

<実践報告>

個別最適な学びのためのシステム開発とデータ利活用の歩み

東原義訓 信州大学学術研究院教育学系

Progress in System Development and Data Utilization for Adaptive Learning

HIGASHIBARA Yoshinori: Institute of Education, Shinshu University

研究の目的	今後の個別最適な学びのためのシステム開発・教材開発・実践・データ利活用の参考のために、1970年代から継続してきた、個別最適な学びのためのシステム開発と実践の歴史を記述することである。
キーワード	システム開発 個別最適な学び 個別最適化 データ利活用 インタラクティブ・スタディ CAI
実践の目的	個別最適な学び
実践者名	本システムの多数のユーザ
対象者	日本全国の児童生徒
実践期間	1978年～2021年
実践研究の方法と経過	基礎的・基本的事項の完全習得のための仕組みとして、個に応じた学習のできるシステムを開発し、そのシステム上で稼働する教材を制作し、実践してきた。実践の過程で得られるデータを教員や学習者にフィードバックしたり、教材開発のために活用してきた。システム開発の経過を自身の記憶と関係資料に基づき整理する。
実践から得られた知見・提言	1970年代に構想された個別学習と人と人との相互作用を重視した理念は、今日まで変わることなく継承され、遭遇する課題を解決すべくシステム開発に常に挑戦し続けてきたといえる。技術的な特徴は、1970年代の基本設計は変えることなく、約50年にわたり技術の進歩を次々と取り入れ発展させてきた。システム開発を継続することができたその背景には、存在しなければ工夫して創り出してしまうという創造と挑戦の精神と、科学研究費補助金、産学共同開発研究、GIGA スクール構想など、継続を支える仕組みの存在があった。

1. はじめに

筆者らは 1978 年より、基礎的・基本的事項の完全習得のための仕組みとして、個に応じた学習のできるシステムと教材を開発し、授業で活用し、実践の過程で得られるデータを教員や学習者にフィードバックしたり、教材開発のために活用してきた。本稿の目的は、今後のシステム開発・教材開発・実践・データ利活用の参考のために、これまでの個別最適な学びのためのシステム開発と実践の経緯を整理して伝えることである。

1970 年代に構想された基本理念は、システム開発と実践において、今日まで変わることなく継承され、現在では、学習者用デジタル教科書とデジタル教材との連携など、先端的な研究開発とその実践に発展している。1970 年代に生まれた教育理念は、「令和の日本型学校教育」で重視されている個別最適な学びと協働的な学びにもつながるものと言えよう。

2. 個別最適な学びのための最初のシステム

日本初の小学校の授業で活用された個別最適な学びのためのシステムは、筑波大学の中山和彦らによって開発され、1977 年度より茨城県の桜村（現在のつくば市）立竹園東小学校で実践された「クラスルーム CAI システム」と呼ばれたシステムである。個別学習であるにも関わらず、集団を意味する「クラス」を冠しているところに特徴がある。一斉授業形態下で、個別学習と同時に協働学習をも意図したからであり、中山はそのことを「人と人との相互作用を深める」と著書「未来の教室」（中山・東原 1986）で表現している。本 CAI システムの詳細設計とプログラミングなど、システム構築は堀口秀嗣が担当した。

2.1 教室環境としての特徴

日本初の小学校のコンピュータ室として、児童一人一人に 1 セットのディスプレイとキーボードからなる端末を配置するため、普通教室を改装して、各端末への電源とネットワークのケーブルを敷設するための床上工事が行われた。座っての活動もできるように床板にはカーペットが張られ、児童は上履きを脱いでコンピュータ室に入った。

人と人との相互作用を重視したため、個別の机ではなく、4 人に一つの丸テーブルが特注された。青色と赤色のディスプレイが 2 台ずつ、計 4 台が円形テーブルの中心から放射状の向きに配置されたことにより、互いの画面は自然には児童の目に入ってこない。隣の画面を気にすることなく学習を進められるようにとの、個別学習のための配置である。一方、グループ感覚で自然と児童同士の会話が起ころ配置であった。つまり、円形テーブルが学習の個別化と人と人との相互作用の重視を象徴する仕掛けであった。

2.2 ハードウェアとしての特徴

当時はパソコンというものが存在していなかった。そこで、学習者用端末は、モノクロテレビを改造してディスプレイとし、電卓のキーボードを二つ組み合わせ、キーボード・ボックスを製作した。40 台の学習者用端末が設置されていたが、それぞれの端末は CPU を持っていなかった。8 ビット CPU の Z80 コンピュータ（以下、制御コンピュータと記す）1 台で 40 台の学習者用端末の画面表示とキー入力を制御する仕組みが、床下の多数の

ケーブルとキーボード・ボックスによって構築されていた。

キー入力を受け付けると、キーボード・ボックス内のメモリに記憶し、制御コンピュータから問い合わせがあったとき、キーの情報を知らせるという仕組みである。そのため、制御コンピュータは全端末を順番に回って処理する仕組みになっていた。特筆すべきは、漢字表示が一般的でなかったころ、自作した 16×16 ドットの漢字フォントにより、漢字かな交じり文の課題をディスプレイに表示できるようになっていたことである。

このように、当時の大型計算機とその端末との仕組みとも異なり、今日のクラウドと端末との仕組みとも異なるものであるが、学習用システムとして特化させたことにより、現在の汎用ネットワークシステムより快適に稼働していたともいえる。

2.3 ソフトウェアとしての特徴

画面に教材を表示し、児童からの回答入力を求め、正誤判定を行って、学習履歴を保存し、回答に応じて最適な次の画面を提示するという一連の動作は、エグゼキュータ（学習実行ソフト）が、その役割を担っていた。エグゼキュータから見た場合、教材内容や正誤判定条件やその後の動作などの情報は、エグゼキュータが処理するデータと言える。つまり、学習過程を実行するプログラム（エグゼキュータ）と教材（コースウェア）は独立したものであった。このエグゼキュータは前述の制御コンピュータ上で動作した。

今日の Web システムでは、エグゼキュータに当たるものがビューアと呼ばれ、教材本体とは独立しているが、この仕組みのルーツはこの時代にある。

当時 OS は存在せず、画面表示処理、入力処理、学習制御処理、学習記録処理など、現在のドライバーに当たる処理を含むすべての処理はエグゼキュータの仕事であった。

2.4 コースウェアとしての特徴

教材はコースウェアと呼ばれ、教育目標、表示用画面、回答正誤判定、フィードバック・メッセージ、次課題の決定ロジック、評価などの情報から構成された。

コースウェアは、プログラミング言語で記述されたコードではないため、その開発のためにプログラミングを習得する必要はなかった。どの課題を出し、どのような回答が得られたら、次にどうすれば良いのかを決められる人であれば開発できる。竹園東小学校の一般の教員がコースウェアを作成できた理由はここにある。

2.5 オーサリングシステム

コースウェアがプログラムでなくデータであるため、エグゼキュータが解釈できるようなデータ構造が定義され、そのデータを生み出すツールが必要となる。このツールはオーサリングシステムと呼ばれた。オーサリングシステムが扱う主なデータは、提示データ、フィードバックデータ (KR 情報)、学習制御データである。これらの入力と編集を支援し、定められたフォーマットでファイルに書き込むことがオーサリングシステムの役割である。

クラスルーム CAI のオーサリングシステムは、大型計算機上で構築された。当時は、漢字機能を有するパソコン等は存在しなかったからである。

画面表示用のデータや KR 情報は、まだ、ワープロ機能がなかったため、和文タイブラ

イターのように漢字が配置された入力装置から一文字ずつ選択して入力し、画面データファイルに保存した。学習制御データは 80 桁のデータシートをベースに、各制御データの桁位置を定めて、プログラミング用エディタで入力した。

このように、特別な入力支援システムがあったわけではなく、当時の一般的なエディタを用いて、画面データも学習制御データも入力・編集された。当時のオーサリングシステムの最大の役割は、入力されたデータを、制御コンピュータ上で稼働するエグゼキュータが扱うことができるビット単位のフォーマットに変換することであった。

2.6 学習制御データ

エグゼキュータの動作は、学習制御データに基づいて実行される。学習制御データに含まれる情報は、表示すべき画面データのラベル、教育目標コード、配点・得点、制限時間、応答処理のための予想回答・次画面ラベル・フィードバック用のメッセージラベル、変数加算式など、一連の学習の流れを決定するために必要な情報である。画面に表示される画面データは、学習制御データの中に記述されたラベルと紐づけられている。

いわば、先生が普段行っている教え方の順序や判断の基準などの指導計画をデジタル化したものが学習制御データにあたる。

2.7 学習履歴データ

学習履歴データは、二種類に分類される。操作するたびに記録される、応答時間、入力内容、正誤判定結果などを記録・蓄積した応答記録データと、その時点での各種の状態や集計状況を表すステータスデータである。最近では、前者はスタディ・ログと呼ばれることが多く、後者はダッシュボードとよばれる画面に表示される情報と同種のものである。

教育データの利活用が最近では注目されるようになってきたが、当時のシステムでも学習履歴は活用されていた。当時は、学習過程の分析や教材の改善のために主に活用された。

3. 汎用マイコンへの発展

2で述べたクラスルーム CAI システムは、ハードウェアから特注のシステムであった。そのため、学習効果が認められても、他校へ拡大することが不可能であった。1980年代になると、汎用型のマイコンが普及し始めたため、本システムをマイコンで稼働できるようにするためのプロジェクトが開始された。

学校で購入可能なコンピュータとして当時市販されていたのは、8ビット CPU を内蔵するマイコンと呼ばれるものであり、BASIC 言語が搭載されていた。そこで、マイコン用個別学習システムを BASIC 言語によって開発するため、中山和彦をリーダーとする開発チームが結成された。主な開発項目は次の通りで、() 内は主な担当者を表す。

- ①エグゼキュータを BASIC 言語により開発する。(堀口秀嗣, 東原義訓)
- ②コースウェアのデータ構造を設計する。(東原義訓)
- ③学習制御データを編集するエディタを開発する。(東原義訓)
- ④画面データ、メッセージデータを編集するエディタを開発する。(清水純一)

- ⑤既存コースウェアが新システムで稼働できるよう、変換ツールを開発する。(東原義訓)
③と④はオーサリングシステムと呼ばれるものである。

本システムはエグゼキュータが1983年に完成し、オーサリングシステムが1984年に完成した。汎用マイコンで、教材作成と個別学習が可能なが示され、普及の可能性が示された。初代システムとの大きな違いは、ネットワークで接続されていないスタンドアロン・システムであり、教材や学習履歴はフロッピーディスクで扱われた。

また、オーサリングシステムが学習者用と同じ汎用マイコンで稼働できたことにより、教員自身による教材作成の道が開かれ、教材開発の研修会が開催されることになった。

この汎用マイコンによる初代個別学習システムは、1984年から北海道の複式学校の授業で活躍した。コースウェア変換ツールにより、竹園東小学校と同じ教材が7年後に北海道の地で利用できるようになったのである。

市販のマイコンのみで、教材を開発し、個別学習を実施することは可能にはなったが、次の課題に直面することとなった。

- ①インタープリタ言語である BASIC によるシステムのため、動作が遅いこと。
- ②ネットワークで接続されていないため、授業の運用が容易でなく、また、個々の学習履歴をリアルタイムに集約して利用することができないこと。
- ③システムの改善要望が次々に出てくるが、システムのメンテナンスと改善は大学としての研究開発の範囲を越えること。
- ④多くの学校に導入されるためには、教材が豊富に開発される必要があること。

ここまでの研究開発を可能としたのは科学研究費補助金であった。研究開発のためには利用できるが、日常の運用・普及のためには別の仕組みが必要であった。

4. 民間企業との共同開発

前項で掲げた課題を解決するために、民間企業の協力と教育委員会としての予算の確保が必要であった。そのため、コンピュータ関連の全社に協力を呼びかけたが、当時は初等教育分野への展開を予定しているところはどこもなかった。たまたま、テレビを開発していたシャープ株式会社の賛同が得られ、パソコンとテレビの両機能を備えるシステムに、学習用の機能を付加する産学共同プロジェクトがスタートした。

システム開発にあたる3名が筑波大学に派遣され、普及型個別学習システムの開発にあたった。前項で挙げた課題を解決する新たな展開が開始されたのである。約1年後の1985年に、大学で開発してきたシステムと上位互換のある個別学習システムが完成し、利用した市販パソコンの名称にちなんで「X1 クラスルーム CAI システム」と名付けられた。

また、桜村教育委員会の理解が得られ、本システム完成時の1985年には、村費により児童用40台と先生用1台から構成されるネットワーク型個別学習システムが導入された。

民間企業が開発して商品として販売することができたことから、他校への導入も始まり、また、システムの改善や拡張が行われることになった。

大学の役割は、さらなる機能拡張のための研究開発と、システム改善の指導とチェックへ、また、教材開発と活用のための教員研修、学習履歴の分析とその活用へと変化していった。このころから社会貢献としての教育界への啓発活動も重要性を増していった。

4.1 普及型個別学習システムの特徴

普及型個別学習システム、およびその開発の主な特徴は次の通りである。

- ①エグゼキュータとコースウェアを分離すること、オーサリングシステムでコースウェアを編集することなど、基本的なシステムの構成は前述の初代システムのを踏襲した。
- ②C言語をシステム開発用言語として選択したことにより、実行速度の向上に加え、継続的なシステム開発が可能となり、16ビットパソコン用のシステムへと容易に拡張できた。
- ③パソコンを接続する汎用的なネットワークがなかったため、POS で使われていたネットワークをベースに、専用のハードとソフト「シンプル LAN」を開発した。先生用パソコンと学習者用パソコンを同軸ケーブルで接続し、教材の転送や回答の収集、評価情報の提示（ダッシュボード）などのために活用した。
- ④教育を専門とする大学研究者とシステム開発を専門とする技術者の共同により、教育理念を背景に持ち、教育方法や教育評価に関する研究成果を踏まえたシステムが開発できた。
- ⑤教科教育の専門家と学校現場の教員との共同により、教材内容・教育方法の両面で質が高く、かつ、学校に受け入れられるコースウェアを開発することができた。

しかし、製造会社によるパソコンの仕組みの違いがあり、他社機種による活用は不可能であった。いわゆる互換性の問題である。

4.2 互換性の課題の解消

新たに遭遇した課題は、製造会社によるパソコンの違いであった。シャープ製以外のパソコンでは、動作しないという問題である。

CEC（コンピュータ教育開発センター）は、TRON をベースにした教育用コンピュータを構想して、多くの会社が参画して、製造会社が異なっても互換性の問題のない教育用コンピュータの試作機を開発した。しかし、日米の貿易摩擦の影響を受け、実用化する前にこのプロジェクトはストップしてしまった。前述した個別学習システムを CEC 仕様に移植するまえに、CEC プロジェクト自体が止まってしまったのである。

そこで、あるコースウェアが機種 A で動いても機種 B では稼働しないという互換性の問題の解消に中山らのグループは着手し、UNIQUE というシステムを開発することによりこの互換性の問題を 1989 年に解決した。個別学習システムの基本構造は変えることなく、互換性の問題を解消するために取った方法は階層構造をもつ次のような仕組みである。

- ①ユーザに一番近い階層は、コースウェアで、どの機種でも同じものを用いる。
- ②コースウェアのすぐ下の階層のエグゼキュータを、学習制御に関する機能と、互換性のないハードウェアを制御する機能とに分離し、後者はさらに下位の階層の機能を呼び出す方式とした。これにより、エグゼキュータも機種によらないものとすることができた。
- ③エグゼキュータの下位の階層にあたるハードウェアを制御する仕組みに「共通ドライバー」

の考えを導入し、OS で共通する部分は OS の機能を用い、互換性のない部分には機種別に対応する仕組みをいれた。

このように、階層にわけてシステムを構築し、機種の違いを吸収する仕組みを「共通ドライバー」で実現することにより、新たな機種への対応も容易となったのである。

4.3 イーサネットによるネットワーク型システム

多くのパソコンがイーサネット対応になったことから、1992年に本格的なネットワーク型個別学習システムに進化させ、次のような運用が可能となった。

①先生用コンピュータにより、コースウェアとクラスを選択し「授業開始」キーを押すと、学習者用コンピュータのエグゼキュータが学習者に出席番号を入力することを促し、入力された番号の学習履歴が参照されて、前回の続きから開始するために必要な情報や評価データなどがエグゼキュータに送られ、続きの画面から学習が開始される。

②学習者の入力のたびに、画面名、応答時間、入力文字列、正誤判定結果などが、先生用コンピュータに送られ、保存される。

③先生用コンピュータには、どの児童がどの画面を学習中か、それまでに何画面通過したか、現在の画面で何秒経過したかなど、一人一人の学習進行状況が表示される。

④先生用のメニューを選択することにより、目標の達成状況のヒストグラムや、目標別の個人の点数や誤答パターンの出現回数等が表示され、さらに学習者個人を指定することにより、個人についての様々な評価情報が提示される。

⑤先生用コンピュータから授業終了の指示をすると、再開に必要な情報を収集し、保存して、エグゼキュータを終了させる。

1993年2月には前述の UNIQUE と本ネットワークシステムにより、6種類の機種全40台の学習者用コンピュータと先生用コンピュータからなる異機種ネットワークシステムを牛久市立神谷小学校に構築して、ネットワーク型個別学習システムの実証が行われた。

Windows が普及する以前に、個別学習システムはここまで進化していたのである。

5. 技術の進歩への適応

1990年代になりパソコン関係での技術進歩は著しいものが見られた。Windows、マルチメディア、インターネットと Web システムなどである。新たな技術は、学習の質を高め、運用の負担を軽減する可能性があり、個別学習システムは技術進歩に常に対応してきた。主な対応は、Windows OS への対応と Web システムへの展開である。

5.1 Windows OS への対応

Windows の完成度が上がるにつれて、異なる機種間での互換性を気にしなくてもよくなってきた。そこで、個別学習システムは、基本設計を変えることなく Windows に対応させた。これはマルチメディアへの対応も意味し、コースウェアの幅が広がった。

1996年には、オーサリングシステムも含めて、Windows 版が本格的に活用できるようになった。Windows の普及により UNIQUE は役割を終えることになった。

5.2 Web システムへの展開

インターネットの普及とその高度化・高速化に伴い、Web サーバと Web ブラウザを組み合わせてサービスを提供することが様々な分野で広がってきたことから、個別学習システムを Web システムとして進化させることに着手し、2001年にインタラクティブ・スタディとして完成した。オーサリングシステムは従来のシステムを用い、保存されたデータから、Web システム対応のデータ構造に変換する方式とした。

Web サーバを教育委員会内に設置するのか、クラウドに設置するのかなどにより、違いはでてくるが主な特徴は次の通りである。

- ①先生も学習者も、タブレットでも、パソコンでも、スマートフォンでも、その情報端末がインターネットに接続され、標準的な Web ブラウザが稼働できれば、ログインすることによって、インタラクティブ・スタディを活用できる。
- ②従来は学校に委ねられていたシステムの管理・運用がほとんど必要なく、先生は授業者として利用すれば良いだけの負担に軽減される。
- ③学校の教室だけでなく、家庭からも利用可能であり、また、遠隔教育としての合同授業としての活用も可能である。
- ④コースウェアから、他のコースウェアや、他の Web サイトに容易に移動することができ、インターネット上の豊富な情報を活用可能である。
- ⑤閲覧が許されている指導者として認証されれば、ネットワークに接続されているどの情報端末からでも学習状況をモニタすることが可能である。移動中などのわずかな時間に学習の進捗状況を閲覧することなども可能である。

この年代の個別学習システムに立ちはだかった最大の壁は、学校にはコンピュータ室が一つしかないため、せいぜい、週に2回ぐらいしか自分のクラスに割り当てがまわってこないことであった。したがって、順番が来たときに集中して活用するのに適したような教材が開発された。たとえば、単元のまとめの復習教材のようなものであり、45分は継続して使うことが想定されたコースウェアであった。この状況はGIGAスクール構想と学習者用デジタル教科書によって、大きく変わった。詳細は次項で述べる。

5.3 学習者用デジタル教科書との連携

GIGAスクール構想によって、1人1台情報端末環境が整備されたことにより、使いたいときは誰にも遠慮することなく活用できる道が開けた。やっと個別最適な学びを実現できる環境が整ったと言える。さらに、学習者用デジタル教科書が導入されるようになり、副教材としてのデジタル教材と連携させて活用することが可能となった。

インタラクティブ・スタディはデジタル教材にあたる。より効果的な活用のためには、デジタル教科書とのシームレスな連携が鍵となると考え、そのような仕組みを構築した。

これまでのコースウェアを小さなモジュールに分割し、デジタル教科書のしかるべきページからリンクして使えるようにした。算数の場合のモジュールは、デジタル教科書で学んだことが理解できたかを診断する診断問題と、不十分な場合にスモールステップの問題

群によって誘導的に理解に導く補充ブロックから構成されるようにした。

算数の教科書には、問として、その直前に学んだことを使って解く問題が掲載されている。従来ならこの問題をノート上で解くが、本システムでは、このタイミングでデジタル教材にジャンプして、診断を受け、必要に応じて補充ができるようになっており、正解できたら、デジタル教科書に戻ってくるようになっているのである。

この仕組みについては、文部科学省の研究開発学校での試行の成果を踏まえ、教科書出版社、教科書ビューア会社の協力を得て、2021年度から協力校で実証が開始された。

6. 学習履歴の活用

前に述べた通り、本個別学習システムは、1970年代の初代システムのころから学習履歴を活用してきた。本項では、学習履歴が活用された典型例を紹介する。

6.1 初代システムにおける学習履歴の活用（1970年代）

①配点合計、得点などの評価データが保存され、次時の学習時にはそれらが読み込まれて、再開画面の決定に活用され、評価データは継続的に加算された。

②学習者の応答記録（各問題での応答時間、回答内容、正誤など）が保存され、学習者の学習過程の分析、クラスの誤答傾向の分析等に活用された。

当時行われた学習過程の分析の例として、理科と算数のケースを紹介する。

理科のてんびんの実験の学習履歴から、間違った予想（仮説）をして、実験に臨んだ児童は、正しい実験結果を得ても、その16～50%（4つの実験課題によってばらつきは見られる）が正しい考察ができず、予想が間違っていた場合には正しい実験結果を得られても仮説の修正が困難な傾向があることが示された（東原ほか 1981）。

計算問題の場合、1回目に誤答してもその誤答に応じたメッセージ（「約分を忘れないように」など）を学習者に提示することにより、誤答者の約70%が2回目の回答では正解できたこと、誤答パターンに一致せず一般的なメッセージを提示した場合でも46%が2回目には正解できる傾向があることが示された（東原ほか 1982）。

6.2 コースウェア開発のための誤答分析（2000年代）

初代システムのころのコースウェア開発は教員が行っていたが、2005年に完成した算数教材であるStudy21シリーズは、民間企業によるものであった。この開発は、学習履歴の分析なしにはなしえなかった。なぜなら誤答に応じた補充コースを特徴とする個別学習用コースウェアの開発では、児童の誤答傾向がわからないと設計できない。しかし、どのような間違いがあるのかを想像することは民間企業人にとって困難であった。そこで、協力校を募り、診断のみのためのコースウェアを作成し、本システムで学習してもらい、その学習履歴を分析するという方法をとってStudy21シリーズは開発された。

6.3 研究開発学校における学習履歴の分析（室橋 2019）

①応答時間の違い：算数の15問程度の練習問題の応答合計時間を分析した結果、算数の領域や学年によらず、一番遅い学習者と一番早い学習者では、学習に必要な時間に約3倍

の違いがあることが明らかにされた。

②応答時間と正答率の関係：応答が早いほど正答率が高いといったような相関は認められず、その学習者に適した時間をかければ、早い学習者も遅い学習者も同程度の成果をあげられることが示された。

7. おわりに

1970年代に構想された個別学習と人と人の相互作用を重視した理念は、今日まで変わることなく継承され、遭遇する課題を解決すべくシステム開発に常に挑戦し続けてきたといえる。技術的な特徴は、1970年代の基本設計は変えることなく、約50年にわたり技術の進歩を次々と取り入れ発展させてきたことであり、今日においても、学習者用デジタル教科書とインタラクティブ・スタディとのシームレスな連携の開発が実施されている。

教育データは、まず、学習者が最適な課題に取り組めるよう判断根拠としてシステム内で活用され、次に評価情報として教員に提供され、個別指導のため、授業改善のために活用されるなど、学習者と教員のために活用された。また、学習履歴データは、研究者による学習過程の研究のために活用され、様々な知見が得られた。さらには、学習履歴データは、プライバシーを保護したうえで、システム開発、教材開発にあたる民間企業に提供され、システムや教材の開発と改善のために利用された。

なお、本システム開発を継続することができたその背景には、存在しなければ工夫して創り出してしまおうという創造と挑戦の精神があった。そして、実践校の先生方の献身的な協力と、科学研究費補助金、産学共同開発研究、GIGAスクール構想など、継続を支える仕組みの存在があったからであり、心から感謝している。

文献

東原義訓，中山和彦，真貝健一ほか，1981，「てんびん」概念の学習過程の分析，日本科学教育学会年会論文集 5，pp.135-136

東原義訓，木村捨雄，森田充ほか，1982，CAI 算数プログラムのコース設計と実践評価に関する実証的研究(1)ードリルコースの試みと誤答処理ー，日本科学教育学会年会論文集 5，pp.9-10

東原義訓，五十嵐啓一，西尾康宏，2002，WebCAI システム「インタラクティブ・スタディ」の開発，教育実践研究 3，pp.41-50

室橋沙貴子，2019，個別最適化システムにおける学習履歴の可視化とデータ活用に対する教師の実態，信州大学教育学部卒業研究

中山和彦，東原義訓，1986，未来の教室，筑波出版会，桜村

中山和彦，木村捨雄，東原義訓，1987，「コンピュータ支援の教育システムーCAI」，東京書籍，東京

(2021年9月24日 受付)