

作問学習における例の再産出活動支援の効果の実験的検討

Experimental Study on Effects of Reproduction of Examples in Learning of Problem Posing

小島一晃*¹ 三輪和久*² 松居辰則*¹
 KOJIMA Kazuaki MIWA Kazuhisa MATSUI Tatsunori

*¹早稲田大学人間科学学術院 *²名古屋大学大学院情報科学研究科
 Faculty of Human Sciences, Waseda University Graduate School of Information Science, Nagoya University

Problem posing is an critical skill in mathematics learning as well as problem solving is. It is important but also difficult for novice learners to generate diverse problems. Such novices particularly have difficulty in composing appropriate solution structures of problems. Because problem posing is a production task that requires novel ideas in some ways, it needs idea generation support. We have proposed support for learning of problem posing by reproducing examples and implemented its support system. Such activity of reproduction is expected to facilitate learners' understanding of ideas to compose solutions. We preliminary performed an experimental investigation where participants were asked to pose diverse problems after reproduction of an example in our system. However, the results didn't confirm sufficient effect of the reproduction. To enhance various and appropriate problem posing by novices, further studies must be conducted.

1. はじめに

数学学習において、学習者自身が問題を作り出す作問は、問題解決同様に重要な活動である。作問には様々な効果があり、また、それ自体獲得されるべきスキルであると考えられているが、何らかの意味でのアイデア生成を要求する産出課題の側面を持つため、学習者にとっては負荷が高い。同じ問題を繰り返すことに学習上の意義がないように、同じ問題を繰り返し作ることにも意義はない。作問学習においては多様な問題を作成することが重要であるが、初学者にとってそれは困難であり [English 1998, Mestre 2002]、適切な作問をさせるためには支援が必要である。

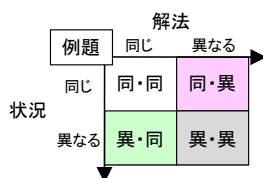


図 1: 作問のカテゴリ

数学の作問における重要なアイデアには、問題文に言い表される文脈設定 (以後、状況と呼ぶ) と、解法式の数学的構造 (解法) の 2 つが含まれる。多様な作問は、様々な状況と解法とを生成して組み合わせることによって行われる。我々は一連の研究において、数学文章題の例題を与え、その領域で新しい問題を自由に作成する課題を用いて、多様な作問を促進する支援手法を検討してきた。この課題における作問の多様性は、学習者の作問と例題の状況・解法を比較し、図 1 に示すカテゴリに分類することで評価される。先行研究では、介入を行わなければ初学者の作問は同・同 (例題と同じ状況・解法を持つ) に偏ること、多様な作問を強調した教示により異・同 (例題の状況を変更) の作問は増えるが同・異 (解法を変更) の作問は増えないこと、同・異と異・異 (状況・解法とも変更) の作問において初学者が独自に作成した解法は比較的単純であり適切で

ないものが多いことを実験的に確認している [小島 2010a]。つまり、初学者の多様な作問を促進するためには、解法の作成に焦点を置いたアイデア生成支援が効果的であると考えられる。

本研究では、初学者の多様な作問を促進する方法を実験的に検討する。作問は産出課題であるため、例と同じ問題を作る「再産出」による学習を導入し、これによって適切な解法の構築を促進することが可能であるかどうかを予備的に確認する。

2. 例の再産出による作問学習支援

初期学習においては例の使用が効果的であり、実際の数学学習においても具体的な問題の例 (例題) が使用される。ただし、このような例は問題解決の学習を意図したものであり、一般に学習は解く活動によってなされる。例を解くことによって多くの問題を知ることは可能であり、問題を作るためのアイデアを学ぶこともできるかもしれない。しかし、問題を解くことと作ることとはその認知プロセスが異なるため、例を解くだけでは作問を促進する十分な学習効果が得られない可能性がある。我々は先述の例題からの作問課題を用いて、作問の事前に例を解くことの効果を実験的に調査しており、異・同の例を解かせることで異・同の作問を増加させることが可能だが、その解法はやはり単純になる傾向があることを確認している [小島 2010b]。これは、例を解くだけでは解法の構造を十分に吟味することができないためではないかと推測される。

例からの学習によって学習者の作問を促進する、特に例の解法の構造を吟味させて適切な解法の構築を促進するためには、例を作る活動の導入が考えられる。山本ら [Yamamoto 2010] は力学の問題領域において、具体的な問題を変更することで新しい問題を作る問題変更演習の支援環境を実現している。そして、共通点・相違点の抽出によって問題間の関係付けを行う課題を用いて、この作問活動の学習効果を、問題を解く活動との比較を通じて検証している。その結果、問題を作ることは問題を解くことよりも、問題間の解法構造に関する関係付けをより促進したことを報告している。

我々は一連の研究において、学習者に問題の例を与え、例と同じ問題を学習者自身に作成させる「例の再産出」を支援するシステムを実現している [小島 2009]。このシステムは、状況

と解法を統制して例を検索・提示する機能と、例を作るプロセスを自動生成し、このプロセスを追従させることで再産出活動を支援する機能を持つ。そして、このシステムを用いて同・異の例を再産出させることで、例の解法を作成する方法を学習者自身の作問に転移させることに成功している。本研究ではさらに、このような例の再産出を通じて解法の作成方法を学ぶことで、学習者の作問の多様性を適切に向上させることが可能であるか、特に適切で多様な解法の作成を促進するかを予備的に調査する。

3. 実験的調査

3.1 方法

本調査には、一般大学生 8 名が参加した。参加者にはまず、連立方程式の文章題の領域での例題からの作問課題を提示し、支援システムを用いて同・異の例を再産出することで作問を学習するよう求めた。この例は、例題と同じ状況を持ち、例題の解法構造に 2 つの演算操作を加えて解法を変更することで作成される問題であった。その後、事後テストとして一元一次方程式の例題からの作問課題に従事させた。事後テストにあたっては、他者が考えられないようなユニークな問題が良い回答であると伝えるとともに、できるだけ多様な、そして、できるだけ面白い問題を作成することを求めた。

参加者の作問の多様性は、図 1 のカテゴリによって評価した。また、解法の変更がどのように行われたかを、参加者の問題と例題の解法との比較により「変更なし (例題と同一)」「操作削除 (数学操作の削除により例題の解法構造を変更)」「操作追加 (数学操作の追加)」「操作追加・削除 (数学操作の削除・追加の両方)」「全変更 (例題と異なる構造の解法を独自に作成)」に分類することで分析した。さらに全変更、すなわち参加者が独自に作成した解法について、例題の解法と解導出までの操作数を比較して増加したか減少したかを評価し、複雑/単純な解法がどの程度作成されたかを分析した。これらの分析結果を、先行研究の結果との比較により検討する。

3.2 結果

図 2 に、参加者の作問における各カテゴリの割合を示す。例の学習なしで事後テストと同じ作問課題のみを行った場合 [小島 2010a] と比べ、先行研究 [小島 2009, 小島 2010b] では例の解決や再産出によって同・異の作問が促進されたが、本実験では同・異の作問が大きく増えてはいない。

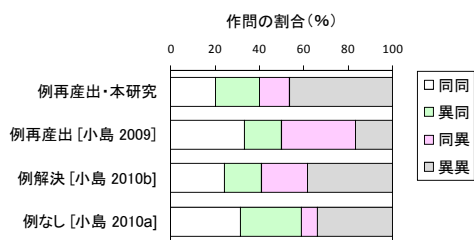


図 2: 各カテゴリの作問の割合

解法変更の方法は変更なしが 40%、操作追加が 6.7%、全変更が 53.3% であり、全変更で作成された問題のうち操作数が例題より増加した問題は 25%、例題と同数の問題は 25%、例題より減少した問題は 50% であった。

3.3 考察

全節で示したように、本実験で例の再産出を行った学習者は同・異の作問をあまり行わなかった。また、作問において解法

を変更する時は、例題とは異なる構造の解法を作成する傾向にあり、そのような解法は単純なものが多かった。このような解法の傾向は、例なし [小島 2010a] や例解決 [小島 2010b] の結果に類似している。これら先行研究の参加者の作問も同様に、解法の変更は全変更が多く、そのような解法の約半数が例題より単純であった。

本実験の結果は、同じ例の再産出を使用した先行研究 [小島 2009] と大きく異なる。この違いは、先行研究の参加者が事後テストの前に例から学習したことを活用するよう教示されたのに対し、本実験では多様な作問のみを求めたために生じたと推測される。先行研究では操作追加の作問が 27.8%、全変更の作問が 16.8% と、例に近い方法での解法変更がより多く行われていた。本実験の参加者は教示によってユニークな作問を促されたため、例に直接的に倣うことを避けた可能性がある。しかし、ユニークな作問を適切に行うためのアイデアは不十分であったため、単純な解法の問題が多くなったと考えられる。なお、本実験の参加者のうち 2 名は再産出において例と同じ問題を再現できなかったため、例を適切に学習できなかったことが影響した可能性もある。例の再産出に失敗するというケースは、先行研究では観察されていない。

以上より、本研究で提案する例の再産出活動では、多様な作問を適切に促進するには至らなかった。特に適切で多様な解法構築の促進のためには、学習する例の数を増やすなどの追加的な処理を導入する必要があるだろう。また、例の再産出自体に失敗するケースが観察されたことから、支援システムの改良・拡張も検討する必要がある。今後はさらなる実験により、作問促進のための方法の追求を進める予定である。

参考文献

- [English 1998] Lyn D. English: Children's Problem Posing within Formal and Informal Contexts, *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 29, No. 1 pp. 83-106 (1998).
- [小島 2009] 小島一晃, 三輪和久, 松居辰則: 産出課題における例の模倣学習支援の設計と評価, 第 57 回人工知能学会先進的学習科学と工学研究会, SIG-ALST-A902, pp. 9-14 (2009)
- [小島 2010a] 小島一晃, 三輪和久, 松居辰則: 産出課題としての作問学習支援のための実験的検討, *教育システム情報学会誌*, Vol. 27, No.4, pp. 302-315 (2010a)
- [小島 2010b] 小島一晃, 三輪和久, 松居辰則: 作問における例からの学習方法とその効果の実験的検討, 第 59 回人工知能学会先進的学習科学と工学研究会, SIG-ALST-B001, pp. 49-54 (2010b)
- [Mestre 2002] Jose P. Mestre: Probing Adults' Conceptual Understanding and Transfer of Learning via Problem Posing, *Journal of Applied Developmental Psychology*, Vol. 23, No. 1, pp. 9-50 (2002).
- [Yamamoto 2010] Sho Yamamoto, Hiromi Waki, Tsukasa Hirashima: An Interactive Environment for Learning by Problem-Changing, In *Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education*, pp. 1-8 (2010)