

6

# コンピュータ科学を 楽しく学ぶ

西田知博 大阪学院大学

兼宗 進 大阪電気通信大学／情報オリンピック日本委員会

一般に、小中学校などの現場においては、コンピュータ科学は児童や生徒が学ぶことは難しいと考えられている。しかし、適切な題材を用い、学習方法の工夫を行えば、情報科学の基礎を学ぶことは決して難しくない。

ここでは、学ぶのが難しいと思われていたコンピュータの基本原則を、小学生からでも分かりやすく学ぶことができるように開発された教育／学習方法である、コンピュータサイエンス・アンプラグドを紹介する。また、その実践として、小学校高学年の子どもを対象としたイベントについて紹介する。

章	内容	章	内容
1	2進数	11	オートマトン
2	画像表現	12	人工言語
3	テキスト圧縮	13	グラフ彩色
4	パリティ	14	支配集合
5	情報量	15	スタイナー木
6	探索	16	情報隠蔽
7	ソート	17	暗号プロトコル
8	並列ソート	18	公開鍵暗号
9	最小全域木	19	ヒューマンインタフェース
10	ルーティング	20	チューリングテスト

表-1 CSアンプラグドの学習内容

## コンピュータサイエンス・アンプラグド

アンプラグド (unplugged) と聞くと、電子楽器を使わずに(コンセントのプラグを抜いて)アコースティック楽器を中心に演奏する MTV の音楽番組を連想する人が多いかもしれない。ここで紹介する「コンピュータサイエンス・アンプラグド」(以下、CS アンプラグドと略す)も、コンピュータの電源を抜いて行うという意味の、「コンピュータを使わない情報科学」の教育方法である。

この方法では、洗練された教材を使い、あえてコンピュータを使わず、自分の手を動かしながら原理を理解することで、情報科学の代表的な内容を、小学生以上の生徒が興味を持って意欲的に学習することを可能とする。

CS アンプラグドはニュージーランドカンタベリー大学の Tim Bell 博士たちが始めたプロジェクトである。彼は自分の5歳の子どもに情報科学の楽しさを教えたいと考えて以来、教育方法と具体的な教材を開発、改良してきた。彼らは1998年に最初のテキストを出版し、現在はネットワーク上で表-1に示す20のアクティビティを提供している<sup>1)</sup>。日本では最初の12章が紹介された教師用テキスト (Teachers' Edition<sup>2)</sup>) を翻訳し出版している<sup>3)</sup>。

CS アンプラグドのアクティビティは、いずれも情報科学の重要な考え方を扱っている。個々の内容は高等学校から大学の専門課程で扱われる内容だが、説明と教材を工夫することによって、小学生にも理解できるように構成されているのが特徴である。

たとえば、第1章では、2進法がテーマとなっている。ここでは、図-1に示すような1, 2, 4, 8, 16個の点が書かれたカードを用意し、それを順に右から左に並べる。2進法の数を10進法の数に変換するには、0の桁はカードを裏向き、1の桁は表向きにし、表になっている点の数を数えればよい(図-1の例では、2進法での01001が、10進法では9となるのが点を数えることによって分かる)。このように、実際に手を使ったカード遊びを通して、数学的な難しさを感じることなく、2進法の表現が学べるようになっている。

CS アンプラグドを用いた学習には以下のような特徴がある<sup>4), 5)</sup>。

**遊びの中で学ぶ** 学習の中に「遊び」の要素を取り入れることにより、遊びながら学べる教材であり、かつ、学ぶ者の興味・関心を引き出し、意欲的に取り組める教材となっている。学習する内容には抽象的で難しい内

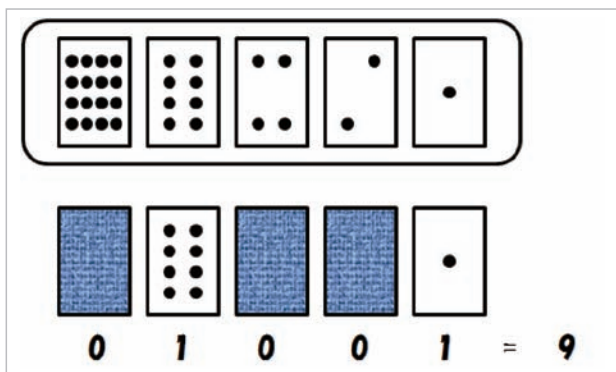


図-1 2進法のカード

容もあるが、難しさを感じさせず、意欲的に楽しんで学習ができるように工夫されている。

**体感を伴い、具体物を用いた試行錯誤から学ぶ** カードなどを使って試行錯誤するなど具体的なものを動かすという体感を伴う学習が多く取り入れられている。学ぶ内容が抽象的で一般には理解しにくいものであっても、体感を通じて繰り返し考えることにより、その概念の理解を促すことができると考えられる。

**グループ(集団)で学ぶ** ひとりで学習するのではなく、グループで学習するアクティビティが多い。グループ内での試行錯誤を通じ、お互いに自分の考えを深めあうことができ、個人学習よりも思考の深まりが期待できる。また、将来必要なコミュニケーション能力を向上させることもできる。

**手軽に実践できる** ほとんどの場合、付属のワークシートを印刷すれば授業ができる。その他の教具も100円均一ショップなどで購入した安価な素材を用いて作成が可能である。また、コンピュータの設備が不要で、授業の場所を限定せず、普通の教室や屋外での授業も可能となる。

**学習に物語の要素が織り込まれている** 「海賊」や「秘密のメッセージ」などおとぎ話や物語の要素が多くアクティビティに織り込まれている。これにより、小さな子どもをアクティビティに引きつけることができ、創造的な学習を行うことができる。また、物語をベースに考えることにより、実践する場面に適応するようにアクティビティをカスタマイズすることなどが容易になる。

### 「カード交換の手品」の例

ここでは、CS アンプラグドを使った授業の例として

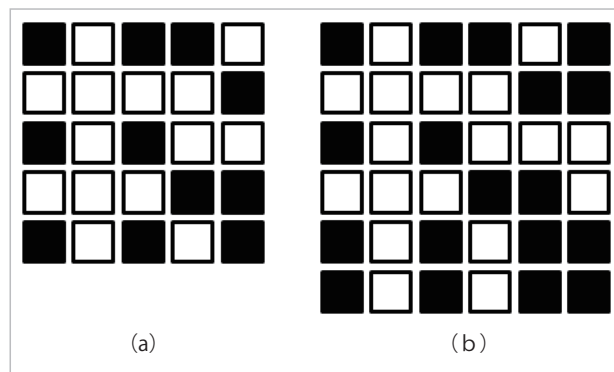


図-2 カード交換手品のカード配置例

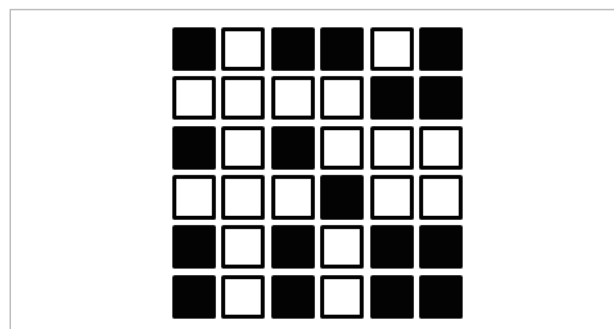


図-3 1枚だけカードを反転させたもの

「カード交換の手品」を紹介する。手品は以下のような手順で進む。

1. 両面に白と黒の色が付いたマグネットカードを用意し、生徒にボード上に規則性のないようにランダムに並べてもらう(図-2(a))。
2. 先生は「もう少し難しくしましょう」と言いながら、右端と下端に1列ずつカードを追加する(図-2(b))。
3. 先生は後ろを向き、その間に生徒にどれか1枚を裏返してもらう。
4. 先生はボードを見て、裏返されたカードを当てる。

図-2 (b) のように並べたカードのうち1枚だけを裏返したものが図-3である。

この手品はメモリ上にデータが正しく保存されているか否かや、データ通信が正しく行われているか否かを検証するために用いられる「パリティチェック (parity check)」の原理を学ぶためのものである。タネは、上記の手順2で先生が右端と下端に加えたカードにある。

先生は縦横それぞれの黒いカードの枚数が偶数となるようにカードを加えている。一方、生徒が1枚のカードを裏返すと、その行と列の黒いカードの枚数は奇数になる。したがって、先生は黒いカードの枚数が奇数の行と列を見つければ裏返されたカードを当てることができる。

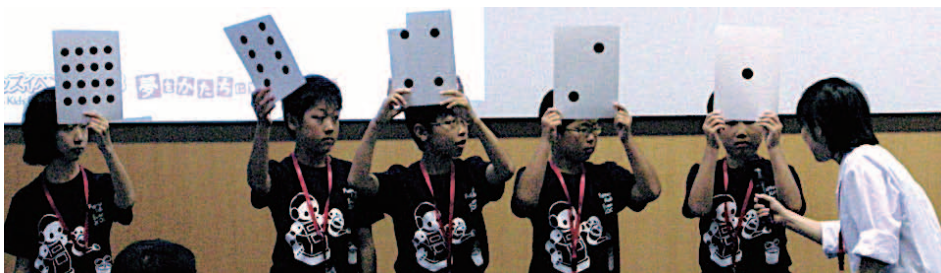


図-4 カードを用いて2進の数を表現



図-5 全員参加して2進の数を数える

6

という仕組みになっている。

## 小学生向け科学イベント

### ●イベントの概要

筆者らは情報オリンピック日本委員会のジュニア部会の活動として、子どもたちにコンピュータ科学の楽しさを伝える活動を行っている。2008年度と2009年度には、富士通と共同でCS アンプラグドを利用したイベントを開催した。イベントに対する関心は高く、参加者は兩年とも定員を大きく上回る応募があり、それぞれ抽選で選ばれた、約100名の子どもが参加した。

扱った学習は、2008年は「2進数」と「画像表現」、2009年は「パリティ」と「オートマトン」であり、それぞれ40分で実施した。講師は中学校や高校の教員が担当した。そのほかに、30名の小学生の学習をサポートするために、6名程度のグループごとに高校や大学の教員が補助講師を担当した。

### ●コンピュータのことばで遊ぼう！

2008年のイベントの前半では、2進法の学習を行った。2進法の学習では、通常は10進法との相互変換を計算させることが多いが、計算だけでは子どもたちの興味や関心を得ることは難しいことと、相互変換ができること

が2進法を理解したことにはならないことから、次のように工夫して進めた。

まず、5人の子どもに前に出てもらい、図-4のように2進の各桁が表す数のカードを使い、さまざまな数を2進法で表現した。先生は最初は「4」など1枚のカードで表せる数から始め、段階的に「13」など複数枚のカードで表す必要がある数を指示していった。席から見ている子どもを含めた全員が、どの桁を使えばよいかを一所懸命に考えながら、次のことを段階的に発見していった。

- カードの表と裏(0と1)で数を表せること。
- 5桁の0と1で、32通りの数を表せること。
- 自分たちが2進法で数を表現できること。

その後、グループごとの補助講師が手伝いながら、全員の子どもが参加し、0から31までの2進表現を行った(図-5)。イメージをつかんだあとで実際に自分でやってみることで、ほぼ全員が2進法による数の表現を理解することができた。

最後に、5つの提灯の点灯を2進の数として読み取り、それを文字コードとして暗号を解読するワークシートを体験した。図-6はカードを使いながら、2進を10進に変換し、暗号を解読している様子である。

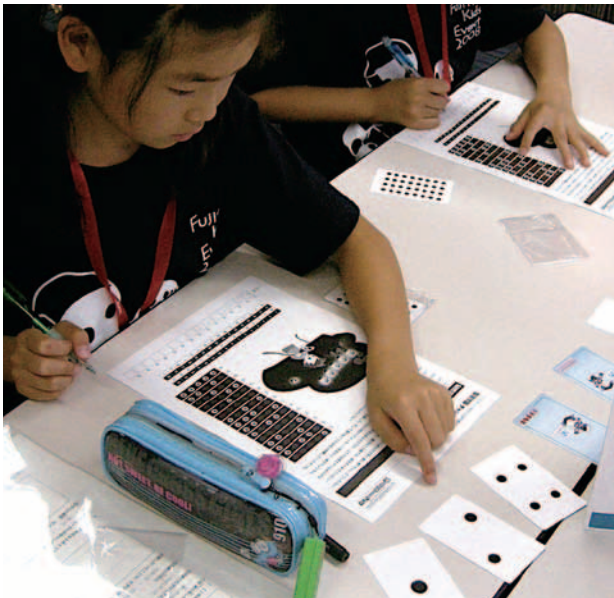


図-6 カードを用いて2進コードの暗号解読

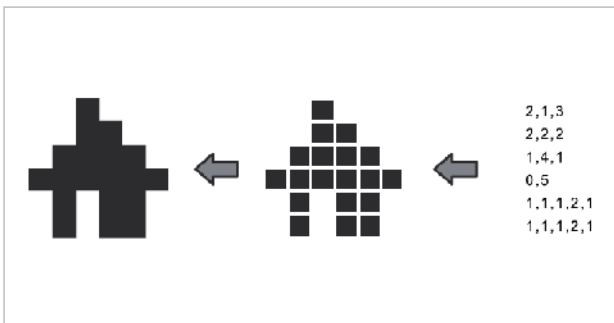


図-7 ドット絵の符号化法を気づかせる

●数を使ってお絵描き 1・2・3！

2008年の後半では、画像の符号化を扱った。最初に、講師がスライドでドット絵とそれを符号化したコードの例を見せた(図-7)。この時点で、多くの子どもは「連続する白(ドットなし)と黒(ドットあり)の個数がコードとして並べられている」という符号化のルールに気付くことができた。

次に練習用のワークシートを配布し、コードから画像を復元する練習を行った。数字から絵が少しずつ現れてくると歓声が上がっていた。続いて、10×10のマスキにドット絵を描かせ、それを符号化したものを別の紙に転記させた。子どもたちはその紙を「送信します!」と言って講師に渡し、講師は別の班の子どもに「FAXが届きましたよ」と言って渡して絵を復元させる学習を行った(図-8)。

最後に、携帯電話で撮った写真を送るときも同じようなことが行われ、すべてのデータは数値化されて送られていることを説明した。参加した子どもからは、「数字を送っただけなのに、ぜんぜん離れた席に自分の描いた

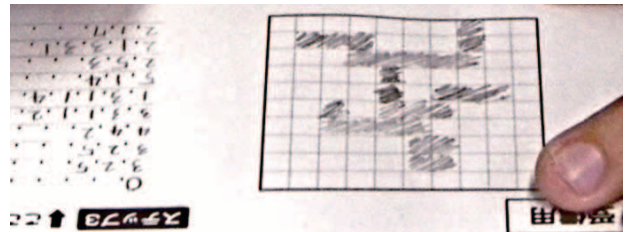


図-8 届いた数字列からドット絵を復元



図-9 カード反転の手法

絵が伝わったのはすごい」という声が聞かれた。参加した子どもたちは、「コンピュータでは、すべてのデータは数値に符号化されて扱われている」という基本的な原理を理解することができた。

●データの間違いを手品で見つけよう！

2009年の前半では、前章で紹介した「カード交換の手品」を通して、データの誤り検出を学んでもらった。

最初に講師が後ろを向き、子どもにひっくり返してもらったカードを当てる手品を行った。最初に2回繰り返した後、「そういえば毎回端っこにカードを増やしているね。どうしてだろう」とヒントをつぶやきながら、さらに1, 2回繰り返した(図-9)。挙手してもらったところ、この時点でタネに気付いている子どもは1/4程度であった。

続いて、グループごとに分かれて実習を行った。この手品のタネは自分で気付いてほしいため、机ごとの補助講師がうまくリードする形で、全員がパリティビットを発見し、家に帰ってから家族や友だちに見せられるように手品の練習を行うことができた(図-10)。

最後にまとめとして、1bitの反転で意味がまったく変わってしまう例として、ドット絵の「ワ」が「ウ」に見えてしまう例を紹介し、「ワニは何になる?」「ウニ!」、「ワシが飛ぶは?」「ウシが飛ぶ!」などと子どもたちから反応を引き出しながら、データを正しく伝えることの大切



図-10 次はみんなが手品師



図-12 海賊島に到着



図-11 ロビーを使って島巡り

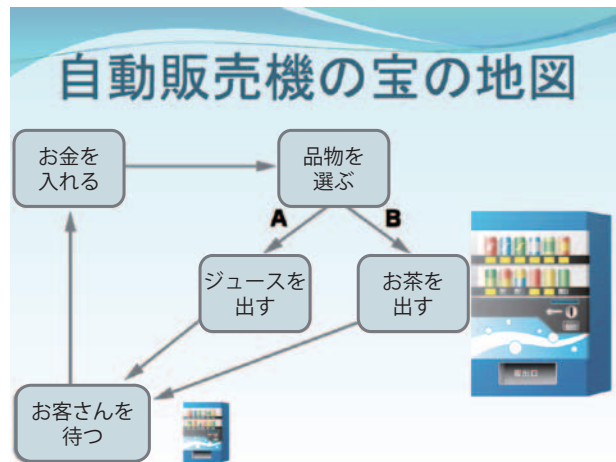


図-13 自動販売機の状態遷移図

さと、同様の技術がパケット通信や買物をするときのバーコードなどで使われていることを説明した。

●宝探しをしながら、コンピュータの気持ちを体験しよう！

2009年の後半では、オートマトンと状態遷移図を扱った。

最初に講師が島の描かれた地図を配り、「島に着いたらAかBを選び、指示された次の島までの線を地図に記入してから次の島に向かう」というゲームの手順を説明した。

続いて、子ども同士で2人組を作り、相談しながら宝島のゴールを目指して島巡りをしてもらった(図-11, 12)。

早くゴールした子どもたちには、回っていない島や航路を回ってくるように伝えて、もういちど参加してもらった。

最後の説明では、子どもたちが体験した島巡りの考え方がコンピュータや多くの機械の中で使われているこ

とを説明し、飲料の自動販売機を例に説明した(図-13)。説明では1枚ずつ自動販売機の絵を見せながら、「道を歩いていたら、自動販売機があった。ジュースのボタンを押したらどうなる?」「そうだね、ボタンを押しても何もでないのはどうして?」「ジュースを買いたい人は最初に何をやるかな?」といったやりとりを子どもとしながら、自動販売機の状態がどのように変化するかを考えさせ、自分たちの体験と結び付けていった。

●保護者を巻き込む工夫

子どもたちの科学への興味を育む上で、保護者の理解は重要である。そこで今回のイベントでは、学習内容の科学的な解説や、社会での活用などについての解説資料を作成し、保護者に配布した。そして、学習中に保護者に子どもの近くで見学してもらった時間帯を用意した(図-14)。これは学習内容を身近に観察したり、子どもの姿を撮影できるなど、好評であった。

会場として使用した富士通川崎工場には博物館が併設されている。子どもたちはイベントの最後に展示物を見



図-14 見学する保護者



図-15 博物館の見学

学することで、学習したコンピュータの仕組みが実際の製品にどのように活かされているのかを確認していた(図-15)。

## おわりに

コンピュータ科学の面白さは、子どもに伝えることができる。もちろん教え方は工夫が必要だが、エッセンスを小学生が楽しく理解することも可能である。今回は効果的な教育手法として、CS アンプラグドを紹介した。

CS アンプラグドは子どもたちだけでなく、高校や大学でも利用されている。高校では本特集の記事にあるように、すべての高校生が「情報」という教科を学んでいる。

情報やコンピュータに興味を持っていない生徒にコンピュータ科学の興味を持ってもらう意味で、CS アンプラグドは効果が高い。大学でも、高校生向けのオープンキャンパスで使われるほか、授業に取り入れている例もある。学会においても、子どもたちにコンピュータ科学の楽しさを伝える活動は重要であり、このような試みを広げていく活動を進めたい。

## 参考文献

- 1) Bell, T., et al. : Computer Science Unplugged Activities, <http://csunplugged.com/~csunplug/activities>
- 2) Bell, T., Witten, H. I. and Fellows, M. : Computer Science Unplugged – An Enrichment and Extension Programme for Primary-aged Children (2006), <http://csunplugged.com/~csunplug/books>
- 3) 兼宗 進ほか：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).
- 4) 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 2008-CE-93, pp.49-56 (2008).
- 5) Nishida, T., Kanemune, S., Idosaka, Y., Namiki, M., Bell, T. and Kuno, Y. : A CS Unplugged Design Pattern, Proceedings of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, pp. 231-235 (2009).  
(平成 21 年 8 月 16 日受付)

### 西田知博 (正会員)

nishida@ogu.ac.jp

1991 年阪大基礎工学部卒業, 1996 年同大助手, 2000 年より大阪学院大講師, 初等中等教育委員会副委員長, 情報処理教育委員会委員, コンピュータと教育委員会運営委員。

### 兼宗 進 (正会員)

kanemune@acm.org

初等中等教育委員会委員, コンピュータと教育研究会幹事, プログラミング研究会編集委員, 情報オリンピック日本委員会ジュニア部会主査, 本学会誌編集委員。