

CT の思考育成を促進するプログラミング協働学習の提供

外崎 健介 伊藤 恵

プログラミング教育の必修化に伴い、文部科学省が定めたプログラミング的思考は全ての職業で必要とされている。しかし、プログラミング的思考は CT(計算論的思考) の 5 つの要素のうち、アルゴリズム的思考の領域に集中した思考法であり、CT の要素の一部しか取り入れられておらず、CT に対して概念が矮小であると指摘されている。そこで本研究では、CT の育成を目的としたプログラミング協働学習を提供する。協働学習の役割のうち、司会 (ファシリテータ) は学習の成功を左右する最も重要な役割であり、司会はある一定以上の議題に対する理解が必要とされるが、プログラミング初学者が既存の司会を支援する定型文やシステムを活用しても困難であると考えられるため、本研究ではプログラミング初学者を対象としたプログラミング協働学習において、一般的な司会を支援するシステムや定型文とは異なる支援方法が必要ではないかを調査し、プログラミング協働学習での司会に対する新たな支援方法の定型化を試みる。

1 はじめに

令和 2 年 2 月に文部科学省は IT 人材不足を補うために、小学校からプログラミング教育を必修化し、それに伴い、CT(計算論的思考または Computational Thinking) を基に「プログラミング的思考」を定義した。CT とは、Wing[9] によると「コンピューターサイエンスの基本的な概念を利用して、問題を解決し、システムを設計し、人間の行動を理解する」ことであり、「コンピューター科学者だけでなく、誰もが学び、使いたいと願う普遍的に適用可能な態度とスキルセット」である。また、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るか、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」[5] である。プログラミング的思考は、将来どのような進路を選択しどのような職業に就くとしても、普遍的に求められる力 [1] とされている。しかし、プログラミング的思考は CT の 5 つの要素である、創造性、アルゴリズム的思考、協調性、批判的思考、問題解決のうち、アルゴリズム的思考に集中した思考であり、阪東ら [1] は「プログラミング的思考の考え方は Computational Thinking の概念に比べて矮小である」と述べている。また、プログラミング的思考は解釈次第で捉え方が変化し、CT や論理的思考との関係性も明言されていないため、定義が曖昧であると指摘されている。ゆえに、今後のプログラミング教育ではプログラミング的思考ではなく、CT を育成することが必要だと考えられる。

CT の教育ではこれまで主にプログラミングを題材にしたプロジェクトやグループワーク、個人的学習など様々な教育が行われてきた。これらの教育方法を踏まえ、我々はプログラミングを題材とした協働学習 (ピア・ラーニング) が、他の教育方法と比較してよりバランスよくすべての要素を身に付けることができると推察した。協働学習とは、坂本 [7] によると、「他の組織や地域、異なる文化に属していたり、多様で

Provide Programming Collaborative Learning That Promotes the Development of CT Thinking.

Kensuke Sotozaki, 公立はこだて未来大学システム情報学部情報アーキテクチャ学科, School of Systems Information Science and Department of Media Architecture, Future University Hakodate.

異質な能力を持った他者との出会い」を前提とした、「学習者の高い自立性と対等なパートナーシップ、相互の信頼関係の構築」による、「他学習者同士の出会いから生まれる矛盾や葛藤を止揚し、新たな共同体と価値観を創造することにつながる」学習であり、学習者同士における相互理解を深める可能性が示唆されている。この学習方法に対してプログラミングを取り入れることにより、問題を解くことはCTにおけるアルゴリズム的思考、創造的思考の育成に該当し、他者とのコミュニケーションは、協調性、批判的思考、問題解決が該当する。ゆえに、プログラミングを題材とした協働学習を行うことで、CTのすべての要素を1つの学習に集約することができる。

しかし、協働学習は従来の学習のように教師が主体で行った場合、学習者のモチベーションや学習効果が低減される可能性がある。そのため、学習者を主体にししながら、彼らの活動に適切に介入しサポートすることが求められる。また、協働学習を成功させる最も重要な要素はグループ内における司会である。司会はリーダーと異なり、リーダーは議論の中心となって最終決定を行う立場にあるのに対して、司会は議論に入ることなく、客観的な立場で、議論の状況や流れ、参加者の状況を理解し、必要に応じて介入する役割である。胡[2]によると、グループ内における司会役がいなくても議論は行えるが、グループ内での十分な意見交換は保証できず、発話量の偏りや短期的な議論、沈黙、まとめなどが適切に行われなことが指摘された。一方、司会者は議論に対する理解度が一定以上なければ、発言者同士の主張の違いを見出すことやそれらの主張をまとめる合意形成などを行うことは困難である。そのため、英語や日本語など言語を教材とした協働学習では、司会を支援するためのフレーズを提供するシステムや定型文などがある。しかし、これらは日常的に活用している言語であり、一定以上の理解やスキルを既に有している状態で定型文などを活用するため、それぞれの学習者の主張の差異を見出すことや意見をまとめることができると考えられる。その反面、プログラミングは概念に対する理解や考え方、スキルが必要であり、プログラミング初学者が定型文などを活用しながら司会をしても、

プログラミングに対する理解が高くない場合、逆に議論に混乱が生じることが推察できる。

したがって、本研究ではプログラミング初学者を対象としたプログラミング協働学習において、一般的な司会を支援するシステムや定型文とは異なる支援方法が必要ではないか調査し、プログラミング協働学習での司会に対する新たな支援方法の定型化を試みる。

2 関連研究

2.1 協働学習における司会の役割に関する研究

胡[2]は上級日本語学習者を対象に、日本語教育を教材とした協働学習の1種であるピア・リーディングを実施し、司会の役割と存在意義を明らかにし、ピア・リーディングの学習デザインを参考を提供した。結果として、司会がいることで発言の偏りの調整や議論の展開、議論の観点の整理など建設的な議論を行うことができ、効果的な学習を行う上で司会が必要であることがわかった。しかし、これは日本語に精通している学習者が日本語を教材として議論した際に、議論の深掘りや整理、展開ができたわけであり、初学者の場合について言及していないため、より低いレベル学習者が司会を行った場合については明らかになっていないため、不十分であると考えられる。

2.2 協働学習における司会の役割に関する研究

大信田[6]らは情報基礎数学を教材としたグループ学習での司会の負担軽減とグループ学習の活性化を目的とし、司会が状況に応じて対応すべき行動を指示するシステムを開発した。システムは司会がグループ学習の現状をシステムに入力し、それに応じて、グループメンバがそれぞれ発言の促しや議論の方向修正などの指示をする。システムを利用した場合としていない場合の比較実験を行った結果、グループの発話回数が増加した傾向が見られた。しかし、司会への適切な指示をできていなかったことやすべての学習者に司会を経験させる学習の形を構築することが課題として挙げられた。これにより、適切な支援や学習モデルの構築などをする必要がある。

3 本研究の目的とアプローチ

本研究では、プログラミング初学者が効果的かつ効率的なプログラミング協働学習を行えるように司会を支援することが目的である。先述したように、協働学習における司会は、学習の成功に関わる重要な役割である。石黒[4]は司会がない場合、グループ内での発言者の偏りや単調な進行、議論の錯綜などの問題が生じるため、学習効果と効率が低下する。しかし、司会がいることにより、これらの問題を解決することができ、各グループメンバが公平に発言し、工夫した議論の進行による質の向上、議論における論点の焦点化など建設的な学習環境を構築できると指摘していた。だが、司会がグループ内での立ち位置が強すぎると、司会を中心とした議論や公平な発言を意識しすぎたことによる学習者同士のコミュニケーションの減少、強引な進行による健全さの喪失なども指摘していた。このように、司会によって協働学習の効果・効率は大きく変化する。

また、プログラミングは、英語や国語、数学とは異なり、プログラミング特有の考え方や緻密な論理に基づいたコードの記述などが求められる。ゆえに、これらの知識を身に付けていないプログラミング初学者が協働学習の司会の役割を担ったとしても、議論を通じて発言される主張の意図や整理、方向性の修正などを行うことは困難であると考えられる。ゆえに、司会を支援することはプログラミング協働学習をする上で必要であることが推察できる。これを実現するために、以下の2つのことを行う。

- 既存の定型文をプログラミング協働学習で活用した予備実験
- プログラミング協働学習で活用できる支援方法の定型化についての調査

3.1 司会の介入条件とその対応

プログラミング協働学習の司会に必要なスキルは表1の武田[8]の学習ファシリテーションスキルであると考えられる。学習ファシリテーションスキルは、ファシリテーション対応アクティブラーニング (FEAL) 授業モデルにおいて、学習者が効果的な学習を行える

ように適切な進行をする際に求められる5つのスキルをまとめたものである。武田の研究では、教師が司会を担っていたがこれらのスキルは学生のみで行う協働学習の司会に必要なスキルであると考えられる。これらの5つのスキルを基準とした際に、表2の石毛[3]らの定型メッセージは、すべてのスキルを満たしていると推察できる。石毛の定型メッセージは、コンピュータ支援協調学習 (CSCL) において、使用頻度が高い語句をまとめたものである。石毛らの定型メッセージは、英語を教材としたオンライン協働学習で活用されていた。そのため、本研究では、この定型メッセージがプログラミング協働学習で活用しても効果があるかを検証し、結果を基に改善もしくはシステムとして開発する予定である。

4 予備実験

表2で示した既存の定型文をプログラミング協働学習で活用し、司会を支援できているかの妥当性を検証する予備実験を実施する予定である。

4.1 予備実験の対象者

著者らの所属大学で、プログラミングに対する理解度の低い学生や苦手意識を有する学生を対象とする。

4.2 方法

定型文を利用せずに学習者に司会を割り当てプログラミング協働学習を行った場合と司会が定型文を利用しながら学習を行った場合の2つの比較実験を実施する。定型文を利用しなかった場合を図1に、定型文を利用した場合を図2に示した。予備実験は、オンラインで実施し、Discord^{†1}またはSlack^{†2}を活用する。また、学習者は3-4人を1つのグループとして編成し、グループ全員で同じ課題を解いてもらう。さらに、議論はテキストまたは写真のみで行ってもらう。

- 定型文を利用しなかった場合

グループ内で1人司会を担ってもらい、グループ全員に同じプログラミング課題を与え、演習を進めてもらう。プログラミング課題は既存のプロ

^{†1} <https://discord.com/>

^{†2} <https://slack.com/intl/ja-jp>

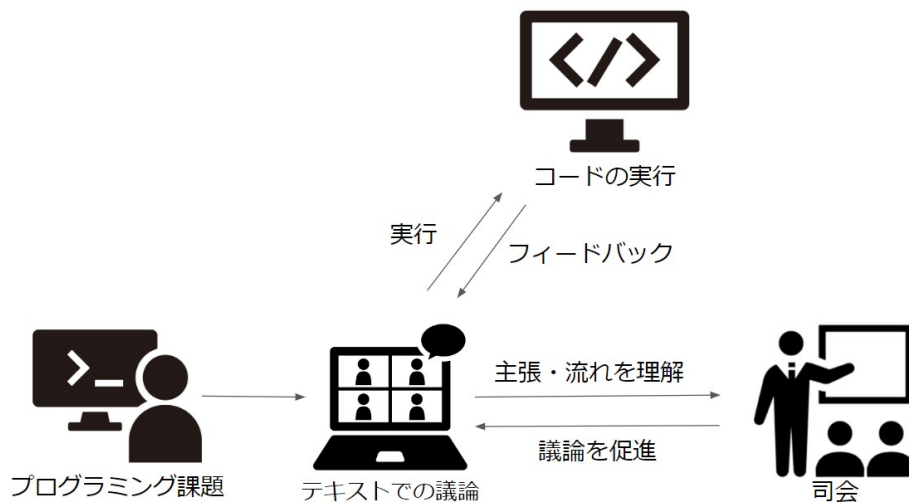


図 1 予備実験 利用無し

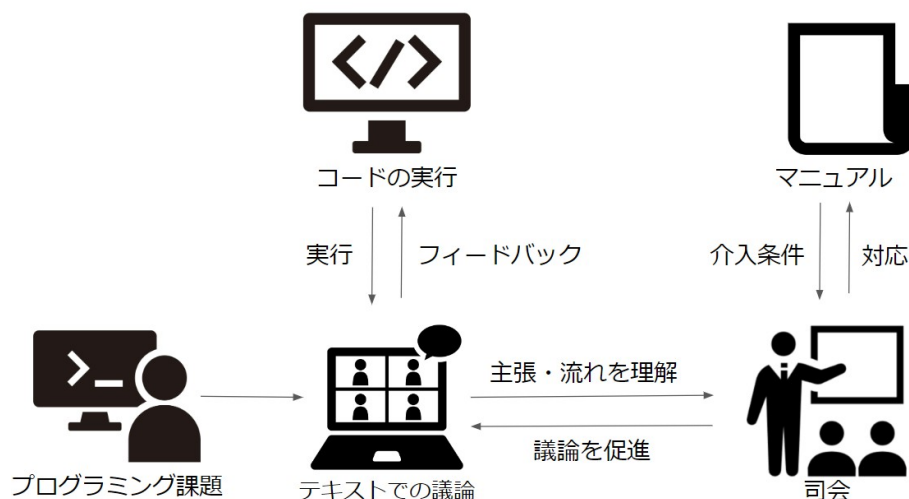


図 2 予備実験 利用あり

プログラミング学習サイト TechFuL^{†3} 上でコードの作成・実行を行ってもらい、実行結果やエラー、コードの改善などは議論を基に行ってもらおう。

- 定型文を利用した場合

最初に解いた問題とは異なるプログラミング課題を提供し、司会に既存の定型文を活用しながら、議論を進めてもらう。それ以外の条件や進め方は変えずに、演習を進めてもらう。

実験終了後に、学習者に対して定型文を活用した場合とそうでない場合での学習のしやすさ・理解度の増減、定型文の問題点や疑問点についてアンケート調査を行う。さらに、コードの実行回数やエラーの回数、課題を解く時間などもデータとして収集・分析し、定型文の再考や支援システムの提案を行う予定である。

5 まとめと今後の予定

本研究ではプログラミング初学者を対象に、一般的な司会を支援する定型文とは異なる支援方法が必要で

^{†3} <https://techful-programming.com/>

はないか調査し、プログラミング協働学習における司会の支援方法の定型化を試みる。今後は、予備実験の結果を基に既存の定型文を分析し、分析結果を基にプログラミング協働学習でも活用できるように改善を行い、予備実験と同様の内容の比較実験を行う。また、提案システムは予備実験の結果を基に今後開発する。

参考文献

- [1] 阪東哲也, 黒田昌克, 福井昌則, 森山潤: 我が国の初等中等教育におけるプログラミング教育の制度化に関する批判的検討, (2017).
- [2] 胡方方: ピア・リーディング授業の話し合いにおける司会役の役割と存在意義, 一橋日本語教育研究, Vol. 6(2018), pp. 31–40.
- [3] 石毛弓, 合田美子, 半田純子, 山田政寛, ほか: CSCLのファシリテーションにおける定型メッセージの作成, 大手前大学 *CELL* 教育論集, Vol. 6(2016), pp. 1–10.
- [4] 石黒圭, 胡方方, 志賀玲子, 田中啓行, 布施悠子, 楊秀娥: どうすれば協働学習がうまくいくか: 失敗から学ぶピア・リーディング授業の科学, (*No Title*), (2018).
- [5] 文部科学省: 小学校プログラミング教育の手引 (第三版), 平成 30 年, Vol. 3(2020).
- [6] 大信田侑里, 古館昌伸, 高木正則, 山田敬三, 佐々木淳, ほか: グループ学習におけるファシリテータ支援システムの開発と評価, 第 77 回全国大会講演論文集, Vol. 2015, No. 1(2015), pp. 675–676.
- [7] 坂本旬: 「協働学習」とは何か, 生涯学習とキャリアデザイン, Vol. 5(2008), pp. 49–57.
- [8] 武田正則: ファシリテーション対応アクティブラーニング (FEAL) の授業設計 計画と評価の一貫性を高めるファシリテーションデザインマトリクス (FDM) による授業モデルの開発, 仙台高等専門学校広瀬キャンパス 教育研究紀要, Vol. 47(2017), pp. 1–29.
- [9] Wing, J. M.: Computational thinking, *Communications of the ACM*, Vol. 49, No. 3(2006), pp. 33–35.

表 1 学習ファシリテーションスキル 出典：武田 (2017)p.13

| 評価項目 | 要点 | 確認事項 |
|-------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 学場づくり | (a)目標(方向性) (b)目的 (c)プロセス (d)規範 (e)メンバー | <スキル>授業の事前準備, 段取りをする。 <目的>学習目的を明確にした課題を設定し, 事前通達による調べ学習を先行させる。 <作業>学生らの特徴を把握した上で, グループ編成をし, 学習プロセスをデザインする。 <求められる能力>学習プロセスを明確にし, 目的を明確にする準備作業になる。そのため, 教室の場の雰囲気良くし, 学生間の関係性を高め, 協働意欲を醸成するための段取り能力が求められる。 |
| 対人関係 | (a)傾聴(聴く力) (b)質問(尋ねる力) (c)復唱(応える力) | <スキル>学生が安心して発言できる場を提供する。 <目的>学生が自由に考えを表現できるような柔らかい主張法の支援, および規範(グラウンドルール)を作る。 <作業>学生から意見を引き出し, グループ意識と相互理解を深める。 <求められる能力>学生の話すことを真摯に受け止め, 的確な質問をする能力, 言外のメッセージを感知し, 要約と言い換えを駆使しながら, 意見を引き出す能力が求められる。 |
| 構造化 | (a)話の前提となる知識 (b)根拠(理由) (c)主張したい結論 | <スキル>議論をかみ合わせ, 整理する。 <目的>発散と収束の基本プロセスを弾力的に繰り返しながら, 論理的に解決策の方向を探る。 <作業>個人知は, 個人の体験により異なるため, 場を意識した意見調整が必要になる。 <求められる能力>要点を的確につかみ, 発言の意味を明確にし, 議論をかみ合わせ論点を整理する能力や場の状況に応じたアクティビティの選定能力が求められる。 |
| 合意形成 | (a)意見の整理 (b)結論への誘導 (c)対立の解決 (d)意見の相違の発見 (e)問題分析の再構築 | <スキル>対立を解消し, 受容と共感, 共感と同意を繰り返しながら意見をまとめる。 <目的>アクティビティを用いて, 議論を進め, ある程度の立案見通しが立ったら, 意見の調整をする。 <作業>実際に, 意見発散では雰囲気も良く, 話も弾むが, 就職する場合にはその立案責任も伴うためまとまらない場合が多い。このような時には, 意見の違いを確認し, 要求を見極めながら問題の再構築をする。 <求められる能力>目的, 視点, 立場の違いを乗り越え, 分かち合いながら, 同等な立場で話し合いの道が開けるようにすることや様々な決定法や測定法を習得し, 合意形成の判断材料とする能力が求められる。 |
| 情報共有化 | (a)議論の表現技術 (b)情報の整理力 (c)情報モラルの理解 | <スキル>議論の見せる化と拡大化をする。 <目的>得られた成果をまとめ, 情報として発信する。 <作業>得られた成果を図解チャートやフレームなどで表現し, 学びの場の拡大を図る。 <求められる能力>表現技術, およびリアルタイムで外部発信技術の習得, 情報モラルの理解力が求められる。 |

表 2 既存の定型文 出典：石毛 (2016)p.6

| カテゴリ | 議論の段階 | 指針 | 定型メッセージ |
|------|-------|-----------------------|--------------------------------------------------|
| 環境 | なし | 発言への不安感の解消 | 「自分の考えを自由に話しましょう。間違えても大丈夫です」 |
| 環境 | なし | 発言への遠慮の解消 | 「遠慮なくあなたの意見をかせてください」 |
| 環境 | なし | 発言量の少ない参加者への喚起 | 「まだ意見を出していない人はいませんか？」 |
| 環境 | なし | 発言量が過度に多い参加者への喚起 | 「発言にかたよりはいいでしょうか？」 |
| 環境 | なし | 発言者の固定化の防止 | 「一人ずつ順番に意見を言ってみましょう」 |
| 感情 | なし | 過度に感情的な状態への注意(個人) | 「感情的になっていませんか？」 |
| 感情 | なし | 過度に感情的な状態への注意(グループ) | 「冷静になって、現在の問題点を確認しましょう」 |
| 感情 | なし | 感情的な行き違いの客観視 | 「どうすればいいかを、みんなで話し合いましょう」 |
| 発言 | なし | 全般的な発言のうながし | 「意見を出しましょう」 |
| 発言 | なし | メンバーの意見への発言のうながし | 「これまでの発言について、なにかコメントはありますか？」 |
| 質問 | なし | 質問のうながし | 「わからないことがあれば、気がねせずに訊き合いませんか？」 |
| 示唆 | なし | 論点のズレ・雑談の方向修正 | 「論点が逸れていませんか？」 |
| 評価 | なし | ポイントな評価 | 「とてもいいですね」 |
| 発言 | 初盤 | 問題点の共有(個人) | 「テーマについて、あなたの考えを自由に話しましょう」 |
| 議論 | 初盤 | 問題点の共有(グループ) | 「なにが論点になっているのかを話し合いませんか？」 |
| 発言 | 中盤 | ブレインストーミング | 「発想を柔軟にして、自由にアイデアを出し合いませんか？」 |
| 示唆 | 中盤 | 論点の整理(理解をとまらう議論のうながし) | 「議論が平行線をたどっているようです。おたがいの意見の理由や論拠を確認してみましょう」 |
| 発言 | 中盤～終盤 | 意見・立場の明確化 | 「賛成ですか？ 反対ですか？」 |
| 発言 | 中盤～終盤 | 客観的視点のうながし | 「論拠や理由を示しましょう」 |
| 議論 | 中盤～終盤 | 論点の分析(妥当性) | 「その案が妥当かどうかをよく検討しましょう」 |
| 議論 | 中盤～終盤 | 論点の分析(合意) | 「どの点で意見が一致するのかについて、理由を交えてよく話し合いましょう」 |
| 議論 | 中盤～終盤 | 論点の分析(メリット・デメリット) | 「その案のメリットとデメリットを挙げてみましょう」 |
| 議論 | 中盤～終盤 | 論点の整理(合意) | 「合意できている点とできていない点を確認しましょう」 |
| 議論 | 中盤～終盤 | 安易な合意形成の防止 | 「グループの意見をまとめるときは、多数決よりも論拠や理由に同意できるかどうかを話し合いましょう」 |
| 反論 | 中盤～終盤 | 論点の分析(反論) | 「その案にどんな反論が考えられますか？」 |
| 示唆 | 中盤～終盤 | 誤解の訂正 | 「行き違いがあるようであれば、元の論点を思い出しましょう」 |
| 環境 | 終盤 | 意見が十分に反映されているかを確認 | 「その案に、メンバー全員がほんとうに満足していますか？」 |
| 要約 | 終盤 | 要約 | 「これまでの議論をまとめましょう」 |