

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 22 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300100

研究課題名(和文)モデルベース認知科学教育の展開と学習ツールとしてのモデルの機能の探求

研究課題名(英文)Trials of model-based cognitive science education and investigations of functions of cognitive models as a learning tool.

研究代表者

三輪 和久 (Miwa, Kazuhisa)

名古屋大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：90219832

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,400,000円、(間接経費) 4,620,000円

研究成果の概要(和文)：モデルベースアプローチは、認知科学の主要な研究方法の柱である。本研究課題では、まず、自ら認知モデルを構成しながら、モデルベースの認知科学を学ぶための先進的学習環境を構築し、認知科学の授業での利用に供した。本学習環境は、全国規模で運用されるサーバ・クライアント型システムとして構築され、いつでも、どこからでも、メンテナンスフリーで使用することが可能である。さらに、「学習ツール」としてのモデルの機能を明らかにした。具体的には、モデルを作る過程を通して、モデル作成者が、自分自身の心的過程をモニターする「メタ認知スキル」を獲得するようになることを、実験と実践の両面から明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The model based approach is a primary research method in cognitive science. In the project, we constructed a learning environment in which students learn the model based cognitive science by creating computational cognitive models by themselves, and provided university professors and teachers who engage in cognitive science education with such learning resources. The learning system was embodied by ased on the server-client framework; therefore it can be used from anywhere and anytime via Internet. We also investigated the functions of cognitive models as a learning tool. Specifically, we confirmed, through both experiments and class practices, that university students acquired meta cognitive skills for monitoring their own and others' mental processes by creating cognitive models.

研究分野：認知科学

科研費の分科・細目：認知モデル

キーワード：認知科学教育 学習支援 認知モデル メンタルモデル

### 1. 研究開始当初の背景

「実験的アプローチ」と「モデルベースアプローチ」は、認知科学の主要な研究方法の柱である。特に、モデルベースアプローチは、伝統的な心理学に対して認知科学を特徴づける重要な性質であり、このアプローチの成立が、人間の知の探求に新たな時代を開いたと言っても過言ではない。ここ数年の動向としても、モデルベースの認知科学の検討の場として、ICCM( International Conference on Cognitive Modeling ) が毎年開催されるようになり、Cognitive Systems Research といったモデル指向の強い研究をターゲットとする journal も発刊されるようになった。一方、モデルベースアプローチに基づく研究の進展は、欧米に比して大きく停滞していると言わざるを得ない。大学教育の現場で、モデルベースの認知研究の魅力を伝え啓蒙し、次代の若手研究者の関心を引き出すことによって、日本におけるモデルベース研究の底上げを図ることが要請されている。

### 2. 研究の目的

(1) モデルベースアプローチは、認知科学の主要な研究方法の柱である。本研究課題の第1の目的は、自ら認知モデルを構成しながら、モデルベースの認知科学を学ぶための先進的学習環境を構築し、認知科学・認知心理学関係の授業での利用に供することである。本学習環境は、全国規模で運用されるサーバ・クライアント型システムとして構築され、いつでも、どこからでも、メンテナンスフリーで使うことが可能である。

(2) 本課題の第2の目的は、「学習ツール」としてのモデルの機能を明らかにすることである。具体的には、モデルを作る過程を通して、モデル作成者が、自分自身の心的過程をモニターし自己省察する「メタ認知スキル」を獲得するようになることを、実験と実践の両面から明らかにする。

(3) 開発されるシステムは、第1の目的においては学習支援システムとして機能するが、第2の目的においては実験装置、および学習データ収集装置として機能する。全国に分散する学習者の学習履歴は、アクセスログとしてサーバ上に一元的に集約され、モデル構成過程やそこで獲得されるメタ認知スキルを探るための大規模データベースを提供する。「教育支援」と「科学研究」が相互補完しあう「教育・研究協調型研究」を実践する。

### 3. 研究の方法

(1) モデルベースで心を学ぶ認知科学教育の推進においては、教育用プロダクションシステム(どこでもプロダクションシステム)と統合学習環境(どこでもモデル学習環境)を開発する。本システムは、サーバ・クライアント型の Web-based アプリケーションとし

て Web ブラウザを介して稼働し、インターネットに接続された計算機環境があれば、特別のソフトウェアのインストールなどの事前準備を一切行うことなく、メンテナンスフリーで利用できる仕様とする。この機能の実現により、新旧の計算機が混在する演習室での授業や、性能や OS が異なる個人所有のノートパソコンを持ち寄って行われる普通教室での授業、さらに教室外での自習にも対応する。

(2) 内省ツールとしてのモデルの解明に関しては、実験と実践の両面から取り組む。実験に関しては、観察の実験を踏まえて、順次、要因操作実験、転移実験、教示スキル獲得実験へと進行する。実践に関しては、複数の大学において、開発された「統合学習環境」を利用した授業実践を行う。さらに、より高度なモデルベースアプローチの学習を目指して、そのための2つの学習デザイン(LtMP: Learning through Mediated Problems と LwSE: Learning with Simulation and Experiments)を提案し、実践を通してその有効性を検証する。

### 4. 研究成果

(1) 認知科学の入門的授業において、学習者に計算機上で実働するプロダクションシステムモデルを構成させる授業実践を実施した。座学的学習に留まらず、実際に実働する計算機モデルを構成することは、学習者に多大なコストが要求される。通常、実働するモデルを構成するためには、高度なプログラミングスキルの修得を前提とする。従って、多くの認知科学に関する授業が、モデルベースアプローチの話題を取り扱っていると考えられるが、実際に running モデルを実装させ、その楽しさや有効性を体験的に理解させる授業実践は必ずしも多くない。教師の側が払わなければならないコストも大きい。現実的な意味で、もっとも大きな障害となる要因の1つは、教育環境の設定である。多くの場合、認知モデルアーキテクチャは、下位に存在するコンピュータのプラットフォームに依存する。教師は、提供される認知モデルアーキテクチャを、利用可能な計算機資源の上に準備する過程で、多くの障害を経験する。また、実習用の各コンピュータにアーキテクチャをインストールし授業を行う準備を整えることは、楽しい作業ではない。これらの困難を乗り越えるために、本実践では、Web ベースで稼働するプロダクションシステムアーキテクチャを開発した。

(2) 開発したシステムを用いた授業実践を実施した。授業実践では、参加者に、題材として、筆算、TOH 課題、曜日計算を用い、バグモデル、トレースモデル、個別モデルという3つのモデルを構成させた。それぞれは、認知処理プログラミングの前提となる自分

自身の心的処理への内省、規範的・平均的行動の説明、多様な個別の行動の説明を体験的に学ぶことを意図していた。学習者が実際に構成したモデル、収集された実験データを分析した結果、そこでの目的はおおむね達成されたことが確認され、本授業で用いた学習コンテンツの有効性が支持された。参加者が最終的に提出したレポートを分析した結果、認知科学におけるモデルの機能、および人間の認知処理の性質について、多様な内容が報告されていた。そこで報告された内容は、トリビアなものではなく、今日までの認知科学の発展を通して、多くの研究者が指摘してきたことと重複する部分が多かったことは、特に強調されるべき点である。

(3) システムの開発と並んで、もう1つ重要な要件が授業デザインである。多くの場合、Cognitive Modeling の学習の初期段階において、学習者は Cognitive architecture のプログラミング言語としての文法や書式を理解するために、練習用の典型的な例題を解くことができるモデルを構成することが求められる。学生は、コンピュータターミナルを前にして、一人で単調な作業に従事しなければならない。多くの学生は、Cognitive Modeling の魅力を経験する前に、この段階で興味を失ってしまう。本実践では、授業デザインの観点から、この障害を克服することを試みた。具体的には、演習の過程において、自然とクラスの成員の間に相互作用が生じるような状況を設定し、社会的な学習の場において Cognitive Modeling の修得に迎えるような環境を設定し、授業実践を通して、その有効性を確認した。

(4) パターンマッチングの理解に焦点を当てたプロダクションシステムの学習支援システム、およびそれを利用した授業実践を報告した。本システムは、ワーキングメモリの視覚的な提示、意図せぬルールの発火を誘導するルール記述、パターンマッチングの視覚的表示という3つの機能を有した。本システムを用いた授業実践によって、パターンマッチングの理解が促され、人間の認知の特質に関する気づきが促されることが確かめられた。本研究では、先行研究と異なり、パターンマッチングの理解度に関する指標を検討し、自由記述アンケートにおける「柔軟なパターンマッチング」に関する記述を分析した。これらの指標を用いて、本システムの有効性を検討した。パターンマッチングは、認知科学における重要概念の1つであり、かつ学習者にとって理解の困難な概念である。本研究の意義はパターンマッチングの学習を支援する新たな方法を提案したことである。提案した方法の特徴は、パターンマッチングの困難さを学習者に体験させることに特徴がある。学習者はルールの意図せぬ発火を観察することで、人間の知識利用に内在する暗黙的なプ

ロセスに気づく。さらに、ルールの発火条件を修正していくことで、暗黙的な人間の知識適用のプロセスを明示化していくことになる。

#### 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5件)

Miwa, K., Morita, J., Nakaike, R., & Terai, H. in press. Learning through Intermediate Problems in Creating Cognitive Models. Interactive Learning Environments.

Miwa, K., Terai, H., Kanzaki, N., & Nakaike, R. in press. An Intelligent Tutoring System with Variable Levels of Instructional Support for Instructing Natural Deduction, Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence.

森田純哉・三輪和久・中池竜一・寺井仁・齋藤ひとみ・小島一晃・神崎奈奈 in press. 意図せぬルールの発火に注目したプロダクションシステムの学習支援. 教育システム情報学会.

三輪和久・寺井仁・森田純哉・中池竜一・齋藤ひとみ (2012) モデルを作ることによる認知科学の授業実践. 人工知能学会論文誌, 27, 61-72.

中池竜一・三輪和久・森田純哉・寺井仁 (2011) 認知科学の入門的授業に供する Web-based プロダクションシステムの開発. 人工知能学会論文誌, 26, 536-546.

[学会発表](計15件)

Miwa, K., Morita, J., Terai, H., Kanzaki, N., Kojima, K., Nakaike, R., & Saito, H. in press. Use of a Cognitive Simulator to Enhance Students' Mental Simulation Activities. Proceedings of 12th international conference of intelligent tutoring systems (ITS 2014).

Miwa, K., Terai, H., Okamoto, S., & Nakaike, R. (2013). A Learning Environment that Combines Problem-posing and Problem-solving Activities. Lecture Notes in Computer Science (AIED 2013), 7926, pp. 111-120.

Miwa, K., Terai, H., Kanzaki, N., & Nakaike, R. (2013). Stoic Behavior in Hint Seeking when Learning using an Intelligent Tutoring System. Proceedings of 35rd annual conference of the cognitive

science society (CogSci 2013), pp. 3068-3073.

Miwa, K., Morita, J., Terai, H., Kanzaki, N., Nakaike, R., Kojima, K., & Saito, H. (2013). Construction of a Cognitive Simulator for Human Memory Process and Class Practice. Proceedings of the 21th International Conference on Computers in Education (ICCE 2013). pp. 71-76.

Saito, H., Miwa, K., Kanzaki, N., Terai, H., Kojima, K., Nakaike, R., & Morita, J. (2013). Educational Practice for Interpretation of Experimental Data Based on a Theory. Proceedings of the 21th International Conference on Computers in Education (ICCE 2013). pp. 234-239.

Miwa, K., Terai, H., & Nakaike, R. (2012). Tradeoff between Problem-solving and Learning Goals: Two Experiments for Demonstrating Assistance Dilemma. Proceedings of 34rd annual conference of the cognitive science society (CogSci 2012), 2008-2013.

Miwa, K., Terai, H., Kanzaki, N., & Nakaike, R. (2012). Empirical Investigation on Self Fading as Adaptive Behavior of Hint Seeking. Proceedings of the 11th international conference on Intelligent Tutoring Systems, 645-646.

Miwa, K., Terai, H., Kanzaki, N., & Nakaike, R. (2012). Development and Evaluation of an Intelligent Tutoring System for Teaching Natural Deduction. Proceedings of the 20th International Conference on Computers in Education (ICCE 2012), 41-45.

Miwa, K., Terai, H., Uno, T., and Nakaike, R. (2011). Empirical Investigation of Assistance Dilemma with a Tutoring System that Can Control Levels of Support. Proceedings of the 19th International Conference on Computers in Education, pp. 55-59.

〔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〕  
特になし。

6. 研究組織  
(1)研究代表者  
三輪 和久 (Miwa, Kazuhisa)  
名古屋大学・大学院情報科学研究科・教授  
研究者番号：90219832

(2)研究分担者  
齋藤 ひとみ (SAITO, Hitomi)  
愛知教育大学・教育学部・准教授  
00378233

(3)研究分担者  
中池 竜一 (NAKAIKE, Ryuichi)  
京都大学・教育学研究科・助教  
00378499

(4)研究分担者  
小島 一晃 (KOJIMA, Kazuaki)  
帝京大学・理工学部・助教  
30437082

(5)研究分担者  
森田 純哉 (MORITA, Jyunya)  
北陸先端科学技術大学院大学・知識科学研究科  
40397443