「海―自然と文化」東海大学紀要海洋学部　第２巻第３号　63-71頁（2004）
Journal of The School of Marine Science and Technology, Vol.2 No.3 pp. 63-71, 2004

数学教育における改革の試み
SPP 教員研修実践から

渡辺　信*1

The Trial of the Reforming on Mathematical Education the Document of the Training Program with Teachers

Shin WATANABE

Abstract

We want to change the mathematical education with technology. In this time we use only the blackboard by teacher and the paper and pen by students. Next mathematical education we will use the computer in the classroom. So we study the new style of the mathematical education in the viewpoints, (1) cooperating with the museum (2) changing the basic from the abstract to the concrete (3) using the graphic calculator.

We had the training program on three times with gathering the high school and the middle school teachers. These programs were made plan by the "Science Partners Ship" (SPP).

We want to make the new system of the education. Next time, that is the information oriented society, the mathematics and the concerning subjects will put together at the school classroom.

１．数学教育における問題点は何か

日本の若者にとって数学という言葉はあまり好まれてはいない．そして，現在では「数学嫌い」は中学生で50％を超えてしまったことは，毎日新聞の第一面の記事になった．それにもかかわらず，数学教育の現場で実際に生徒に接している先生方には危機感がない．数学は主要教科として必ず学習することを義務付けているからかもしれない．生徒が理系・文系の進路を決定することに大きな影響力を持つのも数学の出来・不出来である．現代社会での活動に数学が如何に関わるかは，外側から見えなくなってしまった．以前では，買い物をすれば必ず計算をしなくてはならない．この計算も消費税３％の導入によってほとんど機械任せになってしまった．数学とは計算だけという神話が崩れたときに，数学は社会から見捨てられてしまった．計算のない数学などは考えられないように数学教育では教えているのではなかろうか．どんなに生徒が数学嫌いになっても，数学教育改善の動きは起こらない．そして，嫌いになっていく生徒が増えても，その解決策を見つけ出そうとする動きが皆無である理由はどこにあるのであろうか．

この数学嫌いの原因は何かを考えることは，改善策を見つけ出すことに重要な視点を与えてくれる．東海大学の文系学生で，数学に興味関心を持っている一年生のアンケート調査によると次の理由があがった．

- 数学の試験では点数は取れるからつまらない
- 公式に数値を代入すれば考える必要もなく答が出てしまう
- 公式を忘れてしまって，何もできなかった（考える方法がない）
- 結局は暗記していなくては数学は出来ない暗記科目に過ぎない
- 自分で考えることはない

この結果，「考える」という問題にぶつかる．現在の数学教育では考えることがなさすぎる．みずから考えるということは，生徒個々人の主体性の問題と関わってくる．自分の考え方を主張できることを好む文系学生の数学教育批判に大いに耳を傾ける必要があることがわかる．このアンケ

2005年１月18日受理
＊1　東海大学清水教養教育センター（General Education Program Center, Shimizu Campus, Tokai University）

ート結果から，主体的に行動できる数学教育を実践する必要があることがわかる．

数学嫌いの現象は，日本に始まったことではない．多くの国が抱え込んでいる学校教育の問題点でもある．以前，アメリカの高校生にも数学嫌いが蔓延した．日本で数学嫌いが顕著になる10年くらい前である．アメリカでの現象が日本にも流行のように入り込んできたとも考えられる．アメリカが日本よりも早いのは，情報化社会に入る世界の歴史をみるとその理由がわかる．日本の情報化社会はアメリカより10年以上遅れている．A.トフラーの『第３の波』がアメリカで出版され，日本語に翻訳されて出版されたのは早かったが，内容を理解することは不可能であった．情報化社会が生み出した現象であるならば，情報機器がその解決策を見出す可能性がある．実際にアメリカ社会の解決策は，数学教育にグラフ電卓を導入することであった．数学教育にコンピュータを持ち込もうとしたシカゴの高校の先生方の努力がグラフ電卓という安価な道具によって解決の糸口を開いた．生徒はグラフ電卓を使うことによって，主体的に数学と関わることを発見した．数学の成績は低くとも，数学が嫌いという生徒の割合が激減したことは，アメリカ社会が語っていることである．このアメリカでの出来事は日本にグラフ電卓を紹介したときに語られた言葉であった．考えるための補助的な道具を持つことによって，今まで考えることが出来なかったことを，みずから主体的に考えることが出来るようになった．『人は考える葦である』というパスカルの言葉は有名である．考えることがいかに重要であるかは，昔も今も変わらない．

２．SPP と理数科教育改革の動き

学問それ自体も以前の工業化社会とは異なる．この変化に追いつくことが出来ないことこそ，現在の学校教育で社会の変化から取り残されている現われである．この変化を意識した学校教育の改革の動きのひとつが，今回試みられているサイエンス・パートナーシップ・プログラム（SPP）であると理解してもよい．社会の変化に取り残された教育を改革するための試みとして，理数科教育の改善に取り組み始めた．SPP は，文部科学省が平成14年度より推進している「科学技術・理科大好きプラン」の一環として，大学，研究機関などと教育委員会が連携して，中学校，高等学校における科学技術・数学教育の充実を図ろうとする事業を推進することになった．この SPP の趣旨にのっとって，数学授業の充実を図ることを目的とした研修を実施することにした．数学が好きという生徒が減少しているときに，次の視点から数学教育を見直してみたい．数学から遠ざかる現在の動きを，より身近な数学に興味関心を持たせる動機付けと考える視点を持たせたい．

(1) 科学館・博物館との連携の数学教育の存在について
　　－「数学を見る自由な目」の必要性
(2) 具体的な数学の内容に触れ，抽象化思考の訓練を前提にすることについて
　　－具体的な数学から抽象へのモデルを作る必要性
(3) グラフ電卓を積極的に活用する数学教育について
　　－グラフ電卓で考える教育を作り出すことの大切さ

この３点を設定したのは，多くの数学嫌いの生徒の原因は，あまりに抽象的な数学についていくことができないことに注目したためである．今回の数学教育の改善の方向は，具体的なことを前提として抽象的な数学理解の可能性を追求する．抽象的な事柄を理解するために，具体的な事柄を体得しておくことが好ましい．抽象的な学問としての数学を学ぶ準備に重点を当てたい．

この具体性を博物館・科学館に求め，身近な数学の面白さを発見することが (1) の活動である．次に物理教育との連携に活路を求めて (2) を考えた．難しい数学を物理ではあまり訓練をしなくても簡単に数学を使いこなそうとする．数学教育からみたならば無謀とも思える数式の連続に疑問を感じることもあるが，その数式の背後に具体的な世界が存在しているのであろう．この具体的な世界を数学でもしっかりと持って，考えることができるようにしたい．そして，その考えを補助してくれる道具が新しくグラフ電卓・コンピュータと我々の教育環境がサポートしてくれることを (3) で考える．数学教育の改革はコンピュータの教育環境整備・グラフ電卓の活用による「数学嫌い」解消へと目指したい．このように，今回の改革の方向は，抽象的な数学理解のために，その困難さを乗り越える手段として，具体的な事柄を身につけ，体得してから数学に挑戦する基盤を作ることを考えた．

この改革の中での数学教育の変化・改革は「学問の変化」からも捉えられなくてはならない．「人間の感覚で見える時代」としてのギリシャ学問の確立はレオナルド・ダ・ビンチによって完成された．その後に「人間の感覚の拡張の時代」を迎え，ニュートンの微分に代表される，動くものを対象とした世界を数学が扱う時代に変化していった．ここには積極的に抽象化され，学問の世界は今までのような自分の目だけでは見えない世界を対象としている．この抽象的な世界・見えなくなった世界を対象とした学問を数学教育が目指している．あまりに抽象化した数学・学問が現在の人の目には直接見ることができない．「人間の感覚を離れて見える時代」となり，コンピュータ・電子顕微鏡などの技術発展はますます進み，「こんな学問は役立たない？」とまで考えるようになった．現在の学問の世界は，見えないものを見て理解している．このことと同じことが数学の世界でも起こっていて，数学は人の感覚から離れた世界を作ってしまった．研究者しかわからないと思われることが少なくはない．

3．SPP 活動を実践して数学教育を考える

(1) 科学館・博物館との連携の数学教育の存在について
－「数学を見る自由な目」の必要性

なぜ，科学館との連携を数学教育の中に組み込もうとしたかは，既存の数学教育を打ち破る方向を模索したことであった．数学教育は黒板を背にした先生と，黒板に向いている多数の生徒・学生から成り立っている．このシステムは数学的な知識を伝えることには効率がいい．この知識の伝達のためのシステムを止めた時に，数学教育には何ができるであろうか．先生が生徒に教え込むという一方方向の授業のあり方を変えてみたい．教える効率の良さを考えた授業では，生徒は数学に対する好意的な態度はとらない．数学の知識を受身として暗記することが求められた数学教育は，残念ながら生徒が逃げ出すという結果を招いた．一部エリートだけを対象として行われてきた教育体系が，現在の大衆化教育の中に生き延びることはできない．ところで，現在の科学館に数学教育をも含めた活動を求められるであろうか．科学館から学校教育への貢献を期待しても，あまり良い返事は返ってこない．そこで，科学館に数学教育を求めるのではなく，我々数学教師が科学館で数学を探すことができないかを考えることとした．数学の授業改革に重要なヒントが科学館の中に隠されている可能性を追求することである．今回の授業改革の研修では数学発見の試みを「数学を見る自由な目」を持って教師自らが数学を見つけ出す試みをすることとした．今回の研修では，科学館・博物館の中で『数学を探す目』を持って展示物をみることによって，身近に存在する現象の中に数学を探すことを試みた．このことは数学を学ぶ側の生徒たちにとって数学を自分自身の目で見て，体で感じ取ることができる数学の存在を体得できる可能性を目指した．

博物館・科学館には『数学』という分野を設定しているところはないに等しい．特に，日本の科学館では，科学の中には数学が含まれないかのような誤解をも生みやすい．数学という学問を科学館では展示することができないことは，一般的に数学への関心のなさを示していると共に，科学から数学は分離されているかのようでもある．世界に目を向けると科学館で数学というコーナーを開設しているのは，フランスの科学宮殿が有名である．また，アメリカのボストンの科学館には近代的な数学展示室が独立している．おそらくこの科学館が世界に大きな影響を与えた．もう一つの動きはサンフランシスコにある［Hand On］の思想を持った子供のための科学館 Exploratorium である．このボストンとサンフランシスコの科学館は，数学教育の視点からみると，将来の数学教育に重要な働きをしている．最近世界の科学館が積極的に変革を求めている．その模範になる科学館が数学を今まで以上に扱う姿勢を示している．このような動きは，現代の数学教育に多くの人々が改革を求めていることを示している．問題になることは，科学館の数学展示が数学を学ぶ側に「数学は楽しい」ことを伝えられるであろうか．数学的知識の伝承を効率よく行う手段は学校教育の現在の姿であることは指摘した．この学校教育に欠けている「楽しさ」「創造性」「直感的感覚」を刺激する可能性を科学館に求められるであろうか．抽象的な数学という学問の理解のために，科学館が準備できる具体的な数学は何かということを考える必要がある．具体的なものを見て，その中に潜む数学的な思考・数学知識が見つけられるであろうか．遊びながら数学に接近する方法があるであろうか．展示されているものを，目で見るだけでは数学を理解できない．学校教育では「視覚」を中心にして知識を身に付けようとしている．「視覚」に訴えるだけであるならば，学校教育での数学の扱いと科学館での扱いには大差はない．実際に自分が手足を動かして動き，理解できることが必要である．数学教育においては黒板を使って知識の伝達が中心であったために，具体的に体を動かして数学を学ぶことは考えられなかった．

今回の研修では，日立シビックセンター科学館を活用することを試みた．この科学館には数学の展示があることを生かしたい．数学の展示は日本の科学館では扱っていないのが現状である．しかし，日立シビックセンターには数学コーナーがある唯一の科学館と考えられる．数学が展示されている不思議な科学館といえよう．日立シビックセンターを誇りにすることができたらば，数学に近づくきっかけになる数学コーナーが存在することである．この数学展示をどのように数学の目で見ることができるかを研修を通して学んでみたかった．

(2) 具体的な数学の内容に触れ，抽象化思考の訓練を前提にすることについて
－具体的な数学から抽象へのモデルを作る必要性

物理をはじめとして数学を言語として用いる学問では，非常に難しい数学を早くから使う．数学では順序だてて整然とした体系にのっとって，初めて理解できると考えられる．いとも簡単に数学を扱うことができることから数学教育を学ぶことがある．このようにして使われる数学を理解できるかどうかを，数学からは不思議なまなざしで眺めている．数学を応用的に用いることは，数学から見ると理解できないのではないかと思う．しかし，数学を用いて実際には数学を含めて物理を理解していくようである．このような教育にヒントを得て，数学を学ぶ段階でも，具体的な事柄を扱う必要性があると考えられる．この具体的な事柄から出発する数学教育が，今回の研修の視点である．数学教育で扱う数学は，非常に抽象的な事柄であって，おそらくはじめて学ぶ時にはその抽象性のゆえに理解することが困難なのではなかろうか．新しい数学を学ぶ際にその数学を表現する具体的な事柄を扱うことが数学理解に重要なことである．この具体的な事柄を「数学モデル」として扱う

ことも重要であるが，より具体的なことを前提として，抽象化される以前の問題を前面に押し出していきたい．このような具体的な事柄がある数学的な知識は，理解する上に重要な手掛かりとなるのではなかろうか．数学教育を次のような段階で考えた授業の組み立てを次のように考える．

第一段階　　具体的な対象を扱う段階
第二段階　　具体的な事柄を抽象化する段階
第三段階　　抽象化された体系的学問を整理する段階

今回はこの具体的な事柄として，具体的に手足を動かす実験科目として数学と言う知識の理解について扱ってみたかった．実験をすることを数学では考えていないことは，学校に数学実験室はないことからでも分かる．演習が実験に代わるものとして考えられるが，演習はすでに体系化された問題を解くことに重点が置かれるが，実験は数学を作り出すことに中心を置く．この数学実験を重点的に設定して，数学理解の可能性を追求したのが，例年実施していた『自然界の現象を数学で見る』である．毎年12月のクリスマスの近くに高校生を対象として開催した『自然界の現象を数学で見る』は，数学的な実験を用いて遊びを通して数学を理解することにあった．多くの自然界の事柄を実験を用いて眺め，その実験で得たデータを数学的に解釈していくことを，グラフ電卓の補助のもとで実施してみた．今までは不可能に近かった事柄も予想外に簡単にグラフ電卓によって，目で見えるようになった．実施する目的は，グラフ電卓を活用して，自然界の「不思議なこと・規則正しい秩序の発見」を目指し，数学の出発点である具体的な事柄を身の回りから発見することから始めた．肉眼では見えない現象をコンピュータが拡大し，センサーを用いることによってデータを集めグラフを書き出すことによって簡単に見ることができる．抽象化された事柄を，もう一度その前の段階に戻って見直してみたかった．

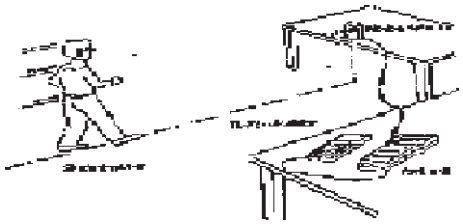
数学の体験を重視し，「体」を実際に動かすことによって，生徒が数学を主体的に理解できるようにする．考えると言うことだけではなく，具体的な実験をすることによって，自らの手を動かして不思議な現象を発見するような数学も解明してみたい．手段としては「実験を試みる」ことが重要である．本を読んで調べてみるのではなく，人に聞いて覚えるのでもなく，あくまでも実験によって捜し求めたい．ここに数学の具体的な対象を作り出すことができる．数学を具体的なものとするために，

不思議なことを見つけよう
見ることの大切さを知ろう
感動すること
話し合うこと
まず，自分の手を動かすことから始めよう！

を重要視することであった．　今回実験として用いた事柄は，グラフ電卓を活用した「歩いてグラフを作ろう」と，ソロバンに近い考え方を用いた「２進数からｎ進数へ」などについて扱った．実験の数学としての例を挙げる．

（イ）　歩いてグラフを作っている様子

グラフ電卓とデータ収集機（CBL）は歩いて変化する時間と距離をグラフ化する．歩いている時に目の前に描き出されたグラフを眺めて，関数とは何かを理解できる．表れたグラフを眺め，実際に歩いている様子を確認しながら，グラフがどんな意味を持っているのかを知ることができる．道具によって何がどのように表示しているかを体得できる．関数を具体的に目で見ることから始めることで，関数という抽象的な事柄を具体的に理解できる．数学の抽象的な概念としてのグラフを，各自で体を動かしながら理解する．時間に対して距離が測られていることから，歩く速度を変えてみると直線の傾きが変わる．「数学的知識」と「実験結果」が一致していることによって，数学の内容を納得できる．数学実験をしながら，「遊び」にも挑戦できる．このような数学教育からちょっとはみ出したことにも挑戦することによって，数学の実験の楽しさを会得することは簡単にできる．この楽しいと感じることが数学を学ぶことでも次への発展につながっていくに違いない．グラフは平面的に描かれていても，動いているものは一次元（直線）上を移動していることを知ることは，現在の教育での教科書から学ぶことは難しいこともわかる．時間の一次現状の変化と，距離の変化を重ね合わせたグラフの理解を体得している．



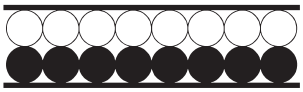
歩いてグラフを作る様子

（ロ）　２進数からｎ進数へ－10進法を理解しているか

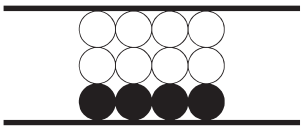
２進数を表すソロバンを使って，いろいろな規則を発見することに挑戦した．このような道具を使うことによって生徒が数学を楽しく学ぶだけではなく，数学の重要な課題である規則の発見・その規則の一般化に挑戦できることを体験させることである．与えられたことを覚えるのではなく，自らが知識を作り出すことを数学教育ではより重視知る必要がある．

実験用の２進数ソロバンとは，下の動く黒玉と上段の空間部分からできている．

操作　必ず右側から玉を動かす
　　右側が動かなくなったら，すぐ左側の玉に移る
　　その玉を動かし，動かした玉の右側全部を下げる
　　初めて数えられた白丸の中に，その数値を入れる



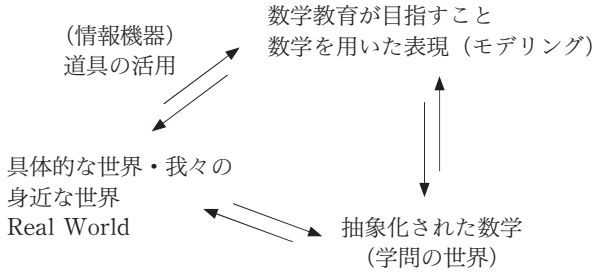
この段数を高くすることによって，3 進数ソロバンへと発展していく．



このような方法を拡張して現在使われているいろいろなソロバンを作ることができる．原理・操作はまったく同じであり，10進数へ発展できる．この実験を行うことによって最もよく知られていると考えられる，10進数の抽象化された数表現をも再確認することができる．

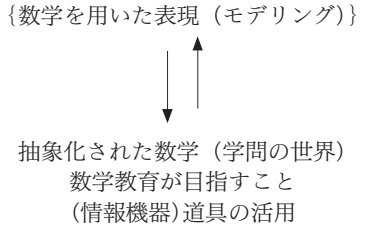
(3) グラフ電卓を積極的に活用する数学教育について
－グラフ電卓で考える教育を作り出すことの大切さ

グラフ電卓の活用によって，数学の内容に変化が現れ始めた．この内容は最近のアメリカの数学教育の大きな変革をみることによって理解できる．数学教育が計算から開放され，数学的な思考を補助する道具が出来上がった．このような変化は情報機器革命が数学教育の世界に浸透し始めたことが大きな原因であると考えられる．数学は「考えること」であるということを，強調した数学教育を目指している．その数学的な題材は，すでに教科書に書かれているものではなく，どのようなものでも扱うことができる．どのような変化が見られるかを図式すると次のようになる．



「具体的な世界・我々の身近な世界」を重視した数学教育

この図式をそのまま現在日本で行われている数学教育に当てはめて考えてみたい．最もはっきりとしていることは，情報機器の活用の場所が違う．現在の数学教育の中で情報機器を使うことは，計算練習に電卓を使うようなものである．道具の活用が何を目指すかの問題点がある．数学を用いた表現（モデリング）については，言葉として多くの数学教育者が用いるが具体的な数学内容とは理解できていない．



「抽象化された数学(学問の世界)」を重視した数学教育

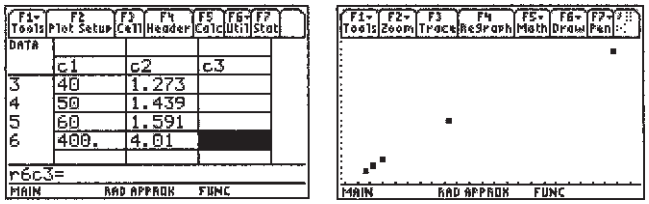
現実に行われ始めたアメリカでの数学教育の中に，具体的な世界・我々の身近な世界（Real World）という明確な対象が現れたにもかかわらず，数学の教科書の中身には変化がない．しかし，数学そのものに対する扱い方には大きな変革がなされている感じがしてならない．抽象的な数学を学ぶことにも変化はないが，数学教育に具体的な内容を強調した改革と同じように，数学を扱うための三段階が存在している．

第一段階　具体的な対象：具体的な世界・我々の身近な世界（Real World）
第二段階　抽象化する段階：数学を用いた表現（Modeling）
第三段階　抽象化された体系的学問：抽象化された数学（Mathematics）

そして，その各段階での数学的な方法論としては，具体的な数学の中身を「見ること・触れること・自らが考えられること」からとらえることもできる．各段階ともに「見て・触れて・自らが考える」ことが必要であるので，このような分解は好ましいとも思えないが，強いて分けるとするならば各段階は次のようになる．

第一段階　見ること
第二段階　触れること
第三段階　自らが考えられること

数学の授業の中で自ら考えることができることがアメリカの数学教育を救うことができた．この学ぶ側が主体的に数学と取り組むことができることは，学ぶ生徒にとっては数学の楽しみを感じさせることができる．このときも重要な役割を演じているものは，数学教育の中に入り込んだ道具（グラフ電卓・コンピュータ）である．道具のない日本の数学教育がアメリカの数学教育を真似しようとするときに大きな誤りを犯す危険性がある．「新しい数学」がどのように導入されているかを根本的にみる必要がある．今回はグラフ電卓を用いて，実験的なデータ収集とその一般化を考えることになった．実験の内容は「振り子の問題」を扱った．振り子の紐の長さと周期との関係のデータを集め，そのグラフを描くことによって規則を求めることとした．



すべてのデータが直線にのっているように見える

このデータに回帰曲線をあてはめた時に，狭い範囲を考えた時は直線回帰で十分であるが，範囲を広げることによって，ふりこの動きは直線的には回帰できないことを知った．この後に抽象的な振り子が出てくる授業をしたら数学にも興味を持つに違いない．

4．SPP 教員研修とそのアンケート結果

この授業研修を行って，教員にアンケートを求めた．アンケートをもとにして，どのように数学授業を改善したらよいかを考えて見たい．アンケートは研修の最後に実施したものを参考とした．

【アンケート結果】

問１　今回の研修参加の目的は何ですか？

	茨城県	静岡県	奈良県
自己研鑽	5	18	9
研修内容を授業に生かすこと	20	20	3
その他	0	0	1

問２　当初の研修参加の目的を達成することができましたか？

	茨城県	静岡県	奈良県
達成できた	11	1	10
どちらかといえば達成できた	12	24	3
どちらかといえば達成できなかった	0	4	0
どちらともいえない	2	9	0

問３　今回の講義は授業で活かすことができる内容でしたか？

	茨城県	静岡県	奈良県
はい	24	13	7
いいえ	0	4	0
わからない	1	19	6
無記入	0	2	0

問４　「問３」で「いいえ」,「わからない」と答えたのは何故ですか？

	茨城県	静岡県	奈良県
(1) 研修が授業に生かすことを目的とした内容でないから	0	1	0
(2) 授業の中で実現することが困難な内容であるから	0	11	0
(3) 授業で取り扱わない内容であるから	0	1	0
(4) その他	0	0	0
(5) グラフ電卓を授業では用意できない	1	10	6

問４　「わからない」を選んだ理由（記述式）

・少し高度過ぎるかな？
・高校の教材であり中学としては扱うことができない．
・中学の教材は簡単すぎる．
・グラフを見て速度・距離・加速度を理解するのは無理かなと思う．
・それぞれ独立なものと思い込んでいて，それを具体的に見せても翌日にはそれをすべて忘れている可能性は高い．ただ，いい記憶は残せると思おう．
・基本的には通常考えていた内容であったので，もっと実践ができるとよい．
・教室の中で規定のカリキュラムの中で，どのように展開していくのか具体策や新しいアイディアを知りたかった．
・グラフ電卓を各自に持たせることが問題．
・学校の備品として情報機器がそろわない．

問５　その他（記述式）

○今回の研修を楽しかったと感じた意見

・機会があれば，また参加したい．

・初めて参加して大変参考になった．
・数学の教員としてなすべきことを掘り起こされたような思いがします．
・さまざまな具体的な方法を行っていく中で，自分自身非常に数学を楽しむことができました．
・日頃，忙しさを言い訳にして，自分の工夫が足りなかったことを改めて思いました．
・自由な雰囲気の中で参加者の先生方の日頃の実践を聞くことができてよかったです．
・ 興味ひかれる内容であり，参加できる内容も楽しめました．
・ 先生方相互の意見交換の場になった．

○生徒と先生との対話の必要性を重視した意見
・数学が苦手な生徒がどっと集まってしまうと大変だと思いました．
・私が感じた楽しさや感動を生徒にも感じられるような授業をしていきたいと思います．
・自分自身が生徒の気持ちがわかるような研修でよかったと思います．
・多くの生徒の考え方を理解できるようになりたいです．

○機器活用についての意見
・グラフ電卓も授業で使う予定ですので，今回の研修を生かした展開を考えたいと思います．
・教具の紹介をして欲しい．
・できれば機械を使うのではない道具（もの）を取り扱って欲しいです．お金がかかり，ゲーム慣れしている生徒に機械仕掛けを見せてもあまり効果がない．あえてローテクな道具の方に興味を持たせたい．
・情報機器を身近に感じることができました．
・グラフ電卓を教室に備えることができない．

○今回の科学館の活用に講師が自信がなかったことに対する意見
・科学館の見学時間がもう少し長いと，じっくり考えられていいと思います．
・シビックセンターの見学から数学を見つけ出すことを授業にも生かしていけるものがありました．

○講師への要望としての意見
・高校を中心にした題材で中学向きの教材が少なかったのではないか．
・初めてのことで，何をやったらよいか整理がついていなかった．
・大変熱心な方が多く，ある程度目的を達することができたと思います．
・出席者が話を聞くだけではなく，自主的にテーマを見つけて自分で考えることが不可欠であると思わされた．
・授業をはじめる前に民族音楽を聞かせると生徒に意欲が生じおもしろい．
・いろいろな授業で実践されている内容を聞いて，大変勉強になりました．
・できれば，定期的にこのような研修を実施していただけたらいいと思います．

○小・中・高校の先生方が集まり座席はバラバラにしたことに対する意見
・自己紹介をグループで行って，行動を共にしてもらったことは良かった．
・決まったメンバーだけではなく，自由に参加できるこのような研修はとてもよい機会だと思います．
・普段交流のない高校の先生方と話ができてよかった．
・小・中・高の具体的なものを使った模擬授業のようなものがあったらよいと思いました．
・授業中における生徒同士の意見交換もあってもよさそうだと思った．

○積極的に参加者に発言を促したことに対する意見
・講義だけでは飽きてしまいます．実技を伴った今回の研修はよかったです．
・研修と聞いて，ただ座っていて話を聞くだけのものと思っていたのですが，今回のようにいろいろな先生方のお話を聞いたり，自分の考えを聞いてもらえるような機会はとても貴重に思いました．
・研修と聞いて，受身で来てしまったので，初めはとまどいましたが，とても楽しく研修できました．
・今回の研修はただ受身ではなく，体験しながら考えたり，自分の考えを発表したりと言うことがあったので，大変興味深く楽しく受講することができた．
・みんなでどんどん参加できる内容でこれからもお願いします．

5．SPP 教員研修のアンケートが語ること

今回の教員研修は数学教育の積極的な改革を目指してきた．その背後には現在の数学教育のままでは，「数学嫌い」「理科離れ」は解消できないと考えられるからであった．この危機感があったために，現場の先生方とのずれが生じていた可能性がある．学校での数学教育は主要科目として，多くの時間数が守られてきた．そして，今後も数学の必要性は変わることはないという安心感がある．このような状況では，数学教育の改善を求める状況にはなれない．数学教育が変わらない原因は教える側の安心感にある．この安心感は数学の時間数の増加要求へと形を変える．いま，数学教育でもっとも変えなくてはいけないことは，「数学嫌い」「理科離れ」をこのまま放置しておいてはいけないことである．アンケートが語りかけてくることは，改善への積極的な意見ではなかった．研修に参加された先生方は，非常に熱心に数学教育の題材を探している感じがした．現状維持のままでの新しい教材を求めている姿があった．面白そうな教材を自分で作り出さないと，どんなに面白く聞くことができても，他人の面白さまでは授業に持っていくことはできない．

今回は，グラフ電卓の活用を積極的に数学教育の中に取り入れることを試みた．若者は携帯電話に見ることができるように，新しい機器に恐れることはない．より機器活用の方向に向いている．しかし，教育者はいままでの現状維持が強く，新しいものを積極的に活用してみようとする意気込みにかけていた．ここにも若者との断絶を感じた．社会の変化についても，日本は世界から遅れた存在である．アメリカの数学教育改革は情報化社会の到来による，社会変化とのかかわりを感じ取ることができる．日本の学校教育が社会から遊離しているために，未だに社会変化の影響を受けない．アメリカでの「数学嫌い」解消にはコンピュータの活用を考えたシカゴの高校の先生方の動きが有名である．若者があこがれているコンピュータを数学教育にも使ってみようとしたことが，グラフ電卓を使う現在の教育につながっている．コンピュータの活用を積極的に導入することが「数学嫌い」解消につながると考えられるかどうかに数学教育の改善の方向がある．この動きは世界の若者に共通した要望になっている．グラフ電卓の価格が高く，生徒個々人の持たせる経済的な余裕がないことや，学校の備品にするだけの予算処置ができないことなど，経済先進国とは考えられない発言が多かった．

そして，学校教育を外側から眺める人々には，先生の意識改革を求める声も強かった．特に，教育委員会や教育研究所などでは，先生方の意識改革を求めていると思われる．この改革は直接呼びかけるのではなく，教育のスローガンを掲げる方法でなされている．このために最近，多くの教育委員会等が教育的指針を掲げている．このために，先生方にも標語としての教育の改革を意識している感じがした．「問題解決」「Do Math」「発見学習」などの言葉の氾濫にも気になった．言葉だけで内容・行動が伴わない教育がなされているのではなかろうか．ひとつの例として，奈良県教育研究所の「学びを深める７か条」は教育について次のような意識改革を求めている．

学びを深める７か条

1．素朴な疑問（なぜ，どうして）を大切に
2．急がず，せかさず，じっくり待つように
3．自分で見つける喜びを，味わえるように
4．成長しているという実感を，もてるように
5．達成目標を具体的に示すように
6．自分を振り返ることや，伝え合うことを大切に
7．みんなで成長する喜びを，共有できるように

情報機器としてグラフ電卓を用いたが，その操作に先生方は不安を抱いている．生徒が活用できるかというよりも，先生方が機器活用に追いついていくかという問題であった．現在の若者にとって機械を使うことは苦にならないはずである．ここに若者との断絶を感じる．機器活用を妨げることとして，表面に出てきた意見は，設備の準備ができないのではないかという危惧であったが，この背後に機器活用の不安が見え隠れしていた．若者は機械を積極的に使う方向へと動き出しているにもかかわらず，その動きに逆行した数学教育が存在し続ける可能性を感じた．数学教育の改善は学校現場から要求されるのではなく，外側からの圧力によってなされるのではないかという危惧を持たざるを得なかった．

SPP 活動から数学教育改善の可能性を探ることを目的とした．研修で集まった先生方は，明日の数学教育を現在の活動の延長線上にとらえていた．ここに視点の違いがあったことから出てきた問題点も，今回の研修では批判的な意見として現れたのかもしれない．現在の数学教育が多くの子どもたちから嫌われていることを真摯に受け止めることが欠けている．数学教育の改革は未だに多くの難しさを抱え込んでいることが分かった．

参考文献

（1）渡辺　信：数学授業改善は必要か．全国数学教育学会，2004．
（2）渡辺　信：グラフを見て考える微分積分入門 －グラフ電卓活用から見える数学授業－．第 8 回，T3，Japan，2004．
（3）渡辺　信：SPP 活動と数学教育の改善－生徒に伝えたいことは「数学は楽しい」こと－．数学教育，第 6 号，P.85-P.89，数学教育の会，2004．
（4）渡辺　信：帰納的数学教育の勧め．第34回数学教育談話会，2004．
（5）渡辺　信：自然界の現象を数学で見る．数学でも実験を，そして発見の喜びを数学と物理とを関連させた総合的学習の有効性に関する実証的研究科学研究費報告

書，P.24-34，2003.
（6）渡辺　信：『物作り』と数学教育．『物作り』から見える数学が数学教育を変える．実践教育．電気・電子・情報系ジャーナル Vol.18，No.1，P.14-16，2003.
（7）渡辺　信：数学授業にも「道具」の活用を－グラフを理解するために－．東海大学教育研究所，研究資料集第10号2002年，P.34-40，2003.
（8）S.Watanabe Mathematical Education with the Story The Third International Conference Creativity in mathematics Education and the Education of Gifted Students P.342-345 3-9 August 2003, Pousse, Republic of Bulgaria 2003.
（9）S.Watanabe Explore Mathematics with the TI-89－What is the function that has the no uniformed independent variable?－16th ICTCM 2003.
（10）渡辺　信：「数学の楽しみ」を伝える実践活動．東海大学海洋学部紀要 Vol.1，No.1，P99-105，2003.
（11）S.Watanabe Importance of Problem Solving in Mathematics Class －Instructions, Commands, Results－ Education and Information Technology InSITE2002 Proceedings of the International Symposium on Information Technology and Education P.145-159 2002.
（渡辺　信　数学授業における問題解決の重要性 －思考・実行・解決－ 情報化と教育の国際会議（高知工科大学）の英訳）

要　旨

数学教育の将来を眺めた時に，多くの問題点が山積し明るい見通しはない．このような時代の中で，文部科学省が推進する数学教育授業の改善に積極的に協力することは重要である．実験的な要素を加えた数学授業の試みを次の 3 点から実施検討することとした．

(1) 科学館・博物館との連携の数学教育の存在について
　－「数学を見る自由な目」の必要性
(2) 具体的な数学の内容に触れ，抽象化思考の訓練を前提にすることについて
　－具体的な数学から抽象へのモデルを作る必要性
(3) グラフ電卓を積極的に活用する数学教育について
　－グラフ電卓で考える教育を作り出すことの大切さ

数学教育は抽象的な内容を黒板を用いて，「紙と鉛筆」による学習になっている．このような従来の教育方法を改める視点を求めたのが今回の授業改善であった．数学教育をいかに楽しく有意義にするかは，教育を行う現場にとって重要な課題である．今回の改革の試みは，現在の数学教育に対する問題解決の一つの方法として社会に提案できることであると考えられる．