

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25年 4月30日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300081

研究課題名（和文） 人と共感できる社会脳ロボットを目指して - 情動機能を考慮した脳型システムの応用

研究課題名（英文） A framework for designing brain-inspired social robots by focusing on the emotional intelligence

研究代表者

我妻 広明 (HIROAKI WAGATSUMA)

九州工業大学・生命体工学研究科・准教授

研究者番号：60392180

研究成果の概要（和文）：家庭など非定常な環境下で人と協力するロボットの基礎技術として、脳の情動機能に注目し、デバイス、システム化、動物生理実験技術を結集し、環境に適応し人と共感を可能にする工学原理抽出を図った。高次視覚認知に不可欠な主観的輪郭生成の LSI 技術、人とリアルタイムで相互作用可能な脳型ロボット実験システム構築、生存脳-情動脳-社会脳の階層性を検証する過酷状況・環境下での情動反応、社会性行動検証が進められ、脳・身体に内在する他者と共感し協力するロボットの基礎設計原理・実装技術が得られた。

研究成果の概要（英文）：Biologically-inspired robots have been studied with respect to biological intelligence which may provide abilities to solve complex tasks for helping people in daily life. We focus on an interactive property between human and robot through understanding of emotional decision-making, sympathetic timing with humans and cooperative survival strategies sharing with others in a society. In this study, a brain-inspired LSI hardware to generate a subjective contour, an online artificial brain simulator for robot controls, and social and emotional behaviors in critical conditions were investigated, as fundamentals to build social robots.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,900,000	2,370,000	10,270,000
2011年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2012年度	2,800,000	840,000	3,640,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：リアルタイム処理、生存脳-情動脳-社会脳ネットワーク、知能ロボティクス、社会的知性、脳型デバイス、認知神経科学、非定常環境

### 1. 研究開始当初の背景

自律ロボットの開発例として、従来からのロボット技術を組み合わせて設計された東大 IRT 研究機構の「生活支援ロボット」、産総研の「家庭用ロボット」、海外では米カーネギー・メロン大学 (CMU) 「Snackbot(スナックボット)」があった。また、スイス連邦工

科大学ローザンヌ校 (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, EPFL) の研究チームで開発された掃除用ロボットなどのように、一台で複数の能力を持つのではなく、単機能化することで目的を達成する考え方もあった。現実的に、日本における家庭内環境を見ると、狭小地で人が密集することが多く、

機能の分割や追加というよりもむしろ、人とロボットがどう同じ作業スペースに共生するかということが問題と考えられた。そのために人の「心の働き」の本質を明らかにする脳型の工学システム構築が必要であった

## 2. 研究の目的

九州工業大学において 21 世紀 COE プログラム等で開発してきた脳型アーキテクチャと脳型デバイス技術を背景に、脳の理論モデルを統合して実装できるリアルタイム実装技術を構築し、環境に適応し人と共感する脳型ロボットを実現させるための要件を明らかにし、その工学原理創出を目的とした。

社会性を持つ動物の特性としては、分担者・粟生が研究を進めてきた『生存脳-情動脳-社会脳ネットワーク』構想が手掛かりであった。その骨子は、ヒトも含めて多くの動物が自己と他者の関係を認識し必要な情報を授受して環境適応する際に、情動機能が自己と他者の橋渡しをすることに貢献するというものであった。つまり自己生存本能と、他者との関係性を築く社会性の構築の間には、大脳辺縁系や視床下部が重要な役割を果たしていることになる。

まず他者認識のために高次視覚情報処理機能をもつ LSI 基礎技術の構築、ロボットの「脳」として脳数理モデルをリアルタイム処理システム、情動と社会性の神経基盤を探求し、人と共感する社会脳ロボットを作るための基礎技術の実体を得ることを目指した。

## 3. 研究の方法

(1) 視覚処理集積システム開発とそのロボット実装

分担者・森江の研究成果である脳型視覚処理 LSI を更に発展させ、高い汎用物体認識と人物挙動追跡システムを構築する。集積化技術は代表者・我妻が開発する脳型ロボットへ実装し検証を進めるものとした。

(2) 脳型ロボット実験基盤構築

小型移動ロボット、ヒト型ロボットを用い、脳回路・機能モデルのリアルタイムシミュレーションにより、視覚認知-動作制御における脳型システムの妥当性検証を行う。

(3) 共感する脳機能探求と理論モデル化  
生存脳から社会脳を生む神経基盤特定の生理実験を進める。ラットおよびサルを用い、報酬や罰の社会的伝達を担う脳部位を解析し、社会性への影響を調べる。

## 4. 研究成果

(1) 視覚処理集積システム開発とそのロボット実装

大局的画像領域分割を実現する視覚画像処理モデルとして結合マルコフ確率場(MRF)モデルがある。結合 MRF モデルは、画素に対応する素子の間の相互作用を適応的に変化さ

せることにより、画像の平滑化とエッジ保存を同時に行うモデルである。本研究成果では、両モデルを実現するパルス変調(PWM)方式による大局的画像領域分割処理用集積回路(LSI)を提案し、視覚処理集積システム開発として提案回路の回路シミュレーションおよびレイアウト設計が実現できた。また、自然画像の認識については、主観的輪郭生成に注目し、曲線図形での主観的輪郭生成を実現するための改良アルゴリズムを提案し、曲線的な主観的輪郭生成を実現した。

視覚処理システム実装のためのリアルタイムロボットシステムとして、小型ロボットに無線伝送用の CMOS および CCD カメラを搭載し(図 1)、脳回路のリアルタイムシミュレーションを行う無線伝送し、オンライン視覚認知処理が実現された。ロボット実験フィールドには、天井カメラを設置し、常にロボットの行動を観測・分析できるようにし、自律的目標追従課題を検証した(図 2)。



図 1. ロボットに組み込まれた小型カメラ



図 2. 伝送された映像における突発的ノイズと進行方向修正に必要な中心点算出図

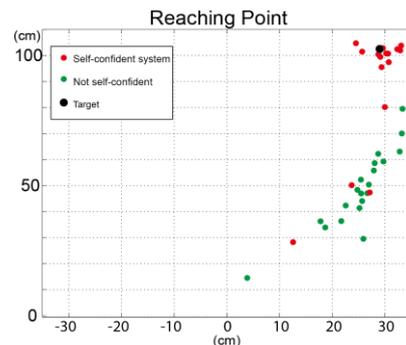


図 3. 自律移動ロボットの目標追従課題における従来法と本研究の提案手法の比較

無線伝送される画像(1/30 秒毎)に突発的にノイズが入る問題(図 5)に対し、脳の高次処理の機能モデルとして自己信頼度判定アルゴリズムを提案し、前後の時間的経緯から取得画像の信頼性を判定し、信頼度が低い場合には処理をスキップする方法を検証した(図 3)。

## (2) 脳型ロボット実験基盤構築

小型移動ロボット，特にヒト型ロボットを用い，脳回路・機能モデルのリアルタイムシミュレーションにより，視覚認知-動作制御実時間システムの構築法を提案した．リアルタイム性とは，人の認知反応速度として，0.5秒以下を目標し，適宜ロボットが実行するタスクが必要とするタイミングが得られることを課題とした．構築された脳型ロボット実時間実験システム（図4）において，動作はBluetooth通信によってPCから制御コマンドが送られ，視覚認識に必要な画像情報はNTSC信号としてPCにフィードバックされた．

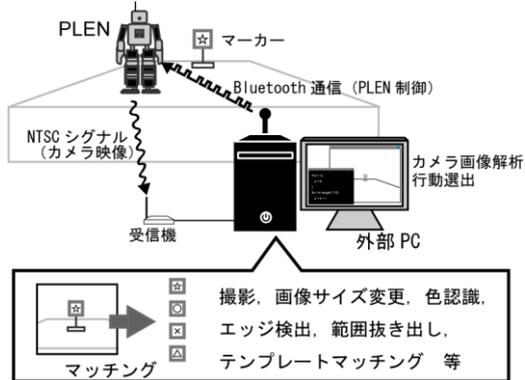


図4. ロボットが複数物体を認識する課題における処理の流れ

処理速度は，取得画像の解像度に対して指数関数的に増大することが示され，認識精度と処理時間（計算負荷）はトレードオフの関係があることがわかった．非定常な環境下では，脳は適宜必要な特性を選択して処理している．本研究では，並列階層システムにおける内部処理軽減のスケジューリング法を提案し，実時間処理に有効であることが示された（図5）．このように，情報を得てから取捨選択を行うのではなく，その都度状況を見極め，情報自体を取得するかを取捨選択することや，必要によって内部の余分な処理を省くことで，リアルタイム性の維持が実現されていることがわかる．

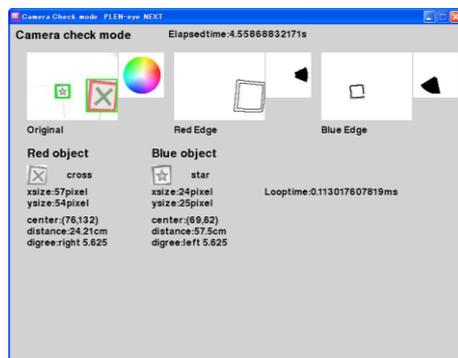


図5. マーカー認識実験の動作例

この取捨選択を行うためには，状況把握と取得情報のプランニングを行うトップダウンとボトムアップの両方向を持つシステムを

構築する必要があることがわかった（図6）．

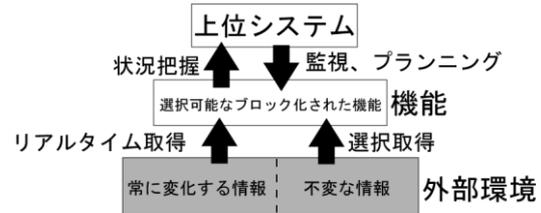


図6. 脳型システム構築のための階層

## (3) 共感する脳機能探求と理論モデル化

生存脳から社会脳を生む神経基盤特定の生理実験を進めた．生存脳-情動脳-社会脳の階層性を検証する過酷状況・環境下での情動反応，社会性行動検証を行った．

- ① マウスの低重力環境における社会行動を評価では，種によって微小重力下で寄り添い行動を発現しストレス反応が下がる．
- ② 過食モデルラットでは，発達期ストレスや不安情動と過食の関係を調べた．早期離乳は過食を促進し，不安は過食応答を起こしやすいことが明らかになった．
- ③ サルでは報酬獲得時に共同作業をする個体間の社会行動や性行動が促進することが明らかになった．

これらの結果は，種によって生存脳-情動脳-社会脳の階層性の機能性とバランスに差があることを示す一方で，人に比較的近いサルで共同作業（社会脳）が情動脳へ影響を与えることや，マウスにおいて寄り添い行動（情動脳）がストレス反応（生存脳）へ影響を与えるなど，階層間の調停機能が明らかになった．

また，生存脳-情動脳-社会脳ネットワークの理論モデル化の一步として，感情的知性の社会性モデルを提案し，計算機モデルによってシミュレーション実験を行った．特に，階層の中間層にあたる情動脳について以下の仮説を立て，モデル構築した．その結果，情動反応がある程度利益衝突を避ける行動（情動脳のレベル）を示すものの，社会脳のレベルの解消（記憶，状況認知，共同作業など）が更に必要であることがわかり，社会脳ロボットに実装する基礎が得られた．

## 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20件）

- ① Matsuzaka K, Tohara T, Nakada K, and Morie T, Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, Analog CMOS Circuit Implementation of a Pulse-coupled Phase Oscillator System and Observation of Synchronization

- Phenomena, 査読有, 3 巻, 2012 年 180-190
- ② Yamaga T, Aou S, Shin M-C, Wakita M, Akaike N, Neurotoxin A2NTX blocks fast inhibitory and excitatory transmitter release from presynaptic terminals, Journal of Pharmacological Sciences, 査読有, 118 巻, 2012 年, 75-81
- ③ 粟生修司, 染矢菜美, 成清公弥, 高次脳機能による食欲調節機構, 内分泌・糖尿病・代謝内科, 査読無, 34 巻, 2012 年, 9-13
- ④ 粟生修司, 摂食中枢について, 医学のあゆみ, 査読無, 241 巻, 2012 年, 633-639
- ⑤ 森江隆, 石川聖二, 松岡悟 画像処理による道路状態・歩行者の認識, 光技術コンタクト, 査読無, 50 巻, 2012 年, 20-24
- ⑥ Liang H, Morie T, A Motion Detection Model Inspired by the Neuronal Propagation in the Hippocampus, IEICE Trans. Fundamentals, 査読有, E95-A, 2012 年, 576-585
- ⑦ 粟生修司, 染矢菜美, 成清公弥, 高次脳機能による食欲調節機構, 月刊 内分泌・糖尿病・代謝内科, 査読有, 34 巻, 2012 年, 9-13
- ⑧ Liang H, Morie T, A Motion Detection Model Inspired by Hippocampal Function and Its FPGA Implementation, Lecture Notes in Computer Science, 査読有, 7064, 2011 年, 522-529
- ⑨ Tomonaga Y, Wagatsuma H, A Testable Robotic Platform for Brain-Based Architecture Implementation Using Analog -Digital Parallel Wireless Communication, ICIC Express Letters, 査読有, 5 (9B), 2011 年, 3477-3482
- ⑩ Ono K, Wagatsuma H, Modeling of Clash Avoidance in Automobile Race Using Real Robot - Simulation Matching System, ICIC Express Letters, 査読有, 5 (10), 2011 年, 3907-3912
- ⑪ Dimitrova M, Wagatsuma H, Web Agent Design Based on Computational Memory and Brain Research, Information Extraction from the Internet, N. Tang (ed.), iConcept Press, 査読有, 2011 年, 2011 年, 35-56
- ⑫ Oomura Y, Aou S, Fukunaga K, Moriguchi S, Sasaki K, Prandial Increases of Leptin and Orexin in the Brain Modulate Spatial, Learning and Memory, Neurosci Behav Physiol, 査読有, 41 巻, 2011 年, 233-242
- ⑬ Masuda A, Aou S, Lesions of the Medial Prefrontal Cortex Enhance Social Modulation of Avoidance, Behav Brain Res, 査読有, 217 (2), 2011 年, 309-314
- ⑭ 我妻広明, 自律分散制御から知能創発の工学化への視点, コンピュータソフトウェア, 査読有, 28 (1), 2010 年, 2-20
- ⑮ 梁海超, 松坂建治, 中田一紀, 岡田真人, 森江隆, 集積回路実装に向けた大局的画像領域分割のための領域ベース結合 MRF モデルのパラメータ制御, 電子情報通信学会技術報告 NC 研究会, 査読無, 110 (246), 2011 年, 35-40
- ⑯ Nakada K, Matsuzaka K, Morie T, Coarse Image Region Segmentation in Spatio-Temporal Domain Using a Region-based Coupled MRF Model with Phase Dynamics, Australian Journal of Intelligent Information Processing Systems, 査読有, 11 (2), 2011 年, 6-11
- ⑰ Liang H, Morie T, Coarse Image Edge Detection Using Self-Adjusting Resistive-Fuse Networks, Proc. of 10th Int. Workshop on Pattern Recognition in Information Systems (PRIS 2010), 査読有, 2010 年, 43-52
- ⑱ Liang H, Matsuzaka K, Morie T, Okada M, Parametric Control in a Region-based Coupled MRF model with Phase Dynamics for Coarse Image Region Segmentation, The 13th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering (CSE 2010), 査読有, 2011 年, 190-195
- ⑲ 梁海超, 川嶋佑輔, 松坂建治, 中田一紀, 岡田真人, 森江隆, 集積回路化を目指した大局的画像領域分割のための領域ベース結合 MRF モデル, 電気学会論文誌 C, 査読有, 131 (3), 2010 年, 567-575
- ⑳ Oomura Y, Aou S, Fukunaga K, Prandial Increase of Leptin in the Brain Activates Spatial Learning and Memory, Pathophysiology, 査読有, 17 巻, 2010 年, 119-127

[学会発表] (計 3 6 件)

- ① 波多伴和, 成清公弥, 染矢菜美, 須藤信行, 粟生修司, ラット扁桃体領域で確認されたニオイ応答のパターン, 環境ホルモン学会第 15 回研究発表会, 2013 年 03 月 27 日~2013 年 03 月 29 日, 東京都
- ② 粟生修司, 恒吉佑来, 染矢菜美, 藤本哲也, 久保和彦, 早期離乳が過食脆弱性に与える影響, 環境ホルモン学会第 15 回研究発表会, 2012 年 12 月 18 日~2012 年 12 月 19 日, 東京都
- ③ 我妻広明, 知能と身体性の因果、関係生成と現象論を探索する脳型ロボット工学の取り組み, 第 35 回社会的知能発生学研

- 研究会 (招待講演), 2012 年 10 月 27 日～2012 年 10 月 28 日, 東京都
- ④ 森江隆, 秦佑輔, 西広海, 松坂建治, 知的センシングデバイスデバイスのための脳型処理モデルを実現するアナログ・デジタル融合 LSI, 電気学会 センサ・マイクロマシン部門大会, 第 29 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム (招待講演), 2012 年 10 月 22 日～2012 年 10 月 24 日, 福岡県北九州市
- ⑤ Matsubara H, Tanaka M, and Morie T, Face Recognition Using 3D Facial Features Obtained by an RGB-D Sensor Workshop on Image & Signal Processing and Retrieval (IWISPR 2012), 2012 年 10 月 18 日～2012 年 10 月 18 日, 福岡県北九州市
- ⑥ 朝長陽介, 我妻広明, 実時間ロボティクスに向けた物体認識エッジ検出とその計算負荷軽減についての検討, 電子情報通信学会 NC 研究会, 2012 年 10 月 04 日～2012 年 10 月 05 日, 福岡県北九州市
- ⑦ 小野耕輔, 我妻広明, ファン・デル・ポール振動子を用いた車両周回軌道生成における理論値－実機計測の比較, 電子情報通信学会 NC 研究会, 2012 年 10 月 04 日～2012 年 10 月 05 日, 福岡県北九州市
- ⑧ 松坂建治, 田中秀樹, 大久保悟, 東原敬, 森江隆, LSI 実装に向けたパルス結合位相振動子系に基づくスパイクベース演算, 電子情報通信学会 NC 研究会, 2012 年 10 月 04 日～2012 年 10 月 05 日, 福岡県北九州市
- ⑨ Watanabe Y, Kawasaki T, Hasegawa K, Katafuchi T, Kurihara A, Kumei Y, Aou S, Social behavior of mice in low gravity condition. 低重力におけるマウスの社会行動, 第 35 回日本神経科学大会, 2012 年 09 月 27 日～2012 年 09 月 29 日, 愛知県名古屋
- ⑩ 粟生修司, 我が国の摂食障害の診療・研究専門施設のありかたについて: 基礎研究の立場から, 第 16 回日本摂食障害学会・学術集会, 2012 年 09 月 18 日～2012 年 09 月 21 日, 東京都
- ⑪ Aou S, Kawamura N, Inoue T, Zhang L, Someya N, Cooperative task facilitates social and social interaction in the rhesus monkey. 協調課題はアカゲザルの性的および社会的関係を強化する, 第 35 回日本神経科学大会, 2012 年 09 月 18 日～2012 年 09 月 21 日, 愛知県名古屋
- ⑫ Wagatsuma H, Saito M, A phenomenological model of emotional intelligence - emotion prevents a dispute, The 22st Annual Conference of the Japanese Neural Networks Society (JNNS 2012), 2012 年 09 月 12 日～2012 年 09 月 14 日, Nagoya Institute of Technology (Nagoya)
- ⑬ Wagatsuma H, Saito M, A phenomenological model of emotional intelligence - emotion prevents a dispute, The 22st Annual Conference of the Japanese Neural Networks Society (JNNS 2012), 2012 年 09 月 12 日～2012 年 09 月 14 日, Nagoya Institute of Technology (Nagoya)
- ⑭ Aou S, Horio K, Yamakawa T, Tateno K Brain- and life-inspired smart systems based on homeostatic-emotional-social brain network, 12th POSTECH-KYUTECH Joint Workshop on Neuroinformatics 2012 年 08 月 21 日～2012 年 08 月 21 日, Kitakyushu
- ⑮ Aou S, Narikiyo K, Masuda A, Zeredo JL, Inoue KA, Watanabe Y, Hasegawa K, Kumei Y, Social and sexual behaviours of mice in partial gravity, 39th COSPAR Scientific Assembly, 2012 年 07 月 14 日～2012 年 07 月 22 日, Narayana Murthy Centre of Excellence (Mysore)
- ⑯ 西広海, 秦佑輔, 松坂建治, 森江隆, 大局的画像領域分割のための領域ベース結合 MRF モデルを実現する PWM 方式画素回路アレイ, LSI とシステムのワークショップ, 2012 年 05 月 28 日～2012 年 05 月 30 日, 福岡県北九州市
- ⑰ 柳本郁美, 梁海超, 山口雄一郎, 森江隆, テンプレートマッチングのためのガボールフィルタを用いた物体回転角推定アルゴリズム, 電子情報通信学会総合大会, 2012 年 3 月 20 日, 岡山大学 (岡山市)
- ⑱ Nishi H, Hata Y, Matsuzaka K, Nakada K, Morie T, A 1-D CMOS Pixel Circuit Array Implementing a Region-Based Coupled MRF Model for Coarse Image Region Segmentation, The 21st Annual Conference of the Japanese Neural Networks Society (JNNS 2011), 2011 年 12 月 17 日, OIST (Okinawa)
- ⑲ 塩田昇, 成清公弥, 粟生修司, ラットセルフグルーミングの情動的意義, 第 62 回西日本生理学会, 2011 年 11 月 14 日, 佐賀大学医学部 (佐賀市)
- ⑳ 粟生修司, 成清公弥, 金丸愛, 河村尚葵, 増田明, 社会性の生存戦略, 第 62 回西日本生理学会, 2011 年 11 月 14 日, 佐賀大学医学部 (佐賀市)

- ②① Aou S, Someya N, Narikiyo K, Emotional and social relevance of overeating in rats, The 9th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception, 2011年11月4日, Kyushu University Hospital Campus (Fukuoka)
- ②② Liang H, Morie T, A Time-to-Travel Based Motion Detection Model and Its FPGA Implementation, Int. Workshop on Target Recognition and Tracking (IWTRT2011) (招待講演), 2011年10月20日, 早稲田大学情報生産システム研究科(北九州市)
- ②③ 朝長陽介, 我妻広明, 人型ロボットの物体追跡課題におけるリアルタイム性, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング(NC)研究会, 2011年10月20日, 福岡市
- ②④ Tanaka M, Morie T, Shadow Detection and Elimination from In-vehicle Camera Images, Int. Workshop on Target Recognition and Tracking (IWTRT2011), 2011年10月20日, 早稲田大学情報生産システム研究科(北九州市)
- ②⑤ 河村尚葵, 森竹光太郎, 藤本智彦, 井上貴雄, 成清公弥, 染矢菜美, 粟生修司, テストステロンの鼻腔内投与が高次脳機能に及ぼす影響, 第34回日本神経学会大会, 2011年9月17日, パシフィコ横浜(横浜市)
- ②⑥ 成清公弥, 増田明, 粟生修司, 他個体の存在がラットの情動反応と回避行動に与える影響, 第34回日本神経学会大会, 2011年9月16日, パシフィコ横浜(横浜市)
- ②⑦ 我妻広明, 脳型ロボット工学・計算論的神経科学の立場から, ネットワークが創発する知能研究会(JWEIN'11) & 数理社会学会第52回大会(JAMS52)合同ワークショップシンポジウム「人間の行動モデル再考」(招待講演), 2011年9月6日, 信州大学(松本市)
- ②⑧ Wagatsuma H, Tomonaga Y, Problems of Temporal Granularity in Robot control: Levels of Adaptation and a Necessity of Self-Confidence, 2011 International Joint Conference on Neural Networks(IJCNN 2011), 2011年8月1日, Doubletree Hotel (San Jose)
- ②⑨ 我妻広明, 実世界における計算論的神経科学の有効性の探求-脳型ロボット開発に見る脳科学と工学の接点, 京都大学講演会(招待講演), 2011年4月15日, 京都大学(京都市)
- ③⑩ 染矢菜美, 成清公弥, 増田明, 粟生修司, ストレスに伴う摂食行動の促進は不安行動と関連する。第88回日本生理学会大会 2011年3月28日, 横浜
- ③⑪ 我妻広明, 意志決定における時間とその神経基盤: 脳型ロボットによるアプローチ, 第三回ブレインウェア工学研究会(招待講演), 2011年1月5日, 東北大学電気通信研究所
- ③⑫ Narikiyo K, Masuda A, Aou S, The mere presence of a partner facilitates exploratory behavior in rats, Neuroscience 2010 (40th Annual Meeting of Society for Neuroscience), 2010年11月16日, U.S.A.
- ③⑬ 増田明, 粟生修司, パートナーへの既知性が回避行動の修飾に与える影響 Effect of partner familiarity on social modulation of avoidance behavior, 日本神経科学会, 2010年9月4日, 神戸
- ③⑭ 我妻広明, 動的な非平衡・非線形系として脳, 身体, 環境をシステムとして捉える-脳型ロボット研究の取り組み, SOFT九州支部夏季ワークショップ2010(招待講演), 2010年8月20日, 鹿児島県霧島市
- ③⑮ Nakada K, Matsuzaka K, Morie T, CoarsImage Region Segmentation Performance of a Region-based Coupled MRF Model with Improved Evaluation Function, Fourteenth International Conference on Cognitive and Neural Systems (ICONS), 2010年5月20日, Boston, USA
- ③⑯ 我妻広明, 生命のダイナミクスから知能創成を考える-脳型ロボット開発の試み, 第54回システム制御情報学会研究発表講演会, 2010年5月19日, 京都リサーチパーク  
[図書] (計1件)
- ① Krichmar JL, Wagatsuma H, Neuromorphic and Brain-Based Robots, Cambridge University Press, 2011  
[その他]  
ホームページ等  
<http://dynamicbrain.neuroinf.jp/>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
我妻 広明 (HIROAKI WAGATSUMA)  
九州工業大学・生命体工学研究科・准教授  
研究者番号: 60392180
- (2) 研究分担者  
森江 隆 (TAKASHI MORIE)  
九州工業大学・生命体工学研究科・教授  
研究者番号: 20294530
- (2) 研究分担者  
粟生 修司 (SHUJI AOU)  
九州工業大学・生命体工学研究科・教授  
研究者番号: 40150908

