

4 B-9 PDP モデルに基づく画像理解システム： ICE System(Image CEntered System)

古賀靖信 鶴田直之 谷口倫一郎 雨宮真人

九州大学総合理工学研究科

1 まえがき

筆者らは、高レベルの拘束条件を利用可能な PDP モデルに基づく超並列画像理解システム: ICE System(Image CEntered System)^[1]を構築中である。

ICE System では、認識過程と想起過程とが同一のネットワーク(中間視覚システム)内で並行して実行される。本稿では、ICE System における中間視覚システムの構成法及び動作の概要について報告する。

2 ICE System の概要

ICE System の基本思想は、(1) エネルギー最小化原理に基づく視覚モデルを基本とし、(2) 視覚を信号処理と記号処理との柔軟なインターフェースとして捉え、高レベル(記号レベル)の拘束条件を利用可能な画像理解システムを構成することである。

図 1 に ICE System の構成の概略を示す。最も外側の層は記号レベルの層で、構成要素(単語概念)は各品詞概念にグループ化されており、各品詞概念グループ間は、再構成画像を介して結合されている。最も内側の層は信号レベルの層で、群化と正規化を併用した初期視覚システム^[2]であり、その処理結果を中間視覚システムに出力する。信号層と記号層との間は双方向性のネットワーク(中間視覚システム)によって接続されている。

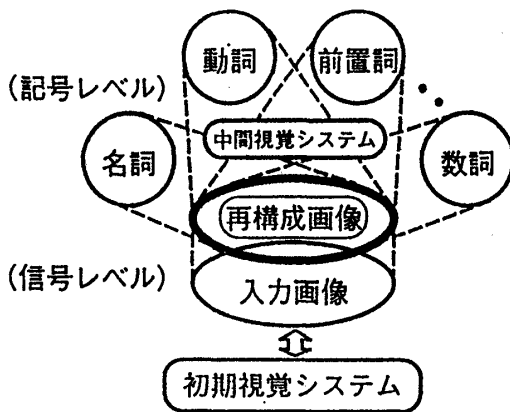


図 1. ICE System の構成概略

3 中間視覚システムの構成

ICE System における中間視覚システムは、各層がハイ

パーコラムによって構成された階層構造をもつ PDP モデルに基づく神経回路網である。た、ネオコグニトロン^[3]と同様に特徴抽出層(以下、 U_s 層)と位置ずれ許容層(以下、 U_c 層)が交互に並んだ構造を持っており、特徴の呈示位置のずれや変形を許容できる。

また、現在の設計では、前置詞概念による複数の物体間の相対的位置関係を検出するための機構を備えている。

図 2 に 中間視覚システムの構成を示す。

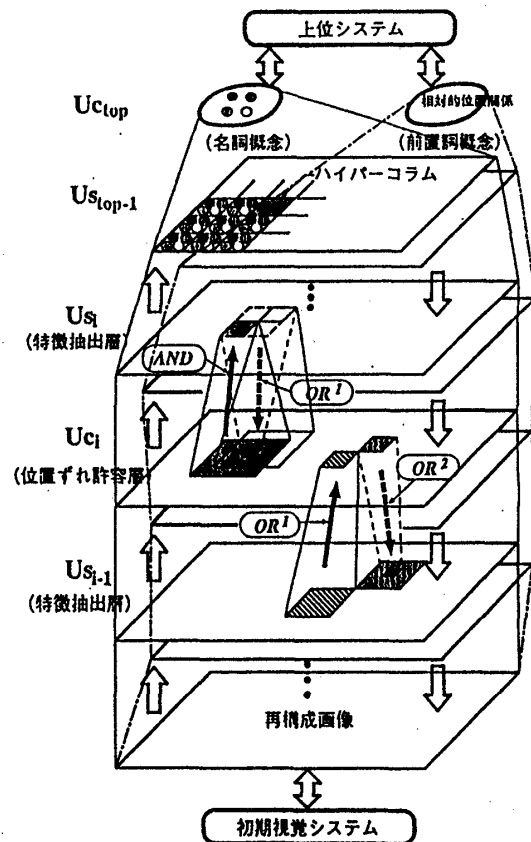


図 2. 中間視覚システムの構成

4 ICE System の動作

4.1 認識・想起過程

中間視覚システムでは、入力画像の局所的な特徴をボトムアップに統合しながら記号層の対応した単語概念を活性化する認識過程と、活性化した記号から逆の経路をたどって、そ

Image Understanding System based on PDP Models:
ICE System(Image CEntered System)

Yasunobu KOGA, Naoyuki TSURUTA, Rin-ichiro TANIGUCHI, Makoto AMAMIYA
Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu University

の記号に付随した情報をトップダウンに伝搬し、再構成画像を想起する過程とが同じネットワーク内で並行して実行される。この想起過程によって、欠落情報の補完や選択的注意機能が実現できる。

図2に示すように、各ニューロンは上位層・下位層のある領域中のニューロンとAND/OR関係で結合されている(文献4)参照)。認識過程での特徴の抽出及び位置ずれの吸収は下記の(3)式に示すAND、OR¹のフィードフォワード結合を通して行なわれる。また、想起過程は、OR¹、OR²のフィードバック結合を通して行なわれるが、特に後者の結合によって、欠損部の補完情報を正確にフィードバックすることができ。

各ニューロンは、次の(1)、(2)式に従って、3つ入力(DBC, DFC, CP)の和が0に近づくように動作し、0になった時に安定する。ここで、DFCは下位層との相関、DBCは上位層との相関、CPは同一Hypercolumn内での側抑制を表す。

ニューロンの動作規則

$$u_i^{t+1} = \text{sigmoid-1}(\text{net}_i^t) \tag{1}$$

$$\text{net}_i^t = \text{net}_i^{t-1} + \text{sigmoid-2}(DFC_i^t + DBC_i^t - CP_i^t) \tag{2}$$

$$* \text{ sigmoid-1}(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x/T)}$$

$$* \text{ sigmoid-2}(x) = \frac{1 - \exp(-x)}{1 + \exp(-x)}$$

* T : Temperature

DFC_i^t, DBC_i^tの計算

$$DFC_i^t, DBC_i^t$$

$$= \begin{cases} \sum_j W \cdot u_j^t - u_i^t & \text{AND} \\ \sum_j (\text{sgn}(W) \cdot u_j^t - u_i^t) \cdot f(u_j^t) & \text{OR}^1 \\ \sum_j (\text{sgn}(W) \cdot u_j^t - u_i^t) \cdot u_j^t \cdot f(u_j^t) & \text{OR}^2 \end{cases} \tag{3}$$

$$* f(x) = x^k$$

CP_i^tの計算

$$CP_i^t = \sum_j u_j^t - k \tag{4}$$

$$CP_i^t = (\sum_j u_j^t - k) + (\sum_j u_j^t - u_i^t) \tag{4}'$$

* k = 1, 2, 3

4.2 選択的注意による逐次的理解

ICE Systemで一時刻に理解できるのは、重なりのない数個(2、3個)の物体、及びそれらの相対的關係のみである。したがって、2つ物体が重なっていたり、多数の物体が同時に呈示されている時、選択的注意の機能によって逐次的に理解する必要がある。

図2に示すように、最上位層(U^{top}、記号層)は、1つのハイパーコラムで構成されている。このうち、名詞概念のグループに対応するハイパーコラム内では同時に2、3個のニューロンしか活性化できないように(4)'式を用いて強制的に側抑制を制御する。

また、2つの物体が重なって呈示されている場合、いずれかに注意を向けるためにその領域に対応するU_s層のハイパーコラム内の側抑制は、(4)式(k=1)によって同時に1つのニューロンしか活性化できないように制御されている。

選択的注意を行なう際、システムが注意を向けている物体に関係のない特徴を再構成画像の層から消去する必要がある。しかし、(3)式から分かるように、OR関係のフィードバック結合を通しての抑制性信号は伝搬しにくい。ICE Systemでは、特徴が何もないパターンに対応する特別の「Nilニューロン」を用意しており、下位層のNilニューロンが活性化するように興奮性の信号を伝搬することによって、不必要な特徴の消去を行なっている。

注意の切替えは、次のようにして行なう。

現在活性化している上位層のニューロンに対して、上位のシステムが抑制信号を送る。この抑制されたニューロンの出力(相関値)は、そのパス上の現在活性化しているニューロンを抑制しながらトップダウンに伝搬される。逆に、注意を向けられていなかった物体に関係するニューロンは活性化し易くなり、注意の切替えが可能となる。

5 実験

図3に、重なりをもつ2つ物体が呈示された時の、選択的注意による逐次的理解の実験結果を示す。各画像はその際の再構成画像の時間経過を表している。

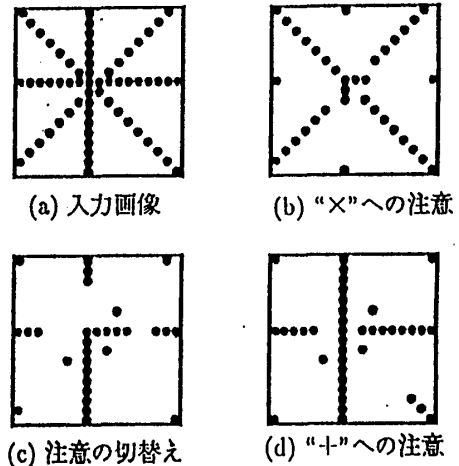


図3. 選択的注意による逐次的理解の実験結果

6 まとめ

本稿では、PDPモデルに基づく画像理解システムICE Systemにおける中間視覚の構成、動作および選択的注意を用いた画像の逐次的理解について述べた。

今後は、学習機構の原理的設計・解析を行ない、システムの画像理解能力を確認するための実験を進めていく。

[参考文献]

[1] 鶴田, 谷口, 雨宮: “PDPモデルに基づく画像理解システムの構成—ICE System(Image CEntered System)の提案—”, 第42回情報処理学会講演論文集, Vol.2, pp65-66 (1991.3)
 [2] 鶴田, 谷口, 雨宮: “群化と正則化を併用したニューラルネットによるエッジ検出”, 信学技法A190-48(1990.7)
 [3] 福島邦彦著: “神経回路と情報処理”, 朝倉書店(1989)
 [4] 鶴田, 古賀, 谷口, 雨宮: “ニューラルネットワークを用いたエッジ検出のスケール自動調整”, 本大会講演論文集