1D−5

2次元図形間の包含関係に基づいた部分認識

今井　裕行　　東海林　健二

宇都宮大学

【1】はじめに

2次元図形間の包含関係に関する研究は、目的とする図形のシーン内での存在可能性を示そうとするもので、高度な視覚システムの実現には重要だと思われる。このような2次元図形間の包含関係の解は、数理形態学(Mathematical morphology)の侵食演算(Erosion)によって与えられる。

本研究では、この侵食演算を用いた部分認識の手法を提案する。目的とするモデルと、それを含んだシーンとの侵食演算の結果はモデルの見え方によってそれぞれに特徴を有する図形になる。そこで、侵食演算の結果の中に、まとまった範囲から離れた一点（孤立点）の特徴が存在した場合は、その点はシーンとモデルが一致する点であると仮定し、演算結果の中から孤立点を探すことにより目的とする図形の位置と向きの検出を試みる。

【2】数理形態学における集合演算

（1）ミンコウスキー和：図形AとBに対して、図形Aを図形Bの全ての要素で平行移動し、それらの和をとった集合をミンコウスキー和⊕と呼ぶ。

$$A \oplus B = \bigcup_{y \in B} A_y = \{x + y : x \in A,\ y \in B\}$$

（2）侵食：集合AのCによる侵食演算を以下のように定義する。

$$E(A, C) = \bigcap_{x \in C} A_{-x} = \{x : C_x \subset A\}$$

この侵食演算は、図形Aをその境界に沿って図形Cだけ細める働きをする演算であるが、言い換えると図形Aを固定し図形Cをベクトルxだけ平行移動させるとき、図形Aが図形C_xを包含するときの移動ベクトルxの集合を求めることになる。つまり、2次元図形間の包含関係の解は、この侵食演算によって与えられることになる。

（3）適合変換：集合AのDによる適合変換を次のように定義する。

$$HM(A, D) = \{x : D_{1x} \subset A,\ D_{2x} \subset \overline{A}\} = E(A, D_1) \cap E(\overline{A}, D_2)$$

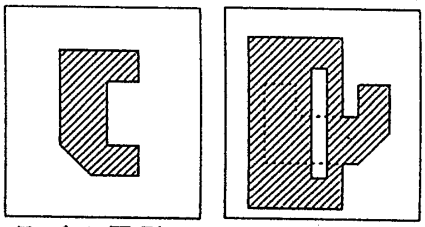
$$(\text{ただし}\ D = D_1 \cup D_2,\ D_1 \cap D_2 = \phi)$$

適合変換は、その近傍の図形成分がD_{1x}に適合して、かつ背景がD_{2x}に適合するような状態にある点xをAから抽出するマスク処理になっている。この演算により侵食演算結果中の孤立点を抽出する。

【3】モデル図形の認識

3．1　従来の手法

従来の輪郭線を用いた部分認識の手法では、図形間の包含関係を考慮しない場合が多い。このため、目的とするモデル図形がそこに存在するはずがなくても、図1のように輪郭さえマッチすれば、そこにモデル図形があると判断してしまう。このようなことを解決するために、本研究では以下のような手法を提案する。

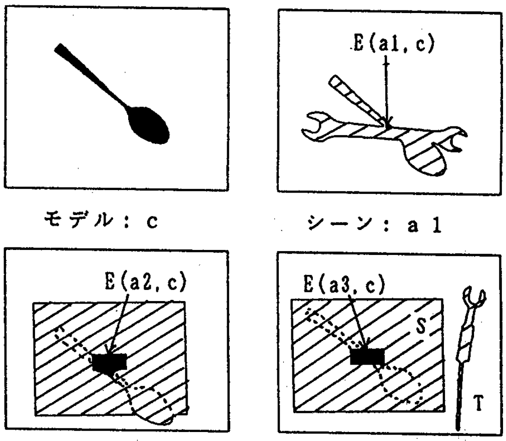


モデル図形　　シーン

図1　従来の部分認識

3．2　侵食演算を用いた部分認識

図2のようなモデル図形cを考えた場合、そのモデル図形を含んだシーンとしては、図2のシーンa1、シーンa2、シーンa3のようなものが考えられる。シーンa1はモデル図形がかなりの部分見えているもの。シーンa2はモデル図形が極一部しか見えていないもの、シーンa3はモデル図形が完全に隠されている場合である。それぞれの場合のシーンとモデル図形との侵食演算の結果は、各図内に示すように、



モデル：c　　シーン：a1

シーン：a2　　シーン：a3

図2　モデルとそれを含むシーン

・シーンa1では孤立点

・シーンa2ではある一塊の点の集合から突起した部分を持つような形の図形

・シーンa3では結果はシーンa2のような突起した部分を持たない図形となる。

このように、モデルの見え方によって、侵食演算の結果、出力される図形の形はそれぞれに特徴を持って

Partial Shape Recognition based on Inclusion Relationship between 2-D Figures

Hiroyuki IMAI, Kenji SHOJI

UTSUNOMIYA University

くる。ここで２で述べたように、侵食演算というのは図形間の包含関係の解であるということから、それぞれの演算結果を次のように解釈することができる。

a）シーンａ１の場合のように演算結果が孤立点であるというのは、包含関係の解がその近傍でただ一つしかないということである。そこで、この様に包含関係の解がただ一つに決まった場合には、包含とは言わず、一致していると言ってよいと仮定すれば、侵食演算の結果から孤立点を探すことでモデル図形の移動が決定できることになる。

b）シーンａ２のような場合は演算結果のどこにでもモデルが存在する可能性はあるわけであるが、突起の頂点が一番モデルが存在する可能性が高いと考えられる。

c）シーンａ３の場合は、演算結果のどこにでもモデルが存在する可能性があり、そのどこかが特に可能性が高いと言うことはないが、演算結果はモデルは図形Ｓの下にあり、図形Ｔの下にはないことを表していると考えることができる。

侵食演算の結果出力される図形には上記のような意味があると考えられる。そこで本研究では，シーンａ１のような場合を考え、侵食演算の結果から孤立点を探すことにより対象図形の位置と角度を決定することを試みる。

しかし、一般にシーン内ではモデルがどのような角度に置かれているか分からない。そこでモデル図形を少しずつ回転させて侵食演算を行うことになるが、その角度は、離散的に取らざるを得ないため、シーン内でのモデル図形の角度と一致することはほとんどなく、角度が一致しなければ、侵食演算を行っても孤立点は出力されない。そこで、この様な角度の誤差を吸収するために、シーンをある程度太めてやる必要が生じる。この処理はミンコウスキー和の演算を用いて行うのだが、このようなシーンを太める処理を行うと、侵食演算の結果中のモデルとシーンがマッチすると思われる点が、ただ一点ではなくある大きさを持ってしまうことになる。そこで孤立点の抽出は、適合変換によって、ミンコウスキー和の演算に用いた図形より小さい点の集まりを探し出す処理を行う。

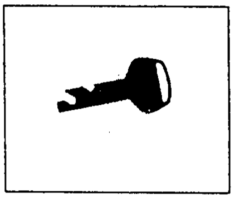
処理の手順は次のようになる。

①シーンＡとモデル図形Ｃの入力
②回転角$\theta = 0$
③モデルの長さにより、
　適当な大きさの図形でシーンを太める。
④モデル図形のθ回転
⑤侵食演算
⑥孤立点の抽出
⑦$\theta = \theta + \Delta\theta$
⑧$\theta \geqq 360°$ ならば終了。
　それ以外の場合は④へ戻る。

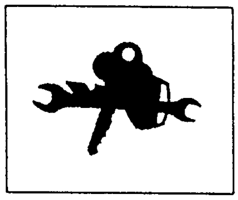
【４】実験

上記のアルゴリズムに従い$\Delta\theta$が１度と２度の場合の実験を行った。実験の一例を示す。

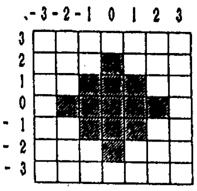
右の様なモデルとシーンを考えた場合、モデルの長さは１７７であるので、この値によってシーンを太めるのに用いる図形Ｂを作成する。ｒは図形Ｂの輪郭の中心からの距離の平均で、予備実験により$\Delta\theta = 1$度のときはｒの値はモデル図形の長さの１％程度、$\Delta\theta = 2$度のときは１．５％程度とすればよいことは分かっている。



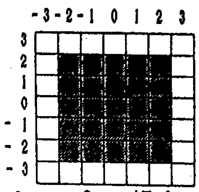
モデル：Ｃ



シーン：Ａ

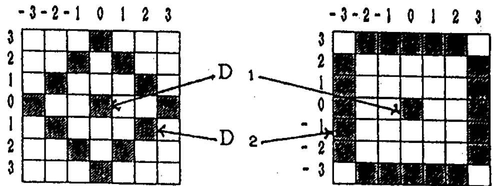


$\Delta\theta = 1°$ の場合のＢ
ｒ＝１．７１



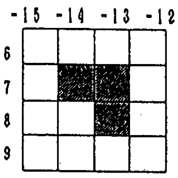
$\Delta\theta = 2°$ の場合のＢ
ｒ＝２．３３

つぎに適合変換に用いる図形Ｄを作成する。これはＢの輪郭を囲む図形とする。

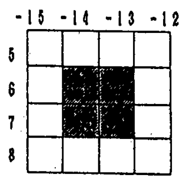


$\Delta\theta = 1°$ の場合のＤ　$\Delta\theta = 2°$ の場合のＤ

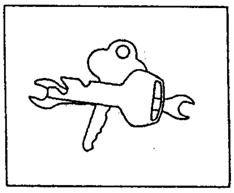
この場合、HM(E(A⊕B, Rθ(C)), D)（Rθ(C)はCのθ回転）に１の画素が存在したのは、$\Delta\theta = 1°$，$\Delta\theta = 2°$ の場合ともに$\theta = 342°$ のときだけで、その時の結果を下に示す。



$\Delta\theta = 1°$ の時の
HM(E(A⊕B, Rθ(C)), D)



$\Delta\theta = 2°$ の時の
HM(E(A⊕B, Rθ(C)), D)



$\theta = 342°$，
（－１４，７）で
モデルを移動して
シーンと重ねたものを
左に示す。

$\Delta\theta = 1°$、$\Delta\theta = 2°$ の場合、ともに有効な結果が得られた

【５】おわりに

本稿では、数理形態学における侵食演算を用いた部分認識の手法を提案し、実験により、その有効性を確認した。今後は高速化などの検討を加えていきたい。

【６】参考文献

(1)Charles R.Giardina, Edward R.Dougherty : "Morphological Method in Image and Signal Processing", Pretice-Hall (1988)
(2)中村，井宮："形状処理の集合的方法と代数的方法" 情処学コンピュータビジョン研報 58-3, pp.11-18 (1989)