

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：54101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14687

研究課題名（和文）ディープグリアニューラルネットワークの開発と信号処理への応用

研究課題名（英文）Development of Deep Glial Neural Network and thier Applications to Signal Processing

研究代表者

生田 智敬 (Ikuta, Chihiro)

鈴鹿工業高等専門学校・その他部局等・講師

研究者番号：70757319

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、グリア細胞と呼ばれるニューロンとは異なる細胞の特徴を組み込んだ人工グリアニューラルネットワークの開発とその応用について研究を行った。グリア細胞は、ニューロンの補助的細胞と考えられてきたが、実際はよりダイナミックに脳の情報処理に関わっていることが知られてきている。本課題では、グリア細胞の発生するカルシウムウェーブを導入したモデル、グリア細胞のシナプス可塑性への関与からドロップアウト確率をグリア細胞にしたがって変化させるモデル等を提案した。グリア細胞の特徴を模倣し人工グリアニューラルネットワークとして働かせることで、ネットワークの学習効率や汎化性能が向上することを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

脳内に存在するグリア細胞に着目し人工ディープニューラルネットワークに応用する研究である。これまで、脳の高次情報処理はニューロンによるものと考えられてきたが本研究を通じてグリア細胞の働きの重要性がより認知され新たな研究の方向性を示すことができたと考えている。また、近年急速に導入が進んでいる人工知能の代表であるディープニューラルネットワークにグリア細胞の特徴を組み込むことによる性能向上を確認することができた。これは、今後のディープニューラルネットワークの発展にとって新たな方向性となると期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, novel artificial glial neural networks that include features of glial cell are developed. The glial cell had been considered to support cell of neuron. Recently, researchers discovered that the glial cell transmits signal by using various important ions. Based on these researches, the artificial glial neural network includes these new features of glial cell such as a calcium wave by glial cell and glial cell working to a synapse plasticity. In one of proposed model based on glial cell working to synaptic plasticity, the glial cell makes neuron clusters and decides a dropout ratio in each neuron cluster. By this work, the influence of proposed glial dropout is better than the influence of original dropout for training of the neural network. The proposed deep glial neural networks compared with existing deep neural network, and this study confirmed that the proposed model has a high ability of the training and generalization capability.

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 グリア細胞 深層学習 パターン分類

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

グリア細胞(特にアストロサイト)は、ニューロンを補助する細胞として長い期間に渡って考えられてきた。しかし、近年、アストロサイトが独自のネットワークを有し様々なイオンを介した情報処理を行っていることが知られるようになってきた。実際にアストロサイトの働きがアルツハイマー等の脳疾患に影響を与えているといった報告も多数ありその重要性が示唆されている。

現在、人工知能に対する需要が急速に高まっており様々な用途で利用されるようになってきている。その中で、一番の中心となっているのが畳み込みニューラルネットワークを始めとしたディープニューラルネットワークである。ニューラルネットワークは、脳の神経細胞であるニューロンをモデル化したネットワークである。しかし、上記にあるようにアストロサイトに関する知見は近年発見されたものが多く考慮されてこなかった。脳の機能を考えた場合、アストロサイトの働きは無視できないため、アストロサイトの機能を含む新たなニューラルネットワークの開発が人工知能のブレイクスルーとなると期待される。

2. 研究の目的

先行研究において、多層パーセプトロンの中間層のニューロンに対して位置的关系を含んだノイズを加えるグリアニューラルネットワークを提案し、その効果について研究を行った。本研究ではこの結果を踏まえ、ニューロン同士の位置関係について着目するとともにグリアユニットの与え方によるネットワークの変化について研究を行う。また、グリアユニットをディープニューラルネットワークへ応用したディープグリアニューラルネットワークの開発を行う。さらに、開発したディープグリアニューラルネットワークを一般的な信号処理へ用いて従来の手法との比較を行いその有用性について明らかにする。

3. 研究の方法

(1) グリア細胞のカルシウムウェーブをもとにしたノイズモデルの開発を行う。特に、グリア細胞によるニューロンのクラスタリングに着目し、同期的に働くネットワークモデルを構築する。(図1)

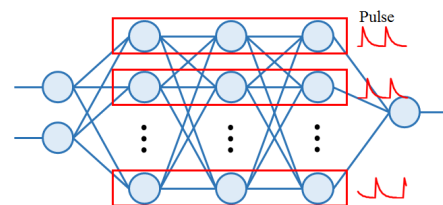


図1 同期パルスを持ったグリアニューラルネットワーク

(2) ネットワークのパラメータを最適化するための最適化手法について検討する。ディープラーニングにおいて、パラメータの設定は非常に重要な課題である。そこで、粒子群最適化やホタルアルゴリズムといった最適化手法を用いたニューラルネットワークのパラメータ最適化を行う。

(3) ディープニューラルネットワークに対し、グリア細胞の特徴を付与したディープグリアニューラルネットワークの開発を行う。特に、グリア細胞の持つニューロンのクラスタ生成とシナプス可塑性への寄与という特徴からグリアドロップアウトを開発する。ドロップアウトはニューラルネットワークの学習の正則化手法の一つであり、ランダムにニューロンの学習を止める手法である。グリアドロップアウトでは、ドロップアウト確率がグリアの作るニューロンクラスタ毎に異なるモデルを提案する。(図2)

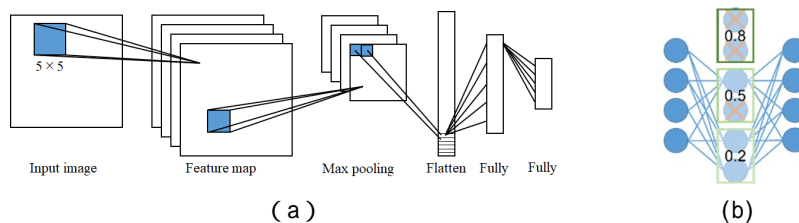


図2 畳み込みニューラルネットワークの構成(a) 及び全結合層におけるグリアドロップアウト(b) .

(4) グループグリアドロップアウトの提案を行う。グループグリアドロップアウトでは、ニューロンクラスタ毎でのドロップアウトが発生する。これによりドロップアウトによるアンサンブル学習効果が高くなると期待できる。また、ドロップアウトの選択頻度を大きく減少させるために、計算コストを削減することが期待できる。

4. 研究成果

(1) 図1に示されるような全5層からなる多層パーセプトロンの中間層3層に対して同期してパルスが入力されるモデルを提案しその評価を行った。本モデルでは、各ニューロンクラスタ単位でグリアパルスが生成され、ニューロンのしきい値に入力される。クラスタ内では同期したパルスが入力されるが、各クラスタ間では非同期である。

ノイズを持たない一般的な多層パーセプトロン、及びパルスをもつ中間層ニューロンに対してランダムに入力した多層パーセプトロンと比較したところ、パルスの振幅が小さいときはほぼ差がないのに対して振幅が大きくなるに従い、パルスを入力するモデルの学習効率が向上する。クラスタ内でパルスが同期するモデルと非同期なモデルを比較したところ、同期してパルスが入力されるモデルの方が、パルスの振幅が増大した時に学習効率が低下しづらいことを明らかにした(図3)。

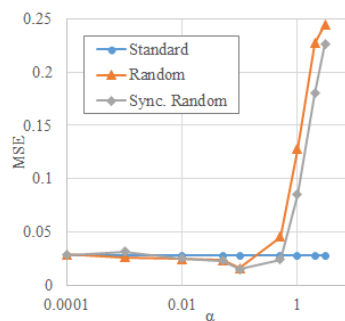


図3 3モデルの学習効率の比較

(2) 粒子群最適化を用いたニューラルネットワークの最適化を行った。一般的にニューラルネットワークは、最急降下法を用いてネットワークの最適化を行う。粒子群最適化を用いることで、誤差勾配に依存しない最適化を行うことができる。実際に、事前学習として粒子群最適化を利用することで、局所解の影響を緩和し高速に学習を行うことができることを示した。また、複数の粒子群を同時並行的に実行し解探索することで、一つの群れで探索するより優れた解探索性能を獲得すること示した。

(3) 畳み込みニューラルネットワークの完全結合層にグリアドロップアウトを導入したディープグリアニューラルネットワークを提案した。グリアドロップアウトによりニューロンはドロップアウト確率が異なるクラスタに分けられる。この働きにより積極的に学習されるニューロンと緩やかに学習されるニューロンが生じる。通常はすべて同一の確率を有するドロップアウトを用いた場合と比較して、ドロップアウトする割合を高くした場合でも学習を十分に行えるようになることを示した。(図4)これは、より多くのニューロンを利用せずに学習が行えることを示しており、学習に必要な計算コストの削減につながる。

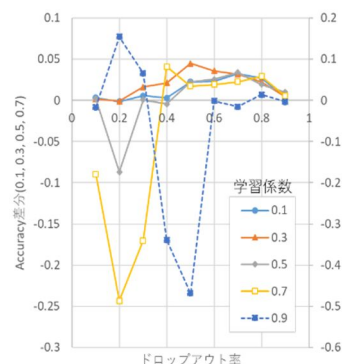


図4 グリアドロップアウトとドロップアウトの比較

(4) ニューロンクラスタ単位で学習が停止するグリアグループドロップアウトを提案した。上記(3)では、ニューロン毎にドロップアウトが発生していたが、その発生条件がニューロンクラスタ毎になる。この拡張による学習性能の変化はほとんど観測されなかった。しかし、クラスタ毎でドロップアウトの判定を行うことができるため、計算コストを更に削減することができる。

5. 主な発表論文等

学会発表 (計5件)

- [1] Chihiro Ikuta, "Artificial Neuron-Glia Network," International Electronics Symposium on Engineering Technology and Applications, Sep. 2017 (招待講演).
- [2] Chihiro Ikuta, "Improvement of Feed Forward Neural Network by Synchronization Pulse," International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, pp.160-163, Sep. 2018 (査読あり).
- [3] 中村拓海, 吉田元輝, 生田智敬, "群知能を用いたニューラルネットワークの最適化," 非線形問題研究会技術報告 NLP2019-40, pp.27-30, 2019年9月.
- [4] 佐伯逸人, 多湖悠希, 生田智敬, "並列計算を行う粒子群最適化アルゴリズムの提案," 非線形問題研究会技術報告 NLP2019-44, pp.45-50, 2019年9月.
- [5] Chihiro Ikuta and Isao Goto, "Convolutional Neural Network with Glia Dropout," IEEE Workshop on Nonlinear Circuit Networks, pp.13-16, Dec. 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 中村拓海, 吉田元輝, 生田智敬
2. 発表標題 群知能を用いたニューラルネットワークの最適化
3. 学会等名 電子情報通信学会非線形問題研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐伯逸人, 多湖悠希, 生田智敬
2. 発表標題 並列計算を行う粒子群最適化アルゴリズムの提案
3. 学会等名 電子情報通信学会非線形問題研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chihiro Ikuta, Isao Goto
2. 発表標題 Convolutional Neural Network with Glia Dropout
3. 学会等名 IEEE Workshop on Nonlinear Circuit Networks
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chihiro Ikuta
2. 発表標題 Artificial Neuron-Glia Network
3. 学会等名 International Electronics Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Chihiro Ikuta
2. 発表標題 Improvement of Feed Forward Neural Network by Synchronization Pulse
3. 学会等名 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----