

領域の形状特性に基づく類似画像検索

6B-4

周長明 高木幹雄

東京大学生産技術研究所

1. はじめに

画像データベースにおける画像内容による検索方式には、画像から抽出した様々な特徴が利用できると思われるが、我々はその中の最も重要かつ一般的な特徴と思われる領域(物体)の特性及び領域間の位置関係を、グラフ構造を用いて記述し、グラフマッチングを利用した類似画像検索方法を提案してきた[1]。具体的には、領域分割処理を施された画像について、各領域をグラフのノードで記述し、領域間の位置関係をリンクで表す。本稿では、画像内容による検索の最も重要な手掛かりの1つであり、グラフ構造ではノードの属性としての領域の形状による類似検索方法について述べ、領域境界線の曲率関数及びフーリエ記述子に基づいた類似画像検索結果を示す。

2. 対象画像及び前処理

実験に用いた画像はNOAA衛星から受信した画像であり、可視・赤外など合わせて5つのチャンネルを持つマルチスペクトル画像である。受信したチャンネル4の原画像(地表面の温度情報を表している)から日本周辺の部分(2048画素×1920ライン)を切り出して[2]、その濃度ヒストグラムを用いた閾値処理を行ない[3]、更に日本の海岸線情報を利用して、切り出した画像を陸、海、薄い雲及び厚い雲といったカテゴリに分類する。

そうした処理の結果画像を128画素×120ラインの大きさに縮小する。図1に示すすべての画像はそうした処理を行なった画像であり、各画像に現われる領域はその明るさの順番でそれぞれ厚い雲、薄い雲、陸域及び海表面である。縮小した画像を8方向連結でラベリング処理し、さらに領域の輪郭追跡処理を行なう。各領域の形状をその輪郭線のチェインコードで表し、グラフノードの属性として蓄積する[1]。

3. 領域形状特性に基づく類似画像検索

本研究では、形状の本質的な情報を担う輪郭線の記述子として良く知られている曲率関数及びフーリエ記述子を用いて、特定の領域の形状による類似画像検索へ適用し、その類似度の計算について説明する。

3.1 輪郭の曲率関数による形状類似度

前述したように、本研究では領域の輪郭線をチェインコードで記述されており、チェインコード列は始点によって異なり、またパターンの回転にも依存しているため、直接形状類似度の評価に用いることはできない。そこで、チェインコード列から式(1)に従ってその一次差分列を求めて、差分列間の最長共通部分文字列(longest common

subsequence:LCS)を文献[5]で紹介したアルゴリズムで作成する。

$$c_i = [d_i - d_{i-1} + 11] \bmod 8 - 3 \quad (1)$$

ここで、 d_i と d_{i-1} は隣接した2つのチェインコードであり、 c_i は対応した差分列要素である。このように求めた差分列のLCSの各要素と対応する領域輪郭線上の画素を用いて、比較される2つの領域の形状類似度を評価する。本実験で用いる形状類似度の評価方法は以下のとおりである。

2つの画像にある領域Aと領域Bそれぞれの重心を o_A 及び o_B で表す。上述のように求めたLCSの数は n とし、対応する領域輪郭線上の画素列はそれぞれ、 a_1, a_2, \dots, a_n 及び b_1, b_2, \dots, b_n で表示する。領域A及び領域Bの輪郭線上の画素 (a_i, b_i) からそれぞれの重心までの距離を (r_i, s_i) とする。対応した距離 (r_i, s_i) を利用して、以下のような形状類似度評価基準を定義する。

$$d(A, B) = \frac{1}{n \max(\max_A - \min_B, \max_B - \min_A)} \sum_{i=1}^n |r_i - s_i| \quad (2)$$

ここで、 \max_A 及び \min_A はそれぞれ領域Aの輪郭線上の画素から o_A までの最大及び最小距離であり、同様に \max_B 及び \min_B は領域Bの最大及び最小距離である。

3.2 フーリエ記述子による形状類似度

平面上の曲線を周波数領域で記述する方法としてフーリエ記述子がある。フーリエ記述子の低域成分には原曲線の形に関する情報を多く含んでいる。従って、フーリエ記述子の低域成分を特徴パラメータとして用いることができる。本実験での領域の輪郭線のフーリエ変換による係数の計算方法は以下の通りである[4]。

閉曲線を形成する m 個の頂点 $(V_0, V_1, \dots, V_m; V_m = V_0)$ を持つ多角形(長さ L)に対して、フーリエ記述子は以下のようなになる。

$$a_n = \frac{1}{L \left(\frac{n2\pi}{L}\right)^2} \sum_{k=1}^m (b_{k-1} - b_k) e^{-jn(2\pi/L)l_k} \quad (3)$$

ここで、 $k > 0$ と $l_0 = 0$ に対して、

$$l_k = \sum_{i=1}^k |V_i - V_{i-1}| \quad (4)$$

及び、

$$b_k = \frac{V_{k+1} - V_k}{|V_{k+1} - V_k|} \quad (5)$$

2つの閉曲線 α と β 間の類似度はそのフーリエ記述子間の距離であり、その計算方法は以下のとおりである。

$$d(\alpha, \beta) = \left[\sum_{n=-M}^M (a_n - b_n)^2 \right]^{1/2} \quad (6)$$

後の実験では、 $M = 10$ とした。

4. 実験結果及び考察

我々は上述した2種の類似度計算方法を利用して、気象衛星 NOAA から受信した50枚の画像（前述の前処理を行なった）を対象にして検索実験を行なった。図1に示す左上の画像は検索用の例示画像であり、「面積が最大である厚い雲域の領域と形状的に最も類似している画像を検索する」といった検索要求に対して、フーリエ記述子及び曲率関数による2種の類似度を用いた検索結果（距離の最も小さい5つの画像）はそれぞれ図1の中部及び下部に示す。

図1に示すように、2種の類似度による結果では、一番類似している画像は同じものであり、またすべての画像を視覚的に比較してみたところ、妥当な結果であることがわかった。2番目以降の画像は異なっており、全体的には曲率関数の方はフーリエ記述子の方より結果が良いようであり、それはフーリエ記述子を計算する時に、始点、回転等の要因を考えなかったためである。画像データベースにおける画像検索へフーリエ記述子を適用する場合、パターン認識の曲線マッチングと異なり、始点・回転等の影響の計算は困難であり、また計算時間の問題もある。曲率関数の場合、データベース環境に最も適していると思われるが、求めたLCSの対応点の境界線上の分布状況が類似度にかなり影響を与えるため、更に詳しく検討する必要がある、パターンの回転要素をも考えるべきである。

2種の類似度による結果には一致しないものもあるが、類似検索方法としてはかなり有効であろう。現在、このような受信した NOAA 衛星画像の全体的な状況を利用者がすばやく把握できるように、一種の概要画像いわゆるクイックルック画像が作成され[2]、画像を検索するための視覚的な評価手段が提供されているが、本稿での手法

及び今まで提案した画像の類似検索方法を利用した、従来の概要画像による視覚的な評価手段と対応できる画像の内容による検索機能が期待されている。

5. おわりに

本稿では、今まで提案してきた画像内容による検索のための画像特徴のグラフ構造記述の環境で、注目の領域の形状による類似検索方法について述べ、その検索結果を示した。今後、上述した類似度を文献[1]で提案したグラフ構造のすべてのノードについてのグラフマッチング方法にノードの特徴量ベクトルの要素として取り入れ、類似検索を行なう予定である。

参考文献

- [1] 長明、高木幹雄：グラフ記述・マッチングを利用した類似画像検索、信学技報、PRU91-73(1991)
- [2] 山、孫、原田、高木：気象衛星(NOAA)クイックルック画像配信システム、信学技報、IE87-89, 1987
- [3] 長明、高木幹雄：ピーク検出に基づいた最適なヒストグラム分割法とその閾値選択への応用、テレビ誌、Vol.45, No.10, pp.1179-1189(1991)
- [4] . Persoon, K. S. Fu: Shape Discrimination Using Fourier Descriptors, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.SMC-7, No.3, pp.170-179,1977
- [5] . W. Hunt, T. G. Szymanski: A fast algorithm for computing longest common subsequence, Commun. ACM 20, pp.350-353, 1977

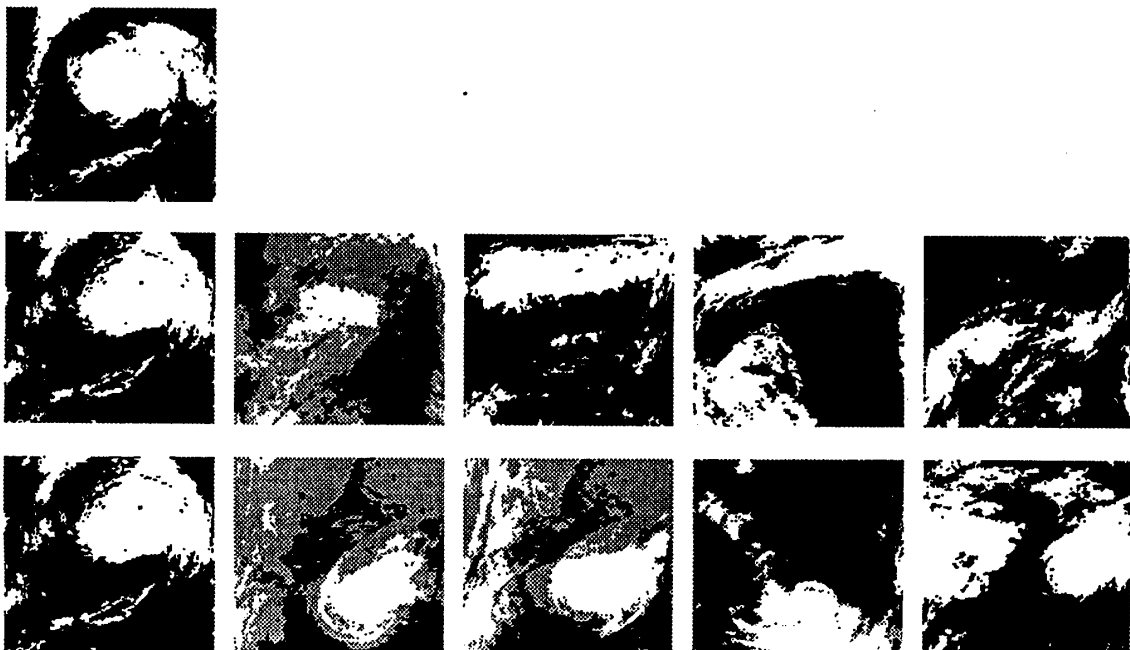


図1：2種の類似度による類似検索結果