

MNNにおける状態遷移の詳細観測

小田川 祐太[†] 早川 吉弘^{††}

[†] 仙台高等専門学校 情報電子システム工学専攻 ^{††} 仙台高等専門学校 情報システム工学科

1. はじめに

ノイマン型コンピュータが高速に処理することを苦手とする問題に組み合わせ最適化問題や連想記憶があり、これらの問題をニューラルネットワーク(NN)によって解く手法が研究されている[1][2]。NNを計算機で高速にシミュレーションする手法として、Hopfieldネットワークの並列計算を指向したモジュラーニューラルネットワーク(MNN)[2]が提案されており、Hopfieldネットワークに比べ計算時間の短縮や解探索能力の向上が報告されている[2]。しかしながら、MNNにおいて解探索能力が向上した理由は明らかになっていない。そこで、本研究ではMNNにおいて解探索能力がどのようにして向上しているのか明らかにするため、少数のニューロンで構成可能な連想記憶にMNNを適用し、その詳細な状態遷移過程を調べることを目的とした。

2. シミュレーション結果と検討

先行研究より、Nクイーン問題において適当なモジュールの更新間隔 T_{com} を設定することで性能が向上し、 T_{com} を大きくしていくと振動状態が発生することが報告されている[2]。しかしながら、性能向上の理由は明らかにされていなかった。そこで、本研究では3ニューロンの連想記憶モデルにMNNを適用し、数値実験を行った。このモデルを扱う理由は、少数のニューロンでこの現象を再現し、その振る舞いを解析するためである。

まず、このモデルにおいて、Nクイーン問題と同様にMNNの効果が得られることを確認するため、 T_{com} と収束状態の関係についての数値実験を行った。数値実験ではNNのパラメータをネットワークの平衡状態が最小値の状態と極小値の状態となるように設定した。8クイーン問題と3ニューロン連想記憶モデルでの数値実験結果を図1、図2に示す。

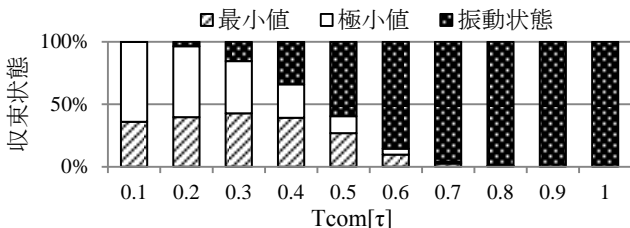


図1 8クイーン問題における T_{com} と収束状態

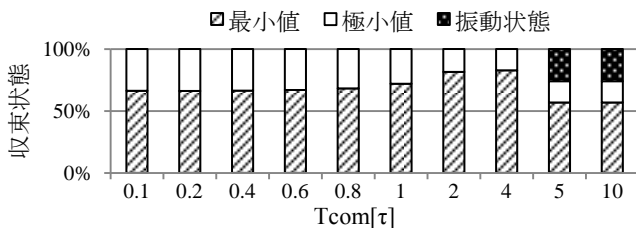


図2 3ニューロン連想記憶モデルにおける T_{com} と収束状態

この結果から、Nクイーン問題と3ニューロン連想記憶モデルに共通する2つの性質を確認した。第一に T_{com} の増加に伴う振動状態の発生、第二に適当な T_{com} での性能向上である。このように、Nクイーンと3ニューロン連想記憶

モデルは T_{com} と収束状態の関係について共通する性質を示すことから、状態遷移過程においても同様の振る舞いをしていると考えられる。

次に性能が向上する理由を明らかにするため、このモデルの状態遷移過程について T_{com} を変化させ数値実験を行った。図3から図6に数値実験で得られた結果を示す。

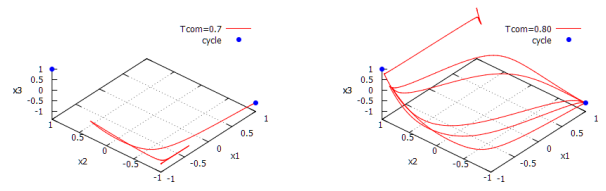


図3 遷移過程($T_{com}=0.7$)

図4 遷移過程($T_{com}=0.8$)

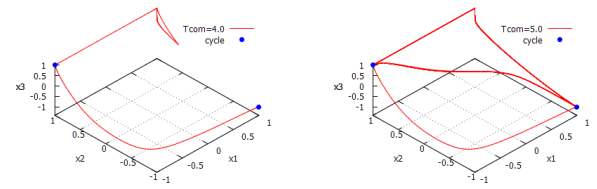


図5 遷移過程($T_{com}=4.0$)

図6 遷移過程($T_{com}=5.0$)

この結果から、 T_{com} の増加に伴いネットワークは極小値(-1,-1,-1)から抜け出すような状態遷移を行い、 $T_{com} \geq 0.8$ において極小値を抜け出し最小値(+1,+1,+1)に収束することを確認した。 $T_{com} \geq 5.0$ において、最小値からも抜け出し2点間のリミットサイクルに陥っているが、このリミットサイクルにおける2点間の状態遷移にかかった時間が大きく異なっていた。このため、ネットワークは適当な T_{com} で極小値状態を抜け出し最小値状態へ収束することが可能になった。よって、このモデルにおいてはリミットサイクルにおける状態遷移に必要な時間の差が性能の向上に関係しているものと考えている。

図1、図2に示したように、Nクイーン問題と3ニューロン連想記憶モデルでの T_{com} と収束状態の関係は同様の性質を示していることから、3ニューロン連想記憶モデルで確認された状態遷移過程と同様の振る舞いが他の問題で示された性能向上においても関係しているものと考えている。

3. まとめ

本研究では、3ニューロン連想記憶にMNNを適用し、その詳細な状態遷移過程を調査した。その結果、リミットサイクルにおける状態遷移時間の差が性能の向上につながっていることを確認した。また、3ニューロン連想記憶モデルでMNNの特徴を再現できたため、MNNの解析が容易になったと考えている。

参考文献

[1] J.J.Hopfield and D.W.Tank, "Neural computation of decisions in optimization problems."Biol. Cybern., vol.52, pp.141-152, 1985.
 [2] 佐々木大輔, 早川吉弘, 並列計算を指向したモジュラーニューラルネットワーク, 信学技報, NLP2010-110, pp.55-60