

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 13 日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24501200

研究課題名(和文) 情報基礎教育におけるCSアンプラグド教材の開発

研究課題名(英文) Development of CS-Unplugged Learning Materials in Basic Education of Informatics

研究代表者

小川 仁士 (OGAWA, HITOSHI)

県立広島大学・経営情報学部・教授

研究者番号：60259926

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、情報基礎教育において情報技術の基礎を容易に理解できるように、CS(Computer Science)アンプラグドの考え方を活かした新たな教材を開発した。具体的には、「コンピュータウイルスの波及と防御」、「オペレーティングシステムの記憶管理」、「オペレーティングシステムのタスク管理」、「LANのメディアアクセス制御方式」について学習するCSアンプラグド教材を開発し、実験授業および公開講座などで有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：In this research, several new Learning materials were developed using CS (Computer Science) unplugged way of thinking in order to understand a basis of information technology easily in the basic education of informatics. Specifically, the CS unplugged learning materials learned about "the spread and the defense of a computer virus", "memory management of an operating system", "task management of an operating system" and "media access control methods of LAN" were developed. The validity was confirmed by some experimental and open classes.

研究分野：情報技術教育

キーワード：情報技術基礎教育 CSアンプラグド 教材開発

1. 研究開始当初の背景

学士課程における情報基礎教育では、現代の高度情報化社会を生き抜くための、情報技術に関する確かな知識や実践力を涵養しなければならない。

それゆえ、学内外における学習環境ならびに演習環境を整備し、モチベーション向上のための施策として資格取得支援を行うなど、これまでいろいろな手を打ってきた。

研究代表者は、県立広島大学の全学共通教育部門の情報分野担当主任を務めており、平成 17 年度より現在に至るまで、研究分担者らとともに、例えば、学習・教育支援環境の整備、資格取得支援の取組みなどを行ってきた。その結果、授業内容および資料を標準化することにより、授業担当教員間あるいは学部学科間に潜在していた格差の是正や、情報系学科における資格取得率の大幅な向上を達成することができた。

しかしながら、情報技術の基礎的知識についての理解度に関しては、学生間の個人差を依然として埋めきれないのが現状である。特に、数学・理科が苦手な学生が多く在籍する文系の学科では、もともと授業自体が理系の学習内容を多く含むため、利用されている技術や方法論を細部まで理解することに、しばしば困難さを伴う。また、場合によってはその困難さが障害となり、学習意欲を低下させる原因ともなり得る。

『CS アンプラグド』とは、ニュージーランドのカンタベリー大学准教授のティム・ベル博士の著書「Computer Science Unplugged」で紹介された教授法(学習法)である。2進数による情報表現、並べ替えや探索のアルゴリズム、ネットワークや通信のしくみなどのコンピュータの基本原則を、小学生から分かりやすく学ぶことができるメソッドを紹介している。この手法ではコンピュータを使わずに身近な教具を用い、学習者が体験を通して自ら考えながら情報科学を理解していくという、アクティビティ重視型の教授法(学習法)をとっている。

上記著書は日本国内でも、2007年に当時一橋大学総合情報処理センター助教授で、現在は大阪電気通信大学教授の兼宗進博士によって監訳され、今では初等中等教育で情報教育に携わる学校教員に広く活用されている。

本学においても、平成 22 年度の教育ネットワーク中国主催の高大連携公開講座(8/17 実施)で、高校生向けに『CS アンプラグド』を使った模擬授業を行ったところである。その結果、確かに学習者の理解を促進させたり、関心を高める効果が見られたが、アクティビティに費やす時間が長過ぎる、対象年齢が低く設定されているためか内容が単純化され過ぎている、というような問題点を感じた。

2. 研究の目的

本研究では、このような背景から、この『CS

アンプラグド』の考え方に基づきつつも、高等教育機関における情報基礎教育に必要な、網羅的で体系化された情報技術の基礎的知識の修得を目的として、実際の授業で利用できる学習者の理解および関心を高める教材を、新たに開発することを考えた。

本研究で新たに開発する教材は、以下に挙げる点でオリジナルの『CS アンプラグド』教材とは使用方法や使用目的が異なり、それゆえ既存の『CS アンプラグド』教材を、そのまま流用することはできない。

- 学部 1 年生が対象(対象年齢: 18 歳～20 歳程度)
- 1 コマの授業の中の一部で実施できる程度のコンパクトさ(所要時間: 30 分以内を目標)
- 知識の体系化を意識(例えば、異なる手法を比較して理解できるような教材)

以下に、現時点で開発計画中の教材をいくつか挙げておく。なお、これらは情報基礎教育におけるコンピュータ演習では、体験学習させることがいずれも困難あるいは不可能なものである。

- 公開鍵暗号方式(ただし、情報秘匿と電子署名が同時に学べるもの)
- 仮想記憶方式(ページリプレースメント方式の違いが学べるもの)
- アドレス指定方式(各方式の違いが学べるもの)
- 割り込み処理(ベクター割り込み、タイマー割り込みが学べるもの)
- 経路制御方式(RIP, OSPF の違いが学べるもの)
- 関数呼び出し(レジスタ退避、バンク切り替えが学べるもの)

3. 研究の方法

本研究では、研究期間の初年度から上に挙げた教材を含めできるだけ多くの教材を開発し、順次実験授業を行うことで、教材の見直し及び改善を行う。また、その様子をデジタルビデオカメラで撮影し、アクティビティの進め方などの評価についても録画映像を確認しながら行う。研究期間の 2 年目以降は、改善済みの教材を実際の授業で活用していく。教材導入の効果については、学習者に対して授業評価のアンケート調査および理解度チェックを行い、主観的評価と客観的評価の整合性を統計的に分析する。授業の様子はデジタルビデオカメラで撮影し、公開できる形式でアーカイブする。研究の成果については、学会発表やホームページを作成することにより学内外に公表する。

初等中等教育の現場が学習内容の焦点化、量より質を目指すことにより、高等教育においては、量の確保(挽回?)および断片化された知識の体系化が、いっそう必要になって

くる。本研究の成果は、これらの問題点を克服するために重要な方法論となり得る。また、他機関と情報交換を密に行うことで、さらに有効性を発揮できると考えられる。

4. 研究成果

研究期間を通して開発した CS アンプラグド教材の主なものは以下の通りである。

(1). コンピュータウイルスの波及と防御を学習する教材

本教材は、プレイヤー同士で通信し合いデータを集めるボードゲーム形式の教材になっている。これは、サイコロとくじを使い通信を行っていくアンプラグドな教材である。通信の中でコンピュータウイルスが発生し感染が広まっていく様子や、悪意はなくともウイルスが蔓延していく様子などを体験的に学習できるようになっている。学習内容とゲーム内での動作の関連を表 1 に示す。

表 1. 学習内容とゲーム内での動作の関連

学習目的(学習する内容)	
(1)	データ伝送の中でウイルスが発生する
(2)	1つのウイルスから感染が拡大する
(3)	ウイルス発症までのデータの状態
(4)	ウイルス感染(感染しない場合もある)
(5)	ウイルス除去(除去できない場合もある)
(6)	ウイルスチェックの必要性

ゲーム内での動作	
(1)	1ターン終了ごとにウイルス投入
(2)	「赤」データ発生時に他データの危険度上昇
(3)	「白」「黄」「橙」「赤」4種の状態
(4)	75%の確率でウイルスが発生(42%の確率で防御可能)
(5)	任意で実行するウイルスチェックにより50%の確率で除去
(6)	「赤」データが2つ以上になるとペナルティ(危険なデータが増えると通信を拒否される場合もある)

ゲームに用いる道具を図 1 に示す。プレイヤーは 5 人としている。1. ボード、2. サイコロ(2 個)、3. 駒(4 色)、4. カード、5. 通信用くじ(10 本)、6. 封筒(5 通)、7. ウイルス投入用くじである。

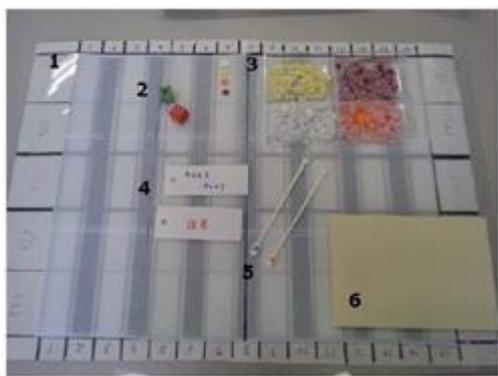


図 1. ゲームに用いる道具

ゲーム進行の手順を以下に述べる。

①通信の順番を決定

じゃんけんなどで最初に通信する人(A)を決定し、以下の順(B~E)を時計回りに決

定する。初期データ 5 つとウイルスチェックカード 3 枚を予め入れておいた封筒を各自に配布し、初期データに対応したボード上のマス内に白い駒を貼る。以後、通信でデータが増える毎に該当するマスに駒を貼り、集まったデータ数や状態を表現する。

②A から順に通信

各自の状況に合わせて、次の(ア)、(イ)、(ウ)のうち、何れかの行動を選び実行する。ただし、細かな作業については、図 2 中に記載する。

(ア)通信せずウイルスチェックを行う

ウイルスチェックカードを持っている場合、他プレイヤーとの通信を行う代わりに、カードを消費して、ウイルス除去を試みる事ができる。

(イ)他プレイヤーと通信する

通信用くじを引き、くじに書かれた相手を持つデータを受信する。「赤」状態のデータを受信する場合には、ウイルスチェックカードを消費し、他データへの感染被害の防御を試みる事ができる。防御に成功した場合は、他データは被害を受けず、受信したデータは「赤」のまま保持される。失敗した場合やウイルスチェックカードを持っていない場合は、他データの危険度が一つずつ上昇する。

(ウ)通信を拒否する

通信拒否カードを持っている場合は、(イ)でくじを引き通信相手と受信データが決定した後であっても、カードを消費して、通信を拒否する事ができる。データの受信は行われず、次のプレイヤーの番となる。

③ウイルス投入

5 人全員が通信あるいはウイルスチェックを終えた所で、1 人のプレイヤーがウイルス投入用くじを引く。番号が書かれたくじが引かれた場合、その番号のデータがウイルス発症の対象となる。対象となるデータを持っているプレイヤーは、順番にサイコロを振って、出た目に従い本当にウイルスが発症したかどうかを確定する。ウイルスが発症した場合は、他のデータの危険度も一つずつ上昇する。以降は、②~③の手順を繰り返す。

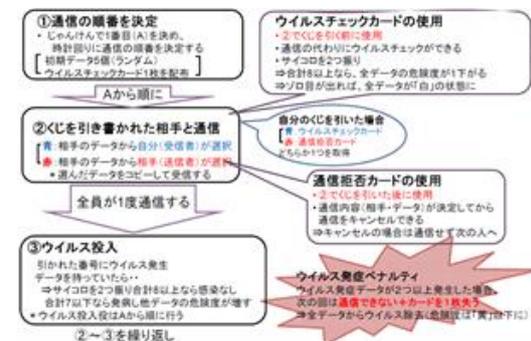


図 2. ゲーム進行の流れ

教材の有効性の検証については、大学生を対象とした実験授業や高校生を対象とした公開講座、および教育学的視点などから本教

材を用いたアクティビティを評価した。

・実験授業および公開講座による評価

実験授業では、プレイヤーにゲームの目的である学習内容を口頭で説明し、それが体験を通じて理解できたかゲーム後のアンケートで調査した。ゲームが何を学ぶものか(目的・主旨)が理解できたかという設問に対し、ゲームに参加した5人中2人は「とても解る(5段階中5)」と回答した。残り3人は「解る(5段階中4)」と回答し、「ゲーム後に補足説明を加える事でより具体的に理解できると感じた」という意見が得られた。

公開講座を実施した後のアンケートでは、授業を通じて学んだ内容や感じた事について、「ウイルスの怖さが目に見えて解った」、「ウイルスは身近になり、一度感染するとなくすのは大変だと解った」、「自宅のPCのウイルス対策を確認したい」といった意見が得られた。また、受講生14人中12名から、コンピュータウイルスへの理解が深まったという回答が得られた。(2名は無記入)

・教育学的視点からの評価

教育学的視点から見ると、本研究で開発したCSアンブレグド教材は「教具」と位置付けられる。教具の機能として、学習内容について学習者の理解を促進させる点では有効であったと確認された。

(2). LANのメディアアクセス制御方式を学習する教材

① トークンパッシング方式

本教材を使用したアクティビティは、6人1組で行う。図3のような模型などの道具を用いて、電車をトークン、線路をデータの伝送路、駅をネットワークに接続されたコンピュータに見立て、A~Fの駅の位置にプレイヤーが1人ずつ座り、データのやりとりを疑似体験しながら目的である数字のカードを集めていく。ゲームが一通り終了したら、トークンパッシング方式のメリットとデメリットについてグループで話し合いながら考え、発表する。表2に本教材の学習目的と、それに対応するアクティビティ内でのプレイヤーの主な動作を示す。

表2. 学習内容とゲームでの動作の関連

学習目的(学習する内容)	
(1)	データの送信とその条件
(2)	トークンの状態の変化
(3)	データの中断
(4)	データの受信と受信確認の送信
(5)	受信の確認
(6)	トークンパッシング方式のメリットとデメリットの理解
アクティビティ内での動作	
(1)	"F"の旗がついた電車が自分の駅に来たらリクエストメッセージの送信を行う。
(2)	メッセージを付いたら"F"の旗を外し、宛先と送信元の書いてある旗をつける。
(3)	自分宛てのメッセージでなければ電車を止める次のプレイヤーへ返す。
(4)	自分宛てのメッセージは中身を確認し、必ずシールを貼る。リクエストされた数字のカードを持っていれば電車に載せる。
(5)	送信元のプレイヤーはシールが貼ってあるのを確認し、数字のカードが載っていれば受け取る。その後、旗を"F"に戻す。
(6)	一通りのゲームを終えたら、他のプレイヤーと方式のメリットとデメリットを考える。



図3. 使用する道具

② CSMA/CD方式

本教材を使用したアクティビティは、1回目は3人、2回目は6人1組で行う。図4のようなカードとシートを用いて、各プレイヤーがデータを送信するコンピュータ役となる。ターンごとに各自が自分の場にカードを集めてゆき、目的であるA,B,Cの3種類全てのデータの送信を目指す。こちらも、ゲームが終了したらグループでCSMA/CD方式のメリットとデメリットについて考える。表3に教材②の学習目的とアクティビティ内でのプレイヤーの主な動作を示す。

表3. 学習内容とゲームでの動作の関連

学習目的(学習する内容)	
(1)	通信経路の状態の確認
(2)	データの送信
(3)	コリジョンの発生と再送
(4)	CSMA/CD方式のメリットとデメリットの理解
アクティビティ内での動作	
(1)	他のプレイヤーと同じタイミングにならないようにデータカードを3枚揃える。
(2)	カードを揃えたらデータの送信を行う。
(3)	他のプレイヤーも同じタイミングで送信しようとした場合、双方のカードは破棄されて山に戻り、また1枚目から揃えなおす。
(4)	一通りのゲームを終えたら、他のプレイヤーと方式のメリットとデメリットを考える。



図4. 使用する道具

2回の模擬授業とアンケート調査による評価を受け、今回開発した2つの教材は情報技術の基礎的な仕組みや理論についての理解を深め、更に情報を学ぶことへのモチベーション向上へと繋がるようなCSアンブレグド教材であることが確認できた。そこで、これらの教材を高等学校や大学の実際の情報基礎教育の現場で活用すると仮定し、授業提案を行った。具体的には、高等学校の共通教科情報における科目『社会と情報』、大学の全

学共通教育科目中の情報科目『情報科学入門』における各1コマ分の授業設計を行った。

今後の研究の方向性としては、教材の利用を通じ CS アンプラグドそのものへの関心を高め、例えば、情報科教員を目指す学生の自己啓発を促すような「発展性を内包した教具」を指向した教材開発を行っていくことなどがあげられる。さらに、教育現場での教材活用についての提案を実際に検証し、更に使いやすい教材へ昇華させる作業や、現場で情報教育に携わる人材への教材の公表などが課題として挙げられる。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計6件)

- ① 小川仁士, 福岡久雄, OS のタスク管理を学習する CS アンプラグド教材の開発, 情報処理学会第 78 回全国大会, 2016 年 3 月 10 日, 慶應義塾大学矢上キャンパス (東京都・)
- ② 小川仁士, 佐々木宣介, 宇野健, LAN のメディアアクセス制御方式を学習する CS アンプラグド教材の開発, 情報処理学会第 77 回全国大会, 2015 年 3 月 19 日, 京都大学吉田キャンパス (京都府・)
- ③ 小川仁士, 宇野健, 佐々木宣介, 情報基礎教育における CS アンプラグド教材の開発 - OS のメモリ管理機能を学習するゲームの製作 -, 情報処理学会第 76 回全国大会, 2014 年 3 月 13 日, 東京電機大学東京千住キャンパス (東京都・)
- ④ 小川仁士, 佐々木宣介, 宇野健, 情報基礎教育における CS アンプラグド教材の開発 - コンピュータウイルスの波及と防御を体験するゲーム制作 -, 情報処理学会第 75 回全国大会, 2013 年 3 月 8 日, 東北大学川内キャンパス (宮城県・仙台市)

[その他]

ホームページ等

<http://cs-unplugged.pu-hiroshima.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小川 仁士 (OGAWA, Hitoshi)
県立広島大学・経営情報学部・教授
研究者番号：60259926

(2) 研究分担者

宇野 健 (UNO, Takeshi)
県立広島大学・経営情報学部・准教授
研究者番号：20305783

佐々木 宣介 (SASAKI, Nobusuke)
県立広島大学・経営情報学部・准教授
研究者番号：20326424