

LANDSAT-5의 TM과 MSS 데이터의 比較에 관한 研究

— 仁川地域의 土地利用分類를 中心으로 —

A Study on the Comparison of LANDSAT-5 TM and MSS Data

— laying stress on the landuse mapping of Incheon area —

安 哲 浩*

朴 炳 旭**

Ahn Chul-Ho

Park Byung-Uk

要 旨

本 研究에서는 LANDSAT-5號의 TM과 MSS 데이터를 比較分析함으로서 TM 데이터의 活用方案에 대한 檢討를 하고자 하였다.

TM과 MSS 데이터의 比較는 仁川地域의 土地利用分類 結果를 中心으로 이루어졌으며, 아울러 画像 強調處理의 方法에 따른 正確度の 比較도 行하였다.

研究結果, 土地利用分類에 있어서 TM 데이터가 MSS보다 약 20%의 正確度 向上을 가져왔으며, TM 画像의 強調處理에서는 平滑化處理가 效果的이었음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this study, practical use of TM (Thematic Mapper) data was evaluated by comparison of LANDSAT-5 TM and MSS (Multispectral Scanner) data.

The comparison of TM and MSS data was achieved by analyzing the result of landuse mapping of Incheon area, and in addition, the comparison of accuracy according to image enhancement method was made.

From the results of this study, we found that TM data was more accurate by about 20% than MSS data in landuse mapping, and that smoothing was effective in image enhancement processing of TM data.

* 서울대학교 工科大學 教授

** 서울대학교 大學院 碩士課程

1. 序 論

1.1 研究의 背景과 目的

1972年 7月 美國 NASA에 의해 地球資源探查를 目的으로 하는 最初의 人工衛星 LANDSAT-1號가 發射된 이후 現在의 LANDSAT-5號에 이르는 동안, 遠隔探查(Remote Sensing)의 技術은 實驗段階를 벗어나 이제 實用化段階에 접어들고 있으며 LANDSAT-4號부터 새로이 搭載되기 시작한 TM(Thematic Mapper)의 豊富한 情報 提供은 遠隔探查에 획기적인 發展의 契機가 되었다.

한편, 1986年 2月 프랑스에서 解像力 10~20 m인 HRV(High Resolution Visible) Sensor가 搭載된 SPOT-1號의 발사에 成功함으로서 이의 活用に 대한 관심이 高調되고 있으며, 이밖에 日本에서는 1987년에 MOS-1號(Marine Observation Satellite)를 1990년에 ERS-1號(Earth Resources Satellite)를 각각 발사할 豫定이며, 유럽의 ESA(European Space Agency)에서도 1989년에 ERS-1號를 발사할 豫정이다.¹⁾

이와같이 人工衛星 데이터를 利用하는 遠隔探查에 대하여 그 效用성이 立證됨에 따라 國際적으로 이의 活用に 대한 研究가 集中되고 있으며, 아울러 더욱 좋은 解像力을 가진 Sensor의 開發에 主力하는 추세이다.

우리나라에서도 1970年代 후반부터 LANDSAT-AT 데이터의 活用に 대한 研究가 꾸준히 進行되어 MSS(Multispectral Scanner) 데이터를 이용한 都市域의 土地利用分類, 經年變化의 抽出 등 많은 成果를 거두고 있으며,^{(2),(3),(4)} 한편으로 1985年 부터 TM 데이터가 一般에게 公開되면서 이의 人手가 可能해짐에 따라 TM 데이터를 이용한 情報의 抽出에 대하여 關心이 집중되고 있다.

따라서 本 研究에서는 LANDSAT-5號의 TM과 MSS 데이터를 比較分析함으로서 TM 데이터의 活用方案에 대한 檢討를 하고자 하였다.

1.2 研究의 方法과 範圍

本 研究에서의 画像處理는 本 大學 遠隔探查 研究室에 導入된 人工衛星画像處理裝置(Image Processing System, M-301)를 사용하였으며, LANDSAT 데이터는 日本 地球觀測 센터에서 受信한 것을 사용하였고, 画像解析 및 正確度 分析을 위하여 國立地理院 發行의 1/25,000 地形圖와 1/5,000 地形圖를 이용하였다.

TM과 MSS 데이터의 比較는 土地利用分類 結果를 中心으로 이루어졌으며, 아울러 画像強調 處理의 方法에 따른 正確度の 比較도 行하였다.

解析画像의 크기를 500×500 画素(Pixel)로 定하였으며 TM 画像에서 이 크기에 適當한 地域인 仁川地域을 解析對象地로 選定하였다.

2. 使用 데이터의 前處理

2.1 使用 데이터

研究에 사용된 CCT(Computer Compatible Tape)는 1985年 10月 21日 LANDSAT-5號로 觀측한 Path 116-Row 34의 TM과 MSS Scene으로서, 雲量 1%이며 Bulk 補正後 BIL(Band Interleaved by Line) Format으로 作成된 것이다.

CCT에 기록되는 TM의 데이터 값은 0에서 255의 값을 가지며 MSS의 경우 0에서 127의 값으로 구성되고, 각 Sensor의 Band別 波長域은 表-1과 같다.⁽⁵⁾

表-1. LANDSAT-5號 Sensor의 Band別 波長域

BAND	TM	MSS*
Band 1	0.45~0.52 μm	0.5~0.6 μm
Band 2	0.52~0.60	0.6~0.7
Band 3	0.63~0.69	0.7~0.8
Band 4	0.76~0.90	0.8~1.1
Band 5	1.55~1.75	
Band 6	10.4~12.5	
Band 7	2.08~2.35	

* LANDSAT 1~3號에서 MSS Band는 4, 5, 6, 7 Band로 通稱되었으나 4, 5號에서는 1, 2, 3, 4 Band로 命名되었다.

CCT에서 Disk로 仁川地域의 데이터를出力시
킬 때 幾何補正 後의 切出을 고려하여 實際 解
析對象領域보다 크게⁽⁶⁾ TM은 695×695 画素로,
MSS는 352×352 画素의 크기로 出力하였다.

寫眞1은 CCT에서 Disk로 出力시킨 TM 데
이타를 Interval 2로 칼라合成(Band 2-blue
filter, Band 4-red filter, Band 7-green filt-
er)한 것이다.

2.2 幾何補正(Geometric Correction)

CCT의 데이터가 衛星의 AMS (Attitude Me-
asurement Subsystem)로 부터의 情報만으로 補
正한 Bulk補正 데이터므로 地上基準點(GCP;
Ground Control Point)을 使用하여 精密補正을
하였으며 그 過程은 다음과 같다.

① 1985년에 製作된 1/25,000 地形圖에서 각
GCP의 經緯度座標를 구한 후 UTM座標로 換算
하여 1画素당 地上面積을 基準으로 새로운 座標
(u, v)를 算出하고 이를 画像에서의 座標(x, y)
와 一致시켰다.

Bulk補正된 TM 데이터의 1画素당 地上面積
은 28.5m×28.5m이고 MSS 데이터에서는 57m

×57m이지만,⁽⁷⁾ 本 研究에서는 經緯度座標에서
(u, v) 座標를 算出할 때 TM의 1画素당 地上面
積을 소수점 處理를 위하여 29m×29m로 入力
하여 계산하였으며 MSS에서는 TM의 2倍인
58m×58m로 하였다.

座標變換式으로 Affine 變換式을 使用하였으
며 未知係數는 最小自乘法으로 구하였고, GCP
의 平均제곱근(Root Mean Square) 誤差가 0.5
画素 이내가 되도록 GCP를 選定하였다.

② GCP에 의한 座標變換式이 決定되면 이에
의한 補正画像의 크기를 算出한 후, 補正画像과
原画像과의 關係를 다시 Affine 變換式에 의하
여 決定한다.

③ ②에서 구한 變換式으로 補正画像의 각
画素의 값을 原画像에서 찾아 再配列(Resampli-
ng) 한다.

画素의 再配列方法에는 最近隣內插法(Neare-
st Neighbour), 共1次內插法(Bilinear Interpol-
ation), Cubic Convolution 등이 있으며⁽⁸⁾ 本 研
究에서는 隣接한 4개 화소값의 加重平均値를 택
하는 共1次內插法을 使用하였으며 式(1)을 이용
하여 補正画像의 화소값을 決定하였다.^{(9),(10)}

```

AFFINE TRANSFORM BY LSQ METHOD.
INPUT CP FILE = OGCP1
① TRANSFORMATION PARAMETERS...
XX = -36.757 + 0.966 *X + 0.200 *Y
YY = -58.292 + -0.200 *X + 0.959 *Y
GCP INPUT/OUTPUT COORDS & ERRORS(PIXEL)


|     |     |     |     |       |
|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1   | 179 | 0   | 113 | 0.214 |
| 80  | 561 | 153 | 464 | 0.326 |
| 139 | 449 | 187 | 345 | 0.454 |
| 381 | 140 | 359 | 0   | 0.209 |
| 383 | 363 | 406 | 213 | 0.494 |
| 492 | 590 | 556 | 409 | 0.526 |
| 615 | 398 | 637 | 201 | 0.452 |


RMS ERROR = 0.375
INPUT FILENAME = TIC1
OUTPUT FILENAME = TICG1
(u, v)

4 CORNERS COORDINATES (INPUT/OUTPUT)


|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 1.0   | 1.0   | 0.4   | 139.5 |
| 1.0   | 695.0 | 139.2 | 805.2 |
| 695.0 | 695.0 | 809.4 | 666.5 |
| 695.0 | 1.0   | 670.6 | 0.8   |


② CORRECTION PARAMETERS...
XX = 29.461 + 0.993 *X + -0.207 *Y
YY = -138.4 + 0.207 *X + 0.999 *Y
OUTPUT/INPUT COORDS


|       |       |        |        |
|-------|-------|--------|--------|
| 1.0   | 1.0   | 30.2   | -137.3 |
| 1.0   | 805.0 | -138.2 | 666.2  |
| 809.0 | 805.0 | 665.9  | 833.3  |
| 809.0 | 1.0   | 832.3  | 29.8   |


```

그림 1. TM의 座標變換式

```

AFFINE TRANSFORM BY LSQ METHOD.
INPUT CP FILE = OGCP2
① TRANSFORMATION PARAMETERS...
XX = -12.628 + 0.972 *X + 0.202 *Y
YY = -6.093 + -0.202 *X + 0.962 *Y
GCP INPUT/OUTPUT COORDS & ERRORS(PIXEL)


|     |     |     |     |       |
|-----|-----|-----|-----|-------|
| 4   | 90  | 9   | 80  | 0.530 |
| 11  | 9   | 0   | 0   | 0.363 |
| 44  | 295 | 90  | 269 | 0.373 |
| 167 | 71  | 164 | 28  | 0.486 |
| 255 | 106 | 257 | 45  | 0.707 |
| 288 | 336 | 333 | 259 | 0.437 |
| 309 | 200 | 328 | 124 | 0.150 |


RMS ERROR = 0.433
INPUT FILENAME = MIC1
OUTPUT FILENAME = MICG1
(u, v)

4 CORNERS COORDINATES (INPUT/OUTPUT)

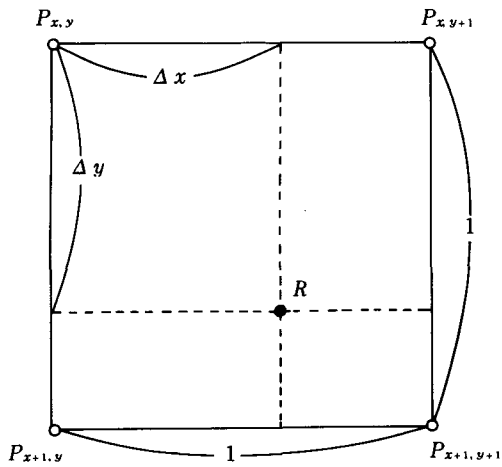

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 1.0   | 1.0   | 0.5   | 71.7  |
| 1.0   | 352.0 | 71.4  | 409.3 |
| 352.0 | 352.0 | 412.6 | 336.4 |
| 352.0 | 1.0   | 341.8 | 0.8   |


② CORRECTION PARAMETERS...
XX = 15.281 + 0.986 *X + -0.207 *Y
YY = -70.499 + 0.207 *X + 0.996 *Y
OUTPUT/INPUT COORDS


|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 1.0   | 1.0   | 16.1  | -69.3 |
| 1.0   | 409.0 | -68.3 | 337.1 |
| 412.0 | 409.0 | 336.8 | 422.2 |
| 412.0 | 1.0   | 421.2 | 15.8  |


```

그림 2. MSS의 座標變換式



$$R = (1 - \Delta x)(1 - \Delta y)P_{x,y} + \Delta x(1 - \Delta y)P_{x,y+1} + (1 - \Delta x)\Delta y P_{x+1,y} + \Delta x \Delta y P_{x+1,y+1} \dots (1)$$

P: 原画像의 화소값
R: 補正画像의 화소값

그림 3. 共1次 内插法

寫眞 2 에 TM 데이터의 幾何補正 結果를 Interval 2 로 鈐라合成하여 나타냈다.

2.3 解析對象領域의 切出

幾何補正 後 TM画像에서 解析對象地域을 500×500 画素로 切出하였으며(寫眞3,4 參照), MSS画像에서는 Cubic Corvolution⁽¹¹⁾으로 2倍 확대하여 1画素가 나타내는 地上面積이 TM과 같이 29m×29m가 되도록 한 후에 TM의 切出領域과 같도록 500×500 画素를 切出 함으로서(寫眞 5 參照) 總面積 210.25km²의 仁川地域을 解析 하였다.

以上의 前處理 過程을 거치는 동안 画像의 變化를 TM画像을 基準으로 그림 4 에 나타냈다.

3. 畫像解析

3.1 畫像解析의 方法

画像解析의 方法은 크게 Ground Truth Data를 사용하는 教師있는 分類와 이를 사용하지 않는 教師없는 分類로 나눌 수 있으며,⁽¹²⁾ 教師있는 分類에는 最短距離法 (Minimum Distance to Means

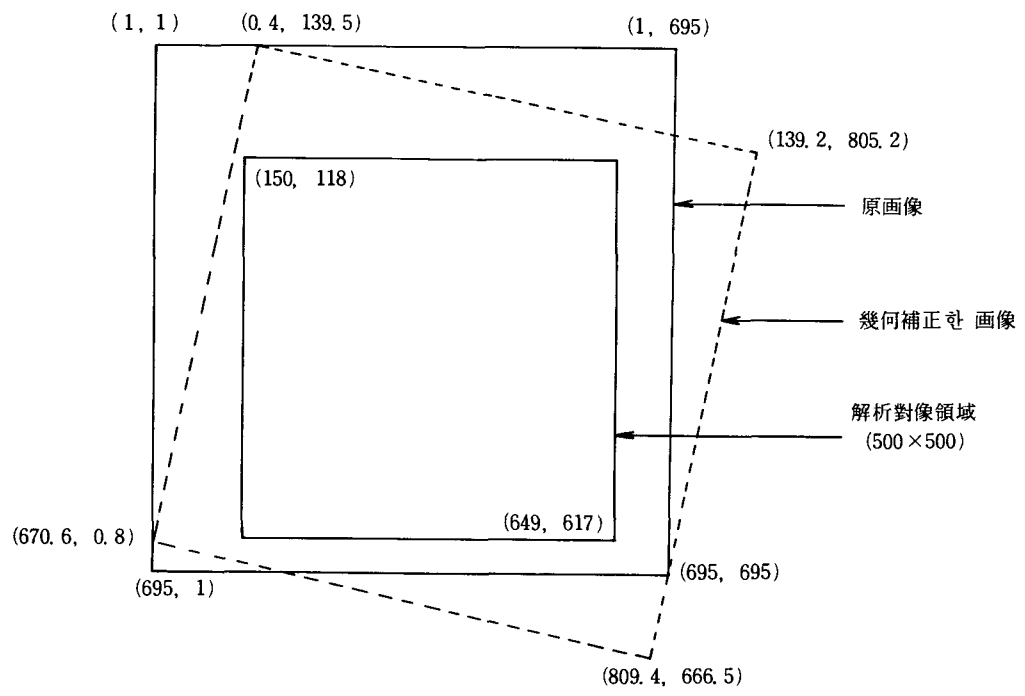


그림 4. 前處理 過程에서의 画像變化圖 (TM画像)

Classifier), 平行六面體法 (Parallelepiped Classifier), 最大尤度法 (Maximum Likelihood Classifier) 등이 있고 教師없는 分類에는 Cluster 分析法이 가장 많이 쓰인다.¹³⁾

本 研究에서는 正確性和 效率성을 考慮하여 平行六面體法을 사용하고자 하였으나 分類하려는 Class의 數가 많고 Training Data의 相關關係가 높아 이 方法의 사용이 어려웠으며, 따라서 컴퓨터의 計算時間이 많이 걸리지만 가장 正確한 方法이라 할 수 있는 最大尤度法을 사용하였다.

이 方法은 Training Data가 正規分布를 따르는 假定下에 Data의 平均벡터와 共分散行列 (Covariance Matrix)을 계산한 후 確率密度函數를 利用하여 각 像素를 確率의 가장 높은 Class로 分類하는 方法이다.¹⁴⁾

즉, $X \in W_i$ if and only if

$$P(X | W_i) P(W_i) \geq P(X | W_j) P(W_j)$$

 for all $j=1,2,\dots, m$

여기서, $P(X | W_i)$: probability density function associated with X
 $P(W_i)$: priori probability of class i ^{(15),(16)}

그림 5는⁽¹⁷⁾ 이 方法의 2次元의 概念圖를 나타내며, 여기서 等確率曲線 (Equiprobability Contour)은 $P(X | W_i) P(W_i)$ 가 같은 점들을 이은 것

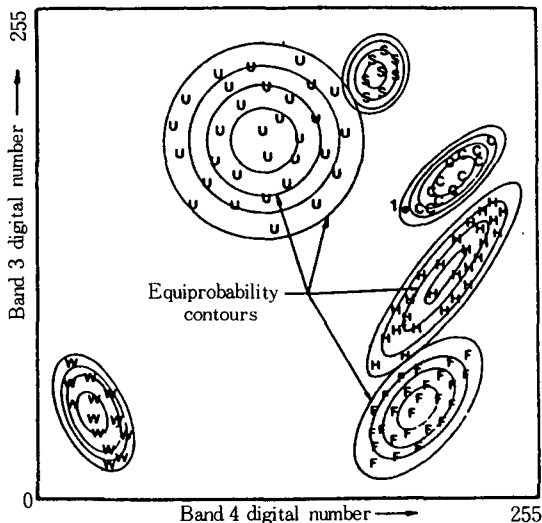


그림 5. 最大尤度法의 概念圖

로서 각 Class의 分散뿐만 아니라 相關關係에도 敏感하게 나타나 가장 正確한 分類方法임을 알 수 있다.

實際解析에서는 分類의 正確도를 높이기 위하여 3次元의 解析을 하였다.

3.2 分類項目 및 Training Field의 選定

比較分析을 위하여 TM과 MSS에서 分類項目을 都市, 森林, 農耕地, 水域, 塩田, 濕地, 裸地, 埋立地, 廢水沈澱地 등 9個로 똑같이 設定하였다.

都市域 중에서 대체적으로 住居密集地域들은 圖像이 약간 어둡게 나타나고 工業地域들은 밝게 나타나는 傾向이 있으나 住居地와 工業地의 混在로 인하여 明確한 區分을 할 수 없었다. 그러나 濕地의 反射率이 3.3의 그림6과 같이 都市域의 어두운 부분과 비슷한 形態로 나타나 이의 分離를 위하여 都市域을 두개의 項目으로 나누어 分類하였으며 分類結果를 處理하는 過程에서는 單一項目으로 取扱하였다.

Training Field는 1/25,000 地形圖와 現地調査를 基準으로 選定하였으며 TM과 MSS에서 같은 Training Field를 사용하였으나 裸地域은 Training Field 要素의 크기가 작은 관계로 약간의 差異를 두었다.

3.3 畫像強調處理

一般的인 畫像強調處理 方法에는 Contrast Stretch, 畫像間 演算, Filtering, 데이터 壓縮, 칼라合成 등이 있으며⁽¹⁸⁾ 本 研究에서는 畫像間 演算과 Filtering 處理에 의하여 畫像強調를 하였다.

3.3.1 畫像間 演算에 의한 強調

畫像間 演算을 통하여 Class間的 分離도를 높임으로서 畫像解析의 正確도를 向上시키고자 하였다.

여러가지 演算方法⁽¹⁹⁾을 實行한 후 Coincident Spectral Plot⁽¹⁷⁾로 判斷하여 Class間的 分離도가 가장 좋은 Band 組合 3個를 選定하였으며(그림 6 參照) 그 結果를 表-2에 나타냈다.

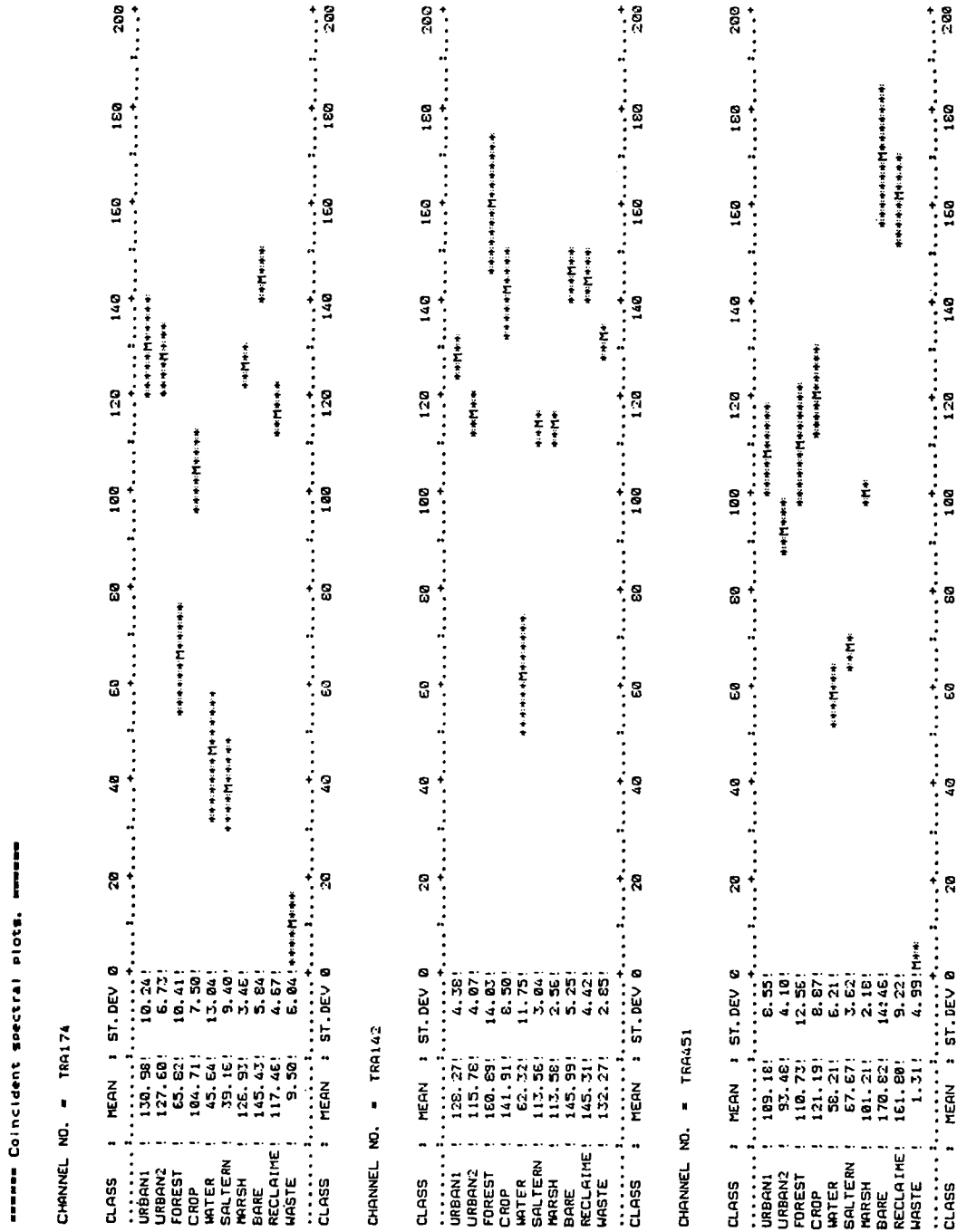


그림 6. 海軍處理班 TM의 Coincident Spectral Plot

表- 2. 演算處理에 使用된 画像 및 演算式

데이터	入 力 画 像		演 算 式
	A	B	
TM	Band 7	Band 4	$162.5 \times \tan^{-1}(A/B)$
	Band 4	Band 2	$162.5 \times \tan^{-1}(A/B)$
	Band 5	Band 1	$A - B + 128$
MSS	Band 2	—	$2 \times A$
	Band 4	Band 2	$162.5 \times \tan^{-1}(A/B)$
	Band 3	Band 1	$162.5 \times \tan^{-1}(A/B)$

3.3.2 Filtering에 의한 強調

Filtering은 크게 中心画素의 값을 그 周圍画素의 平均값으로 變換하는 平滑化 (Smoothing, Low Pass Filtering) 方法과, 中心画素값과 周圍画素값의 平均과의 差에 任意의 數를 곱하는 Edge Enhancement (High Pass Filtering) 方法으로 나눌 수 있다.

本 研究에서는 3×3 Filter Array를 사용하여 각 画素의 값을 周圍의 9개 画素의 平均값으로 變換하는 平滑化를 함으로서 雜音除去 및 Class內的 分散 (Within-class Variance)을 減少시켜⁽²⁰⁾ 正確度を 向上시키고자 하였다. (寫眞6: TM画像의 平滑化 結果)

앞의 演算處理에 使用한 入力画像들을 平滑化한 후에 다시 같은 演算式으로 演算處理를 하여서 比較解析을 하였다.

3.4 土地利用分類의 結果

TM과 MSS 데이터 각각에 대하여 演算에 의해 強調한 画像과 Filtering 後 演算處理한 画像를 사용하여 最大尤度法으로 仁川地域의 土地利用分類를 하였으며 그 結果를 表-3에 나타냈다.

寫眞 7~10은 分類結果를 Color Display한 것으로서 都市는 보라색, 森林은 초록색, 農耕地는 연노랑색, 水域은 남색, 塩田은 분홍색, 濕地는 담청색, 裸地는 검정색, 埋立地는 황갈색, 廢水沈澱地는 빨강색으로 나타냈다.

4. 分類結果의 解析

4.1 Training Field의 評價

画像解析의 結果는 각 Class의 Training Field의 데이터에 의해 左右되므로 Training Field의 選定이 매우 重要하다. 따라서 Training Field의 妥當性을 檢證하기 위하여 Confusion Matrix를

表- 3. 仁川地域의 土地利用分類 結果

Point (面積: km²)

Class \ 画像	T	M	M	S	S
	A*	B	C	D	D
都 市	79,438 (66.81)	79,785 (67.10)	67,006 (56.35)	63,046 (53.02)	
森 林	59,167 (49.76)	63,461 (53.37)	45,402 (38.18)	44,871 (37.74)	
農 耕 地	38,048 (32.00)	33,638 (28.29)	61,591 (51.80)	68,514 (57.62)	
水 域	56,310 (47.36)	56,452 (47.48)	54,465 (45.81)	54,577 (45.90)	
塩 田	1,770 (1.49)	1,325 (1.11)	7,567 (6.36)	6,229 (5.24)	
濕 地	7,707 (6.48)	7,794 (6.55)	8,511 (7.16)	7,215 (6.07)	
裸 地	4,942 (4.16)	4,856 (4.08)	3,630 (3.05)	3,937 (3.31)	
埋 立 地	2,380 (2.00)	2,446 (2.06)	1,564 (1.32)	1,348 (1.13)	
廢 水 地	238 (0.20)	243 (0.20)	264 (0.22)	263 (0.22)	
合 計	250,000 (210.25)	250,000 (210.25)	250,000 (210.25)	250,000 (210.25)	

- * A: 画像間 演算에 의해 強調處理한 TM画像의 分類結果画像
 - B: Filtering 後 画像間 演算處理한 TM 画像의 分類結果画像
 - C: 画像間 演算에 의해 強調處理한 MSS 画像의 分類結果画像
 - D: Filtering 後 画像間 演算處理한 MSS 画像의 分類結果画像
- ※ 以後에 記述하는 A, B, C, D는 *에 準한다.

作成하여 Training Field의 데이터가 分類된 画像에서 올바른 Class로 分類되었는 지를 照査하였다.⁽²¹⁾

그 結果, Training Field의 分類正確도가 A画像에서 98.62%, B画像에서 99.93%, C画像에서 92.16%, D画像에서 94.50%로 나타나 Training Field의 選定이 良好하였음이 判明되었으며, M-SS 画像보다 TM画像에서, 演算處理만 한 画像보다는 Filtering後 演算處理한 画像에서 더욱 높게 나타났다. (表 4~7)

一般的으로 Training Field는 Class가 均一한 (Homogeneous) 地域에서 選定하므로 Training

Field의 分類正確도는 實際 全體 画像의 正確도보다 높게 나타나며, 따라서 이를 全画像의 分類正確도 比較의 根據로 삼을 수는 없다.

4.2 分類正確도의 解析

全画像의 分類正確도를 評價하기 위하여 Training Field가 包含되지 않은 地域 중에서 6개의 Test Field Area를 選定하여 總 11,986 画素에 대하여 1/5,000 地形圖와 比較하였다.

使用한 CCT의 觀測年度인 1985년에 製作된 1/5,000 地形圖가 없는 關係로 1982年度の 1/

表-4. A画像에서의 Training Field에 대한 Confusion Matrix

Class	画素數	分類画像에서의 Class									正確度 (%)
		都市	森林	農耕地	水域	塩田	濕地	裸地	埋立地	廢水地	
都市	600	594	0	0	0	0	0	3	3	0	99.00
森林	500	0	489	7	3	1	0	0	0	0	97.80
農耕地	400	0	10	390	0	0	0	0	0	0	97.50
水域	500	0	1	0	496	3	0	0	0	0	99.20
塩田	172	0	5	0	0	167	0	0	0	0	97.09
濕地	300	2	0	0	0	0	298	0	0	0	99.33
裸地	79	0	0	0	0	0	0	79	0	0	100.00
埋立地	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100.00
廢水地	104	0	0	0	0	0	0	0	0	104	100.00
合計	2,755										98.62

表-5. B画像에서의 Training Field에 대한 Confusion Matrix

Class	画素數	分類画像에서의 Class									正確度 (%)
		都市	森林	農耕地	水域	塩田	濕地	裸地	埋立地	廢水地	
都市	600	600	0	0	0	0	0	0	0	0	100.00
森林	500	0	500	0	0	0	0	0	0	0	100.00
農耕地	400	0	2	398	0	0	0	0	0	0	99.50
水域	500	0	0	0	500	0	0	0	0	0	100.00
塩田	172	0	0	0	0	172	0	0	0	0	100.00
濕地	300	0	0	0	0	0	300	0	0	0	100.00
裸地	79	0	0	0	0	0	0	79	0	0	100.00
埋立地	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	100.00
廢水地	104	0	0	0	0	0	0	0	0	104	100.00
合計	2,755										99.93

表-6. C畫像에서의 Training Field에 대한 Confusion Matrix

Class	画素數	分類 画 像 에 서 의 Class									正 確 度 (%)
		都 市	森 林	農耕地	水 域	塩 田	濕 地	裸 地	埋立地	廢水地	
都 市	600	481	0	1	0	0	116	1	1	0	80.17
森 林	500	0	499	0	0	1	0	0	0	0	99.80
農 耕 地	400	16	0	384	0	0	0	0	0	0	96.00
水 域	500	0	0	0	497	3	0	0	0	0	99.40
塩 田	172	0	0	1	0	169	2	0	0	0	98.26
濕 地	300	68	0	0	0	0	232	0	0	0	77.33
裸 地	52	0	0	0	0	0	0	50	2	0	96.15
埋 立 地	100	2	0	0	0	0	0	0	98	0	98.00
廢 水 地	104	0	0	0	0	0	0	0	0	104	100.00
合 計	2,728										92.16

表-7. D畫像에서의 Training Field에 대한 Confusion Matrix

Class	画素數	分類 画 像 에 서 의 Class									正 確 度 (%)
		都 市	森 林	農耕地	水 域	塩 田	濕 地	裸 地	埋立地	廢水地	
都 市	600	525	0	0	0	0	75	0	0	0	87.50
森 林	500	0	500	0	0	0	0	0	0	0	100.00
農 耕 地	400	7	0	393	0	0	0	0	0	0	98.25
水 域	500	0	0	0	500	0	0	0	0	0	100.00
塩 田	172	0	0	0	0	171	1	0	0	0	99.42
濕 地	300	62	0	0	0	0	238	0	0	0	79.33
裸 地	52	0	0	0	0	0	0	51	1	0	98.08
埋 立 地	100	2	0	0	0	0	0	2	96	0	96.00
廢 水 地	104	0	0	0	0	0	0	0	0	104	100.00
合 計	2,728										94.50

5,000 地形圖를 사용하였으며, 이를 1985年度의 1/25,000 地形圖와 비교하여 變化가 거의 없는 地域 중에서 Test Field를 選定하였다.

Test Field의 각 화소를 地形圖와 比較하기 위하여 1/5,000地形圖에서 1화소의 크기인 29m 에 該當하는 5.8mm 格子網을 準備하여, 이를 地

表-8. A畫像에서의 Test Field에 대한 Confusion Matrix

Class	画素數	分類 画 像 에 서 의 Class									正 確 度 (%)
		都 市	森 林	農耕地	水 域	塩 田	濕 地	裸 地	埋立地	廢水地	
都 市	5,731	5,240	235	165	22	0	25	43	1	0	91.43
森 林	2,501	176	2,013	289	0	0	0	22	1	0	80.49
農 耕 地	1,311	24	326	943	0	8	1	9	0	0	71.93
水 域	1,727	63	4	10	1,649	0	1	0	0	0	95.48
塩 田	264	15	53	31	3	158	4	0	0	0	59.85
濕 地	239	25	4	24	0	0	186	0	0	0	77.82
裸 地	213	66	4	41	0	0	0	101	1	0	47.42
合 計	11,986										85.85

Class別 正 確 度의 平均=74.92%

表-9. B畫像에서의 Test Field에 대한 Confusion Matrix

Class	画素數	分類 画 像 에 서 의 Class									正確度 (%)
		都 市	森 林	農耕地	水 域	塩 田	濕 地	裸 地	埋立地	廢水地	
都 市	5,731	5,306	231	74	47	0	3	69	1	0	92.58
森 林	2,501	129	2,182	160	0	0	0	28	2	0	87.25
農耕地	1,311	15	353	931	0	1	0	11	0	0	71.01
水 域	1,727	41	4	11	1,671	0	0	0	0	0	96.76
塩 田	264	8	53	38	1	158	6	0	0	0	59.85
濕 地	239	9	10	33	0	0	187	0	0	0	78.24
裸 地	213	71	4	27	0	0	0	111	0	0	52.11
合 計	11,986										87.99

Class別 正確度的 平均=76.83%

表-10. C畫像에서의 Test Field에 대한 Confusion Matrix

Class	画素數	分類 画 像 에 서 의 Class									正確度 (%)
		都 市	森 林	農耕地	水 域	塩 田	濕 地	裸 地	埋立地	廢水地	
都 市	5,731	3,311	212	1,480	23	349	288	59	9	0	57.77
森 林	2,501	87	1,776	618	0	5	0	11	4	0	71.01
農耕地	1,311	77	160	1,064	0	2	8	0	0	0	81.16
水 域	1,727	19	0	15	1,532	130	31	0	0	0	88.71
塩 田	264	26	21	48	0	159	10	0	0	0	60.23
濕 地	239	114	14	50	0	20	41	0	0	0	17.15
裸 地	213	90	1	76	0	0	0	42	4	0	19.72
合 計	11,986										66.12

Class別 正確度的 平均=56.54%

表-11. D畫像에서의 Test Field에 대한 Confusion Matrix

Class	画素數	分類 画 像 에 서 의 Class									正確度 (%)
		都 市	森 材	農耕地	水 域	塩 田	濕 地	裸 地	埋立地	廢水地	
都 市	5,731	3,041	200	1,834	27	328	235	64	2	0	53.06
森 林	2,501	68	1,774	640	0	0	0	15	4	0	70.93
農耕地	1,311	36	145	1,125	0	15	0	0	0	0	85.81
水 域	1,727	17	0	19	1,550	117	24	0	0	0	89.75
塩 田	264	13	24	65	0	155	7	0	0	0	58.71
濕 地	239	121	16	58	0	14	30	0	0	0	12.55
裸 地	213	71	0	85	0	0	0	54	3	0	25.35
合 計	11,986										64.48

Class別 正確度的 平均=56.59%

形圖 위에 겹쳐 놓은 후 각 画素의 實際 Class 를 判讀하여 컴퓨터로 分析한 結果와 比較하였다.

Test Field에는 되도록 모든 Class가 包含되도록 하고 각 Class別로 최소한 50點 以上이 되도록

목⁵⁾ 하였으나 埋立地和 廢水沈澱地域은 82年度와 85年度의 變化가 매우 심한 地域에 分布되어 있어서 正確度 解析對象에서 除外 되었다. 이 地域에 대해서는 画像解析 후에 現地調査를 하였으며, 이를 基準으로 判斷하여 볼 때 良好하

다고 생각된다.

각 分類画像別로 正確度 解析한 結果를 表 8 ~ 11에 整理하였다.

4.3 綜合 評價

全般的으로 TM 데이터의 正確도가 MSS 보다 약 20% 높게 나타남으로서, 역시 解像力이 좋고 Band가 多様な TM의 正確도가 더욱 優秀함이 立證되었다.

Filtering 處理한 結果는 TM에서는 全體 正確度面에서나 Class別 正確度の 平均값에서 모두 약 2%의 正確度 向上을 가져온 反面에 MSS에서는 全體 正確度面에서의 減少와 Class別 正確度の 平均값에서의 약간의 向上을 나타냄으로서, Wilthin-class Variance가 높은 TM 데이터에서는 平滑化處理가 効果的이었으나 MSS에서는 별 效果가 없음을 알 수 있었다.

각 Class 別로 볼 때 水域의 正確도가 가장 높았으며 裸地의 正確도가 가장 낮게 나타났다. 이것은, 水域의 境遇 Coincident Spectral Plot에서도 알 수 있듯이 다른 Class보다 데이터 값이 낮아 이의 分離가 容易하였기 때문이며, 裸地의 境遇는 畫像에서 그 Class의 크기가 작은 것에 起因한 것으로 생각된다.

TM 데이터의 分類結果는 塩田과 裸地를 除外한 모든 Class가 70% 이상의 比較的 높은 正確도를 보인 反面, MSS 데이터에서는 塩田과 裸地는 물론 都市域의 相當數가 農耕地로 分類됨으로서 커다란 正確度の 減少가 發生하였으며 濕地 亦是 都市域과의 分離가 模糊하였음을 알 수 있었다. 이것은 寫眞 7~10에서도 確認되는데 여기서 보면 TM에서 都市와 森林으로 分類된 地域의 相當數가 MSS에서는 農耕地로 分類되어 農耕地의 面積이 大幅 增加되었으며 또한 都市域에 濕地와 塩田이 많이 나타나 MSS에서는 9개의 Class 分類가 無理였음을 보여준다.

끝으로, 分類畫像의 正確度 解析을 하는 過程에 있어서 人工衛星이 觀測한 時期의 1/5,000 地形圖가 없는 관계로 Test Field의 選定에 많은 制約이 따라 完全한 解析을 하지 못하여 遺憾이었음을 밝혀두는 바이다.

5. 結 論

이상의 研究를 통하여 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1. TM 데이터는 解像力이 높고 7個 Band를 통하여 可視光線에서 熱赤外線에 이르는 넓은 波長領域의 豊富한 情報를 提供함으로써, 土地利用分類에 있어서 MSS보다 약 20%의 正確度 向上을 가져왔다.

2. MSS 데이터는 濕地와 裸地 등에서 30% 未滿의 낮은 正確도를 나타냄으로서 9個 Class의 分類가 無理였음을 보인 反面, TM에서는 9個의 Class를 比較的 높은 正確도로 分類 할 수 있었다.

3. Within-class Variance가 높은 TM 데이터의 土地利用分類에 있어서는 平滑化(Smoothing) 處理가 効果的이었다.

4. 分類하고자 하는 Class의 數가 많은 境遇의 畫像解析에는 最大尤度法(Maximum Likelihood Classifier)이 有效하였다.

5. 畫像間 演算에 의한 強調處理에서는 一般的으로 \tan^{-1} 變換이 有效하였다.

6. Training Field에 대한 Confusion Matrix를 作成함으로써 이의 妥當性을 檢證할 수 있었으며, 分類畫像의 實際 正確도는 Training Field의 正確도보다 훨씬 減少함을 確認할 수 있었다.

參考文獻

1. 宇宙開發事業團 地球觀測センター, 地球觀測データ 利用ハンドブック:ランドサット編·改訂版,リモート・センシング技術センター, 東京, 1986, pp. 6-46~6-64.
2. 安哲浩, 人工衛星(LANDSAT) Data에 의한 서울시에 있어서의 都市域의 變化의 抽出, 한국측지학회지, 第2卷, 第1號, 1984, pp. 5~16.
3. 安哲浩 外, 都市 및 地域研究를 위한 人工衛星 Data의 分析 및 그 活用方案에 關한 研究, 한국측지학회지, 第3卷, 第1號, 1985, pp. 1~14.
4. 延相鎬, LANDSAT DATA를 利用한 主要 都市域의 經年變化의 抽出에 關한 研究, 서울大學校 大學院 碩士學位論文, 1985, pp. 147~157.

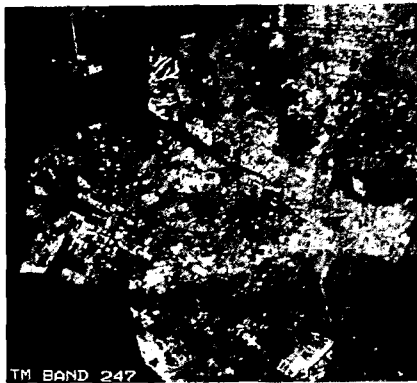
5. Curran, P. J., Principles of Remote Sensing, Longman, New York, 1985, pp. 141~148, p. 218.
6. 安哲浩 外, 遠隔探査 Data의 活用に 관한 考察, 大韓土木學會 學術發表會 概要集, 1985, p. 409.
7. National Aeronautics and Space Administration, Technical Memorandum 86149 : A Prospectus for Thematic Mapper Research in the Earth Sciences, NASA, Maryland, 1984, p. 20.
8. 安哲浩, Remote Sensing Data의 處理와 解析, 한국측지학회지, 第1卷, 第2號, 1983, p. 9.
9. 東海大學情報技術センター, コンピュータ・イメージング, 写真工業出版社, 東京, 1983, p. 110.
10. 日本リモートセンシング研究会, 画像の処理と解析, 共立出版株式会社, 東京, 1981, p. 182.
11. Schowengerdt, R. A., Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing, Academic Press, Florida, 1983, pp. 112~116.
12. Sabins, F. F., Remote Sensing: Principles and Interpretation, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1978, p. 265.
13. American Society of Photogrammetry, Manual of Remote Sensing, Vol. I, 2nd edition, ASP, Virginia, 1983, pp. 1044~1052.
14. 安哲浩, リモートセンシングデータの精度に関する研究, 東京, 1985, p. 166.
15. Swain, P. H. & Davis, S. M., Remote Sensing : The Quantitative Approach, McGraw-Hill, New York, 1978, p. 152.
16. Castleman, K. R., Digital Image Processing, Prentice-Hall, New Jersey, 1979, pp. 334~336.
17. Lillesand, T. M. & Kiefer, R. W., Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons, New York, 1979, p. 468, pp. 474~475.
18. Barrett, E. C. & Curtis, L. F., Introduction to Environmental Remote Sensing, 2nd edition, Chapman and Hall, London, 1982, pp. 137~140.
19. Hord, R. M., Digital Image Processing of Remotely Sensed Data, Academic Press, New York, 1982, pp. 86~87.
20. Toll, D. L., Landsat-4 Thematic Mapper Scene Characteristics of a Suburban and Rural Area, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. LI, No. 9, 1985, pp. 1478~1479.
21. Haruhisa Shimoda 外, Optimal Processing Method for Landcover Classification Using LANDSAT TM Data, ACRS, The 7th Asian Conference, 서울, 1986, pp. F-8-1~F-8-6.



寫眞 1. OCT에서 DISK로 出力한 畫像(TM)



寫眞 2. 幾何 補正後의 畫像(TM)



寫眞 3. 解析 領域을 切出한 畫像
(TM, False Color)



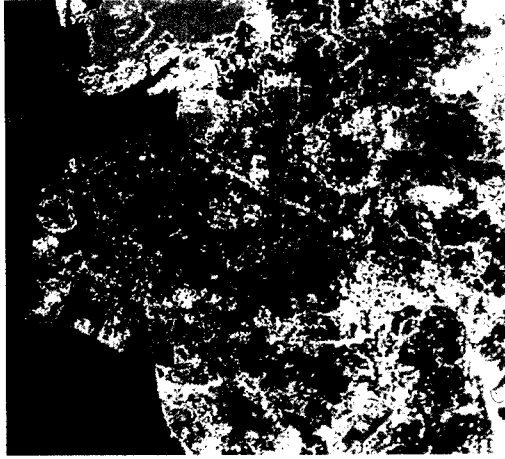
寫眞 4. 解析 領域을 切出한 畫像
(TM, Natural Color)



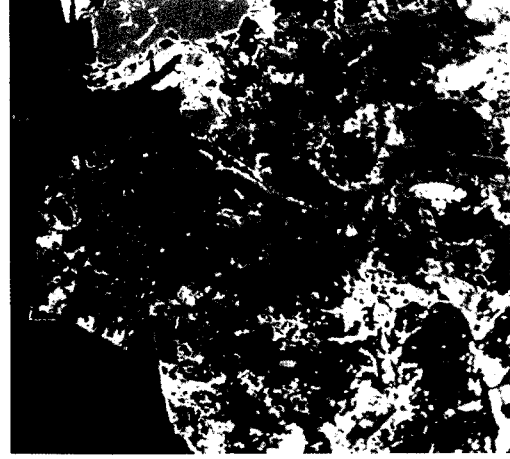
寫眞 5. 解析 領域을 切出한 畫像
(MSS, False Color)



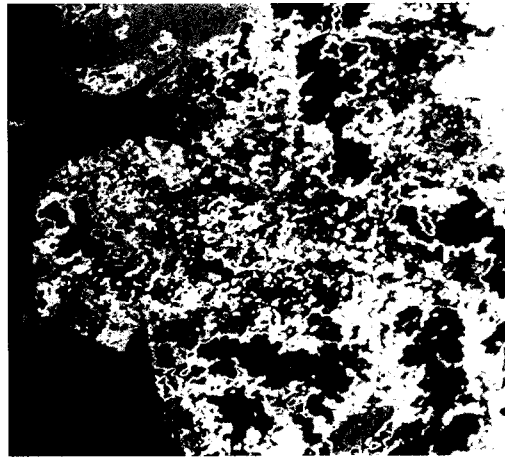
寫眞 6. Filtering後의 畫像(TM)



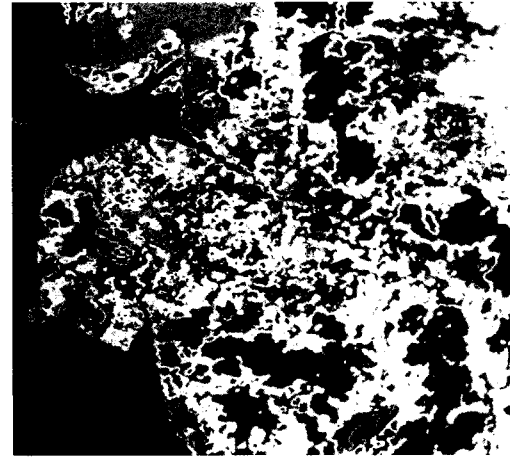
寫眞 7. 畫像間 演算에 의한 TM 데이터의 分類畫像



寫眞 8. Filtering後 畫像間 演算에 의한 TM 데이터의 分類畫像



寫眞 9. 畫像間 演算에 의한 MSS 데이터의 分類畫像



寫眞 10. Filtering後 畫像間 演算에 의한 MSS 데이터의 分類畫像