

産出課題における「作ることによる例からの学習」の支援

Support for Learning from Examples through Production in a Production Task

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

Examples are very effective and indispensable for early stages of learning in any tasks and any domains. However, we have to design appropriate tasks and supporting strategies in learning from examples, depending on natures of the tasks (e.g., comprehensive or productive). This study discusses support for learning from examples in mathematical problem posing, which is a production task that requires idea generation. It is important but difficult to pose various problems so that we propose a supporting method to expand the variety of problem posing through learning from examples. According to findings in cognitive psychology, learning by producing materials is more effective than learning by viewing them. Therefore, we introduce *learning from examples through imitation* into problem posing, in which learners study examples by reproducing them. That is expected to promote the learners' understanding of important ideas used in generating the examples. We implemented a system that supports the learning through imitation in the task domain of posing mathematical word problems and experimentally confirmed its effect.

1. はじめに

一般的に、初期の学習においては例が使用される。この例には、数学や物理学などで用いられる例題のほか、学術研究における関連研究の論文、音楽やスポーツにおける熟達者の手本など、様々なものが挙げられる。学習する対象が概念であるかスキルであるか、あるいは、課題のプロセスが収束的であるか発散的であるかといったことに関わらず、例は欠かせない。しかし、学習者がどのように例を使用するか、それをどのように支援すべきかは、課題の性質によって異なってくるはずである。一般的な数学学習を例に挙げると、通常の問題解決スキルの学習においては、問題文と解の導出過程を含む例題によって解法を学習し、その解法を適用して他の問題を解く練習を行う。しかし、学習者自身が問題を作り出す「作問」スキルの学習にあたっては、上記のような方法で解法を学んでも、新しい問題を適切に構成できるようにはならない可能性がある。問題解決とは異なり、作問は何らかの意味で新しいアイデアの生成を必要とする産出課題であるため、問題文から解を導出するプロセスだけで作問を成立させることはできない。したがって、作問において例からの学習を実施する際には、問題解決における例題学習とは異なる方法を導入する必要があるだろう。

本稿では、数学の作問を対象として、産出課題における例からの学習方法、ならびに、その支援の方法について論じる。そして、その支援方法を実現したシステムの一例を示す。

2. 作問における例からの学習方法

作問は「作る」課題であり、新しいアイデアを生成するプロセスが含まれる。このアイデアには、問題文に言い表される表層的な状況と、解法が持つ数学的構造とが含まれる。作問においては、ある状況から解法を導出したり、ある解法が適用可能な状況を想起するといったような、状況と解法における広範なアイデア生成と関連付けが要求される。つまり、状況と解法において多様な問題を作成することが重要であるが、そのことは

初学者には困難である [English 1998, Mestre 2002]。

状況と解法とを広範に結び付け、学習者に多様な作問を行わせるための支援のひとつとして、様々な例を示して学習者のアイデア生成を刺激する方法が考えられる。著者らはこの方法に則って、状況と解法において多様性を持つ問題の例を提示することで学習者の多様な作問を促進するシステムを実現している [Kojima 2008]。このシステムを通じた学習により、学習者の作問の多様性をある程度向上させることができたものの、その効果には限界があった。その原因は、単に例を見せられただけでは、例の背景にある重要なアイデアを読み取ることができない場合があるためではないかと推測される。さらには、例として見せられた問題を読んだり解いたりするといった認知プロセスが、問題を作るという認知プロセスと異なるために、例を見るだけでは作問課題に対する十分な学習効果が得られない可能性も考えられる。

では、作問において例を学習する効果を十分に得るためには、どのようにすればいいだろうか。ひとつの方法は、例の学習活動を作問と同じく「作る」課題にすることである。認知心理学の記憶研究では、単語や文章、数式などの刺激を記憶する課題において、学習時に刺激を読むより刺激を生成することで課題の成績が高まることが報告されている [Slamecka 1978]。さらに、学習時だけでなく刺激を再認する時にも生成を行う、つまり、学習時と再認時に同じ認知活動を行うことで、より成績が向上するという報告もある [Glisky 1985]。学習において例を作るという活動は、美術などの創造的な課題の領域において「模倣」という形で広く採用されている。[石橋 2010] は、美術の描画課題を用いて、例を模倣することで創造性が促進されることを実験的に示している。石橋らの実験では、例の模倣を通じて被験者が例に対する理解を深めていたことを観察しており、そのことが被験者自身による表現への理解も深めたと主張している。本研究ではこれらの知見を適用し、作問において学習者自身が例を模倣する、すなわち、例と同じものを作ることで例を学習するという活動を採用し、その支援システムを実装する。

連絡先: 早稲田大学人間科学学術院 〒 359-1192 埼玉県所沢市
 三ヶ島 2-579-15 koj@aoni.waseda.jp

3. 例の模倣学習支援システム

3.1 システムの概要

本システムは、学習者が状況と解法において多様な問題を作成できるようにすることを目標として、作問学習を支援する。本システムは、数学文章題の例題をベースとして与え、この例題の領域で新しい問題を作成する課題を与える。この課題では、支援的介入をしない限り、学習者は例題と似通った作問をすることが多い。学習者に求められることは、新しい状況や解法を生成し、例題とは異なる新しい問題を作成することである。本システムは、前述の先行研究で開発したシステム [Kojima 2008] を組み込み、学習者に多様な例を提示するとともに、模倣によって例を学習することを支援する。

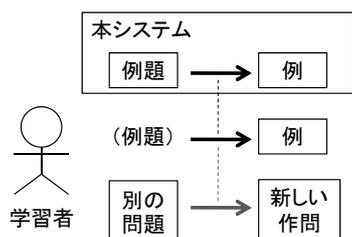


図 1: 例の模倣学習の基本的なアイデア

図 1 に、例の模倣学習の基本的なアイデアを示す。本システムが学習者に提示する例は、例題を改変して作られた問題である。学習者が例の模倣を行う際には、システムは例そのものを隠し、例を作る際の規範的なプロセス情報を自動的に生成して示す。学習者はこのプロセスをなぞることで、例と同じ問題を作る。そして、そこで学んだことを、学習者自身の作問に転移させる。この活動により、例の重要なアイデアへの気付き、ひいては新しいアイデア生成が促進されることが期待される。

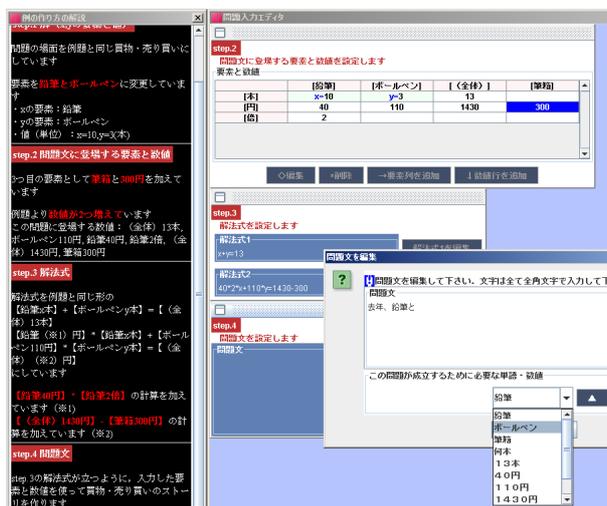


図 2: 本システムの実行画面の一部

図 2 に、本システムの実行例を示す。図の左側には、例のプロセス情報が提示されている。学習者はプロセス情報に倣って例と同じ問題を作成し、右のウィンドウに入力している。

3.2 例の模倣の効果

我々は既に、本システムの学習効果を実験的に評価している [小島 2009]。この評価では、システムとの学習において例

を提示されない統制群、提示された例を見ながら自分自身の作問を行う観察群、提示された例と同じ問題を作る模倣群の 3 群に学習者を割り当てた。学習者に提示した例は、課題のベースとなる例題と同じ状況を持つが、例題に数学操作を加えて解法を変更した問題であった。システムとの学習後に実施した作問テストでは、模倣群の学習者のみが、例で使用されていた操作を自分自身の作問に転移させることに成功した。

我々の一連の研究において、この評価で使用した例と同じタイプの問題を初学者はほとんど作成しないこと、ならびに、例を見せなくてもこのタイプの作問は増えないことが判明している。したがって、本システムの評価における模倣群の結果は、例を見るだけでは気付かないアイデアを、学習者自身が例を作ることではじめて利用できたという事例としても解釈できるだろう。そのアイデアは、具体的には解法の数学構造に関する情報であり、問題の表層からは読み取ることができない。そのような情報の学習には、実際に自分で試してみることが有効であろう。

4. まとめ

本研究では、数学の作問学習を対象に、産出課題における例からの学習方法について検討した。このような課題においては、学習者自身が例を作る活動が有効であるとの考えに基づき、学習者自身に例と同じ問題を再産出させる学習方法を考案し、その支援システムを実現した。

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).

[Glisky 1985] Elizabeth L. Glisky, and Jan C. Rabinowitz: Enhancing the Generation Effect Through Repetition of Operations, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, Vol. 11, No. 2, pp. 193-406 (1985)

[石橋 2010] 石橋健太郎, 岡田猛: 他者作品の模写による描画創造の促進, *認知科学*, Vol. 17, No. 1, pp. 196-223 (2010)

[Kojima 2008] Kazuaki Kojima, and Kazuhisa Miwa: A System that Facilitates Diverse Thinking in Problem Posing, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 18, No. 3, pp. 209-236 (2008)

[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)

[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)

[Slamecka 1978] Norman J. Slamecka, and Peter Graf: The Generation Effect: Delineation of a Phenomenon, *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, Vol. 4, No. 6 pp. 592-604 (1978)