

初学者向けアンプラグドプログラミング教育 に関する研究

阿知波 康祐¹ 松本 慎平² 加島 智子^{1,a)}

概要 : 2020 年の小学校プログラミング教育必修化に向けて様々な取り組みが行われている。本研究では初学者向けとしてコンピュータを使用せずに考え方を学ぶアンプラグドのプログラミング教育に注目し、研究を進めている。様々なイベントを通して初学者にプログラミングに興味関心を持たせ、プログラミングの基礎知識を、遊びを通して学ばせることを目的としている。小学生に実施した体験イベントを通して教育効果の評価を行う。

キーワード : アンプラグドプログラミング, CS アンプラグド, 初学者, プログラミング教育, 教育効果

A study on unplugged programming education for beginners

KOSUKE ACHIWA¹ SHIMPEI MATSUMOTO²
TOMOKO KASHIMA^{1,a)}

Abstract: In today's Japan, various educational efforts are being made toward compulsory elementary school programming education starting in 2020. In this research, we focus on unplugged programming education for beginners to learn the basic concept of programming without using a computer. The purpose is to make beginners interested in programming through an event to experience the way of thinking in programming and to learn basic knowledge of programming through play. This paper evaluates the educational effect through a programming event conducted for elementary school students. The analysis result showed the usefulness of our learning material.

Keywords: Computer Science Unplugged, CS Unplugged, Beginners, Learn Programming,

1. はじめに

2020 年の小学校プログラミング教育必修化に向けて様々な取り組みが行われている[1]。その中で、近年コンピュータ科学者のように考えること、すなわち、問題を抽象化・分析し、それに基づき問題解決を自動化するための手順を作る際の思考過程として概ね一般的に了承されている Computational Thinking [2,3](以降, CT)という考え方が注目されている。CT はデジタルトランスフォーメーション時代の問題解決全般において専門家に限らず万人に必要な能

力として位置付けられている。CT はプログラミングの副次効果として観察される場合が多いため[4], CT の促進にはプログラミング学習が不可欠と認識されがちであるが, CT はプログラミングに限定されない。それゆえ, 一般大学生などを対象としプログラミングとは別の形で CT 促進の手法が提案されその有効性が示される[5]。近年, CT の促進を目的とした様々な取り組みが推進されている。その中のひとつに, コンピュータサイエンスアンプラグド(以降, CS アンプラグド)と呼ばれるコンピュータを使わずに情報科学を教えるための学習法[6,7]を採用した教材開発がある。

¹ 近畿大学

Kindai University, 1 Takaya Umenobe, Higashi-Hiroshima City,
Japan

² 広島工業大学

Hiroshima Institute of Technology, 2-1-1 Miyake, Saeki-ku,
Hiroshima, Japan

a) kashima@hiro.kindai.ac.jp

本研究では、CS アンブレラドを用いて文部科学省が示す、プログラミング教育の手引きにある”学習活動の分類の一つにプログラミング的思考の育成やプログラミングの働きやよさへの気付き等”を達成するための初学者向けアンブレラドプログラミング教育に関する取り組みを提案し評価を行う。

2. プログラミング的思考とは

プログラミング的思考とは、自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せをどのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に考えていく力と定義されている[2,3]。我々は、これらは4つの要素を含んでいると考える。どのような動きの組み合わせか大きな目的から小さな一つ一つの要素に「分解」を行うこと、目的に応じて必要な性質を取り出す「抽象化」を行い、類似の性質や関係性を見出す「一般化」、そして各要素の組み合わせを考える「組み合わせ」である。組み合わせには順次、繰り返し、条件分岐が含まれると考える。また、これらの一連のプログラミング的思考を学習することにより、身近な生活でコンピュータが活用され、問題解決に必要な手順があることに気がつくことにより、「知識・技能」が身につく、一連の活動をじつげんするためにどのように組み合わせれば良いか「思考力・判断力・表現力」が身につく、コンピュータの働きをよりよい人生や社会作りに生かそうと考えることで「学びに向かう力・人間性」などの資質や能力が育成されたと考える。

これまで、2003年からの高等学校共通教科情報が情報A, B, C から2009年からの社会と情報、情報と科学を経て情報I, IIへと移り変わる中で、小学生へのプログラミング教育をどのような位置づけは「児童が情報手段に慣れ親しむ」という考えから「コンピュータで文字を入力するなどの基本的な操作や情報モラルを身につけ…」と具体的な内容へ変更されプログラミングを学ぶことを見据えて小学校3年生の国語ではローマ字の指導も盛り込まれている。高等学校の共通教科情報の変更の反省点である操作は覚えてもじっくり物事を考えることができなかった点を踏まえ、初学者である小学校におけるプログラミング的思考を養う指導の重要性は大きいと考える。また、心理学者ピアジェの認知発達理論[8]から人間の発達段階において小学生低学年(7歳から11歳)は具体的操作期(Concrete operational stage)と考えられ、この段階から論理的思考を獲得し始めるとされている。抽象的なことや仮設についてはまだうまく考えることができないとされている。よって、プログラミングにおける命令という抽象的な事柄を理解する前段階としてアンブレラドプログラミングにより、具体的に手で操作をし、命令

というコードをタンジブルユーザインタフェースにより命令を直接手で触れて操作することで、コンピュータに行わせたい処理手順を論理的に考える力を育成させることが可能となる。

3. 提案する学習内容

本研究において小学生を対象としたプログラミングイベントを実施する。イベントの中で楽しく遊ぶ課程においてプログラミングに対する興味関心を引き出し、プログラミング的思考を身につけることができるか評価を行う。

本研究では、先行研究の知見を踏まえ、プログラミングカー[9]を用いる。コーディングは命令マグネットを用いて行う。コマを手動にて動かすことで命令を実行させる。1マス前に進むを何度も使うことで繰り返し同じ動作を行うことの大変さも実感させる。命令の本質がつかめたら、次にプログラミングカーを用いて命令タグ(タンジブル)を組み合わせコーディングし、車を自動で動かし、命令の実行を行う。

(1) 学習内容

コンピュータの命令、特に順序の概念を学習する。アンブレラドプログラミングで行うが、はじめは紙のコマやマグネットを用いて手動にて命令の実行を行う。次に、命令の実行を自動させるためプログラミングカー[10]にて実施する。実施内容はストーリー性を用いて行う。体験する小学生が勉強を感じずストーリー性を持たせることによりゲームに近い感覚で楽しめるよう工夫を行う。具体的なストーリーは主人公が宝探しをして多くの宝を集めるという内容である。宝を集めるために様々な道を通るが、途中、岩で通れない道がある。ツルハシを獲得すれば岩を砕くことができ、通行することが可能となる。また、途中で配置される「? (はてなマーク)」では運によるゲーム性を取り入れている。よって、戦略要素と運要素により楽しめる学習内容としている。

具体的な内容は大きく4つの内容となる。具体的なイベント当日の流れは以下の通りとする。

1. 説明を聞く

- (ア) 順次の説明、使えるコマンドの確認を行う(前へ1マス進む, 左を向く, 右を向く)。
- (イ) 繰り返しの説明、条件なし繰り返し(関数)を行うことにより同じ動作の繰り返しを簡略化できることを学ぶ。
- (ウ) 分岐の説明、フローチャートの分岐について確認を行う。もし、ツルハシを持っているなら岩を砕くことができ道が通れる。そうでなければ岩がある道は通れない。という条件とする。

2. コマを動かす
 - (ア) ミニゲーム（コーディング）を複数行う．命令マグネットを並べてコマ手で動かし移動させる．スタートから宝を取ってゴールを目指す．自分で作成した命令を，コマを用いてすごろくゲームのように手動で実行する．
 - (イ) 繰り返しや条件を加えてゲームを行う．
3. プログラミングカーの利用方法について説明を聞く
プログラミングカーへの基本的動作について確認を行う．電源の入れ方，命令の入力方法，実行方法，プログラムの消し方などについて学習する．
4. プログラミングカーを動かす
 - (ア) 2 の内容についてプログラミングカーを用いて手動から自動化させる．
 - (イ) 最終ゲーム：グループを作り対戦ゲームを行う．宝に対してポイントを与え，ポイントが高いチームが勝ちとする．

(2) 学習に用いる教材

本研究で用いる教材について説明する．学習内容の 1, 2 で用いるものは図 1 に示す．左上にあるものがコマである．小学生，特に空間認知能力が低い 1 年生には進行方向に対して左右が混乱するためコマに左と右を記入して混乱を避ける．下に配置しているものは命令マグネットである．ホワイトボード上にマグネットを配置してコーディングを行う練習を行っている様子である．人数が多い会場ではマグネットは用いずシールを貼る作業に変更している．



図 1 命令（マグネット）とコマ（手動で実行）

学習内容の 3, 4 で用いる教材は図 2 に示す．図 2 に示されるものはプログラミングカーである．命令タグを本体に近づけることにより命令を読み取ることが可能となる．プロ

グラミングカーはタブレットやパソコンを用いずタンジブルインタフェースを採用したプログラミングを学ぶおもちゃである．この機器に対応するマップ（図 3）を作成して実験を行う．マップの作成は子供たちも参加してマップを作るため事前に付箋を準備しておき，子供たちが貼り付けた者である．



図 2 プログラミングカー



図 3 プログラミングカーを動かすマップ

(3) 評価

提案内容に対する被験者の評価方法について具体的に 3 つの評価法を提案する．

- (ア) イベント実施により，プログラミングの命令の一つである順序を理解したか確認を行う．フローチャートを示し命令による結果を正確に予測できるか確認し，その能力の測定を行う．評価方法は，イベントの前後にプログラミングのドリル 5 問を用いてテストを行い成績の変化を評価する．ドリルはドリルの王様の楽しいプログラミング 3, 4 年生の内容を参考に作成する．図 4 のように，命令をフローチャートで示す．そのフローチャートで示された命令を実行したら車はどこへ移動するのか答える問題である．問題にはすべて例題を

付けておりフローチャートと実行結果などを示した状態にしている。全部で5問作成し、5点満点としている。

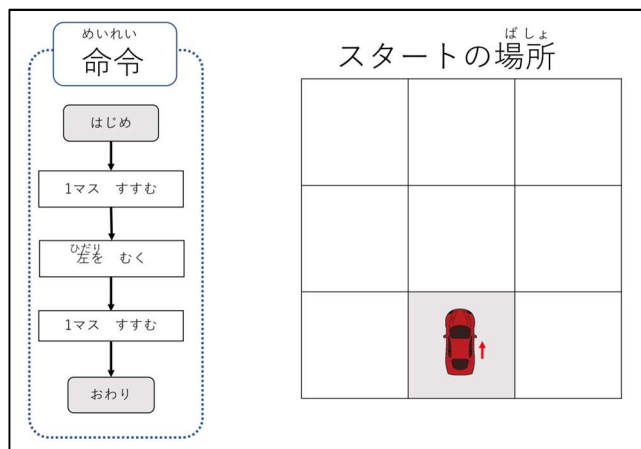


図4 ドリルの例

(イ) イベント実施中の興味関心の測定を行う。積極性、関心、集中力、理解度の項目においてどの程度興味関心を引き出しているのか測定を行う。評価方法は、1名のスタッフにつき1名から2名の小学生の様子を記録する(図5)。スタッフは内容(学習内容に示す4項目)ごとに一人一人のループリック評価表(表1)を持っており評価を行いながら進める。通常の数値評価を行う場合、スタッフごとの評価の差がでてしまうため、スタッフによる点数のばらつきを最小限にし、評価の公平性を保つため、ループリック評価を行う。これらのデータを集計することによりイベント中の変化の様子について評価を行う。



図5 イベント中の配置

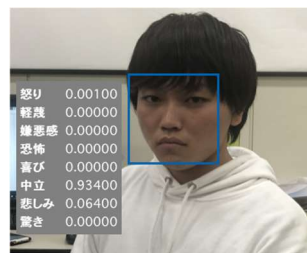


図6 サンプル画像1
(中立 0.93・悲しみ 0.06)

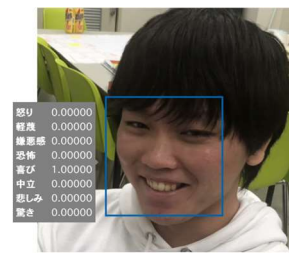


図7 サンプル画像2
(喜び 1.0)

表1 ループリック評価表

	1点	2点	3点
積極性	誰かがするのを待つ。同じチームの人に全部やらせている	スタッフが促して役割分担する	自分たちで役割分担して取り組んでいる
関心	実験に興味がない説明を全く聞いている	途中から興味を持たなくなった	最初から最後まで興味を持って取り組んでいる
集中力	他のことをしていることが多い	時々他のことをしている	集中して取り組んでいる。実験以外のことをしていない
理解度	スタッフが教えても全く理解できない	スタッフが教えると理解できる	スタッフが教えなくても理解できる

(ウ) 学習内容の1から4までの内容において学習者の顔写真を撮影する。イベントにおけるプログラムの実行により興味関心を引き出すことができるか測定を行う。イベント中の顔写真を利用し、顔認証により同一人物を測定し、感情認識を行い喜び、悲しみ、驚き、中立の測定を定量化し、評価を行う。図6に示す顔写真のサンプル画像は中立 0.93, 悲しみ 0.06 の値を出すものである。図7は喜び 1.0 の値を出す画像である。

(4) 実施日時と参加者

これまでに複数回の実験を行ってきた。2019年3月、ミヤナーのドリームトレインにて実施した。参加者は、小学生1年生から6年生までの40名集まった。2019年6月、近畿大学工学部にて1年生から3年生までの10名で実施した。2019年8月に広島市内、公民館にて実施し、1年生から3年生の12名を集めた。

4. 結果と考察

ここでは2019年8月に実施した結果を示し、全体の学習内容における考察を行う。

表2ではイベント実施前後におけるドリルの点数とその

点数の増加量を示している。本データに対して、t 検定の一対の標本による平均の片側検定を行なった。t 値＝－3.86、境界値-1.81 となり有意差を確認することができた。実験後によりプログラミングの思考を学習したと考えられる。特に、命令に対する理解が得られたと考えられる。

表2 イベント実施前後のドリルの点数

	事前	事後	増加量
1 (1 年)	1.0	3.0	2.0
2 (1 年)	未受験	2.0	
3 (1 年)	1.0	3.0	2.0
4 (2 年)	2.0	5.0	3.0
5 (2 年)	1.0	2.0	1.0
6 (2 年)	2.0	4.0	2.0
7 (2 年)	未受験	3.0	3.0
8 (3 年)	3.0	5.0	2.0
9 (3 年)	3.0	4.0	1.0
10 (3 年)	1.0	3.0	2.0
11 (3 年)	5.0	3.0	-2.0
12 (3 年)	2.0	5.0	3.0
平均	2.1	3.5	1.7

表3 ルーブリック評価の平均点

	説明	コマ	車
1 (1 年生)	3.00	3.00	3.00
2 (1 年生)	1.50	2.67	2.25
3 (1 年生)	3.00	2.67	2.50
4 (2 年生)	2.50	3.00	3.00
5 (2 年生)	2.50	2.33	3.00
6 (2 年生)	3.00	2.67	3.00
7 (2 年生)	3.00	3.00	2.75
8 (3 年生)	3.00	3.00	3.00
9 (3 年生)	3.00	3.00	3.00
10 (3 年生)	3.00	2.33	2.50
11 (3 年生)	2.50	3.00	3.00
12 (3 年生)	2.25	2.67	2.75
平均	2.69	2.78	2.81

表3 に示すルーブリック評価は表1 を用いてイベント実施時の説明部分、コマを用いて手動で作業をする部分、プログラミングカーを用いて自動化する部分での平均点を出している。小学校では通常、50 分授業に対し、説明とコマを使った内容で 60 分経過している。その語、車を用いた内容

を行っているため集中力が切れることも予想されたが、集中力、興味関心など評価が悪くなることなく意欲的に取り組んでいることがわかる。これらのイベントを通してプログラミングに対する興味や関心が高まっていることがわかる。さらに、図6 に示すようにイベントが進むにつれて喜びの感情が大きく変化していることがわかる。プログラミングカーを実際に動かす場面で大きく喜びが変化している様子がわかる。これまで手動で命令を動かしていたものが自動で自分の命令通りに動いてくれることにに対し、喜びや嬉しさが顔写真からも伺える。

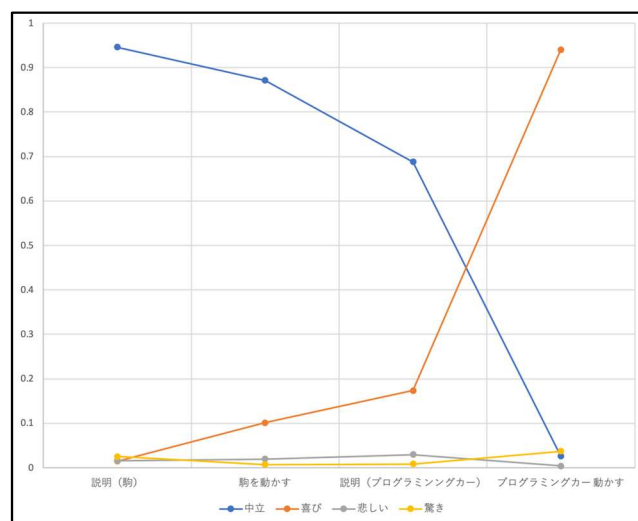


図6 写真データから得られる感情認識の結果

5. おわりに

本研究では、プログラミング的思考の育成やプログラミングの働きやよさへの気付き等を達成するための初学者向けアンブラグドプログラミング教育に関する取り組みを提案した。イベントを通して小学生の評価を行った結果、本イベントに対する学習効果、興味関心の向上、本イベントが楽しく喜びにつながっているデータを得ることができた。

よって抽象的な事柄を理解する前段階としてアンブラグドプログラミングを用いることは有効であると考えられる。アンブラグドプログラミングでも初学者に楽しく遊ぶ課程においてプログラミングに対する興味関心を引き出し、プログラミング的思考を身につけることができた。

また、ミャンマーの養育施設での実験を通して、インターネット環境、タブレットやパソコン機器の整わない場所や地域でもプログラミング的思考を学ぶ機会を与えることが可能であることも確認できた。

今後は、イベントにとどまらず継続的な支援を続けることによりプログラミング的思考の変化を観察していきたい。更に、分岐や繰り返しというプログラミング的要素の重要な部分の本質的な理解もアンブラグドプログラミングにより理解させることが可能か検証を続けたい。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 基盤研究(C)17K01164, 19K02987, 公益財団法人マツダ財団の助成を受けて実施した成果の一部である。実験の実施のため株式会社 株式会社ヒロケイ 長江 賢二様 他, 学研ステイフル 阿部瑞希様 他, 多くの方のご支援をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] “文部科学省 小学校プログラミング教育の手引き” .
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1403162.htm, (参照 2019-09-27).
- [2] J. Wing, Computational Thinking: What and Why? (2010).
- [3] Aho, A. V.: Computation and Computational Thinking. The Computer Journal, Vol.55, No.7, pp.832-835 (2012)
- [4] K. Howland, J. Good, K. Nicholson, Language-Based Support for Computational Thinking. IEEE Symposium on VL/HCC 2009, pp.147-150 (2009)
- [5] 小島一晃, 三輪和久, 問題解決モデルの構築による解法外化を通じた Computational Thinking 促進効果の実験的検討. SIG-ALST, 5(03), pp.86-91 (2019).
- [6] T. Bell, J. Alexander, I. Freeman, M. Grimley, Computer science unplugged: School students doing real computing without computers. The New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology, 13(1), pp.20-29, (2009).
- [7] T. Bell, F. Rosamond, N. Casey, Computer science unplugged and related projects in math and computer science popularization. In The multivariate algorithmic revolution and beyond, pp.398-456 (2012).
- [8] 足立自朗, 認知革命とピアジェの発達心理学, 心理科学, 16(2), pp.22-44 (1994).
- [9] 佐藤和浩, 紅林秀治, 兼宗進, 小学校におけるプログラミング活用の現状と課題. 情報処理学会研究報告コンピュータと教育 (CE), 2005(15 (2004-CE-078)), pp.57-63 (2005).
- [10] ”学研ステイフル カードでビピットとはじめてのプログラミングカー “<https://www.gakkensf.co.jp/pgc/>, (参照 2019-09-27).