学位論文の審査結果の要旨

本学位論文は，神経回路網を量子論的に記述する方法として経路積分法を用いて確率振幅を求め，その結果を基本論理ゲートの量子記述手法に適用し，回路網の量子計算モデルを構築する方法について明らかにした内容である．申請者は，神経系の工学的モデルとして，神経生理学的知見，エパップスephapse，そして，量子効果に基づいた神経細胞間の干渉を積極的に評価した仮説を提案してきた．神経軸索やシナプスの干渉効果は，ポラリトンpolariton（量子化された分極波であり準粒子）によって伝播されると考えた．ポラリトンは，神経細胞のリン脂質膜に存在する2つのイオンチャンネルを結びつける働きをする．軸索を構成する細胞膜は，励起子やポラリトンを利用して活動電位を伝播する．軸索の内側へのNaイオン流は，軸索の外側へのKイオン流を誘起する．そして，これらの一連の過程が，量子化された分極波（つまりポラリトン）を生み出す．エパップス，シナプス，そしてその他の相互作用という名の干渉が，ポラリトンにより媒介される．ポラリトンは，その量子効果によりミエリン鞘すら通り抜けられる．このような内容から，脳や神経系の調整に量子干渉が利用されている可能性があることを指摘した．　申請者は，神経回路は脳の基本的な構成要素であることをその基盤とし，幾つかの回路網を量子論的に記述する方法として経路積分表示を提案した．つまり，アミダ籤，電気回路，古典的神経回路などを記述することである．量子分岐と量子回路網の計算方法はファインマン経路積分法を用いた．日本の古典的なアミダ籤は，籤の経路の間に干渉が存在しないために一種の古典的分岐問題と言える．アミダ籤の分岐点は，ポラリトンの量子論でいう回折点に相当する．次に，AND，NOT，ORという基本的回路の経路積分による量子記述法を考えた．回路の古典的スイッチは，散乱ポテンシャルに対応させたスイッチオペレータとして演算化される．これらが回路網量子化の基本的概念であり，スイッチオペレータを含む量子化された上記の回路は，q-AND，q-NOT，q-ORと見做される．申請者は，神経シナプス間隙はスイッチポテンシャルに相当すること，そして経路積分法を用いた古典的神経回路網の量子化が可能となる事を見出した．古典的回路網と量子論的回路網の最も重要な相違点は，干渉効果の有無にある．量子回路系では，本質的にその回路自体の中に多くの干渉項を持ち，量子系の確率は，一般的に複素数である確率振幅，波動関数，そして伝播関数などで記述される．他方，古典的確率は，実数で表現されるために，干渉効果を示さない．申請者は，具体的に，どのように量子効果（干渉の効果）が，情報工学のベイズ理論やエントロピー，そして，多チャンネルの一種の量子2段神経ネットワークに適用されるかを検討し

た．これにより，多くの量子状態が混在するネットワーク系の出力の近似的表現を得た．

以上の内容を有する本学位論文は，申請者を筆頭著者とする審査付き原著論文４編に基づいてまとめられており，当講座の学位審査の目安を満足している．申請学位論文は学術的新規性が高く，量子計算機に関する研究および生体領域における工学的応用にも貢献すると判断される．従って，本論文は，博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと審査委員全員一致で判断した．

公表主要論文名

論文発表（１）（レフェリー制のある学術雑誌）

- Hiroyuki Matsuura, Katsumi Wasaki : Quantum Theory of Fundamental Network (Path Integral Expression Circuits and Network's Quantization) ; International Journal of Innovative Computing Information and Control, Vol.10, No.5, pp.1601-1623, 2014.
- Hiroyuki Matsuura, Katsumi Wasaki : Quantization of Artificial Neuron (Quantum Current, Model of Polariton on Axon) ; International Journal of Innovative Computing Information and Control, Vol.10, No. 3, pp.1121-1133, 2014.
- Hiroyuki Matsuura, Katsumi Wasaki : Expression of Quantum Bayes' Form and Its Calculations ; ICIC Express Letters, An International Journal of Research and Surveys, ICIC International, Vol.6, No.6, pp.1653-1657, 2012.
- Hiroyuki Matsuura : Quantum Neural Net, Polariton, and Classical Neural Networks ; ICIC Express Letters, An International Journal of Research and Surveys, ICIC International, Vol.6, No.6, pp.1665-1669, 2012.

論文発表（２）（レフェリー制のある国際会議議事録）

なし