日本産業技術教育学会誌 第53巻第2号（2011） 115～123

コンピュータサイエンスアンプラグドに基づく授業方法改善の試みとその実践†

Attempt and the Practice of Class Method Improvement Based on "Computer Science Unplugged"

井戸坂 幸 男* 久 野 靖** 兼 宗 進***
Yukio IDOSAKA Yasushi KUNO Susumu KANEMUNE

技術教育において，原理を学ぶことは，技術を正しく安全に使い，処理の工夫やトラブル発生時の対処の仕方につながる大切な学習である。原理の学習は，情報分野に関しても同様に重要であるという考えから，情報の科学的な基礎概念を学べるように開発された教育手法“Computer Science Unplugged”を活用した情報の授業を実践した。学習内容を中学生向けに精選し，全5回の指導計画を作成し，ワークシートや学習活動など教材の改良も行った。実践した授業のアンケートと理解度テストに基づく評価結果では，生徒はコンピュータに対して高い興味・関心を示すようになり，手順を理解する力，手順を説明する力など，コンピュータの原理を科学的に理解するための基礎的な力が身につくことが分かった。さらに，学習した内容が身近な機器でどのように使われているかについても理解できていることも分かった。

キーワード：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，情報科学，情報教育

1．はじめに

中学校「技術・家庭」において，情報の科学的な理解に関する内容は，1998年(平成10年)告示の中学校学習指導要領[1]では，「B 情報とコンピュータ」領域においてプログラミング学習が選択内容として扱われてきた。しかし，2008年(平成20年)告示の中学校学習指導要領[2]では，「D 情報に関する技術」領域で「(3) プログラミングによる計測・制御」が必修として扱われるようになり，情報の科学的な理解が重視されるようになってきた。紅林らは，制御プログラム学習における中学生の学習効果[3]の中で，制御の原理を知っている場合と知らない場合では，事故の原因理解に違いが見られることから，制御の原理を学習する必要性を述べている。このことは，情報分野においても技術教育の他の分野と同様，原理を学ぶことが，技術を正しく安全に使い，処理の工夫や，トラブル発生時の対処の仕方につながる大切な学習であるということを示していると考えられる。

(2010年12月23日受付，2011年6月5日受理)
* 松阪市立飯南中学校 (現在 松阪市立飯高東中学校)
** 筑波大学大学院
*** 大阪電気通信大学
† 2009年8月 本学会第52回全国大会(新潟)にて発表

これまでの情報分野における原理の学習では，制御学習やプログラミング学習が中心であり，2進数やエラー検出など，情報科学の内容はほとんど扱われてこなかった[4),5),6)]。これは1つには，情報科学の内容は中学生にとって難しいと考えられてきたことによるものと思われる。また，技術教育では実習が重視されるが，情報科学の学習は，一般的に座学で行うものと思われていることも理由として考えられる。しかし，情報科学の内容は広い範囲に適用可能であるため，学習内容を多くの場面に応用できる学ぶ価値の高い学習であると考えた。そこで，体験的な活動を通して，小学生から情報の科学的な基礎概念を学べるように開発された教育手法「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」(原題“Computer Science Unplugged”[7),8)] 以下，CSアンプラグドと記す）を利用した情報の授業を試みた。中学生向けの授業を設計し，教材の改良を行い，授業評価を行った。

2．CSアンプラグド

CSアンプラグドは，ニュージーランドのティム・ベル博士らが提唱している，情報科学を体験的に学習する教育手法である。オンラインでテキスト[7)]が公開されており，日本では翻訳[8)]が2007年に出版された。

CS アンプラグドは，表 1 に示した 12 の章で構成されている。個々の内容は，高等学校から大学の専門課程で扱われる情報科学の考え方であるが，対象年齢は 7 歳から 9 歳以上であり，小学生からの体験が可能なように工夫されている。

表 1　CS アンプラグドの章構成

章	内　容	章	内　容
1.	2 進数	7.	整列
2.	画像の符号化	8.	並列処理
3.	テキスト圧縮	9.	最小全域木
4.	エラー検出	10.	パケット通信
5.	情報量	11.	オートマトン
6.	データ検索	12.	プログラミング言語

3．CS アンプラグドを導入した授業

3.1　授業の概要

CS アンプラグドを取り入れた授業を設計し，教材の準備と授業を実施した。授業では，情報科学の学習を通して，次のねらいを達成することを目標にした。

(1) コンピュータの仕組みに興味・関心を持つ。
(2) コンピュータの仕組みを科学的に理解する基礎的な力を身につける。
(3) 学習した内容の身近な機器への活用が分かる。

授業は全 5 回で扱うことにした。これは，現行の学習指導要領 [1] では，技術・家庭科の 3 年間の総時間数は 175 単位時間で，技術分野はその半分程度の時間が割り当てられている。その中で 2 領域を扱うため「情報とコンピュータ」領域はさらにその半分のおよそ 44 単位時間程度で扱うことになる。新学習指導要領 [2] では，総時間数は変わらないが，「情報に関する技術」領域を含む 4 領域を扱わなければならない。4 領域に割り当てる時間に極端な偏りがないものと仮定すると，現行の時間数よりもさらに少ない時間数になることも考えられる。このように少ない限られた時間で扱うには 5 単位時間程度が適切と考えたためである。

実施する章は，過去の実践 [9] などを参考に，生徒が身近なコンピュータの原理を体感できる章を選んだ。指導計画を表 2 に，実践した授業の概要を表 3 に示す。

授業は 1 学級を 2 つに分けて授業を実施する少人数クラスで実施した。

表 2　指導計画（全 5 時間）

時　数	学習内容
第 1 時	パケット通信(10 章)
第 2 時	画像の符号化(2 章)
第 3 時	2 進数(1 章)
第 4 時	エラー検出(4 章)
第 5 時	プログラミング言語(12 章)

表 3　実践授業の概要

教科：	必修教科としての技術・家庭科（技術分野）
学年：	中学 2 年生
時間：	全 5 単位時間(1 単位時間は 50 分)
人数：	2008 年度 10 名× 4 クラス
	2009 年度 18 名× 2 クラス

CS アンプラグドのオリジナル [7),8)] では，Activity として様々な学習活動が紹介されているが，学校での授業を前提として作られたものではないため，どのような構成と流れで学習を進めればよいかは示されていない。そのため，授業の構成に際し，授業の目的にあった学習活動を選び，授業として成立するように設計した。

以下の節では，設計した授業の詳細を報告する。

3.2　第 1 時　パケット通信

3.2.1　授業の構成

授業の目的を，「パケット通信の基本的な考え方」の理解とした。授業の流れを示す。

・導入　　(10 分)　情報通信ネットワークの仕組み
・学習 1　(15 分)　オリジナルのみかんゲーム
・学習 2　(15 分)　スター型のみかんゲーム
・まとめ　(10 分)　学習とコンピュータとの関連

導入では，最初の授業であるため CS アンプラグドを紹介した後，本時は情報通信ネットワークの学習であることを説明する。次に，「試行錯誤しながら全員で解決策を考える」という，CS アンプラグドの特徴を体験しやすい 10 章の「パケット通信(みかんゲーム)」をする。学習 1 では，オリジナルのみかんゲームをする。この学習では，データ通信のパケットに見立てたみかんなどの果物を生徒が持ち，それを生徒が隣同士で交換する作業を繰り返す。どの果物をどの経路を通して交換していけば全員が自分の果物を手元に持てるかという課題解決の手順を，果物の送り方(パケットの送られる経路)を話し合いながら進めるようにする。学習 2 では，独自に加えたネットワークを意識したスター型でのみかんゲームをする。まとめでは，みかんゲームとパケット通

信をつなげる話をする。

3.2.2 教材の工夫

オリジナルの学習では，生徒の並びは円形と直線形を利用する。今回は，よりネットワークを意識させるためにスター型の並びを追加した(図 1)。これにより，円形でどちら周りに送るかという複数の経路の存在を学習しつつ，スター型では中心のルーターがどのネットワークに送るかを制御する原理を体験できるようにした。

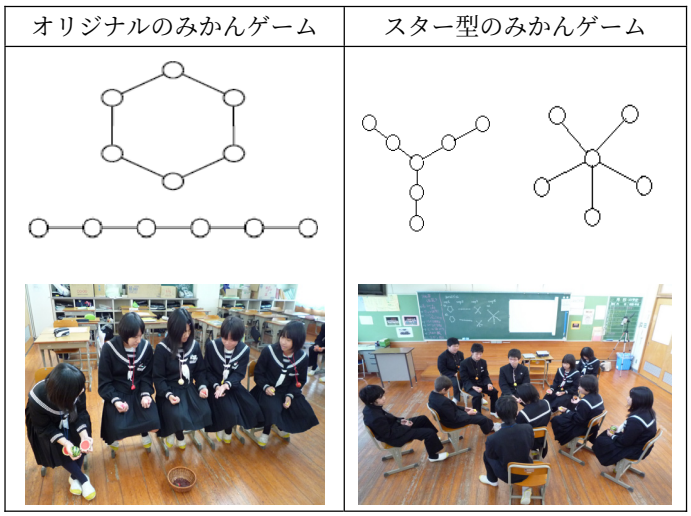


図 1　オリジナルの形とスター型のみかんゲーム

3.2.3 実践した授業

導入では，携帯電話やゲーム機などの身近な情報機器に情報通信ネットワークが使われており，その原理を理解することの重要性を説明した。学習 1 の「みかんゲーム」では，生徒同士が協力して問題解決に取り組む姿が見られた。学習 2 の独自に加えたスター型では，中心に入った生徒がすべての受け渡しに関わることになり，ネットワークでのルーターと同じ働きをすることになる。この体験を通して，ネットワークではルーターが重要な役割を果たすことを体験的に理解している様子が，活動から伺えた。生徒からは，コンピュータ室のサーバーのようだという声も聞かれた。

3.3 第 2 時　画像の符号化

3.3.1 授業の構成

授業の目的を，「コンピュータは画像データを数値として扱っている」という符号化の理解とした。この授業では，コンピュータや FAX の画像は，符号化して送られ，それを復号して画像に戻していることを学習する。授業の流れを示す。

・導入　　(5 分)　学習課題の提示
・学習 1　　(5 分)　符号化ルールの発見
・学習 2　(10 分)　復号の練習
・学習 3　(25 分)　FAX 通信
・まとめ　　(5 分)　学習とコンピュータとの関連

導入では，FAX の原理について，「画像をどのようにすれば送れるか」と発問し，既存の知識の中で原理を考えさせる。学習 1 では，オリジナルの画像を符号化する例(図 2) から，描かれた図形と符号化された数値の関係を気づかせる。画像がどのように符号化されているかを発見できた生徒から，学習 2 に対応する図 3 のオリジナルのワークシートで復号の練習をする。このワークシートでは，符号化された数値から画像を復元する学習を行う。正しく復号すると，コーヒーカップの絵が現れる。この学習では，符号化の方法を教師が教えるのではなく，生徒が例題から規則性を発見するように指導することによって，生徒の気づきを大切にする。

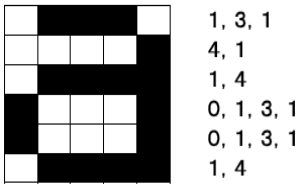


図 2　画像の符号化を説明するサンプル

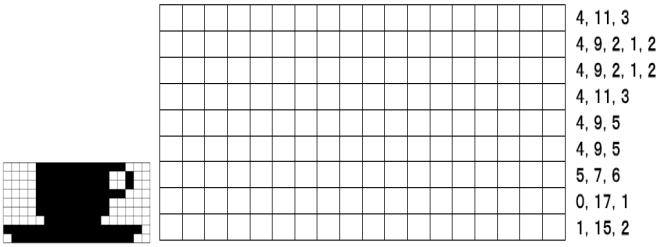


図 3　復号のワークシートの例およびその正答(左下)

学習 3 では，自分で描いたドット絵の数値データを友達に送り，元の絵に戻す FAX 通信を図 4 の改良シートで行う。まとめでは，画像を数値として扱っていることを確認し，次時でこの数値の送信方法を学習することを伝える。

3.3.2 教材の工夫

オリジナルの教材では，16×16 の 256 個のマス目のワークシートを使う。マス目が細かいため，絵が細かくなり時間を取られてしまう上，符号化の作業も複雑になる。そこで，マス目の数を 10×10 の 100 個に減らし，絵の例も付け加えた図 4 のワークシートを作成した。

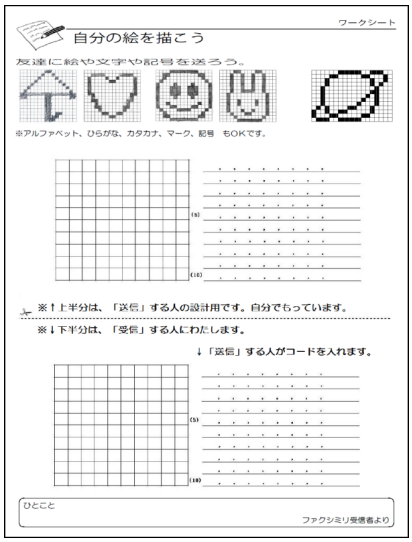


図 4　改良したワークシート

3.3.3　実践した授業

学習 1 では，図 2 を用いて画像を符号化する方法を考えさせ, 今回使用するランレングス法を用いた規則を自分で発見させた。机間巡視すると，全員が 10 分以内に画像と数値との関係に気づくことができ, 次の作業に入ることができていた。学習 2 では，図 3 のワークシートを用いて復号の作業を行った。多少の塗り間違いはあったが, ほとんどの生徒は正しい画像に戻すことができた。学習 3 では，自分たちが描いたドット絵を符号化して他の生徒に送る FAX 通信に取り組んだ。生徒はよく集中し, 時間を忘れて熱中する姿が見られた。まとめでは, デジタルカメラで撮影した写真が数値として記録されたり, 携帯電話で撮影した画像が数値として転送されることを説明した。

3.4　第 3 時　2 進数

3.4.1　授業の構成

授業の目的を,「コンピュータは 0 と 1 の 2 種類の記号でデータを表現している」という 2 進表現の理解とした。2 進数の学習は，通常は 10 進数との変換を練習することが多い。これは重要な基礎概念であるが, 基数変換という数学の学習に特化している。一方, コンピュータの原理の学習として考えた場合には,「あらゆるデータは数値で表現されていること」や「その数値は 2 進で表現されていること」を知ることが学習であり, 基数変換を含んだ多用な学習が求められる。そこで, 前時の画像の符号化に続き, 文字もコンピュータ内部で数値化され，2 進数のビット列で表現されていることを体験的に学習できるようにした。授業の流れを示す。

・導入　　(15 分)　数値表現の多様性
・学習 1　(15 分)　2 進表現
・学習 2　(15 分)　文字の符号化
・まとめ　　(5 分)　学習とコンピュータとの関連

導入では, 前時で学習した「画像を数値で置き換えたものをどのように送ればよいか」を考える学習であることを伝える。続いて，独自の教材である図 5 の白黒カードを使った数値表現の多様性を学習する。学習 1 では, 図 6 のオリジナルの教材のカードを用いて数値の 2 進表現を学習する。カードの表裏で 2 進数を表現し，表に現れた点の合計が数を表す。学習 2 では，図 7 のオリジナルのワークシートを利用して文字コードの学習を行う。上の表の空欄は 0,「♪」は 1 を表し，各行が 5 桁の 2 進数で数値を表現している。最上段は 2 進数で 01000 となり，10 進数の 8 であることから，下の表の文字コードで h を表していることが分かる。まとめでは，画像を数値に置き換え，その数値を 2 進数で表現された信号で送ることを確認する。

考え方 1	考え方 2	考え方 3	
0→■■■	0→■■■	0→■■■	4→□■■
1→■■□	1→□■■	1→■■□	5→□■□
2→■□□	2→■□■	2→■□■	6→□□■
3→□□□	3→■■□	3→■□□	7→□□□

図 5　白黒カードを使った複数種類の表現方法

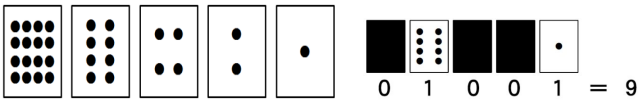


図 6　2 進数のカードと表現方法

	♪			
		♪		♪
	♪	♪		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z

図 7 文字コードのワークシート

3.4.2　教材の工夫

ビットを使って値を表現する方法は何通りも考えられる。図 5 のように白と黒のカードを使い,「3 枚の白黒のカードを使って, なるべく多くの種類の数を表現する方法」を考える課題を与える。白黒のカードで試行錯誤しながら，いろいろな表現方法を考えさせる。

白のカードを 1, 黒のカードを 0 に対応させると，白

黒のカードは 0，1 の数の表現に置き換えることができる。図 5 に示した解答の「考え方 1」は白(黒) の枚数による表現，「考え方 2」は白(黒) の位置による表現，「考え方 3」は 2 進数による表現となる。このように 2 進数は，白黒の 3 枚のカードで，最も多くの種類の数を表現できる方法であることに気づかせる。この導入により，2 進表現の合理性を実感した上で学習を進められるように配慮した。

3.4.3 実践した授業

導入では，コンピュータは数値を 0 と 1 の 2 つの状態の組み合わせで表現していることを説明し，続いて独自の教材である図 5 の方法で白黒カードを用いた数値表現の多様性を学習した。同じカードを使った場合でも，さまざまな数値の表現方法がある。そのことを，3 通りの方法を実習しながら体験していった。2 進数が限られたビットを使って最も効率よく表現できる方法であることを実感を伴って確認させることができた。学習 1 では，5 人グループで指示された数字を作らせた(図 8)。この活動で 2 進数の計算だけでなく，ビット列の形で数値を表す表現として 2 進数を学ぶことができた。また，グループ学習の形を取ることで，お互いに協力しながら理解を深めることができた。学習 2 では，絵の有無で 0 と 1 のビット列を示し，それを数値に変換した値を使って，文字コード表から文字を復元する実習を行なった。生徒はビット列で表されたデータから文字が現れてくることに驚きを持って作業に取り組んでいた。

図 8　2 進数のグループ活動

3.5 第 4 時　エラー検出

3.5.1 授業の構成

授業の目的を，「データをやり取りする場合のエラー検出の重要性とエラー検出の原理」の理解とした。データは伝達の途中で変質してしまうことがある。アナログ情報は，ビデオテープやカセットテープの複製を繰り返すと映像や音が不鮮明になり，劣化してしまうことが分かる。一方，デジタル情報は，伝送や記録の際に入り込むノイズなどをうまく除去することにより，劣化を防ぐことが可能である。この章では，そのような情報の劣化(データのエラー)を検出し，正しい情報への修正(エラー訂正)を行う技術を扱う。授業の流れを示す。

- 導入　　(10 分)　伝言ゲームによるエラー体験
- 学習 1　(20 分)　パリティ手品
- 学習 2　(15 分)　ISBN，バーコードの仕組み
- まとめ　　(5 分)　学習とコンピュータとの関連

導入では，2 進数による伝言ゲームを行う。学習 1 では，パリティビットを使い，縦横に並べた白黒のカードのどれが反転したかを当てる手品を行う。前時との関係をもたせるため，0 を黒，1 を白として扱い，白黒のカードと前時の 2 進数の学習と関連を持たせる。手品のタネは教師が教えるのではなく，生徒自らが発見するようにする。学習 2 では，実用例としてバーコードや ISBN の原理を学習し，バーコードのチェックデジットの計算をする。まとめでは，レジでのバーコードの読み取りを例にエラー検出の重要性について話をする。

3.5.2 教材の工夫

導入の 2 進数による伝言ゲームは，データの伝達ではエラーが起こる可能性があることを気づかせ，エラー検出の重要性を考えさせるために取り入れたものである。図 9 のワークシートを使い，教師が言葉で伝える 2 進数を文字に変換する活動をする。0 と 1 を言葉で伝えると聞き間違いなどの原因により，伝える途中でデータが変化してしまう場合を体験させる。

聞き取った数字					10 進数	文字

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z

図 9 伝言ゲームのワークシート(一部)

3.5.3 実施した授業

学習 1 のパリティ手品では，教師による黒板での実演を見て，早い生徒は 2 回目でどのようにパリティを付け加えているかのタネを見抜いていた。他の生徒も見抜いた生徒に触発されて集中して取り組み，ほとんどの生徒は 5 回程度でタネを発見できた。学習 2 では，生徒は自分の鉛筆や消しゴムのバーコードから，チェックデジットを計算で求めた。計算間違いをする生徒もいたが，計算自体は四則演算であるため，ほとんどの生徒は正しく求めることができた。生徒からは，バーコードが

汚れていたときにエラーを見つける工夫について感心する声も聞かれた。学習した内容が身近な情報技術の中で活用されていることを，実習を通して確認できた。

3.6　第 5 時　プログラミング言語

3.6.1　授業の構成

授業の目的を，「コンピュータは人間から指示されたプログラムの通りに動くこと」の理解とした。授業の流れを示す。

・導入　　(5 分)　学習課題の提示
・学習 1　(10 分)　絵を言葉で伝える体験
・学習 2　(15 分)　タートルグラフィックス体験
・学習 3　(15 分)　実際のプログラミング体験
・まとめ　　(5 分)　学習とコンピュータとの関連

導入では，コンピュータの気持ちになって考える学習内容であることを伝える。学習 1 では，手順を言葉で表現する学習を行う。図 10 に示すオリジナルの図形を代表となる生徒が言葉で伝え，他の生徒が絵を描く。できる限り多くの生徒が，言葉で伝える側(命令するプログラマの側）と，その言葉をもとに絵を描く側(コンピュータの側）の両方を体験できるようにする。学習 2 では，図 11 のワークシートを使いタートルグラフィックスを言葉で表現する活動をする。学習 3 では，実際にコンピュータで，プログラミング言語「ドリトル」[10] を使って，プログラミング体験をする。この体験は，学習 1, 2 で体験した言葉による活動と学習 3 の実際のプログラミングの両方を体験することにより，CS アンプラグドの体験的な学習と実際のコンピュータとをつなげて理解できるようにするためである。図 12 は，生徒が入力するプログラム例とそれを実行した画面である。

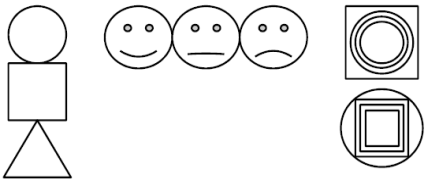


図 10　言葉で伝えるゲームの図形の例

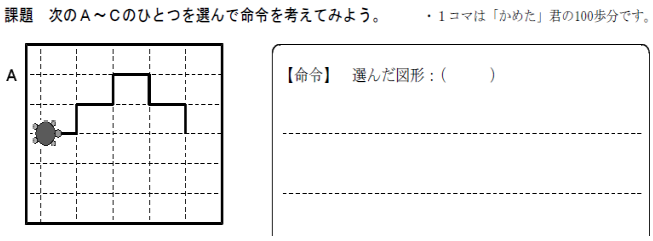


図 11　タートルグラフィックスの命令体験シート

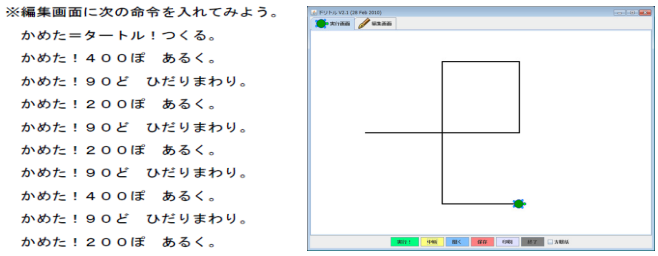


図 12　プログラム例と実行画面(ドリトル)

3.6.2　教材の工夫

実際のプログラミング経験のない生徒は，CS アンプラグドによる学習 1 の活動と実際のプログラミングとはつながりにくい。そこで，図 11 のワークシートを使い，マトリックス上を移動するタートルへの命令を言葉で考える活動を取り入れた。この活動は，タートルグラフィックスを言葉で行うことにより，プログラム言語の意味が考えられるようにしたものである。

3.6.3　実施した授業

学習 1 の絵を言葉で伝えるゲームでは，言葉で伝える生徒はどのように表現すればよいか，非常に悩んでいた。うまく伝えられる生徒は，全体の様子を伝えてから細部を伝えるなど，伝え方を工夫していた。「どうすれば，短い言葉で正確に伝えられるか」を考えさせながら表現をさらに工夫させた。図形の中に円や四角が何度も現れる場合は，繰り返し表現を使う工夫もみられた。

4．授業評価

4.1　各授業の評価

授業では，各時間の最後にアンケートを行った。その中の楽しさの評価(表 4)では，ほとんどの生徒が「楽しい」「やや楽しい」と回答した。この比率は授業が進んでも大きな変化は見られなかった。難しさの評価(表 5)は，「難しい」と「やや難しい」を合わせた割合が第 1 時から第 5 時までに 62.1%, 66.7%, 75.0%, 91.4%, 100% と，授業が進むにつれて大きく変化した。これは，授業が進むにつれ，難しい内容になったためであると考えられる。とくに第 5 時の絵を言葉で伝えるゲームは，生徒は言葉で表現することを非常に難しく感じていたと思われる。

感想欄と「理解したこと」の欄には，学習した内容とともに，理解することの楽しさが多く書かれていた。いくつかの例を示す。

・「おもしろかった。コンピュータの仕組みを少し知りたくなった。」(第 1 時「パケット通信」)

・「FAX はすごい速さで数字を絵に，絵を数字にしていてすごいと思った。」(第 2 時「画像の符号化」)
・「2 つの数字だけでいろんな言葉があらわせられる。最初に考えた人はすごい！」(第 3 時「2 進数」)
・「エラーがないようにコンピュータもしっかり確認していることが分かった」(第 4 時「エラー検出」)
・「命令するのが楽しかった。命令がしっかり伝わったときは嬉しかった。」(第 5 時「プログラミング言語」)

これらの結果から，生徒は毎回の授業でコンピュータの原理を学ぶことの喜びを感じ，それは学習が進み難易度が高まっても維持されていたことが分かる。これは，CS アンプラグドの内容が，中学生にとって適度な興味を引き出しながら，生徒に考えさせる学習に結びついていたことを示している。そして，この授業が「(1) コンピュータの仕組みに興味・関心を持つ」という目標に対応できたと考えている。

授業を行った教員の観察では，「楽しさ」は単に CS アンプラグドの特徴であるゲーム的な要素だけでなく，今まで知らなかったことを理解することで「(2) コンピュータの仕組みを科学的に理解する基礎的な力を身につける」ことができているという実感や，コンピュータやそれを内蔵した携帯電話などの仕組みを知ることで「(3) 学習した内容の身近な機器への活用が分かる」という実感が結びついていたと感じている。

表 4　学習カード（楽しさ評価）(%) (2008 **年度**,N=37)

時　学習内容	4	3	2	1	平均
1.　パケット通信	100	0.0	0.0	0.0	4.0
2.　画像の符号化	83.3	13.9	2.8	0.0	3.8
3.　2 進数	75.0	25.0	0.0	0.0	3.8
4.　エラー検出	80.0	20.0	0.0	0.0	3.8
5.　プログラミング言語	88.6	11.4	0.0	0.0	3.9

4: 楽しい, 3: 楽しい方, 2: 楽しくない方, 1: 楽しくない

表 5　学習カード（難しさ評価）(%) (2008 **年度**,N=37)

時　学習内容	4	3	2	1	平均
1.　パケット通信	16.2	45.9	27.0	10.8	2.7
2.　画像の符号化	25.0	41.7	27.8	5.6	2.9
3.　2 進数	58.3	16.7	19.4	5.6	3.3
4.　エラー検出	71.4	20.0	5.7	2.9	3.6
5.　プログラミング言語	88.6	11.4	0.0	0.0	3.9

4: 難しい, 3: 難しい方, 2: やさしい方, 1: やさしい

4.2　授業終了後アンケートの評価

全 5 回の授業終了後に，生徒の意識の変化を調査した。「あなたは，この授業を通して，コンピュータの仕組みに興味を持ちましたか。」という質問に対する回答結果を表 6 に示す。結果は，全員が「興味を持った」「少し持った」と答えており，この結果からも，今回の授業が「(1) コンピュータの仕組みに興味・関心を持つ」という目標に対応できたと考えている。

表 6 コンピュータの仕組みへの興味・関心（2008 **年度**,N=37）

選択肢	%（人数）
ア．興味を持った	64.9 %（24 名）
イ．少し持った	35.1 %（13 名）
ウ．あまり持たなかった	0.0 %（ 0 名）
エ．持たなかった	0.0 %（ 0 名）

4.3　理解度テストによる評価

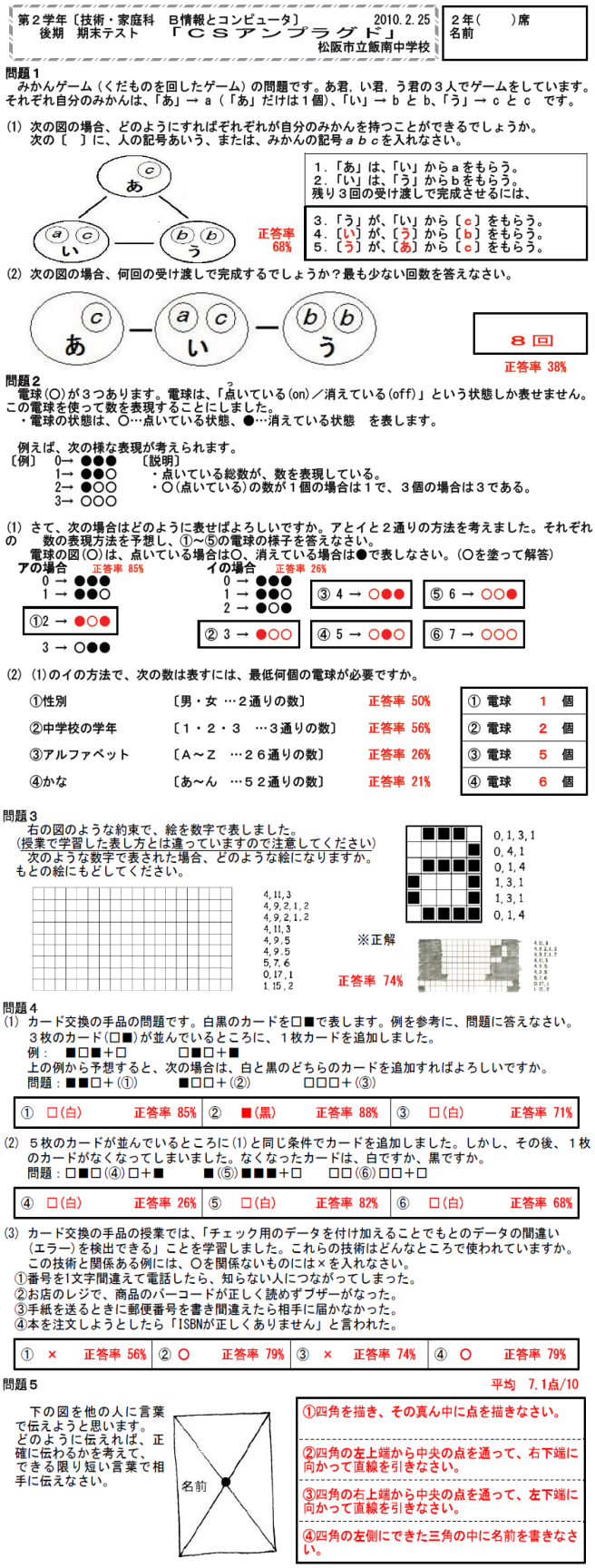
全 5 回の授業終了から 3 ヶ月後に，理解度を評価するためのテストを実施した。正答例と平均正答率を記載したテスト問題を図 13 に示す。

問題 1 は，第 1 時の「パケット通信」を扱っている。図と説明文で示された問題の意味を読み取り，解決のための手順を論理的に考えられるかを問う問題である。手順を答える(1)では，約 70%の生徒が正答した。回数を問う(2)は，形が線形であるため，端の人は直接反対側の端の人に渡すことができず，難易度が増した。その結果，正答率は約 40%と低くなったが，全員が問題用紙に手順を書いていたことから，基本的な考え方は約 70%の生徒が理解していることを確認できた。

問題 2 は，第 3 時の「2 進数」の問題である。数の表現方法を問う(1)は，白丸の位置による表現は 85%の生徒が正答しているが，2 進表現については 26%の正答率となった。問題用紙のスペースの関係で，途中の数以降を横に並べてしまった点が難易度を高くしてしまった可能性が考えられる。数を表現するために必要なビット数を問う(2)は，桁数の小さい 2 つの問題(①と②)は 50%以上の生徒が正答しているが，桁数が大きい 2 つの問題(③と④)では 25%程度の正答率になり，回答には空欄も見られた。このことから，2 進数の考え方は 50%程度の生徒が理解しているものの，実際に 2 進数で数を表現できる生徒は 25%程度であることを確認できた。

問題 3 は，第 2 時の「画像の符号化」の問題である。与えられた例から符号化の規則を類推して，実際のデータに適用する問題である。74%の生徒が正答しており，ドットを数値に変換する符号化を約 75%の生徒が理解していることを確認できた。

問題 4 は，第 4 時の「エラー検出」の問題である。エラー検出用のビットを付与する規則を問う(1)(2)は，26%の 1 問を除き 68%から 88%の生徒が正答しており，


第２学年［技術・家庭科　B情報とコンピュータ］　2010.2.25
後期　期末テスト　「ＣＳアンプラグド」
松阪市立飯南中学校

２年（　　）席
名前

問題１
みかんゲーム（くだものを回したゲーム）の問題です。あ君，い君，う君の３人でゲームをしています。それぞれ自分のみかんは、「あ」→ａ（「あ」だけは１個）、「い」→ｂとｂ、「う」→ｃとｃ　です。

(1) 次の図の場合、どのようにすればそれぞれが自分のみかんを持つことができるでしょうか。
次の〔　〕に、人の記号あいう、または、みかんの記号ａｂｃを入れなさい。

1．「あ」は、「い」からａをもらう。
2．「い」は、「う」からｂをもらう。
残り３回の受け渡しで完成させるには、
3．「う」が、「い」から［ｃ］をもらう。
4．［い］が、［う］から［ｂ］をもらう。
5．［う］が、［あ］から［ｃ］をもらう。

正答率 68%

(2) 次の図の場合、何回の受け渡しで完成するでしょうか？最も少ない回数を答えなさい。

８回

正答率 38%

問題２
電球（○）が３つあります。電球は、「点いている(on)／消えている(off)」という状態しか表せません。この電球を使って数を表現することにしました。
・電球の状態は、○…点いている状態、●…消えている状態　を表します。

例えば、次の様な表現が考えられます。
〔例〕　0→ ●●●　　〔説明〕
1→ ●●○　　・点いている総数が、数を表現している。
2→ ●○○　　・○(点いている)の数が１個の場合は１で、３個の場合は３である。
3→ ○○○

(1) さて、次の場合はどのように表せばよろしいでしょうか。アとイと２通りの方法を考えました。それぞれの　数の表現方法を予想し、①～⑤の電球の様子を答えなさい。
電球の図(○)は、点いている場合は○、消えている場合は●で表しなさい。(○を塗って解答)

アの場合　正答率 85%
0 → ●●●
1 → ●●○
①2 → ●○●
3 → ○●●

イの場合　正答率 26%
0 → ●●●
1 → ●●○
2 → ●○●
③ 4 → ○●●
⑤ 6 → ○○●
② 3 → ●○○
④ 5 → ○●○
⑥ 7 → ○○○

(2) (1)のイの方法で、次の数は表すには、最低何個の電球が必要ですか。

①性別	〔男・女 …２通りの数〕	正答率 50%	① 電球	1 個
②中学校の学年	〔１・２・３　…３通りの数〕	正答率 56%	② 電球	2 個
③アルファベット	〔Ａ～Ｚ　…２６通りの数〕	正答率 26%	③ 電球	5 個
④かな	〔あ～ん　…５２通りの数〕	正答率 21%	④ 電球	6 個

問題３
右の図のような約束で、絵を数字で表しました。
(授業で学習した表し方とは違っていますので注意してください)
次のような数字で表された場合、どのような絵になりますか。
もとの絵にもどしてください。

0, 1, 3, 1
0, 4, 1
0, 1, 4
1, 3, 1
1, 3, 1
0, 1, 4

4, 11, 3
4, 9, 2, 1, 2
4, 9, 2, 1, 2
4, 11, 3
4, 9, 5
4, 9, 5
5, 7, 6
0, 17, 1
1, 15, 2

※正解

正答率 74%

問題４
(1) カード交換の手品の問題です。白黒のカードを□■で表します。例を参考に、問題に答えなさい。
３枚のカード(□■)が並んでいるところに、１枚カードを追加しました。
例：　■□■＋□　　□■□＋■
上の例から予想すると、次の場合は、白と黒のどちらのカードを追加すればよろしいですか。
問題：■■□＋(①)　　■□□＋(②)　　□□□＋(③)

① □(白)	正答率 85%	② ■(黒)	正答率 88%	③ □(白)	正答率 71%

(2) ５枚のカードが並んでいるところに(1)と同じ条件でカードを追加しました。しかし、その後、１枚のカードがなくなってしまいました。なくなったカードは、白ですか、黒ですか。
問題：□■□(④)□＋■　　■(⑤)■■■＋□　　□□(⑥)□□＋□

④ □(白)	正答率 26%	⑤ □(白)	正答率 82%	⑥ □(白)	正答率 68%

(3) カード交換の手品の授業では、「チェック用のデータを付け加えることでもとのデータの間違い(エラー)を検出できる」ことを学習しました。これらの技術はどんなところで使われていますか。
この技術と関係ある例には、○を関係ないものには×を入れなさい。
①番号を1文字間違えて電話したら、知らない人につながってしまった。
②お店のレジで、商品のバーコードが正しく読めずブザーがなった。
③手紙を送るときに郵便番号を書き間違えたら相手に届かなかった。
④本を注文しようとしたら「ISBNが正しくありません」と言われた。

① ×	正答率 56%	② ○	正答率 79%	③ ×	正答率 74%	④ ○	正答率 79%

問題５　平均　7.1点/10

下の図を他の人に言葉で伝えようと思います。どのように伝えれば、正確に伝わるかを考えて、できる限り短い言葉で相手に伝えなさい。

名前

①四角を描き、その真ん中に点を描きなさい。
②四角の左上端から中央の点を通って、右下端に向かって直線を引きなさい。
③四角の右上端から中央の点を通って、左下端に向かって直線を引きなさい。
④四角の左側にできた三角の中に名前を書きなさい。

図 13　理解度テスト問題　(2009 年度)

エラー検出の考え方を理解していることが分かる。④の正答率が低いのは，偶数パリティの問題であるが，白と黒のカードが 3 枚ずつの同数になるように考えて，間違ってしまう生徒が多くいた。(3)は，エラー検出の技術が日常生活のどこで使われているかを問う問題である。1 問は 56% だが他の問題は 74%と 79%の正答率である。正答率の低い問題は，電話機自体にパリティの仕組みが組み込まれていると考えている生徒が多いからと思われる。75%程度の生徒が学習内容の身近な技術への活用を理解していることが分かる。

問題 5 は，第 5 時の「プログラミング言語」の問題である。絵を要素に分解し，それらを描く手順を言葉で表現する。手順を言葉できちんと表現できており，平均点は満点の 71%であった。約 70%の生徒が手順を説明できることを確認できた。

これらのテストから，授業の目標とした「(2) コンピュータの仕組みを科学的に理解する基礎的な力を身につける」については，第 3 時の 2 進数については約 25%の生徒が，他の学習については，約 75%の生徒が理解できていることを確認できた。また，問題 4(3)の問題からは，「(3) 学習した内容の身近な技術への活用が分かる」の授業目標について，概ね 75%の生徒が理解できていることを確認できた。

5．まとめ

本研究で設定した情報科学の授業のねらいに関しては，「(1) コンピュータの仕組みに興味・関心を持つ」は，毎回の授業での生徒の取り組み，毎回の学習カードによる評価，授業終了後のアンケート結果より，達成できたと考えている。「(2) コンピュータの仕組みを科学的に理解する基礎的な力を身につける」については，授業終了の 3 ヶ月後に理解度テストで評価した結果，第 3 時の「2 進数」の内容は 25%から 50%の理解にとどまったものの，他の内容に関しては，概ね 70%程度の生徒が理解していることを確認できた。「(3) 学習した内容の身近な機器への活用が分かる」については，理解度テストの結果より，第 4 時の「エラー検出」の学習内容について，70%程度の生徒が学んだ技術の身近な機器への利用について理解していることを確認できた。

これらの結果から，CS アンプラグドによる情報科学の授業は，コンピュータの科学的な見方に気づかせ，興味・関心を高める効果があることを確認できた。

このような成果が得られたのは，CS アンプラグドという教材に加えて，著者らが提案する指導法およびワークシートの改良や教具の開発が寄与したものであると

考えている。今後は，学習する情報科学の内容について，中学生にはどの程度の学習内容が適切かなど，学習内容についての検討を進めていく必要があると考えている。

謝　辞

本研究は，科学研究費補助金(奨励研究) 20908005, 21908004, 22909009, (基盤研究(C))22500828 の補助を受けています。

参考文献

1) 文部科学省：中学校学習指導要領 第 2 章 各教科 第 8 節技術・家庭（1998）
2) 文部科学省：中学校学習指導要領 第 2 章 各教科 第 8 節技術・家庭（2008）
3) 紅林秀治・江口啓・兼宗進：制御プログラム学習における中学生の学習効果，日本産業技術教育学会誌，第 51 巻，第 4 号，pp.301-309 (2009)
4) 紅林秀治・青木浩幸・室伏春樹他：自律型 3 モーター制御ロボット教材による学習効果の検討，日本産業技術教育学会誌，第 51 巻，第 3 号，pp.195-202 (2009)
5) 古平真一郎・坂本弘志・針谷安男：自律型ロボット教材を用いた「プログラムによる計測・制御」学習の授業実践に基づく学習効果の検証，日本産業技術教育学会誌，第 51 巻，第 4 号，pp.285-292 (2009)
6) 針谷安男・飯塚真弘・山菅和良：プログラムによる計測・制御学習の授業実践とその学習効果の検証，日本産業技術教育学会誌，第 52 巻，第 3 号，pp.205-214 (2010)
7) Tim Bell, Ian H. Witten and Mike Fellows：Computer Science Unplugged - An enrichment and extension program for primary-aged children (2006) http://csunplugged.org/sites/default/files/activity_pdfs_full/CS_Unplugged-en-10.2006.pdf
8) 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，http://www.etext.jp，(2007)
9) 井戸坂幸男：コンピュータを使わない情報教育実践の試み，日本産業技術教育学会誌，第 50 巻，第 4 号，pp.235-242 (2008)
10) 兼宗進・中谷多哉子・久野靖他：初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価，情報処理学会論文誌，Vol.44 ，No.SIG13 (PRO18)，pp.58-71 (2003)

Abstract

We are proposing informatics lessons incorporating "Computer Science Unplugged" concepts for "technology and home economics" subject in junior high schools. In technology area, learning principles and mechanisms are indispensable for safe usage of technology and appropriate action against troubles, and the same idea also holds for informatics lessons. To achieve the goal, we applied "CS Unplugged" materials and activities for our curriculum design. As a result, students had more interest in principles of computers and developed their skills in understanding and explaining program procedures. They also had general understanding of how those principles and mechanisms are used in everyday appliances.

Key words： CS Unplugged, Computer Science, Information Science, Information Education