

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26330254

研究課題名(和文) マルチモーダルインタフェースを備えた知能発達型知的システムとその応用

研究課題名(英文) An Intelligent System with Multi-Modal Interface and Intelligence Development Functions and Its Applications

研究代表者

呉本 堯 (Kuremoto, Takashi)

山口大学・大学院創成科学研究科・助教

研究者番号：40294657

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：優れた知性、高い自律性と意思疎通能力を持つパートナーロボットを実現するため、本研究では、「マルチモーダルインタフェースを備えた知能発達型知的システム」が提案・開発された。具体的には、ニューラルネットワーク、ファジィ、進化的計算、強化学習を中心とする「ソフトコンピューティング技術」を用いて、情報分類、記憶想起、推論と予測、適応行動などの知的計算機能モジュールが設計・開発された。特に、「視覚、聴覚、脳波」など多種の計測情報を扱うマルチモーダルインタフェースを設計し、人間である相手の指令、意思をより正確に推測でき、適切な行動を出力するパートナーロボットに応用可能な知的システムが提案された。

研究成果の概要(英文)：To develop the future partner robot which has high intelligence, autonomy, ability of communication with human being, an intelligent system with multi-modal interfaces and development ability is proposed and developed in this study. In detail, artificial neural networks, fuzzy inference, evolutionary calculation, reinforcement learning, etc, which belong to the field of "softcomputing" were utilized to design and develop multiple intelligent function modules such as pattern classification, association memory, forecasting, adaptive behavior acquisition, and so on. Specially, multi-modal interfaces including visual information, auditory information, and brain wave (EEG) were used to estimate the meaning or instruction of the human being and output appropriate actions. The proposed intelligent system is expected to be applied to the partner robots such as pet robots, communication robots, and so on.

研究分野：ソフトコンピューティング

キーワード：ニューラルネットワーク 強化学習 パターン認識 ファジィ 深層学習 インテリジェントシステム
ソフトコンピューティング マルチモーダルインタフェース

1. 研究開始当初の背景

日常生活の場面で活躍できる高度な知的能力を持つロボットは依然開発途中である。最も困難な課題は、複雑で動的環境における状態認知と適応行動を実現する「認知行動システム」の設計や、人間を相手にする場合の知能レベルの向上などが挙げられる(土井ら 2006; 藤田&下村 2008)。従来の作り込み型のシステムには限界があり、近年、環境に適応し学習能力の高い新たな知的システムが提案されている。例えば、

- (i) 小脳の計算的モデルである「多重順逆対モデル」MOSAIC (川人 1994);
- (ii) 再帰的ニューラルネットワークを用いた力学系に基づく認知行動モデル RNNPB (谷 2003);
- (iii) 動機と自己探索を含む自律行動の獲得モデル MINDY (ソニー 2003);
- (iv) 入出力パターンを生成するミラーニューロンの計算的モデル Mimesis (稲色ら 2004);
- (v) 抽象的シンボルを創発的に生成し、記号接地問題を解決する記号創発ロボティクス(谷口 2005);
- (vi) 認知科学、脳科学とロボティクスの融合による動的知能——インテリジェンス・ダイナミクス(土井ら 2005);
- (vii) ロボットの身体と環境の相互作用による認知発達ロボティクス(浅田&國吉 2006)などが挙げられる。

また、研究代表者・分担者らは、記憶・学習・感情などの脳の高次機能を実現するいくつかの計算モデルを提案している(詳細略)。

2. 研究の目的

人間とロボットが共存する社会における優れた知性、高い自律性と意思疎通能力を持つ第三次産業用ロボットを実現するため、本研究では、「マルチモーダルインタフェースを備えた知能発達型知的システム」を提案・開発する。特に、「視覚、聴覚、脳波」など多種の計測情報を扱

うマルチモーダルインタフェースを設計し、人間である相手の指令、意思をより正確に推測でき、知性を持つ、適切な行動を出力するパートナーロボットに応用できる知的システムを開発する。

3. 研究の方法

「ニューラルネットワーク、ファジィ、進化的計算、強化学習を中心とするソフトコンピューティング技術」を用いて、情報分類、記憶想起、推論と予測、適応行動などの複数の知覚情報処理と知的計算機能モジュールを設計・開発し、パートナーロボットの知的振る舞いを実現する知能発達型知的システム(図1)を構築する。

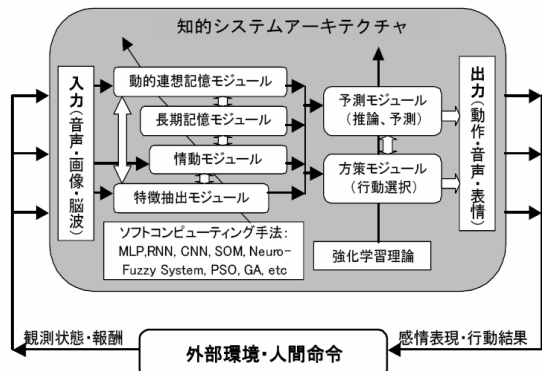


図1 本研究で提案する知的システムの構成案

4. 研究成果

本研究で提案される知的システムを構築することに向けて、マルチモーダルインタフェースによる多種のセンサーによる入力情報に対するパターン認識機能、内部の記憶機能、情動・感情機能、予測機能、行動決定・学習機能、出力制御機能など多くの高次機能モジュールが開発された。具体的には、以下の研究成果が挙げられる。

(1) 画像情報の自動分類

コホーネンの自己組織化マップ(SOM)を改良し、ユーザの手の様々な形をロボットに示すことより、指令を与えることが実現した。改良モデルの学習性能は従来の SOM や成長型自己組織化マップ(GSOM)より優れる(雑誌論文: 4, 21; 学会発表: 2, 32, 33)

(2) 音声情報の自動分類

改良自己組織化マップ(SOM)を更に修正し、最先端のパラメータ探索手法を導入することより、

従来の改良 SOM を用いた音声命令学習システムの性能を改善することができた。(学会発表：12, 43)

(3) 脳波のパターン認識によるメンタルタスクの認知

脳波の特徴抽出の改良を中心に、脳波信号のパターン認識やメンタルタスクの識別手法を多数提案した。例えば、ROC(receiver operating characteristic)分析、畳み込みニューラルネットワークなどの特徴抽出法を提案し、サポートベクトルマシンや、多層パーセプトロン、決定木などの識別器による脳波識別法を提案した。

(雑誌論文：2, 8; 学会発表：16, 24, 29)

(4) 高次元データの自動分類

高次元データに対する一般的な分類手法として、進化的計算や多層自己符号化器などを提案した。(雑誌論文：1, 6; 学会発表：1, 9)

また、分散データベースに対するアクセスの効率向上につきましても、遺伝ネットワークプログラミングやファジィ推論などより、有効な管理方式を提案した。(雑誌論文：13, 14; 学会発表：18, 20, 25, 34)

(5) 長期記憶・連想記憶の実現

多層カオスニューラルネットワーク(MCNN)や自己組織化マップ(SOM)を用いた時系列データ(画像、動画など)の記憶(記銘)・想起(連想)を実現した。(雑誌論文：9, 18; 学会発表：30)

また、強化学習とマッチングネットワークを併用し、Long-Short Term Memory (LSTM)機能を実現し、記憶効率の向上を図った。(学会発表：10(国際会議 ICIARE2016 最優秀論文賞))

(6) 情動・感情の形成及び適応行動学習への促進

状態の遷移を確率的マトリクスで表現するマルコフ情動モデルと多層パーセプトロン(MLP)や自己組織化マップ(SOM)の併用より、自律ロボットの適応行動学習システムを提案した。(雑誌論文：15; 学会発表：19, 31)

(7) 予測方法の提案

過去の時系列データの特徴をモデリングし、未来の値を予測することは知的能力を持つことに当たる。本研究では、研究代表者らのこれまでの深層学習による時系列予測手法を修正し、カオス時系列データや、ベンチマークデータ、また、太陽黒点数や大気中の二酸化炭素の濃度、海面気圧などの実データを用いた予測実験の結果より、新たに提案した強化学習を用いたディープビリーフネットワーク(DBN)の有効性が確認された。

(雑誌発表：5, 20; 学会発表：6, 8, 11, 23, 26(国際会議 2015 ICCAT Outstanding Paper Award), 36, 41)

(8) 行動の決定及び学習法の提案

環境に適する行動を学習、または選択して決定することは知的システムの出力に当たる。本研究では、知能発達型知的システムを構築することを提案しているが、その「知能発達型」の意味は、予めすべての環境状態を想定し、それぞれの状態に対応する適切な行動を出力するのではなく、確率的出力や、状態遷移による正または負の報酬を利用し、状態の認知や、記憶、行動の学習、未来の予測などの知的能力を養っていくシステムを設計することを指す。本研究では提案された行動の制御、学習、または決定手法は強化学習、進化的計算、ファジィニューラルネットワーク、情動モデル、小脳モデルなどの技術が活用された。(雑誌論文：10, 11, 12, 16, 17, 19; 学会発表：4, 5, 13, 14, 21, 22(国際会議 ICAROB 2015 最優秀論文賞), 22, 27, 28, 31, 35, 37, 38, 39, 42, 44)

(9) その他

アテンションモデルとリカレントニューラルネットワークを併用した文章要約手法を提案した。(学会発表：3)

システムに異常進入や、衛星画像の災害解析に関する方式につきましても、深層学習や One-class SVM を併用した手法を提案した。(雑誌論文：7; 学会発表：2)

以上、本課題の主な研究成果を研究代表者、研究分担者らが発表した論文の基にまとめた。

<引用文献>

- 1) 土井, 藤田, 下村【編】: インテリジェンスダイナミクス2 . 身体を持つ知能—脳科学とロボティクスの共進化—, Springer/Japan (2006)
- 2) 藤田, 下村【編】: インテリジェンスダイナミクス3 . 発達する知能—知能を形作る相互作用—, Springer/Japan (2008)
- 3) 銅谷, 五味, 阪口, 川人【編】: 脳の計算機構—ボトムアップ・トップダウンのダイナミクス, 朝倉書店 (2005)
- 4) 浅田, 國吉: ロボットインテリジェンス, 岩波書店 (2006)
- 5) Kawato M., Samejima K. : Efficient reinforcement learning: computational theories, neuroscience and robotics, *Current Opinion in Neurobiology*, Vol.17, pp.205-212 (2007)
- 6) 松本, 市川: 脳を創る, *日本神経回路学会誌*, Vol.5, No.3, pp.110-115 (1998)

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 21 件) 全て査読有

1. Mabu S., Kobayashi K., Obayashi M. and Kuremoto T.: Unsupervised image classification using multi-autoencoder and K-means++, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Vol. 5, No.1, pp.75-78, 2018
2. Kuremoto T., Baba, Y., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: Enhancing EEG signals recognition using ROC curve, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Vol. 4, No.4, pp.283-286, 2018
3. Hirata T., Kuremoto T., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: Forecasting real time series data using deep belief net and reinforcement learning, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Vol. 4, No.4, pp.260-264, 2018
4. Kuremoto T., Kuzukami Y., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: A hand shape instruction recognition and learning system using growing SOM with asymmetric neighborhood function, *Neurocomputing*, Vol.188, pp.31-41, 2016
5. 平田貴臣, 吳本堯, 大林正直, 間普真吾, 小林邦和: 深層学習と線形モデルを併用した時系列予測手法, *電気学会論文誌 C*, Vol.136, No.3, pp.348-356, 2016
6. Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: An Evolutionary Algorithm for Making Decision Graphs for Classification Problems, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Vol. 3, No.1, pp.45-49, 2016
7. Mabu S., Gotoh S., Obayashi M., Kuremoto T.: A random-forests-based classifier using class association rules and its application to an intrusion detection system, *Artificial Life and Robotics*, Vol.21, pp.371-377, 2016
8. Obayashi M., Geshi T., Kuremoto T., Mabu S.: An Optimization of Spatio-Spectral Filter Bank Design for EEG Classification, *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, Vol. 4, No.2, pp.217-220, 2016
9. 渡邊駿, 吳本堯, 小林邦和, 間普真吾, 大林正直: MCNN と SOM を用いた動画像の記銘と動的想起, *電気学会論文誌 C*, Vol.135, No.4, pp. 414-422, 2015
10. Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: Ensemble learning of rule-based evolutionary algorithm using multi-layer perceptron for supporting decisions in stock trading problems, *Applied Soft Computing*, Vol.36, pp.357-367, 2015
11. Kuremoto T., Morisaki K., Kobayashi K., Mabu S., Obayashi M.: Elman Type Recurrent Neural Network with Parametric Bias and its Application to Multi-Action Learning of Robot, *ICIC Express Letters Part B: Applications -- An International Journal of Research and Surveys*, 6(9), pp.2361-2369, 2015
12. Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: Reinforcement Learning with Symbiotic Relationship for Multiagent Environments, *Journal of Robotics, Networks, and Artificial Life*, Vol.2, No.1, pp.40-45, 2015
13. Wedashwara W., Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: On-line Rule Updating System Using Evolutionary Computation for Managing Distributed Database, *Journal of Robotics, Networks, and Artificial Life*, Vol.2, No.2, pp.73-78, 2015
14. Wedashwara W., Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: Combination of genetic network programming and knapsack problem to support record clustering on distributed databases, *Expert Systems With Applications*, 46, pp.15-23, 2015
15. 綿田将悟, 大林正直, 吳本堯, 小林邦和, 間普真吾: マルコフ情動モデルを備えたロボットの行動決定法, *電気学会論文誌 C*, Vol.134, No.1, pp.85-93, 2014
16. Mabu S., Hirasawa K., Obayashi M., Kuremoto T.: A Variable Size Mechanism of Distributed Graph Programs and Its Performance Evaluation in Agent Control Problems, *Expert Systems with Applications*, 41(4), pp.1663-1671, 2014
17. Watada S., Obayashi M., Kuremoto T., Mabu S., Kobayashi K.: A Decision Making System of Robots Introducing a Re-construction of Emotions Based on Their Own Experience, *Journal of Robotics, Networks, and Artificial Life*, Vol. 1, No.1, pp. 27-32, 2014
18. Watanabe S., Kuremoto T., Mabu S., Obayashi M., Kobayashi K.: The Recollection Characteristics of Generalized MCNN Using Different Control Methods, *Journal of Robotics, Networks, and Artificial Life*, 1(1), pp.73-79, 2014
19. 内山祥吾, 大林正直, 吳本堯, 小林邦和: 自己融合小脳パーセプトロン改良モデル利用型制御システムとその合意問題への応用, *電気学会論文誌 C*, Vol.134, No.7, pp. 990-998, 2014
20. Kuremoto T., Kimura S., Kobayashi K., Obayashi M.: Time Series Forecasting Using a Deep Belief Network with Restricted Boltzmann Machines, *Neurocomputing*, 137(5), pp.47-56, 2014
21. Kuremoto T., Otani T., Mabu S., Obayashi M., Kobayashi K.: One-D-R-A-G-SOM and its Application to a Hand Shape Instruction Learning System, *International Journal of Networked and Distributed Computing*, 2(3), pp.166-174, 2014

[学会発表](計 44 件) 全て査読有

1. Mabu S., Kobayashi K., Obayashi M., Kuremoto T.: Unsupervised Image Classification Using Multi-Autoencoder and K-means++, *ICAROB 2018*, pp.112-115, 2018
2. Fujita K., Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: Anomaly Detection of Disaster Areas from Satellite Images Using Convolutional Autoencoder and One-class SVM, *ICAROB 2018*, pp.116-119, 2018
3. Kuremoto T., Tsuruda T., Obayashi M., Mabu S.: A Sentence Summarizer using Recurrent Neural Network and Attention-Based Encoder, *AMMS 2017*, pp.245-248, 2017
4. Kuremoto T., Matsusaka H., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: A Reinforcement Learning System with Multi-Layered Fuzzy Neural Network, *ICISIP2017*, pp. 444-449, 2017
5. Obayashi M., Aridome T., Kuremoto T., Mabu S.: Leader-Follower Adaptive Formation Control without Observation of Agent's Velocity Using Wavelet Neural Network, *ICMLC 2017*, C083, pp.1-8, 2017
6. Kuremoto T., Tokuda S., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: An experimental comparison of deep belief nets with different learning methods, *NCSP 2017*, pp. 637-640, 2017
7. Kuremoto T., Baba Y., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: A Method of Feature Extraction for EEG Signals Recognition Using ROC Curve, *ICAROB 2017*, pp.654-657, 2017
8. Hirata T., Kuremoto T., Obayashi M., Mabu S.: Forecasting Real Time Series Data using Deep Belief Net and Reinforcement Learning, *ICAROB 2017*, pp.658-661, 2017
9. Azakami K., Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: A Rule-Based Classification System Enhanced by Multi-Objective Genetic Algorithm, *ICAROB 2017*, pp.650-653, 2017
10. Cannon R. N., Kuremoto T., Obayashi M., Mabu S.: Learning Embedding Function for Instance-based Reinforcement Learning with Matching Networks, *ICIARE 2016*, pp. 155-158, 2016
11. Hirata T., Kuremoto T., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: Deep Belief Network using Reinforcement Learning and its Applications to Time Series Forecasting, *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 9949, pp. 30-37, 2016
12. Kuremoto T., Kuzukami Y., Obayashi M., Kobayashi K., Mabu S.: RP-AG-SOM: A Growing Self-Organizing Map with Assymmetric Neighborhood Function and Variable Radius, *Lecture Notes in Networks and Systems*, Vol. 15, pp. 404-418, 2016
13. Obayashi M., Aridome T., Kuremoto T., Mabu S.: Leader-Follower Formation Control Using Cerebellar Perceptron Improved Model with Auto-Structuring, 2016 CSE, pp. 423-431, 2016
14. Kuremoto T., Tsubaki K., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: A Neuro-Fuzzy Reinforcement Learning System for Autonomous Robot Dealing with Continuous Space, *NCSP'16*, pp. 258-261, 2016
15. Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: An Evolutionary Algorithm for Making Decision Graphs for Classification Problems, *ICAROB 2016*, pp.458-462, 2016
16. Obayashi M., Geshi T., Kuremoto T., Mabu S.: An Optimization of Spatio-Spectral Filter Bank Design for EEG Classification, *ICAROB 2016*, pp.397-400, 2016
17. Watada S., Obayashi M., Kuremoto T., Mabu S.: Efficient Reinforcement Learning Using an Adaptive Control of Meta-parameters Based on a Markov Emotional Model, *AROB 21st 2016*, pp. 14-19, 2016
18. Wedashwara W., Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: Evolutionary Rule Based Clustering with Fuzzy Feature Selection for High Dimensional Database, *AROB 21st 2016*, pp. 42-47, 2016
19. Gotoh S., Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: An Intrusion Detection System Using Random Forests Based on Class Association Rules, *AROB 21st 2016*, pp. 148-153, 2016
20. I Wedashwara W., Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: Online Rule Updating System Using Evolutionary Computation for Managing Distributed Database, *ICAROB 2015*, pp.98-101, 2015
21. Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: Reinforcement Learning with Symbiotic Relationships for Multiagent Environments, *ICAROB 2015*, pp.102-106, 2015
22. Obayashi M., Shinkawa K., Kuremoto T., Mabu S., Kobayashi K.: Leader-Follower Formation Control with an Adaptive Linear and Terminal Sliding Mode Combined Controller Using Auto-Structuring Fuzzy Neural Network, *Cognitive 2015*, pp.130-136, 2015
23. Kuremoto T., Ko K., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: Neural Networks using Reinforcement Learning and their Applications to Time Series Forecasting, *WSEAS/ASME'15*, pp. 69-74, 2015
24. Kuremoto T., Baba Y., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: To Extraction the Feature of EEG Signals for Mental Task Recognition. *CCC-SICE2015*, pp.353-358, 2015
25. Wedashwara W., Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: Evolutionary Rule Based Clustering for Making Fuzzy Object Oriented Database Models, *IIAI AAI 2015*, pp.517-522, July 12-16, 2015
26. Hirata T., Kuremoto T., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: Time Series Prediction using DBN and ARIMA, *2015 ICCAT*, pp. 24-29, 2015
27. Obayashi M., Uto S., Kuremoto T., Mabu S., Kobayashi K.: An Extended Q Learning System with Emotion State to Make Up an Agent with Individuality, *IJCCI 2015*, pp. 70-78, 2015
28. Obayashi M., Yamane T., Kuremoto T., Mabu S., Kobayashi K.: An Autonomous Mobile Robot with Functions of Action Learning, Memorizing, Recall and Identifying the Environment Using Gaussian Mixture Model, *Lecture Note in Computer Science*, Vol. 9489, pp. 272-282, 2015
29. Kuremoto T., Baba Y., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: A Method of Feature Extraction for EEG Signal Recognition, *ICIARE2015*, pp. 67-69, 2015
30. Watanabe S., Kuremoto T., Kobayashi K., Mabu S., and Obayashi M.: The Recollection Characteristics of

Generalized MCNN Using Different Control Methods,
ICAROB 2014

31. Watada S., Obayashi M., Kuremoto T., Kobayashi K.: Decision Making System of Robots Introducing a Reconstruction of Emotions Based on Their Own Experiences, *ICAROB 2014*
32. Kuremoto T., Otani T., Obayashi M., Kobayashi K., Mabu S.: One Dimensional Ring Type Growing SOM with Asymmetric Neighborhood Function and its Application to a Hand Shape Instruction Learning System, *SNPD 2014*, 2014
33. Kuremoto T., Otani T., Obayashi M., Kobayashi K., Mabu S.: A Hand Shape Instruction Recognition and Learning System using Growing SOM with Asymmetric Neighborhood Function, in *Lecture Note in Computer Science*, Vol. 8588, pp. 269-276, 2014
34. Wedashwara W., Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: Implementation of Genetic Network Programming and Knapsack Problem for Record Clustering on Distributed Database, *SICE 2014*, pp.935-940, 2014
35. Kuremoto T., Morisaki K., Kobayashi K., Mabu S., Obayashi M.: A Modified Recurrent Neural Network with Parametric Bias and its Application to Action Learning of a Humanoid Robot, *ICISIP 2014*, pp.414-418, 2014
36. Kuremoto T., Hirata T., Obayashi M., Mabu S., Kobayashi K.: Forecast Chaotic Time Series Data by DBNs, *CISP '14-BMEI'14*, pp.1304-1309, 2014
37. Kuremoto T., Obayashi M., Kobayashi K., Mabu S.: How an Adaptive Learning Rate Benefits Neuro-Fuzzy Reinforcement Learning Systems, *Lecture Note in Computer Science*, Vol. 8794, pp. 324-331, 2014
38. Aridome T., Obayashi M., Kuremoto T., Mabu S.: A Tracking Control Method for A Two-Wheeled Robot Using Wavelet Neural Network-based Sliding Mode Control. In *The ICIARE 2014*, pp. 30-33, 2014
39. Gotoh S., Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: A Study on Effective Structural Evolution of Genetic Network Programming for Improving Generalization Performance. *ICIARE 2014*, pp. 39-42, 2014
40. Hikino W., Obayashi M., Kuremoto T., Mabu S.: An Odor Recognition System in Real Environments Using KIII Olfactory Function Model. *ICIARE 2014*, pp. 43-46, 2014
41. Hirata, T., Kuremoto, T., Obayashi, M., Kobayashi, K., Mabu, S.: Time Series Prediction using DBN and ARIMA. In *The ICIARE 2014*, pp.54-57, 2014
42. Kuremoto T., Obayashi M., Kobayashi K., Mabu S.: A Reinforcement Learning System with Neuro-Fuzzy Network and its Applications. *ICIARE 2014*, pp. 68-71, 2014
43. Kuremoto T., Kuzukami Y., Obayashi M., Kobayashi K., Mabu S.: A Voice Instruction Learning System using GSOM with Asymmetric Neighborhood Function. *ICIARE 2014*, pp.72-75, 2014
44. Mabu S., Obayashi M., Kuremoto T.: Ensemble Learning of Rule-based Evolutionary Algorithm Using Multi Layer Perceptron for Stock Trading Models. *SCIS & ISIS 2014*, pp. 624-629, 2014

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

受賞(計 4 件)

1. International Conference on Innovative Application of Research and Education 2016, Dec. 22-25, 2016, Chungbuk, Korea, Best Paper Award: "Learning Embedding Function for Instance-based Reinforcement Learning with Matching Networks", N. R. Cannon, T. Kuremoto, M. Obayashi, S. Mabu
2. International Conference on Computer Application Technologies 2015, Aug. 31-Sep.1, 2015, Matsue, Japan, Outstanding Paper Award: "Time Series Prediction using DBN and ARIMA", T. Hirata, T. Kuremoto, M. Obayashi, S. Mabu, K. Kobayashi
3. International Conference on Artificial Life and Robotics 2015, Jan. 10-12, Oita, Japan, Best Paper Award: "Reinforcement Learning with Symbiotic Relationships for Multiagent Environments", S. Mabu, M. Obayashi, T. Kuremoto
4. International Conference on Innovative Application Research and Education 2015, Dec. 1-3, 2015, Chongbuk Univ., Korea, Best Paper Award: "A study on effective structural evolution of genetic network programming for improving generalization performance", S. Gotoh, S. Mabu, M. Obayashi, T. Kuremoto

ホームページ等

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

6. 研究組織

(1)研究代表者

呉本 堯 (KUREMOTO Takashi)
山口大学・大学院創成科学研究科・助教
研究者番号：40294657

(2)研究分担者

大林 正直 (OBAYASHI Masanao)
山口大学・大学院創成科学研究科・教授
研究者番号：60213849

小林 邦和 (KOBAYASHI Kunikazu)
愛知県立大学・情報科学部・教授
研究者番号：40263793

間普 真吾 (MABU Shingo)
山口大学・大学院創成科学研究科・准教授
研究者番号：70434321