

細胞分化アルゴリズムを適用したニューラルネットワークに関する考察

A Study on Neural Network with Cell Differentiation Algorithm

吉信 真之
Masayuki YOSHINOBU

This paper discusses about the characteristics of the Neural Network with Cell Differentiation Algorithm by assuming a simplified model as a virtual software and examines its characteristics. Several conditions were found for making them larger and possible to acquire various recognition abilities.

1. はじめに

細胞分化アルゴリズムを適用したニューラルネットワーク[吉信 10]は、遺伝的アルゴリズム（以下GA）でニューラルネットワーク（以下NN）のハイパーパラメータを改善する方法として、細胞の分化・発生の仕組みを応用し、異なる特徴を持つ個体を交配して新しい特徴を持つ個体生成を可能にする手法である。本稿では実装による評価の前段階として、本手法の特徴・課題について簡易的に検討した。

2. 細胞分化アルゴリズムを適用したニューラルネットワークについて

細胞分化アルゴリズムを適用したNNは発生の仕組みを利用したもので、GAを用いてNNの構成の最適化を測る手法である。発生モデルを用いることで、通常のNNでは困難であった規模の大きなNNにGAを用いることを可能にすることなど、いくつかの利点を有する。詳細については参考文献[吉信 10]に譲る。

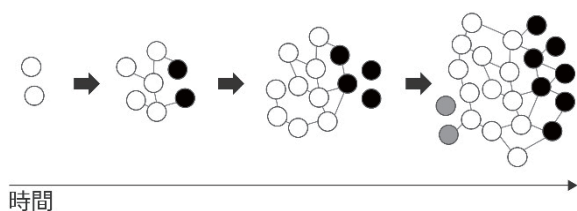


図 1:「細胞分化アルゴリズムを適用したニューラルネットワーク」のイメージ 幹細胞から発生しNNを自己組織化する

3. ニューラルネットワークの課題

NNは通常、学習を始めるに当たって発火閾値の初期値をランダムな値にするなどのプロセスが行われ、その都度初期状態から学習を始める必要がある。また、NNではGAを用いる場合に以下のような課題がある。遺伝子としてそのまま表現型を用いる直接エンコーディングの場合は、計算可能な組み合わせ数となる規模に抑える必要がある。

仮に部分をいくつかのニューロンによるモジュール化したとしても、より規模が大きくなれば同じ問題が生じる。さらに、追加的な学習が困難であることや、構成の改良や規模の拡大を図る場合についても、再設計、再学習の工程が必要となるとともに、学習成果の再利用が困難なことが挙げられる。

実際の生物においては、受精卵となる時点において遺伝子の交叉が行われ、発生のプロセスを経ることによりこのような問題は生じていない。細胞分化アルゴリズムを適用したNNではこの発生の仕組みをNNに導入して従来のNNに有する課題を解決し、構成の制御を容易にするものである。

4. モデルによる検討

簡易的なモデルを仮想的なソフトウェアとして想定し課題を検討した。検討を簡単にするため小規模な構成の二次元のリカレントニューラルネットワークとした[図 2]。

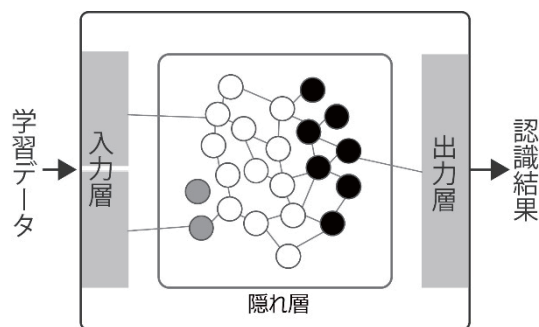


図 2: モデルイメージ

簡易的な検討のため2入力1出力としている

ノードの分裂や分化に必要な条件は参考文献[金子 03]に倣うものとした。

遺伝子は各ノードに1つずつ配置するものとし、反応する仮想分子、仮想触媒（酵素）の番号、および反応レートを持たせることとする（図 3）。

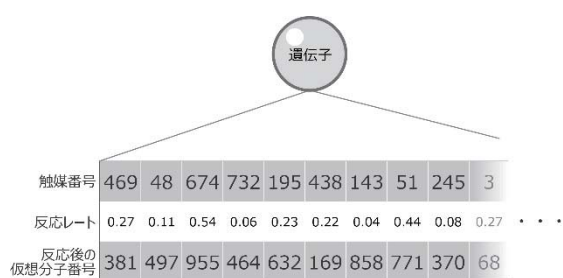


図 3: 遺伝子データのイメージ

遺伝子は各ノードに1つずつ配置し、反応する仮想触媒、反応レート、反応後の仮想分子番号を遺伝子データとする

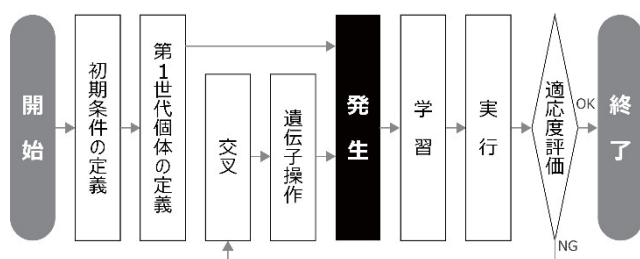


図 4: 動作フロー。発生プロセスを導入(黒地部)。

5. 結果

想定したモデルにて生成プロセスを検討し、以下の点が挙げられた。

- (1) 十分な計算リソースが必要
 - ・ノード内成分同士の反応処理、成分の発火閾値等へのパラメータ調整動作、軸索の伸長・接続処理等の計算に十分な計算リソースが必要
- (2) 仮想栄養分子の供給量が一定の場合、ノードが増加するにつれてノードの分裂速度が抑制される
- (3) 初期条件によっては分化が適切に進まない
 - ・遺伝子長、仮想分子がノードのパラメータへ調整を与える方法が適切でない
- (4) 過学習となる場合
 - ・特定の学習に最適化してしまう
- (5) 分化・形態形成が進行しない場合
- (6) 信号伝達異常となる場合

6. 考察

前述の検討結果を踏まえ対策を検討した。

- (1) 計算リソース
 - ・計算手法の見直し
 - ・将来的な計算機的能力向上
 - ・計算リソースの多寡を淘汰圧に用いる

・進化の方向や速度を調整することで全体としての計算量の削減すること[Turing 1950]

(2) 分裂速度の抑制

・発達段階に合わせた仮想栄養分子の供給。課題正答への報酬として栄養を供給

(3) 分化不良

・作成初期段階では学習成果による適応度の評価の前に適正な動作を行うことを適応度とした評価を行う

(4) 過学習

・発達段階に応じた計画的な学習プロセスの整備 [Turing 1950]

(5) 分化・形態形成の不足

・生物の形態形成、再生医療などの知見の利用
・他のディープラーニングや知識データベース等とのハイブリッドな構成

(6) 信号伝達異常

・ノードの状態の追跡
・遺伝子データのノックアウトによる振る舞いの観察

7. 結論

本稿では簡易的な検証であるため前述の結果にとどまるが、これを踏まえ具体的なモデル化を行うと共に、部分的な計算機上で動作するモデルによる検証を行うことにより、さらに大規模、多様な認識に対応するネットワークの構成の生成に向けた知見が得られると考えられる。

参考文献

- [吉信 10] 吉信真之: 細胞分化アルゴリズムを適用したニューラルネットワーク, 人工知能学会全国大会, 2010.
[金子 03] 金子邦彦: 生命とは何か, 東京大学出版会, 2003
[Turing 1950] Alan Turing: Intelligent Machinery of Computing, 1950.