

耐故障性を有する進化型ニューラルネットワークの構築

工藤 理人[†]

長尾 智晴^{††}

[†] 横浜国立大学 理工学部

^{††} 横浜国立大学 大学院環境情報研究院

1. はじめに

近年、ニューラルネットワーク(Neural Network; NN)の適用分野の広がりに伴い、その実装もハードウェアへの応用が広く行われている。ハードウェアにより実装する場合、装置の異常(故障)について考える必要がある。すなわち、ネットワーク内部の故障が発生しても、ネットワークの動作が大きく変化しない性質(耐故障性)が必要となる。また、筆者が属する研究のグループは、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm; GA)を用いて進化的にネットワークの結合荷重と構造を自動決定するReal valued Flexibly Connected Neural Network(RFCN)[1]を提案している。RFCNは問題に応じて適切な構造を進化的に獲得することが可能である。本稿では、RFCNの耐故障性を向上させることを目的とする。

2. 提案手法

提案手法では、進化計算により逐次的にユニットを追加し、ネットワークの冗長化により耐故障性を獲得する。故障モデルについては、本稿では中間ユニットの出力が 0 または 1 に固定される故障を扱う。最初に通常の RFCN と同様に問題に対するネットワーク構造を進化計算により獲得する。その後、生成された中間ユニットを 1 つずつ故障させ、適応度が一番下がった中間ユニットを複製し、新規中間ユニットとして追加する。複製元と複製した中間ユニットを 1 つのユニット群とみなし、部分最適化を行うことで、ネットワークの冗長性を高めていく。正常時の適応度関数を F 、複製関係にあるユニット群が H 個とき、 i 番目の中間ユニットが故障した際の適応度関数を F_i として、全体の適応度関数を次式で与える。

$$fitness = \frac{F + \sum_{i=1}^H F_i}{1 + H}$$

3. 実験設定

提案手法を図 1a のような倒立振り子問題に適用し、図 1b のシミュレートプログラムを作成した。適応度関数 F は次式で与える。

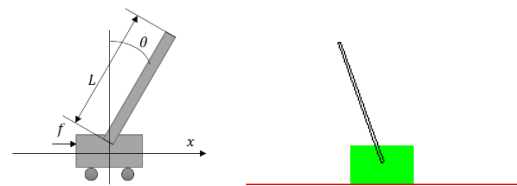
$$F = 0.2 \cdot (1 - x) + 0.8 \cdot (1 + \cos(\theta))$$

x は台車の中心からの距離、 θ は棒の角度である。台車が中心に近く、棒が上方にあるほど適応度が高くなる。また、獲得したネットワークが制御できているか判定するための条件として、棒が上方 $\pm 5^\circ$ に連続 600 ステップあるときに成功とした(試行ステップは 1000)。比較手法として故障を考慮していない通常の RFCN を用いた。

4. 実験結果

表 1 に提案手法と比較手法の、各中間ユニットを 1

つ故障させた場合の成功率と適応度を示す。この結果から、提案手法では十分な学習ができていているが、比較手法では少しの故障でも大きな影響がでることが分かる。



(a) 倒立振り子モデル (b) シミュレートプログラム

図1. 倒立振り子

表 1. 成功率と適応度(5 個体平均)

	提案手法	比較手法
成功率	0.984	0.180
適応度	1.725	0.769

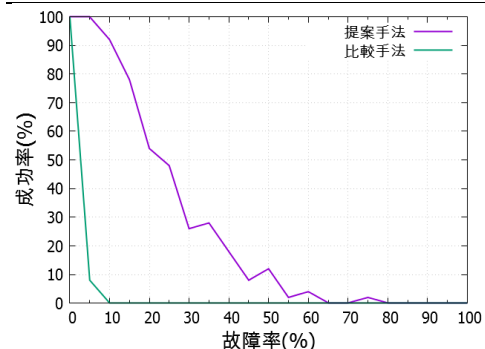


図 2. 故障率と成功率の推移

図 2 に提案手法と比較手法の全ユニットに占める故障の割合(故障率)と、それによる成功率の推移のグラフを示す。これより、提案手法の方が同じ故障率でもより高い成功率を維持しており、また故障率が高くなってもある程度成功率を維持できていることが分かる。

5. まとめ

本稿では耐故障性を有する RFCN を倒立振り子問題に適用した。その結果、通常の RFCN と比較して故障に強いネットワーク構造を獲得することができた。今後は中間ユニットだけでなく、入力や出力ユニットの故障を考慮した耐故障性の獲得を行う。また、故障後に行動制御ができなくなった場合に、結合荷重だけを変更して行動制御の再獲得をする手法の検討も行う。

参考文献

- [1] 白川真一, 長尾智晴, “RFCN による連続値空間上での自律エージェントの行動制御”, IEEJ Trans.EIS, Vol.127, No.5, pp.762-769, 2007.