

形状の部分マッチング精度の指標

Partial Matching Accuracy Indices for Shapes

福島 重廣 鄭 自力 吉永 幸靖
Shigehiro Fukushima, Zi-Liuk Zheng, and Yukiyasu Yoshinaga

1. まえおき

図形認識の問題で、図形に隠蔽や欠損がある場合には部分形状マッチングが必要となる。また、そうでなくとも、関心のある部分についての精度や一致度がそうでない部分に比べてとりわけ重要な場合もある。例えば、医学・歯学用X線画像から臓器領域を識別する場合や、版画の線刻の形態解析においては、対象図形の一部について精度や一致度が問題となる。そして、そのように部分的に見ていくことが必要な場合には、精度や一致度の評価において他部分は don't care としたい。

部分形状マッチングの評価の尺度として、従来は形状分類の成功率が用いられている。しかし、マッチングした2図形間の一致度については報告がないようである。しかし、目視による定性的な評価だけでなく、数値的な評価を求められることは多い。そのための指標を提案することが本稿の目的である。

もし、比較しようとする2図形が閉じていて、かつ、それらの輪郭線があらゆる部分において同等の重要さをもつならば、図1のように、それら2閉領域の共通部分が全体に占める割合を指標とすることができる。これに対して、図2では、対象の線図形Aが線図形Bにも線図形Cにも完全に捉えられ、それらと部分的には完全に一致しているが、上記の指標は使えない。ここで提案するのは、このような場合の一致度を数値的に表示するための指標である。

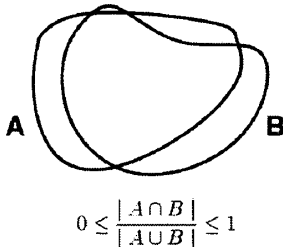


図1 閉じた図形の一致度

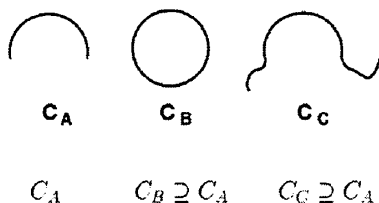


図2 部分的な一致

2. 定義

いわば仮の「真値」である参照図形の輪郭線（参照輪郭線）に対して、例えば機械的に識別された領域などの対象となる図形の輪郭線（対象輪郭線）の精度や一致度を評価するため、対象輪郭線をいろいろな幅に広げた帯図形中に参照輪郭線が含まれる割合や、逆に、参照輪郭線をいろいろな幅に広げた帯図形中に対象輪郭線が含まれる割合を求める。前者は「真値」からの乖離を表し、後者は対象図形中で関心部分が占める割合を表す。

参照図形Aに対する対象図形Bの一致度を以下の定義にしたがって定量化する。

[定義1]

対象輪郭線をいろいろな幅に広げた帯図形中に参照輪郭線が含まれる割合に関する特性を参照図形捕捉特性という。

[定義2]

参照輪郭線をいろいろな幅に広げた帯図形中に対象輪郭線が含まれる割合に関する特性を部分マッチング特性という。

[定義3]

参照輪郭線A（または対象輪郭線B）の画素のうち、B（またはA）から距離k以内にある画素の割合をプロットすることによって求められる曲線を参照図形捕捉率（または部分マッチング率）対距離曲線という。

[定義4]

参照図形捕捉率（または部分マッチング率）対距離曲線において曲線下面積が占める割合を曲線下面積率という。

[性質1]

曲線下面積率の最大値は1である。

[定義5]

対象輪郭線Bをk画素拡張した帯図形内に参照輪郭線Aをp%含むならば、p%捕捉距離はk画素であるという。

[定義6]

参照輪郭線Aをk画素拡張した帯図形内に対象輪郭線Bをp%含むならば、p%部分マッチング距離はk画素であるという。

部分的一致の指標として参照図形捕捉率対距離曲線や部分マッチング率対距離曲線、各々に対する曲線下面積率、p%捕捉距離、p%部分マッチング距離を用いることができる。

3. 事例

胃 X線二重造影画像データベース[1]に収録されている全 74 例の X線画像についてわれわれが開発してきた 2 方法により胃領域を識別した結果に対して上記指標を適用し、専門医によるトレースとの一致度を評価した結果を参考文献 [2]に示している。なお、参照図形と X線画像 (したがって識別結果も) は予め位置合わせを済ませてある。

その中の 1 例を図 3 に示す。同図(a)は専門医による胃二重造影部輪郭線のトレース (参照輪郭線) である。この

ように、医学・歯学で用いられる X線画像では、対象要素が部分的にしかトレースできないことが多い。欠損部は関心領域ではなく、必要に応じて専門知識により補完される。同図(b)は一致度評価の対象とした、胃領域の線追跡にもとづく自動識別の結果である。同図(c)は捕捉率の計算概念を示すために、対象輪郭線から拡張半幅 50 画素までの距離を濃淡で表したものである。等距離線の内部における参照輪郭線の捕捉の割合、すなわち、参照輪郭線に含まれる各画素の距離値の累積比率が参照図形捕捉率である。同図(d)は参照図形捕捉率対距離曲線を示す。グラフに見られるように、50%捕捉距離は 1 画素、また、80%捕捉距離は 3 画素であり、参照輪郭線がよく捕捉されていることが分かる。同図(e), (f)は部分マッチング特性について同様に示したものである。対象輪郭線中、参照輪郭線から許容距離内に存在する画素の割合、すなわち、参照輪郭線とほぼ一致する部分の占める割合が部分マッチング率であり、余剰部分 (スプリアス) が少ないほど 1 に近づく。50%部分マッチング距離は 3 画素、80%部分マッチング距離は 48 画素であり、参照輪郭線の欠損部補完分が部分マッチング率の飽和を来している。なお、捕捉距離、部分マッチング率ともに、参照輪郭線と対象輪郭線との乖離が大きいつきには測距点の対応付けが破綻して求められないことがある。一方、曲線下面積率は必ず算出できる。図 3 では、距離 10 画素までの範囲に対して、参照図形捕捉率対距離曲線で 0.935828、また、部分マッチング率対距離曲線で 0.558980 であった。

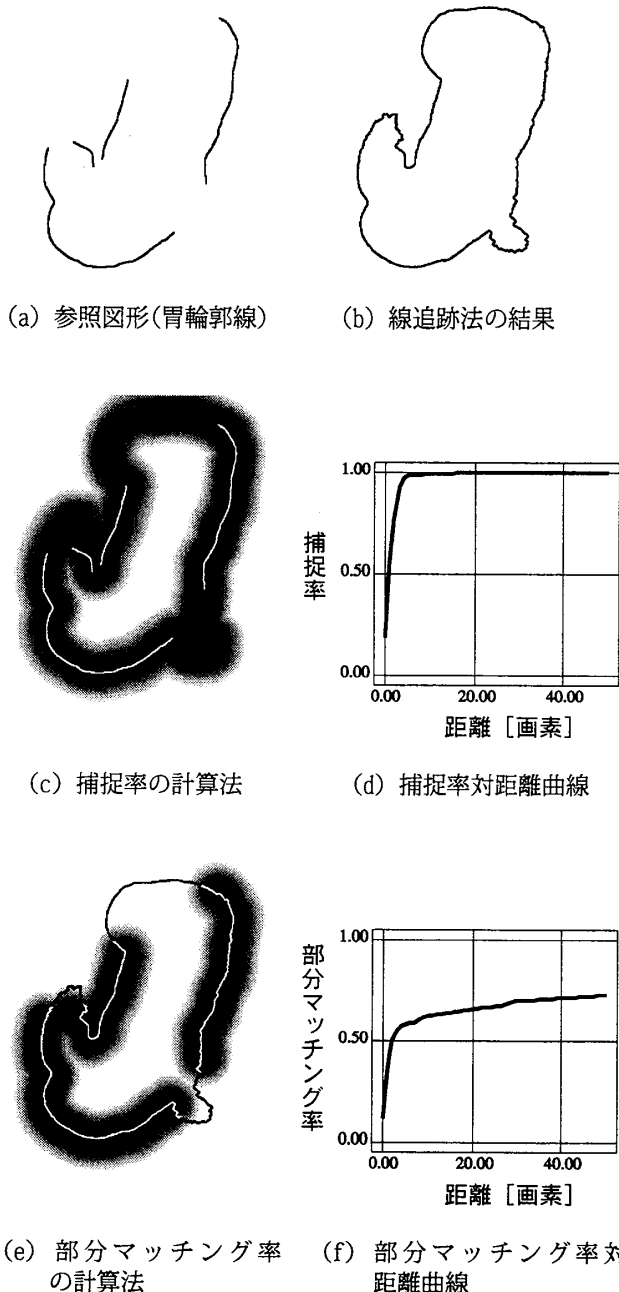


図 3 参照図形捕捉率と部分マッチング率の計算

4. むすび

本稿は欠損図形や関心部分が限定される 2 図形の部分的な一致度を表す指標を提案した。

捕捉距離や部分マッチング距離は直観的であり、2 図形が比較的良好に一致している場合にはとくに有効である。しかし、2 図形の不一致が大きい場合には測距点の対応付けが破綻することが起こる。また、捕捉距離や部分マッチング距離は複数の図形について値が等しくなるのが普通であり、そのため、一致度の順位付けには適していない。これに対して、曲線下面積率はやや直観性を欠くが、常に評価値が得られ、一致度を順位付ける指標としてきわめて便利である。この指標は画像セグメンテーション手法の性能評価に有用であり、したがって、アルゴリズムのパラメタ調整の指標としても使うことができる。また、部分的一致にもとづく位置合わせ (レジストレーション) といった応用も考えられる。

謝辞 本研究の一部は厚生労働省がん研究助成金によって実施した。

参考文献

[1] コンピュータ支援画像診断学会編, 胃 X線二重造影画像データベース, 1997.
 [2] 鄭, 吉永, 福島, “形状の部分マッチング精度の指標と胃輪郭線識別法の評価への応用”, 信学技報, MI2001-51, pp. 53-60, 2001.