

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 26 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300055

研究課題名(和文) 計算論的学習理論に基づく脳機能のシミュレーション

研究課題名(英文) Simulating brain functions based on computational learning theory

研究代表者

西野 哲朗 (Nishino, Tetsuro)

電気通信大学・情報理工学(系)研究科・教授

研究者番号：10198484

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,700,000円、(間接経費) 4,410,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、計算論的学習理論を基盤として、運動、思考、記憶といった脳機能に関する以下の事例研究を行う。運動：ロボット動作の規則を状態遷移機械として学習し、得られた状態遷移機械によってロボット動作をシミュレーションする。記憶：脳のワーキングメモリのニューラルネットモデルを構成し、現実在即した動作を行わせる。思考：カードゲームのプレイの戦略をモンテカルロ法によって学習し、報酬を最大化するアルゴリズムによってプレイする。これらの方法論の性質、効果を比較検討し、相互補完させることで、計算論的学習理論に基づく脳機能シミュレーションの方法論を確立する。

研究成果の概要(英文)：In this study, we construct various models of brain functions, such as motion, thinking and memory based on computational learning theory, and analyze their behavior in the following fashion: (1) we construct a state transition model for the motion and simulate the robot motion using this model, (2) we construct a neural network model for the memory and analyze its behavior, and (3) we design an efficient algorithm for card game playing using Monte Carlo Simulation. Finally we construct a unified methodology for simulating brain functions based on the above results.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：情報学・知識情報学

キーワード：学習と知識獲得

1. 研究開始当初の背景

小型ヒューマノイドが比較的安価に購入できるようになり、普及が進んでいる。小型ヒューマノイドの制御は通常、各関節のサーボモータの角度を直接記述することで行われているが、これは大変煩雑な作業であり、思い通りの動作を作成することが難しい。一方、生物の運動制御は階層化されている。前頭皮質において目標を設定すると、その目標を遂行するための運動計画が高次運動野・基底核においてなされ、必要な運動パターンが選択される。この運動パターンは抽象度の高い高次元のものである。高次運動パターンは一次運動野に記憶されている複数のより低次で単純な運動パターンに分解され、小脳によるゲイン・タイミング制御のもとで、運動指令へと変換される。運動指令は脊髄を介して筋肉へ到達し、筋肉が緊張して実際の運動が行われる。運動の結果は感覚器官からのフィードバックを介して再び脳へと戻って来る。このような生物の運動制御と比較すると、小型ヒューマノイドのそれは筋張力を直接記述していることに対応し、記述の抽象度が低すぎる事がわかる。そのため、本研究で提案するような、計算論的学習理論からのアプローチが有効であるとの着想を得た。

2. 研究の目的

脳機能のシミュレーションを有効に行うには、脳機能の適切なモデルを構成し、その動作原理を定義しなければならない。本研究では、そのようなモデル構築を体系的に行うために、計算論的学習理論を基盤として、運動、思考、記憶に関する以下の網羅的事例研究を行う。運動：ロボット動作の規則を状態遷移機械として学習し、得られた状態遷移機械によってロボット動作をシミュレーションする。記憶：脳のワーキングメモリのニューラルネットモデルを構成し、現実に即した

動作を行わせる。思考：カードゲームのプレイの戦略をモンテカルロ法によって学習し、報酬を最大化するアルゴリズムによってプレイする。これらの方法論の性質、効果を比較検討し、相互補完させることで、計算論的学習理論に基づく脳機能シミュレーションの方法論を確立する。

3. 研究の方法

(1) 大脳皮質前頭葉、大脳基底核(線条体、淡蒼球、視床下核、黒質)並びに視床を含む大規模なニューラルネットワークモデルを構築する。

(2) 生物の運動制御を、計算論的学習アルゴリズムを用いて模倣して、小型ヒューマノイドのそれを階層化することを試みる。

(3) 多腕バンディット問題に対する -GREEDY と呼ばれるアルゴリズムに着目し、モンテカルロ・アルゴリズムの制御に -GREEDY を使用して、より強いコンピュータ大貧民(カードゲーム)のアルゴリズムを構成する。ここで、-GREEDY とは、スロットマシンの選択時点において、期待値が最大のスロットマシンをある確率でランダムに選択するアルゴリズムである。-GREEDY を用いると、最善でないスロットマシンを選択する確率を、かなり小さな値に抑えられることが知られている。

4. 研究成果

(1) 大脳皮質前頭葉、大脳基底核(線条体、淡蒼球、視床下核、黒質)並びに視床を含む大規模なニューラルネットワークモデルを構築した。特に、線条体ニューロンとしては、二相性の膜電位を呈する 2-state model を用いて、非線形なゲート作用を表現した。

(2) 生物の運動制御と比較すると、小型ヒューマノイドのそれは筋張力を直接記述していることに対応し、記述の抽象度が低すぎる事がわかる。本研究では、上述の方法で、生物の運動制御を模倣して、小型ヒューマノイドのそれを階層化することに成功した。

(3) 多腕バンディット問題に対する -GREEDY アルゴリズムに着目し、モンテカルロ・アルゴリズムの制御に -GREEDY を使用することで、より強い大貧民アルゴリズムを得る(人間のプレイの知識を獲得する)ことができた。

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7件)

1) 中村丈洋, 織田健, 西野哲朗, "高信頼細粒度部品再利用による形式手法におけるソフトウェア合成", 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.8, pp.2012-2024, 2013. (査読有)

2) Khan Md. Anwarus Salam, Setsuo Yamada and Tetsuro Nishino, "How to Translation Unknown Words for English to Bangla Machine Translation Using Transliteration", Journal of Computers, Vol. 8, No. 5, May 2013. (査読有)

3) Khan Md. Anwarus Salam, Hiroshi Uchida, Setsuo Yamada and Tetsuro Nishino. "Web Based UNL Ontology Visualization", Journal of Convergence Information Technology, Vol.8, No.13, August 2013. (査読有)

4) Takaaki Goto, Tomoo Sumida, Tadaaki

Kirishima, Tetsuro Nishino, Takeo Yaku, Kensei Tsuchida: "Automatic Generation of SVG Program Documents with Animation Based on Attribute Graph Grammars", ACIS International Journal of Computer & Information Science, Vol. 13, No. 2, pp.20-28, (2012). (査読有)

5) Takaaki Goto, Kensei Tsuchida, Tetsuro Nishino: "Practice and Evaluation of Open Source Software development Education Based on the UEC Software Repository", ACIS International Journal of Computer & Information Science, Vol. 13, No. 2, pp.37-45, (2012). (査読無)

6) 中西裕陽, 富田悦次, 若月光夫, 西野哲朗: 最大クリーク問題の多項式時間的可解性の拡張, 電子情報通信学会論文誌 D 分冊, Vol.J95-D, No.9, pp.1716-1728 (2012). (査読有)

7) Takeru Honda, Tadashi Yamazaki, Shigeru Tanaka, Soichi Nagao and Tetsuro Nishino. "Stimulus-dependent state transition between synchronized oscillation and randomly repetitive burst in a spiking model of the cerebellar granular layer", PLoS Comput. Biol., 7(7): e1002087. doi:10.1371/journal.pcbi.1002087, 2011. (査読有)

[学会発表](計12件)

1) Khan Md. Anwarus Salam, H. Uchida, T. Nishino. "Multilingual Universal Word Explanation Generation from UNL Ontology", Cognitive Aspects of the Lexicon (CogaLex), 2012.

2) Khan Md. Anwarus Salam, Hiroshi Uchida,

Setsuo Yamada and Tetsuro Nishino. "UNL Ontology Visualization for Web", 13th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel / Distributed Computing (SNPD 2012) August 08 - 10, 2012.

3)Khan Md. Anwarus Salam, Setsuo Yamada and Tetsuro Nishino, "Developing the First Balanced Corpus for Bangla Language", International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV2012), Dhaka, Bangladesh. ISSN: 2226-2105. IEEE Catalog No. CFP1244S-CDR. ISBN: 978-4673-1152-6. May 2012.

4)Khan Md. Anwarus Salam, Setsuo Yamada and Tetsuro Nishino, "Using WordNet to Handle the Out-Of-Vocabulary Problem in English to Bangla Machine Translation", Global WordNet Conference, Matsue, Japan, (Editors Christiane Fellbaum et. al., Tribun EU, Brno, 2012, ISBN 978-80-263-0244-5). Page 35-39. January 2012.

5)Junji Nishino and Tetsuro Nishino: "Parallel Monte Carlo search for Imperfect information game Daihinmin", in Proceeding of the Fifth International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Programming (PAAP '12), pp.3-6, IEEE Computer Society, December (2012).

6)Khan Md. Anwarus Salam, Setsuo Yamada and Tetsuro Nishino: Translating Unknown Words Using WordNet and IPA-Based-Transliteration", ICCIT, Dhaka, Bangladesh. December 2011.

7)Khan Md. Anwarus Salam, Hiroshi Uchida and Tetsuro Nishino: How to Develop Universal Vocabularies Using Automatic Generation of the Meaning of Each Word", NLPKE, Tokushima, Japan, September 2011.

8)Khan Md. Anwarus Salam, Setsuo Yamada and Tetsuro Nishino: Example-Based Machine Translation for Low-Resource Language Using Chunk-String Templates, 13th Machine Translation Summit, Xiamen, China, September 2011.

9)Khan Md. Anwarus Salam, Setsuo Yamada and Tetsuro Nishino, "Translating Unknown Words Using WordNet and IPA-Based-Transliteration", ICCIT, Dhaka, Bangladesh. . ISBN: 978-1-61284-907-2. Page 481-486. December 2011.

10)Khan Md. Anwarus Salam, Hiroshi Uchida and Tetsuro Nishino. "How to Develop Universal Vocabularies Using Automatic Generation of the Meaning of Each Word", 7th International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering (NLPKE'11), Tokushima, Japan. ISBN: 978-1-61284-729-0. Page 243 - 246 November 2011.

11)Khan Md. Anwarus Salam, Setsuo Yamada and Tetsuro Nishino. "Example-Based Machine Translation for Low-Resource Language Using Chunk-String Templates", 13th Machine Translation Summit, Xiamen, China. September 2011.

12)Khan Md. Anwarus Salam, Tetsuro Nishino. "EEQRA: Evolving Easy Quantifiable

Reading Assistant ” , 13th APNG Camp,
APRICOT 2011, Hong Kong, February 2011.

〔図書〕(計1件)

- 1) 西野哲朗, 若月光夫, 後藤隆彰: 「応用
オートマトン工学」, pp.77-152, コロナ
社, 2012.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西野 哲朗 (NISHINO TETSURO)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教
授

研究者番号: 10198484

田中 繁 (TANAKA SHIGERU)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・特
任教授

研究者番号: 70281706

山崎 匡 (YAMAZAKI TADASHI)

理化学研究所・脳科学総合研究センター・
研究員

研究者番号: 40392162

保木 邦仁 (HOKI KUNIHITO)

電気通信大学・先端領域教育研究センター・
特任助教

研究者番号: 00436081