

Title	量子化ニューロンモデルを用いたニューラルネットワークとそのハードウェア化に関する研究
Author(s)	丸野, 進
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/57477
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	丸 野 進
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 4 0 8 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 22 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 名	量子化ニューロンモデルを用いたニューラルネットワークとそのハードウェアに関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 杉野 隆 (副査) 教 授 八木 哲也 教 授 谷野 哲三 教 授 岸野 文郎 教 授 伊藤 利道 教 授 森 勇介 教 授 片山 光浩 教 授 尾崎 雅則 教 授 栖原 敏明 教 授 谷口 研二 教 授 森田 清三

論文内容の要旨

本論文は、高速学習認識処理が可能な、新規なニューラルネットワークモデルである量子化ニューロンモデルの創出と、そのハードウェア化、実用化開発の研究成果をまとめたものである。主な成果は以下の通りである。

第1章は序章であり、本論文に関する研究分野について概観し、本研究の意義と目的を明らかにした。

第2章では、量子化ニューロンの基本構造と基本処理アルゴリズム、並びに量子化ニューロンを用いたネットワーク構造と学習認識アルゴリズムについて説明した。更には、量子化ニューロンによるニューラルネットワークが、従来の閾値処理ニューロンによるニューラルネットワークと比較して、飛躍的に高速な学習・認識処理が可能である事を明らかにした。

第3章では、量子化ニューロンによるニューラルネットワークを実用化するに当たり、大規模なネットワークを必要とするアプリケーションや、産業分野における超高速な画像認識に不可欠となる、専用LSIの開発に関する研究成果を報告した。開発した専用LSI (IEQ)は、量子化ニューロンによるネットワークをハードワイヤードで構成したもので、入力層64ニューロン、第一中間入力層8X8ニューロン、第二中間入力層8X8X8ニューロン、出力層64ニューロンからなる、合計4,736ニューロンのニューラルネットワークを実行可能とし、20.5G CPS、20M CUPSという超高速処理 (ワークステーション(22MIPS、3MFLOPS)による処理の25倍以上)を実現した。

第4章では、量子化ニューロンによるニューラルネットワークの自動生成の実現に向けた、量子化ニューロンモデルの新たな拡張に関する研究成果について報告した。学習状況に応じてニューロンが分裂、増殖、結合し、最適なネットワークを形成可能な、適応増殖量子化ニューロン (ASQA) への拡張を行う事で、学習によりネットワーク構成そのものも自動生成させる事を実現し、実用面での飛躍的な適応性を実証した。

第5章では、適応増殖量子化ニューロンによる専用LSI (ASQAチップ) 開発に関する研究成果について報告した。ニューロン同士の結合加重を外付けのメモリによって構成、ニューロ演算をシミュレートする演算部と、外付けメモリに保管したネットワーク中のニューロン同士の結合加重をアドレッシングするネットワークアクセス部とによって構成する事で、適応増殖量子化ニューロンによるネットワークの自動生成をハードウェア的に実現した。実現したASQAチップを手書き文字認識に適用し、毎秒57,000文字 (パターン) の認識処理をチップ単体として実証すると共に、複数のサブネットワークを構成することにより、2,965文字種からなる漢字の認識をも可能とし、認識率98.8%、毎秒570文字の認識速度を有する漢字認識システムを実現した。

第6章では、量子化ニューロンによるニューラルネットワークを用いた、文字認識システム以外の実用システムの開発に関する研究成果を報告した。産業用分野での展開では形状検査装置を開発実用化、民生分野では、ビデオムービーのガンマ補正に適用、簡易ネットワークによるハードウェア化により、実用的商品を開発実用化した。何れのシステムにおいても世界最高レベルの性能を実現した。

第7章は結言であり、研究全体の総括を行なった。

論文審査の結果の要旨

本論文は、高速学習認識処理が可能な、新規なニューラルネットワークモデルである量子化ニューロンモデルの創出と、そのハードウェア化、実用化開発の研究成果をまとめたものである。主な成果は以下の通りである。

第1章は序章であり、本論文に関する研究分野について概観し、本研究の意義と目的を明らかにしている。

第2章では、量子化ニューロンの基本構造と基本処理アルゴリズム、並びに量子化ニューロンを用いたネットワーク構造と学習認識アルゴリズムについて説明している。更には、量子化ニューロンによるニューラルネットワークが、従来の閾値処理ニューロンによるニューラルネットワークと比較して、飛躍的に高速な学習・認識処理が可能である事を明らかにしている。

第3章では、量子化ニューロンによるニューラルネットワークを実用化するに当たり、大規模なネットワークを必要とするアプリケーションや、産業分野における超高速な画像認識に不可欠となる、専用LSIの開発に関する研究成果を

報告している。開発した専用LSI (IEQ)は、量子化ニューロンによるネットワークをハードワイヤードで構成したもので、ニューロン層である第1層 (入力層) には64ニューロン、第2層には64×8ニューロン、第3層には64×8×8ニューロン、そして第5層 (出力層) には64ニューロンを設け、合計4,736ニューロンのニューラルネットワークを実行可能とし、20.5G CPS、20M CUPSという超高速処理 (ワークステーション(22MIPS、3MFLOPS)による処理の25倍以上)を実現している。

第4章では、量子化ニューロンによるニューラルネットワークの自動生成の実現に向けた、量子化ニューロンモデルの新たな拡張に関する研究成果について報告している。学習状況に応じてニューロンが分裂、増殖、結合し、最適なネットワークを形成可能な、適応増殖量子化ニューロン (ASQA) への拡張を行う事で、学習によりネットワーク構成そのものも自動生成させる事を実現し、実用面での飛躍的な適応性を実証している。

第5章では、適応増殖量子化ニューロンによる専用LSI (ASQAチップ) 開発に関する研究成果について報告している。ニューロン同士の結合加重を外付けのメモリによって構成、ニューロ演算をシミュレートする演算部と、外付けメモリに保管したネットワーク中のニューロン同士の結合加重をアドレッシングするネットワークアクセス部とによって構成する事で、適応増殖量子化ニューロンによるネットワークの自動生成をハードウェア的に実現している。

実現したASQAチップを手書き文字認識に適用し、毎秒57,000文字 (パターン) の認識処理をチップ単体として実証すると共に、複数のサブネットワークを構成することにより、2,965文字種からなる漢字の認識をも可能とし、認識率98.8%、毎秒570文字の認識速度を有する漢字認識システムを実現している。

第6章では、量子化ニューロンによるニューラルネットワークを用いた、文字認識システム以外の実用システムの開発に関する研究成果を報告している。産業用分野での展開では形状検査装置を開発実用化、民生分野では、ビデオムービーのガンマ補正に適用、簡易ネットワークによるハードウェア化により、実用的商品を開発実用化している。何れのシステムにおいても世界最高レベルの性能を実現している。

第7章は結言であり、研究全体の総括を行っている。

以上のように、本論文は、高速学習と追加学習を可能とするニューラルネットワークモデルである量子化ニューロンモデルを新たに提案し、その性能を実証すると共に、専用LSIとしてハードウェア化を行い、広く機械学習認識技術分野における重要な基盤技術を構築したと言える。又、形状認識装置や文字認識装置、ビデオムービーへの実用化、商品化展開を行い、広く産業分野への貢献が顕著であり、電気電子情報技術分野へ寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。