2L－3

平面グラフ抽出のための２種類のニューラルネットワークアルゴリズムの実験

中島修二　　中川徹　　北川一

豊田工業大学

1．はじめに

ニューラルネットワーク（以下，NNと略す）を用いて，非平面グラフの中から最大数の辺(edge)をもつ平面グラフを抽出する方法をTakefujiらは示した[1]．

また，本学では，集合論にもとづいたＳＤＮＮ(Strictly Digital Neural Networks)が提案され[2][3]，ニューロン数約10^6個の大規模なQueen問題の解を示した[4]．

今回，Takefujiらのアルゴリズム[1]の追試を行い，更に同一の問題をＳＤＮＮを用いて求解した．その結果，ともに良好な結果を得たので以下報告する．

2．追試内容とその結果

ｎ個の頂点(vertex)と n(n-1)/2 個の辺よりなる非平面グラフを考える．本追試では原論文[1]とは異なり，簡単のために，完全結合の非平面グラフから辺数のできるだけ多い平面グラフを求めることを考える．ｎ＝５のときの非平面グラフを図１に示す．

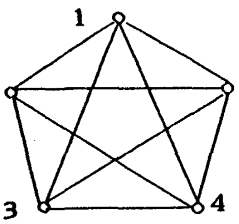

図１　非平面グラフ（n=5個）

原論文[1]の式，すなわち以下に示す(1),(2)式を使って，辺数が最大となる平面グラフを解として求めた．

$$\frac{dUup_{ij}}{dt} = -A\,(Vup_{ij} + Vdown_{ij} - 1) - B\sum_{l}\sum_{m_{l<m}} f(l,i,m)\,f(i,m,j)\,Vup_{lm} - B\sum_{l}\sum_{m_{l<m}} f(i,l,j)\,f(l,j,m)\,Vup_{lm} \qquad (1)$$

$$\frac{dUdown_{ij}}{dt} = -A\,(Vdown_{ij} + Vdown_{ij} - 1) - B\sum_{l}\sum_{m_{l<m}} f(l,i,m)\,f(i,m,j)\,Vdown_{lm} - B\sum_{l}\sum_{m_{l<m}} f(i,l,j)\,f(l,j,m)\,Vdown_{lm} \qquad (2)$$

解の一例を図２に示す．

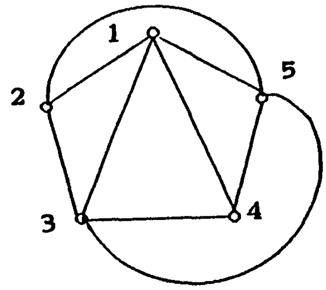

図２　解の一例

図３は，計算を1000~4000ステップ行って，求まった辺数とその発生頻度を調べた実験結果である．横軸は求まった辺数を示し，縦軸はその発生頻度を示す．なお，この実験における計算ステップ数は，上述の(1),(2)式の出力Vupij,Vdownijを更新する回数である．

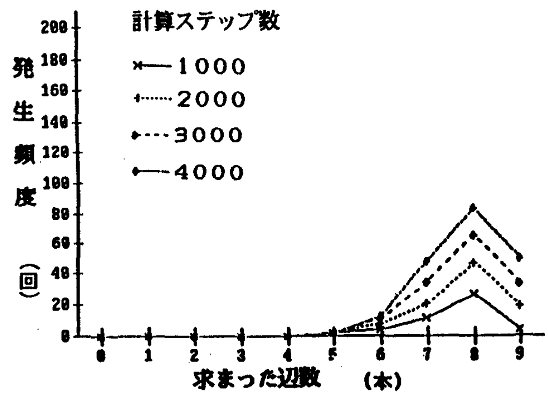

図３　Takefujiアルゴリズムによる実験結果（頂点数５個）

3．ＳＤＮＮ

同一の問題についてＳＤＮＮを用いて解を求めた．ＳＤＮＮでは，問題を複数の集合によって表現し，一種の制約プログラミングを行っている．具体的には集合内の要素ｎ個からｋ個を選択する k-out-of-n 設計規則[2]を用いている．

Testing two Neural Network Algorithms for Near-Optimum Parallel Planarization

Syuzi Nakasima, Tohru Nakagawa, and Hajime Kitagawa

Toyota Technological Institute

3.1 ニューロンに対する制約集合のプログラミング

まず，2次元平面に頂点を昇順に並べる．ここでは，原論文[1]と同様に，辺をニューロンに対応させ，辺の接続がある場合はニューロンをオンとし，接続がない場合はオフとする．さらに，頂点の上側をｕｐ側ニューロンとし，下側をｄｏｗｎ側ニューロンと定める．以下に，解を求めるためのニューロン間における制約条件を示す．

(1) ｕｐ側ニューロン（図4上側）とｄｏｗｎ側ニューロン（図4下側）のそれぞれを独立に接続する．したがって，ｕｐ側ニューロンから，ｄｏｗｎ側ニューロンへの接続は行わない．

(2) ｕｐ側ニューロンとｄｏｗｎ側ニューロンが上下対称であれば，接続は片方のみしか行わない．

図4は，頂点数５個の場合を示し，辺がすべて接続されている場合である．ここで，例えば，頂点２と頂点３を結ぶ辺について考える．この場合，ｕｐニューロン(Nup23)とｄｏｗｎニューロン(Ndown23)が接続を表す辺として考えられる．この２つのニューロンを１つの集合にくくると，上記のニューロン間の制約条件から，いずれか一方のみが選択される．　すなわち，1-out-of-2 設計規則から，２個の中から１個が選択される．同様にして，すべてのニューロンに関して集合を生成し，それぞれのｋ値とｎ値を決定していく．

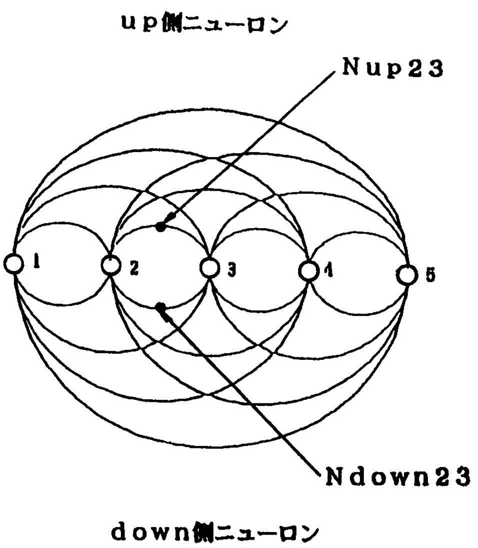

図4　ＳＤＮＮ説明図

3.2 ＳＤＮＮを用いた求解結果

図5にＳＤＮＮアルゴリズムを用いた計算機実験結果を示す．横軸は，求まった辺数を示し，縦軸は解の発生頻度を示している．　図５の1000～4000の値は，文献[2][3]に述べられた並列ステップ数であり，ＳＤＮＮのシステムクロックに相当する値である．

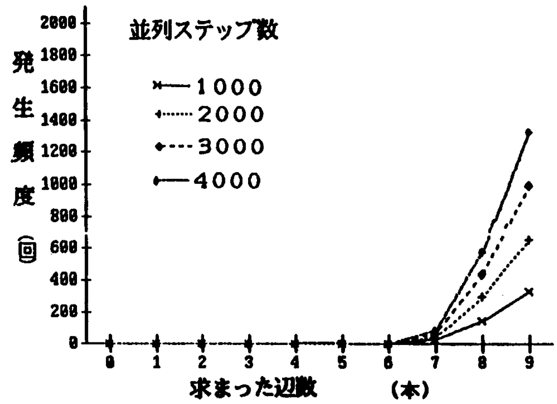

図5　ＳＤＮＮアルゴリズムによる実験結果
（頂点数５個）

４．おわりに

２種のニューラルネットアルゴリズムを用いて，頂点数５個より実験を始め，これまでに頂点数１０個の非平面グラフの平面化を確認した．現在，さらに頂点数の規模を拡大した実験を行っており，また，ＩＣ基板のパターン高密度実装を踏まえた実用システムを検討中である．

謝辞

原論文[1]のシミュレータを作成するにあたり御指導いただいた Case Western Reserve 大学 Takefuji博士に感謝します．

参考文献

[1] Takefuji and Lee : " A Near-Optimum Parallel Planarization Algorithm," Science, Vol.245, pp.1221-1223 (1989).

[2] Nakagawa, Page, and Tagiliani : " SDNN: A Computation Model for Strictly Digital Neural Networks and its Applications," 5th Annual AAAIC'89 Conference

[3] 中川，平岩，小早川，北川：" ＳＤＮＮ：厳密にデジタルのＮＮ計算ﾓﾃﾞﾙとその並列処理ｼｽﾃﾑの提案，" 信学技報ＣＰＳＹ８９－４２，Vol.89, No.167, pp.61-66 (1989).

[4] 中村，佐竹，中川，北川：" ＳＤＮＮ：厳密にデジタルなニューラルネットワークによるN-クイーン問題の解法，" 情報処理学会第４０回全国大会論文集(I)，pp.140-141(1990).