

スタジオ題目 深層学習を用いた最適化手法による高次直列結合マイクロリング共振器波長フィルタの設計の高効率化  
学籍番号 22NC307 氏名 福與 太一  
指導教員 荒川太郎 教授  
論文提出日 令和6年 3月 7日

近年、ネットワークに要求される情報量の増加によって、伝送容量、消費電力、通信速度の三点の向上が必要とされている。これらを解決するものとしてフォトニックネットワークが存在し、経路制御に用いられている重要なデバイスの一つとして光波長フィルタである。本研究では、光波長フィルタの一つであるマイクロリング共振器波長フィルタに注目した。

高次直列結合マイクロリング波長フィルタは小型で設計の自由度に優れているが、設計時に要求される条件が多く、それらは互いに独立していない。そのため、人の手によって最適な設計値を得ることは極めて困難である。これを解決する手段として機械学習の一種である深層学習を用いる。先行研究として最適化手法を用いた設計が行われているが、これは複数の評価項目や評価関数があり、それらを用いてより良い結果を模索する手法である。本研究では、機械学習の中でも深層学習を用いた設計を行った。光デバイス設計における深層学習の適用例としてはフォトニック結晶デバイス設計があるが、高次直列マイクロリングフィルタの設計に適用された報告はない。

深層学習の適用方法として、設計値を無作為に生成し、その設計値と設計値によって算出される伝達関数行列の対応関係を全結合ニューラルネットワークに学習させた。所望の特性を持つフィルタ特性のグラフを学習済みのモデルに入力し、入力を再現するような設計値を出力として得ることを最終的な目標とする。入力するグラフは目標設定を行うための模式的なグラフである。注意点として、深層学習による予測結果は原理上必ずある程度の誤差が発生してしまう。これを解決するために勾配法を用いた補正を行っている。これは入力である伝達関数グラフに対し、出力である設計値によって算出される伝達関数グラフとの概形を近づけるため、出力である設計値に補正を加えて探索するものである。即ち深層学習で候補出しを行い、その後に補正を行うという流れである。リング次数は任意の値であり、出力データ数はリング次数によって決定される。

結果として、任意の次数でのリングフィルタに対して、目標とするフィルタ特性の形状を入力すれば概形を再現する設計値を得る事を可能とした。これは、中心波長 $\lambda_0$ 、共振波長間隔FSR、クロストーク、挿入損失、3dB波長帯域 $\lambda_{3dB}$ 、リップル、形状を考慮した設計が可能である。また、所望の特性を得るための最適なリング次数はその特性によって異なるという事、トップとクロストーク、3dB波長帯域幅と形状及び挿入損失はトレードオフの関係にあるという事、従来の並び方はバランスよく設計できるが、トップの部分の形状がよりよいリングの並び方は他にあるという事の三つを結論付けた。