

ホップフィールドニューラルネットワークを用いた 線画のラベル付け

日大生産工(学部) ○早瀬 智英
日大生産工 松田 聖

1. はじめに

本研究は、完成された線画のラベル付けにおいてホップフィールドニューラルネットワークを用いて行う方法を提案する。我々は人間の情報処理は全て最適化という視点で捉えられるというように考えており、意思決定に関してはすでに最適化機能を持つニューラルネットワークモデルを提案した。今回は線画に関するニューラルモデルを提案する。線画のラベル付けとは、与えられた線画の各線を種類ごとに分類し、ラベルを付けることにより、線画の形をプログラム上で解析をするための手法である。この線画のラベル付けにおいて、線画の条件を絞ることにより、接続点は限られた組合せになる。このことにより、線画のラベル付け問題を組み合わせ最適化問題であると考えることができる。この線画のラベル付け問題をホップフィールドニューラルネットワークを用いて解決する。

2. 諸概念

2.1 線画のラベル付け

本研究では、影が無く照明された多面体かつクラック(裂け目)を考えない三面頂点の立体を扱う。影が無く照明された多面体の場合、線は以下の4つに分類される。

- 1 境界線 右周り >
- 2 境界線 左周り <
- 3 内線 凸線 +
- 4 内線 凹線 -

境界線は異なる物体に属する領域を分割する線である。境界線の向きは線のどちら側が手前の物体であるかで決まる。線に沿って物体が右側にあるとみなしたときの向きが境界線の向きとなっている。内線は同じ物体に属する領域を

分割する線である。凸線はでっぱりを、凹線はへこみを指している。線画のラベル付けとは、各線がこの4つのラベルのいずれであるかを判定し、線画を三次元図形として認識できるようにすることである。各線以下にラベル付けの例を示す。(図1)

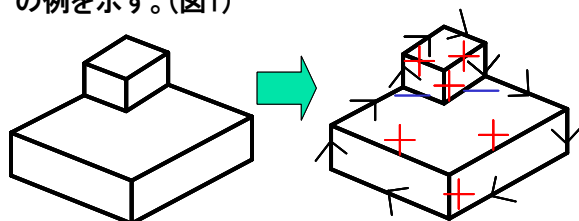
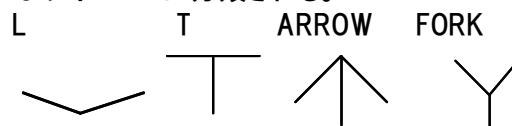
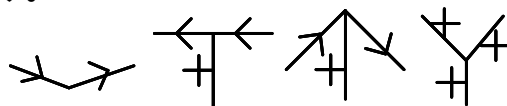


図1:線画のラベル付け例

また、クラックを考ない場合、全ての頂点は三つの接続面となる。このとき取り得る接続点の形は以下の4つに分類される。



また、ラベルの組み合わせを考えると接続点の形は18種類に限定される。以下にその一例を示す。



2.2 ホップフィールドニューラルネットワーク

本研究で扱うホップフィールドモデルとは相互結合型ニューラルネットワークのひとつであり、エネルギー関数の極小化に向けて内部状態の変化を起こし、その内部状態に応じた出力を出すモデルである。ホップフィールドニューラルネットワークのダイナミクスは次のように求められる。

$$\frac{\Delta u_i}{\Delta t} = \sum_j w_{ij} - \theta_i$$

$$x_i = \begin{cases} 1: u_i > 0 \text{ のとき} \\ 0: u_i \leq 0 \text{ のとき} \end{cases}$$

ここで、 w_{ij} はニューロン j から i への結合荷重、 x_i, u_i, θ_i はそれぞれニューロン i への出力値、内部値、閾値である。

3. ラベル付けへの適用

3.1 相互結合加重と動作方程式の決定

線画のラベル付け問題をホップフィールドニューラルネットワークで表現するために定式化をする。ここで、線画の線 i とラベル j に相当するニューロン x_{ij} を用意する。ニューロン x_{ij} が発火した場合、 i 番目の線に j 番目のラベルがつけられたことに相当する。従って以下のようにエネルギーを定式化できる。

・ ARROW

$$\begin{aligned} & \sum_k \left(\sum_i x_{ki} - 1 \right)^2 + \left(\sum_{l=3}^{l=3} z_l - 1 \right)^2 \\ & + z_1 \{ (1 - x_{X>}) + (1 - x_{Y+}) + (1 - x_{Z>}) \} \\ & + z_2 \{ (1 - x_{X<}) + (1 - x_{Y+}) + (1 - x_{Z>}) \} \\ & + z_3 \{ (1 - x_{Z+}) + (1 - x_{Y-}) + (1 - x_{Z+}) \} \\ & = 0 \end{aligned}$$

・ FORK

$$\begin{aligned} & \sum_k \left(\sum_i x_{ki} - 1 \right)^2 + \left(\sum_{l=1}^{l=5} z_l - 1 \right)^2 \\ & + z_1 \{ (1 - x_{X+}) + (1 - x_{Y+}) + (1 - x_{Z+}) \} \\ & + z_2 \{ (1 - x_{X-}) + (1 - x_{Y-}) + (1 - x_{Z-}) \} \\ & + z_3 \{ (1 - x_{X>}) + (1 - x_{Y-}) + (1 - x_{Z>}) \} \\ & + z_4 \{ (1 - x_{X-}) + (1 - x_{Y>}) + (1 - x_{Z>}) \} \\ & + z_5 \{ (1 - x_{X>}) + (1 - x_{Y>}) + (1 - x_{Z-}) \} \\ & = 0 \end{aligned}$$

・ L

$$\begin{aligned} & \sum_k \left(\sum_i x_{ki} - 1 \right)^2 + \left(\sum_{l=1}^{l=6} z_l - 1 \right)^2 \\ & + z_1 \{ (1 - x_{X<}) + (1 - x_{Y<}) \} + z_2 \{ (1 - x_{X>}) + (1 - x_{Y>}) \} \\ & + z_3 \{ (1 - x_{X<}) + (1 - x_{Y+}) \} + z_4 \{ (1 - x_{X<}) + (1 - x_{X-}) \} \\ & + z_5 \{ (1 - x_{X+}) + (1 - x_{Y<}) \} + z_6 \{ (1 - x_{X>}) + (1 - x_{Y-}) \} \\ & = 0 \end{aligned}$$

・ T

$$\begin{aligned} & \sum_k \left(\sum_i x_{ki} - 1 \right)^2 + \left(\sum_{l=1}^{l=4} z_l - 1 \right)^2 \\ & + z_1 \{ (1 - x_{X>}) + (1 - x_{Y+}) + (1 - x_{Z>}) \} \\ & + z_2 \{ (1 - x_{X>}) + (1 - x_{Y-}) + (1 - x_{Z>}) \} \\ & + z_3 \{ (1 - x_{X>}) + (1 - x_{Y>}) + (1 - x_{>}) \} \\ & + z_4 \{ (1 - x_{X>}) + (1 - x_{Y<}) + (1 - x_{Z>}) \} \\ & = 0 \end{aligned}$$

それぞれの第一項は各線においてニューロンが1つ以下発火するための、また、すべての線が1つずつ発火するための制約条件である。二つ以上発火した場合、一つの線に二つ以上のラベルが付いていることになるため、そのようにならないようにしている。第二項以降は、接続点のラベルが正しいかどうかを確認するための制約条件である。第二項は、第三項以降の式のいずれか一つを発火させるためのニューロである。第三項以降は、発火した式が接続点の形と一致していればエネルギーは0となる。一致しない場合、エネルギーは正となる。ラベル付け問題のエネルギー関数は、それぞれの頂点の種類に応じて足し合わせていくものである。従ってこのホップフィールドのダイナミクスは次のように定められる。

$$\frac{\partial u_{ij}}{\partial t} = \frac{\partial E}{\partial x_{ij}}$$

$$\frac{\partial u_{ij}}{\partial t} = \frac{\partial E}{\partial z}$$

4. おわりに

ホップフィールドニューラルネットワークを用いて線画のラベル付けの解法を考案してみた。この解法は柔軟な定式化が可能な反面、ローカルミニマムに陥りやすく、解の保証における問題を抱えている。今後は、影・クラックなどを含むより要素を増やしたものに拡張していきたい。

参考文献

- 1) 吉富康成: “シリーズ 非線形科学入門ニューラルネットワーク” 朝倉書店 2002 年
- 2) P.H.ウィルソン: “人工知能” 培風館