

数学学習における振り返りの質を高めるプロンプトを実装したチャットボットの開発と評価

佐藤優輝¹ 高木正則² 市川尚² 森本康彦³

概要: 近年、複雑で変化の激しい社会の中で「資質・能力」の3つの柱「知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力・人間性等」をバランス良く育成していくことが重要であるとされている。また、高等学校の学習指導要領では、学習したことを振り返る活動を、授業に計画的に取り入れるように工夫することが重要であると示されている。著者らの大学では、数学リメディアル科目を反転授業形式で実施し、授業の始めと終わりに確認テストを行っており、確認テスト後には振り返りを記入させている。本研究では、2018年度前期と後期に記入された振り返り1,611件を分析した。その結果、確認テスト後の振り返りの質が学習者の理解度の向上に関係があることが示唆された。また、数学学習の振り返りの質の向上を目的としたプロンプト（望ましい行動を引き出すための問いかけ）を設計し、設計したプロンプトを実装したチャットボットを開発した。2021年度前期の授業で開発したチャットボットを利用して振り返りをさせた結果、振り返りの質が高まったことが示された。

キーワード: 数学学習, 振り返り, プロンプト, チャットボット

Design and Evaluation of a Chatbot-Prompt System to Improve the Quality of Reflection in Mathematics Learning

YUKI SATO^{†1} MASANORI TAKAGI^{†2} HISASHI ICHIKAWA^{†2} YASUHIKO MORIMOTO^{†3}

Abstract: In today's complex and rapidly changing society, it has become important to develop the three competencies of knowledge and skills; the ability to think, judge, and express oneself; and the ability to learn and to understand human nature. In addition, the Courses of Study for Senior High School in Japan state that the importance of systematically incorporating activities that allow students to reflect on what they have learned in the classroom. At our university, the mathematics remedial course is offered in a flipped-classroom format and confirmation tests are given at the beginning and end of the each class. Moreover, students are required to fill out a reflection form after each confirmation test. In this study, we analyzed 1,611 reflections from the first and second semester of 2018, and the results suggested that the quality of the reflections was related to improvements in the learners' understanding of the material. In addition, we designed prompts (questions to elicit desired behaviors) to improve the quality of reflections on mathematics learning. We also developed a chatbot to present the prompts and used it in the classroom in the first semester of 2021. We found that the quality of the learners' reflections was improved by using the chatbot-prompt system.

Keywords: Mathematics, Reflection, Prompt, Chatbot

1. はじめに

中央教育審議会による答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」[1]では、複雑で変化の激しい社会の中で資質・能力の3つの柱（「学びに向かう力・人間性等」「知識・技能」「思考力・判断力・表現力」）をバランスよく育成していくことが重要であるとされている。また、高等学校の学習指導要領[2]では、「生徒が学習の見通しを立てたり学習したことを振り返ったりする活動を、計画的に取り入れるように工夫すること」が示されており、事後に

振り返ることで学習内容の確実な定着が図られ、資質・能力の育成に資することが指摘されている。

岩手県立大学ソフトウェア情報学部では、1年次に開講されている専門基礎科目「情報基礎数学」を反転授業形式で実施している[3]。この科目の授業では、始めと終わりに確認テストを実施しており、確認テスト後には振り返りを記入させている。本研究では、まず、2018年度に情報基礎数学で記入された振り返り1,611件を分析し、確認テスト後の振り返りの質と学習者の理解度向上の関係性を考察した。また、数学学習の振り返りの質の向上を目的としたプロンプト（望ましい行動を引き出すための問いかけ）を設計し、設計したプロンプトを実装したチャットボットを開発した。さらに、2021年度前期の授業でチャットボットを利用した結果を分析し、プロンプトを実装したチャットボットの有効性を評価した。

¹ 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科
Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

² 岩手県立大学
Iwate Prefectural University

³ 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University

2. 関連研究

2.1 振り返りと学習効果に関する研究

飯塚[4]は、算数科の授業において授業の終末に授業のめあてに即した振り返りを記入させ、振り返りと学習意欲に及ぼす影響について分析し、授業のめあてに即した振り返りができた児童ほど高い学習意欲を示す可能性が示唆された。太目ら[5]は、eポートフォリオを活用した授業においてストーリー・ポートフォリオの作成が学習プロセスの振り返りに与える影響について分析し、ストーリー・ポートフォリオの作成によって学習者の学びの気づきや状況を想起させ、何をどう変容し成長したのかの振り返りを促進させる効果があると示唆された。石原ら[6]は、社会科のレポート課題においてフィードバックと振り返りが認知欲求に及ぼす影響について分析し、フィードバックをした振り返りの方がフィードバックをしなかった振り返りと比べて認知欲求が高まることが確認された。

上述のように、振り返りが及ぼす学習効果について様々な研究が行われているが、本研究は反転授業における確認テスト後の振り返りと学習効果の関連性を分析した点に新規性がある。

2.2 対話エージェントによる学習支援に関する研究

田中ら[7]は、課題解決型学習やプロジェクト学習で広く、深く経験学習を振り返るためのヒントや手がかりを提示することを目的としたプロンプトを設計し、設計したプロンプトをチャットボットに実装した。小菅ら[8]は、eラーニング教材や予習の学習内容で理解が不十分であると感じた箇所を対話形式で回答させ、関連する補足説明動画を提示するチャットボットを開発した。上原ら[9]は、問題演習における学びの振り返り支援を目的とした対話型ロボットを用いた学びの振り返り支援アプリケーションを開発した。八坂ら[10]は、講義や演習における疑問に関して、「いつでも」「すぐに」「気軽に」質問できるチャットボットを開発した。

上述の研究と本研究では、チャットボットの利用目的が異なっている。本研究では確認テスト後の振り返りの質向上を目的として、チャットボットを利用した点が異なる。

3. リサーチクエスト

本研究では、数学学習における振り返りの質の向上にあたり、以下の2つのリサーチクエストを設定した。

- (1) 確認テスト後の振り返りの質は理解度の向上に影響を与えるのか？
- (2) 振り返り時のプロンプトによって振り返りの質が変化するのか？

課題1については、「振り返りの質が高い学習者ほど授業の理解度が向上する」と仮説を立て、仮説検証を行う(4章)。また、課題2については、振り返りの質を高めるプロンプトを独自に設計し、設計したプロンプトを実装したチ

表 1 情報基礎数学の概要

科目名	学習範囲	履修者数
数学 C	命題論理・集合、ベクトル、行列	57名
数学 B	順列、組み合わせ、確率、統計	58名

表 2 授業の流れ

時間	概要
10分	事前テスト
5分	事前テストの採点・解説、 事前テストの振り返り
5分	前回授業のアンケートへのフィードバック
50分	発展課題 (応用問題または作問学習)
10分	事後テスト
5分	事後テストの採点・解説、 事後テストの振り返り
5分	授業アンケート

図 1 振り返りシートの画面例

ャットボットを開発した。また、開発したチャットボットを実際の授業で利用して振り返りをしてもらい、振り返りの質の変化を分析する(5, 6章)。

4. 仮説検証

「振り返りの質が高い学習者ほど授業の理解度が向上する」と仮説を立て、仮説検証[11]を行った。仮説検証は、本学ソフトウェア情報学部1年次を対象に、2018年度前期に開講された専門基礎科目「情報基礎数学 C」(以下、数学 C)と、2018年度後期に開講された専門基礎科目「情報基礎数学 B」(以下、数学 B)で記入された振り返りを対象として実施した。

4.1 科目概要

数学 C・B は数学リメディアル科目として開講されており、入学直後に実施されるプレースメントテストで合格点に達しなかった学生が履修する必修科目である。数学 C・B の概要を表 1、授業の流れを表 2 に示す。情報基礎数学は、反転授業形式で講義を行っており、履修者は授業前に eラーニング教材[12]を活用して事前学習(予習)を行う。授業中は、最初と最後に確認テスト(事前・事後テスト)を行い、振り返りは確認テスト直後にそれぞれ行う。

表 3 2018 年度数学 C の振り返り件数

授業回	学習単元	事前 振り返り	事後 振り返り
第 2 回	命題論理・ 集合	57 件	56 件
第 5 回	ベクトル	56 件	55 件
第 6 回	ベクトル	55 件	54 件
第 7 回	ベクトル	54 件	54 件
第 8 回	ベクトル	52 件	53 件
第 9 回	ベクトル	52 件	52 件
第 11 回	行列	53 件	53 件
第 12 回	行列	56 件	55 件
合計		867 件	

表 4 2018 年度数学 B の振り返り件数

授業回	学習単元	事前 振り返り	事後 振り返り
第 2 回	順列	47 件	45 件
第 3 回	順列	44 件	44 件
第 5 回	組み合わせ	41 件	39 件
第 6 回	組み合わせ	45 件	47 件
第 8 回	確率	39 件	38 件
第 9 回	確率	36 件	36 件
第 10 回	確率	42 件	43 件
第 12 回	統計	41 件	37 件
第 13 回	統計	39 件	41 件
合計		744 件	

表 5 振り返りの質の評価基準

第 1 段階	数学の学習内容についての記述がない
	1-A (学習への感想をしている記述) 主に、「満点だった」「難しかった」「忘れた」などの簡素な記述がある
	1-B (計算間違いに関する記述) 主に、「計算ミスがあった」「ケアレスミス」などの記述がある
第 2 段階	1-C (学習時間に関する記述) 主に、「時間が足りなかった」「勉強不足」などの記述がある
	数学の学習内容についての具体的な記述がなく、抽象的な記述がある
	2-A (できたこと、できなかったことに関する記述) 主に、「基礎の理解ができた」「理解が足りなかった」などの記述がある
第 3 段階	2-B (予習の学習内容で良かったこと、悪かったことに関する記述) 主に、「～が良かった」「～が悪かった」などの記述がある
	数学の学習内容について具体的な記述がある
	3-A (確認テストを振り返る記述) 主に、「～したい」といった、今後の学習に向けての記述がある
第 4 段階	3-B (予習の学習を振り返る記述) 主に、予習の学習と結びつけた振り返りがされている記述がある
	自らの学びを振り返り、学習内容と結びつけた今後の学習に向けた記述がある 主に、予習・確認テストの学習内容・結果を踏まえ、学習者自身が今後どんな学習を行うべきか記述がある

4.2 振り返りシートの記録方法

2018 年度の数学 C・B では Moodle を利用していたことから、Moodle プラグインとして開発した振り返りシート [13] を利用して振り返りの内容を記入させていた。振り返りシートの画面例を図 1、数学 C・B で振り返りシートに記入された各授業回の振り返り件数を表 3, 4 に示す。数学 C では合計 867 件、数学 B では合計 744 件の振り返りが記入されていた。

4.3 振り返りの質の評価基準

分析の準備として、澤里らが作成した「記述内容のカテゴリの分類」[14]と小池らが作成した「細分化した学習感想の指導の 4 段階」[15]を参考に、情報基礎数学の確認テスト後の振り返りの質を評価する 4 つの基準を独自に開発した。開発した振り返りの質の評価基準を表 5 に示す。

表 5 の基準を基に、数学 C・B で振り返りシートに記入された振り返りを筆者らで手作業により 4 段階に分類した。各振り返りの段階における記入例を表 6、振り返りの分類結果を図 2 に示す。分類した結果、第 2 段階（数学の学習内容についての具体的な記述がなく、抽象的な言葉が多い）に分類された振り返りが最も多く、第 4 段階（自らの学びを振り返り、学習内容と結びつけた今後の学習に向けた記述がある）に分類される振り返りが最も少ない結果となった。

表 6 振り返り記述例

振り返りの段階	振り返りの記述内容	
第1段階	1-A	満点, ヤマがあたった
	1-B	うっかりミス, 細かいミス
	1-C	勉強時間が短かった, 学習時間が少なかった
第2段階	2-A	解き方はすべて理解できた, 座標を求める問題ができなかった
	2-B	さいころの問題を解けて良かった, ヒントに頼った学習が悪かった
第3段階	3-A	予習の際に調べてもわからなかった点が出てきたので事後までには理解したい
	3-B	二点間の距離を求める問題で他の問題と解き方を混同してしまったのでしっかり確認
第4段階	4	予習で行列の計算方法を理解することができた. しかし, 事前テストで行列の積でかける値をミスしてしまったので気を付けて解いていきたい

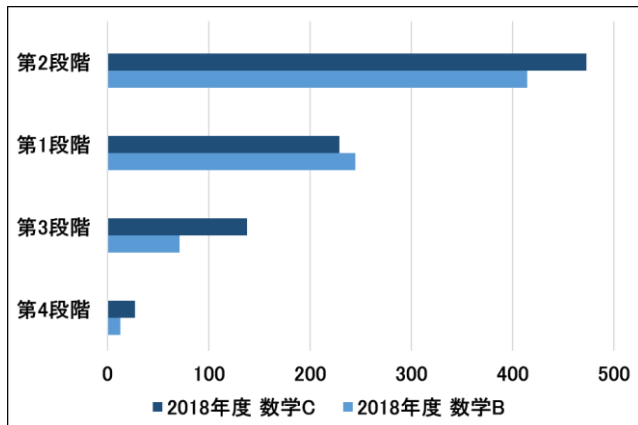


図 2 各段階の振り返り件数

表 7 振り返りの質の得点表

振り返りの質	得点	得点を付けた理由
第1段階	0.5点	学習の改善には直接的に結び付かないが, 現状を把握できているため(振り返りは記載されているので第1段階の半分の得点)
第2段階	1点	理解度向上に結び付く最低限の記述があるため(最低限の振り返りで1点)
第3段階	2.5点	振り返りに記載された内容を実行することで理解度向上が期待できると考えられるため(第4段階の半分の得点)
第4段階	5点	第3段階の3-Aと3-B両方の振り返りが記入された段階が第4段階のため(第3段階の2倍の得点)

4.4 振り返りの質の点数

振り返りの質を定量的に評価するために, 振り返りの質の各段階に得点を設定し, 学生が記入したそれぞれの振り返りを得点化した. 振り返りの質の各段階の得点とその理由を表7に示す. 最も振り返りの質が高い第4段階は, 記入できている学生が少ないことから他の振り返りの質よりも高い点数で設定した.

4.5 振り返りの質の分類結果

振り返りシートに入力された振り返りを, 表5の評価基準に従って4つの段階に分類し, 振り返りの質の得点表を用いて得点を付けた. また, 各学生の振り返りの得点の合

表 8 振り返りの質の合計点の代表値

	数学C	数学B
最高点	63.8	74.3
最低点	11.9	12.1
平均点	24.5	23.6
標準偏差	9.56	15.81

表 9 プレースメントテストと期末試験の得点の差分と授業回すべての振り返りの質の合計点との相関

	数学C	数学B
差分の最大値	85	60
差分の最低値	0	20
差分の平均値	40.9	39.6
差分の標準偏差	18.1	13.1
差分と振り返りの質の合計点との相関係数	0.418	0.364

計点を求めた. 「理解度の向上」については, プレースメントテストと期末試験の得点の差分を用いた. 対象となる学生は, 振り返りが実施された授業回全てで振り返りを記入した学生(数学C: 39名, 数学B: 12名)とした. 各学生の振り返りの質の合計点の代表値を表8, プレースメントテストと期末試験の得点の差分と授業回すべての振り返りの質の合計点との相関を表9に示す. 表8から, 平均点では数学C・Bともに大きな差は見られなかったが, 標準偏差では数学Bの方が大きい散らばりとなった. 数学Bは, 一年後期の科目のため, 「自分でうまく振り返りができるようになった学生」と「惰性で振り返っている学生」との差が広がったと考えられる. 表9から, 数学Bでは弱い正の相関, 数学Cでは中程度の正の相関が確認され, 授業内容を理解する上で, 確認テスト後の振り返りの質が理解度向上に関係があることが示唆された.

5. プロンプトの設計とチャットボットの開発

5.1 プロンプトの設計

プロンプトの設計にあたり, 本研究では振り返りの質の第4段階(自らの学びを振り返り, 予習・確認テストの学習内容・結果と結びつける)の振り返りを促すことができるプロンプトを設計する.

表 10 事前テスト直後のプロンプト

Q1.事前テストに向けて予習で何を学びましたか？（自由記述） Q2.予習で学んだことを事前テストで活かすことができましたか？（はい・いいえ） ----- Q2 で「はい」と回答した場合 Q3.予習で学んだことを活かすことができたのは何が良かったと思いますか？具体的に書いてみて下さい。（自由記述） Q4.次回も予習で学んだことを活かすためにはどうしたら良いと思いますか？（自由記述） ----- Q2 で「いいえ」と回答した場合 Q3.予習で学んだことを活かせなかったのはどうしてだと思いますか？具体的に書いてみて下さい。（自由記述） Q4.事後テストに向けて何をしたら良いと思いますか？（自由記述）

表 11 事後テスト直後のプロンプト

Q1.事後テストに向けて授業中に何を学びましたか？（自由記述） Q2.授業中に学んだこと、予習で学んだことを事後テストに活かすことができましたか？（はい・いいえ） ----- Q2 で「はい」と回答した場合 Q3.学んだことを事後テストに活かせたのは何が良かったと思いますか？予習・授業内で学習したことを踏まえて具体的に書いてみて下さい。（自由記述） Q4.次回の授業に向けて何をしたら良いと思いますか？（自由記述） ----- Q2 で「いいえ」と回答した場合 Q3. 学んだことを事後テストに活かせなかったのは何が悪かったと思いますか？予習・授業内で学習したことを踏まえて具体的に書いてみて下さい。（自由記述） Q4. 次回の授業に向けて予習で改善すべきことは何ですか？（自由記述）
--

佐藤[16]は、認知心理学の観点から、説明と振り返りの現状と課題について検討した中で「自分の学習を振り返り、何が分かったのか、何が分からないのか、何に気づいたのか、次に何をすべきか等と自らの学習状況を捉えることを可能にするのはメタ認知の働きである」と主張している。田中ら[7]は、広く、深く経験学習を振り返るためのヒントや手がかりとして「経験学習」「関連知識・経験」「将来ありたい姿」の3つの要素に分け、プロンプトを設計した。

上述の研究は、第4段階の振り返りを促すプロンプトの設計にあたり、参考にした。本研究で設計したプロンプトを表10, 11に示す。事前・事後テスト直後の振り返りとして2つのプロンプトを設計した。Q1, Q2では、学習者が予習や授業内で学習したことが理解できていたのかを確認する段階、Q3では、理解状況を踏まえて予習や授業内での学習の何が良かったのか、悪かったのかを振り返る段階、Q4では、今までの振り返りを踏まえて今後学習者が何をしたら良いのか振り返る段階である。

5.2 チャットボットの開発

本システムの概要図を図3、チャットボットの振り返り画面を図4に示す。本システムでは、学習者と自動で対話を行うチャットボットを採用した。システムと学習者の対話により、段階的に振り返りを行ってもらい、振り返りの質の向上を試みる。本システムは2020年度岩手県立大学ソ

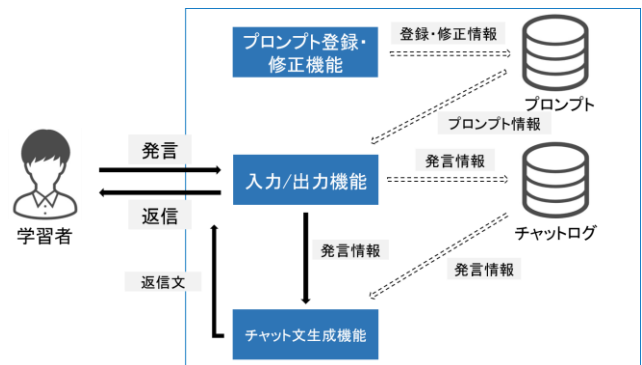


図 3 システム概要図



図 4 プロンプトを実装したチャットボットの画面

表 12 2018 年度数学 C・B と 2021 年度数学 C の
 振り返り概要

	2018 年度		2021 年度
科目	数学 C	数学 B	数学 C
振り返りの 実施方法	moodle		チャットボット
問いかけ内容	図 1 参照		表 10, 11 参照
振り返り件数	867 件	744 件	1,045 件
履修者	57 名	58 名	74 名

表 13 2021 年度数学 C の振り返り件数

授業回	学習単元	事前 振り返り	事後 振り返り
第 2 回	命題論理・ 集合	72 件	71 件
第 4 回	ベクトル	71 件	73 件
第 5 回	ベクトル	74 件	未実施
第 6 回	ベクトル	70 件	69 件
第 7 回	ベクトル	67 件	68 件
第 8 回	ベクトル	73 件	70 件
第 11 回	行列	68 件	68 件
第 12 回	行列	67 件	64 件
合計		1045 件	

ソフトウェア情報学部で開講された情報基礎数学で利用されたチャットボット[8]にプロンプト登録・修正機能を新たに追加したシステムとなっている。プロンプト登録・修正機能では、登録したプロンプトの回答方法を選択肢（ドロップダウン、ボタン）と自由記述で回答できる。また、一度登録したプロンプトの修正や削除も可能である。

6. プロンプトの評価

6.1 評価の概要

本研究では、設計したプロンプトが振り返りの質向上に有効であったかを評価するために、2018 年度前期・後期に岩手県立大学ソフトウェア情報学部で開講された数学 C・B と 2021 年度前期に岩手県立大学ソフトウェア情報学部で開講された数学 C の授業中に記入された振り返りの質を比較する、各科目の振り返りの方法と振り返りの件数等を表 12 に示す。

2021 年度前期に岩手県立大学ソフトウェア情報学部で開講された数学 C の授業中にチャットボットを利用した。数学 C で記入された各授業回の振り返り件数を表 13 に示す。第 5 回授業の事後テスト後の振り返りはシステムの不具合により、振り返りを記入してもらえなかった。数学 C では、合計 1,045 件の振り返りが記入された。

6.2 評価

2021 年度数学 C で記入された振り返り 1,045 件を表 5 の振り返りの基準を用いて、著者らが手作業により分類した。分類の際は設計したプロンプトが 4 つの質問に分かれているので、4 つの質問で記入された振り返り内容を総合的に

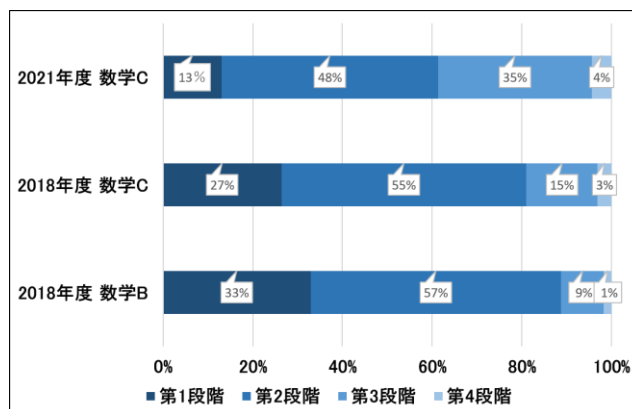


図 5 2018 年度数学 C・B と 2021 年度数学 C の
 振り返りの質の比較

表 14 2018 年度数学 C・B と 2021 年度数学 C の
 振り返りの質の合計点の代表値の比較

	2018 年度		2021 年度
科目	数学 C	数学 B	数学 C
最高点 (100 点満点換算)	63.8	74.3	73.3
最低点	11.9	12.1	13.3
平均点	24.5	23.6	37.5
標準偏差	9.56	15.81	11.63

見て分類した。2021 年度数学 C の分類結果分と 2018 年度数学 C・B の分類結果を図 5 に示す。図 5 から、Moodle のプラグインを利用して振り返りを記入させた 2018 年度では、第 3 段階以上の振り返りを記入できているのは約 2 割であったのに対し、チャットボットを利用して振り返りを記入させた 2021 年度では、第 3 段階以上の振り返りを記入できていたのは約 4 割となっており、2018 年度に比べて第 3 段階以上の振り返りを約 2 倍促すことができていた。次に振り返りの質の合計点の代表値を表 14 に示す。2018 年度と 2021 年度ともに最高点、最低点、標準偏差に大きな変化はなかったが、平均点では 2018 年度に比べ 10 点以上振り返りの質の得点が上がった。この結果が統計的に有意であったかを確認するために、有意水準 5% で対応のない t 検定（両側）を行った。その結果、2021 年度数学 C と 2018 年度数学 C ($t(83)=5.48, p<.01$)、2021 年度数学 C と 2018 年度数学 B ($t(56)=3.33, p<.01$) であり、2018 年度と 2021 年度の振り返りの質の平均値の差は有意であることが分かった。また、2018 年度数学 C と 2018 年度数学 B の振り返りの質の平均値も有意水準 5% で対応のない t 検定（両側）を行った。その結果、 $t(49)=0.23, p<.81$ であり、2018 年度の振り返りの質の平均値の差については有意差はなかった。以上より、2018 年度 Moodle のプラグインを利用して振り返りを記入させた振り返りから 2021 年度新たに設計したプロンプトを実装したチャットボットを利用した振り返り

表 15 アンケート項目

	質問内容
質問 1	振り返り内容はわかりやすかったですか？
質問 2	振り返りを通して学習の理解状況を把握することができましたか？
質問 3	振り返りは次の学習の役に立ちましたか？
質問 4	振り返りをする事で何か気づきがありましたか？
質問 5	振り返りを今後も続けていきたいと思いましたが？

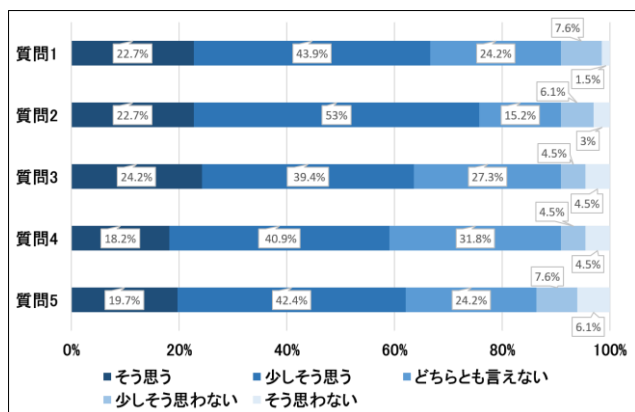


図 6 アンケート結果

の方が振り返りの質が向上したことが確認できた。

6.3 プロンプトに関するアンケート

2021 年度数学 C の第 15 回目授業時に、本プロンプトに関するアンケートを行った。このアンケートの回答者数は 66 名であった。アンケートの質問項目を表 15、アンケート結果を図 6 に示す。どの質問も約 6 割の学生が肯定的な意見（そう思う、少しそう思う）を回答した。特に、質問 2 では 7 割以上の学生が肯定的に回答しており、本プロンプトによる振り返りで自身の学習状況を把握できていたことが推察される。一方、質問 4 では唯一否定的意見（どちらとも言えない、少しそう思わない、そう思わない）が 4 割を超える結果となった。本プロンプトでは気づきにつながるような振り返りは少し促しにくいプロンプトであることが分かった。本プロンプト設計時に「経験学習」を参考にしているため学習者が経験を通して（予習や確認テストの結果等）何を学んだのか振り返りをさせるようにしてある。今後は、学習者に気づきを与えるような振り返りを促せるようにし、振り返りの質を高めてきたい。

7. おわりに

本研究では、数学学習における振り返りの質の向上を目的としたプロンプトを設計し、設計したプロンプトを実装したチャットボットを開発した。開発したチャットボットを実際の授業で利用して振り返りをさせた結果、振り返りシートを利用して振り返りをさせていた 2018 年度の振り

返りと比べて、振り返りの質が向上していたことが示唆された。今後は、記入された振り返りの質を機械学習により自動的に分析し、振り返りの質を高めるプロンプトを動的に提示できる機能を開発し、個別最適な学びの支援につなげていきたいと考えている。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K02747 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 文部科学省 中央教育審議会、幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）、2016、p.28-31
- [2] 文部科学省：高等学校学習指導要領（平成 30 年告示）解説 総則編、https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1407074.htm、(参照 2021-11-03)。
- [3] 高木正則：数学リメディアル教育における反転授業の実践と評価、情報処理学会研究会報告コンピュータと教育（CE）、Vol.2015-CE-131, No.14, pp.1-6, 2015
- [4] 飯塚佳乃：授業のめあてに即した振り返りが児童の学習意欲や学習内容の理解に及ぼす影響、日本教育工学会論文誌, 41(Suppl), 081-084, 2017
- [5] 太目弘樹、森本康彦、丸山浩平、北澤武、宮寺庸造：ストーリー・ポートフォリオ作成が学習プロセスの振り返りに与える影響、日本教育工学会論文誌, 41(Suppl), 193-196, 2017
- [6] 石原浩一、泰山裕：フィードバックと振り返りが学習者の認知欲求に及ぼす影響の検討、日本教育工学会論文誌, 41(1), 105-113, 2020
- [7] 田中洋一、宮崎誠、森本康彦、山川修：AI チャットボットを活用した振り返り支援の設計、教育システム情報学会研究報告, Vol34, No.6, pp.193-197(2020)
- [8] 小菅李音、高木正則、市川尚：チャットボットと個別指導を併用した数学教育における理解困難箇所の学習支援の実践と評価、情報教育シンポジウム, pp.31-38, 2020 年 12 月
- [9] 上原拓馬、高村浩輝、森本康彦：問題演習における対話型ロボットを用いた学びの振り返り支援アプリケーションの開発、第 46 回教育システム情報学会全国大会, F4-1, 2021
- [10] 八坂亮祐、小田まり子、呉濟元：講義・演習における疑問を自己解決するための AI チャットボット, F4-4, 2021
- [11] 佐藤優輝、高木正則、市川尚：数学教育における振り返りの質と理解度向上度合の分析、情報処理学会第 82 回全国大会, 6ZH-08, 2020
- [12] 大学 e ラーニング協議会：共通基盤教育システム、<https://solomon.ucla.cloud/CIST-Shiva/Index?1>、(参照 2021-11-03)
- [13] 手塚祐樹、高木正則、佐々木淳、山田敬三、澤里耕太郎、森本康彦：理解度向上と学習方略の改善を促す振り返り支援システムの提案・開発、情報教育シンポジウム, pp.43-50, 2017 年 8 月
- [14] 澤里耕太郎、高木正則、山田敬三、佐々木淳：学習ログの可視化と自己評価・相互評価による振り返り支援システムの提案、第 78 回情報処理学会全国大会, 4ZA-06, 2016
- [15] 小池克行、霞英樹、佐々木祐哉、石川和広、松沢要一、岩崎浩：生徒による振り返りを視点とした授業改善への実践的アプローチ-生徒の学習感想を分析する枠組みの開発とその実践的検討-、上越教育大学教職大学院研究紀要, Vol. 3, pp.103-110, 2015
- [16] 佐藤浩一：諸学校算数科における「説明」と「振り返り」-認知心理学からの検討-、群馬大学教育実践研究, 第 33 号, 133~147 頁, 2016