

# ディープラーニングを用いた IM-DD 光ファイバ伝送における 波長分散及び非線形劣化補償

1200155 森 文香 (光制御・ネットワーク研究室)  
(指導教員 岩下 克 教授)

## 1. はじめに

近年、通信量が増加しているため、今後更に大容量の通信が求められる。しかし、光ネットワークでは通信の大容量化を行おうとすると、光ファイバの非線形により信号波形劣化が発生し、大容量化に限界があるのが現状である。そこでディープラーニング技術を用いて劣化の特徴を学習すれば、その制限が緩和され、通信の大容量化に繋がると考えられる。

本研究では、強度変調・直接検波(IM-DD)伝送において、時系列データを扱える再帰型ニューラルネットワーク(RNN)を用いて補償し、実験データを用いて補償の確認をしたので報告する。

## 2. 実験構成

図1に示す実験系で、送信信号を光ファイバで101km伝送させ、受信データを得る。

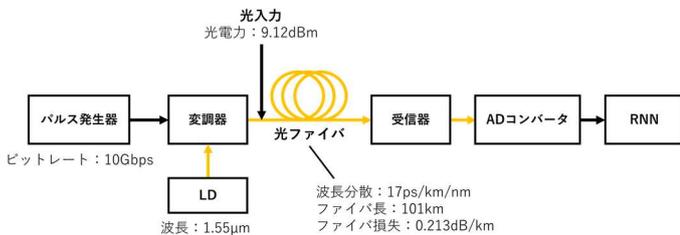


図1 IMDD 伝送の構成

伝送中非線形現象が現れ、特に自己位相変調で光スペクトルが広がり、波長分散により波形歪みが生じる。光受信器は2乗検波のため、受信電気回路で補償を行うには限界がある。そこで、検波したデータを50000bit分取得し、学習データとしてRNNに入力して学習をさせる。

RNNのプログラムの全体図を図2に示す。

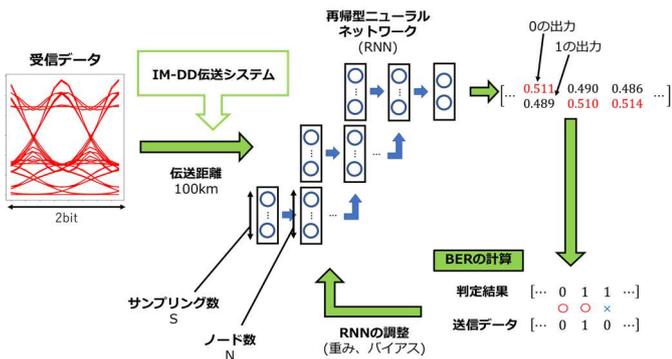


図2 RNNプログラム処理構成[1]

受信データをRNNに入力し、出力結果(補償の判定結果)と正解データ(元々の送信データ)を比較し、結果が全て一致するようRNNのパラメータを調整する。これを繰り返し行って学習を進めていき、これ以上正解データに近づけない(正解データとの誤差が小さくならない)と判断したら学習を切り上げる。その後新たに受信データを入力して出力結果と正解データを比較し、ビット誤り率(BER)を算出して判定の精度を測る。

シミュレーションによりパラメータを調整した結果を図3、4に示す。1bitあたりのサンプリング数Sとノード数NはBERと計算時間のバランスを考慮してS=8, N=15とした。

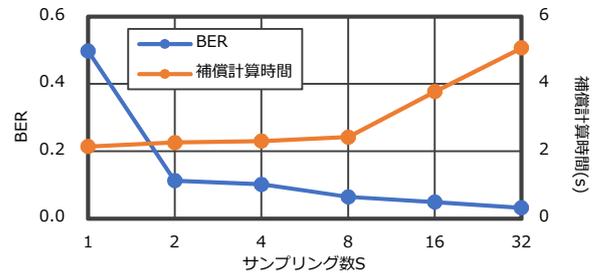


図3 サンプリング数とBER及び計算時間との関係

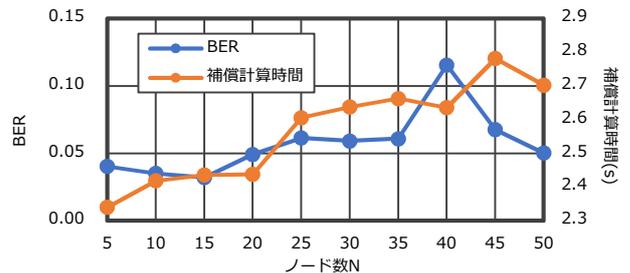


図4 ノード数とBER及び計算時間との関係

## 3. 実験結果

送信信号の基となる擬似ランダム信号のそれぞれの種類において、RNNに入力する時系列データ範囲とBERの関係を図5に示す。

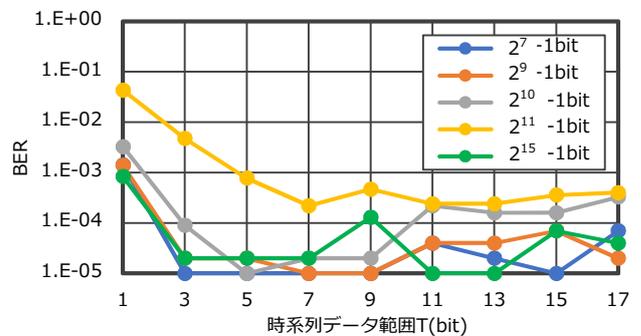


図5 時系列データ範囲とBERの関係

Tが1bitに設定した時のBERが最も高くなり、それ以外の値ではBERが10<sup>-5</sup>~10<sup>-4</sup>の範囲にほとんど取まっていた。Tが11bit以上に設定するとBERが少し上昇しているのが分かるが、光ファイバ100km伝送においては波長分散によって2~3bitの広がりが発生してしまうため、波長分散に関係がないビットが増えたことによる判定の妨げが発生したと考えられる。

## 4. まとめ

IMDD伝送において発生する信号の劣化を、ディープラーニングを用いて補償することができた。しかし、設定によってはBERが高くなってしまいう場合もあり、学習を切り上げる方法等、安定した結果が得られるようプログラムを見直し改善する必要がある。

## 参考文献

[1] 巢籠 悠輔『詳解 ディープラーニング TensorFlow・Kerasによる時系列データ処理』株式会社マイナビ出版