

ニューラルネットワークによる画像の構造マッチング

2J-9

賀川 経夫 安東 孝信 大城 英裕 遠藤 勉
大分大学工学部

1. はじめに

画像理解システムを構築しようとする際にシステムのいづれかのレベルにおいて画像データから抽出された特徴データとシステムがあらかじめモデルとして持っている知識データとのマッチングが必要となる。しかも単に要素間のマッチングではなく要素間の関係も含めたマッチングが要求される。しかしながら、特徴データの要素数が増加すると、その要素と要素間に非常に多くの制約条件が存在することになり、その制約条件を全て充足するマッチングを行うために多くの時間がかかり効率が良くない。しかも、制約条件が全て充足されることがないという場合、マッチングはなるべく多くの制約条件を充足するように行われなければならない。筆者らは、画像理解のプロセスで生じる、このような構造マッチングにニューラルネットワークの利用を考えている。

本稿では、D. E. Rummelhartらによって紹介された制約条件充足ネットワーク⁽¹⁾と呼ばれるものを基本にして構成した相互結合型ネットワークを用いた画像の構造マッチングを報告する。

2. 問題設定

今回は、問題として画像の領域分割後に抽出された特徴の類似している小領域(ここでは、バッチと呼ぶ)とシステムがあらかじめモデルとして持っている知識パターンとのマッチングを想定する。さらにバッチ間の関係として上(A), 右(R), その他(O)を用いる。例えば、図1のようなバッチが入力画像から抽出されていたとき、入力パターンは図2のように表現される。また、同じパターンを知識として持っていた場合には図3のように表現される。ただし、入力パターンには、その他という関係は、現れないものとする。

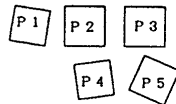


図1 画像から抽出されたバッチ

P1, P2, P3, P4, P5,
A42, A53, R12, R23, R45

図2 入力パターン

KP1, KP2, KP3, KP4, KP5,
KA42, KA53, KR12, KR23, KR45
KO13, KO14, KO15, KO25, KO34

図3 知識パターン

3. ニューラルネットワークの構成

3.1 概形

本研究で用いたネットワークは、形式的に、入力層、マッチング層、知識層と呼ばれる3層に分かれており、各層の内部のユニットは、マッチングにおける仮説を意味している。すなわち、入力層内と知識層内のユニットは、バッチおよびバッチ間の関係(A, R, O)が存在するという仮説を表し、ユニットは考えられる仮説の数だけ存在している。マッチング層内のユニットは、入力パターンのある要素(バッチとそのバッチ間の関係)と知識パターンのあ

る要素とがマッチングしているという仮説を表しており、この層内にも考えられる仮説の数だけユニットが存在している。そして、ここでは、その仮説をユニット名で表現している。

<例>

【入力層】 P1 (バッチ1が存在), A32 (バッチ3の上にバッチ2が存在), R12 (バッチ1の右にバッチ2が存在) など

【知識層】 KP1, KA12, KR13 など

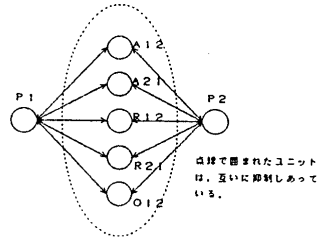


図2 入力ユニット層(知識ユニット層も同形)
図中で囲まれたユニットは、互いに抑制しあっている。

【マッチング層】 P1-KP2 (バッチ1と知識のバッチ1がマッチングしている), A12-KA23 (A12と知識モデルのA23がマッチングしている), R12-KR12 (R12と知識モデルのR12がマッチングしている)

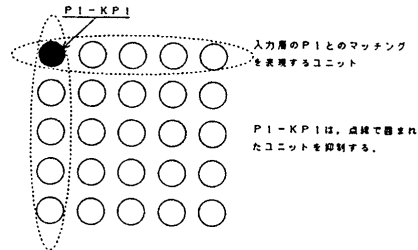


図3 マッチング層のバッチのマッチングユニット
入力層のP1とのマッチングを表現するユニット
P1-KP1は、図中で囲まれたユニットを抑制する。

図4 マッチング層のバッチのマッチングユニット

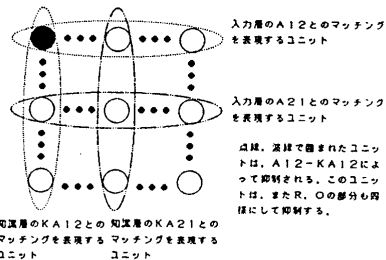


図4 マッチング層のバッチのマッチングユニット
入力層のA12とのマッチングを表現するユニット
入力層のA21とのマッチングを表現するユニット
図中で、黒く塗りつぶされたユニットは、A12-KA12によって抑制される。このユニットは、またR、Oの部分も同様にして抑制する。

図5 マッチング層のバッチのマッチングユニット (Aの部分)

入力層はバッチの存在を仮定しているが、入力パターンは、特徴抽出から得られたデータをそのまま用いているので、その要素の存在は明らかである。従って入力パターンについては、その要素の存在を表すユニットが活性化された状態からネットワークを動作させる。また、知識層もモデルとして持っている要素は明らかに存在しているので、知識パターンについても同様のことを行う。

このネットワークの各ユニットの入出力関数は次のように定義している。

Structure Matching of Image by Neural Network
Tsuneo KAGAWA, Takanobu ANDO, Hidehiro OHKI,
Tsutomu ENDO
OITA university

if ($net_i(t) > 0$) $a_i(t+1) = a_i(t) + net_i(t) \times (1 - a_i(t))$
 otherwise $a_i(t+1) = a_i(t) + net_i(t) \times a_i(t)$

$net_i = \sum_j w_{ji} a_j(t) + input_i + bias_i$

$a_i(t)$:更新が t 回目の時のユニット i の活性化値
 $net_i(t)$:更新が t 回目の時のユニット i へのネットワーク内での入力
 w_{ji} :ユニット j からユニット i への重み
 $input_i$:ユニット i への外部入力
 $bias_i$:ユニット i のバイアス

また、ネットワークの状態を定義づける量として適合度を設定する。これは、ネットワークがどの程度、制約条件を満たしているかという度合いである。

適合度 = $\sum_j w_{ji} a_j(t) a_i(t) + \sum_j input_j a_j(t) + \sum_j bias_j a_j(t)$

ここでは、1回の更新ごとに適合度を計算し、前更新時の適合度との差が閾値以下になったら、つまりネットワークの状態が安定したらネットワークの動作を終了する。なお、ネットワークの各ユニットは、同期を取って動作している。

3.2 重み

ネットワークの各ユニット間の重みは、マッチングにおける各仮説間の制約条件を表している。ここでは、正の興奮性結合と負の抑制性結合の2種類の結合を用いている。興奮性結合は、2つのユニットの表す仮説が同時に成り立たなければならないという制約条件を表しており、抑制性結合は、2つのユニットの表す仮説が同時に成り立ってはならないという制約条件を表している。

ここでは、以下のように結合の重みを定めた。なお、興奮性結合は、すべて1、抑制性結合は、-1を用いている。また、重みはすべて双方向に等しいものである。

(1) 入力ユニット

・興奮性結合

パッチ-関係 例 P1 - A12, A21, R12, R21, O12

・抑制性結合

2パッチ間の関係ユニット内 例 A12, A21, R12, R21, O12

(2) 入力ユニット-マッチングユニット

・興奮性結合

パッチ、関係ユニット-それ自身と知識モデル要素とのマッチングを意味するユニット 例 P1 - P1-KP1, A12-KA34...

・抑制性結合

関係ユニット-自分と矛盾するユニットと知識をマッチングしているユニット 例 A12 - R12-KR12, A21-KA23...

(3) マッチングユニット

・興奮性結合

パッチのマッチングユニット-関係のマッチングユニット 例 P1-KP1 - A12-KA12, A21-KA31...

・抑制性結合

関係マッチングユニット-自身と矛盾するものとマッチングするユニット 例 A12-KA12 - A21-KA32, R12-KR12...

(4) 知識ユニット-マッチングユニット

入力層からマッチングと同様

このネットワークは、知識ユニット層内のユニットに関しては、更新を行わないので、知識ユニット間の重みは存在していない。

4. 実験

4.1 入力パターン

前節で述べたネットワークを用いてマッチングの実験を行った。なお、パッチの存在し得る最大数は5とした。すなわち、5パッチ間のマッチングを想定している。システムの持つ知識パターンを以下に示す。

123 知識ユニット層内の

45 KP1, KP2, KP3, KP4, KP5, KA42, KA53, KR12, KR23, KR45, KO13, KO14, KO15, KO25, KO34のユニットが活性化

番号の並びは、領域分割の際に各パッチに与えられた番号とそのパッチの位置関係を2次的に示している。

ここに、実験に用いた代表的な入力パターンを以下に示す。

(1) パッチの位置が変わっているパターン

543 入力ユニット層内の

21 P1, P2, P3, P4, P5, A42, A13, R54, R43, R21のユニットを活性化

(2) パッチがいくつか欠けているパターン

123 入力ユニット層内の

4 P1, P2, P3, P4, A42, R12, R23のユニットを活性化

(3) パッチが欠けており位置も変わっているパターン

35 入力ユニット層内の

24 P1, P2, P3, P4, P5, A42, A53, R23, R45のユニットを活性化

(4) パッチが欠けており位置も変わっているパターン

43 入力ユニット層内の

2 P2, P3, P4, A24, R43のユニットを活性化

4.2 実験結果

マッチングの結果は、以下の通りである。入力ユニット層内において活性化したユニットも示す。

(1) 収束回数:177 適合度:147.693

<入力ユニット層> O14, O15, O23, O25, O35

<マッチングの結果>

P1-KP5, P2-KP4, P3-KP3, P4-KP2, P5-KP1

A13-KA53, A24-KA42, R21-KR45, R43-KR23, R54-KR12

O14-KO25, O15-KO15, O23-KO34, O25-KO14, O35-KO13

(2) 収束回数:214 適合度:144.377

<入力ユニット層> P5, A53, R45, O13, O14, O15, O25, O34

<マッチングの結果>

P1-KP1, P2-KP2, P3-KP3, P4-KP4, P5-KP5

A42-KA42, A53-KA53, R12-KR12, R23-KR23, R45-KR45

O13-KO13, O14-KO14, O15-KO15, O25-KO25, O34-KO34

(3) 収束回数:203 適合度:109.480

<入力ユニット層> P1, P5, O15, O23

<マッチングの結果>

P1-KP1, P1-KP5, P2-KP4, P3-KP3, P4-KP2, P5-KP1, P5-KP5

A24-KA42, R43-KR23

O15-KO15, O23-KO34

(4) 収束回数:186 適合度:145.503

<入力ユニット層> R12, O13, O14, O15, O25, O34

<マッチングの結果>

P1-KP1, P2-KP4, P3-KP2, P4-KP5, P5-KP3

A23-KA42, A45-KA53, R13-KR12, R35-KR23, R24-KR45

O12-KO14, O14-KO15, O15-KO13, O25-KO34, O34-KO25

以上により、次のような知見が得られた。

[1] 今回のような方法を用いると、時間的に効率のよいマッチングが可能である。(実験に用いたいずれのパターンに対しても、少なくとも500回以内の更新でネットワークは終了している。)

[2] 各仮説について大域的な制約条件を考慮せずに局所的な制約条件(各2仮説間の制約条件)のみでマッチングが可能となる。

5. おわりに

ニューラルネットワークを用いた画像の構造マッチング法を提案した。今後の課題として、パッチ数と関係の種類を増やした時のネットワークの動作ならびにマッチングの可否の確認、パッチの属性情報を導入したときのネットワークの構成方法などが挙げられる。

参考文献

- (1) J.L. McLELLAND and D.E. RUMELHART: Explorational in Parallel Distributed Processing, MIT Press 1988
- (2) 麻生:ニューラルネットワーク情報処理, 産業図書, 1988