氏　　名	とうどう　たかひろ 藤　堂　　貴　弘
学位(専攻分野)	博　　士（工学）
学位記番号	博甲第３０５号
学位授与の日付	平成 15 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規程第３条第３項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科　情報・生産科学専攻
学位論文題目	Studies on Stability Estimation Method for PFM-type Pulsed Neural Networks
審査委員	主　査　森　　武宏 委　員　三宮　信夫 委　員　大住　晃 委　員　黒江　康明

論文内容の要旨

ニューラルネットワークは、パターン認識、画像処理、最適化計算、推定・同定技術など広汎な工学分野で、並列情報処理ツールとしての地位を確立している。多くのこれらネットワークでは情報はアナログ連続信号が担っているが、近年これに代って生体の細胞間信号伝達のように、パルス間隔が情報を表現するパルストネットワークに興味がもたれてきている。一般に、動的ニューラルネットワークに関する関心の一つは、その平衡点における安定性にあるが、パルストネットワークについては従前の成果はまことに乏しい。本論文はこの状況に鑑み、リカレントパルストニューラルネットワークに対する実際的な、平衡点の安定性推定法を構築することを目指したものである。パルス信号の発生機構としては、すでに 60 年代にある程度検討された経緯のあるパルス周波数変調機構(PFM)を採用している。本論文では、まず従来の研究を総括し問題を定式化したのち、三つのステップを設定し順次これらの階梯を経て目的の推定法に到達している。最初のステップは、ネットワークの構成単位である単一フィードバック PFM システムの解析である。ここではパルス発生機構をメモリのある非線形ブロックとして扱い、こうして得られるシステムに調波解析法を用いることによって対象システムの安定性を推定することに成功している。この推定には、素子のフィードバック特性を表す線形要素のナイキスト軌跡が用いられているため多くのサポートツールがあり、大変実用的である。またこのステップの成果はそれ自身、PFM フィードバックシステムの解析法として意味をもっている。第二のステップは、前ステップで得られた結果をネットワーク(相互結合した多素子系)解析に適用可能となるよう修正を加えることである。これは上記のナイキスト軌跡に代って修正ナイキスト軌跡を用いることによってなされている。この修正が推定法の鋭さを大きく損なわずに行われていることが要点である。最終ステップは、ネットワークの解析である。第二ステップの結果と一般化ナイキスト条件を組み合わせて、適用容易な周波数領域安定性推定法が得られている。これら、三つのステップの内容は、提出論文の各々第３章から第５章を占めている。これらに加えて、第６章では、第３章の結果に関連のある、高調波に留意した調波解析法に関して言及している。得られた結果は、シミュレーション結果と対比され、その実用性が例証されている。

論文審査の結果の要旨

本研究の対象であるPFM型リカレントパルストニューラルネットワークの解析には、一般に二つの困難が存在する。一つはネットワーク中の信号がアナログとディジタルという二つの異なった形態で表現されているという、いわゆる一種のハイブリッドシステムである点である。他の一つの困難は、情報がディジタルの部分のパルス間隔によって表されているという事実である。これらの困難から、この種のネットワークに関する従前の結果はなくはないものの有意の方法に乏しかったが、本研究では敢えて、厳密な安定条件に代えてその限界条件を推定する方法をとることによりこの困難を克服し、実践的な安定性解析法を確立している。申請者のアイデアは、三つの段階を経て最終目的に到達することである。最初の段階はネットワークを構成する単一動的素子の解析であり、次にこの方法を多素子ネットワークに適用可能なように修正を行い、最後の段階で一般的な多素子ネットワークを扱うことができる方法に発展せしめている。数値例では、明らかに既存の方法に比べ実際の安定限界に近いパラメータ値を推定しており、提案する方法の実践性が示されている。

このように、提出論文は困難なパルストニューラルネットワーク解析の一つの順当な手順を示し実際的な安定性推定法を提示した点で少なからず評価でき、学位請求論文としての内容を含むと認められる。

なお、本論文は下記六編の学術論文または国際会議報告を基に構成されている。

1) Todo, T., Selvaratnam, K., Mori, T. and Kuroe, Y. (1998).
Analysis of PFM--continuous-time hybrid feedback systems.
Proceedings of the 2nd IMACS International Conference on:
Circuits, Systems and Computers (IMACS-CSC'98), Vol.2, pp.575-580.

2) Todo, T., Selvaratnam, K., Mori, T. and Kuroe, Y. (1999).
Analysis of hybrid feedback systems with PFM mechanisms.
IEE Proceedings -- Control Theory and Applications, Vol.146, No.3, pp.259--264.

3) Todo, T., Mori, T. and Kuroe, Y. (2001).
Analysis of PFM-type pulsed neural networks.
2001 International Symposium on Nonlinear Theory and its
Applications, Vol.1, pp.255--258.

4) Todo, T., Mori, T. and Kuroe, Y. (2001).
Modified Nyquist analysis for PFM--continuous-time hybrid systems.
International Journal of Systems Science, Vol.32, No.12, pp.1443--1447.

5) Todo, T., Mori, T. and Kuroe, Y.
Comments on `Describing functions in non-linear systems
with structured and unstructured uncertainties'.
International Journal of Control (to be published).

6) Todo, T., Mori, T. and Kuroe, Y.
Stability estimation of PFM-type pulsed neural networks.
International Journal of Systems Science (submitted).