

高校情報 B における CS アンプラグドの活用

保福 やよい^{†1} 井戸坂 幸男^{†2}
兼 宗 進^{†3} 久野 靖^{†4}

高等学校教科「情報 B」の目標のひとつである「情報の表し方や処理の仕組み」は、内容が複雑であり、生徒にとって必ずしも理解が容易ではない。私たちは、この部分を扱う教材として、Tim Bell たちが提案している「コンピュータサイエンスアンプラグド」に着目した。この教育手法を「情報科学の本質」を理解させる教材として位置づけることにより、実際に「情報 B」の授業において、高い学習効果を得られることを確認した。また、身近な情報機器と結び付けて扱うことにより、生徒は「身近な情報機器の仕組み」について興味を持つことができた。

Using CS Unplugged in High School Information-B Classes

YAYOI HOFUKU,^{†1} YUKIO IDOSAKA,^{†2} SUSUMU KANEMUNE^{†3}
and YASUSHI KUNO^{†4}

One of the goals for "Joho (Infomatics) B" in Japanese highschools is stated as "understanding representation of information and principles of information processing." However, this goal is rather difficult for students. Therefore, we took some notice of "Computer Science Unplugged" proposed by Tim Bell and others and have used it as a teaching material to help students master essence of Information Science. This method has greatly encouraged the students to study it effectively in the classes of "Joho B". Additionally, as students have noticed relation between principle of information sciences and IT equipments of their daily use, they seem to have acquired interests on internal mechanisms inside various equipments.

1. はじめに

高校の教科「情報」は、2003 年度から開始され、今年で 6 年目になる。その間、家庭へのコンピュータの普及率の上昇や中学校での「情報基礎」の授業の成果もあり、簡単な情報検索程度はこなすことができる生徒が入学してくるようになった。

文科省が情報 A の目標として掲げた「コンピュータや情報通信ネットワークなどの活用を通して、情報を適切に収集・処理・発信するための基礎的な知識と技能を習得させるとともに、情報を主体的に活用しようとする態度を育てる」のうち、「基礎的な知識と技能に」については OS やアプリケーションソフトウェアの進化により習得が容易になってきた。

一方、情報 B の目標として掲げた「コンピュータにおける情報の表し方や処理の仕組み、情報社会を支える情報技術の役割や影響を理解させ、問題解決におい

てコンピュータを効果的に活用するための科学的な考え方や方法を習得させる」のうち「情報の表し方や処理の仕組み」については情報機器やソフトウェアが多機能化する中でブラックボックス化し見えにくくわかりにくくなっている。

私たちは、この「情報の表し方や処理の仕組み」を扱う教材として、コンピュータを使わずに情報科学を体験的に学ぶ学習方法である「Computer Science Unplugged」(以下、アンプラグドと呼ぶ)¹⁾²⁾に着目した。これはニュージーランド カンタベリー大学の Tim Bell 博士たちが 1990 年代から続けているプロジェクトである。

本稿では、情報 B の中で、アンプラグドを教材として「情報の表し方や処理の仕組み」を教えた授業を紹介する。

2. 高校生の現状

2.1 携帯電話への依存

現代の高校生は 1990 年以降に生まれている。1987 年に携帯電話サービスが始まり、1991 年に小型携帯電話が爆発的に売れたことを重ね合わせると、現代の

†1 神奈川県立松陽高等学校 Shouyou High School

†2 松阪市立飯南中学校 Iinan Junior High School

†3 一橋大学 Hitotsubashi University

†4 筑波大学 University of Tsukuba

高校生は携帯電話の成長を間近に見ながら成長してきた新しい世代である。彼らのそばには小さいころから携帯電話があり、携帯電話がない生活など考えられないように見える。

本校の2年生61名の生徒が携帯電話を所持していた学齢を調べてみたところ、小学生高学年で28%、中学生で92%、高等学校で100%であった。Benesse教育研究開発センターの全国調査によると、2006年当時の中学3年生の所持率は64%となっている。本校の生徒の中学3年当時の所持率は92%であり、全国の傾向と同様に、早い時期から携帯電話を活用していることがわかる。

2.2 仕組みが見えない不安

図1は、生徒の携帯電話の利用内容である。主な用途は、メール50%、Webページ閲覧31%、通話9%であり、通話以外の機能を主に使う生徒が多いことがわかる。彼らにとっては、通話だけでなく、メール、Web、チャット、画像、動画などマルチメディアができるのが当たり前のようである。

逆に、通話しかできない時代があったことを想像するのは難しい可能性がある。黒電話の頃の電話の仕組みは単純でわかりやすい。しかし、現在の携帯電話のように多機能だと簡単に使いこなすことはできても、仕組みが見えづらい。

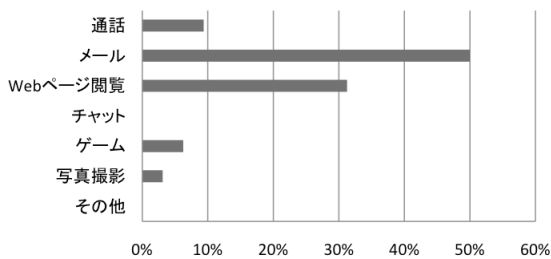


図1 携帯電話の利用内容

図2は「もしも、コンピュータやネットワークが使えなくなると、あなたの1日の生活はどのようにかわってしまうのか考えてみよう」という質問に対する本校2年生34名の回答結果である。回答は自由記述であり、複数回答が含まれている。

これを見ると、「不安やストレスを感じる」の50%、「携帯がないので困る」の35%が最も多く、携帯電話への依存が強いことがわかる。

続いて、「交通が不便、交通事故が多発」の26%、「情報を得ることができない」の24%と続く。その他、「電気が使えなくなる」「食べるものを冷やすことができない」「外に出ることができない」「火が使えな

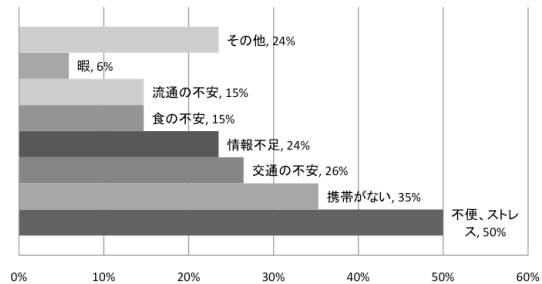


図2 生活におけるコンピュータやネットワークの存在

い」「昭和の時代のような暮らしになる」などの回答が24%あり、仕組みがわからないことによる漠然とした不安が大きいことがわかる。

現代は、どこでもコンピュータが使えるユビキタスの時代である。「コンピュータやネットワークが止まる」ことは、生徒にとって「停電」と同じように受けとめられているようだ。仕組みが見えないコンピュータやネットワークを目の前にして、漠然とした不安を感じている生徒が存在する。

3. 情報Bにおけるアンブラグド利用の可能性

CSアンブラグドは翻訳³⁾が日本でも出版されたため、情報の授業で扱えるようになった。そこで、授業での利用を検討した。アンブラグドは小学生から理解できる教育手法だが、扱っているのは情報科学の題材であり、高校「情報B」で使える部分が多い。

表1は、アンブラグドが「情報B(情報C)」の授業で使える箇所を、いくつかの教科書⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾と比較し、検討した結果である。

表1を見ると、アンブラグドと情報Bの教科書で共通部分が多いことがわかる。一方、それぞれの内容の扱い方を見ると、切り口が異なっている部分がある。教科書は扱う項目を段階的に記述してあるが、アンブラグドはアクティビティと呼ばれる各章の実習を単位としている。そして、アンブラグドはファクシミリ(FAX)やハードディスクの記憶容量のように、日常生活で接するものの仕組みと関連付けられた内容が多い。

また、教材として見た場合、アンブラグドは次のような特徴を持っている。

- ゲームを使い、楽しみながら学ぶことができる
- 体を動かし、体験を通して学べる。
- グループで協力して問題を解決できる。

これらはいずれも教科書では扱いにくい特徴であるため、アンブラグドを教科書と組み合わせることは有効であると考えられる。生徒にとっても、楽

表 1 アンブラグドと教科書の比較

| アンブラグドの章 | アンブラグドの内容 | 教科書の学習内容 |
|--------------------------|---|--|
| 第 1 章 2 進数 | 基本原理、 2 進数、10 進数 文字コード ビット・バイト | 2 進数、10 進数、 16 進数、整数表現 補数、浮動小数点、文 字コード |
| | FD、HD、CD、 CD-ROM 16 ビット PC、 32 ビット PC FAX | |
| 第 2 章 画像表現 | ピクセルを数値に変換、 子どもファクシミリ、圧 縮技法、圧縮の必要性、 写真の圧縮 | 図形の数値化、 光の 3 原色、色の 3 原 色、デジタル化の方 法、解像度、階調、 ラスタ、ベクタ |
| | FAX、Web、写真 | 写真 |
| 第 3 章 テキスト圧 縮 | 文字パターンを検出、 パズル、圧縮の必要性、 圧縮技術 | データ量と圧縮 伸張 |
| | コンピュータ、携帯電 話、モジュール信号 | |
| 第 4 章 エラー検出、 エラー訂正 | カードマジック、パリ ティ、チェックサム | 転送時の信頼度、誤り 検出・誤り訂正、パリ ティビット |
| | ISBN コード、パー コード、ATM、 ハードディスク | |
| 第 5 章 20 の扉 | 母音の情報量、20 の扉 ゲーム、メッセージの 情報量 | ビット、情報量、 Yes、No ゲーム |
| | 入力支援 携帯電話の文字入力 | |
| 第 6 章 探索アルゴ リズム | π の計算、線形探索、二 分探索、ハッシュ法、導 入ゲーム、戦艦ゲーム | 逐次探索、二分探索の フローチャート・考え 方 |
| | 検索エンジン、パー コード、 | 英和辞典 |
| 第 7 章 整列アルゴ リズム | 天秤ばかりを用いた 並び替えゲーム、選択 ソート、クイックソート | 交換法のフローチャ ート・考え方 |
| | 名前の 50 音順、予定 や電子メールの日付順、 商品の値段順、テスト の点数順、電話帳、辞 書、本の索引 | 名簿の 50 音順 |
| 第 12 章 プログラミ ング言語 | 命令ゲーム | 簡単なプログラム |

しみながら情報科学の本質を深く理解できるのなら、これ以上の教材はない。

4. 授業での実践

私たちは教科「情報」のなかの「コンピュータにおける情報の表し方や処理の仕組み」の項をアンブラグ

ドを活用して授業を行った。授業の詳細は 5 章で紹介する。以下ではアンブラグドの学習 1 から学習 4 までを「情報 B、C」の教科書の内容と対応させながら紹介する。なお、次のようなカリキュラムで授業を実践した。

表 2 授業カリキュラム

| 授業の単元 | 合計時間数 | アンブラグド |
|-------------|-------|--------|
| 2 進数・文字コード | 3 | 1 |
| 画像表現 | 3 | 1 |
| テキスト圧縮 | 1 | 1 |
| エラー検出、エラー訂正 | 1 | 1 |

4.1 コンピュータにおける数値の取り扱い

教科書の内容は「2 進数、16 進数、加算、負の 2 進数、小数の 2 進数」を扱っている。ここでは 2 進数の計算法則が中心であり 2 進数の数の体系にも触れられている。理解のよい生徒は 10 進数と違った数の体系に興味を示すかもしれないが、2 進数そのものの考え方でつまづき、拒否反応を示した場合計算法則まで受け付けられないだろう。

学習 1 「点を数える — 2 進数」では「1」「2」「4」「8」「16」の点が表示されたカードを用い、生徒が無理なく 2 進数が理解できるように工夫している。また、制限時間内で数を作るゲームもある。

2 進数は 2 種類の表現があれば、どんな形でも表すことができる。身近な情報機器 FAX は 2 種類の音だけで通信をしていることを伝え、実際に携帯電話にスピーカーをつなぎ、FAX に電話をかけその音を聞かせる。

生徒は今まで不思議に思っていた音が、2 進数による表現であることを知り驚く。



図 3 名刺大カードで実験

生徒は今まで親しんだ 10 進数の世界から飛び出し初めて 2 進数の世界と出会う。まず、2 進数の複雑な計算ができるよりも、2 進数の不思議、2 進数の考え方、2 進数がどのように使われるかという本質的なことを体験によって学ばせたい。2 進数を確実に理解した生徒は 16 進数も容易く理解できることだろう。

4.2 コンピュータにおける文字の表現

教科書の内容は「コンピュータにおける文字の表現」を扱っている。ここでは文字コードの意味、多彩な文字コード、フォントに触れ、文字を表示するしくみについて学ぶ。

学習1「点を数える — 2進数」の「秘密のメッセージを送ろう」ではライトの点滅が2進数になり文字コードに対応づけて通信ができることを体験する。ここで扱う文字コードは「アンブラグド文字コード」ではあるが、文字コードの便利さを理解させるには「ASCII」のコード表よりも簡単に理解しやすい。アンブラグドを用いて文字が2進数で表現されることを体験し、多彩な文字コードの種類や意味を学習していけばよい。

4.3 コンピュータにおける画像の表現

教科書の内容は「図形の数値化、色の階調、画像の解像度、ベクトル画像、ラスタ画像」を扱っている。生徒は写真画像を見れば直感的に階調や解像度の違いには気がつくが、階調や解像度、画素など聞きなれない言葉も多く計算は複雑で、理解できない生徒もいる。

学習2「色を数で表す — 画像表現」では「子どもファクシミリ」ゲームで数値化した画像を送りあう。画像表現の複雑な部分は扱っていないが、FAXもコンピュータも画像を数値化して扱うことを体験的に学ぶことができる。

4.4 データの圧縮

教科書の内容は「圧縮、展開、可逆圧縮、非可逆圧縮」を扱っている。非可逆圧縮の例としてランレングス圧縮の手順を紹介している。

学習2「色を数で表す — 画像表現」ではマス目に書かれた画像を、FAXでよく使われるランレングス圧縮を用いてコード化する。単純な例なので生徒たちはすぐに仕組みを発見する。「子どもファクシミリ」ゲームでは生徒たちが発見した仕組みを用いて、自分自身が描いた画像をコード化し、通信する。実際のFAXでも同じ仕組みが使われていることを学ぶ。

学習3「それ、さっきも言った!? — テキスト圧縮」では文字の圧縮パズルを解き、データ圧縮の奥深さを発見し、楽しむ。「LZ符号、Zip、GIF画像」で同じ仕組みが使われていることを学ぶ。アンブラグドの著者がアルゴリズムの専門家であるためか、圧縮については内容が深い。

4.5 正確に転送する工夫

教科書では「デジタル情報転送時の信頼度、誤り検出・誤り訂正」を扱っている。ここでは、誤り検出符号、パリティビットに触れ、誤りの検出・訂正する仕組みを紹介している。

学習4「カード交換の手品 — エラー検出とエラー訂正」では表裏の色が違うマグネットを利用し、パリティの仕組みを手品に仕上げた。生徒は手品に熱中し、手品の仕組みが身近なISBNコードに使われていることに驚き、デジタル情報転送時の誤り検出・誤り訂正の仕組みも楽しんで理解する。



図4 黒板でのパズル

5. 評価と考察

生徒に対して、アンブラグド実施後にアンケート調査を行った。「学習1 — 2進数」については、平成20年度の2年生34名に実施した。「学習4-カード交換の手品-エラー検出とエラー訂正」については、平成19年度の2年生33名に実施した。授業時の生徒の様子とアンケートの結果を報告する。

5.1 第1章「2進数」

前年度までに実施していた教科書のみを使った授業では、生徒の意欲はあまり感じる事ができなかった。ところがアンブラグドを活用した授業では、授業に活気が満ち、2進数を100%の生徒が理解することができた。そして生徒の自己評価は、4段階評価で肯定的な「熱心に取り組んだ」が50%、「よく取り組んだ」が50%であり、否定的な評価は皆無であった。生徒の感想の主なものを紹介する。

- 「0」と「1」の2つで無限に世界が広がっていくことに驚きました。
- FAXの仕組みが面白かった。
- 慣れるまで難しかったけれど、慣れたら色々なことができて楽しかった。
- 仕組みってすごいと思った。
- 1, 2, 4, 8, 16を表、裏にするだけで31までの数が表現できるのにびっくりした。

感想の中では、「最初は難しかったが、わかってきて楽しくなった」「FAXの仕組みが面白かった」という内容が多く見られた。

5.2 第3章「エラー検出、エラー訂正」

生徒たちはパリティのような難しい内容に最後まで興味を持つことができた。そして、パリティの活用では普段目にしていない数字の仕組みに驚きを感じたようだ。

アンケートの結果、パリティは94%、パリティの活用は90%、ISBNコードのチェックディジットは90%が理解していることを確認した。

生徒の感想を分類すると、「楽しい・面白い」が42%、「ISBNの不思議」が36%、「理解できた」が11%、「難しい」が11%であった。

5.3 感想の総括

第1章「2進数」、第2章「エラー検出、エラー訂正」に多く共通した感想は、「面白い、楽しい」「もの仕組みに驚いた、仕組みが面白い」であった。

生徒は「ものごとの仕組みがわかった」ときに「驚き」を感じ、「深く印象に残る」傾向がある。これは、ビデオを見たり、教師の話聞いて受動的に理解することと違い、自分の体験とアンブラグドの実習が結びつき、心から「わかった!」と感じられることが大きい。

5.4 仕組みに対する興味

生徒の「身近な情報機器の仕組み」に関する興味を調べるために、平成19年度の1月に2年生61名を対象に、平成20年度4月には2年生61名を対象に、**図5**のアンケートを実施した。

19年度の生徒は、アンブラグドを第1章～第6章、第12章を学習し、その後プログラミングを学習した生徒である。一方、20年度の生徒はアンブラグドとプログラミングを学習する前の生徒である。

私たちの生活の中でコンピュータはいろいろな場面で使われています。あなたは次の5つの仕組みについて興味を持ちますか？

- (1) 携帯ゲーム（パソコンゲーム）の仕組み
- (2) 時計の仕組み
- (3) エアコンの仕組み
- (4) Suicaの仕組み
- (5) コンピュータウィルスチェックの仕組み

図5 興味のアンケート

このアンケートの項目について、「興味がある」と答えた割合を**表3**に示す。

(4)のSuicaの仕組みを除く4つの項目で、19年度の生徒の興味は20年度の生徒の興味を上回った。携帯ゲーム（パソコンゲーム）の興味が高いことがわかる。

次に、携帯ゲーム（パソコンゲーム）の仕組みに興

表3 興味のアンケート結果

| 年度 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 19年度 | 76% | 63% | 52% | 80% | 59% |
| 20年度 | 67% | 41% | 45% | 85% | 52% |

表4 携帯ゲームに興味がある生徒のアンケート結果

| 年度 | (2) | (3) | (4) | (5) |
|------|-----|-----|-----|-----|
| 19年度 | 72% | 59% | 85% | 67% |
| 20年度 | 46% | 50% | 88% | 59% |

味を示した生徒を抽出し、(2)～(5)の内容に対しての興味を調べた。**表4**はその結果である。年度の差はあるが、携帯ゲーム（パソコンゲーム）に興味を示したということで同質のグループと考えることができる。19年度の生徒は時計やエアコンなど、身近な電化製品の仕組みについての興味が増大していることがわかる。アンブラグドやプログラミングを学習することで、「仕組みへの興味」すなわち「科学技術への興味」を高める効果が期待できるのではないかと。

生徒は今まで、FAXを使ったり本を手にとったりするたびに、仕組みに対して関心を持っていたとは思えない。アンブラグドの学習を体験することで、彼らの心の奥底にある「仕組みに対する興味」を呼び覚ます効果があったのではないかと考えている。

5.5 関心がある生徒とプログラミング学習

19年度には、アンブラグドの授業の後に、教育用プログラミング言語「ドリトル」を用いてプログラミング学習を行った。「ものの仕組み」への関心と「プログラミングへの興味」の関係を調べるために、プログラミングの授業の終了後に「今後さらにプログラミングを学んでみたいと思いますか」というアンケートを実施した。

図5で(1)～(5)の仕組みのうち4つ以上に関心がある生徒をA群、それ以外の生徒をB群と分類したところ、A群は31名、B群は30名となった。次にプログラミングへの興味を集計したところ、A群は81%、B群は47%の生徒が「プログラミングを学びたい」と答えていることがわかった。ものの仕組みに関心がある生徒はプログラミングにも関心が高いことがうかがえる。

6. おわりに

高校の情報の授業にアンブラグドを活用した実践を報告した。情報Bは情報の科学的な理解に重点があり、アンブラグドにより情報科学の基礎を学ぶ学習は、生徒の意欲も引き出し、効果が高かった。

「CS アンプラグド」が日本で発売されて1年経つ。その後多くの学校でアンプラグドの実践がなされ、情報科学を楽しく学ぼうという気運が高まっている。今後は情報サイト⁸⁾などを通じて実践校と情報交換をしながら、実践のノウハウをまとめていきたい。

参 考 文 献

- 1) Tim Bell: Computer Science Unplugged.
<http://csunplugged.org>
 - 2) 兼宗進, 正田良, 紅林秀治, 鎌田敏之, 井戸坂幸男, 保福やよい, 久野靖: 「コンピュータを使わない情報科学教育 -Computer Science Unpluggedの翻訳と実践」. 情報処理学会 情報教育シンポジウム (SSS2007).
 - 3) 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. <http://www.etext.jp>
 - 4) 山極隆, 岡本敏雄: 最新情報 B, 実教出版, 2007.
 - 5) 山極隆, 岡本敏雄: 最新情報 C, 実教出版, 2008.
 - 6) 水越敏行, 村井純: 新・情報 B, 日本文教出版, 2008.
 - 7) 水越敏行, 村井純: 新・情報 C, 日本文教出版, 2008.
 - 8) コンピュータサイエンスアンプラグド情報.
<http://dolittle.eplang.jp/?unplugged>
-