

環境調査のためのリモートセンシング技術に関する画像処理の基礎的研究

大嶋, 太市 / Oshima, Taichi / 田中, 総太郎 / 菅, 雄三 / Suga, Yuzo / Tanaka, Sotaro

(出版者 / Publisher)

法政大学工学部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学工学部研究集報 / 法政大学工学部研究集報

(巻 / Volume)

15

(開始ページ / Start Page)

131

(終了ページ / End Page)

137

(発行年 / Year)

1979-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00004145>

環境調査のためのリモートセンシング技術に関する 画像処理の基礎的研究

大嶋 太市*・田中 総太郎**・菅 雄三**

Fundamental Study of Image Processing on Remote Sensing Technology for Environmental Research

Taichi OSHIMA, Sotaro TANAKA and Yuzo SUGA

Abstract

In applying Landsat MSS-CCT data which is one of remotely sensed data for environmental research, it is necessary that both radiometric and geometric distortions are removed from the scene.

This studies propose the method for production of rearranged Landsat MSS-CCT data which corresponds with the topographical map in term of geometric correction, and also the method which make the landscape imageries from Landsat MSS-CCT data.

1 はじめに

近年、遠方より直接に接触しないで物体の形状や現象を感知する技術が開発されている。これは地球物質およびその表面の物理的条件と電磁波輻射との間には一定の相互関係がありかつ波長によって変化するという原理に基づくものである。

米国により打上げられたランドサット（地球資源技術衛星）から得られる映像は可視領域を含め赤外領域を対象とし、マルチスペクトラルスキャナー（MSS）により約920 km上空から地上を走査して、0.5 μm から1.1 μm の波長に相当する電磁波エネルギーを4波長帯に分けて電磁波反射または放射特性をマルチスペクトラルデータとして測定されたデジタル信号の映像情報である。

最近、この技術を応用した環境調査が数多く試みられているが、その中で上述のランドサットデータを使って行なわれる方法は得られた映像情報を必要に応じて写真画像やコンピュータ用テープ（CCT）に変換してこれらをコンピュータや特殊な画像解析装置により解析し、結果を地表面に対応する映像として表示するものである。この場合、土木計画や都市環境を扱う技術者等

* 法政大学・工学部・土木工学科

** (財)リモートセンシング技術センター

は解析された映像が地上の所定の対象物や指定の地区あるいは既存の環境情報、行政情報に容易にしかも正確に対応できることが便利であり、必要であると考えられる。

本研究は、この点に着目してランドサット衛星により得られた MSS・CCT データおよび既存の地形図上から得られる地形情報を入力データとして環境調査のためのリモートセンシングデータのデジタル画像処理の立場から衛星画像の地図化と景観図化に関するソフトウェアとそのシステム化について考察した。

2 ランドサットデータの地図化へのアプローチ

(1) 概要

ランドサットによる MSS・CCT データは軌道方向とそれにほぼ直角な方向とを軸とする斜交座標系の上に並んでいる。このデータから、2万5千分の1地形図と範囲が同じで、しかも東西に平行な配列を有する実用的な LANDSAT・MSS・CCT データの作成を試みた。これを作成する過程では次の三つのことが重要な要素になると考えられる。

- (i) ランドサット画像の標定精度が高くなるような地上基準点の選定
- (ii) どのような写像の関係式を用いるのがよいか
- (iii) 元の配列から新しい配列へ MSS データ内容に移すときの方法

(2) 地上基準点の経緯度座標値と LANDSAT 画像上の座標値との関係式

地形図とランドサット画像との位置合せは地上基準点を使用して行う。地上基準点の位置は、地形図上では経度緯度によって読みとられ、ランドサット画像上ではピクセルおよびライン番号によって読みとられる。従ってランドサット画像の標定とは、地上基準点の経緯度とピクセル・ライン番号との関係を定めることに帰着する。

経・緯度座標系は地球を定義している回転楕円体面上に展開されている。一方、ランドサット画像上の位置はピクセル軸とライン軸よりなる平面の斜交座標系の上に定義されている。楕円体面と平面とは一般的には第2種楕円積分により関係づけられるが、これについてはすでに経・緯度と横メルカトール座標との実用的な等角投影式が存在している。従ってここでは経・緯度座標とランドサット座標との関係を次のような2段階にわけて定義することにした。

変換① 経緯度座標 \rightleftharpoons 横メルカトール座標

変換② 横メルカトール座標 \rightleftharpoons ランドサット座標

ここで変換②については、横メルカトール座標は直角座標でありランドサット座標は斜交座標である。これらの座標系はアフィン変換を用いて関係式を作ることができる。横メルカトール座標値を (u, v) 、ランドサット座標値を (x, y) とすると、その関係式は、

表-1 東京周辺に配置した地上基準点座標値

No. Name	LANDSAT I		LANDSAT II		Ground Position	
	pixel	line	pixel	line	latitude	longitude
1 Sarushima	1192.0	2137.5	1217.0	2320.5	35°16'58.8"	139°41'52.0"
2 Honmokufuto	1079.0	1939.5	1105.5	2122.5	35°25'55.5"	139°40'13.4"
3 Eitaibashi	1147.5	1589.0	1178.5	1768.0	35°40'23.3"	139°47'27.3"
4 Haneda-airport	1168.0	1754.0	1197.0	1935.0	35°33'16.2"	139°46'00.0"
5 Yahata-kaigan	1702.0	1699.0	1735.0	1877.5	35°32'27.8"	140°06'48.7"
6 Yamakura	1766.5	1771.5	1799.0	1950.0	35°29'04.7"	140°08'16.4"
7 Kurotobashi	1458.5	1910.0	1488.5	2091.0
8 Futtsuminato	1362.5	2068.0	1390.5	2250.5	35°18'53.5"	139°49'09.0"

表-2 地上基準点における標定残差

No. Name	LADSAT II to I		LANDSAT I to GCP		LANDSAT II to GCP		Ground Control Point (SYS No. 9)	
	pixel	line	du(m)	dv(m)	du(m)	dv(m)	u(m)	v(m)
1 Sarushima	-0.5	-0.6	-56.0	-21.1	-9.1	-34.5	-79528.0	-12329.1
2 Honmokufuto	-0.3	0.5	62.2	2.6	21.5	-21.0	-62987.3	-14793.0
3 Eitaibashi	0.3	-0.5	-49.1	-23.6	-13.2	2.5	-36258.8	-3839.3
4 Haneda-airport	-0.2	0.3	15.7	31.1	-6.2	15.8	-49418.1	-6043.2
5 Yahata-kaigan	-0.2	0.3	52.7	9.2	38.2	2.3	-50875.4	25403.3
6 Yamakura	-0.3	-0.2	-42.9	-12.4	-30.9	-22.5	-57127.0	27631.3
7 Kurotobashi	0.5	0.2
8 Futtsuminato	0.7	0.1	17.5	14.2	-0.2	57.4	-76002.2	-1287.9

表-3 LANDSAT MAP の4隅の座標値

Gorner No.	Ground Position		Ground Position		LANDSAT I		LANDSAT II	
	Latitude	Longitude	X(m)	Y(m)	pixel	line	pixel	line
1	35°42'30"	139°41'15"	-32346	-13194	973.6	1562.1	1002.7	1741.8
2	35°42'30"	139°48'45"	-32355	-1885	1163.6	1536.1	1194.9	1715.2
3	35°37'30"	139°41'15"	-41590	-13208	1013.4	1675.1	1041.8	1855.1
4	35°37'30"	139°48'45"	-41600	-1887	1203.6	1649.1	1234.3	1828.4

$$u = p_1x + p_2y + p_3 \dots\dots\dots(1)$$

$$v = p_4x + p_5y + p_6$$

となり、6個の係数 p ($i=1,6$) は3個以上の互いに対応する点により決定できる。ここでは8個の地上基準点を表-1に示すように設定して、最小二乗法により標定を行った。

地上基準点の位置読取は、地図上では0.2mm程度に行い、0.1"単位で表わした。またそれに対応するランドサット画像上の位置は0.5ピクセルの単位で読取った。

またランドサット1の画像から、ランドサット2の画像への位置合せの残差は、およそ0.5ピクセルまたは0.5ラインであり、ランドサットの画像から地形図への位置合せはおよそ40mであることが表-2よりわかる。これらの残差の大きさは、2万5千分の1地形図上で約2mmに相

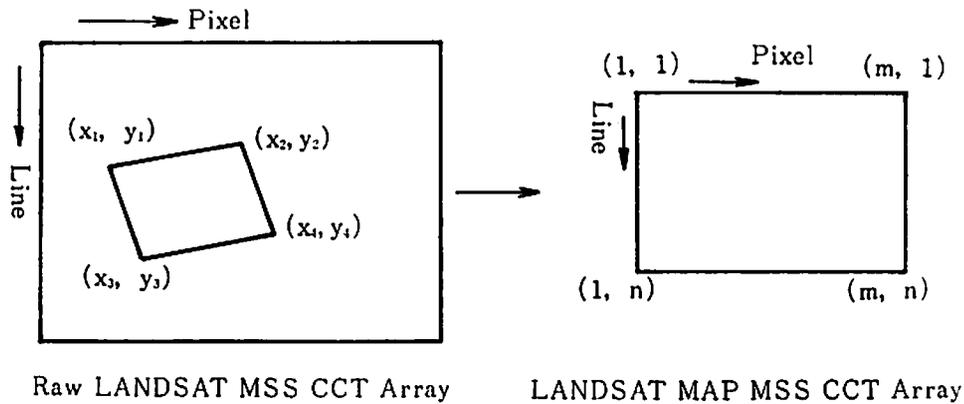


図-1 「LANDSAT CCT から LANDSAT MAP への MSS データの置換の概要」

当する。

(3) LANDSAT MAP 作成のアルゴリズム

LANDSAT・MAP の実験区画の 4 隅に対応するランドサット画像上の位置は表-3 のように計算できる。この 4 隅の点の内部に含まれている MSS 値を取出して、その配列を並べなおし、2 万 5 千分の 1 地形図に対応する長方形の行列 ($m \times n$) を作成する。これをディスプレイすれば、完全に 2 万 5 千分の 1 地形図と一致するランドサット画像が得られる。

図-1 においては、これを作成するために所定の図葉の 4 隅の座標値の対応を表わしている。平面上の 4 点の線型的対応は射影変換によって可能であるが、表-2 の結果から判断すると、(1) 式に示すアフィン変換を用いれば、位置の精度としては十分であると思われる。また MSS データのリサンプリング方法として、計算処理が最も簡単なニアレスト・ネイバー法を用いた。これは所定の点に最も近い点の MSS 値をサンプリングする方法である。

(4) LANDSAT MAP の試作

以上の方法を用いて、東京中央部の 2 万 5 千分の 1 地形図と等大な範囲の LANDSAT・MAP すなわち、再配列された MSS・CCT データを M-DAS 装置により試作した。この新しく作成した MSS データを Image-100 によってディスプレイしたものを写真-1 に示しておく。これは 1976 年 7 月 29 日にランドサットによって撮影されたものである。

画像のサイズは、300 ピクセル \times 240 ラインであり、一画素は地上において約 38.5 \times 38.5 m である。

3. ランドサットデータの景観図化へのアプローチ

(1) 概要

景観は自然環境を評価するとき、重要な一つの要素となる。景観を直接評価するためには普通、現地写真を撮ってきて、これを多くの被験者により採点するという方法が取られる。このような



写真-1. 1 : 25,000 LANDSAT MAP (29-July-1976)

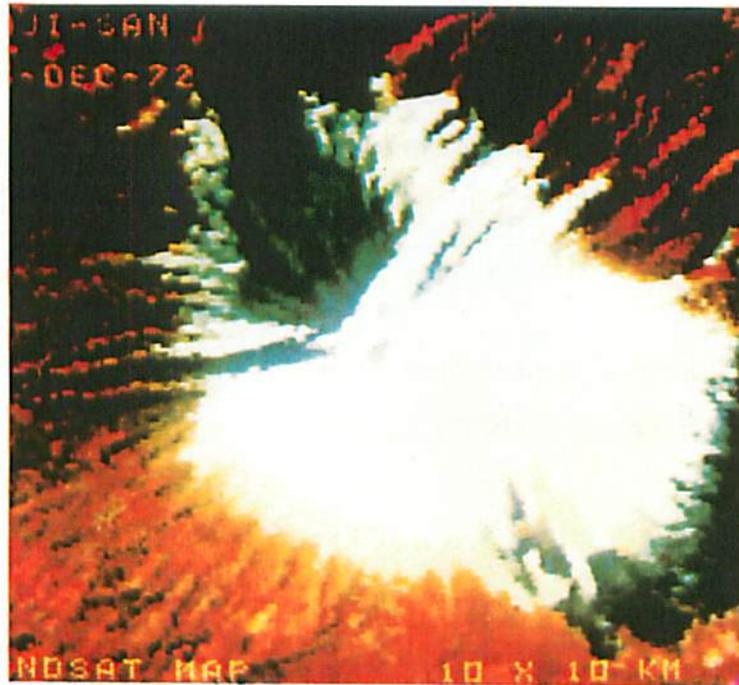


写真-2. 「1 : 50,000 LANDSAT MAP」(10km×10km)



写真-3. 「LANDSAT 景観図」

場合、もしも任意の時点の、任意の地点からの任意な方向を眺めた景観図を自由に得ることができるとすれば、そのような景観の評価はより満足がゆくものとなるにちがいない。

このような要求を実現するために、多くの環境情報を含み、しかも周期的に得られる LANDSAT・MSS・CCT データを利用してその景観図化を実験的に試みた。

実験的な景観の場として、富士山々頂を中心とする 5 万分の 1 地形図と等大な区画を選定した。前節で述べた方法により、1972 年 12 月 15 日にその地区を撮影した LANDSAT・MSS・CCT データを地形図と重なり合うように再配列変換した。この画像に 3 次元的地形情報を付与し、LANDSAT 景観図を作成する。これを作成する過程では次の 2 つの事項が重要な要素になると思われる。

- (i) 等高線データから LANDSAT 画像に対応する数値地形データを作成する。
- (ii) LANDSAT・MSS データの測地座標系から透視座標系への再配列。

(2) ランドサット景観図作成のための数値地形情報

ここで用いる地形データは地形図より収集することができる。5 万分の 1 地形図上の等高線をディジタイザーによって連続的に拾う。これらは 3 次元的座標を有する連続した点列のデータである。

地形はいま、

$$z = f(x, y) = a_1x^2 + a_2y^2 + a_3xy + a_4x + a_5y + a_6$$

なる 2 次曲面により表現されるものと仮定する。地形面は標高を求めるべき点を中心とした半径 r の円の中に含まれる点群データを用いて最小二乗法により 2 次曲面をサーフェス・フィッティングして近似される。LANDSAT・MSS データの各画素に対応する標高はその曲面上の点として内挿され、格子状数値地形モデルが得られる。格子間隔は一画素に対応して 50 m である。

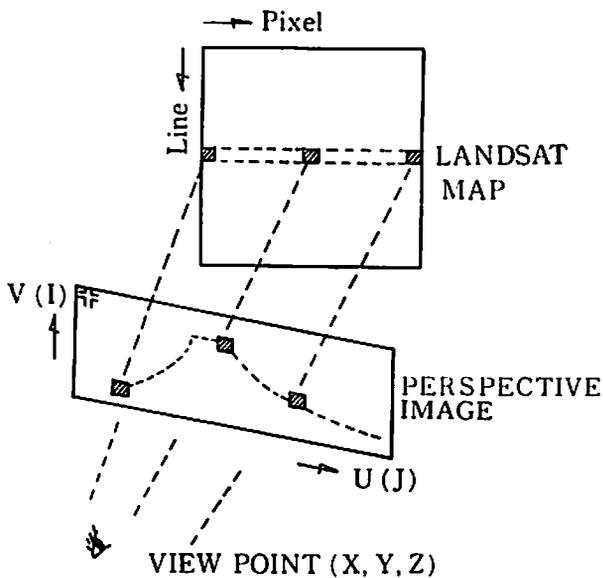


図-2. 「LANDSAT MAP から LANDSAT 景観図への MSS データ置換の概要」

(3) ランドサット景観図作成のアルゴリズム
 ランドサットマップ上の画素から透視画面上の画素への座標変換は図-2 に示されるように 3 次元的座標が付与された画素、透視画面をして視点間の幾何学的関係に基づいて行なわれる。その結果、透視画面上の MSS データの垂直お

よび水平座標が決定される。このとき、対象となる地形の輪郭は隠線処理され、最終的に景観画面が形成される。

(4) LANDSAT 景観図の試作

写真-2は富士山々頂を中心にした10km×10kmの範囲の5万分の1 LANDSAT-MAPである。画像のサイズは200ピクセル×200ラインで1画素は地上において約50m×50mに相当する。写真-3はその画像から作成されたLANDSAT景観図をImage-100によってディスプレイしたものである。

4. 結論と展望

LANDSAT から得られる空間的形狀情報と波長的形狀情報を含む映像情報に基づいて特定の現象を解析するリモートセンシング技術が実用的に利用される。

本研究をとおして、このLANDSATデータの有効利用のためにその地図化と景観図化が解析利用者に対しMSSデータの優れた解像力に加え、正確な位置の確認と3次元的空间における視覚的評価を提供するものであることが明らかにされた。図-3はLANDSAT・MSS・CCTデータの地図化と景観化のための画像処理システムの概要である。

これらの画像処理を基礎にしたLANDSATデータのデジタル処理を主眼にしたマルチスペクトラル解析は、従来、熟練を必要としたアナログ処理のそれと比べ、高速度かつ高精度で特殊画像解析装置により達成される。また今後、LANDSATデータの解像力と周期性が向上されるにつれて、土地利用や土地被覆の状況がさらに適確に探査され、経時的なデータ整備がなされ、これに地形情報に代表される物理的データおよび行政統計情報に代表される社会的データを対応づけることにより新しい解析技術や利用の展望がいくつか実用化されると考えられる。

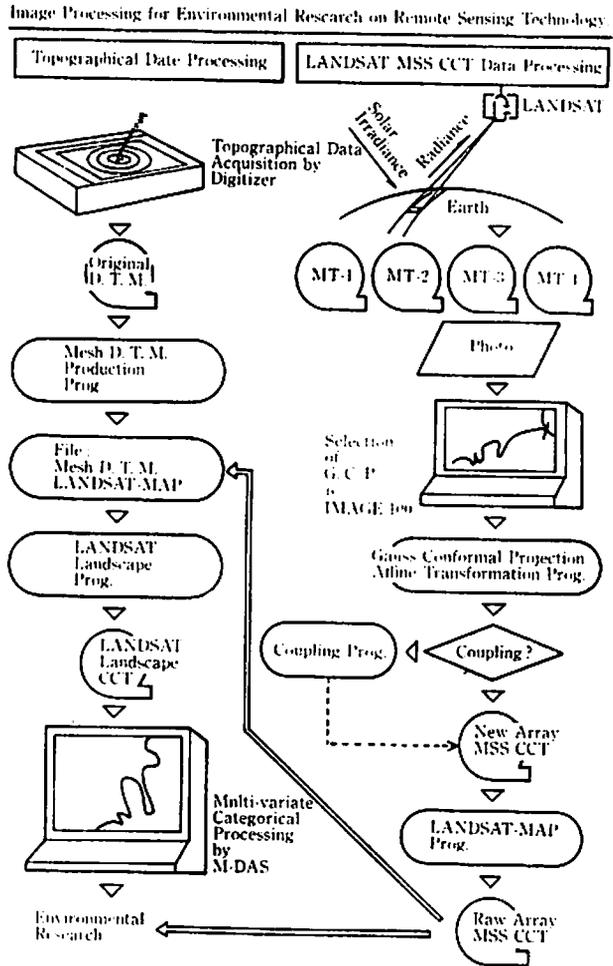


図-3. LANDSAT・MSS・CCTデータの地図化と景観図化のための画像処理システム