

# チャットボットを利用した学習者との対話による 理解不足箇所の学習支援システムの開発と評価

小菅李音<sup>1</sup> 高木正則<sup>1</sup> 市川尚<sup>1</sup>

**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、毎回の授業で実施している授業アンケートの中で、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自由記述形式で回答させている。しかし、アンケートによる自由記述のみでは学習者の理解不足箇所を特定しきれない。そこで、本研究では、チャットボットを利用した学習者との対話によって理解不足箇所を特定し、その理解を支援する学習支援システムを開発した。また、大学の授業で本システムを利用した結果から本システムの有効性を評価した。その結果、提案システムは、現状のアンケートのみでは抽出できなかった理解不足箇所の抽出が可能になり、学習者の理解不足箇所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ること示唆された。

## 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数学リメディアル科目である「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、毎回の授業で実施している授業アンケートの中で、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自由記述形式で回答させている。しかし、自由記述のみでは学習者の理解不足箇所を特定しきれないため、学習者ごとに最適な学習支援ができていないのが現状である。そこで、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理解不足箇所を特定し、その理解を支援する学習支援システムを開発した。また、大学の授業で本システムを利用し、本システムの有効性を評価した。

## 2. 関連研究

石田ら[3]は、傾聴対話を実現するためのより多様な聞き手応答の生成を目的として、掘り下げ質問や繰り返し応答等を行うシステムを提案した。また、永田ら[4]は、学習者が教員への質問を容易にするため、遠隔形態講義における質問支援機能を提案した。以上の研究は、音声での会話やチャットを用いたコミュニケーションを対象としているため、本研究のチャットボットでの対話システムとは対象が異なるが、ユーザーとの対話によってニーズを抽出する方法として本研究に応用できると考えた。

## 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

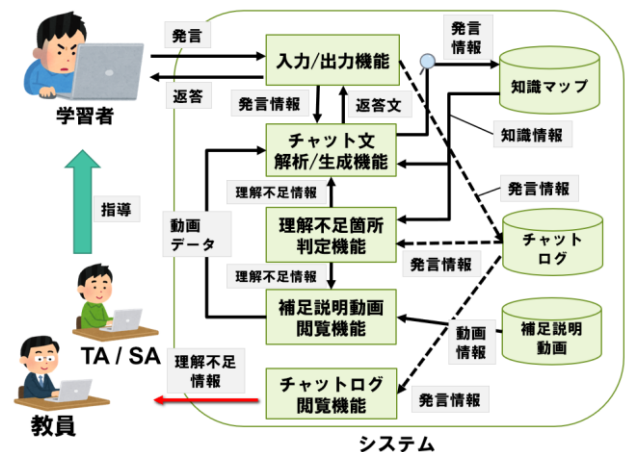


図1 システム概要図

採用し、システムと学習者の対話により、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。

学習者のチャット中の発言からの理解不足箇所の抽出には、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[5]の教科書情報から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ている。例えば、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)が登録されていればチャット上でその教材を送信し、学習者に閲覧を促す。動画がない場合や、動画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)やSA(Student Assistant)、教員が、対象学生に個別対応を行う。TAとSA、教員は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。

<sup>1</sup> 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

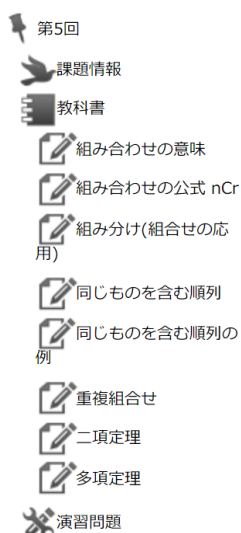


図2 eラーニング教科書

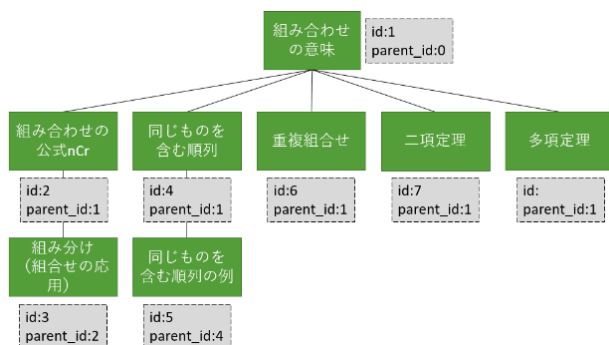


図3 「組み合わせ」の知識マップイメージ

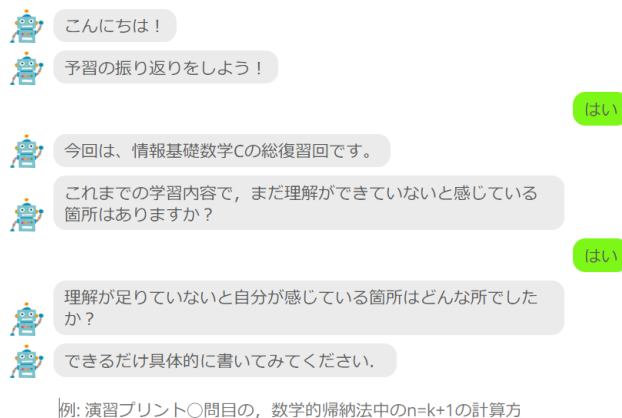
表1 知識マップの概要

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

## 4. システムの設計と開発

### 4.1 数学の知識マップの作成

学習者の入力に対する返答文の生成や、理解不足箇所の特定を行うために、予習で利用している eラーニング上の教科書情報に基づいて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。



例: 演習プリント〇問目の、数学的帰納法中の $n=k+1$ の計算方

図4 システム画面例

知識マップは教科書の内容をそれぞれ確認し、単元ごとに関連のあるキーワード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最初に習得する前提知識だと考えた。その下に繋げるノードは、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、単元の前知識のIDの数字とし、IDが0の場合は、それ以上の前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。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、レスポンシブデザインとした。実際のシステム画面例を図4に示す。

### 4.3 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、ユーザーの発話文を形態素解析し、数学に関する固有名詞を抽出する。形態素解析には、MeCab[6]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。返答文のパターンには大きく分けて5通りある。図5中のA・Bでは、知識マップを検索したときに、該当する知識と、その知識に関連する補足説明動画が存在する場合に、チャットにて動画の送信を行う。その後、動画視聴後の理解状況に応じて、動画についての質問を行う。図5中のC・Dについては、知識マップを検索したときに、該当の知識は存在したが、関連する既存の補足説明動画がない場合である。この場合は、知識マップにおいて特定した知識に前

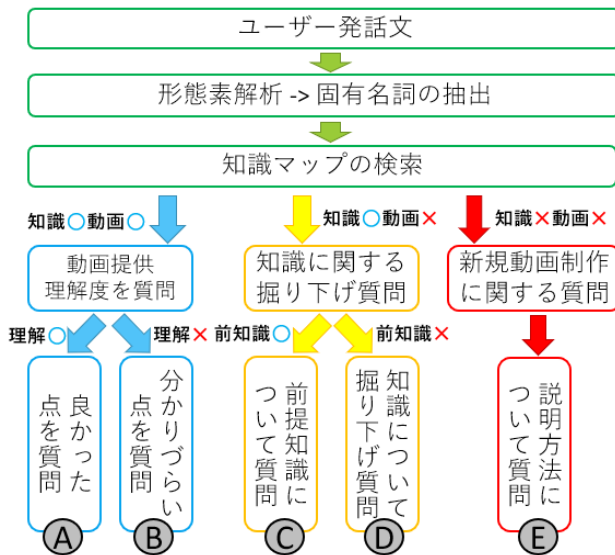


図5 対話のパターン

提知識がある場合（ペア ID が 0 以外）には、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。また、前提知識がない場合（ペア ID が 0）には、該当の知識について、どのような点分からないのか、どのような説明方法で教わりたいか、という質問を、システムから学習者へ提示し、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。図中の E については、知識マップを検索したときに、該当知識と動画がどちらも存在しなかった場合である。この場合は、学習者が入力した部分について、どのような説明方法で教えてもらいたいのか、という質問を行う。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、C,D のような繰り返し質問を行った場合には、図の一番上からの流れを複数回繰り返す事になる。

#### 4.4 チャットログ閲覧機能

教員や TA, SA が各学習者のチャットボットとのやり取りを容易に確認できるように、チャットログをシステム上で表示して確認する機能を開発した。これにより、教員が各学習者の理解不足箇所を容易に確認できるようになることが期待される。

チャットログ閲覧機能の画面例を図 6 に示す。教員, TA, SA は本機能で実施回と担当のグループを選択し、チャットログを閲覧できる。ログの表示はボット（システム）側と学習者側に分けて表示する。また、チャットボットとの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（0~4）も同時に表示している。理解度は学生自身が選択し、理解度 0 は問題なし、理解度 1~4 は数値が高いほど理解が進んでいるとした。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。

| 実施回 | ユーザー名    | グループ | 理解度 | ボットログ   | ユーザーログ  | タイムスタンプ             |
|-----|----------|------|-----|---|---|---------------------|
| 13回 | g031r157 | 3    | 2   | ---START---<br>こんにちは！<br>予習の振り返りをしよう！<br>---Q---<br>今回の予習は、有理法・数学的帰納法のプリントでした。今回の予習で分からない箇所はありましたか？<br>---Q---<br>分からなかった箇所はどんな所でしたか？できるだけ具体的に書いてみてください。<br>---A---<br>有理法に関する補足説明動画が見つかりました！動画を見ることで理解できるかもしれないので、見てみてください。<br>---Q---<br>送信した補足説明動画を見ることにより、分からない箇所が分かるようになりましたか？<br>---Q---<br>ありがとうございます！特に役に立った部分を教えてください！説明方法や、役に立った内容の動画時間など何でも構いません！改善してほしい点もあれば加えて記入してください！<br>---Q---<br>他に分からないと感じている箇所はありますか？<br>---END---<br>振り返りお疲れさまでした！ | ---START---<br>はい<br>---A---<br>はい<br>---A---<br>演習問題の有理法が分かりませんでした。<br>---Q---<br>はい<br>---A---<br>はい<br>---A---<br>説明の言葉使いや書き方が理解できた。<br>---A---<br>ない<br>---END--- | 2019-04-26 14:45:19 |

図6 チャットログ閲覧画面

## 5. システムを利用した教育実践

### 5.1 システムの利用の概要

2019 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 3 回から第 14 回の授業中に本システムを利用した。履修者は 51 名で、授業開始後の予習の振り返りの時間に学生自身のノート PC を用いて Web ブラウザから本システムにアクセスしてもらい、チャットボットを用いて振り返りを行ってもらった。

本システムでの振り返り後、既存動画の閲覧をしても理解が得られなかった学生や、既存動画がなかった学生に対して、基礎数学の TA や教員に協力してもらい、対象学生のチャットログを確認しながら、講義中の演習時間に個別指導を行った。

### 5.2 システムの利用結果

表 2 に、第 3 回から第 14 回の各授業で本システムを利用した人数を集計した結果を示す。履修者 51 名に対して、平均して 9 割以上が本システムを利用していた。

表 3 に、各回での対話パターンの回数を示す。数値は、図 5 の対話のパターン A~E を対話の中で何回通過したかを集計した結果である。なお、表 2 のシステム利用人数と表 3 の対話のパターンの合計値が異なっているが、対話のパターンは、理解が不足していると回答した学生が自由記述を行い、それに基づいた対話のパターンの流れを示しているためである。数値を確認すると、A パターンを通過する回数が約半数程度であったため、自由記述をした学生の約半分は既存の補足説明動画を視聴し、理解が得られたと回答していた事が分かる。また、既存の動画がなかった場合には、問い返しや、該当知識による質問を行い、最終的に E の新規動画の制作に向けての質問や、教員, TA, SA からの指導を行ってもらいたい説明方法を入力している学生が過半数を占めていた。

表2 システム利用人数

| 授業回 | 人数  | 授業回  | 人数  |
|-----|-----|------|-----|
| 第3回 | 42人 | 第9回  | 51人 |
| 第4回 | 49人 | 第10回 | 51人 |
| 第5回 | 44人 | 第11回 | 49人 |
| 第6回 | 47人 | 第12回 | 50人 |
| 第7回 | 47人 | 第13回 | 50人 |
| 第8回 | 46人 | 第14回 | 49人 |

表3 対話パターンごとの回数

|      | A  | B | C  | D  | E  |
|------|----|---|----|----|----|
| 第3回  | 13 | 4 | 0  | 0  | 7  |
| 第4回  | 15 | 2 | 1  | 2  | 3  |
| 第5回  | 2  | 0 | 4  | 12 | 10 |
| 第6回  | 13 | 1 | 8  | 15 | 21 |
| 第7回  | 5  | 1 | 6  | 9  | 15 |
| 第8回  | 4  | 1 | 3  | 1  | 4  |
| 第9回  | 1  | 0 | 2  | 10 | 12 |
| 第10回 | 1  | 0 | 1  | 4  | 5  |
| 第11回 | 4  | 0 | 2  | 2  | 4  |
| 第12回 | 7  | 1 | 3  | 1  | 4  |
| 第13回 | 1  | 0 | 0  | 0  | 0  |
| 第14回 | 1  | 0 | 10 | 0  | 10 |

### 5.3 システムの評価

#### (1) 現状アンケートとの比較

従来から行っている授業アンケートの自由記述の結果と、本システムで抽出した理解不足箇所の情報を比較する。授業アンケートは、毎回の授業終了時の事後テスト後に行っており、Web上のアンケートフォーム（Google Forms）を利用している。また、チャットボットによる振り返りは、授業開始後、事前テストを終えた時点で行っている。どちらも、原則として履修者全員に回答させている。表4に授業アンケートの自由記述例、表5に本システムで抽出した理解不足箇所例を示す。表4、5に示した例は、第12回授業時の結果である。本システムの抽出例は、著者がチャットログの確認を行い、手動で抽出したものである。現状の授業アンケートの自由記述では、「一次変換」など、学習者が理解できていないと感じている単元の絞り込みはできるが、該当部分の詳細な理解不足箇所や説明方法は抽出できない。それに比べ、表5の本システムによる抽出結果では、理解不足箇所は知識マップに基づいて定められ、対応方法についてもチャットログから抽出することができた。また、対話中の選択肢から学生の理解度を出すことにより、TA

やSA、教員が、より理解が足りていない学生に向けて支援ができるようになっている。しかし、本システムにおいても、知識マップの単元情報以上を掘り下げた質問が十分ではない部分があり、特定した知識のどの部分の理解が足りていない（例えば、ある式からある式への途中計算が分からない等）のか、細かい粒度で情報を聞き出しきれていない点もあると考えられる。

次に、授業アンケートと本システムのそれぞれについて、学生1人あたりの入力文字数の平均と回答率を比較する。表6に分析結果を示す。入力文字数の平均は、「全学生の入力文字数の合計÷入力者数」で算出した。なお、提案システムの入力文字数については、選択肢で返答を選択させたものについては対象外とした。また、回答率は、「自由記述の回答者数÷履修者51名」で算出した。算出した結果を比較すると、回答率、平均文字数共にチャットボット（提案システム）の方が授業アンケートを概ね上回る結果とな

表4 授業アンケート自由記述例

|               |
|---------------|
| 一次変換（8名）      |
| 一次変換の計算       |
| 連立一次方程式（3名）   |
| 連立一次方程式の解法    |
| 1次変換の回転移動する問題 |
| 60度に回転するところ   |
| 逆行列を用いた連立方程式  |

表5 提案システムによる抽出例

| 理解度 | 理解不足箇所        | 対応方法                          | 人数  |
|-----|---------------|-------------------------------|-----|
| 0   | なし            | なし                            | 38名 |
| 1   | 逆行列の計算        | TAが例題を用いて説明                   | 1名  |
| 2   | 逆行列を利用した連立方程式 | 既存の補足説明動画を見て理解                | 1名  |
| 3   | 行列の一次変換       | 既存の補足説明動画を見て理解                | 4名  |
| 3   | 行列の一次変換       | 既存の補足説明動画を見ても理解できないため、SAが補足説明 | 1名  |
| 3   | 逆行列の計算        | 既存の補足説明動画を見て理解                | 1名  |
| 3   | 連立一次方程式の解法    | TAが例題を用いて説明                   | 2名  |
| 3   | 連立一次方程式       | 教員が公式の説明                      | 1名  |
| 3   | 逆行列を用いた連立方程式  | 既存の補足説明動画を見て理解                | 1名  |
| 4   | 逆行列 $AX=B$    | TAが公式の説明                      | 1名  |



表6 平均文字数・回答率

|      | 文字数(文字) |             | 回答率(%) |             |
|------|---------|-------------|--------|-------------|
|      | アンケート   | チャット<br>ボット | アンケート  | チャット<br>ボット |
| 第3回  | 17.1    | 23.9        | 51     | 47.1        |
| 第4回  | 13.7    | 28.3        | 5.9    | 37.3        |
| 第5回  | 14.5    | 15.2        | 15.7   | 35.3        |
| 第6回  | 12.1    | 15.3        | 49     | 78.4        |
| 第7回  | 8.6     | 12.9        | 27.5   | 41.2        |
| 第8回  | 7.1     | 14.4        | 15.7   | 17.6        |
| 第9回  | 6.7     | 10.8        | 11.8   | 21.6        |
| 第10回 | 13.6    | 13.5        | 19.6   | 11.8        |
| 第11回 | 10.7    | 14.2        | 13.7   | 17.6        |
| 第12回 | 6.6     | 8.1         | 33.3   | 23.5        |
| 第13回 | 9.3     | 13          | 13.7   | 2           |
| 第14回 | 9.9     | 19          | 25.5   | 21.6        |
| 平均   | 10.8    | 15.7        | 23.5   | 29.6        |

った。授業回によって数値は異なるが、単元の内容や、システムを利用するタイミングと授業アンケートに回答するタイミングが異なることも関係していると考えられる。しかし、平均すると提案システムの方が多くの文字を入力していたといえる結果であった。

## (2) 本システムに関するアンケート

情報基礎数学Cの単元の区切りである、第4回、第10回、第14回に、本システムに関するアンケートを行った。質問項目と集計結果を図7~図9に示す。なお、数値は小数点第2位で四捨五入している。

図7のUIを含めたシステムの操作性を問う質問は、各回の段階において、学習者が快適にシステムを使えるよう、改善を行う目的で行った。結果は、3回ともそう思うと回答した学生が80%を越えており、肯定的な意見が多かった。回答理由としては、「選択肢があるので気軽に回答できた」、「分からない単元に関する動画を提示してくれ、弱点補強に役立った」などの肯定的な意見が多数得られた。一方、「チャット上でさかのぼって回答を修正することができない」などの否定的な意見も得られた。

図8の授業アンケートに比べて自分の意見の言いやすさについての質問は、チャットという気軽さから学習者が意見を言いやすいのではないかと考え質問した。結果は、「そう思う」、「どちらとも言えない」と回答する学生が半分ずつ程度の推移であった。回答理由としては、「チャットの方が気軽に回答ができる」という肯定的な意見、「授業アンケ

ートでも同じような意見を言えた」というどちらとも言えない意見、「伝えたいことが伝わりづらいと感じる」という否定的な意見が得られた。

図9の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という質問は、チャット上での動画送信が適切な内容の動画であったかを確認するため行った。この質問は、システムを通じて1回以上動画を視聴したことが

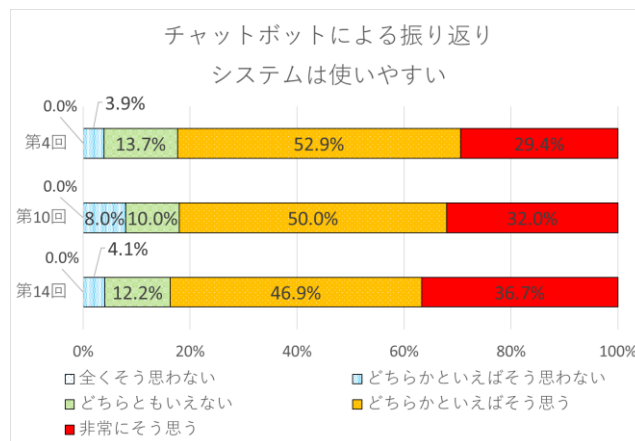


図7 アンケート結果1

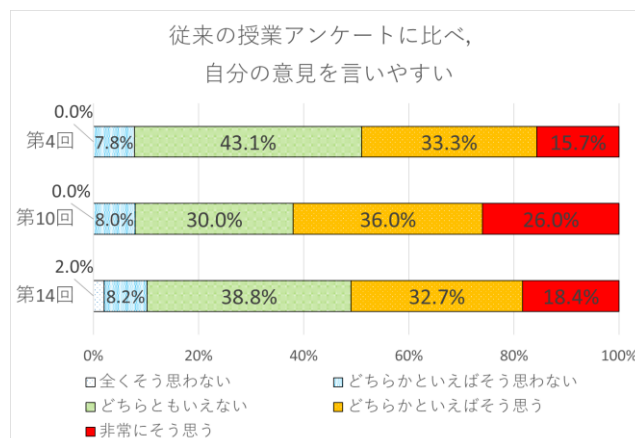


図8 アンケート結果2

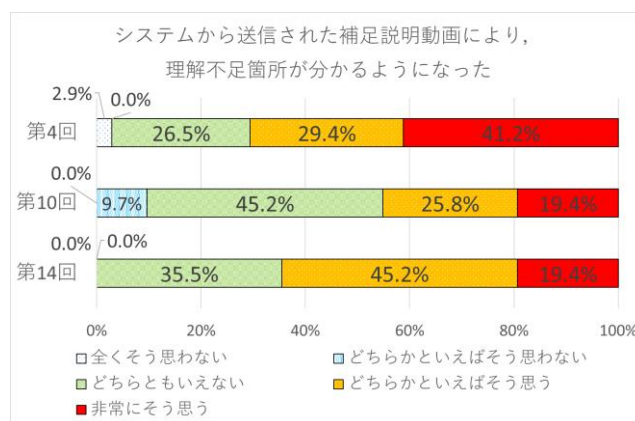


図9 アンケート結果3

ある学生のみ回答してもらった。結果は、各回によって傾向は様々であった。補足説明動画については、單元ごとに種類や数が異なるため、單元の内容によっては適切な動画の配信が行えず、理解が深まらなかった学生も存在したのではないかと考えられる。

アンケート全体の考察としては、本システムで振り返りを実施した方が、入力の手やすさ、動画配信による学習の支援など学生の理解度の向上に貢献できている点もあるが、一方では、授業アンケートと意見の言いやすさは変わらないという学生も存在するため、本システムを利用したいと思わせるような会話の流れを作るなど、改善が必要な点があると考えられた。

### (3) 個別指導した学生へのヒアリング

TA, SA, 教員は、本システムでの振り返り後に、学生とシステムのチャットログから理解困難箇所を確認し、講義中に個別対応を行った。実際に個別対応したのは、第12回～第14回の3回の授業で、対応件数は第12回が4名、第13回が6名、第14回は0名であった。実際にTA, SA, 教員に個別対応してもらえた学生にヒアリングした結果、「チャットで入力した内容について教えてもらえて良かった」、「分からない点について補足してもらったので事後テストに合格できた」との意見が得られた。情報基礎数学Cでは、授業の最初と最後に事前テストと事後テストを実施しているが、テストの結果を分析したところ、個別対応してもらえたこの学生には、事前テストで不合格(10点満点中6点以上が合格)であったが、事後テストでは合格していた。この結果から、システムの既存動画配信のみでは補えていなかった説明をTA, SA, 教員が即時に行うことで、学生の理解度の向上に役立っていたと考えられる。

## 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、理解不足箇所の特定を行う、チャットボットを利用した学習者との対話による学習支援システムを開発・評価した。授業での実践・評価の結果、提案システムにより、現状のアンケートのみでは抽出できなかった理解不足箇所の抽出が可能になり、学習者の理解不足箇所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。今後は、システム利用アンケートやチャットログの解析から分かった問題点を基にシステムの改善を行い、引き続き講義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] 石田真也, 井上昂治, 中村静, 高梨克也, 河原達也, 傾聴対話システムのための発話を促す聞き手応答の生成, 言語・音声理解と対話処理研究会 77, 1-6, 2016-08-10
- [4] 永田奈央美, 植竹朋文, 反転授業を導入した遠隔形態講義における質問支援機能の提案, 情報処理学会研究報告, Vol.2018-CE-149, 2018
- [5] 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>
- [6] 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.)