

数学eラーニングにおけるコミュニケーション支援機能の応用*

中平 勝子,[†]鈴木 泉,[‡]安藤 雅洋,[§]福村 好美,[¶]

長岡技術科学大学^{||}

〒940-2188 長岡市上富岡町1603-1

e-mail: katsuko@vos.nagaokaut.ac.jp, suzuki@kjs.nagaokaut.ac.jp,

ando@konomi.nagaokaut.ac.jp, fukumura@oberon.nagaokaut.ac.jp

Abstract

数学eラーニングにおいて、学習者の数学における問題解決能力の育成を目標として、コミュニケーション支援機能としてのチャットシステムを導入した討論会を行った。その結果、学習者はある決められた設題を協調学習的に解決することにより、数学に必要な素養の1つである論理的思考を体現した問題解決能力を伸ばすことができることが確認された。

1 はじめに

大学の数学授業履修者の課題の一つに、論理思考に基づく問題解決能力の育成があげられる。

現在の大学における数学基礎の授業は、大きく分けると1) 通常の講義形態、2) ゼミ形式、のいずれかが取られることが多い。

1) は、教員が一方的に学習者に講義を行い、教員の授業の中から学習者自らが課題を見つけ、論理的思考能力ならびに問題解決能力を育成するのが狙いである。しかし、学習者の思考活動を教員が確認する機会が少なく、一般的には課題提出の内容を見て判断する。本方式では、個人における論理的思考能力、ならびに時間をかけて行う思考活動の評価となるが、たとえば短い制限時間の中で、他者と議論をしながら思考活動や問題解決活動を行うことができるか否かの能力を測ることは難しい。2) は、予め問題を学習者に授業時間外に解かせておき、授業時間中には答案を板書させ、教壇にて説明させるゼミ形式を取るが多く、これは自ら考えた思考過程や問題解決過程を他者に論理的に伝える能力の育成が狙いである。

しかし、通常のゼミ形式では発言内容の記録を取らないため、どのような発言が元で議論が進んだかの確認を後日行うことは難しい。そのため、

学習者の評価は記録を元にするのではなく記憶に依る所が大きくなる。

いずれの場合であっても、学習者に要求されるのは自発的な問題解決・思考活動であり、一般的にはこれらを促進する方策の1つには協調学習が挙げられる。協調学習とは、学習者同士が持つ知識や考えを具現化し、お互いに与え合うことにより、新たな知識の構築を行う方法として現在初等・中等教育機関をはじめ、各所で広く行われている。特に、eラーニングの世界では、各種通信手段の利用により、距離を越えて実施できるメリットがある。

eラーニングにおいて協調学習を行うための要素の一つに、コミュニケーションを要することから、使いやすいコミュニケーション機能の提供が求められる。伊藤ら[1]の実践では、協調学習支援を行うにあたり、言葉では伝えにくい事象、例えば数式や図を用いた問題を解決するための支援ツールを作成し、実際の協調学習の場で利用した。その後、1) 内容理解、2) 参加しやすさ、3) 他の参加者と協調できたか、4) 後から参加しても内容が分かりやすかったか、5) 図を用いて説明しやすかったか、についてアンケートを取り、3) および5) については5ポイント中4ポイント以上の高得点を得た。しかし、1)、2)、4) に対する評価

*Application of Communications Support function for Mathematical e-Learning

[†]Katsuko T. NAKAHIRA

[‡]Izumi SUZUKI

[§]Masahiro ANDO

[¶]Yoshimi FUKUMURA

^{||}Nagaoka University of Technology

は5ポイント中3ポイント台にとどまった。また、ツール自体の重さや操作性の改善も要望として上がった。

協調学習は、問題設定ができる教科であればどのような教科であっても対応は可能であるが、特に数学の様な問題解決のための思考プロセスを問う課題に効果的だと考えられる。本実践では、大学における数学基礎の授業においてeラーニングと併用する形でコミュニケーション支援機能を取り入れ、1)設題に対して学習者全員が問題解決に参加できるか、2)制限時間内で議論を行いながら回答を導けるか、についての実践を行い、数学における協調学習の可能性を検討した。

2 実践環境

本実践は、長岡技術科学大学経営情報系所属2年次生に対して開講している「経営情報数学II」履修者16名に対して行った。履修者は昨年度「経営情報数学I」においてeラーニングを併用した授業[2]を履修済みである。したがって、講義のeラーニング化に対してある程度の適性を持っており、講義をWebで閲覧する事に対する最低限のリテラシーを有している[3]。

経営情報数学Iでは、主に1)高等学校における数学の復習、2)行列の基礎、3)解析学の基礎、4)統計学の基礎、を取り上げた。続きの授業である「経営情報数学II」では、統計学の応用を取り上げている。担当教員からのヒアリングでは、経営情報数学Iの授業において、学習者はeラーニング教材を閲覧しながら、分からない所をお互い教えあっていたが、ただ教えあうだけでは答えが飛び交うだけの話し合いとなり学習者の自主的な問題解決能力の育成には繋がらない、という所見が見られた。そこで、本実践では、4月下旬、6月中旬、7月中旬の3回にわたって、附表1にある3つの設題を学習者に提示し、チャットによるゼミ形式を行った。附表1の設題は、いずれも数学教員から提示され、正答の導出は勿論、その思考プロセスにおいて学習者の自主的な問題解決意欲が見られることを目標とした。制限時間は90分で、授業の最後に学習者の回答をチャット掲示板上で回収する。

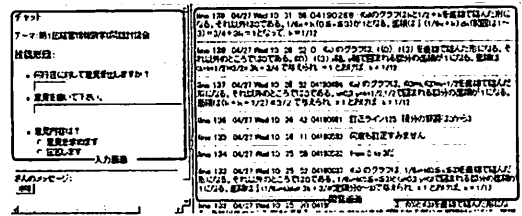


図1:チャット画面

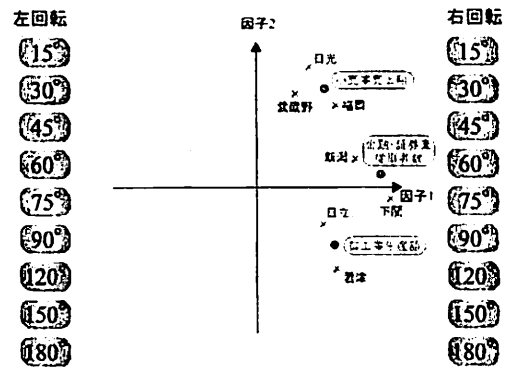


図2:軸回転用補助教材

実践に使用したチャットシステムは、自身の学籍番号・氏名を入力の後、指定されたテーマを選択の上ログインすると、図1の様な画面が現れる。左側は投稿用画面、右側は投稿記事閲覧画面である。先に周囲の学習者がログインして討論を始めていたとしても、遅れてログインした者は過去のチャットログを閲覧することで議論の流れを把握することが可能である。本実践では、学習者が描画ソフトをうまく使えない可能性を考慮し、設題に対する回答ならびに討論は、全て文字で行える様に配慮した。

特に第3回チャット討論については、軸回転が良くわからないという学習者の意見を反映させるために本テーマを設定した。しかし、軸回転という概念は実際に図を動かさないと理解しづらいため、図2の様な軸回転用補助教材を準備し、実際に学習者が議論の中で軸回転を行いながら問題解決を行える様配慮した。

3 実践結果

教員次に、学習者の問題解決プロセスの実態を解析する。

3.1 授業経過時刻と発言数の関係

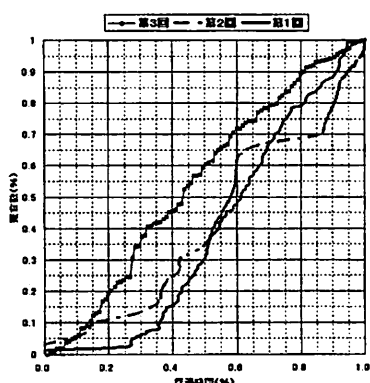


図3:チャットにおける経過時刻と発言 / 数の関係

図3に、チャット開始後の経過時刻と、発言のタイミングをプロットしたものを示す。縦軸は、授業における全発言数を1とした時に、各発言が全体の何%の位置で反応したかを示す量である。横軸は各発言の時刻が全所要時間に対して全体の何%の位置であることを示す。図中の3本の線は、直線・点なしが第1回目のチャット、破線が第2回目のチャット、直線・点ありが3回目のチャットである。それぞれの簡単な傾向は次の通りである。

第1回目は、授業では直接取り上げなかったが少し考えれば授業を受けなくても分かる設題を設定した。チャットシステムは授業開始後すぐ立ち上げているが、初回についてはチャットシステムおよびチャットシステムで行うべき学習活動の説明があったため、反応は殆どない。しかし、その後授業終了時まで直線的に発言が行われている。これは、特に議論の断絶がなかったことを示している。なお、初回ということもあり、教員が積極的に発言をしている。そのため、若干討論は筋書き通りの流れになっていた。

第2回目は、単純に1回前に取り上げた話題の応用という形で設題を設定した。しかし、1回目の実施時に教員の発言があまりに多くてチャット討論の効果を確認するには不十分であった。そのため、第2回では教員は一切発言をせずに、学習者自身の討論で設題に対する答えを見つけることができるか否かを確認した。第2回目のチャット討論の設題は、内容が難しかった上、学習者がネットを利用しないと解けない設題であったため、発言が疎らになっている。しかし、調査が終わった学習者はその結果をきちんと発言しており、その発言がきっかけで皆が議論をはじめの様子が見て取れる。

第3回目は、過去2回のチャット討論において、1) 数学に苦手な学習者は殆ど発言ができない(行っても1~2回)ため、数学が苦手な学習者でも話題について行けそうな課題にする、2) 授業後アンケートの結果、学習者が「特に分かりにくかった」と回答した因子軸の回転の理解を促す、という2点に留意して設題を行った。教員は授業終了間際に1回だけ発言を行い、回答の仕方について指示を出すだけにした。しかしながら、学習者は特に暴走をすることもなく議論を展開していった。発言の様子はほぼ直線的で、第1回目のチャット討論に比べて正側に膨れていることから、やや発言のタイミングが早いことが分かる。

3.2 発言内容の解析

次に、チャット討論中における、学習者の発言内容について解析する。

各回とも共通なのは、1) 直感的な考えを述べる、2) 「どうしてそう思うの?」と尋ねる、3) 他者の問いかけに答える、という流れが自然発生的に起きていることである。このことは、チャットを利用した討論が目的にあっていることを示している。

次に、各回特有の特徴を示す。

第1回目は、初めて行うチャット討論ということもあり、学習者自身が操作や何をすべきかというところまどいが生じ、「何からはじめたらいいのか」という問題提起が起きた。その後、

1. 文章内の変数についての議論、例えば、設題では X と x が記載されているが、これらが同じものをさすのか否か、という点を中心に議論
2. 数学用語や文中の英語の意味確認(インターネットを利用して英単語の意味を調査)
3. 教員による解説、ヒントの再掲
4. 設題回答の大きなポイントの提案
5. 漠然と回答
6. 教員より厳密に解く指示
7. 厳密な回答

と流れていった。全体的では、教員の指示なしには学習者は漠然とした討論に終始し、教員が期待した討論内容には至らなかった。全発言数は139であった。

第2回目は、設題が難しかったこともあり、全発言が30程度しかなかった。このため、学習者の思考分析はできなかった。初めのピークはindex termの勘定を実際に行った学習者の投稿をきっかけに一旦議論が活性化しているが、実際に検索サイトでindex termを利用して共起の調査を始めたが、その作業を行っている間は発言が止まり、一番早く作業を終えた学習者が自身の解釈を投稿することで最後の議論が始まった。第1回目と違い、「私は……と思う。理由は××だから」という様に、自身の意見の根拠を述べる者が現れた。しかし、この動きは全体的な雰囲気ではなかった。また、この回、学習者は自身で回答することはできなかった。

第3回目は、学習者が慣れてきたのか、

1. 「はじめますか」「OKです」という掛け声が学習者自身から挙がった、
2. 発言番号に対してレスをつけた、
3. 「理由を教えてください。俺もそう思うとかじゃ話が広がらないから」等、自身の考えの根拠を示したり、相手に求める傾向が見られた

という現象が見受けられた。

これらことは、決められた時間内で効率的に議論を進めようという学習者の自主性の現れと考えられる。全体的には、

1. 直感的な軸回転角度の提案
2. 提案に対する解釈
3. 社会現象からみた考察
4. 答えの決定

と流れていった。初回導入時に比べると、数学に必要な問題解決を自ら行う姿勢の体現、討論内容の充実、おぼつかないながらも学習者が無意識の内に論理思考を体現できる様になったことが分かる。全発言数は105であった。

この様な、学習者がお互いのコミュニケーションの中で紆余曲折の過程を経て問題解決を行うことで、数学教員の意図する「自主的な問題解決の姿勢の会得」が実現されたといえる。図4に、本システムを利用した学習者の問題解決活動の様子の変化を示す。初回では、学習者は漠然と討論しただけで、教員の指示を元に問題解決を行う発言が見受けられた。そのため、筋道だてた議論以前の結果となったが、最終回には教員の介入なしに問題解決のための発言を多く行い、最終的には回

答決定に至った。これは、コミュニケーション支援機能が学習者間の協調学習を促したことを示していると考えられる。

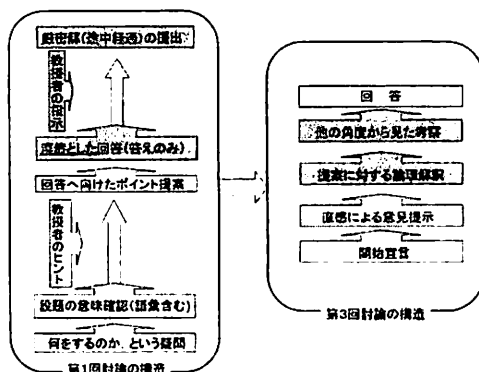


図4 発言内容のフロー

3.3 事後アンケート

全3回のチャット討論会終了後、学習者に事後アンケートを行った。設題は、

1. 因子分析への理解(第3回チャット討論に特化した質問・五択)
2. 全3回を通じてチャットによる討論会を行った感想(五択)
3. チャット討論を行ってよかった所(記述式)

を設定した。図5・図6は、設題1および2の回答である。

図5より、因子軸回転については、実際に手を動かしたことによる理解と、人とチャット討論したことによる理解が概ね同率であった。学習者からの回答を見ても、eラーニング教材の閲覧のみで行う授業より、質的にははるかに理解できたと感じていることが伺える。

図6より、学習者は、自分で意見を述べたことよりも人の意見を聞くことによって学習内容への理解が深まった、と答えた者が半数を占めた。このことから、学習者間のチャット討論が学習者に多大な影響を与えたことを示している。その一方で、少数ながら、「自分の意見をうまくかけなくて」、すなわち、学習者に自己表現の情報リテラシー、または言語リテラシーがなかったためにチャット討論にうまく参加できず消化不良が起きていることも明らかになった。

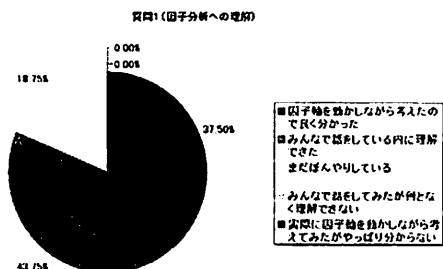


図 5: 設題 1 の回答群

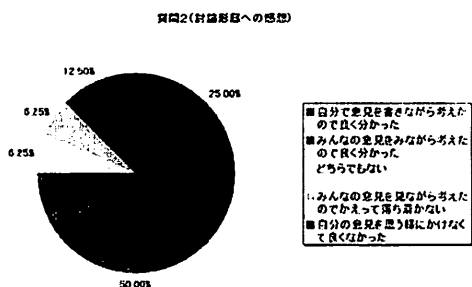


図 6: 設題 2 の回答群

最後に、記述式回答で全3回のチャット討論会の良かった点を書いてもらった。多くは

- みんな意見を持って良かった。討論して面白かった
- 全員で1つの答えを導き出すのに、面白い解決法かと思えた
- 自分の意見とは違う意見が流行していったときに、自分の意見をどのように理解してもらえばよいのかが、少し理解できた
- 知識を共有しながら学習できてよかった

という意見であったが、その一方で、

- いろんな意見があったので面白かった。でもわざわざチャットする必要はないと思う
- 発言者が判ったほうが良かった気もする

という意見も見受けられた。チャットで討論会を行う必要性については、学習者にその意図を予め説明しなかった為にこの様な意見が出てきたと考えられる。発言者の明示については、本実践ではある一定の秘匿性を保った方が学習者も発言しやすいと思ったのでその様にしたが、今後の検討課題としたい。

4 まとめ

本実践では、数学eラーニングにリアルタイムコミュニケーション支援の一環としてチャットシステムを取り入れ、eラーニング学習に問題解決型学習を取り入れることを試みた。その結果、学習者は一定の問題解決能力、ならびにそれに必要な自己表現を学習させることが可能であることを確認した。チャット討論上での傾向として

1. 教員の介入なしに学習者は議論を進めていくことができた、
2. 学習者は回を重ねる毎に論理を重視した発言を体现できた、
3. 学習者間の協調学習を促した

ことが分かった。このことは、数学教育において、問題設定を上手く行えば協調学習による問題解決能力の会得が可能であることを示唆していると考えられる。

References

- [1] 伊藤清美, 酒井三四郎, 赤堀侃司, "協調学習支援のための共有ホワイトボードの開発と評価", 日本教育工学会論文誌, 27, Suppl., pp. 77-80, 2003.
- [2] 中平勝子, 福村好美, 鈴木泉, 安藤雅洋, "授業設計を取り入れた数学 e-Learning コンテンツ作成", 情報教育シンポジウム論文集, Vol. 2004, No.9, pp.83-88.
- [3] 中平勝子, 福村好美, 安藤雅洋, 鈴木泉, "授業設計を取り入れた e-Learning 数学教材の作成と評価", 平成 16 年度情報処理教育研究集会講演論文集.

附表 1
第 1 回目

X は、以下の確率分布 f に従う確率変数であるとする。 k の値を決定しなさい。

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{6}x + k & \text{if } 0 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

第 2 回目

「カード」 and 「会員」というユーザー query が与えられたとき、この「共起しやすい単語どうしは意味が似ている」ということを加味して、A から D の 4 つの文書にユーザー query との類似度の順位をつけなさい。共起しやすさは、Internet を活用して算出しなさい。授業でやった厳密な算出方法にこだわる必要は無い。全員で 1 つの算出方法に決め、計算に手間がかかるときは分担してやること。各文書で検索の対象となる index term は以下の単語のみとし、例えば「松下」と「電器」では分けな

いいこと。
履修者の議論を記録するための Web ベースのチャットシステムは独自に開発を行い、e-Learning コンテンツと同じサーバに設置した。

松下電器、E T C、車載器、機種、発売
会員、獲得、熱戦、カード、知恵比べ
東芝、キャノン、新工場、兵庫、投資
映像、コンテンツ、著作権、処理、省力化、
ひな型、総務省

- A. 松下電器、E T C 車載器 3 機種を発売
- B. 会員獲得に熱戦 カード各社が知恵比べ
- C. 東芝、キャノンが新工場 兵庫で 1 8 0 0 億円投資
- D. <映像コンテンツ> 著作権処理の省力化でひな型 総務省

A から D の文書は、実際には新聞の見出しである。文書と呼ぶには短か過ぎるが、それぞれを 1 つの文書と見ること。

第 3 回

国内の各都市の統計量を分析し、都市の種類を 2 つに大別することにした。調査した統計量（以下、変数と呼ぶ）は次の 3 つである。

- 1. 鉱工業生産額
- 2. 金融・証券業従事者数
- 3. 小売業売上額

いずれも人口で割った値を使用した。各都市のデータから変数間の相関を求め、2 つの因子の因子負荷量を求めたのが下の図である。図には、典型的な数都市の因子得点も併記した。因子得点の意味は、例えば鉱工業生産額の位置に近く、その他から離れている「君津市」の場合、鉱工業生産額は高い額を示すが、その割に、金融・証券業従事者数や小売業売上額は低いことを意味している。

問題：

各因子の意味を解釈し、名前を付けよ。その際、因子の軸は回転して良いので、因子の解釈が容易な軸の位置を見つけ、それによって解釈すること。（右図の数字にマウスカーソルを当てると、軸の回転後の図が現れる。）