

# 数学教育におけるコンピュータ・ネットワーク 活用実践のデザインに関する研究

A Study on Design of Mathematics Classes  
Using Computer-Mediated Communications

成 田 雅 博\*  
Masahiro NARITA

**概要：**本研究では，理科教育における実践と対比しながら，数学教育の中でネットワークの特性を活かした同学年共同学習，学習支援者による学習を設計する際，整備すべきシステムや学習環境，支援体制のあり方について考察した。

**キーワード：**数学教育，コンピュータ・ネットワーク，共同学習，  
学習支援者，Web 掲示板

## ．はじめに

すべての公立学校に 2001 年度末までにインターネット接続環境を整えるという政策のもと，インターネットを活用した教育についての実践研究がさかんになってきた（たとえば，こねっと・プラン実践研究会 1998）。しかし，活用している教科・領域をみると，算数・数学における実践の少ないことがわかる。たとえば，ネットワーク活用を目標とした 100 校プロジェクト，新 100 校プロジェクトの参加校に対するコンピュータ教育開発センター（The Center for Computer Education，以下 CEC と略す。）の調査によると，小学校でどの教科・領域で活用したかを 5 つまで順位をつける質問に対し，5 位までに社会科をあげた学校 17 校，理科 14 校に対し，算数をあげた学校は 1 校だけである。中学校になると同じ項目について，社会 20 校，理科 18 校に対し，算数をあげた学校は 5 校である（コンピュータ教育開発センター 1999）。算数・数学という教科では，なぜコンピュータ・ネットワークを活用した実践が少ないのであろうか。もともと数学の学習には，ネットワークは不向きなのだろうか。

## ．数学におけるコンピュータ・ネットワークを活用した学習

ネットワークを活用した実践の分類方法には種々のものがあるが，ここではコンピュータ・ネットワークを活用した実践を以下のように分類することにしよう。

（a）ネットワーク上のデータベース（Web ページ，オンライン教材の利用を含む）の利用。データベースへのデータ登録，Web ページの作成，公開。

\*附属教育実践研究指導センター

- (b) 同校種・同学年の複数学校間の情報交換, 討論, 共同学習
- (c) 異校種・異学年の複数学校間の情報交換, 共同学習, 学習支援
- (d) 社会人, 専門家, 学生, 「特別な他者」による学習支援

これらのそれぞれの分類について, 数学という教科の中でどのような実践があり, またどのように展開しうるのかについて以下で考察することにする。

## 1. データベースの利用, 作成

このタイプの利用方法においては, 社会科や理科等の他教科とくらべ数学という教科で扱う情報量が少ないため, コンピュータ・ネットワーク上のデータベースに対するニーズは相対的には多くない。それでも, 以下のような利用が考えられる。

### (1) 問題, 教材データベース

数学の分野, 概念, 用語, 学習指導要領の単元などをキーワードにして検索することができ, 代表的な問題や類似問題を表示してくれるデータベースは, 特に教師からのニーズは高いかもしれないが, 学習者にとっても, あるまとまった範囲の学習が終了したときに利用すると効果があると思われる。

また, 以前から教師, 研究者, 教育センター等が開発してきたすぐれた CAI ソフトウェアを, 著作権などのライセンス処理をした上で, インターネット上で利用可能にすることが求められている。この分野では, KiT 97 を使った「KiT 97 教材 DB」(<http://kayoo.fushigi.co.jp/DBHTML/DB97.html>) などがインターネット上から教材を入手可能になっている。また, 特定の分野の教材としては, 幾何教育分野の「Forum of Geometric Constructor」(<http://auemath.aichi-edu.ac.jp/teacher/iijima/>), 「Mow Mow Mow の部屋」(<http://www2.gunmanet.or.jp/mow/math/>) の「CABRI の部屋」「GC Win の部屋」などがある。

他に, 週に 1 回ずつ, 月に 1 回ずつなど定期的にあるいは随時興味深い問題を出題し, それに対する回答を募る Web ページがある。たとえば, ねこぱのページの「小中学生も解ける! 大学入試問題 (算数・数学)」(<http://www2.gol.com/users/nekopapa/>), 愛知教育大学教育教育学部数学教室飯島ゼミの「週間マスメディア」(<http://www.aue-math.aichi-edu.ac.jp/semi/iijima/math-media.htm>), 岡山大学教育学部附属中学校の「マスカットスタジアム」(<http://www.fuzoku.okayama-u.ac.jp/ml/kyouka/math/math.html>) 等である。

### (2) 解法データベース

数学の授業では, ひとつの問題に全員で取り組みそのクラス内の子どもたちが考えた多様な解決法を授業の後半でとりあげ練り上げていく, ということが行われる。そのような活動の中で子どもたちから十分に多様なアイデアがでないことが予想される場合, 他の学校, あるいは他のクラスでの解決法の一覧を見ることのできる Web ページがあれば, 子どもたちが自分たち自身のアイデアを出した後, それらとくらべてみるという使い方ができる。このとき参照するページは, 必ずしもどこか遠くの学校のものである必要はな

い。同じ学校の1年上の先輩，2年上の先輩の作ったWebページを参照してもいいのである。

また，問題を解き多様な解法についての練り上げの活動のしめくくりとして，他のクラスが同じことをするときの参考になるような「私たちの解決法一覧」をWebページとして作成し学習のまとめをすることもできる。その際，子どもがWebページを容易に作成できるシステムを使うことがのぞましい。ハードウェアとしては簡単に紙に書いた図やチャートをデジタル化するイメージスキャナ，ソフトウェアとしては目的に応じたフォーマットに文章や図をはりつけることのできる定型Webページ作成ソフトウェアなどが必要になる。

### (3) 作問のWebページ

上記は，同一の問題に対する解決法についてであるが，子どもたちに作問活動をおこなう場合にも同様の試みが考えられる。作問の授業においては，子どもたちの作った問題は同じクラスの子どもたちの誰かによって解かれることを想定する場合が多い。そのため，作問の条件として，作った子ども自身が正解を提示できることを要求されることがある。このような制限は，問題の構造や，問題の中で使われる概念を子どもに把握させる上では有効な制限でもある。しかし，ときには「同じクラスの子どもが解く」という制限を取り払って問題づくりに取り組んではどうだろうか。作った問題はそのクラスでも解いてもいいがWebページに公開して，他の学校の子どもたちに見てもらって解いてもらいその解決法を送ってもらう，ということをしてほしいと思う。作問をWebページにして公開した後は，教師はそのページを見てそのうちの数問でよいから解答をよせてくれるように，他の学校の教師に依頼したり，教育関係のメーリングリストなどでそのことを紹介したりすることになる。Webページにおいただけではそれに対して反応があるとは限らないから，確実にどこかから返答が受け取れるようにしかけるのが教師の役割である。何も反応がないとネットワークに公開した活動そのものの意義が半減してしまう。もちろん予期せぬ学校からのうれしい反応があればそれは大変うれしい結果ではあるが，実践のデザインとしては，確実に返答が受け取れるような下準備をしておく必要がある。

## 2. 同校種・同学年の複数学校間の情報交換，討論，共同学習

一般に，コンピュータ・ネットワークを利用して，いくつかの学校の教室を結び共同学習を行う場合，学習対象あるいは学習成果がそれぞれ地域によって異なることをうまく使って，子どもたちの興味，関心を高めたり，他者に対する表現活動が自然に学習の文脈となるように学習活動を組織することが多い。適切なレベルの差異を利用することが，ネットワークを利用する共同学習でのキーポイントであるのだ，とも言える。社会科や理科の場合，学習対象となる事物は同じカテゴリーのもので，学習者によってそれぞれが異なる。たとえば，農家の人たちの工夫についての単元で，岡山と山形，山梨とで桃の栽培についてネットワークを使った共同学習をすすめる場合を考えてみよう。農家の人たちの仕事の中にそれぞれの地域間で似たような作業があるとともに，桃の作り方の工夫や品種の違い，出荷戦略の違いのあることが，共同学習の過程で浮き彫りになってくるであろう。学習者自身が自分の住む地域での桃についての調べ学習を行うだけでなく，同じ桃に

対して異なったやり方をしている他の地域の情報が他の学校の子どもからもたらされることによって、自分の地域ではどのようにしているのかさらに詳しく調べようと意欲をかきたてられるであろう。

また理科では、同一の対象を観測するのだが地域が異なることによる結果の相違を利用することが行われる。たとえば、CEC による 100 校プロジェクトの初期のころ実践された全国発芽マッププロジェクトなどは、その例である。これは、全国で同じ植物(わた)の種をまき、その発芽の観測結果を共有するものである。遠隔地でなくても、たとえば花室川プロジェクト(毛利・余田 1999)では、同じ川の流域にある隣接した校区をもつ小学校での共同観測により、身近な川の場所による測定値の違いを利用した実践である。

いずれの場合も学習者にとっては、「私」が調べた情報、「私」が観測したデータが、ネットワークの利用を通して他の学習者の情報と比較したり総合的に分析したりすることにより、社会的に位置づけることがポイントである。このとき学習者に学習内容に対する愛着とでもよぶべきものが見られ、他の地域の学校との交流の際他の地域のことをよく知ろうとする意欲とともに、自分の地域、自分の調べたことをさらに調べようと行動する子どもがよく見られる、という報告がなされている。

では数学についてはどうであろうか。数学の学習においては、数学的な見方・考え方や数学の法則、定理、演繹体系の構築のように普遍的なものが主な学習内容であるため、上でみたような地域による相違が無いのである。これでは共同学習は難しい。しかし、数学の学習では以下のような点が異なる学級、学校の間での相違としてあげることができる。

- (a) 共通に解く問題に対する解法、アイディア、表現法の相違
- (b) 作問やオープンエンドな問題に対する回答の相違
- (c) 現実の問題を題材に数学的モデル化を図る際に利用する教材、素材の違い
- (d) 統計領域におけるデータの違い
- (e) 数学的な見方・考え方に対する文化の違い

(a)(b)の相違を利用した共同学習については、それらをデータベース化していこうとする前節で説明した実践と共通である。たとえば、100校プロジェクトの企画のひとつであった数学における多解問題はそのような例である。

では、その他の相違点を利用した実践について見てみよう。

### (1) 幾何(図形)分野

(c)の「現実の問題を題材に数学的モデル化を図る際に利用する教材、素材の違い」の利用については、現実の生活の中の図形にその差異を求めることができる。たとえば、自分の住んでいる地域に特色のある織物があれば、図案として対称性をもったしきつめ模様になっていることが多い。他の地域の学校と共同でこのような模様を Web ページとして作り、互いの模様を観察することから、いくつかの図形の共通点、相違点に着目したり、対称性に気づいたりする、という導入で利用する実践が考えられる。また、ある図形や対称性について学習した後、そのような図形の例を複数の学校で集めてみるということも考えられる。他の学校とカリキュラム上の進度調整が可能であれば、このような導入は、テレビ会議システムを利用した方がよい場合もある。

## (2) 統計分野

また、これまでの、理科の教科や総合的な学習として分類されてきた、ある共通の題材について共同で測定、実験、調査したデータを使って分析していく実践は、それぞれの学校で収集した、異なる情報を統計教育の教材としているわけである。このような実践例として、以下のようなものがあげられる。

- ・太陽の動きの共同観測プロジェクト <http://www2.crdc.gifu-u.ac.jp/chosa/>
- ・全国一斉子ども酸性雨調査 <http://www5.mediagalaxy.co.jp/GAKKEN/kids-db/sanseiu/sanseiu.html>
- ・NOx 調査プロジェクト(こねっと・プラン 世界の子どもたちが行う環境調査 第1回) <http://www.wnn.or.jp/wnn-s/part/konet/envi/nox/taiki.html>

いずれの実践においても、他のプロジェクト参加校とのコミュニケーションが活動の大きな要素となっている。理科の教育内容である観測、観察の実践だけではなく、国語における説明的文章の読解・記述、表現・コミュニケーション、算数・数学の資料の整理とが関わってくるので、このような実践は自然科学分野における総合的・横断的な学習活動と位置づけ、「総合的な学習の時間」において行った方が良いかもしれない。自ら収集したデータと他校の子どもから送ってもらったデータを分析することにより、より主体的、積極的に情報を扱う態度と、情報を批判的に扱うスキルが身につくものと考えられる。

(e) でとりあげた「数学的な見方・考え方に対する文化の違い」については、紙幅の制約もあり、稿をあらためて論じることとする。

## 3. 社会人、専門家、学生、「特別な他者」による学習支援

このようなタイプの実践としては、社会科や総合学習の中で「全国おたずねメール」や、理科における「湧源サイエンスネットワーク」「不思議缶ネットワーク」(美馬 1997)、「不思議ネットワーク」(<http://www.fushigi.net>) などがある。これらの実践では、学習者が学校外の一般の方や専門家からの支援を受けて学習の意欲が高まったり、人に質問する際のエチケットや文章の書き方を身につけたりしたという効果が報告されているが、同時にいくつかの問題点も指摘されている。上記の実践はいずれも主な校種としては小学校における実践であるが、問題点の主なものは以下のとおりである。

- (a) 学習者の状況が支援者に伝わりにくく、支援者の回答と学習者の返答がすれ違うことが多い。
- (b) 回答の中には、学習者が理解困難な表現のものが少なからずある。
- (c) 回答者は本当の回答を知っていることが多いが、その回答を学習者に伝えてしまうことにより、学習を阻害する可能性がある。

これらの問題点は、社会科や総合学習において自分たちと異なる社会、経済、文化についての、具体的なものや習慣、行事などを、学校外の支援者から直接事実を教えてもらうことが有効であるのと好対象である。

これらの点については高橋ほか(1996)が指摘しているように、(a) に対しては学習者の質問等を支援者に翻訳し、(b) に対しては回答を学習者向けに一度翻訳するか、インタープリタとして教師等が回答の解釈を学習者に説明する必要がある。(c) について

は、理科や算数・数学において学習者の疑問、質問に支援者が答えるという実践で学ぶのは支援者であって、学習者ではないということを考慮すべきであると考え。つまり、単純にメーリングリストや Web 掲示板を用い学習者と支援者とのコミュニケーションをする場を提供するだけでは、学習者が一方的に質問し支援者が答えるという構造になりがちであり、実践のデザインとして不十分であると考え。

では、どのようなデザインが有効なのであろうか。筆者は次のように考えている。

- (1) 学習者が質問するのではなく、学習者が学習してわかったこと、気づいたことを支援者に伝えていく活動を中心にし、それに対して支援者が学習者の学習に寄り添う「特別な他者」として精神的な励ましを与えたり、表現の不明確な点や論理構造を改善するようアドバイスする。
- (2) 数学を題材にした言語による表現力が要求されるので「学習感想」(中村 1999) などにより、継続的に書く力をつけておく必要がある。また、岡本ほか(1998)、岡本(1998)のように「数学する」論文を書く指導を普段から行っておくことが重要である。
- (3) 学習支援者は、バラバラの個人ではなくすでに数学文化を共有しておりネットワーク上での情報交換も迅速にできるようになっているコミュニティを核に、ボランティアを募って組織する。

上記のような実践は、中学校の「選択科目」での「課題学習」や、2002年度から実施される「総合的な学習の時間」で実践するのに適している、と考える。この実践の場合、学習者は「ミニ卒業論文」を制作するようになり、授業ではときどき卒業研究中間発表会が開かれ、教師は支援者からのコメントで不明な点を「翻訳」するインタープリタになったり、やりとりがうまくいっているかどうかをモニタしたり、支援者との連絡調整をするコーチの役割をになったりすることになる。

異校種・異学年の複数学校間の共同学習については、上で考察した同学年及び社会人・専門家等による学習支援の両方の性質をもった学習活動が展開されると考えるが、これについては具体的な実践をもとに稿をあらためて考察したい。

## ・ 数学におけるコンピュータ・ネットワークを活用した同学年共同学習，学習支援者による学習のデザイン

### 1. 千葉県袖ヶ浦市立長浦中学校における Web 掲示板を活用した実践

ここで、数学においてコンピュータ・ネットワークを活用した同学年共同学習，学習支援者による学習を積極的にすすめている長浦中学校の永井教諭の実践について検討してみよう。永井教諭は、1998年度および1999年度にわたって、2人に1台のコンピュータ環境のもと、Web 掲示板を使った数学の共同学習をすすめてきている(永井・越川 1998, 永井・越川 1999, 永井ほか 1999)。1998年度には、中学生に自分の思いついた疑問や知りたいことを書きこみ、それに対して千葉大学教育学部数学教育講座の学生が回答する活動を主に行った。1999年度には、神戸大学教育学部附属住吉中学校の生徒との共同学習を行っている。

これらの学習について、1999年12月16日永井教諭に、この実践に関してのインタビューと Web ページ上に書きこまれた投稿メッセージなどの資料収集を行い、この実践

について検討した。

・教師による実践についての自己評価について

1998年度の実践について：千葉大学教育学部数学教室越川研究室の数学の大学院生、学生が、長浦中学校の生徒を支援したが、生徒たちの問いに対する質問に対し、その答えをそのまま書いてしまうことが多く、その後やりとりが続かなかった。

1999年度の実践について：特定のテーマを決めずに行った。Web 掲示板だけでは、後から見たときに学習者にとっても何がどのように関係しているか判断することも難しい。

・実践をこれからも続けていくにあたって必要性が高いと考える学習環境として以下があげられる。

生徒の自由な投稿を妨げない十分な数のコンピュータ

数学という教科の特性に対応したコミュニケーションツールの開発・導入

・これからの実践における課題として以下があげられる。

生徒の興味をひきつけ、コミュニケーションを活発にするテーマや課題の設定が難しい。共同研究者の神戸大学附属住吉中学校の岡部先生は、テーマを決めてやってみてもいいかもしれない、と提案している。しかし、適切なテーマを決めるのが難しいと思う。



図1 実践で利用した Web Note Clip のタイトル表示

学習の中では、図1~図2のようなタイトル表示や検索機能をもつ Web 掲示板である Web Note Clip を利用している。このソフトウェアは文章だけではなく画像も投稿できるため、ひし形に関する疑問に対して、織物の菱模様、植物のひしやひし餅などが写真つきで回答されていた。しかし、永井教諭によると、数学的なアイデアを図やチャートも使って説明しようとする、紙にかいたものをイメージスキャナやデジタルカメラなどでデジタル化した上でファイルに保存し、そのファイル名を Web 掲示板で指定しなくてはならず学習者に負荷がかかりすぎる、とのことであった。題材が幾何分野であれば、作図ツールのファイルが簡単にやりとりされ Web 掲示板のウィンドウの中で作図ツールが動くような連携がのぞましいし、題材が統計データであればやりとりされる表形式のデータを Web 掲示板のウィンドウの中で表計算ソフトウェアで動かしたい、題材が代数や微積分であれば CAS (Computer Algebra System) が動いてほしい、ということになる。

一方、数学に関する議論をするには Web Note Clip は機能が少なすぎることも永井教諭は指摘していた。たとえば、不思議ネットワークで採用されているネットワーク利用共同学習用の Web 掲示板 (図3~図5) のような機能、インターフェイスをもつシステムを採用したり、日本語版の Web CSILE の開発 (<http://oshima-1.ed.shizuoka.ac.jp/csilejapan/csilejp.html>) をまっけてそれを利用したりすることが必要である。

## 2. より実りある学習へむけて

以上、見てきたように本研究での考察から、数学の教育実践において学習者がコンピュータ・ネットワークを用いて学習した成果を交換するためには、以下の2点が重要であることが示唆された。

- (1) 数学という教科に特有の式表現、図的表現、数学的アイデア等を情報交換するためのコミュニケーションツールの開発。具体的には、既存の作図ツールソフトウェア、数式処理ソフトウェア、ド



図2 Web Note Clip の検索結果表示画面



図3 不思議ネットワーク会議室



図4 不思議ネットワーク会議室の表示画面

ソフトウェア，文書処理ソフトウェア，学習用グループウェア，電子メール及び Web 掲示システムなどを組み合わせ。

- (2) 上記のシステムを前提とした教材，学習者が取り組むのに適切な課題，教師用説明書，専門家用説明書を含むカリキュラムの開発。

上記(1)のシステムの具体的な組み合わせについては，今後数年間のテクノロジーの急速な発達により次々に新しいものが登場してくることが予想されるが，常に学校での利用に最適な組み合わせが可能になるような柔軟さがシステムに要求される。

- (2)のネットワークを利用した学習に際しては，学習者が取り組むのに適切と思われる課題群とその展開方法についての説明書



図5 投稿者が選択する特性

を作成し、それらにあったシステムの組み合わせの実現を図るべきであると考える。

(注記) 本稿で掲載した Web ページは、2000 年 1 月 28 日現在のものである。

## 参考文献

コンピュータ教育開発センター (1999). 100 校プロジェクト総括評価アンケート (2) 集計結果. インターネット教育利用の新しい道 100 校プロジェクト / 新 100 校プロジェクトの成果と課題 5 年間 (平成 6 年度から平成 10 年度まで) の活動状況報告書. pp 232 236

こねっと・プラン実践研究会 (1998). インターネットが教室になった 「こねっと・プランの挑戦」 . 高陵社書店

美馬のゆり (1997). 不思議缶ネットワークの子どもたち. ジャストシステム .

毛利靖, 余田義彦 (1999). 花室川プロジェクト: 問題を共有する隣り合う小学校間での協調的環境学習. 日本教育工学会第 15 回大会講演論文集. pp 85 86

永井正洋, 越川浩明 (1998). Web 上における数学科共同学習の展開 CSILE 型データベースの構築とその活用を通して . 日本数学教育学会第 31 回数学教育論文発表会論文集. pp 283 288

永井正洋, 越川浩明 (1999). Web 上における数学科共同学習の展開 実験的 CSILE 型データベースでの一考察 . 千葉大学教育実践研究 . 6 . pp .1 7

永井正洋, 岡部恭幸, 越川浩明, 高橋正 (1999). Web 上における数学科共同学習の展開 2 校間での CSILE 型データベース使用を通しての一考察 . 日本数学教育学会第 32 回数学教育論文発表会論文集. pp .137 142

中村享史 (1998). 3 回連載「思考力・表現力を育てる算数授業」第 3 回 算数の授業で「学習感想」を活用する. 算数教育 . 513 . pp 80 84 . 明治図書

岡本光司, 静岡大学教育学部附属中学校数学科 (1998). 生徒が「数学する」数学の授業 わたしも「論文」を書いた . 明治図書

岡本光司 (1998). 「状況的学習」論に基づいた数学学習のパラダイムと数学授業のフレームワーク. 日本数学教育学会第 31 回数学教育論文発表会論文集. pp 335 340

高橋純, 成田雅博, 黒田卓, 中村正吾 (1996). 理科教育メーリングリストを使った理科教育情報の共有の現状と課題. 日本教育工学会研究報告集 JET 96 2 . pp 97 102