

平成 2 6 年 6 月 2 4 日現在

機関番号： 1 3 6 0 1

研究種目： 基盤研究(B)

研究期間： 2010 ～ 2013

課題番号： 2 2 3 3 0 2 4 5

研究課題名（和文）国際的な学習状況を改善するための，論証学習支援システムの多言語化

研究課題名（英文）Developing multilingual systems for supporting proof learning to improve the international learning situation

研究代表者

松岡 樂（MATSUOKA, Yasushi）

信州大学・教育学部・教授

研究者番号： 5 0 1 3 5 1 1 7

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,300,000 円、（間接経費） 3,990,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は，論証の国際的な学習状況を改善するために，論証学習支援システムを国際的に利用可能なシステムとして多言語化（英語／中国語）することである。この目的を達成するために，既に開発済みの日本語版について，ユーザー登録機能の実装及びコンテンツ操作デモ動画の追加とともに，教師用ガイドブックにコンテンツを組み込んだ。その上で，英語圏と中国語圏の教科書やカリキュラムに基づいて，論証学習支援システムの英語版と中国語版を作成した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop multilingual (English / Chinese) systems available internationally for supporting the proof learning in order to improve the international learning situation of proof. To achieve this purpose, for the Japanese version of the already developed, with the addition of video content of manipulative demonstrations and the implementation of the functions to register the users, incorporating the content in Teacher's Guide book already. On the basis of these outcomes, referring to the curriculum and textbooks of Chinese and English-speaking countries, we have developed the Chinese version and English version of proof learning support system.

研究分野： 社会科学

科研費の分科・細目： 教育学・教科教育学

キーワード： 論証 学習支援システム 多言語 英語 中国語

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 論証の学習状況の改善は国際的な課題

全国学力・学習状況調査によると、我が国の論証の学習状況が望ましくないままになっており、その改善が急務とされ続けている（国立教育政策研究所，2009）。こうした学習状況は国際的に同様であり、論証の学習状況の改善は国際的に主要な課題として認知されている。

### (2) 論証学習支援システムによる改善可能性

科研費（基盤研究(B)：平成18～21年度，課題番号：18330187）により，構成的な論証学習カリキュラムと，それに基づく論証学習支援システムを開発済みであった。これらを多言語化し国際的に利用可能な論証学習システムを開発することにより，世界の多く中学校で利用可能となり論証の国際的な学習状況が改善されるという可能性を見いだすことができた。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は，論証の国際的な学習状況を改善するために，論証学習支援システムを国際的に利用可能なシステムとして多言語化（英語／中国語）することである。

## 3. 研究の方法

### (1) 日本語版の改善

開発済みの論証学習支援システム（日本語版）が学習者にとってユーザーフレンドリーとなるようユーザー登録機能の実装，コンテンツ操作のデモンストレーション動画の追加を行った。また，授業でのシステム利用促進のため，論証導入期の学習指導（9時間分）のための教師用ガイドブック（pdfファイル）に利用可能なコンテンツを組み込んだ。

### (2) 英語版の作成

論証学習支援システムの次の画面を英語に翻訳した：ログイン画面，コンテンツ一覧，各コンテンツ（20題）。翻訳にあたり，英語圏の教科書における表現や表記に留意した。特に，ユーザーが誤った証明を作成した場合に修正のために表示されるメッセージについては，英語圏の学習者に意味が伝わるように，英語圏の大学・中学校教員，中学生に試用してもらい，そのフィードバックをもとに英語版を改善する作業を繰り返した。

### (3) 中国語版の作成

論証学習支援システムの次の画面を中国語に翻訳した：ログイン画面，コンテンツ一覧，各コンテンツ（20題）。特に，各コンテンツの中国語版作成にあたっては，中国のカリキュラム及び教科書における内容及び表記に留意するとともに，中国の数学教育に詳しい研究者によるネイティブチェックを受けた。

## 4. 研究成果

### (1) 日本語版の改善

論証学習支援システムの特徴

本システムは，図形の論証に関する学習コンテンツ20題で構成され，各コンテンツは

問題の複雑さに応じて分類・配置されている。



図1 全体的な構成（日本語版）

各コンテンツでは，フローチャート証明が採用されている。また，図形の辺などを所定の箇所にドラッグすると，例えば“AB”と自動的に記号に変換される。これにより学習者は証明を記述する言語的なハードルに妨げられることなく証明の構成に専念できる。また，回答の正誤判定とともに，修正促進のためのメッセージが組織的に提供される。

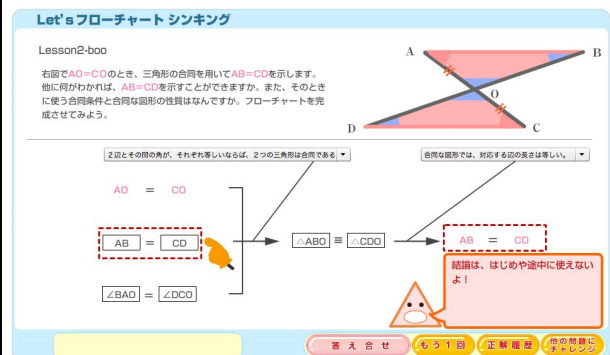


図2 修正促進のためのメッセージ

さらに，本システムの多くのコンテンツでは複数の正解を有するオープンな場面が採用されている。1つの正解を見いだしても，他に正解があればシステムがその正解を見いだすように学習者を促進する。その際，正解済みの解答履歴が必要になる。そこで，本システムには解答履歴参照機能がある。これにより既に正解したフローチャートのどこを変えることができるか／どこを変えてはいけなかと考えながら，あるフローチャート証明から別のフローチャート証明へと発展的に考えていく機会が学習者に提供される。

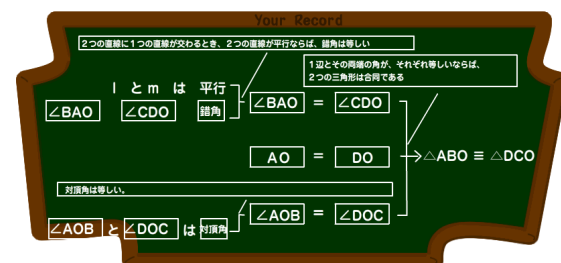


図3 コンテンツと解答履歴

## 論証学習支援システムシステムの改善

### ● ユーザー登録機能の実装

学習者が本システムを各自の履歴に基づいてもとに使用できるようにするために、ユーザー登録機能を実装した。この機能により、学習者により使用されたコンテンツ及びそのコンテンツにおける達成状況（正解数）がサーバーに保存され、学習者はログイン時にこれまでの達成状況を学習履歴として活かすことができるようになった。

### ● コンテンツ操作デモ動画の追加

試用段階で、フローチャート証明の空欄にキーボードから文字を打ち込む学習者が見受けられたため、操作のデモ動画を追加した。

### 教師用ガイドブックへのコンテンツ組込

本ガイドブックは、論証導入期の学習指導を行うための9時間分の指導案、ワークシート等で構成されている。授業で本システムが幅広く利用されるために、本ガイドブック（pdf版）の各時間の指導案のあとにシステムのコンテンツを組み込み、教師がインターネットを介し当該の授業準備及び授業実践にあたりコンテンツを利用しやすくした。

### (2)英語版の作成

#### 初期画面

初期画面は、ユーザー登録によりIDとパスワードでログインする部分と、ユーザー登録なしでログインする部分で構成されている。ユーザー登録でログインした場合、学習者はサーバーの保存された学習履歴に基づいて新たな学習を展開することができる。一方、ユーザー登録なしでログインした場合、学習者は全てのコンテンツを使用できるが、学習履歴を参照することはできない。

#### 全体的な構成

日本語版の全体的な構成と同様に、英語版は学習コンテンツ20題で構成され、各コンテンツは問題の内容及び場面の複雑さに応じて次のように分類・配置されている。

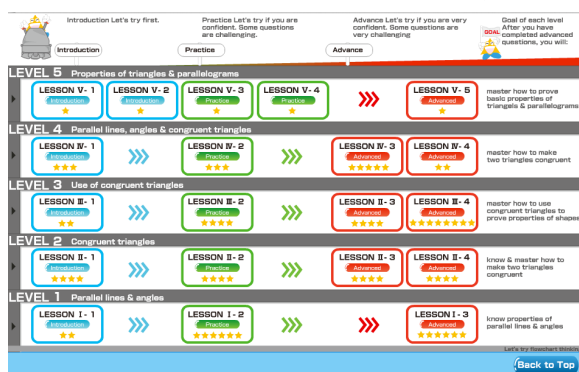


図4 全体的な構成（英語版）

日本語版の全体的な構成と異なり、5つのレベルの特徴が、例えば「LEVEL 3 Use of congruent triangles」などと表示され、場面の複雑さについても、3段階（Introduction, Practice, Advance）に分けられている。これにより、各コンテンツの複雑さが学習者にわかりやすくなるようにされている。また、最右列には、各レベルのコンテンツをAdvanceの

段階まで学習することにより習得できることが示されている。なお、この工夫は英語圏でのモニターの結果によるものであり、中国語版の全体的な構成にも反映されている。

### コンテンツの概要

学習コンテンツの特徴は日本語版と同様に、図から記号への自動的な変換／回答の正誤判定／誤答に対する修正メッセージの提供／学習履歴の参照である。

例えば、「LEVEL 1 Parallels & angles」のAdvanceの段階には、次のコンテンツがある。

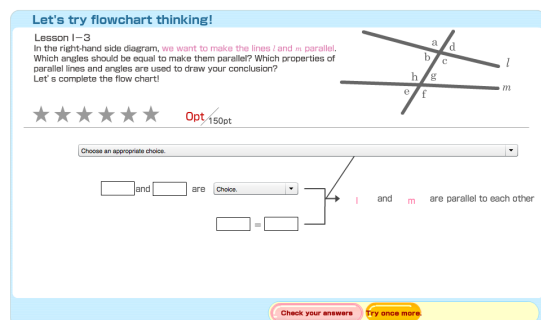


図5 英語版のコンテンツ例

このコンテンツでは、直線  $l \parallel m$  となるために等しくすればよい角の組を見いだすとともに、必要となる図形の性質を選ぶことが求められている。この問題には8つの正解があることが、この個数で示されている。

正解すると次のメッセージが表示され他に正解があると、「But it is not the only answer. Find out more!」というメッセージにより、学習者は他の正答を見つけるよう促進されている。また、正解を示すのうち学習者が回答したものは黄色の で表示される。

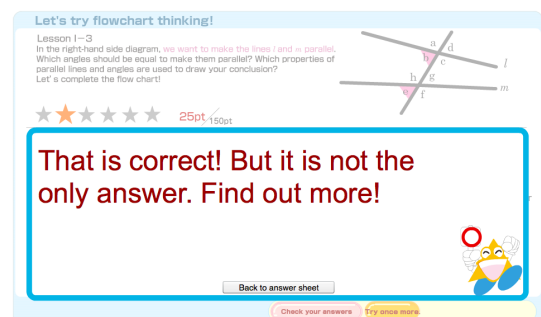


図6 正解に対するメッセージ

一方、誤答の場合、修正のヒントとなるメッセージが次のように表示される。このメッセージは誤答の質に応じて表示される。

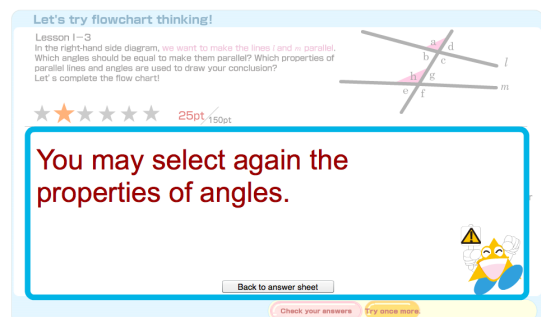


図7 誤答に対するメッセージ

8つの正解を全てみつけるには、学習者が既にみつけた正解をレビューできる必要がある。そのため、コンテンツの黄色のをクリックすることにより、次のように学習者が既にみつけた正解が別ウインドウで表示され、学習者は複数のウインドウを表示しつつ新たな正答を探すことができる。

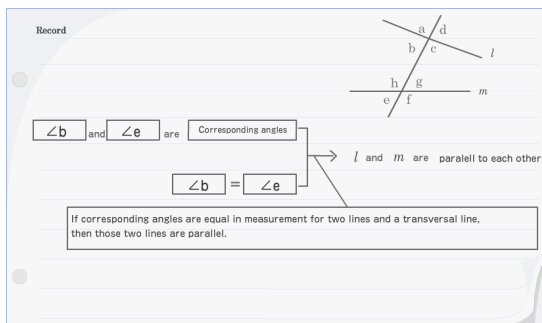


図8 解答済み正解のレビュー

### (3)中国語版の作成

#### 初期画面

初期画面は、日本語版/英語版と同様に、ユーザー登録によりIDとパスワードでログインする部分(右半分)と、ユーザー登録なしでログインする部分(左半分)で構成されている。ユーザー登録でログインした場合、学習者はサーバーの保存された学習履歴に基づいて新たな学習を展開することができる。一方、ユーザー登録なしでログインした場合には、学習者は全てのコンテンツを使用することはできるが、本システムを初めて使用するとみなされ学習履歴を参照することはできない。

#### 全体的な構成

日本語版/英語版の全体的な構成と同様に、中国語版は学習コンテンツ20題で構成され、各コンテンツは問題の内容及び場面の複雑さに応じて次のように分類・配置されている。



図9 全体的な構成(中国語版)

英語版と同様に、5つのレベルの特徴が、例えば「二级 全等三角形」など表示されているとともに、場面の複雑さについても、3段階(起步, 练习, 提高)に分けられている。これにより、各コンテンツの内容及場面の複雑さが学習者にわかりやすくなるようにされている。また、最右列には、各レベルのコンテンツを提高の段階まで学習することにより習得できることが示されている。

### コンテンツの概要

学習コンテンツの特徴は日本語版/英語版と同様に、図から記号への自動的な変換/回答の正誤判定/誤答に対する修正メッセージの提供/学習履歴の参照である。

例えば、「四级 平行线、角及全等三角形」の提高の段階には、次のコンテンツがある。

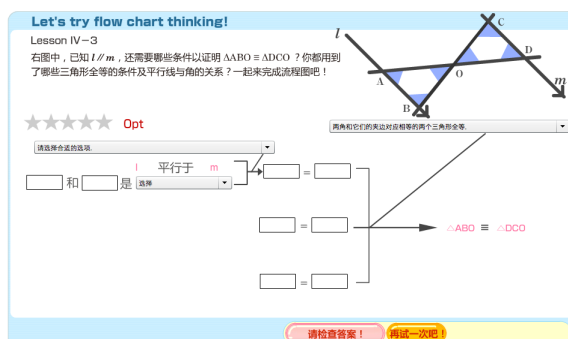


図10 中国語版のコンテンツ例

このコンテンツでは、ABO DCOを示すために必要な辺や角の組を見いだすとともに、角の組については平行線と角の性質を用いて導くために必要な条件を見いだすことが求められている。この問題場面はオープンであり、5つの正解があることがの個数で示されている。

正解をすると次のメッセージが表示される。この場合、他に正解が残されているため、「回答正确! 不过这不是唯一答案。请找出更多答案吧!」というメッセージにより、学習者は他の正答を見つけるよう促進されている。また、正解を示すのうち学習者が回答したものは黄色の で表示される。

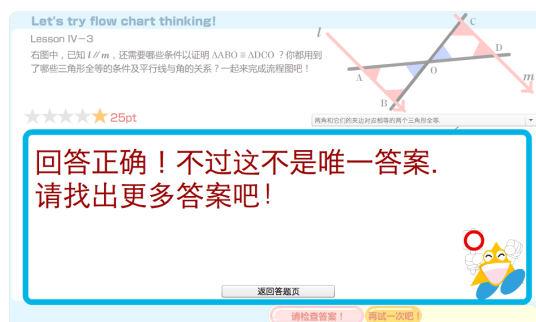


図11 正解に対するメッセージ

一方、誤答をした場合、修正のヒントとなるメッセージが次のように表示される。このメッセージは誤答の質に応じたものが用意されている。ここでは、ABO= DCOを導くための根拠に誤りがあるため、メッセージ「请重新选择平行线和角的性质或求证条件」(平行線と角の性質を選び直してみよう)が表示されている。

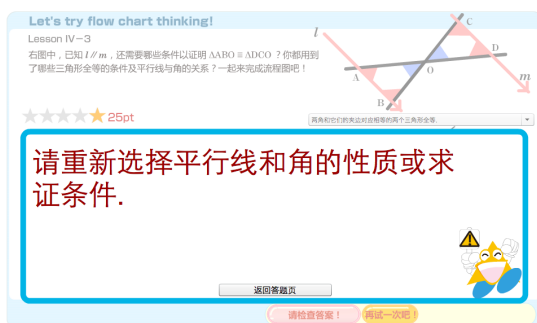


图 1 2 誤答に対するメッセージ

5 つの正解を全てみつけるには、学習者が既にみつけた正解をレビューできる必要がある。そのため、コンテンツの黄色の をクリックすることにより、次のように学習者が既にみつけた正解が別ウィンドウで表示され、学習者は複数のウィンドウを表示しつつ新たな正答を探すことができる。

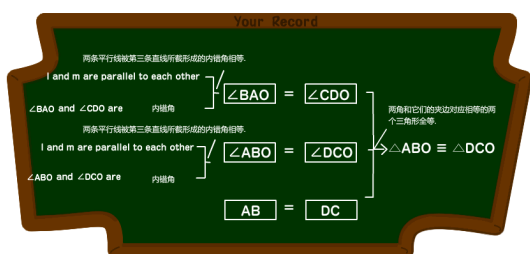


图 1 3 解答済みの正解のレビュー

#### (4) 今後の課題

- ・ コンテンツ操作デモ動画(英語 / 中国語)の追加
- ・ 教師用ガイドブックの翻訳
- ・ システムを家庭学習用に改良

#### 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 21 件)

Mikio Miyazaki, Taro Fujita, Keith Jones, FUNCTIONS OF OPEN FLOW- CHART PROVING IN INTRODUCTORY LESSONS OF FORMAL PROVING , Proceedings of the 38th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education , 印刷中 , 2014、査読有

T. Miyakawa, C. Winslow、Developing mathematics teacher knowledge: the paradigmatic infrastructure of "open lesson" in Japan , Journal of Mathematics Teacher Education ,16(3) ,185-209、2013、査読有

宮川健、幾何領域における証明の存在理由：フランスと日本の場合 , 日本数学教育学会誌 数学教育学論究 ,95 ,345-352、2013、査読有

Miyazaki, M., Kimiho, C., Katoh, R., Arai, H., Ogihara, F., Oguchi, Y., Morozumi, T., Kon, M., and Komatsu, K., Potentials for

Spatial Geometry Curriculum Development with Three-Dimensional Dynamic Geometry Software in Lower Secondary Mathematics , International Journal for Technology in Mathematics Education , 19(2), 73-79, 2012、査読有  
Miyazaki, M., Fujita, T., & Jones, D. K., Introducing the structure of proof in lower secondary school geometry: a learning progression based on flow-chart proving , Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education(ICME-12), 1, 2858-2867, 2012、査読有

Miyakawa T., Proof in geometry: a comparative analysis of French and Japanese textbooks , Proceedings of the 36th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education , 3, 225-232, 2012、査読有  
Fujita, T., Jones, K. and Miyazaki, M., Supporting students to overcome circular arguments in secondary school mathematics: the use of the flowchart proof learning platform , Proceedings of the 35th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education , 2, 353-360 , 2011、査読有  
杜威、中国の高等学校数学教科書 , 日本数学教育学会誌 数学教育 , 93 (9) , 33-36、2011、査読有  
宮川健、フランスの高等学校数学教科書 , 日本数学教育学会誌 数学教育 ,93 (7) , 43-47、2011、査読有  
宮川健、フランスの算数・数学教科書 , 日本数学教育学会誌 数学教育 ,92 (4) , 27-31、2010、査読有  
Miyazaki, M. & Fujita, T., Students' understanding of the structure of proof: Why do students accept a proof with logical circularity? , The 5th East Asia Regional Conference on Mathematics Education, 172-179、2010、査読有

〔学会発表〕(計 15 件)

宮崎樹夫、遠藤美奈、大島正人、後藤稚佳子、村上陽一、中学校数学における、フローチャート証明学習支援システムの改良：ゲーミフィケーションの試み、日本科学教育学会年会、三重大学、2013 年 9 月 18 日、

Keith Jones, Taro Fujita and Mikio Miyazaki, Learning congruency- based proofs in geometry via a web- based learning system , British Society for Research into Learning Mathematics , Sheffield Hallam University、2013 年 6 月 2 日、

Miyakawa T., Comparative study on proof in geometry: an analysis of textbooks of

France, USA, and Japan , The 12th International Congress on Mathematical Education(ICME-12) , Soul, Korea、 2012 年 7 月 8 日 ~ 2012 年 7 月 15 日、  
Miyazaki, M., Fujita, T., Murakami, Y., Baba, N. & Jones, K., Secondary school mathematics learners constructing geometric flow-chart proofs with a web-based learning support system , 10th International Conference on Technology in Mathematics Teaching , University of Portsmouth、 2011 年 7 月 8 日、  
宮崎樹夫他 3 名、中学校数学におけるフローチャート証明の学習支援システムの開発: デジタルコンテンツ及びその編成の特徴 , 日本科学教育学会第 34 回年会 , 広島大学 ( 東広島市 ) , 2010 年 9 月 12 日、

〔図書〕( 計 1 件 )

Miyazaki, M. and Fujita, T. (in press). Proving as an explorative activity in mathematics education: new trends in Japanese research into proof. In Sriraman, B. (Eds.), First Sourcebook on Asian Research in Mathematics Education: China, Korea, Singapore, Japan, Malaysia and India (International Sourcebooks in Mathematics and Science Education), Charlotte, NC: Information Age Publishing Inc, 2014. ISBN-10: 1623960290

〔その他〕

ホームページ等

論証学習支援システム

【日本語版】

<http://www.schoolmath.jp/flowchart/home.htm>

【英語版】

[http://www.schoolmath.jp/flowchart/login/index\\_e.php](http://www.schoolmath.jp/flowchart/login/index_e.php)

【中国語版】

[http://www.schoolmath.jp/flowchart/login/index\\_c.php](http://www.schoolmath.jp/flowchart/login/index_c.php)

教師用ガイドブック

[http://www.schoolmath.jp/wp-content/uploads/2012/10/shidouan\\_ver4.1.pdf](http://www.schoolmath.jp/wp-content/uploads/2012/10/shidouan_ver4.1.pdf)

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

松岡 樂 ( MATSUOKA, Yasushi )

信州大学・教育学部・教授

研究者番号 : 50135117

### (2)研究分担者

宮崎 樹夫 ( MIYAZAKI, Mikio )

信州大学・教育学部・教授

研究者番号 : 10261760

杜 威 ( DU, Wei )

秋田大学・教育文化学部・教授

研究者番号 : 30240683

宮川 健 ( MIYAKAWA, Takeshi )

上越教育大学・学校教育研究科・准教授

研究者番号 : 30375456