

# 教育実践研究とシステム開発研究を連携させるための

## 要件に関する検討：教育実践研究の立場から

金子大輔<sup>\*1</sup>, 山本樹<sup>\*2</sup>, 村上正行<sup>\*3</sup>, 稲垣忠<sup>\*4</sup>, 下郡啓夫<sup>\*5</sup>, 益川弘如<sup>\*6</sup>

\*1 北星学園大学 \*2 創価大学 \*3 京都外国語大学

\*4 東北学院大学 \*5 函館工業高等専門学校 \*6 聖心女子大学

## Consideration of the Requirements for Interactions between Educational Practice Research and System Development Research: from a Viewpoint of Educational Practice Research

Daisuke KANEKO<sup>\*1</sup>, Tatsuki YAMAMOTO<sup>\*2</sup>, Masayuki MURAKAMI<sup>\*3</sup>,  
Tadashi INAGAKI<sup>\*4</sup>, Akio SHIMOGOORI<sup>\*5</sup>, Hiroyuki MASUKAWA<sup>\*6</sup>

\*1 Hokusei Gakuen University, \*2 Soka University,

\*3 Kyoto University of Foreign Studies, \*4 Tohoku Gakuin University,

\*5 National Institute of Technology, Hakodate College, \*6 University of the Sacred Heart

本研究では、教育実践研究とシステム開発研究の架橋をめざし、両者を連携させるために必要な条件について、おもに教育実践研究の立場から検討することを目的とする。実際の教育実践研究として二つの教育ツールを活用した授業実践をとりあげ、それらから得られるデータやその活用方法について検討する。また、そのために必要なプラットフォームで必要とされるデータについて、教育者、学習者、研究者の立場から検討する。

キーワード：教育実践研究，システム開発研究，プラットフォーム，AT，モンサクン

### 1. はじめに

これまで、教育実践の改善を目指して、教育支援システムや学習支援システムを開発する多様な研究（以下、システム開発研究とする）が実施されてきた。これらのシステム開発研究は一般的に、大学の研究室や企業などによってそれぞれ独自に行われている。このとき、システムの評価は実験的な環境を用いて行われることも多い。もちろん、ある特定の教育実践の中に存在するニーズをくみ上げる形で行われている研究もある。このような研究では、実験的な環境ではなく、当該実践の中で評価を行うこともあると考えられるが、対象となる教育機関や科目などが限定されることは少なくない。こうした背景があるためか、たとえばシステムをある共通の尺度で評価する仕組みや、日本また

は学術分野全体におけるシステム開発研究の状況を俯瞰できる仕組みは存在しない。

上記は、教育システムを開発する側に焦点を当てた記述である。これに対して、システム開発研究で開発されたシステムやツール（以下、教育ツールとする）を活用した教育実践についての研究について考えてみたい。一般的に教育実践研究は、ある特定の教育機関や科目を対象として実施される研究である。そのため教育実践研究の知見は、その教育現場内の文脈に強く依存しており、個別に蓄積されているのが現状である。

本研究ではとくに、教育ツールを活用した教育実践研究に着目する。教育ツールを用いた教育実践研究も、ある特定の教育機関や科目において実施されることが多い。さらに、一つの教育実践に複数の研究グループが関わることが少ない。言い換えれば、別々の研究グ

ループが開発した教育ツールを同時に利用することが少ない。教育現場の固有性なども考えると、一般的な教育実践研究と同様に、研究の知見は、教育現場内の文脈だけでなく、システム開発者の文脈にも強く依存しており、教育現場またはシステム開発者側に個別に蓄積されている状態であると指摘できる。

もちろん論文や研究報告等としてその成果は広く公開されてはいる。しかし、個別に蓄積されている研究知見については、システム開発研究と同様に、共通のデータ構造を有した形で蓄積されているとはいいがたい。また、教育実践研究の知見をそのデータに基づいて発展させられるような仕組みも存在しない。

## 2. 本研究の目的

上述したとおり、教育実践研究、システム開発研究ともに、それぞれの研究が分断されて存在しているのが現状である。これに対しては、独自に行われているシステム開発研究や教育実践研究の情報を一つにまとめ、ある一定の方法によって整理してデータベース化し、情報を提供できるような仕組みが必要となる。くわえて、システム開発研究と教育実践研究を連携させ、両者で得られた知見を相互に共有する仕組みがあれば、自身の実践で教育ツールを活用したい教育実践者や研究者、教育ツールを新たに開発したい開発者にとって、極めて有効な手段となり得る。

教育実践に役立つ教材などを共有する取り組みはこれまでも行われている。たとえば OCW (Open Course Ware) は高等教育機関における講義やその関連情報を、インターネット上で無償公開している。また「教材共有ネットワーク」

(<http://www.narayogo.jp/>) では、障害を持つ子どもたちの学習に役立つ教材や教具だけでなく、自助具、福祉機器レクリエーション活動等の情報がデータベース化され、情報を共有したり意見交換したりできる。その他、世界中の日本語教師を対象とし、教材や教具の情報を共有・意見交換する「みんなの教材サイト」(<https://minnanokyozaai.jp/kyozai/>) などの事例も存在する。

しかし、たとえば OCW は講義資料の公開方針やフォーマットが各大学で異なっているなど、それらの仕

組みが必ずしも一定の方法に従った情報整理を行っているわけではない。また、実践者としてそれらの情報を利用することが主目的で開発されているため、教材や教具、システムを開発する側に対する情報共有が十分ではないなどの限界が生じている。くわえて、実際にこれらの情報を参考にして実践した事例に関する情報などは共有されることがほとんどないという問題もある。

これについては、統計データや調査データを、誰でも自由に活用できることを目指した、オープンデータの活用が参考になるだろう。

本研究では、教育実践研究とシステム開発研究を連携させ、各研究の知見を相互に共有することを目指し、それを実現できるプラットフォームの開発を目的とする。本稿では、両者を連携させるために必要な条件について、おもに教育実践研究の立場から検討するため、複数の教育ツールを活用したある実践事例をとりあげる。そしてその実践事例をもとに、両研究の連携に必要な要件について検討する。

## 3. 教育ツールを活用した実践研究の事例

本稿で対象とする実践事例は、A 大学で開講された「プログラミング初級演習 1 (以下、初級演習とする)」である。本授業は文系大学の初学者を対象とした 1 年次配当の必修科目で、C 言語を学習する。この授業では履修者が例年 200 名を超えることから、同じ時限に A, B, C の 3 クラス並行で授業を実施している。クラス分けは、小学校・中学校で学習した算数・数学の問題を用いたプレイメントテストによって行われる。

本稿では 3 クラスのうち、教育ツールを 2 種類活用した C クラスを取り上げる。このクラスは、プレイメントテストの結果が下位グループの学生、および再履修者の一部が履修している。

以下、活用した教育ツールについて述べた後、授業の概要や教育ツールの利用目的について述べる。

### 3.1 活用した教育ツール

初級演習で利用した教育ツールは、Web 上で動作するビジュアルプログラミング環境「AT」と、ローカル PC 上で動作する算数の作問学習用ツール「モンサクン」である。

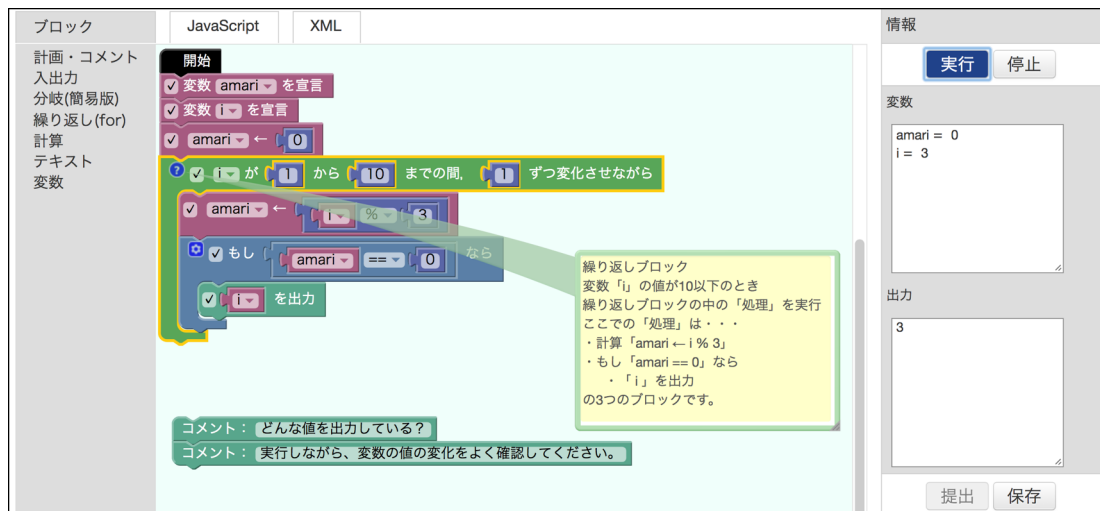


図1 ATの学習者用インターフェース

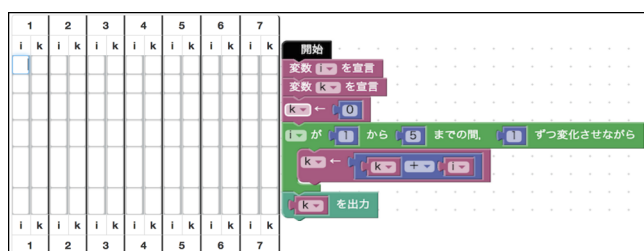


図2 トレース課題のインターフェース

### 3.1.1 ATの概要<sup>(1)(2)</sup>

ATはWebアプリケーションとして実装されており、アルゴリズムエディタと、LMS（Learning Management System）機能を有する課題管理画面、課題確認画面、システム管理画面から構成されている。

アルゴリズムエディタはプログラムを作成するための編集画面で、プログラムを構成するブロックとして、変数および配列の宣言・値の代入・算術演算（加減乗除、剰余）・関係演算（<, <=, >, >=, ==, !=）と、条件分岐（if・else）・繰り返し（for型）、変数の値の入力・出力を備えている。また、プログラム作成時に大まかな見通しを記述するための「計画」ブロックも用意されている。この「計画」ブロックは、プログラミング言語の「コメント」に相当する（図1）。

作成したプログラムを実行する際、指定したブロックごとに一時停止（ステップ実行）し、そのときの変数の値を随時参照することが可能である。この機能を用いることで、プログラムの動作過程を確認することができる。さらに、「トレース課題」が実装されている。トレース課題とは、反復、分岐、出力が含まれるプロ

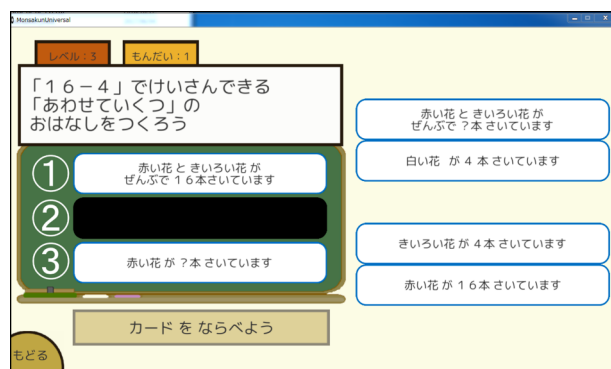


図3 モンサクンの学習者用インターフェース

グラムと、その左横に表を提示し、表の同じ行の対応する変数の列に値を学習者自身が記入していく形式の課題である（図2）。

課題管理画面では、課題の提示方法を指定できる。学生がプログラムを全て作成する提示方法だけでなく、教員がひな形を作成し課題を提示することができる。これにより、空欄補充問題、ブロック組み立て問題の作成が可能である。

### 3.1.2 モンサクンの概要<sup>(3)</sup>

モンサクンは、算数の文章題の作問を単文の統合として行わせる「単文統合としての作問」を実現したシステムである。学習者が作成した問題はシステムによって診断され、その診断結果に基づき、個々の問題に対するフィードバックが返される。診断の内容は、正誤判定と、単文の持つ要素に基づいた誤りの指摘である。後者についてはオブジェクトの組み合わせが不適切であることなどを指摘するものである<sup>(2)(3)</sup>。図3にモンサクンの学習者用インターフェースを示す。モンサ

クンは初級演習用に、WindowsOS 上で動作するように改良したものを利用した。

### 3.2 教育ツールの利用目的

初級演習では、プログラミング言語のソースコードを習得するために必要なプログラミングの基本の動作概念の習得とともに、プログラミング的思考を育成することを目的に授業を実施している。AT とモンサクンはこれらの習得、および育成を支援するために用いた。以下、その利用目的について具体的に述べる。

#### 3.2.1 AT の利用目的

AT の利用目的は、プログラミングの基本的な動作の理解と、アルゴリズム的思考力の育成を支援することにある。ここでの「アルゴリズム的思考力」とは、ある対象（人・コンピュータなど）に対して、与えられた問題を解決するための方法（アルゴリズム）を、対象が理解できる枠組み（パラダイム）で表現するために必要な思考のことである<sup>(4)</sup>。

「プログラミングの基本的な動作の理解」で対象とした基本的な動作とは、操作である代入と四則演算＋剰余算、制御構造である分岐と反復である。AT は、プログラムの動作過程を確認しながら、変数の値の遷移を参照できるステップ実行機能を有している。そのため、プログラミング言語を学習する前に、操作や制御構造の動作の理解を促すことが可能である。

「アルゴリズム的思考力の育成」支援のために、AT を利用した理由は以下の 2 点である。1 点目は、AT がアルゴリズム的思考教育のために開発されたツールであるため、それに特化した支援が行いやすいという点である。2 点目は、AT がブロックでプログラムを作成できる点である。ブロックを活用することにより、プログラムのソースコードで多く見られる文法ミスを軽減することができる。これにより学習者は、ミスの多発からくるプログラミングへの苦手意識を少なくすることができ、アルゴリズム的思考に注力できるようになる。

#### 3.2.2 モンサクンの利用目的

モンサクンの利用目的は、論理力の向上と、順次に説明するための基礎力向上を支援することにある。

「論理力の向上」支援は、ある程度論理的に思考する力が求められる問題がモンサクンに用意されている

ことによる。たとえば図 2 の問題は、式は減算であるが「あわせていくつ」と和算のような文章問題を作成させるものである。このように活用されている演算子とは逆のアプローチを活用する必要がある問題を作成するときには、論理的に考えることが必要となる。

また、モンサクンを用いた作問の際は順序立てて考えることが必要である。これにより順次実行に対する意識を向上させることが可能であり、それが「順次の説明力の向上」支援という目的につながっている。初級演習で対象としているプログラム言語は C 言語であるが、C 言語は手続き型構造言語である。そのため、順次実行に対する意識を向上させることは非常に重要であると指摘できる。

なお、モンサクンそのものは小学校の算数を題材としており、C 言語と直接関係があるわけではない。しかしモンサクンを利用したクラスは、プレイメントテストの結果が下位グループであり、中には小学校で学習する算数の計算にすら苦手意識を持つ学習者も一定数存在していた。そのため、上記 2 点の目的を達成でき、さらに算数についても学習できるモンサクンを活用することとした。

### 3.3 授業の概要と教育ツールの活用方法

本授業においては、第 2 回から第 6 回までの授業で AT とモンサクンを活用した。また、AT は中間試験でも用いた。以下では、両教育ツールを活用した授業の 1 時間の概要のほか、教育ツールの活用方法について、おもに AT に焦点を当てて述べる。

#### 3.3.1 1 コマの授業の流れ

AT とモンサクンを活用した授業について、1 コマ 90 分の授業の大まかな流れを表 1 に示す。表では、学習内容のほか、その学習内容がガニエの 9 教授事象<sup>(5)</sup>でいえばどの事象に該当するか、利用したツール、具体的な利用・指導方法についてまとめた。モンサクンは、授業開始時に利用した。ただし、モンサクンは小学生を対象とした教育ツールであるため、問題文等にひらがなでの説明が多いなど、大学生向けの教育ツールとは言いえない。そのため受講生には、モンサクンが小学生を対象としていることを伝えるとともに、本教育ツールを論理力と順次の説明力の向上のために利用していることも合わせて伝えた。AT は、プログラム

表 1 1 時間の授業の流れ

学習内容	授業事象	利用ツール	教育ツールの利用方法・指導方法
1. モンサクン演習	学習者の注意を喚起	モンサクン	学習者ごとに、5分間で解答できる範囲で解く
2. 復習課題の提示	前提条件を思い出させる	AT	AT で復習問題を提示し、問題に正解するまで解答。問題の多くは完成したプログラムを提示し、プログラムの実行結果や、実行した後の変数の値を推測するもの。
3. 新しい学習事項の導入	新しい事項を提示	なし	スライドでの説明。アニメーション機能を用いて、各学習事項で変数の値の遷移を提示。
4. 例題の提示と変数の値の確認	学習の指針を与える	AT	「計画」ブロックを利用して提示したプログラムの動作や概要を記入して示す。その上で、例題の解説を行い、学生にステップ実行させ、変数の値遷移を学習者自身で確認。
5. 演習課題の提示とチェック	練習の機会とフィードバック	AT	(1) プログラムの実行結果や、実行した後の変数の値を推測し解答する問題、(2) 空欄補充問題、(3) プログラムの一部を変更する問題、(4) プログラムを組み立てる問題、(5) プログラムを作成する問題、の順で提示。課題を解いたあとに、正解か否かを SA (Student Assistant) がチェック。
6. 発展課題の提示とチェック	保持と転移	AT	プログラムを作成する問題の提示。課題を解いたあとに、正解か否かを SA がチェック。

に関する内容ほぼ全てで利用した。

### 3.3.2 AT の活用方法

ここでは学習者にプログラミングを教える際の AT の活用方法について述べる。先述したとおり、AT はプログラムに関する内容ほぼすべてで活用されている。表 1にあるように、「1. モンサクン演習」と「3. 新しい学習事項の導入」以外の学習内容で、AT を活用している。

#### 3.3.2.1 例題の提示と変数の値の確認

「4. 例題の提示と変数の値の確認」においては、プログラムを実現するためのブロック（変数、計算、分岐、反復などのブロック。以下、実行ブロックとする）と「計画」ブロックを併用して例題の解説を行った。実行ブロックと「計画」ブロックは別々のブロック群で提示している（図 4）。「計画」ブロック（コメント）には、提示した実行ブロックのプログラムの動作や概

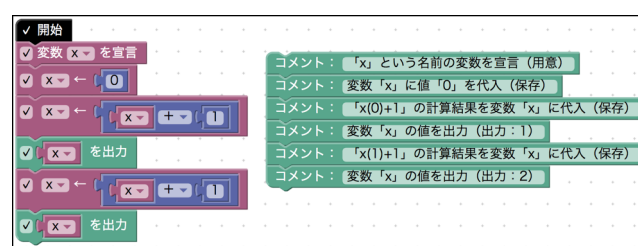


図 4 例題の提示方法

要が示すことができ、プログラムを実行した際の流れが把握しやすくなっている。また、「計画」ブロックにあるプログラムの解説と、実行ブロックの記述が対応関係にあることから、学習者に動作の概念を理解させることが容易にできる。

なお、実際に動作させてプログラムの動きを確認する際には、AT のステップ実行機能を利用し、実行しているブロックと変数の値の遷移を確認するよう促している。ステップ実行を意識的に行うことで、例題を振り返る際に、学習者が実行箇所と変数の値の対応を

意識化することが可能である。

### 3.3.2.2 演習課題の提示

プログラミング初学者にとって、プログラムを一から作成することが難しい場合が多い。そのため、演習課題を提示する際には、表1の「5. 演習課題の提示とチェック」にあるとおり、順番に課題を提示した。この順で課題を解くことで、既知となった事項と新たな課題との関連性を、学習者自身が見出しながら課題を行うことが可能となる。

このような課題の提示方法は、ATの課題管理画面にある課題の「提示方法の指定」を利用することで簡単に実現できる。教員があらかじめひな形を作成しておくことで、それを利用した課題の提示（空欄補充、プログラムの一部変更、組み立て問題等の作成）が可能である。

## 4. 連携に必要なデータ

教育ツールを活用した実践では、多様なデータを得ることができる。本研究では、教育実践研究とシステム開発研究の連携を実現できるプラットフォームの開発を目指しているが、その前段階として、個別で蓄積されてきた研究知見を共有するため、教育実践研究の情報がある程度共通のデータ構造で表現することが必要となる。

教育実践研究で得られるデータは大きく4つに分けることが可能であろう。それは、(1)教育ツールに記録されたログデータ、(2)学習者の成績などのデータ、(3)学習者が作成したデータ、(4)教育者が作成したデータである。以下では、それぞれのデータについて、3で述べた実践事例をもとに、プラットフォームで活用する場合を考慮に入れながら検討する。そしてそれらのデータを取得する際の問題点について述べる。

### 4.1 教育ツールに記録されたログデータ

まず教育ツールを活用する上で必ず得られるデータは、それぞれの教育ツールが自動的に記録しているデータである。たとえばATでは学習者が提出した解答全てのデータ（誤答を含む）を記録している。モンサクンでは解答の正誤判定だけでなく、オブジェクトの組み合わせ誤答のデータを記録している。ログイン・ログアウトの時間やクリックの記録、教材の表示

時間など、多くの教育ツールに共通するデータについては、ある程度標準化された数値や単位で蓄積する必要があるだろう。ただし、教育ツールの固有性を考慮すれば、ローデータをそのまま保存することも必要である。

このデータは、おもに研究者が活用することとなるだろうが、学習者の学習行動を把握したい教育者にも有用である。

### 4.2 学習者の成績などのデータ

次に考えられるのは、たとえば定期試験の得点などの、比較的客観的な成績データである。教育ツール内の小テストの結果など、システムに保存されるデータもあれば、ペーパーテストの結果など、教育ツールとは無関係に得られるデータも必要である。本事例で言えば、ATで実施した演習課題の結果や中間試験の結果、ATを利用していない最終試験の結果などが該当する。

これらのデータは、教育ツールの活用評価等に利用可能であり、その点では研究者に有用な情報である。くわえて、学習者のデータをある程度蓄積し、理解度等を相対的に把握することも可能であり、教育者や学習者にとっても有用である。

### 4.3 学習者が作成したデータ

たとえばポートフォリオなど、学習者が作成した作品もデータとなり得る。本実践でいえば、モンサクンで作成した問題や、ATで作成したプログラムのうち発展課題の作品が該当するだろう。また、教育ツールとは無関係に作成されたもの、たとえば紙ベースの学習日誌なども、デジタル化することでデータ化可能である。

これらのデータは、学習者の変化を記録し続ける点で、学習者にとって活用しやすいものとなる。同様に教育者にとっては、学習者の作成する作品の見本をあらかじめ見ておける利点がある。

### 4.4 教育者が作成したデータ

教育ツールを活用する際には、その教育ツールを授業内でどのように活用するのかを明記した授業指導案など、教育者が作成したデータも重要な情報となる。

本実践でいえば、二つの教育ツールの組み合わせ方や、1時間の授業の大まかな流れなどが該当する。このほか、ティーチング・ポートフォリオなどのデータもここに分類されるだろう。

このデータは、他の教育者が該当する教育システムを選択する際、または同様の授業を実施する際に有用である。また、複数の授業を実施する中で多くのデータが蓄積されることで、多様な授業実践の可能性が高まる点も指摘できる。

#### 4.5 データ取得に関する問題点

最後に、とくに 4.1 で述べたログデータを取得する際に考慮する必要がある点を 3 点述べる。

1 つ目は、教育ツールを利用するときに使用するユーザ ID である。多くの教育ツールでは、学習者個々のログデータを取得するために、ユーザ ID を用いている。本稿で紹介した 2 つのツールも同様である。しかし、両ツールは別々の目的を持って開発された教育ツールであり、開発した研究組織も異なる。このため、ユーザ ID やパスワードの管理はそれぞれ別になることから、学習者は、ツールごとにユーザ ID をそれぞれに入力しなければならない。今回取り上げた実践のように、複数の教育ツールを連携させてデータを取得するためには、ユーザ名とパスワードの一括管理が必須になる。

2 つ目は、ログデータの取得方法である。たとえば「モンサクン」は、WindowsOS 上で動作することから、学習者個々の PC にログデータが保管される仕組みになっている。この場合、学習者からログデータを提出してもらう必要がある。今回の授業では、モンサクンのログデータそのものを授業内の課題の 1 つとして利用していたこと、また、対象が大学生であることから、ログデータの取得方法として、学習者自身が LMS 上にアップロードする方法を取った。しかし、学習者が小学生などではこの方法でのデータ取得は難しい。

3 つ目は、取得したデータの活用の際の問題である。たとえば、教育者が学習者の学習行動を把握したいと考えた場合、ローデータから直接分析することは困難である。これは、多くのローデータが、教育ツールの開発者が確認することを目的とした形式になって

いるためである、さらにそれぞれのログデータには、教育ツール固有のデータも含まれているため、教育者には不要なデータが多い。教育者と開発者がそれぞれの立場で実践・研究を進めていくためには、両者とも利用しやすいローデータの加工または提示の仕組みが必要である。

## 5. まとめと展望

本稿では、教育実践研究とシステム開発研究とが分断されていること、その連携のためにプラットフォーム開発を行うことが本研究の目的であることを指摘した。そして、具体的には AT とモンサクンを活用した授業実践を取り上げ教育ツールの概要と授業実践の概要を述べ、そこから得られるデータについて大きく 4 つに分けて検討した。

今後は、それらの機能についてどのようにプラットフォームに搭載すればよいかなどを検討し、プラットフォームの開発を行いたい。その過程で、教育実践研究とシステム開発研究を連携しその知見を蓄積するために必要な要件について、さらに詳細に検討したいと考えている。

### 謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 26350284, 15K01023, 16K13583 の助成を受けている。

### 参考文献

- (1) 小林慶, 國宗永佳, 香山瑞恵, 新村正明: “アルゴリズム的思考法教育を支援するビジュアルプログラミング環境の開発”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.27, No.4, pp.3-8 (2012)
- (2) Nao Kono, Hisayoshi Kunimune, Tatsuki Yamamoto, Masaaki Niimura: Development and Evaluation of Functions for Elementary/Secondary Programming Education: The Visual Programming Environment "AT", International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning, vol.7, no.1, pp.13-23 (2017)
- (3) 倉山めぐみ, 平嶋宗: " 逆思考型を対象とした算数文章題の作問学習支援システム設計開発と実践的利用 ", 人工知能学会論文誌, Vol. 27, No. 2, pp. 82-91 (2012)

- (4) 不破泰, 國宗永佳, 香山瑞恵, 新村正明, 宮尾秀 俊: “情報工学科学生に対するアルゴリズム的思考法教育手法の提案と実践”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.23, No.6, pp.34-41 (2009)
- (5) R.M.ガニエ, W.W.ウェイジャー, K.C.ゴラスほか (鈴木克明, 岩崎信監訳): ” インストラクショナルデザインの原理”, 北大路書房 (2007)