

# コンピュータを使わないコンピュータ教育パッケージの 提案と実践

福島 嘉通† 廣瀬 公一郎‡ 長谷川 正‡ 高岡 詠子†

我々は、高校の情報系科目における新しい視点でのコンピュータ教育パッケージを構築した。構築にあたっては、高校においてヒアリング調査、アンケート調査を行い、生徒たちの苦手意識の高い項目を洗い出した。その結果、コンピュータの構成・処理装置の単元が最も苦手意識が高いという結果が得られた。そこで、この単元について、コンピュータを使わないでその概念を学ばせるために、劇を取り入れた手法を提案する。さらに提案・構築した教育パッケージを使って大学の情報系科目、および高校での情報技術基礎の授業で実践を行ったのでその報告を行う。なお、この取り組みはすでにコンピュータを使わないコンピュータ教育オリジナルサイト <http://csunplugged.org> に英語版が掲載されている。日本語版も <http://pweb.cc.sophia.ac.jp/etl/unplugged.html> にてすでに公開している。

## A proposal of a package for 'Computer Science Unplugged' and a practice at a high school.

Yoshiyuki Fukushima† Koichiro Hirose‡ Tadashi Hasegawa‡ Eiko Takaoka†

Despite the all high school students in Japan are required to learn informatics, many of them do not learn sufficiently. Under the circumstance (because of this situation), we propose some lesson support package for high school informatics class. To examine the survey about what students learned and if they understood sufficiently, we carried out a questionnaire survey to 186 students. We analyzed the result of questionnaire and found that their weakest unit. That is Basic computer configuration and Memory and the secondary storage. Then we developed a package for learning these units. We report that our package and that we lessoned at a high school and a university using our package.

### 1. はじめに

2003 年度から必修化された高等学校の教科情報は 2013 年度高等学校入学生より新課程へと移行した。現在教員それぞれが、様々な授業の実践を行い、授業方法の模索をしている。日本語でプログラミングが可能な「ドリトル」は簡単な記述により動かすまでの敷居が低い情報教育に適したオブジェクト指向言語であり[1]、そのほか、音楽を利用して情報教育を行った例、実際に試作教材を作り、高校生を対象として授業を実施した例もある。これらの教材により、敷居の高いと思われるプログラミング言語にも興味を持って取り組む生徒が増えている。しかし、生徒にとってこういった題材は「楽しすぎるゆえに適切さを欠く」ことが多くあるという指摘もある[2]。実施例もまだ十分とはいえず、「教育パッケージがあれば」という現場のニーズがある。

以上の状況を踏まえ、より多くの人が情報社会で生きる力を身に着け、起こりうるトラブルを知り、対処できるよ

うになるために、初等中等情報教育において、情報技術に興味を持たせ、知識を深めるための新しい視点での教育パッケージを構築することにした。「楽しい」だけでなく、授業を受ける生徒にとって重要であり、理解の難しい項目や学びたい分野に重点を当てた内容についてのパッケージ構築を目指す。

その第 1 段階でアンケート調査を行い、授業を受ける生徒にとって重要であり、理解の難しい項目や学びたい分野を特定した。その分野は「コンピュータの構成、処理装置」であった。従って、この単元を理解させるためのコンピュータを使わないコンピュータ教育パッケージとして、生徒に劇を演じてもらうことで理解を深める手法を提案し、いくつかの実践を行ったのでその報告をする。

### 2. 理解の難しい分野の洗い出し

教育パッケージを構築するために授業を受ける生徒にとって重要であり、理解の難しい項目や学びたい分野を特定するために、高校生に対し、ヒアリング調査、アンケート調査を実施した [3]。

調査対象である T 高校は科学技術科の高校である。今回、「情報技術基礎」の授業について調査を行った。「情報技術基礎」は「社会における情報化の進展と情報の意義や役割を理

† 上智大学, Sophia University

‡ 東京都立多摩科学技術高等学校, Tokyo Metropolitan Tama High School of Science and Technology

解させるとともに、情報技術に関する基礎的な知識と技術を習得させ、情報及び情報手段を活用する能力と態度を育てることを目標にしている。実教出版の「精選情報技術基礎」が教科書として使用されているため、ヒアリング調査、アンケート調査は、「精選情報技術基礎」の項目に従って実施した[4]。

アンケート調査を実施する前に、ヒアリング調査を実施した。「T 高校」の生徒 8 名（男女で成績上位者 2 名・下位者 2 名ずつ）に対し、1 名 30 分で対面式の口頭調査を実施した。

アンケート調査は、「T 高校」の高校 1 年次に「情報技術基礎」の授業を受けた「T 高校」の高校 2 年生で 186 名に対して実施した（2011 年 11 月 29 日）。アンケート内容として、理解度、理解できた理由・理解できなかった理由を用意した。さらに「精選情報技術基礎」の各項目（著作権や肖像権、セキュリティ、二進数・十進数、論理回路、コンピュータの構成・処理装置）について、「情報技術基礎」の質問と同様の質問、その項目をより詳しく学びたいか質問した。

## 2.1 各項目の理解度

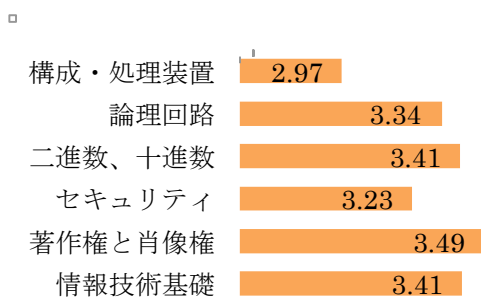


図 1: 情報技術基礎の各項目の理解度平均

図 1 に情報技術基礎と各項目の理解度の平均を示す。数値が高いほど理解度が高いことを示す。「著作権と肖像権」、「セキュリティ」、「二進数、十進数」、「論理回路」、「コンピュータの構成・処理装置」の項目ごとの理解度の平均はそれぞれ 3.49, 3.23, 3.41, 3.34, 2.97 であり、「著作権と肖像権」の理解度の平均が一番高く、「構成・処理装置」の理解度の平均が極端に低いことが分かる。

## 2.2 アンケート結果からパッケージ構築に向けて

ヒアリング調査・アンケート調査の結果をうけて、教育パッケージを構築した。全体の方針として「興味をわかせる」、「学んだことのイメージをさせる」、「身近に存在することを使って教える」ことを目的とする。形態としては「実際に触れられるもの」や、「ビデオやアニメーションや絵」を用いることとする。重点を置く項目としては理解度の低い「コンピュータの構成・処理装置」を取り上げる。その後、コンピュータの構成・処理装置と高い相関のある「論理回路」、さらに、生徒がより学びたい分野であり「実生活に役立つ」項目である「セキュリティ」や「著作権や肖像権」も今後パッケージを構築していく。

## 3. コンピュータサイエンスアンプラグド

コンピュータサイエンスアンプラグド[5]（以下、CS アンプラグドと記す）は、Tim Bell 氏の考案による、情報科学の原理を小学生程度の子供に効果的に教えるための教育手法で、教師向けの指導書が公開されている。子供を主な対象としていることから、学習活動はグループワークやゲームを取り入れるなど、子供達が楽しみながら活動に取り組めるよう工夫されている。

表 1 コンピュータの構成・処理装置を学ぶための指導案

項目	時間	学習活動	指導上の留意点
導入	10	授業準備 本時の概要	自己紹介 5 大装置の概要説明 本日の内容（構成・処理装置）
展開	30	構成・処理装置の説明 アンプラグド劇  授業・アンプラグドの つながり	教科書やスライド、黒板を用いる アンプラグド劇：構成・処理装置 （各装置を生徒が演じて、役割を体験する） アンプラグド劇：メモリと補助記憶装置の役割 （メモリの限界、補助記憶装置の動きを鞆と教科書を例にして学ぶ） 劇と実際のコンピュータの動作を結びつける
まとめ	10	ワークシート配布 ワークシート記入 ワークシート回収	客観評価（テスト）、主観評価（アンケート）

## 4. 教育パッケージについて

「コンピュータの構成・処理装置」を学ぶための教育パッケージを構築するに当たって、まず高等学校の授業時間が50分になっていることから授業時間を50分と想定し学習指導案を作った。表1に、学習指導案を掲載する[6]。この学習指導案では、まず導入としてコンピュータの5大装置について取り上げることを知らせ、説明の後アンプラグド劇を行うことをあらかじめ提示する。その後、展開としてコンピュータの5大装置についての説明を教科書やスライド、黒板にて行う。アンプラグド劇に入り、まとめとしてワークシートに記入してもらう。

### 4.1 展開（構成・処理装置の説明）

教科書やスライド、黒板を用いて、各5大装置の動きについて、劇で用いる計算プログラムを例にして説明する。

### 4.2 展開（アンプラグド劇）

#### 4.2.1 5大装置の役割を演じる劇

5大装置のうち制御、入力、演算、出力装置を生徒に演じてもらい、劇を進めて5大装置の動きを体感してもらう。主記憶装置はホワイトボードや模造紙を用いる。司会役は劇を進める補佐を行う。

5大装置が処理するプログラムは以下の通り。

- ① 変数 X, Y の領域を確保する
- ② 変数 X に値を入力する
- ③ 変数 Y に値を入力する
- ④  $X+Y$  を実行する
- ⑤  $X+Y$  を出力する

シナリオは以下の通り。

司会：「計算プログラムを始めてください」  
制御装置：計算プログラムの1行目を指す  
制御装置：変数 X, Y の変数名と領域を書いた画用紙を模造紙に貼り付ける  
制御装置：「入力装置は受けつけ状態になってください」  
制御装置：計算プログラムの2行目を指す  
司会：入力装置役にデータ(4)を書いた紙を見せる  
入力装置：司会からデータ(4)を書いた紙を確認する  
入力装置：データ(4)をメモリ(模造紙)に確保された変数 X の領域に書き込む(ペンで記入する)。  
司会：入力装置役にデータ(3)を書いた紙を見せる  
入力装置：司会からデータ(3)を書いた紙を確認する  
入力装置：データ(3)をメモリ(模造紙)に確保された変数 Y の領域に書き込む(ペンで記入する)。  
制御装置：計算プログラムの4行目を指す  
制御装置：「演算装置は和の計算をしてください」  
演算装置：メモリから演算の対象データ(4と3)を読み取る

演算装置：4+3を計算する(暗算する)  
演算装置：計算結果をメモリ(模造紙)に書き込む  
制御装置：計算プログラムの5行目を指す  
制御装置：「出力装置は合計値を出力してください」  
出力装置：計算結果をメモリ(模造紙)から読み取る  
出力装置：「合計値は7です」

司会の役は先生が行う。

#### 4.2.2 メモリと補助記憶装置の役割を学ぶ劇

メモリの限界、補助記憶装置の動きを靴と教科書を例にして学ぶ。プログラムとプログラムで使う小道具が補助記憶装置(ハードディスク)にみたてた靴に入っているという設定で、制御装置が司会の指示にしたがって補助記憶装置とメモリの間でプログラムの出し入れをする劇である。プログラムは「数学を学習する」プログラムと「英語を学習する」プログラムの2つ。プログラムは実行時には補助記憶装置からメモリに読み込まれ、プログラムを実行するとメモリを使用していく。メモリがいっぱいになってしまうと処理が進まなくなってしまうという劇である。

制御装置が処理するプログラムを次に示す。

数学プログラム

- ① 数学教科書をメモリに取り出す
  - ② 数学ノートをメモリに取り出す
- 英語プログラム
- ① 英語教科書をメモリに取り出す
  - ② 英語ノートをメモリに取り出す
  - ③ 英語辞書をメモリに取り出す

シナリオは以下の通り。

司会：「数学の勉強を行うアイコンがあるとします。そのアイコンをクリックすると、数学の勉強が始まります。まず制御装置が数学プログラムをメモリに読み込みます」  
制御装置：数学プログラムを補助記憶装置(靴)からメモリに取り出す  
司会：「数学プログラムを実行すると制御装置が数学教科書・数学ノートをメモリに読み込みます」  
制御装置：数学教科書・数学ノートを補助記憶装置(靴)からメモリに取り出す  
司会：「数学のプログラムなどを開いたまま、さらに、英語の勉強を行う状況を考えましょう。英語の勉強を行うアイコンがあるとします、そのアイコンをクリックします。すると制御装置は英語プログラムをメモリに読み込みます」  
制御装置：英語プログラムを補助記憶装置(靴)からメモリ(模造紙)に取り出す  
司会：「英語プログラムを実行すると制御装置が英語教科書・英語ノート・英語辞書をメモリに読み込みます」

制御装置：英語教科書・英語ノート・英語辞書が補助記憶装置（鞆）からメモリ（模造紙）に取り出そうとするが、メモリが少なく英語辞書をメモリに取り出すことができない。

司会：「メモリが少なく、実行できないのでフリーズしました。メモリを増設しますと、英語辞書もメモリに読み出すことができました。」

#### 4.2.3 劇と学習内容のつながり

アンプラグド劇が終わり次第、劇と実際のコンピュータの動作を結びつけて、前半の説明と後半の劇をつなげる。たとえば以下に示すような説明を行う。

##### ● 構成・処理装置

「CPUには、プログラムのどの部分を実行しているかを示すプログラムカウンタという物が存在していて、司会がその役をしました。コンピュータのプログラムはこのように少しずつ実行されています。プログラムを読み込んだ制御装置が、プログラムに従い入力装置・演算装置・出力装置を制御しています。数値を入力するためのメモリの領域を確保するのも制御装置が行います。この場合ではX、Yの領域がそれに当たります」

##### ● メモリと補助記憶装置の役割

「この劇では、作業領域としてメモリを使うことを学びました。数学プログラムと英語プログラムを同時に実行した際、メモリ不足で実行できなくなり、フリーズしてしまいました。このように実際のコンピュータでは数学プログラムがExcel、英語プログラムがWordのアプリケーションとすると、メモリが少なく同時に開いた際にフリーズが起こることがあります。万が一のために、作業しているファイルはこまめに保存しましょう。同時にたくさん実行しないで、使わないプログラムは終了させておくことが大事です」

#### 4.3 まとめ

ワークシートでは、テストを用いた客観評価とアンケートを用いた主観評価の両方を使い、生徒の習熟度を調べる。

#### 4.4 劇で使用する小道具

劇に使用するものとして、模造紙や、あらかじめ装置の名前やプログラムが書かれた画用紙を用意する必要がある。詳細は<http://pweb.cc.sophia.ac.jp/etl/unplugged.html>を参照していただきたい。

### 5. 予備実践

2013年1月16日、T高校にて「コンピュータの構成・処理装置」を学習済みの高校1年生1クラス36人を出席番

号順に2つのグループに分け、前半のグループ18人は5大装置の役割、コンピュータの操作、動作についての2つの劇による教育パッケージを実施し、後半のグループ18人は通常通り授業を行った。授業終了前に小テストを実施した[7]。

#### 5.1 5大装置の役割の劇

主記憶装置はホワイトボードに模造紙を貼付け、制御、演算、入力、出力の各装置を演じる代表者が前に出て劇を行う。各装置が何を行えばよいかをハイライトしたシナリオを各装置役に渡し、各装置の役者はその他の生徒から見やすいように装置名が書かれたプレートを首からかける。

#### 5.2 メモリと補助記憶装置の役割

主記憶装置はやはりホワイトボードに模造紙を貼付け、制御装置が司会の指示にしたがって補助記憶装置とメモリの間でプログラムの出し入れをする劇を行っている様子を図2に示す。

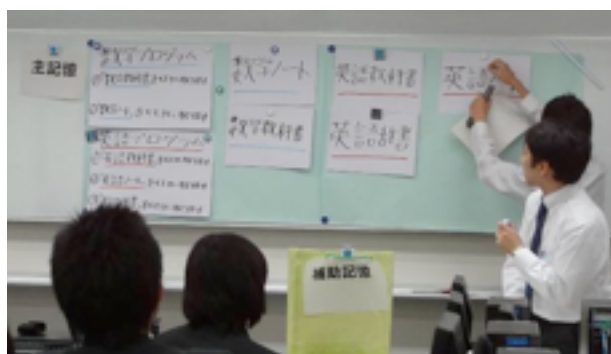


図2：2013年1月の高校での予備実践

#### 5.3 結果

小テストでは1.各装置と役割を結びつける問題（5点）、2.5大装置の図に空欄を設け5大装置の名称を答えさせる問題（5点）、3.キーボードやモニターといった装置を、記憶・入力・出力装置に分類する問題（14点）、4.コンピュータの操作、動作について適切かどうか判断する問題の4つの問題（6点）を用意した。各問題における前半（劇を行った）と後半（通常授業）の平均点を表2に示す。

表2 各問題における前半と後半の平均点

	1	2	3	4
前半（劇を行った）	4.8	4.4	13.4	5.3
後半（通常授業）	4.8	4.1	13.7	4.9

問題4以外では有意差が見られなかった。問題2と問題4において前半グループの平均点が高くなっていて、問題2では有意差は見られなかったが問題4では有意差が見られた。問題4とは、例えば「起動したアプリケーションは全てそのままにしておく」等の6つの選択肢から適切でない選択肢を選ばせる問題である。

この実践は、この単元を学習済みということもあり、顕著な差は問題4以外見られなかったのが残念である。

## 6. 大学生への適用

2013年7月2日に上智大学の全学共通科目「情報フレンシー（情報科学と人間）」受講者63人を対象に5大装置の役割、コンピュータの操作、動作についての2つの劇による教育パッケージを授業で適用した。学期のはじめに事前調査としてテストを行った。このテストでは5大装置の役割などについて問う問題（26点）を用意した。高校生を対象としたテストとは異なり、装置名・役割・実例を記述させる問題である。このテストの結果に従って成績の平均が等しくなるようにクラスを3つに分け「コンピュータの構成・処理装置」の授業を実施した。始めのグループは5大装置のスライドを用いて自習を行った。次のグループは代表者が教育パッケージである劇を演じ、それ以外の学生はその劇を見て学習した。最後のグループは3,4人の小さなグループに分かれ、各自が教育パッケージである劇を演じた。全てのグループが終わり次第、事前調査と同じ小テストを実施した。テスト終了後、スライドを用いたグループで代表者に教育パッケージである劇を演じ、それ以外の生徒はその劇を見て学習した。さらに代表者が劇を演じたグループはスライドを用いて自習を行った。

事後テストにおけるグループごとの平均点を表3に示す。

表3 事後テストにおけるグループごとの平均点

	一部	全体	スライド
実施前	3.8	3.8	3.9
実施後	18.5	17.8	17.0

平均点をグループ別に比較したところ有意な差は見られなかったため、グループごとの事前調査から事後テストの間の得点の伸びを比べたところ、自習く全員が劇に参加く代表者による劇であった。グループごとの事前調査から事後テストの間の得点の伸びを図3に示す。

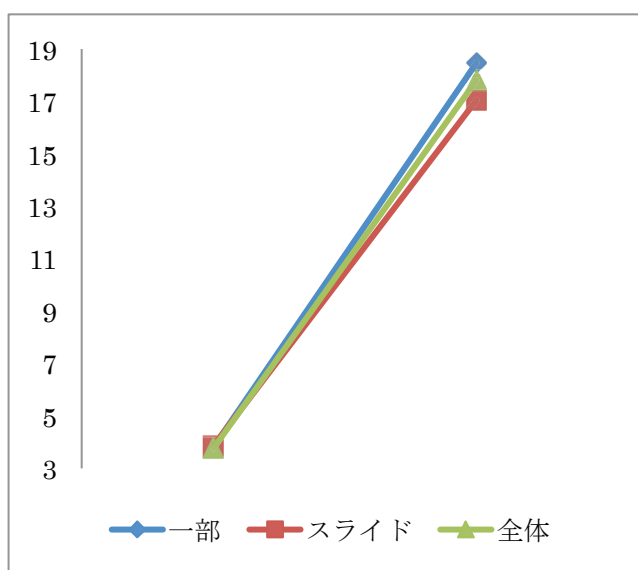


図3：グループごとの事前調査から事後テストの間の得点の伸び

このことから、大学生にとっては全員が参加して劇を行うよりも代表者が前で劇を行う形が良いのではないかと考えられる。

もともと、学習内容は高校の内容であるので、高校生に適用するときに、代表者のみが劇を演じる場合と全員で劇を演じる場合では差が見られるかどうかという事を検証することにした。

## 7. 高校生への実践

2013年10月22, 23, 25日, T高校にて教育パッケージの高校生への実践を行った。「コンピュータの構成・処理装置」を未学習の高校1年生6クラス計216名が対象である。各クラスは36名で構成されている。これを出席番号順に18名ずつの2つのグループに分け、前半のグループで代表者が教育パッケージである劇を演じ、それ以外の生徒はその劇を見て学習した。後半のグループは3,4人の小さなグループに分かれ、各自が教育パッケージである劇を演じた。劇終了後、予備実践と同じ小テストを実施した。

### 7.1 5大装置の役割の劇

予備実践のときは代表者のみが前で行ったが、今回はグループ2の生徒は3, 4名のグループにわかれて全員が何らかの装置を演じることにした。図4に代表者による5大装置の役割の劇の様子、図5に全員による5大装置の役割の劇の様子を示す。

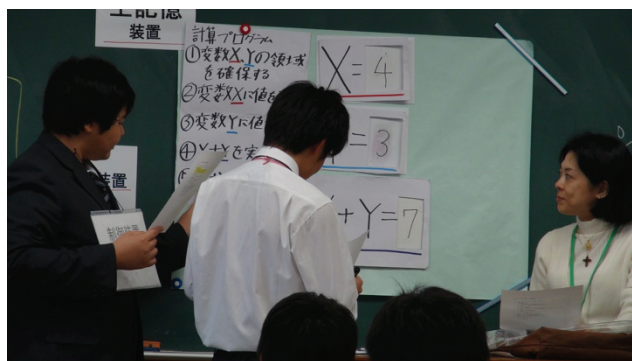


図4：代表者による5大装置の役割の劇の様子

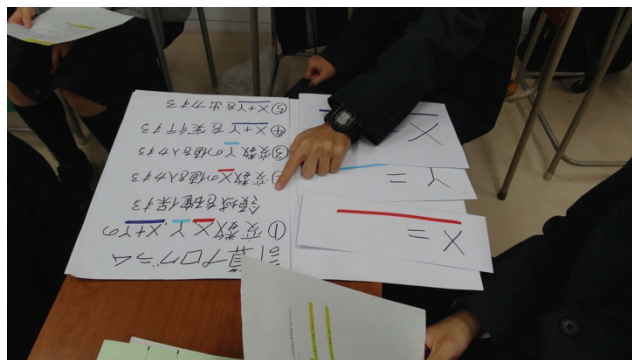


図5：全員による5大装置の役割の劇の様子



## 7.2 メモリと補助記憶装置の役割

7.1と同様、図6に代表者によるメモリと補助記憶装置の役割の劇の様子、図7に全員によるメモリと補助記憶装置の役割の劇の様子を示す。

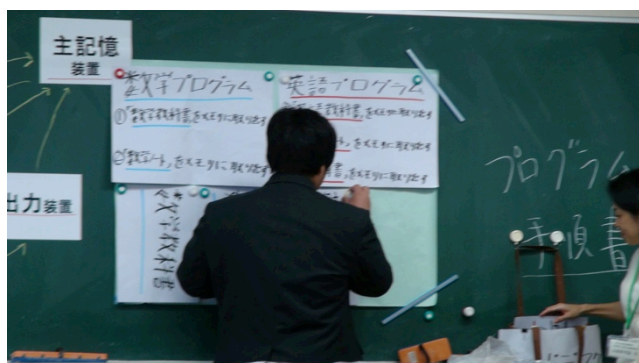


図6：代表者によるメモリと補助記憶装置の役割の劇の様子

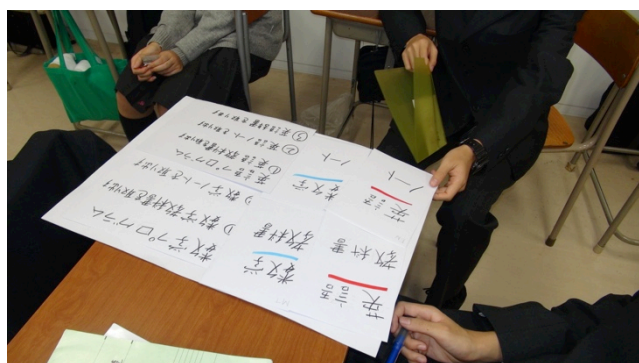


図7：全員によるメモリと補助記憶装置の役割の劇の様子

## 7.3 結果

予稿執筆の段階ではまだ小テストの結果を報告できないが、自由記述を見ると、面白くなかったという記述は全体で2、3名ほどにすぎず、後の生徒の感想は、やはり劇を行うことでコンピュータの中で実際に5大装置が何をしているかがよくわかったという前向きな意見がほとんどであった。

また、授業担当の先生からは、難しい概念を座って聞いているときにはあまり発言もしない大人しい生徒が、身体を動かして劇を楽しそうに行っていたのが印象的だったと意見をいただいた。座学だけのときよりも理解が深まるというのは検証できたと思われる。発表時にはデータを提示したい。

## 8. 結論と展望

情報技術基礎の科目において前年度に行ったアンケート調査により、コンピュータの構成・処理装置の単元が最も苦手意識が高いという結果が得られた。そこで、この単元について、コンピュータを使わないでその概念を学ばせ

るために、劇を取り入れた手法を提案した。さらに提案・構築した教育パッケージを使って大学の情報系科目、および高校での情報技術基礎の授業で実践を行ったのでその報告を行った。今後の課題としては、実際に高校で使ってもらうためには必要な道具（主記憶装置を表す画用紙や模造紙、プログラムを書いたものなど）を高校の先生がダウンロードしてすぐに使えるような仕組みを構築すべきか、その場合はどのような形で提供していくか（Webページからのダウンロードでよいのか）などを考え、実際に高校での実践例を増やしていきたい。

## 参考文献

- 1) プログラミング言語「ドリトル」。  
<http://dolittle.eplang.jp/>(10.Jan.2012 参照)
- 2) 辰己丈夫, あなたのアイデアを授業にしませんか?, 情報処理 Vol.52 No.6 2011, p.735.
- 3) 福島 嘉通, 廣瀬 公一郎, 長谷川 正, 高岡 詠子, 高等学校における情報教育の理解度に関する研究-授業支援テンプレート構築に向けて-情報教育シンポジウム(SSS2012), Vol.2012 No.4 情報処理学会, pp169-175 (2012)
- 4) 岩本宗治, 岩本洋他編, 2011, 「精選情報技術基礎」, 実教出版
- 5) Computer Science Unplugged. <http://csunplugged.org/>(19.Jan.2012 参照)
- 6) 福島 嘉通, 高岡 詠子, コンピュータを使わないコンピュータ教育パッケージの提案, Live E!シンポジウム 2013.  
<http://www.live-e.org/sympo/2013/>(アクセス 2013/10/11)
- 7) 長谷川正, 東京都立多摩科学技術高等学校と情報教育—SSH指定校(科学技術科)の取り組み例—, 情報処理 Vo.54 No.5, pp520-523, May 2013,  
<http://www.ipsj.or.jp/magazine/9faeag0000005a15-att/54-05.pdf> (アクセス可能)