

機関番号：31308

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008 年度～2010 年度

課題番号：20500760

研究課題名(和文) 情報系科目を対象とした自己組み立て型学習に関する実践的研究

研究課題名(英文) Practical approach to self-constructive learning on subjects on computer science

研究代表者

丸岡 章 (MARUOKA AKIRA)

石巻専修大学・理工学部・教授

研究者番号：50005427

研究成果の概要(和文)：本研究で得られた成果のひとつにある組み合わせ論的パズルのインスタンスを生成するアルゴリズムを与えたというものがある。このパズルは計算ブロックパズルと呼ばれるもので、そのインスタンスは、 $n \times n$  格子面の連結するブロックへの分割と各ブロックへの正整数の割り当てとして与えられる。そしてこのパズルは、格子面の各マスに  $\{1, 2, \dots, n\}$  の整数を次の2条件を満たすように割り当てることを求めるものである。この2条件とは、各行、各列には、 $\{1, 2, \dots, n\}$  の整数が1回ずつ現れるというラテン方阵条件であり、他の条件は、各ブロックのマスに割り当てられた数の合計が、そのブロックに割り当てられた整数の合計に一致するという部分条件である。このアルゴリズムは、パズルを解くときに使う推論規則としてパラメータを与えると、難易度を指定できるようになっている。そして、認知心理実験を行い、その難易度のインスタンスが生成されることを検証した。

研究成果の概要(英文)：Among results we obtained in this project there exists a framework that yields instances of certain combinatorial puzzles. To explore such a framework, we focus on certain types of puzzles that ask an assignment of numbers to cells of  $n \times n$  grids so that it satisfies certain constraints as well as the Latin square condition, that is, each row and column contains all of the numbers in  $\{1, 2, \dots, n\}$ . Our algorithm based on the framework yields automatically puzzle instances whose difficulties to solve can be adjusted by means of puzzle inference rules built into the algorithm. We performed experiments to demonstrate that, as is expected, human solvers tend to solve puzzle instances correctly that are produced with easy inference rules, whereas they tend to fail to solve those produced with sophisticated rules.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学、科学教育

キーワード：自然科学教育（数学、情報）

### 1. 研究開始当初の背景

私語や居眠り、また、学力の低下など、大学教育の現場には講義を行ない難くする厳しい現実がある。また、授業が成立するための前提となる若い人の日本語の能力も深刻で、「初対面の人と話すのは骨が折れる」という文を読み、話ただけでなぜ骨折するのですかという質問が出てくるといふ報告もある。一般学力の低下の問題の他、学習する意欲の低下の問題も深刻である。

本研究では、学習を、誰もが既に理解している様々のイメージを材料にして、学生自らが新しいものを組み立てる過程と捉え、その過程で新しい概念を学ぶとともに、新しい方法を修得するものと捉える。このように捉えた学習を自己組み立て学習と呼ぶこととし、学生が容易に理解できる講義を設計し、その結果として学生の学習意欲を高めることをも目指す。また、情報系教科に焦点を合わせ、自己組み立て学習のための教材を開発する。

### 2. 研究の目的

本研究では、学生の実情をよく考慮した上で、講義の形態を取りながらも卒業研究などの個別の研究指導に近い教育効果を上げることを目指す自己組み立て型学習という考え方を新しく導入する。この学習方式は、学生が直ぐ思い浮かべることのできるイメージを手掛かりにして、それに修正を加えて与えられた条件を満たすものになるまで、繰り返し修正することを求めるものである。情報系教科からサンプル科目を選び、この学習

方式のための教材を開発するとともに、自己組み立て学習を一般にどう展開したらいいかの方法論を確立する。本研究は、なにをどう教えるかだけでなく、学習意欲をいかに喚起するかのもので、コンピュータサイエンスの研究者が脳科学と認知心理学の研究者と連携して研究を推進する初めての試みである。

### 3. 研究の方法

本研究では、課題を作成し、その課題を出題し、解答データを解析した後、それに基づき初めの課題を分析し、修正するというサイクルを繰り返し実行する。このサイクルにより課題作成にフィードバックをかけ、最終的に各教科の優れた教材として課題シーケンスを得ることを目指す。この手順で適切な課題が得られるようにするために、更に、課題・解答のデータを専門の立場から詳細に解析・分析するサイクルをおくとともに、学生の学習意欲を喚起させる方策を探るためのサイクルもおく。前者は、脳科学や認知心理学の知見をもとに、解析や分析を本格的に行うものであり、後者は、教師と学生、また、学生同士の触れ合う場を作り上げ、講義を活性化するためのもので、具体的には人と人の直接のインタラクションやメールを通じたインタラクションの活性化を図るものである。また、このような具体的な教材研究を通して得られた知見をもとに、自己組み立て型学習の計算モデルを構築し、学生が学習により習得するイメージをいかに進化させていくかのプロセスを解明する。更に、自己

組み立て型学習のための教材（課題シーケンス）をいかに作成するかの一般的な方法論も開発する。

#### 4. 研究成果

①  $n \times n$  格子面のすべてのマスに次の2条件を満たすように  $\{1, 2, \dots, n\}$  の数を割り当てるパズルを計算ブロックパズルという。ただし、格子面は連結する領域に分割されていて、分割の各ブロックには正整数がわりあてられている。

条件1（ラテン方阵条件）：各行、各列には  $\{1, 2, \dots, n\}$  の整数が1回ずつ現れる。

条件2（部分和条件）：各ブロックのマスに割り当てられた整数の和はそのブロックに割り当てられた整数に一致する。

計算ブロックパズルに関して、指定された難易度のインスタンス（すなわち、 $n \times n$  格子面のブロックへの分割と各ブロックへの整数の割り当て）を自動生成するプログラムを作成した。

② 作成したプログラムにより、計算ブロックパズルのインスタンスを自動生成し、学生に解かせる認知実験を行った。そして、インスタンスを解くのに要する時間を測定することにより、自動生成したインスタンスが指定した難易度を反映していることを検証した。

③ 学習者がイメージをつくりあげていく過程、その過程で学習者の反応が変化していく過程を、文章を読ませたり、書かせたりすることにより、観察し、書かれた文章を収集し、分析した。

④ 情報系の厳選した教科内容に対して、多量のドリルを作成してデータベ

ス化するとともに、各問題を解くのにドリルがどの程度有効かを学生の解答データを収集して検証した。

⑤ イラスト、キーワード、フレーズなどの基準表現のサンプルを定めた上で、種々の学習対象に対して学習実験を実施し、学習の進み具合を基準表現に基づいて測定した。特に、基準表現の組み合わせや基準表現の間の連想のしやすさの関係に注目してデータを収集した。

⑥ 自己組み立て型の成果を研究代表者が著わし、Springer 社より出版した（2011年5月）教科書“Concise Guide to Computation Theory”に盛り込んだ。

#### 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28件）

① Kei Uchizawa et al., Size-energy tradeoffs for unate circuits computing symmetric Boolean functions, *Theoretical Computer Science*, 査読有, 412, 2011, pp773-782.

② Kazuyuki Amano, A Well-Mixed Function with Circuit Complexity  $5n$ : Tightness of the Lachish-Raz-type Bounds, *Theoretical Computer Science*, 査読有, 412 (8), 2011, pp1646-1651.

③ Kazuyuki Amano, Tight Bounds on the Average Sensitivity of  $k$ -CNF, *Theory of Computing*, 査読有, 7, 2011, pp45-48.

④ 野呂幾久子・邑本俊亮、インフォームド・コンセントのための説明文書のわかりやすさと不安感—プロトコル分析による研究—, *Ars Linguistica (Linguistic Studies of Shizuoka)*, 査読有, 17, 2010, pp95-113.

⑤ Hideaki Fukuhara et al., NPN-representatives of a Set of Optimal

Boolean Formulas, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 査読有, E93-A (6), 2010, pp1008-1015.

⑥ Hideaki Fukuhara et al.、NPN-representatives of a Set of Optimal Boolean Formulas, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 査読有, E93-A (6), 2010, pp1008-1015.

⑦ Kazuyuki Amano, k-Subgraph Isomorphism on AC0 Circuit, Computational Complexity, 査読有, 19, 2010, pp183- 210.

⑧ Kazuya Haraguchi and Yuichi Sato, Sampling site location problem in lake monitoring having multiple purposes and constraints, Journal of Operations Research Society of Japan, 査読有, 53-4, 2010, pp289-304.

〔学会発表〕 (計 15 件)

安倍泰孝, 原口和也, 丸岡章、計算ブロックパズルの生成アルゴリズム、情報処理学会・第 25 回ゲーム情報学研究会、査読無、2011.

〔図書〕 (計 1 件)

Akira Maruoka, Concise Guide to Computation Theory, Springer, 査読有、2011、p298.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

**丸岡 章 (MARUOKA AKIRA)**  
石巻専修大学・理工学部・教授  
研究者番号 : 50005427

### (2) 研究分担者

川島隆太 (KAWASHIMA RYUTA)  
東北大学・加齢医学研究所・教授  
研究者番号 : 90250828  
邑本俊亮 (MURAMOTO TOSHIKI)

東北大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号 : 80212275

瀧本英二 (TAKIMOTO EIJI)

九州大学・大学院システム情報科学研究所・教授

研究者番号 : 50236395

天野一幸 (AMANO KAZUYUKI)

群馬大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号 : 30282031

原口和也 (HARAGUCHI KAZUYA)

石巻専修大学・理工学部・助教

研究者番号 : 80453356