

研究種目：基盤研究（B）
研究期間：2006 ～ 2009
課題番号：18360159
研究課題名（和文） 大規模結合高次アクティブシリコンニューロンの試作による人工ブレインの構成的研究
研究課題名（英文） Artificial Brain Construction based on a Massive Connection of Higher-order and Active Silicon Neurons
研究代表者
中島 康治（NAKAJIMA KOJI）
東北大学・電気通信研究所・教授
研究者番号：60125622

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・電子デバイス・電子機器

キーワード：(1)ニューラルネットワーク(2)バースト発火現象(3)高次ダイナミクス

(4) ID モデル (5)集積回路(6)ニューロチップ(7)能動素子(8)シリコンブレイン

1. 研究計画の概要

本研究課題では、自励発振能力を含むアクティブな性質を持つシリコンニューロンの次元を上げ、その大規模結合系のマクロな回路網であるシリコンブレインにおける情報処理を前提とした高次特性への関与を解明する。1つの具体例は、前課題のレベルでは困難であったが生理学的には広く興味を持たれ際立った特性であるバースト発火現象をシリコンニューロンに発現させ、これによりシリコンブレインの全く新しい高次の機能を引き出し、脳の情報処理機構の新たな獲得ならびに知的な処理に結びつく新機能の創製と開発に繋げる。このため我々が提案した逆関数遅延 ID モデルをベースにしたさらに高次な一般性の高いモデルを構築し、応用をも視野に入れてこのモデルをベースとした集積回路による高次アクティブシリコンブレインを製作して、その測定と評価を通して超並列情報処理機構を明らかにする。

2. 研究の進捗状況

本研究課題では、自励発振能力を含むアクティブな性質を持つシリコンニューロンの次元を上げ、その大規模結合系のマクロな回路網であるシリコンブレインにおける情報処理を前提とした高次特性への関与を解明することである。高次モデルの特性解析として種々のパラメータ条件に対する単一ニューロンの動作をポテンシャルとアクティブ領域の概念を使って議論できることを明らかにした。この方法は一般性が高く広い適用範囲と多くのモデルへの適用を可能としてい

る。特にバースト状態などの高次の状態に係るダイナミクスと安定性、自励発振状態、その境界状態などがアクティブ領域の重なり具合により決定されることを明らかにした。高次化シナプス結合の導入による解析において、組み合わせ最適化問題を記述するエネルギー関数をより一般化することができ、TSP・QAP 共に静的解表現の適用が期待できる成果を得た。

(2) ポテンシャルとアクティブ領域の新概念によるダイナミクス理解の研究を進め、ニューロンモデルの相互結合系の解析へと拡張する試みを行った。詳細な解析を進めている途上である。さらに、既に試作済みの36ニューロンユニットを用いたLSIチップの測定から得られた知見を基に、大規模なシステムへと拡張するための検討を継続的に行った。さらに、(2)の相互結合系の解析に役立たせるために、ポテンシャルとアクティブ領域の新概念の視点から改めてLSIチップを利用した測定を進めている。この結果はこれから出始めるところである。

また、信頼性の高い大規模システムを目指す方向性で、デジタル処理に立脚したシステムの研究をFPGAにより行った。さらにハードウェア面でもシナプス結合における高次化を視野に入れた研究の必要性を検討している。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由)

(1) 高次モデルの特性解析：種々のパラメ

ータ条件に対する単一ニューロンの動作をポテンシャルとアクティブ領域の概念を使って議論できることを明らかにした。特にバースト状態などの高次の状態に関係するダイナミクスと安定性、自励発振状態、その境界状態などがアクティブ領域の重なり具合により決定されることを明らかにした。また高次化シナプス結合の導入による解析において、組み合わせ最適化問題を記述するエネルギー関数をより一般化することができ、TSP・QAP 共に静的解表現の適用が期待できる成果を得た。

(2) ポテンシャルとアクティブ領域の新概念に基づくダイナミクス理解の研究を進め、ニューロンモデルの相互結合系の解析へと拡張した。

(3) 既に試作済みの36ニューロンユニットを用いたLSIチップの測定から得られた知見を基に、大規模な集積化システムへと拡張するための検討を行った。

4. 今後の研究の推進方策

バースト状態などと外部入力との関係について、パラメータ空間にマッピングを行い、動作を解明する。さらにバーストIDモデルの複数ニューロンの結合状態を数値解析と提案した解析法に基づいて検討し、その結果を参照しながら大規模系の数値解析を進めて、回路網としての動作を評価する。すでにIDモデルに比較して高次IDモデルは情報処理能力が高いことを示唆する結果が得られており、その理由を解明する予定である。シナプス結合においてもより柔軟な処理が可能な高次シナプス結合を積極的に導入して回路網としての情報処理能力の研究を進める予定である。集積回路設計製作においては、36バーストニューロンユニットのLSIを設計製作しており、その高次動作を確認し、特にシナプス結合における高次化も視野に入れた検討も行っておりこの方向も進展させる予定である。これにより高次結合系を含む新たな回路デザインへと発展させる。より並列の高い大規模な高次アクティブシリコンブレインを目指した新たな設計を行いチップの試作へと進める予定である。

5. 代表的な研究成果

(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10件、総て査読有)

1. Koji Nakajima and Shinya Suenaga: "Bursting characteristics of a neuron model based on a concept of

potential with active areas", CHAOS, 18, pp. 023120-1 - 023120-12(2008)

2. Johan Sveholm, Yoshihiro Hayakawa, and Koji Nakajima: "Recalling Temporal Sequences of Patterns Using Neurons with Hysteretic Property", IEICE Trans. Fundamentals, E91-A, 4, pp.943-950(2008)

3. Seungwoo Chun, Yoshihiro Hayakawa, and Koji Nakajima: "Hardware Neural Network for a Visual Inspection System", IEICE Trans. Fundamentals, E91-A, 4, pp. 935-942(2008)

4. Akari Sato, Yoshihiro Hayakawa, and Koji Nakajima: "Avoidance of the Permanent Oscillating State in the Inverse Function Delayed Neural Network", IEICE Trans. Fundamentals, E90-A, 10, pp. 2101-2107(2007)

5. Shinya Suenaga, Yoshihiro Hayakawa, and Koji Nakajima: "Design of Neural Network Chip for the Burst ID Model with Ability of Burst Firing", IEICE Trans. Fundamentals, E90-A, 4, pp.715-723(2007)

[学会発表] (計 49 件)

1. Koji Nakajima "Universal analyses of neuron models based-on a concept of potential with active areas," Proceedings of 2008 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, Budapest, Hungary, Sep.10, 2008

2. J. Sveholm, Y. Hayakawa and K. Nakajima "Recalling Complex Sequences of Patterns Using Neurons with Hysteretic Property," Proceedings of 2007 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, Vancouver, Canada, Sep.19, 2007

[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]