

高分解能画像を用いた沿岸域環境の精密計測

齋藤洋二*、桑原祐史**、野北舜介***、小柳武和**、安原一哉**

- * 茨城大学 大学院 理工学研究科
- ** 茨城大学 工学部 都市システム工学科
茨城県日立市中成沢町 4-12-1
- *** 都市環境解析ラボ
茨城県日立市水木町 2-13-17

概要

近年、衛星リモートセンシングの技術発展は目覚ましく、分解能 数 m 以下のデータが一般に公開される日も近づいた。国土管理や自然環境把握という観点からデータの有効利用法の開発が望まれる。本研究では高分解能衛星データの利用に先立ち既存の航空写真を画像データ化し、データ特性と補正技術に関して検討した。具体例として海崖海岸周辺を取り上げ、海岸線の抽出と土地利用区分毎のデータ特性を調べた。

キーワード

航空写真、幾何補正、土地被覆分類、高分解能衛星画像、沿岸域環境

1 はじめに

近年地球環境の保全と開発の在り方が議論されている中、環境の継続調査の必要性が高まっている。地理情報や衛星リモートセンシングデータなどの空間情報は国土管理や環境の監視・評価に数多く利用されており、今後地理情報を利用したシステムの高度化や衛星センサの性能の向上から、空間情報の利用範囲が益々拡大していくものと考えられる。そのためには、これらの情報を国土管理や自然環境評価に生かすためのデータ処理技術の開発が必要であろう。

本研究では、今後一般公開が予定されているIKONOSに代表される超高分解能衛星などのデータ利用に先立ち、分解能の高いリモートセンシングデータの一種である航空写真の補正方法とその利用例について調査するとともに、具体的な解析対象を沿岸域とした検討を通じて、超高分解能衛星データを利用する際の留意点を整理する。解析目的は、

- ①既存の航空写真の補正処理
- ②可視光領域のデータ特性および土地利用情報作成に関する留意点の整理
- ③海岸線抽出法について具体事例の検討

の3点である。

2 解析対象領域および使用データ

本研究では、海崖周辺地域の土地利用情報に関して、日立市を解析対象領域とした。沿岸域における海崖後背地に関しては日立市の小貝ヶ浜海岸、日高海岸、大甕海岸の3地域とした(図・1)。また、データとして、ランドサットTM(観測日時 1999年10月10日、パス107、ロウ35)および航空写真を使用した。

表-1 アフィン変換係数

係数	小貝ヶ浜海岸	日高海岸	大壺海岸
a =	0.443089×10^1	0.449319×10^1	0.471269×10^1
b =	-0.243657×10^1	-0.255562×10^1	-0.176752×10^1
c =	-0.536592×10^4	-0.525536×10^4	-0.731471×10^4
d =	-0.196156×10^1	-0.185532×10^1	-0.139884×10^1
e =	-0.562615×10^1	-0.560966×10^1	-0.583989×10^1
f =	0.183568×10^5	0.172893×10^5	0.141337×10^5

3 航空写真の画像データ化

3.1 幾何学的歪みの補正

幾何学的歪みの補正には、地上基準点法(GCP: Ground Control Point)を用いた。

まず、GCP法にふさわしい特徴的な地点を地形図などを使用して決定し、画像座標を決定した。

次に座標の変換方式として、本研究では、アフィン変換を採用した。式(1)にアフィン変換式を、表-1に決定した変換係数を示す。

ここで(x, y)は地図座標、(u, v)は画像座標を表し、式中の係数と表中の係数は対応している。最小二乗法を用い、基準点との閉合誤差±2画素を許容範囲として係数を決定した。変換前のGCPデータの画像座標を(u, v)とし、変換後の座標を(U, V)とすれば、変換による誤差(Eu, Ev)は、式(2)で表される。

$$\begin{cases} u = ax + by + c \\ v = dx + ey + f \end{cases} \dots (1)$$

$$\begin{cases} Eu = u - U \\ Ev = v - V \end{cases} \dots (2)$$

最後に変換後画像の配列に対応するように、原画像の画像データを並べ直す。再配列には、変換後画像の各画素について、原画像座標系での対応する位置を計算し、その位置における画像データを求める方法を採用した。その際、内挿法としては、スムージングが期待できる共一次内挿法を採用した。

3.2 データ特性の検討

データ特性に関して画像化した航空写真と可視域の衛星画像を比較した。まず、解析に先立ち解像度および濃度分布を統一した。また、日立市を対象として土地被覆

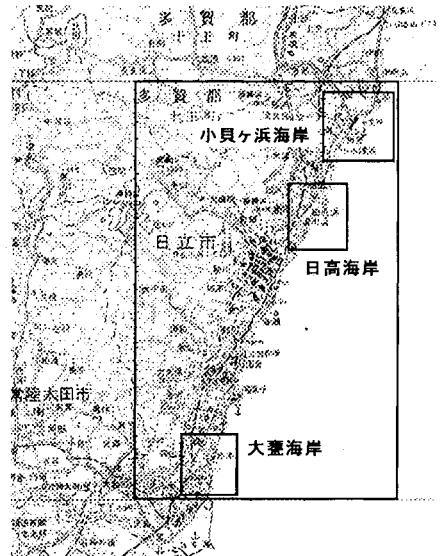
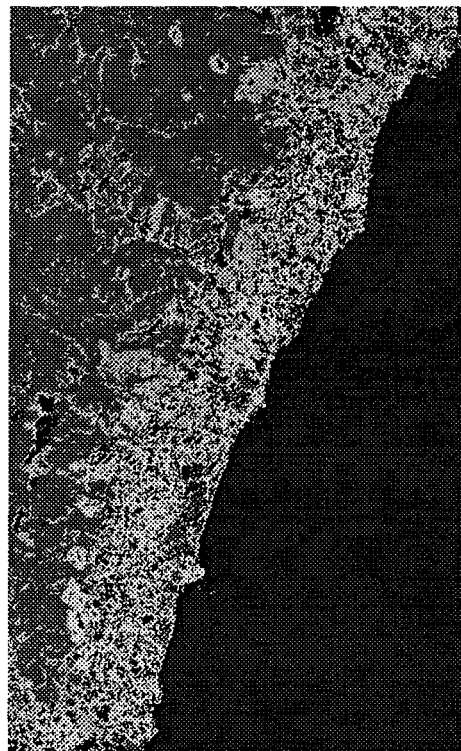


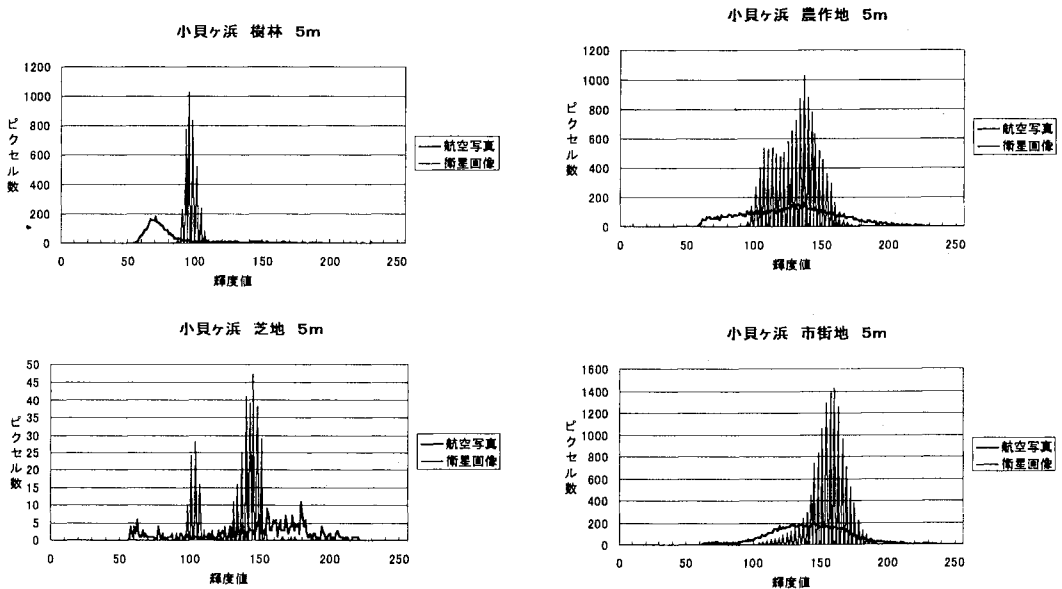
図-1 解析対象領域



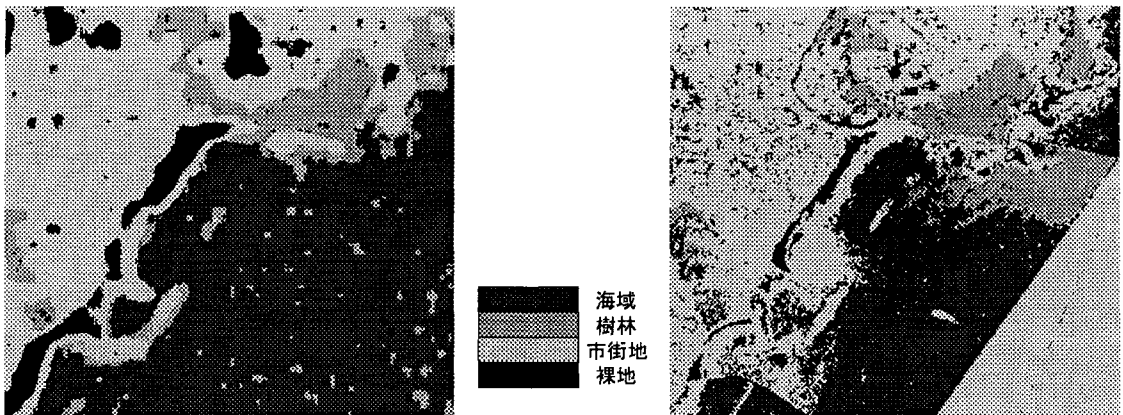
6バンド	分類クラス							画素数
	海域	樹林地	芝地	農耕地	工場	市街地	裸地	
海域	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	325
樹林地	0.00%	93.23%	0.00%	6.77%	0.00%	0.00%	0.00%	325
芝地	0.00%	0.00%	87.05%	12.95%	0.00%	0.00%	0.00%	332
農耕地	0.00%	0.62%	4.31%	95.08%	0.00%	0.00%	0.00%	325
工場	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	93.37%	6.63%	0.00%	332
市街地	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.52%	93.60%	4.88%	328
裸地	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.30%	0.00%	99.70%	330

図-2 土地被覆分類図

分類図を作成した(図・2)。その際、熱バンドを除く6バンドを用いて、最尤法による分類を行った。具体的な比較方法として、土地被覆項目毎に航空写真の赤(R)のデータと衛星画像バンド3の輝度値を比較した。その結果、航空写真の赤(R)のデータと衛星データのバンド3は同じような輝度分布特性を持つことが分かった。図・3に小貝ヶ浜海岸を対象とした解析結果を示す。芝地において衛星画像では2つのピークが確認できた。2つのピークのそれぞれの輝度値分布特性から輝度値の低い方が樹林の特性を示しており、輝度値の高い方が農作地特性を示していることが分かる。このことから、芝地においては芝地1、芝地2のようにさらに細分化することができる。また、芝地・農地・市街地に関しては航空写真画像のデータレンジが広くなり、多くの情報が混在していることが確認できる。



図・3 航空写真と衛星画像のデータ特性



衛星データ	分類クラス				画素数
	海域	樹林地	市街地	裸地	
参照クラス	98.40%	1.60%	0.00%	0.00%	250
	0.00%	94.00%	6.00%	0.00%	250
	0.00%	1.20%	97.20%	1.60%	250
	0.00%	0.00%	7.20%	92.80%	250

航空写真	分類クラス				画素数
	海域	樹林地	市街地	裸地	
参照クラス	96.80%	0.00%	3.20%	0.00%	250
	4.40%	94.40%	1.20%	0.00%	250
	0.00%	0.00%	95.20%	4.80%	250
	0.00%	0.00%	20.80%	79.20%	250

図・4 小貝ヶ浜海岸における土地被覆分類図(左:衛星データ、右:航空写真)

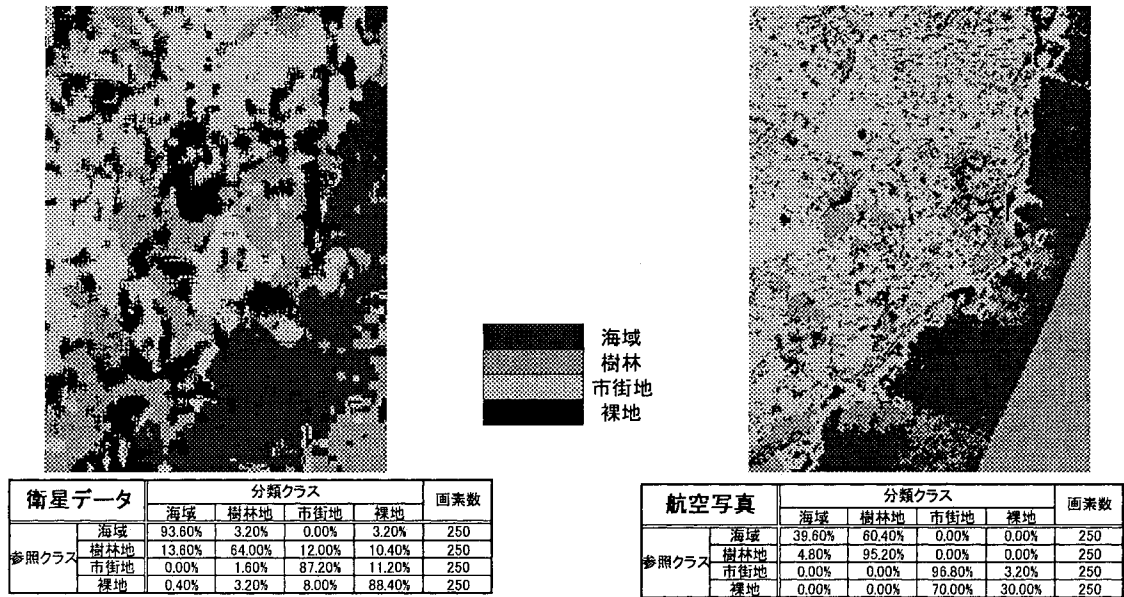


図-5 小貝ヶ浜海岸における土地被覆分類図(左:衛星データ、右:航空写真)

4 土地被覆分類図作成に関する検討

航空写真画像よりトレーニングエリア(海域、樹林、市街地、裸地)を選び、同一トレーニングエリアを対象として航空写真画像および衛星データについて分類した。分類に際しては、航空写真に関しては画像化の際に取得されるRGBの3つのデータ、衛星データに関してはRGBに対応する可視波長帯であるバンド1、2、3の3つのデータを用いて、最尤法によって分類した。図-4、は小貝ヶ浜海岸を対象とした解析結果、図-5は日高海岸を対象とした解析結果である。

衛星データより作成した分類図から、陸域内においては地形図との比較の結果、分類が正しく行われたことが確認された。航空写真から作成した分類図において、陸域内では樹林について正しく分類されたが、市街地において海域と分類された箇所が目立つ。航空写真との比較から海域に分類された箇所は建物などの影であることが確認された。このことは、分解能の向上が必ずしも従来の土地被覆分類図作成の精度向上に繋がらないことを示している。つまり、これまでのLANDSATデータなどで多用されてきた土地被覆分類という概念から、目的とする土地被覆を「抽出」または「認識」という解析法が今後必要となる。

5 海岸線の抽出

画像における濃淡の変化は、一般に「エッジ」とよばれ、輝度が急激に変化している場所である。そこで本研究では、濃淡の変化が著しいと考えられる海岸線において、エッジ抽出手法を適用して、海岸線を抽出した。抽出方法として、エッジがより強調され、最も頻繁に用いられている式(3)に示すSobelの式を採用した。さらに、式(4)に示す方法でエッジ強度を計算した。航空写真では赤(R)のデータ、衛星画像ではバンド4を解析対象とした。航空写真では5m、衛星データでは30mが元データの解像度であるが、データを統一するため両者ともに解像度を5mとした。その際の内挿法はスムージングを期待して共一次内挿法を使用した。

図-6は日高海岸を対象とした解析結果である。円内に着目すると、航空写真の方では、海岸線は抽出されていないが、衛星画像の方では海岸線が抽出された。円内部は植生域であり、航空写真の可視光域データでは植生域と海域の輝度値が同じであるために海岸線は抽出されなかった。それに対して、衛星画像の方は近赤外であるバン

$$\left. \begin{aligned}
 f_x(i, j) = & (-1) \cdot f(i-1, j-1) + 0 \cdot f(i, j-1) + (+1) \cdot f(i+1, j-1) \\
 & + (-2) \cdot f(i-1, j) + 0 \cdot f(i, j) + (+2) \cdot f(i+1, j) \\
 & + (-1) \cdot f(i-1, j+1) + 0 \cdot f(i, j+1) + (+1) \cdot f(i+1, j+1)
 \end{aligned} \right\} \dots\dots(3)$$

$$\left. \begin{aligned}
 f_y(i, j) = & (-1) \cdot f(i-1, j-1) + (-2) \cdot f(i, j-1) + (-1) \cdot f(i+1, j-1) \\
 & + 0 \cdot f(i-1, j) + 0 \cdot f(i, j) + 0 \cdot f(i+1, j) \\
 & + (+1) \cdot f(i-1, j+1) + (+2) \cdot f(i, j+1) + (+1) \cdot f(i+1, j+1)
 \end{aligned} \right\}$$

$$|\nabla f(i, j)| = \sqrt{f_x^2(i, j) + f_y^2(i, j)} \quad \dots\dots(4)$$

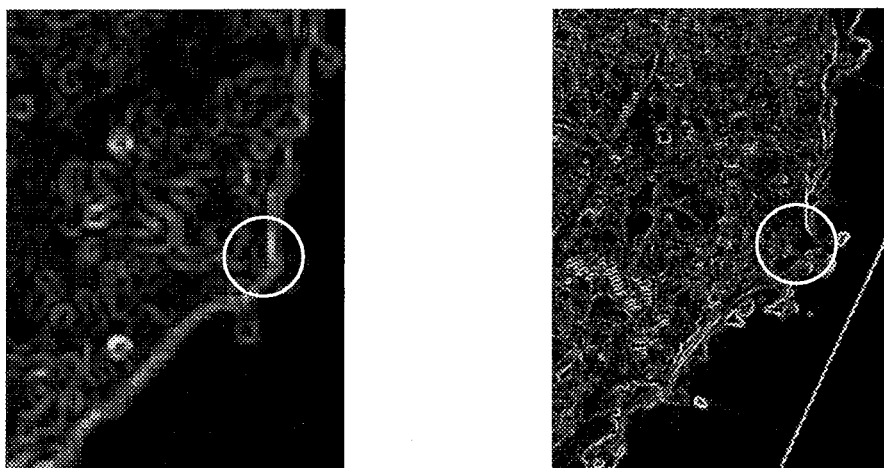


図-6 エッジ抽出画像(左:衛星データバンド4、右:航空写真)

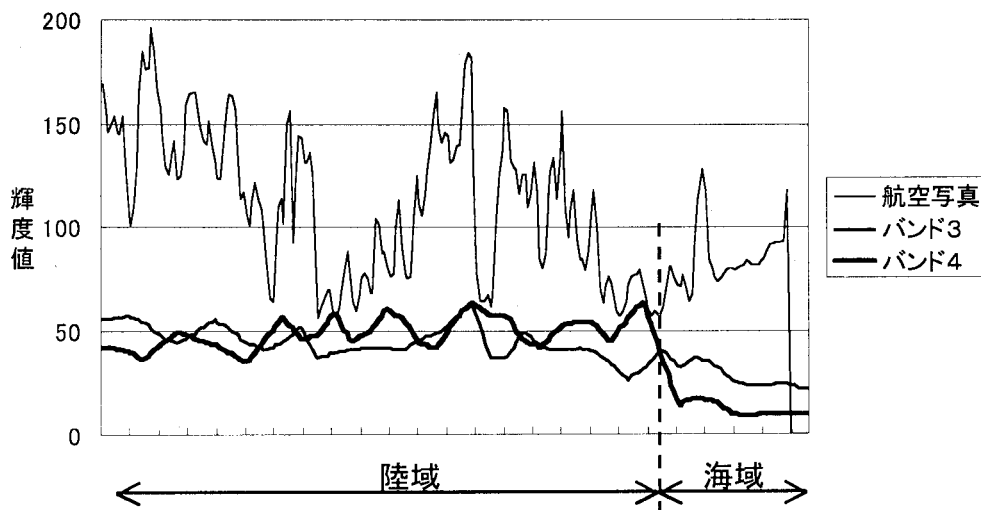


図-7 図-6における円内の東西方向の輝度値分布(横軸1メモリ 50m)

ド4であるために、植生域と海域の輝度値の違いから海岸線を抽出した。

図7に図6の円内における東西方向の輝度値分布のグラフを示す。このグラフから航空写真と衛星データのバンド3においては同じ様な輝度変動をしていることが分かる。また、バンド4つまり近赤外域においては陸域から海域において大きく輝度変動をしており、海岸線を抽出することができる。

これらのことより、高解像度の航空写真で近赤外域を取得すれば、より鮮明な海岸線を取得できると推定される。またこのときに後背地においても大きな輝度変動が見られることが予想されるため、海岸線抽出の際にはあらかじめ海岸域のみを抽出し、処理する必要があるであろう。

6 まとめ

本研究の成果は以下の3点である。

- ①既存の航空写真に対して幾何補正を施し、地図座標対応の精密な航空写真画像を作成した。
- ②航空写真と衛星データを用いて、可視光領域の輝度値分布を分析した。特に、芝地・農地・市街地に関しては航空写真の輝度値のレンジが広くなり、多くの情報が混在していることが確認された。高分解能画像は、各種の土地被覆の混在する都市域において土地被覆分類が困難であるが、一方では、従来法では分類が困難な新たな情報が含まれていることを示した。
- ③航空写真と衛星画像から海岸線を抽出し、高解像度画像における海岸線の抽出方法について考察した。

謝辞

本研究を進めるにあたり、茨城県高萩土木工事事務所より貴重な航空写真をおかりしました。このデータをベースとして研究を展開することができました。心よりお礼申し上げます。

参考文献

- (1)高木幹雄・下田陽久(1991):画像解析ハンドブック、東京大学出版会、(2)長谷川均(1998):リモートセンシングデータ解析の基礎、古今書院、(3)日本リモートセンシング研究会(1981):画像の処理と解析、共立出版