、調べようとする。 ・防災の準備をしようとする。 ・新聞などに出る地震関連の記事を積極的に読もうとする。 	<ul style="list-style-type: none"> ・各地のゆれの記録から、初期微動継続時間と震源距離との関係を導き出す。 ・3地点のゆれの観測結果から、震央の深さや震源の深さを求められ、その原理を説明できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・等発震時曲線がかける。 ・初期微動継続時間と震源距離との関係をグラフにかける。 ・実習や観測結果を分かりやすく表す。 	<ul style="list-style-type: none"> ・兵庫県南部地震の特徴を説明できる。 ・地震計の原理や震度とマグニチュードを説明できる。 ・地震のゆれは波のように伝わっていくことを説明できる。

8 前時の学習内容

- 3 地震のゆれ 阪神・淡路大震災の特徴
 ゆれの大きさ－震度・マグニチュード
 震央と震源
 ゆれの記録の仕方－地震計の原理
 ゆれ－初期微動・主要動

9 本時の学習指導

- (1) 題材 4 地震のゆれの伝わり方
 (2) ねらい ① 班の中で相談しながら、等発震時曲線をかくことができ、震央のおよその位置を指摘できる。
 ② 震央でのゆれのはじまった時刻を推定できる。
 ③ 地震のゆれの伝わるおよその速さを求めることができる。

(4) 初期微動のはじまる時刻が早い地点ほど、初期微動継続時間が短いこと、また、震度が大きい傾向にあることがわかる。

(3) 準 備 ・ものさし・電卓・プリント・OHP・OHPシート

(4) 指導過程

	指 導 要 項	学習活動・学習内容	備考
導入	1 前時の復習をする (プリント配布) 2 今回取り上げる地 震の特徴の説明をす る。教科書などは閉 じさせる。	1 初期微動・主要動、震源・震央 ・4 地震のゆれの伝わり方(1) 2 大規模ながけ崩れと土石流により、死者 29人、建物全壊・流失14、半壊73、道路損 壊258 の大きな被害をもたらした。	・2才こ ろの地震 ・資料集 は見ない
展開	3 本時の学習の方法 を説明する。 4 課題を説明する。 ⇒学習課題を理解さ せる ⇒いくつかの地点で の平均を求めさせ る 5 結果の発表の仕方 の説明をする 6 発問：ゆれはどう 伝わるだろうか 7 班活動開始 ⇒机間巡視をし、話 し合いの確認 ⇒ヒントを出す ・声がもしゅっく り伝わるとしたら 後ろの方の人ほど 遅く聞こえる。	3 何を求めるかを理解し、班の中で話し合 いをしながら、課題を解決していくとい う方法である。いつもの実験のように方法が 教えられるわけではない。 4 各地のゆれの記録—各地の初期微動のは じまりの時刻・初期微動継続時間・震度— から、課題を解く。 <u>課題</u> ① 各地のゆれの記録と地図を使って震央 のおよその位置を求めよう。 ② 震央でのゆれのはじまった時刻を推定 しよう。 ③ 地震のゆれの伝わる速さの平均をいく つかの地点の記録を使って求めよう。 ④ 初期微動のはじまる時刻と、初期微動 継続時間や震度の関係を探ろう。 5 課題①・②はOHPシートで示す 課題③・④は黒板に書く。求め方も。 6 いろいろ答えさせる。地図上ではどう伝 わるだろうかを考える。 7 意見を出し合う。 ① 各地に初期微動のはじまる時刻と震度 ・初期微動継続時間を記入していく。 ② 初期微動のはじまる時刻の同じ地点を 滑らかな曲線で結ぶ。5~10秒間隔がよ いだろうが、その間隔は生徒に任せる。 ③ 滑らかな線はほぼ円形になり、その中 心が震央のおよその位置、滑らかな線の	・話し合 いの重 要性を強 調する。 ・誤差が あるので 適度に書 く。 ・高山と

	<ul style="list-style-type: none"> ・水面の波と同じ ・天気の等圧線と同じように線が引ける <p>8 震央のおよその位置とゆれのはじまった時刻をシートにかかせOHPで提示する。</p> <p>9 課題③を黒板に書きせる。</p> <p>10 課題④を黒板に書きせる。</p>	<p>間隔から震央でのゆれのはじまった時刻がわかる。</p> <p>8 震央のおよその位置やゆれのはじまった時刻を確認する。 →大きくずれていたら修正し、ゆれの伝わる速さの計算をやり直す。</p> <p>9 どの地点の記録を使い、どのように計算し平均したかを黒板に書く。 ・震央とある地点のゆれのはじまる時刻の差とその間の距離から、ゆれの伝わる速さがわかる。いくつかの地点での平均を求める。</p> <p>10 初期微動のはじまる時刻と、初期微動継続時間や震度の関係を黒板に書く。 ・初期微動の始まる時刻が早いほど、継続時間が短く、震度が大きい。例外もある。</p>	<p>飯田の中間あたり ・48'50"</p> <p>・これが大きくずれると、速さなど正確に出ない</p> <p>・2～3班の例 ・2～3班の例</p>
まとめ	<p>11 本時の学習のまとめを行う。</p> <p>11 次時の予告 ⇒OHPで示す</p>	<p>11 ① ゆれのはじまる等しい時刻を滑らかな線で結んだ線を等発震時曲線という。 ② 地震のゆれは震央を中心にして同心円状に伝わる。つまり、等発震時曲線の中心が震央である。 ③ 等発震時曲線から震央でのゆれの始まる時刻がわかる。約8時48分50秒。 ④ 震央を中心（基準）としたときのゆれの伝わる速さは、5.0～7.0 km/秒である。 ⑤ 震央に近いほど震度は普通大きい。</p> <p>11 地表でのゆれの伝わる速さは、震源の深さによって変わる。ゆれの伝わる速さは、震央を基準にして計算してはいけない。ただし、震源と震央が近い地震はよい。次は地震のゆれの伝わる正確な速さを求めよう</p>	<p>・震源の深い地震 浅い地震</p>

4. 地震のゆれの伝わり方

- (1) 今回とり上げる地震の特徴ー1984年におこった地震
→死者 29 建物全壊・流失 14 半壊 73 道路損壊 258
→大規模ながけ崩れと土石流

- (2) 課題を解こう………下の枠にメモを………取り班の中で話し合いをしながら

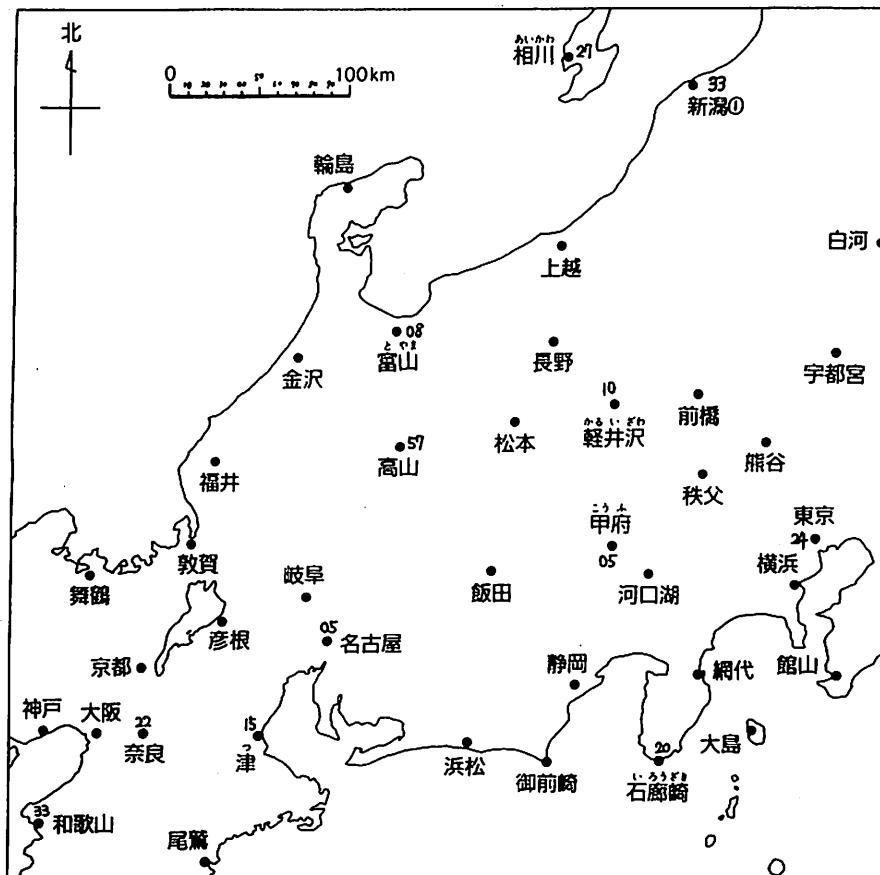
①震央の求め方	②震央でのゆれのはじまった時刻
③ゆれの伝わる速さの求め方 〈速さ (km／秒) = 距離 (km) ÷ 時間 (秒) 〉 (どの地点の値を使ったか)	
④初期微動のはじまった時刻と初期微動継続時間・震度との関係	

課題

右の表は、ある地震による各地のゆれの記録である。

- ① 各地のゆれの記録と下の地図を使って震央のおよその位置を求めよう。
- ② 震央でのゆれのはじまった時刻を推定しよう。
- ③ 地震のゆれの伝わる速さの平均をいくつかの地点の記録を使って求めよう。
- ④ 初期微動のはじまる時刻と、初期微動継続時間や震度の関係を探ろう。

地名	初期微動のはじまりの時刻	初期微動 継続時間	震度	地名	初期微動のはじまりの時刻	初期微動 継続時間	震度
新潟	8時49分33秒	31秒	1	前橋	8時49分10秒	15秒	3
白河	8時49分34秒	34秒	0	御代崎	8時49分15秒	18秒	3
宇都宮	8時49分26秒	28秒	2	浜松	8時49分11秒	17秒	3
猪俣	8時49分16秒	19秒	3	輪島	8時49分19秒	25秒	3
熊谷	8時49分19秒	25秒	3	笠置	8時49分09秒	16秒	2
秩父	8時49分16秒	16秒	3	鹿屋	8時49分04秒	12秒	3
横浜	8時49分24秒	25秒	3	敦賀	8時49分14秒	18秒	2
飯山	8時49分28秒	30秒	2	尼根	8時49分12秒	17秒	3
網代	8時49分17秒	23秒	1	高麗	8時49分25秒	28秒	1
河口湖	8時49分11秒	12秒	3	福岡	8時49分24秒	25秒	4
上越	8時49分17秒	17秒	2	京都	8時49分20秒	22秒	3
長野	8時49分09秒	14秒	3	大阪	8時49分24秒	27秒	3
松本	8時49分03秒	9秒	3	神戸	8時49分27秒	31秒	1
飯田	8時48分57秒	8秒	4				



The new teaching method in Science education “Thema learning” or “Solving a problem learning”

KAKUTA Rikuo KANEKO Takeo SHOJI Ryuichi ARAI Naoshi

[Summary]

Nowaday, “The educational innovation” has been advanced.

In science education, we think that faculty of consideration is most important. So,in order to train this faculty, we prepared “The theme learning” or “Solving a problem learning” .

This report is how to educate these teaching methods in junior high school, and the evaluation of these learning process.

酸・アルカリの中和の濃度と体積の関係を調べる実験の改善

理科 荘 司 隆 一, 角 田 陸 男

要 約

中学校理科の内容に、酸とアルカリが中和するときの濃度と体積の関係についての学習がある。一定量の酸(アルカリ)を中和するのに必要なアルカリ(酸)の、濃度と体積の関係が反比例になることを理解させる内容である。その指導の改善法として2つの実践を試みた。1つは、酸として色のついた食酢を使う方法である。身近でしかも色のついている物を使うことにより、興味を引き、酸の濃度の違いを視覚的に捕らえさせることができた。他の1つは、濃度と体積の関係の学習を止め、代わりに濃度と質量の関係を学習する内容である。このように内容を置き換ても、学習のねらいは十分に達成でき、また生徒にとって理解しやすく、そして実験操作を行いやすくすることができた。

1 はじめに

中学校理科1分野の「酸・アルカリ・塩」の小単元のなかに、「中和の濃度・体積」という内容がある。酸とアルカリが中和するときの、濃度と体積の関係を理解するもので、高等学校以上では「中和滴定」として学習する内容だが、中学校では、「一定の酸を中和するのに必要なアルカリは、濃度が2倍になると体積は半分になる」という程度の指導をしている。

この指導をしていて、次のような問題点を感じている。

- ① メスシリンダー、スポットなどを使って計量操作が、最近の生徒にとって、思った以上に困難で、正確なデータが出にくい。
 - ② 塩酸と水酸化ナトリウムという実験室にある薬品を使い、計量の実験をするだけなので、おもしろさに欠ける。
 - ③ 塩酸と水酸化ナトリウムはどちらも無色であるため、その濃さを実感できず、実験と理論を結びつけにくい。
 - ④ 濃度と体積の関係を考えるときのモデル図は、モル濃度の概念に近いものと考えられるが、濃度の表示に質量(重量)パーセント濃度を使っている。
- これらの問題点を解決するために、以下に述べるような、複数の実践を試みた。

2 色のついた食酢を使う方法

1に挙げた問題点のうち、②と③について改善するために、生徒にとって身近である食酢を使った。また、食酢のなかでも色のついているものを用い興味を持たせるとともに、酸の濃度の違いを視覚的にも捕らえられるようにし、実験と理論をより結びつけやすくすることをねらった。^{2,3)}

色のついている食酢を何種類か集めてみた(写真1および表1)。単に食酢の色だけでなく、BTBなどの指示薬と混ざると、とてもきれいな色彩を楽しめる。

表1 いろいろな食酢

赤 酢	一般的には入手は難しいようであるが、中華の専門店で扱わっていた。フカヒレスープなどに加えると良いとのこと。赤い色のため、ある程度酢を薄めにしないと、アルカリ性でのBTBの色が緑色に見え、中性との区別が明確でなくなる。
黒 酢	固体の状態で発酵させて作った酢で、一般の小売店では入手しにくいが、百貨店の食料品売り場で扱わっていた。色はかなり濃く、1/10より薄くしないと、指示薬の色がはっきりしない。
能紅酢	二杯酢風の酢。黒酢と同様、百貨店の食料品売り場で扱わっていた。色は赤酢に似ている。

実験方法は、理科の教科書に載っている一般的な方法をとった。すなわち、一定量の食酢をビーカーに取り、指示薬を加え、水酸化ナトリウム水溶液で中和するという方法である。水酸化ナトリウム水溶液の体積を駒込ピペットで正確に取るという操作は困難なためメスシリンダーを使った。

色のついた食酢を1/4に薄めたものと、1/8に薄めたものを用意し、各グループにどちらかを選ばせる。時間に余裕があれば、両方やらせてても良い。

【準備】

- ・ 1/4の濃さの食酢
- ・ 1/8の濃さの食酢
- ・ 約0.5%水酸化ナトリウム水溶液
- ・ BTB溶液
- ・ メスシリンダー(10cm³) 各2本
- ・ ピーカー(100cm³) 各4個
- ・ スポイト(2cm³) 各2本
- ・ ろ紙 各1枚

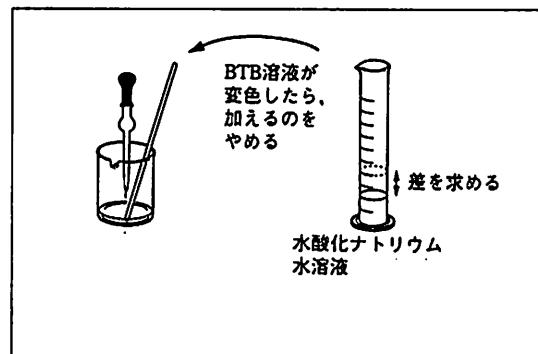


図1

【方 法】

- ① すうめた食酢5.0cm³をメスシリンダーで測り、ピーカーに取る。
- ② これにBTB溶液を3~4滴加える。
- ③ 水酸化ナトリウム水溶液10.0cm³をメスシリンダーに取る。
- ④ ③の水酸化ナトリウム水溶液を、スポットで一滴ずつ①に加えていき、よく混ぜた液の色が緑色になったところで加えるのをやめる。
- ⑤ メスシリンダーに残った水酸化ナトリウム水溶液の体積を読み取る。
- ⑥ 中和に使った水酸化ナトリウム水溶液の体積を求める。
- ⑦ 食酢を10.0cm³にして、同じ実験をおこなう。

【結果】

能紅酢を使って、生徒に実験させたときの、データ例を表2.3に示す。

ここに示したデータには、若干の誤差が見られるが、これはスポットが水で少々ぬれてしまい、そのまま行わせたことが大きな原因と思われる。同じ液で洗うという操作は、中学生にとって理解が困難なようなので、行わせなかつた。

生徒にとって、身近なものを使うということは興味・関心を持たせる上で思った以上に効果がある。色のついている酢を使うことでさらにその効果をたかめることができたと考えている。

なお、酢酸は弱塩基であるため、本来ならばフェノールフタレインを使うべきであるがここでは中学校で多く用いられているBTB溶液を使った。フェノールフタレインに比べ少なめの水酸化ナトリウム水溶液で変色するが、この実験では1~2滴のことである。



写真1

表2 中和に必要とした水酸化ナトリウム水溶液の体積（94年度3年クラスA）

班	濃さ	食酢 5.0cm ³	食酢 10.0cm ³	班	濃さ	食酢 5.0cm ³	食酢 10.0cm ³
1	1/8	2.5	5.7	6	1/8	3.0	5.8
2	1/8	2.9	5.8	7	1/4	6.4	12.5
3	1/4	5.5	11.5	8	1/4	6.7	13.2
4	1/8	3.0	6.0	9	1/4	6.2	11.2
5	1/8	2.8	5.8	10	-	-	-

表3 中和に必要とした水酸化ナトリウム水溶液の体積（94年度3年クラスB）

班	濃さ	食酢 5.0cm ³	食酢 10.0cm ³	班	濃さ	食酢 5.0cm ³	食酢 10.0cm ³
1	1/4	5.6	10.2	6	1/4	5.5	-
2	1/4	4.5	15.1	7	1/8	2.6	5.7
3	1/4	5.2	11.2	8	1/4	4.5	12.2
4	1/8	3.1	6.2	9	1/8	2.6	5.8
5	1/8	2.6	5.3	10	1/8	2.6	5.8

3 「体積」のかわりに「質量」でおこなう方法

先に挙げた問題点のうち①と④について改善するために、「体積」の代わりに「質量」を使う指導法を考えた。ここでの指導内容は一言で言えば、「一定量の酸(アルカリ)を中和するのに必要なアルカリ(酸)の濃度と体積は反比例の関係になる」ということになる。「体積」を測定するには駒込ピペットやメスシリンダーという器具を使うことになるが、かなり実験に慣れた生徒でも、これらの器具を使って正確な値を出すことは難しい。それは、2で述べたように、ガラスの器具の内側がぬれても、準備時間の制約などで、そのままおこなわせざるを得ないことが多かったり、メスシリンダーの目盛りを正確に読むことが不得手な生徒が多いことによる。

従来は「質量」の測定は「てんびん」を使うため、困難がつきまとった。上皿てんびんでは毎回の測定に時間がかかり、中和させるだけでも時間がかかるうえに、てんびんで測定していたのでは、1時間の授業のなかで、水酸化ナトリウム水溶液の濃度を3種類使い測定をすることは、かなり厳しかった。しかし電子てんびんの普及により質量の測定は容易になった。そこで「体積」のかわりに「質量」を測定することとし、「濃度」と「質量」が反比例することを指導するようにした。

そもそも、1%の水酸化ナトリウム水溶液というように、質量(重量)パーセント濃度を使うのであれば、中和に必要な酸(アルカリ)は「濃度」と「質量」が反比例するはずであり、「濃度」と「体積」が反比例するというのは、薄い溶液の場合には、密度が1に近く「質量」のかわりに「体積」をもちいても大差はないという前提のことである。ところが、溶液の濃度についての指導の後、薄い溶液の場合には密度はほぼ1になるという指導のないままに、この部分の指導が入るため、濃度の計算についてよく理解している生徒ほど疑問をもっても不思議ではない。

しかしながら、ここは、中和についての量的関係をイオンのモデルと結びつけて考えることが趣旨と思われる所以、モデル図としてはモル濃度的なものがわかりやすく、そのようなモデル図が使われる。中学と高等学校の学習のつながりという点では意味もあるが、中学校の学習ということで考えると、非常につながりが悪い。したがって、ここでは「濃度と質量が反比例」と指導することにした。もちろん、教科書との関連も考え、薄い溶液の場合「質量」を「体積」とおきかえて良いこともつけ加えた。

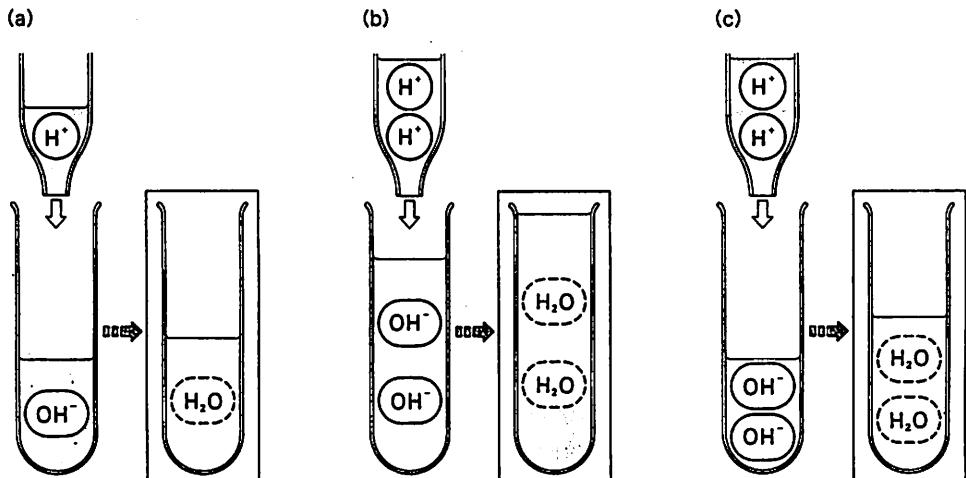


図2 中和の濃度と体積の関係を示すモデル図（啓林館教科書より転載）

必要な塩酸の質量を求めるという方法を取った。指示薬はBTBを用いた。また、塩酸を滴下する容器は、コンタクトレンズ保存液の容器（ポリエチレン製）を利用し、塩酸を一滴ずつ滴下しやすいようにした。

【準備】

- ・ 1%水酸化ナトリウム水溶液
- ・ 2%水酸化ナトリウム水溶液
- ・ 4%水酸化ナトリウム水溶液
- ・ 4%塩酸
- ・ BTB溶液
- ・ コニカルビーカー（100ml）
- ・ 滴下容器
- ・ 電子てんびん

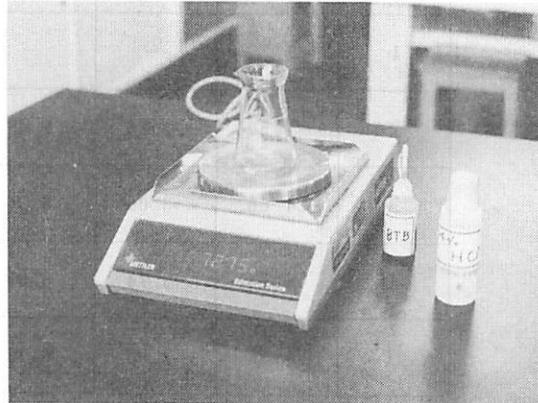


写真2

【操作】

- ① 1%水酸化ナトリウム水溶液10gを、電子てんびんで、コニカルビーカーに測り取る。
- ② BTB溶液を数滴加え、4%の塩酸を滴下容器から加え、液の色が緑色になったところでやめる。（あらかじめ液の入った滴下容器の質量を測っておく。）
- ③ 滴下容器の質量を測り、加えた塩酸の質量を求める。
- ④ 2%水酸化ナトリウム水溶液、4%水酸化ナトリウム水溶液で同様の操作を行う。

加えた塩酸の質量を求めるには、あらかじめ塩酸の入った滴下容器の質量を測っておき中和したあと、再び滴下容器の質量を測り、差を求める考えていたが、多くの生徒は、水酸化ナトリウム水溶液とBTB溶液の入ったビーカーの質量を測り、中和したあと再びビーカーの質量を測るという方法を取っていて、それでよいことにした。ただし、電子てんびんに乗せたまま中和反応を行わせようとするものがあり、それは止めるよう指導した。

【結果】

生徒実験の結果を表4.5に示す。0.01gまで測定できる電子てんびんのため、0.01g単位でデータが出ているが、現実には0.1g感量のもので十分であろう。0.1g単位にして見ると、データのばらつきはさほど大きくはないが、操作を簡単にしたわりには、十分な結果とは言いがたい。【操作】のところでも述べたが、質量を測定する手順にやや曖昧なところがあり、データの大きなばらつきには、このあたりが原因となっているものがあるかもしれない。また、液の濃度を薄くしたり、一滴の量がより小さくなるような容器を使うことにより、誤差は少なくできると思われる。これらの点を踏まえ、さらに改善していきたいと考えている。

表4 中和に必要とした塩酸の質量（97年度3年クラスA）

班	1 %	2 %	4 %	班	1 %	2 %	4 %
1	1.71	—	—	6	1.52	3.00	6.00
2	1.50	3.28	6.41	7	—	3.00	—
3	1.60	3.00	6.30	8	1.50	3.20	6.30
4	1.74	3.74	6.03	9	1.56	2.64	6.39
5	1.58	2.99	6.11	10	1.60	2.90	6.50

表5 中和に必要とした塩酸の質量（97年度3年クラスB）

班	1 %	2 %	4 %	班	1 %	2 %	4 %
1	3.00	—	12.63	6	3.01	5.91	11.82
2	2.92	5.91	11.51	7	2.92	5.60	11.55
3	2.54	5.50	11.36	8	2.99	5.89	11.50
4	2.86	5.02	11.25	9	—	—	—
5	2.92	5.92	11.48	10	2.98	5.43	11.00

4 おわりに

中和反応における濃度と体積の関係を理解させる指導において、1で挙げた問題点を改善するための試みについて報告した。現段階では必ずしも十分な結果とは言えず、なお若干の改善が必要と思われる。体積の代わりに質量でおこなう方法については、附属盲学校の教官からアイデアをもらった。附属盲学校では、視覚障害者用の電子てんびんがあり、それでかなり正確な質量測定ができる、「体積の代わりに質量で行う方法」で中和の実験を行っているとのことであった。

現在、世界的には健常者と障害者の統合教育が進んでいる。日本でも初等教育段階ではかなり進んでいるが、将来的には中等教育段階でも統合教育が進む可能性がある。そのような場合の理科の実験指導の在り方としていくつかの形態が考えられるが、その1つとして健常者と障害者とで使用する器具は異なっても、同じ内容の実験をおこなう方法が考えられる。今回の実践のように、体積

1998年3月

でなく質量を測定するような方法を取れば、健常者と視覚障害者とが同じ立場で学習することができる。そのような授業の可能性を視野に入れたうえで、教材開発やカリキュラム開発をしていく必要性を強く感じている。

謝 辞

今回の報告中の「体積の代わりに質量で行う方法」について、アイデアと助言をいただいた、筑波大学附属盲学校教諭、鳥山由子先生に感謝いたします。

参考文献

- 1) 文部省 中学校指導書理科編 (1989)
- 2) 「酸とアルカリの中和」莊司隆一
ちょっと面白い実験・観察集 筑波大学学校教育部理科研究グループ (1996)
- 3) 酸・塩基をどう教えるか「酸・アルカリの中和における濃度と体積の関係」莊司隆一
日本化学会「化学と教育」vol.44 760 (1996)

A study on How Teach the Unit “Acids, Alkalies and Salts” in Science at Junior High Schools

(Summary)

This report is a study on how to improve methods for teaching the unit “Acids, alkalies and salts” in science at junior high schools. Two methods were examined in order to teach the relation between concentration and the volume of acid in neutralization.

First, colored vinegar was used as acid. This is because students often get interested in materials found in a daily life and also because the difference of concentration can be observed more clear with color.

Second, the relation between concentration and the mass of acid was taught instead of that between concentration and the volume of acid. As a result, students were able to carry out experiments in a lab easily.

酸・アルカリの中和

実験1 酸・アルカリの中和における、溶液の濃度と質量の関係を調べる

- 濃度の異なる3種類の水酸化ナトリウム水溶液を4%塩酸で中和し、中和に必要な量を求める。

[準備] 1%、2%、4%水酸化ナトリウム水溶液 4%塩酸 BTB溶液
コニカルビーカー(100ml) 滴下容器 電子てんびん

[操作]

- 1%水酸化ナトリウム水溶液10gを、電子てんびんで、コニカルビーカーに測り取る。
- BTB溶液を数滴加え、4%の塩酸を滴下容器から加え、液の色が緑色になったところでやめる。(あらかじめ液の入った滴下容器の質量を測っておく。)
- 滴下容器の質量を測り、加えた塩酸の質量を求める。
- 2%水酸化ナトリウム水溶液、4%水酸化ナトリウム水溶液で同様の操作を行う。

[結果]

NaOHの濃度	1%	2%	4%		
加えた塩酸の質量					

*納得できない結果が出たら、再度測定して良い(表の空欄を使う)。

[考察]

- 水酸化ナトリウム水溶液の濃度と、中和に必要な塩酸の質量との間には、どのような関係があると言えるか。
- 1%水酸化ナトリウム水溶液の質量を20gにしたら、中和に必要な塩酸の質量は何倍になると考えられるか。

1998年3月

マルチメディアによるエイズの授業

CD-ROM「エイズを正しく理解しよう」

【(財)日本学校保健会発行、文部省体育局学校健康教育課監修】

保健体育科 小磯 透, 鈴木 和弘, 小山 浩, 中村 なおみ
理科 角田 陸男, 金子 丈夫
大妻女子大学人間生活科学研究所 大澤 清二, 笠井 直美
湘南白百合学園中・高等学校 保健体育科 腰高 真弓

I はじめに

平成7年4月、文部大臣からの諮問を受け、中央教育審議会がスタートした。ここでのテーマは、「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について」である。審議会はその後、1年余に亘る検討を経て、平成8年6月18日に審議のまとめを公表した。¹⁾審議会のまとめは、第1部の今後の教育の在り方を始めとして、いくつかの項目から編成されている。この中で、今後の学校教育に関しては、次のような指摘がなされている。

- ・「生きる力」の育成を基本とし、知識の一方的な伝達ができるだけ避け、子どもたちが、自ら学び、自ら考える教育の転換を目指す。知・徳・体のバランスのとれた教育を開拓し、豊かな人間性とたくましい身体を育んでいく。
- ・生涯学習社会を見据えつつ、学校ですべての教育を完結する考え方をとらない。自ら学び、自ら考える力などの「生きる力」という基礎的な資質の育成を重視する。

この報告書の中で、「生きる力」を育成するために、従来指摘されてきた教師による一方的な「知識伝達型」のみの教育方法の転換を求めていた。確かに、「チョークを携えた教師が一方的に話し、黒板に書く。それを子供たちは、じっと聞きながら、ノートに書き写す」といった旧態依然たる授業がないとは言えない。そこには、授業に積極的に参加し、自らの考えを述べる子供たちの姿は想像し難い。その一方で、近年の様々な情報機器の発達は、教育方法や学習指導についても、多くの変革をもたらしている。

保健体育の分野においても、ビデオ教材を使用した授業や自分たちの動きをVTRに撮影し、その動作を確認しながら学習を進めていくことなど、多様な方法が行われてきた。さらに、パソコンの普及と情報通信網の整備が進むにつれて、マルチメディアを活用した授業なども試みられるようになってきた。本校の総合学習においても、生徒自らがインターネットを用いて情報・データを検索し、リポートにまとめている。

アナログ情報を基本とするビデオ映像等では、それ自体に手を加えることはできない。いわば受け身の情報とも言える。これに対し、マルチメディアは「デジタルな融合のテクノロジーである」と西垣が定義しているように、情報をすべて数値(0,1)に置き換えて処理している。

それ故に、マルチメディアの特徴として、「対話性」や「双方向性」を持つことになる。この特徴を十分に踏まえた上で、授業を開拓していくことは、一方通行になりがちなこれまでのやり方を改善する一つの方法になっていくと思われる。

前述した中教審の答申は、子どもたちに「生きる力」をつけることが、これから教育の柱であり、そのひとつとして知識伝達型の授業に偏らない方法を求めていたと解釈できる。このようにみると、マルチメディアの積極的な活用は、今後の教育の在り方に新たな視点を提供していくと思われる。

既に、本校では理科と保健体育科が共同で作成した性指導カリキュラム、「生と性を考える」授業の中で情報機器の積極的な活用を試みてきた。ここでは、様々な映像資料（ビデオ教材、関連するTV番組のVTR、OHP、スライド）を用いて授業を開拓してきた。また、新たな試みの一つとして、マルチメディア（CD-ROM）によるエイズ教育も平成7年度から試みている。これら多様なメディア活用の目的は、教師の講義や板書の内容を生徒により正確に伝え、授業を活性化することを期待しつつ、この方法の有効性や問題点なども明らかにしながら、新しい教育方法の在り方を模索していくことがある。

II エイズ教育

1981年、米国において初めてエイズ患者が発見されて以来、患者・感染者数は急増し、1990年代に入ってからは加速度的にその数が増加している。このエイズ患者・感染者数の急増に伴い、その対策は先の米国クリントン大統領の発表に象徴されるように、世界的緊急課題である。これは感染爆発も危惧される我が国においても同様である。しかしながら、世界中の最先端の研究者たちの努力にもかかわらず、エイズ治療の決定的方法や予防ワクチンは、現在のところ開発されていない。

その一方で、エイズは一人一人が正しい知識を持ち、適切な行動をとることによって感染を未然に防ぐことができる病気である。正に、「教育こそがワクチンである」と言われる所以である。このような背景もあり、今や世界の国々がこぞってエイズ教育を推進し、実践を試みようとしている。特に、教育効果が比較的高く、多数の生徒を同時に指導できる学校現場においては、エイズ教育を進めていく上で、その期待も大きい。とは言えエイズ教育は緊急に、新しく要請された課題でもあり、学校現場においては、その教育内容・方法・教材などが十分に確立されているとは言い難い。数多くの教師達が試行錯誤を繰り返しながら、実践を積み重ねているのが実態ではないだろうか。また、エイズ教育は、性教育や免疫のシステムなど広範な領域を含んでいるため、実践する上での困難さを抱えていることも事実であろう。例えればそれは、性交の指導であり、高度な免疫の知識・理解である。しかしながら、困難ではあってもその重要性と緊急性を現場教師達は充分認識し、今後ともエイズ教育は、地道な取り組みは継続され、実践が蓄積されて行くであろう。それがまた、我々教師の責務であろうと考える。

III 本校のエイズ教育

本校では、既に中学校2年生を対象とした「生と性を考える」と題する性指導カリキュラム（保健体育）に位置づけたエイズの授業を1992年から実施している。当初は免疫とエイズの特徴を自主作成のプリントをもとに概説し、東京都制作のVTRを視聴させる内容であった。^{14), 15)}

その後、大妻女子大学人間生活科学研究所の大澤教授を中心とするプロジェクトの指導を受

け、1996年からマルチメディア（CD-ROM）によるエイズの授業に取り組んでいる。使用しているCD-ROMは、（財）日本学校保健会発行、文部省体育局学校健康教育課監修による「エイズを正しく理解しよう」である。[図一]



Fig.1

先に述べたようにエイズ教育は学校現場にとって、緊急、かつ新しい指導内容であるために、その方法が十分に確立されているとは言いがたい。まさに、試行錯誤を繰り返しながら、実践が行われていると推測される。このCD-ROM教材は、一定の効果が、いつでも、どこでも、誰でもが得られるように、そして生徒が自主的に学べるように制作されている。ところが、このCD-ROM教材はあまり普及しておらず、実践に活用されているとは言えないようである。¹⁶⁾しかし充実した内容を持つこのCD-ROM教材はもっと活用されるべきであろうし、¹⁷⁾その実践によるデータの蓄積が、今後の一層の教材開発へのステップともなるであろう。また、このCD-ROM教材の活用方法、即ち授業への適用法を工夫することによって、より効果的な指導が行えるようになるであろう。こういった安定した教材が開発され、その評価がなされれば、何を、どのように、どこまで教えればよいのかわからない、という現場教師への手助けとなるかもしれない。

授業場面での再現性が高く、検証可能なCD-ROM教材による授業及びその評価が実証的になされることは、¹⁸⁾エイズ教育だけでなく、新たな教育方法の検証という点からも、その問題の緊急性・重要性を鑑み価値が高いと考えられる。

IV 授業の運営

本来は一人に（少なくとも二人に）一台のパソコンで、生徒個々の興味関心ペースで個別に学習するものであるが、本校では、当初1クラス（41名）生徒分のパソコンが無かったため実際の授業では、普通教室にパソコンを持ち込み、教室用大型テレビにそのディスプレーをモニ

ターし、その画面を1学級全員の生徒が見て、選んだ生徒の多い【図-2】選択肢をクリックしながら【図-3】（オペレーターは生徒）学習を進めていった。もちろんこれは生徒一人一人に対応できるマルチメディア本来の学習形態ではないかもしれない。しかしながら、ハードが揃わなければ活用できないと考えるよりも、逆にその可能性を広げるとも言える。

先述したように、本校で

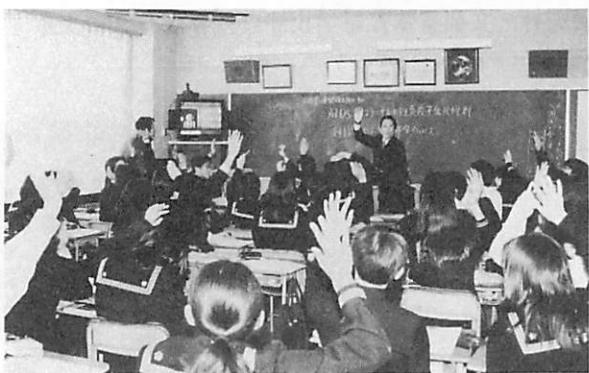


Fig.2



Fig.3

のこのマルチメディアによるエイズの授業は、性指導カリキュラム「生と性を考える」全12時間中の8時間目に位置づけて（「生命の連續性を阻むもの」）実践している。しかし、単元化して位置づけなければならないわけではないわけではない。このCD-ROM教材は独立してエイズを正しく理解できるよう制作されているため、単独一時間の授業として成立する。従って、本研究においては、このCD-ROM教材によるエイズの授業一時間の実践とその効果や課題を報告する。エイズの授業に焦点を絞ることにより、やりにくいと思い込まれがちなエイズの授業の一般化、普及に貢献し、またマルチメディア教材の特徴を検討し、議論を深めていくための一助となるであろう。

一方で、既成の教材だけを利用していくやり方に批判もあると思われる。そういったことも含め、自由で建設的な議論を生み出すためのたたき台としたい。

V 授業展開 対象：第2学年 男女

表-1 CD-ROM「エイズを正しく理解しよう」を用いた保健授業略案

教科 保健体育科保健分野
 単元名 生と性を考える
 対象 本校第2学年 男女

本時のテーマ 生命の連続性を阻むもの～性に関わる病気～ エイズ

本時のねらい エイズに関する正しい知識を学ぶ。

エイズ、もしくはその感染者に対する誤解や偏見を持たない。

今後もエイズ、もしくはその感染者について考えて行くきっかけとする。

授業展開	学習内容・活動	学習指導上の留意点	資料
導入	本時の学習内容を知る。 (1)エイズについて正しい知識を身につける。 (2)エイズやその感染者に対する誤解や偏見を持たないようにする。 (3)エイズやその感染者について考えるきっかけとする。	<ul style="list-style-type: none"> エイズについてパソコンCDROMを使って学習 エイズは正しく理解することによって、予防も可能で誤解や偏見も生まれない クリントン大統領演説 →エイズは国家的、世界的問題 個だけでなく人類の生命の連続性を脅かす→免疫の破壊 スポーツの世界でもその具体的対策がなされている→レガース 	クリントン大統領演説新聞記事
展開	CD-ROMの内容項目 ◇エイズとはどんな病気なの? ◇HIVに感染するとどうなるの? ◇HIV感染者の心の声 ◇どのようにしてうつるの? どうしたらうつらないの? ◇大丈夫、こんなことではうつりません ◇チャレンジ!エイズQ&A ◇グラフで見るエイズ 適宜メモをとりながら。	<ul style="list-style-type: none"> 生徒の希望の多い選択肢をクリックしていくながら進める。希望がはっきりしない場合は、順に進めていく。 生徒の希望、選択が分散した場合は、意見を発表させる。 用語 (AIDS,HIVなど) 板書。 輸血感染の可能性は否定できない (国内3件) 普通の軽いキスでの感染の危険性はない。 アメリカでの感染例 (世界で1件) は特殊。 歯科治療での感染例は異常なケース。 (キンバリー事件) 新しいデータを提示 	サッカールールブック、レガース
まとめ	よく分からなかった点、疑問などを出し合う。	全てに的確な回答が即座にできるわけではないので、調査し学習していくことを、生徒も含め確認する。	プリント

教材・教具 マルチメディアパソコン、テレビ(パソコン)、CD-ROM「エイズを正しく理解しよう」

チャレンジ!エイズQ&A用プリント、サッカールールブック・レガース

クリントン大統領演説新聞記事1997年5月19日

エイズ感染者数年次推移最新データ

VI 授業者としての感想

- ① パソコンを普通教室に持ち込んで、settingするのが大変である。もちろん事前にチェックし、リハーサルもやってはいるが、現実には実施予定全教室でリハーサルやチェックができるわけではない。また、前の時間グランドで体育の授業を終えて、急いで準備室に戻り、パソコン、その他を準備する中（休み時間の僅か10分間）でのトラブルもある。
- ② CD-ROMの内容は、現在のエイズに関する正確な知識をもとに作成されている。従って、教師としては安心して、活用できるメリットがある。特に、日常の雑務や生活指導に追わ

れている教師にとってはありがたい。しかしながら、エイズ・免疫と言った難しい内容について^{19~33)}は教師自身も理解を深めておく必要はあるが、この非常に高度で最先端の知見を理解・指導するのは困難であることも事実である。

③ 生徒の反応は実に多様である。

「選んでくれ」「そのとおり」など唐突な感じがするらしく爆笑。かと思えば「一番からいこうよ!」「いや、三番から!三番から!」などと叫び、真剣に、のってくる。しかし、生徒が期待するほどのゲーム性はない。とはいえ、生徒には概ね好評で、課題に対する反応も良く、まじめにノートも取っており、興味深く学習していた。

[図一4]

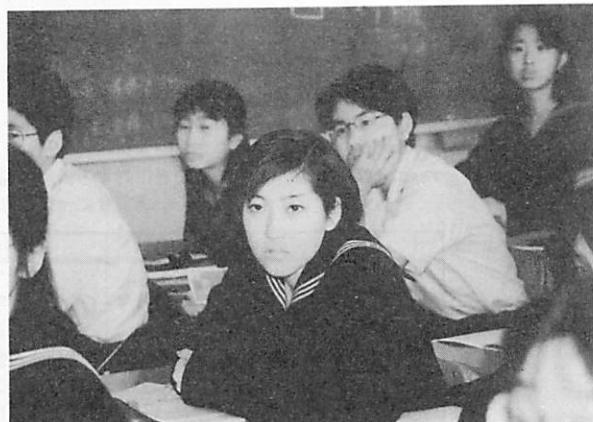


Fig.4

④ 教師の補足説明：不要なのかもしれないが、ついつい教え込みたくなる教師の習性かしゃべりすぎ、間違ったことまで言ってしまうこともあった。

⑤ やはり個に対応するよう作られているものを、集団に適用した無理がある。即ち、生徒個人の学習のペースや選択希望（興味関心）を生かすことはできにくい。もちろん一人一人にパソコン一台なら生徒個人の興味関心に従って、学習を進めることができる。

逆に、生徒個人の判断でそれぞれが学習していった場合には、学習の質や量、即ち課題に対する取り組みに格差が生じる恐れがあるが、集団に適用した場合は、生徒集団に確実に一定・共通の学習内容・課題への取り組みが保証できる。

⑥ 生徒自身の発想、知識、意見などが生かされにくい。極論すれば一方的に受け身的な授業となる。従って、一方的に受け身的な授業展開だけが続くとつまらなくなるようでもある。しかしながら、全てをCD-ROMに依存するのではなく、例えば必要な場面だけを使用して授業展開を組み立てるなど、工夫することによって、ある程度解消できると思われる。

⑦ どの教師もそうであるが、あるひとつのパターンだけで授業をやっているわけではない。ある時は一方的に教え込み、ある時は生徒の意見を授業の中心に据え、ある時はプリントやVTRを使いながらというように、多様な方法を用いている。そのひとつとして、教材や授業展開の選択肢が広がったと言える。従って、今後より検討を加えることにより、ある一時間の授業の中で必要な場面でマルチメディアを用いるなど様々な手法と組み合わせることにより、今回のように集団に適用することでも有効性は高いと推測され、活用の幅が広がると考えられる。

VII 調査結果から

これまでエイズ教育もしくはその関連について、この問題の緊急性・重要性示すように数多くの研究がなされ論文となっている。^{34~49)}しかし、その危険行動が危惧されることもあってか、教育・調査、分析・検討の対象となっているのはほとんど高校生以上で、また、教育実践とその授業評価・教材評価を合わせて行ったものは少ない。こういったエイズ教育・実践はもちろん

のこと調査・研究も他の年齢層でも行われるべきで、中学生を対象とした基礎的データを得ることも重要である。

そこで、この授業実践の効果をみるために、授業実施の1週間前に事前調査、1週間後に事後調査、およそ6ヶ月後にフォローアップ調査を実施した。この調査票は、国土らの作成した調査票⁵⁰⁾に若干の手直しを加えたもので、知識に関する設問29項目（平成8年度から35項目）、意識・態度に関する設問24項目、自由記述で構成されている。以下、平成7年度授業実施分（現在高校1年生）について、集計・分析の一部を報告する。

〈1〉 知識に関する項目

① 正答数〔表-2〕

正答数は、事前調査21.26問、事後調査25.55問と増加し、フォローアップ調査ではやや低下したとはいえ24.27問と事前調査を上回っている。また標準偏差も2.87から1.67へと小さくなっています。フォローアップ調査ではやや低下したとはいえ2.33と事前調査を上回っている。設問数29項目を考慮すると、正答率は事前調査の73%から向上し事後調査88%，フォローアップ調査ではやや低下したとはいえ84%である。知識獲得と定着の状況は良好であろう。

② 較正得点〔表-3〕

較正得点（正答数-誤答数）を比較すると、事前調査13.51問、事後調査22.09問と増加し、また標準偏差も5.74から3.35へと小さくなっています。フォローアップ調査ではやや低下したとはいえ19.54問、標準偏差4.65と事前調査を上回っている。安定した知識獲得の状況が明らかである。

③ 正答数の差〔表-4〕、較正得点の差〔表-5〕

上記①、②で述べたように正答数、較正得点は確実に向かっている。正答数の事前調査

表-2 正答数の変化

	平均	S.D.
事前	21.26	2.87
事後	25.55	1.67
F-up	24.27	2.33

表-3 較正得点の変化

	平均	S.D.
事前	13.51	5.74
事後	22.09	3.35
F-up	19.54	4.65

表-4 正答数の差

	平均	S.D.
事後-事前	4.27	2.99
F-up-事前	3.04	2.81

表-5 較正得点の差

	平均	S.D.
事後-事前	8.53	5.98
F-up-事前	6.09	5.63

と事後調査の差は4.27問、事前調査とフォローアップ調査との差は3.04問、それぞれの標準偏差は2.99、2.81である。較正得点の事前調査と事後調査の差は8.53問、事前調査とフォローアップ調査との差は6.09問、それぞれの標準偏差は5.98、5.63である。正答数、較正得点の向上、ばらつきの縮小など学習効果が大きいことは明瞭である。

- ④ 知識に関する項目全29項目の結果を表-6に示した。授業内容欄、*は授業中にその設問項目に関する指導があったことを示している。

表-6 知識項目とそれに対応する授業内容ならびに通過率

番号	項目	授業内容	通過率 (%)		
			事前	事後	F-up
1	HIVは、熱に弱く、沸騰消毒で死滅する。	*	30.8	95.8	87.4
2	HIVを多く含む体液は、血液・精液・膿分泌液である。	*	91.5	98.3	98.3
3	HIVは、唾液に多く含まれる。	*	88.0	93.3	94.1
4	エイズ発症までの潜伏期は長く平均7~10年。	*	59.8	98.3	91.6
5	HIVに感染すると1年以内でほとんどの人が発症する。	*	71.8	99.2	97.5
6	HIVに感染しても症状がでないことがある。		65.8	80.7	84.0
7	HIVに感染後1週間ぐらいたてば外見で感染がわかる。	*	97.4	100.0	99.2
8	エイズの発症前であればHIVを他人に感染させることはない。	*	76.9	95.8	89.1
9	コンドームを使うことでHIVに感染させる危険性は少なくなる	*	94.9	100.0	99.2
10	不特定多数との性交渉は感染の危険が大きくなる。	*	93.2	99.2	98.3
11	妊娠がHIVに感染すると胎児にも感染することがある。	*	89.7	100.0	96.6
12	エイズは遺伝する病気の一つである。		35.0	52.9	42.0
13	エイズは、軽いキスでは感染しない。	*	91.5	98.3	96.6
14	患者・感染者と風呂・トイレを共用しても感染しない。	*	90.6	100.0	95.8
15	献血をするとHIVに感染することがある。	*	28.2	75.6	54.6
16	蚊やダニからHIVに感染があることがある。	*	45.3	99.2	80.7
17	感染者の作った料理を食べると、HIVに感染することがある。		95.7	100.0	100.0
18	HIVは、咳やくしゃみ、ジュースの回し飲みで感染しない。	*	93.2	98.3	90.8
19	HIVは、プールやお風呂で感染することがある。	*	89.7	96.6	92.4
20	エイズには、有効なワクチンがある。	*	91.5	92.4	92.4
21	エイズの検査は保健所ができる。		76.1	85.7	90.8
22	最近、エイズを完全に治す薬が開発された。	*	98.3	100.0	100.0
23	早く処置しても、エイズを治療することはできない。	*	73.5	82.4	73.9
24	早く処置すれば、エイズの発症を遅らせることができる。	*	78.6	95.0	90.8
25	HIVは、歯科治療や、鍼治療では感染しない。		65.8	79.8	78.2
26	ペットや他の動物から感染しない。		46.2	90.8	71.4
27	感染するような行為の直後の検査でわかる。		52.1	34.5	37.0
28	HIVは、DNAを持っている。		55.6	73.9	47.9
29	HIVは、自己の性質を変える特徴がある（変身力が強い）。		59.0	38.7	56.3
対象(人)			117	119	119

すでに上記①~④で述べてきたのと同様に、良好な知識獲得及び安定の状況が明らかである。全29項目中、通過率が向上し学習効果が上がったと認められるのは25項目、通過率が低下したのは4項目であった。設問18、28は事後調査では通過率は向上したが、フォローアップ調査では事前調査を下回り、大きく低下している。設問27、29は事後調査で大きく低下している。フ

オローアップ調査では事後調査を上回り、やや改善されたとはいえる事前調査から改善されておらず、マイナスの教育効果と考えざるを得ない。

中でも、変化の大きかった項目について以下に示す。

(1) 設問1「HIVは、熱に弱く、沸騰

消毒で死滅する」の結果を図一5に示した。HIVの特徴を的確に学習したことを見ている。正答は、事前調査では30.8%であったのが、事後調査では95.8%，誤答は事前調査では69.2%であったのが、事後調査では4.2%と学習効果を劇的に示している。約半年後のフォローアップ調査ではやや正答が低下し、誤答が増しているが、学習効果の安定・定着は非常に良好であると判断できる。授業内容、即ちCD-ROMで学習したことは確実に生徒は理解し、身につけることができる、と考えられる。

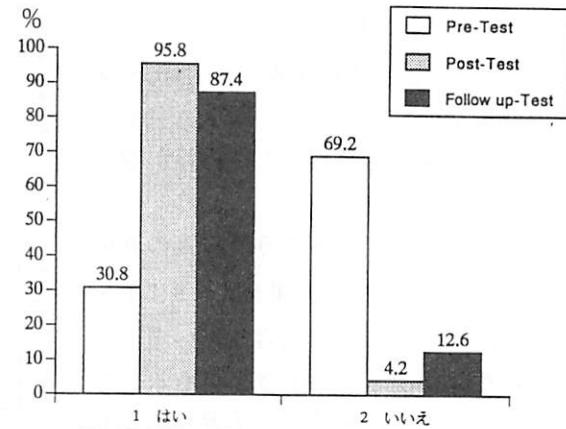


Fig.5 HIVは、熱に弱く、沸騰消毒で死滅する

(2) 設問15「献血をするとHIVに感染

することがある」の結果を図一6に示した。誤った理解、混乱した知識を的確に学習し直したことを示している。正答は、事前調査では28.2%であったのが、事後調査では75.6%，誤答は事前調査では71.8%であったのが、事後調査では23.5%と学習効果を劇的に示している。約半年後のフォローアップ調査ではかなり正答が低下し、誤答が増しているが、学習効果の安定・定着は良好であろう。ここでも授業内容、即ちCD-ROMで学習したことを生徒は理解し、身につけることができる、と考えられる。

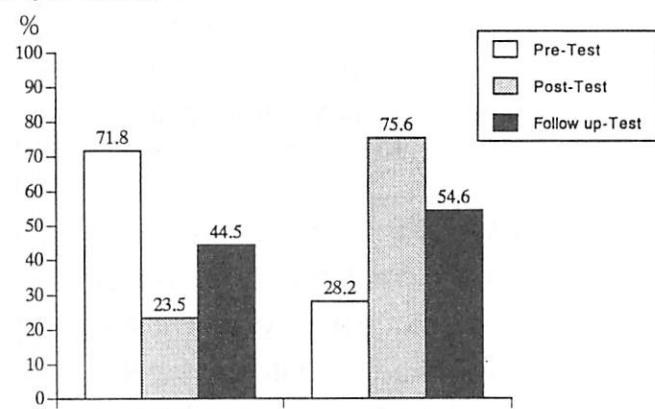


Fig.6 献血をするとHIVに感染することがある

(3) 設問18「HIVは、咳やくしゃみ、

ジュースの回し飲みで感染しない」の結果を図一7に示した。上記(1)(2)のように、CD-ROMの内容に含まれ学習した項目は、率の大きさは様々

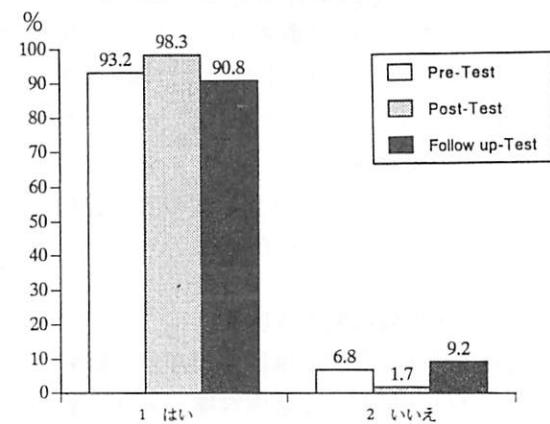


Fig.7 HIVは、咳やくしゃみ、ジュースの回し飲みで感染しない

にしろ学習効果を示している。ところが、この設問18だけはフォローアップ調査で事前調査を下回る結果を示している。正答は、事前調査では93.2%であったのが、事後調査では98.3%と向上したにも関わらず、フォローアップ調査では事前調査を下回り90.8%に低下している。誤答は、事前調査では6.8%であったのが、事後調査では1.7%と学習効果を示しているが、フォローアップ調査では事前調査以上に誤答が増加し、9.2%となっている。

- (4) 設問27「感染するような行為の直後の検査でわかる」の結果を図一8に示した。CD-ROMの学習内容に無い項目であるが、マイナスの学習効果を示している。これは、エイズを学習したことによって、恐怖感からか、もしもの場合はすぐにでもお医者さんへ、という医師への依頼心や医療への期待感が表れた、ということではないだろうか。また、エイズ・HIVに限らず、ウイルス検査・病理の検査の方法を理解している生徒はほとんど無く、その機会も無いのが現実であろう。

- (5) 設問12「エイズは遺伝する病気の一つである」の結果を図一9に、設問28「HIVは、DNAを持っている」の結果を図一10に示した。CD-ROMの学習内容に無い項目であるが、やや向上の傾向にあるとはいえ、学習効果があったと判断するには早計であろう。やはり、遺伝・DNAを知らない（本校では、理科で3年生6~7、1~2月に学習する）ので、この混乱は当然であろう。また、一方でエイズ教育のカバーすべき学問領域の広さをも示しているとは言えまい。

〈2〉 意識・態度に関する項目

- ① 意識・態度に関する項目全24項目の結果を表一7に示した。授業内容欄、*は授業

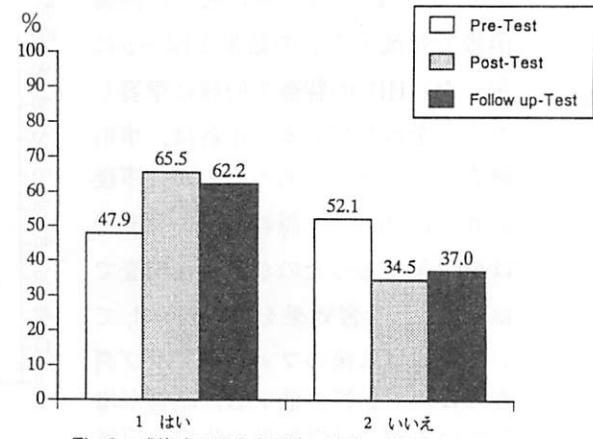


Fig.8 感染するような行為の直後の検査でわかる

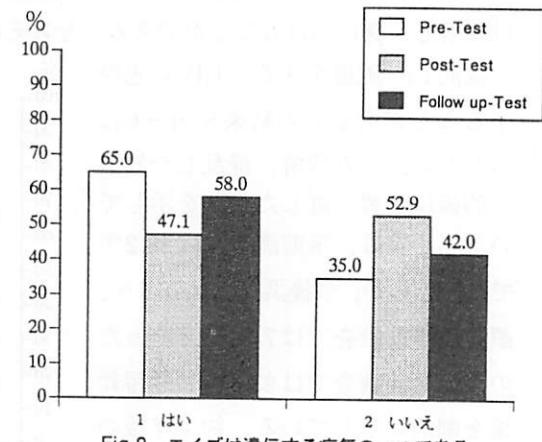


Fig.9 エイズは遺伝する病気の一つである

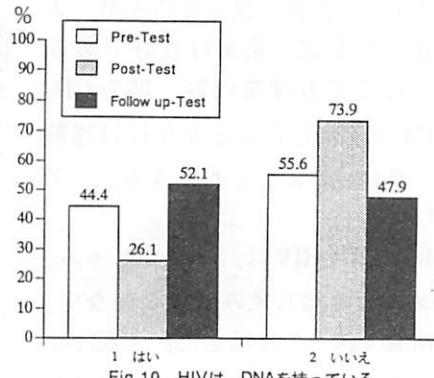


Fig.10 HIVは、DNAを持っている

中にその設問項目に関する指導があったことを表す。全体的傾向としては、望ましい、良好な変化を示している。

- ② 意識・態度に関する項目全24項目を国土ら^{51, 52)}を参考に以下(1)～(4)の4グループに分類し、中でも、変化の大きかった項目について以下に示す。

表7-1

表7 意識・態度・行動に関する項目のカテゴリー別回答

番号	項目	カテゴリー	回答率(%)			授業内容
			事前	事後	F-up	
社 会 的 差 別 意 識 HIV に 感 染 の 可 能 性 ・ 対 処	1 エイズ患者は普通に暮らすことが許されるべきであると思いますか。	1 思う 2 思わない 3 分からない	84.6 7.7 6.8	93.3 3.4 3.4	86.6 1.7 11.8	*
	2 HIVに感染した学生の通学は制限されるべきではないと思いますか。	1 思う 2 思わない 3 分からない	58.1 31.6 9.4	70.6 24.4 5.0	74.8 20.2 5.0	*
	3 HIV感染者は入学、入社させるべきではないと思いますか。	1 思う 2 思わない 3 分からない	9.4 77.8 12.0	2.5 89.1 8.4	5.0 88.2 6.7	
14	4 HIV感染者が公衆浴場やプールにいることは禁止すべきだと思いますか。	1 思う 2 思わない 3 分からない	13.7 53.0 32.5	1.7 86.6 11.8	5.9 78.2 16.0	*
	5 HIV感染者は他の人と接触しないように隔離すべきだと思いますか。	1 思う 2 思わない 3 分からない	5.1 86.3 8.5	0.0 92.4 7.6	0.0 93.3 5.9	
	6 HIV患者であることが知られたら、職(仕事)を失っても仕方がないと思いますか。	1 思う 2 思わない 3 分からない	14.5 70.1 14.5	9.2 75.6 15.1	5.0 73.9 21.0	
HIV に 感 染 の 可 能 性	14 もしHIVに感染したと思ったら検査に行きますか。	1 行く 2 行かない 3 分からない	90.6 3.4 6.0	89.9 1.7 7.6	84.0 4.2 11.8	
	18 将来自分が感染すると思いますか。	1 絶対にないと思う 2 たぶんないと思う 3 状況によって感染するかも知れない 4 やがて感染してしまうだろう 5 分からない	9.4 37.6 22.2 0.0 30.8	3.4 35.3 34.5 0.0 26.1	5.9 34.5 38.7 0.0 21.0	
	20 あなたがHIVに感染しているとわかったら家族と一緒に暮らしますか。	1 今までどおり一緒に暮らす 2 一緒に暮らすが、距離を置いて接する 3 別居する 4 分からない	35.0 19.7 11.1 34.2	61.3 9.2 7.6 21.0	47.1 12.6 7.6 32.8	
	21 もしあなたが感染した場合、他の人に対してどのような行動をとりますか。	1 今までどおり他人に接する 2 なるべく他人に接しない 3 分からない	29.1 23.9 47.0	43.7 16.0 38.7	41.2 20.2 38.7	
	22 もしあなたが感染した場合、どのように治療しますか。	1 すぐ受診し、治療を受けたい 2 経過を見てから治療を受ける 3 治療は受けたくない 4 分からない	76.1 8.5 3.4 12.0	77.3 10.1 1.7 9.2	68.9 10.1 4.2 16.8	
対 処	23 将来、もしあなたやあなたの恋人・配偶者がHIVに感染したら子どもはつくりますか。	1 つくる 2 つくらない 3 分からない	6.0 42.7 51.3	10.9 31.9 56.3	5.9 39.5 53.8	
	24 自分がHIVに感染したと分かった場合は誰に知らせますか。	1 家族 2 恋人 3 親しい友達 4 学校の先生 5 誰にも知らせない 6 誰に知られてもかまわない 7 分からない	64.1 30.8 22.2 9.4 7.7 9.4 17.1	63.0 31.1 33.6 11.8 7.6 12.6 19.3	63.9 33.6 33.6 10.1 5.0 8.4 24.4	

表7-2

表7 意識・態度・行動に関する項目のカテゴリー別回答

番号	項目	カテゴリー	回答率 (%)		
			事前	事後	F-up
7	買・売春でHIVに感染した場合は自業自得だと思いますか。	1 思う 2 思わない 3 分からない	66.7 5.1 27.4	69.7 7.6 21.8	65.5 11.8 21.8
HIV	10 家族がHIVに感染した場合あなたはどうしますか。	1 今までと同様に接する 2 なるべく接しないようとする 3 別居する 4 分からない	65.0 3.4 1.7 29.9	81.5 3.4 0.8 13.4	76.5 2.5 2.5 18.5
感 染 者 へ の 対 応	11 友人がHIVに感染していることが分かったらどうしますか。	1 今までどおりにつき合う 2 今までより距離を置いてつき合う 3 全くつき合わない 4 分からない	67.5 5.1 0.0 26.5	85.7 3.4 0.0 10.1	73.1 5.9 0.0 21.0
へ の 対 応	12 もし、恋人がHIVに感染していることを知ったらどうしますか。	1 つき合う 2 別れる 3 相手と話し合う 4 分からない	15.4 5.1 46.2 33.3	23.5 2.5 51.3 21.8	25.2 7.6 48.7 17.6
エ	8 HIV感染者のプライバシーは守られていると思いますか。	1 守られていると思う 2 大体守られていると思う 3 あまり守られていないと思う 4 ほとんど守られていないと思う 5 分からない	9.4 25.6 41.0 10.3 13.7	10.1 30.3 36.1 6.7 16.0	9.2 22.7 33.6 10.9 23.5
イ	9 HIV感染者が学校にいることを知る必要はありますか。	1 知る必要がある 2 知る必要はない 3 どちらでもよい 4 分からない	36.8 39.3 17.1 6.8	31.9 37.0 25.2 5.0	21.0 41.2 29.4 8.4
ズ	13 結婚するときには、結婚相手にエイズ検査を求めますか。	1 求める 2 求めない 3 分からない	47.0 14.5 38.5	43.7 10.1 45.4	48.7 10.9 39.5
に	15 友達とエイズについて話すことがありますか。	1 よくある 2 ときどきある 3 あまりない 4 ない	0.9 7.7 41.9 49.6	0.8 24.4 43.7 30.3	1.7 14.3 48.7 35.3
す	16 家族とエイズについて話すことがありますか。	1 よくある 2 ときどきある 3 あまりない 4 ない	3.4 14.5 30.8 51.3	3.4 18.5 36.1 41.2	3.4 16.0 40.3 40.3
情	17 エイズに関する情報源は何ですか。	1 新聞 2 テレビ 3 家族 4 友人 5 学校 6 その他	59.0 87.2 11.1 18.8 32.5 37.6	63.0 88.2 14.3 21.0 52.9 21.8	72.3 94.1 13.4 10.9 63.0 19.3
報	19 今後もHIV感染者は増加すると思いますか。	1 もっと増えて大流行する 2 あと5年ぐらいは増え続ける 3 増加は数年以内で止まる 4 1~2年以内で止まる 5 分からない	24.8 42.7 13.7 2.6 16.2	21.8 47.1 13.4 0.8 15.1	15.1 37.8 15.1 5.0 * 26.9
な		対象(人)	117	119	119
ど					

(1) 社会的差別意識

設問4「HIV感染者が公衆浴場やプールにいることは禁止すべきであると思いますか」の結

1998年3月

果を図一11に示した。 2 ; 思わない, との否定の意見が, 事前調査 53.0 % → 事後調査 86.6 % → フォローアップ調査 78.2 % と大きく増加し, エイズ患者に対する人権擁護の意識, 差別意識の排除とでもいうのであろうか, その改善が非常に大きい。知識としてきちんと理解し, 人権擁護の意識向上, 差別意識の排除が顕著に表れている。

(2) HIVに感染の可能性・対処

設問 20, 21 の結果からも正し

い理解により, 感染者の通常の生活は全く問題がない, との認識が得られたと考えられる。しかし, 設問 18 「将来自分が感染すると思いますか」 図一12 に見られるように生徒一人一人が, 我が身のこととして危機感を持っているかというと, 持ち始めてはいるが, そこまではいっていないようである。

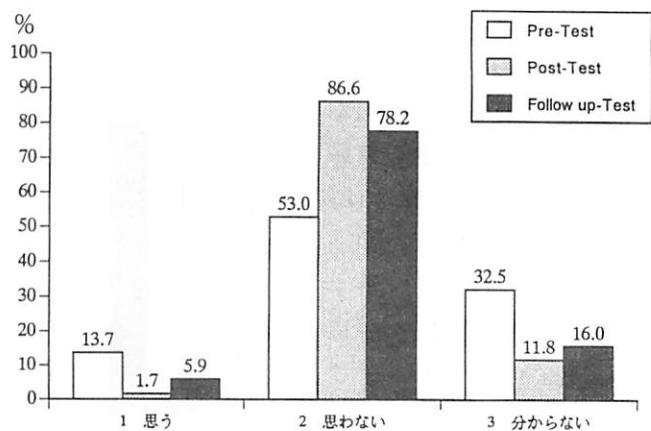


Fig.11 HIV感染者が公衆浴場やプールにいることは
禁止すべきであると思いますか

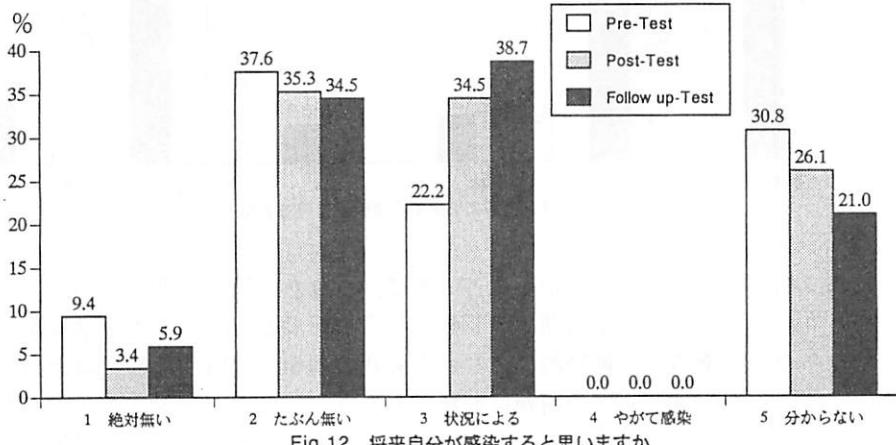


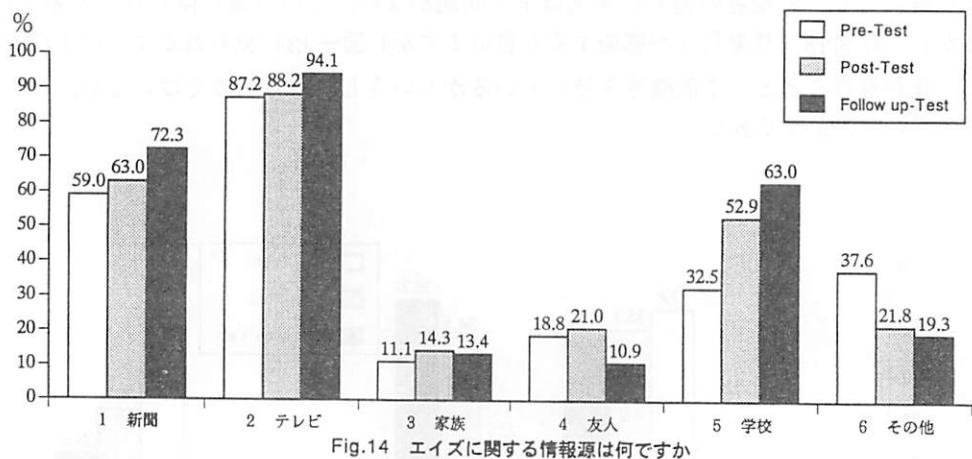
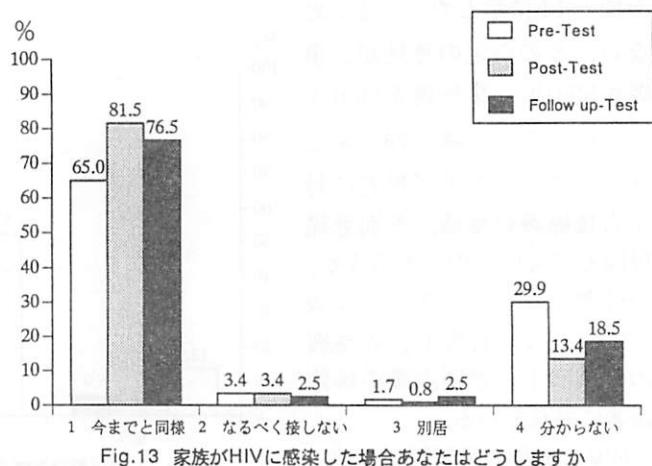
Fig.12 将来自分が感染すると思いますか

(3) HIV感染者への対応

設問 10 「もし, 家族がHIVに感染した場合あなたはどうしますか」 の結果を図一13に示した。「今までと同様に接する」 が, 事前調査 65.0 % → 事後調査 81.5 % → フォローアップ調査 76.5 % と確実に正しい理解と意識の向上が得られていることを, 設問 11 と同様に示している。しかし, 恋人が感染していることを知った場合, 買売春による感染は生徒自身に現実味がないのか, 想定しがたいのか, 判断しかねる結果を示している。

(4) エイズに関する情報など

設問17「エイズに関する情報源は何ですか。主なものを3つ選んでください」の結果を図-14に示した。中心は、やはり新聞・テレビである。変化が大きかったのは、5；学校で、事前調査32.5%→事後調査52.9%→フォローアップ調査63.0%と増大している。



る。多分それまで指導らしいものがなかったところに、たった一回一時間とはいえ授業が行われたためであろう。しかし、これが新聞・テレビに次ぐ情報源としての位置を学校が占めたということにはならないであろう。継続的に、しかも最新の情報を提供する能力は今の学校（本校）にはない。ところが、メディアの情報は最新であろうし、センセーショナルでもある。逆に、当然のことながら断片的で、体系的ではない（もちろん、それを意図した記事や番組も存在する）。このエイズの授業を終えると、必ず生徒達は質問に集まってくる。生徒達は「きちんと学びたがっている」のである。それが、この結果に表れたのであろう。

VIII まとめ

我々は、中学校（保健体育科保健の授業）におけるエイズ教育の実践、マルチメディア（CD-ROM）教材の中学校エイズ教育への適用、そしてその授業や教材を評価することを目的に本研究をおこなった。得られた結果は以下のとおりである。

- ① 特殊事情から、本来の使用形態とは異なり、教室での一斉指導による授業展開となった

が、個別に学習していく場合と比較しても遜色ない良好な結果を得た。これは、個別に学習していく場合の各個人の判断による学習の進展と異なり、全員が質や量共に共通に学習することができるメリットも生まれる、ということである。

- ② このCD-ROM教材は、中学校（保健体育科保健の授業）においてもエイズ教育に利用価値が高く、また教材として、使いやすいと言える。
- ③ 知識調査の結果、正答数、較正得点、正答数の差、較正得点の差、全29項目中25項目で通過率が向上するなど学習効果が確実に上がったことが認められた。
- ④ 意識・態度に関する調査の結果、全体的傾向としては、望ましい方向への良好な変化が認められた。社会的差別意識においては、人権擁護の意識向上、差別意識の排除が顕著に表れた。HIVに感染の可能性・対処においては、我が身のこととして危機感を持ち始めるきっかけにはなったようであるが、やや現実味に薄いようである。HIV感染者への対応においては、普通の対応をする意識が進み、エイズの正しい理解が得られたことが認められる。エイズに関する情報などにおいては、この授業実践がエイズへの意識を高めるきっかけとなり、また学校への指導の期待も認められた。
- ⑤ エイズ教育だけを考慮すると、この実践の評価は最終的には、HIV・エイズの感染率、発病率で判断されるのであろう。その点を明らかにするためには、長い年月をかけた継続的研究、追跡調査を必要とする。従って、その検討は現状ではなされていないが、現在得ることのできる範囲内でCD-ROM教材の有効性が認められた。

IX 引用・参考文献、参照

- 1) 中央教育審議会：「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について」平成8（1996）年6月18日
- 2) 西垣 通「マルチメディア」p.5 岩波書店（岩波新書）1994
- 3) 鈴木 和弘他「性指導のカリキュラム開発に関する実践的研究」学校保健研究 Vol.33 No.3 p.p.140-148 1991
- 4) クリントン大統領：「今後10年以内にエイズを克服するためのワクチンを開発。」とモーガン州立大学の卒業式で演説。1997（平成9）年5月18日
- 5) 宗像 恒次「感染爆発の可能性」「エイズの常識」p.p.8-30 講談社（講談社現代新書）1993
- 6) 原田 信志「教育だけが頼りのエイズ防止」「エイズをどう救うか」p.p.167-182中央公論社（中公新書）1997
- 7) 日本学校保健会編「エイズに関する指導の手引」第一法規出版 1992
- 8) 松本 憲子他「エイズ教育教材『マンガHIV』の製作とその評価」学校保健研究 Vol.37 Suppl. p.431 1995
- 9) 武田 裕行他「コンドーム・性交指導をめぐる論争に関する一考察—エイズ教育論争から—」学校保健研究 Vol.37 Suppl. p.433 1995

- 10) 大澤 清二「エイズ教育の本質 (1)」健康教室 Vol.44 No.11 p.p.76-82 1993
- 11) 大澤 清二「エイズ教育の本質 (2)」健康教室 Vol.44 No.13 p.p.50-55 1993
- 12) 大澤 清二「エイズ教育と知識教育の問題 (1)」健康教室 Vol.46 No.13 p.p.50-56 1995
- 13) 大澤 清二「エイズ教育と知識教育の問題 (2)」健康教室 Vol.46 No.15 p.p.74-79 1995
- 14) 角田 陸男他「中学校における性指導の系統化に関する研究」筑波大学附属中学校研究紀要 Vol.40 p.p.73-116 1988
- 15) 鈴木 和弘他「中学校における性指導カリキュラムとその実践試行に関する研究」筑波大学附属中学校研究紀要 Vol.48 p.p.89-105 1996
- 16) 渡邊 正樹他「AIDS教育におけるCD-ROM教材導入の試み」学校保健研究 Vol.38 Suppl. p.p.440-441 1996
- 17) 平成8年度関附連(於:茨城大学教育学部附属中学校)において本実践を発表したところ、多くの先生方に興味を持って頂けたが、このCD-ROM教材の存在をご存知の方は一人もなく、どのようにしたら手に入るのか、との質問もあった。(各都道府県教委に配付された他、現在日本学校保健会でレンタルできる)
- 18) 教育学研究 Vol.39 No.2 p.p.1-48 1972 (教育学実験について特集されている)
- 19) 木村 哲・山本 直樹編「AIDS/HIV感染症の最新ガイド」南江堂 1996
- 20) 「エイズ・性教育 学校はどうする」総合教育技術増刊 小学館 1994
- 21) 「エイズの文化人類学」別冊宝島67 JICC出版局 1987
- 22) ジョン・クルードソン、小野 克彦訳「エイズ疑惑」紀伊国屋書店 1991
- 23) 多田 富雄「免疫の意味論」青土社 1993
- 24) 多田 富雄・南 伸坊「免疫学個人授業」新潮社 1997
- 25) 小安 重夫「免疫学はおもしろい」羊土社 1997
- 26) 上野川 修一「からだと免疫のしくみ」日本実業出版社 1996
- 27) 安保 徹「未来免疫学」インターメディカル 1997
- 28) 野本 亀久雄「闘う免疫」現代書林 1996
- 29) 野本 亀久雄「免疫と健康」講談社(ブルーバックス) 1994
- 30) 野本 亀久雄「免疫とはなにか」講談社(ブルーバックス) 1987
- 31) 御供 泰治「たとえで学ぶ免疫学」メディカ出版 1995
- 32) 国立大学保健管理施設協議会エイズ特別委員会「エイズ 教職員のためのガイドブック」1993
- 33) 国立大学保健管理施設協議会エイズ特別委員会「エイズ 教職員のためのガイドブック II」1995
- 34) 皆川 興栄他「大学生のエイズ態度と性行動の関連性とエイズに関する全国調査結果(1993) から一」学校保健研究 Vol.39 No.5 p.p.446-453 1997

- 35) 渡部 基他「学校における性・エイズ教育推進に関する要因—DEMATEL法による構造化—」学校保健研究 Vol.39 No.4 p.p.308-315 1997
- 36) 吉宮 仁美他「中学生をもつ親をとおした性・エイズ教育の実態と意識についての研究」学校保健研究 Vol.39 No.4 p.p.364-373 1997
- 37) 荒川 長巳「ケースピネット法を用いたエイズ患者に対するイメージ及び態度の基礎的研究」学校保健研究 Vol.39 No.1 p.p.71-80 1997
- 38) 武田 敏「エイズ教育と国際保健」学校保健研究 Vol.38 No.6 p.p.519-526 1997
- 39) 松岡 弘他「性・エイズ教育教材の制作とその効果（1）生命と性を尊重する教育（節制教育のプログラム）」学校保健研究 Vol.38 No.6 p.p.593-603 1997
- 40) 戸部 和夫他「大学生とウィルス感染症—エイズ、肝炎を中心に—」学校保健研究 Vol.38 No.2 p.p.132-139 1996
- 41) 武田 敏「エイズ教育の今日的課題 モチベーション・ライフスキル・エンパワーメント」学校保健研究 Vol.37 No.6 p.p.497-502 1996
- 42) 木村 龍雄他「わが国における大学生の性・エイズに関する調査研究 第1報 性行動欲求及び性意識・性行動について」学校保健研究 Vol.37 No.5 p.p.386-400 1995
- 43) 皆川 興栄他「わが国における大学生の性・エイズに関する調査研究 第2報 エイズの教育・知識・態度について」学校保健研究 Vol.37 No.5 p.p.401-413 1995
- 44) 荒川 長巳「新入生のAIDSに対する知識と意識」学校保健研究 Vol.37 No.2 p.p.121-130 1997
- 45) 今中 正美他「大学生のエイズに関する意識及び知識調査について（第1報）」学校保健研究 Vol.37 No.1 p.p.53-59 1995
- 46) 荒川 長巳「大学生のAIDSに関する知識と意識」学校保健研究 Vol.36 No.9 p.p.641-650 1995
- 47) 青木 邦男他「エイズについての知識、イメージ、対応意識と性体験等の相互関連について」学校保健研究 Vol.36 No.9 p.p.669-677 1995
- 48) 渡部 基「青少年に対するエイズ予防の学校教育プログラムの検討—二つのタイプのプログラムによる効果の比較—」学校保健研究 Vol.36 No.5 p.p.279-289 1994
- 49) 渡部 基「エイズに関する青少年の知識・態度・行動—高等専門学校1年生を対象とした予備的検討—」学校保健研究 Vol.36 No.1 p.p.37-45 1994
- 50) 国土 将平他「大学生のエイズ知識の現状と意識・行動との関連について」第27回中国・四国学校保健学会講演集 Suppl. p.p.58-59 1995
- 51) 国土 将平他「マルチメディア教材を利用したAIDS教育の実践的研究 意識・行動に関する教育効果について」学校保健研究 Vol.39 Suppl. p.p.232-233 1997
- 52) 大塚 美由紀他「マルチメディア教材を利用したAIDS教育の実践的研究 知識に関する

「教育効果について」学校保健研究 Vol.39 Suppl. p.p.234-235 1997

53) このCD-ROMは高校生を対象に想定され作成されている

付：本研究は、平成9年度 文部省科学研究費補助金 奨励研究（B）（課題番号09923006）の援助を得て行われたものである。

付：本研究は、文部省特別推進事業・文部省科学研究費補助金による総合研究（A）「エイズ教育におけるマルチメディアの応用と評価に関する実践的研究」（代表者：大妻女子大学 大澤 清二）におけるプロジェクトの一部である。

Education on AIDS by Use of Multimedia(CD-ROM) for The Health Instruction at Junior High School

— the effect of providing general guidance in the manner of simultaneous learning, sharing one computer in the entire class —

KOISO Tohru , SUZUKI Kazuhiro , KOYAMA Hiroshi , NAKAMURA Naomi, KAKUTA Rikuo ,
KANEKO Takeo , OHSawa Seiji , KASAI Naomi and KOSHITAKA Mayumi

[Summary]

We conducted this research with the aim of providing education on AIDS at junior high school (in the health instruction as a part of health and physical education course) by use of a CD-ROM material and of evaluating such class and material.

The result obtained is as follows :

- ① While CD-ROM materials are generally designed for personal use, due to circumstances, the material concerned was shared by the entire class simultaneously. Nevertheless, the result was favorable — in no way worse if compared with personal use of such material. It means that there is a merit in that everyone shares both the quality and the quantity as they study the same topic together at the same time — whereas the result of private learning depends on the judgment of each individual.
- ② This CD-ROM material has a high utility value in giving education on AIDS at junior high school (in the health instruction as a part of health and physical education course). It is easy to use as a teaching material.
- ③ The result of this research on knowledge indicated that the effect of learning certainly improved, which is as shown in , :
 - the number of correct answers
 - the number of corrected score
 - the difference between the number of correct answers of the Pre-Test and that of Post-Test and that of Follow up-Test
 - the difference between the number of corrected score of the Pre-Test and that of Post-Test and that of Follow up-Test
 - the fact that the proportion of right answers improved in 25 items among the total of 29 items
- ④ The result of the survey on the consciousness / attitude indicated a favorable change toward a desirable direction. In the aspect of social-consciousness, improvement was found in the consciousness that human rights should be protected, while the feeling of discrimination was obviously eliminated. As for the possibility of one himself / herself becoming affected by HIV and how to deal with such situation if it

happened, not many seem to consider it in actuality, though this question seems to have served as a warning that such danger could become one's own. Regarding the problem of how to associate with those who are affected by HIV, many answered that they would normally keep company with them, from which we may conclude that proper understanding about AIDS was obtained. With respect to the source of information concerning AIDS, that the fact this class had been given acted as a factor to improve the students' awareness. Also such request that guidance be given by school was expressed.

⑤ Solely considering education on AIDS, the effect of this project will be eventually judged by the decrease of the HIV infection rate / the incidence of AIDS. Continued researches and follow-up surveys are required to clarify this point. We may therefore state that the validity of the CD-ROM material has been acknowledged, though general practice of such use of the material is yet to be considered.

コンピュータを利用したゲームデータ処理システムについて ～世界ハンドボール選手権熊本大会での処理システム～

保健体育科 小山 浩
筑波大学体育科学系 大西 武三
駒沢大学保健体育部 村松 誠

[要 約]

本報告は、1997年熊本で行われた男子世界ハンドボール選手権大会において使用された、ゲームデータ処理システムについて報告するものである。特に、システムの基本となるデータを採取する部分について詳述する。これは、1991年のハンドボールアジア選手権に向けて、日本ハンドボール協会・指導委員会（委員長大西 武三筑波大学体育科学系）の依頼で、筆者と松村誠氏（駒沢大学保健体育部）が開発したものである。その基本構想は、ゲーム後のデータ処理を即時的に行い、様々な出力帳票を得られるようにすること、広報を通して報道機関への情報提供を迅速に行うことなどを主眼とした。

1. はじめに

今年度、アジアで初めて、男子のハンドボール世界選手権が熊本で開催された。この大会に、筆者はゲームデータ処理システム管理要員として参加した。このシステムの構築には、大会運営事務局や日本電気株式会社（以下NEC）をはじめとした多くのシステムエンジニアが関わった。その基本構想は、1991年のハンドボールアジア選手権に向けて、（財）日本ハンドボール協会・指導委員会（委員長大西武三筑波大学助教授）を通し、筆者と村松誠氏がその基本部分の作成を行ったことにさかのばる。その後、国内で開催された多くの国際大会や全国大会での運用を重ね、各種世界大会でのシステムの動向を把握しながら、徐々に改良を加えていった。ここでは、今回の熊本での処理システムが構築されるまでの歴史とその概要や問題点を整理し、次回以降の大会や他競技でのシステム構築の参考とするべく、報告するものである。

2. ゲームデータ処理システムの歴史とその意義

今日に至るまでに、世界各国で多くのハンドボールの競技大会が開催してきた。まず、そうした大会で報告された、試合後のデータ出力内容やデータ入力方法を比較し、処理システムの変化をまとめる。

(1) 各大会での試合データの出力内容・入力方法の変化

調べる範囲での報告になるが、資料1に各大会での出力帳票の一覧を示す。コンピュータを利用したゲームデータの出力は1984年のロサンゼルスオリンピックに始まると思われる。当時は、コンピュータもいわゆるメインフレームが使われ、手書きデータを接続された端末機から入力し、一括処理・集計をしていた。その後しばらくゲームデータの入力は手作業によるところが多かった。ゲームデータをリアルタイムで入力するようになったのは、1990年の北京アジア大会からである。これは、ゲームを見ながら、その場でデータをキーボードか

ら入力する方式であった。入力要員が観察要員の指示により、その指示通りキーを打つというものであった。キーボードによるデータ入力から一步進み、パーソナルコンピュータ(以下PC)に接続した電磁式ボード(タブレット)をペンで触れてデータを入力する方式が、1990年のチェコの世界選手権で登場した。タブレットによる入力の利点は、ハンドボールのコートをタブレット上に描くことで、ユーザーインターフェイスが改善され、データ入力がスムーズになったことである。これ以後、入力情報の量が増え、それに伴い出力帳票の種類も増える傾向にある。そして、1997年熊本の世界選手権では、ノート型PCの画面上に描かれた入力図からデータをマウスで選択する方式が開発され、過去の大会で出力された全ての帳票を提供できるようになった。

(2)日本での開発の経緯

ここでは、システムの入口ともいえるデータ入力方法の変遷をまとめた。日本ではまず、キーボード対応方式による開発から始まった。事象(ゲーム中の選手の攻守・Event)を記号化し、その記号に対応したキーを打鍵することでデータを入力していった。次に、1991年の広島アジア選手権からタブレットによる入力方式を採用した。タブレット入力方式は、タブレットシート上のポイントとPCの画面上の点を対応させ、その点に応じた内容を判断するものである。この考え方は、その後登場したペン入力パソコン(以下ペンPC)を利用した方式でも受け継がれた。資料2(1~4)にタブレットの入力シートの変遷とペンPCの画面上に描かれた入力図を示す。また、プログラム開発言語はMS-DOS¹版のN88Basic²であった。次に、1997年の熊本世界選手権では、カラー画像が表示できるノート型PCの登場により、入力方法をマウスを使ったシステムに変更した。ここでも、入力方法の基本はペンPCまでの考え方が踏襲された。つまり、画面上の入力図をポインティングすることで事象を選択する方式であり、ゲームの様相により近づけたデータ入力環境が構築された。開発は、Visual Basic³版の試作ソフトを元にシステム開発会社(株式会社熊本情報処理センター:以下KIS)に委託し、プログラム製作が行われた。

(3)システムの意義

ゲームデータは「スコアをつける」と言われるよう、記録ノートやスコアブックに記録し、保存される。その意義は、ゲーム分析をすることにあるが、次のように整理される。

- ①ゲームの内容の記録とその反省。
- ②次のゲームを目指したトレーニングの指標を得る。
- ③個人・チームの評価データを得る。
- ④対戦チームの評価(スカウティング)を行う。

こうしたことは従来、手書きでスコアブック等に記されたデータを手計算したり、再度PCにデータを入力し直し、集計作業を行うことが多かった。そこにかかる時間と労力は多大なものであった。これを、ゲーム終了後短時間で、いわゆるリアルタイム処理を行うことで、分析や考察をじっくり行えるようにする必要がある。また、最近の傾向として、広報への活用面も浮上してきている。報道関係者に競技の内容をよりわかりやすく、速報性の高い情報として提供し、競技の広報に役立てようとするものである。そのため、今回のシステムに関しても、ゲーム分析と報道関係への速報性を考慮しながら、次項のように基本プログラムを構築した。

3. 基本プログラムの構築

本報告は、熊本世界選手権で使用されたシステムの構築に必要な基本的な考え方を中心

にまとめる。まず、システム構築のために、次のようなPCを用意し、ゲームを見ながらデータの記録をリアルタイムで行うことを想定しながら、開発に取り組んだ。

(1)PC利用の基本環境

①本体：ノート型PC(ペンPC、マウス対応PC)

※基本的にMS-DOSが動作するPCで携帯性に優れたもの

主な仕様

- ・CPU i486SX^{*4}以上
- ・メインメモリ 3.6Mb以上 (Windows^{*5}版を使用するには16Mb以上)
- ・画面解像度 640×480ドット 256色以上の表示
- ・内蔵ハードディスクドライブ (HDD) 80Mb以上
プログラムインストール用、およびパーティションをきり、2分割した場合一方をデータディスクとして使用する。
- ・フロッピーディスクドライブ (FDD) 1基
プログラムをインストールするためのディスクやデータ保存ディスクを装着する。

②プリンター：A4サイズ印刷可能なもので、印字速度が速いもの

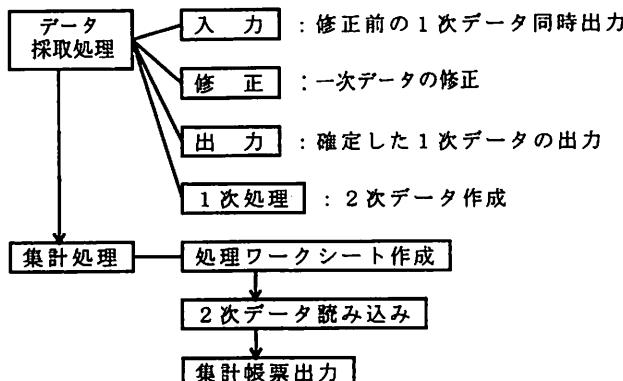
③基本ソフト

- ・プログラムを作成する開発言語
N88Basic (MS/DOS版) or Visual Basic/for Windows
- ・ゲームデータ記録集計プログラム
N88Basic, Visual Basicで開発したゲームデータを記録するためのプログラム。
- ・集計表の作成、各種帳票出力のためのアプリケーションソフト
Lotus1-2-3^{*6} or Excel^{*7} or Access^{*8}

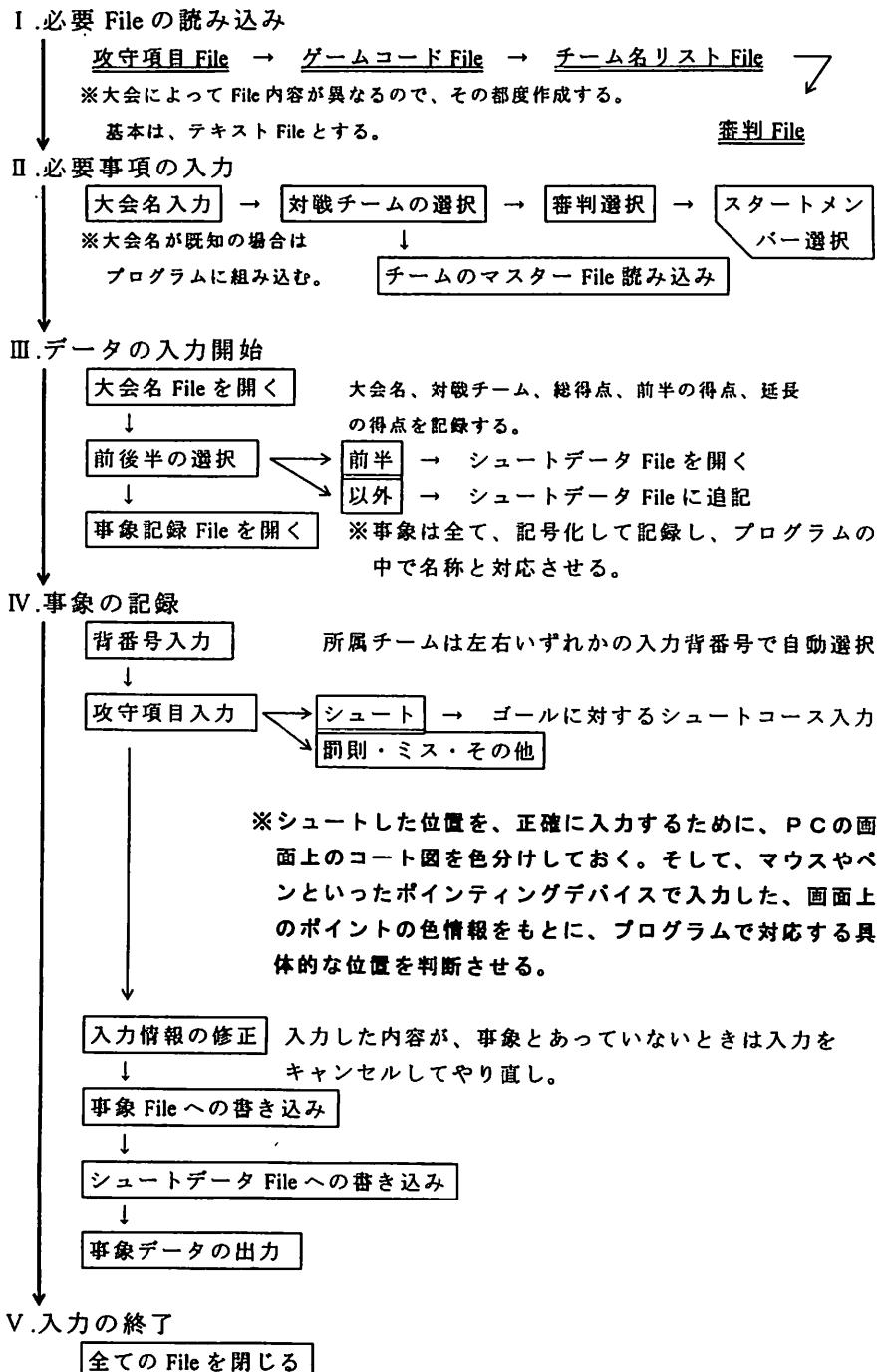
(2)プログラムの開発

①設計：次のような目的を達成できるように工夫した。

- ・データ入力を容易にすべく画面構成にコート図を取り入れ、ゲームに近い入力環境をつくる。
 - ・ゲームの内容記録と集計結果の出力をリアルタイムで行えるようにする。
 - ・その結果を分析し、練習内容の検討を容易にする。
 - ・個人およびチームの評価を行いやすいように集計表を作成する。
 - ・他チームのスカウティングが容易にできるように出力結果をできるだけ、図表化する。
- これに基づき、次のような流れを考案した。



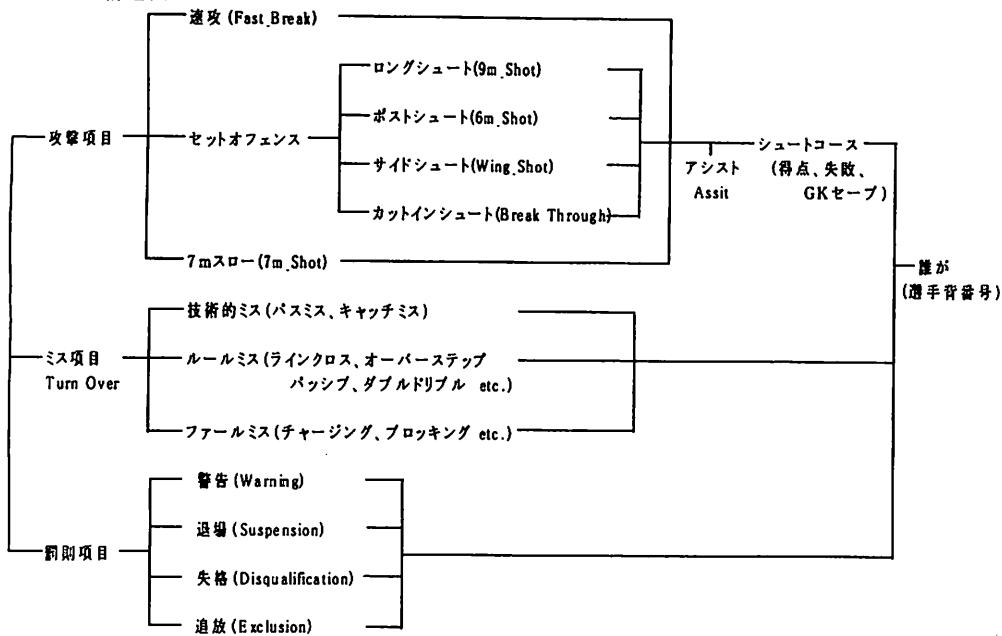
②プログラムの作成：①の流れにそってプログラムを作成したが、このうち最も中心となる入力プログラムの流れを次に示す。



③入力項目の構造とその定義

②で作成した入力プログラムで採取されるデータの種類とその構造と定義を次に示す。

入力項目の構造図



※以下（　）内は、略号。

○ 6m Shot (6m)

ディフェンスの裏側、もしくは横でパスを受けシュートした場合に判定される。また、ディフェンスの直前でパスを受け、切り返してシュートに持ち込むプレイも含む。ポストでのスカイプレイも6mシュートとして判定される。左、右(LEFT, RIGHT) のポジションがある。

○ Wing Shot (WING)

ディフェンスの一番端の防御者の外側からシュートした場合に判定される。サイドでのスカイプレイは、サイドスカイプレイとして判定される。左、右(LEFT, RIGHT) のポジションがある。

○ 9m Shot (9m)

フリースローライン付近から打ったシュートに対して判定される。いわゆるロング・ミドルシュートであり、ディフェンスの間を割り込まずに、デフェンスライン越しに打たれたシュートである。ロングディスタンスシュートという場合もある。左、右、中央 (LEFT, RIGHT, CENTER) のポジションがある。

○ Break Through (BT)

1対1を突破し、ディフェンスの間を割り込んでのシュートに対して判定される。また、ディフェンスの間を走り抜けながらパスを受けてシュートした場合にも判定される。

○ Fast Break (FB)

相手ボールを獲得後、連続してスピードにのった攻撃をしけけ、ディフェンスが完全な防

御体形をとる前にシュートした場合に判定される。GKの直接シュートもFBとして判定される。

○ 7m Shot (7m)

明らかな得点チャンスでの反則により、シュートが成功しなかった場合に判定される。

○ 7m Adjusted

シュート時に反則を受け、審判が7mスローを判定したときに、反則を受けた選手に記録される。

○ Turn Over (TO)

技術的なミス（パス・キャッチミス）、ルールミス（ラインクロス、オーバーステップetc.）やオフェンスファウル（ブッシング、チャージングetc.）により、相手にボールを奪われた場合に判定される。

○ Steal (ST)

ディフェンスの選手が、攻撃側のボールをインターセプト（パスカット）したときに判定される。

○ Warning (WAR)

Yellow Card : 警告。

○ 2Minutes Suspension (2M)

2分間退場：当該選手はコートから出なければならない。

○ Disqualification (DIS)

Red Card : 失格 -- 当該選手は、ベンチから立ち去らねばならない。他の選手の2分間退場を伴う。

○ Exclusion (EX)

追放 : 当該選手は、競技会場から立ち去らねばならない。

他の選手の2分間退場を伴う。

○ Assist (A)

シュートが成功した場合や7mAdjustが判定された場合に、当該選手にパスをした選手に記録される。Steal や Break Throughからのシュートの際は判定されない。

○ シュートコース

Up-Left	Up-Middle	Up-Right
Middle-Left	Middle-Middle	Middle-Right
Bottom-Left	Bottom-Middle	Bottom-Right

ゴールは9分割され、コースが決定される。
(シューターから
ゴールを見た場合)

1998年3月

シュートの結果は、各シュートコースごとに、Goal（得点）、Saved（GKのセーブ）があり、そのほかにFail（ゴールの枠外）がある。

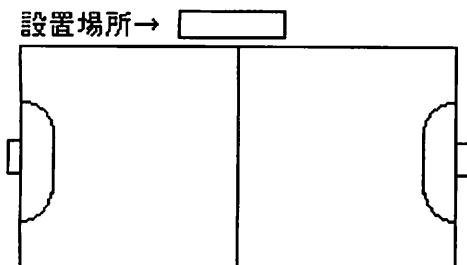
④操作要員（オペレーター）：入力要員1人、チェック要員1人を必要とする。

※入力項目の判定をより正確に行うためには、判定員を別におく。

4.PC利用の実際

構築されたシステムの運用とその手順は次のように行う。

(1) 機器のセット

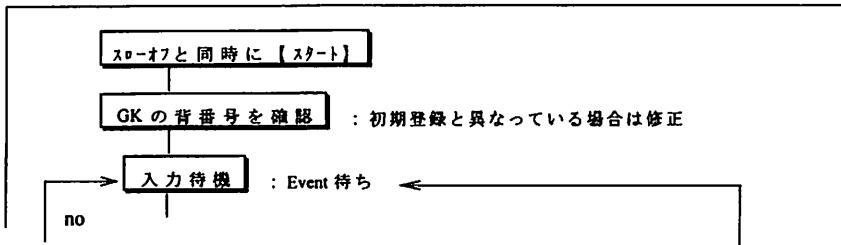
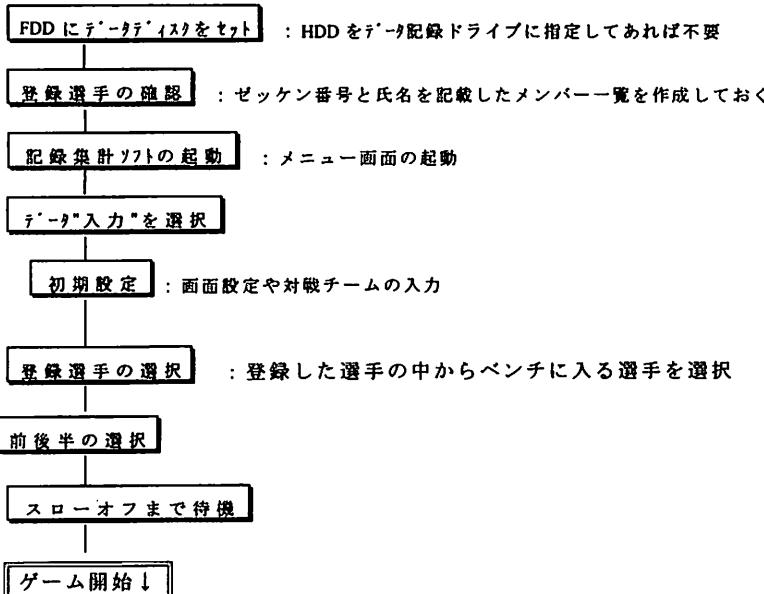


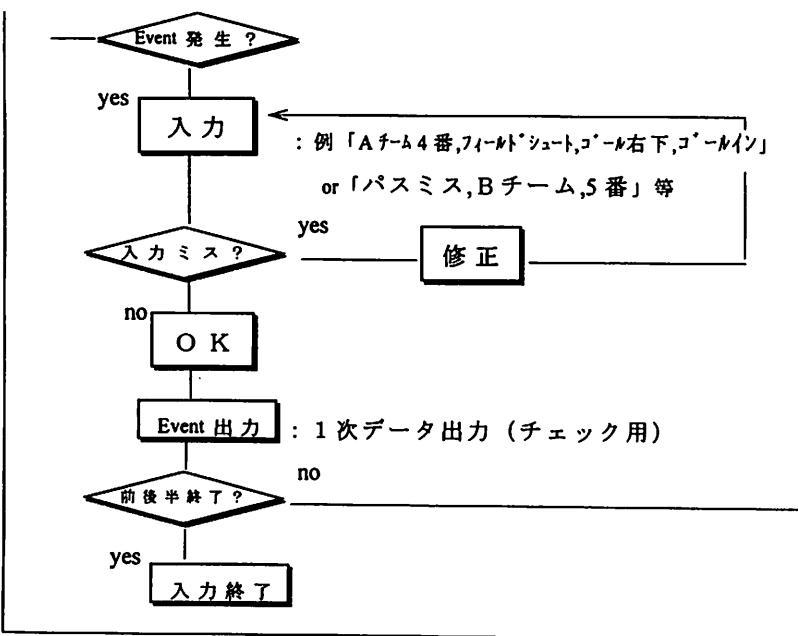
コートの左右を均等に見られる位置に設置する。

※オフィシャルサイド、メインサイドのどちらでも良い。

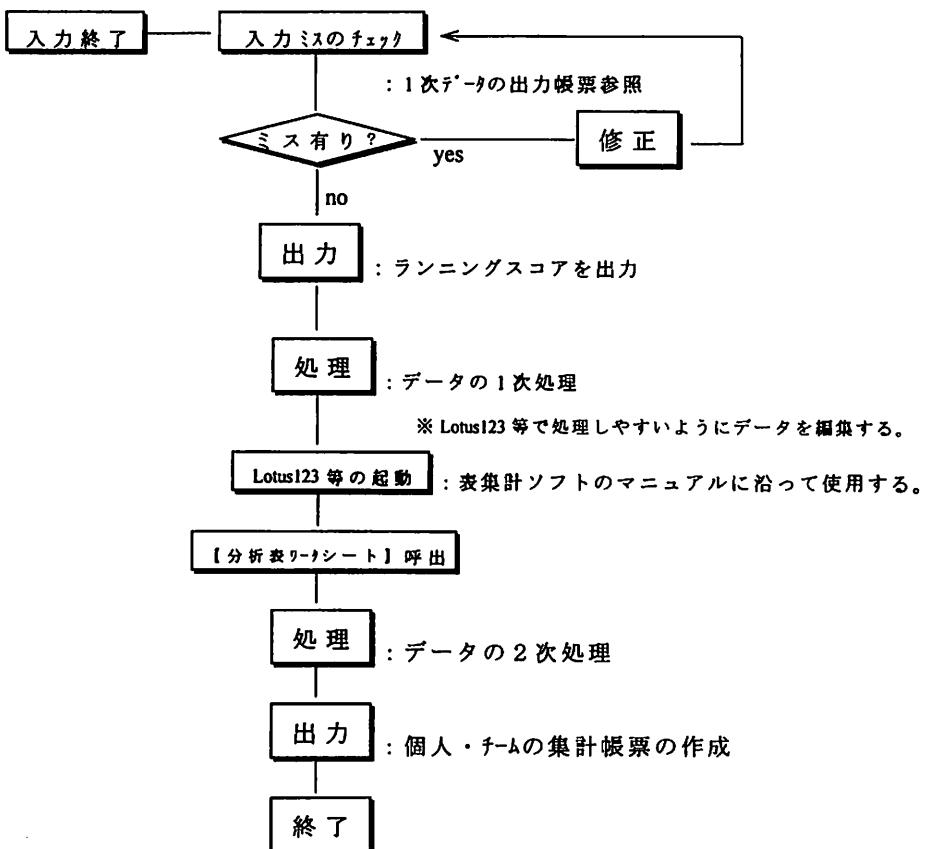
テーブル上に、ノート型PCとプリンターを接続して待機する。

(2)PCの操作





(3)入力終了後のデータの処理



(4) データ入力、PC保守上の注意点

- ・プリンターの用紙切れに注意する。
- ・入力途中で、入力ミスに気づいたら出力した用紙にチェックを入れておき、ゲーム終了後に修正する。
- ・PCのバッテリーが空にならないように常に充電しておく。大容量バッテリーを用意すると良いが、室内ならばAC電源を用いるほうがよい。
- ・屋外で使用する際は、本体を透明な薄いビニールシートで覆い、砂等の塵埃の混入を防ぐ必要がある。

5. 出力結果の具体例

実際の大会で使用し、得られた結果を資料3～6に示す（1997年5月～6月に熊本で実施された世界選手権のゲームより）。

資料3：ゲーム中のランニングスコア

資料4：チーム・個人のポジション別集計表

資料5：コートプレイヤーの得点ランキング表

資料6：GKのセーブランキング表

以上が、基礎資料としてゲーム終了後、リアルタイムで出力可能なものである。これをもとに、様々な集計処理を施して、次のような処理のバリエーション（資料7～9）を得ることができる。

資料7：得点の時系列変化グラフ

資料8：チームのポジション別得点率グラフ

資料9：個人のシュートコース図

6. まとめと今後の課題

本報告では、システムの基本部分について述べてきた。しかし、世界選手権レベルの国際大会では、ゲーム会場が数カ所に分散する。そのため、ゲームデータ処理の即時性を実現するためにはネットワークシステムを併用する必要がある。熊本大会では、4会場を通信回線で結んでネットワークシステムが構築された。これは、NECとKISによって開発されたものであるが、ここに概要を紹介しておく（資料10）。メイン会場は熊本ドームであり、システムの中核となった。この会場内は高速の通信専用回線で結ばれた。他の会場は、メイン会場から離れていた（県内各地）ため、NTTのISDN回線が利用された。大会前に、事前のテストは行われたが、大会が始まってからのデータ量は予想しがたいものがあり、質と量に余裕を持って通信回線を確保しておく必要がある。

次に、実際のゲームデータの入力にあたっては、以下のような点が課題としてあげられた。

(1) 入力要員の養成と研修

タブレット入力、PCの画面へのペンタッチ入力やマウス入力により、ゲームの様相に即した、ビジュアルな入力環境が構築されていることもあり、機器操作や入力方法の研修には多くの時間を割く必要がなくなった。しかし、大会の規模が大きくなるほど、多くのオペレーターが必要となり、研修期間が長くなる。熊本大会の場合は、約2ヶ月間、毎週土日を利用し

て集中的に行つた。資格は特に必要としなかつたが、ハンドボールの基本的な知識（ルール）と実技経験をある程度有する者が望ましい（大学生以上のハンドボール経験者）。研修では、機器操作や入力方法だけでなく、入力項目内容の共通理解をはかる必要がある。ゲームを見ながらの入力では、事象に対する判定基準が入力要員によって揺れがちである。よって、より正確なデータを採取するために、先に述べた入力項目の一覧をもとに、意見を交換しながら相互の理解を深める必要がある。

(2)入力方法（ペン入力、マウス）

ペン入力は、ポインティングデバイスとして非常に優れている。ただ、基本ソフトの問題で、入力タイミングと画面の反応にズレが生じることがある。今後、PCの性能が向上し、ペンPCの普及とあわせ、機器と基本ソフトが安定してくれれば使いやすくなると思われる。

マウス入力は、その操作方法が、PCの普及により一般に認知されてきており、戸惑うことなく使用できるようになってきている。しかし、PC操作の初心者には、まだ扱いにくい点もある。

いずれの方式も一長一短があり、入力方法として最も望ましいのは、タッチパネル方式となろう。しかし、機器が高価になるため、大規模な大会で多くの企業のバックアップが必要となる。また、現時点でも、運搬が容易で省スペース、ハイスペックのノートPCが高価なこともあります、国際大会以外での活用は困難という状況もある。

次に、ゲーム終了後のデータの流れと出力帳票の流れについては以下の点が課題としてあげられる。

(1)ゲーム終了後、公式データとの突き合わせ

本システムで出力したデータは、公式なものではない。オフィシャル席で資格のある者が、決められた書式の記録用紙に手書きで記載したものが、オフィシャルスコアとなる。これに審判がサインして、ゲームが成立する。このオフィシャルスコアと出力データを突き合わせる必要がある。この間隔をいかに短くするかが、大会中のシステム運用のポイントになる。ゲーム終了後すぐに、システム運用者にオフィシャルスコアのコピーが渡るように手順を決めておく必要がある。そのためには、大会本部や報道、システム運用関係者と事前の打ち合わせをし、相互理解を深めておくことが重要である。

(2)修正の迅速化

データの入力には、入力ミスがつきものである。これをスムーズに修正するには、データのファイルを逐次更新できるようにしておく必要がある。これには、単一PCシステムでは無理であり、サーバーを導入したLANを組んでおく必要がある。熊本大会では、大会後半になるにつれ、入力ミスもほとんどなくなり、ネットワークシステムも効率的に稼働し、修正もスムーズに行われ、その後のデータの流れも迅速に行われた。

今後、PCの性能の向上や基本ソフトの開発で、よりユーザーインターフェースに優れたシステムが登場することが予想される。以上に述べてきたことをふまえ、そうした環境の変化に対応しながら、より簡単で使いやすく、コンパクトなシステムが構築され、様々な大会で活用されるようになることを期待したい。

1998年3月

参考文献

- ・「実践ハンドボール」 渡辺慶寿, 大西武三, 川上整司著 大修館 1977.6
- ・「システム設計」 吉谷龍一著 1993.8 日経文庫(139)
- ・「ハンドボール指導教本」 日本ハンドボール協会 大修館 1994.6
- ・「スーパーSEがすすめる知のモデリング」

板倉稔, 橋本恵二著 日科技連出版社 1996.12

¹MS-DOS, ³Visual Basic, ⁵Windows, ⁷Excel, ⁸Accessは米国マイクロソフト社の登録商標。

²N88Basicは日本電気(株)の登録商標。 ⁶Lotus1-2-3は米国ロータス社の登録商標。

⁴i486SXは米国インテル社の登録商標。

資料1 集計システム出力帳票一覧

項目	年度 開催地 大会名	1984	1986	1988	1989	1989	1990	1991	1991
		ロスアンゼルス オリンピック	ソウル アジア大会	ソウル オリンピック	デンマーク 女子世界ハンド	北京 アジア選手権	北京 アジア大会	チエコ 男子世界ハンド	広島 アジア選手権
(1) ランニングスコア		○	○	○		○	○	○	○
(2) 個人得点表		○	○	○		○	○	○	○
(3) ポジション別 ショット得点数	チーム別	○	○	○		○	○	○	○
(4) ポジション別GK阻止			○	○		○	○	○	○
(5) 得点ランキング		○		○	○	○	○	○	○
(6) GK阻止ランキング					○	○	○	○	○
(7) アシスト		○		○		○	○		
(8) 予選リーグ対戦表		○	○	○	○	○	○		
(9) 決勝トーナメント対戦表								○	○
(10) 得点経過グラフ					○		○	○	
(11) チーム別合計得点表								○	
(12) コース別得点表								○	
(13) チームポジション別ショットのコート図								○	

項目	年度 開催地 大会名	1992	1993	1994	1995	1995	1996	1996	1997
		バルセロナ オリンピック	スウェーデン 男子世界ハンド	アイスランド アジア大会	オーストリア 男子世界ハンド	女子世界ハンド オリンピック	アトランタ ヨーロッパ選手権	日本 男子世界ハンド	
(1) ランニングスコア			○	○			○	○	○
(2) 個人得点表			○	○	○	○			○
(3) ポジション別 ショット得点数	チーム別	○	○	○			○	○	○
(4) ポジション別GK阻止		○	○	○	○	○	○	○	○
(5) 得点ランキング			○	○	○	○			○
(6) GK阻止ランキング				○	○	○			○
(7) アシスト			○						
(8) 予選リーグ対戦表					○	○		○	○
(9) 決勝トーナメント対戦表									
(10) 得点経過グラフ			○	○		○	○	○	
(11) チーム別合計得点表				○	○		○	○	
(12) コース別得点表					○	○	○	○	
(13) チームポジション別ショットのコート図					○	○	○	○	

出力帳票の説明

(1) ランニングスコア

当該試合に関して、出場した選手の事象（選手のプレイ項目）、得点、チーム、個人名が時間順に記されたもの。

(2) 個人得点表

当該試合に関して、チーム名、ベンチ入りした選手個人名、得点、コーチ名、審判名が一覧となって記されたもの。

(3) ポジション別：シュート数・得点数

当該試合に関して、各選手のポジションごとのシュート数・得点数、罰則、ミス、アシスト数を記録したもの。同時に、チームのポジションごとのシュート数・得点数の合計したもの。

(4) ポジション別GK阻止

出場したゴールキーパー（以下G K）の、相手シューターに対するポジション別シュートの阻止数。

(5) 得点ランキング

大会に出場している全選手の得点順位表。

(6) GK阻止ランキング

(4)で求めたG Kの阻止数にもとづき、その合計をもとめ、順位を決めたもの。

(7) アシスト

定義が、各大会で一定していない。熊本大会では、国際ハンドボール連盟（以下I H F）での確認をとり、本文中の定義をした。詳細は本文参照。

(8) 予選リーグ対戦表

予選リーグの対戦表であるが、大会各日の終了後に記載される。対戦結果と勝敗、勝ち点が記載される。

(9) 決勝トーナメント対戦表

予選を勝ち抜いたチームの、決勝トーナメントでの勝ち上がり図。試合結果と順位戦への出場状況が記載される。

(10) 得点経過グラフ

横軸に時間の経過、縦軸に得点の累計をとり、折れ線グラフとして表示したもの。

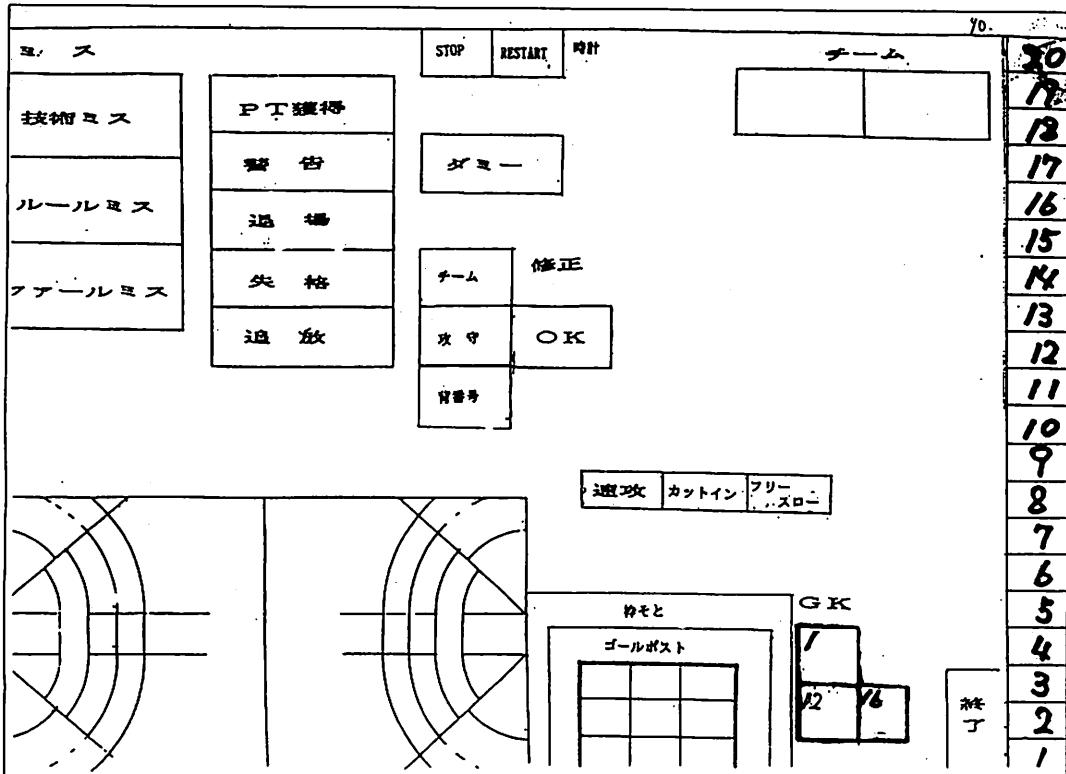
(11) ゴールコース別得点集計表

ゴールを9分割した図に、各区画ごとのチームの得点数を記入したもの。当該試合とチーム総合計がある。

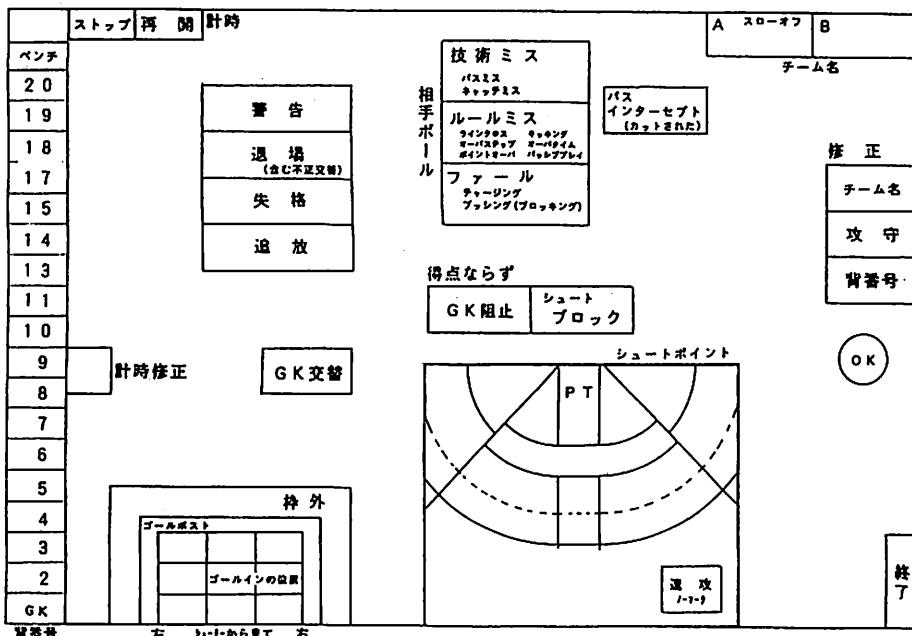
(12) チームポジション別シュートのコート図

コート図上に、各ポジション別のシュート数と得点数を表記したもの。

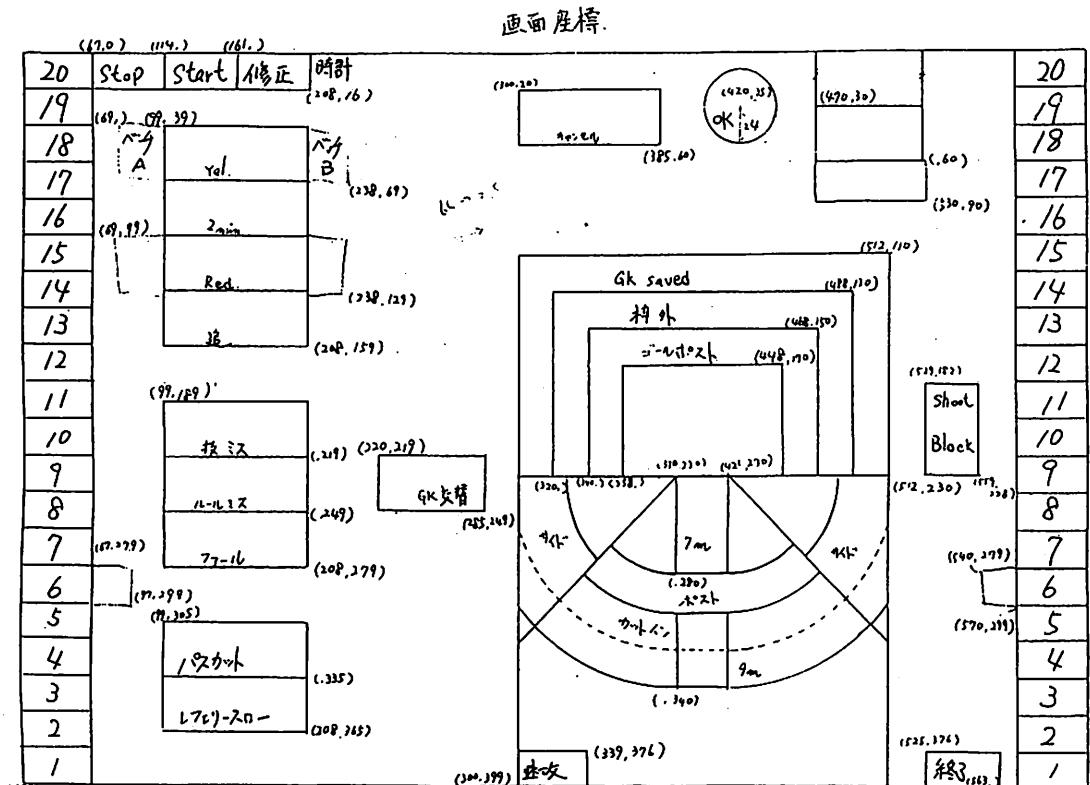
1998年3月



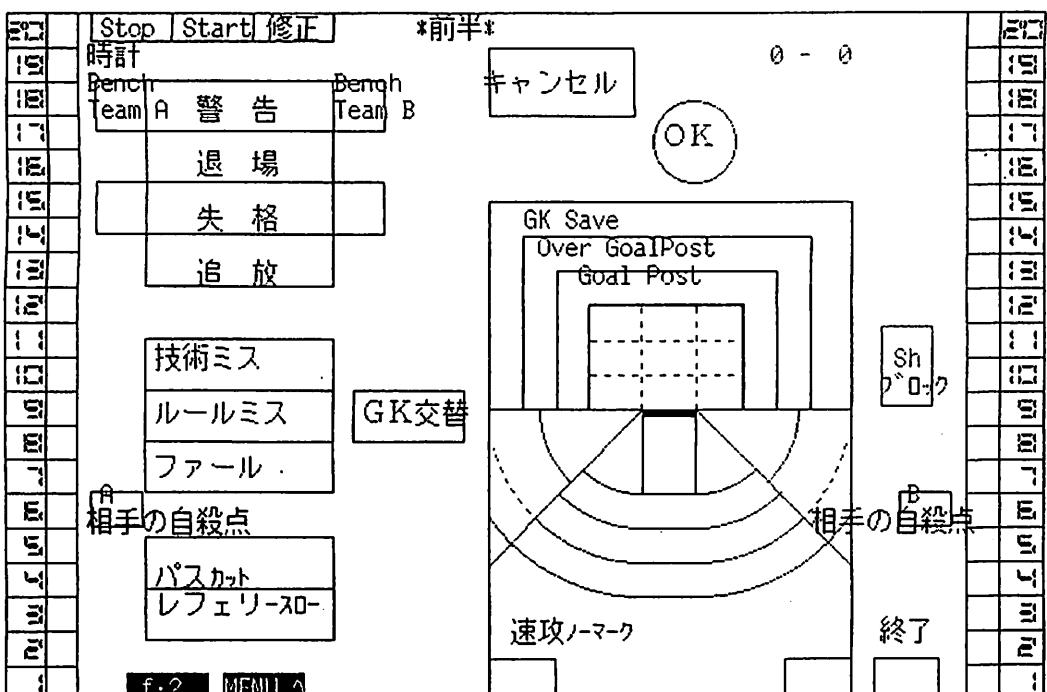
資料2-1 1990年最初に開発したタブレットシート



資料2-2 1991年アジア選手権（広島）用に作成したタブレットシート



資料2-3 1994年アジア大会（広島）用に改良途中のシート



資料2-4 1994年以降 ペンPC画面の入力図

1998年3月



The Organization Committee for the 1997 Men's World Handball Championship
4-10 Joto-machi, Kumamoto 860 Japan Tel: 01-96-352-1997 Fax: 01-96-352-1911

RUNNING SCORE

>>Corrected<<

KA312

Print Date: Sat, May 31, 97

SEMI-FINALS

HUNGARY-SWEDEN (19-31)

PARK DOME KUMAMOTO Sat, May 31, 97 Start Time: 18:00

HUNGARY	HUN	19	V.S.	31	SWE	SWEDEN
		1st	7-14			
		2nd	12-17			

Referees: ARNALDSSON S.(ISL)
ERLINGSSON R.(ISL)

HALF: 1st Half (HUN - SWE)

Time	Action	Score	Team	No.	Name	AS
29:35	Turn Over		HUN	6	ELES Jozsef	
29:27	Fast Break		SWE	7	FRAENDES JOE Martin	
29:07	Turn Over		HUN	7	GULYAS Istvan	
28:59	Turn Over		SWE	8	PETTERSSON Johan	
28:46	Left 6m Shot		HUN	14	ZSIGMOND Gyorgy	
28:06	7m Adjusted		SWE	4	SIVERTSSON Thomas	
27:33	7m Throw		Bottom Right Goal	0-1	LOEVGREN Stefan	
27:08	Turn Over		HUN	5	ELES Jozsef	
26:51	Right Wing Shot		SWE	8	PETTERSSON Johan	
26:36	Left 9m Shot		Bottom Left Goal	1-2	KIS Akos	
25:59	Right 9m Shot		Bottom Left Saved		OLSSON Staffan	
24:47	Right 6m Shot		Bottom Right Goal	2-2	HUN 14 ZSIGMOND Gyorgy	6
24:12	Turn Over		SWE	13	OLSSON Staffan	
24:04	Turn Over		HUN	2	BERGENDI Zoltan	
23:43	Warning		HUN	3	KIS Akos	
23:39	7m Adjusted		SWE	13	OLSSON Staffan	
23:27	7m Throw		Bottom Right Goal	2-3	LOEVGREN Stefan	
22:47	Left 9m Shot		Bottom Left Goal	3-3	HUN 2 BERGENDI Zoltan	
22:23	7m Adjusted		SWE	13	OLSSON Staffan	
22:14	Warning		HUN	15	PASZTOR Istvan	
22:07	7m Throw		SWE	9	LOEVGREN Stefan	
21:33	Left Wing Shot		Goal Post		HUN 15 PASZTOR Istvan	
21:05	7m Adjusted		Fail		SWE 4 SIVERTSSON Thomas	
21:03	Warning				HUN 5 MEZEI Richard	
20:57	7m Throw		Bottom Right Goal	3-4	SWE 9 LOEVGREN Stefan	
20:03	Warning				SWE 4 SIVERTSSON Thomas	
19:57	7m Adjusted				HUN 14 ZSIGMOND Gyorgy	7
19:50	7m Throw		Bottom Middle Goal	4-4	HUN 6 ELES Jozsef	
19:09	Center 9m Shot		Bottom Right Saved		SWE 3 WISLANDER Magnus	
18:56	Turn Over				HUN 15 PASZTOR Istvan	
18:44	Fast Break		Bottom Right Saved		SWE 8 PETTERSSON Johan	
18:12	Left Wing Shot		Bottom Left Saved		HUN 15 PASZTOR Istvan	
17:20	Center 9m Shot		Bottom Right Saved		SWE 9 LOEVGREN Stefan	
16:30	Turn Over				HUN 7 GULYAS Istvan	
16:26	Turn Over				SWE 3 WISLANDER Magnus	
16:01	Turn Over				HUN 3 KIS Akos	

Page: 1/4

資料3 ゲーム中のランニングスコア



The Organization Committee for the 1997 Men's World Handball Championship
4-10 Joto-machi, Kumamoto 860 Japan Tel:01-96-352-1997 Fax:01-96-352-1911

◇STATISTICS OF TEAM RESULTS >>Corrected<<

Print Date: Sun Jun 1 97

- (01) ISL 24 - 20 JPN
 (03) YUG 22 - 19 JPN
 (22) JPN 23 - 20 KSA
 (38) ALG 14 - 24 JPN
 (50) JPN 15 - 24 LTU
 (64) FRA 22 - 21 JPN

JAPAN**JPN**

As Of Tue, May 27, 97

No.	Name	COURT PLAYERS						A	TO	ST	PUNISHMENT			G		
		6M	WING	9M	BT	FB	7M	M/A	%		WARN	2M	DIS			
1	HASHIMOTO Yukihiko		0/1				0/1	0		3	2				6	
2	TAKAGI Koji		5/7				5/7	71.4		2	1				3	
3	UOZUMI Kazuhiko		1/2		3/4		4/6	66.7		2	3	1	3	4	6	
4	SASAKI Norihiro		1/4	1/1			2/5	40		1	4		1	1	5	
5	TOMIMOTO Eiji		13/29	3/7	0/2	1/1	17/39	43.6		13	16				6	
6	KAKUTANI Yuji					1/1	1/1	100		1	1				3	
7	NAKAYAMA Tsuyoshi		3/4	13/21	7/7	0/1	23/33	69.7		20	19		1	2	6	
8	IWAMOTO Masanori		1/1	4/7	5/9		6/7	16/24	66.7	5	10		1		6	
10	SUEOKA Masahiro		7/12			2/3	8/11	17/26	65.4	1	2		1	1	5	
11	NAGAYAMA Tsuyoshi							0							0	
13	FUJII Takashi		12/15	1/1		2/3		15/19	78.9	2	5		3	5	6	
14	SUGIYAMA Yuichi							0					1	1	1	
16	SHIKATA Atsushi							0							6	
17	KAYABA Kyoshi		5/6	2/3		7/7	14/16	87.5		7	12			2	6	
18	YAMAGUCHI Osamu						0								1	
20	TSUJI Shioichi		0/1	4/5	0/1	4/6	8/13	61.5		1	1		4	6	6	
99	OFFICIALS						0							-	0	
	TOTALS		13/17	23/35	39/73	13/19	12/20	22/26	122/190	64.2	59	76	1	15	23	1

No.	Name	GOAL KEEPERS		6M Shots	Wing Shots	9M Shots	Break Through	Fast Breaks	7M Throw	Total Shots	
		S/A	%	S/A	%	S/A	%	S/A	%	S/A	%
1	HASHIMOTO Yukihiko	12/25	48	17/34	50	26/69	37.7	1/24	4.2	5/22	22.7
16	SHIKATA Atsushi	0		0		0		0/1	0	0	0/2
	TOTALS	12/25	48	17/34	50	26/69	37.7	1/25	4	5/23	21.7
		9/20	45	70/194	36.1					70/196	35.7

TEAM TOTALS	ATTEMPT	MADE	SAVED	FAIL	POST	BLOCKED	M/A
6M SHOTS	17	13	2	1	1	0	76.5
WING SHOTS	35	23	8	2	2	0	65.7
9M SHOTS	73	39	24	2	4	4	53.4
BREAK THROUGH	19	13	5	0	1	0	68.4
FAST BREAKS	20	12	7	1	0	0	60
7M THROW	26	22	3	0	1	0	84.6

Legend	6M:6 METER SHOT	WING:WING SHOT	9M:9 METER SHOT	BT:BREAK THROUGH
FB:FAST BREAK	7M:7 METER THROW	M/A:MADE/ATTEMPT	%.% EFFICIENCY	A:ASSIST
TO:TURN OVER	ST:STEAL	WARN:WARNING	2M:2 MINUTE SUSPENSION	DIS:DISQUALIFICATION
EX:EXCLUSION	S/A:SAVE/ATTEMPT	G:GAMES		

資料4 チーム・個人のポジション別集計表

1998年3月



The Organization Committee for the 1997 Men's World Handball Championship
4-10 Joto-machi, Kumamoto 860 Japan Tel:096-352-1997 Fax:096-352-1911

TOP GOALSCORER RANKING

Print Date: Sun, May 25, 97

Page: 1/2

G : GAMES As Of Sun, May 25, 97

Rank No.	Name	Team	SHOTS				A	TO	ST	PUNISHMENT			G
			FIELD	7M	M/A	%				WARN	2M	DIS	
1 14	REINALDO Carlos	CUB	29/48	14/19	43/67	64.2	22	15	1	3	4		5
2 5	GRIMSSON Valdimar	ISL	26/37	14/19	40/56	71.4	1	4		1			5
3 15	BERRAJAA Mohamed	MAR	26/37	10/12	36/49	73.5	15	24	2	2	1	2	5
3 13	YOUN Kyung Shin	KOR	27/46	9/12	36/58	62.1	13	6		5	5		5
5 6	ELES Jozsef	HUN	23/34	9/12	32/46	69.6	14	10		2	1		5
6 19	PERUNICIC Nenad	YUG	27/44	4/8	31/50	62.	11	12		1	5		5
7 6	URIOS Rolando	CUB	26/35		26/35	74.3	4	10		2	3		5
8 11	TORGOVANOV Dmitri	RUS	25/29		25/29	86.2	6	7		1	2		5
8 19	POGORELOV Serguei	RUS	25/28	0/1	25/29	86.2	14	10		1	2		5
8 2	MASIP Enric	ESP	11/16	14/16	25/32	78.1	14	7	3	3	2		5
8 13	CAVAR Patrik	CRO	18/26	7/7	25/33	75.8	6	7	1	2	4		5
8 3	PERKOVAC Goran	CRO	11/20	14/16	25/36	69.4	18	15	1		3		5
13 4	MABROUK Ashraf	EGY	10/19	14/14	24/33	72.7	7	6		1			5
13 10	DUJSHEBAEV Tsalant	ESP	24/36		24/36	66.7	25	7	2		1		5
13 9	TONAR Michal	CZE	13/22	11/14	24/36	66.7	6	3	1	1	3		5
16 9	KOUDINOV Vassili	RUS	23/29		23/29	79.3	20	6	1				5
16 13	BUCYS Gediminas	LTU	22/31	1/2	23/33	69.7		7		1	1		5
18 13	WANG Xindong	CHN	22/57	1/3	23/60	38.3	17	26		1	1		5
19 9	GARRALDA Mateo	ESP	22/33		22/33	66.7	8	8		1	2		5
19 3	MOLINA Martiniano	ARG	22/34		22/34	64.7	3	9	2	3	3		5
19 8	YALA Karim	ALG	22/37		22/37	59.5	4	8					5
19 5	AL-JEDANI Hassan	KSA	16/32	6/8	22/40	55.		6		2	1		5
23 19	TCHIKOULAEV Viktor	POR	12/14	9/11	21/25	84.	24	12		3	4		5
23 14	BOKR Tomas	CZE	21/27		21/27	77.8	10	8	1	1			4
23 6	SAIDI Redouane	ALG	11/19	10/11	21/30	70.	3	11	1	2	1		5
23 7	FRAENDESJOE Martin	SWE	21/33		21/33	63.6	2	2					5
23 9	LOEVQREN Stefan	SWE	15/24	6/9	21/33	63.6	20	9		1			5
28 7	RIISE Marius	NOR	20/22		20/22	90.9	3	7					5
28 7	KERVADEC Gueric	FRA	20/23		20/23	87.	6	3	2	1	2		5
28 10	BOUANIK Mahmoud	ALG	20/30	0/2	20/32	62.5	2	11		1	3		5
28 13	OLSSON Staffan	SWE	20/35		20/35	57.1	25	9		5	4		5
28 18	STOECKLIN Stephane	FRA	17/32	3/5	20/37	54.1	11	8		2	2		5

資料5 コートプレイヤーの得点ランキング表



The Organization Committee for the 1997 Men's World Handball Championship
4-10 Joto-machi, Kumamoto 860 Japan Tel:091-96-352-1997 Fax:091-96-352-1911

◇TOP GOALKEEPER RANKING (ALL SHOTS)

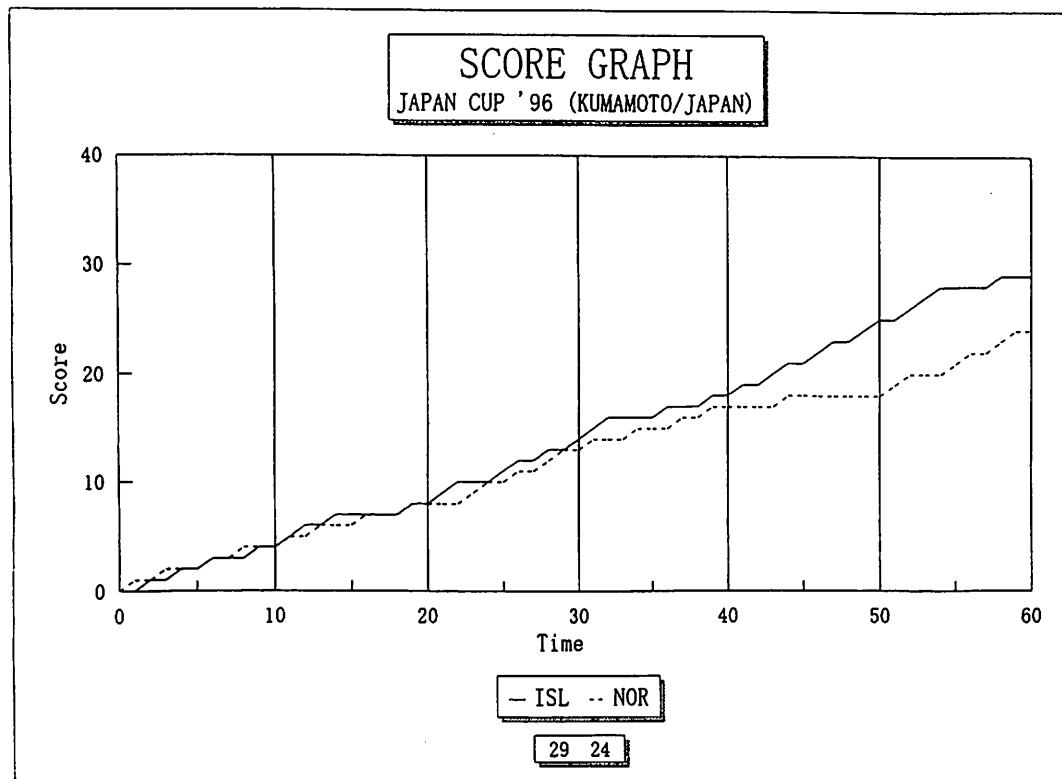
Print Date: Sun, May 25, 97
Page: 1/1

G : GAMES As Of Sun, May 25, 97

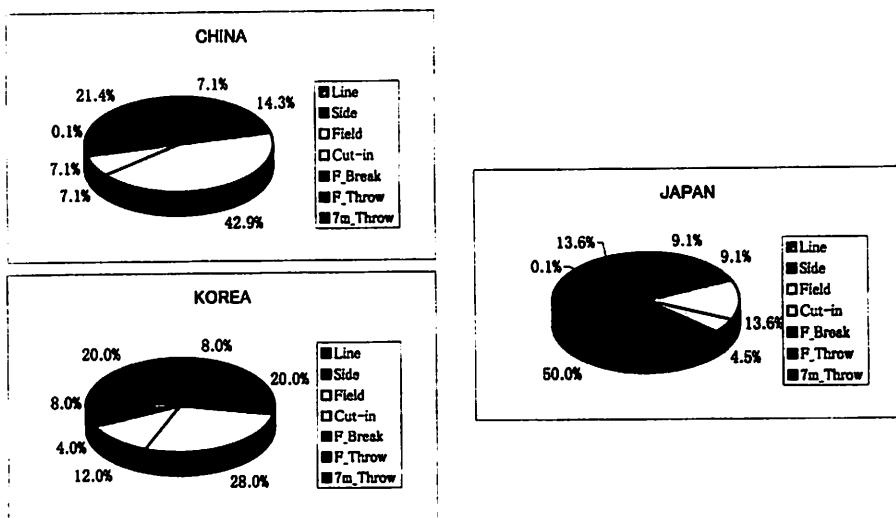
GOAL KEEPERS			6M Shots	Wing Shots	9M Shots	Break Through	Fast Breaks	7M Throw	Total Shots	G
Rank No.	Name	Tee	S/A %	S/A %	S/A %	S/A %	S/A %	S/A %	S/A %	
1 1	HASHIMOTO Yukihiko	JPN	10/21 47.6	9/22 40.9	20/56 35.7	1/22 4.5	3/17 17.6	9/16 56.3	52/154 33.8	5
2 12	LEE Suk Hyung	KOR	2/23 8.7	1/22 31.8	27/46 58.7	6/20 30.	8/34 23.5	1/6 16.7	51/151 33.8	5
3 16	RIVERI Vladimi	CUB	6/21 28.6	12/24 50.	18/36 44.4	4/13 30.8	4/28 14.3	4/13 30.8	46/125 34.1	5
4 12	AL-SAEED Manaf	KSA	3/20 15.	7/13 53.8	10/31 32.3	6/19 31.6	7/31 22.6	4/19 21.1	37/133 27.8	5
5 12	SUKOSSIAN Pavel	RUS	1/6 16.7	3/8 37.5	28/50 56.	1/5 20.	2/7 28.6	1/9 11.1	36/85 42.4	5
6 16	MATOSEVIC Valter	CRO	5/19 26.3	7/16 43.8	15/47 31.9	1/19 5.3	2/15 13.3	5/13 38.5	35/129 27.1	5
7 12	SANAA Riadh	TUN	2/13 15.4	7/23 30.4	12/38 31.6	4/15 26.7	7/29 24.1	1/7 14.3	33/125 26.4	5
8 1	NIEDERWIESER Michael	ITA	0/8 0.	9/12 75.	13/39 33.3	0/7 0.	0/11 0.	9/16 56.3	31/93 33.3	5
8 1	EGE Steinar	NOR	5/11 45.5	2/8 25.	15/49 30.6	3/5 60.	5/21 23.8	1/9 11.1	31/103 30.1	5
10 16	BEROSVEINSSON B.	ISL	5/13 38.5	6/8 75.	13/40 32.5	0/4 0.	3/9 33.3	2/8 25.	29/82 35.4	5
11 1	STOCHL Jan	CZE	1/7 14.3	7/17 41.2	17/41 41.5	0/4 0.	3/17 17.6	0/4 0.	28/90 31.1	4
12 12	GENTZEL Peter	SWE	3/12 25.	3/5 60.	15/31 48.4	2/7 28.6	3/8 37.5	1/5 20.	27/68 39.7	4
13 12	MORGADO Paulo	POR	3/19 15.8	3/15 20.	12/36 33.3	1/12 8.3	4/21 19.	3/16 18.8	26/119 21.8	5
14 1	OLSSON Mats	SWE	3/7 42.9	2/8 25.	13/31 41.9	1/2 50.	4/16 25.	2/7 28.6	25/71 35.2	5
14 1	SZATMARI Janos	HUN	2/7 28.6	5/13 38.5	14/37 37.8	0/8 0.	3/18 16.7	1/7 14.3	25/90 27.8	5

資料6 GKのセーブランキンギ表

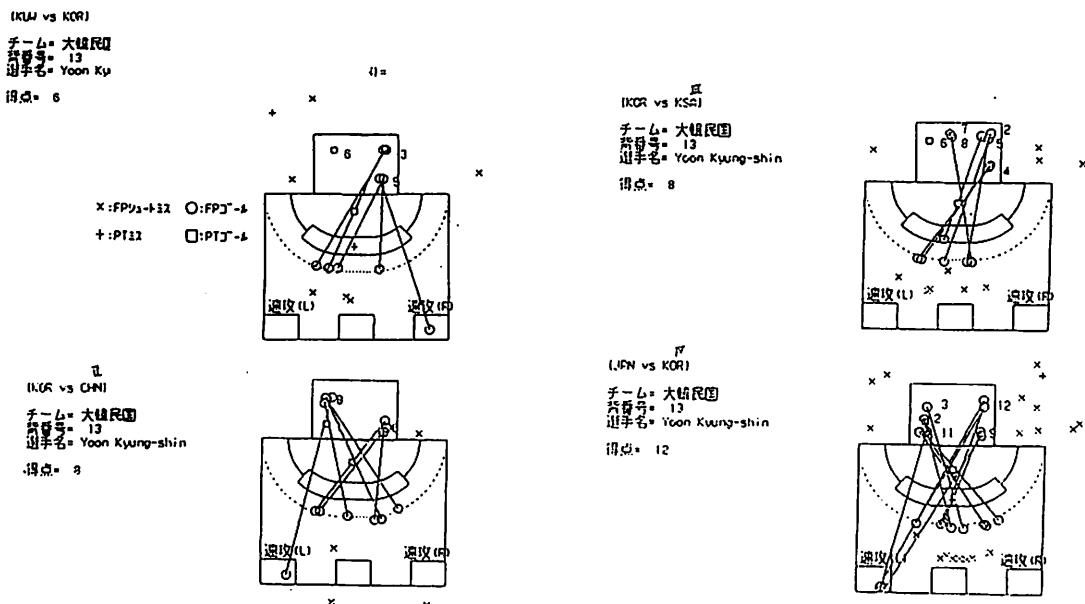
1998年3月



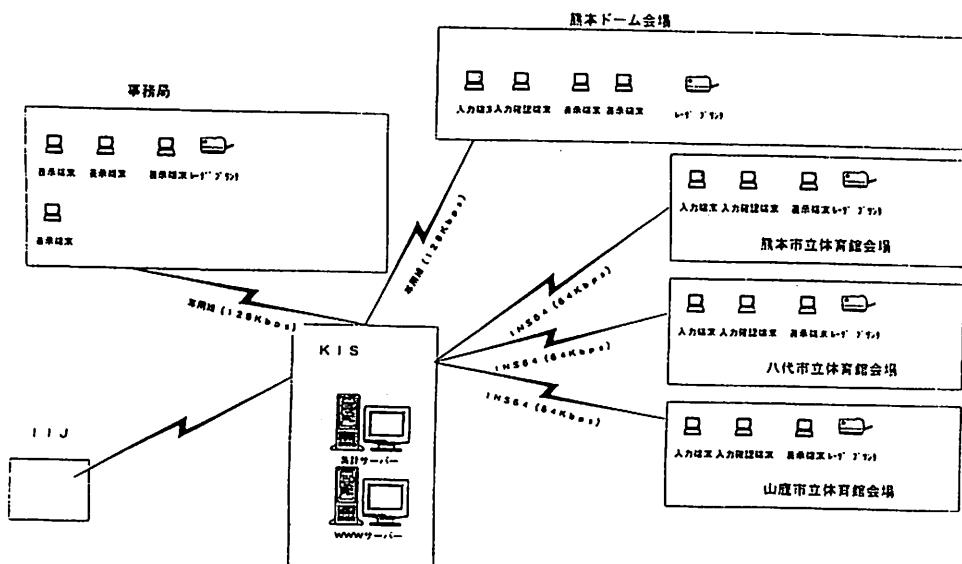
資料7 得点の時 系列変化グラフ



資料8 チームのポジション別得点率グラフ



資料9 個人のショットコース図



資料10 集計システム構成図

1998年3月

Research on Results System of Handball Games

-Results System of the '97 Men's World Handball Championship at Kumamoto-

KOYAMA Hiroshi; OHNISHI Takezo; MURAMATSU Makoto:

[Summary]

We report about the Results System which was utilized for processing the game data of the '97 Men's World Handball Championship at Kumamoto. Especially, this system is based on 'How to get the game data? This report expatiates on it. We devloped it at JHF-CCM request, for the '91 Asian Handball Championship at Hiroshima. And we aim at realtime operation of the game data and giving information about the game for the press. For that purpose, we designed the system to entry the data more smooth and exactly, and print out many variational forms.

筑波大学附属中学校研究紀要 第50号

筑波大学附属中学校研究紀要 第50号

筑波大学附属中学校研究紀要 第50号

筑波大学附属中学校研究紀要 第50号

Show and Tellに自己評価・相互評価を取り入れる試み —評価活動やQ & Aコンテストによる授業活性化の工夫—

筑波大学附属中学校 蒔田 守

1. はじめに

平成2年度後期より行われている2年生を対象としたShow and Tellの授業について、平成6年度は、授業の活性化を図るために以下の観点から検討を加え、新たに生徒の自己評価・相互評価を取り入れた評価を試みた。

- (1) 本校で行われているShow and Tellの特徴は、外国人講師（以下ALT）と日本人教師（以下JTE）とのTeam Teachingの形式を取り、話すこと・聞くことに重点が置かれている。しかし、実際の授業は、発表者に対する事前の書く指導・読む指導に裏打ちされており、プログラム全体は四技能の指導を含んだ総合的な学習の場である。
- (2) Show and Tellの評価方法は、
 - a) 指導者が発表者を評価するだけでなく、生徒の授業への参加度を高めるためも、Listeners（級友）を含めた全員が参加するもので、
 - b) 指導者からの一方的な評価・コメントだけでなく、自己評価・相互評価を取り入れた、学習者中心の活動を目指したい。
- (3) Show and Tellの評価内容は、
 - a) 発表者の当日の発表内容を評価・評定するだけでなく、
 - b) 発表者が次回の発表や明日の授業に向け、自らの課題を認識できる内容が望ましい。

2. 平成2年度から5年度までのShow and Tellとその評価方法

本校では平成2年度後期よりALTが導入され、Team Teachingが行われてきた。具体的には、Skill-usingを主たる目的とし、Show and Tellの形式でSpeech活動を行ってきた。

実施学年は平成3年度より、第2学年前・後期週1時間、および第3学年後期週1時間を当ててきた。

このShow and Tellの評価方法について佐藤(1994)は、「(Show and Tell) 開始当所より、年度によってはspeechの原稿を提出させる場合とさせない場合と2通りあったが、一貫してspeechの評価は点数化していない。評価方法はShow and Tell終了後日本人教師またはAETからコメントという形式で生徒に伝える。そのことがクラスの良い雰囲気を作り、「人前で英語を話す」という緊張感を減らし、生徒たちの活動を伸び伸びとしたものにしている」と述べている。

また評価を開始する時期については、「ある程度Show and Tellに慣れてきた段階で評価を開始する」とし、「評価の対象学年と開始を第3学年後期とする」としている。

以上のような流れの中で佐藤は、「生徒の活動の評価を数量化する方法」を探り、具体的に評価基準表や評価表、Show and Tellの結果を学年評定に取り入れる方法などを示し、評価項目の妥当性を論じている。

3. 平成6年度第2学年前期Show and Tellの評価

平成5年度まではShow and Tellの評価・評定に関して前述のような理由から「評価の対象学年と開始を第3学年後期とする」としていた。しかし、平成6年度第2学年については、「年間の授業時間数の4分の1をしめるShow and Tellは、生徒・教師双方が準備に費やす時間や労力、また生徒の発表内容の充実度から見て、当然評価・評定の対象とすべきである」との一致を得、Show and Tellを評定の対象とした。

ただし、「評価=評定（評定のための評価）」ではなく、「指導と評価は表裏一体である」との立場から、生徒に自らの課題を発見させることに重点を置いた評価を行いたいと考えた。そこで冒頭で述べたように、発表者とListenersを有機的に関連づけるために、生徒の自己評価・相互評価を取り入れた評価を試み、授業の活性化を図った。

4. 平成6年度第2学年前期Show and Tellの指導手順

上記の目標達成のために、Show and Tellの具体的指導手順を以下の通りとした。また、この手順を明文化し、生徒に配布することにより徹底を図った。

- (1) 生徒は、第1稿を1週間前に担当教官に提出する。
- (2) 担当教官は第1稿に目を通し添削する。
- (3) 面接で、読みの指導、文法・語彙指導を行う。
- (4) 生徒は自宅で音読練習する。（目標は暗唱）
- (5) 本番での発表。
- (6) 発表者は、発表内容に関して級友・ALT・JTEからの質問に答える。
- (7) 級友・ALT・JTEは、発表内容・発表ぶりを評価し、コメントとともに評価用紙（図1）に記入する。
- (8) 発表者は、評価用紙の評価・コメントを読み、自己評価を加えノートにまとめ提出する。
- (9) 担当教官はノートにコメントを書き加え返却する。
- (10) 発表者は担当教官からのコメントを参考に次回の発表に備える。

図1 平成6年度前期Show and Tellの評価用紙

Show and Tell (1) Date 6/8		Class 3 No. Name	
Presenter's Name: Matsuk; Topic: My Mother's Pet			
A: Content (内容)	・内容が確かに分かりやすく、よくまとまっていたか。 ・適切な長さだったか。（2~3分）	Ⓐ Ⓛ Ⓜ Ⓝ Ⓞ	Total Score 18
B: Delivery (話しぶり)	・発音、リズムなどが英語らしく、内容がよく伝わったか。 ・大きな声で堂々と、みんなの目を見て発表できたか。	Ⓐ Ⓛ Ⓜ Ⓝ Ⓞ	
C: Comments (全体的な印象、感想、アドバイス、等)	ああ、短くなってしまったの? セーク! "ivory" みたいに樂んでいましたが、あれだけ反応ありました。動物ねえすこぶるかのうへんがよく表現していました。黙れても次の問題でいく。		

5. 平成6年度前期指導上の留意点

平成6年度第2学年前期Show and Tellでは、上記のそれぞれの段階で以下の点に留意して指導した。

(1) 授業前の指導上の留意点

- a) 発表生徒には、昨年度と同様のShow and Tellオリエンテーション・プリントを参考に、第1稿を発表の1週間前に担当教官に提出させる。
- b) 原稿を書く際には、自分で無理なく使える表現、聞いている友達が理解できる表現を使用するよう心がけさせる。
- c) 原稿の長さは、ゆっくり読んで2分から3分程度、B5版レポート用紙ダブルスベースで1.5枚から2枚程度を目安とする。
- d) 担当教官は第1稿に目を通し、必要に応じて添削する。基本的には生徒の文を生かす方向で指導する。
- e) 昼休み、放課後などに生徒と面接しながら、文法・語彙指導や読みの指導を行う。必要に応じて、原稿は書き直させ、再度面接する。
- f) 面接前に生徒は自宅で音読練習・発表練習する。生徒には、家族を相手に練習したり、鏡を前に表情やジェスチャーの点検をするよう指示する。発表当日は原稿を見ずに発表できるよう、原稿を読み込むよう指示する。

(2) 授業での指導上の留意点

- a) Show and Tellすなわち「見せて語る」発表なので、原稿は見ないで発表させる。
- b) 1時間の授業で名簿順に男女3人ずつ計6人が発表する。
- c) 発表後に発表内容に関して、級友・ALT・JTEが質問し、発表者が質問に答える。
JTEはQ&Aが円滑にすすむよう配慮する。
- d) 発表者には、事前に友達3人に自分のShow and Tellについて質問するよう依頼させる。
- e) Listeners（級友・ALT・JTE）は、発表者の発表内容・発表ぶりを評価し、コメントとともに評価用紙に記入する。
- f) コメント内容は「良いところ探し」を中心に、改善点を付け加えるよう指導する。

(3) 授業後の指導上の留意点

- a) 発表者は、英語係を通してListenersからの42枚の評価用紙を受け取る。
- b) 発表者は、コメントを読み、図2の生徒用「Show and Tellノートのまとめ方」プリントに示される4つのステップ（観点）をふまえ、自己評価・感想を加えノートにまとめ提出する。
- c) 担当教官は、発表者のノートにコメントを書き加え返却する。
- d) 生徒は担当教官からのコメントを参考に次回の発表に備える。

図2 生徒用「Show and Tell ノートのまとめ方」プリント

第1回 Show and Tell ノートのまとめ方

以下の手順を踏んで、ハラハラ、ドキドキだった第1回 Show and Tell をまとめてみよう。

◇ STEP 1 (自己評価1)

自分で自分の Show and Tell を採点し、コメントを記入してみよう。

これは、発表当日、B4 縦長に印刷されたあの評価用紙の自分の欄に書き込んで提出すればよい。

◇ STEP 2 (先生方からの評価)

2人の先生からの評価カードをよく読み、

①先生方からのコメントをノートにまとめる

②「内容」「話し方」「合計点」それぞれの平均点（小数点第1位まで）をノートに記録しよう。

◇ STEP 3 (相互評価)

級友からの評価カードをよく読み、

①級友からのコメントをノートにまとめる

②級友からの得点を名票に転記し、「内容」「話し方」「合計点」それぞれの平均点（小数点第1位まで）を出してみよう。このとき、自分の得点は抜いて計算しよう。

名票もノートに貼っておきましょう。

◇ STEP 4 (自己評価2)

以上の3ステップをじっくり見直し、今回の発表の良かった点、改めるべき点、気付いたこと、次回への抱負、普段の授業で気をつけること、感想などを書いてみよう。

*注意：1) 以上のまとめは、すべてノートに記録して下さい。

2) ノートは、評価カードが返却された週の土曜日に、クラスの英語係を通して担当の先生に提出して下さい。

6. 平成6年度前期の反省点

前期には、全生徒が2回の発表を行うことができた。時間の経過とともに運営も円滑になり、発表内容・技術・態度に向上が見られた。しかし、一方で次の2点が問題点として指摘された。

- (1) 相互評価のポイントが甘い。また採点の揺れも大きく、必ずしも発表内容の出来不出来を正確に反映した数字とは言い難い。従って、自己評価の参考にならない場合も多く見られる。より明確な評価基準を提示する必要がある。
- (2) せっかくのネイティブ・スピーカーを十分に生かしていない。生徒とALTとの接触の機会を積極的に設定する必要がある。また、今まで以上に自分からすすんで英語で話そうとする態度を育成する必要がある。

7. 平成6年度前期の反省点に対する対応策

上記の課題に対し、以下の2点を対応策とした。

- (1) 新たにコミュニケーションの観点を加えた新評価表（図3）と、図4に示す新評価基準表（生徒用プリント）を提示し、具体的な評価基準を明らかにする。

図3 平成6年度後期Show and Tell評価用紙

SHOW AND TELL		Date	3/7	Class	3	No.	Name	Grade
Presenter:	Mikami	Topic:	My Computer		111			
A: Content (内容)	・分かりやすい英語である。 ・内容が豊かである。	・よく構成されている。 ・十分な長さの英文（3分程度）である。			3.5	1/4		
B: Delivery (話ぶり)	・暗記し、語るように話せる。 ・発音、リズム、イントネーションが自然である。	・十分な声量で、はっきり話せる。 ・気持ち・内容が表現されている。			2.5	1/4	9	
C: Communication (コミュニケーション)	・質問を理解し、適切に応答できる。 ・コミュニケーションのチェーンをつなげられる。				3	1/4		1/12
D: Comments (全体的な印象、感想、アドバイス、等)	内容すこしだけでもよかったです。MacintoshとMakintosh！ 知りません。WWWはうううまい。picturesもよく作られていまして、おしゃべりはみんなの方を、「よく聞こえます」と思ってもらいました。いい方です。							

図4 新評価基準表

相互評価の新しい基準について

後期は、新たに「C. コミュニケーション」を加えた3つの観点から、以下の基準をもとに4点満点で評価してください。

A. CONTENT (内容)

- 4点→・内容が非常に豊かで興味深い。
・発表者の感情、興味、伝えたい事柄が感じられる。
・全体がよく構成されており、理解しやすい。
・3分間の制限時間を十分に使った内容である。
- 3点→・内容が豊かである。
・話に展開があり、わかりやすい。
・十分な長さの英文である。
- 2点→・内容があまり豊かではない。
・ややわかりにくい部分がある。
・全体的にまとまりにかける。
・英文の長さが十分とはいえない。
- 1点→・内容が貧弱である。
・まとまりにかけ、わかりにくい。
・英文が短すぎる。
・発表時間が不適切。(英文が少ないので短い、または反対に暗記していないので長い)

B. DELIVERY (話ぶり)

- 4点→・暗記できていて、自信を持って目を見て語るように話せる。
・十分な声量ではっきりと発音している。
・発音、リズム、イントネーションなどが英語らしい。
・発表者の体験、意見、感情などがよく伝わってくる。
- 3点→・ほぼ暗記できている。
・十分な声量で、みんなの目を見て発表しようとしている。
・発音、リズム、イントネーションなどが英語らしく感じられる。
・伝えようとする意欲が伝わってくる。
- 2点→・暗記できていない部分が目立つ。
・声量が十分とはいせず、はっきり発音していないところもある。
・発音、リズム、イントネーションなどが英語らしく感じられない部分が多い。
・伝えようとする意欲が十分には表現されていない。
- 1点→・暗記できていない。
・視線が定まらず、はっきりと発表できていない。
・発音、リズム、イントネーションなどが英語らしく感じられない。
・伝えようとする意欲が感じられない。

C. COMMUNICATION (コミュニケーション)

Q&Aコンテストが終わった時点で全体を通して評価してください。

- 4点→・質問に正確に答えるだけでなく、必要に応じてたずね返したり、話題を発展させ豊かな対話ができる。
- 3点→・質問にスムーズに、また適切に答えられる。
- 2点→・質問に対する答えが、時間がかかりすぎたり不適切である。
- 1点→・質問を理解できず、答えられない。

- (2) 発表者の人数を今までの半分の3人とし、余った時間で班対抗の「クエスチョン・アンド・アンサー・コンテスト」を行い、目的を持ったリスニングと自発的な質問・応答の態度を育てるこことした。その進め方は、図5に示す生徒用プリントの通りである。

図5 QAコンテスト要項

2年後期 Show and Tell (クエスチョン・アンド・アンサー・コンテスト) の進め方

1. 後期のShow and Tellは、1回しかまわってこない。→チャンスは1度！
2. 1人の発表時間は3分程度。でも、人数は1時間に3人。
3. 理由は、ジョナサン先生と発表者・聞き手とのQ & Aの時間を増やし、コミュニケーションの時間・機会を増やすためです。
→ 新たにコミュニケーションの評価4ポイントが加わり、満点は $4 \times 3 = 12$ ポイントとなります。
4. 聞き手は、6名か7名の班を6つ作ります。
5. 聞き手は、Show and Tellの要点をメモし、質問を作ります。

【質問の種類】

- ステージ1：発表者に対する質問（約3分間）
- ステージ2：聞き手またはジョナサン先生に対する質問（約3分間）
- 6. Q & Aコンテストの司会はジョナサン先生。
 - 1) 質問、答えとともに、早い班から受け付ける。
→ リーダーが札を挙げる。
 - 2) 質問、答えとともに1回1ポイントを班に与える。
 - 3) 聞き手は、1人の発表者に対して、質問、答えとともに1回しかできないことにする。
→ (より多くの生徒が参加するため)
 - 4) 1人の発表者に対して、合計ポイントがもっとも多い班に3点、2番目に多い班に2点、3番目に多い班に1点がグループ全員に与えられ、評点に加算される。
→ 班で助け合って、どんどん発言しよう！
- 7. 各班で記録係を決めて、誰が質問や答えを言ったかを記録用紙に記録する。
- 8. ジョナサン先生、担当の先生が認めた「良い質問」、「良い答え」は、得点が2倍になる！

8. 生徒のShow and Tell ノートより

平成6年度から取り入れた評価方法の変更やクエスチョン・アンド・アンサー・コンテストなどについて生徒は以下のように感想を述べている。

(1) 相互評価について

・みんなのコメントの書き方、前回に比べて、とっても上達しました。すごく楽しかった。いけないコトかもしれないけど、雑談混じりで書いてくれた子はすばらしい。私は読んで

いてすごい涙がでた。このクラスになって良かった。みなさんありがとうございます。

- ・クラスメートのコメントを見ると、一発で自分の欠点がわかります。自分で感じていたところもありますが、自分ではわかっていないところまでつかれてしまいました。
- ・みんなからのコメントや先生からの言葉は、とってもうれしかったです。男子なんか適当に書いてあるのかな?と思いながら見たら、みんなしっかり聞いているんだと...。1人で不気味に照れながら、一人一人の名前とコメントを見ながら、感激しました。
- ・本人への注意、良いところももちろんんですけど、楽しく書いてあげるって大切ですよね。本人が読んでいて、うれしく楽しく読めるコメントって、たとえ点数が悪くてもうれしいものですから。

(2) 後期のShow and Tell方法変更について

- ・今回は疲れました。ウイリアムズ先生の質問もムズカシイし、みんなのも考えさせられるし...。頭の中でEnglish→Japaneseと変えて聞いているので、そのまま英語で理解できるようになりたいです。今回のShow and Tellの方式は、おもしろかったですけど、大変だったけど、楽しかったです。良い経験ができました。
- ・Show and Tellもやり方が変わって3回目でしたが、前よりもより熱心に耳を傾け、自分でも少しずつ質問を作れるようになりました。間違えてもいいから、挑戦していこうと思います。
- ・発表するのは大変だけど、クラスの一員としては後期の方がおもしろかったです。最初は聞き取るのも大変だったけど、後半は結構よくわかるようになりました。メモの量も少し増えたし。少し成長したかなと思ううれしいです。

(3) 次回への抱負

- ・次回の課題はちゃんと先生の質問に答えられるようになること。それにはやはり先生も言っていたように、友人の発表の時、よく観察して、良いところをじんじん盗んじゃおうと思います。
- ・これからは英語を聞いて、理解して、「答える」ところまでできるように練習しようと思います。どうやって練習すればよいのにでしょうか?ウーム...。今度ぜひ練習法を伝授してください。

9.まとめと今後の課題

冒頭にも述べた通り、本校のShow and Tellは、外国人講師と日本人教師とのTTの形式を取り、話すこと・聞くことに重点の置かれたプログラムである。しかし、プログラムは発表者に対する事前の書く指導・読む指導に裏打ちされている。従ってプログラム全体を四技能の指導を含んだ総合的な学習の場ととらえることができる。このような観点から、授業に参加しているものの全員が当日の発表を評価し、その自己評価・相互評価の結果をまとめたShow and Tellノートを通して事後指導へ、さらには次回発表への抱負にまで結びつけることができたとすれば幸いである。

また、後期に取り入れたQ&Aコンテストは、単に授業を活性化させるだけでなく、間違いを恐れず英語で発話しようとする態度を育てるためにも良いプログラムと言えよう。

気になったことの一つに、たった3回の発表にもかかわらず、「もう、見せるものがない。」と相談に来る生徒がいたことがあげられる。このことに対してある生徒は自らを次のように振

り返っている。

「今回、みんなに何を見せればよいかとても悩みました。でも、見せる物が大切なのではなく、自分が思っていること感じたことがみんなに伝わってくれればそれでいいと思ったので、今、私の心を落ち着かせてくれる宝物を紹介しました。先生はどうだったでしょうか。みんなに気持ちが伝わったようなのでとてもうれしかったです。」

Show and Tell の授業は、英語を通して自分や友人を見つめ直す、そんな可能性も秘めているようだ。

以上、平成6年度第2学年でのShow and Tellを通して試みた評価の工夫についての実践報告を行った。評価の信頼性、妥当性などについての検討は別の機会に譲りたい。

なお、本報告はもともと平成7年度筑波大学学校教育部外国語教育研究グループ紀要のために書かれたが、諸般の事情で紀要が発行できなかつたため、本校紀要に収録することとなつた。附属中学校英語科の歩みを記録するものとなれば幸いである。

<参考文献>

- Heaton, J. B. (語学教育研究所テスト研究グループ訳) 1991. 「コミュニケーション・テスティング」
研究社出版
- 樋口忠彦・菅正隆 1993. 「オーラル・コミュニケーション・テストと評価」『現代英語教育』12月号,
研究社出版
- 佐野正之・米山朝二・松沢伸二 1988. 「基礎能力をつける英語指導法」大修館書店
- 佐藤敏子 1994. 「Show and Tellにおける評価と評価項目について－評価結果の集計と評価項目の
妥当性－」『筑波大学附属中学校研究紀要 第46号』
- 若林俊介・根岸雅史 1993. 「無責任なテストが「落ちこぼれ」を作る」 大修館書店

The Effects of Self-evaluation and Peer-evaluation on Show and Tell

MAKITA Mamoru

University of Tsukuba Junior High School at Otsuka

Our Show and Tell program for the 8th graders with ALT started in 1990. At that time the students got a few comments from the ALT or JTE after the presentation. Other students just listened to the presenters and some asked a couple of questions.

In 1994 these activities were carried out to make the Show and Tell program more active.

- 1) Self-evaluation by the presenter
- 2) Peer-evaluation among the students
- 3) Questions and Answers Contest in groups

At the end of the year '94-'95, all the instructors and the most of the students found that these activities made the program more active and fun. The students got more chances to think about how to improve their communicative abilities.

There are some more problems to clear. Reliability of the score by the ALT and JTE should be examined statistically. We need better ways to motivate the students to express themselves in English through self-evaluation and peer-evaluation.

<要約>

本校2年生で実施しているALTとのチーム・ティーチング形式によるShow and Tellは、1990年に開始された。当初、発表者は発表後に教師からコメントをもらうだけで、生徒自身が発表内容を十分に評価し、次の発表に対する目標を設定するには至らなかつた。

そこで1994年にShow and Tellをより活発なものにするため以下の試みを行った。

- 1) 発表者の自己評価を取り入れる
- 2) 生徒同士の相互評価を取り入れる
- 3) グループ対抗のクエスチョン&アンサークンテストを取り入れる

相互評価表の内容・生徒のまとめノートの記述・生徒や教師の年度末評価などからみても、これらの試みがプログラムをより活発で楽しいものにしていたといえる。同時にこれらの試みは、生徒に自分の英語力を見つめさせ、より上手に発表する方法を模索する良い機会を与えた。

評価の信頼性は統計的に吟味されなければならないし、「みんなに聞いてほしい」と思う自己表現への動機付けをどのように高めるかなどの課題が残っている。

<キーワード>

Show and Tell、自己評価、相互評価

入門期日本人英語学習者の英語音素の識別力とその伸び

英語科 久保野 りえ

はじめに

中学1年で生徒は、母語とは異なる音を持つ言語である英語を学ぶ。日本人の初学者は、英語の音を聞いて、どの程度「違う音素である」ことを認識できるのであろうか。また、英語学習を経て音素の認識力は高まると思われるが、学習の成果が大きく現れる音素は何か、学習しても認識力があまり変わらない音素は何かを実証的に探ることとする。さらに、テープ教材による聞き取り練習の効果についても考えたい。

研究の概要

先行研究 Hirahara (1996) によって、学習前の50題の平均点と、学習後の50題の平均点を比較すると、学習後の平均点の方が、有意に高いことが確かめられている。しかし、50題の中にはいろいろな音素が問われている。日本人には区別が難しいであろうと思われる音素の対立を20組設定(子音11組、母音9組)して調査している。そのうちの、どの音素が特に学習効果が上がったのかを個別に調べることとする。Hiraharaの行った調査では、何の学習もしていない生徒(すなわちプレテスト)でも、50問の正答率の平均は36.0であった。英語の学習を行わなくても、これは違う音素(違う単語を作る)だろうと判断されるものが約7割あると言える。はじめから正答できる音素のペアは何か、学習によって正答率が大きく伸びた音素のペアは何かを、使われた単語と合わせて個別に調べる。又、20組のペアのうち、11組については、テープ教材による約15分間の聞き取り練習を実施し、9組については通常の授業のみでの指導を行う。このテープによって、識別能力の高まりに違いが出るか、3ヶ月後のポストテストでの結果を比較して検討する。

調査方法

生徒はテープで単語を3つ続けて聞き、3つのうち同じ単語はどれか、数字を○で囲む。
(1番目と2番目が同じだったら12、1番目と3番目が同じだったら13、2番目と3番目が同じだったら23、3つとも同じ単語だと思えば123、全部違うと思えば0を○で囲む。)

これが50題続けて録音されているテープを用いる。このテープは先行研究 Hirahara (1996)で使用しているものと同一のものである。

回答された結果は、後で生徒自身がマークカードに転記した。

調査される音素のペアは以下の20組である。

子音

[s]/[ʃ],[z]/[dʒ],[f]/[h],[m]/[v],[n]/[θ],[g]/[ɒ],[b]/[v],[t]/[tʃ],[s]/[θ],[z]/[ð],[l]/[r]

母音

[u:/][u],[i:/][e],[e:/][æ],[e:r][a:r],[ʌ][æ],[ou][ɔ:], [ʌ][ə],[æ][ə],[i:][ɪ]

1) プレテスト： 学校の授業としては全く英語の学習が始まっていない中学1年生に対して、3つの英単語の組を50題聞かせ、回答させる。

2) ポストテスト： 約3ヶ月英語の学習を行った後、プレテストと同様の50題を聞かせ、回答させる。

ポストテストを行う前の約3週間に、11回に渡って、11組の音素のミニマルペアを取り上げて、音素の聞き分けのトレーニングを行った。そのトレーニングの中にはプレテスト、ポストテストで聞く単語も含まれている。

調査対象の対立音素は20組あるが、そのすべての聞き取り練習をせず、11組だけにしたのは、もともとは時間的制約という外的条件のためであった。しかし、聞き取り練習を行わない音素のペアを作ったことで、聞き取り練習を行わなくとも効果に変わりがない音素(すなわち、初めから弁別できる、あるいは通常の学習だけでも効果がある)もあるのではないか、という点について資料が得られると考えた。

調査結果

はじめに、使用された単語をとともに、それぞれどういう回答をしたものが、どれくらいいたのかを割合(%)で示す。調査の対象者数はプレテストは193名、ポストテストは203名である。(プレテストの資料数が少ないので、転記したマークカードの回収ができなかった者がいるため。)

1. 子音

[s]/[ʃ] : 聞き取り練習あり

この2つの音素は、発音する際に混同している学習者は多くみられるが、今回の調査を見る限りでは、知覚による認識は、学習をしていない段階でも、難しくないことがわかる。

この音素は15分間の聞き取りトレーニングを行ったが、トレーニングをしなくとも、学習者ははじめから高い弁別力を持っていると言える。

sip-ship-ship ※は正答を示す。

	12	13	※23	123	0
Pre %	2	4	83	4	7
Post %	0	6	89	1	3

seat-sheet-sheet

	12	13	※23	123	0
Pre %	1	10	79	7	1
Post %	0	7	91	1	1

[z]/[dʒ] : 聞き取り練習あり

語頭である zip-gyp-gyp では、はじめから高い弁別(87%)を示しているが、語中の buzzing-budging-budging では80%の正答率である。学習後には97%の生徒が正解を示した。

1998年3月

zip-gyp-gyp

	12	13	※23	123	0
Pre %	1	3	87	5	3
Post %	0	3	91	2	3

buzzing-budging-budging

	12	13	※23	123	0
Pre %	1	3	80	15	1
Post %	1	1	97	0	0

[f]/[h] : 聞き取り練習なし

このペアは問われた単語によってやや差があるが、これも比較的はじめから弁別できる音素といえそうである。

fall-fall-hall

	※12	13	23	123	0
Pre %	83	4	4	3	6
Post %	87	1	2	0	10

feat-heat-heat

	12	13	※23	123	0
Pre %	2	8	79	8	3
Post %	1	5	92	1	0

次に、ポストテストで、ある程度伸びが見られた子音のペアについて見る。

[m]/[ŋ] : 聴き取り練習なし

この音素については2つの問題において調査されたが、どちらにおいても、60%台の正答率が70%台に伸びている。この音素については聞き取り練習はおこなわなかったので、3ヶ月の通常の学習を通じてある程度伸びたものと思われる。意識的な聞き取り練習によって、さらに正答率は上がったかもしれない。

rim-ring-ring

	12	13	※23	123	0
Pre %	9	5	62	7	16
Post %	1	4	72	0	22

ram-rang-ram

	12	※13	23	123	0
Pre %	7	60	4	5	21
Post %	0	71	2	0	27

同様に語末の[ŋ]を扱っている他のミニマルペアの認識結果をここで見ておく。

[n]/[ŋ] : 聞き取り練習あり

このペアについては非常に珍しい現象が見られる。ポストテストの方が、正解する生徒が減っている。しかも、聞き取り練習を行っているにもかかわらず、である。

[n]と[ŋ]を聞き取り分けるのが難しいということに加えて、[m]と[ŋ]は違うという意識が働きすぎて、ran-rang-ram では13という答えが多くなったのであろうか。

ran-rang-ram

	12	13	23	123	※0
Pre %	6	20	12	7	54
Post %	3	43	5	0	48

rung-run-run

	12	13	※23	123	0
Pre %	1	8	81	2	7
Post %	0	2	79	0	18

[g]/[ŋ] : 聞き取り練習なし

このペアについては、4つの問題で調査されているが、すべて、10%前後の正答率の伸びを見せていて。[g]/[ŋ], [n]/[ŋ]というペアを比較すると、日本人学習者には圧倒的に後者が難しいということがはっきりと表れている。

log-long-long

	12	13	※23	123	0
Pre %	4	4	62	28	2
Post %	1	8	74	14	2

bag-bang-bag

	12	※13	23	123	0
Pre %	10	62	5	9	14
Post %	5	79	1	2	13

ton-tongue-ton

	12	※13	23	123	0
Pre %	10	62	5	9	14
Post %	5	79	1	2	13

sinner-singer-sinner

	12	※13	23	123	0
Pre %	8	83	3	0	7
Post %	2	96	1	0	0

[b]/[v] : 聞き取り練習なし

この音素はカタカナで書き分けられないので、難しいペアと思われたが、4人に3人は正解、という結果なので、はじめの正答率もそれほど低くない。聞き取り練習はなかったが、通常の学習の中で、文字の学習の際に触れるためか、ポストテストでは多少の伸びが見られる。

very-berry-very

	12	※13	23	123	0
Pre %	8	75	2	4	11
Post %	10	82	0	4	3

[t]/[tʃ] : 聴き取り練習なし

この音素は3つの問題で調査された。すべて語頭での調査、しかも、後に続く音は[i:]あるいは[i]で似ていたが、結果は単語によって分かれた。

teak-cheek-teakだけが、全く伸びが見られなかった（ポストテストの正答率の方が低かった）。正答率自体も、あまり高くなかったので、伸びが見られないのは天井効果ではない。このteak-cheek-teakの難しさがどこから来るものなのかなは、判断できない。

teak-cheek-teak

	12	※13	23	123	0
Pre %	9	69	3	4	14
Post %	5	68	2	0	23

chick-tick-chick

	12	※13	23	123	0
Pre %	4	72	4	7	13
Post %	1	80	3	0	15

cheese-tease-tease

	12	13	※23	123	0
Pre %	8	4	78	6	4
Post %	1	3	91	2	2

次にポストテストで正答率が大きく伸びたものがあるかを見よう。

ポストテストでの伸びが大きいということは、英語学習以前には、この2つの音が英語においては違うものだ、という知識がなく、正答率が低いが、その知識を得て、認識力が急激に高まったもの、といえる。

子音において、その傾向をしめしたのは[s]/[θ]である。ただし、正答が1 2 3の時はポストテストで正答率が下がった。

[s]/[θ]

thought-thought-sought

	※ 12	13	23	123	0
Pre %	58	5	3	25	7
Post %	73	7	3	9	7

mouth-mouth-mouth

	12	13	23	※ 123	0
Pre %	0	1	4	93	2
Post %	2	2	1	85	0

think-sink-think

	12	※ 13	23	123	0
Pre %	6	37	19	21	17
Post %	4	65	10	2	16

[z]/[ð] : 聞き取り練習なし

上記のペアの有声音がこのペアである。

lathe / lays の調査と、teething/teasing の調査では、全く異なる反応が出ている。後者の調査では、プレテストからかなり高い正答率を示している。この子音のあとに、[i]の母音が続く場合は2つの音の違いが出やすいのかもしれない。

それに対して、この子音が語末である lathe/lays の場合には極めて難しい。ポストテストでも正答率はわずか38%しかない。プレテストでは半数以上の生徒が、3つとも同じ音だと答えている。英語を学習する前の日本人には全く同じ音と捉えられてしまうということをはっきりと示している。

lathe-lathe-lays

	※ 12	13	23	123	0
Pre %	24	5	9	56	6
Post %	38	6	5	19	31

teething-teething-teasing

	※ 12	13	23	123	0
Pre %	89	1	1	1	8
Post %	95	0	0	0	4

[l]/[r] : 聞き取り練習あり

最後に L と R の対立であるが、Hirahara でも指摘され、また一般的にもこの L と R の区別は日本人には非常に難しいと言われている。wrist-rest-list は 2 組のミニマルペアの混合なので、正答

率が低い。しかし、語頭であるled/redの正答率はプレテストの45%からポストテストでは68%と大きく伸びている。この語頭の例を見る限りでは、学習効果のある対立と言えそうである。ところが、語中であるplay/prayではポストテストでも正答率は20%にとどまっており、ポストテストでも依然として半数以上が3つの単語はすべて同じと答えている。

led-led-red

	※12	13	23	123	0
Pre %	45	11	5	38	2
Post %	68	16	2	12	2

play-pray-play

	12	※13	23	123	0
Pre %	26	13	9	39	11
Post %	21	20	4	52	2

wrist-rest-list

	12	13	23	123	※0
Pre %	37	21	3	13	24
Post %	5	56	0	0	38

2.母音

次に、引き続いて、母音の中で学習効果を高く示した音素を見てみることとする。

[u:]/[u] : 聞き取り練習あり

この母音のペアは、プレポストとポストテストの差が極めて大きい（特にfool/fullとsuit/sootにおいて）。

stewed-stood-stewed

	12	※13	23	123	0
Pre %	2	83	6	5	3
Post %	0	95	2	0	2

fool-fool-full

	※12	13	23	123	0
Pre %	46	4	3	40	7
Post %	86	1	1	7	3

suit-soot-soot

	12	13	※23	123	0
Pre %	2	15	68	13	3
Post %	2	8	80	1	8

[i]/[e] :聞き取り練習なし

このペアもプレテストとポストテストの差が大きい（特にpin-pen-pen）。この対立については聞き取り練習は行っていない。英語の[i]は日本語の「い」というより、「い」と「え」の中間のような音なので、学習を全くしていない状態の生徒には同じように聞こえるのかもしれない。現にpin/pennの対立では、3つとも同じ単語と答えた生徒がプレテストでは49%もいた。

pin-pin-pen

	※ 12	13	23	123	0
Pre %	27	4	12	49	8
Post %	69	2	3	20	5

wrist-rest-list

	12	13	23	123	※ 0
Pre %	37	21	3	13	24
Post %	5	56	0	0	38

sitting-sitting-setting

	※ 12	13	23	123	0
Pre %	81	4	2	8	5
Post %	85	1	1	3	9

次に、調査に使われた語による結果の差が激しかったものには、どんなものがあるか、見てみることにしよう。

[e][æ]:聞き取り練習なし

前述のpenをpanと聞き分けさせる調査を行ったが、正答率は非常に低い。プレテストでわずか25%，ポストテストでも58%にとどまっている。

ところが、おなじ[e]と[æ]の対立でも2音節のletter/latterで調査すると、プレテストの時点で92%の生徒が正解している。2音節の方が正解率が高くなるのは先に取り上げた[i]/[e]でも同様である。

letter-latter-latter

	12	13	※ 23	123	0
Pre %	1	3	92	2	2
Post %	0	2	97	0	0

pen-pen-pan

	※ 12	13	23	123	0
Pre %	25	3	15	45	11
Post %	58	3	6	25	6

[ə:r]と[a:r]

もう一つ、語による差が激しかったのは[e:r]と[a:r]である。

*fur/far*はプレテストで58%, ポストテストで71%であるが、*gird-gird-guard*はプレテストから93%の高い正答率を示している。これは最後に子音があることが、影響しているのか、あるいはもしかしたら、「3番目だけ違う」という並べ方が、「2番目だけが違う」という並べ方よりも正答しやすい、ということもあるのかもしれない。

heard-heard-heard

	12	13	23	※ 123	0
Pre %	2	2	3	92	2
Post %	1	3	3	93	0

fur-far-fur

	12	※ 13	23	123	0
Pre %	5	58	6	1	30
Post %	2	71	2	0	23

gird-gird-guard

	※ 12	13	23	123	0
Pre %	93	2	03	1	3
Post %	98	0	0	0	2

[ʌ]/[æ] : 聞き取り練習あり

次の対立は、どちらもカタカナでは「ア」で表現するため、日本人には難しいように思われるが、意外にプレテストでも正答率は高い。ここでも2音節の語の方が、正答率が高い。同じ1音節の*run-ran-run*と*hut-hut-hat*を比べると、後者の方が正答率がプレテスト、ポストテストとともに高い。これは、「3番目だけが違う」という並べ方のパターンの影響か。

run-ran-run

	12	※ 13	23	123	0
Pre %	5	67	4	1	23
Post %	2	77	0	0	20

butter-butter-batter

	※ 12	13	23	123	0
Pre %	93	1	0	1	4
Post %	95	0	0	0	4

hut-hut-hat

	※ 12	13	23	123	0
Pre %	77	4	2	13	4
Post %	91	0	1	3	3

[ou]/[ɔ:] : 聞き取り練習あり

この対立については4つの調査を行っている。3語ともすべて同じ場合には正答率が高く、すべて異なる場合には低い。それ以外の2つの場合 (boat-boat-bought, coat-caught-caught)にはいずれも70%台の正答率から90%台の正答率に上がっている。この対立は、学習することで識別能力が上がる例の一つと言ってよいであろう。

vote-vote-vote

	12	13	23	※123	0
Pre %	2	2	4	91	1
Post %	0	1	2	96	0

boat-boat-bought

	※12	13	23	123	0
Pre %	79	2	3	13	1
Post %	98	0	1	0	0

coat-caught-caught

	12	13	※23	123	0
Pre %	1	5	72	15	3
Post %	0	1	94	0	4

foam-form-farm

	12	13	23	123	※0
Pre %	26	12	6	13	41
Post %	25	6	1	2	65

[^]/[ə] : 聞き取り練習あり

この対立については、put-pot-pot はプレテストから極めて高い正答率を示している。しかし、これだけでこの対立が易しいと判断するには資料が乏しすぎるであろう。

put-pot-pot

	12	13	※23	123	0
Pre %	0	1	96	1	2
Post %	0	2	97	0	1

suck-suck-sock

	※12	13	23	123	0
Pre %	86	2	1	4	5
Post %	92	1	2	3	1

[æ]/[ə] : 聞き取り練習あり

この対立もカタカナで表現できないので難しいように思われるが、正答率はプレテストの時点から意外に高い。意外なのは、cap/copの対立では、わずかではあるが、ポストテストの方が正答率が下がっている。

1998年3月

cap-cop-cop

	12	13	※23	123	0
Pre %	1	2	90	1	5
Post %	1	1	89	0	8

cat-cat-cot

	※12	13	23	123	0
Pre %	86	2	3	0	10
Post %	94	0	0	0	4

hat-hot-hat

	12	※13	23	123	0
Pre %	4	83	4	2	8
Post %	3	85	1	0	8

[i:]/[i]

この対立はsheep(shipでは81%から91%へと、変化が見られるが、語頭のeat/itでは天井効果であろう、伸びが見られない。

sheep-ship-ship

	12	13	※23	123	0
Pre %	0	8	81	3	7
Post %	2	4	91	0	2

eat-it-it

	12	13	23	123	0
Pre %	1	4	92	2	2
Post %	2	4	93	0	1

調査結果の分析

全体の傾向を見るために、約15分間の聞き取り練習を行ったペアと行わないペアに分けて正答率の変化のみを簡単に示す。(単位は%)

<聞き取り練習を行ったペア>

※→の左右の数字はそれぞれ、プレテストとポストテストの正答率を示す。

後の()内はそれぞれの正答率の差を示す。

[s]/[ʃ]83→89, 79→91 (プレテストとポストテストの差 6,12)

[z]/[dʒ]87→91, 80→91 (4,11)

[n]/[ŋ]54→48, 81→79 (-6, -2)

[l]/[r]45→68, 13→20, 24→38 (13,7,14)

[s]/[θ]58→73, 93→95, 37→65(15,2,28)

- [u:][u]83→95, 46→86, 68→80(12,40,12)
 [ə:]/[ɑ:]92→93, 58→71, 93→98(1,13,5)
 [ʌ]/[æ]67→77, 93→95, 77→91(10,2,14)
 [ʌ]/[ɑ]96→97, 86→92 (1, 6)
 [ou]/[ɔ:]91→96, 79→98, 72→94, 41→65(5,19,22,24)
 [æ]/[a]90→89, 86→94, 83→85(-1,2,14)

<聞き取り練習を行わなかったペア>

- [m]/[ɒ]62→72, 60→71(10,11)
 [g]/[ɒ]62→74, 82→94, 62→79, 83→96(12,12,17,13)
 [f]/[h]83→87, 79→92(4,13)
 [v]/[b]75→82(7)
 [t]/[tʃ]69→68, 72→80, 78→91(-1,8,13)
 [z]/[ð]24→38, 89→95(14,16)
 [i]/[e]27→69, 24→38, 81→85(42,14,4)
 [e]/[æ]92→97, 25→58(5,33)
 [i:]/[ɪ]81→91, 92→93(10,1)

上記の正答率の伸びを、聞き取り練習ありのグループと聞き取り練習なしのグループで比較してみる。

正答率の伸びの平均

	子音	母音	子音・母音合計
聞き取り練習あり	8.7	11.2	10.2
聞き取り練習なし	10.6	15.5	12.3

上記の結果では、むしろ、聞き取り練習を行わなかったグループの方が、正答率の伸びが大きい。個々のデータをみれば明らかのように、各データのばらつきは非常に大きいので、「聞き取り練習を行わない方が伸びが大きくなる」という結論にはならないが、「聞き取り練習を行う方が伸びが大きい」という仮説は検定を行うまでもなく、棄却される。

聞き取り練習では、ポストテストで使用される単語も含めて聞き取りを行っているので、ある程度の有利が予想される。それにもかかわらず、聞き取り練習なしのグループの伸びの方がむしろ大きく、その有利がこの結果には反映されなかった。このことの意味するところは何であろうか。生徒は聞き取り練習だけでなく、通常の英語学習を3ヶ月行っている。授業の中では、文字を学習する際にその文字が表す音も学び、文字や単語の発音練習を行う。こうした通常の入門期の授業だけでも、生徒の音素識別力は上がるということになろう。

結論

学習してもなお、識別が困難なものは、

子音：[l]/[r],[m]/[v],[n]/[θ],[s]/[θ]

母音：[i]/[e] であった。これはHirahara(1996)の結論とほぼ一致している。

今回の調査で学習による伸びが目立って見られたのは

子音：[s]/[θ],[l]/[r],[g]/[v],

母音：[u:/][u],[i:/][e]であった。

それに対して、はじめからかなり識別できる音素のペアは

子音：[s]/[ʃ],[z]/[dʒ],[f]/[h]

母音：[æ]/[a],[i:/][i]である。

ここで次のことに注意を促しておきたい。

1.同じ音素を扱っていても、調査に使われた語によって、識別の難しさが異なることは以前から指摘されていることであるが、今回の調査でも回答のばらつきにその点がはっきりと現れた。

2.さらに、調査の際の単語の並べ方も、正答率に影響を与える可能性が示された。

上記のことを考えると、どの音素がどの程度日本人に識別できるか、一般論として結論を導くには、相当大規模な調査が必要になる。

テープによる練習の効果は今回の調査では現れなかった。通常の授業でも3ヶ月後の音素識別の伸びは同様に見られた。

今後の課題

音素の識別力は、「聴いて意味が分かる力」を支える一つに過ぎない。今後、音素識別力をさらに上げるための方法をさぐることも研究対象にはなりうる。しかし、「聴いて分かる力」の育成という点から言えば、今後の課題としてむしろ我々が先に取り組むべきことは、音素の識別以外の面では、どの方法が効果的であるかを模索することではないだろうか。音素の識別力はListening力というより、発音の正確さに関連が深いと思われるが、その相関については、また新たな研究が待たれる。

参考文献

Hirahara,A. (1996). Aural Perception of English Phonemes by Japanese Learners at the Introductory Stage, 「筑波大学附属中学校研究紀要」第48号

The Effect of Learning English on Aural Perception of Phonemes by Japanease Learners

KUBONO, Rie

[Summary]

The aims of this study are; 1. to clarify the effect of leaning English on distinguishing phonemes. 2. to estimate the effect of a 15 minute aural perception training session. 3. to find out which pair of phonemes tends to be influenced most by the training session learning.

The result of this study suggested that even an ordinary English class helps students in distinguishing English phonemes and there was no difference between the phonemes for which training was given and those for which it was not given. The pair of phonemes below showed a comperatively big improvement.

[s]/[θ],[l]/[r],[g]/[d],

[u:]/[u],[i]/[e]

We should be cautious in assessing the results as they depend on which words are used in the research.

キーワード:Phoneme, Minimal pair, Aural training.

研究紀要 第50号

印刷・発行 1998年3月

編集・発行 〒112-0012 東京都文京区大塚1-9-1

筑波大学附属中学校研究部

代表者 角田 陸男

印刷所 有限会社 甲文堂

〒112-0012 東京都文京区大塚1-4-7

TEL.03-3947-0844

〔非売品〕

**BULLETIN
OF
UNIVERSITY OF TSUKUBA
JUNIOR HIGH SCHOOL AT OTSUKA**

Vol.50 MARCH 1998

Articles

TOKUMINE Yoshiaki:	
Research on Instruction in Thinking of Probability and Statistics	
— Focussing that "What is Maybe?" —	1
MOROZUMI Tatsuo; TOKUMINE Yoshiaki; SUZUKI Akira; OHNEDA Yutaka:	
Research on Teaching and Learning of Function and Figures Maked Full Use of Technology, Especially Computer, in Math Class	11
MOROZUMI Tatsuo:	
Research on Teaching and Learning Algebraic Expressions Layed Emphasis on Reading, Through Many Continuous Practices	51
KAKUTA Rikuo; KANEKO Takeo; SHOJI Ryuichi; ARAI Naoshi:	
The new teaching method in Science education	
— "Thema learning" or "Solving a problem learning"—	81
SHOJI Ryuichi ; RIKUO Kakuta:	
A Study on How to Teach the Unit "Acids, Alkalies and Salts" in Science at Junior High Schools	
.....	105
KOISO Tohru; SUZUKI Kazuhiro; KOYAMA Hiroshi; NAKAMURA Naomi;	
KAKUTA Rikuo; KANEKO Takeo; OHSAWA Seiji; KASAI Naomi; KOSHITAKA Mayumi:	
Education on AIDS by Use Multimedia (CD-ROM) for The Health Instruction at Juior High School	
— the effect of providing general guidance in the manner of simultaneous learning,sharing one computer in the entire class —	113
KOYAMA Hiroshi; OHNISHI Takezou; MURAMATSU Makoto:	
Research on Results System of the Handball Games	
— Results System of the '97 Men's Handball Championship at Kumamoto —	133
MAKITA Mamoru:	
The Effect of Self-evaluation and Peer-evaluation on Show and Tell	155
KUBONO Rie:	
The Effect of Learning English on Aural Perception of English Phonemes by Japanese Learners	165

Published by

UNIVERSITY OF TSUKUBA JUNIOR HIGH SCHOOL AT OTSUKA