

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

井戸坂幸男, 兼宗 進, 久野 靖
松阪市立飯南中学校, 一橋大学, 筑波大学

概要

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「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」という情報教育の手法を用いた授業とその評価を報告する。授業は筆者の一人が中学校「技術・家庭」において実践し、授業で得られた学習カードや前後に実施したアンケートをもとに、授業の評価を行った。また、アンプラグド教材の有効性や情報科学教育の必要性についても言及する。

Evaluation of “Computer Science Unplugged” in junior high school

Yukio IDOSAKA, Susumu KANEMUNE, Yasushi KUNO
Iinan Junior High School, Hitotsubashi University, University of Tsukuba

Abstract

“Computer Science Unplugged” is a new educational approach, in which students learn principal concepts of computer science without computer. One of us have used it in the subject “technologies and home economics” in junior high-school classes. We have evaluated the effectiveness of the classes using study-cards and free description written by the students. In this presentation, we report our experiences and evaluations for the classes, with some discussions on the usefulness of the approach.

1. はじめに

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「コンピュータを使わない情報教育」[1] (以下、アンプラグドと記す)の授業実践とその評価を紹介する。

実践は、中学校「技術・家庭」の「情報とコンピュータ」領域の選択と必修の授業で行った。学年の違う生徒に対して8～10時間の実践を3回行い、授業開発を行ってきた。

以下では、実践授業の紹介と授業を通してのアンプラグド教材の評価について述べる。

2. アンプラグド教材の内容と特徴

アンプラグドは、表1に挙げる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重要な考え方である。しかし、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。

表1 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！	9歳以上	圧縮
4.	カード交換の手品	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ろ	8歳以上	並列処理
9.	マッディ市プロジェクト	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

各章の概要については、[2]でも紹介したが、以下で重要と思われる点を挙げる。

教材を分析した結果、アンプラグド教材には、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】（【 】内は章番号）、子どもファクシミリ【2】、自分の絵を描こう【2】、それ、さつきも言った【3】、戦艦ゲーム【6】、マッディ市プロジェクト【9】がある。章の導入に行くゲームとして、カード交換の手品【4】、20の扉ゲーム【5】、言葉で絵を描かせるゲーム【12】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】、並べ替えネットワーク【8】、みかんゲーム【10】、宝島ゲーム【11】がある。

このように学習の中に「遊び」の要素を取り入れたことにより、遊びながら学べる教材であり、かつ、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、情報科学のなか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順的に考える習慣を身につけていくと考えられる。

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習するよい機会となる。

3. 授業実践の内容

筆者のうち一人は、三重県松阪市立飯南中学校において、アンブラグドを用いた授業を実践した。今回報告する実践と、その前に行った2回の実践の概要を表2に示す。

3.1 授業のねらい

情報科学は、高校の教科「情報」や大学の専門科目として扱われているが、現在の中学校「技術・家庭」では扱われていない。

現在の中学校の授業は、知識の伝授が中心で、暗記中心の学習となってしまう。

表2 実践の概要

第1回 目	2007年1～3月 技術・家庭科の選択授業(全員履修) 中学3年生 16名(少人数クラス)×4クラス 全12章を実践 全10時間程度
第2回 目	2007年4～9月 技術・家庭科の必修授業 中学3年生 12名(少人数クラス)×4クラス 選んだ8章を実践 全9時間程度
第3回 目	2007年9～12月 技術・家庭科の必修授業 中学2年生 19名(少人数クラス)×2クラス 選んだ7章を実践 全8時間

考えるための機会が少なく、思考力の低下も問題となってきた。また、生徒のコミュニケーション能力低下の問題もあり、友達が作れなかったり、うまく会話ができなかったりする生徒も見られる。

そこで、授業のねらいを「思考力や発想力の育成」と楽しいゲームを通しての「コミュニケーション能力の育成」とした。

指導上の留意点としては、アンブラグドは、最初のゲームは簡単で小学生にも理解できるように作られているが、最終的な内容は高度で専門的な内容も多い。そこで授業では、「どの内容をどのレベルまで扱うか」ということが問題になる。情報科学の専門知識を教えるのではなく、そのもとになっている本質や原理を考えることに重点を置くことにした。本質を考えるということは、技術・家庭科のねらいである「生活を工夫し創造する能力の育成」とも関わるところである。情報科学の原理や本質をゲームを通して考えていく中で、思考し、発想し、工夫する力が育成できると考えた。

3.2 指導計画

アンブラグドから7つの章を選び、およそ1章1時間の配分で授業を計画した(表3)。章の選択の観点を以下に示す。

- ・コンピュータの仕組みを学習する要素の強いもの。数学的な要素よりも技術的な要素の強いもの。
- ・学習内容の専門性が、中学生でも理解できるやさしい内容のもの。
- ・生徒が興味をもつと思われる内容のもの。

第4時は、テキスト中に出現する重複した文字列を図示して表現する方法で、圧縮を図5のようなワークシートで学習する。その後、図6のような圧縮されたものを復元するワークシートを使った。まとめでは、データ保存だけでなく通信においても重要であることも考えさせた。

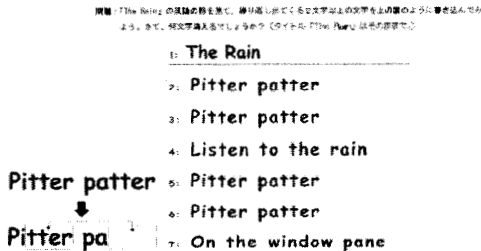


図5 重複文字を図で書き込むワークシート

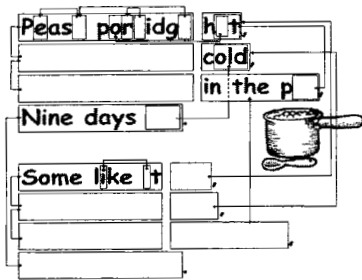


図6 圧縮されたものを復元するワークシート

第5時は、最初にパリティ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図7のようなカード交換の手品から入る。この導入では、何度も手品を見ることにより手品のしくみを発見させた。この手品からパリティを考えさせた。続いて書籍のISBNを計算する自作ワークシート(図8)を用意し、実際に計算をして確かめた。また、ISBNだけでなく日常よく目にするバーコードについても解説した。

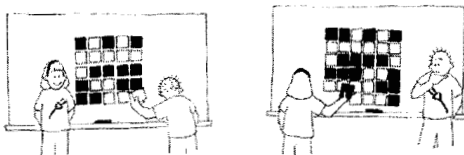


図7 カード交換の手品

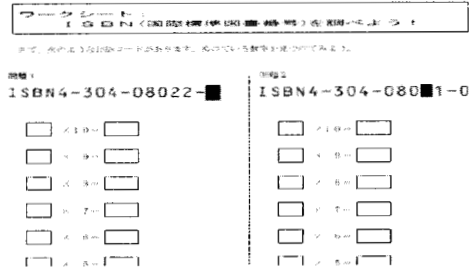


図8 ISBNを計算する自作ワークシート

第5時までは、コンピュータのしくみや原理に関する発明的な要素が強く、技術科として適した部分を選んだ。第6時以降は、体験型のゲームがあり、中学生でも思考を深めることができる内容を選んだ。

第6時は、最初に2人組で相手の船を当てる戦艦ゲーム(図9)から入った。線形探索、二分探索、ハッシュ探索の3種類のワークシートが用意されているが、生徒にはどのように数字が並べてあるかは知らせず、数の規則性に早く気がついた者が勝利できるようにゲームを行ったため、たいへん盛り上がった。まとめでは、それぞれの探索方法について、長所・短所を考えた。

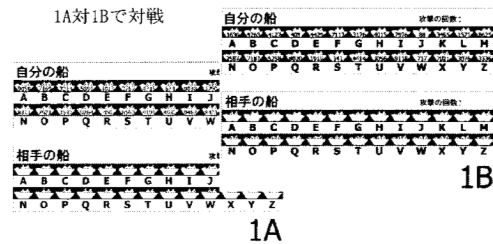


図9 戦艦ゲームのワークシート

第7時は、生徒を円形に座らせ、両手に持ったみかん(ピンポン球で代用)を全員が自分のみかんを手に入れるまで交換するみかんゲーム(図10)を行った。ネットワークにおけるデッドロックや輻輳、ルーティングを学習する内容であるが、授業ではみかんゲームのみを扱い、どのように交換すれば効率がよいかという思考力とグループで協力するコミュニケーション力の学習とした。情報科学の内容としては扱うに至っていない。

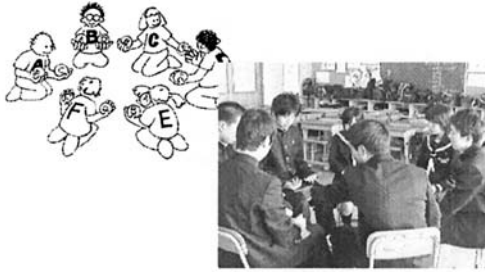


図10 みかんゲーム

第8時は、バラバラの値のカードを持った生徒が床に描かれた線をたどって歩くと、最終的に整列された並びになることを体験する(図11)。その後、ネットワーク図を自分で考える自作ワークシート(図12)を使った。コンピュータにおける整列の並列処理を扱う内容であるが、コンピュータ内での並び替え方法(ソート)の学習として扱った。ここでは、コンピュータは一度に2つの数値を比較することしかできないが、ハードウェアによっては同時に処理することができるなど、コンピュータの仕組みの理解につなげる話をした。

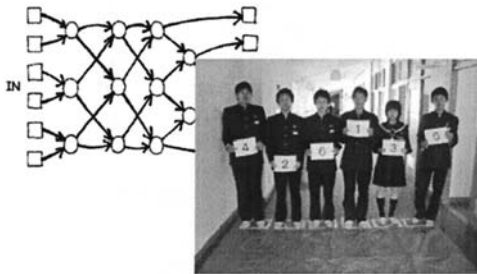


図11 並び替えネットワークシート

応用問題B: 上のネットワーク図を参考に5個×4個「並び替えネットワーク図」を作ってみよう。

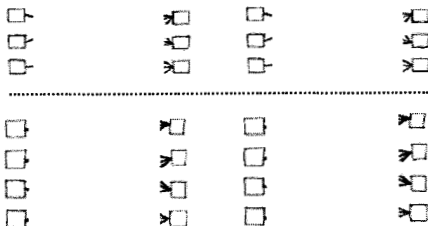


図12 ネットワーク図を考える自作ワークシート

4. 学習カードと授業の分析

本節では、学習カード、授業での生徒の様

子から授業を分析する。

4.1 授業での楽しさ・難しさ・思考

学習カードには、毎時間ごとに、楽しさ・難しさ・思考を5段階で評価したものを書かせた。各指標の平均の推移を図13に示す。

以下に、この結果を感想の記述や授業での生徒の様子から考察する。

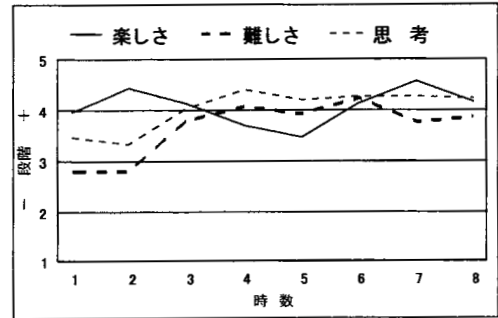


図13 各授業での楽しさ・難しさ・思考の平均値

4.2 授業の分析

第1時、第2時で扱ったファクシミリの原理は、学習内容も簡単でゲームの内容も楽しく感じていることがわかる。この結果から、簡単に楽しくできる章であることから、導入教材としてふさわしいことがわかる。

第3時の2進数については、難しく感じ、楽しいと評価した生徒も減っている。これは、10進数を2進数に変換したり、その逆など、計算を扱う内容が多く、数学の時間のような学習になってしまったためであると考えられる。しかし、個々の生徒を調べると、「楽しくなかった」を選んだ生徒はほとんどいなかった。2進数のカードやワークシートが工夫されており、楽しく感じる場所もあったからであると思われる。

第4時のテキスト圧縮では、楽しさが下がり、難しさ・思考が高くなっている。圧縮されたものを復元するワークシート(図6)は、楽しんでいる生徒は多かったが、英語の文章の中から文字が重複している部分を見つけ、図示していくワークシート(図5)は、記入方法が複雑でわかりにくいこともあり、難しく感じる生徒が多かった。

第5時は、全授業の中で楽しさの値が最も低い授業である。カード交換の手品は楽しく考えられたが、その後に用意した自作のISBNを計算するワークシート(図8)が数学の計算練習のような課題であったため、楽しく感じられなかったようである。「計算が難しかった」という感想が多かった。

第6時の戦艦ゲームは、難しく、思考を必要とするが、楽しく感じるという評価になっている。授業後のアンケートでも2番目に印象に残る授業であった(表12)。難しい内容であるが理解できる程度であり、理解できた満足感・成就感を感じていることが感想からわかった。

第7時は、デッドロックやルーティングを学習するというよりは、みかんゲームで考えるという内容であった。情報科学のどのような面を扱ったかと問われると困るところであるが、授業後のアンケートから1番印象に残る授業であることがわかった(表12)。みんなで協力して課題を解決することや与えられた課題が生徒にとって適切なレベルであったこともあり、しっかり考えながら楽しめる授業であったようである。そのため、楽しさの平均値も最高値を示している。

第8時は、並び替えネットワークシートを体験することは楽しくできたが、その後に用意したネットワーク図を考える自作ワークシート(図12)が難しかったようである。難しくわからなかったという感想も多かった。

4.3 楽しさの性差・学力差・技能差

次に「楽しさ」の平均値に着目して、男女による違い、学力(定期テストの点数)による違い、PC(パソコン)の実技技能差による違いを調べた。その結果、男女による違い(表4)に傾向があることがわかった。さらに、事後アンケートでの印象に残る学習を調査した結果(表5)でも確認した。

男子が楽しいと感じるゲームは、第6時の戦艦ゲームであり、女子が楽しいと感じるゲームは、第2時のFAXゲームであることがわかった。

表4 男女別 楽しさの平均値

時数	扱ったゲーム【章】	男子	女子	差
第1時	FAXゲーム【2】	3.7	4.3	0.6
第2時	FAXゲーム【2】	4.5	4.4	0.1
第3時	二進数【1】	3.9	4.3	0.4
第4時	テキスト圧縮【3】	3.8	3.6	0.2
第5時	カード交換の手品【4】	3.6	3.3	0.3
第6時	戦艦ゲーム【6】	4.4	3.9	0.5
第7時	みかんゲーム【10】	4.5	4.6	0.1
第8時	シートで並び替え【8】	3.9	4.4	0.5

・男子19名、女子19名

表5 男女別 印象に残る学習調査(人数)

時数	扱ったゲーム【章】	男子	女子	差
第1,2時	FAXゲーム【2】	5名	10名	5
第6時	戦艦ゲーム【6】	11名	7名	4
第8時	シートで並び替え【8】	4名	5名	1

・アンブラグドの印象に残る学習(表12)を男女別で集計

また、学力(定期テストの点数)による違いを調べると、学力の高い生徒の方がすべての面で楽しさの段階が高い傾向があった。これは、学力の高い生徒ほど意欲的・積極的に取り組む傾向があり、数値が高くなっていると思われる。この差は、アンブラグドに限らず、どの教科でも同じ差が出る可能性がある。

PCの実技技能差(文字入力の手速等の実技能力の差)による違いは、はっきりとした傾向は見られなかった。

5. アンケートの結果と考察

アンブラグドの学習の前後にアンケートを実施した。以下に、結果の一部を紹介する。

5.1 事前・事後アンケート結果

事前・事後での共通の項目は、教科の好き嫌い、暗記学習の好き嫌い、思考学習の好き嫌い、パソコン授業の好き嫌い、の4項目であった。その中で、事前・事後の結果に傾向が見られたものは、思考の好き嫌い(表6)である。事後では、「どちらでもない」が減少し、「好き」「嫌い」とはっきりと答えた生徒が増えている。

表6 思考(考える)の好き嫌い
質問:あなたは、「思考する(考える)」ことが好きですか。

選択肢	事前(%)	事後(%)
ア. 好きな方	6名(16.2)	10名(26.3)
イ. どちらでもない	25名(67.6)	18名(47.4)
ウ. 嫌いな方	6名(16.2)	10名(26.3)

アンブラグド授業の好き嫌い(表7)では、嫌いな生徒は誰もいなかった。

PCとアンブラグドの好き嫌いの比較(表8)では、PC好きとアンブラグド好きが、ほぼ均等に分かれた。思考の好き嫌いやPC操作の得意不得意とは相関はなかった。

コンピュータの原理への興味(表9)では、興味を持った生徒が全体の約1/3であった。

ものの見方や考え方の変化の調査(表10)では、変化した生徒が全体の約1/3もいる。

表7 アンブラグド授業の好き嫌い
質問:あなたは、アンブラグドの授業が好きですか。

選択肢	人数(%)
5. 好き	5名(13.2%)
4. 好きな方	22名(57.9%)
3. どちらでもない	11名(28.9%)
2. 嫌いな方	0名(0.0%)
1. 嫌い	0名(0.0%)

表8 PCとアンブラグドの好き嫌いの比較
質問:あなたは、PC(パソコン)を使う授業とアンブラグドの授業とどちらが好きですか。

選択肢	人数(%)
ア. どちらも好き	8名(21.1%)
イ. アンブラグドが好き	14名(36.8%)
ウ. PC(パソコン)が好き	16名(42.1%)
エ. どちらもきらい	0名(0.0%)

表9 コンピュータの原理への興味
質問:アンブラグドの授業を受けて、コンピュータの仕組み(原理)に対して興味は持ちましたか。

選択肢	人数(%)
ア. 興味をもった	13名(34.2%)
イ. 興味を持たなかった	6名(15.8%)
ウ. どちらでもない	19名(50.0%)

表10 ものの見方や考え方の変化
質問:アンブラグドの授業を受けて、ものの見方や考え方に変化はありましたか。

選択肢	人数(%)
ア. 変わったと思う	12名(31.6%)
イ. 変わらない	4名(10.5%)
ウ. わからない	22名(57.9%)

※変わったと思うことの記述(一部)

- ・コンピュータを使うときに、いろいろ考えながらするようになった。
- ・コンピュータのしくみが少しわかった。
- ・今、一番興味があるものが「電話」で、どういしくみで相手の話し声が聞こえるのかと考えるようになった。

表11 意識調査

質問:次の中で自分の考えと同じものは、□にチェックを入れてください。

チェック項目	人数(%)
<input type="checkbox"/> ゲームが楽しかった。	32名(84.2%)
<input type="checkbox"/> ゲームはつまらなかった。	0名(0.0%)
<input type="checkbox"/> 考えることがおもしろかった。	24名(63.2%)
<input type="checkbox"/> 考えることはつまらなかった。	3名(7.9%)
<input type="checkbox"/> コンピュータの仕組みに興味をもった。	9名(23.7%)
<input type="checkbox"/> コンピュータの仕組みは知らなくてもいい。	4名(10.5%)
<input type="checkbox"/> 人といっしょに作業したい。	21名(55.3%)
<input type="checkbox"/> 自分一人でやりたい。	4名(10.5%)

※チェック項目は、自由選択にしたため、チェック漏れがあり、対になっている項目の合計が生徒数にならない。

表12 アンブラグドの印象に残る学習
質問:アンブラグドの学習で一番印象に残っている学習は次のどれですか。[選択は3つ以内]

選択肢	人数(%)
第7時 みかんゲーム【10】	29名(76.3%)
第6時 戦艦ゲーム【6】	18名(47.4%)
第1,2時 FAXゲーム【2】	15名(39.5%)
第8時 シート上で並び替え【8】	9名(23.7%)
第4時 テキスト圧縮【3】	4名(10.5%)
第5時 カード交換の手法【4】	4名(10.5%)
第3時 二進数【1】	2名(5.3%)

自分の考えと同じものにチェックを入れる意識調査(表11)では、「ゲームが楽しい」「考えることがおもしろい」「人といっしょに作業したい」と考える生徒がほとんどで、アンブラグドの特徴が現れている。

アンブラグドの印象に残る学習の投票結果(表12)は、ひとりで学習するワークシートより、グループで学習するゲームに人気が集まる傾向がある。

5.2 アンケートの考察

思考の好き嫌い(表6)が、事後にはっきりと分かれる傾向を示したのは、アンブラグドによる影響が考えられる。授業中の生徒の態度でも、思考することが好きになっていく生徒と思考することが嫌いと思表示する生徒がいる。普段の授業では考える体験をしたことがない子どもたちが、この授業で初めて考える体験をし、自分の興味関心に影響を与えていることがわかる。

アンブラグド授業の好き嫌い(表7)は、大

半の生徒が好きであると感じている。これは、意識調査(表11)の結果と併せて考えると、「ゲームが楽しかった」「考えることがおもしろかった」「人といっしょにやりたい」ことが理由となっていることがわかる。

コンピュータの原理へ興味(表9)は、興味を持った生徒が全体の約1/3である。ゲームやワークシートがコンピュータの原理がつかいながらなかった授業もあったため、少なかったと思われる。多くの生徒がコンピュータの原理に興味をもてるような授業を考えていかななくてはならない。

ものの見方や考え方の変化(表10)では、変化した生徒が全体の約1/3もいる。たった8時間の授業で見方や考え方に影響を与えることは非常にすばらしい。これがアンプラグドの最大の長所でもあると思われる。

アンプラグドの印象に残る学習の投票結果(表12)は、1位…みかんゲーム、2位…戦艦ゲーム、3位…FAXゲーム、である。これは、楽しさの平均(図13)で高い値を示している3つであり、この実践の前に3年生で行った第2回目の実践での学習カード(表13)でも同じ傾向を示している。

表13 学習カード(楽しさ評価) (%) 第2回実践より

扱ったゲーム【章】	4	3	2	1
1. FAXゲーム【2】	55.3	38.8	5.8	0.0
2. テキスト圧縮【3】	39.1	45.7	15.2	0.0
3. カード交換の手法【4】	34.0	48.9	17.0	0.0
4. 二進数【1】	41.7	43.8	12.5	2.1
5. 戦艦ゲーム【6】	56.5	41.3	2.2	0.0
6. シート上で並び替え【8】	46.8	40.4	8.5	4.3
7. みかんゲーム【10】	67.4	28.3	4.3	0.0
8. マッピー市プロジェクト【9】	39.1	47.8	13.0	0.0
9. 宝島【11】	62.9	31.4	5.7	0.0

・4:楽しい,3:楽しい方,2:楽しくない方,1:楽しくない

6. まとめ

今回の実践では、「思考力や発想力の育成」をねらいにしたが、生徒の感想には、ものの原理や本質を考えるきっかけとなったり、深く考える態度を身につけるきっかけとなったとの記述が多くあった。アンプラグドは、授業で深く考える習慣をつけたり、情報科学の新しい発見から発想力を身につけたりと、今

の教育を変えていくひとつの教材になりうると思われる。また、「コミュニケーション能力の育成」についても、グループで学習するゲームに人気が集中したことから、有効であったと考えられる。

アンプラグドの最大の魅力は、よく考えられたゲームであり、このゲームによって生徒は授業を楽しく感じ、意欲的に学習に取り組む。しかし、これだけで1時間の授業を成立させるのは難しい。高校や大学における情報の専門教科においては、導入に使うことにより、大きな効果が期待される。しかし、現在の中学校「技術・家庭」のカリキュラムにはアンプラグド教材が扱っている情報科学の内容はない。中学校で扱われていない理由は、はっきりとはわからないが、もし、情報科学の内容が難しすぎるために中学生には理解が困難であると判断されていたとすれば、このアンプラグド教材によって解決できる可能性がある。情報科学にふれさせ、ものの原理や本質を考えることは教育の本質とも関わって重要なことである。初等中等教育のできるだけ早い段階で考えさせ、ものの見方を育てることは大切である。

今回の授業実践では、最初のゲームと学習課題が結びつかなかったり、課題がコンピュータの仕組みや原理を扱う内容ではなく、数学的な内容になってしまっているところもあり課題も多い。中学生に必要な情報科学の内容を精選し、生徒が克服できる難易度の課題を設定したり、無理のない授業の流れなど指導内容・指導法も工夫していく必要がある。

今後もアンプラグドを使った授業を研究し、子どもの科学的な思考力や発想力を育てていきたい。

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. (兼宗進ほか訳: 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.)
- [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)論文集, Vol. 2007, No. 6, pp. 5-10, 2007.