

Title	話し合いを促進する小学生のペアプログラミング学習支援システム
Author(s)	真嘉比, 浩乃
Citation	
Issue Date	2025-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/19816
Rights	
Description	Supervisor: 長谷川 忍, 先端科学技術研究科, 修士 (情報科学)

修士論文

話し合いを促進する小学生の
ペアプログラミング学習支援システム

真嘉比 浩乃

主指導教員 長谷川 忍

北陸先端科学技術大学院大学

先端科学技術研究科

(情報科学)

令和7年3月

Abstract

Modern society is undergoing unpredictable changes due to technological innovation. Therefore, school education aims to develop children's ability to become creators of a better society and life in a changing environment. To achieve this goal, programming studies have become compulsory in Japanese elementary schools from 2020. The purpose of programming studies is to develop children's ability to use information technology, logical thinking skills, and the ability to collaborate and cooperate with others to solve problems. Therefore, in this study, we focused on "pair programming". Pair programming is a programming style in which two programmers work side by side at one computer and continuously collaborate on the same design, algorithm, code, and tests. Each pair is assigned to the role of driver and navigator. The driver inputs data into the computer and writes down the design. The navigator monitors the driver's work and looks for tactical and strategic flaws. Pair programming provides an environment where students can consult with others and work together to solve problems they do not understand, which may contribute to eliminating students' aversion to programming and cultivating the ability to collaborate and cooperate with others more than when they study programming alone. However, many previous studies have shown that many elementary school students do not ask questions even if they do not understand something, and that high-quality questions are not asked. In order to fully obtain the learning effects of pair programming, it is necessary to support elementary school students' discussions (questions). However, many of the existing support methods are unsuitable for pair programming learning or the immature developmental stage of elementary school students.

In this study, we therefore develop and introduce a learning support system that promotes discussions in pair programming learning for elementary school students and examine whether it can encourage more discussions and improve the quality of discussions among students, thereby contributing to improved learning outcomes. To achieve this, we designed a learning environment for pair programming and a method to support discussions. We then developed teaching materials and a web application to realize the design and conducted a demonstration experiment.

Dillon expresses the discussion (questioning) process in three steps: ① eliciting a sense of doubt, ② generating a question, and ③ expressing a question. In this study, we provide support for each of these three steps. Each support method is summarized below.

- ① By allowing learners to view the length of the discussion and the number of attempts to answer, the navigator hints at when to ask questions.
- ② By providing a list of question stems (fill-in-the-blank questions) that correspond to students' lack of programming experience and the basics of discussion, learners can use these as an opportunity to ask questions.
- ③ The motivation of the learner to ask questions is increased by having the agent talk to them

or by giving a certificate and praising the person who asks a question.

This study expressed these three support methods using a web application and cards. The completed system was then used to conduct a demonstration experiment (programming class) with 16 elementary school students, lasting a total of three hours. Three teachers (Teaching Assistants) who supported and monitored the students also participated in the experiment. Data collected during the experiment included questionnaires for students and teachers, comprehension tests, records of speech during pair programming, and learning logs for the web application. Based on the results of this analysis, the effectiveness of the support methods used in this experiment is summarized below.

① The learning log viewing function received many positive responses in the student questionnaire. In addition, some pairs expressed concern about the time it took to answer. However, a questionnaire by the teacher revealed that the roles of programming (navigator/driver) were unclear.

② The question stems for programming learning were not used much by the students, so it was not possible to confirm whether it improved the learning effect. The results of the teacher questionnaire and analysis of the content of their utterances revealed that while the students asked many simple questions during learning, such as "Why are not you getting the answer right?", these did not progress to asking deeper questions that questioned the intention of the program. There were also times when children tried to use a card when they got stuck, but the person they were asked could not answer and got stuck.

③ The results of the children's questionnaire suggested that the system of awarding a certificate to those who asked good questions may affect children's motivation to ask questions. Although many children responded positively to the agent in the children's questionnaire, there was a lack of experimental data to examine the effect of the agent on the content of their speech.

We also investigated whether using the question stems would change learning performance or speech, but because the question stems were not used much, no changes were observed. It was also suggested that pairing up children with different levels of confidence in talking with others would result in differences in the amount of speech during programming exercises.

There are several areas for improvement in this experiment. First, many children who participated in the experiment were good at discussions and asked questions even without the question stems. Therefore, the purpose of the question stems needs to be changed from "a trigger for questions" to "a way to ask advanced questions necessary for problem solving." For example, it would be good to use questions that ask about the details of the program. However, more than half of the children who participated in this experiment answered in the questionnaire that they were good at discussions. Since children who are not good at discussions may need "question stems that aim" or "a question stem that aims" to "provoke questions," it is necessary to consider appropriate question stems according to the

differences in children's personalities and abilities. Second, by having children practice pair programming roles and questions before learning pair programming, they may be able to perform programming roles and questions more effectively. This is because teachers responded in the questionnaire that "the students were so engrossed in solving the problems that they forgot about the programming roles and question stems," and "some students seemed confused about how to use the cards." By having students practice thoroughly in advance, it may be possible to reduce the burden on them during learning and have them behave and ask questions according to their roles in pair programming more smoothly. Third, the results of this experiment did not clarify whether the question stems are effective in encouraging deeper learning content, or whether the questions are being asked by the agent's utterances. Therefore, additional investigation into these issues is necessary.

Finally, 80-90% of the children who participated in the experiment were in the fourth grade of elementary school. More data from fifth and sixth graders would be needed to improve the reliability of the data. In addition, because the author analyzed the utterances alone, the classification results should ideally be examined by multiple highly reliable people to determine whether they are correct.

目次

第1章	はじめに.....	1
1.1	研究背景.....	1
1.2	研究目的.....	2
1.3	本論文の構成.....	2
1.4	小括.....	2
第2章	関連研究.....	3
2.1	小学生のプログラミング教育.....	3
2.2	ペアプログラミング学習.....	4
2.3	初学者のデバッグ.....	6
2.4	質問活動.....	8
2.4.1	質問活動の概要.....	8
2.4.2	疑問感生起の支援.....	9
2.4.3	質問生成の支援.....	9
2.4.4	質問表出の支援.....	12
2.5	プログラミング学習の評価手法.....	13
2.6	本研究の位置づけ.....	15
2.7	小括.....	15
第3章	提案手法.....	16
3.1	話し合いを促進する学習システム.....	16
3.1.1	学習ログの閲覧機能.....	17
3.1.2	プログラミング学習用の質問語幹リスト.....	18
3.1.3	質問表出を促すエージェントと賞状.....	19
3.2	プログラミングゲームの概要.....	21
3.3	支援システムの評価手法.....	23
3.4	小括.....	25
第4章	開発システム.....	26
4.1	Web アプリケーションの概要.....	26
4.2	Web アプリケーションの機能.....	27
4.3	開発等で使用した素材.....	30
4.4	小括.....	31
第5章	評価実験.....	32
5.1	実験概要.....	32
5.2	実験結果.....	38
5.2.1	学習ログ・プログラミングテストの結果.....	38

5.2.2	カードの使用回数・発話内容の分析結果.....	41
5.2.3	児童の特性と発話内容の相関関係	44
5.2.4	アンケート結果.....	46
5.3	実験結果の考察.....	53
5.4	小括	55
第 6 章	おわりに	57
6.1	本研究のまとめ.....	57
6.2	今後の課題.....	57
研究業績		59
謝辞		60
参考文献		61
付録		66

図目次

図 3.1	小学生の話し合いを支援する学習システム.....	16
図 3.2	ナビゲーターの疑問感生起のタイミングを説明する資料.....	17
図 3.3	質問語幹リストのカード.....	19
図 3.4	賞状のデザイン例.....	20
図 3.5	ゲームで使われる迷路問題の例.....	21
図 3.6	プログラムのルール.....	22
図 3.7	児童が同時に発話した場合の話者交代の判定.....	25
図 4.1	Web アプリケーションのシステム構成図.....	26
図 4.2	Web アプリケーションの画面遷移図.....	27
図 4.3	サインアップ画面のスクリーンショット.....	28
図 4.4	サインイン画面のスクリーンショット.....	28
図 4.5	ホーム画面のスクリーンショット.....	29
図 4.6	ゲーム画面のスクリーンショット.....	29
図 4.7	学習ログの構成.....	30
図 5.1	ペアプログラミング学習の流れ.....	34
図 5.2	児童を評価する評価シートの項目.....	34
図 5.3	児童アンケート 1 日目の内容.....	34
図 5.4	児童アンケート 2 日目の内容.....	35
図 5.5	児童アンケート 3 日目の内容.....	36
図 5.6	教員アンケート 2・3 日目の内容.....	37
図 5.7	ペアプログラミング演習(ペア)の様子.....	38
図 5.8	ペアプログラミング演習(グループ全体)の様子.....	38
図 5.9	児童全体の発話内容の分類結果.....	43
図 5.10	児童の特性と発話の相関図一覧.....	45

表目次

表 2.1 プログラミングで育成する資質・能力の評価基準	4
表 2.2 ペアプログラミングの効果 [5].....	5
表 2.3 初心者と一般的なデバッグ手順の比較	6
表 2.4 ラバーダッグデバッグを利用した質問内容	7
表 2.5 質問活動の各プロセスを支援する手法	8
表 2.6 生田による質問語幹リスト [37].....	10
表 2.7 上山による話し合いのこつ(方法知)の一覧 [42].....	11
表 2.8 北川による議論展開能力の一覧.....	11
表 2.9 林による PCA による発言の例 [50].....	13
表 2.10 Bloom による認知プロセスの次元一覧 [35]	14
表 2.11 町らによる発話分類カテゴリー表.....	14
表 3.1 質問語幹リストの選定基準.....	18
表 3.2 プログラミング学習用の質問語幹リスト.....	18
表 3.3 ファシリテーションを行うエージェントの発言一覧	20
表 3.4 質問活動を評価する賞状の一覧	20
表 3.5 ゲームの迷路のマス一覧.....	21
表 3.6 ゲームのレベル	22
表 3.7 プログラムブロックの一覧.....	23
表 3.8 本研究で利用する発話分類カテゴリー表.....	24
表 3.9 プログラミングテストの内容.....	24
表 4.1 Web アプリケーションの開発環境.....	26
表 4.2 Web アプリケーションの実行環境.....	27
表 4.3 ゲーム画面の構成要素一覧.....	29
表 4.4 エラーの種類.....	30
表 4.5 開発等で使用した素材一覧	31
表 5.1 実験の日程・参加人数.....	33
表 5.2 実証実験の詳細.....	33
表 5.3 学習ログの結果	39
表 5.4 質問語幹リスト使用による正答率・解答時間の検定結果.....	39
表 5.5 プログラミングテストの結果.....	40
表 5.6 質問語幹リスト使用によるプログラミングテストの検定結果.....	40
表 5.7 質問語幹リスト(カード)の使用回数.....	41
表 5.8 発話内容の分類結果.....	42
表 5.9 質問語幹リスト使用群と未使用群の発話分類の検定結果	43

表 5.10 児童の特性と発話の相関結果	46
表 5.11 児童の特性・授業に関するアンケート結果	47
表 5.12 2 日目のプログラミング授業の感想	47
表 5.13 3 日目のプログラミング授業の感想	48
表 5.14 質問互換リストの内容を考えるアンケートの結果	48
表 5.15 質問語幹リスト利用群と未使用群の児童アンケートの比較結果	50
表 5.16 児童の評価に関する教員アンケートの結果	51
表 5.17 2 日目の演習所見に関する教員のアンケート結果	52
表 5.18 3 日目の演習所見に関する教員のアンケート結果	52
表 5.19 質問語幹リスト利用群と未使用群の児童評価シートの比較結果	53

付録目次

付録 A ゲームのルール(全 6 枚中の 1 枚).....	66
付録 B プログラミング練習プリント.....	67

第1章 はじめに

1.1 研究背景

情報化・グローバル化・AI の技術革新などにより、現代社会は予測できない変化をみせている。そこで学校教育では、子供たちに、予測できない変化を前向きに受け止め、主体的に向き合い・関わり合い、自らの可能性を発揮し、よりよい社会と幸福な人生の創り手となる力を育ませることを目指している。そこで 2017 年度に小学校の学習指導要領が改訂され、2020 年度からプログラミング教育が必修化された [1]。小学校プログラミング教育の手引(第三版) [2]から小学校のプログラミング教育の目標について要約すると以下の通りである。

- ・ 自分が意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力(プログラミング的思考)を育むこと
- ・ 社会が情報技術によって支えられていることに気付き、身近な問題解決やよりよい社会を築くためにコンピュータ等を上手に活用しようとする態度を育むこと
- ・ 各教科での学びをより確実にすること

また国立教育政策研究所では、変化の激しい社会で、人との関わりの中で課題を解決し、社会にとって意味のある解を提案し、社会全体をより良い方向へと変化させる力を、21 世紀を生き抜くための力(21 世紀型能力)と定め、学校教育で育成することを提唱している [3]。21 世紀型能力には、アイデアや情報、知識の交換、共有、およびアイデアの深化や答えの再吟味のために、他者と協働・協調できる力や、人との関わりの中で話し合い学び合って解決できる力が含まれている。文部科学省でも、あらゆる他者を価値のある存在として尊重し、様々な社会的変化を乗り換え、持続可能な社会の創り手となるための資質・能力を育成するために、ICT を用いた「協働的な学び」の充実を推進している [4]。よって小学校のプログラミング教育においても、個人の活動のみに注目せず、児童に他者と協働・協調して問題解決する力を育ませることで、プログラミングへの理解をより深め、よりよい社会に活用させる態度を育むことへとつながることが期待される。

協働でプログラミングを行う学習スタイルの 1 つとして、2 人のプログラマーが横並びに 1 台のコンピュータに向かい、継続的に共同作業をする「ペアプログラミング」がある [5]。ペアプログラミングには児童に他者と協働・協力を行わせるだけではなく、学習効率の向上や意欲の深化を促す効果も期待される。小学 6 年生を対象に行われた実証実験でも、1 人 1 台で問題に取り組む場合よりも、協力度や計画性で有意な結果をもたらすことが示された [6]。

しかし筆者が以前実施したペアプログラミング演習では、児童が分からない問題に直面した際に原因を相談し合わず、解答をすぐに諦めてしまう様子が見受けられた [7]。その原因として、小学生が話し合いを苦手とし、分からないことがあっても他者へと質問を行わないことが考えられる [8] [9] [10]。話し合いが満足に行われないと、ペアプログラミングの学習効果を十分に得られない。そこで、話し合いを満足に行えるようなペアプログラミングの学習環境を用意することで、小学生がプログラミング学習を通して他者との協働・協力的な学びを実現できるよう支援する必要がある。

1.2 研究目的

本研究では、小学生のペアプログラミング学習において話し合いを促進する学習支援システムを開発して導入することで、児童の話し合いの増加・質の向上を促し、学習効果向上に寄与できるか検討する。この実現のために、①ペアプログラミングを行う学習環境について設計を行い、②話し合いを支援する手法についても設計を行った後、③設計を実現するための教材・Web アプリケーションを開発し、④システムの有用性を示す実験を行う。

1.3 本論文の構成

本論文の構成を以下に示す。

- ・ 第 1 章 はじめに
本研究の背景、目的及び本論文の構成を示す。
- ・ 第 2 章 関連研究
本研究の関連研究及び本研究の位置づけを明らかにする。
- ・ 第 3 章 提案手法
本研究の目的達成のための提案手法について述べる。
- ・ 第 4 章 Web アプリケーションの開発
提案手法の要件を満たす Web アプリケーションの開発詳細について概説する。
- ・ 第 5 章 評価実験
提案手法・開発システムの評価実験を行い、その結果について分析する。
- ・ 第 6 章 おわりに
本研究のまとめと今後の展望について記述する。

1.4 小括

本章では、2020 年度より小学校でプログラミング学習が必修化されることを踏まえ、必修化のきっかけとなった社会の風潮や、学習目的について述べた。そして、これからの社会を生き抜くために必要な「人と協働・協力する力」をプログラミングで培うための学習手法として、2 人 1 組で同じ問題に取り組む「ペアプログラミング」に注目した。しかし、質問が苦手だったり、経験が少なかったりする小学生にとっては、ペアプログラミングによる学習効果を満足に得られない可能性がある。

そこで、本研究では小学生のペアプログラミング学習において話し合いの支援を行うシステムを導入することで、児童の学習効果向上に寄与できるか検討を行う。

第2章 関連研究

2.1 小学生のプログラミング教育

文部科学省では、様々な Web サイト・手引きを利用して、小学校でのプログラミング教育の在り方や具体的な指導例、教材の選定などについて情報発信を行っている [2] [11].

小学校の授業で利用されるプログラミング言語は、あたかもブロックを組み上げるかのように命令を組み合わせてプログラムを表現するビジュアル型プログラミング言語と、文字によりプログラムを表現するテキスト型プログラミング言語の2種類に分類される. 中でもビジュアル型プログラミング言語は、マウスやタッチ操作が主でキーボードを必要としない、ブロックの色で機能の分類を示すなど視覚的に把握しやすい、言語の細かな文法を気にせずプログラムの中身に集中できるなどの理由から、多くの教育現場で採用されている [2].

また、プログラミングの学習内容をより詳細化した議論も行われている. 黒上らは、プログラミングが①物事を手順として捉える順次、②状況によって次の行動を変える分岐、③目標が達成されるまで同じ動作を続ける反復の、3つの要素として捉えられると述べている [12]. ベネッセコーポレーションでは、学年別にどのようなプログラミング的思考の概念と関係する思考スキルが含まれているのかを分析した. 結果の一部を表 2.1 に示す [13]. このように、プログラムの学習内容は大きく順次処理、繰り返し処理(反復)、条件分岐処理(分岐)の3つに大別される.

本研究で扱うプログラミング教材は先行研究に倣い、ビジュアルプログラミング言語を採用する. また教材を通して、児童が上記で示した3つの処理と、それらを組み合わせたプログラムについて、順番に学習できるようにする.

表 2.1 プログラミングで育成する資質・能力の評価基準

ベネッセコーポレーションが作成した表 [13]を基に，評価基準の内容のみ抜粋している。

プログラミング教育を通じて目 身近な生活でコンピュータが活用されていることや，問題の解 指す育成すべき資質・能力(文 決には必要な手順があることに気付くこと。 部科学省が定めた目標)		
目標		問題解決のためにコンピュータに指示を出すには必要な手 順があることに気付く。
各 学 年 の 目 標	低学年 (1・2 年)	コンピュータには明確な手順を命令する必要があることを知る こと。 順序がある場面があることを知ること。(順次処理)
	中学年 (3・4 年)	条件を満たすまで動作を続ける場面があることを知ること。(繰 り返し処理) 順序処理や繰り返し処理を組み合わせ，コンピュータに意図 した処理を行うための指示を出す体験をすること。
	高学年 (5・6 年)	条件により動作が変化する場面があることを知ること。(条件分 岐処理) 順理や繰り返し処理，条件分岐処理を組み合わせ，コンピュ ータに意図した処理を行うための指示を出す体験をすること。

2.2 ペアプログラミング学習

ペアプログラミングとは，2 人のプログラマーが横並びに 1 台のコンピュータに向かい，同じ設計，アルゴリズム，コード，テストについて継続的に共同作業をするプログラミングスタイルである。ペアにはそれぞれドライバー・ナビゲーターという役割が与えられる。ドライバーはコンピュータへの入力や，設計の書き下ろしを行う。ナビゲーターはドライバーの作業を監視し，戦術的・戦略的な欠陥を探す。ペアプログラミングには，表 2.2 に示すような 7 つの効果が期待される [5]。

小学生を対象にした 2021 年度のプログラミングに関するアンケートによると，プログラミングは算数・理科が得意な人向けの授業だと思っている人が全体の約 4 割おり，プログラミングをこれ以上に学びたいと思わない児童が全体の約 2 割いる [14]。また高校生を対象としたアンケートでは，プログラミングをやってみたくないと感じている生徒が全体の約 5 割おり，その原因として，プログラミングを経験した結果難しかったからもうやりたくないと感じている層と，プログラミングを経験したことがないものの，難しそうだと感じている層がいる [15]。このように，プログラミング学習者の中にはプログラミングが自分には向いていないと感じている人や，難しくてやりたくないと感じている人が存在する。気軽に意見を交換し，不安感を軽減できるペアプログラミングは，児童の学習に取り組む態度を育み，児童のプログラミングに対する苦手意識を軽減することが期待される。また 1.1 節でも述べたように，児童にはこれからの社会を生き抜くために，他者と協働・協調して問題解決する力が必要とされている [3]。そのため，協働でプログラミングを行う過程や，分からないことを質問する

過程を通して児童間の知識・スキルを交換することで、児童の学習内容の定着がより促進されることが期待される。このように、ペアプログラミング学習では人と相談しあい、分からないことを協力して解決できる環境が用意されることで、1人でプログラミング学習に取り組む場合よりも、プログラミングに対する苦手意識の払拭や、他者と協働・協調する力の涵養に貢献できる可能性がある。

小学生や初学者を対象として、ペアプログラミングなど学習者同士の話し合いを取り入れた学習には、いくつかの実施報告がある。山本らは小学生のペアプログラミング授業が、1人1台情報端末を使用した場合のプログラミング授業よりも、協力度・計画性で有意な結果を生むことを示した [6]。中山らは、ペアプログラミングの役割を意識させる仕組みを取り入れたペアプログラミング授業を小学生に実施し、ペアプログラミングで児童の粘り強さ・教えあいの促進・協力性がみられることを示した [16]。大枝は、工業高等専門学校の初学者を対象にペアプログラミングを実施し、ペアプログラミングが学生からの好意的な印象を抱かせることを示した [17]。林らは、ペア以外の児童とも自由に交流できるペアプログラミング授業を実施し、ペア以外の児童とのかかわりが学習効果向上につながることを示した [18]。これらの研究は、小学生・初学者に対してペアプログラミング学習の有用性を示しているが、話し合いに着目した研究は、教員が躓いている学習者に対して声掛けをするなどの支援に留まっており、躓いている原因や、学習者の特性に合わせて支援を行っている研究はない。本研究では、ペアプログラミングにおける各々の役割や、小学生の認知特性を考慮した話し合いの支援をペアプログラミング学習に取り入れることで、児童の話し合いや、学習内容の定着がより促進されることを目指す。

表 2.2 ペアプログラミングの効果 [5]

ペアプログラミングの効果	詳細
ペアプレッシャー	互いに建設的なプレッシャーをかけることで、時間を生産的に使うようになる。
ペア間の交渉	ペア間で連帯して問題に取り組み、多くの選択肢の中から最適な計画を効率的に決定する。
ペア間の勇気	1人で行う不安を軽減し、知らないことを認める勇気を与える。
ペアレビュー	ソフトウェアの欠陥を素早く検知し除去する。
ペアデバッグ	問題を説明したり質疑応答をしたりする過程で解決の糸口を発見できる。
ペア間の学習	お互いから知識やスキルを学習し続けることで、それらを素早く身につけられる。
ペア間の信頼	互いに信頼しながら互いの知識・経験を広げあうことで、1人の場合より優れた結果を生み出す。

2.3 初学者のデバッグ

プログラミング学習では、ほとんどの学習者がデバッグ活動を行う。デバッグとは、プログラマーがソースコード内の潜在的なエラーを特定し、これらのエラーを解決する一連のプロセスを指す [19]。学習者はプログラムを実行し、その出力が期待された結果とは異なる場合に、デバッグを開始する [20]。プログラミング初学者の多くは、デバッグを苦手とすることが多い [20]。

多くの初学者が行うデバッグ手順 [20]と、一般的なデバッグ手順 [21]を比較したものを表 2.3 に示す。2 つのデバッグ手順には大きく差がない。つまり、初学者の多くはデバッグの手順が正しいものの、各手順を上手く遂行できていないために、デバッグを上手く行えていないといえる。例えば初学者はプログラミングの知識が乏しいため、バグの特定・修正に時間がかかってしまうことが判明している [20]。他にも、学習者は 1 つのことに集中しすぎていたり、トレース(コード途中の実行結果を予想し、その結果を実際の結果を比較する行為)を頭の中で行い認知的負荷が高まったりした場合に、非生産的なデバッグ活動をしてしまうことがある [22]。

表 2.3 初心者と一般的なデバッグ手順の比較

Chen らが提唱した一般的なデバッグ手順 [21]と、Marjahan が提唱した
初心者のデバッグ手順 [20]を基に、筆者が対応付けを行いまとめたものである。

順 序	一般的なデバッグ 手順(※1)	(※1)に対応する初学 者のデバッグ手順	説明
1	バグの報告(発見)	プログラムの評価	プログラムの異常な動作・予想しない出力を発見した場合に、どのような異常が発生しているかを理解する。
2	バグの再現	バグの推理	バグを再現し、プログラムのどこが間違っていたかを理解する。
3	原因特定	バグの特定	バグの根本原因(その後の障害に繋がるエラーを引き起こす誤ったコード行)を特定する。
4	バグの修正	バグの修正	特定された根本原因に基づいて、バグを除去するためにプログラムを変更する。
5	回帰テスト	(対応する手順なし)	全てのプログラムが引き続き正しく動作するかどうかを確認する。

このような初学者のデバッグ問題を解決するための手法として、「他に試せることは無いか？」「頭の中でトレースするには負荷が大きすぎないか？」など、現在の状況から一歩引き、メタ認知要素を組み込んだ自問自答形式をもって問題を再考する「ラバーダッグデバッグ」がある [22] [23]. Jiwon はプログラミング学習中、ラバーダッグデバッグの内容を取り入れた表 2.4 の内容をデバッグ中の学習者に記入させた. その結果、質問をしようとしていた学習者のうち 73%が記入活動を通して、インストラクターに聞こうとしていた質問を自身で解決することができた [23].

本研究では、ペアプログラミングとラバーダッグデバッグの両方を活かしたデバッグの支援を提案する. ペアプログラミングにおいて、相手のプログラミング作業を監視し、戦術的・戦略的な欠陥を探す役割のナビゲーターは、プログラミングに集中する役割のドライバーよりも、現在の状況から一歩引いた俯瞰的な視点をもつことができるといえる. またペアとなった児童たちに、ラバーダッグデバッグのように、メタ認知要素が含まれた話し合いを行うよう誘導することで、児童のデバッグ技術を向上させることが期待される.

表 2.4 ラバーダッグデバッグを利用した質問内容

Jiwon が作成したフォーム内容 [23]を筆者が日本語に訳し、ラバーダッグデバッグに関する内容のみ抜粋してまとめている.

質問のカテゴリー	詳細
問題カテゴリー	エラーの理解・特性・テスト・修正・自動採点フィードバック・その他の中で、自身の状況がどのカテゴリーに属するかを入力する.
問題の説明	「このエラーはどういう意味ですか?」「どこでエラーが発生していますか?」など、自分の言葉で発生した問題を説明する.
これまでの試み	「これまで何を試しましたか?」「他に何を試すことができますか?」など、問題解決のための試みについて説明する.

2.4 質問活動

2.4.1 質問活動の概要

小学生が自身の分からないことを相手へと質問し、相談しあう「質問活動」に注目する。質問活動は、小学 4 年生以上の認知能力を対象とした場合に、高い学習効果が見込まれる [24]。学習者は質問活動による仮説立て、予測、思考実験、説明の過程を通して自身の理解状況を表現し、何を知らないかを認識できる [25] [26]。また他者との話し合いを通じて、足りない知識の獲得や構築を行ったり、理解の矛盾を解決したり、他のアイデアとの関連付けを行ったりできる。質問活動は他にも、学習者の議論を誘発して問題に対する様々な賛否を検討するよう刺激することで、科学における批判的思考を促進する効果や、他者の質問を聞くことで学習者の思考に刺激をもたらし、グループ全員への科学的知識の構築、理解へ繋げる効果があることが示唆されている [26] [27] [28]。

しかし、小学生は質問活動を十分に行えない可能性がある。Dillion や Graesser らは教室・個別指導の場において、学習者の質問数が少なく、知識を求めるような質問はさらに少ないことを明らかにした [8] [9]。また Chin らや Derek らは、質の高い思考や認知に関する質問を自主的に行う学習者は、ほとんどいないことを明らかにした [27] [29]。Dillion は質問活動をモデル化し、疑問感生起、質問生成、質問表出の 3 つのプロセスから成ると定義した [30]。つまり学習者は、学習において疑い・無知・困惑などの疑問感が生起したとき、疑問感を解消するための質問を生成し、それを言葉などの手法で周囲に表出することで、質問活動を行っているのである。各プロセスにおける支援手法の概要を表 2.5 に示す。2.4.2 節から 2.4.4 節では、各手法の詳細について述べる。

表 2.5 質問活動の各プロセスを支援する手法

質問を支援する手法を、Dillon が提唱する質問活動のモデル [30]を基に
筆者が分類したものである。

質問活動のプロセス	支援手法
疑問感生起	矛盾する事象に気付くような刺激を児童に提供する。
質問生成	質問活動の練習や、語幹リストによる自己発問の誘導を行う。
質問表出	質問しやすい教室の雰囲気醸成し、児童の質問への評価を行う。

2.4.2 疑問感生起の支援

この節では、質問活動の過程における疑問感の生起を支援する手法について述べる。

児童は学習活動中に適切な刺激を与えることで、質問を促すことができる [31]。Suchman らは小学生に矛盾した出来事を観察させることで、多くの児童が疑問を抱くことを発見した [32]。また 2.3 節で示したように、学習者はプログラミング学習中、期待する成果と実際の結果に矛盾が発生したときにデバッグを行う。つまりプログラミング学習においては、デバッグの開始機会を与えることが、疑問感生起の支援を行うことに繋がっているといえる。

本研究では、ペアプログラミングにおいて相手の作業を監視するナビゲーターの役割に注目し、疑問感生起やデバッグに繋がる刺激をナビゲーターへ与えることで支援を行う。

2.4.3 質問生成の支援

この節では、質問活動の過程における質問生成を支援する手法について述べる。

小学生が質問をしない理由について、生野らは、小学生 4・6 年生の半数以上が、そもそも質問を思いついていないために質問しないことを明らかにした [33] [34]。また学生は、学習を行っている際に自身が何を理解しているのかにさえ気づかず、何も対処せずやり過ごしていることがある [28]。つまり、児童は質問を言語化する能力に乏しいため、質問生成が行えない可能性がある。

質問生成を支援する手法に、リストを使った手法がある。King は、Bloom が提唱した認知プロセス [35] に注目し、それらの認知プロセスに基づいた一般的な質問文の一覧(質問語幹リスト)を生成した。そして、学生に質問語幹リストを利用しながら質問を生成してもらうことで、質問活動を支援する手法を提案した [36]。生田らは King の質問語幹リスト [36] を日本語訳し、それを Bloom の提唱する認知プロセス [35] に基づいて内容を整理した [37]。生田らが示した質問語幹リストの内容を表 2.6 に示す。

質問語幹リストは学習内容と関連する事前知識を活用するよう生徒に示し、学習内容との違いや関連する事前知識への注意を促し、学習成績を高める役割をもつ [36] [38]。また詳細な文による質問語幹リストの方が、短く単純な文章で構成されたリストよりも、質の高い質問生成を促す効果をもつ [36]。小学 5 年社会の授業では、質問語幹リストを使った方が児童の自己評価向上・質問活動の活発化することが確認された [37]。高校 1 年数学の授業では、生徒が躓いた内容を言語化して質問するためのリストを利用することで質問量の増加が確認された [39]。また小学 5 年理科のオンライン授業では、質問語幹リストを用いた学習システムの導入が、リストを用いていないシステムの導入よりも質の優れた質問が生成されることが確認された [40]。

表 2.6 生田による質問語幹リスト [37]

一般的・包括的	概念の説明	なぜか, 説明してください. どの様にするの(どのくらいなの, どんな状態なの)か, 説明してください. ～の意味は, 何ですか. なぜ～が重要なのですか.
	既有知識や経験	～について, よく知っていますか.
	の活性化と利用	以前習ったことと, どの様に関連していますか.
具体的・分析的	比較と対象	～の長所と短所は, 何ですか. ～と～の間の違いは, 何ですか. ～と～は, どの様に同じなのですか. ～に関する～と～を, 比較してください.
	予想をたてる	もし～なら, 何が起こりますか. ～の原因は, 何だと考えますか.
	関係性の分析	～は～に, どのような影響をあたえますか. ～は～に, どのようなことをもたらしますか.
応用的	例を作り出す	～の新しい例とは, 何ですか.
	アイデアの統合	～といった問題を解決する可能性のある方法は, 何がありますか.
	適応例を作り出す	あなたは, どの様にして使いますか.
	評価・判断を作り出す	最良なのは何ですか. なぜそれが最良なのですか. この～という言葉に, 賛成ですか反対ですか. あなたの考えを主張してください.

また小学生は質問活動に限らず, 話す・聞くなど話し合いの基礎的な力を学習している途中であり [41], 話し合い全般に対しても支援が必要である. 上山は, 参加者全員が納得する話し合いを行うために, 話し合いのコツ(方法知)を会話の中に取り入れた授業を実施した [42]. 方法知の一覧を表 2.7 に示す. 児童の半数は方法知の中でも理由のお尋ね, 受け入れ, まとめの 3 つが特に話し合いで有効であると捉えており, 授業では, これらを使用して話し合いの質を精緻化することができた. また北川は, 議論を俯瞰して捉え, 議論の進行や, 参加者間の関係や感情を調整できるような議論展開能力を育む必要があると述べた. そして, 表 2.8 に示す能力の一覧表を利用して小学生へ討論の授業を実施し, 討論終了後には表の内容を基に省察を行わせた [43].

表 2.7 上山による話し合いのこつ(方法知)の一覧 [42]

方法知(こつ)の名称	説明	発言例
アイデア	意見を提案するもの.	「じゃあ, …」/「…はどう?」
内容の確かめ	発言内容を確認するもの.	「どういうこと?」/「…って何?」
理由のお尋ね	理由を尋ねるもの.	「なんで?」/「どうして?」
反論	判定意見を述べるもの.	「でも, …」/「それは…じゃない?」
もどし	逸れた話題を戻すもの.	「元に戻そうよ」「さっきの話だけど…」
受け入れ	相手の考えを受容するもの.	「そうだね。」/「それは分かるよ。」
付け足し	相手の考えに付加するもの.	「それに, …」/「しかも, …」
パス	相手の発言を促すもの.	「〇〇さんはどう?」/「意見はある?」
まとめ	論点を整理するもの.	「ちょっとまとめさせて…」
言い替え	別の言葉に言い換えるもの.	「それは, …ってどういうこと?」
笑い	雰囲気や和ませるユーモア等.	—

表 2.8 北川による議論展開能力の一覧

北川の作成した表 [43]を基に, 議論展開能力の内容のみ抜粋している.

議論展開能力	
上位	下位
共通の理解を深めるはたらきかけ	言いたいことを確認する.
	他の参加者の理解状況を捉え, 説明を加える.
	説明を要求する
議論の道筋をつくるはたらきかけ	全体に問いかける
	議論について検討したり, 確かめたりする.
	論点を提示する.
	展開への意見や質問をする.
進行状況をコントロールするはたらきかけ	論題からの逸脱を修正する.
	話を転換し, 違った視点を打ち出す.
	グラウンドルールを確認する.
議論内容を整理するはたらきかけ	途中で意見を整理したりまとめたりする
	前の発言と関連付ける
協同性を高める働きかけ	共感的な反応を変える.
	全員の参加を促す.

また話し合いのような音声言語活動には非記録性という性質があるため、学習者は自身の考えを頭の中で整理しなければならない。しかし、それは小学生の認知能力では困難な可能性がある。そこで、メモやフリップ等の視覚資料を活用して、その場で行われている話を可視化する支援が重要視されている [44] [45]。村上らは、インタビューを活用して児童の話す・聞く能力を向上させる活動において、児童に行ってほしい行動を予め「インタビューカード」としてまとめておき、学習中の児童に、インタビューカードの中から行いたい行動を選ばせることによって、児童に自身の行為を評価させ、よい方向へと自己修正できるよう支援した [44]。

本研究では、話し合いの重要な観点や質問のキーワード(語幹)のリストを児童に提示することで、児童の質問生成の支援を目指す。しかし、先行研究の内容を小学生のプログラミング教育にそのまま適用するには、幾つか問題点が考えられる。まず、プログラミング教育ではデバッグなど、プログラミング特有の問題が発生する場合がある。これらの問題は、先行研究で上げたような一般的な話し合いを対象としたリストでは対応することができない。質問語幹リストは、語幹の形式を変化させることで教材に特化した詳細な説明のやり取りを促すことが分かっており [36]、2.3 節で挙げたような、プログラミング特有の問題を解決するための手法を取り入れる必要がある。次に、国語や算数などの一般科目は通常小学 1 年から 6 年にかけて段階的に学習を行っていくものだが、導入されたばかり且つ多くの学校が高学年を対象として行っているプログラミング教育 [1] [46]では、小学生の殆どがプログラミング初学者であることが推測される。先行研究では過去の知識や一般事象とのつながりを考えるなど、児童の高度な認知能力や経験を必要とする質問文や観点が含まれているが、経験の浅い児童には使いこなせない可能性がある。そこで、小学生の認知能力やプログラミング教育特有の問題に対応したリストが必要である。

2.4.4 質問表出の支援

この節では、質問活動の過程における質問生成を支援する手法について述べる。

Charles は、クラスメイトが質問に対して不寛容・侮蔑的な態度を示したり、教員が無視したりすると、学生が質問の意欲を失うことを明らかにした [47]。Chin らは、学生が他者からの非難、嘲笑や恥ずかしくなることを恐れると質問をしなくなってしまうことを明らかにした [28]。

これらの解決策として White は、質問を考え出す人を抑圧せず褒めることや、学習者の評価項目に質問活動を含めることが積極的な質問活動に繋がると述べた [48]。

また林は、ファシリテーションの効果向上のため、PCA(Pedagogical Conversational Agent, 教育エージェント)を学習者同士の協働活動に第三者として参加させる手法を提案した [49]。PCA システムは、学習者の視覚・聴覚の両方に情報を与えることが、片方の場合よりも学習者に認知的負担をかけないという人間の特性を利用し、テキスト・PCA の表情による視覚情報と、音声ナレーションによる音声情報の両方で表現を行う特徴をもつ。学習者の発言が少ない場合やランダムなタイミングで画面に表示される PCA の表情を変化させたり、表 2.9 に示すような発言を行わせたりすることで、話し合いの積極化を促した [50]。

表 2.9 林による PCA による発言の例 [50]

発言の種類	発言例
メタ認知を 誘発する発言	・ いま自分が考えていることや発言内容をもう一度、考え直してみてください. ・ 先ほど説明していた内容を一度振り返ってみてください.
異なる視点を 誘発する発言	・ 今行っている説明とは、違った説明をしてみてください. ・ 類似する概念や異なるキーワードも挙げて、説明してみてください.
到達目標を 提示する発言	・ 他者に説明する行為を通じて、理解を深めることが目的です. ・ 説明活動を通じて、知識の網を広げていくことがこの活動のポイントです.

また、児童に学習の動機づけを行わせる手法の 1 つに「ゲーミフィケーション」がある [51]. ゲーミフィケーションとは、ゲームのメカニズムを非ゲーム分野に応用することで、学習者の意欲向上や持続に繋がる要素を導入する手法である. ゲーミフィケーションには様々な要素が含まれているが、その 1 つに、学習者の特定行動に対する達成状況を本人及び第三者に分かりやすく示すことで、学習者へ達成感を示す「バッジ・収集」がある [51].

本研究では、質問活動を推奨する学習環境を提供することによる、質問表出の支援を目指す. 質問活動を推奨するよう説明したり、質問活動の評価や報酬を与えたりすることで、児童の質問活動の意欲を高める.

2.5 プログラミング学習の評価手法

プログラミング学習の評価手法の例として、テストと会話中の語彙に注目した手法を挙げる.

学習では、一般的に学習者の認知能力を必要とする. 認知能力の分類法の 1 つに、Bloom が提唱する認知プロセス次元がある [35]. 認知プロセス次元とは、学習者の認知的なプロセス 19 個を、その複雑性に基づいて包括的に分類したものである. 各プロセスにはそれぞれ関連があり、番号が大きくなるほどより高度な認知能力が必要とされる. 認知プロセス次元の一覧を表 2.10 に示す. 認知プロセス次元は 2.4.3 節で示した King の質問語幹リスト [36] [37]でも利用されており、認知プロセス次元に基づいた問題を立てることで、児童の認知能力(理解度)を確認することができる. また町らは、算数の授業における相互教授法の介入効果について検討する際に、岸らの発話枠組み [52]を参考にして発話分類カテゴリー表を作成し、これを用いて児童の発話内容の分析を行った [53]. 発話分類カテゴリー表を表 2.11 に示す.

本研究では、Bloom の認知プロセス次元を取り入れたプログラミングテストと、町らの発話分類カテゴリー表に基づいた児童の発話内容の分析を実施することで、学習者の評価を行う.

表 2.10 Bloom による認知プロセスの次元一覧 [35]

番号	認知プロセス	説明	関連する 認知プロセスの例
1	記憶	記憶の中から関係のある知識を引き出す.	再認, 想起
2	理解	口頭, 文, 図表などによる教育的指導を基に その意味を構築する.	解釈, 例示, 分類, 要 約, 推測, 比較, 説明
3	応用	与えられた状況である手順を実行したり, 使 用したりする.	実践, 実施, 実施
4	分析	事象を要素に分解し, その要素間の関係, 全体構造や目的との関係を明らかにする.	区別, 体系化. 結び付 け
5	評価	基準やスタンダードに基づいて判断を下す.	チェック, 批判
6	創造	要素を統合して全体を作り上げる, 要素を再 構成して, 新しいパターンや構造を作る.	仮定, 計画, 創作

表 2.11 町らによる発話分類カテゴリー表

町らが作成した表 [53]を基に, カテゴリー説明の内容のみ抜粋している. 中位カテゴリーの「深い」とは自身や相手考えを詳しく話す内容, 「浅い」とは単純な疑問の表出や一般的な応答を指す.

上位 カテゴリー	中位 カテゴリー	下位 カテゴリー	定義
学習関連	深い	説明・意見	学習課題について, 自分の考えを詳しく述 べている説明や意見.
		質問・助言	相手の説明をより詳しくする質問・助言.
		回答	相手の質問を受け, 自分の説明をより詳しく しようとしている回答.
	浅い	説明・意見	学習課題について, 自分の考えを述べようと している発話.
		質問・助言	相手の説明や質問に対する, 単純な疑問の 表出.
		回答	相手の説明や質問に対する, 相槌や復唱等 の一般的応答.
グループ学習 運営・維持関連	指示・注意		グループ学習の話し合いを成立させるため の, 指示・確認・問いかけ・注意
	応答		指示・注意に対する一般的応答.
非学習関連	雑談		学習と関係ない雑談・ふざけ・いさかい等.
	独り言		他者からの反応を求めている独り言等.

2.6 本研究の位置づけ

小学校でのプログラミング教育必修化に伴い、日本では多くのプログラミングに関する教材やカリキュラム内容などが研究された [2] [11]. 中でもペアプログラミングには、児童の協同的な態度を育み学習効果を育む効果が期待されており、小学生や初学者を対象とした授業で活用されている [5] [6]. しかし小学生のプログラミング学習において、児童の話し合いに注目した研究はあまり行われていない. 児童の話し合いや質問活動に注目し、それを支援する研究は存在するものの、それらはプログラミング学習に適応していなかったり、認知能力が発達途中の小学生を対象としていなかったりする [31] [32] [36] [37] [39] [40] [44] [45] [48] [49] [50].

本研究では、先行研究で挙げた話し合いの支援手段を小学生の認知能力やペアプログラミングの特性に適応させることで、小学生のプログラミング教育における話し合いの支援を目指す. また新たな支援手段を提案することで、児童の話し合う力や態度を涵養し、小学生のプログラミング教育の目標達成に貢献する.

2.7 小括

本章では、小学生のプログラミング教育における関連研究や、本研究の位置づけについて述べた. 小学生のプログラミング教育の興隆、ペアプログラミング学習の効果や評価手法を紹介した上で、プログラミング学習での話し合い(質問)活動に注目した研究が不十分なことや、先行研究で紹介した話し合い活動を支援する手法を、小学生のプログラミング教育にそのまま適用することの難しさについて述べた. 本研究では、それらの問題点に対処した新たな支援手法を提案することで、小学生のプログラミング教育の目標達成に寄与することを目指す.

第3章 提案手法

3.1 話し合いを促進する学習システム

本研究では、小学生の話し合いを促進するペアプログラミング学習支援システムを提案する。システムの概要を図 3.1 に示す。本研究では、ペアとなった児童が Web アプリケーションを使いながらプログラミングを行う。Dillion が提唱した質問活動の 3 つの過程 [30] に対して、それぞれ支援を行う。1 つ目は、学習ログ閲覧機能による疑問感生起の支援である。ドライバーよりも疑問感生起の機会が不明瞭で分かりづらいナビゲーターを対象に、疑問感生起の機会とその判断材料を提供する。2 つ目は質問語幹リストによる質問生成の支援である。小学生のプログラミング経験の少なさや、話し合いの基礎的な力を学習している学習段階であるという背景を踏まえて、それに対応した小学生向けの質問語幹リストを考案し、提供する。3 つ目はエージェント・賞状の導入による質問表出の支援である。ファシリテーションを支援するエージェントを、ペアプログラミング学習で利用できるよう内容を変更する。また、小学生の質問意欲を向上させる賞状の仕組みを導入する。

以降の節では、各支援手法の詳細について述べる。なお、1 つ目と 3 つ目の支援は、プログラミングゲームを提供する Web アプリケーションの機能として実装する。

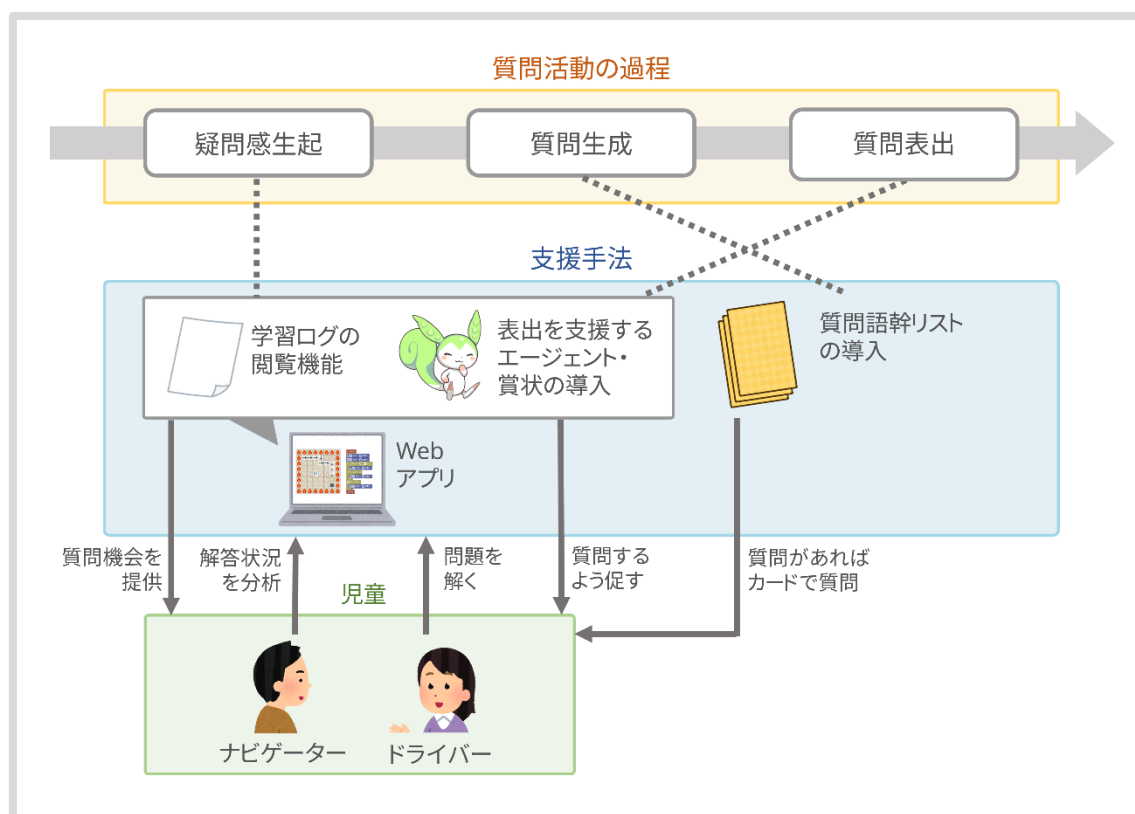


図 3.1 小学生の話し合いを支援する学習システム

3.1.1 学習ログの閲覧機能

この節では、疑問感生起の支援手法について述べる。

ペアプログラミング学習では、ペアとなった 2 人にそれぞれドライバー・ナビゲーターの役割が与えられる [5]。そこで、役割ごとの疑問感生起のタイミングを考える。疑問感には疑い・無知・困惑などの種類がある [30]。プログラミングの問題を解くドライバーは、問題に不正解したときや知らないプログラミング知識を解答で必要とされたときなどに、疑問感が生起すると推測される。しかし、学習中自然と疑問感が生起するドライバーに対して、それを監視する役割のナビゲーターは、監視が不十分な場合に疑問感が生起しない恐れがある。

そこでナビゲーターには予め、ドライバーが解けずに困っている場合や、自分の考えとドライバーの解答が異なる場合には質問を行うように説明を行う。また、ドライバーが困っていないかを判断するための手法として、ドライバーが問題に取り組んでいる時間や、解答ボタンを押した回数をナビゲーターが確認できるようにする。説明資料の一部を図 3.2 に示す。客観的で明確な数値情報を基に質問を行うタイミングを判断してもらうことにより、ナビゲーターの疑問感生起を支援する。

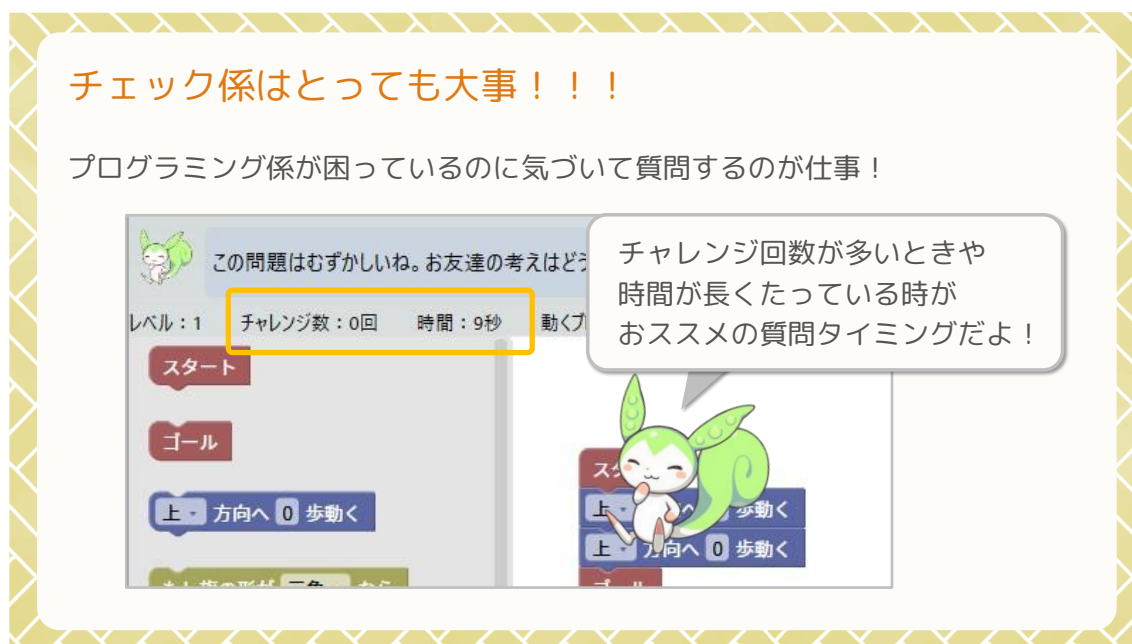


図 3.2 ナビゲーターの疑問感生起のタイミングを説明する資料

児童向けの説明資料では児童が役割を簡単に理解できるようにドライバーをプログラミング係、ナビゲーターをチェック係と言い換えている。

3.1.2 プログラミング学習用の質問語幹リスト

この節では、質問生成の支援手法について述べる。

本研究では、小学生へプログラミング学習用の質問語幹リストを作成し提供することで、質問生成を支援する。2.4.3 節で挙げた①生田による質問語幹リスト(表 2.6), ②上山・北川による話し合いのポイント(表 2.7・表 2.8), 2.3 節で挙げた③Jiwon によるラバーダッグデバッグの質問内容(表 2.4)の計 3 つの研究で示された内容から、表 3.1 に示した基準を使って選定を行った。

また選定後の文章は、具体性の高い文章の方が高い学習効果を得られるという先行研究の結果 [36]に基づき、本研究のペアプログラミングゲームに合わせて文章の改変を行う。作成したプログラミング学習用の質問語幹リストを表 3.2 に示す。

また、質問語幹リストはカード化して学習で利用する。カードのイメージを図 3.3 に示す。児童が考える質問の内容を可視化することによって、質問内容を記憶するという認知負荷を軽減し、児童が自身の行動の評価・修正を行いやすいようにする。

表 3.1 質問語幹リストの選定基準

選定基準	理由
会話の初めに使えること	本研究では、語幹リストを会話のきっかけとして利用してもらうことを想定しているため。
プログラミングでない知識とのつながりや過去の経験を必要としないこと	高度な認知能力や経験を必要とする質問は、プログラミング経験の浅い児童には使いこなせない可能性が高いため。
以下のいずれかの場面で利用できること	ドライバー・ナビゲーターの疑問感生起が発生すると想定される場面であるため。
・ 問題が解けない場面	
・ 問題に関する不明点を解決したい場面	
・ 相手の考えを知りたい場面	

表 3.2 プログラミング学習用の質問語幹リスト

先行研究	質問語幹
生田 [37]	・ ○○ブロックの意味を教えて。 ・ ○○と△△ブロックのちがいがいい(同じところ)を教えて。 ・ どのブロックでどう動いたのか、一歩ずつ順番に教えて。
上山・北川 [42] [43]	・ もう一回○○について教えて。 ・ あなたの考えはちがうと思う。なぜなら～ ・ 私と同じ意見？ちがう意見はある？
Jiwon [23]	・ どこがまちがっていると思う？ ・ ブロックをどう直したらいいと思う？



図 3.3 質問語幹リストのカード

カード裏面は、児童が実証実験でカードの使用回数をカウントするための内容が記載されている。
また、質問内容が記載されていないカウント専用カードもある。

3.1.3 質問表出を促すエージェントと賞状

この節では、質問表出の支援手法について述べる。

ファシリテーションを行うエージェントを用意し、①ペアプログラミング学習中の児童に対して学習を褒める発言、②質問活動を促す発言、③質問活動の意図や重要性を説明する発言、を文字・音声情報で児童に伝えることで、児童の学習・質問活動の意欲向上を目指す。エージェントの発言一覧を表 3.3 に示す。林の研究では質問を投げかけて児童のメタ認知を促進させる発言も行っていた [50]が、本研究では 3.1.2 節で示した質問語幹リストがその役割を担っているため、エージェントの発言内容には含めない。エージェントは、児童が問題に正解したり新しく問題を解き始めたりしたタイミングで発言を行う。

また児童の発言を教員が評価し、いい質問をした児童には目に見える賞状を与える仕組みを設ける。賞状の内容を表 3.4 に、デザイン例を図 3.4 に示す。児童に、自分達の質問活動が評価されているという意識をもたせ、よい質問活動に対しては賞状を渡すゲーミフィケーションの仕組みを活用することにより、児童の質問活動の意欲を高める。

表 3.3 ファシリテーションを行うエージェントの発言一覧

発言の種類	発言内容
学習を褒める	・ その調子！
発言	・ 正解！ブロックを上手に使えているね。 ・ すごい！今度は役割を逆にして解いてみよう。できるかな？ ・ むずかしい問題だったけど、がんばって解けたね。 ・ どんどん練習することで、プログラミングが上手になっているね！
質問活動を促す	・ お友達が困っていたら、声をかけて助けてあげよう。
発言	・ 分からないことがあれば、カードを使って聞いてみよう！ ・ 自分の考えと、ちがっているところはないかな？ ・ 分からないことがあったら質問してみよう！
質問活動の意図	・ 相談し合って、みんなが楽しくプログラミングをするのが大切なんだ。
や重要性を説明	・ 1人で悩むよりも、相談することで新しい視点がえられるかも！
する発言	・ 同じルートでも、色々な解き方があるんだ。みんなはどんなプログラムを考えた？ ・ 解くのを横で見るお友達は、困っていないかサポートしてあげよう。

表 3.4 質問活動を評価する賞状の一覧

賞状の名称	児童へ賞状を渡す場面
質問にチャレンジできたで賞	初めて質問を行っているのを確認した場面
質問にがんばって答えたで賞	質問を行ったり、質問に解答したりする意欲がみられた場面
自分の考えを分かりやすく 伝えられたで賞	自身やペアの知識に基づき説明の工夫を行っている様子がみ られた場面
ペアと協力して問題を解くこと ができたで賞	ペア同士の協力が見られる場面や難しい問題を解けた場面

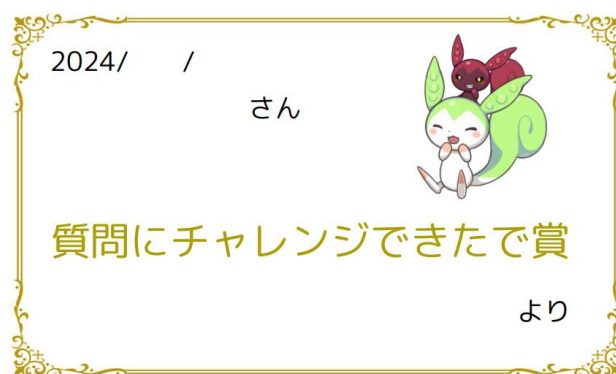


図 3.4 賞状のデザイン例

3.2 プログラミングゲームの概要

本研究では、プログラミングで迷路問題を解くゲームが遊べる Web アプリケーションを開発した。迷路の一例を図 3.5 に、迷路を構成しているマスの一覧を表 3.5 に示す。このゲームでは、プログラミングで妖精を動かし、通行不可マスを通らずゴールマスまで移動させたらクリアとなる。

ゲームのレベルを表 3.6 に示す。本研究は 2.1 節で述べたプログラミングの学習段階に基づき、4 つのレベルを設けた。ただしレベル 4 は筆者が独自に策定したものであり、難しい問題を用意することで、児童が疑問感を生起する機会を増やしている。

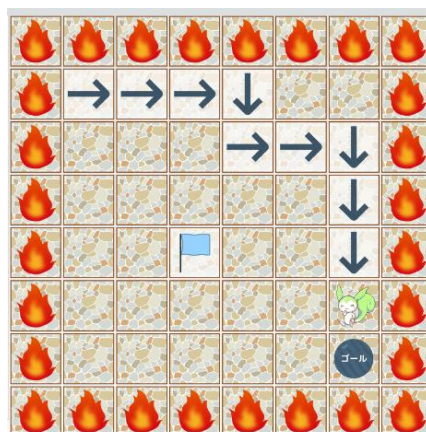


図 3.5 ゲームで使われる迷路問題の例

表 3.5 ゲームの迷路のマス一覧

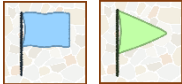
名称	イメージ	説明
妖精		・ プログラムで移動する妖精 ・ このマスがゴールマスの上まで行けばクリア
ノーマル		・ 妖精が通過可能
ゴール		・ 迷路のゴール
旗		・ プログラム(分岐・反復ブロック)で利用できる ・ 四角と三角の 2 種類ある ・ 妖精が通過可能
行不可		・ 妖精はこのマスの上を通過することはできない
移動経路		・ 妖精が通過した後に表示される ・ 種類は上下左右の 4 種類ある

表 3.6 ゲームのレベル

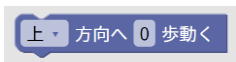
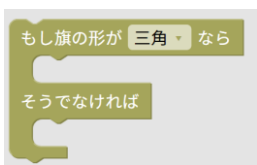
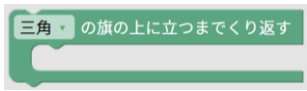
レベル	問題解答に必要なアルゴリズム	ゲームのルール
1	順次	動くブロックで, ようせいをゴールまで連れていこう!
2	順次・反復	使える動くブロックの数が決まっているよ. 緑ブロックで同じブロックをまとめて作ろう!
3	順次・反復・分岐	2 人のようせいが登場! 黄色ブロックで 2 人の動きを分けて作ろう!
4	順次・反復・分岐(入れ子構造)	動くブロックの数が決まっていて, ようせいが 2 人いることも! 応用問題にチャレンジ!

全てのレベルに対する, プログラムの共通ルールを図 3.6 に示す. また, プログラミング言語には Blockly を採用する. Blockly とは, Google 社が提供している, アプリにブロックベースのコードエディタを追加することができるウェブライブラリである [54]. 本研究では, 小学校のプログラミング教育でよく使われるプログラミング言語の Scratch [55]をベースにブロックの内容を設計し, それを Blockly で実現した. ゲームで利用するプログラムのブロック一覧を表 3.7 に示す. 分岐・反復ブロックはそれぞれ 2 種類用意することで, 1 つの経路を表現するためのプログラムを複数検討できるようにし, 児童の相談の機会を増やすことを目指した.

- ・ プログラムは上から下へ順番に動く.
- ・ プログラムの初めにはスタートブロックを, 終わりにはゴールブロックを入れる.
- ・ 使わないブロックはコーディングエリア(プログラムを作るエリア)に置くと不正解となる場合があるため, 消しておくこと.

図 3.6 プログラムのルール

表 3.7 プログラムブロックの一覧

分類	名称	イメージ	説明
イベント	スタート		・ プログラムの初めにいれるブロック
	ゴール		・ プログラムの終わりにいれるブロック
移動	動く		・ 妖精が移動するブロック ・ 移動方向(上下左右)と歩数を指定できる
分岐	もし		・ 旗の形(三角・四角)を指定できる ・ 妖精が旗ブロックの上に立っており且つ旗が指定した形だった場合は中に入ったブロックを実行する
	もし・でなければ		・ 旗の形(三角・四角)を指定できる ・ 妖精が旗ブロックの上に立っており且つ旗が指定した形だった場合は上部分に、そうでない場合は下部分に入ったブロックを実行する
反復	くり返す		・ 繰り返し回数を指定できる ・ 指定された回数分、中に入ったブロックを実行する
	までくり返す		・ 旗の形(三角・四角)を指定できる ・ 妖精が指定した形の旗ブロックに立つまで中に入ったブロックを実行する

3.3 支援システムの評価手法

3.1 節で挙げた話し合いを支援する仕組みが、話し合いや学習にどのような影響を与えるのかについてそれぞれ評価を行う。質問語幹リストを導入することで話し合いの内容や会話量、学習成績が変化するかを確認するため、リストの使用有無による比較実験を行う。2.5 節で挙げた町らの発話分類カテゴリー表 [53]を本研究用に改変したものを表 3.8 に示す。発話内容は、先行研究と同様に「児童間の話者交代」と「同一話者内の発話における発話機能の変わり目」を基準に区切る [52] [53]。また、児童が同時に発話した場合の話者交代の判定基準は筆者が独自に設定した。その基準を図 3.7 に示す。また 2.5 節で挙げた Bloom の認知プロセスの次元 [35]を取り入れたテストを利用し、児童の認知能力を分析する。テスト内容を表 3.9 に示す。他にも演習に関する自己評価・他己評価を実施し、学習ログの閲覧機能や質問表出を促すエージェント・賞状などの仕組みが児童の学習効果向上に寄与しているか確認する。

表 3.8 本研究で利用する発話分類カテゴリー表

表 2.11 に先生の応答・判別不可を追加した。また本研究に合わせて定義も一部変更している。

上位 カテゴリー	中位 カテゴリー	下位 カテゴリー	定義
学習関連	深い	説明・意見	学習課題について、自分の考えを詳しく述べている説明や意見。
		質問・助言	相手の説明をより詳しくする質問・助言。
		回答	相手の質問を受け、自分の説明をより詳しくしようとしている回答。
	浅い	説明・意見	学習課題について、自分の考えを述べようとしている発話(相手からの返答がある発話が対象)。
		質問・助言	相手の説明や質問に対する、単純な疑問の表出。
		回答	相手の説明や質問に対する、相槌や復唱等の一般的応答。
グループ学習 運営・維持関連		指示・注意	グループ学習の話し合いや、質問活動・プログラミング係・チェック係に関する確認・指示・確認・問いかけ・注意
		応答	指示・注意に対する一般的応答。
		先生の応答	先生を呼ぶ、先生からの話しかけに応じる等。
非学習関連		雑談	学習と関係ない雑談・ふざけ・いさかい・笑い声・叫び声・溜息等。
		独り言	他者からの反応を求めている独り言等(相手からの返答がない発話が対象)。
		判別不可	音声不明瞭で、どこに属すのかが不明な発話。

表 3.9 プログラミングテストの内容

認知プロセスの項目では代表的な認知プロセスと、関連する認知プロセスの 2 つを示している。

認知プロセス	配 点	問題内容
記憶(想起)	1	プログラムブロックの意味を答える
理解(解釈・比較)	2	組み立てられたプログラムの意味と同じ意味のプログラムを答える
応用(実践)	4	プログラムを見て妖精の動きを答える(レベル 1~4 から 1 問ずつ出題)
分析(区別)	4	4 つの文章の中からプログラムブロックと関連のある文を選択する
評価(批判)	3	2 つのプログラムを比較してどちらが分かりやすいか判断する(記述)
創造(計画)	3	習ったブロックを他のものに利用できないか考える(記述)

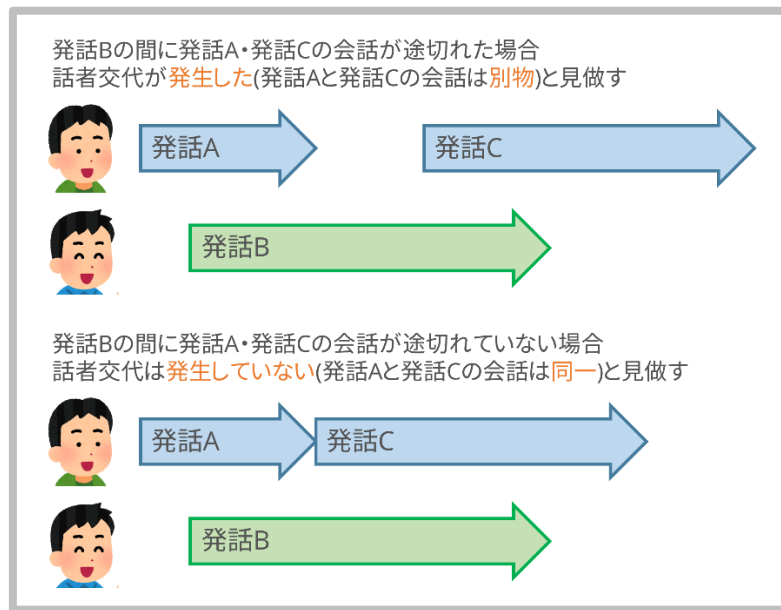


図 3.7 児童が同時に発話した場合の話者交代の判定

最後に、児童のもつ特性や性格が、話し合いや、それを支援するための仕組みに関連が無いかを調査する。この結果に基づいて、児童のどのような特性にどのような話し合い支援の仕組みが有効であるかを検討する。

3.4 小括

本章では、小学生の話し合い支援を行うペアプログラミング学習システムを提案した。Dillion のモデルに基づき話し合いの過程を疑問感生起・質問生成・質問表出の 3 つに区分し、それぞれに対する支援手法を提案した。疑問感生起は学習ログの閲覧機能により、質問生成は質問語幹リストの導入により、質問表出はエージェント・賞状を利用したモチベーションを向上する仕組みにより支援する。また、学習システムの評価を行うため、質問語幹リストを導入した場合と導入しなかった場合の比較実験や、児童アンケート・教員アンケート・話し合いの内容・会話量の結果を基に評価を行う手法を提案した。

第4章 開発システム

4.1 Web アプリケーションの概要

本研究で開発した、児童にプログラミングゲームの環境を提供する Web アプリケーションについて述べる。システム構成を図 4.1 に示す。実験で利用するモバイル wi-fi の負荷を軽減するため、サーバとモバイル wi-fi を 2 つずつ用意して、接続クライアントを分割する。各クライアント PC にはマイクが接続されており、児童が 2 人 1 組となって利用する。ユーザ情報は、Google 社が提供するクラウドデータベース(Firebase Realtime Database) [56]で管理が行われる。システムの開発環境を表 4.1 に、実行環境を表 4.2 に示す。

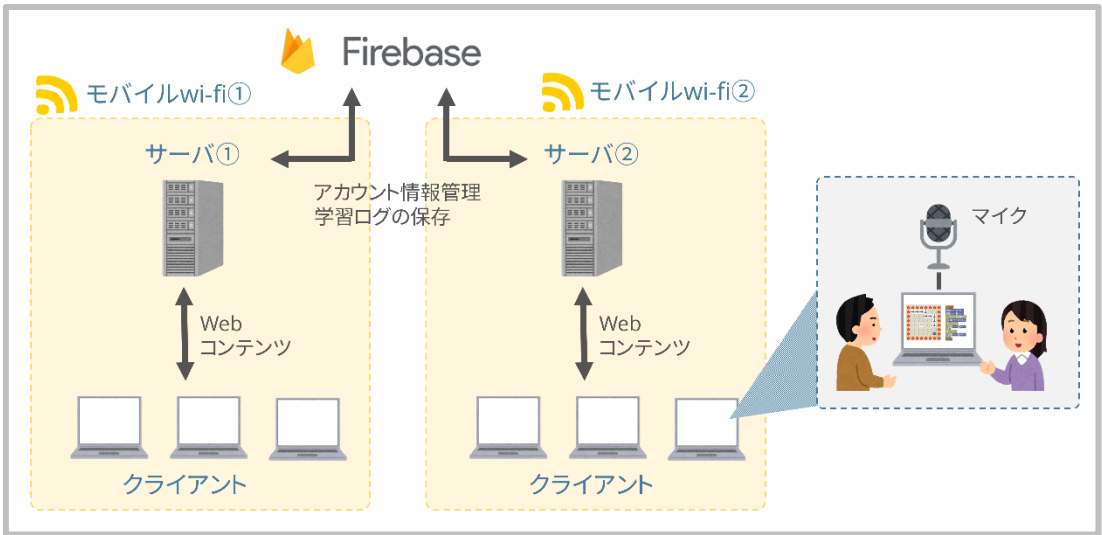


図 4.1 Web アプリケーションのシステム構成図

表 4.1 Web アプリケーションの開発環境

カテゴリー	ソフトウェア・アプリ名	バージョン
OS	Windows 11 Home	23H2
統合開発環境(IDE)	Visual Studio Code	1.95.3
プログラミング言語	Node.js	16.14.0
ライブラリ	Next.js	14.1.4
パッケージマネージャー	yarn	1.22.22
データベース	Firebase Realtime Database	—
統合開発環境(IDE)	Visual Studio Code	1.95.3
セリフ作成アプリ	VOICEVOX	0.14.7

表 4.2 Web アプリケーションの実行環境

ハードウェア	カテゴリ	スペック
サーバ PC ①	製品名	Thinkpad E14
	OS	Windows 11 Home 23H2
	CPU	Core™ i71165G7
	RAM	32GB
	GPU	Intel® Iris® Xe Graphics
サーバ PC ②	製品名	G-Tune P6-I7G50BK-ABC
	OS	Windows 11 Pro 23H2
	CPU	Intel® Core™ i7-12650H
	RAM	16GB
	GPU	NVIDIA Geforce RTX 4050 Laptop GPU
クライアント PC	製品名	Surface Pro 3
	OS	Windows 10 Education
	CPU	Intel® Core™ i5-4300U
	RAM	4GB
	ブラウザ	Microsoft Edge 131.0.2903.51
モバイル wi-fi①・②	製品名	GLOCALNET NA01
マイク	製品名	I-O DATA USB-SPPHL1

4.2 Web アプリケーションの機能

Web アプリケーションの画面遷移図を図 4.2 に示す。本システムは、事前にユーザ登録を行う必要がある。ユーザ登録を行うには、サインアップ画面で ID とパスワードの登録を行う。サインアップ画面を図 4.3 に、サインイン画面を図 4.4 に示す。ユーザ情報はデータベースで保管される。

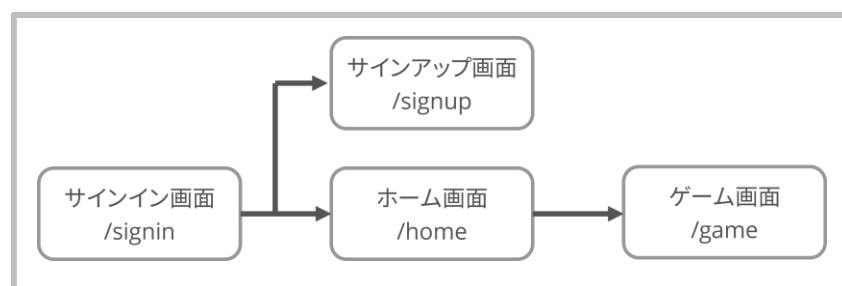


図 4.2 Web アプリケーションの画面遷移図

サインアップ

ID

パスワード

サインアップ

図 4.3 サインアップ画面のスクリーンショット

サインイン

ID

パスワード

サインイン

図 4.4 サインイン画面のスクリーンショット

サインインに成功すると、ホーム画面に遷移する。ホーム画面を図 4.5 に示す。ホーム画面には、利用した素材の著作元が掲載されている。「ゲームスタート」ボタンを押すとゲーム画面に遷移し、「サインアウト」ボタンを押すとサインイン画面に戻る。

ゲーム画面を図 4.6 に、構成要素を表 4.3 に示す。問題はレベル 1 から 4 まで各 30 問、合計 120 問用意されている。ゲームはレベル 1 から始まり、2 問正解するとレベルが 1 つ上がり、2 問別の問題を表示させる(パスボタンを押す)とレベルが 1 つ下がる。動くブロックの数の欄はレベル 1・3 では「自由」、レベル 2・4 では「目ひょう〇こ以内、〇〜〇こなら正解」と表示される。レベル 2・4 ではプログラム解答に必要な「動くブロック」の最低数が目標として表示される。しかし、児童が難しく解けないことや、解答の多様性を確保して児童の議論の余地を増やすために、最低数より 1~2 つ多く使用していても正解とみなす。また、エージェントは表 3.3 に示された発言に基づき 30%の確率で、問題に正解した場合は学習を褒める発言を、パスボタンを押した場合は質問活動を促す発言を、新しい問題が表示される場合に質問活動の意図や重要性和説明する発言を行う。

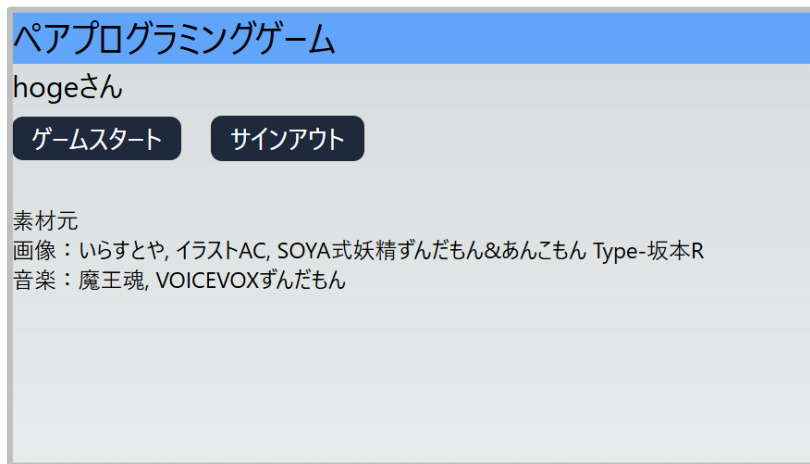


図 4.5 ホーム画面のスクリーンショット

表 4.3 ゲーム画面の構成要素一覧

番号	名称	詳細
①	エージェント表示エリア	2.4.4 節で示した質問表出を促すエージェントが表示される
②	問題情報表示エリア	問題レベル・チャレンジ数(解答ボタンを押した回数)・経過時間・動くブロックの制限情報・問題番号が表示される
③	ブロックエリア	プログラムブロックを取り出すことができる
④	コーディングエリア	作成したプログラムを置くためのエリア
⑤	問題エリア	迷路問題が表示される
⑥	ボタンエリア	解答・パス(別の問題を表示する)・表示をリセット(移動した妖精の位置を始めに戻す)・次の問題へボタンが表示される

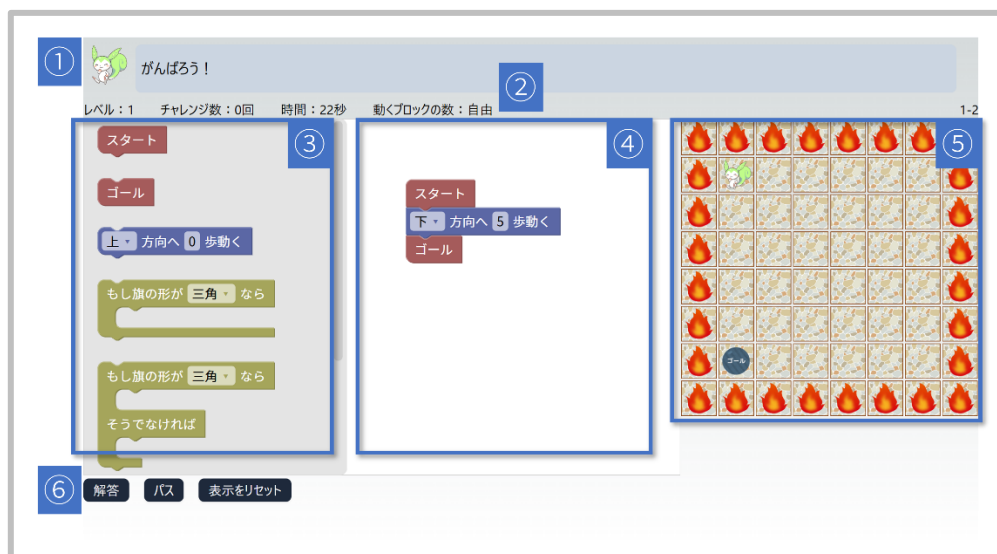


図 4.6 ゲーム画面のスクリーンショット

ゲームの解答状況は、Firebase Realtime Database に json 形式で記録される。学習ログの構成を図 4.7 に、ログに記録されるエラーの種類を表 4.4 に示す。児童が問題に正解するか問題をパスすると、新たなログが追加される。なお児童のパスワードはセキュリティのため、ハッシュを利用して AES 暗号化を行い、その情報をデータベースに記録している。

```

ログインID ..... "hoge": {
  ハッシュ値 ..... "hash": "2024-10-03T10:07:08.500Z",
  学習ログ ..... "learning-log": {
    ゲーム開始時刻 ..... "2024-12-04-20:18:04": {
      問題に解答した時刻 ..... "2024-12-04-20:18:10": {
        解答ボタンを押した回数 ..... "challenge-count": 2,
        エラー内容 ..... "error": [
          "not-reach-goal",
          "not-reach-goal"
        ],
        問題に正解したか/パスしたか ..... "is-correct": false,
        動くブロックの個数(パスの場合は-1) ..... "move-blocks-num": -1,
        問題番号 ..... "question-num": 15,
        解答に要した時間(秒) ..... "time": 6.509999990463257
      }
    }
  },
  暗号化済パスワード ..... "password": "U2FsdGVkX19Amapm6sLc3SkufaDl3YsUSACGHBbSc2I="
}
  
```

図 4.7 学習ログの構成

表 4.4 エラーの種類

エラー名称	生じるタイミング
syntax-error	図 3.6 に示すプログラムのルールに反した場合
over-count-limit	レベル 2・4 で使える動くブロックの数を超過した場合
not-reach-goal	妖精がゴールに到達しなかった場合

4.3 開発等で使用した素材

Web アプリケーションや Web アプリケーションの説明動画では、他者が作成した画像・音声素材を利用し、一部改変を行っている。素材の一覧を表 4.5 に示す。利用にあたっては著作者・提供サイトの利用規約を確認し、著作先の一覧をホーム画面で明記し、利用が規約違反としないことを確認している [57] [58] [59] [60] [61] [62]。

表 4.5 開発等で使用した素材一覧

カテゴリー	使用用途	素材名称
画像	妖精	SOYA 式妖精ずんだもん&あんこもん Type-坂本 R [62]
	マス背景のタイル	イラスト素材:石畳 テクスチャ 2 [63]
	通行不可マス(火)	火・炎のイラスト [64]
	旗マス	いろいろな白い旗のイラスト [65]
	移動経路マス(矢印)	いろいろなカラフルな矢印のイラスト [66]
	ゴールマス(丸形)	いろいろな洋服のボタンのイラスト [67]
音声	レベル変更時 SE	システム 49 [68]
	エージェント台詞	(VOICEVOX [69]を利用し筆者が作成)
	説明動画 BGM	ピアノ 25 [70]

4.4 小括

本章では, 研究で利用するプログラミングゲームを提供する Web アプリケーションについて述べた. 本システムは Next.js により開発されており, データベースには Firebase Realtime Database を利用している. ゲームは事前にユーザ登録することで利用することができる. ゲーム中の学習内容は, 学習ログとしてデータベースに json 形式で保存される.

第5章 評価実験

5.1 実験概要

本研究では、話し合いにおける疑問感生起・質問生成・質問表出といった 3 つのプロセスについて、各プロセスを支援する学習ログの閲覧機能・質問語幹リスト・質問表出を促すエージェントと賞状の仕組みを取り入れた実証実験を行った。これらの仕組みが話し合いによい影響を与えるのかについて分析することを目的とした。また、質問語幹リストの使用有無によって児童の会話や学習の習得状況が変化するか比較実験を行った。実験実施にあたり、北陸先端科学技術大学院大学ライフサイエンス委員会の承認を得た(承認番号:人06-049)。

実験の日程・参加人数を表 5.1 に示す。実験は、学童クラブに通う小学生のうち、話し合いによる学習効果の向上が見込まれる 4 年生以上 [24]の小学生を対象に実施した。実験は 1 日 60 分として 3 日間実施した。実験詳細を表 5.2 に示す(ルールプリントは付録 A、練習プリントは付録 B を参照)。1 日目では児童にプログラミングゲームを解くための基礎知識を習得させ、2・3 日目では実際にペアプログラミング演習を行った。ペアプログラミング演習では、児童グループを A グループ・B グループの 2 つに分け、1 日目は A グループに、2 日目は B グループに質問語幹リストを利用してもらうことで、順序効果が学習結果に影響を及ぼすことを防いだ。また、ペアの相性が学習結果の偏りを生み出す可能性を少なくするため、2 日目と 3 日目でペアの組み合わせを変更した。

ペアプログラミング学習の流れを図 5.1 に示す。ペアとなった児童は Web アプリケーションを利用しながら、質問があればカードを相手に出して質問した。質問後は、質問カードの裏に使った回数を記入した。ドライバーとナビゲーターの役割は、1 問解くごとに交代させた。会話内容はパソコンのアプリケーションで録音した。また 2~3 組のペアにつき 1 名、本学の情報科学系大学院生を教員役としてつけた。教員は児童の学習活動をモニタリングして評価シートを記入し、よい発言をした児童には賞状を渡した。評価シートの内容のうち、児童の評価に関する項目を図 5.2 に示す。学習の最後には児童・教員にそれぞれアンケートを実施した。児童の 1 日目~3 日目のアンケート内容を図 5.3・図 5.4・図 5.5 に示す。教員アンケートの内容を図 5.6 に示す。実際に実験を行っている様子を図 5.7・図 5.8 に示す。

アンケート結果・会話記録を基に学習ログの閲覧機能を、アンケート結果・会話記録・学習ログ結果・テスト結果・カードの使用回数を基に質問語幹リストを、アンケート結果・会話記録を基にエージェントと賞状の仕組みを評価する。また児童のアンケート結果と会話記録の結果を基に、児童の特性が会話にもたらす影響について分析する。それぞれの実験結果を 5.2 節に示した後、5.3 節にて結果の分析・考察を行う。

表 5.1 実験の日程・参加人数

日付	参加人数(児童)			参加人数(TA)
	4年生	5年生	合計	
2024/11/25(月)	14	2	16	2
2024/12/9(月)	14	2	16	3
2024/12/20(金)	13	1	14	3

表 5.2 実証実験の詳細

日 程	時 間 (分)	授業内容	使用機材・資料
1	10	アイスブレイク・プログラミングの説明	演習スライド(1日目)
	30	プログラミングブロックとルールの説明・練習問題の実施	練習プリント・ルールプリント
	10	プログラミングテストの実施	テストプリント(1日目)
	10	振り返り・アンケート記入	アンケートプリント(1日目)
2	10	プログラミング知識の振り返り・練習問題の実施	練習プリント・ルールプリント
	15	ペアプログラミング・システムの使い方・質問カードの説明	演習スライド(2日目) ゲーム説明動画
	15	ペアプログラミング学習(A チームのみ質問語幹リストを使用)	Web アプリケーション 質問語幹リスト
	10	プログラミングテストの実施	テストプリント(2日目)
	10	振り返り・アンケート記入	アンケートプリント(2日目)
3	10	プログラミング知識の振り返り・練習問題の実施	練習プリント・ルールプリント
	10	ペアプログラミング・システムの使い方・質問カードの説明	演習スライド(3日目) ゲーム説明動画
	15	ペアプログラミング学習(B チームのみ質問語幹リストを使用)	Web アプリケーション 質問語幹リスト
	10	プログラミングテストの実施	テストプリント(3日目)
	15	振り返り・アンケート記入	アンケートプリント(3日目)

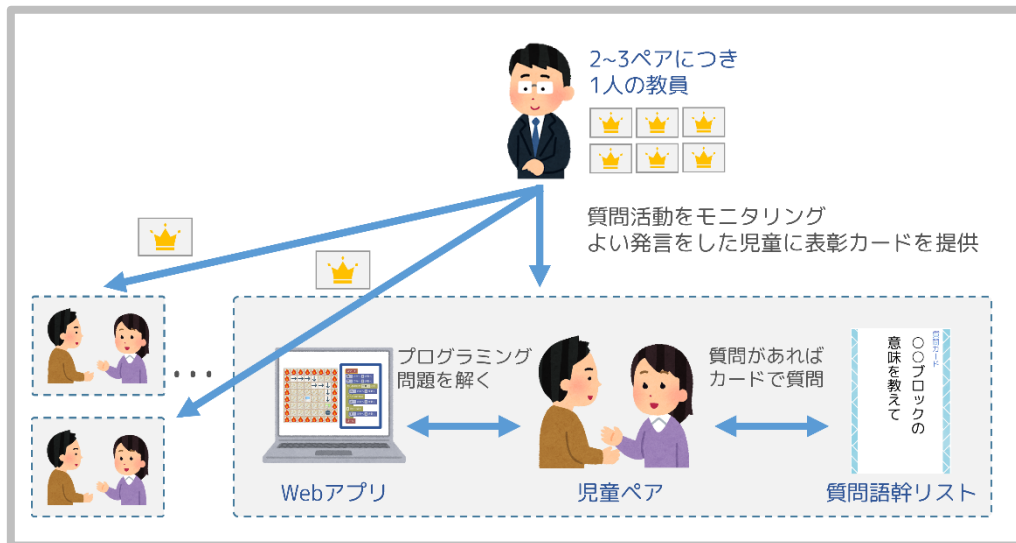


図 5.1 ペアプログラミング学習の流れ

- ・ 質問カードを使用していたらチェックをつける
- ・ 評価(4=よくできていた, 3=できていた, 2=あまりできていなかった, 1=全くできていなかった)
 - ペアへ積極的に質問している(プログラミング係)
 - ペアへ積極的に質問している(チェック係)
 - ペアからの質問に答えようとする意欲がある
 - 自分の考えをペアに上手に伝えられている

図 5.2 児童を評価する評価シートの項目

1. あなたは今までどれくらいプログラミングをやったことがありますか.
 - (1) これまで1回もやったことがない.
 - (2) 学校の授業やプログラミング体験などで, 数時間やったことがある
 - (3) 学校の授業やプログラミング体験などで, 数週間~数か月やったことがある
 - (4) プログラミングスクールなどで数か月以上習っている
2. 次の中から当てはまるものの番号に○をつけてください. (4=とても当てはまる, 3=当てはまる, 2=当てはまらない, 1=全く当てはまらない)
 - (1) プログラミングが得意だ.
 - (2) プログラミングが好きだ.
 - (3) 人と話すことが得意だ.
 - (4) 今日の授業は楽しかった.
 - (5) 今日の授業は簡単だった.

図 5.3 児童アンケート1日目の内容

1. 次の中から当てはまるものの番号に○をつけてください。(4=とても当てはまる, 3=当てはまる, 2=当てはまらない, 1=全く当てはまらない)
 - (1) (カードを使った人)質問カードは使いやすかった.
 - (2) (カードを使っていない人)自分で質問を考えるのは簡単だった.
 - (3) 今日の授業は楽しかった.
 - (4) 分からないことを何でも聞くことができた.
 - (5) ペアからの質問に分かりやすく答えることができた.
 - (6) ペアの説明をきちんと聞くことができた.
 - (7) 表しょうカードをもらうために質問をがんばった.
 - (8) ようせいさんの応援を聞いて質問したい気持ちになった.
 - (9) プログラミング係(ゲームをとく係)の役を上手にできた
 - (10) チェック係(ペアが困っていないか見守る係)を上手にできた.
 - (11) 2人で協力してゲームに取り組めた.
 - (12) プログラミングの問題は簡単だった.
 - (13) ゲームは簡単に使いこなすことができた.
2. 今日のプログラミング授業の感想を書いてください。(自由記述)
(質問カードを使った人へ)自分で質問カードを作れるとしたら, どんなカードを作りますか. カードに書く質問を考えてみましょう. 思いつかなければ, 書かなくても構いません.(自由記述)

図 5.4 児童アンケート2日目の内容

3. 次の中から当てはまるものの番号に○をつけてください。(4=とても当てはまる, 3=当てはまる, 2=当てはまらない, 1=全く当てはまらない)
- (1) (カードを使った人)質問カードは使いやすかった.
 - (2) (カードを使っていない人)自分で質問を考えるのは簡単だった.
 - (3) 今日の授業は楽しかった.
 - (4) 分からないことを何でも聞くことができた.
 - (5) ペアからの質問に分かりやすく答えることができた.
 - (6) ペアの説明をきちんと聞くことができた.
 - (7) 表しょうカードをもらうために質問をがんばった.
 - (8) ようせいさんの応援を聞いて質問したい気持ちになった.
 - (9) プログラミング係(ゲームをとく係)の役を上手にできた
 - (10) チェック係(ペアが困っていないか見守る係)を上手にできた.
 - (11) 2人で協力してゲームに取り組めた.
 - (12) プログラミングの問題は簡単だった.
 - (13) ゲームは簡単に使いこなすことができた.
 - (14) 2日目にペアを組んだ人とは, 授業以外の時間でもよく話す
 - (15) 3日目にペアを組んだ人とは, 授業以外の時間でもよく話す
4. 今日のプログラミング授業の感想を書いてください。(自由記述)
- (質問カードを使った人へ)自分で質問カードを作れるとしたら, どんなカードを作りますか. カードに書く質問を考えてみましょう. 思いつかなければ, 書かなくても構いません. (自由記述)

図 5.5 児童アンケート3日目の内容

1. あなたが担当した児童達は、協力してプログラミングの問題を解けていましたか. 当てはまるものに○を付けましょう.
 - (1) 全てのペアが協力できていた
 - (2) ほとんどのペアが協力できていた
 - (3) 協力できていたペア, できていないペアが同じくらいあった
 - (4) 多くのペアが協力できていなかった
 - (5) 全てのペアが協力できていなかった
2. あなたが担当した児童達は、よく質問を行っていましたか. 当てはまるものに○を付けましょう.
 - (1) 全てのペアがよく質問していた
 - (2) ほとんどのペアがよく質問していた
 - (3) 質問していたペア, 質問していなかったペアが同じくらいあった
 - (4) 多くのペアが質問していなかった
 - (5) 全てのペアが質問していなかった
3. あなたが担当した児童達は、質問を上手に行えていましたか(戸惑ったり, 言いよんだりすることはありませんでしたか). 当てはまるものに○を付けましょう.
 - (1) 全てのペアが質問活動を上手に行えていた
 - (2) ほとんどのペアが質問活動を上手に行えていた
 - (3) 質問活動を上手に行えていたペア, 行えていなかったペアが同じくらいあった
 - (4) 多くのペアが質問活動を上手に行えていなかった
 - (5) 全てのペアが質問活動を上手に行えていなかった
4. 今回のプログラミング授業について, 良い点, 改善点など気付いたことがあれば記入してください. (自由記述)

図 5.6 教員アンケート2・3 日目の内容



図 5.7 ペアプログラミング演習(ペア)の様子

ペアでプログラミング問題を解いている様子.

個人情報保護のため写真はぼかし処理を入れている.



図 5.8 ペアプログラミング演習(グループ全体)の様子

各ペアの様子を TA が巡回しながらモニタリングしている様子.

個人情報保護のため写真はぼかし処理を入れている.

5.2 実験結果

5.2.1 学習ログ・プログラミングテストの結果

Web アプリケーションで集計した学習ログの結果について, 表 5.3 に示す. 全体の正答率では, レベル 3 の問題は正答率が 6 割だが, それ以外のレベルは正答率が 8 割を超えている. レベル 3 では, エラー内容は not-reach-goal, syntax-error, over-count-limit の順に多く, 中でも not-reach-

goal が全体の約 8 割を占めている。

質問語幹リスト使用群と未使用群の正答率・解答時間を、有意水準(α)を 0.05 としてマンホイットニーの U 検定(両側検定)を実施した結果を表 5.4 に示す。結果はどちらも p 値 $>\alpha$ であり、有意差は認められなかった。

表 5.3 学習ログの結果

片方の群のみ参加・事前の実験に 1 度も参加していない児童のデータは除く。

各値は小数点第 4 位以下を四捨五入している。

項目		両群	質問語幹リスト使用群	質問語幹リスト未使用群
サンプルサイズ(n)		14	7	7
取り組まれた問題数	レベル 1	32	16	16
	レベル 2	34	18	16
	レベル 3	19	10	9
	レベル 4	5	2	3
正答率	レベル 1	1.000	1.000	1.000
	レベル 2	0.9118	0.889	0.938
	レベル 3	0.684	0.600	0.778
	レベル 4	0.800	0.500	1.000
1 問あたりの解答ボタン押下回数平均		1.633	1.543	1.727
エラー内容	syntax-error	18	10	8
	over-count-limit	3	1	2
	not-reach-goal	77	30	47
1 問あたりの解答時間平均(秒)		79.253	74.284	83.895

表 5.4 質問語幹リスト使用による正答率・解答時間の検定結果

片方の群のみ参加・事前の実験に 1 度も参加していない児童のデータは除く。 p 値はマンホイットニーの U 検定(両側検定)を実施した結果であり、各値は小数点第 4 位以下を四捨五入している。

	質問語幹リスト使用群	質問語幹リスト未使用群	p 値 ($\alpha=0.05$)
サンプルサイズ(n)	7	7	
正答率平均	0.742	0.929	0.245
解答時間中央値(秒)	113.341	130.521	0.383

質問語幹リスト使用群と未使用群のプログラミングテストを比較した結果を表 5.5 に示す。質問語幹リスト使用群と未使用群は同一の児童であり、使用群と未使用群のそれぞれのテストの点数に対して、有意水準(α)を 0.05 としてウィルコクソンの符号付順位検定(両側検定)を実施した結果を表 5.6 に示す。検定では、 p 値は $0.570 > \alpha$ となり有意差は認められなかった。

表 5.5 プログラミングテストの結果

片方の群のみ参加・事前の実験に 1 度も参加していない児童のデータは除く。

各値は小数点第 4 位以下を四捨五入している。

		群		
		1 日目(両群)	質問語幹リスト使用群	質問語幹リスト未使用群
サンプルサイズ(n)		10	10	10
テスト点数	記憶(1)	1.000	0.600	0.700
平均	理解(2)	0.900	1.200	0.900
()内は配点	応用(4)	3.200	3.500	4.000
	分析(4)	2.900	1.800	2.500
	評価(3)	2.400	2.200	2.500
	創造(3)	2.200	2.400	1.900
	合計(17)	12.60	11.700	12.500

表 5.6 質問語幹リスト使用によるプログラミングテストの検定結果

片方の群のみ参加・事前の実験に 1 度も参加していない児童のデータは除く。

p 値はウィルコクソンの符号付順位検定(両側検定)を実施した結果であり、

各値は小数点第 4 位以下を四捨五入している。

		質問語幹リスト使用群	質問語幹リスト未使用群	p 値($\alpha=0.05$)
サンプルサイズ(n)	10	10		
テスト点数平均	11.700	12.500		
				0.570

5.2.2 カードの使用回数・発話内容の分析結果

児童が質問語幹リストのカード裏に記載した、各カードの使用回数の結果を表 5.7 に示す。質問語幹リストで使用されたカードは 7 枚中 3 枚であり、その回数も最大 2 枚と少ない。カード 1 枚当たりの平均使用回数は約 0.464 回である。また未使用群の質問回数を記録するカウントカードでは、標準偏差が 3.574 と、他のカードと比較すると大きい。このことから、使用群では質問語幹リストがあまり使用されておらず、未使用群では質問回数に大きくばらつきがあることが確認される。演習中では、少ないペアが躓いたときに「どこがまちがっていると思う？」などカードを使用する機会があったものの、聞かれた相手が答えられずに詰まってしまう場面も見られた。

表 5.7 質問語幹リスト(カード)の使用回数

n はサンプルサイズを示しており、片方の群のみ参加・事前の実験に 1 度も参加していない児童のデータは除く。各値は小数点第 4 位以下を四捨五入している。

群	n	カード名称	使用回数			
			平均	最小値	最大値	標準偏差
質問語幹リスト 使用群	7	どこがまちがっていると思う？	0.429	0	2	0.728
		どのブロックをどう直したらいいと思う？	0.429	0	2	0.728
		〇〇と△△ブロックのちがいを(同じところ)を教えて	0	0	0	0
		もう一度〇〇について教えて	0	0	0	0
		どのブロックでどう動いたのか順番に教えて	0	0	0	0
		〇〇ブロックの意味を教えて	0	0	0	0
		あなたの考えはちがうと思う、なぜなら～	0.143	0	1	0.350
質問語幹リスト 未使用群	7	質問カウントカード	2.714	0	10	3.574

児童の発話内容について、表 3.8 で示した表を基に筆者が質問語幹リスト使用群・未使用群で分類を行った結果を表 5.8 に、両群の分類結果を円グラフで示したものを図 5.9 に示す。発話内容は、「あれ、間違った」や「右に 1, 2, 3 歩」、「時間かかっちゃったな」など、プログラムの動きや演習の進み度合を確かめる独り言が最も多く、全体の 5 割以上を占めていた。また、学習関連の発話では浅い発話が 499 と全体の約 3 割を占めているのに対し、深い会話は 8 と非常に少ない。1 ペアあたりの平均質問(助言)回数は、39 である。指示・注意では、質問カードを記入する基準を話し合ったり、使おうと呼びかけたりするような発言が多かった。チェック係・プログラミング係に関しては、演習初めに少し話し合う児童がいたものの、演習中盤から終盤にかけての発話が行われず、質問表出を促すエージェントに関する発話は、音声の大きさに関する指摘以外は行われなかった。

質問語幹リスト使用群・未使用群の各項目の割合を基に、有意基準(α)を 0.05 としてカイ二乗検定を実施した結果を表 5.9 に示す。p 値 $>\alpha$ となり、有意差は認められなかった。また表 5.7 の質問語幹リストの使用回数と表 5.8 の「質問・助言」カテゴリーの発話回数を比較すると、各チームの質問リスト使用回数は少ないのにも関わらず、実際の会話では非常に多くの質問を行っていることが確認された。

表 5.8 発話内容の分類結果

録音不備によるデータ未取得・片方の群のみ参加・事前の実験に 1 度も参加していない児童のデータは除く。サンプルサイズ(n)は質問語幹リスト使用群 6 ペア、未使用群 7 ペアである。各値は小数点第 4 位以下を四捨五入している。

発話カテゴリー			群						
上位 カテゴリー	中位 カテゴリー	下位 カテゴリー	両群		質問語幹リスト 使用群		質問語幹リスト 未使用群		
			回数	割合	回数	割合	回数	割合	
学習関連	深い	説明・意見	2	0.001	1	0.001	1	0.001	
		質問・助言	5	0.003	4	0.005	1	0.001	
		回答	1	0.000	0	0	1	0.001	
	浅い	説明・意見	213	0.127	116	0.143	97	0.112	
		質問・助言	148	0.088	72	0.089	76	0.087	
		回答	138	0.082	76	0.094	62	0.071	
	グループ学習		指示・注意	76	0.045	65	0.080	11	0.013
	運営・維持関連	応答	22	0.013	16	0.020	6	0.007	
		先生との会話	45	0.027	24	0.030	21	0.024	
非学習関連	雑談		127	0.076	54	0.067	73	0.084	
	独り言		848	0.505	362	0.447	486	0.559	
	判別不可		53	0.032	19	0.023	34	0.039	

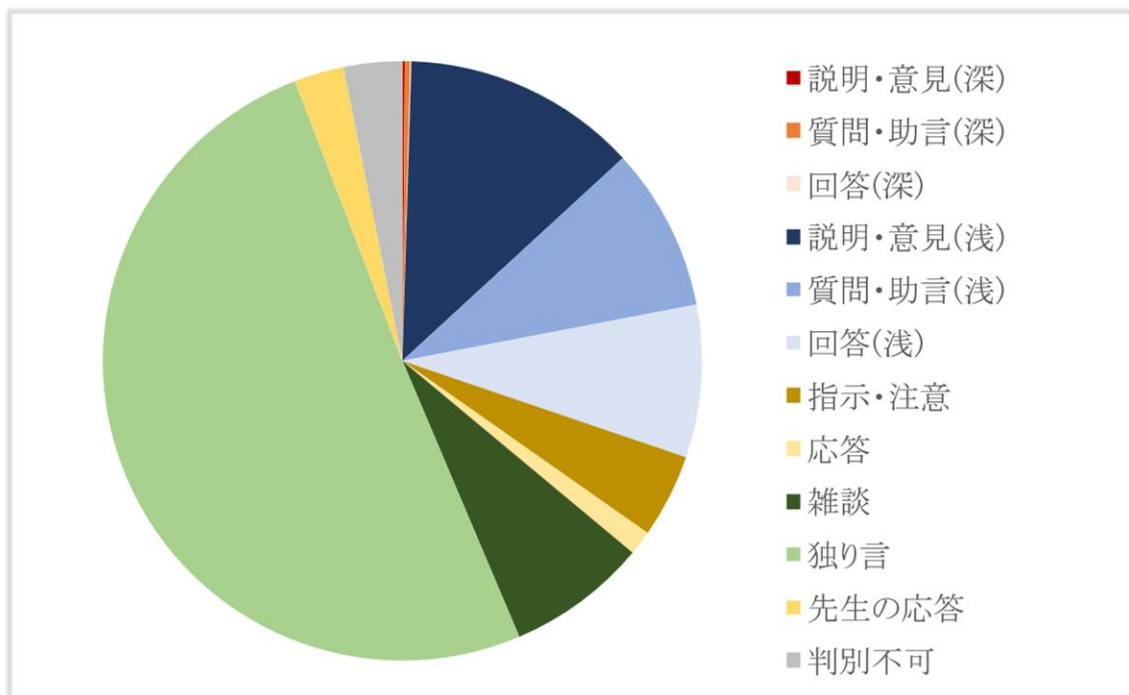


図 5.9 児童全体の発話内容の分類結果

録音不備によるデータ未取得・片方の群のみ参加・事前の実験に1度も参加していない児童のデータは除く。サンプルサイズ(n)は質問語幹リスト使用群6ペア、未使用群7ペアである。

表 5.9 質問語幹リスト使用群と未使用群の発話分類の検定結果

録音不備によるデータ未取得・片方の群のみ参加・事前の実験に1度も参加していない児童のデータは除く。p値はカイ二乗検定(両側検定)を実施した結果であり、小数点第4位以下を四捨五入している。

サンプルサイズ(n)		p 値($\alpha=0.05$)
質問語幹リスト使用群	質問語幹リスト未使用群	
6	7	1.000

5.2.3 児童の特性と発話内容の相関関係

児童の特性に関するアンケートの結果と、各ペアの発話量・発話比との相関について検討する。発話量とは、児童の発話を文字起こした際の字数を指す。発話比とは、ペア2人の発話量のうち少ない方の発話量を1としたとき、もう片方の発話量の比を指す。発話比は数が多いほど、ペアの片方がより多く話していることを示している。

有意水準(α)を0.05としてスピアマンの順位相関係数を実施した。相関図の一覧を図5.10に、結果を表5.10に示す。有意水準を満たすデータとしては、⑨のみである。⑨では、やや強い正の相関があることが示された。これは、人と話すことへの得意意識に差がある児童でペアを組むと、プログラミング演習での発言量に差が出ることを意味している。

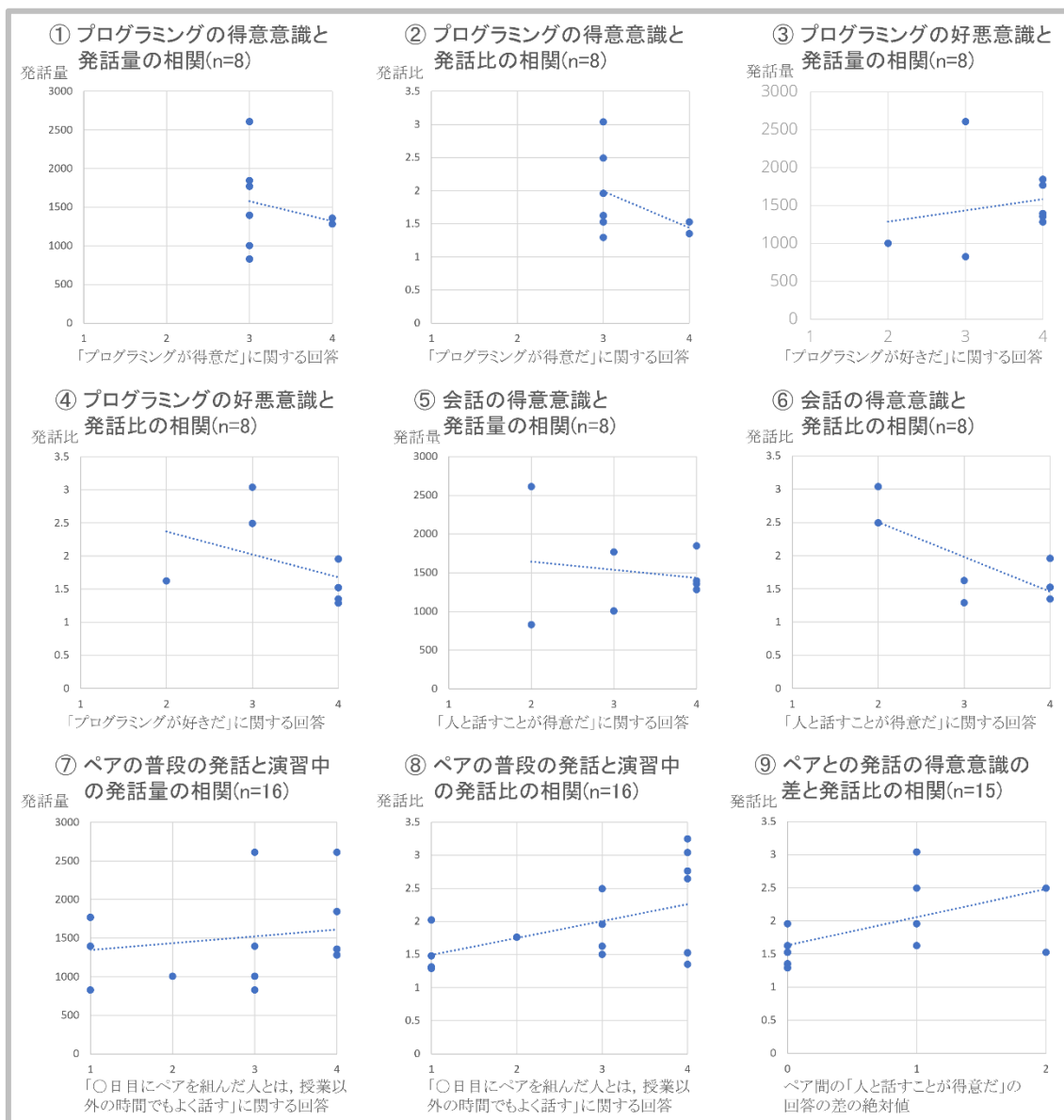


図 5.10 児童の特性と発話の相関図一覧

表 5.11 で示した児童のアンケート結果と発話量・発話比との相関を示している。
 n はサンプルサイズを示している。アンケート未回答・片方の群のみ参加・事前の実験に 1 度も参加していない児童のデータは除く。

表 5.10 児童の特性と発話の相関結果

アンケート未回答・片方の群のみ参加・事前の実験に1度も参加していない児童のデータは除く.

p 値はスピアマンの順位相関係数(両側検定)を実施した結果である.

各値は小数点第4位以下を四捨五入している.

相関図名称	サンプル サイズ(n)	相関係数	p 値 ($\alpha=0.05$)
① プログラミングの得意意識と発話量の相関	8	-0.252	0.547
② プログラミングの得意意識と発話比の相関	8	-0.378	0.356
③ プログラミングの好悪意識と発話量の相関	8	0.344	0.405
④ プログラミングの好悪意識と発話比の相関	8	-0.646	0.083
⑤ 会話の得意意識と発話量の相関	8	0.077	0.856
⑥ 会話の得意意識と発話比の相関	8	-0.540	0.167
⑦ ペアの普段の発話と演習中の発話量の相関	16	0.195	0.470
⑧ ペアの普段の発話と演習中の発話比の相関	16	0.495	0.051
⑨ ペアとの発話の得意意識の差と発話比の相関	15	0.651	0.009

5.2.4 アンケート結果

実験後の児童のアンケート結果について, 児童の特性・授業に関する内容を表 5.11 に, 授業の感想を表 5.12・表 5.13 に示す. 表 5.11 より, 参加した児童の半数以上はプログラミングや会話することに高い意識をもっている. また表 5.12・表 5.13 より, 児童はプログラミングの問題や質問することの難しさを感じつつも, 2人で協力することや問題に正解することへの楽しさを感じている.

児童が考えた質問語幹リストの内容を表 5.14 に示す. 演習中に発生する自身や相手との考えの違いを確認する質問内容が多く, ペア活動を円滑に行う質問内容は確認されなかった.

表 5.11 児童の特性・授業に関するアンケート結果

途中退出等でアンケートを実施できなかった児童のデータは除く。

日 目	サ ン プ ル サイズ(n)	質 問 内 容	統 計 結 果				
			(1)	(2)	(3)	(4)	無回答
1	17	あなたは今までどれくらいプログラミングをやったことがありますか。	0	9	7	0	1
		プログラミングが得意だ。	0	2	12	3	0
		プログラミングが好きだ。	1	3	3	10	0
		人と話すことが得意だ。	0	2	8	7	0
		今日の授業は楽しかった。	0	1	4	12	0
		今日の授業は簡単だった。	0	5	9	3	0
3	13	2 日目にペアを組んだ人とは、授業以外の時間でもよく話す。	2	2	4	4	1
		3 日目にペアを組んだ人とは、授業以外の時間でもよく話す。	3	4	2	4	0

表 5.12 2 日目のプログラミング授業の感想

サンプルサイズ(n)は 16 である。途中退出等でアンケートを実施できなかった児童のデータは除く。また、無記入の児童のデータは記載していない。

質問内容	今日のプログラミング授業の感想を書いてください。
回答	・ 楽しかった ・ 楽しかったけどしつもんできてないのでしつもんをしたいです。 ・ すこしまちがえたけどたのしかったです ・ 問題がむずかしいのもあったけど楽しかったです。 ・ ちょっとむずかしい問題があってパスしてしまったけど楽しかったです。 ・ じぶんは、問だいが分かったけどペアにしつもんするのがむずかしかったです ・ 問題をいっぱいとけてうれしかったです ・ 1 日目はタブレットはつかえなかったけどつかえて楽しかったです。 ・ むずかしかったけど 2 人できょうりよくできてたのしかった ・ プログラミングでぼくははじめてだったけど楽しかったです。 ・ くみ合わせたりパソコンはたのしいし、プログラミングはすごく楽しかったです。 ・ 楽しかった ・ ゲームをとくのがむずかしかったけど楽しかったです。

表 5.13 3 日目のプログラミング授業の感想

サンプルサイズ(n)は 14 である。途中退出等でアンケートを実施できなかった児童のデータは除く。また、無記入の児童のデータは記載していない。

質問内容	今日のプログラミング授業の感想を書いてください。
回答	・ 最後まで問題をとくことができてよかったです。 ・ プログラミングじゅぎょうはたのしかったしプログラミングのことがしてたのでよかったです。 ・ レベル 4 がすこしむずかしかった ・ 2 日目は、2 レベルまでしかいけなかったけど今日は、4 レベルの 4-23 までいけて楽しかったです。 ・ 1 日目 2 日目とやってきて 3 日目にちゃんとできてよかったです。 ・ テストは、むずかしかったけれどタブレットでやるときは、楽しかった ・ プログラミングはあまりやったことなかったからよかったです。 ・ 2 日目休んだけど、3 日目、ひさしぶりにやったので楽しかったです。 ・ 問題はむずかしかったけどペアと協力して解けたりしたのでうれしかったです

表 5.14 質問互換リストの内容を考えるアンケートの結果

サンプルサイズ(n)は 15 である。途中退出等でアンケートを実施できなかった児童のデータは除く。また、無記入の児童のデータは記載していない。

質問内容	(質問カードを使った人へ)自分で質問カードを作れるとしたら、どんなカードを作りますか。カードに書く質問を考えてみましょう。思いつかなければ、書かなくても構いません。
回答	・ プログラムがかぎってるやつはどのプログラムを使えばいいですか。 ・ そこは○に○歩だよ ・ そこがちがう ・ ここは、○○なんですか。 ・ どのブロックをどこにおけばいいですか。 ・ お助けカードを作ってみたいです。

質問語幹リスト使用群と未使用群の児童のアンケートを比較した結果を表 5.15 に示す。質問語幹リスト使用群・未使用群のデータに対して、有意水準(p 値)を 0.05 としたウィルコクソンの符号付順位検定(両側検定)を実施した。その結果、⑦の項目のみ有意差が認められた。

①・②の質問では、他の質問項目と比較して、サンプルサイズ(n)が小さい。アンケート回答の間では、児童から「カード使わなかったから書かなくてもいいですか」などの質問が上がっていた。

学習ログの閲覧機能について⑩の項目では、約 8 割(=18/22)の児童がナビゲーターの役割を上手に果たせたと回答している。しかし⑨の項目で全て(=22/22)の児童がドライバーの役割を上手

に果たせたと回答しており、ナビゲーターの役割がドライバーの役割より難しかったことが想定される。また質問表出を促すエージェントに関して⑧の項目では、約 9 割(=21/22)の児童がエージェントの応援を聞いて質問したい気持ちになったと回答しており、賞状に関して⑦の項目では、8.5 割(=17/20)の児童が賞状をもらうために質問をがんばったと回答している。

表 5.15 質問語幹リスト利用群と未使用群の児童アンケートの比較結果

n はサンプルサイズを示す. アンケート未回答・片方の群のみ参加・事前の実験に 1 度も参加していない児童のデータは除く. p 値はウィルコクソンの符号付順位検定(両側検定)を実施した結果であり, 小数点第 4 位以下を四捨五入している.

番号	質問内容	n	統計結果								p 値
			質問語幹リスト使用群				質問語幹リスト未使用群				
			(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	
①	質問カードは使いやすかった	5	0	2	1	2	1	1	2	1	1.000
②	自分で質問を考えるのは簡単だった	7	0	3	3	1	1	2	3	1	1.000
③	今日の授業は楽しかった	11	0	0	1	10	0	0	3	8	0.500
④	分からないことを何でも聞くことができた	10	0	2	4	4	1	1	5	3	0.625
⑤	ペアからの質問に分かりやすく答えることができた	10	3	1	3	3	2	0	5	3	0.625
⑥	ペアの説明をきちんと聞くことができた	11	0	1	5	5	1	1	3	6	0.844
⑦	表しようカードをもらうために質問をがんばった	10	0	0	4	6	2	1	5	2	0.031
⑧	ようせいさんの応援を聞いて質問した気持ちになった	11	0	2	5	4	0	0	8	3	0.844
⑨	プログラミング係(ゲームをとく係)の役を上手にできた	11	0	0	3	8	0	0	2	9	1.000
⑩	チェック係(ペアが困っていないか見守る係)を上手にできた	11	0	4	2	5	0	0	2	9	0.063
⑪	2 人で協力してゲームに取り組めた	11	0	0	1	10	0	0	2	9	0.750
⑫	プログラミングの問題は簡単だった	11	0	2	5	4	0	1	6	4	0.813
⑬	ゲームは簡単に使いこなすことができた	11	0	1	3	7	0	0	3	8	0.625

児童の評価に関する教員アンケートの結果を表 5.16 に示す。質問の意欲や技術については、上手くできていたペアが半分以上あり、ペアとの協力は全てのペアができていたと回答された。

授業全体の所見に関する内容を表 5.17・表 5.18 に示す。演習では、児童の学習意欲が評価されたものの、ドライバー・ナビゲーターの役割が曖昧になることや、児童が質問ではなくすぐに答えを伝えること、質問語幹リストの使い方をよく理解していないこと、機材の準備不足などが課題として挙げた。

児童の評価シートを、質問語幹リスト使用群・未使用群に分け、有意水準(α)を 0.05 としたウィルコクソンの符号付順位検定(両側検定)を実施した結果を表 5.19 に示す。その結果、どの評価項目においても有意差は認められなかった。

表 5.16 児童の評価に関する教員アンケートの結果

サンプルサイズ(n)は 3 である。

日 目	質問内容	統計結果				
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
2	あなたが担当した児童達は、協力してプログラミングの問題を解けていましたか。当てはまるものに○を付けましょう。	3	0	0	0	0
	あなたが担当した児童達は、よく質問を行っていましたか。当てはまるものに○を付けましょう。	0	3	0	0	0
	あなたが担当した児童達は、質問をよく行えていましたか (戸惑ったり、言い淀んだりすることはありませんでしたか)。当てはまるものに○を付けましょう。	0	2	1	0	0
3	あなたが担当した児童達は、協力してプログラミングの問題を解けていましたか。当てはまるものに○を付けましょう。	3	0	0	0	0
	あなたが担当した児童達は、よく質問を行っていましたか。当てはまるものに○を付けましょう。	1	1	1	0	0
	あなたが担当した児童達は、質問をよく行えていましたか (戸惑ったり、言い淀んだりすることはありませんでしたか)。当てはまるものに○を付けましょう。	0	3	0	0	0

表 5.17 2 日目の演習所見に関する教員のアンケート結果

サンプルサイズ(n)は 3 である。

質問内容	今回のプログラミング授業について、良い点、改善点など気付いたことがあれば記入してく ださい。
回答	・ "良い点:ペアで課題に取り組むことで、自発的に学習しているように感じた。 改善点:質問カードを見ていたが使えていないペアがいた為""カードを使い慣れる""プロセスが必要に感じた。""質問""というスタイルより""答えを教える""スタイルが多く感じた。" ・ 質問カードの意義がよく伝わっていない、または存在を忘れていると思しきペアが見受けられたように思う。カード使用への積極性を向上させる何らかの手段が必要か。全体として大きなトラブルは無く、少々複雑な実験ながら、円滑に進行できたことは良かった。 ・ 問題の難易度が上がるにつれ、ドライバー、ナビゲーターの役割があいまいになっていた。

表 5.18 3 日目の演習所見に関する教員のアンケート結果

サンプルサイズ(n)は 3 である。

質問内容	今回のプログラミング授業について、良い点、改善点など気付いたことがあれば記入してく ださい。
回答	・ ペアプログラミング中の会話では、「質問」という形より、「答え」を教え合うというスタイルが良く見られた。目的を"回答する"ということに集中されている為、チェック係が、"教える""ヒントを出す"という動機が発生しなかったと感じた。 ・ 機材トラブル等はほとんどなく、児童達もとまどいなくとりくめていたので円滑に進行できた。キーボードがデフォルトで半角英数になるようにセッティングしておけるとなお良いかと思う。 ・ ペアが話しながら難しい問題をといていて、非常によかった。役割があいまいにならないような工夫はむずかしく、生徒達もうまくやっていたように感じる。

表 5.19 質問語幹リスト利用群と未使用群の児童評価シートの比較結果

サンプルサイズ(n)は 12 である. 片方の群のみ参加・事前の実験に 1 度も参加していない児童のデータは除く. p 値はウィルコクソンの符号付順位検定(両側検定)を実施した結果であり, 各値は小数点第 4 位以下を四捨五入している.

質問内容	統計結果								p 値
	質問語幹リスト使用群				質問語幹リスト未使用群				(α=0.05)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	
ペアへ積極的に質問して いる(プログラミング係)	0	1	7	4	0	1	9	2	0.563
ペアへ積極的に質問して いる(チェック係)	0	1	6	5	0	2	5	5	0.820
ペアからの質問に答えよう とする意欲がある	0	0	5	7	0	0	4	8	0.813
自分の考えをペアに上手 に伝えられている	0	0	6	6	0	0	5	7	0.813

5.3 実験結果の考察

本節では, 初めに各実験結果を詳細に分析し, 話し合いを支援する 3 つの仕組みの効果について検討する.

学習ログでは, レベル 3 の正答率が 6 割と低い, それ以外では 8 割を超えていることが確認された. 質問語幹リストの使用有無に関わらず概ね高い正答率が出ていることから, 本研究で示したシステムが小学生のペアプログラミング学習の導入として利用できる可能性があるかと推察される.

レベル 3 は他のレベルと比較して妖精が 2 人とも登場する特殊なルールだったので, 児童が妖精の動きとプログラムの対応付けに戸惑ったことが想定される. またエラーで **not-reach-goal**(妖精がゴール到達できなかった場合のエラー)が全体の約 8 割を占めておりその他が少なかった原因としては, **syntax-error**(スタート・ゴールブロックを 1 個ずつ利用しなかった場合のエラー)が単純なルールで児童も理解しやすかったことや, **over-count-limit**(移動ブロックの使用制限オーバー)がレベル 2・4 の問題でしか発生しないことが考えられる.

発話内容では, 浅い質問が多く出たものの, 深い質問があまり出なかった. 2.4.1 節では, 学習者が知識を求めるような質問や, 質の高い思考や認知に関する質問を自主的に行う学習者がほとんどいないという先行研究について紹介したが [8] [9] [27] [29], 本実験の演習でも同様の事象が見られたといえる. これは 5.2.4 節の教員アンケートの結果でも指摘されていた通り, 児童が解き方や考え方ではなく, 答えそのものを質問しあい, 教えあったことで, 会話が深い発言までに至らなかったことが原因であると推察される. また質問語幹リストのカード 1 枚当たりの平均使用回数は約 0.464 回と少ないものの, 1 ペア当たりの平均質問(助言)回数は 39 もあり, 大きく差が開いている. これは児童が質問カードを使わずに質問活動を行っていることを示している. その原因として, 児

児童が質問活動を会話の中で無意識的に行っており意識的に数を数える質問カウントカードとは回数差が開いたことや、児童が自発的に質問を行えるため質問語幹リストを使用しなかったことが考えられる。

児童の特性と発話内容の相関を調査した結果では、人と話すことへの得意意識に差がある児童でペアを組むと、プログラミング演習での発言量に差が出ることを示された。ペアプログラミング学習では、ペアの片方が一方的な発話を行っている場合に学習に躓いている可能性があることと示唆されており [71]、話すことへの得意意識に差があるペアへ何らかの支援が必要であると推察される。

児童アンケートでは、演習の楽しさや自身がどれくらい上手くプログラミング学習を行えたかを問う項目について、児童の半数以上から概ね肯定的な回答を得られた。また教員アンケートでも、児童全員が協力して問題に取り組んでいたと解答されており、児童が本実験を楽しく、集中して、友達と協力して取り組んでいたことが分かった。また、質問カードの使いやすさや質問を考える項目ではアンケート回答数が少なかった。その原因として、質問語幹リストを使用しなかったり、そもそも質問を行わなかったりした児童が、この 2 つに関するアンケートを未記入で済ませたためだと考えられる。

次に、学習ログの閲覧機能、質問語幹リスト、エージェントと賞状の仕組みが話し合いや学習結果にどのような影響を与えるかについて、分析を行う。

学習の閲覧機能では、児童アンケートにて、児童の 8 割以上がドライバー・ナビゲーターの役割を果たすことができたことと回答していた。また会話内容からも、時間が多く経過した場合に「もう〇〇秒もたってる」と発言するなど、時間を意識しているペアもいくつか見られた。しかし教員アンケートでは、ドライバー・ナビゲーターの役割が曖昧になることが課題として指摘されていた。つまり児童自身はペアプログラミングの役割をこなせたと感じていたものの、客観的に見るとこなせていなかったことが考えられる。例えば、中山らは、小学生を対象としたペアプログラミング学習において、児童が役割を意識して学習に取り組むことが難しいと考え、役割を意識できるような学習のルールを提案した [16]。本研究では、演習前に各役割の具体的な行動や質問のやり方について説明を行ったものの、児童はそれらを十分に行えなかったものと考えられる。そこで、ペアプログラミング演習前の準備時間をさらに設け、中山らが提案したようなペアプログラミング学習のルールを取り入れて練習させる必要があったと考えられる。

質問語幹リストでは、使用群と未使用群でアンケート結果・学習ログの正答率・プログラミングテスト・発話内容の分類結果に変化が出るか、検定を行った。その結果、「表しようカードをもらうために質問をがんばった」という項目でのみ有意差が見られ、その他では有意差は見られなかった。また、演習中の 1 枚当たりの平均使用回数が約 0.464 回と非常に少なかったことから、児童は質問語幹リストを使おうという意識はあったものの、実際に使う機会は少なかったと考えられる。また教員アンケートでも、児童が質問語幹リストの使い方を理解していないのではないか、途中から存在を忘れてしまっているのではないかという意見が挙がった。質問語幹リストが使われなかった原因は何点か考えられる。1 つ目に、児童が質問語幹リストを使い慣れていなかった可能性がある。質問語幹リストの使い方は演習前にスライドを使って口頭で説明したものの、実際に手を動かして練習

させた方が、演習でも使いやすかったかもしれない。2 つ目に、質問語幹リストが使用されるケースが想定と異なっていたことが挙げられる。本来質問語幹リストは、児童が分からないことが発生した際に質問を行えないケースを想定し、初めの質問を行うためのきっかけとして提供していた。しかし実際の演習では、児童が簡単な質問を行うものの、そこから問題解決に至らず、デバッグのヒントとして質問語幹リストを使おうとするケースが見られた。しかし質問語幹リストはペアとの円滑な話し合いや、デバッグのきっかけになるような抽象的な内容しか記載されておらず、リストの文章を見た後に「それが分かんないから困ってるんだよ」と愚痴をこぼす児童も見られた。3 つ目に、児童が問題解答に集中しすぎていた可能性がある。人間の情報処理能力の容量は決まっており、何かの物事に集中すると、別の物事を気に留めなくなってしまうことが分かっている [50]。そこで、例えば問題が不正解になってしまった等の場面をきっかけに、児童 2 人が互いに問題解決の手法を考えようと集中してしまったことで、質問語幹リストの存在を忘れてしまったと推察される。また、この原因は質問語幹リストだけでなく、「物事を俯瞰的に見て解決策を考える」というナビゲーターの役割遂行にも悪影響を与えていることが考えられる。

このような理由から、質問語幹リストが児童にあまり利用されなかったことで、アンケート結果・学習ログの正答率・プログラミングテスト・発話内容の分類結果に変化が見られなかったと考えられる。また学習成績に差が生じなかった他の要因として、ペアプログラミング演習の時間が 1 日 15 分と短い時間しか実施されなかったことが挙げられる、学習差を見るにはより長期的、継続して学習を行わせる必要があったと推察される。

質問表出を促すエージェントと賞状の仕組みについては、児童アンケートより 8~9 割の児童が、この仕組みによって質問をするモチベーションが起こったと回答している。特に、質問や話し合いを行った児童に賞状(表しょうカード)を渡す仕組みは、質問語幹リスト使用群の方が、未使用群よりも質問のモチベーションにつながったと回答している。演習では、児童の質問語幹リストの使用有無に限らず賞状カードを配布していたものの、使用群の方がより賞状カードを意識していたといえるだろう。また発話記録によると、エージェントに関する会話は、音量に関する 1 回きりしか行われていなかった。しかしエージェントに促されて質問を行った場合、児童はエージェントに関する発話でなく、質問に関する発話を行うはずである。またファシリテーションを行うエージェントは一般的に、学習者が特定の内容について集中的に考え込んでしまうと、認知的負担が増えて注意が向けられないことが知られているため [50]、本演習でもその悪影響が出ていないか検討しなければならない。そこで本来は、エージェントの促しに対して児童が質問を発話したかの関係を調査すべきであるが、今回の実験結果ではエージェントが発話した記録がとられていないため、その関連を調査することができなかった。

5.4 小括

本章では、学習支援システムが児童のペアプログラミング学習における話し合いや学習結果にもたらす影響を評価するための、実証実験について説明した。実験で得られた児童・教員のアンケート結果や質問語幹リストの使用回数、会話内容の分析結果などを基に評価を行った結果、質問

語幹リスト使用群では「表しようカードをもらうために質問をがんばった」というアンケートで有意差が見られたが、その他の観点では有意差が見られなかった。また学習ログの閲覧機能・質問表出を促すエージェントについては、児童アンケートで好評を得たものの、教員アンケートや発話内容の分析結果で疑義が残る結果となった。このような結果が生じた原因として、児童がペアプログラミングの役割や質問語幹リストの使い方に慣れていなかったこと、想定されたリストの使用ケースと実際の使用ケースが異なっていたこと、演習時間が15分と短く学習差が発生しづらかったことなどが挙げられた。また、発話の得意意識に差があるペアでは、片方の一方的な発話が目立つことが判明した。

第6章 おわりに

6.1 本研究のまとめ

本研究では小学生のプログラミング教育において、児童が 2 人 1 組で同じ問題に取り組み、分からないことを話し合って問題を解決するペアプログラミング学習に着目した。そしてプログラミング学習をうまく行えない原因の 1 つとして質問活動の難しさを挙げ、それらを解決する学習支援手法を提案した。具体的には、Dillion の提唱に基づいて質問活動を①疑問感生起、②質問生成、③質問表出の 3 つの手順に分割し [30]、それらを①学習ログの閲覧機能、②プログラミング学習用の質問語幹リスト、③質問表出を促すエージェント・賞状の導入で支援する仕組みを提案した。そして、それらの仕組みを導入したシステムを開発し、話し合い・学習効果にもたらす影響を調査するため、実際に 16 名の小学生に利用してもらった。

結果、①学習ログの閲覧機能は児童アンケートで肯定的な回答を多く得られており、発話内容でも一部ペアで解答時間を気にしているような発話が見られたものの、教員アンケートでは、児童がナビゲーター・ドライバーの役割が曖昧になっていたことが判明した。②プログラミング学習用の質問語幹リストは、児童にあまり利用されず、リストを使ったことによる学習効果の向上を確かめることはできなかった。教員アンケート・発話内容の分析結果より、児童は学習中に「何故正解しないの？」など簡単な質問を沢山出しているものの、それがプログラムの意図を問うような深い質問までには至っていないことが判明した。また躓いたときにカードを使おうとしたものの、聞かれた相手が答えられずに詰まってしまう場面も見られた。③質問表出を促すエージェント・賞状の導入では、児童アンケートの結果より、良い質問をした人に賞状を授与する仕組みが、児童の質問意欲に影響をもたらす可能性が示唆された。エージェントについては、児童アンケートで肯定的な回答を多く得られたものの、エージェントが発話内容にもたらす影響については、実験結果のデータが不足しており、検討することができなかった。更に、児童の特性に関するアンケートと発話の内容を分析したところ、人と話すことへの得意意識に差がある児童でペアを組むと、プログラミング演習の際に発言量に差が出ることが示唆された。

6.2 今後の課題

本研究では、演習そのものに関する児童・教員の好意的なアンケート結果が得られた。また質問を支援する①学習ログの閲覧機能、②プログラミング学習用の質問語幹リスト、③質問表出を促すエージェント・賞状の導入の 3 つの仕組みのうち、良い質問をした児童に賞状を授与することで児童の質問意欲が向上する結果が得られたが、それ以外の学習結果の変化は見られなかった。

①学習ログの閲覧機能がナビゲーターの疑問感生起を支援する仕組みをより活かすには、プログラミング演習の前に、児童に実際にドライバー・ナビゲーターの役割を意識したペアプログラミング学習の練習を行わせる必要があると考えられる。また、中山らの提案のように、ナビゲーターがドライバーに指示を出すこと、分からないときは役割を交代することなど、役割を意識させるより明確なルールを導入する手法もある [16]。

②プログラミング学習用の質問語幹リストについては、リストが使用されるケースの想定を見直す必要があると考える。本研究の実験に参加した児童は、アンケートで半数以上が話し合いを得意としていると回答しており、実際に内容の浅い質問を多くしていた。そこで、質問語幹リストの内容を「質問のきっかけとして使うもの」ではなく、「問題解決に必要な高度な質問を行うためのもの」として再定義する必要があるだろう。例えば「ブロックをどう直したらいいと思う？」という質問文を、「妖精はどこまで思い通りに動いていて、どこから動きがおかしいの？動きがおかしいものに関係しているブロックは何？」など、より具体的な質問文に変化させることで、児童に、プログラムのより詳細な内容を説明させるよう誘導できるかもしれない。また上山・北川らが提唱していた、話し合いを円滑に行うコツ [42] [43]を取り入れた質問文については、今回の実験のような高学年や、話し合いを得意とする児童には不要であると感じた。一方で、本実験では話し合いの得意意識に差があるペアでは会話量に差が出るのが明らかになっている。そこで、話し合いに苦手意識のある児童や小学校低学年～中学年を対象とした場合においては、話し合いを円滑に行うコツ [42] [43]を取り入れた質問文の方が児童に使いやすい可能性があるため、実験対象を変えた調査が必要である。また①と同様、プログラミング演習の前に、児童に実際に質問語幹リストを使ったペアプログラミング学習の練習を行わせる必要性も考えられる。また②・③については、質問語幹リストが深い学習内容を発生させるのに貢献しているのか、エージェントが質問表出を促すことで質問が行われているのかについて、実験結果では明らかにできなかったため、これらを追加調査する必要がある。

本研究で示した手法以外の、ペアプログラミング学習の新たな支援手法についても述べる。児童は特定の内容について集中的に考え込んでしまうと、ペアプログラミングの役割やファシリテーションエージェントなど、他のことに注意を向けることができない可能性がある [50]。そこで、その解決手段として、ドライバーのモニタリングなどを児童に任せるのではなく、システムを使って通知するような仕組みが考えられる。その際は、児童が通知内容を確認しない限り画面上に表示が出たり、音が鳴り続けたり、振動デバイスが振動し続けたりするなど、児童の意識を向けさせる何らかの工夫が必要である。また小学生の認知能力では、複数の情報を処理することは難しいということを考慮して、エージェントなどの機能をあえて無くす手法も考えられる。またペアプログラミング演習では、質問する側でなく答える側にも、質問語幹リストのような解答のテンプレートを提供することで、児童が質問に答えられない状況を支援することができるのではと推察される。更に、児童の会話意識の得意意識の差によって児童間の会話量に差が生まれないような工夫として、発言を行っていない児童がドライバーになった際に、Web アプリケーションの画面上で質問を表示し、それをドライバーに答えてもらうことで、強制的に発話をしなければならない仕組みを用意することなどが考えられる。

最後に、本研究では参加した児童の 8～9 割が小学 4 年生であり、5 年生は 1～2 人しか参加しておらず、6 年生の参加者はいない。そこで、5～6 年生を増やしたり、全体の参加者を増やしたりすることで、より信頼性のあるデータを確保する必要がある。また発話内容の分類は筆者 1 人の判断によって行っているため、指導経験のある教員など信頼性の高い複数人で分類結果が正しいかどうかを精査する必要がある。

研究業績

- ・ メタ認知を活用した小学生のペアプログラミング学習支援システムの提案. 真嘉比 浩乃, 太田 光一, 谷 文, 長谷川 忍. 2023 年, 教育システム情報学会 2023 年度学生研究発表会, ページ:27-28
- ・ 小学生のペアプログラミング学習における話し合い支援手法の提案. 真嘉比 浩乃, 杉田 一樹, 太田 光一, 谷 文, シリタナワン パーリンヤ, 長谷川 忍. 205, 2024 年, 信学技報, 第 124 巻, ページ:24-28
- ・ 話し合いを促進する小学生のペアプログラミング学習支援システム. 真嘉比 浩乃, 杉田 一樹, 太田 光一, 谷 文, シリタナワン パーリンヤ, 長谷川 忍. 情報処理学会第 45 回教育学習支援情報システム(CLE)研究発表会 (2025 in press)

謝辞

本研究を進めるにあたり、主指導教員である長谷川忍教授にはいつも丁寧な指導と適切な助言を頂きました。ここに深謝の意を表します。また太田光一助教、谷文助教、信州大学 Siritanawan Prarinya 准教授、同研究室の杉田一樹氏には、研究や学会発表に際しまして多くのご助言・ご支援を頂きました。深く感謝いたします。

副指導教員の池田心教授、インターンシップ担当教員の富田堯准教授には、研究発表や論文作成にあたり多くのご助言を頂きました。感謝の意を表します。

お忙しいスケジュールの中で実験にご協力いただきました、特定非営利活動法人学童会つるぎピノキオクラブの運営スタッフと児童の皆様に厚く御礼申し上げます。

同研究室の山野宗馬氏、廣部陸氏には実験実施にあたり多くの助力を賜りました。誠にありがとうございました。

沖縄工業高等専門学校名誉教授である正木忠勝氏には、実験手法の内容についてご助言を頂きました。心より感謝いたします。

友人の小松颯氏、大宜見玲氏には、研究で悩んでいる私の話や、研究の相談などをいつも聞いていただきました。お礼申し上げます。

参考文献

- [1] 文部科学省. 小学校プログラミング教育の概要 1. 小学校プログラミング教育に関する研修教材. (オンライン) 2019 年 11 月 15 日. (引用日: 2024 年 11 月 24 日.) https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afieldfile/2019/05/21/1417094_003.pdf.
- [2] ー. 小学校プログラミング教育の手引(第三版). 小学校プログラミング教育の手引: 文部科学省. (オンライン) 3, 2020 年 2 月 18 日. (引用日: 2023 年 1 月 19 日.) [https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_00\[2\].pdf](https://www.mext.go.jp/content/20200218-mxt_jogai02-100003171_00[2].pdf).
- [3] 社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則(教育課程編成に関する基礎的研究 報告書5). 勝野 頼彦. 出版地不明: 国立情報学研究所, 2013 年 3 月, 平成 24 年度プロジェクト研究調査研究報告書.
- [4] 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会. 教育課程部会における審議のまとめ. 文部科学省. (オンライン) 2021 年 1 月 25 日. (引用日: 2024 年 12 月 1 日.) https://www.mext.go.jp/content/20210312-mxt_syoto02-000012321_2.pdf.
- [5] Laurie Willams, Robert Kessler. ペアプログラミング エンジニアとしての指南書. (訳) 長瀬 嘉秀, 今野 睦. 出版地不明: 株式会社ピアソン・エデュケーション, 2003.
- [6] ペアプログラミングを取り入れた小学校プログラミング授業での意識の変容に関する一考察. 山本 朋弘, 堀田 龍也. Suppl, 出版地不明: 日本教育工学会, 2019 年, 日本教育工学会論文誌, 第 43 巻, ページ: 45-48.
- [7] Web アプリを活用したペアプログラミング学習の提案. 真嘉比 浩乃, ほか. 出版地不明: 教育システム情報学会, 2022 年, 教育システム情報学会 2022 年度学生研究発表会, ページ: 271-272.
- [8] The remedial status of student questioning. J.T.Dillion. 3, 1988 年, Journal of Curriculum Studies, 第 20 巻, ページ: 197-210.
- [9] Question Asking During Tutoring. Arthur C. Graesser, Natalie K. Person. 1, 1994 年, American Educational Research Journal, 第 31 巻.
- [10] 学生はなぜ質問をしないのか? 武藤 隆, 久保 ゆかり, 大嶋 百合子. 1, 1980 年, 心理学評論, 第 23 巻, ページ: 71-88.
- [11] 文部科学省. ホーム. 小学校を中心としたプログラミング教育ポータル. (オンライン) 2020 年 12 月 25 日. (引用日: 2025 年 1 月 26 日.) https://www.mext.go.jp/miraino_manabi/.
- [12] 黒上 晴夫, 堀田 龍也. プログラミング教育導入の前に知っておきたい思考のアイデア. 東京: 小学館, 2017.
- [13] 株式会社ベネッセコーポレーション. 第2版「プログラミングで育成する資質・能力の評価規準(試行版)」公開. ベネッセ 教育情報サイト. (オンライン) 2018 年 8 月 31 日. (引用日: 2024 年 9 月 3 日.) <https://benesse.jp/programming/beneprog/2018/08/31/2ndstandard/>.

- [14] みんなのコード. 全国の学校教育における「プログラミング教育実態調査」を公開 - 小・中学校教員 2,400 名、子ども・保護者 3,000 組を対象に意識調査を実施 -. みんなのコード. (オンライン) 2021 年 12 月 2 日. (引用日: 2024 年 1 月 17 日.) <https://code.or.jp/news/20211202/>.
- [15] プログラミングに関するアンケート調査. 埼玉県高等学校情報教育研究会研究委員. 12, 2015 年, 全国高等学校情報教育研究会情報教育研究会誌.
- [16] ペアプログラミングを取り入れた小学校プログラミング教育の実施方法の提案と評価. 中山舞祐, 森本 康彦. Suppl., 2021 年 3 月 8 日, 日本教育工学会論文誌, 第 44 巻, ページ: 149-152.
- [17] 大枝 真一. 初等プログラミング教育のためのペアプログラミングの導入. 木更津工業高等専門学校. 出版地不明: 木更津工業高等専門学校紀要 第 53 号, 2020.
- [18] ペアプログラミングにおいてペア以外の学習者との協働的な情報交換が学習効率と課題達成プロセスに与える影響. 林 康成, 島田 英昭, 三崎 隆. Suppl., 2019 年, 日本教育工学会論文誌, 第 43 巻, ページ: 49-52.
- [19] THE INVESTIGATION OF NOVICE PROGRAMMERS' DEBUGGING BEHAVIORS TO INFORM INTELLIGENT E-LEARNING ENVIRONMENTS: A CASE STUDY. Turkmen Gamze, Sonay Caner-Yıldırım. 3, Turkish Online Journal of Distance Education, 第 21 巻, ページ: 142-155.
- [20] Strategies of Novice Programmers. Marjahan Begum, Jacob Norbjerg, Torkil Clemmensen. Denmark: 発行元不明, 2018 年, The 41st Information Systems Research Seminar in Scandinavia, 第 41 巻.
- [21] Chen Woei-Kae, Liu Chien-Hung, Huang Hong-Ming. Software Debugging Patterns for Novice Programmers. Taiwan: 発行元不明, 2017.
- [22] Debugging: the good, the bad, and the quirky -- a qualitative analysis of novices' strategies. Laurie Murphy, ほか. 1, 2008 年, SIGCSE Bull, 第 40 巻, ページ: 163-167.
- [23] Jiwon Lee. Exploring the Impact of Cognitive Awareness Scaffolding for Debug. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 2022.
- [24] Gravin Brod. Generative Learning: Which Strategies for What Age? 出版地不明: Educational Psychology Review, 2020.
- [25] Teaching Students to Generate Questions: A Review of the Intervention Studies. Barak Rosenshine, Carla Meister, Saul Chapman. 2, 1996 年, Educational Research, 第 66 巻, ページ: 181-221.
- [26] Learning deeply in science: An analysis and reintegration of deep approaches in two case studies of grade 8 students. Christine Chin, David E. Brown. 2000 年, Research in Science Education, 第 30 巻, ページ: 173-197.
- [27] Students' Questions: A Potential Resource for Teaching and Learning Science. Christine Chin, Jonathan Osborne. 1, 2008 年, Studies in Science Education, 第 44 巻, ページ: 1-39.

- [28] Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in science. Christine Chin , David E. Brown. 5, 2002 年, International Journal of Science Education, 第 24 巻.
- [29] The Art of Asking Questions in the Teaching of Science. Derek C. Carr. 289, 1998 年, School Science Review, 第 79 巻, ページ: 47-60.
- [30] J.T.Dillion. Questioning and teaching : a manual of practice. London : Teachers College Press, 1988. ISBN-0-8077-2924-8.
- [31] The Place of Children's Questions in Primary Science Education. Biddulph Fred, Symington David , Osborne Rogar. 1, 1986 年, Research in Science & Technological Education, 第 4 巻, ページ: 77-88.
- [32] Heuristic learning and science education: Position papers. Richard J. Suchman , Butts David. 3, 出版地不明 : Journal of Research in Science Teaching, 1977 年, 第 14 巻, ページ: 263-272.
- [33] なぜ小学生が授業中に質問しないのか? 生野 淳一 , 丸野 俊一. 2000 年, 第 42 回総会発表論文集, 第 42 巻, ページ: 390.
- [34] 小学生は授業中に質問を思いついているのか : 疑い知ろうとする気持ちの生起と教師に対する質問生成・表出との関連. 生田 淳一 , 丸野 俊一. 2004 年, 九州大学心理学研究, 第 5 巻, ページ: 9-18.
- [35] ロリン・W・アンダーソン , デイビット・R・クラスウォール. 学習する、教える、評定するためのタキソノミー ーブルームの『教育目標のタキソノミー』の改訂版ー. (訳) 中西 穂高, 中西 千春 , 安藤 香織. 1. 出版地不明 : 株式会社東信堂, 2023.
- [36] Facilitating Elaborative Learning Through Guided Student-Generated Questioning. Alison King. 1, 1992 年, Educational Psychologist, 第 27 巻, ページ: 111-126.
- [37] 質問作りを中心にした指導による児童の授業中の質問生成活動の変化. 生田 淳一 , 丸野 俊一. 4, 2006 年, 日本教育工学会論文誌, 第 29 巻, ページ: 577-586.
- [38] Autonomy and question asking: The role of personal control in guided student-generated questioning. Alison King. 2, 1994 年, Learning and Individual Differences, 第 6 巻, ページ: 163-185.
- [39] 数学の問題解決における質問生成と援助要請の促進. 瀬尾 美紀子. 4, 2005 年, The Japanese Journal of Educational Psychology, 第 53 巻, ページ: 441-455.
- [40] Effects of question stem on pupils' online questioning, science learning, and critical thinking. Hsin-Wen Hu, Chiung-Hui Chiu , Guey-Fa Chiou. 4, 2019 年, The Journal of Educational Research, 第 112 巻, ページ: 564-573.
- [41] 文部科学省. 学習指導要領「生きる力」. 第 2 章 各教科 第 1 節 国語. (オンライン) 2019 年 12 月 12 日. (引用日: 2024 年 12 月 6 日.) https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/koku.htm#5_6gakunen.
- [42] 方法知の活用を促す話し合い学習指導の開発 : 小学校 4 年生を対象とした授業の分析を通して. 上山 伸幸. 2015 年, 国語化教育, 第 78 巻, ページ: 13-20.

- [43] 自律的な討論の実現に向けた指導に関する一考察——小学校段階における〈議論展開能力〉の育成を中心に——. 北川 雅浩. 2018 年, 国語化教育, 第 84 巻, ページ: 40-48.
- [44] 「聞くこと」の意識化に基づく内的過程の把握 : インタビュー活動を対象とした相互作用過程の分析. 村上 さおり , 迎 勝彦. 2016 年, 上越教育大学研究紀要, 第 35 巻, ページ: 205-217.
- [45] 中村 敦雄. 「見える化」による学習意識の確立. (作者) 江部 満. 教育科学国語教育. 東京 : 明示図書出版, 2011.
- [46] NPO 情報セキュリティフォーラム. 令和 3 年度 小学校プログラミング教育の現状調査. (オンライン) 2021 年 9 月 6 日 . (引用 日 : 2024 年 12 月 5 日 .) <https://www.isef.or.jp/pdf/research/programing.pdf>.
- [47] Spontaneous inquiry questions in high school chemistry classrooms: Perceptions of a group of motivated learners. Charles J. Rop. 1, 2003 年, International Journal of Science Education, 第 25 巻, ページ: 13-33.
- [48] An overlooked objective. White R.T. 2, 1977 年, Australian Science Teacher's Journal, 第 23 巻, ページ: 124-125.
- [49] Pedagogical Conversational Agent を用いた協同学習の促進—感情表出に着目した検討—. 林 勇吾 , 小川 均. 1, 2013 年, 電子情報通信学会論文誌 D, 第 J96-D 巻, ページ: 70-80.
- [50] Dual-Channel Model に基づく対話エージェントを利用した協同による説明活動の促進方法. 林 勇吾. 1, 2014 年, 電子情報通信学会論文誌 D, 第 J97-D 巻, ページ: 17-27.
- [51] 認知的スキル学習支援におけるゲーミフィケーションの役割. 長谷川 忍. 1, 2019 年, 教育システム情報学会誌, 第 39 巻, ページ: 9-16.
- [52] 小学校国語科授業における教師発話・児童発話に基づく授業実践の構造分析. 岸 俊行 , 野嶋 栄一郎. 3, 2006 年, 教育心理学研究, 第 54 巻, ページ: 322-333.
- [53] 算数グループ学習における相互教授法の介入効果とそのプロセス—向社会的目標との相互作用の検討—. 町 岳 , 中谷 素之. 4, 2014 年, 教育心理学研究, 第 62 巻, ページ: 322-335.
- [54] Google for Developers. Blockly とは. Blockly. (オンライン) Google Inc, 2023 年 12 月 19 日. (引用日 : 2024 年 9 月 2 日 .) <https://developers.google.com/blockly/guides/get-started/what-is-blockly?hl=ja>.
- [55] MIT. Scratch-Imagine, Program, Share. SCRATCH. (オンライン) 2024 年 8 月 23 日. (引用日 : 2024 年 9 月 3 日 .) <https://scratch.mit.edu/>.
- [56] Google for Developers. Firebase Realtime Database. Firebase. (オンライン) 2024 年 11 月 26 日. (引用日 : 2024 年 12 月 13 日 .) <https://firebase.google.com/docs/database?hl=ja>.
- [57] 森田交一. 音楽利用のルール. 魔王魂. (オンライン) 2021 年 4 月 1 日. (引用日 : 2024 年 12 月 13 日 .) <https://maou.audio/rule/>.
- [58] みふねたかし. ご利用について. いらすとや. (オンライン) 2012 年 12 月 27 日. (引用日 : 2024 年 12 月 14 日 .) <https://www.irasutoya.com/p/terms.html>.
- [59] KazuyukiHiroshiba. VOICEVOX ソフトウェア利用規約. VOICEVOX. (オンライン) 2022 年 1

- 月 8 日. (引用日: 2024 年 12 月 14 日.) <https://voicevox.hiroshiba.jp/term/>.
- [60] AC ワークス株式会社. 利用規約. illustAC. (オンライン) 2023 年 10 月 1 日. (引用日: 2024 年 12 月 14 日.) <https://www.ac-illust.com/main/terms.php>.
- [61] SSS 合同会社. 東北ずん子ずんだもんプロジェクト キャラクター利用の手引き. ずんずん PJ キャラクター利用のガイドライン. (オンライン) 2018 年 7 月 12 日. (引用日: 2024 年 12 月 14 日.) <https://zunko.jp/guideline.html>.
- [62] よふかしインデックス. SOYA 式妖精ずんだもん&あんこもん Type-坂本 R. BOOTH. (オンライン) 2022 年 6 月 29 日. (引用日: 2024 年 12 月 13 日.) <https://soya-workshop.booth.pm/items/3968805>.
- [63] 玄米茶. イラスト素材: 石畳 テクスチャ 2. illustAC. (オンライン) (引用日: 2024 年 12 月 13 日.) <https://www.ac-illust.com/main/detail.php?id=1479421>.
- [64] みふねたかし. 火・炎のイラスト. いらすとや. (オンライン) 2015 年 11 月 6 日. (引用日: 2024 年 12 月 13 日.) https://www.irasutoya.com/2015/11/blog-post_57.html.
- [65] ー. いろいろな白い旗のイラスト. いらすとや. (オンライン) 2017 年 2 月 23 日. (引用日: 2024 年 12 月 13 日.) https://www.irasutoya.com/2017/02/blog-post_707.html.
- [66] ー. いろいろなカラフルな矢印のイラスト. いらすとや. (オンライン) 2020 年. (引用日: 2024 年 12 月 13 日.) https://www.irasutoya.com/2020/07/blog-post_94.html.
- [67] ー. いろいろな洋服のボタンのイラスト. いらすとや. (オンライン) 2020 年 7 月 28 日. (引用日: 2024 年 12 月 13 日.) https://www.irasutoya.com/2020/07/blog-post_546.html.
- [68] 森田交一. システム 49. 魔王魂. (オンライン) 2010 年 6 月 1 日. (引用日: 2024 年 12 月 13 日.) https://maou.audio/se_system49/#google_vignette.
- [69] KazuyukiHiroshiba. VOICEVOX. VOICEVOX. (オンライン) 2021 年 7 月 31 日. (引用日: 2024 年 12 月 13 日.) <https://voicevox.hiroshiba.jp/>.
- [70] 森田交一. ピアノ 25. 魔王魂. (オンライン) 2016 年 8 月 16 日. (引用日: 2024 年 12 月 13 日.) https://maou.audio/bgm_piano25/.
- [71] ペアプログラミング学習における状態の推定-つまずきの解決の成功と失敗に見られる会話の違い. 平井 佑樹, 井上 智雄. 1, 2012 年, 情報処理学会論文誌, 第 53 巻, ページ: 72-80.

付録

付録 A ゲームのルール(全 6 枚中の 1 枚)

ゲームのルール

- ようせい  をゴール  まで連れていこう！
- ようせいは火の上  は通れないよ！
- レベルによって、それぞれルールが違うよ！



レベル 1	レベル 2	レベル 3	レベル 4
 上 方向へ 0 歩動く	 0 回くり返す  三角 の旗の上に立つまでくり返す	もし旗の形が 三角 なら  もし旗の形が 三角 なら そうでなければ 	解けたらすごい！ 
動くブロックで ようせい  を ゴールまで 連れていこう！	動くブロックの数 が決まっているよ。 緑ブロックで同じ 動きをまとめて 作ろう！	2人のようせいが 登場！   黄色ブロックで 2人の動きを分けて 作ろう！	動くブロックの数 が決まっていて、 ようせいが2人いる ことも！応用問題 にチャレンジ！

プログラミングのルール

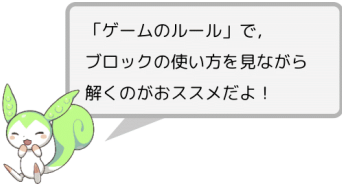
- プログラムは上から下へ順番に動きます。
- 最初にスタート、最後にゴールブロックを入れます。
- 使わないブロックを置いたり、スタート・ゴールブロックを2つ以上使ったりすると、不正解となることがあります。使わないブロックは消しておきましょう。



付録 B プログラミング練習プリント

プログラミング練習プリント

ID _____



1 レベル 1 の練習

ようせいさんは、何番のブロックに着くでしょうか？

○ 1-1

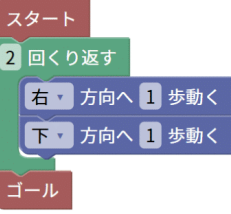


答え

2 レベル 2 の練習

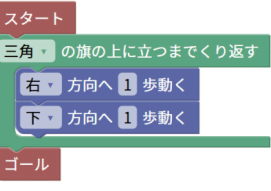
ようせいさんは、何番のブロックに着くでしょうか？

○ 2-1



答え

○ 2-2



答え