

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500277

研究課題名(和文) 脳の記憶系及び学習理論との連携を考慮した嗅覚システム数理モデルとその応用

研究課題名(英文) A Mathematical Model of the Olfactory System Considering Cooperation with Memory System of the Brain and Learning Theory and Its Application

研究代表者

大林 正直 (OBAYASHI MASANAO)

山口大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：60213849

研究成果の概要(和文)：

1) 既存の嗅覚システム利用型パターン認識において、認識のための学習時間が大幅に短縮可能なパターン認識モデルを開発した。2) 情動と学習を融合した情動融合型学習モデルを開発した。3) 過去に学習・記憶した記憶システムの記憶パターン群(類似環境群)の中から、現環境に対応した記憶(環境)を識別する方法を開発した。

研究成果の概要(英文)：

1) In the pattern recognition model using the olfactory system, we developed the model which takes less time for learning than the conventional model to recognize a certain pattern. 2) An emotion incorporated reinforcement learning system was developed. 3) The method to identify the memorized environment, corresponding to the current environment, among the similar environments in the memory system was developed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・生体生命情報学

キーワード：嗅覚系、Freeman、強化学習、記憶、エージェント、制御

1. 研究開始当初の背景

近年、非侵襲計測技術(CT, PET, fMRIなど)の発展により、脳の高次機能に関する実験的な研究成果が飛躍的に上がってきており、その最新の研究成果は神経回路網理論や脳型情報処理システムなど、多くの分野に利用されてきている。しかしながら、脳の高次機能中、視覚系に関する研究が飛躍的に進んでいる中で、聴覚系、味覚系、嗅覚系の研究は未だ不十分であり、嗅覚系に至っては、非

常に研究者が少なく、嗅覚系に関する研究は全く不十分である。

2. 研究の目的

嗅覚系は申請者らが研究対象としている記憶・学習とも密接にかかわっており、本研究では、記憶系・学習理論との連携を考慮した嗅覚システムの数理モデルの構築を目的とする。そして、そのモデルの工学的利用法の提案である。

3. 研究の方法

これまで研究代表者らが行ってきた、脳の記憶系、脳の学習系の研究の結果得られた記憶システム、学習システムをベースとして、これらと融合し、融合型制御システムへの応用展開を図りながら、下記テーマを進めてきた。

- (1) 嗅覚系のパターン認識方法
- (2) 低次嗅覚系の脳の高次系とのインタフェース
- (3) 嗅覚系と情動・記憶系、制御系との連携

4. 研究成果

- (1) 低次嗅覚システムにおける新たな特徴法を利用した認識モデルを開発した。
- (2) 低次嗅覚系と高次嗅覚系とのインタフェース部において、高次系へ送られるデータ特徴は入力データの各成分の強さのみで、パターンではない（入力データの組合せが変わっても同一データとみなす）ことをシミュレーションレベルで確認した。
- (3) 匂いや環境情報等の入力に対し、その価値をエージェント内で評価する価値システムや情動モデルを構築し、既存の学習モデルと融合した新たな学習モデルを開発した。
- (4) エージェントが複数の環境を経験する状況において、エージェントが適切な行動を学習し、その有効な経験を記憶系へ埋め込み、必要に応じて経験記憶の中から、エージェントが現在遭遇している環境に対応した記憶を、効率的かつ、より正確に取り出せる入出力モデルを開発した。
- (5) 制御系への応用展開の中で、新たな学習・適応制御方式を開発した。

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 31 件)

- ① L. Feng, M. Obayashi, T. Kuremoto, and K. Kobayashi, A Learning Fuzzy Petri Net Model, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol. 7, No. 3, 2012 (印刷中). 査読有
- ② 呉本堯, 渡邊駿, 小林邦和, 馮良炳, 大林正直, 相互結合型ネットワークにおけるメタヒューリスティクスを用いた動的想起, 電気学会論文誌, Vol. 131-C, No. 8, 2011 (印刷中). 査読有
- ③ 大林正直, 内山祥吾, 呉本堯, 小林邦和, 強化学習制御と適応 H_{∞} 制御の協働型制御方式, 電気学会論文誌, Vol. 131-C, No. 8, 2011 (印刷中). 査読有
- ④ T. Kuremoto, T. Yamane, L. Feng, K. Kobayashi, and M. Obayashi, A Human-Machine Interaction System: A Voice Command Learning System Using PL-G- SOM, Proceedings of 2011 International Conference on Industrial Engineering and Management (IEM2011), 2011 (印刷中). 査読有
- ⑤ 牧野吉宏, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 間接型適応的自己構造ファジィニューラルネットワーク制御システム, 電気学会論文誌, Vol. 130-C, No. 10, pp. 1882-1887, 2010. 査読有
- ⑥ T. Kuremoto, T. Komoto, K. Kobayashi, and M. Obayashi, Parameterless-Growing-SOM and Its Application to a Voice Instruction Learning System, Journal of Robotics, Vol. 2010, pp. 1-9, 2010. 査読有
- ⑦ 中野一宏, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 部分的未知構造を持つ非線形システムのためのロバスト強化学習制御系設計法, 電気学会論文誌, Vol. 130-C, No. 11, pp. 2090-2091, 2010. 査読有
- ⑧ M. Obayashi, L. Feng, T. Kuremoto, and K. Kobayashi, Intelligent Agent Construction Using the Attentive Characteristic Patterns of Chaotic Neural Networks, Artificial Life and Robotics, Vol. 15, pp. 216-220, 2010. 査読有
- ⑨ L. Feng, M. Obayashi, T. Kuremoto, and K. Kobayashi, A Learning Petri Net Model Based on Reinforcement Learning, Proceedings of the 15th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB2010), pp. 290-293, 2010. 査読有
- ⑩ M. Obayashi, T. Kuremoto, and K. Kobayashi, Intelligent Agent Construction Using the Attentive Characteristic Patterns of Chaotic Neural Networks, Proceedings of the 15th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB2010), pp. 597-600, 2010. 査読有
- ⑪ T. Kuremoto, M. Obayashi, K. Kobayashi, and L. Feng, Autonomic Behaviors of Swarm Robots Driven by Emotion and Curiosity, Lecture Notes in Bioinformatics, Vol. 6330, pp. 541-547, Springer-Verlag, 2010. 査読有
- ⑫ M. Obayashi, T. Nishida, T. Kuremoto, K. Kobayashi, and L. Feng, A Reinforcement Learning System Embedded Agent with Neural Network-based Multi-valued Pattern Memory Structure, Proceedings

- of International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS2010), pp.176-181, 2010. 査読有
- ⑬ L. Feng, M. Obayashi, T. Kuremoto, and K. Kobayashi, An Intelligent Control System Construction Using High-Level Time Petri Net and Reinforcement Learning, Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS2010), pp.535-539, 2010. 査読有
- ⑭ T. Kuremoto, T. Ohta, K. Kobayashi, and M. Obayashi, A Dynamic Associative Memory System by Adopting an Amygdala Model, Artificial Life and Robotics, Vol.13, No.2, pp.478-482, 2009. 査読有
- ⑮ M. Obayashi, N. Nakahara, K. Kobayashi, and T. Kuremoto, A Robust Reinforcement Learning Using Concept of Sliding Mode Control, Artificial Life and Robotics, Vol.13, No.2, pp.526-530, 2009. 査読有
- ⑯ N. Kogawa, M. Obayashi, K. Kobayashi, and T. Kuremoto, A Reinforcement Learning Method Based on an Immune Network Adapted to a Semi-Markov Decision Process, Artificial Life and Robotics, Vol.13, No.2, pp.538-542, 2009. 査読有
- ⑰ 小林邦和, 大林正直, 呉本堯, 局所線形モデルを導入したウェーブレットニューラルネットワークのベイズ的設計法, 電気学会論文誌, Vol.129-C, No.7, pp.1356-1362, 2009. 査読有
- ⑱ 溝上裕之, 小林邦和, 呉本堯, 大林正直, TD 誤差に基づく強化学習のメタパラメータ学習法, 電気学会論文誌, Vol.129-C, No.9, pp.1730-1736, 2009. 査読有
- ⑲ T. Kuremoto, M. Obayashi, and K. Kobayashi, Adaptive Swarm Behavior Acquisition by a Neuro-Fuzzy System And Reinforcement Learning Algorithm, International Journal of Intelligent Computing and Cybernetic, Vol.2, No.4, pp.724-744, 2009. 査読有
- ⑳ T. Kuremoto, Y. Yamano, M. Obayashi, and K. Kobayashi, An Improved Internal Model for Swarm Formation and Adaptive Swarm Behavior Acquisition, Journal of Circuits, Systems, and Computers, Vol.18, No.8, pp.1517-1531, 2009. 査読有
- ㉑ T. Kuremoto, Y. Yamano, K. Kobayashi, and M. Obayashi, A Voice Instruction Learning System Using PL-T-SOM, Proceedings of the 2nd International Conference on Image and Signal Processing (CISP2009), 2009. 査読有
- ㉒ T. Kuremoto, T. Ohta, K. Kobayashi, and M. Obayashi, A Functional Model of Limbic System of Brain, Lecture Notes in Computer Science, Vol.5819, pp.135-146, Springer-Verlag, 2009. 査読有
- ㉓ M. Obayashi, K. Yamada, T. Kuremoto, and K. Kobayashi, A Robust Reinforcement Learning System Using Sliding Mode Control with State Variable Filters, Proceedings of 2009 Chinese Automatic Control Society International Automatic Control Conference (CACS2009), CD-ROM, 2009. 査読有
- ㉔ K. Kobayashi, H. Mizoue, T. Kuremoto, and M. Obayashi, A Meta-Learning Method Based on Temporal Difference Error, Lecture Notes in Computer Science, Vol.5863, pp.530-537, Springer-Verlag, 2009. 査読有
- ㉕ K. Kobayashi, M. Obayashi, and T. Kuremoto, A Bayesian Local Linear Wavelet Neural Network, Lecture Notes in Computer Science, Vol.5507, pp.147-154, Springer-Verlag, 2009. 査読有
- ㉖ 小林邦和, 中野浩二, 呉本堯, 大林正直, 状態予測型強化学習システム, 電気学会論文誌, Vol.128-C, No.8, pp.1303-1311, 2008. 査読有
- ㉗ 大林正直, 成田顕一郎, 小林邦和, 呉本堯, 一時的滞留機能を持つ過渡的カオス連想記憶モデル, 電気学会論文誌, Vol.128-C, No.12, pp.1852-1858, 2008. 査読有
- ㉘ T. Kuremoto, M. Obayashi, K. Kobayashi, H. Adachi, and K. Yoneda, A Reinforcement Learning System for Swarm Behaviors, Proceedings of the 2008 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI2008), pp.3710-3715, 2008. 査読有
- ㉙ T. Kuremoto, M. Obayashi, K. Kobayashi, H. Adachi, and K. Yoneda, A Neuro-fuzzy Learning System for Adaptive Swarm Behaviors Dealing with Continuous State Space, Lecture Notes in Computer Science, Vol.5227, pp.675-683, Springer-Verlag, 2008. 査読有
- ㉚ M. Obayashi, K. Narita, T. Kuremoto, and K. Kobayashi, A Reinforcement Learning System with Chaotic Neural Networks-Based Adaptive Hierarchical Memory Structure for Autonomous Robots, Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2008), pp.69-74, 2008. 査読有
- ㉛ M. Obayashi, T. Kuremoto, and K.

Kobayashi, A Self-Organized Fuzzy-Neuro Reinforcement Learning System for Continuous State Space for Autonomous Robots, Proceedings of International Conference on Computational Intelligence for Modeling, Control and Automation (CIMCA2008), pp. 552-559, 2008. 査読有

[学会発表] (計 33 件)

- ① 兼平龍, 小林邦和, 呉本堯, 大林正直, マルチエージェント環境における他者の意図推定を利用した行動選択法, 電気学会システム研究会予稿集, No. ST-10-003, pp. 1-6, 2010. 12. 4 関東学院大学(神奈川)
- ② 大富康弘, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 自己組織化ファジィニューロ適応制御におけるスライディング係数調整法, 第 19 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集, pp. 44-45, 計測自動制御学会, 2010. 11. 27 島根大学(島根)
- ③ 岡本隆志, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 馮良炳, 価値の概念を導入した強化学習システム, 第 26 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, No. WE1-1, pp. 1147-1152, 2010. 9. 13 広島大学(広島)
- ④ 内山祥吾, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, $H \infty$ 制御と強化学習の融合によるロバストな計画行動制御方式の開発, 電子・情報・システム部門大会, No. GS13-4, pp. 1518-1523, 電気学会, 2010. 9. 3 熊本大学(熊本)
- ⑤ 宅野雄大, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 情動モデル融合型強化学習システム, 電子・情報・システム部門大会, No. TC4-3, pp. 126-131, 電気学会, 2010. 9. 2 熊本大学(熊本)
- ⑥ K. Kobayashi, The Influence of Nicotine on Dynamics of AMPA and NMDA Receptors of VTA Neurons, Invited Talk at the 1st Advanced Study Institute on Global Healthcare Challenges, 2010. 7. 22 アクデニーズ大学(トルコ)
- ⑦ 岡本隆志, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 自律型エージェントの行動学習における価値システムの構築に関する研究, 第 18 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集, pp. 22-23, 計測自動制御学会, 2009. 11. 28 鳥取大学(鳥取)
- ⑧ 西田朋広, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 多値パターン記憶機構を備えた強化学習システムに関する研究, 第 18 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集, pp. 24-25, 計測自動制御学会, 2009. 11. 28 鳥取大学(鳥取)
- ⑨ 牧野吉宏, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 強化学習を用いた適応ファジィニューラルネットワーク制御システム, 第 18 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集, pp. 70-71, 計測自動制御学会, 2009. 11. 28 鳥取大学(鳥取)
- ⑩ 木下康弘, 呉本堯, 小林邦和, 大林正直, 神経回路モデルによる動画処理に関する研究, 第 11 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, No. D-44, IEEE 広島支部, 2009. 11. 21 山口大学(山口)
- ⑪ 兼平龍, 小林邦和, 呉本堯, 大林正直, 部分観測環境における予測機能を備えたモジュール型強化学習システム, 第 11 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, No. D-12, IEEE 広島支部, 2009. 11. 21 山口大学(山口)
- ⑫ 井上誉允, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 遺伝的アルゴリズムを用いた LEGO ロボットの最適行動経路探索, 第 11 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, No. D-13, IEEE 広島支部, 2009. 11. 21 山口大学(山口)
- ⑬ 古賀信之介, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 嗅覚モデルを用いた音声認識に関する研究, 第 11 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, No. D-15, IEEE 広島支部, 2009. 11. 21 山口大学(山口)
- ⑭ 岡本隆志, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 自律型エージェントの行動学習における価値システムの構築に関する研究, 第 11 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, No. D-16, IEEE 広島支部, 2009. 11. 21 山口大学(山口)
- ⑮ 西田朋広, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 多値パターン記憶機構を備えた強化学習システムに関する研究, 第 11 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, No. D-19, IEEE 広島支部, 2009. 11. 21 山口大学(山口)
- ⑯ 牧野吉宏, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 強化学習を用いた適応 fnn 制御システム, 第 11 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, No. D-25, IEEE 広島支部, 2009. 11. 21 山口大学(山口)
- ⑰ 山野祐樹, 呉本堯, 大林正直, 小林邦和, 群行動のためのニューロファジィ強化学習システムに関する研究, 第 11 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, No. D-39, IEEE 広島支部, 2009. 11. 21 山口大学(山口)
- ⑱ 阿部孝彰, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, 自己組織化マップを用いた適応的強化学習システム, 第 11 回 IEEE 広島支部学生シンポジウム予稿集, No. D-55, IEEE 広島支部, 2009. 11. 21 山口大学(山口)
- ⑲ 兼平龍, 小林邦和, 呉本堯, 大林正直,

部分観測環境におけるモジュール型強化学習の予測機能の実現, 電気・情報関連学会中国支部第 60 回連合大会予稿集, No. 24-4, October 2009. 10. 17 広島大学(広島)

- ⑳ 呉本堯, 大林正直, 小林邦和, 大脳辺縁系モデルの構築, 第 21 回自律分散システム・シンポジウム予稿集, pp. 111-116, 2009. 1. 22 鳥取県民文化会館(鳥取)
- ㉑ 古本隆人, 呉本堯, 小林邦和, 大林正直, Transient-SOM の改良及び音声命令学習への応用, 第 21 回自律分散システム・シンポジウム予稿集, pp. 39-42, 2009. 1. 22 鳥取県民文化会館(鳥取)
- ㉒ 波多聡, 呉本堯, 小林邦和, 大林正直, 階差時系列を用いたニューラルネットワークによる時系列予測, 第 21 回自律分散システム・シンポジウム予稿集, pp. 135-138, 2009. 1. 22 鳥取県民文化会館(鳥取)
- ㉓ 山田勝巳, 大林正直, 小林邦和, 呉本堯, 不完全観測環境下におけるスライディングモード制御の概念を利用した強化学習システム, 第 17 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集, pp. 188-189, 計測自動制御学会, 2008. 11. 15 広島大学(広島)
- ㉔ 永田昌彦, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, アントコロニー最適化法におけるランダム選択率設定方法, 第 17 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集, pp. 132-133, 計測自動制御学会, 2008. 11. 15 広島大学(広島)
- ㉕ 溝上裕之, 小林邦和, 呉本堯, 大林正直, TD 誤差を用いた強化学習のメタパラメータ学習法, 第 17 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集, pp. 124-125, 計測自動制御学会, 2008. 11. 15 広島大学(広島)
- ㉖ 松井裕之, 小林邦和, 呉本堯, 大林正直, ランダムタイリングを用いたモジュール型強化学習, 第 17 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集, pp. 122-123, 計測自動制御学会, 2008. 11. 15 広島大学(広島)
- ㉗ 尾崎智香, 大林正直, 小林邦和, 呉本堯, 学習分類子システムを用いた強化学習(XCS QT)の性能評価, 第 17 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集, pp. 120-121, 計測自動制御学会, 2008. 11. 15 広島大学(広島)
- ㉘ 河村佳代子, 大林正直, 小林邦和, 呉本堯, 自律移動ロボットによるマップ作成とゴール探索, 第 17 回計測自動制御学会中国支部学術講演会予稿集, pp. 84-85, 計測自動制御学会, 2008. 11. 15 広島大学(広島)
- ㉙ 小林邦和, 大林正直, 呉本堯, 局所線形ウェーブレットニューラルネットワークの

ベイズ的設計法, 第 18 回日本神経回路学会合同大会プログラム・抄録集, pp. 146-147, 日本神経回路学会, 2008. 9. 25 つくば市 産業技術研究所(茨城)

- ㉚ 小林邦和, 大林正直, 呉本堯, 局所線形モデルを導入したウェーブレットニューラルネットワークのベイズ的設計法, 電子・情報・システム部門大会, No. GS5-7, pp. 738-743, 電気学会, 2008. 7. 20 はこだて未来大学(北海道)
- ㉛ 溝上裕之, 小林邦和, 呉本堯, 大林正直, TD 誤差に基づく強化学習のメタパラメータ学習法, 電子・情報・システム部門大会, No. GS10-6, pp. 873-878, 電気学会, 2008. 7. 20 はこだて未来大学(北海道)
- ㉜ 永田昌彦, 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, アントコロニー最適化法における上位ランク限定ランダム選択方式, 電子・情報・システム部門大会, No. GS12-4, pp. 926-931, 電気学会, 2008. 7. 20 はこだて未来大学(北海道)
- ㉝ 呉本堯, 大林正直, 小林邦和, 杉野元紀, 松崎洋一郎, 感情誘起型複数ロボットの適応行動の改善, 電子情報通信学会総合大会予稿集, No. DS-2-6, pp. S-39-S-40, 電子情報通信学会, 2008. 3. 18, 早稲田大学大学院情報生産システム研究科(北九州市)

[図書] (計 6 件)

- ① M. Obayashi, N. Nakahara, K. Yamada, T. Kuremoto, K. Kobayashi, and L. Feng, A Robust Reinforcement Learning System Using Concept of Sliding Mode Control for Unknown Nonlinear Dynamical System, Robust Control, Theory and Applications (edited by Andrzej Bartoszewicz), chapter 9, pp. 197-214, INTECH, 2011.
- ② M. Obayashi, K. Narita, Y. Okamoto, T. Kuremoto, K. Kobayashi, and L. Feng, A Reinforcement Learning System Embedded Agent with Neural Network-Based Adaptive Hierarchical Memory Structure, Advances in Reinforcement Learning (edited by Abdelhamid Mellou), chapter 11, pp. 189-208, INTECH, 2011.
- ③ 大林正直, 呉本堯, 小林邦和, インテリジェントコンピューティング, 山口大学工学部知能情報工学科生体情報工学システム研究室, 2010.
- ④ K. Kobayashi, K. Nakano, T. Kuremoto, and M. Obayashi, Objective-based Reinforcement Learning System for Cooperative Behavior Acquisition, Application of Machine Learning (edited by Yagang Zhang), chapter 14, pp. 233-244, INTECH, 2010.

⑤内村俊二, 小林邦和, ものづくり創成実習 I・II テキスト, 山口大学工学部知能情報システム工学科, 2009.

⑥ T. Kuremoto, M. Obayashi, and K. Kobayashi, Neural Forecasting Systems, Reinforcement Learning, Theory and Application (edited by Cornelius Weber, Mark Elshaw, and Norbert Michael Mayer), chapter 1, pp.1-20, I-Tech Education and Publishing, 2008.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ URL :

<http://www.nn.csse.yamaguchi-u.ac.jp/obayashi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大林 正直 (OBAYASHI MASANAO)
山口大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号 : 60213849

(2) 研究分担者

呉本 堯 (KUREMOTO TAKASHI)
山口大学・大学院理工学研究科・助教
研究者番号 : 40294657

小林 邦和 (KOBAYASHI KUNIKAZU)
山口大学・大学院理工学研究科・助教
研究者番号 : 40263793

(3) 連携研究者

なし