

GAニューロによる普遍的ニューラルネットワーク

－エレベータ制御を例として－

日大生産工(院) ○高橋 昂大
日大生産 松田 聖

1 はじめに

ニューラルネットワークを用いたシステムではニューラルネットワークの出力値に教師信号を与え、その比較により各ニューロン間の結合加重を変化させることによりニューラルネットワークの学習を行っていく。しかしながら、正しい教師信号を常に与えられるとは限らないため、それに代わるものが必要になる。本研究ではエレベータの制御をニューラルネットワークで行うが、出力値に対する教師信号を明確に与えることは出来ない。そこで教師信号を与え結合加重を修正する代わりに、GAを用いて結合加重自体を修正することにより、明確な教師信号を与えることなくニューラルネットワークを学習させ、問題となる環境に最適なモデルを構成する。また、本研究では、さまざまな実験環境下それぞれに適応したエレベータ制御の構築をおこなっているが、最終的にそれらを統合することで、エレベータ制御用としての普遍的なニューラルネットワークを構築することを目指す。

2 ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークとは脳機能の特性を計算機上のシミュレーションによって表現した数理モデルである。ニューロン間の結合加重を修正することにより、より正確な出力値を出力するモデルへと学習する。本研究ではエレベータのメイン制御および、再配置の行動選択をニューラルネットワークで行う。メイン制御を行うニューラルネットワークは、利用客が各階の呼び出しスイッチを押した場合に『現在のエレベータ配置、乗客の乗降予定、乗客人数、一定時間後のエレベータ配置予測状況』を入力とし、呼び出しがあっ

た階に対し各エレベータが向かった場合どの程度適しているかの評価値を出力する。

再配置の選択行動とは、一定時間ごとに実行され、将来の利用客の呼び出しに対しより素早い対応を取ることが出来るよう乗客が乗って居ないエレベータのカゴを事前に移動させる行動のことである。

メイン制御ニューラルネットワークの構成図を以下に示す。

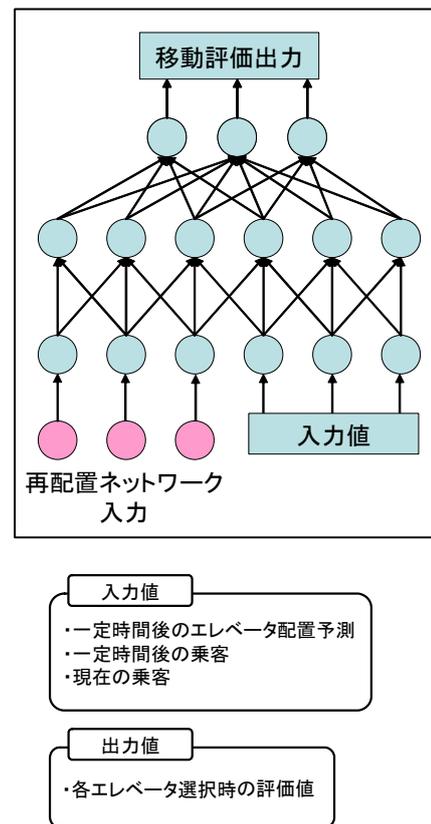


Fig1.ニューラルネットワーク構成

GA-neuro based universal control for specific domain
－ the case of Elevator control －

Takahiro TAKAHASHI and Satoshi MATSUDA

3 遺伝的アルゴリズム：GA

遺伝的アルゴリズム（以下：GA）とは、近似解を探索するメタヒューリスティクスアルゴリズムのひとつである。遺伝子で表現した個体を複数用意し、ある環境における個体の適用度の計算を行う。その適用度の高い個体を優先的に選択し、交叉・突然変異などの操作を繰り返しながら、最適解を探索していく。各遺伝子のある環境への適用度を算出し、その結果で降順ソートを行なう。その結果上位は優秀な特徴を持つエリート遺伝子であるとして次世代へ保存する。反対に下位の遺伝子はその特徴を残しても適用度が上がる可能性は低いので削除する。中位の遺伝子は後述の交叉や突然変異の操作を行い次世代の遺伝子を生み出す親遺伝子となる。



Fig2. GA概要

交叉とは遺伝子列から数点を選びその交叉点において選択した2つの親遺伝子の配列内容を交換する。この操作により、前世代遺伝子の特徴が引き継がれた次世代遺伝子が生成される。

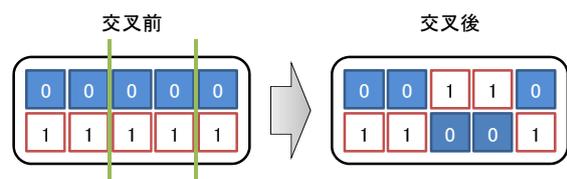


Fig3. 交叉概要

GAの欠点のひとつに世代交代を繰り返していくと類似した遺伝子ばかりになってしまうことがある。その状況を打開する手段として突然変異という操作を行う。交叉とはべつに一定確率で遺伝子の一部をランダムに書き換えるもので、この行動により遺伝子の多様性を保つことが出来る。

また、遺伝子の多様性を保つため一定世代ごとに遺伝子群の一部を初期化する。これにより今までに無い特徴をもった遺伝子との交叉が行なわれるため、局所解に陥る可能性を下げる効果がある。

GAはこれらの操作を繰り返すことにより、環境に適応した特長を次世代の遺伝子に遺伝させることが期待でき、世代を重ねることにより環境に適した遺伝子を残すことが可能である。なお、結果が初期遺伝子の生成に強く依存するので、環境に最適な遺伝子を見つけるには複数回の試行が必要である。

4 GAニューロ

GAニューロとはニューラルネットワークの全結合加重をGAの1つの遺伝子として表現することで、その遺伝子に対し交叉等の操作を用いて、進化的に結合加重の修正を行いニューラルネットワークの学習を行う。

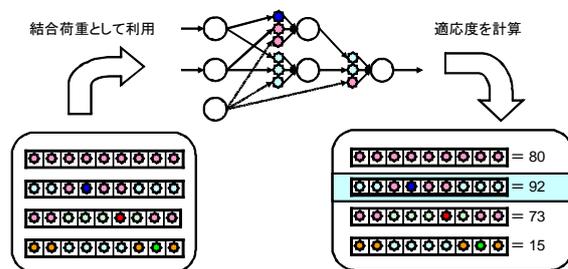


Fig4. GAニューロ概要1

本研究ではニューラルネットワークを用いて、エレベータ制御のシミュレーションを行う。前述の通り本来ニューラルネットワークの学習を行うためには教師信号が必要となるが、本研究ではシミュレーションの結果をもとに現在の遺伝子の評価を行い、それを元にGAで次世代の遺伝子を生成していく。この方式の利点は教師信号を使用することなくニューラルネットワークの学習が行なえるということである。GAを用いることにより教師信号を必要とすることなく結合加重を修正することが出来るため、正しい教師信号を与えることが出来ないような問題であったとしても対象となる環境に最適なニューラルネットワークが構築される。

以下に本研究で構築するGAニューロシステムの概要を示す。

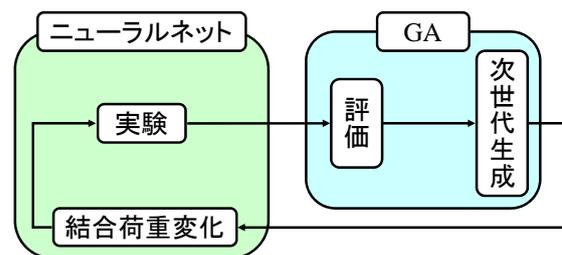


Fig5. GAニューロ評価フロー

5 環境別制御ネットワーク

ここからは本研究におけるエレベータ制御について述べる。

本研究では仮想の1日における時間帯をTerm1~4に分類し、各時間帯における最適な結合加重をGAにより探索し、それを適宜変更することで、一日の時間変化による利用客の需要変化に対応可能なネットワークを構築する。以下に時間帯変化に対応するニューラルネットワークの構造を示す。

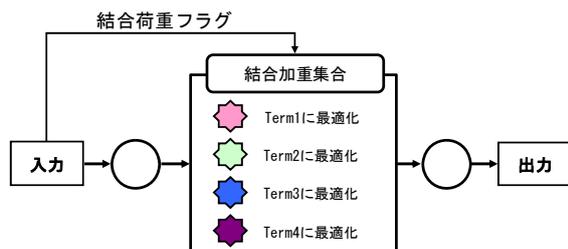


Fig6. 結合加重の選択

シミュレーション中に発生する利用客の『どこの階で乗るか、どこの階で降りるか』という2種類の行動を以下に示すポワソン分布により決定する。

$$P(N = k) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

上記式は単位時間中に平均 λ 回起こる事象が k 回起こる確率を示す。この確率はTermごとに異なる値が設定されており、各時間帯における客の行動選択を制御する。

6 普遍的ネットワーク

エレベータ制御を大まかな時間帯ごとに分けた場合、各時間帯における想定外の客の需要があった場合、適切な制御をすることは困難である。そこで、各時間帯に適応した複数のニューラルネットワークの出力結果を教師

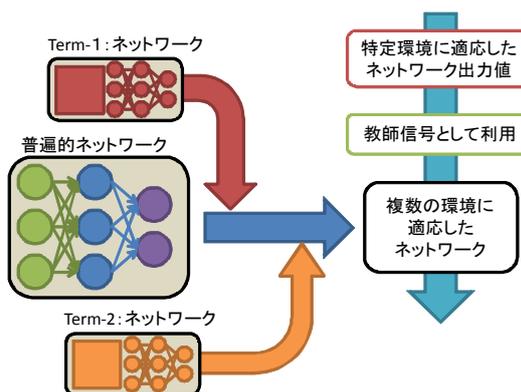


Fig7. 普遍的ネットワーク

信号として1つのニューラルネットワークに与えることで、複数の環境に適応できる普遍的なネットワークを構築する。

本研究では4つの時間帯に最適化されたニューラルネットワークが存在する。それらから得られる出力を教師信号として統合用ネットワークを学習させる。これにより、GAでは遺伝子長が長い調整出来なかった部分の調整、GAのスキーマの発見が期待される。また、すべての時間に対応できるネットワークを構築することで、次章の適応的進化の効率を向上させることが可能である。

7 適応的進化モデル

本研究の実験で用いられるニューラルネットワークは固定された値を用いるほかに、客の流入パターンをネットワークに判別させ、実稼働中にネットワークのパラメータを適応的に変化させることができる。以下にフローチャートをしめす。

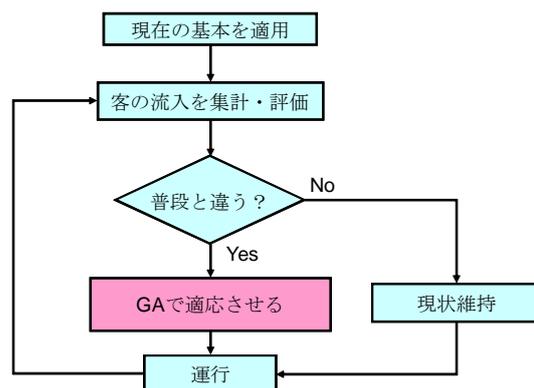


Fig8. 適応的進化フローチャート

ネットワークが過去15分間の客の流入を記憶・分析した結果、普段の流れとは異なると判断した場合、既存のパターンから最も良いネットワークに切り替え、それをベースにGAを用いて再調整を行う。

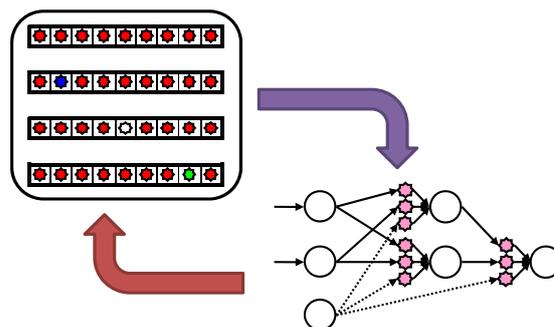


Fig9. 適応的進化ネットワーク

普遍的ネットワークが構築されていることで、再調整に要する時間が短縮され、また、ここで新たに構築されたニューラルネットワークを普遍的ネットワークにフィードバックすることで、より多様性を持たせられると期待される。

最終的に普遍的ネットワークの調整と、実験中の適応的進化を繰り返すことで、それらを行った分ネットワークが成長していくモデルとなることが期待される。

8 実験結果

以下にGA単体を用いたネットワークの結果および、それから学習した普遍的ネットワークの出力結果とその比較を以下に示す。

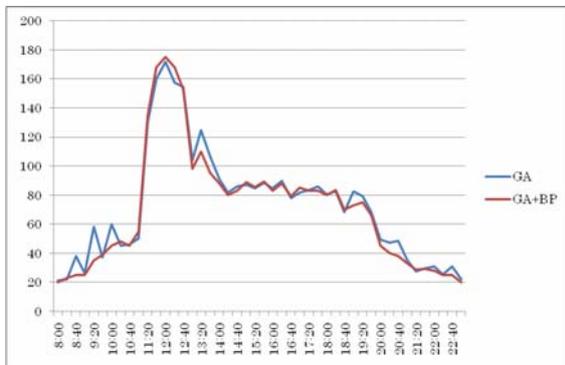


図10. GA単体および統合ネットワーク比較

GAネットワーク単体の出力結果から普遍的ネットワークは学習することが可能である。

次に、適応的進化を用いたネットワークと未対応のネットワークの比較結果を以下に示す。

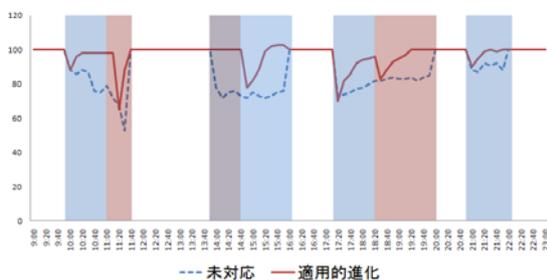


図11. 適応的進化結果

図11の背景が白色以外の部分は予定外の客パターンによる実験部分を示す。客の行動パターンが変化した場合、どちらのネットワークも適応度が下がるが、通常のネットワークでは平均適応度80%、最大適応度も92%とパターン変化に対応できていないことが確認できる。一方で、適応的進化を組み込んだネットワークにおいては、行動パターン変化後、

100%の適応度まで回復するとともに、平均適応度95%と、未対応のネットワークに対し、15%の効率上昇がみられる結果となった。

最後にGAニューロ単独ネットワークによる進化と、普遍的ネットワークおよび適応的進化モデルによるエレベータ制御の世代経過と平均待ち時間をしめす。

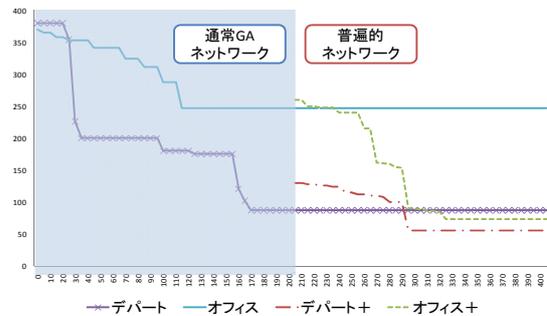


図12. 普遍的ネットワークの効率性

図12における『+』は普遍的ネットワークによる世代更新であることを示す。2種の環境における単独ネットワークよりも、それらを統合した普遍的ネットワークを用いた更新の方がより短い世代数で平均待ち時間が減少している。さらに、平均待ち時間の最小値からも、本研究におけるネットワークの方がより効率のよいエレベータ制御を行っていると考えられる。

9 おわりに

本研究において、遺伝的アルゴリズムとニューラルネットワークを組み合わせることにより、システムを自己進化させることが可能である。環境の複雑な変化に対しても、適応的進化を行なうことで対応が可能であり、普遍的ネットワークを構築することで、その効率を上昇させることが可能であると考えられる。

「参考文献」

- 1) 高橋昂大 松田聖、GAニューロによる適応的エレベータ制御、情報処理学会研究報告. ICS, [知能と複雑系] 2009(16) pp. 129-134
- 2) 高橋昂大 松田聖、GAニューロを用いたエレベータ制御シミュレーション、日本大学生産工学部第41回学術講演会数理情報部会講演概要 (2008)