

テーマ名

波長分割多重に基づく並列光線形演算基盤の研究

代表研究者名

後藤 優太

テーマ(英文)

Development of a Platform for Parallel Optical Linear Computing Based on Wavelength-Division Multiplexing

研究内容(概要)

近年、AI や高度情報処理の発展により、画像認識や分類処理に不可欠な行列演算を高速かつ低消費電力で実行する技術の重要性が高まっている。現在の電子計算機では、計算速度や消費電力に課題があり、光の干渉や重ね合わせを利用する光ニューラルネットワーク（ONN）が注目されている。従来の ONN には、1 次元ベクトル情報の精密な線形変換に適した MZI 型と、画像や波面などの空間情報を直接扱える自由空間回折型 ONN（D2NN）がある。D2NN は高い並列性を持つ一方で、大規模計算へ拡張するための設計戦略や、電子計算機のクラスタのように複数モジュールを接続する方法は十分に確立されていない。

本研究では、MZI 型が持つ明示的な 1 次元線形演算構造を保持しつつ、光の空間的並列性を利用して多数の演算を同時実行する新しい光計算アーキテクチャを提案する。さらに、異なる波長の光ごとに独立した重み行列を実装し、各波長チャネルを独立した線形演算ユニットとして動作させる。回折格子による分光を用いることで、波長ごとに異なる重み行列を物理的に構成でき、電子計算機におけるクラスタ型並列計算に類似した構造を、同一光学系内で実現することを目指す。また、複数の光位相変調器によって重み行列を明示的に表現することで、再構成可能で拡張性の高い線形演算モジュールとして設計できる。本研究ではまず、数値解析により光周波数領域での信号表現を定式化し、入力周波数成分と出力成分の関係を線形演算として記述する理論モデルを構築する。これにより、演算精度、雑音や位相揺らぎへの耐性、周波数分解能とのトレードオフを評価する。さらに空間光学系を用いた実験系を構築し、出力信号と既知信号との相関計算により演算結果の再現性を定量評価する。