

# メタ認知活動としての抽象語彙表現と問題解決

## Abstract Representation as Metacognitive Activities and Problem Solving

茅島路子\*<sup>1</sup>  
Michiko Kayashima

平嶋宗\*<sup>2</sup>  
Tsukasa Hirashima

東本崇仁\*<sup>3</sup>  
Takahito Toumoto

溝口理一郎\*<sup>4</sup>  
Riichiro Mizoguchi

\*<sup>1</sup> 玉川大学文学部  
College of Humanities, Tamagawa University

\*<sup>2</sup> 広島大学大学院工学研究科  
Graduate school of Engineering, Hiroshima University

\*<sup>3</sup> 東京理科大学工学部  
Faculty of Engineering, Tokyo University of Science

\*<sup>4</sup> 大阪大学産業科学研究所  
ISIR Osaka University

We propose a new model of metacognition-driven learning that connects reflection about the process of problem solving with strategy learning. We collected data to analyze the influence of metacognition-driven learning on problem solving. As a result, it became clear that there is a tendency for metacognition-driven learning to promote problem solving capabilities.

### 1. はじめに

メタ認知とは、認知活動の意図的、意識的な制御であり、メタ認知知識とメタ認知活動からなる[Flavell, 1987]. メタ認知知識は、人、タスク、戦略に関する知識であり、メタ認知活動は、自分の認知活動の観察、評価、制御といった活動である。メタ認知は学習、問題解決などといった認知活動を成功させる重要な要素の一つであると広く認知されているが[Hacker et al., 1998], 問題解決による学習には、メタ認知活動を伴わない学習もある。私たちは問題解決においてメタ認知活動を稼働させて初めて可能になる学習をメタ認知駆動学習(metacognition driven learning)と呼ぶ[茅島 2010]. メタ認知駆動学習とそれと区別される問題解決による学習については、2章で詳細に述べる。

本稿の目的は、メタ認知活動を稼働させて初めて可能となるメタ認知駆動学習と問題の解決の促進との関係について検討することである。最初にメタ認知駆動学習について述べる。次に、既存のメタ認知活動支援システムと見なすことができるEBS(Error Based Simulation)にメタ認知駆動学習支援機能を追加し、それを使用した授業実践と事後テストの結果について述べる。最後に、メタ認知駆動学習と問題解決との関係について検討する。

### 2. メタ認知駆動学習

獲得した宣言的知識を問題解決に繰り返し適用することで、知識の手続き化と知識適用の効率向上という学習結果が生じる。これは、メタ認知活動を伴わずにできる学習である。一方、メタ認知活動を稼働させることを目的とした学習もある。メタ認知活動を稼働させる方略を知識として獲得し、問題解決に繰り返し適用することで、方略適用の手続き化と適用効率の向上という学習結果が生じる[Biswas 2009]. この学習は、対象がメタ認知活動の稼働であり、メタレベルで生じた学習といえる。だが、メタ認知活動を伴わない学習と同型であり、私たちはメタ認知駆動学習とは異なるものとして区別する。

メタ認知駆動学習とは、自分の問題解決過程を振り返り(メタ

認知活動の駆動)、問題解決における認知活動とそれが適用可能な状況に共通する特性のみを抽出し(メタレベルでの情報抽出)、かつ、その特性の言語表現が問題解決に適用すべき適切な概念クラスに属することである。つまり、特性を概念クラスとして認定することである。ここでの概念クラスとは、具体的問題解決における認知活動とそれが適用可能な状況に共通する特性を属性としてもつ概念のことである。たとえば、概念クラス「分配法則」は、属性として、対象が数の加法(+)と乗法( $\times$ )、関係が  $a \times (x+y) = a \times x + a \times y$  をもつ。

このようなメタ認知駆動学習には、自分の認知活動を観察、評価、調整するといったメタ認知活動に加え、メタレベルで浮き彫りにした問題解決の特性が属する概念クラスを認定するといった新たなメタ認知活動が必要になる。このメタ認知活動を「抽象化操作(abstraction operation)」と呼ぶ[茅島 2010]. 抽象化操作による問題解決の特性の概念クラス認定によって、既存概念クラスの暗黙的な属性が明確になったり、新たな属性が加わったりといった変更を生じることもある。このような概念クラスの修正、新たな概念クラスの追加、削除といったメタ認知活動を修正操作(modification operation)と呼ぶ。概念クラスの属性が明確になれば、その概念を具体的な問題に適用することができるようになる。この操作を具体化操作(instantiation operation)と呼ぶ。これらの新たなメタ認知活動を駆動できて初めて可能となる学習がメタ認知駆動学習である。

### 3. メタ認知駆動学習による抽象語彙表現と問題解決

#### 3.1 3.EBS へのメタ認知駆動学習支援機能の付加

EBS はニュートン力学の学習に極めて有効であることが報告されている[今井 2008]. メタ認知駆動学習を表現したメタ認知活動の拡張枠組み[茅島 2010]で、報告の学習者への聞き取り調査を分析した結果、EBS がメタ認知駆動学習を直接支援していないことが明らかになった[茅島, 2012]. そこで、EBS に出題する問題に正解した時に、「こちらに、正解したあなたがつかんだ原則(法則)を記入してください」とメタ認知駆動学習を促すプロンプトを追加した。

連絡先: 茅島路子, 玉川大学文学部人間学科,  
〒196-8610 東京都町田市玉川学園 6-1-1,  
kayasima@lit.tamagawa.ac.jp

### 3.2 メタ認知学習支援機能の評価

このメタ認知駆動学習支援機能を組み入れた EBS を用い、2011 年 7 月 10 日に T 大学の文系学部の学生 13 名を対象にした授業実践を行った。13 名学年も考慮してランダムに二つに分け、7 名にメタ認知駆動学習支援有りの EBS を、6 名に支援無し EBS を配付した。学生たちには異なる EBS を配付したことが気づかれないようにした。

図 1 は EBS が出題する問題である。メタ認知駆動学習の支援として、出題問題の解決に適用すべき適切な概念クラス「作用・反作用」を適用し易い順序で提示した。

授業開始後 10 分間で EBS が出題する問題と同一の問題の事前テストを行った。事前テストは全員が不正解であった。その後、60 分間 EBS で問題解決を行った。13 名中 4 名が各々 1 問のみ解決を途中で諦めた。その後、EBS の出題問題と同一問題 4 問と新規な応用問題 2 問の計 6 問から成る事後テストを 15 分間で行った。全問正解したのは、支援有り群が 3 名、支援無し群が 2 名であった。問題 1 は全員が正解した。それ以外の 5 問で、メタ認知駆動学習支援有り群と無し群の得点平均に有意水準 5% で有意差が見られなかった。したがって、EBS に組み入れたメタ認知駆動学習支援機能のシステム評価としては、有効性を示すことができなかった。

### 3.3 メタ認知駆動学習による抽象語彙表現の分析

メタ認知駆動学習と問題解決との関係について検討するために、EBS のメタ認知駆動学習支援機能による 7 名の学生の記述を分析する。学生たちは中学で概念「力のつり合い」と「作用・反作用の法則」を学習済みなので、記述される問題解決の特性は、概念クラス「力のつり合い」か「作用・反作用の法則」に属すると考えられる。「力のつり合い」は一つの物体に働く複数の力の合力が 0 になることであり、「作用・反作用の法則」は、2 つの物体が互いに相手に力を及ぼすことである。この 2 つの概念クラスを区別できる属性として[対象]と[関係]が考えられる。概念クラス「力のつり合い」の[対象]は一つの物体に働く力、[関係]はそれらの力の合力が 0 である。概念クラス「作用・反作用の法則」の属性である[対象]は 2 つの物体に働く力、[関係]は相手に作用するである。7 名の学生の記述に各概念クラスの属性が含まれているかを分析し、含まれている場合、その記述は概念クラスに属すると認定することにする。それ以外の記述は「その他」とする。この基準に基づき 7 名の学生たちの記述を分析した。たとえば、学生 MI は問題 1 で「物体から地面にかかる重力の力 = 地面から物体を支える力」と記述している。この記述は、物体と地面という 2 つの物体に働く力を[対象]とし、かつ、「物体から地面にかかる重力の力」というように、互いに相手に作用する力の[関係]も含んでいる。よって、この記述は概念クラス「作用・反作用の法則」に属すと認定できる。

### 3.4 メタ認知駆動学習による抽象語彙表現と問題解決

事後テストで正答率が低かった問題 5 と 6 は、EBS 出題問題 4 と同一な問題とその応用問題である。EBS 問題 4 における学

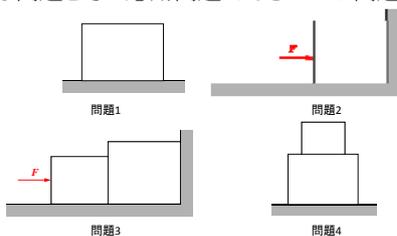


図 1 EBS の課題

表 1 EBS 問題 4 の記述概念クラスと事後テスト問題 5

		事後テスト問題 5		計
		誤答	正答	
EBS 問題 4 の記述の概念クラス	作用・反作用	0 名	4 名	4 名
	力のつり合い	2 名	0 名	2 名
	その他	1 名	0 名	1 名
計		3 名	4 名	7 名

表 2 EBS 問題 4 の記述概念クラスと事後テスト問題 6

		事後テスト問題 6		計
		誤答	正答	
EBS 問題 4 の記述の概念クラス	作用・反作用	1 名	3 名	4 名
	力のつり合い	2 名	0 名	2 名
	その他	1 名	0 名	1 名
計		3 名	4 名	7 名

生の記述の概念クラスと事後テストとの関係を調べる。表 2 は、EBS 問題 4 における記述の概念クラスと同一問題である事後テスト問題 5 の正誤とのクロス表である。EBS の問題 4 で 7 名の全員が正解しているが、そのうち、概念クラス「作用・反作用の法則」に属する記述をした 4 名だけが事後テストで同一問題(問題 5)に正答している。表 2 は、EBS 問題 4 の記述概念クラスと応用問題(事後テスト問題 6)とのクロス表である。EBS の問題 4 で概念クラス「作用・反作用の法則」に属する記述をした 4 名のうち 3 名が応用問題に正答している。7 名と少ないデータではあるが、表 1 と 2 から、メタ認知駆動学習による問題解決の適切な概念クラスの認定が同一問題、応用問題ともに解決を促進する傾向があると言える。

## 4. おわりに

本稿では、メタ認知駆動学習と問題解決についてケーススタディで検討した。その結果、メタ認知駆動学習が問題解決を促進する傾向があることが明らかになった。今後、さらに、メタ認知駆動学習と問題解決との関係について詳細に分析、検討していく予定である。また、有意差が見られなかったメタ認知駆動学習の支援機能についても、効果的な支援機能の設計を検討していく予定である。

**謝辞** 本研究は、科学研究費基盤研究(C)(No. 22500894)の援助による。

## 参考文献

- [Biswas 2009] Biswas, G., Roscoe, R., Jeong, H., Brian Sulcer, B.: Promoting Self-Regulated Learning Skills in Agent-based Learning Environments. Proceedings of ICCE, 2009.
- [Flavell 1987] Flavell, J. H.: Speculations about the Nature and Development of Metacognition, In Weinert, F. E., Kluwe, R. H. (eds.) Metacognition, Motivation, and Understanding, LEA, pp. 21-29, 1987.
- [Hacker 1998] Hacker, D. J., Dunlosky, J., Graesser, A. C.: Metacognition in Educational Theory and Practice, LEA, 1998.
- [今井 2008] 今井功, 東本崇仁, 堀口知也, 平嶋宗: 中学理科における Error-based Simulation を用いた授業実践—「ニュートンに挑戦」プロジェクト, 教育システム情報学会誌, vol.25, no.2, 194-203, 2008.
- [茅島 2010] 茅島路子・溝口理一郎: メタ認知活動—「抽象化操作」, 「修正操作」, 「具体化操作」, 人工知能学会全国大会, 3F3-3, 2010.
- [茅島 2012] 茅島路子・平嶋宗・東本崇仁・溝口理一郎: EBS におけるメタ認知活動—「抽象化操作」, 教育システム情報学会研究報告, vol.26, no.7, 103-110, 2012.