

機関番号：25403

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500840

研究課題名（和文） 学習コミュニティにおける数理的説明文を対象とした
論理的思考力評価支援システム研究課題名（英文） Supporting system for teacher to evaluate mathematical statements
in learning community

研究代表者 川本 佳代（KAWAMOTO KAYO）

広島市立大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：10264938

研究成果の概要（和文）：

これからの社会において論理的思考力は重要であり，その育成には数理的説明文を書く経験の蓄積が有効である．その際，数理的説明文を評価する必要があるが，適切に評価する方法が存在しない．本研究では，蓄積された数理的説明文の分析を元に，数学の専門家が高くあるいは低く評価する数理的説明文がどのような特徴を持つのかを明らかにした．これに基づいて作成した評価基準を導入し，学習支援者が学習者の数理的説明文を評価する上で役立つ，論理的思考力評価支援システムを開発した．

研究成果の概要（英文）：

There are a number of automated rating applications for student essays. However, if we are going to rate mathematical statements, there is no rating application available at the moment. This study shows what statements are highly rated by mathematics experts, what characteristics such statements have, and what can be used as the points and standards of objective rating: one can rate a statement by looking at the numbers of conjunctions, logical steps or whether or not there is any algorithm included in the statements. By using these rating points, we have built an evaluation system with which teachers evaluate logical statements. And the rating points implemented, and tested with other mathematical statements to prove that the rating points and standards are valid.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：教育工学，科学教育，解析・評価，情報システム

1. 研究開始当初の背景

国際社会の中において論理的思考力は特に重要な能力の一つであり、あらゆる場でその育成の重要性が強調されている。

論理的思考力とは、①問題の構造を的確に捉える力、②筋道を立てて考える力、③論理的整合性のある表現をする力から成る能力であると考えられる。従来は①②のみの定義が主流であったが、考えた内容を適切に表現して初めて他者と共有でき価値あるものになることから③も含める。

しかし、日本人は以心伝心や間接的表現を好み、伝えたい内容を明確に論理的に表現することを避けがちである (Akira Tsujimura, 1987, Some Characteristics of the Japanese Way of Communication, Communication Theory 他)。また、近年では授業時間の削減や生活形態の変化により、熟考の機会が少なくなっている。これらのことから、現代日本人は「論理的思考力」に欠けているといわれている。

論理的思考力の育成において評価は重要である。論理的思考力がどのレベルにあるか、どこが十分でどこが不足しているかを知ることが、学習支援者(教師等)が支援方法を検討する上で、また、学習者が学習すべき点を自覚する上で役立つ、その結果、より効果的な学習が可能になるからである。

従来、論理的思考力の評価は、論理的な文章を読み、そこから導かれる結論を選択する形式が主流であった。しかし、表現を含めた論理的思考力を評価するには、学習者がどれだけ論理的整合性のある表現をしているかを見るのが最も直接的で有効である。解答に至るための論理展開、つまり細かな記述を対象にするのである。しかし、明らかな評価基準がない、多肢選択のように評価作業が容易ではない、専門的知識・技術が必要である、莫大な時間がかかるなどの理由により、実現が難しいのが現状である。

そこで、数理的説明文を評価するシステムを探したが存在しなかった。類似のシステムとして小論文自動採点システム Jess があるが(石岡 恒憲他, 2003, コンピュータによる小論文の自動採点システム Jess の試作)、長文が対象であること、コラムや社説を基盤に作られていることから、数理分野の数理的説明文の評価には適さない。さらに Jess の研究から数理的説明文を自動的に評価することは困難であり、評価主体は学習支援者であるべきことがわかった。

2. 研究の目的

(1) 学習コミュニティ「e-教室」に投稿された数理的説明文や論理的思考力の育成を目的とする他の学習で書かれた数理的説明文を詳細に分析し、これを基に数理的説明文の評価基準を提案する。

(2) 提案した評価基準を用いて、別の学習で書かれた数理的説明文を評価し、評価基準の改良および一般化を行う。

(3) (1) (2) に基づき評価支援システムを開発する。本システムによる評価の流れは、①数理的説明文が入力されると、②システムから学習支援者のために量的評価支援情報、質的評価支援情報等が提供される。

これらを参考にしながら、③学習支援者は評価を行い、その結果やコメントを入力する。そして最後に④最後に学習者に対して提示される。

3. 研究の方法

(1) 論理的思考力の評価基準の作成

実際に書かれた数理的説明文の分析を通して、論理的思考力のレベルごと(数学の専門家が高く評価する説明文と低く評価する説明文)に数理的説明文の特徴を明らかにする。説明文の特徴は多数の属性項目の集合体の形で表す。量的項目として文字数や段落数等、質的項目として論理的整合性、接続詞の種類等がある。これに基づき、論理的思考力の評価基準を作成する。

(2) 論理的思考力の評価基準の一般化

論理的思考力の評価基準を他の事例に導入し、評価基準の適否を判断する。その結果に基づき評価基準を改良することにより、評価基準の一般化を目指す。

(3) 評価支援システムの開発

PHP 言語を使用評価支援システムを開発する。その概要は研究目的に示したとおりであり、各部を開発・統合し、使いやすいインタフェースを付す。

4. 研究成果

(1) 論理的思考力の評価基準の作成

インターネット上の学習コミュニティ「e-教室」の中の科目の一つ「さんすうの作文」では、学習者に数理的説明文を書く経験を積みませるという方法で論理的思考力の育成を目指している。

ここに投稿された各数理的説明文について、「接続語数」「全文字数」「段落数」「アル

ゴリズムの有無」等の観点から特徴を明らかにした。

並行して、数学の専門家が各数理的説明文を評価し、高評価、低評価、その他に分類した。

そして、数学の専門家による評価の違いによる数理的説明文の特徴を明らかにした。

その結果、高評価を得た文章はその他の文章と比べ、①アルゴリズム、②場合分け、③箇条書を含み、④接続語数、⑤論理接続語数、⑥論理ステップ数、⑦純粋論理ステップ数、⑧全文字数、⑨数式文字数、⑩句点数、⑪読点数、⑫改行数、⑬段落数、⑭一文の文字数が多い傾向があることが分かった。一方、低評価を得た文章は①～③を含まず、④～⑧、⑥～⑭が少ない傾向があることが分かった。

(2) 論理的思考力の評価基準の一般化

システム開発を前提にしているため、(1)で挙げた評価基準のうち、システムにより量的に評価可能な④⑤、⑧～⑭を観点として評価基準を作った。

各観点項目に関して「よい文章」と推定し評価する基準は、高評価を得た投稿とその他の投稿の平均値以上とした。「悪い文章」と推定する基準は低評価を得た投稿とその他の投稿の平均値以下とした。表1はその基準の一覧である。

表1 観点別「よい文章」「悪い文章」の推定基準

観点	推定基準	
	よい文章(数値以上が該当)	悪い文章(数値以下が該当)
接続語数	5.35	3.45
論理接続語数	4.12	2.49
全文字数	355.1	203.96
数式文字数	109.4	—
句点数	6.05	4.30
読点数	8.30	4.49
改行数	15.86	10.15
段落数	5.43	3.82
一文の文字数	49.16	—

この評価基準に基づき、「e-教室」において別の対象が記述した数理的説明文の評価を行った。

その結果、⑭一文の文字数以外について、専門家が高評価を与える投稿を「よい文章」と推定し、高評価を与えない投稿は「その他」と推定する傾向があった。さらにこのうち⑨数式文字数以外の7項目では専門家が低評価を与える数理的説明文を「悪い文章」と推定し、低評価を与えない投稿は「その他」と推定することがわかった。

しかし、「一文の文字数」については望ましい結果は出なかった。先の対象において有

意傾向程度であったため、この対象では同様の結果は出なかったと考えられる。

さらに、一般に数学のテキストとして定評のある数理的説明文を対象に評価を行った(テキスト1:青空学園数学科, http://www.33.ocn.ne.jp/~aozora_gakuen/, テキスト2:松坂和夫(1990), 数学読本1-6, 岩波書店). 定評のある文章であることから、評価結果が「よい文章」と推定することが望ましく、正解とする。

評価の結果、④⑤⑩について正解が有意に多く、⑫⑬については正解が多い傾向があった。

これは、定評のある文章では「接続語」「論理接続語」「改行数」「段落数」が多く使われていることを意味する。論理的説明文の熟達者は、「改行」や「段落」分けを使用して、文章をまとまりごとに見やすくまとめ、「接続語」「論理接続語」を使用して、文と文の関係、段落と段落の関係を論理的に示すと考えると理にかなっている。このことからこれらの観点は評価に有効であるといえる。

また、高校生のレベルでは数理的説明文が書けない生徒がおり、ある程度の長さが書けるかどうか、つまり「全文字数」「数式文字数」など長さに関する項目が評価のポイントになっていた。しかし、定評のある文章では必要十分な内容が簡潔に書かれていることから、長さに関する項目はさほど意味を持たなくなると考えられる。また、今回も「一文文字数」についてよい結果が得られなかった。このことから評価基準としては有効ではないといえよう。

これらをまとめると、本研究で提案する「接続語数」「論理接続語数」「改行数」「段落数」「読点数」の観点は専門家が高評価を与える数理的説明文を推定するための基準として有効である。また、「全文字数」「数式文字数」「句点数」は高校生程度の数理的説明文の評価において有効であるといえよう。

(3) 評価支援システムの開発

これまでの研究に基づき、評価支援システムを開発した。

システムの開発環境は以下のとおりである。形態素解析器 MeCab により、説明文中の接続詞・接続助詞や名詞の判別を行う。

使用言語: PHP Version 5.2.3

: JavaScript

Server API: Apache 2.0 Handler

データベース: SQLite

形態素解析器: MeCab 5

本システムでは、まず学習者が数理的説明文を入力する(図1参照)。その数理的説明文を①で解析し、評価支援情報を生成する。次に評価インタフェースの②で評価項目と評価支援情報を学習

支援者に対して提示する。これに基づき学習者の数理的説明文を学習支援者が評価する。その次に、評価インタフェースの③で、学習支援者が評価結果を入力する際に支援を行なう。最後に、学習支援者が入力した評価結果を④で学習者に対して提示する。

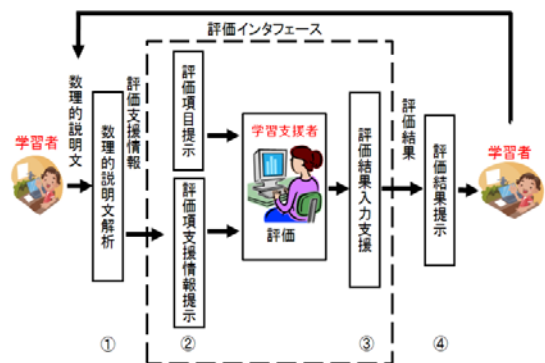


図1 システム概要

本システムを使用して、情報科学を専門とする大学生・大学院生 20 名に数理的説明文を評価させたところ、以下の結果が明らかになった(対照群:MSWord で作られた文章に評価コメントを記入する形式。評価項目を提示しない)。

- ①評価項目を提示し明確化することで評価の質が向上したと考えられる。
- ②システムによる評価支援情報の提示が評価の質の向上に役立つ。
- ③システムによる評価の方が負担が少ない。
- ④システムによる評価の方が短時間で評価を行える。

このことから、本評価支援システムは有効であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① K. KAWAMOTO, N. H. ARAI, Y. ISHIGAMI, RATING POINTS FOR THE LOGICALITY OF MATHEMATICAL STATEMENTS BASED ON THE RATINGS BY MATHEMATICIANS, Proceedings of the IASTED International Conference Web-based Education (WBE 2010), 査読あり, 2010, pp. 87-95.
- ② K. KAWAMOTO and N. H. ARAI, DEVELOPING THE LOGICAL THINKING ABILITY BY INTRODUCING LEARNERS' MUTUAL EVALUATION ON AN ELECTRONIC BULLETIN,

Computers and Advanced Technology in Education (CATE 2010), 査読有, 2010, pp. 69-75.

- ③ T. Uchida and K. Kawamoto, Algorithm for Enumerating All Maximal Frequent Tree Patterns among Words in Tree-Structured Documents and Its Application, International Journal of Database Theory and Application, 査読有, 2(4), 2009, pp. 59-73.

[学会発表] (計 3 件)

- ① 豊田将士, 川本佳代, 新井紀子 学習者支援者のための数理的説明文評価支援システムの開発, 教育システム情報学会研究報告 25(6), 109-114, 2011年3月, 九州工業大学
- ② 石上泰章, 川本佳代, 新井紀子 論理的表現力評価システムの開発 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2009(15), 75-82 2009年3月, 電気通信大学
- ③ 湯浅慎介, 川本佳代, 新井紀子, 学習コミュニティにおける論理的思考力育成のためのモデレーション指標の提案, 情報処理学会研究報告. コンピュータと教育研究会報告 2009(15), 2010年3月, 83-90

6. 研究組織

研究代表者

川本 佳代(KAWAMOTO KAYO)

広島市立大学・情報科学研究科・助教

研究者番号: 10264938