

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03007

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・地域創生学部・教授

研究者番号：60259926

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000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、「公開鍵暗号方式（双対な鍵の性質が学べるもの）」、「コンピュータの割り込み処理」、「情報システムの認証技術」について学習するCSアンプラグド教材を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、これまでに「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公表して来た。今回、新たに開発した3つの教材は、より実現が困難であった学習テーマや近年の情報技術に関する内容を探り上げ実現したという点で学術的進歩があったと考えている。

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 "Public Key Cryptography (can learn about the nature of dual keys)", "Interrupt Processing in Computers", "Authentication Technology in Information Systems".

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

様式 C-19、F-19-1 (共通)

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。

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してい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。

本研究では、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。

具体的には、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『CS アンプラグド』の考え方に基づく教材開発とそれらを利用した授業設計を行い、実験授業を通して有効性を評価していく。

2. 研究の目的

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づれも困難あるいは不可能なものである。それゆえ、アンプラグドな教材で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学習過程が必須である。

- 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）
- 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）
- 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）
- 認証技術（知識要素・所有要素・生体要素による認証とセキュリティ強化が学べるもの）

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するための研究計画・方法については、以下のとおりである。

- ① 教材は、研究代表者が開発する。また、教材の開発と同時に授業設計も併せて行う。
- ② 開発した教材は、実験授業で評価し改善する。また、その様子をデジタルビデオカメラで撮影して評価に用いる。
- ③ 改善済みの教材は、実際の授業で活用し評価する。また、その様子を撮影し記録に残す。
- ④ 授業および教材の評価は、学習者からのアンケート調査および映像データの分析を通じて行う。また、実際の授業では学習者の理解度チェックも併せて行う。
- ⑤ 研究成果をまとめ、ホームページや学会発表、論文誌等で公表する。

なお、本研究期間中に新型コロナウイルス感染症が国内外でまん延したため、②～④についてはほとんど未実施の状況である。また、⑤の研究成果の公開についてもホームページでの紹介に留まっている。

4. 研究成果

研究期間を通して開発したCS アンプラグド教材は以下の通りである。

(1). 公開鍵暗号方式を学習する教材

本教材は、公開鍵暗号方式の利用における情報秘匿とデジタル署名の違いを学習するためのものである。具体的には、「鍵の双対性（閉めた鍵と双対となる鍵以外の鍵では開けることが出来ない性質）」を直感的に学習できる教具を考案し、3Dプリンターで制作し活用することを考えた。

教材に用いるパーツを図1に、組み立てた教具を図2にそれぞれ示す。

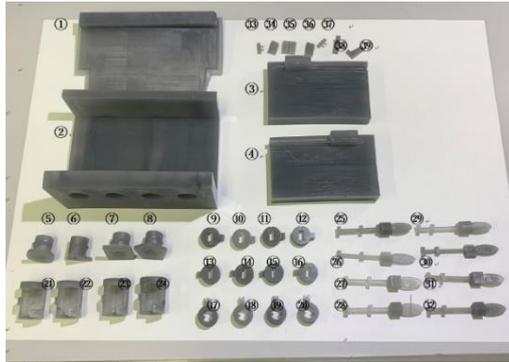


図1 パーツ一覧

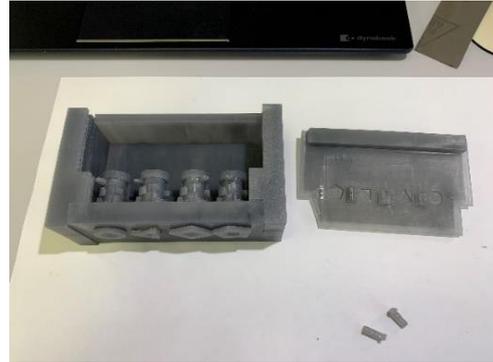


図2 組み立てた教具

図3と図4に鍵の双対性を実現する仕組みをそれぞれ示す。

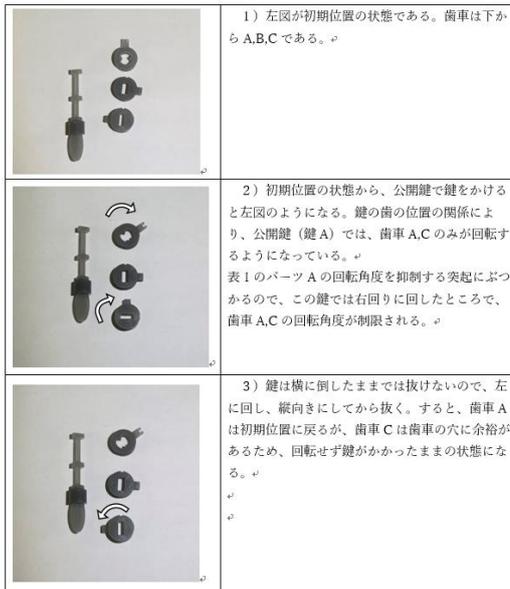


図3 一方の鍵で施錠する仕組み

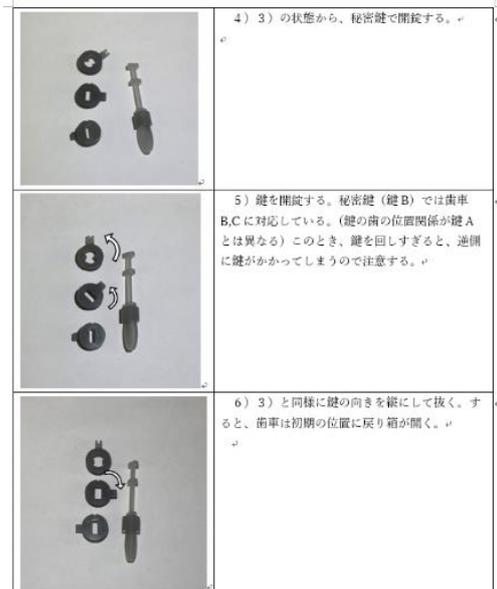


図4 他方の鍵で開錠する仕組み

図3では、一方の鍵（公開鍵とする）で右に回し施錠して、鍵を元の位置に戻し引き抜くことで鍵がかかったままになることを示している。図4では、図3の状態では他方の鍵（秘密鍵とする）を差し込み左に回し開錠できることを示している。秘密鍵で施錠する場合は、左側に回して施錠する。元に戻すと鍵がかかったままになる。その状態で公開鍵を差し込み右に回せば開錠できる。

なお、本教材を用いた授業の設計および模擬授業は行っていないので、今後それらを行い、教具の有効性を検証する必要がある。

(2). コンピュータの割り込み処理を学ぶ教材

本教材は、CPUが処理するタスクの状態遷移における割り込み処理を学習するためのものである。具体的には、トランプとサイコロおよび紙で作製したゲームボードを利用し、対戦形式の利用することで体験的に学習できる教具を考案した。

タスクの状態遷移を図5に、ゲームに用いる道具を図6にそれぞれ示す。

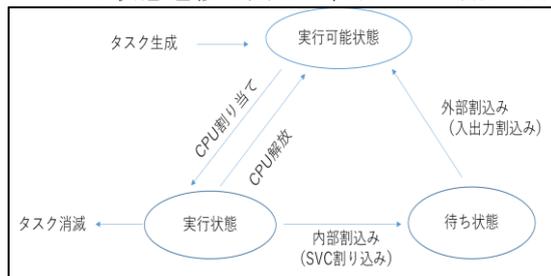


図5 タスクの状態遷移



図6 ゲームに用いる道具

プレイヤーは、他のプレイヤーよりも早く自分のタスクを終わらせ、かつ依頼されたタスクも終わらせることができれば勝者となる。その過程で学習者は、割り込み処理の流れを感覚的に理解する。以下に、道具、ルール等を述べる。

【ゲームで使用する道具】

- ①タスクカード（ゲーム①では 20 枚ずつ、ゲーム②では 10 枚ずつ）
- ②トランプ（3 人で行う場合は 3 つのマークのカードだけ使う）
- ③サイコロ
- ④ゲームシート（上のマスから「未処理のタスク」「処理済みのタスク」「依頼して帰ってきたタスク」「依頼されたタスク」）

【ゲーム①のルール】

（※印は 2 番手以降の人の作業）

◎準備

- ・3～4 人組を作る。（3 人の場合、マークは 3 つだけ使う）
- ・1 人 1 枚ゲームシートを手元に置く。
- ・担当するトランプマーク、順番を決める。
- ・ゲームシートの「未処理のタスク」に自分のタスクカードを 20 枚並べる。
- ・場にサイコロ、トランプ(伏せた状態)を置く。

◎ゲーム開始

※「依頼して帰ってきたタスク」がある場合は、それを「処理済みのタスク」にする。

- ①サイコロで、処理できるタスクの数を決める。
- ②他人から依頼されているタスクがある場合は、それを優先的に済ませ、相手にその場で返す。

※返されたタスクは、シートの「依頼して帰ってきたタスク」のマスに置き、自分のターンが来たら「処理済みのタスク」のマスに移動する。

- ③②で返したタスクの数は処理できるタスク数に含まれる。よって、差し引いたタスク数だけトランプを引く。

※依頼されたタスクの数より、サイコロで出した目が少ない場合は、「依頼されたタスク」の一番左の古いタスクから処理をしていく。処理を終えたら随時、左詰めにしていく。

- ④引いたトランプのマークを見て、そのマークの人にタスクを依頼する。自分のマークの場合、自分で処理するため「処理済みのタスク」に置く。

- ⑤これを繰り返し、早くタスクが終わりかつ依頼されたタスクも終わらせた人の勝ち。このゲームが実際の割り込み処理の何を表しているのかを説明する。

【自分のタスクを相手に依頼する】

状態から待ち状態への SVC 割り込みを表現

【相手に依頼したタスクが自分に帰ってくる】

待ち状態からの実行可能状態への入出力割り込みを表現

【依頼して帰ってきたタスクは自分のターンになったら処理済みのタスクにする】

待ち状態か実行可能状態を経由して実行状態へ行くタスクの流れを表現

【ゲーム②のルール】

ゲーム①の「依頼して帰ってきたタスク」がある場合は、それを「処理済みのタスク」にする、を「依頼して帰ってきたタスク」がある場合は、タスク毎に 1 回ずつサイコロを振り、出た目が偶数なら「処理済みのタスク」へ、奇数なら再び「未処理のタスク」へ移動するに変更する。

これは、依頼して帰ってきたタスクも、再び CPU によって処理が続行されるかもしれないことを再現する。

学習の目的は、割り込み処理の流れを理解することと、割り込み処理の必要性を知ることである。授業は、60 分を想定し、開発した教材、ワークシート、授業スライドを用いて行い、最後にアンケートを記入してもらい今後の改善を行うものとする。授業スケジュールを表 1 に示す。

表 1 授業スケジュール

段階	時間	項目
導入 (7 分)	7 分	概要説明
展開 (40 分)	5 分	ゲーム導入・説明
	15 分	ゲーム実施 ゲーム①
	20 分	ゲーム実施 ゲーム②
まとめ (13 分)	8 分	補足説明・まとめ・質疑応答
	5 分	アンケート

なお、本教材を用いた模擬授業は行っていないので、今後それらを行い、教具の有効性を検証する必要がある。

(3). 情報システムの認証技術を学ぶ教材

本教材は、情報システムの主体認証に使われている 3 つの認証要素（知識要素、所有要素、生体要素）について学習するためのものである。具体的には、紙と鉛筆を用いた対戦形式のゲームを考案し利用することで体験的に学習できる教材を開発した。以下に、道具、ルール等を述べる。



図7 ゲームに用いる道具

【ゲームで使用する道具】

- ①各ゲームで使用するカード
- ②鉛筆、消しゴム
- ③得点記入用の用紙

【総合ルール】

- ①知識による認証の「ID認証ゲーム」、所有による認証の「マトリクス認証ゲーム」に勝つことで得る得点を最も集めた人の勝ち
- ②プレイヤーにはゲーム進行をする管理者、管理者を騙して不正利用する人狼、それ以外の平民という役職がある。
- ③勝ち点は、管理者と平民が1点、人狼は2点。負け点は、管理者が-1点、人狼と平民が0点。
- ◎準備
 - ・5人組を作る（5人以上になる場合は、平民カードを1枚増やす）

【ID認証ゲームのルール】

- ①配られた9束の中から1束選び、その束から人数分のカードを1枚ずつ配る。
- ②管理者には5種のIDとパスワードの組み合わせが、平民には管理者カードに載っている組み合わせの中から1種の組み合わせが載っている。人狼には管理者の持つ組み合わせを含んだ10種の組み合わせが載っている。（パスワードリストを用意していることを模擬している）
- ③管理者はゲーム開始時に名乗り出て、管理者がプレイヤーを指名してIDとパスワードを言わせる（確認する）。
- ④指名されたプレイヤーは手元にあるカードの中から言われていない一つの組み合わせを選んで、宣言する（認証を受ける）。（平民は1種しか持っていないので、それを言う）
- ⑤管理者は手元のカードを確認し、宣言された組み合わせがあるかを確認する。
- ⑥人狼は管理者を騙しきれば勝利、平民と管理者は人狼を発見すれば勝利となる。
- ⑦これを時間が来るまで繰り返す。

【マトリクス認証ゲームのルール】

- ①基本的な進め方はID認証ゲームと同じ
- ②管理者と平民には、1~10とa~jのアルファベットの組み合わせが載ったカードが、人狼にはその中からアルファベットが穴抜きされたカードが配られる。
- ③管理者は指名する際、手元のカードの番号に対応するアルファベットを聞き出す。（指名は2周する）
- ④人狼は管理者を騙しきれば勝利、管理者と平民は人狼を見つけ出せば勝利となる。
- ⑤これを時間が来るまで繰り返す。

【顔認証ゲーム】

- ①今までのゲームと進め方は同じ
- ②管理者には顔の特徴が文字で記され、平民と人狼には顔の絵が描かれているカードが配られる。
- ③管理者が人狼を見つけ出せばゲーム終了。

それぞれのゲームでは、認証の三要素それぞれについて、現実に用いられている利用例を細部に拘ることなく重要な部分をゲームの中で再現するように作成した。

なお、本教材を用いた授業の設計および模擬授業は行っていないので、今後それらを行い、教具の有効性を検証する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

県立広島大学 - 情報技術基礎教育のページ
<https://cs-unplugged.pu-hiroshima.ac.jp>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------