

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

小菅李音¹ 高木正則¹ 市川尚¹

概要：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行っている。この科目では、授業の最初に著者らが開発したチャットボットを利用し、予習で利用したeラーニング教材や予習の学習内容について、学生自身が理解の足りていないと考えている箇所を対話形式で回答させている。これまでの実践において、理解不足箇所の抽出が不十分であるものの、抽出した理解不足箇所に対してシステムと人による支援を混せて学習支援を行うことで学生の理解度向上に繋がることが示唆されている。本研究では、反転授業における学生の理解度の向上を目的とし、チャットボットを利用した数学のつまづき箇所の理解を支援する学習支援システムの改善を行った。また、2020年度前期に本学で実施された数学リメディアル科目において、オンライン授業下と対面授業下で本システムの利用実験を行った。システム評価の結果、本システムにより学習者の理解不足箇所に応じた学習支援を素早く行うことが可能となり、学生の理解度を深めることに繋がることが示唆された。

キーワード：チャットボット、学習支援、振り返り、オンライン授業

Practice and Evaluation of Learning Support for Understanding Difficult Contents in Mathematics Using a Chatbot and Individual Coaching

RIO KOSUGA¹ MASANORI TAKAGI² HISASHI ICHIKAWA²

Abstract: Our university offer mathematics remedial courses by flipped classes. A chatbot developed by the authors is used at the beginning of the class in this course. We asked students to respond interactively to the learning contents that they did not understand enough in e-learning materials used in the preparation lessons by using the chatbot. In the practice so far, it was not enough to extract the parts that were not fully understood, but it is suggested that the combined support of the system and humans will lead to the improvement of students understanding. In this study, we improved a learning support system that uses chatbot in order to improve students understanding in flipped classrooms. In addition, in the mathematics remedial course conducted at our university in the first half of 2020, we conducted an experiment using this system under online and face-to-face classes. As a result of using this system in the courses in the first semester of 2020, we showed the system enabled a teacher, teaching assistants, and student assistants to quickly provide learning support based on their response to it, and it is suggested that it would lead to deepening students understanding.

Keywords: Chatbot, Learning Support, Reflection, Online Lessons

1. はじめに

近年、インターネット上で、大学の講義を無料で受講できるMOOC (Massive Open Online Course) が注目を集めている。また、講義映像を利用した反転授業の実践も広がっている[1]。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である「情報基礎数学」において、反転授業形式で講義を行っている[2]。この科目では、毎回の授業の初めに著者らが開発したチャットボットを利用し、予習で利用するeラーニング教材や予習の学習内容について、学生自身が理解の足りていないと考えている箇所を対話形式で回答させている[3]。これまでの実践では、学習者の理解不足箇所の特定が不十分であるものの、特定した理解不足箇所に対してシステムと人(教員またはTA, SA)による支援を混せて学習支援を行う場合に有効であると示唆されている。本研究では、反転授業における学生の理解度を深めることを目的とし、チャットボ

ットとの対話を通して予習の学習内容を振り返り、理解不足箇所の特定とその理解を支援する学習支援システムをこれまでの実践結果をふまえて改善した。また、2020年度前期に本学で実施された情報基礎数学Cの授業において本システムの利用実験を行い、本システムの有効性を評価した。特に、本学では、本年度前期の約半分の講義がオンライン授業で実施されたため、オンライン授業下と対面授業下における実践結果を比較しながら本システムの有効性を評価した。

2. 関連研究

渥美ら[4]は、オープンチャットとロボットの連携による演習授業支援のためのティーチングアシスタント(TA)との協同システムSOTAROを開発・運営している。このシステムは、本研究と支援対象は異なるが、チャットボットによる自動応答の判定や応答の学習と推論を行っており、本研究において応用できると考えた。

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

甲斐ら[5]は、日常生活における言語使用についてのリフレクションを促すための対話型入力ツールである「REFLECTION-BOT」を提案した。このシステムでは、留学生を対象にした日本語学習の振り返りをチャットボットで実施している。本研究の学習支援方法は異なるが、システムにより振り返り活動の質向上に寄与する可能性があることが示唆されており、本研究に類似している。

3. システムの概要

図1に本研究で提案するシステムの概要図を示す。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、学習者に反転授業における予習内容の振り返りを行ってもらい、理解不足箇所の抽出を試みる。学習者は本システムのチャット画面で、システムから投げかけられる問いに対して、提示された選択肢を選択したり、自由記述で回答したりすることで対話を進められるようにした。

チャットボットとの対話において、学習者の入力に対する返答文を生成したり、対話中の発言内容から理解不足箇所を抽出したりするために、この授業の予習用の教材として利用しているeラーニング教材[6]の教科書情報に基づいて独自に作成した数学の知識マップを利用する。また、本システムでは、学習者との対話中に抽出した理解不足箇所に応じて対話の流れを変化させる。具体的には、抽出した理解不足箇所について解説している教材（科目担当教員が独自に制作した解説動画等）がDB上に登録されている場合、チャット上で該当の教材を送信し学習者に閲覧を促す。解説している教材がない場合や、送信した教材の閲覧のみでは理解できなかった学生には、授業中に TA(Teaching Assistant), SA(Student Assistant), 教員が対象学生に個別対応を行う。TA, SA, 教員は学生のチャットログをシステム上から確認でき、その内容に基づいて個別対応の内容を決定する。

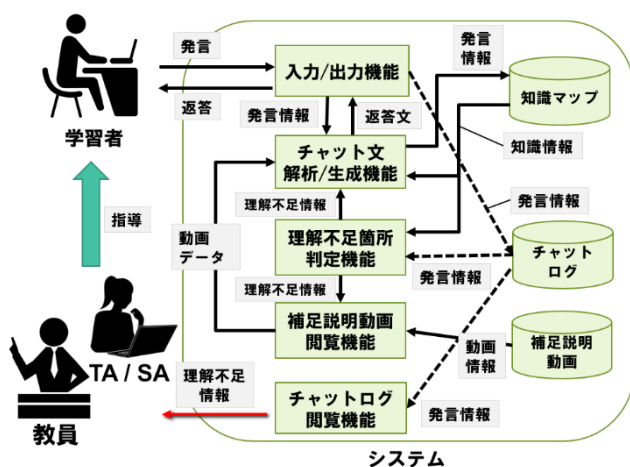


図1 システム概要図

4. システムの設計と開発

4.1 数学の知識マップの作成

予習で利用しているeラーニング教材[6]上の教科書を分析し、数学の知識マップを作成した。例として、図2にeラーニングの教科書情報、図3に実際に作成した知識マップ（単元名：組み合わせ）のイメージ図を示す。表1に本研究で開発した情報基礎数学Bと情報基礎数学Cの知識マップの概要を示す。知識マップは知識をノードで表現し、前提知識かどうかをリンクで管理している。

知識マップの作成にあたり、まず、教科書の内容をそれぞれ確認し、単元ごとにキーワードを抽出した。次に、前提知識の関係にあるキーワード間を紐付けて作成した。図3の例では、一番上のノードである「組み合わせの意味」がこの教科書で一番初めに習得する前提知識だと考えた。その下に繋がるノードは、上のノードの内容を習得してから学習すべき内容だと考えて紐付けを行った。知識マップはリレーショナルデータベースで管理しており、1つのノードは1つのレコードに登録され、ペアIDを用いてノード間の紐付けを管理している。ペアIDは、単元の前提知

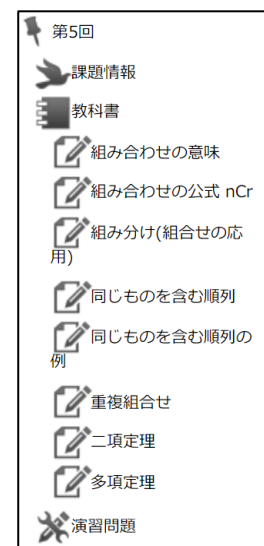


図2 eラーニングの教科書の一覧

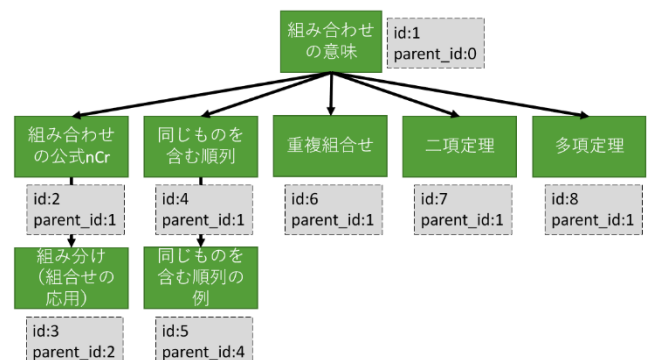


図3 「組み合わせ」の知識マップイメージ

表 1 知識マップと補足説明動画の概要

科目名	単元名	ノード数	動画数
情報基礎数学 B	順列	8	5
	組み合わせ	8	6
	確率	14	11
	統計	10	3
情報基礎数学 C	命題論理・集合	15	4
	ベクトル	61	5
	行列	21	4

識の ID の数字とし、ペア ID が 0 の場合は、それ以上の前提知識はないことを意味している。

4.2 開発環境

本システムは、Web アプリケーションとして開発を行った。開発言語は PHP, HTML/CSS, JavaScript である。データベースは MySQL を利用した。チャットボットの UI 部には JavaScript のライブラリである BotUI[7]を利用している。また、本システムは学習者の環境にとらわれずに快適な利用ができるよう、レスポンスデザインとした。

4.3 入力/出力機能

開発したシステム（チャットボット）の画面例を図 4 に示す。学習者の入力、チャットボットの問いかけに対して選択肢（ドロップダウン、ボタン）の提示や、自由記述の入力欄を提示することにより行う。自由記述については、記入例を表示することにより、学習者が分からない箇所をスムーズに記述できるよう支援している。入力した内容については、チャットボット側と学習者側の入力を分けながら動的に表示する。

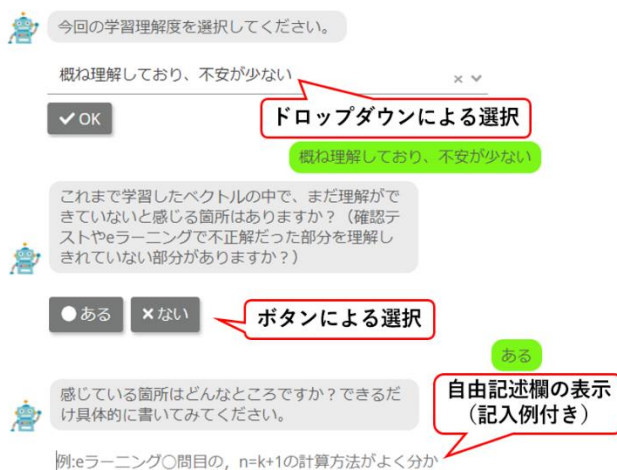


図 4 システムの画面例

4.4 チャット文解析/生成機能

チャットボットでは、学習者の入力に応じた返答文の生

成が必要となる。対話文生成の流れを表したものを図 5 に示す。本システムでは、まず初めに授業開始時に実施される事前テストの目標点数と実際の点数、点数の差から気づいたことを入力してもらう。次に、事前テストの点数が 10 点（満点）未満だった学生と予習で分からない箇所があった学生には、自由記述で分からない箇所を記述してもらう。自由記述で入力されたユーザーの発話文は形態素解析され、数学に関する固有名詞を抽出する。形態素解析には、MeCab[8]を利用し、情報基礎数学で使用する数学に関する単語を辞書として登録して、形態素解析により数学に関連する固有名詞を抽出する。その後、システム上の知識マップと照合し、学習者への返答文を決定する方式を実装した。

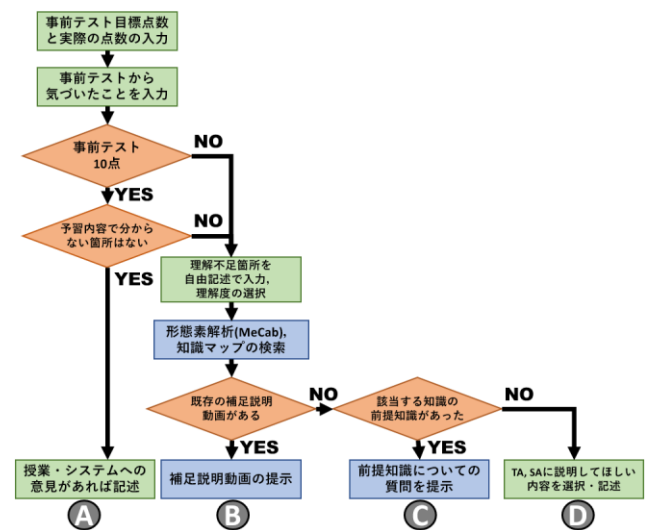


図 5 対話のパターン

4.5 理解不足箇所判定機能

対話のパターンには大きく分けて 4 通りあり、対話によって学習者の理解不足箇所を判定する。一つ目は学習者が事前テストで満点を取り、かつ分からない箇所はないと回答した場合、授業やシステムへの意見を記述してもらう（図 5 の A）。一方、事前テストで 10 点未満、または、予習内容でわからない箇所があると回答した場合、分からない箇所として入力された文章を形態素解析し、抽出した知識（名詞、固有名詞）が知識マップに存在するか DB を検索し確認する。二つ目の対話パターンでは、該当する知識が存在した場合、その知識に関連する補足説明動画を検索し、検索された動画をチャットで送信する（図 5 の B）。その後、動画視聴後の理解状況に応じて、動画に関しての質問を行ったり TA, SA の支援が必要か質問したりする。三つ目は、知識マップを検索した際に、既存の補足説明動画は無かったが該当の知識の前提知識がある場合（ペア ID が 0 以外）、前提知識に対する理解について質問を行う返答文を送信する（図 5 の C）。その後、質問に対する返答文を再び形態素解析し、対話のパターンを判定し繰り返し対話を行う。四

つ目は知識マップ検索時に前提知識もない場合(ペア ID が 0)、該当の知識について TA, SA, 教員に補足説明してもらう際のニーズを抽出するために、「どのような点が分からないのか」、「どのような説明方法で教わりたいか」という質問を学習者へ提示し、学習者は提示された選択肢(公式の説明, 例題を用いて説明, その他説明方法を自由記述で入力, 等)から該当する返答を選択して送信する(図 5 の D)。これらの流れは、学習者が分からない箇所が複数ある場合や、前提知識を問う繰り返しの質問を行う際には、入力文の形態素解析からの処理を繰り返すことになる。

4.6 補足説明動画閲覧機能

理解不足箇所判定機能で学習者の理解不足箇所を抽出した後、対象の分野について既存の補足説明動画が存在する場合に学習者へ視聴を促す。補足説明動画は YouTube 上にアップロードされており、チャット上に埋め込む形で送信している。図 6 に実際の画面例を示す。

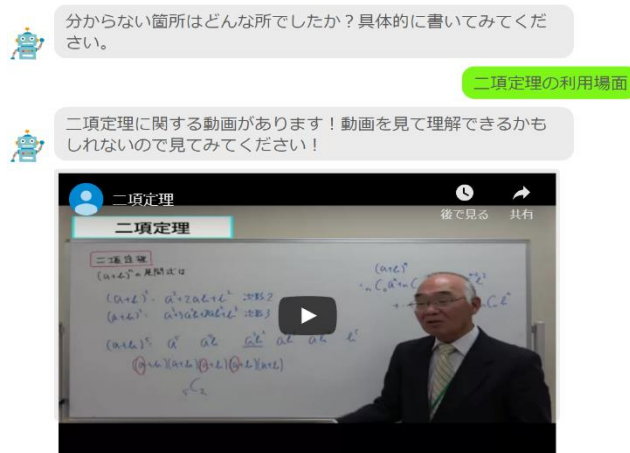


図 6 補足説明動画閲覧機能の画面例

4.7 チャットログ閲覧機能

チャットログ閲覧機能の画面例を図 7, 図 8 に示す。教員や TA, SA が各学習者のチャットボットとの対話のやり取りを容易に確認できるように、チャットログ閲覧機能を開発した。教員, TA, SA は授業回と担当のグループ(アシスタント毎に 5~8 名程度)番号を選択することで、該当するチャットログを閲覧できる。ログはボット(システム)側と学習者側が実際の対話を行っているような画面で表示される。また、参考情報として、対話の中で質問した対象分野に対する理解度の選択結果と事前テストの目標点数、実際の点数も表示する。理解度は数値が高いほど理解が進んでいるとしている。表 2 に選択してもらう理解度の一覧を示す。今回の実践では、理解度に基づいてログの表示色を変えることにより、緊急度の高い学生を分かりやすいようにシステム表示部分の改善を行った。これらの情報を基に、教員, TA, SA は各学習者の理解不足箇所を確認し、個別指導の参考にする。また、個別指導を行った内容につ

いて、対応内容を入力するフォームも設けた。対応内容を入力することにより、チャットログ表示の「未対応」が「対応済み」に変化する。また、学生の理解状況により対応の



図 7 チャットログ閲覧機能の画面例 1



図 8 チャットログ閲覧機能の画面例 2

表 2 理解度の一覧

理解度	内容
0	全く理解できていない
1	まだ分からない箇所が多く不安である
2	少し理解しているが、曖昧な箇所もある
3	概ね理解しており、不安が少ない
4	今回の範囲に関しては完璧に理解している

必要がない場合も存在するため、各グループを担当している TA, SA の判断によりチャットログ上のボタンを押すことで「対応の必要なしと判断」を表示にするようにした。以上の表示方法により、個別対応が必要な学生の見逃し防止や効率化を図っている。

5. システムを利用した授業の実践

5.1 システム実践の概要

2020 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情報基礎数学 C の第 2 回から第 14 回の授業中に本システムを利用した。情報基礎数学 C の授業概要を図 9 に示す。本年度は第 2 回から第 5 回までをオンライン授業で実施し、第 6 回から第 14 回までは対面授業で実施された。なお、本授業の履修者は 72 名であった。図 5 における各回の会話パターンと各回のシステム利用人数を集計したものを表 3 に示す。

本システムでの振り返り内容について、既存動画の閲覧をしても理解が得られなかった学生等に対して、TA, SA に協力してもらい、対象学生のチャットログを確認しながら、個別指導を行ってもらった。

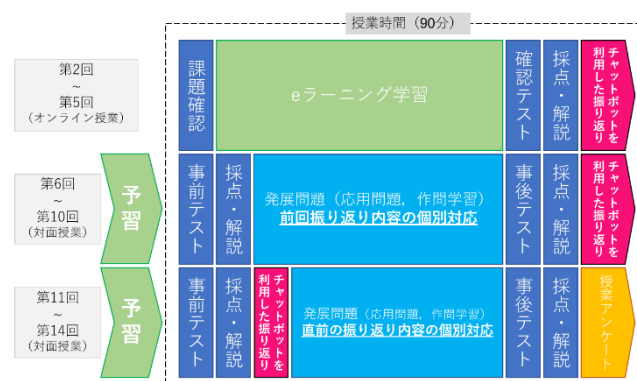


図 9 2020 年度情報基礎数学 C 授業概要

表 3 システム利用人数

授業回	A	B	C	D	計
第 2 回	31 人	0 人	28 人	13 人	72 人
第 3 回	28 人	15 人	20 人	9 人	72 人
第 4 回	42 人	7 人	18 人	4 人	71 人
第 5 回	32 人	3 人	31 人	4 人	70 人
第 6 回	0 人	12 人	47 人	10 人	69 人
第 7 回	9 人	0 人	53 人	4 人	66 人
第 8 回	50 人	0 人	11 人	3 人	64 人
第 9 回	5 人	0 人	61 人	2 人	68 人
第 10 回	53 人	0 人	14 人	1 人	68 人
第 11 回	48 人	2 人	19 人	1 人	70 人
第 12 回	38 人	2 人	28 人	0 人	68 人
第 13 回	42 人	0 人	21 人	4 人	67 人
第 14 回	46 人	1 人	16 人	4 人	67 人

ら、個別指導を行ってもらった。オンライン授業時については、単元の節目の授業回（第 4 回授業）に行われた個別面談時に Google のハングアウトを利用して個別指導を行ってもらい、対面授業時には、授業中の発展問題学習中に個別指導を行ってもらった。なお、第 6 回から第 10 回授業時については、オンライン授業時と同様のタイミングでチャットボットを利用した振り返りを実施してもらい、前回授業時の対話内容（振り返り）を参考に個別指導を行ってもらった。第 11 回から第 14 回授業時には、学生の振り返り結果からの学習支援をより早く行うため、振り返りのタイミングを授業開始時の事前テスト後に変更し、振り返り直後に対話結果を参考に個別指導を行ってもらった。

5.2 システムの評価

(1) チャットボットとテスト得点の関係分析

チャットボットを利用した振り返りを行うことにより、各テスト間の点数に影響が出ているかを分析した。今回の分析では、第 2 回から第 5 回、第 6 回から第 10 回、第 11 回から第 14 回で実施方法が異なるため、それぞれ分けて分析した。

第 2 回から第 5 回のオンライン授業時には、通常事前学習として学習している e ラーニングを授業時間帯に自学自習し、その後確認テストを行っていた。そのため、各回の授業の終わりに学習の振り返りとしてチャットボットを利用してもらった。確認テストは各授業回で 1 回ずつしか行われなかったため、個別指導前後の点数の推移について比較分析はできなかったが、TA, SA には各回のチャットログを基に第 4 回授業時の個別面談・指導を実施してもらった。

対面授業に変わった第 6 回から第 10 回では、オンライン授業時に行っていたチャットボット利用のタイミングは変わらず、授業の終わりに振り返りを行ってもらった。各回の振り返りの内容は、次回授業時に TA, SA に確認してもらい、対応が必要な学生（理解度に関する質問で「全く理解ができていない」「まだ分からない箇所が多くて不安である」「少し理解しているが、曖昧な箇所もある」と回答した学生）に対して、授業中の発展問題の演習時間に個別指導を行ってもらった。第 6 回から第 10 回授業の分析においては、事前テストで不合格であった学生がチャットボットを利用した振り返りを行い、事前テストから事後テストにかけて点数が向上（低下）していたかを調査した。各回の事前テスト不合格者の点数の推移について表 4 に示す。分析の結果、第 7 回授業時において点数の向上が顕著に見られ、事前テストで不合格だった学生が事後テストでは合格した事例が多く見られた。これは、第 6 回の振り返り内容を参考に第 7 回授業時に個別対応を行ったことと、第 6 回と第 7 回の単元内容が関連していた（どちらもベクトルの範囲であり、第 7 回授業時内容が第 6 回授業時の範囲を含んでいた）ことから、点数が向上した多数いたと考えられ

表 4 事前テスト不合格者の点数の推移

授業回	事前不合格	点数向上	点数低下
第 6 回	確認テストのみ実施		
第 7 回	22 人	21 人	1 人
第 8 回	2 人	2 人	0 人
第 9 回	7 人	7 人	0 人
第 10 回	事前事後テストなし（個別面談）		
第 11 回	3 人	3 人	0 人
第 12 回	2 人	1 人	1 人
第 13 回	事前事後テストなし（作問学習）		
第 14 回	事前事後テストなし（個別面談）		

る。また、第 8 回、第 9 回においても点数が向上した学生が確認できた。さらに、第 7 回授業で事後テストの点数が事前テストよりも低下した学生が 1 名いたが、チャットボットでの振り返り時において、「理解しきれていないと感じている箇所はない」と回答しており、システムと TA/SA のどちらも個別の学習支援ができていなかった。

第 11 回から第 14 回では、チャットボット利用のタイミングを事前テスト後に変更し、事前学習と事前テストの振り返りとして行ってもらった。各回の振り返りの内容は、振り返り直後の授業中に TA、SA に確認してもらい、演習（発展問題への解答）時間に直ぐに個別指導を行ってもらった。第 11 回から第 14 回授業の分析においても、事前不合格者の点数の推移について調査した。表 4 より、第 11 回、第 12 回授業時において、同様に点数が向上した学生が確認できた。また、第 12 回授業時に点数が低下した学生が 1 名確認できた。この学生については、振り返り時に「システムから送信された補足説明動画を閲覧し理解できた」と回答していたが、問題に正解できるようになるまでは理解しきれず、得点が低下してしまったと考えられる。以上の結果から、今後は予め用意されている補足説明動画で理解を深めてもらう場合には、本当に理解できているかどうかを確認する手順を会話の中を含む必要があると考える。

各回の個別対応件数を表 5 に示す。個別対応件数は Google スプレッドシートで管理している基礎数学の出席やテスト点数など記録している学習記録簿とシステム上の個別対応内容が記載されている件数を参照し確認した。個別対応を行ってもらった学生の点数推移を表 6 に示す。点数の推移から分かるように、事後テストの得点が事前テストよりも向上した例が複数見られ、個別対応したことにより学生の理解が向上したことが推察される。

以上の分析より、チャットボットを利用した振り返りにより、各テストにおいての点数の向上が見られたことから、学生の理解度の向上に繋がっていたことが考えられる。今回の分析では、オンライン授業時において複数回テストを行わなかったため、点数の推移による分析は行えなかった

表 5 各回の個別対応件数

授業回	対応件数	授業回	対応件数
第 2 回	—	第 9 回	3 人
第 3 回	—	第 10 回	個別面談
第 4 回	個人面談	第 11 回	4 人
第 5 回	0 人	第 12 回	0 人
第 6 回	4 人	第 13 回	4 人
第 7 回	10 人	第 14 回	個別面談
第 8 回	4 人		

表 6 個別対応を行った学生の点数推移

授業回	事前テスト 点数	事後テスト 点数	パターン数
第 7 回	4 点	6 点	2 件
	6 点	6 点	1 件
	6 点	8 点	2 件
	6 点	10 点	2 件
	8 点	6 点	1 件
	8 点	8 点	2 件
第 8 回	3 点	4 点	1 件
	8 点	10 点	1 件
	10 点	10 点	2 件
第 9 回	1 点	5 点	1 件
	4 点	6 点	1 件
	6 点	6 点	1 件
第 11 回	2 点	10 点	1 件
	8 点	10 点	1 件
	10 点	10 点	2 件

が、対面授業と同様に各回で学生に応じた個別対応を行うことが可能であった場合、同様に学生の理解度の向上に繋がることが考えられる。

(2) 本システムに関するアンケート

情報基礎数学 C の第 14 回授業時に、本システムに関するアンケートを行った。また、各質問項目に回答した理由についても自由記述で回答してもらった。このアンケートの回答者数は 58 名であった。アンケートの質問項目を表 7、アンケート結果を図 10、表 8~11 に示す。

Q1（UI を含めたシステムの操作性に関する質問）の結果では、約 6 割の学生が「非常にそう思う」「どちらかといえばそう思う」と回答し、肯定的な意見が多かった。表 8 に回答理由の一部を示す。表 8 の肯定的意見から、チャットボットを採用したことによって親近感が湧いたり、入力内容の誘導などを行ったりすることにより、振り返りの容易さが示唆された。一方、現状のシステムでは、チャットボットとの会話の流れの中で学習者が自由記述を行う際に一度入力したものを訂正する場合には一つ前の会話に戻っ

表 7 アンケート項目

Q1	チャットボットによる振り返りシステムは使いやすいと感じましたか？
Q2	授業アンケートよりも、チャットボットとの対話のほうが自分の意見を発言しやすいと感じましたか？
Q3	提示された動画を見て、分からない箇所が分かるようになりましたか？
Q4	提示された補足説明動画は自分の理解に役立つ適切な内容の動画でしたか？
Q5	TA/SA からの個別対応はチャットボットでの回答内容が反映されて役立つものでしたか？

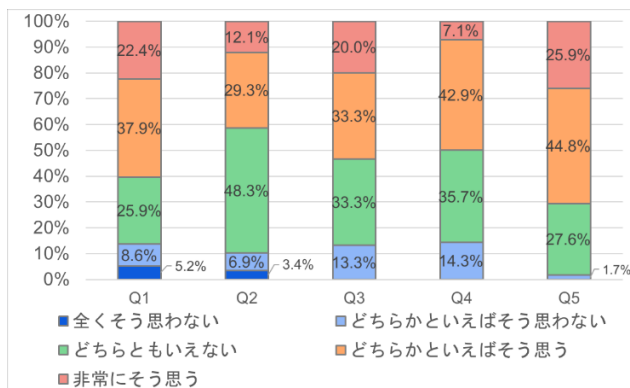


図 10 アンケート結果

表 8 アンケート回答理由 1

質問	チャットボットによる振り返りシステムは使いやすいと感じましたか？
肯定的意見	親近感が湧き入力しやすい
	回答するべきことを分かり易く説明していたから
	誘導してくれるので、登録が難しくなかったから
どちらともいえない意見	自分で活用できている実感がなかった
	使いやすいと感じた時もあればそうでないときもあったから
否定的意見	答える内容と振り返りがまったく同じ内容を聞いてくることがある
	入力ミスがあった時にすぐ訂正できないから

てやり直す必要があるため、表 9 の否定的な意見が得られたと考えられる。そのため、今後は入力内容を簡単に修正できるようにする。また、チャット文の生成方法も改良する必要がある。

Q2 (授業アンケートへの回答と比較した自分の意見の言いやすさについての質問) の結果では、「どちらともいえない」と回答する学生が半数程度で、「そう思う」と回答した

学生は約 4 割であった。表 9 に回答理由を示す。肯定的意見から、システムでの対話誘導や選択肢による振り返りの入力の容易さから意見を発言しやすい学生が存在することが示唆された。一方、学生によっては直接質問を行う方が良いと感じたり、毎回の振り返りを適当に行ってしまったりする事が分かった。しかし、どちらともいえない意見から、「あまり変わらないと感じた」という意見が多いことと、発言しやすいと感じた学生が 4 割存在することを考えると、チャットボットの採用は発言の容易さに一定の効果があると考えられる。

表 9 アンケート回答理由 2

質問	授業アンケートよりも、チャットボットとの対話の方が自分の意見を発言しやすいと感じましたか？
肯定的意見	チャットでの振り返りということもあり、自分の意見の発言がしやすかったと感じた
	自動的に入力フォームを選択してくれたので良かった
どちらともいえない意見	要望も言って良いことかどうか迷うため言いづらい時があった
	授業アンケートのようなフォームに慣れているがチャットボットも発言しやすく、甲乙つけ難いと感じたため
	あまり変わらないと感じたから
否定的意見	人間の方が伝わりやすいと感じた
	適当になってしまうから

Q3 (送信された動画を見て分からない箇所が分かるようになったか、システムから送信された動画は自身が知りたい範囲の適切な内容であったか) は、システムを通じて 1 回以上動画を視聴したことがある学生のみ回答してもらい、回答人数は 15 名であった。結果は、肯定的に回答した学生が約 5 割、どちらともいえないと回答した学生が約 3 割であった。表 10 に回答理由を示す。肯定的意見な意見より、既存の動画が存在した場合の送信について、ある程度上手く判断されて送信できていたことが分かった。しかし、否定的な意見より、学生が求めている動画を送信していたことがあったことや、動画では基本的な部分しか理解が及ばないことが回答理由によって明らかになった。動画のみでは理解できない学生については、その後の会話において TA や SA の対応内容を入力してもらい、個別対応により問題を解決しているが、求めている動画の送信については、理解不足箇所の特定 (聞き出し) 方法や動画推薦のアルゴリズムの修正を行う必要がある。

表 10 アンケート回答理由 3

質問	・システムから提示された動画を見て、分からない箇所が分かるようになりましたか？ ・提示された補足説明動画は自分の理解に役立つ適切な内容の動画でしたか？
肯定的意見	動画ではその問題に対しての解き方がわかりやすく解説されていて、理解に役立てることができたから 何回も見返せるので良いと思いました
どちらともいえない意見	自分のわからないところの基本的なところはわかるようになったが、問題を解くまでは行けなかったから
否定的意見	比較的他よりも難易度の高い問題の解決のために必要な部分がチャットボットでの動画検索では出てこなかったり内容が違うということがよくあったため

Q4 (TA, SA からの個別対応はシステムでの回答内容が反映されて役立つものであったか) の結果では、肯定的に回答した学生が約 7 割を占めていた。表 11 に回答理由を示す。肯定的意見より、理解不足箇所がある学生について、チャットボットでの対話内容をふまえた授業中の TA, SA における個別対応について、概ね上手く行っていたことが示唆された。否定的意見として、個別対応を受けていないという学生も確認できたが、理解不足箇所のない学生に対しては個別対応を行っていないためであると考えられる。

表 11 アンケート回答理由 4

質問	TA/SA からの個別対応はシステムでの回答内容が反映されて役立つものでしたか？
肯定的意見	情報共有がされているので個人面談などの際に話の整合性が取れているのでスムーズかつ快適に行えたと思ったから 自分の分からないところを TA さんが知っていたので話がスムーズに進んだ 個人個人で学習状況を理解してくれるので、非常に良いと思った
どちらともいえない意見	分からない部分は自分で調べ解決していたため 自分から要望をあまり出していないため
否定的意見	個別対応をあまりされてない

今回実施したアンケート全体の考察として、本システムで振り返りを行うことにより、自分の意見を発言しやすい学生が存在することが分かった。また、理解不足箇所に対応した動画配信やシステム上では補えない部分について

TA/SA から直接の学習支援を行うことにより、学生の理解度の向上に貢献できていたと考えられる。今後、否定的意見を基に、より学習者に適した学習支援を行えるようにシステムの改善や TA/SA の支援体制を検討する。

6. おわりに

本研究では、反転授業における学生の理解度の向上を目的とし、チャットボットを利用した理解不足箇所の振り返りと学習支援システムを数学リメディアル科目の授業において実践した。システム評価の結果、提案システムにより、個々の学生に応じた学習支援を行うことで、学生の理解度を深めることに繋がっていたことが示唆された。また、提案システムをオンライン授業時にも利用することで、同様に学生の理解度を深めることに繋がることが考えられる。今後は、システム利用アンケート等から明らかになった問題点を基にシステムの改善を重ね、引き続き授業での実践を行っていく。

謝辞

本研究は、ISPS 科研費 JP17K01139 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 重田勝介, 反転授業 ICT による教育革新の進展, 情報管理, Vol.56, No.10, pp.677-685, 2014
- [2] 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, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育(CE), Vol.2015-CE-131, No.14, pp.1-6, 2015
- [3] 小菅李音, 高木正則, 市川尚, チャットボットを利用した数学のつまづき箇所の理解を支援する学習支援システムの開発と評価, 研究報告コンピュータと教育(CE), Vol.2020-CE-153, No.19, pp.1-9, 2020
- [4] 渥美雅保, 村田祐樹, 安川葵, オープンチャットとロボットの連係によるティーチングアシスタントとの協働システム, 人工知能学会全国大会(第 31 回), 2017
- [5] 甲斐晶子, 松葉龍一, 合田美子, 鈴木克明, 日常生活における言語使用を学習目標設定につなげるリフレクション支援ツール「REFLECTION-BOT」の形成的評価, 第 44 回教育システム情報学会全国大会, 2019
- [6] 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>
- [7] BotUI, <https://docs.botui.org/>
- [8] Taku Kudo, Kaoru Yamamoto, Yuji Matsumoto: Applying Conditional Random Fields to Japanese Morphological Analysis, Proceedings of the 2004 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP-2004), pp.230-237 (2004.)