

電気・電子情報工学専攻	学籍番号	M163257
申請者氏名	平岡 朋晟	

指導教員氏名	竹内 啓悟
--------	-------

## 論文要旨(修士)

論文題目	深層Sum-Product復号ネットワークのアンイーリング学習
------	---------------------------------

携帯電話の普及や家電のデジタル化が進み、情報通信技術の需要が高くなっている。情報通信システムにおいては情報の伝送時に誤りが生じるため、効率的に情報を伝送するためにブロック誤り訂正符号が用いられる。ブロック誤り訂正符号で復号を開始するには、符号長の分だけ情報を受信する必要がある。実際の通信では用途に応じて伝送遅延に関する制約が課されるため、符号長は短い方が望ましいが、復号性能の点では符号長は長い方が優れている。そのため、遅延制約と復号性能を両立した短符号長の誤り訂正符号が求められている。

ブロック誤り訂正符号の具体例として、低密度パリティ検査 (low-density parity-check: LDPC) 符号がある。符号長の長いLDPC符号にSum-Product (SP) 復号法を適用した場合、Shannon限界に迫る復号性能を達成することが知られている。しかしながら、実用上で重要な符号長の短いLDPC符号にSP復号法を適用した場合、SP復号法の収束特性が悪化してしまう問題点がある。本研究では、符号長の短いLDPC符号でも優れた復号性能を達成できる新たな復号方法を提案する。

深層学習を用いた復号器は優れた復号性能を示すとして注目を集めている。中でも、既存の復号アルゴリズムを基にニューラルネットワーク (neural network: NN) を構築する深層展開は、学習すべきパラメータ数が少ないため効率的に学習できる。SP復号法にはダンピングと呼ばれる収束特性を改善する手法がある。ダンピングに使われるダンピング係数を学習すべきパラメータに設定して、SP復号法を基に深層展開を適用する。

SP復号法のダンピング係数を学習しようとする、学習結果にばらつきが生じる現象が発生する。本研究ではこの現象を学習ゆらぎと呼ぶ。学習ゆらぎが発生すると、良好な復号性能を達成できる学習結果が得られることもあれば、そうでない場合もある。そのため、できるだけ良好な復号性能となるダンピング係数を安定して得られる学習方法が求められる。

本研究では学習ゆらぎを軽減するためにアンイーリング学習とゆらぎ平滑化 (fluctuation smoothing: FS) ネットワーク (FSネット) を提案する。アンイーリング学習ではまず、学習ゆらぎの影響が小さい受信信号の信号対雑音比 (signal-to-noise ratio: SNR) が低い領域で学習を複数回行う。学習ゆらぎの影響が小さいため、低SNRでは良好なダンピング係数を得ることが可能である。次に、良好なダンピング係数はSNRに関して連続的に変化することを想定して、前回の学習結果を初期値に設定してSNRをわずかに大きくした上で同様の学習を行う。このような学習を繰り返すことにより、学習ゆらぎの影響が大きい高SNRでも良い解に収束することを図る。FSネットは非線形回帰によって、アンイーリング学習で得たダンピング係数のSNR軸方向の変化を滑らかにするNNである。依然として学習ゆらぎを含むアンイーリング学習結果をSNR軸方向に滑らかな回帰曲線に置き換えることで、アンイーリング学習後に含まれる学習ゆらぎの影響を更に抑えることができる。

学習ゆらぎの大きかったダンピング係数の学習結果が、提案学習法によりほぼ同一の学習結果を示すことを確認した。得られたダンピング係数をSP復号法に適用し、ビット誤り率 (bit error rate: BER) を評価したところ、ダンピング係数を固定した場合と比較して提案手法は最も速く収束することを示した。また、ダンピング非適用時に発生していた高SNRでの収束特性の悪化を改善し、ダンピング非適用時と比較して提案手法は高SNRの領域でBERを約10分の1に軽減した。