

福井大学平成22年度重点研究「重点研究育成経費」 可塑的シナプスのイメージングによる解析と工学応用

研究代表者： 村瀬 一之（工学研究科・教授）

共同研究者： 池田 弘（工学研究科・准教授）、

Md. Monirul Islam（バングラデシュ工科大・教授）、

Md. Shahjahan（クルナ工科大・准教授）

概 要	神経系の最大の特徴は、環境に応じて学習や記憶する柔軟性(可塑性)と、記憶したことを忘れない頑強性(安定性)という相反する性質を併せ持つことです。神経細胞が他の神経細胞に信号を伝える部分はシナプスと呼ばれ、その信号伝達効率が適当な条件刺激で変化するものが可塑的シナプスです。近年、可塑的シナプスが脳神経系各部で発見され、神経可塑性の少なくとも一部は、これらに依存するとされています。また、ロボットや自動診断装置など機械学習の分野でも、可塑性と安定性のバランスは極めて重要で、可塑性が高いと学習は早い過去の記憶を忘却し、安定性が高いと学習が進まないという問題が生じています。本研究では可塑的シナプスの特性を実際の生物で実測すると共に、機械学習に相応しい数理モデルやアルゴリズムを開発しました。
関連キーワード	学習、記憶、人工神経回路網、人工進化、自律ロボット

研究の背景および目的

可塑的シナプスの数理モデルとしてヘップ則(Hebb, 1949)が有名です。シナプスの送信側と受信側が共に活性化しているときには結合強度が上がります。近年 Poo(1998)らが、結合強度の変化が送信側と受信側の活性化のタイミングに依存するという可塑的シナプスを発見しました(STDP シナプス)。受信側の活性化が送信側のそれよりも早い場合には結合効率が上がり、逆の場合には、結合効率が下がります。以後、脳神経系各部で同様の現象が発表され、種々の数理モデルや計算論的解析も数多くありますが未だ不明な点も多々あります。さらに最近、神経系に神経細胞の10~100倍存在するグリア細胞が、シナプス可塑性に積極的な役割を果たしている可能性が示されました。

我々は昨年度、ニポウディスク型共焦点レーザー顕微鏡を導入し、多数の神経細胞の活動を数ミクロンの精度と十数ミリ秒の時間分解能で3次元的に記録することを可能としました。本研究では

このシステムを駆使して、グリア細胞のシナプス可塑性への関与を明確に示すことを目指しました。

我々は一昨年以後、STDP シナプスの数理モデルを導入した自律移動ロボットを構築し、その適応能力が、従来主要な手法である人工進化などに比べて極めて高いことを実ロボットを使って示しました(Alnajjar et al., 2008, 2009)。ただこの数理モデルでは、スパイク発火型ニューロンモデルを使用しており、多量の数値演算が必要でした。

本研究では、計算量が少ない連続値ニューロンモデルで、STDP シナプスと同等の機能を持つシナプスの数理モデルを考案し、その有効性を実機で検証することにしました。また、高度な視覚・運動能力を持たせることが出来る実験プラットフォームとして Apple iPhone4 と LEGO NXT を組み合わせたシステムの構築を試みました。

集合神経回路網、特徴選択、複素神経回路網などの計算アルゴリズムの改良も目指しました。

研究の内容および成果

グリア細胞の主要なものにミクログリアとアストロサイトがありますが、これらの細胞個々の活動をイメージングすることなどにより、ミクログリアは P2X4 受容体と P38MAPK を介して、アストロサイトは JNK とギャップ結合の強化を介して、それぞれ、機能の異なる神経可塑性を生じさせる

ことを初めて示しました。

STDP の連続値数理モデルを導入した実移動ロボットは、従来手法に比べ、極めて迅速かつ高度なレベルで環境に適応し、環境の変化にも柔軟に適応することが示されました。新実験プラットフォームでは高次画像処理や運動生成が出来ました。

本助成による主な発表論文、特記事項および 競争的資金・研究助成への申請・獲得状況

「専門著書」
Neural Networks Ensembles: Existing Methods

and New Techniques (Authors: M.A.H. Akhandand K. Murase) LAP LAMBERT

Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, ISBN: 978-3-8383-9137-3, August 12, 2010

「査読付き論文」(他 13 編投稿中)

Md. Shahjahan, Md. Asaduzzaman, M.Ohkura, K.Murase (2011) Extraction of customer attitude using neural network and canonical correlation analysis. International J Electronic Marketing and Retailing, (in press)

Md. Asaduaman, Md. Shahjahan, K. Murase (2011) Extraction of Interesting Rules from Internet Search Histories, J Software , Academy Publisher, Vol. 6, No. 1, pp.10-19.

M.A.H. Akhand, P.C. Shill, K. Murase (2010) Ensembles of Artificial Example based Neural Networks, JComputers, Academy Publisher, Vol. 5, No.12, pp.1819-1827.

Md. Shahjahan, S.U. Ahmed, H.M.I. Hassan, K.Murase (2010) Extraction of Interesting Features from Human Motion, 3D Research, Springer, Vol.1, No.3, 001: 03, 02(2010), doi: 10.1007/3DRes.03(2010)02, 8pages.

M.A.H. Akhand, K. Murase (2010) Neural Network Ensemble Construction fusing Multiple Methods, IAENG Int J Computer Science, IntAssoc Engineers, vol.37, issue 4, pp.315-325.

F.Alnajjar, A.R. Hafiz, K.Murase (2010) HCBPM: An Idea toward a Social Learning Environment for Humanoid Robot, J Robotics, Hindawi Publishing, vol. 2010, Article ID 241785, 13 pages, doi:10.1155/2010/241785 .

M.M.Kabir, M.M. Islam, K.Murase (2010) A New Wrapper Feature Selection Approach using Neural Network, Neurocomputing, Vol.73, Issues 16-18, pp.3273-3283.

K.KDevnath, S.U. Ahmed, Md. Shahjahan, K.Murase (2010) A Paper Currency Recognition System Using Negatively Correlated Neural Network Ensemble, J Multimedia, Academy Publisher, Vol. 5, No. 6, pp.560-567.

M.R. Hassan, M.M. Islam, K. Murase (2010) A New Local Search Based Ant Colony Optimization Algorithm for Solving Combinatorial Optimization Problems IEICE Trans InfoSyst, Vol.E93-D, No.5, pp.1127-1136.

Md. Asaduzzaman, Md. Shahjahan, K.Murase (2010) Faster Training using Fusion of Activation Functions for Feed Forward Neural Networks Int J Neural Systems, Vol. 19, No. 6, pp.437-448.

T.Kiritoshi; H. Ikeda; K.Murase (2010) Long-term potentiation of neuronal excitation in the central nucleus of the rat amygdala revealed by imaging with a voltage-sensitive dye, Brain Research, August, Vol.1349,pp.32-40.

「国際会議プロシーディングス」(他 6 編投稿中)

M.A.Hossain, P.C. Shill, M.K.Hossain, K.Murase (2010) Designing an Effective Fuzzy Logic Controller based on Quantum Evolutionary Algorithm, Proc 13th IntConf Computer and Information Technology (ICCIT 2010), Dhaka,

Bangladesh, Dec. 23-25, 2010.

M.A.H. Akhand, K. Murase (2010) Alternation of Input Feature Values for Neural Network Ensemble Construction, 2010 IntConf Computer and Computational Intelligence (ICCCI 2010), Nanning, China, Dec. 25-26, 2010, ID525, Vol.3, pp.333-338. IEEE Catalog Number: CFP1059L-PRT, ISBN: 978-1-4244-8948-0

M.A.H. Akhand, K. Murase (2010) An Adaptive Ensemble Construction Method using Progressive Interactive Training of Neural Networks, idid., ID603, Vol.3, pp.528-532.

M.R. Islam, M.A.H. Akhand, K. Murase (2010) A Precise Genetic Algorithm for Function Optimization Genetic Algorithm, ibid., ID605, Vol.3, pp.533-537.

M.F. Amin, K.Murase (2010) Genetic Algorithm Based Design of Complex-Valued Functional Link Networks, 20th Symp Intelligent Systems (FAN 2010), Tokyo, Japan, Sept 25-26, 2010, ID29, 6 pages.

S.U. Ahmed, Md. Shahjahan, M.M.Kabir, K.Murase (2010) An Image Denoising Technique Using Feedforward Neural Network, IntSymp Intelligent Systems (iFAN 2010), Tokyo, Japan, Sept. 25-26, 2010, ID502, 4 pages.

A.R. Hafiz, F.Alnajjar, K.Murase (2010) A Bio-Inspired Dynamic Edge Detection toward Natural Human-Robot Interaction, ibid., ID503, 4 pages.

M.A.H. Akhand, M.F. Amin, K.Murase (2010) Neural Network Ensemble Construction blending Several Methods, ibid., ID505, 6 pages.

A.R. Hafiz, M.F. Amin, H.Hase, K.Murase (2010) Real-Time Hand Gesture Recognition Using Hand-Tree Representation, ibid., ID513, 4 pages.

M.M.Kabir, G.M.M. Bashir, Md. Shahjahan, K.Murase (2010) Involving Hybrid Search in Ant Colony Optimization Algorithm for Feature Subset Selection, ibid., ID519, 6 pages.

P.C. Shill, M.A.H. Akhand, M.F. Amin, K.Murase (2010) On the Optimum Design of Fuzzy Logic Controller for Trajectory Tracking Using Genetic Algorithms, ibid., ID554, 6 pages.

F.Alnajjar, A.R. Hafiz, K.Murase (2010) HCBPM: An Idea toward a Social Learning Environment for Humanoid, 12th IntSymp Robotics and Applications (ISORA2010), World Automation Congr (WAC2010), Kobe, Japan, Sept 19-23, 2010, ISOLA 69, 7 pages.

A.R. Hafiz, F.Alnajjar, K.Murase (2010) A Novel Dynamic Edge Detection Inspired from Mammalian Retina toward Better Robot Vision, ibid., ISOLA 301, 6 pages.

「競争的資金・研究助成への申請状況」

日本学術振興会・科学研究費補助金・基盤研究 (B) 平成 23～25 年度・可塑的シナプスのイメージングによる解析と工学応用・代表・申請中