

# 算数・数学教育での ICT 活用の 『今日・あす・10年後』について

愛知教育大学数学教育講座 飯 島 康 之

## 1. はじめに

本稿は、2022/12/10の本学会研究大会で、表記のタイトルで講演をさせていただいた内容を元に、まとめたものである。早いもので、本学に赴任した1989年10月から30年以上が経過した。その30年は、ICT活用という意味で、いくつかのステップを経てきた。その中で、どんなことに取り組んだのか。その原動力と障壁はなにだったのか。そしてそれらをふまえてGIGAスクール時代の混乱への対処という今だけでなく、数年後そして10年後への提言をまとめておきたい。

## 2. 回顧

### 2.0 「愛教大」以前

本学に赴任する前、約2年間上越教育大学でお世話になった。GC(Geometric Constructor)の発想や初期の版は、上越にいたときのものであり、最初の研究授業も、上越教育大学附属中学校で実施したし、1990/5/30の公開研究会で初めて多くの目に触れることになった。



その成果を、上越教育大学附属中学校の中野敏明先生と一緒に、松山の日数教の全国大会で発表した。発表後、中野先生と松山で別れて、私は一人 JR で帰途についたのだが、その電車の中で、附属名古屋中学校の大谷先生と鈴木良隆先生に声をかけていただいた様子は今でも臉に焼きついている。揺れる電車の中でいろいろなお話をさせていただいたのだが、そこから、その後長く続く、附属名古屋中学校数学科とのおつきあいが始まったのだった。

### 2.1 1990年代 / コンピュータ室での「特別な授業」

1993年に名古屋中学校の先生方(玉置先生、鈴木先生、八槇先生、永井先生)や、川崎市の馬場先生、地曳先生や、各地の先生方との共同での授業研究を行い雑誌に連載した。コンピュータで「図形を動かす」ことで、どういうことが可能になるのかに焦点を当て、「特別な授業」を実現することがねらいだった。基本的に2時間構成が多かった。



DOS版なので、フロッピー稼働。共同研究者の先生方とはもちろん、「ソフトを使いたいから送ってほしい」という方々とのやりとりも電話、FAX、手紙のやりとりが中心で、特にマニュアルなど紙に印刷・製本することなどの手間は大変だった。

やがて、Windows95と共に、インターネット時代が始まった。ソフトやマニュアルをさっそくweb配信し、とても楽になったことが印象的だった。

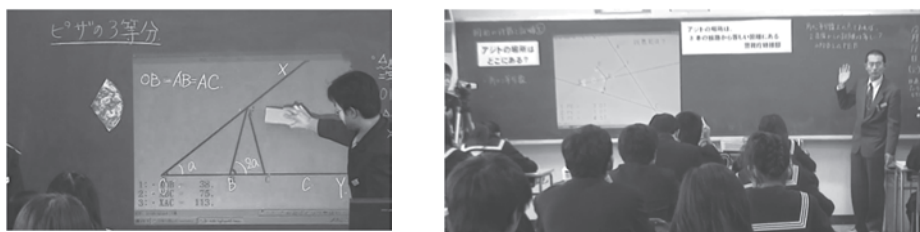
また、windows版の開発にも取り組み、1998年にその初版が完成した。GC/DOSのときは、98版、FM-R50/TOWNS版、DOS/V版があったが、GC/Winでは一つに統一できた。

## 2.2 2000年代 / プロジェクタ

文部科学省の「教育の情報化」に関連して、「学習資源デジタル化・ネットワーク化推進事業」に「作図ツールコンソーシアム」として参画することになり、教師用デジタル教科書のための基本的なノウハウやサンプルそして研究授業に取り組んだ。

知り合いからは、「魂売りましたね」と言われたが、「教科書に基づいた授業」でどういうことができるかを模索した。実際、アンケート調査をすると、GCをかなり使いこなしているはずの先生でも、「教科書に準拠したものがある方がいい」という声が多く、たしかに、学校の授業は教科書を元にすべきものなのだ、という当たり前のことを再認識した。

コンピュータ室ではなく、普通教室に、1台のコンピュータとプロジェクタを持ち込み、問題提示や議論などに使い、問題解決は紙の上で行うというスタイルが主力だった。



また、GC/Winは学校のPCへのインストールが必要だが、「それが自由にできない」理由で使えない学校も多かった。そこで、この事業に関連して、Java版(GC/Java)を開発し、「インストールなしで、どの機種でも使える」ことを具現化した。(コンセプトとして、Java版を作ったことは意味があったが、当時Javaアプレットを使えるようにするためには、ブラウザにプラグインなどをインストールすることが必要で、その対処は禁止している学校も少なくなく、Java版を開発することで現実的な問題を解決するまでには至らなかった。)

そして、「ソフト」というよりも、それで作られる図や発問などの「コンテンツ」の重要性や、それを部品として組み込んだ「学習環境」をどう構築・開発して提供するかが大切ということに注目し、いろいろな試作を web 上でつくるようになった。

### 2.3 2005 年- / ネットブック

「教室で 1 台」の実践が、2000 年代の基本だったが、「コンピュータ室でやっていたことを普通教室でもやりたい」という思いを実現してくれたのが、「ネットブック」と呼ばれた、1 台 5 万円程度の低スペックのノートパソコンだった。それでもネット環境さえあれば GC/Java を使う程度なら問題はない。

PC40 台のコンピュータ室を整備するには備品だけでも 1000 万円でもむずかしいが、4 人 1 台のグループ学習を可能にするには 50 万円程度でいい。すごいことだと思った。

そして、「4 人でわいわい」するのがいい。これまでとは違う授業の魅力を実感しはじめた。



### 2.4 2010 年- / タブレットでの学び合い

2010 年名古屋中にいくと、鈴木幸浩先生が、「iPad いいですねー。iPad 買ってください。GC を使えるようにしてください。授業だったらやりますよー」。その場では「無理」と塩対応しつつも、1 台買って見て、教育用端末として「すごい」と実感。なんとかその夢を形にしたいと、いろいろと調べ、iPad 上で GC が動くように開発し、iPad も 11 台買って、「鈴木先生。買ったし、開発したから、授業やってね」。



ネットブックでも実感した「4 人 1 台の学び合い」がさらに自然なものになることを実感した。真ん中に「実験道具」としての iPad(GC)があり、観察したいと頭が寄ってくる。PC ではマウスを握っている人でないと図を動かせないけど、iPad では指を伸ばして触れば誰でも動かすことができる。言語活動も活発になるし、動かし方を手や体でも表現するようになってきた。そして、証明の方針が分かると、さっさと iPad のところから引き下がり、自分のノートの上で証明を考え

はじめる。「とても自然」な感じがした。

「タブレットが整備される」のは、特定の学校でしかない。「11台セット」を数セット用意し、研究授業希望の学校に、データをセットして宅急便で配送することを何年も繰り返した。余談になるが、iPadにはリチウムイオン電池が入っている。ゆうパックで送るときリチウムイオン電池が入っていると航空便でなく陸路になるので、北海道や九州に送るには数日余裕をみないといけないことを初めて知った。

また、iPadで動作させることを念頭において開発したGC/html5だが、多くのブラウザが標準でhtml5に対応するようになっていったため、学校で使われる機器(windows,iOS,chromeOS)の他、スマホやLinuxなども含めてネット接続可能なほとんどの機器でGCをインストールすることなしに使える形に到達することができた。ソフトの実質的な寿命を振り返ってみると、GC/DOSで約7年、GC/Winで約10年、GC/Javaで約10年。意外に短い。ソフトが陳腐化するというよりも、プラットホームの存亡に依存しているのだ。GC/html5はすでに13年経過しているが、今後html5の規格が通用しなくなることは考えにくいことを考えると、継続的に使える教育的ソフトを開発するプラットホームの一つがやっと確立されたと認識してよいのだろう。

## 2.5 2020年のコロナ禍

コロナ禍で、世界が一変した。定着していた「4人1台」は「3密回避」のため、できなくなった。一方、これまで整備されなかった状況は、GIGAスクール構想で全国的に一気に「1人1台のネットワーク端末」が整備されることになった。



オンライン授業のための環境やzoomなどのビデオミーティングのためのソフト、ロイロノートなど協働学習のための環境や、Google Classroomでの教材配信など、いろいろなものが教育現場に一気に整備されていった。

とはいえ、新しい時代への切り換えは、始まったばかりである。

## 2.6 ずっとビデオを撮っていた

本稿の趣旨とは少しずれるのかもしれないが、私は上越時代からずっと、自分が見た授業はほぼすべてビデオ撮影をしている。最近グループの様子をそれぞれまで記録しようとすると、多いときには一つの授業に13台くらいのカメラと11台のICレコーダを使ったりする。30年以上で蓄積したビデオはHi8やVHS規格から今の4kビデオカメラに至るまで4000本以上のデータになる。それらはすべてMP4ファイルに変換してサーバ上にあり、いつでも参照できるようになっている。

## 2.7 限られたリソースでの生産性を高めるために

学校はチームワークがないと動かないが、大学での研究は基本的に個人プレーだ。特にマンパワーは限られている。「こういうことまでやっておきたい」と思ったとき、助けてくれるのはせいぜいパソコンくらいしかない。彼らに命令して仕事をさせるには、デジタル化して、プログラムの形で書いて「働け」とか、「web の上に置いとくから、勝手に使ってね」。

そこで浮いた時間を、別のことに使う。そういう形で、生産性を高めてきた。そういう「仕事の効率化」をする上では、プログラミングは理系的な仕事でも、文系的な仕事でも不可欠だ。なのに、同僚を見ていて、仕事の効率化にプログラミングを使う人はそれほど多くない。だから独学になる。でも、その独学をサポートしてくれるのは、web 上でさまざまに蓄積されているリソース。iPad 用の GC/html5 を開発したときは Apple のサイトの開発資料が役立った。壁にぶつかるときは多い。「こういう壁に当たっている人もいそうだ」と思って検索すると、やはり同じような壁に当たって解決した人が、備忘録的にいろいろなことをまとめてくれている。とても助けられた。20 世紀にはなかった形での人のつながりがあることを実感した。

## 3. 私が実感した「ICT 活用の魅力」と壁

### 3.1 「できなかった数学的活動を可能にする」(1990-)

最初の原動力は「自分にとってやりたくてもできなかった数学的探究を可能にする」ことだった。でもそれは自分のためだけでないことはすぐに分かった。自分にとって「敷居を下げてくれる」ことは生徒にとっても同じだ。授業の中で実現したかった数学的活動が、「できる生徒にしか取り組めない」ものから、「かなり多くの生徒が参加可能」なものにしてくれる。「定型業務の省力化」は、「考えずにボタンさえ押せば答えを出してくれる」ので、教育用ソフトには適していないかもしれないが、「思考の邪魔をせず、やりたいと思ったことをすぐに実現してくれる」環境は、きっと数学用教育ソフトには不可欠な要因なのではないだろうか。

ソフト開発後の数年間は、「これまでできなかった数学的活動を実現する授業」に挑戦する色合いが強かった。今でもそういうスタンスは捨てていないし、魅力的である。あるいは、SSH のような学校での取り組みでは不可欠だと思う。

しかし、同時にここには障壁がある。

「これまでできなかった数学的活動」は、教科書にあるはずもないし、学習指導要領に載っているはずもない。伝統的な道具（紙と鉛筆、定規・コンパスなど）で実現できることでなかったら、そこに収録するはずがない。最初は、「ないからこそ実現したい」という目標で取り組むわけだが、「ない」現実、30 年経過した今でもほとんど変わっていない。30 年前に取り組んだ授業は、今でも「目新しい授業」のまま。それって、いいのだろうか。

30 年前は、日本の数学教育での ICT 活用は、世界のかなり先端の方にいた。でも、ガラパゴス的な日本は、世界の進化からは取り残されてきた。実際、動的幾何ソフトの流行りとして、GeoGebra を使った実践もときどき目にする。でも、取り組んでいることは必ずしも新しくない。

きつと取り組んでいる方は過去の取り組みのことなど知らない。いや、今のままでは、10年後も、20年後も同じことを繰り返すのではないだろうか。そのときどきの流行りとしての「海外の成果」を取り入れてありがたい。

### 3.2 web, free, 標準構築の可能性(1995-)

私の中では、21世紀が訪れたのは1995年だった。革命に近いインパクトだった。紙の印刷や郵送、フロッピの複製などからの解放。メールは距離と時間の壁をなくして、日常的な議論が可能になった。しかも重要なことは、「それを実現するための経費はほとんどゼロに近い金額」ということである。当時はテキストのやりとりが中心で、静止画でも重たいデータ。動画は論外だったが、今では数Gの動画だって問題ない。

「資本がなくても、誰でもアクセスできるリソースをweb上に構築できる」ことは社会に、教育になにをもたらすのだろうか。「みんなで情報発信をすれば、すばらしい世界が作れる」と、1995年当時には思った。そして行動した。少なくとも大学人は、公開する価値がある情報の生産者のはず。そう思った。でも、そういうことをする人間はごく少数派だった。

2000年前後、組織的なコンテンツ開発には文科省などからの援助があった。でも、数年後にそれはなくなると共に教育実践で利用する上で「無料でアクセスできるコンテンツの利用」などという理由で、経費として計上できないようになっていく。「Free」は「無料」というだけでなく、さまざまな付随的な意味があるはずで、日本語でも「ただほど高いものはない」ということばさえある。でも、現実には、「ただで使えるものをネットであさる」ような、さもしい姿が当たり前になっていったように感じる。一方、ウィルスをはじめとしたネット上での攻撃が、無差別に行われるようになった。感染したサイトの管理者は、加害者であるかのような扱いさえ受ける。個人情報、肖像権、さまざまなややこしい障壁が生まれ、当初の牧歌的な世界とは様変わりしてしまった。ただ、多くの学校や、先生方は、「そういう波を経験しないまま、あるいは設備がないので、経験することもできないまま」今に至っているのかもしれない。

なお、この時期の文科省の事業では、教師用デジタル教科書のノウハウの蓄積に関わったわけだが、そこで実感したのは、「本業で使うべきコンテンツ開発は、ビジネス化されていく」ということでもある。GCに関する開発を始めた頃、海外のソフト、cabriやGeometer's SketchPadは市販ソフトだった。教育で使うソフトを開発し、それを有料で販売するようなことは、公務員として雇われている大学教員にとっては御法度のような雰囲気があった。兼業禁止が公務員の基本なのだ。ネット上での試作や提案にとどまっていた時代から、コンテンツ開発がビジネスとして成立していく過程で、産学連携のあり方が変わっていかざるをえないであろうことも実感した。

### 3.3 低価格化でハードルが大幅低下(2005-)

情報発信で実感した「free」は1995年からだったが、機器は高価だった。毎年生まれる新製品は、価格は変わらないまま性能が飛躍的に向上することが続いていたと思う。性能はイマイチだけど、価格が激安という価格破壊がネットブックで登場した。「コンピュータを使った授業のための設備投資」が2桁近く下落したのだから驚いた。当時WiFi経由で手書き入力意見を集める

ことを実感するための個人用端末として DS を 40 台購入したが、100 万以下。「一人一台」の姿を予見した。それが想像以上のすばらしい機器として実現されたのが iPad。しかも価格はネットブック程度。ただ、私たちの実践では「1人1台」よりも「4人1台」の方が魅力的だったが。

低価格化の波は GC 以外での実感が増えた。ラズパイはコンピュータそのものなのに、5000 円程度。しかもラズパイ Zero に至っては WiFi 対応でも 1000 円（教室内で使うための GC 用の実用的なサーバが、たった 2500 円程度で作れてしまう。）。さまざまなセンサも数百円。IoT が実現するのは、こういう猛烈な低価格化があってこそ。アイデアのプロトタイプ化のための経費が 2 桁以上落ちれば大企業でなければできなかったことが個人レベルまで下がる。情報を集めるセンサ類がばらまかれ、データを収集することで、いままでにはなかったサービスを提供していくことができる。まさしく、産業革命が生まれつつあることを実感した。

### 3.4 iPad と共に次の次元に(2010-)

GC に関連する話に戻そう。iPad がもたらしてくれたのは、低価格化よりも、「学び」そのものだ。過去の PC がいかにも不自然な機械的な道具に見えた。そこに生徒が集まってわいわいやる景色の魅力。中学生でも高校生でも一緒。そう、そういう空気感を作りたかったんだ。そう思わせてくれた。使いたければ使うけど、要らなかつたらしまつて机を広く使いたい。話し合いたければ集まるけど、個人で考えたければそうすればいい。それさえできなかったコンピュータ室って、なんなんだろう。グループの様子を観察していると、いろいろなドラマがある。そう、自分が生徒だったときも、こういう空気感があった。それが、学校に行く魅力の一つだった。できる/できないとは別の、「このメンバーだからこそ生まれる学び」の魅力とでも言おうか。その魅力を引き出すには、「わかる生徒には簡単にわかってしまう」ような課題では適していない。そのあたりで、取り組み方が大きく変わっていったと思う。

上記のようなことに、私たち 2010 年から、あるいはネットブックも含める 2005 年から取り組んできたし、そういうところでの学びをもっと多くの方々にとっての当たり前にしたと思った。でも、現実には「自治体による差」があった。特に県などで取り組むときには、「県内のどの学校でも行える」ことを求めるので、「県内の最低基準でもできること」に限定される。「コンピュータ室にある古い機器でもできること。しかも、ネットワークがあるとは限らない」などになったりする。「ないけど試したい」学校には、機器を送ったりしてきたけれども、この行政のスタンスでは、何も変わらない。変えられない。

### 3.5 授業/授業研究の難しさと面白さ -神は細部に宿る(?)-

iPad を使った学び合いの実践を深めながら実感したことはもう一つある。GC に関わる実践に関しては、それ以前のものもそうなのだが、「いい授業を成功裏に収めるためには、かなりの授業力が必要だ」ということである。

授業が失敗する要因は様々だ。事前の授業設計がうまく行っていなければ、確実に失敗する。論理的におかしいこともあれば、想定している生徒像が違っていていけないし、時間配分等がおかしくてもうまくはいかない。しかし、それなりに検討し、かなり仕上がっている指導案ができて

いたとしても、指導案通りにやれば成功するとは限らない。その場の生徒の様子に合わせて臨機応変に対応しなければ、生きた授業にはならない。さらに、実際に授業を拝見していると、先生の行動等はほとんど同じなのに、二つの学級での授業が大きく変わってしまうこともある。(誤用なのかもしれないが) 神は細部に宿るといことばがぴったりの気がする。

それぞれのグループの様子を詳しく把握した方がいいのが基本だが、気付かないまま、あるいは気付いていないふりをして進めてしまう方がうまくいくこともある。見守られていると思うのか、監視されていると思うのかも、ある意味では紙一重だ。それぞれのグループや個人の様子が細かく分かったとしても、一斉指導の中では、みんなに共通の一つの方向性を選択するわけで、すべての個別の様子に対して最適化をするわけではない。でも、学級としての一つの方向性を選択するからこそ、「学級としてのまとまりのある学び」に移れるわけで、「複数の選択肢から一つを選ぶ」ことは、授業者の意思決定として重要だ。潜在的な複数の可能性を先読みしながら見る授業は、漫然として授業を見るのと比較すると、断然面白いし、議論も沸騰し、授業研究の醍醐味がとても高まるようになっていった。(余談になるが、そうやって授業に接するようになってから、授業を拝見するのも、授業をするのも、「とても疲れる」ようになった。できるだけ「観察」し、できるだけ「聞き取り」、何をしているのかを「イメージ」し、その先を先読みし、複数の選択肢の中のどれがいいかを「その場で考える」ことが、とても増えるようになったためである。)

しかし、そういう授業研究も、「授業に対して同じ価値観をもっている仲間の中でないと議論が通用しない」のが現実だ。「そういう授業をやりたいと思っている人が、一緒に教材研究をし、授業設計をし、そして授業研究をしている」中でのことであって、誰がみても、同じように評価するとは限らない。「そんな活動なんて、時間の無駄だ」と思う人だって、きついている。「受験問題が解けてこそその真の学力で、そんなのは打ち上げ花火のように、そのときは面白くても、消えてなくなる」と語った方もいた。どういう学力観に依拠するかによって、評価は変わる。

また、自分も管理職を経験したので、その観点から言えば、「授業力が求められるような実践」であれば、「そういう授業力がある先生」あるいは、「そういう授業力をつけたいと思っている先生」でなければ、怖くてさせることはできないと思う。生徒の教育を任せる以上、「失敗することが最初から想定されるようなこと」をさせるわけにはいかない。学校の中で、ある先生にさせてある先生にはさせないというのも、なかなかむずかしい。この論理では改革は進まないはずだ。

## 4. GIGA で「スイッチは入ってしまった」

### 4.0 GIGA 以前の「悲しい現実」

附属高校で、超過勤務手当でることが問題になり、時間軽減をすることなどを想定して、教頭先生が、校務システムを選定してくれた。数百万だったと思うけれど、みなさんの時給と数年間稼働を想定すると、納得する金額だった。でも、大学執行部では当然論外。こんなのはほんの一部で、さまざまところで、予算の前例主義から、「できないこと」がさまざま。妥当かどうかの問題ではなく、「論外」。「竹槍で戦争しなさい」と、この時代でさえ言われているような感覚。



これまでがそういう流れで、「一人一台なんていつのことやら」だったのが、コロナ禍で急速全国で「最低基準が大幅に変わること」になった。本学で全員がパソコンを持参するようになったのは、教員免許法が改訂され、情報機器の操作が必修になったことに起因する。同様の、そしてもっと大規模な変革のトリガーをコロナ禍がひいたことになる。

#### 4.1 さまざまな思惑と ICT

「最低基準が変わらないから何も変わらない」と嘆いていた私たちにとって、ある意味で、GIGA スクール構想の実現は朗報といえる。が、手放しで喜べるほど簡単ではない。「このインフラを使って教育をこう変えていきたい」という思いはさまざまに存在するからだ。学び合いとか探究などを実現するための道具にしたいと思う人もいる。一斉指導ではつらい思いをしてきた子どもを解放したいと思う人もいる。リアルな学校なんていかななくてもいいじゃないかという人だっているだろう。そして、きっとそれぞれの思いを実現したいと思ったら ICT はそれぞれにに応じてくれるシステムを実現することができる。「正しい使い方」があるのではなく、「さまざまな使い方」があり、どれを選択していくかという問題なのである。

さらに言えば、GIGA スクール構想では、「一人一台の端末とネットワーク環境」が整備されたが、実はそれはインフラであって、その上に魅力あるシステムを構築し、利用していくには、さらに多くの経費が不可欠だ。企画・立案・説明・マネジメント・実行・評価・改善など、さまざまなことをうまくやっていけば、次世代の教育のあり方を具現化できるだろう。逆にインフラしかなければ、ほとんど意味がない。特に公教育において、そういう、いままでとはかなり違った予算化やマネジメントが不可欠なものとしての ICT を使いこなしした教育はうまくいくのだろうか。つい最近まで、「そういうことをするチャンスさえくれなかったところが多い」のだから。

#### 4.2 イニシアティブを握るのは誰？

私たちは、「いい算数の授業とは」とか「いい数学の授業とは」についての専門家、実践家だと自負していると思う。そこで想定される「いい授業」を実現するための道具として ICT を使えるようにしたいと思っていると思う。しかし、認識しておきたい。「どう使うか」の意思決定をする上で、私たちはまちがいなく、マイノリティなのである。ここ（研究大会）に集まってくるような方々、あるいは本誌をごらんになるような方々は、県内の算数・数学関係者の中でもごく少数派。特に算数でいえば、授業をする方々の中で、算数を専門にしている方さえ、小数派。でも、どういう授業がいいか、に関しては、子どもたちも、保護者もいる。政治家もいる。そこを新しい産業にしたいと思う方々は、いろいろなビジネスプランとともに提案もする。大きなお金が関わってくる以上、いろいろな力が働いてくる。まちがいなく、そういう荒波に放り込まれていくことになる。もちろん、ある意味では、さまざまな企業の知恵が教育に生かされる可能性もある。教育活動の中で、「竹槍で戦争させられていた」部分が、他の業種同様に、効率的に処理でき、時間を生み出せるようになる可能性もある。ぜひ、イニシアティブの一部を握れるようにしてほしい。外に向かって、提案できるような力量をつけてほしい。

#### 4.3 教育の「個別最適化」と「戦略化」

目の前の課題の一つは、「個別最適化」をどう捉え、そして学校としてどう取り組んでいくのか。そのためにタブレットを使うとしたら、どういう戦略をたて、どういう仕掛けを採用し、どう使っていくのか。そのためには、先生方のスキルもあげないといけない。まさしく、「いままでとはかなり違った仕事の仕方」が求められる。

#### 4.4 GIGA 以前には戻らない

GIGA のプランが示されたとき、「そんなの続かないよ」という声もあった。「備品としての価値がなくなる 5 年後に 4500 億円も国が拋出するはずがない」。もっともな意見だ。でも、私は「GIGA 以前には戻らない」と思う。本学で学生が PC 持参になるとき、いろいろな議論もあったけど、戻らない。それは「情報機器の操作」の単位のためだけではない。大学生には文房具としての PC は不可欠だからだ。21 世紀的な学びのあり方を考えたとき、「子どもの文房具としてタブレットは不可欠か」ということでもあり、「学びの環境をクラウドベースで提供していくことが妥当か」ということであり、「その方がいい」となった瞬間に、もう戻れるはずがないのだ。

端末購入の予算なんて、きっと問題ではない。低収入のご家庭向けのセーフティネットは不可欠だが、基本的には BYOD になっていくだろう。附属高校でも、電子辞書を持っていない子もいなかったし、スマホを持っていない子もほとんどいなかったと思う。備品として整備すればいいという感覚の方が時代遅れになっていくはずだ。自分でいろいろな工夫ができるからこそそのデジタル端末のはずなのだから。

### 5. 今～数年後に向けて

#### 5.1 今～混乱/過渡期/リスクマネジメント

タブレットの持ち帰りが妥当かどうかを真剣に議論している先生方からみれば、「BYOD に」なんていう上記の意見は暴論と思われるだろう。それは長期的にはそうなるはずということで、今がどうかは別問題である。今は過渡期であって、さまざまな混乱がある時期で、目の前にどう対処すべきかは、それぞれの学校で異なってくるはずだ。

ただ大切なことは、「まず、大きなリスクが発生しないようにする」ことではないだろうか。新しい道具を使うとき、想定外のことが起こるのはよくある。それが特定の子どもにとって「学校には絶対いきたくない」と思うような致命的なことが起こらないようにする、その兆候はどのあたりにあるかをしっかりとモニタリングすることだと思う。

#### 5.2 まずは「協働学習」(孤立化させない)

学びの個別最適化と並んで提示されているものが、「協働学習」だ。公教育では、まずここを共通の基盤にしていくのが出発点なのではないだろうか。逆にいえば、ICT の利用が生徒の「孤立化」にならないようにしていくことが大切だ。「個別最適化」を実現しているシステムの多くは、「学びは個別に行うもの」として設計している。自分が困った状況のとき、周りを眺めてみる。みんなうまくいっているような錯覚にとらわれる。質問しても、「なんだ、そんなこともわからないの?」と言われることが怖いので、聞かない。どんどん壁ができ、孤立化していく。それは避けたい。そういう孤立化を避ける上でも、困ったときには相談できる、相談してみると何かいい

ことがある。それを基盤に ICT を生かしていくことを目指すには、協働学習を取り入れることが大切だ。

### 5.3 学びの様子のデジタルアーカイブ

協働学習をする上では、デジタルを使わなければならないわけではない。私はそう思っていた。そこで、名古屋中でロイロノートを使った実践を拝見した後、松元先生に投げかけてみた。「協働学習をするためだったら、ロイロなくてもアナログでいける気がするけど、どうですか？」すると、想定外の答えが返ってきた。「協働学習かどうかだけが問題じゃないんです。毎時間、自分が考えたことを保存させているから、個々の生徒の様子を後から観察する上で、とても役立つんです。いまさらそれを紙でなんかやる気はしません。どれだけ時間がかかるかわかりません」。

たしかに、大学でも以前からいろいろな感想や課題を web 上で提出させ、互いに見合えるようにしてきた。紙ではその場で教員しかみることができないし、保存も大変。デジタルになっているからこそその恩恵は自分も受けてきた。他の先生からはこんな意見もあった。「過去はワークブックを提出させると、生徒の帰宅時間までに一通りチェックしてあげないといけなかったけど、今は集めなくてもクラウドで確認できるから、時間がすごく楽になりました」。

仕事の仕方が変わり、できること/やりたいことの変化が先生方が実感している。それはとても大きい。感想文を書かせたあと、その分析にテキストマイニングを使っている様子を拝見したこともある。デジタル化した瞬間に、世の中のいろいろな道具を活用することも可能になってくる。

### 5.4 数年たつと環境も変わる

今でさえ、そういう様子をいろいろな先生方からうかがうことができている。「これはいい」「これは便利だ」ということが積み重なっていくと、教育の仕事をしていく上で ICT はなくてはならないものになっているはずではないだろうか。それぞれの子どものところにタブレットがあり、そこから子どもの学びの様子が入力可能になっていることの利点を、きっといろいろところで実感しき、定着すべきものは次第に定着していくのではないだろうか。

### 5.5 「異質な個」が集まっているからこそその学校教育の魅力を引き出す授業

私たちが子どものときは、「組織的に学べる数少ない施設が学校」だった。でも、社会の中で「学べる環境」は学校以上に、ネットワーク環境の中に膨大に広がっている。あるいは、ネットワーク環境そのものが、「教育的に機能するように設計・実装されている」とでもいったらいいのかもしれない。そういう中での学校の魅力は何だろうか。最低限の標準的な知識・技能を身につけることだったら、きっと学校以外でも可能だ。「異質な個」が集まっているからこそその学びをいかに仕掛けていき、それを実感し、社会に結びつくことの価値を実感することではないだろうか。

### 5.6 「未来との対話」の姿勢

GC でも実感したことは、「私たちは静的な図形観の中で育ってきたので、それを簡単に払拭することはできない。でも、目の前の子どもたちは、動的な世界と接することから始めているので、子どもたちの方が『自然な反応』をすることが多く、それから学ばないと私たちが『ずれたことを求めてしまう』ことになる」ということだった。GIGA 以降ではそれがもっと大規模になる。

たとえば、私たちの世代では「板書はノートに写すべきもの」だったが、写メで残す子もいたりする。どう対応すべきなのだろう。私たちが暗黙のうちに持っている「過去の価値観と行動様式」と新しいそれらとのぶつかり合いがたくさん生まれてくる。職場の中でも、「どう対応すべきか」の議論が、いろいろな場面で生まれてくると思う。「モノを知らない」からの行動もあるだろうけど、「未来基準で考えるとそれが自然」という行動もある。ある意味で謙虚に「未来との対話」をし、そして「今、このメンバーに適切な方針」を選択していくことが求められる。

## 5.7 でもきっと算数・数学の本質は変わらない

しかし、算数・数学の本質が、「思考そのもの」にあることを考えると、その本質そのものは、あまり変わらないはずだ。逆にいえば、多くの ICT 活用のある場でありそうな、「省力化」とは異質なこと、算数・数学らしさを引き出していくためには、何を選択し、どう仕掛けていくのかをきちんと見極めていくことがもとめられていくはずである。

## 6. 10年以上先を見通すと

### 6.1 新しい教育目標の確立・共有化

GIGA スクール構想を前倒して具現化した原動力はコロナ禍だった。他国でオンライン授業が実施されているのと対照的に何もできない日本の現実が実現の原動力だったと思う。非常時対応としてのオンライン授業の他、個別最適化にし、協働学習にし、「学び方」への提案はあっても、学ぶべき内容あるいは教育目標そのものはそれらの存在は想定していない。

しかし、本来 ICT 活用は、それらをどう変えていくかに大きく関わっているはずだ。つまり、目の前の過渡期に続くのは、「それらは教育には不要だ」と元に戻るべきなのか、あるいはそれらの存在を前提としたら可能になる、次の教育目標の確立・共有化にあるはずだ。

過去のような、「実践したいと思っても機器がない」という状況と比較すると、タブレットや WiFi 環境などのインフラが整っているというのはとても大きい。「試作」や「環境」を web 上で提供することで、さまざまな学校で、「試しに試してみる」ことができる。実践に合わせたカスタマイズなども、デジタルだからこそやりやすいことも多い。本来のカリキュラム開発を、次世代の方法論で実現していくための基盤を、GIGA スクール構想は提供してくれているのだ。

### 6.2 カリキュラム・マネジメント

数学の授業は教科書を基本に行われる。きっとそのこと自体は変わらないだろう。でも、教科書が電子化され、一定のカスタマイズも可能になったり、シームレスにオンラインの教材とも結びつけることも可能になることによって、教科書の存在は一つの「標準」ではあるけれども、「その通りにやる」べきものというよりも、授業実施のための基本的なリソースであり、実践のためのカリキュラム・マネジメントの可能性と重要性が増していくはずだ。それを円滑に進めていく上で、先生方の自主性が重視されていくのか、学校としての戦略性の明確化と先生方のチームワークが重視されていくのか、あるいは企業が商品開発を行って提案していくことが重視されていくのか、そのあたりの動向はもちろん、まだわからない。ただ、少なくとも「紙を中心とする従

来の方法論」から大きく変化し、カリキュラム・マネジメントがより明確な課題に変わっていくことは間違いないと思う。

### 6.3 「専門職」としての教員の仕事には、研究や研修が不可欠

過去の予算削減においても、また、働き方改革の中での削減においても、おそらく真っ先にターゲットになってきたのが、先生方の研究や研修だったのではないだろうか。決められたことを決められたように実行する実務業務、あるいは子どもに対する窓口業務のようなものとして教員の仕事を位置づけるのであれば、それは致し方ないことかもしれない。しかし、上記のようなカリキュラム・マネジメントそのものも先生方が行っていく重みが増えていくなら、そこでの知的活動はいわば、専門職としての教員だからこそ可能な仕事のはずであり、その職責をまっとうし、また時代の変化に追いついていけるためには、研究や研修は不可欠なものとして位置づけなければ、続かない。あるいは、学校の中で、そのようなカリキュラム・マネジメントに関連する仕事を専門的にマネジメントする担当者がいて、他の先生方をサポートする体制がなければならないはずである。

### 6.4 開発すべきは「次世代の仕事の仕方」

それらは一言でいえば、デジタル時代の教員の仕事の仕方そのものだと思う。個人的な期待としては、それを開発し、提供する役割を、大学院や附属学校が担っていただきたいと思う。また、地域との連携や企業との連携なども過去とは違うスタンスで取りこんでいただきたいと思う。特に本学のような地域の拠点大学は、教員養成機能や研究者養成機能だけでなく、そのような実践的な開発機能も求められる時代になったのではないだろうか。

### 6.5 日常的な研修の場としての大学院

コロナ禍で対面授業ができなくなったとき、大学院、特に教職大学院ではいろいろな「可能性」を実感することができた。（博士課程ではもともとネットワーク経由の授業を行ってきたが、）教職大学の授業を zoom で行うと、県内各地からアクセスし、それぞれの地域の様子を報告してくれ、議論が活性化し、「次までに調べたり考えておきたいこと」がまとまる。「今日 NewYork の日本人学校の研究発表がオンラインでありますよ」とアナウンスがあると、みんなで参加したりする。学外の方に飛び込みで参加していただいて議論することもできる。「離れているけれども、それぞれが抱えている現場の様子を持ち寄り、議論できる」場が、こんなに刺激的で新鮮なんだと、改めて感じた。現職で働きながら、こういう時間を継続的に持ち、いろいろな刺激を受けるべき場としての大学院は、オンラインだからこそできる可能性はたくさんある。そう実感した。修了までの年限に6年くらいかかったっていいはずだ。残念ながら、そういう制度の変革は、私が本学に在籍しているうちにはできるはずがない。でも、次世代の教育現場にとっての研修の場としての大学院のあるべき姿の一つは、きっとそういう姿なのだろうと思う。

### 6.6 「授業」についての研修の手段としての「ビデオ」の日常化

コロナになって、私は自分の対面授業もすべて撮影するようになった。コロナ感染やリスクのせいでは参加できない学生のための利用が一つの理由である。でも、それだけではなく、「自分は何

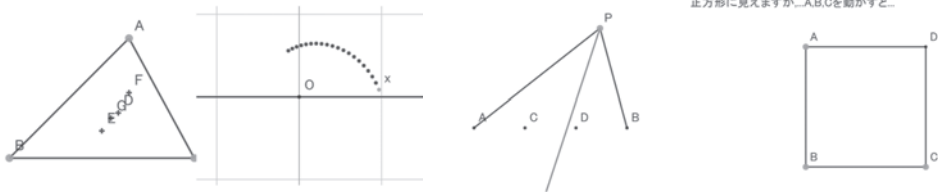
をしているのか」を検討するための基本材料にもなる。同じようなことは、教室にwebカメラを設置し、サーバにつなぐだけで日常的なアーカイブもできるはずだ。今、そういうことができない理由はさまざまある。でも、きっと「授業」についての研修を行う手段として、当たり前の道具として使うことが日常化できるはずで、そこにはまた、次世代的な「授業分析や研修の方法論」も待っていると思う。ただし、「監視」にならないための配慮は大切だが。

## 7. GCに関する具体例を通じて

下記は当日、模擬授業的に扱える素材として用意したものである。具体に関することは、各文献をごらんいただくことに任せることとし、ここでは図とキャプションのみを掲載しておきたい。



(1) 最も基本的で、最も奥が深い / その友達

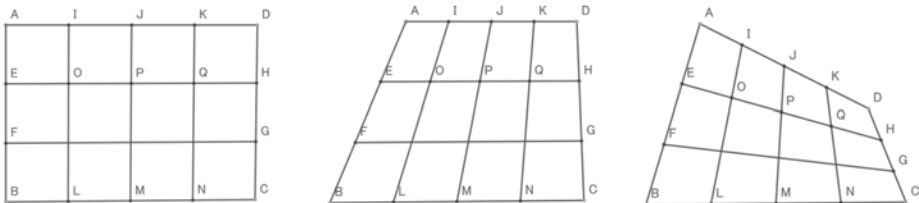


(2) 新しい「問い」

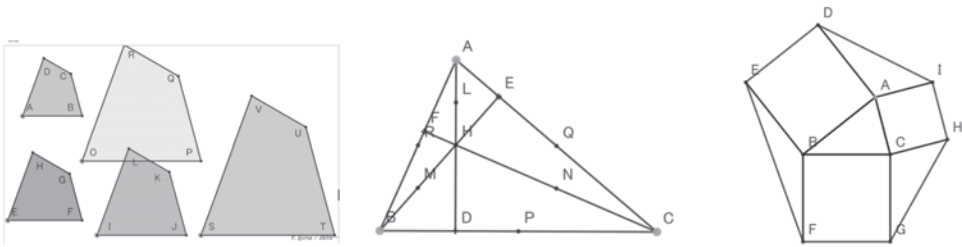


(3) こんなところにも…いろいろな展開が

(4) 簡単そうなのに、奥が深かった!



(5) 意外な展開



(6)「依頼」なしにはつくらなかった (7) 開発の原動力でもあった九点円 (8)「大発見」をしよう

## 8. 関連する文献

### 8.1 書籍

GC に関わることを中心に、次代への提言として、2021 年にまとめたものが、次である。

- ・飯島康之(2021), ICT で変わる数学的探究, 明治図書

これまで、附属名古屋中学校で取りくまれてきたさまざまな ICT 活用に関わる実践を名古屋中学校の先生方と一緒にまとめさせていただいたものが、次である。

- ・飯島康之他(2022), ICT 活用を位置づけた中学校数学の授業モデル, 1,2,3, 明治図書

なお、附属学校とのコラボの成果としてまとめることができたものとして、下記のものもある。

- ・飯島康之他(2009) 岡中発！数学教材, 愛知教育大学出版会
- ・石川理雄(2007) グラフ電卓がひらく数学教育, 愛知教育大学出版会  
授業記録の作成・字幕化を学部の授業で行うために、下記もつくった。
- ・飯島康之他(2010) J Editor2, 愛知教育大学出版会  
なお、GC の初期の時期にまとめたものには下記がある。

- ・磯田正美他(1992) メディアを活用する数学課題学習-場面からの問題作成による授業改善-, 明治図書

- ・飯島康之他(1995) コンピュータで数学授業を変えよう-作図ツール GC による図形の指導-, 明治図書

- ・飯島康之他(1995) GC を活用した図形の指導, 明治図書

- ・飯島監修, 川崎市中学校数学科研究会(1999) 図形が動く授業変わるー平面図形の探究学習事例集-, 明治図書

### 8.2 イブシロンに掲載した論文

飯島康之(1990) Computer による動的な図形教材の開発について —“Geometric Constructor”を用いた探究的学習のために—,32,56-75

飯島康之(1991) 作図の構成的な性格とコンピュータによる支援について(その 2) —作図と変形に内在する 2 つの関数的側面について—,33,33-54

飯島康之(1992) 作図ツールを用いた問題解決における問題の変容と問題生成の一方略について —作図の構成的な性格とコンピュータによる支援について (その 3) —,34,32-48

- 飯島康之(1993) 作図ツールの導入に伴う学習活動の変化 —中学校の数学の教科書の問題の分析による考察—,35,50-61
- 飯島康之(1994) コンピュータ利用による数学教育学における基本的な研究課題 —インターラクティブという観点からの考察—,36,63-91
- 飯島康之(1995) 「数学的探究=F(環境)の研究」としてのコンピュータ利用の研究 —Geometric Constructor における「条件を満たす点の集合としての軌跡」の機能に関するケーススタディを手掛かりに—,37,33-57
- 飯島康之(1996) インターネット上で公開・共有可能な基礎資料の一つとしての探究記録 —地曳先生の「四平方の定理」に関する自分の記録を例にして—,38,85-110
- 飯島康之(1997) テクノロジーによって関数関係の探究を支援するために —Geometric Constructor を用いたケーススタディを中心に—,39,59-78
- 飯島康之(1998) 数学教育研究・実践の道具としてのインターネット,40,33-47
- 飯島康之(1999) 作図ツールを用いた複素数に関する数学的探究 —ケーススタディを中心に—,41,81-95
- 飯島康之(2001) 作図ツール Geometric Constructor 上で現れる様々な「関数」の分析 —作図ツールと関数的な考えについて(1)—,43,15-28
- 飯島康之(2002) 「教育の情報化」と Geometric Constructor に関するコンセプトの変化,44,17-28
- 飯島康之(2003) 数学教育の多様化を支えるためにツール型ソフトが目指すべき方向性 —GC/Java のソフト・コンテンツ開発を例として—,45,47-53
- 飯島康之(2005) 授業の記録・分析を効果的/効率的に行うことを目指して —授業のビデオライブラリ化の方法論等を中心に—,47,25-38
- 飯島康之(2006) コンピュータ・ネットワーク環境の変化に対する作図ツール GC の対応,48,25-32
- 飯島康之(2007) 研究授業から GC の改良案と新しい授業像が生まれる様子のケーススタディ —附属名古屋中学校での岩田実践と GC のイベント機能の関わりについて—,49,1-12
- 飯島康之(2008) 研究授業から DS の新しい使い方が生まれる様子のケーススタディ —附属名古屋中学校での後藤実践: 「 $3^2+4^2=5^2$  に似た例を探せ」—,50,41-52
- 飯島康之(2009) 普通教室での1時間の授業でグループ1台の GC を使う授業の設計と実践 —附属名古屋中学校での伊藤実践: 「共同井戸を掘るべき場所を探せ」—,51,5-16
- 飯島康之(2010) 「壁にタッチする最短問題」とその周辺 —附属名古屋中学校での後藤実践に関連して—,52,23-33
- 飯島康之(2011) iPad と GC/html5 を使った授業による二つの提案 —附属名古屋中学校での鈴木実践に関連して—,53,13-24
- 飯島康之(2012) 作図ツール GC を使った多様な探究のための教材開発の実際 —3つの問題に関するケーススタディ—,54,7-27



- 飯島康之(2013) 3-histograms の開発 -PC でも iPad でも使えるヒストグラム作成ソフト-,55,7-22
- 飯島康之(2014) GC を用いて二つの角の関数関係を発見する授業の授業研究 —2013 年度の新城合宿での研究授業から-,56,15-36
- 飯島康之(2015) 作図ツールを用いた九点円の指導に向けて —12/11 の山中実践に向けた教材研究-,57,17-27
- 飯島康之(2016) 作図ツールを用いた「四平方の定理」に関する指導に向けて—12/12 の山中実践に向けた教材研究-,58,7-16
- 飯島康之(2017) ICT を利用した算数・数学での探究のサイクルについて—完全数などについての探究事例を手がかりに-,59,7-18
- 飯島康之(2018) GC を使った「学び合い」の授業のための教材研究の一例 —12/6 の GC 活用研究会(松元実践)に向けて-,60,7-16
- 飯島康之(2019) GC を使った数学的探究における事実と問いのダイナミズム —対応表をもとに進める数学的探究に関するケーススタディを基にして-,61,9-24
- 飯島康之(2020) GC の「条件を満たす点の集合の自動描画機能」を使った数学的探究-数学的探究に関するケーススタディを基にして-,62,33-42
- 飯島康之(2021) 数学的探究のサイクルと「データ」の役割について- 統計と図形に関するケーススタディを基にして-, 63,1-10

### 8.3 他学会等に掲載した主な論文

- 飯島康之(2015)作図ツール GC/html5 の開発—HTML5+JavaScript による教育用ソフト開発の可能性—, 科学教育研究, 39-2, 161-175
- 飯島康之(2005)作図ツール GC/Java を利用した多様な学習環境の開発, 科学教育研究,29-2,110-119
- 飯島康之(2021)「第二の現代化」を実現していくためのインパクトとして ICT を使いこなす - それによって可能になる数学的探究に注目し, 授業にこだわる, 日本数学教育学会誌, 103-5, 23-30
- 飯島康之(2015)作図ツールを用いた数学的探究における「暫定的な解決と問題の再設定」—インターラクティブな利用からの「思考力・判断力・表現力」に向けて—, 日本数学教育学会誌,97RS, 9-16
- 飯島康之(2000) 算数・数学教育におけるテクノロジー, 日本数学教育学会誌,82-7-8,81-82
- 飯島康之(1995) テクノロジーは授業を変えるか, 日本数学教育学会誌,77-6-7,78-79
- 飯島康之(2013) 数学教育でのテクノロジー利用が生み出すさまざまな研究課題について —作図ツール Geometric Constructor の研究開発に関連して—,教科開発学論集,1,237-246
- 飯島康之(2014) 作図ツール GC/html5 のマルチタッチ機能を生かした数学的探究と授業の実践について,教科開発学論集,2,85-94
- 飯島康之(2016) 作図ツール GC/html5 を用いた数学的探究における精度・誤差について-イン

ーラティブな探究に向けて-,教科開発学論集,4,111-12

飯島康之(2010) 作図ツール Geometric Constructor を使った探究事例と教育実践について (数式処理と教育) 数理解析研究所講究録, 1674: 99-111

飯島康之(2012) 作図ツール GC/html5 ビューア版の開発と iPad を使った教育実践 (数学ソフトウェアと教育 : 数学ソフトウェアの効果的利用に関する研究) 数理解析研究所講究録, 1780: 243-254

飯島康之(2014) 2010 年代の日本の教育用数学ソフトに必要なこと : GC/html5 の開発と実践からの提言 (数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究), 数理解析研究所講究録, 1909: 73-83

飯島康之(2015) GC/html5 の測定機能等を使った関数関係の探究における意思決定 (数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究) 数理解析研究所講究録, 1951: 136-147

飯島康之(2014) 図形の次元, 写像としての作図における退化次数からみたマルチタッチ作図ツールの特徴 - 二つの作図に関する分析を中心に -, 日本科学教育学会研究会研究報告,29-9,93-98

飯島康之(2018) 五心の逆の作図問題に関する GC/html5 を用いた数学的探究について,日本科学教育学会研究会研究報告,28-8,57-62

## 9. おわりに

12/10 の講演資料を振り返りながら, 加筆・修正も加えながらまとめてみた。本学での私の活動の多くは, 試作と提案の連続だった。きっと当時は先走りすぎていたものも多かったのだろう。でも, 大学での研究開発は「明日の授業」のためのものではなく, 少なくとも数年後を見通して提案すべきものだから, 今振り返ると, 「なんて当たり前のことを」と感じていただけるなら幸いでもある。

コロナ禍の前までは, 「なんでこんなに変わらないのだろう」と思っていた。30 年経過しても, 結局現実は何も変わらないという感覚だ。GIGA スクール構想で導入されたのは, 単に「数年で陳腐化するだけの端末とネットワーク」なのだろうか。これまでの多くの機器はそんな運命を経過してきたのだから, 同じ道を辿るだけなのだろうか。私は「以前には戻らない」と思うし, 「戻るようならば, この国の未来はあぶない」と思う。算数・数学教育に関わって昭和までに構築されてきたさまざまな文化, たとえば授業研究であったり, 組織的な研究・研修のシステムは風前の灯火だ。仕事としての教職も, ブラックな職場という名の元に人気低迷している。しかし, 教育が未来への投資である以上, 今の時代に, あるいは次の時代にあったものに総合的に刷新していくが必要になっている。きっと, そのための入場券なのだ。GIGA スクール構想は。

次の安定したステージにたどりつくまでには最低 10 年はかかると思う。みなさんが, どんな未来を開拓していくのか, 楽しみにしたい。できることなら, 私も陰ながら貢献しつつ。

謝辞 : 本研究は科学研究費補助金 (課題番号 : 17K00967) の助成を受けたものである。