

操作カードによるプログラミング体験システムの開発と評価

小原 楓^{†1} ミークライ サージャッポン^{†1}
スリプラプルチャイ カンタポーン^{†2} 平井 佑樹^{†1} 金子 敬一^{†1}

概要: 本研究では、プログラミング未経験者である幼児や小学校 1・2 年生を対象とした、プログラミング体験システムを設計・開発した。このシステムを利用することにより、(1) 利用者がキーボード等を利用することなくプログラミングに対して興味を持つこと、(2) 利用者が命令と実行結果の対応関係を理解し、状況に応じた適切な命令を選択できるようになることの 2 点の達成を目標とした。本研究では、スマートフォンのカメラ機能および拡張現実技術を用いたシステムを開発し、利用者がキーボードを使うことなく、操作カードを用いることでプログラミングできるようにした。システム開発後、本システムの有効性を評価するための予備実験を行った。予備実験では、小学校 1・2 年生の児童 9 名に対し、現実世界に構築したゲーム環境および操作カードを用いてゲームや達成度調査を行った。予備実験の結果から、提案システムが本研究の目的を達成するために有効である可能性を示した。また、システムを利用する児童をいくつかのタイプに分類でき、タイプに応じた支援ができる可能性を示した。

キーワード: プログラミング教育、教育学習支援システム、幼児・児童教育、画像認識

Development and Evaluation of a Programming Experience System by using Operation Cards

KAEDE OBARA^{†1} SATJAPONG MEEKLAI^{†1}
KANTAPORN SRIPRAPRUTCHAI^{†2} YUKI HIRAI^{†1} KEIICHI KANEKO^{†1}

Abstract: In this research, we have designed and developed a programming experience system. The target users of the system are 1st and 2nd grade of elementary schools as well as infants who do not have programming experience. We aimed to achieve two goals that by using our system: (1) users can take interests in programming without using keyboards and (2) they can select appropriate commands according to a situation by encouraging them in understanding the relationship between commands and their execution results. In this research, we have implemented our system by using the camera function of a smartphone and augmented reality (AR) technologies. In this system, users can program by using operation cards without keyboards. We have conducted a preliminary experiment to evaluate efficacy of our system. In the experiment, with 9 children who are 1st or 2nd grade of elementary schools, we investigated the degree of achievement of the children who played in a game environment using the operation cards constructed in real world. Experimental results revealed that (1) our system may be effective in terms of achievement of our research purpose, and (2) the children can be categorized into several types so that our system will support users' programming activities according to their types.

Keywords: Programming education, Education and learning support system, Childhood education, Image recognition

1. はじめに

2013 年に日本において閣議決定された「世界最先端 IT 国家創造宣言」は、「初等・中等教育段階でのプログラミング、情報セキュリティなどの IT 教育の充実」について言及している。工程表によれば 2014 年度よりその取り組みが始まっている[1]。また、紅林らの研究[2]は、制御プログラミング学習によるエレベータ事故の報道に対する理解の変化を取り上げ、世の中の事件や事故に対して理解し関心を持たせる為にプログラミング学習の体験が必要であると述べている。

このような状況の中、小学生が行うプログラミング学習に関して研究が行われている。例えば、森ら[3]は、Scratch を用いたプログラミング授業を設計し、実践した。また、

深谷ら[4]は、「プログラミン」と呼ばれるプログラミング環境を用いて授業を行うための教材を作成し、実践した。

さらに、菊池ら[5]は、ロボット教材を用いたプログラミング学習計画について提案した。

しかし、いずれの研究においても、その対象の中心は小学校 4 年生以上であり、それ未満については触れられていない。その理由の 1 つとして、キーボード入力に用いるローマ字の学習が小学校 3 年生で行われる[6]ことが考えられる。

以上の背景を踏まえ、本研究では、プログラミング未経験者である幼児や小学校 1・2 年生を対象とした、プログラミング体験システムを設計・開発することを目的とする。具体的には、このシステムを利用することにより、(1) 利用者がキーボード等を利用することなくプログラミングに対して興味を持つこと、(2) 利用者が命令と実行結果の対応関係を理解し、状況に応じた適切な命令を選択できるよ

^{†1} 東京農工大学
Tokyo University of Agriculture and Technology
^{†2} マヒドン大学
Mahidol University

うになること、の2点の達成を目指す。

以下、本論文は次のように構成される。まず、2章で関連研究について紹介し、本研究の位置づけを述べる。次に3章でシステムの概要と実現について述べる。また、4章で予備実験の内容と結果を示し、考察を述べる。最後に、5章で本研究をまとめ、今後の課題を述べる。

2. 関連研究

本章では、小学生のプログラミング学習に関する研究、プログラミング学習教材の開発に関する研究について述べ、本研究の位置づけを明確にする。

小学生のプログラミング学習に関する研究として、ブロック型の命令を組み合わせてプログラミングをするScratchを用いた授業[3]、プログラミンとよばれるビジュアルプログラミング環境を用いた授業[4]がある。これらの授業では、ブロックの組合せによってプログラミングできるため、児童は直感的にプログラミングできる。そのため、プログラミングの難易度は、比較的低い。しかし、いずれの研究においても、児童はコンピュータを用いてブロック等を操作する必要がある。彼らが操作方法を理解するまで手間がかかる可能性がある。この理由から、本研究では、キーボード等を利用することなく簡単な操作でプログラミングできるようなビジュアルプログラミング環境に基づくシステムを設計した。

岡本ら[7]の研究は、プログラミング学習において、プログラムと動作の関係を視覚的に顕在化することの有用性を述べている。岡本らによれば、プログラムの実行結果と個々の命令の対応関係を理解することは、自らプログラムを作成する上で必要である。一方で岡本らは、サンプルプログラムとその実行結果から各処理の概念を学ぶ経験的な学習では、プログラミングを理解しにくい場合があることを述べている。また、それが学習を阻害する可能性があることについても述べている。この理由から、本研究では、インタプリタ型のプログラミング環境を設計した。この環境は、複数の命令を連続して実行することなく、それぞれの命令入力に対して、直ちに動作する。このため、利用者は、命令の動作を直ちに確認することができる。

3. システムの概要と実現

本章では、本研究で提案するプログラミング体験システムを説明する。

3.1 システムの要件

1章および2章で言及した内容を踏まえ、まずシステムの要件を定めた。要件は次の(a)~(c)の3つである。

(a) ゲーム形式とする

「プログラミングは難しそうである」という先入観を排除し、利用者に興味を持ってもらう。

(b) キーボードを利用しない

対象とする幼児、小学校1,2年生は、キーボード入力学習が不十分であることを考慮する。

(c) 命令ごとにその結果を返す

命令と実行結果の対応関係の理解を促す。

これらの要件を踏まえ、本研究では「4×4マスのマップ上でキャラクター操作カード(後述。以下、操作カード)を用いてキャラクターを動かし爆弾を避けながらコインを集める」というゲーム形式のシステムを設計した。

3.2 システムの概要

本節では、システムで表示される4マス×4マスのマップ、利用者が使用する操作カード、および操作カードを使用した場合のシステムの動作について説明する。

図1に4マス×4マスのマップを示す。マップは1人のキャラクター、複数のコインと複数の爆弾からなる。図1に示すように、レベル1から4までの4種類のマップを用意し、レベルによりキャラクター、爆弾、コインの配置と利用できる操作カードの種類が変化する。

各マップにおいて利用者は、重複を許して10回まで操作カードを利用することができる。このゲームでは、操作カードを利用してキャラクターを動かし、できるだけ多くのコインを集めることが利用者の目標である。各マップでは、利用者がすべてのコインを集め終わるか、あるいは10枚の操作カードを使うとゲームが終了する。その後、利用者が集めたコインの枚数や、使用した操作カードの枚数・種類からシステムが得点を計算して評価を5段階で表示する。レベル4に対する評価の表示後には、レベル1~4を合算した評価も表示する。後述のゲーム終了カードを利用者が用いると、利用者がすでに終了したレベルまでに対する合計の評価をシステムが表示する。

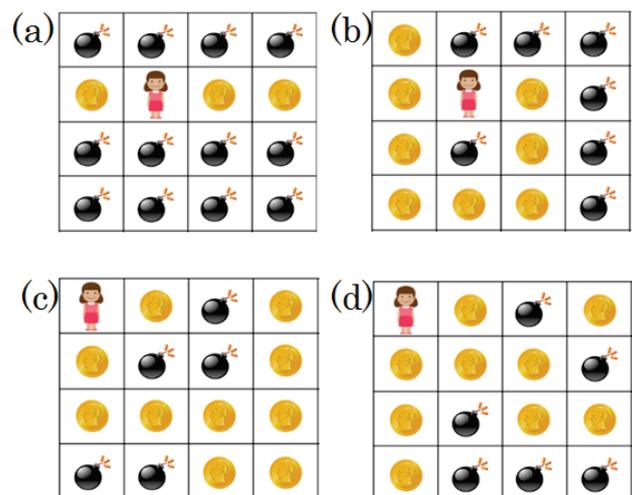


図1 システムで利用するマップ ((a) レベル1, (b) レベル2, (c) レベル3, (d) レベル4)

Figure 1 Maps used in our system. ((a) Level 1, (b) Level 2, (c) Level 3, (d) Level 4)



図 2 開始カード (左) と終了カード (右)
 Figure 2 Cards for starting (Left) and stopping (Right) the game.



図 3 操作カード (上段: 1 マス移動, 中段: 2 マス移動, 下段: 1 マス飛び越えてジャンプ)

Figure 3 Operation cards for (Upper row: one step, Middle row: two steps, Lower row: jumping over a square).

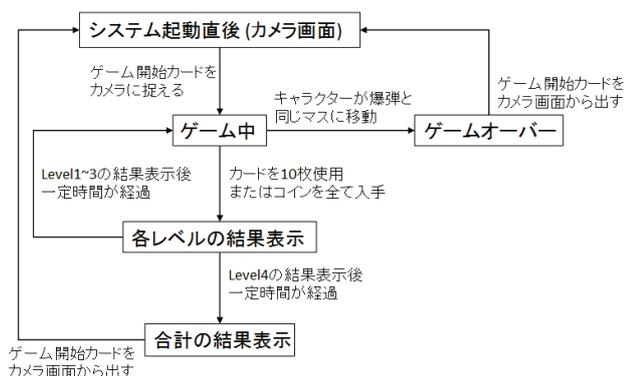


図 4 システムの状態遷移図

Figure 4 State transition diagram of our system.

システムでは、利用者は、ゲームの開始・終了カード (図 2) と 12 枚の操作カード (図 3) の計 14 種類のカードのみを用いて操作する。まず、利用者がゲーム開始カードを使

うと、システムはレベル 1 のマップを表示し、ゲームを開始する。また、利用者がゲーム終了カードを使うと、システムは、その時点でゲームを終了し、結果の表示に移る。図 3 に示すように、操作カードには、(1) 1 マス移動するためのカード、(2) 2 マス移動するためのカード、(3) 1 マス飛ばしてその次のマスに移動するためのカード、の 3 種類があり、それぞれ上下左右 4 種類ずつの計 12 種類がある。マップのレベルによって使えるカードが次のように変化する：

- レベル 1: 左に 1 マス、右に 1 マス移動するカード
- レベル 2: レベル 1 で使えるカードに加え、上に 1 マス、下に 1 マス移動するカード
- レベル 3: レベル 2 で使えるカードに加え、2 マス移動するカード 4 種
- レベル 4: レベル 3 で使えるカードに加え、1 マスジャンプするカード 4 種

図 3 に示すように、これらのカードは、使用可能になるレベルごとに色分けされている。

以上のように、カードのみを利用した操作方法を提供することで、システムは 3.1 節で示した要件(b)を満たし、これに加え、レベルが上がるごとに利用可能な操作カードを増やすという機能を提供することで要件(a)を満たす。

3.3 システムの実現

本節では、システムの実装について述べる。本システムは Unity[8]を用いた Android アプリケーションとして開発され、C#言語で記述されている。

3.3.1 システムの使用方法

初めに、システムの使用方法について述べる。本システムは、カメラ機能を持つ Android 端末で利用可能である。利用者がシステムを起動すると、システムは端末のカメラ画面を表示する。利用者がカメラで上述のゲーム開始カードを捉えるとシステムがゲームを開始する。その後、利用者が操作カードをカメラで捉えると、システムがキャラクターを操作し、ゲームを進める。これ以降、「操作カードをカメラで捉える」ことを「操作カードを使用する」と呼称する。

図 4 は、本システムの状態遷移図を示す。本システムには、大きく分けて、「システム起動直後(カメラ画面)の状態」、「ゲーム中」、「各レベルの結果表示」、「合計の結果表示」、「ゲームオーバー」の 5 種類の状態が存在する。以降では、システム起動直後の状態を除いた 4 つの状態について説明する。

3.3.2 ゲーム中の状態

システム起動直後にカメラでゲーム開始カードを使うことで、レベル 1 からゲームが始まる。ゲーム開始直後の画面を図 5 に示す。ゲームが始まると、システムはゲーム開始カードの上にマップを表示する。また、システムは、

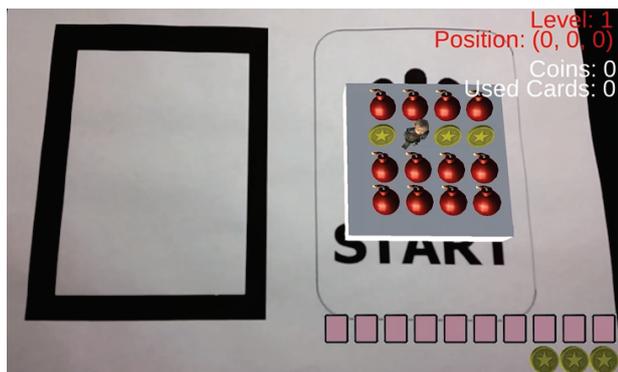


図 5 ゲーム開始状態

Figure 5 State immediately after game starting.



図 8 マップ消去後の状態

Figure 8 State of after clearing map.

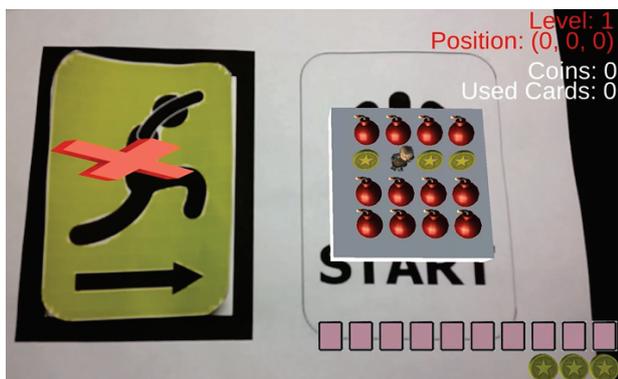


図 6 使用できないカードを使った場合の挙動

Figure 6 Our system's behavior when a user showed a not-available card.

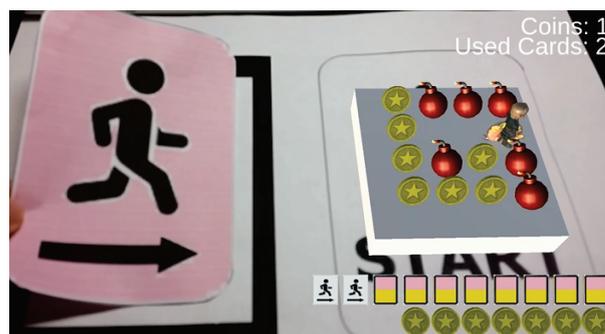


図 9 ゲームオーバーとなった状態

Figure 9 State of game over.

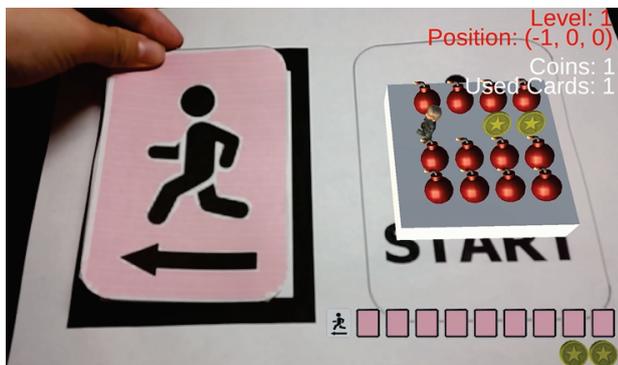


図 7 コインを入手した場合の挙動

Figure 7 Our system's behavior when a user got a coin.

画面右下に現在のカードの使用状況と使用できるカードの色、コインの残り枚数を示すアイコンを表示する。さらに、現在のレベルが画面右上に表示する。本システムでは、マップの表示に拡張現実技術を用いる。

この状態でのみ、利用者は、各レベルに応じた操作カードを使用することでキャラクターを動かすことができる。利用者は、使用可能な操作カードを画面右下のカードのアイコンの色で確認できる。キャラクターの移動は1マスま

たは2マス単位で行われ、キャラクターがコインと同じマスに移動するとコインを入手、爆弾と同じマスに移動すると爆発しゲームオーバー（後述）となる。利用者が、現在のレベルでは使用できないカードを使用した、またはシステム起動直後や結果表示中などキャラクター操作が不可能な状態において操作カードを使用した場合、システムは、図6に示すようにカード上に×印を表示し、利用者に操作ができないことを通知する。

利用者が使用可能な操作カードを使用した場合、図7に示すようにキャラクターが移動する。このとき、システムは、利用者が使用したカードを画面右下のカードアイコンに反映する。無地となっているカードアイコンの数が、カードを使用できる残り枚数を示している。また、キャラクターの移動によってコインを入手した場合、画面右下のコインアイコンが減り、マップ上の残りのコイン数と同数になる。

利用者が操作カードを10枚使用する、またはマップ上のすべてのコインを入手すると、そのレベルのゲームが終了し、システムは3.3.4節で述べる各レベルの結果表示状態へと遷移する。また、レベル2以上のゲームにおいて、利用者がゲーム終了カードを用いると、システムはゲームを終了し3.3.5節で述べる合計の結果表示状態へと遷移する。利用者がレベル1のゲーム中に終了カードを用いると、表示すべき結果が存在しないため、システムは結果表示を行



図 10 結果の表示

Figure 10 Displaying scores and evaluation result of a level.



図 11 合計の結果表示

Figure 11 Displaying total scores and evaluation result.

わずにマップを消去する (図 8)。このとき、利用者がゲーム開始カードを画面から出すと、システムは起動直後の状態に戻り、利用者が再びゲーム開始カードを使用すると、システムは最初からゲームを開始する。

3.3.3 ゲームオーバー状態

ゲーム中にキャラクターが移動した際、爆弾と同じマスに移動すると図 9 に示すように爆弾が爆発し、ゲームオーバーとなる。爆弾が爆発すると、システムはすべてのマップを消去し、図 8 の状態へと遷移する。この状態で利用者がゲーム開始カードをカメラ画面から出すことでシステムは起動直後の状態に戻り、利用者が再びゲーム開始カードを使用すると、システムは最初からゲームを開始する。

3.3.4 各レベルの結果表示状態

ゲーム中の状態で、利用者が操作カードを 10 枚使用する、またはマップ上のすべてのコインを入手すると、システムはそのレベルのゲームを終了し、マップを消去して各レベルの結果表示状態へと遷移する。結果表示状態では、システムは図 10 に示すようにゲーム開始カード上の台に結果を表示する。結果表示状態は一定時間で終了し、結果を表示したゲームがレベル 4 であるならば、システムは 3.3.5



図 12 予備実験で用いたマップ (左) および操作カードの一部 (右)

Figure 12 Map (Left) and operation cards (Right) used in our preliminary experiment.

節で述べる合計の結果表示状態に遷移する。ゲームがレベル 3 以下であれば、システムは次レベルのゲームを開始する。

3.3.5 合計の結果表示状態

ゲーム中の状態で利用者が終了カードを使用するか、あるいはシステムがレベル 4 の結果を表示したならば、システムは終了したレベルまでを考慮した合計の結果表示状態へ遷移する。システムは、レベルごとの結果表示と同じく、この結果をゲーム開始カード上の台に表示する。合計の結果表示状態の様子を図 11 に示す。この状態は時間経過では終了せず、利用者がゲーム開始カードをカメラ画面から出すことで終了する。その後、システムは、起動直後の状態となり、利用者が再びゲーム開始カードを使うことでレベル 1 からゲームを始めることができる。

4. 予備実験

本研究で提案したシステムを利用することにより、(1) 利用者がキーボード等を利用することなくプログラミングに対して興味を持つこと、(2) 命令と実行結果の対応関係の理解を促すことで、利用者が状況に応じた適切な命令を選択可能になること、の 2 点を達成できるか否かを評価するための予備実験を実施した。本章ではその概要と結果、および実験結果に対する考察を述べる。

4.1 実験概要

小学校 1・2 年生の児童 9 名に対し、図 12 に示すマップや操作カードを現実世界で構築し、我々のシステムが提供するゲームに関する評価実験を行った。これは、小学生がスマートフォンのカメラ機能を使いこなすには十分な時間が必要であること、また、拡張現実を用いたシステムを利用することによる健康被害 (例: めまい) の可能性を考慮したためである。本実験環境では爆弾をブロックに置き換えた。

実験は、次の 4 セッションからなる：

表 1 事前調査および事後調査問題に対する結果

Table 1 Results of 6 questions provided in pre- and post- investigation.

児童	事前調査		事後調査	
	コイン獲得率 (%)	カードの合計使用枚数(枚)	コイン獲得率 (%)	カードの合計使用枚数(枚)
A	52	32	42	23
B	72	40	98	52
C	33	28	78	45
D	83	50	98	55
E	75	40	76	47
F	10	8	94	54
G	83	53	88	45
H	6	5	72	40
I	54	34	78	50
平均	52.0	32.2	80.4	45.7

表 2 事前調査および事後調査の両方で出題した問題に対する結果

Table 2 Results of 3 questions provided in both pre- and post- investigation.

児童	事前調査		事後調査	
	コイン獲得率 (%)	カードの合計使用枚数(枚)	コイン獲得率 (%)	カードの合計使用枚数(枚)
A	40	13	20	6
B	80	20	96	26
C	32	10	100	28
D	84	28	100	29
E	80	23	72	23
F	0	0	92	26
G	84	24	100	26
H	4	1	60	18
I	40	13	68	24
平均	49.3	14.7	78.7	22.9

1. ゲームや操作カードの説明, および操作練習 (10 分)
2. 事前調査 (10 分)
3. ゲーム (20 分)
4. 事後調査 (15 分)

操作カードの説明および操作練習では, 実験者が児童に対し, ゲームの目的(操作カードによってキャラクターを動かす, できるだけ多くのコインを集めること)やカードの使い方などを説明した. 必要に応じて, 実験者がキャラクターを移動させながら, 各カードとそれに対応するキャラクターの動きを説明した.

事前調査では, 実験者が準備した 6 つの問題 (4 マス×4 マスのマップ) と操作カードに対し, 児童がカードを逐次選択しながらコインを取る活動を行った. このとき, 児童が選択したカード, および問題への解答時間を記録した. ある地点では使うことのできないカードを選択した場合でも, ゲームを続行した.

表 3 事前調査および事後調査問題に対する結果 (タイプ別)

Table 3 Each type's results for 6 questions provided in pre- and post- investigation.

タイプ	事前調査		事後調査	
	平均コイン獲得率 (%)	カードの平均合計使用枚数(枚)	平均コイン獲得率 (%)	カードの平均合計使用枚数(枚)
I	55.0	32.7	96.7	53.7
II	31.0	22.3	76.0	45.0
III	70.0	41.7	68.7	38.3

表 4 事前調査および事後調査の両方で出題した問題に対する結果 (タイプ別)

Table 4 Each type's results for 3 questions provided in both pre- and post- investigation.

タイプ	事前調査		事後調査	
	平均コイン獲得率 (%)	カードの平均合計使用枚数(枚)	平均コイン獲得率 (%)	カードの平均合計使用枚数(枚)
I	54.7	16.0	96.0	27.0
II	25.3	8.0	76.0	23.3
III	68.0	23.3	64.0	18.3

ゲームでは, レベル 1 からレベル 4 の各マップに対し, 児童が実験者と一緒にコインを取る活動を行った. このゲームにおいて, ゲームオーバー状態へ遷移するカードを児童が選択した場合, 実験者がその旨を児童に伝えた. また, レベル 1 からゲームをやり直すことも可能とした.

事後調査では, 実験者が準備した 6 つの問題 (うち 3 つは事前調査と同じ問題) と操作カードに対し, 事前調査と同じ活動を行った. この後, ゲームの難易度やゲームに対する感想などについてインタビューを行った.

4.2 実験結果

4.2.1 事前調査および事後調査問題に対する結果

表 1 に, 事前調査および事後調査で児童が取り組んだ 6 つの問題に対する結果を示す. また, 表 2 に, 事前調査および事後調査の両方で出題した 3 問に対する児童の解答結果を示す. いずれも, ある地点で使うことのできる「正しい」カードを選択したのに関して集計した.

表 1 および表 2 の結果から, 事前調査から事後調査にかけて, ほとんどの児童のコイン獲得率やカード使用枚数が上昇したことが分かった.

4.2.2 タイプ別の結果

ゲーム中の観察結果から, 実験に参加した児童を次の 3 タイプに分割した:

- タイプ I: ゲームにおいて, 操作カードの利用方法を一切間違えず, すべてのコインを取得できた児童 (児童 B, D, F)

- タイプ II：ゲームにおいて、操作カードの利用方法を一切間違えなかったものの、規定のカード使用可能枚数である 10 枚ですべてのコインを取得することはできなかった児童（児童 C, H, I）
- タイプ III：ゲームにおいて、ある地点では使うことのできないカードを使おうとした児童（児童 A, E, G）

表 1 および表 2 で示した結果に対して、これらのタイプ別に集計した結果をそれぞれ表 3 および表 4 に示す。表 3 および表 4 の結果から、ゲーム中に操作カードの利用方法を一切間違えなかった児童（タイプ I, II）は、事前調査と比較して、事後調査で良い成績をおさめた。一方、操作カードの利用方法をきちんと理解できていなかった児童（タイプ III）は、事前調査と比較して、事後調査の結果が悪かった。なお、タイプ II に属する児童はすべて、最初からゲームをやり直す場面があった。

4.2.3 インタビューの結果

本項では事後調査で実施したインタビューの結果を示す。まず、「ゲームが楽しかったか」という質問に対し、9 名全員が「楽しかった」と回答した。次にゲームの難易度について、児童から次の回答が得られた：

- 簡単（6 名）
- 普通（1 名）
- 少し難しい（1 名）
- 難しい（1 名）

また、「ゲームをする上で、実験者が提供した 12 種のカード以外に欲しいカードがあるか」という質問に対し、次の回答が得られた：

- ななめに 1 マス移動（8 名）
- ななめに 2 マス移動（1 名）
- ななめに 1 マスジャンプ（1 名）
- 1 マスジャンプしてさらに 1 マス移動（1 名）
- 右に 2 マス、下に 1 マスヘジャンプ（1 名）
- ブロックがコインに変化するカード（1 名）

4.3 考察

4.3.1 本研究の目的に関する考察

利用者がキーボード等を利用することなくプログラミングに対して興味を持つことについて、4.2.3 項で述べたインタビュー結果において、実験に参加した児童全員が楽しかったと回答したことからゲームに対して興味を持ってもらえたことが伺えた。また、実験者が提供した 12 種のカード以外で欲しいカードについて、ほぼ全員から回答があったことから、操作カードによる操作に興味を持ってもらえたことが伺えた。インタビュー時のみならず事後調査中に欲しいカードについて自主的に発言した児童もあり、事後調査の問題について積極的に取り組んでいたと考えられる。

次に、利用者が命令と実行結果の対応関係を理解し、状況に応じた適切な命令を選ぶことについて述べる。4.1 節

で述べたように、評価実験におけるゲームにおいて、ゲームオーバー状態へ遷移するカードを児童が選択した場合、実験者がその旨を児童に伝えた。これにより、命令と実行結果の対応関係の理解を促した。結果的に、このような促しを上述のタイプ III に属する児童に対して行った。しかし、表 3 および表 4 の結果から、このような促しでは、利用者が状況に応じた適切な命令を選ぶことへの効果が少ない可能性があることが分かった。タイプ III に属する児童に対しての支援は今後も検討していく必要がある。

また、事前調査・事後調査中の児童の発言から、キャラクターの現在地や移動経路が正しく把握できていない場合が見受けられた。一方で事後調査では児童自らキャラクターの移動経路を指さしながら考えるといった様子も見られた。

本研究では現実世界で構築した環境を利用して評価実験を行った。そのため、拡張現実を取り入れた提案システムを利用した場合には、実験結果が異なる可能性がある。特にスマートフォンのカメラ機能を十分に使いこなすことができない幼児・児童が利用した場合、カードをシステムに認識させることの難しさが発生する可能性がある。このような環境面で問題によって興味をなくす可能性があるため、今後はシステムを用いた評価実験も行う必要がある。

4.3.2 児童のタイプに応じた支援

4.2.2 項で述べたように、タイプ II に属する児童は、ゲームセッションにおいて、規定のカード使用可能枚数である 10 枚で、すべてのコインを取得することができなかった、または途中で取得することができないと気付いたため、ゲームを最初からやり直す場面もあった。表 3 および表 4 の結果から、タイプ II に属する児童の成績は、事前調査から事後調査に向けて良くなっている。つまり、このようにゲームをやり直すということが、結果的に、利用者が状況に応じた適切な命令を選ぶことに対して有効である可能性があることが分かった。

本研究では、9 名の児童を対象とした実験を行ったため、さらに多くの児童を対象として実験を行うことで、さまざまなタイプの児童やその児童の特徴を発見でき、さらに発見したタイプに応じた支援もできる。これらについては、今後も検討していきたい。

5. まとめ

本研究では、プログラミング未経験者である幼児や小学校 1・2 年生を対象とした、プログラミング体験システムを設計・開発した。このシステムを利用することにより、(1) 利用者がキーボード等を利用することなくプログラミングに対して興味を持つこと、(2) 利用者が命令と実行結果の対応関係を理解し、状況に応じた適切な命令を選択可能となること、の 2 点の達成を目標とした。システムの要件として、「ゲーム形式とする」、「キーボードを利用しない」、

「命令ごとにその結果を返す」の3つを定め、スマートフォンと拡張現実を用いたシステムを実装した。

本研究で提案したシステムを利用することにより、本システムの目的を達成できるか否かを評価するための予備実験を行った。予備実験では、小学校1・2年生の児童9名に対し、現実世界に構築した4マス×4マスのマップおよび12種の操作カードを用いてゲームやインタビューなどを行った。

予備実験の結果は、本システムが本研究の目的を達成するために有効である可能性を示した。また、システムを利用する児童を次の3パターン：

- タイプ I： ゲームにおいて、操作カードの利用方法を一切間違えず、すべてのコインを取得できた児童
- タイプ II： ゲームにおいて、操作カードの利用方法を一切間違えなかったものの、規定のカード使用可能枚数である10枚ですべてのコインを取得できなかった児童
- タイプ III： ゲームにおいて、ある地点では使うことのできないカードを使おうとした児童

に分類することで、各タイプの特徴を示し、またタイプIIやタイプIIIに属する児童への支援について検討した。

今後の課題は、提案システムを利用した評価実験を行い、本論文で述べた結果の妥当性を検証することである。また、4.3節で挙げた課題に取り組むことで、システムを利用する児童のタイプに応じた支援方法についても検討していきたい。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金若手研究(B)15K20980による。

参考文献

- 1) 世界最先端IT国家創造宣言,
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryou1.pdf>
(2016年1月19日閲覧)。
- 2) 紅林秀治, 兼宗進: 制御プログラミング学習の効果について—小学校の実践から—, 情報処理学会研究報告(CE87), pp. 1-8, 2006.
- 3) 森秀樹, 杉澤学, 張海, 前迫孝憲: Scratchを用いた小学校プログラミング授業の実践~小学生を対象としたプログラミング教育の再考~, 日本教育工学会論文誌, Vol. 34, No. 4, pp. 386-394 (2011).
- 4) 深谷和義, 宮地晶子: 小学生向けプログラミング授業のための「プログラミン」利用の検討, 日本教育工学会論文誌, Vol. 36, No. Suppl., pp. 9-12 (2012).
- 5) 菊池貴大, 鈴木研二, 岩波正浩, 松原真理: 小学生のためのロボット教材を用いたプログラミング学習, 宇都宮大学教育学部教育実施総合センター紀要, pp. 249-256, 2013.
- 6) 文部科学省 小学校学習指導要領
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/index.htm
(2016年1月19日閲覧)
- 7) 岡本雅子, 村上正行, 吉川直人, 喜多一: 「視覚的顕在化」に着目したプログラミング学習教材の開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol. 37, No. 1, pp. 35-45 (2013).

- 8) Unity, <http://unity3d.com/> (2016年1月12日閲覧)。