

コンピュータサイエンスアンプラグドの小学生向け実践の取り組み

井戸坂 幸男^{†1} 青木 浩 幸^{†2}
兼 宗 進^{†3} 久野 靖^{†4}

「コンピュータサイエンスアンプラグド」は、コンピュータを使わずに、情報科学を体験に基づいて学ぶことができる手法である。本稿では地方自治体のイベントにおいて、小学生を対象としてこの手法による授業を行った体験を報告する。小学生が理解できるように、教材の選択や改良をいくつか行った結果、これらの内容は小学生でも十分理解でき、効果があることがわかった。

A Practical Approach for Elementary Schoolchildren with "Computer Science Unplugged"

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

"Computer Science Unplugged" is an educational method in which students can learn principle of computer sciences through their experiences, without using computers. We have applied this method to elementary schoolchildren on an event of a local government. We have carefully chosen the topic and modified worksheets. As the result, the method could successfully be applied to elementary schoolchildren and was very effective.

1. はじめに

コンピュータサイエンスアンプラグド（以下、アンプラグドと記す）¹⁾²⁾は、コンピュータを使わずに、情報科学を体験的に学ぶことができる手法である。この手法を使った小学生への授業を報告する。

授業は、愛知県高浜市の「たかま夢・未来塾」におけるイベントとして行われた。一般公募で集まった小中学生を対象に、2時間の授業を行った。本報告では、小学生に対する適切な題材の選考や教材の工夫、授業結果の分析を報告する。

2. アンプラグド教材

アンプラグドは、表1に挙げる12の章で構成されている。高等学校から大学の専門課程で扱われる情報科学の重要な考え方が扱われているが、タイトルや対象年齢からわかるように、小学生でも理解できるように工夫されている。³⁾教材を分析した結果、アンプラグドには、次の特徴があることがわかった。

(1) 学習の中に、必ずゲームがある

ワークシートを使った作業（実習）型のゲームとしては、秘密のメッセージを送ろう（1章）、子どもファクシミリ（2章）、自分の絵を描こう（2章）、それ、さっきも言った（3章）、戦艦ゲーム（6章）、マッデイ市プロジェクト（9章）がある。章の導入に行うゲームとして、カード交換の手品（4章）、20の扉ゲーム（5章）、言葉で絵を描かせるゲーム（12章）がある。また、体を使って体験するゲームとしては、砂袋とてんびん（7章）、並べ替えネットワーク（8章）、みかんゲーム（10章）、宝島ゲーム（11章）がある。

このように、学習の中に「遊び」の要素を取り入れることにより、楽しみながら学ぶことができ、生徒の興味・関心を引き出し、意欲的に取り組める教材となっている。学習する内容は、情報科学の中でも抽象的で難しい内容ではあるが、難しさを感じさせずに学習ができるように工夫されている。

(2) 具体物の試行錯誤から学ぶ

カードを使って試行錯誤したり、おもりを何度も置き換えたり、具体的なものを動かしたりという体験を伴う学習が多く取り入れられている。具体物を試行錯誤しながら学習することは、生徒の思考を刺激し手動的に考える習慣を身につけていくと考えられる。

†1 松阪市立飯南中学校 Iinan Junior High School

†2 高麗大学 Korea University, Seoul, Korea

†3 一橋大学 Hitotsubashi University

†4 筑波大学 University of Tsukuba

表1 アンブラグドの章構成

章	タイトル	対象年齢	内容
1	点を数える	7歳以上	2進表現
2	色を数で表す	7歳以上	画像のビット表現
3	それ、さっきも言っただけ!	9歳以上	圧縮
4	カード交換の手法	9歳以上	パリティ
5	20の扉	9歳以上	情報量
6	戦艦	9歳以上	探索(線形/二分/ハッシュ)
7	いちばん軽いといちばん重い	8歳以上	整列(選択/クイック)
8	時間内に仕事を終える	8歳以上	並列処理
9	マッデイ市プロジェクト	9歳以上	最小全域木
10	みかんゲーム	9歳以上	デッドロック
11	宝探し	9歳以上	オートマトン
12	出発進行	9歳以上	人工言語

(3) 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活動が多い。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、生徒同士がコミュニケーションを学ぶよい機会となる。

3. 「たかはま夢・未来塾」における実践

「たかはま夢・未来塾」は、高浜市長が主導して開始された子ども向けのイベントである。2007年度の活動では、高浜市内の小中学生を集め、「パソコンをつかひこなそう講座(全4回)」が実施された。第1回はスクイークを用いたコンピュータシミュレーションの授業、第2回はアンブラグドによるコンピュータサイエンスの授業、第3、4回はセンサーを用いて測定したデータをコンピュータに取り込む活動を世界聴診器とスクイークを用いて学習する内容である。

我々は第2回の「パソコンの気持ちになって考えよう」を担当した。概要を示す。

日時 2008年1月13日(日) 14:00~16:00
2時間

参加者 高浜市内の児童・生徒 15名(小学4年:7名,5年:4名,6年:3名,中学1年:1名)

参加校 高浜市内5小学校、1中学校

場所 高浜市立高浜中学校 PCルーム

内容 コンピュータサイエンスアンブラグド

4. 小学生向け授業の題材選考と授業設計

アンブラグドにある12の章は、対象年齢からして9歳(小学3年)以上であればすべての実践が可能となっている。しかし、実際には、そのまますべての章を実践することは難しい。発達段階にあわせて題材を選考し、授業のねらいや目的にあわせて授業展開を工夫する必要がある。小学生に対するアンブラグド授業の意義やねらいに基づいて検討する。

4.1 授業のねらい

小学校段階の教育で最も大切なことは、興味・関心を育てることにある。とくにコンピュータ教育に関しては、難しい理論や知識を教えるのではなく、コンピュータの利用法や仕組みについて興味・関心を持たせることが大切である。幼いときの興味・関心が、人生を左右することも多い。小学生のときにコンピュータが好きになるか否かはとても重要なことである。

しかし、コンピュータに関しては、使い方や利用法に興味を持つ場面は多いが、仕組みや原理については、ふれる機会も少なく、興味を持つ場面はほとんどない。

このようなことから、楽しく学びながら、コンピュータの仕組みや原理に興味・関心をもたせることが大切であると考えた。また、アンブラグド教材の特徴を考えると、主催団体の設立趣旨にある問題解決能力、創造的思考力、コミュニケーション能力も高めることもできると考えた。

4.2 題材の選考

題材の選考は、過去の筆者らの中学校におけるアンブラグドの実践⁴⁾を参考にした。各授業について、生徒が最も楽しいと感じた題材は、「みかんゲーム(10章)」「宝探し(11章)」「戦艦ゲーム(6章)」「色を数で表す(2章)」の順であるが、小学生向けの難易度を考慮した結果、「戦艦ゲーム(6章)」「色を数で表す(2章)」を採用することにした。「戦艦ゲーム(6章)」は中学生でも最も難しいと感じる授業であったが、生徒が楽しいと感じるゲームであるため、授業の工夫で対応することにした。以下に、小学生に実施する上での予想される問題点と、その解決法を示す。

4.3 2章：色を数で表す(FAXゲーム)

「FAX」という言葉ではわからない児童生徒がいることが予想されるため、図1のような画像を用意し、具体物をイメージしながら授業ができるようにした。自分の描いた画像を送信し、受信した相手の画像を

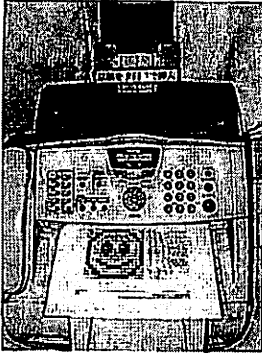


図1 授業に使用した FAX の画像

復元するためには、多くの時間が必要である。時間短縮のために、ワークシートのマトリックスを16×16コマから10×10コマに減らし、送信画像の見本をつけた。

また、コード化したときに数字が続いてしまわないように、コンマを入れて数字を書きやすくし、間違いを減らす工夫をした。

受信者と送信者がコミュニケーションができるようにコメント欄を書いて送信者に戻すようにした。改良したワークシートを図2に示す。

自分の絵を描こう

互いに絵や文字や数字を送りあおう。

自分の絵を、相手の絵や文字や数字で復元しよう。

※！上半分は、「送信」する人の絵用です。自分で描いてください。

※！下半分は、「受信」する人にわたします。

！「受信」する人がコードを入れます。

ワークシート

100 50 100

00000

ノアワソビレ電等りよん

図2 改良した FAX ゲームシート

4.4 6章：戦艦（戦艦ゲーム）

小学校におけるローマ字の学習は4年生に割り当てられているため、戦艦ゲームのアルファベットがわからない児童生徒がいることが予想された。そこで、戦艦ゲームのワークシートのアルファベットを「かな」に変更したもの（図3）を用意した。

自分の船

攻撃の艦隊:

あ い う え お か き く け こ さ し す

せ そ た ち つ て と な に ぬ ね の は

相手の船

攻撃の艦隊:

あ い う え お か き く け こ さ し す

せ そ た ち つ て と な に ぬ ね の は

1A

図3 改良戦艦ゲームシート

戦艦ゲームのためには対面型の座席配置が適していることと、アンブラグドではコンピュータを全く使用しないことから普通教室を希望したが、今回の授業では実現せず、パソコン教室を使うこととなった。

5. 指導計画

次に授業における生徒の学習活動と教師の指導上の留意点をあげる。

5.1 2章：色を数で表す（FAXゲーム）

(1) ファクシミリがどのようにして絵や文字を送っているかを考える：

ここでは、今からの学習内容をヒントも何も無い状態で考える。自分なりの考えが持てればよいが、持てなくても一度は自分なりに想像して考えさせることが大切である。

課題を提案するにとどめ、今からの学習をイメージさせる。

(2) 画像がどのように表現（コード化）されているかを考える：

図4のようなワークシートにある2つのヒントから「a」がどのようにコード化されているかを考える。

児童生徒が自分で数字の規則性に気がつくまで待つことが大切である。（中学生の場合、ほとんどの生徒が自ら気づくことができる）

(3) ワークシート「子どもファクシミリ」をする：気がついた児童生徒から、数字を画像にもどす（復号化）ワークシート（図5）をする。

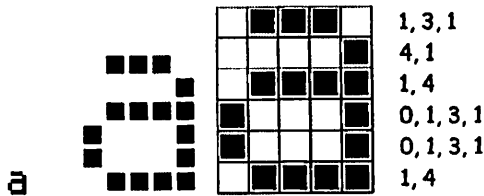


図4 画像を数値でコード化

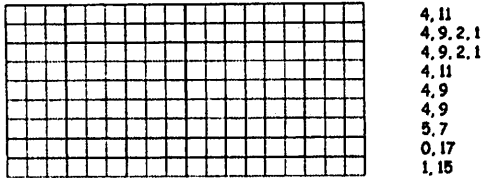


図5 「子どもファクシミリ」ワークシート

- (4) 画像がどのように表現（コード化）されているかを発表する：

「最初の数が白のピクセル数を表し、次が黒のピクセル数を表している」「最初のピクセルが黒の場合は、0で始まる」という2つの点に気がつけばよい。

- (5) 「FAXゲーム」をする：

学習した画像の表現方法を使って、自分の描いた画像をコード化して他の人に送り、また逆に、他の人からコード化された画像をもらい復元するゲームである。

このゲームは、絵を描くことに時間をかけすぎると時間が不足するため、時間配分に留意する。

(絵を描くことが目的ではない)

ゲームの手順ワークシート(図2)に絵を描き、コード化(符号化)する。コードだけをシートの下半分に写し、切り取る。切り取ったシートは、教師が回収し、全員回収し終わったら自分のシートが戻らないように配布する。配られたシートのコードから、絵を復元(復号化)する。復元が終わったら、コメントを入れて送信者に戻す。送信者は、残っているシートと戻ってきた復元されたシートを比べ確認する。

5.2 6章：戦艦(戦艦ゲーム)

- (1) 戦艦ゲームの方法の説明を聞く：

この学習では、学習課題についてふれずにゲームから入る。

戦艦ゲームの方法は、説明を聞くだけではわかりにくいいため、1A・1Bシートで説明しながら対戦に入る。

- (2) 戦艦ゲーム1〔線型探索ゲーム〕を行い、攻略法を考える：
各組一度は勝負がついた段階で、何回目に当たったかを発表させ、攻略法(規則性)を考えさせる。
- (3) 戦艦ゲーム2〔二分探索ゲーム〕をする：
先ほどの1A・1Bのシートとは違うこと、今回は攻略法(規則性)があることを伝える。
作戦タイムを数分(2-3分)与え、片方でも規則性がわかった組からゲームを開始する。
各組、一度は勝負がついた段階で、何回目に当たったかを発表させ、攻略法(規則性)を考えさせる。
- (4) 戦艦ゲーム3〔ハッシュ法ゲーム〕をする：
作戦タイムを数分(2-3分)与え、片方でも規則性に気づいたらゲームを開始する。
シートの数の規則性(数がグループ分け)についての答えは教えないようにする。わからなければ、ヒントを出していく。
途中で中断し、規則性(グループ分け)について意見を発表させる。
- (5) これらのゲームの考え方は、コンピュータのどのようなところで役立っているかを考える：
戦艦ゲームでわかったことを実際のコンピュータと結びつけるような発表を期待したい。
- (6) それぞれの探索方法の特徴を考える：
探索方法の長所・短所を発表させる。

6. 授業の分析

授業での児童生徒の様子と授業後のアンケートから授業を分析する。授業の様子については、小学生対象の授業において問題となりそうな点に焦点を当てて検討する。

6.1 2章：色を数で表す(FAXゲーム)

6.1.1 画像の表現(コード化)の理解

画像がどのようにコード化されて表現されているかを気づけたかどうかについては、中学生の場合、ほとんどの生徒が自ら気づくことができるが、小学生でも同じように気づくことができた。

授業では、「数字の並びがどのようになっているか」という発問に対する発表は、小学生であった。中学生の場合は「白」と「黒」の数が交互に書かれている」という表現が多いのに対して、この時の小学生の回答は、「白」を「空白」と表現したことに違いがあったが、正しい説明であった。(図6)

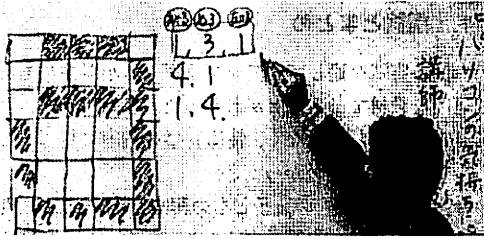


図6 画像のコード化の説明

6.1.2 コード化と復元の作業

自分の画像をコード化したり、コード化された画像を復元できたか。ほとんどの児童生徒ができたが、一部にうまく復元されないものもあった(図7)。これらは、小学4年生の児童のものである。原因は、画像をコード化するときにミスがあり、正しくできている部分と間違っている部分(とくに最初の部分が多い)があるため、復元したときにどのような絵が描かれているかわからなくなったものである。よくある間違いの原因は、白と黒の数が交互に書かれているため、数を1つとばしてしまうと白黒が全く逆になってしまう。描かれた絵の白黒がその部分だけ反転してしまう。また、マトリックスのコマの数え間違いも多い。このようなコード化するときのミスは、中学生の授業の場合でも少しでも含んでいるものを入れると2割近くはある。しかし、小学生の場合、このミスが非常に多かったのが気になった。しかし、コード化に関する理解は、全員の児童生徒はできていると思われる。コード化が理解できない場合は、送信者と受信者の絵(図形)は全く異なったものになる。しかし、どの絵をとっても一致する部分が多く見られ、一定の規則に従ってコード化されていることがわかる。このことから、今回の児童生徒(とくに小学生)の場合、コード化を理解することはできるが、絵を数値に置き換える場合にミスが多くなるといえる。

授業は、真剣にゲームに取り組み、お互いに助け合っている姿も見られた。(図8)

6.2 6章: 戦艦(戦艦ゲーム)

6.2.1 戦艦ゲームの理解

戦艦ゲームの方法は、理解すれば簡単だが、理解するまでが大変である。戦艦ゲームの方法については、

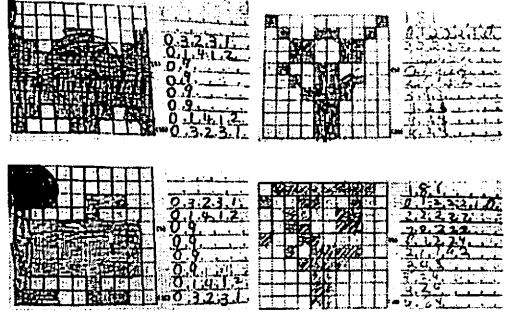


図7 FAXゲームの間違い例



図8 FAXゲームの様子

学習支援者としてたくさんの先生方に入っていたいただいたこともあり、ほとんどの児童生徒が理解できた。しかし、予想されたようにアルファベットがわからない児童がいたため、「かな戦艦シート」を使用した。

6.2.2 アルゴリズムの違いの理解

それぞれのゲームの攻略法を考えることができたか。線型探索、二分探索については、児童生徒が自ら発見することができた。しかし、ハッシュ法検索については、どのようにグループ分けされているかは、中学3年生でも20名中1~2名程度しか気がつかない疑問である。いろいろなヒントを出しながら進めたが、気がつく児童生徒はいなかった。しかし、たくさんの発表があり、それぞれの学年に応じた考えを持ち、真剣に考えている姿が印象的だった。

6.2.3 コンピュータの動作原理へのつながり

戦艦ゲームの考え方は、コンピュータのどのようところで役立っているかがわかっていったか。これが最も重要な問題である。戦艦ゲームがただのゲームで終わってしまうか、情報科学の学習となっているかを問う発問である。

授業で発表したのは中学1年の生徒であった。発表は、「この戦艦ゲームは、コンピュータの中にあるたくさんの情報の中から、必要な情報を効率よく探す方法である」という内容であった。ゲームは、直接コン

ピユータとは結びつかないものであるが、コンピュータ内の検索方法とむすびつけて考えられることがわかった。発表した中学生だけでなく、一部の小学生も気がついている様子であった。気がついていない小学生には、この発表で気づかせることができた。授業では、情報科学の内容に触れた話を出していないにもかかわらず、生徒は自然と情報科学の内容に気がついていくことがわかった。

授業は、お互いにゲームを楽しんでいる様子であった。(図9)



図9 戦艦ゲームの様子

6.3 参加者アンケート

主催者が実施したアンケートによると、授業の印象は15名中15名が○(よい)と回答した。

生徒の感想を紹介する。

- 戦艦ゲームをして、法則を見つけることや、記号にし、絵にかいたのがたのしかったです。(小4)
- 勉強なのにゲームみたいにしてやっていて楽しかった。(小4)
- 最初にやったファックスの方は、よくわかったけど、次にやった「戦艦ゲーム」の作戦が難しかったです。でも、楽しかったです。(小4)
- すごく頭を使いました。最後のゲームのしぐみが難しかったです。2時間あつという間で楽しかった。(小4)
- 戦艦ゲームでいろいろな方法でパソコンが情報を引き出しているなんて知らなかった。(小5)
- 法則がわかれば、すごく簡単だった(小5)
- パソコンのしぐみがわかりやすかった。(中1)

主催者からは、「4回の講座中、最も人気のある授業であった」と連絡をうけた。児童生徒の感想からも楽しみながら学習ができていることがわかる。また、楽しかっただけでなく、思考がともなっていることや情報科学の内容に気づき、情報科学の学習になっていることもわかる。

7. 議論とまとめ

今回の実践を通して、アンブラグドは小学生にも実践可能な教材であることがわかった。また、ゲームができるというだけでなく、情報科学の内容に気づくこともできることがわかった。

今回の実践の場では、子どもの興味・関心を広げ、問題解決能力、創造的思考力、コミュニケーション能力を高めることを目的とする講座にアンブラグドを適用した。問題解決能力や創造的思考力がどのように育ったかは、1回の講座から判断をすることは難しい。しかし、講座での子どもの様子や感想から、興味・関心を広げたり、コミュニケーション能力を高めたりする効果はあったと思われる。

今回の生徒は、能力・技能の優れた子どもたちを特別に集めたのではなく、一般公募で集まった小中学生である。公募に応募した子どもたちであるため、一般の学校の児童生徒に比べ、活動への意欲は高く活発であったかもしれない。しかし、普通の学校とは違い、異校種・異学年の中で、しかも初対面の先生の授業を受けるということで、逆にコミュニケーション活動が難しいとも考えられる。このような中で、子ども達の間だけでなく、授業者と生徒の間のコミュニケーションもうまくとれ、授業が成功したのは、ゲームを通して学習につなげていくという教材の持つ長所が生かされたと考えられる。

小学生段階で、最も大切なことは、興味・関心を育てることであり、幼いときの興味・関心が、人生を左右することも多い。小学生の興味・関心を育てるためには、楽しく学ばせなければならない。表面的な楽しさだけではなく、内面的な思考をともなう知的な楽しさが必要である。アンブラグドは、ゲームを通して楽しく学び、情報科学への探求心を育てるだけでなく、思考力や発想力など内面的な思考ができるすばらしい教材である。

今、「日本では若者の科学への関心が薄れ、いわゆる理科離れが問題となっている現状」がある。この原因の一つは、現在の教育が、原理や本質を考える機会が少なく、探求心を育てていないところにある。ブラックボックス化されたものが多くなり、原理を考えずに使い方を教えることが中心となっているためである。このような使い方の教育をしているだけでは、解決はしない。アンブラグドは、この問題に対する一つの解決策かも知れない。

今後の授業実践については、引き続き中学校の授業の中で進める予定である。一方、小学生を対象とした

実践については、次の2つの場を利用して進めることを考えている。

- (1) 高麗大学(韓国)では、小学生を対象とした「IT英才創意力教室」の中でアンプラグドを利用している。市内の小学校から選抜された生徒に行う英才教育の中の取り組みである。お互いのノウハウを共有しながら、情報を交換して行きたい。
- (2) 日本においては、情報オリンピック日本委員会の活動としてジュニア部門が新設され、アンプラグドを用いて裾野を広げるための活動を行うことになった。この夏に、パートナー企業の施設を利用して、小学生を対象とした「富士通キッズイベント 2008」でアンプラグドのイベントを計画している。

今後、アンプラグドが日本だけでなく世界の初等中等教育実践の場において、大きな役割を果たし、発展していくことを期待する。

謝 辞

今回の授業に学習支援者として参加していただいた、西田知博(大阪学院大学)、鎌田敏之(愛教大学)、保福やよい(神奈川県松陽高等学校)、紅林秀治(静岡大学)、和田勉(長野大学)の各氏に感謝します。

本研究の一部は、平成20年度科学研究費補助金(奨励研究)20908005の補助を受けています。

参 考 文 献

- 1) Tim Bell, Ian H. Witten, Mike Fellows: Computer Science Unplugged - An enrichment and extension programme for primary-aged children, 2005.
- 2) 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>
- 3) 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) .
- 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-CIE-93, Vol. 2008, No.13, pp.49-56, 2008.