

論文審査の結果の要旨

氏名 川田 宗太郎

本論文は、「光周波数領域を利用した学習能力を有する光波情報処理システム」と題し、全7章からなる。

第1章は「序論」であって、研究の背景と目的をまとめている。

第2章は「光キャリア周波数依存の動作を有する光波連想記憶」と題し、光波キャリア周波数に依存する連想学習および連想想起を行う光連想記憶ニューラルネットワークを提案しその理論を構築して、光学実験を行った結果を報告している。複素ヘブ則および複素相関学習の理論を構築し、その結果に基づくニューラルネットワークを構築したものである。実際に光学実験によって、光キャリア周波数の変調に対応する振る舞いの変調が実現され、異なる想起動作を実証することに成功している。この成果は、将来の脳型情報処理システム、特に能動性を持ったシステムの実現にも役立つものである。

第3章は、「学習光位相フィルタ」と題し、光の帯域で適応的な出力位相値を実現する光波位相フィルタリング処理を行うニューラルネットワークを提案して、理論を構築して光学実験を行った結果を報告するものである。複素最急降下法を定式化し、教師信号に対して誤差を減少させる学習方式を確立して、光学実験によってその動作を実証している。この成果は、近い将来の加入者系的高速光ファイバ通信において、全光交換機がファイバを切り替える際に時々刻々変化する光ファイバ分散を補償する方式としても有効に利用できるものである。

第4章は、「光並列性を有する学習ロジック回路」と題し、適応的な光周波数並列/依存ロジック回路の提案を行い、その理論を構築するとともに光学実験を行ってその動作を実証している。電子回路における書き換え可能なロジック回路は現在広く用いられており、FPGA (Field programmable logic array) や PCA (Plastic cell array) などがある。さらに学習によって論理を獲得するものも多く提案されている。本章が提案するシステムは、光情報処理システムで同一の方向性のものを、光周波数依存性動作を利用して適応的に実

現しようとするものである。光周波数依存ニューラルネットワークの動作を利用して、ロジックを構成するものであり、それに適した位相コーディングも提案している。光学実験の結果、周波数を切り替えることによって理論どおりに高速にロジックを切り替えられる光ロジック回路を実現することができたことを報告する。

第5章は、「光周波数領域多重ロジック回路の多重化密度解析」と題し、光波キャリア周波数を切り替えられる光ロジック回路の光周波数領域でのロジック密度に関する理論的・数値的な考察を行ったものである。光周波数領域がいかに有効に利用されるかについて、特にロジックの種類と数、周波数間隔とその配置方法、光路差の設定方法を変化させたときの性能について定量的に議論している。

第6章は、「将来展望」と題し、体積ホログラムの利用、光プロセッサの将来などについて提案を行っている。特に、将来有望な光関連デバイスと、スタックやキューといったハードウェア・アーキテクチャに焦点を当て、現状の電子プロセッサを大きく超える光プロセッサをいかに構築してゆくか、その可能性を議論している。

第7章は、「結論」である。

以上これを要するに、本論文は光情報処理において可塑的な並列性を実現するために実空間領域だけでなく周波数領域を積極的に利用するシステムを構築できる可能性があると考え、光の波動としての性質を統合的に利用するニューラルネットワークの理論を構築するとともに実証実験を行って、その優れた性質と有用性を示したものであり、情報学とくにシステムフォトリクスの発展に貢献するところが少なくない。

したがって、博士(科学)の学位を授与できると認める。