

ASTER VNIR 画像を用いた周波数領域への電子透かし法の適用

星 仰 櫻井 省吾
茨城大学工学部

1. はじめに

近年、静止画像への様々な電子透かし法が研究されているが、本研究では特に、データを扱う上で画質が重視され、かつ高価である衛星画像に対してどのような電子透かし法が適しているかを周波数領域への電子透かし法を用いて究明する。周波数領域への変換手法として、離散フーリエ変換、離散コサイン変換、離散ウェーブレット変換を用い、リモートセンシング分野でよく行われる幾何補正やクリッピングなどの処理に対応する電子透かし法を研究したので、その概要を述べる。対象となる衛星画像には、最近の地球観測衛星 TERRA に搭載された ASTER VNIR センサーによって得られる画像データを用いる。

2. ASTER VNIR センサー

ASTER VNIR センサーの仕様は、以下の通りである。

- ・ バンド数：4 (1,2,3N,3B)
- ・ 観測波長帯：0.52-0.86 μm
- ・ 地表分解能：15m
- ・ ポインティング角度範囲： $\pm 24^\circ$

3. 幾何補正

幾何補正の方法は、アフィン変換によって画像を傾け、補間法としてニアレストネイバー法、バイリニア法のいずれかを用いる。

4. クリッピング

クリッピングされた画像から透かし情報を取り出すには、クリッピングされた画像を原画像と合成することによって実現する。その際の合成位置は、それぞれの画像に離散ウェーブレット変換を同回数施したものの平均自乗誤差が最小となる位置とする[1]。

5. 電子透かし法

5. 1 埋め込み方法

衛星画像に適用する電子透かし法は以下の通りである。ただし、埋め込む透かし情報を、サイズを $h \times w$ とする $P_{h,w}$ ($=0$ or 1)、衛星画像を H (24bit color)、周波数領域へ変換された値を T 、増減させる幅を α とする。

- (1) 衛星画像 H を RGB $\rightarrow$ YIQ 変換する。変換式は以下の通りである。

$$\begin{cases} Y = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B \\ I = 0.596 \times R - 0.274 \times G - 0.322 \times B \\ Q = 0.211 \times R - 0.523 \times G + 0.312 \times B \end{cases} \quad (1)$$

- (2) 輝度値に対して、離散フーリエ変換、離散コサイン変換、離散ウェーブレット変換のいずれかを施し、 T を得る。

- (3) T の高周波域に対して、以下の条件をもって値の増減を行う。

$$\begin{cases} \text{if } P_{i,j} = 1 \text{ then } T_{i,j} = T_{i,j} + \alpha \\ \text{else no change} \end{cases} \quad (2)$$

埋め込みの際に保存しておく key は表 1 の通りである。

表 1. 埋め込みの際に保存しておく key

変換手法	key
離散フーリエ変換	無し
離散コサイン変換	変換の際に使用したブロックのサイズと、埋め込みに使用したサイズ
離散ウェーブレット変換	変換を施した回数

5. 2 取り出し方法

透かし情報の埋め込まれた画像を H' 、周波数領域へ変換された値を T' 、取り出した透かし情報を $P'_{h,w}$ ($=0$ or 1)、原画像との差を判別する際の閾値を β とする。

- (1) H' を RGB $\rightarrow$ YIQ 変換する。
- (2) 輝度値に対して、保存しておいた key を元に埋め込み時に行った変換方法と同様の変換を施す。
- (3) T' の高周波域に対して、以下の条件を当てはめることにより透かし情報を取り出す。

$$\begin{cases} \text{if } T'_{i,j} - T_{i,j} \geq \beta \text{ then } P'_{i,j} = 1 \\ \text{else } P'_{i,j} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

6. 電子透かし法の適用

図 1 の衛星画像に対して、それぞれの電子透かし法を適用し、幾何補正やクリッピングに対する耐性を調べる。図 1 の衛星画像は、バンド 1 を R 、バンド 2 を G 、バンド 3 N を B に割り当てた RGB 画像である。また、図 2 は幾何補正後の画像、図 3 はクリッピングされた画像、図 4 は離散ウェーブレット変換を使用した電子透かし法適用後の画像である。

実験 1. 幾何補正

原画像に対して電子透かし法を適用し、幾何補正する。幾何補正された画像から透かし情報が取り出

Application of Digital-Watermarking Method to
Frequency-Domain of ASTER VNIR Image

Takashi Hoshi, Shogo Sakurai

Faculty of Engineering, Ibaraki University, 4-12-1
Naka-narusawa, Hitachi, Ibaraki Japan

せるかどうかを検証する。

実験2. クリッピング

原画像に対して電子透かし法を適用し、ある範囲をクリッピングする。クリッピングされた画像を原画像と合成した画像から透かし情報が取り出せるかどうかを検証する。

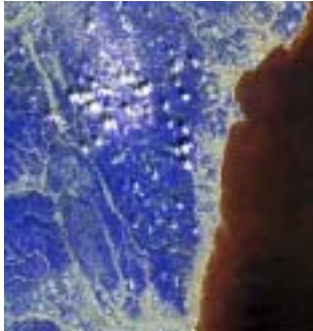


図 1. ASTER VNIR 画像
(24bit color、454×485 pixel)

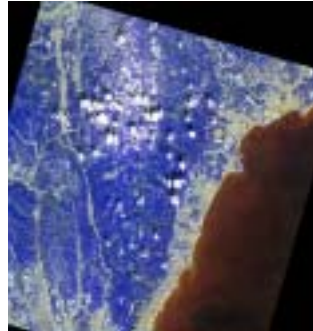


図 2. 幾何補正画像
(24bit color、454×485 pixel)



図 3. Clipping 画像
(24bit color、200×200 pixel)



図 4. 電子透かし適用後の
画像（ウェーブレット使用）
(24bit color、454×485 pixel)

7. 適用結果

幾何補正、クリッピングへの適用結果は表2のようになった。ただし、透かし情報抽出可を○印、不可を×印とする。

表 2. 幾何補正、クリッピングへの適用結果

適用例 変換手法	幾何補正		クリッピング
	NN [†]	BL [‡]	
離散フーリエ変換	×	×	×
離散コサイン変換	×	×	○
離散ウェーブレット変換	○	○	○

[†]NN：ニアレストネイバー法（Nearest Neighbor Method）

[‡]BL：バイリニア法（Bi Linear Method）

8. 考察

表2の結果から、リモートセンシング分野でよく行われる処理に適用できるのは離散ウェーブレット変換を使用した電子透かしであると考えられる。

この適用結果を考察すると、下記のようなになる。

- (1) 離散フーリエ変換は、画像が歪んだ場合周期性が変わってしまうため、透かし情報自体は残っていたとしても取り出すのが困難になってしまう。
- (2) 離散コサイン変換は、ブロック単位で変換を行うため、幾何補正などで画素の配列がずれてしまうと補正前と同様のブロックで処理が行えなくなる。また、ブロックに分けない場合でも離散フーリエ変換と同様の問題が発生する。
- (3) 離散ウェーブレット変換は、離散フーリエ変換などと違い、透かし情報が画像全体に拡散されず、埋め込んだ位置にそのまま保存される。そのため、画像が歪んだ場合でも透かし情報が取り出し易い形で残ると考えられる。

ただし、透かし情報の取り出しには原画像が必要になる。透かしの埋め込まれた画像が幾何補正などで歪んでいた場合、原画像にも全く同様の処理を施すか、透かしの埋め込まれた画像に施された幾何補正を元に戻すような逆変換が必要となる。特に、後者の方が実現できれば離散フーリエ変換や離散コサイン変換を利用した手法でも透かし情報を取り出すことが可能になると思われる。

埋め込む透かし情報としては、クリッピングなどで取り出せる範囲が狭まる可能性が高い為、サイズの大きな画像を埋め込むより、小さな画像を多数埋め込む方が適していると考えられる。また、幾何変換などが施されたときに認識しやすいよう、あまり複雑な画像は使用せず、単純な記号のような画像を埋め込む方が適していると考えられる。

9. おわりに

離散コサイン変換または離散ウェーブレット変換を利用した電子透かし法によってクリッピングに対応することを示し、離散ウェーブレット変換を利用した電子透かし法によって幾何補正に対応することを示した。だが、同時に、差分を取るための原画像に同様の処理を施すという問題が生じた。今後は、ユーザの施した幾何補正に使用されたパラメータを求める方法や、原画像を使用せずに透かし情報を取り出せる方法について研究していく予定である。

参考文献

- [1]大西, 松井, 小沢, “ウェーブレットを利用したクリップ画像からの署名検出法”, 1997 年 電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会, SA-7-1, pp242-243
- [2]松井甲子雄, “電子透かしの基礎：マルチメディアのニュープロテクト技術”, 森北出版, 2000.10
- [3]新島耕一, “ウェーブレット画像解析”, 科学技術出版, 1999.9