

## 審査の結果の要旨

論文提出者 豊田 晴義

本論文は、「空間光変調デバイスを用いた光情報処理システムに関する研究」と題し、9章より構成されている。近年、光の持つ並列性・高速性を利用した光情報処理システムは、その原理的な2次元並列性・高速性および光の非干渉性による高速通信性能等により、新しい情報処理システムとして注目を集めている。しかしながら、電子情報処理システムが現代社会に深く浸透しているのに対して、光情報処理システムは幅広い実用化されるまでには至っていない。本論文は、この要因として、1)汎用性の欠如、2)安定性の欠如、3)実証実験システムの欠如の3点に注目し、これらの課題を克服した光情報処理システムの構築を目指したシステム設計手法を論じている。特に、光情報処理におけるキーデバイスとして空間光変調器に着目し、そのデバイス特性を活かしたシステムアーキテクチャをさまざまな応用に即した形で提案し、実際の実証実験システムによるフィールドテストを通してその有効性を確認した。

第1章は、「序論」として、これまでの光情報処理システムにおける、デバイス技術並びにシステム技術の概要を示した上で、本論文の目的と構成を述べている。

第2章では、本論文で扱う光情報処理システムにおいて共通のキーデバイスとなるいくつかの光デバイス・光モジュールの試作および評価について述べている。ここでは、基本的なデバイスとなる光アドレス型空間光変調器を中心として、光デバイスや光モジュールについて、その設計・構成および性能についてまとめられている。

第3章では、空間光変調器をリアルタイムホログラムデバイスとして用いた光関連システムを構築し、指紋認識および速度計測に応用し、その性能を評価している。指紋認識への応用実験では、500人以上から指紋データを収集し、5年以上にわたるフィールド試験等を行い、その性能を指紋分離能力・温度試験・経時変化等、多方面から評価し、その有効性を確認している。また、速度計測システムにおいては、光機能モジュールのカスケード接続の考え方を導入し、光関連器の前処理機能としてイメージインテンシファイアを用いた2重露光機能を組み合わせることで、計測ダイナミックレンジの大きい速度計測システムが構成できることが実験的に示している。

第4章では、空間光変調器を2つの異なる機能をもつデバイスとして用い、位相情報の2次元的な変調を応用したレーザ画像表示システムへ応用したシステムを提案し、実験によりその有効性を示している。ここでは、空間光変調器の仕様を目的にあわせた最適設計を行った上で、光学システムの構築において課題となった位相コントラストフィルタのアライメントの問題を自己アライメント光学系の導入により解決している点に特徴がある。

第5章は、大規模並列ハードウェアを基本原理とするニューラルネットワークシステムの実現を目指し、2つのシステム事例を用いて、光情報処理システムへの適応性の付与について基礎的な検証が行われている。ここでは、従来の光情報処理システムの欠点とされていた適応性の欠如に関して、学習による汎化性(学習・連想)を実現することにより解決し、前処理機能、連想記憶機能等の専用機能を持つ光情報処理モジュールを設計し、それらを組み合わせることにより、新しい機能を持つ光情報処理システムが容易に構成でき

ることをシステム事例として示している。また、光情報処理の特徴である大規模並列性を活かした光ニューラルネットワークアルゴリズムを提案し、キーデバイスとなる FLC-SLM の特性と高い整合性を持つことが誤差積分関数による解析により説明されている。

第6章では、並列処理の演算効率を飛躍的に向上することが可能となる光インターコネクション技術に焦点を当て、その要素デバイスの設計と試作を通して、その有効性を確認している。特に、小型・高効率な特性と再構成可能な光インターコネクションユニットの構築のため、液晶パネルと液晶空間光変調器のそれぞれの特性を考慮した最適設計・評価を行い、それぞれのデバイスの持つ能力を最大限に活かした結果、ほぼ理論限界に近い回折効率を有するインターコネクションモジュールが構成できることを示している。

第7章は、光情報処理システムの実用化において必要不可欠となる光-電子変換デバイスの設計・試作に関して述べられている。本システムは、1KHz で画像の取得から処理まで実行できる機能とともに、産業応用に適応可能な解像度(128 × 128)と階調度(8bit)を持ち、光計測への応用として、波面センサへの応用やイメージインテンシファイア機能の付加による微弱光計測・処理への応用が示されている。

第8章では、ここまでに議論された光情報処理システムを支える4種類の光デバイス技術について、システムアーキテクチャの視点から考察を行っている。特に、本論文の第3～7章で述べられているさまざまな光情報処理システムの研究から、光情報処理システムの能力はそのキーデバイスの特徴を活かすことが重要なポイントとなり、今後の光情報処理システムの設計において、デバイス技術からみた設計方法について述べられている。

第9章は、「結論」と題し、以上の結果がまとめられている。

以上要するに、本論文は、光情報処理システムとして、汎用性を付与し、安定性を実現したいくつかのシステム設計手法を提案し、実際の応用システムを用いた実証実験によってその有効性を実験的に示したものである。これらの結果は、これまでの光情報処理システムの多くが研究室レベルの原理実験に留まっていたのに対して、実用的なシステムを用いて実証している点において、際だった成果を示している。特に応用の観点からデバイス特性を活用したアルゴリズム・アーキテクチャの重要性を指摘している点で、光情報処理システムに対して、重要な知見や設計指針を示すとともに、新たな展開を示唆するものであり、システム情報工学の発展に寄与すること大であると認められる。よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。