

論文の内容要旨

論文題目 A New Local Learning Rule for Neural Networks Based on
Moderatism and Its Application in Pattern Recognition

(モデラティズムに基づく新たなローカルな学習則の提案とパターン認識への応用)

氏名 イスラム モハマッド タンビル

人工ニューラルネットワークは人工知能の一つの大きな分野として信号処理, パターン認識, 音声解析, 画像解析, 医療画像処理, 経済予測といった広範囲な分野に応用されている。

ニューラルネットワークの研究は元来, 人間の情報処理機構の解明を目指したものである。脳がどのように新しい物事を学習するのか, また多くの情報をどのように処理し, 記憶していくのかという問題は長らく大きな疑問であった。このような問題に対するアプローチの一つは脳のモデルを作り, その振舞いをコンピュータによってシミュレートすることであった。これは人工のニューラルネットワークの概念が出現した背景である。

ニューラルネットワークの学習則の中で最も広く使われているものはパーセプトロンとバックプロパゲーションである。これらの学習則は(シナプスの伝達効率である結合荷重)を修正するのにグローバルな学習誤差を用いている。しかし, 実際のニューロンにおいて, 結合荷重の修正にこのようなグローバルな情報を用いているとは考えづらい。初期のニューラルネットワーク研究においてコネクショニズムと呼ばれる理論が作られた。この理論によれば, ニューラルネットワークはシンプルな素子がシナプスを介し重み付け結合により構成される。全ての情報はシナプスのみを介して伝達される。この理論によれば, 処理素子であるニューロンは本来単純なものであり, わずかな局所的な情報を処理し, 系の全体での情報を持たないものとされている。バックプロパゲーションにおいては, 出力のニューロンはネットワークが本来出力すべき値を知っており, それに基づいた誤差を計算する。また個々のニューロンは自らの出力がグローバルな誤差に与える影響に基づき結合を修正する。しかし, コネクショニズムの観点と相反するものである。したがって, 学習則としては異なる二つの解釈が存在する。

1. グローバルな学習則
2. ローカルな学習則

1. グローバルな学習則: グローバルな学習規則では、グローバルな学習の誤差は出力ニュー

ーロンによって計算される。そして各シナプスの結合荷重は、グローバルな誤差が含む何らかの方程式によって変化される。出力ニューロンはグローバルな誤差を知ることが仮定されて、誤差情報を中間層や入力層のニューロンに教えることによってグローバル情報がニューラルネットワーク全体に伝搬されることになる。

グローバル学習則の例: バックプロパゲーション、パーセプトロンなど。

2. ローカルな学習則: ローカルな学習規則は、コネクショニズムの概念に相当する学習則である。ローカルな学習則では、出力ニューロンを含めてすべてのニューロンがシステムで他のところで何が起きているかを知る必要がないとされている。つまり、グローバルな誤差なども計算できない。それぞれのニューロンが自分のローカルな情報をもっていくつかの関数を計算し、結果をシナプス通して他のニューロンに教える。グローバルな誤差は外部環境によって計算されるが、それはセンサーニューロンによってニューラルネットワークに戻される。センサーニューロンも特別なニューロンでなく、ネットワークのニューロンと同じ関数をいくつか処理できる。そして、センサーニューロンからの情報はネットワーク内の各ニューロンのローカルな情報に変換される。

ローカルな学習則の概念が以前から存在しているにもかかわらず、グローバルな誤差の情報をローカルなものに変換することが困難であり、その実例はほとんどないのが現状である。しかし、脳の情報処理メカニズムにはローカルな要素が極めて多いことも事実である。そこで、本研究の目的はパターン認識などに効率的に用いることの出来るローカルな学習則を提案することである。目的の学習則の開発をモデレイズムという概念に注目し、それに基づくニューラルネットワークによって実施する。モデレイズムは心理物理実験をもとに作られた仮説であり、ニューラルネットワークは外部環境からの連続的なフィードバックをもとに適切な入出力関係を作るように学習するものとする。そこで、本研究ではこのモデレイズムに基づく新しいローカル学習則を構築し、パターン認識の問題に実装することを目指す。この新たな学習則を“Moderatism based Gradient Feedback”(MBGF)学習と呼ぶ。本論文では、計算機シミュレーションを通じてこのMBGF学習が生物学的に妥当な多層ニューラルネットワークモデルに対して効率的に学習が行えることを示す。また、バックプロパゲーションなどのようなほとんどの学習則で使われている“2-phase”の学習モデル(入力信号と誤差信号が交代で入ってくる学習モデル)でなく、本来、脳に存在するもう一つの学習モデルである“1-Phase”モデル(入力信号と誤差信号が同時に入ってくる学習モデル)も使用し、MBGF学習則を使ってこの両方のモデルの学習が可能であることを示す。