

# アンプラグド学習法を取り入れた情報 A「デジタル化」単元の実践報告

間辺 広樹  
大阪電気通信大学大学院  
秦野総合高等学校

manaty2005@mh.scn-net.ne.jp

兼宗 進  
大阪電気通信大学

kanemune@acm.org

並木 美太郎  
東京農工大学

namiki@cc.tuat.ac.jp

高校普通教科「情報」の新課程では、「情報の科学」に加え、「社会と情報」においても情報の科学的な理解が重視される。しかし、生徒に興味を持たせながら、科学的な理解を実現する授業を行うことは容易ではないという問題が存在する。筆者らは情報の科学的な理解を目的とした「コンピュータサイエンスアンプラグド」という学習法を利用して、現行の「情報 A」におけるデジタル化についての単元の授業において実践を行った。本論文ではその実践を報告し、そこから得られた体験的な学習を取り入れた授業の成果と、今後解決すべき課題を考察する。

キーワード：情報科教育、情報の科学的な理解、コンピュータサイエンス、情報 A、情報のデジタル化

## 1. はじめに

平成 25 年度より実施される新学習指導要領<sup>(1)</sup>が告示され、高校の普通教科「情報」では、現行の「情報 A」「情報 B」「情報 C」から、新たに共通教科情報科として「社会と情報」「情報の科学」が設置されることとなった。

改善の基本方針の中では、普通教科「情報」については「情報に関する科学的な見方・考え方を確実に定着させる指導を重視し、科目やその目標・内容の見直しを図る」とあり、現行以上に『情報の科学的な理解』へと力点が置かれている。また、情報倫理を身につける意味でも、情報の科学的な理解は重要であるという指摘もある<sup>(2)</sup>。

しかし、科学的な内容を生徒に実感を伴って理解させることは容易ではない。そこで、本論文では情報 A の授業に体験的に学ぶコンピュータサイエンスアンプラグド<sup>(3)(4)</sup>（以下、アンプラグド）という学習法を導入し、その可能性を検証することを目的とする。アンプラグド学習法を情報 A で利用したところ、生徒に強い学習意欲が生まれ、理解についても一定の効果が得られた。本論文ではその成果を報告し、アンプラグドの利用可能性を検討する。

今回の実践では、情報 A での情報の科学的な理解に関する学習単元であり、情報科学の基本的な概念を学習する内容であることから、アンプラグドの 12 の章の中で、デジタル化に関する最初の 4 つの章を扱った。新課程との対応としては、「社会と情報」については、「(1) 情報の活用と表現」における「イ.情報のデジタル化」「ウ.情報の表現と伝達」、 「(2) 情報通信ネットワークとコミュニケーション」における「イ.情報通信ネットワークの仕組み」が対応する。情報社会に参

画する態度の育成に重点を置いた科目であるが、情報のデジタル化の仕組みや情報通信ネットワークの特性の理解が重要視されているので、「情報 A」の目標や内容と比べると、デジタル化やネットワーク、セキュリティなど、情報の原理や技術に関する記述が多くなっている。「情報の科学」については、「(1) コンピュータと情報通信ネットワーク」における「ア.コンピュータと情報の処理」「イ.情報通信ネットワークの仕組み」が対応する。

「情報のデジタル化」やその基礎となる「2 進数」は、情報技術を語る上で必要不可欠な内容であるが、「情報 A」には記述の少ない概念であった。アンプラグドの第 1 章「2 進数」と第 2 章「画像表現」は、まさにこの分野を扱っている。「情報通信ネットワーク」については、従来の活用的な側面から、その仕組みの理解へと 1 歩踏み込んだ内容を扱うこととした。アンプラグドの第 3 章「テキスト圧縮」と第 4 章「エラー検出とエラー訂正」は、情報通信ネットワークを効率よく活用するため技術である、圧縮や誤り制御を扱っており、この分野と関連が深い。

本研究においては、「情報のデジタル化」と「情報通信ネットワーク」を題材とするアンプラグドの第 1 章～第 4 章を用いた実験授業から、通常の授業では得られない効果的な側面と、授業導入に際して工夫を要する点などを示しながら、アンプラグド学習法の利用について評価する。

## 2. コンピュータサイエンスアンプラグド

### 2.1 アンプラグドの特徴

アンプラグドは、ニュージーランドの Tim Bell 博士が中心に開発したコンピュータサイエンスの

学習法で、日本では、兼宗(2007)らによって「コンピュータを使わない情報教育」<sup>(4)</sup>として翻訳された。全 12 章より構成されており、各章は、デジタル化やアルゴリズムなど、それぞれがコンピュータサイエンスの原理へと繋がっている。対象年齢は、主に、小学生中学年以上という設定になっており、物語仕立てやクイズ形式の活動は、子供でも楽しめるようになっている。しかし、扱われているコンピュータサイエンスの概念は奥深く、大学で学ぶような内容も含まれていることから、様々な研究が進められてきた<sup>(5)(6)(7)</sup>。

その特徴は、コンピュータを使わずに、カードゲームや手品、グループワークなどの「活動」を通して情報科学や情報技術の原理を学ぶ、体験型の学習法である。アンプラグドの各章にはワークシートが用意されており、授業での印刷・配布が可能である。このような教具で試行錯誤しながら学習できることも、アンプラグドの特徴のひとつである。

アンプラグドは、生徒に考えて発見させる形で学習を行う。学習者は、課題を自分たちで自然と解決していく。教員も、教え込む形ではなく、導く形で授業を行いながら、生徒がどのように物事を考え、何を学び取ったのかを把握し、状況に対応した授業運営を行うことが必要となる。

## 2.2 アンプラグドの内容

アンプラグド全 12 章の内容を表 1 に示す。

表 1 アンプラグドの活動内容

章	内容
1	2 進数
2	画像表現
3	テキスト圧縮
4	エラー検出とエラー訂正
5	情報理論
6	探索アルゴリズム
7	整列アルゴリズム
8	並び替えネットワーク
9	最小全域木
10	ルーティングとデッドロック
11	有限状態オートマトン
12	プログラミング言語

第 1 章から第 5 章は、「情報を表す素材」として、デジタル化や圧縮、誤り制御など、コンピュータ内部のデータを扱っている。第 6 章から第 10 章は、「コンピュータを働かせる：アルゴリズム」として、整列や探索などのアルゴリズムと、モデル化の概念等を扱っている。第 11 章と第 12 章は、「コンピュータに何をすべきか教える：手続きの表現」としてプログラミング言語などを扱

っている。本研究においては、デジタル化の単元と関係する第 1 章から第 4 章を実施した。

## 3. 情報 A で実施した「デジタル化」の授業

### 3.1 授業の概要

情報の科学的な理解を目的とした授業を情報 A で実施した。対象は、県立高校総合学科の 2 年生 3 クラス 88 名である。1 コマは 90 分で実施した。

本校は県立総合高校である。科目選択制を敷いており、生徒の希望に即した多様な学びを提供している。

一般に、情報を含む必修科目では基本的な内容を確実に習得させるための教育が求められるが、選択科目の中には、専門性の高い教育を求められるものもある。生徒の多くは数学を始めとする理系科目に苦手意識を持っている。情報については、開設されている情報 A と情報 B のうち、情報 B は難しいという理由から敬遠される傾向があり、96%の生徒が情報 A を選択している。授業はその時間に情報を選択した生徒で構成されているため、複数のクラスの生徒が混在している。

学習指導要領における情報 A のデジタル化を学習する単元は「(4) ア. 情報機器の発達とその仕組み」である。この中で、「いろいろな情報機器についてアナログとデジタルとを対比させる観点から扱うとともに、コンピュータと情報通信ネットワークの仕組みを扱もの」と示されており、様々な種類の情報がデジタル化されて統合し、信頼性・効率性が向上したことを理解させることが必要とされている。しかし、生徒の多くは、情報端末を使いこなし、音楽や動画など、様々なデジタル情報とも日常的な関わりを持っているが、それらが圧縮技術によって容量を減らしていることや、すべてがビット列に置き換えられていること等への概念的な理解は持っていない。夜久は情報科の教育目標を「ビット列の世界の法則を理解して使いこなすこと」<sup>(8)</sup>と位置付けて、その理解の必要性を示している。

そこで、デジタル化学習の目標を「デジタル化の基本的な概念と知識の習得」とし、以下の 4 項目の観点を設定した。

- (1) デジタルデータの学習の基礎となる 2 進数やビットの概念を理解させる
- (2) コンピュータが扱う文字や画像がデジタルデータであることを理解させる
- (3) デジタルデータが圧縮などを伴いどのように通信されるかを理解させる
- (4) 通信の効率化や正確さについて考察する

授業を検討する上では、「決められた作業は真面目にこなすけれど創造的な活動や論理的・抽象

的な思考は得意でない」という生徒の傾向を考慮した。過去の一斉型の授業では、内容を考えもしないで板書を写すだけの作業で終わったり、テスト前に用語を暗記するだけで記憶には残らないといった状況があったため、単元の学習目標への到達は望めないと考えた。そこで、アンプラグドを活用することで、自分で答えを見つける主体的な学びにより、より理解を深める教授法を用い、デジタル化の原理・概念を理解できるようにした。

授業の内容は、デジタル化学習の学習目標の(1)から(4)に対応して、次のようにした。

第1章「2進数」

第2章「画像表現」

第3章「テキスト圧縮」

第4章「エラー検出とエラー訂正」

これらは、オリジナルのアンプラグドの「情報を表す素材」に対応している。本授業では、情報Aの目標に対応し、デジタル化の基礎をなす2進表現の理解が容易になる工夫、紙などのアンプラグド教材だけではなくデジタルコンテンツを活用した学習教材の開発、地域性を考慮した日本語題材の適用を導入することで、従来のアンプラグドにはない授業上の工夫と教材を導入し、学習目標(1)から(4)を達成できるように配慮した。これら授業上の工夫と教材については、3.2節から3.5節で詳細を述べる。

授業は、5月～6月に、授業ガイダンスとコンピュータの基本操作の学習を終えた後の「情報のデジタル化」の授業として、各クラス4コマ(1コマ90分)をかけて実施した。各授業は、アンプラグドの活動を行った後に、その活動の意味を考察し、教科書等で確認する、という流れを作った。授業の最後には、まとめとして、その時間にわかったことや疑問に思ったことをワークシートにメモ書きさせると同時に、授業に対する印象や理解状況を「楽しかったか」「ためになったか」「難しかったか」「理解できたか」の4項目について、「強く思う」から「全く思わない」までの5段階法で自己分析させた。また、「授業の感想」と「その時間にわかった内容」を自由記述させた。

以下に、授業ごとの流れとアンプラグドの利用箇所、教材の工夫、実施した授業の様子を説明する。毎回の90分間の授業では、最初に出席確認とタイピング練習を20分間行っている。その後、その時間の学習を65分間行い、最後にまとめとして毎回の授業アンケートを実施した。

## 3.2 第1章「2進数」

### 3.2.1 授業の構成

授業の目的を、ビットによる2進表現の理解とした。授業の流れを示す。

20分 準備(出席確認、タイピング練習)

10分 2進数の確認テスト

30分 学習1(カードを利用した2進表現)

25分 学習2(文字のデジタル化)

5分 まとめ(授業アンケート)

授業では、最初に確認テストを行った後、前半に各桁のビットを表すカードを用いて2進数を学習し、後半で文字のデジタル化とデータが数値(ビット列)で表現・伝達されることを学習した。

2進数の学習では、アンプラグドのカードめくりを利用し、ビットによる2進数の表現と、10進数との基数変換を学習した。教具となるビットのカードは、複数の種類のものを生徒の数だけ用意して、理解状況に合わせて使用した。

文字のデジタル化の学習では、アンプラグドの「ビット列と文字コードによるメッセージ送信」を利用し、ビット列との対応で文字をデジタル化する学習を行った。5桁のビット列とアルファベットの対応表を用意し、メッセージをビット列でデジタル化して転送する実習を行った。

### 3.2.2 教材の工夫

2進数の学習では、オリジナルのアンプラグドは「 $16 \cdot 8 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1$ 」の点が書かれた5枚のドットカードを利用するが、今回はドットを数えずに数を理解させる目的から、表裏が白と黒の独自の白黒カードを用意した(図1)。



図1 ドットカードと白黒カード

文字のデジタル化の学習では、オリジナルのアンプラグドは文字を数値で表現していたが、今回は、学習した2進数やビット列によるデータ表現を意識させるために、ビット列との対応表を用意した(図2)。

□□□□		□■□■	I	■□□□	R
□□□■	A	□□□□	J	■□□■	S
□□□□	B	□■□■	K	■□□□	T
□□□■	C	□■□□	L	■□□■	U
□□□□	D	□■□■	M	■□□□	V
□□□■	E	□■□□	N	■□□■	W
□□□□	F	□■□■	O	■□□□	X
□□□■	G	■□□□	P	■□□■	Y
□□□□	H	■□□■	Q	■□□□	Z

図2 ビット列と文字との対応表

### 3.2.3 実施した授業

2進数の学習では、片面にその桁の数だけ点を付けたドットカードを使い、カードめくりをしながら、10進数の値と点の数の合計を一致させる活動から入った。次に、表裏が白と黒の白黒カードを配布し、ドットカードを使った時と同様の活動をさせた。ここでは、黒を1、白を0と数値に対応させることで、2進数の値が得られることを説明した。最終的には、白黒カードだけで、表せるようになることを目標に活動させたが、生徒の活動状況によっては、ドットカードと白黒カードを併用させて理解を促す工夫を行った(図1)。

5ビットで表すことのできる10進数は0から31までである。生徒には指示を出して数値をランダム表示させたり、0から31までを、掛け声とともに順番に表示させるなど、ゲーム性を持たせながら進めた。最初は戸惑っていた生徒も、徐々に慣れ、最後は皆が足並みを揃えて、カードめくりができるレベルにまで上達した。

これらの活動から、「0と1の2つの状態を取るビットを組み合わせることで、あらゆる数を一意に表すことができる」という性質を、ヒントを出しながら考えさせた。文字のデジタル化では、生徒各自に数文字のメッセージを考えさせ、それをビット列に置き換えたものをカードに記入し、生徒同士でカードを交換して元のメッセージを復元させることで、ビット列によるデータ表現・転送の体験をさせた。

授業は、全体を通して活気があった。生徒の感想からは、「2進数は意外に簡単だった」のように「意外に」という言葉を使った生徒が20%程度いた。これは、2進数という苦手意識の強い数学的概念を理解できたという気持ちの表れであると感じられた。また、通信においては、「メッセージが伝わってうれしかった」と成功体験を述べる記述と共に、「1ビットでも間違えると情報がきちんと伝わらない」と失敗体験から大切な事に気付いた記述も60%程度と多く見られた。

## 3.3 第2章「画像表現」

### 3.3.1 授業の構成

授業の目的を、「画像のデジタル化」の理解とし、画像においてもデータが数値(ビット列)で表現・伝達されることを体験できるようにした。授業の流れを示す。

20分 準備(出席確認、タイピング練習)

10分 前回の復習(2進数のカード操作)

20分 学習1(サンプルの絵をデジタル化)

35分 学習2(お題の絵を送受信)

5分 まとめ(授業アンケート)

学習1と学習2では、アンプラグドの画像を数値化する活動を通して、ファクシミリやコンピュータがどのように画像データを扱っているかを学習した。実習としては、縦10マス×横10マス程度のマス目に絵を描き、それを数値化したカードを用いて、第1章と同様に送受信体験をさせる構成とした。

### 3.3.2 教材の工夫

オリジナルのアンプラグドでは、すべての作業を紙を用いた手作業で行う。今回は、画像のデジタル化を理解する学習1は紙を用いて行ったが、自分たちの描いた絵を転送する学習2は、一部のクラスはデジタルコンテンツを用いて行った。

最初のクラスでは紙を用いて実施したが、紙に丁寧に色を塗る作業に注意を奪われる生徒が多かった。そこで、本来の学習から意識が離れてしまったり、本質的でない部分で時間を費やすことを防ぐためにデジタルコンテンツを開発し、次のクラスから使用した。

このコンテンツでは、画面からマウスでドットをクリックする形で絵を描くと、デジタル化された数値が表示される。そして、数値を入力すると、それを復号した画像が表示される。

この工夫により、本来の学習に注意が向き、学習を効率的に行えるように改善することができた。さらに、画面で符号化と復号を行うことで、実際にコンピュータが同様の処理を行っていることを実感できたという声が聞かれた。

### 3.3.3 実施した授業

前半の学習1では、ホワイトボードに、ドット絵とそれを表す数値を書いて、その数値化のルールを発見させるところから始めた。ルールは、白と黒の並びの個数を交互に示したランレングス符号である。ヒントを出しながら、全員が自分で気付くことを目指した。

ルールがわかったところで、データ送受信用の小さなカードを2枚配布し、その1枚に簡単な絵や記号のドット絵を描かせた後、数値化させた。もう1枚のカードに、数値だけを書き、生徒間で交換して、送られてきた数値データから、ペンで色を塗って絵に復元をするという画像データの送受信を体験した(図3)。

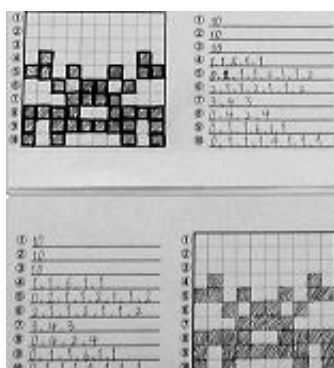


図3 画像データの送受信

画像のデジタル化として、より複雑な絵を作るためには、ドットを細かくしたり色数を増やすことが必要であることを、生徒自身に気付かせ、ピクセル・RGBなどの用語とともに量子化・標本化の概念を教科書で確認させた。

第1章で行ったメッセージの送受信と同様に、授業全体を通して、活気のある活動となった。生徒の感想からは、「こういうことを瞬時にやっけるパソコンや携帯電話は凄い!」といった驚きを示す記述が20%程度あった。

### 3.4 第3章「テキスト圧縮」

#### 3.4.1 授業の構成

授業の目的を、「データ圧縮」の理解とした。授業の流れを示す。

- 20分 準備 (出席確認, タイピング練習)
- 20分 学習1 (テキスト圧縮の伸長体験)
- 10分 学習2 (文字の出現頻度を考える)
- 35分 学習3 (画像を圧縮保存して比較)
- 5分 まとめ (授業アンケート)

学習1では、アンプラグドを使い、圧縮された断片的なデータから、元の歌詞を復元する実習を行った。これは、LZ圧縮のアルゴリズムを利用している。学習2では、ハフマン符号やモールス符号など、文字の出現頻度から圧縮が可能になる原理を通して圧縮技術への理解を深めた。学習3では、非圧縮のBMP形式で作った画像を圧縮されたPNG形式に変換してファイルサイズの違いを調べる体験を通して、コンピュータで実際に利

用されていることを確認した。

画像の圧縮には実際の画像ファイルを用い、テキストの圧縮にアンプラグドの体験学習を取り入れることで、さまざまなデータで圧縮が可能であることを学べるように配慮した。

#### 3.4.2 教材の工夫

学習1ではアンプラグドを利用した。オリジナルでは英語の詞が使われていたが、童謡から「やぎさんゆうびん」「ぞうさん」「めえめえ子山羊」など日本語の歌詞を用いた教材を作成することで親しみやすいように工夫した(図4)。

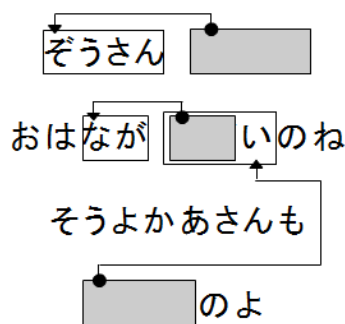


図4 作成した教材

アンプラグドを体験することで、データを圧縮したり伸長して利用することは理解できるが、それだけでは、学習したビット列との関連や、実際のコンピュータの利用とは結びつきにくい。そこで、入力された文字の出現頻度を集計して表示するデジタルコンテンツを開発し、学習2で利用した。これを利用することで、長い文章からよく使われる文字を抽出することができる。

学習3では、自分たちで作成した画像ファイルを非圧縮形式と圧縮形式で保存し、ファイルサイズを比較することにより、学習したデータ圧縮が、実際にコンピュータで利用されていることを実感することができた。

#### 3.4.3 実施した授業

学習1では、プリント教材で、圧縮された童謡の歌詞を伸張して元に戻しながら、その仕組みを体験させた。「めえめえ子山羊」を知っている生徒はなく、楽しみながら歌詞を復元する様子が伺えた。自分で歌詞やメッセージを選んで、圧縮することも指示したが、難しかったようで、取り組めた生徒は少数であった。

続いて、画面に入力された文字の出現頻度を集計して表示するデジタルコンテンツを利用して、英文でよく使われる文字の頻度を調べた。その結果を利用して、モールス符号では出現頻度が高い

文字に短い符号が割り当てられていることを確認する学習を行った。

その後、簡単な絵(100px×100px)を Windows に付属するペイントソフトで描かせ、圧縮のない BMP 形式で保存させた後でファイルサイズを確認させた(10000px×3byte=約 30KB)。続いて BMP 形式の画像を圧縮のある PNG 形式に変換させて、10分の1程度に圧縮された事を通して、圧縮技術が携帯電話やインターネットなどで多く使われていることを説明した。生徒の感想からは「普段聞いている音楽が圧縮されていると知ってビックリした」など、技術を身近なものとして捉えた記述が 25%程度あった。

### 3.5 第4章「エラー検出とエラー訂正」

#### 3.5.1 授業の構成

授業の目的を、正確に情報を伝達するための技術の理解とした。この内容は、情報通信ネットワークで重要な役割を果たすが、その原理はデジタル化と深く結びついているため、今回の学習に含めた。授業の流れを示す。

- 20分 準備 (出席確認, タイピング練習)
- 20分 学習 1 (パリティ手品の実演)
- 15分 学習 2 (エラー検出・訂正の説明)
- 30分 学習 3(バーコードのエラー検出を実習)
- 5分 まとめ (授業アンケート)

授業では最初に、アンブラグドのパリティ手品で生徒の関心を引きつけた。ランダムに並べられたカードに縦横のパリティビットを置くことで、裏返された1枚を当てる手品である。続いて、この手品から何がわかるのかを考察させ、通信にはエラーが発生する、といったヒントを与えながら、技術の必要性を考えさせた。

続いて、アンブラグドの ISBN コードのチェックディジットを取り上げ、教科書など身近な本を題材に、1文字でも読み取りミスがあるとチェック桁と合わなくなる体験を通して、エラー検出とエラー訂正が身近なコンピュータで利用されている技術であると感じられるようにした。

#### 3.5.2 教材の工夫

オリジナルのアンブラグドでは、教師が教室の前で実演した後は、2人組で実習を行う。しかし、筆者の経験からは、2人組では相手も手品のタネを知っていることから、積極的な活動にならないという問題があった。そこで今回は、5,6人のグループで実習を行わせることで、議論を行わせることにした。そこで、図5のように椅子の上に置くシートを用意して、グループで試行錯誤を行え

るようにした。その結果、議論をしながらパリティビットのルールを考えられるようになった。

#### 3.5.3 実施した授業

授業では、教師が手品師として手品を実演することから始めた。手品師はカードを追加する際に種を仕掛け、生徒がその仕組みに気付くまで、ヒントを出しながら実演を何度か繰り返した。生徒は「わかった」「わからない」で一喜一憂する姿があちこちで見られた。

その後、全体活動からグループ活動へ移行し、手品師の役を交代させて取り組ませた(図5)。続いて、データが通信路のノイズにより誤りを生じる可能性があることを説明し、何故このような技術が必要となるのかを考えさせる学習を行った。最後に ISBN コードのチェックディジットを電卓等で計算させ、実際に使われているエラー検出の仕組みを体験させた。

生徒の感想からは、「楽しかった」「家でもやってみよう」といった手品に関する記述が10%程度あり、「バーコードについてわかった」といった仕組みを理解できたうれしさを表現する記述が20%程度あった。



図5 グループ活動によるパリティ手品

### 4. 実験授業の実施結果

#### 4.1 第1章「2進数」の評価

本授業の前後に行った確認テストから明らかになったことを示す。テストは「2進数 11001 を 10進数で表しなさい」といった5個の問題である。

最初の A 組において、事前テストの正答率が0%であり、それが既習内容でないことはわかっていた。しかし、事後テストの正答率も11%と低く、授業の効果がほとんど表れなかった。

授業中の活動の様子は、全員がてきぱきとした動きでカード操作をし、これを0と1に置き換えたものが、2進数であるとの説明をしていたにも関わらず、正答率に反映されなかった。

これは、白と黒を0と1に置き換える発想が得られていなかったことを示している。そこで、B

組とC組では、ドットカードと白黒カードに加えて、ビットカードを使って同様の実習を行った(図6)。すると、事後の正答率が65%、72%になり、A組との間に有意な差が生じた(表2)。



図6 0と1を書き入れたビットカード

この事は、活発に活動しているからと言って、わかっているとは限らないことを意味している。そのため、生徒の学習状況を常に把握しながら授業を進めていかなければいけない、ということがビットカード導入の効果として確認された。

表2 利用したカードによるテスト結果の比較

	A組	B組	C組
事前テスト	0%	1%	1%
使用したカード	ドット 白黒	ドット 白黒 ビット	ドット 白黒 ビット
事後テスト	11%	65%	72%

3クラス88名の中で、授業に出席した生徒を対象に各授業のアンケートを実施した。図7～図10にその結果を示す。なお、図中の数字は回答した人数、カッコ内は出席者数に対する比率である。本授業のアンケート(図7)からは、半数以上の生徒が難しいと感じつつ、楽しさ・理解度は、共に「強く思う」「そう思う」を合わせて90%前後の高い数値を得た。

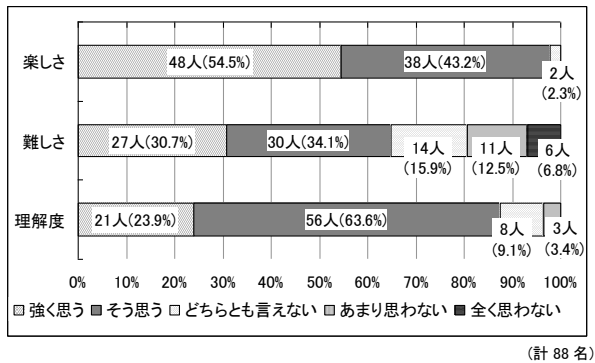


図7 第1章の授業アンケート

ワークシートに「授業を通してわかった内容」として書かせた生徒の自己評価を集計すると、2

進数やビットの考え方がわかったという概念的な理解を示した生徒が31.0%、基数変換やビット数と情報量の関係など計算的な要素への理解を示した生徒が20.1%と、合わせて5割程度の生徒が、授業のねらい通りの理解を示したが、残りの半数近くの生徒は、理解への自信はないと自己評価した。また、後述する表4の期末テストの結果から、本授業の内容は、77.8%と63.9%という高い比率で生徒が理解していることを確認できた。さらに、後述する表5の前期授業アンケートからは、基数変換の問題で73.1%の正答率を得ており、本授業法の効果は十分あったと考えられる。

#### 4.2 第2章「画像表現」の評価

本授業のアンケート(図8)からは、楽しさと理解度の肯定的な回答の比率が、第1章に比べ若干低下した。

ワークシートに「授業を通してわかった内容」として書かせた生徒の自己評価を集計すると、ビットの数と表現力との関係への理解を示した生徒が51.7%、数字で絵を数で表せる・数字で絵を伝えられることがわかった、という画像のデジタル化の概念的な理解を示した生徒が24.1%と、7割以上の生徒が授業のねらい通りの理解を示した。また、後述する表4の期末テストの結果から、本授業の内容は、77.8%という高い比率で生徒が理解していることを確認できた。

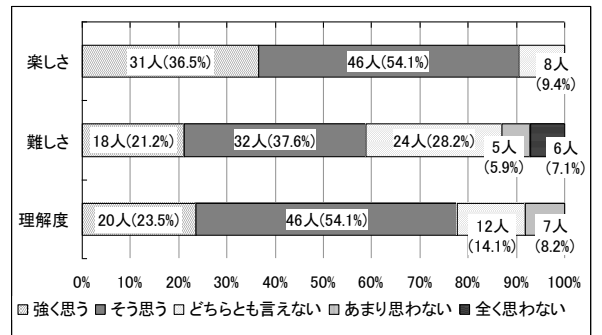


図8 第2章の授業アンケート

#### 4.3 第3章「テキスト圧縮」の評価

アンプラグドで使われている英語の歌は、生徒に馴染みのないものだったので、日本の歌に変えた教材が必要だった。データの伸張は、要領を覚えてしまえば、機械的に進めて行ける作業であると同時に、終わった時に達成感が得られるようであった。このことから、難易度が上がり、時間の確保が必要な圧縮の問題作成を扱わずに、伸張だけを扱うことで、意味のある学習が行えることがわかった。

本授業のアンケート(図9)からは、第1章、第2

章同様、難しさを感じながらも、楽しさと理解度とを得られた様子が伺えた。

ワークシートに「授業を通してわかった内容」として書かせた生徒の自己評価を集計すると、圧縮技術の効果や必要性の理解を示した記述が27.6%、身近な技術であるなどその存在の理解を示した記述が17.2%、圧縮技術の素晴らしさへの理解を示した記述が13.8%と、合計で6割近くの生徒が授業のねらい通りの理解を示した。一方で、お絵描きソフトの使い方と答えた生徒が6.9%と授業のねらいと離れた活動へ意識を向けた生徒もいた。また、後述する表4の期末テストの結果から、本授業の内容は、86.1%という高い比率で生徒が理解していることを確認できた。

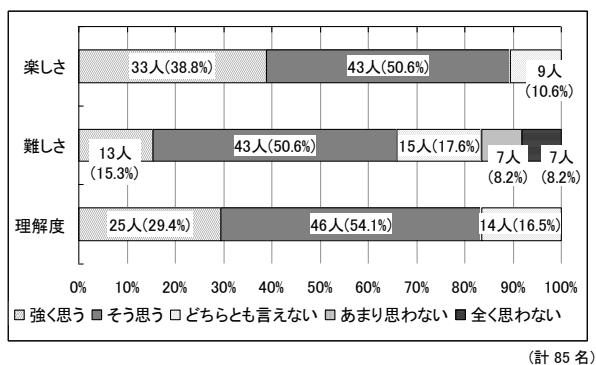


図9 第3章の授業アンケート

#### 4.4 第4章「エラー検出とエラー訂正」の評価

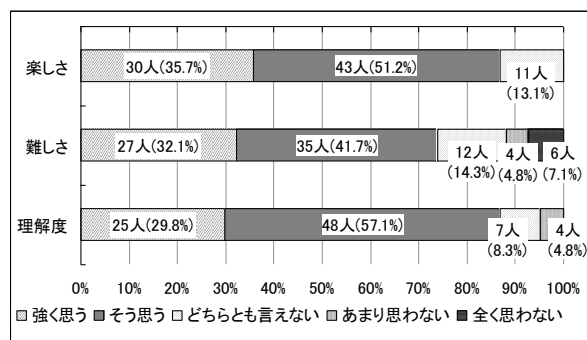
第1章、第2章の実習において、符号化や復号のミスで正しく伝えられなかった体験をしている生徒が4割程度存在し、そのことがクラス全体で共有されていたことから、本授業で扱う題材の必要性は高い説得力を持っていた。

ただし、この章では、手品仕立てにするための工夫として、マトリクス状にビット列を並べてあるが、この形状そのものが、実際に使われている、と思った生徒が数人いた。今回は反転したビットを特定して修正するエラー訂正のみを扱ったが、より詳しい学習を行う場合は、エラーの有無のみを検出するエラー検出でも同じ原理が使われていることに発展する学習も可能である。

本授業のアンケート(図10)を他の章と比べると、難しさを示す比率が最も高いと感じながらも、楽しさと理解度とを得られた様子が伺えた。

ワークシートに「授業を通してわかった内容」として書かせた生徒の自己評価を集計すると、通信エラーと手品の関連がわかったという記述が17.2%、身近な技術であるとその存在を知ったという記述が13.8%、誤り制御技術の素晴らしさへの理解が13.8%で、授業のねらい通りの理解を示した生徒は5割弱であった。一方で「手品の種が

わかった」という記述が20.6%と高く授業本来の目的とは離れたところで理解できたと感じる生徒の数が多かった。また、後述する表4の期末テストの結果から、本授業の内容は、77.8%という高い比率で生徒が理解していることを確認できた。



(計84名)

図10 第4章の授業アンケート

#### 4.5 実験授業後のアンケートの分析

実験授業終了時にアンケート調査を実施した。設問の文面は次のものである。

設問 A 「体験的な学習法を良いと思うか」

設問 B 「グループ活動を良いと思うか」

設問 C 「授業を受けてなるほどと思うか」

設問 D 「授業内容についてもっと詳しく知りたいと思うか」

設問 E 「授業と自分の生活に関係があると思うか」

これらの授業全体に関わる項目について、「すごく思う」から「全く思わない」までを7段階で記入させた。高校生向けに優しい問いかけになっている。教育効果を確認したかった内容は、設問Aから設問Cは本論文で主張するアンブラグドを用いた教育法に関わる設問、設問DとEは主体性を喚起したかの確認である。設問Aは情報Aのデジタル化についてアンブラグドの体験学習を適用した場合の主観的な感想、設問Bは同じくアンブラグドのグループ活動の是非を、設問Cは生徒自らの気付きと確信に関わる質問項目になっている。

アンケート結果を表3及び図11に記す。アンブラグドに関わる項目については、「体験的な学習法を良いと思うか」について、「すごく良い」「わりに良い」を合わせると、90%を超え、体を使って学ぶ方法を支持する生徒が多いことがわかる。生徒の記述からも「クイズが楽しい」と活動そのものを楽しんだ様子と「自分でわかった時に感激した」と成功体験が学習法への印象に好影響を与えたことが伺えた。

「グループ活動を良いと思うか」についても、同様に70%以上の支持を得ている。その理由と



して「他の人の考えを知ることが出来るから」「一人よりも一生懸命考えるから」と、知的な面でのメリットを挙げた生徒が多い中、「グループだと他人任せで何もしない人がある」と冷静にデメリットを指摘する記述もあった。

表 3 実験授業後のアンケート

	すごく	わりに	少し	どちらとも言えない	あまり	ほとんど	全く
設問 A	46	30	4	3	0	0	0
設問 B	28	33	14	6	1	1	0
設問 C	18	32	24	5	3	1	0
設問 D	4	21	24	20	10	2	2
設問 E	16	21	29	13	4	0	0

(計 83 名)

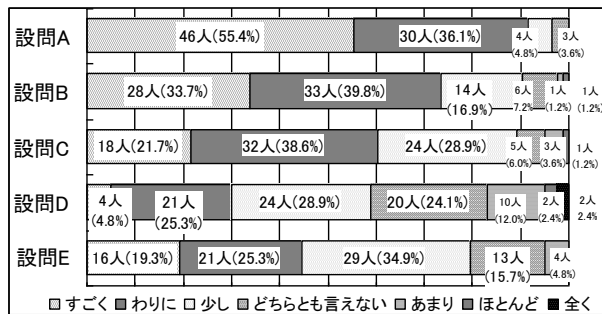


図 11 実験授業後のアンケート

「授業を受けてなるほどと思うか」については、「すごく良い」「わりに良い」を合わせると 60%で、上記 2 つの設問に比べるとその比率は劣るが、「少し良い」と答えた生徒を加えると 90%近くに達した。「こういうことを考えた人は凄い」と先人の知恵に驚く生徒がいる一方で、「頭を使うのは疲れる」と冷ややかな態度で授業を受ける生徒もいた。

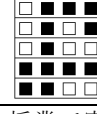
授業全体に関わる項目については、「授業内容を、もっと知りたいと思うか」については、「すごく」「わりに」を合わせても 30%程度で、生徒が授業以上の知識を積極的に得ようという気持ちに至らなかったことを示している。また、「授業内容と自分の生活の間に関係があると思うか」についても 40%程度で、身近な技術として十分に感じるに至らなかったことを示している。これらについては、授業素材やその提示の方法に改善すべき点が多く残されており、今後の課題である。

#### 4.6 事後テストと前期授業アンケートの分析

実験授業のための事後テストとして、学期末の定期テストを利用した。アンプラグドと直接関わりのある問題と調査協力に応じた 72 名の正答者数及び正答率を(表 4)に示す。

No.1 と No.2 の基数変換の問題は正答率が高く、第 1 章の学習効果が反映されている。前年度に授業を担当した教員の結果より向上した。No.3, No.4, No.5 は、授業で実施した活動について、その内容が高い比率で定着していることを示している。No.6, No.7, No.8 は、学んだ技術の意味を問う設問である。アンプラグドの体験的な学習と異なり、通常の高正答率にとどまっている。

表 4 事後テストの問題と正答率

No	問題	正答
1	2進数 10011 を 10進数で表しなさい	56 人 (77.8%)
2	10進数 24 を 2進数で表しなさい	46 人 (63.9%)
3	授業で実施した数値化の方法で、次の画像を数値化しなさい 	56 人 (77.8%)
4	授業で実施した方法で、圧縮されたデータを伸張(展開)せよ。 	62 人 (86.1%)
5	次の ISBN-10 コードについて、チェックディジットを求めよ。 4-7669-2089-□	56 人 (77.8%)
6	「画像をデジタル化する」とは、どういうことか、50 字以内で述べよ	12 人 (16.7%)
7	なぜ、コンピュータの世界では、データ圧縮の技術が使われるのか、その理由を 30 字以内で述べよ	26 人 (36.1%)
8	元のデータに、パリティビットのようなデータを付け加えることの意味を 30 字以内で述べよ。	22 人 (30.6%)

(計 72 名)

アンプラグドの授業実施から 5 ヶ月経過した 10 月に「前期授業アンケート」を実施した。確認テストとして行った 2 進数を 10 進数に変換する問題の正答率は 73.1%となり、高い知識の定着度が得られた。

#### 5. 考察

アンプラグドを利用した授業を行った結果、次の知見を得ることができた。

学習指導要領との対応に関しては、アンプラグドの第 1 章～第 4 章は、「情報のデジタル化」と「情報通信ネットワーク」を学習する上で活用できることを確認できた。

情報 A のデジタル化の単元にアンプラグドを導入することで、次の効果を確認できた。授業全体を通しては、生徒が高い意欲を持って学習に取り組んだ。第 1 章では、オリジナルのアンプラグ

ドに加え、独自のカードを導入することで、飛躍的に2進数の理解を高めることができた。第2章では、画像のデジタル化を扱い、第1章で扱った文字に加え、画像データについても数値（ビット列）で表現され、転送できることを学習できた。また、開発したデジタルコンテンツを補助的に用いることで、効率的に学習を進められることを確認した。第3章では、圧縮の説明とコンピュータでの圧縮の観察に加え、アンプラグドの実習を取り入れることで、圧縮がどのように行われているかを実感を持って理解することができた。第4章では、パリティビットやチェックディジットの実習を通して、データを正確に伝達するための技術を学ぶことができた。

以上より、本論文で実践したアンプラグドの方法は情報Aおよび新科目に適用できる効果的な学習法であることが確認できた。

## 6. おわりに

情報Aのデジタル化単元において、アンプラグドを活用した授業を実践し、効果を検証した。

「数学的・論理的な内容への学習意欲が低い生徒達に、授業への興味・関心をいかに高めるか」ということは、現場の教員にとって切実な問題である。アンプラグドは、その意味で魅力的な教材であり、今回の授業からその効果を確認できた。その効果を活かすためには、授業の中に適切に位置付ける授業設計が大切である。今後も、アンプラグドと情報科の教育法についての研究を続けて行きたい。

## 謝辞

本研究は、平成22年度科学研究費補助金(奨励研究 22910014, 基盤 C22500828)の補助を受けて行われた。

## 参考文献

- (1) 文部科学省：“新学習指導要領・生きる力”，[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/1282000.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/1282000.htm) (2009).
- (2) 雨宮真人：“情報科教育と情報科学”，日本情報科教育学会誌, Vol. 1, pp.21-26 (2008).
- (3) Tim Bell, Ian H. Witten, Mike Fellows：“Computer Science Unplugged: An enrichment and extension programme for primary-aged children”，Lulu (2002).
- (4) 兼宗進監訳：“コンピュータを使わない情報教育～アンプラグド・コンピュータ・サイエンス”，イーテキスト研究所 (2007).
- (5) 兼宗進, 久野靖：“コンピュータサイエンスアンプラグドの状況と今後の展開”，情報処理学会 研究報告 CE93, pp.155-162 (2009).

- (6) 井戸坂幸男, 兼宗進, 久野靖：“中学校におけるコンピュータを使わない情報教育(アンプラグド)の評価”，情報処理学会 研究報告 CE93, pp.49-56 (2008).
- (7) 間辺広樹, 並木美太郎, 兼宗進：“高校の文化祭におけるCS アンプラグド企画実施の報告と課題”，情報処理学会研究報告, Vol.2010-CE-103, No.23, pp.1-8 (2010).
- (8) 夜久竹夫：“情報科のコンセプト”，日本情報科教育学会誌, Vol. 2, pp.67-68 (2009).