

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月10日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700990

研究課題名（和文） 数学学習を対象とした創造性育成のための産出課題の学習支援手法の構築と実践的評価

研究課題名（英文） Implementation and evaluation of a method to support learning of a production task for generation of creativity in mathematical learning

研究代表者

小島 一晃 (KOJIMA KAZUAKI)

早稲田大学・人間科学学術院・助教

研究者番号：30437082

研究成果の概要(和文):本研究では,数学を対象とした創造性教育への貢献を最終目標として,産出課題の知的学習支援手法を設計し,その評価を行った.創造性の育成のためには,与えられた問題の解に収束する活動のみではなく,学習者が自分自身でアイデアを産出する活動を与える必要がある.しかし,問題を解く活動においては例題学習の手法が確立しているものの,産出課題における例の学習活動は必ずしも確立されてはいない.本研究ではまず,学習者自身が問題を作り出す「作問」を対象として,産出課題における例の学習活動とその支援手法を考案した.この学習のフレームワークは次の通りである.学習者には,作問の例とともに,例を作成するための規範のプロセスを自動生成して提示する.学習者は,このプロセスに倣って例と同じ問題を再産出し,例が作られた背景にあるアイデアを学ぶ.そして,この学習活動を提供する知的学習支援システムを実装し,システムを用いた学習によって学習者の作問が改善されるかを実験的に検証した.我々は先行研究において,初学者は問題の数学的構造を変更する作問をあまり行わないこと,そのような作問を行った場合,その構造は単純であったり不適切である傾向にあることを確認している.本システムを用いて例を再産出する学習を与えると,例のアイデアを用いて問題構造を変更する作問が適切に促進されることが確認された.さらなる実験調査により,例を再産出する活動を通じて,例とは異なる新しいアイデアを用いた作問も促進されることが明らかになった.その一方で,例を再産出する学習に失敗する学習者が一部観察され,そのような学習者の作問は促進されないことも判明した.したがって,創造性育成のための学習支援の基盤手法を確立することはできたが,本手法の適用にあたっては学習に失敗する学習者の支援が新たな課題となることが明らかになった.

研究成果の概要(英文):To contribute to generation of creativity in mathematical education, we implemented an intelligent learning supporting method for a production task and empirically evaluated the method. To generate creativity, it is necessary to provide learners with an activity which requires production of ideas by the learners themselves, in addition to the common activity to reach answers of given problems. Although the common learning activity of problem solving conventionally uses examples, no such conventional method has been established in learning of a production task. We first proposed a learning activity by using examples and its supporting method in problem posing where learners pose their own problems as a production task. The basic framework of the learning activity is as follows. A learner is given a problem as an example of problem posing and information of normative processes indicating how the example is generated. The information is automatically generated. The learner reproduces the example by following the process information. That is expected to help the learner in understanding deep ideas used in generation of the example. We then implemented an intelligent support system which provides the proposed learning activity and experimentally confirmed whether the system could improve problem posing by learners. We precedently confirmed that novice learners

hardly posed novel problems by altering structures of given problems, and that problem structures composed by themselves were mostly simple or inappropriate. The experimental results proved that learning through reproducing an example by using the system facilitated generation of problems composed by altering problem structures with ideas used in the example. Further experimental study proved that learning by reproduction can facilitate problem posing by novel ideas of learners themselves. However, it also revealed that some of the learners failed reproduction of a given example and their problem posing was not improved. We believe that our studies successfully established a basic method to support learning activities in creativity education for mathematics. To adapt the method to general education, however, we must introduce an additional method to help learners who fail learning by reproduction.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,000,000	600,000	2,600,000

研究分野：複合領域

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：数学学習，創造性，知的学習支援，作問，産出課題，例からの学習

1. 研究開始当初の背景

現代社会における一般教育に対しては，常に創造性の育成が期待され，要求されている。実際，文部科学省の学習指導要領にも創造という言葉は散見され，特に高等学校学習指導要領の数学の節には，「数学的活動を通して創造性の基礎を培う」という具体的な文言が取り入れられている。創造性にはいくつかの側面・定義があるが，例えば「新奇で価値のあるものを作り出す能力」の意味での創造のための学習活動を一般教育で実施する場合，学習者にとっても教授者にとっても，様々な点において負担や困難さがあると考えられる。

一般教育における古典的で代表的な教授学習法では，学習者には定式化された問題が与えられ，問題の情報から関係や構造を抽出して解に収束することが求められる。その一方で，創造は与えられる情報だけでは成立しない。学習者には何らかの意味で新奇なアイデアを想起・生成し，既知のアイデアと結び付け，構造を統合することが要求される。ここでは，唯一に定まる解へと収束する問題解決を理解課題(comprehension task)，これとは異なる発散的アイデア生成を伴う統合的問題解決を産出課題(production task)と呼ぶことにする。理解課題と産出課題とは，その認知技能の方向が逆転した関係になっているが，一方の課題を学習しても他方にその学習効果が転移しないことが報告されている。すなわち，理解課題による学習だけでは産出課題の訓練はされないことになり，したがって創造性の育成は困難であると考えられる。さらに，適切なアイデアの生成と結び付けは，課題領域の知識が乏しい学習者には容易で

はない。そのため，創造性の育成のためには，理解課題だけでなく産出課題自体を与えて経験させること，その際にアイデア生成に焦点を置いた支援を行うことが必要であると考えられる。

アイデア生成の支援には，様々な例を刺激やヒントとして提示する方法がよく採用される。ただし，先述のように理解課題と産出課題は互いに転移しないことから，学習者に例を与えて理解させることができたとしても，そこから産出課題のための重要なアイデアを学び，例と同等の産出が実行できるようになるとは限らない。

理解課題においては，worked-out example等の形で，例から学習を行う方法は十分に確立しており，例からの学習を対象とした知的学習支援システムの実現例も枚挙に暇がない。しかし，産出課題においてはこのような一般的な方法が確立されているとはいえない。発想支援研究では，アイデア生成のヒントとして例を提示するシステムが実現されているが，初学者が例からどのように学ぶかという観点の支援はスコープに含まれない。

2. 研究の目的

本研究では，数学を対象とした創造性教育への貢献を最終目標として，認知心理学的な知見に基づいて産出課題の知的学習支援手法を設計し，その自動化システムの構築を目指す。そして，提案手法を適用した創造性育成の方法を模索する。

本研究では「作問」を対象課題として取り上げ，多様なアイデア・プロダクトを適切に生み出す創造的なスキルの育成に焦点を置く。作問は，学習者自身が問題を作り出す産出課

題である。さらに、数学や科学の創造において新しい問題の発見・定式化の際に起こるプロセスであって、創造性と関係していると言われている。また、多くの学習者は問題を解く理解課題には熟知しているものの、作問という産出課題には親和性がない。そのため、産出課題の支援手法を探求するための課題として、また、数学における創造性育成を模索する対象として適切であると考えられる。

3. 研究の方法

作問学習を対象として、知的支援手法を設計・検証し、自動化システムを構築する。提案手法では、模倣という産出課題によって学習者に例を学習させることで、作問における学習者のアイデア生成支援を図る。提案手法のフレームワークは次の通りである。学習者には、作問の例とともに、例を作成するための規範的プロセスを自動生成して提示する。学習者は、このプロセスに倣って例と同じ問題を再産出し、例が作られた背景にあるアイデアを学ぶ。この手法によって作問における学習者のアイデア生成が促進されるかを実験的に検証するとともに、提案手法による学習の自動化システムを構築する。そして、構築した自動化システムを用いて、作問学習を通じた数学的な創造性育成を実施する方法を模索する。

4. 研究成果

本研究で開発したシステムによって例を再産出する学習活動を行わせることで、学習者が自分自身の作問に例のアイデアを転移させ、適切な問題を作成できるようになることが、実験的に確認された。さらに、例を再産出する学習を行うことで、例とは異なる新しいアイデアによる作問も促進されることが確認された。この結果から、作問による創造性教育を支援するための基盤手法を確立することができたと考えられる。その一方で、例の再産出に失敗する学習者が一部存在することが確認され、そのような学習者の作問は促進されないことが判明した。したがって、本手法を教育に適用するために、このような学習者の支援が克服すべき課題であると明らかになったことも、本研究のひとつの成果である。

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 0 件)

[学会発表] (計 4 件)

小島一晃、三輪和久、松居辰則: 作問における解法構造の構築支援のための例の再産

出活動の実験的検討, 第 63 回人工知能学会先進的学習科学と工学研究会資料, SIG-ALST-B102, pp. 29-34 (2011)

Kazuaki Kojima, Kazuhisa Miwa, and Tatsunori Matsui: Experimental Study on Failures in Composing Solution Structures in Mathematical Problem Posing, In Workshop Proceedings: Supplementary Proceedings of the 19th International Conference on Computers in Education, pp. 370-377 (2011)

Kazuaki Kojima, Kazuhisa Miwa, and Tatsunori Matsui: Study on the Effects of Learning Examples through Production in Problem Posing, In Proceedings of 19th International Conference on Computers in Education, pp. 86-90 (2011)

Kazuaki Kojima, Kazuhisa Miwa, and Tatsunori Matsui: Study on Facilitation of Problem Posing by Learning Examples through Reproduction, 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society (2012)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小島一晃 (早稲田大学)

研究者番号: 30437082

(2)研究分担者 ()

研究者番号：

(3)連携研究者 ()

研究者番号：