352 ウェーブレット記述子による画像の幾何学的特徴抽出

新井 康平 (佐賀大学), 瀬戸 要[○] (佐賀大学大学院), 中尾太郎 (佐賀大学)

A Feature Extraction Method based on Wavelet Descriptor

Kohei Arai, Kaname Seto, and Taro Nakao

ABSTRACT

A feature extraction method based on Wavelet transform is proposed. The proposed method is compared to Fourier descriptor. The experimental results with a ADEOS (ADvanced Earth Observing Satellite) / AVNIR (Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer) image support an effectiveness of the proposed method.

Keywords: Wavelets, Feature Extraction, Satellite Imagery Data

1 まえがき

ウェーブレット解析 (展開、変換等) を地球観測衛星画像の処理解析に応用した例として、複数の可視画像の重ね合わせをウェーブレット変換後に行う方法¹⁾、オフナディア角の異なる複数の SAR 画像の重ね合わせをウェーブレット変換後に行う方法²⁾、衛星データから推定した海面温度の年変動のパターンにウェーブレット変換を適用してその特徴を抽出する方法³⁾、海水の表面粗度の抽出にウェーブレット変換を適用する方法⁴⁾、土壌水分を抽出した画像から空間的特徴を抽出する方法⁵⁾ 等がある^{6),7)}。

ところで、衛星画像認識において、エッジ・線等の空間的特徴の情報は重要である。抽出した空間的特徴を記述する手法として、フーリエ記述子が知られる^{8),9),10),11)}。本論文では、ウェーブレットを用いた記述子 (ウェーブレット記述子) を提案し、有珠山における実観測衛星画像に本提案手法を適用することにより、その特性を検討する。

なお、本論文では、基底として Daubechies 基底を採用する。

2 ウェーブレット記述子 (提案手法)

2.1 フーリエ展開とウェーブレット展開

与えられた関数 f のフーリエ展開は

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega t} \cdot f(t) dt \quad (1)$$

を用いて行われ、ウェーブレット展開は

$$2^j \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \overline{\psi(2^j t - k)} \cdot f(t) dt \quad (2)$$

を用いて行われる。

2.2 フーリエ記述子とウェーブレット記述子

フーリエ記述子は、抽出した空間的特徴情報をフーリエ展開し、その展開係数を記述子とする。ウェーブレット記述子は、抽出した空間的特徴情報をウェーブレット展開し、その展開係数を記述子とする。フーリエ記述子は、式 (1) より、無限個の展開係数を必要とする。ウェーブレット記述子は、式 (2) より、無限個の展開係数を必要としない (コンパクト・サポート)。

2.3 閉曲線に対するウェーブレット記述子

閉曲線を $Z(l) = (x(l), y(l))$ とする。 $Z(l)$ は、閉曲線上のある始点から閉曲線上を距離 l 進んだ点である。

閉曲線の内部のある点から閉曲線上の点までの距離を $u(l)$ と定義すると、関数 $u(l)$ は閉曲線の全長 L の周期関数になる。概念図を図 1 に示す。

関数 $u(l)$ に対してウェーブレット展開を行う。

3 数値実験

3.1 実験概要

今回、使用するデータは、ADEOS 衛星に搭載されたセンサ AVNIR により取得された有珠山付近における実観測画像である。図 2 に取得された AVNIR 画像を示す。図 2 (a) は実観測画像を示し、図 2 (b) は輪郭抽出を行った結果画像を示す。本実験では、図 2 (b) を用いて実験を行う。図 3 は図 2 (b) における閉曲線の内部のある点から閉曲線上の点までの距離を示したものである。

本実験の目的は、ウェーブレット記述子の有効性をフーリエ記述子と比較し、復元精度の評価により確認することである。したがって、フーリエ記述子においてはローパス・フィルタによりフーリエ展開係数の個数を半分にして復元した結果を用い、ウェーブレット記述子においては低周波成分のみにより復元した結果を用いる。併せて、ウェーブレットのサポート長による影響も検討する。

また、復元精度の評価のために、

$$J1 = \sqrt{\frac{\sum_{s=1}^N ((\widehat{x(s)} - x(s))^2 + (\widehat{y(s)} - y(s))^2)}{N}} \quad (3)$$

を用いる。なお、図 3 より、 $N = 256$ である。

3.2 実験結果

図 4 は、図 3 に対するフーリエ記述子である。ただし、図 4 の縦軸はフーリエ展開係数の絶対値の常用対数で表す。図 5 は、フーリエ展開係数に対してローパス・フィルタを施し、フーリエ展開係数の個数を半分にして、復元した結果である。

図 6 は、図 3 に対する Haar 基底によるウェーブレット記述子である。図 6 (a) は低周波成分を表し、図 6 (b) は高周波成分を表す。図 7 は、図 6 (a) のみを用いて復元した結果である。

表 1 は、フーリエ記述子による復元精度 $J1$ を示す。すなわち、ローパス・フィルタによりフー

リエ展開係数の個数を半分にして復元した結果 $J1$ を示す。

表 2 は、ウェーブレット記述子による復元精度 $J1$ を示す。すなわち、Daubechies 基底のサポート長 sup を変化させた場合における低周波成分のみを用いて復元した結果 $J1$ を示す。サポート長 $sup = 2$ の Daubechies 基底は、Haar 基底と一致する。

表 1: Restored error $J1$ with Fourier descriptor

$J1$
3.598

表 2: Restored error $J1$ for the support length sup of Daubechies Wavelet descriptor

sup	$J1$
2	0.398
4	0.204
6	0.177
8	0.170
12	0.181
16	0.181
20	0.163

4 考察

表 1 および表 2 より、ウェーブレット記述子による復元精度がフーリエ記述子による復元精度に比べ良いことが判る。図 5 および図 7 より、復元された形状においても、ウェーブレット記述子による復元精度がフーリエ記述子による復元精度に比べ良いことが判る。以上より、ウェーブレット記述子の有効性を確認できる。

実観測衛星画像における閉曲線の記述は、フーリエ記述子に比べ、ウェーブレット記述子が適すると考える。

5 あとがき

本論文では、ウェーブレット記述子を提案し、実観測衛星画像に本提案手法を適用することにより、その特性を検討した。併せて、フーリエ記述子との復元精度における比較を行ない、本提案手法の有効性を確認した。

参考文献

- [1] J.P. Djamdj, A. Bijaoui, and R. Maniere: "Geometrical Registration of Images: The Multiresolution Approach," Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.59, No. 5, pp.645-653, (1993).
- [2] W.M. Moon, J.S. Won, V. Singhroy, and P.D. Lowman Jr.: "ERS-1 and CCRS C-SAR data integration for look-direction bias correction using wavelet transform," Canadian Journal of Remote Sensing, Vol.20, No.3, pp.280-285, (1994).
- [3] M. Mak: "Orthogonal Wavelet analysis: Interannual Variability in Sea Surface Temperature," Bulletin of the American Meteorological Society, Vol.76, No.11, pp.2179-2186, (1995).
- [4] R.W. Lindsay, D.B. Percival, and D.A. Rothrock: "The Discrete Wavelet Transform and the Scale Analysis of the Surface Properties of Sea Ice," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 34, No.3, pp.771-787, (1996).
- [5] Z. Hu, Y. Chen, and S. Islam: "Multiscaling properties of soil moisture images and decomposition of large- and small-scale features using wavelet transforms," International Journal of Remote Sensing, Vol.19, No.13, pp.2451-2467, (1998).
- [6] 新井 康平・瀬戸 要・L.M. Jameson: "極座標表現 Wavelet による衛星画像からの水塊特徴の抽出," 可視化情報学会誌, Vol.19, Suppl. No.1, pp.99-102, (1999).
- [7] 新井 康平・瀬戸 要: "ウェーブレット分解とタイリングに基づく多時期地球観測衛星画像の変化点抽出," 可視化情報学会誌, Vol.20, Suppl. No.1, pp.285-288, (2000).
- [8] C.T.Zahn and P.Z.Roskies: "Fourier descriptors for plane closed curves," IEEE Trans. Computer, Vol.C-21, pp.269-281, (1972).
- [9] G.H.Granlund: "Fourier preprocessing for hand print character recognition," IEEE Trans. Comput, Vol.C-21, No.2, pp.195-201, (1972).
- [10] 上坂吉則: "開曲線にも適用できる新しいフーリエ記述子," 電子通信学会論文誌, Vol.J67-A, No.3, pp.166-173, (1984).
- [11] 宮武孝文・松山隆司・長尾真: "フーリエ記述子を用いたアフィン変換に不変な曲線の認識について," 情報処理学会論文誌, Vol.24, No.1, pp.64-71, (1983).

図 1: Overview of the feature extraction

(a) Observed image (b) Edge detected image

図 2: ADEOS/AVNIR Image

図 3: Original data through the feature extraction

図 4: Result of Fourier decomposition

図 5: Restored data through Fourier decomposition

(a) Low frequency

(b) High frequency

図 6: Result of Haar Wavelet decomposition

図 7: Restored data through Haar Wavelet decomposition