

日本の教師

6 授業をつくる II 戦後

学制120年・ぎょうせい創業100周年 記念出版
日本の教師[全24巻]

明治以降、今日にいたるまで
蓄積してきた教育の実践と経験が
今、あざやかに甦る!!

編集代表・稻垣忠彦・中野 光・寺崎昌男

ぎょうせい

山岸昭則

教材の研究をどうすすめるか

1 教育目的をイメージして教材づくりを

★子どものつまづき、疑問から出発

「教科書は理屈だけ……」、「ただ数とにらめっこ……」、「ただ形式的なことだけを覚えそれに従つて計算してきた」、「何の意味もわからないまま公式どおりにあてはめて機械的に答えを出す作業」、「天下り式の定義と機械的な公式暗記」等と数学教育を辛辣に批判するのは小学生から大学生までの声。

教師はいやとうなく教科書したがつて指導要領数学に拘束される。このため教材研究の出発点もその解釈やその教授法研究からと考へがちである。しかし、冒頭の数学教育を告発する子どもの声は、教科書教材すなわち、指導要領数学さらには現代の数学のあり方こそ批判されるべきもので、無批判に解釈・教授されるべきものではないことを教えてくれる。

表 1

数学の「建造物」	形式主義	理論と実際の分離
三階：言語 内容豊かな諸概念や諸関係の研究および論理的な整理の道具として、数学で用いられる表現手段の全体	二階と三階の間の正しい結びつきの欠如	
二階：対象 物質的な現実の諸関係や諸形態から抽象された内容豊かな数学の諸概念や諸法則性		一階と二階の間の正しい結びつきの欠如
一階：源泉 客観的、物質的な現実		

(注) ストリヤール『数学教育学』明治図書、1976年

教育の主体性や自律性を脅かす教育改造を要求する科学・技術や学ぶ対象として子どもに権威的に対峙する科学の体系は、教育とはなじまない。教育に適った形に科学をつくりかえること、これが教師の教材研究である。それは「ベートーベンの主題による変奏曲」を作曲する作曲家のように、また先人の作品のバリエーションをつくる詩人や画家のように、科学の主題によるバリエーションをつくろうとするものである。したがって、教材とは、現存する科学の内容そのものでも、教科書教材そのものでもなく、教師が一定の観点に立って選択・構成した科学の主題によるバリエーションである。

★子どもの動きをイメージしつつ
生徒のつまずき・疑問を分析して、暫定的につかみ出した教材の核心を科学の主題によるバリエーションとしての教材・教具に頼むにすること、彼らのつまずき・疑問に一定の解決の試みが可能な教材・教具に頼

三◆科学・学問と認識との結合をもとめて

数学者ヒンチンは、数学教育にある伝統的な二つの欠点は、数学の一定の諸段階の間の結びつきの欠如した形式主義と実際との分離であるといつてはいる(表1)。現代における形式主義は、一方でいわゆるできない生徒を大量に生み出し、他方、いわゆるできるといわれる子どもも形式主義的にはできても内容豊かな数学的事実や実際との分離という弱点をもつにいたらしめている。いずれにしても一種の「落ちこぼし」という結果を生んでいるのである。

教師の教材研究は、そのような結果を招いているその教材の核心をつかみ出すことが必要であり、その端緒を与えてくれるのは、その教材に関して経験的に蓄えられてきた子どもたちのつまずき・疑問と現在、教師の前にいる生徒たちのつまずき・疑問である。

したがって、教師の教材研究の出発点は、当該教材に関する子どものつまずき・疑問の分析におくべきなのである。

★科学の主題によるバリエーション

六〇年代民間教育運動における「科学と教育の結合」を志向した現代化運動は、教科研究はもとより教育学的にも多くの成果を残した。しかしそれは、「学問と教育は別」とする教育行政の教育研究の自由に対する妨害・剥奪の政策に対峙するあまり、科学の論理や構造を強調すると批判されていた。社会の要請とか、技術革新に応えるという名目で教育改造をすすめたその後の官側の「現代化」が、教育の主体性や自律性を脅かすにおよんで、「科学と教育の結合」とは科学の教育への一方的移入の感をますます深くさせた。

* 現代化運動：アメリカでは物理科学研究委員会(PSR)が、日本では数学教育協議会(SC)が、がその先陣をきつ

三◆科学・学問と認識との結合をもとめて

わにすること、これが教師の教材研究の当面する課題である。

抽象的といわれる数学概念とその形式としての数・文字・記号などを教材・教具に頼むにすることは、科学でも芸術でもそれなしに済ますことができない。「知覚された現実のある側面を表現しがち包み込むイメージの……想像力」(ニスペット「想像力の復権」参照)に富むもので、現実的なものであっても、空想的なものであってもよいが、子どもが身近かでつくつたり、並べたりで生きるもののあるいはたやすくやつてみたり、もて遊ぶことができる「ファミリアな」形にするということである。

イメージ豊かで、想像力をかきたてることが大切なのは教材・教具ばかりではない。教師の教材研究こそ授業における生き生きとした生徒の動きとそのような動きをつくる教材・教具をイメージし、想像をたくましくしつつ進められなければならない。ニスペットは、一流の芸術家も一流の科学者もペークンの帰納主義的方法でもデカルトの知性主義的方法でも自らの仕事を続けたのではなくことを示し、「独創的なイメージ、実際あふれるばかりのイメージにたよることなく、考えられるかぎりの方法にいかに執拗に執着したとしても、結局は無益であり、何ものも生み出すことはない」(前掲書)といきつている。

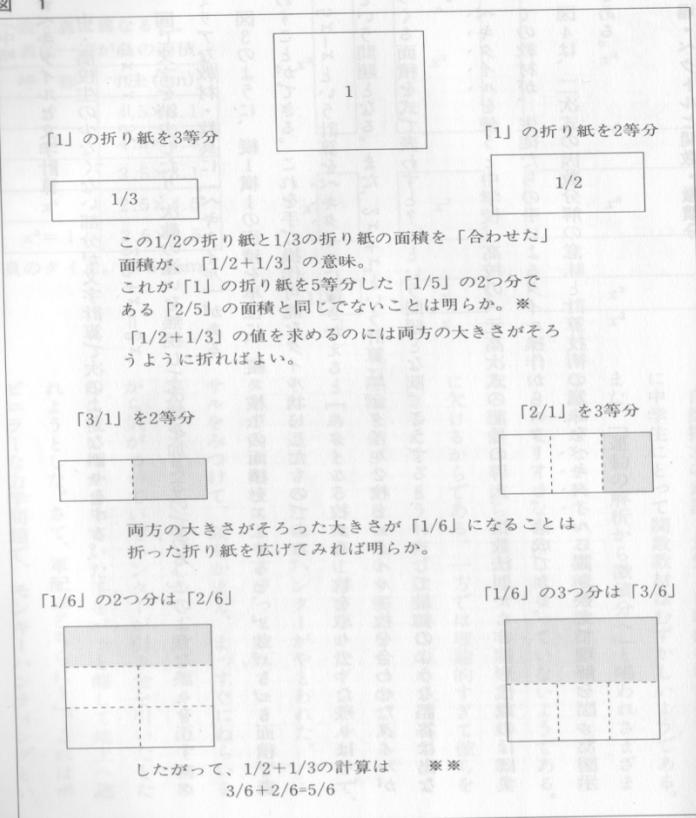
表2は数学の教師の教材研究がそのようにイメージしつつ進められていることを語っている。以下、この表の観点に立つてつくった教材・教具の例示と観点の具体的な説明を述べることになる。ただし、ファミリアな教材・教具そのものを創る手順については第4節にまとめた。

表2 教育目的に適った教材づくりと授業構成のあり方をさぐる

教 材 づ く り の 視 点	授業場面のイメージ
数 学 の 場 合	
当該教材の生徒のつまずきや疑問が顕著な数学概念(あるいはその数学形式)に照応する物的・図的教材・教具(実験、ゲームなども含む)を開発する。	生徒を主体的に参加させる
要件 1. 生徒のつまずきや疑間に暫定的な解決の試みが可能なこと。 2. 作らせる、並べさせる、画かせるなど生徒たちの感覚や手足や筋肉を通して行わせる。生徒たちの決断力や独自の冒険心を発揮させる等等、はじめから数・文字・図式の処理を行わせ、それに終始させるというように生徒たちを受身にさせることなく能動的な状態に置くこと。	
(注) 暫定的に開発した教材・教具が下記総合の視点でいう教材・教具と一致すれば最適。	
開発した教材・教具が上記の教育的側面を満たしつつも、教科(数学)の論理に適ったものであることを追究する。そのため、開発した教材・教具が、数学特有の抽象的思考(概念を記号化し、概念操作を形式化する、というような数学的活動など)を獲得させることに有用なように改良を加える。	
その際、数学史(科学史を含む)、現代の数学のあり方・教育運動・心理学等の成果を分析の対象にすえ、教科の論理が、開発した教材・教具とその操作の中で実現できるようにする。	
分析の視点 1. 生徒のわかり方、疑問、つまずきの分析 2. 当該教材の数学的特性抽出 3. 特性分析による本質的概念(形式)の抽出	
総合的視点(下記の総合の視点参照)	
教育の論理と教科の論理を統一する再構成の試み	
総合的視点 1. 教材の本質的概念(形式)を教材・教具(実験・ゲームなども含む)に体現。 2. 経験的素材の数学化(数学理論の応用を含め)を主題とする教材にあっては、具体から抽象的な数学形式への「抽象化の過程」を明らかにする。 3. 数学的素材の論理化を主題とする教材にあっては、演繹的側面や抽象性を強調するにとどめず、数学的素材にもその論理化の過程にも「具体的な意味附」を行なう。	

(注) 第16回日本教育方法学会(西要子〔金沢女子高〕、山岸昭則〔松任農高〕)発表資料「教材づくり」の部分抜粋。

図 1



三◆科学・学問と認識との結合をもとめて

2 子どもに適った学習対象を創る

手でつくり、手で学ぶ数学

★分数折り紙と分数計算

分数は子どもにとってわかりにくい教材のひとつである。日教組教研の報告に度々「1/2+1/3や2/5と計算する高校生」がいるということを聞く。「このバケツにブールから $1/2\ell$ の水を汲んできなさい」という教師に「こんな小さなバケツにブールの水が半分入るわけがない」と反応する小学生が少なからずいると聞く。

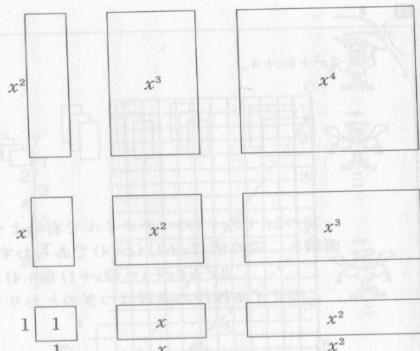
この二例は、子どもの分数理解の問題点を端的に示している。量感の伴っていない分数理解であり、実在の量分数の世界と抽象的な割合分数の世界を橋渡しすることができない分数理解である。彼らにこのような分数理解をもたらした従来の分数教育を改めるアメリカな教材・教具に「分数折り紙」がある。 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ の折り紙であるが、これを沢山作らせる過程で 1ℓ の量感は獲得されるように計画されている。 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ を底面とする水槽に蓄えられていく水量をモデルに連続量の数値化として分数を導入する。そのものの量として正六面体の水量 1ℓ が獲得される。この水槽の垂直面一面の水の増減を観察しつつ折り紙をつくる。こうして $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ の 1ℓ 折り紙がつくられ、量の単位 ℓ をとり去ると「1」である(図参照)。

この折り紙を使うと図のように、計算の量的意味と誤りの意味がわかり(※)、計算技術の意味もわかる(※※)ことになる。

図 3
表と裏は異なる色。
裏は一辺が負の面積。

呼称	寸法 (cm)
x^3	4.5×8.1
x^2	4.5×4.5
x^2	2.5×8.1
x^1	2.5×4.5
$x^0 = 1$	2.5×2.5

負のタイル。厚 5 mm。



自然探求の武器と意気ごむ教師の教材研究をよそに中学生にとって関数教材はむずかしいようである。また、「運動の解析から微積分へ」と唱われさまざま試みがなされている微積分教材についても高校生にとってリアルなものにはなっていないようである。その理由は、彼らにとってファミリアな教材・道具に欠けるからである。一方では理論的すぎて彼らを聞き手にし、もう一方では実験にのめり込みすぎて理論と結びつかないという弱点をもつのである。

「あるところに人畜に有害ないたずらサルがいて、それを退治するためにハンターがやとわれた。ハンターが大木の枝にぶら下がつて戯れているいたずらサルをみつけて、銃をかまえ、まっすぐにねらいを定めてズドンと一発。しかし、敵もサルもの、初めから気がついていてハンターが引き金を引いたとたんに枝につかまっていた手をパッと離して地上へ逃れようとした。さて、軍配はどちらに?」。これはボピュラーナ力学問題で、モンキー・ハンティングとい

$$5x - x = 5,$$

$$2x^3 + x^2 = 2x^5$$

[中略]

★ベキタイルと文字計算

中・高校生の少くない部分が文字計算で次のような誤りをする。

ミリアな教材・道具に「ベキタイル」がある。

図 3 のように、縦 1 横 1 の面積を単位に、縦 x 横 1 の面積を x とすると、 x^2 も x^3 も x^4 も面積で表わすことができる。これを手で操作可能なタイル状にしたものである。

$5x - x = 5$ 、
 $2x^3 + x^2 = 2x^5$

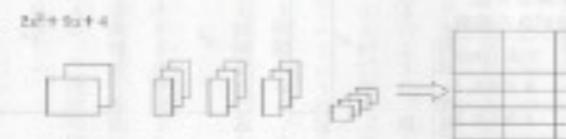
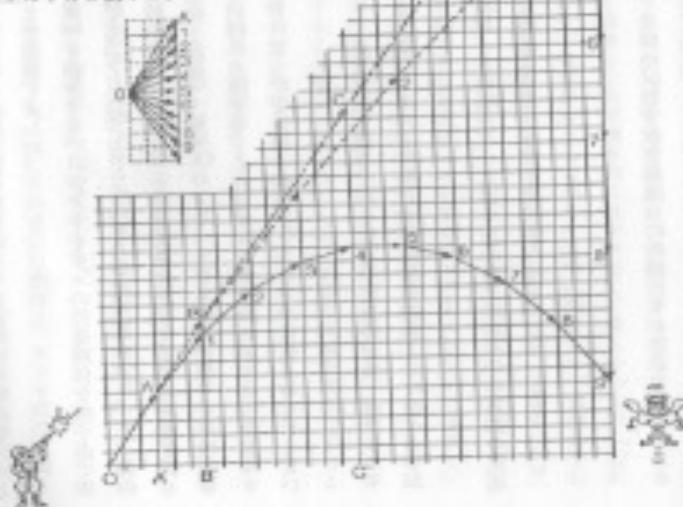
という問題となる。また、 $2x^3 + x^2$ という計算は「 x^3 タイル 2 枚と x^2 タイル 1 枚を合わせたタイルがつくる面積を式で表わすと?」という問題となる。こうすると、けつして最初のような誤答は出ない。

ベキタイルを使うと中学校、高校の一元高次式の記号の導入、指數法則から非線形代数のほぼすべての教材が、生徒たちの手によるタイル操作からスタートし、構成できる。

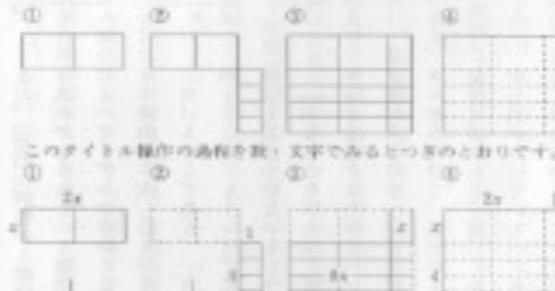
図 4 は、二次式の因数分解の意味と計算技術の意味をベキタイルに置き換えて理解を図った図示である。

★場・ベクトルと関数・微積分

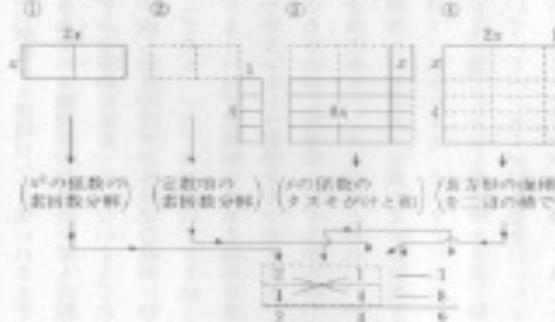
図 3
初速のOAの場合を例にとって。速度ベクトルOAは時間とともに長さも方向もかわる。この変化を図示すると下図のようだ。矢端の先端は直線上にある。オルの落下速度の変化を図示すると右図になる。このような速度ベクトルの先端の軌跡をホドグラフという。この矢端ベクトルを座標軸上に平行移動する。



左の $2x^2 + 9x + 4$ のベクトルで右のように長方形をつくり、その面積を二辺の積 $(2x+1)(x+4)$ であらわす。つまり
 $2x^2 + 9x + 4 = (2x+1)(x+4)$
このタイル操作の過程は4つあります。



このタイル操作の過程を数、文字でみるとつぎのとおりです。



あれこの問題がすりかり解ければ「初等力学の第一課は卒業したといつてかねしか知らない」といわれている。しかし、解くことはけっして容易ではない。

アメリカの教材・教員「場・ベクトル」を紹介する。ハントーとサルの伝記関係を格子点で表わし、「1日移10m」、物体の速度とサルの落下速度を矢量で表わす（重力加速度10m/s²）。物体の初速が0m/s²、速さのときは丸子日（発射10秒後）でサルとサルの運動変化を示す実験の実験が同じ格子点に達する。初速0m/s²のとき四手日（同じく移後）、初速10m/s²のとき一子日（同じく移後）で同様となり、物体の初速の大小に関係なく格子点を同時に占拠する。これはサルが止止められることを意味する。両者の位置関係が変わつてもまっすぐにねらいを定める初速をもととせんは性をもたらすというのがこの問題の結論である。

一つの問題を結ぶ矢線をつなぎあわせて速度変化を読みとれるようにしたのが場・ベクトル。それは時間の関数としての速度ベクトルを矢線ベクトルを仲介に速度変数の函数としてのベクトルに変換したものといふよう。

この教材・教員によって開発・実験分教材、この場合でいえばサルの落し方用や他の運動の記述、命中する位置の計算等があたかもパズルを解くように中学生・高校生の授業の参考になる。

★学者の刺激の本質をがえる

このようなアメリカの教材・教員は、北陸地区数学教育協議会の教師たちが子供たちと共に開発した一部分である。こうした教材・教員を駆使する数学教育は、「手でつくり、手で学ぶ」数学

と呼ばれて生徒たちから好感やもてて迎えられている。

「感謝だ！」計算がなんでも解けるようになつた、「そして楽しい」「教科書は廃題だけであつてもわかるなかつた」実験や操作をやって勉強したのが根本的にわかつたし、楽しかった」「なにか数学の世界を理解したならうれしい気持ちになり、数学が分かるになつてやる」「何よりも、自分の子にとって極まるのが樂しい」（後の「六」は、三重大学教育学「教育方法」の講義「手でのこと、手で学ぶ数学」についての学年社評論より抜粋）。

これまで子供たちを学習させるためにもられてきた方法は、いわゆる「ムサシニシル」方式で、苦悶と戦えながらも用いる「人間忍けるの」我に立つて学習へかゝつたものであつた。この説が有力になつてしまつたために、教解は子どもが好奇心にかられて如何様事を行なう、あるいは學習の樂しさを味わえるような条件を準備することをないがしろにして、試験や成績や順位などによる争いや審美で学習にからむるという弊害が一般化してしまつた。このため子供たちの少なくない部分が「学びをもつからず」窮屈されたい拘束・苦悶のまゝにとらえられていたつてにいたつている。

「むずかしい問題であるべきタスクをする」とすらわから、それにビデオを走らせるときは勉強しているとは思えない」という生徒の感想文は、従来の数学教育をはじめ教科教育全般のそろもた弊害を示している。「楽しくわかれは」勉強しているとは思えないというのは悲劇的である。實にそろもたは授業は学ぶ教じや手本を樂しまと勉強なものであったのである。

学ぶ教じや手本を樂しさを奪われた子どもは探求する。「僕たちの受けた教育は、天下り式の定義と機械的な公式導きの授業であったので……手てつく手て学ぶ数学のような授業が受けられたら、

「思い出しました。」（金沢大学数学専攻学生）。「中学生までわからないまま進み、数学というものが嫌いだつた。だが、高校に入つてベキタイルを使いはじめてから数学がわかりはじめた。また数学をやるのが楽しくなつた。……ベキタイルを中学の時から使うと数学が嫌いな人でもできるのではないか。」（日教組教研宮崎高報告）。

脅しや褒美で学習にかりたてる「人間だけの」説とは訣別してもいいときである。それに代わる学習の刺激として遊戯との調和を選んでもよいことは、手でつくり、手で学ぶ数学に対する感想文からうなづけよう。

★工作人的知能と論理的知能の相互扶助

ファミリアな教材・教具による数学学習が計算技法を了解させ、公式を導くことを可能にし、証明を容易にするなどその相互扶助的な関係にあることを示してくれている。このことは数学においても心理学者が「両者の結びつきからあらゆる人間知能の進歩が生まれる」（ヴィオー『知能』参照）という工作人的知能と論理的知能の相互扶助が成り立つことを示すものである。工作的な知能とは、論理的知能が具体的な事物に抽象概念を適用することであるのにくらべ、外界の事象に動作や行動を知的に適用するのが特徴で心理学者は実用的知能とも感覚運動的知能ともよんでいる。

ファミリアな教材・教具に動作や行動を知的に適用する必然的結果が、数学の論理に導き、それは同時に獲得した数学の諸形式を具体的な事象の解析に適用する能力を育むものである。この手でつくり、手で学ぶ数学の主旨を知った青年はいう。「（一般には）具体的に考えることが、抽象的に考えることより劣つてゐるようと考えられていると思うし、私もそう感じてきた。しかし、今、私はそう感じてきた自分が恥かしい。何のための抽象化だったのだろう。具体的なものがあり、それをより発展させ、理解するための抽象であり、具体を知るための抽象ではなかつたのだろうか。」（前掲『三重大資料』）と。

★遊戯と学習の相互転換

図6は方眼紙と鉛筆で行なうカーレース・ゲームである。これは正方形を敷きつめたトラックのスタートライン上の格子点に各競技者が車を整列させ、先攻後攻をジャンケンで決めて自分の番がきたら三つのルールに従つてトラック上の新しい格子点へ車を進めるのである。ルールに従つて適

当に加速・減速を行なわないと△車のよう脱線することになる。脱線しないで先に決勝線を通過した方が勝ちなのである。

このゲームはモンキー・ハンティングの例にあげたファミリアな教材・教具「場・ベクトル」の導入・定着を図るものであるが、ベクトルや後述する関数・微積分などの導入教材としても有効なものである。

このように教材をゲーム化することは教育になじまないと考えてはならない。芸術と科学といえども「われわれがよく問題とよんでいるものは、われわれの気を晴らしたり、創意工夫力をよび起こしたりするパズルに実際はより近い……。多くの科学……は根本的にはパズルでしかないものに対する解答からつくられている……。普通、日常生活に見られる困惑や謎や難問といった種類の問題、……科学であれ芸術であれ、このような問題以上のものに取り組むことはまれにしかすぎない」（ニスペック・前掲書）ものなのである。

伝統的数学教育や「現代化」数学教育の弱点はいまや明らかである。それは科学の主題によるパリエーションとしてのファミリアな教材・教具を欠いていたことであり、それを操作しながら学習するという遊戯的一面を欠いていたことである。現代の数学者たちもいう。ゴルディングは数学教育現代化に失敗したブルバギを戯画化している。「これらのモデル（集合、群、環、線型空間など）——しかしやることはほとんどない。ところが数や幾何の広々とした野原には、誰にとつてもやるのにはいい、教育的なことがたくさんある。こういうモデルのほうが、日々の環境としてはより好ましい。

* N・ブルバギ：フランスの数学者集団の名称

図 6

一車を進めるルール

ルール 1. 次に車を進める新しい格子点およびその格子点と現在地の格子点とを結ぶ線分は、トラックから絶対にはみ出さない。

ルール 2. 二台の車が同一の格子点を同時に占領しない。

ルール 3. 前の手が目盛を

垂直に k 個 水平に m 個

進んだものと仮定する。そして、今回の手が

垂直に k' 個 水平に m' 個

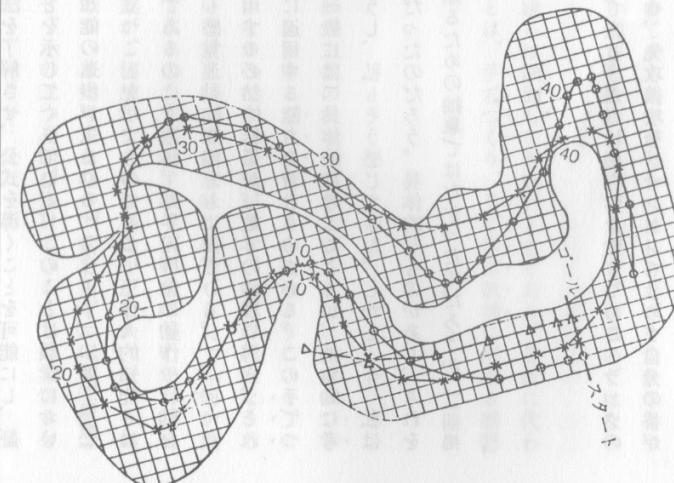
進んだものと仮定する。このとき

$k - k' = -1$ または 0 または $+1$

$m - m' = -1$ または 0 または $+1$

でなくてはならない。

（M・ガードナー『数学ゲーム II』日本経済新聞社1980年）



「……う簡略化の致むのをめどりした」（数学との総合）¹。ここで決定的な要素は「やること」である。また、かつてはアルバギの「見」であったが、数学教育の「現代化」には批判的な数学学者トルル「生徒を活動的ではなく活動的な姿勢に導かなくてはならないし、また、その活動力や独自の冒険心を發揮させ」（「現代」数学、それは教育的・哲学的思考）²。ヨーラン編「目的の数学が」（同上）もよろな「遊び的一面」をもつ理論が教育的といつてある。

著者たる「モモ・ルードンス」を著者し「人間は直感する存在である」と結論したモイジンガの意見によれば、直感と直感的相互作用であつたが、学習と直感の操作のめざすところでもある。

3 子どもに通つた数学的活動を創る

★全体としての数学的活動の学習指導

「形式主義的ないいは『現代化』数学教育を批判するあまり、道の実際的・経験的源泉を経て、まう語りに陥つてはならない。自然の探求や科学・技術問題と結びつける数学教育を適度に評議する側面はこれである。

この種の批判が語りであるのは、人間活動を総合的部分と演繹的部分に分割するからであり、また、いずれかに権威を与えることによつて、権威を有する高級な部分と低級な部分とに分割するか

らである。「科学的発見の論理」³で著名な科学哲学者ボーフバーカーは、ペーリコンの構造主義とデカルトの加性主義をそのようなものとし、近・現代人がいすれかに懸念を示めたり、いすれかが懸念を主張したりする傾向を生み出したと批判している。

数学教育がこの傾向に陥らないためには、場的的侧面も演繹的侧面もその「総合する全体としての数学的活動の学習指導がめざされることが必要なのである。アメリカの教材・教科書を駆使する教師の教材研究は、子どもを形式主義や理論と実際との分離の数学教育から解き放つことをめざしながらも、純粹主義に陥らないことを配慮し、全体としての数学的活動を子どもに通つた形につくりがえる計画でなければならぬ。それはまた、ラティニアな教材・教科書の順序を教え、より通俗なものに自らを適合させる、あるいはもっと積極的にそれを自ら創る、調整する等々を教える計画である。

〔中略〕

★面積シート

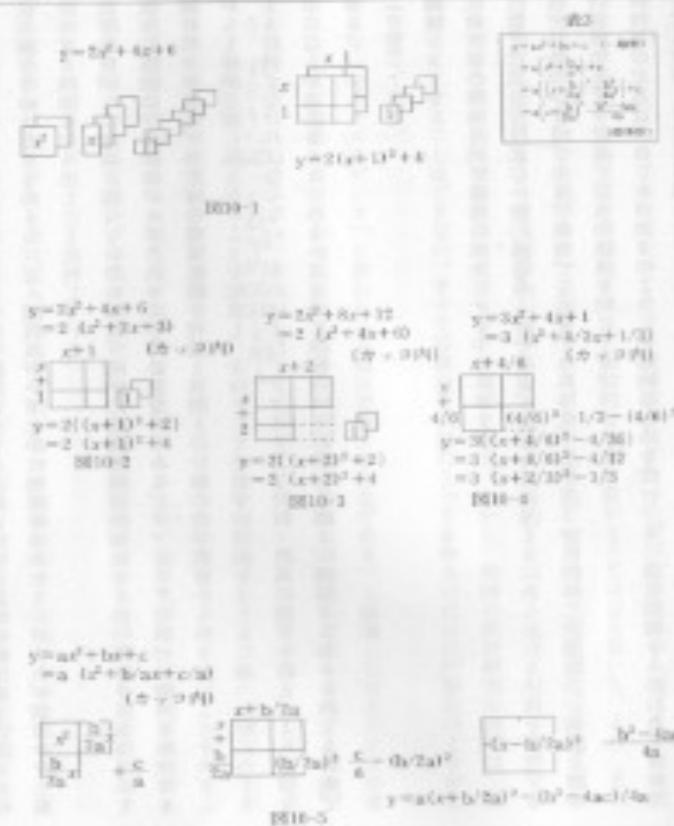
代数計算の特殊な例で課題の解決にせまることをよう。

代数では式や方程式の「数的構造」これを計算で変形していくときにあらわれる法則を研究することが目的のひとつである。教育でこれをどう具体化するか表3の高校の二次関数の一般形を標準形に変形する文字計算、公式の由来を例にとる。

教科書の記述は、はじめの表3のように「一般的なものを授け、その後は問題をそれにあてはめて解かせる」というすでに利用した子どもから実践的教育を受けてきたものである。この場合と高校生

* ヨーラン編「目的の数学」（同上）（二二〇頁）二七七頁
** ヨーラン編「目的の数学」（同上）（二二〇頁）二七七頁
† ヨーラン編「目的の数学」（同上）（二二〇頁）二七七頁

10



で構成された最高次の教材・教具の駆使に至るという思考の發展を計画する数学教育は、前述した歴史的な時間軸を一気に压缩するばかりでなく、子どもの個人史的な成長の歴史も縮小させる。

（中略）

「以上のようない全体としての数学的活動の學習指導をめざす数学教育の教材・教具に接した人は、は思ひ立て次のようにいう。

「数学がそこまでも現実に根ざしているものであることは、私自身にとどまる、今更ながら大きな衝撃であった」「学問は具象と関係し合って初めて意味をもつと思つて……実験した」「数学」というと理論を想起と伴のな音節を聞いていたというオーバーヒートだった。けれどシエナを従うと、まるで数学をやっているいよいよ身近な学問といいた感じだ」「頭の中では理論だけとらえるのではなくモデル化し、手でみれてみると大切さを感じた」（前掲第三章大変則）「……あることに置いて手懸をして、作りたり、操作したりして確かめ一般法則を頭をあげていく。自分で発見させていく方針は大変大切な」とだと思つていろいろ学ぶことが多い……」（後略）

4 フィアミリアな教材・教具を創る

★三つの要素を総合して

いくつか開示してみたようなフィアミリアな教材・教具をどう創造するか。専門資料を含めて教陣の専門的力が最も問われるところである。

教科書教材の三つの難点を考慮しながら子どもの実態に適った形が追求される教材・教具は、暫定的・思いつき的性格を帯びるを得ない。しかし、このような性格は最小限にとどめられなければならない。なぜなら、すでに見えてきたようにフィアミリアな教材・教具は有効なものであつたが、それが適応問題であるからである。長期を経過した場合適切でない教材・教具であるにもかかわらず、ある侧面で非常に有効でかつ効率的であるかといつて使用したならば将来的の学習にとって大きなハンディキャップとなる。有効であつたためにはそれに固執し、古くて適合しないために新しい考え方を学ぶのはならない新しい状況に自らを適合させたり、調節することを拒むということが起つるからである。

この難点を解決するには二つのことを実現しなければならない。ひとつは、教陣が開発する時点で教育的にも教育的にも難点を極力なくしたまのを創ることである。しかし、これは完全に満たすことは不可能である。そこで第3節で述べたように子どもに次のことを教えることが必要となる。フィアミリアな教材・教具の開発を教えること。彼らに教材・教具の有効性を伝達させたり、自ら開発させることである。

数学的にも教育的にも配慮の行き届いた教材・教具を創るには、現代における数学のあり方と数学史・科学史・文化史の研究を子どものつまづき、疑問、わかり方などの心理学的・生物学的研究と関連づけることが必要である。

（中略）

★情熱の奔流を伴う授業に再構成する

三 中科学・学問と認識との結合をもとめて

アドミットな教科・教員をもとすれば授業が成立するわけではない。教師の最後の課題は、開発した教材・教員を子供対象に授業を展開することである。

このときの最重要課題は、言語・概念的能力の教育に専念してきたこれまでの教育内容や方法の、なぜかにしてきた興味とか美感とかといふいわゆる情意的側面を重視することである。これをながめにした教育は子供の能動性・積極的感覚を確認したり、学びことに對して興味ももつては活動的・活動的感覚を持つにいたるセキ。このことはすぐに引用した声で明らかである。

教師が教えたことを伝えるのではなく、子供たちが考へ問題を提起し、解答を発見し、解析をするといふ人間行動としての数学的活動を授業に実現する。このうちなことが可能であることはその一部を第三節「算式的」で述べてみた。

こうした数学の授業のアイデアの源はまだ現代の数学のあり方や数学史などにある「よい教育に缺いては、人は新しい存在をそれを使うことによって導入する」としてそれらの相互作用の規則を、存在していると考えられる条件を満たして明らかにする。また、その法則を取り扱うことにより、「その存在に慣れさせる。その後で初めて、抽象的な定義を与える」となるようになるのであり、このようにして組織した理論の操作性を説明することが可能であるのである。数学は、その最も綴りあげられた形ですら、決して他のやり方とは行なってこなかった。(数学の教育が立ち向かわぬほどのない真の問題は、統治性の問題ではなくて「感覺・意味」の構成の問題であり、数学的対象の「存在論的正当化」の問題である)。(「論文「現代数学と通商の数学」前掲書参照)。

以上述べてきた子どものために改進した数学教育は、教師や父母を「生徒」にした授業授業でも

子供の問題、情感をもつて受け入れられた。このことはいわゆる見送教育というものを因縁的、絶対的にもつてゐる必要のないことを教えている。

学ぶ者の発達段階に關係なく同じような情感を抱かせる傾向は、グラムやヘルベルトが構想した「教育における遊びの営業」遊びと学習の調和を実現した物理的・幾何的な教材・教員の操作にあるといふ。

教育は、「底が進んでいるところだけは人間なのです」というシラーの説を内省體し、遊戲上の調和をもつた改造にこもる心地ではないだろか。

校内暴力問題を発揮し、対立法的なといふ教育論議に喧嘩。教育は、本来、癡狂の出るのを本然に防ぐという意味で、病弱法的なものでなければならない。「癡狂」しているといわれる現代の教育にあって、病弱法的な教育がどうすれば実現できるかを明らかにすることは緊急の課題といえる。

本稿はつぎのような観点に立つてこの課題に応える試みを述べてきた。子どもから学ぶ喜びや学ぶ樂しみを奪い、身心や表現で競争にありたて、その攻撃・破壊本能の開花に多くの機会をもつて、学ぶ者人間に差別をつけ、分離させ、社会的分離を再生産するところに現代教育の病弱を戒め、かつて「藝術による教育」と著者などドガ、平和をめざす教育は人間の攻撃・破壊本能を無害にする計画でなければならない。それは情熱の失敗を伴う、創造的喜び、事物による教育といふ教育政策により達成できる、と述べたことに失敗したからに、科学主義の傾向の強い現代においては、「藝術と科学とはその性質上お互いに大變異なつたものである」という考へを教らせ」(アスカフ

ト・前橋の「科学と藝術の創造行為の複雑性を複雑に入れた、科学の本體によるパラエード・ショーフ」を復讐した。

この観点に立った教育改革の試みは、藝家の「科学と教育の結合」の内実を窺かにするであろう。

（七）一〇八一、秋林）

解題

山岸昭則は、一九四一年（昭和一六）に大阪市で生まれた。車両会社に勤務した後、科学・技術の基礎としての数学・力学の重要性に着目し立命館大学理工学部に入学。土木工学科に学んでいたが、講師で来ていた数学者・森毅の数学講義にふれて、数学教師になることを決断し、数学物理学科に転科している。卒業後、石川県の普通科高校に赴任した山岸は、最先端の現代数学の成果を教える教育をすすめていたが、一九七四年に転任した松任農業高校では、教科内容の現代化運動それ自体の反省と転換を迫られ、数学の歴史と数学そのものを問い合わせ直すことになる。

五〇年代後半の遠山啓の提起した「量の概念の重視」と「タイル」というシェーマの創造に学び、すぐれた実践である「手でつくり手で学ぶ数学」を生み出した。疑問をもつて授業にのぞみ、数学の論理を納得し楽しめるという「授業への主体的な参加」をもたらしだけでなく、生活経験や具体からの抽象化の過程を数学学習にとりこみアルゴリズムの意味を実感させるシェーマ「ベキタイル」をつくり出した。

「数学を学ぶ」ということは、抽象化されてしまった結果を知ることではなく、具体的な諸活動から数・量・式として抽象化していく過程を歩むことであり、その表現の様式を数学化し洗練していくことである。そして、計算法・論理展開というアルゴリズムの意味を実感し味わうことである。眞性の数学の世界に参入し学ぶ過程として数学の授業を創造しているとともに、教科教育の現代的課題を典型的に提起する実践といえる。〔堀江〕

注記：解説前段の私の履歴に一部間違いがあったので、「日本の教師」6巻（授業をつくる II 戦後）の解説前段の私の履歴の一部修正と併せて統一させていただいた。〔山岸〕

