

機械学習における学習動態の可視化

小田明人[†] 高丸尚教[†] 野畑昌宏[†]

[†] 中部大学工学部情報工学科

1 はじめに

小脳の運動メカニズムを解析するための手法として個々の細胞の活動電位を計測する電気生理学的手法とシミュレーションモデルが挙げられるが、小脳の信号処理系列は構造が複雑なため個々の信号解析だけでは細胞群の挙動や、時系列変化の解析が困難である。

そこで我々は、高分子科学分野で用いられている分子動力学法 (MD 法) を表現手法として導入し、電気生理学的手法による計測と、ニューラルネットワークシミュレーション研究による計測を統合して扱い、細胞間相関関係の係数を力に対応させ、シミュレーション空間内で細胞の挙動を表現することにより小脳神経ネットワーク全体の振る舞いを把握する手法として擬似分子動力学法 (Quasi-MD 法) を提案する。

2 Quasi-MD 法とは

Quasi-MD 法は下記の式により表される。(1) の Lennard-Jones Potential によって与えられた potential energy によって細胞を動かしたように見せる手法である。

$$\phi = 4\epsilon \left[\left(\frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r} \right)^6 \right]$$

ここで r, σ, ϵ はそれぞれ二点間距離、定数、energy (温度) に対応している。potential energy は 2 点間距離によって変化し $r \geq 2$ で引力が働き $r=2$ で斥力が働く。この式の ϵ と細胞間の相関係数を

$$\epsilon = \omega \epsilon_0$$

と置く。これらの式より $\vec{F} = -\nabla\phi$ によって力 \vec{F} を求める。

シミュレーション技法として算出された力をシミュレーテッドアニーリング法によって相関係数の固定を行い、Stomer-Verlet 法に基づく細胞の移動を行っている。これにより、相関の強弱によって細胞が動き、相

関係数によって細胞が動いたように表現することができる。

3 Quasi-MD 法による表現

3.1 細胞 8 個での表現

細胞 8 個の相関係数を Quasi-MD 法によって表現した。この様子は動画として時間的にも解析可能である図 2 のように、従来の方法で表現できなかった、ネットワーク全体の動きを表現した。

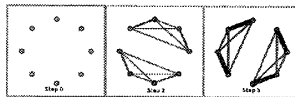


図 1: 従来の法法による表現

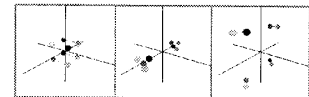


図 2: Quasi-MD 法による表現

3.2 大規模 NNS での表現

小脳皮質の神経細胞のうち、プルキンエ細胞 1 個、グラニュール細胞 10000 個の相関係数を Quasi-MD 法で表現した。図 3 より、相関状態の推移を把握することができた。また NNS での学習信号の違いでグラニュール細胞を着色した場合、その結果は学習が進行した場合層状にわけられる特徴を持つ。

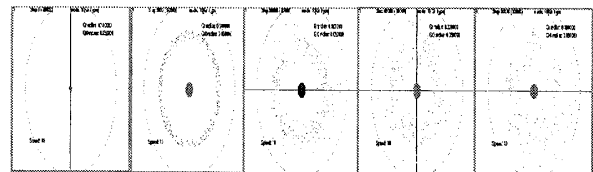


図 3: 小脳細胞の表現

4 結果

Quasi-MD 法による 8 個のノードを用いた連想過程のシミュレーションによる結果をグラフ化した、赤線が認識時のシミュレーション、緑線が誤認識時のシミュレーションである。

Making of study movement by machine study visible

Akihito Oda[†], Hisanori Takamaru[†] Masahiro Nobata[†]

[†] Faculty of Information, Chubu University

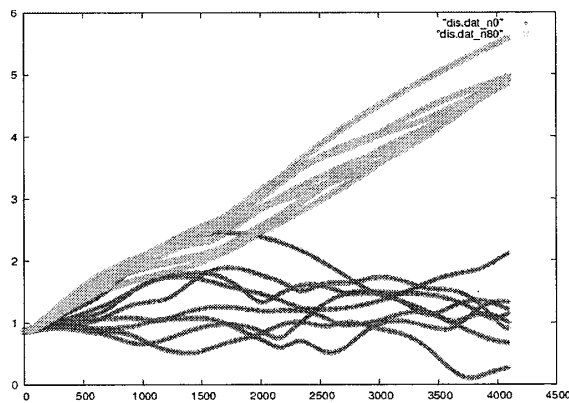


図 4: 認識と誤認識

各シミュレーションにおいて、8個のノードの座標原点からの距離の時間変化を示した。この図よりわかることは、認識時（赤の8本）のうち最小距離を示すものは、常に初期の距離よりも小さいことである。一方、誤認識時には、最小距離が時間とともに増大している。また、最大距離は、おおむね最小距離の時間発展に符合している。つまり、ノード群で規定される体積空間が、一定の領域を保ちながら初期分布の近傍で存在する場合にのみ、認識が成功している。逆に、認識時に保持される体積空間より急速に離れていくとリヤプノフ数の概念と同じように、ご認識に至ると考えられる。

5 Quasi-MD 法における可視化手法について

Quasi-MD 法では学習の成功・失敗の判定が、グラニュール細胞の形成するグループから孤立するグラニュール細胞が多い場合に学習が失敗し、少ない場合に成功するという考えがある。そこで、その考えを用いて学習の成功・失敗の可視化を行う。その際にグラニュール細胞のグループ判定を行うために輪郭線追跡を行う。

6 まとめ

Quasi-MD 法は大規模なデータを空間的にも時系列的にも解析可能である。空間的とは全体的な細胞の位置を把握することで、各々の学習過程での相関状態が表現可能であることを意味している。また、時系列的というのは、学習の進行に伴う推移を把握可能であることを意味している。今までではNNS データをグラフ等で解析していた。グラフ化することによって Quasi-MD 法によって表現されたデータはこの両点の特徴を分か

り易く表現されたデータとして解析することが可能であると言える。

参考文献

- [1] メタヒューリスティクスと応用, 安田恵一郎, 1996