Vol.2021-CE-160 No.5
2021/6/5

コンピュータサイエンスアンプラグドをオンラインで実施するための工夫とその試行結果

宿野部啓太[1]　神田玲奈[1]　和田勉[1]

概要:対面での接触を伴わずインターネットを通じてコンピュータサイエンスアンプラグドを用いた授業を行うために、各参加者が画面越しにコミュニケーションを取りつつ学習を進めることが出来る手順の考案を試みた。例えば参加者が実際にカードを裏返し法則性を探す「カード交換の手品」では、カードを裏返す役割を専任とする裏方役を一人加えることでネットワーク越しの実現を可能とした。このように既存の「学習」に手を加え、参加者が同じ空間にいなくとも進行できるようにしたものを 5 つ提示する。

キーワード：コンピュータサイエンスアンプラグド, オンライン学習, 二進法, FAX ゲーム, カード交換の手品, 2 次元パリティ

Modifying Computer Science Unplugged activities for teaching in online environment and its experimental result

Keita SYUKUNOBE[1]　Rena KANDA[1]　Ben Tsutom WADA[1]

Abstract: In order to conduct classes using Computer Science Unplugged via the Internet without face-to-face interaction, we devised a procedure that allows each participant to communicate with each other through the screen while studying each CS Unplugged Activities. For example, in the "Card Flip Magic" where a participant actually turn over the cards to find the rule being adapted to it, we added a backstage person who is dedicated to the role of turning over the cards. It will make it possible to do this Activity over the network. We will present five examples of such modifications to existing Activities, which will allow participants to proceed them who are not in the same room.

Keywords: Computer Science Unplugged, Online Learning, Binary Number, Colour by numbers, Card Flip Magic, Two-dimensional Parity

1. はじめに

新型コロナウイルスの影響を受け社会の様相は大きく変化しているが、教育現場においてもパソコンやインターネットを利用し対面での接触を避ける手法が採られるようになった。筆者（宿野部、神田ともに学部学生）は大学でのプロジェクト研究（ゼミ）の活動を通して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）というものを知ったが、ワークシートなどを用いることも多いこの学習法をオンラインの環境で実施することは出来ないかと考えた。

尚、以下の内容は CS アンプラグドを教える立場の人に向けてという想定で作成したため、オリジナル[1]と共通する各プログラムの細かい説明などは省略した。

1 長野大学
Nagano University

2. オンライン向けに工夫した CS アンプラグド「学習」の提案

オンライン向けにするにあたって、既存の CS アンプラグドを実際に試行し、その中からオンライン化に適していそうなものをいくつか抜粋した。以下の 5 つである。

- 点を数える（2 進法）
- 色を数で表す（FAX ゲーム）
- カード交換の手品（二次元パリティ）
- 20 の扉（情報量）
- 戦艦（探索アルゴリズム）

これらの CS アンプラグドを、「Zoom」や「Google Meet」などのビデオ会議サービスを介して実践できるように、既存の手順に手を加えるなどした。5 つのうち 2 つに関しては実際に被験者を用意してオンラインで実施してみた。それに関しては以下で「(**試行実施済み**)」と記し、3 にその結果を述べた。なおそれ以外の 3 つに関しても対面での実施は行なっている。

ⓒ 2021 Information Processing Society of Japan

なお、特定のビデオ会議サービスをとくに前提とはしないが、「ブレイクアウトルーム」のような個別のルームを用いる学習もあるので、それと同じ機能があるものが望ましい。以下で教える側を実施側、教わる側を被験者と呼ぶことにする。実施側、被験者はそれぞれ別の場所で学習をすることを前提とする。

他の CS アンプラグドのオンライン化も試みたが、試行の際、現在サポートが終了している Adobe Flash Player を用いたサイト[2]で試行したものが多く、それに代替するものが必要だと考え時間の都合も加味し今回は研究の対象外としている。

2.1 点を数える

実施側 1 人、被験者 1~2 人を想定。
実施側・被験者ともに 1,2,4,8,16 の 5 種類のカードを用意する。カードは既存のテンプレートをプリントアウトしたものでもよいし、手元にある紙とペンで制作した簡易的なものでもよい。

実施側はカードを操作し 1~31 の数字を順番に作っていき、カードの点の数とカードの裏表を結び付け二進数の仕組みを説明する。被験者は実施側と同じように手元のカードを操作し、カードを裏返すだけで自在に数が作れることを理解してもらう。慣れてきたら被験者にカードの裏表から数字に、またはその逆ができるか試行させ、さらに理解を深めさせる。

[1]では 5 人の被験者一人一人に異なるカードを持たせ、目標の数字を表現できるように試行錯誤させるが、オンラインで個々が別の環境にいる状況だとそれができない。しかし、この手法ならそれが実現でき、被験者も少ない人数からできる。コンパクトになるぶんレクリエーション性に欠けてしまうのは課題点でもある。

2.2 色を数で表す

実施側 1 人、被験者 1~2 を想定。

この学習は、与えられた絵あるいは被験者自身が描いた白黒画像を、ランレングス符号化により、数の列になおし、それをまた画像に復元する、というものである。

実施側はホワイトボードを、被験者はワークシート（例題、6×6 の空白のマス目・数字の記入欄が二つずつ書かれたもの）と筆記用具を用意する。

実施側はホワイトボードを用い、白と黒の二種類のピクセルで構成された絵が数で表現できることを説明する。その後、簡単な例題を用いて、被験者に絵を数に直してもらう。実施側は答え合わせをし、被験者が理解できているかを確認する。大方の説明ができたら、以下の過程を試行する。

- 被験者同士で二人一組をつくる。（被験者が一人の場合は実施側と。）
- 被験者はそれぞれ空白のマスに自由に絵を書き、それを数字に直す。
- 両方の被験者が書き終わったら、被験者 A（以下 A）が被験者 B（以下 B）に数のみを声に出して言う。B は数を記入欄に書き取る。A がすべての数を言い終わったら、同様に B が数を声に出して言い、A が書き取る。
- 時間をとり、お互いが聞き取った数から絵にあらわす。
- 完成した絵を見比べ、間違いがないか確認する。

[1]で行われていたものとおおまかな部分は変わらないが、「お互いの紙を交換する」過程をオンライン向けにするにあたって「数のみを声に出す」過程に変更した。そうすることで対面とほとんど変わらない状況を作ることができ、なおかつ「対話」というコミュニケーションを加えられる。

2.3 カード交換の手品

実施側 1~2 人、被験者 2~3 人を想定。

実施側は裏表で色の違うカード 36 枚を用意する。

[1]ではホワイトボードなどの上に、5×5 の表裏色の違う正方形のカードを貼り、それに 2 次元パリティを付加し、実施者が見ていないところで被験者に 1 枚を裏返してもらい、それを実施側が当てる、という手法がとられている。

しかし、対面でないことにより、「被験者がカードを裏返せない」「実施側が後ろを向いていると証明できない」などの問題点がある。実施側が傍に助手（実施側に見えないよう被験者から指示を仰ぎ、カードを裏返す役目をこなす人）を用意し、二人体制で行うことが出来れば最もよいが、それが出来ない可能性もじゅうぶんにある。以下では、実施側が助手役を用意できない場合を想定し、被験者の中から「協力者」になってもらい学習を進める。実施側は手元に 36 枚のカードを用意し、協力者・被験者の指示に従ってカードを置くことやカードを裏返すことに終始する。

前段階として被験者の中から一人選び、Zoom の「ブレイクアウトルーム」などを利用し個別に『（実演して見せながら）このように 5×5 にランダムで並べられたカードを、他の人があなたに見えないように 1 枚裏返す。しかしあなたは事前に縦と横が偶数になるようにカードを追加しておくことで、それを見抜くことが出来る。』というように説明をする。

説明が終わったら他の被験者と合流し、画面に 5×5 にカードをランダムに並べたところから開始する。協力者の指示で、実施側は追加のカードを置いていく。ブレイクアウトルームを利用して協力者を隔離させる。他の被験者に「彼はきっと見抜いてくれるでしょう」などと説明しながら、裏返すカードを 1 枚選ばせる。実施側はその指示の通りに手元のカードを動かす。再度入室した協力者が、裏返したカードを当てる。被験者に、どうして当てることが出来たのか推理をさせる。

「実施側に見えないように被験者がカードを裏返す」という対面では当たり前に出来る工程が画面越しでは出来ない。協力者が仕掛け人としての役割を理解出来るかどうかが、実現の是非を分ける。リモートで行う場合には対象年齢が高めとなるかもしれない。生徒に協力者をやってもらう場合その生徒の考察する機会を減らすことにならないよう、説明の仕

方に工夫することが求められる。

2.4 20 の扉（試行実施済み）

実施側 1 人、被験者 1 人を想定。

「はい」「いいえ」で答えられる質問を複数回繰り返すと、想像以上の情報の量を持たせられることを実感してもらうことが目的。[1]の手順のままでも問題なく実施出来るが、ここではインターネット上のアクティビティを利用することを提案する。

有名ではあるが、キャラクターや実在の人物を当てる「アキネイター」というサイト[3]はその利用度からも精度/範囲ともに申し分ない。子供への馴染みやすさという面でも適している。マイナーな人物でも「人工知能」が言い当てることが出来ることを体感してもらう。最終的には「二択の質問でも圧倒的な個数の候補の中から正解を探し出せる（＝情報の量の多さ）」という結論にきちんと着地させることを忘れないようにしたい。

元々が文章のやり取りで成立する項目のため、チャットや通話機能を利用する場合でも特段の苦労なく実現可能だと感じる。オンライン環境で実施する場合にはよりスムーズにサイトなどを利用出来ると考え、この「学習」ではインターネット上のアクティビティを提案した。

2.5 戦艦（試行実施済み）

実施側 1 人、被験者 2 人を想定。

実験前に準備として実施側は被験者に戦艦のシートのデータをメールなどで送り、被験者にプリントアウトもしくは紙に書き起こしてもらう。なおシートはすべて、戦艦 A～Z に付されている数が昇順に並んでいるものを用いる。

ここでは主に「二分探索法」を用いてコンピューター内で行われている検索のしくみを取り上げる。ここでは、被験者がより気づきを得やすくするために「戦略」という要素を取り入れた。

まず、コンピューター内では速やかに情報を探すためさまざまな方法が用いられているということを説明する。その後、被験者で二人組をつくる。

- 被験者 A（以下 A）と被験者 B（以下 B）は、自分のゲームシートの戦艦の 1 つを丸で囲む。
- 丸で囲み終えたら、お互いに自分が丸をした戦艦に記されている番号を伝える。
- ここで実施側が被験者にゲームの説明をする。
- A と B で先攻を決める。
- 1 ゲーム目は被験者が自分で考えた方法（アルゴリズム）でゲームを進める。先攻から交互に、アルファベットを相手に伝えて相手の戦艦を探す。被験者のどちらかが相手の戦艦を見つけるまで繰り返す。

1 ゲームが終わったら、次は実施側が与えるアルゴリズムでゲームを行なってもらう。実施側はブレイクアウトルーム機能を用いて A,B それぞれに次のゲームで使う「戦略」（アルゴリズム）を伝えて、A,B はそれに従って次のゲームを行なう。

別のゲームシートを用いて新たにゲームを始める。被験者は伝えられた「戦略」通りにゲームを進める。「戦略」を用いたゲームは合計３セット実施する。

4 ゲームを終えて、どの戦略が早く、確実に見つけられたかを考える。また、1 ゲーム目の攻撃の仕方はどの戦略に相当するか、考える。

「戦略」は 3 種類用意する。

「ランダムに探そう」

「A から順番に探そう」

「M か N から攻撃して、そのアルファベットが相手の戦艦の数字より大きかったら G、小さかったら T を攻撃しよう…（以下略）」（すなわち 2 分探索法）

の 3 つ。

「戦略」を用いてさまざまな攻撃方法を経験することで、効率的な探し方への気づきを得ることが目的である。ゲームシートは A～Z に付されている数字の分布が極端に偏っているもの（例えば C 以降が付されている数がすべて 9000 番台である）などいくつかのパターンを用意し、ゲームにバラエティを持たせたい。

3. 試行とその結果

ここまでの 5 つの「学習」のうち、「20 の扉」と「戦艦」は知人の協力を得て実際にオンラインでの試行ができた。他の 3 つの CS アンプラグドは、工夫したものが滞りなく作用するか感染対策を行ったうえで対面での試行を行ったが、オンラインでの試行は未だ出来ていない。

3.1 「20 の扉」の試行とその結果

被験者は大学学部二年生 2 名。Zoom を使用した。

YouTuber の企画などにもよく使われる『アキネイター』[3]を用いたが、非常にマイナーな作品のキャラクターでも『アキネイター』はピタリと言い当ててくる。被験者の反応からして、レクリエーションの要素に関してもうってつけということを再認識した。そして、二択の質問で膨大な候補から正解を導き出す機能は、この項目で伝えたいこととやはり完璧に合致している。

Zoom のチャット欄でリンクを張れば各自の画面で簡単に体験してもらえるので、全体を通してスムーズに進行することが出来た。

3.2 「戦艦」の試行とその結果

被験者は大学学部二年生 2 名。Zoom を使用した。

被験者を a, b とする。4 ゲームすべて違うワークシート（A～Z に付されている数は 4 ゲームとも昇順にならんでいる）を用いた。結果は以下のようになった。

＜1 回目＞

被験者に自由に攻撃してもらう。

a が先攻。

a は、A から順番に攻撃し 5 回目に攻撃成功。

b も a と同じく A から順番に攻撃。20 回目に成功。
＜2 回目＞
a にはランダムに攻撃するように指示。
b には二分探索法で攻撃するよう指示。
b が先攻。
b は 4 回目で成功。
a は 13 回目で成功。
＜3 回目＞
a には A か Z どちらからか順番に一つづつ攻撃していくよう指示。
b にはランダムに攻撃するよう指示。
a が先攻。
a は 14 回目で成功。
b は 22 回目で成功。
＜4 回目＞
a には二分探索法で攻撃するように指示。
b には A か Z どちらからか一つづつ攻撃していくよう指示。
b が先攻。
b は 3 回目で成功。
a は 1 回目で成功。

a, b ともに、二分探索の方法が早く、確実だという感想になった。コンピューター内では、整列（ソート）されている情報の中からより早く見つけるために二分探索法が用いられている、ということを説明し、理解してもらえた。

オンラインというかたちにもかかわらずとくに滞りなく進行できた。カメラを使う必要もなく、会話でのコミュニケーションもとれるためオンラインに適したアンプラグドのひとつだと感じた。

4. 実験の評価

今回取り上げたアンプラグドをオンライン向けにするにあたり、「対面でしかできないことをオンラインでもできるようにする」だけでなく、「対面でない状況であっても、より理解しやすくする」「指導者の一方的な教育（一方的な講義）にならないようにする」ということを重視し研究を進めた。

たとえば、「戦艦」では「戦略」という要素を加えた。これは、昨年度前期のプロジェクト研究（ゼミ）の過程で「戦艦」の二分探索法についての学習をしたとき、自身でその発想に至ることができなかったことから着想を得た。「戦略」は被験者に最適解としてそのまま出すのではなく、あくまでヒントとして作用することを期待して取り入れている。

「カード交換の手品」では、「参加者がカードを裏返すこと」「その間協力者はカードを見ることが出来ていないということを皆が把握できる状態」を前提とする内容であったが、カードの状態の操作を専門の役割とする人を用意するというアイデアで、参加者たちが一堂に会さなくとも実現可能であるということを提案出来た。

しかし「カード交換の手品」は初期の方に作成した項目であり、同様のクオリティで作業を進めていきたいと考えていたが、その後に扱ったプログラムでは思うようにオンラインの環境にルールを落とし込むことが出来ず、非常に苦労した。内容の質も下がっていってしまったようにも感じられるので、少し残念に思う。

5. おわりに

今回は 5 つのアンプラグドをオンライン向けにしたものを提案した。本来、指導者と生徒側で向かい合うことを想定して作られたものをオンライン化するのは難しくもあったが、試行していくうえで意図を伝えることが出来たときは喜びを感じた。本研究は新型コロナウイルスによる感染対策をきっかけにしたものだが、ウイルス禍が収束した後でも「離れた場所（遠隔教育）での CS アンプラグド教育」としてこれからも発展させていきたい。

謝辞

本研究の実験で協力してくださった長野大学企業情報学部学生の石榑八真斗さん、仲村実祐さんに心からの感謝を申し上げます。

参考文献

[1]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. ISBN978-4-904013-00-7
[2]間辺広樹,“海の近くの情報教室”. http://www.info-study.net/.（最終閲覧日 2021 年 5 月 11 日）
[3]Arnaud Megret , “アキネイター”. https://jp.akinator.com/ (最終閲覧日 2021 年 5 月 11 日)

ⓒ 2021 Information Processing Society of Japan