

人工衛星데이터를 이용한 干拓地域の 環境情報の 抽出 Extraction of Environmental Informations for Reclaimed Area using Satellite Image Data

安哲浩* 金勇日**
Ahn Chul-Ho Kim Yong-Il
李昶老**
Lee Chang-No

要 旨

本 研究에서는 Landsat데이터를 利用하여 干拓前後의 土地利用分類를 하였으며, 熱赤外線 Band(TM Band6)데이터로부터 地表面溫度를 抽出하였다. 人工衛星데이터를 利用함으로써 干拓에 따른 土地利用의 變化를 效果的으로 抽出할 수 있었으며, 熱赤外線 데이터값을 地表面 및 水表面溫度로 變換함으로써 干拓地 周邊地域の 熱特性을 把握할 수 있었다. 이러한 分析結果는 向後의 人工衛星데이터 및 關聯情報와 結合되어 大規模干拓地の 效率的 國土管理에 利用될 수 있으리라 생각된다.

ABSTRACT

On this study, we performed the landuse classification using the Landsat data acquired before and after reclamation, and extracted the ground temperature from infrared band(TM band6) data. Using the satellite data, it was possible to extract changes of landuses effectively according to the reclamation, and could obtain the thermal characteristics of the reclaimed area and the surroundings by converting infrared data value into temperatures of surfaces of ground and water. The result of this analysis will be used for the land management of large-scale reclaimed area applying the satellite data and related information.

1. 序 論

(1) 研究의 背景

1972年 처음 Landsat-1號가 發射된 以後, 많은 實驗的 研究를 통해 Landsat에 搭載된 MSS(Multispectral Sensor)데이터의 有用성이 이미 立證되었으며, 또한 Landsat-4號부터 以前의 研究의 繼續性을 위해 搭載된 MSS外에, MSS보다 解像力이 向上되었으며 可視光線領域에서 熱赤外線領域에 이르는 넓은 波長領域의 데이터를 提供할 수 있는 TM(Thematic Mapper)이 追加로 搭載되었다. 또한, 프랑스의 CNES(Ecentre National d'Etudes Spatiales)에서 1986年 解像力 10-20m인 HRV(High Resolution Visible)센서가 搭載된 SPOT-1號

* 서울대학교 工科大学 教授
** 서울대학교 工科大学院 博士課程

의 發射가 成功함에 따라 이들 데이터를 利用한 研究活動이 활발히 進行되고 있다.

이러한 人工衛星데이터를 利用한 遠隔探查는 LACIE(Large Area Crop Inventory Experiment)와 같이 農業分野에서의 收穫量 豫測에 놀라운 成果를 얻었을 뿐만아니라, 地質分野에서의 地質構造線(Linearment)의 抽出, 環境分野에서의 기름流出的 Monitoring等, 여러分野에서 많은 成果를 거두었으며, 우리나라에서도 Landsat 데이터를 利用한 土地利用分類, 經年變化의 抽出, 標高데이터의 抽出 등 여러論文이 發表되었다.

人工衛星 데이터를 이용한 土地利用分類는, 研究가 가장 활발한 分野의 하나로서, 넓은 地域의 데이터를 短時間內에, 周期的으로 收集할 수 있으며, 費用이 低廉하므로, 開發速度가 빠른 都市域의 土地利用圖의 製作, 經年變化의 抽出 등에 많은 成果를 거두었다. 그러나, 人

工衛星을 통해 收集된 데이터들은 地表面 上에 存在하는 ‘土地利用’과는 差異가 있다.⁶⁾ 따라서, 人工衛星 데이터를 利用하여 얻은 土地利用分類 結果는 既存의 統計資料와는 多少 差異가 있으므로 人工衛星 데이터에 適合하도록 分類項目을 修整할 必要가 있으며, 또한 各 項目에 대한 새로운 定義가 필요하다. 代表的인 土地利用/土地被服 分類시스템으로는, 遠隔探查 데이터용으로 設定된 USGS(美國 國土地理院) 土地利用/土地被服 分類시스템을 들 수 있다.⁶⁾

遠隔探查에 의한 熱赤外線探知는 熱赤外線放射計를 利用하여 地表面의 放射溫度를 測定하는 것을 意味한다. 이와 같은 熱赤外線 放射計는 이미 오래전부터 航空機에 搭載되어 暖房管網의 漏出探知, 發電所에서 放流된 冷却水의 流出 패턴의 探知, 熱 慣性圖의 製作, 火山活動의 監視 등에 利用되어 왔으며,⁷⁾ 또한 人工衛星 데이터를 이용한 熱環境調查의 境遇, 從來에는 NOAA시리즈가 利用되어 왔으나, 이 衛星의 地上解像力은 1.1km로서 局地的인 熱環境調查에는 適合하지 않다. 그러나, Landsat-4號에서부터 NOAA시리즈와 거의 같은 波長帶에 該當하는 TM Band6(地上解像力 120m)가 熱赤外線 領域의 데이터를 收集할 수 있게 됨에 따라, 人工衛星 데이터를 利用한 熱環境調查의 活用範圍가 擴大되었다.

(2) 研究의 目的

國土가 狹小한 우리나라에서는 國土의 效率的인 開發이 매우 重要視 되어왔으며, 道路나 鐵道등의 社會間接資本과 工業團地 등의 開發에 많은 努力을 기울여 왔다. 干拓事業은 우리나라 西海의 특수한 與件으로 인해 이미 數百年前부터 이루어져 왔으며, 특히 國土의 擴張이라는 점에서 더욱 큰 意味를 갖는다. 이러한 干拓事業은 現在 個人企業體에 의해 開發이 거의 完了된 瑞山地域을 비롯하여, 새만금 등의 地域에서도 西海岸 開發時代를 맞이하여 활발히 進行될 計劃이다. 또한 이러한 干拓地들은 그 面積에 있어서도 이미 完成된 地圖를 更新

하여야 할 정도로 그 規模가 크므로, 이들 干拓地域을 ‘어떻게 效率的으로 管理하는가’하는 것은 매우 重大한 問題가 될 것이다. 이러한 作業은, 過去에는, 매우 많은 時間과 費用을 必要로 하는 것이었으나, 계속되는 센서의 開發과 컴퓨터 產業의 發展에 따라 더욱 仔細한 情報를 衛星으로부터 容易하게 얻을 수 있게 되었으며, 衛星으로부터 收集된 데이터들은 컴퓨터를 利用하여 빠른 時間內에 處理할 수 있게 되었다. 그 밖에도, 컴퓨터에 의해 處理된 成果들은 保管 및 管理가 簡單하므로, 다른 屬性의 데이터들과 쉽게 結合되어 利用될 수도 있다. 따라서 本 論文에서는 1972年 美國 NASA(National Aeronautics and Space Administration)에 의해 처음으로 發射된, 地球資源探查를 目的으로 하는 Landsat시리즈에 의해 收集된 人工衛星 데이터를 利用하여 瑞山 干拓地를 對象으로 土地利用分類 및 地表面 및 水表面溫度를 抽出하였으며, 이의 分析結果는 앞으로 干拓地에서 發生하게 될 環境 및 經年變化의 調查를 위한 基礎資料를 提供함으로써 未來의 干拓事業에 대한 方向提示 및 國土管理에 利用될 수 있으리라 생각된다.

(3) 解析對象領域 및 使用데이터

干拓事業은 國土擴張 및 干拓農地의 造成, 水資源의 確保 등의 目的으로 1980年 5월에 始作되었으며, 忠淸南道 서산郡과 鴻성郡에 位置하고, 그 面積이 약 15,000ha에 달한다(그림 1 參照).

干拓 前의 環境을 調查하기 위해 1981年 7月 31일에 收集된 MSS데이터를 利用하였으며, 干拓 後의 環境을 調查하기 위해 1988年 5月 6일에 觀測된 TM데이터를 利用하였다(표 1參照).

MSS데이터가 觀測된 時期는 이미 干拓事業이 시작된 다음이지만, 그 當時 實際的인 開發은 이루어지지 않았으므로, 干拓事業 前의 土地利用分類를 위해 使用되었으며, TM데이터가 觀測된 時期에는 干拓事業의 90% 以上이 完了된 狀態이지만 營農團地의 開發은 一部地

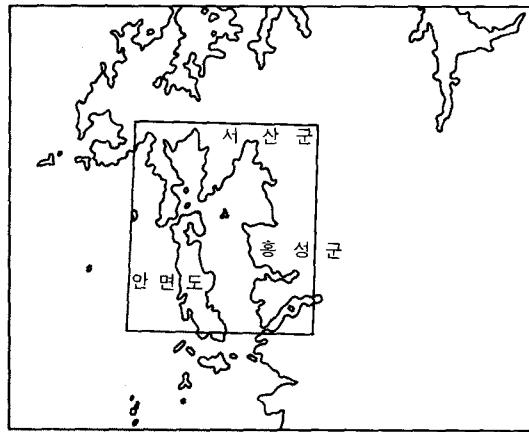


그림 1. 解析對象領域

표 1. 使用데이터의 概要

Data	MSS	TM
항목		
관측년월일	1981.7.31	1988.5.6
위성명	LANDSAT 2호	LANDSAT 5호
Path-Row	125-34 125-35	116-35
운량	0%	0%
Format	BIL	BIL

역만 完決되었다. MSS 및 TM데이터를 地圖座標와 一致시키기 위해, Affine 變換에 의해 幾何補正을 하였으며, Bi-linear Interpolation에 의해 再配列한 後, 畫像解析을 遂行하였다. (그림 2 參照).

2. 土地利用分類

(1) 分類項目 및 Training Area의 選定

分類項目은 研究의 目的, 使用데이터의 特性 등을 고려하여 決定하여야 하며, MSS의 境遇 USGS의 土地利用/土地被服 分類 시스템에서 LEVEL I 정도가 適當하며, TM의 境遇

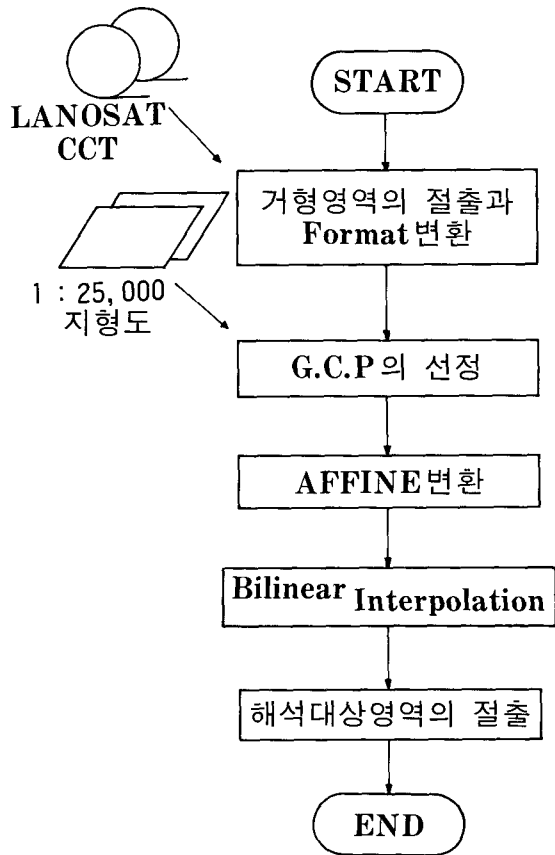


그림 2. 前 處理의 흐름도

LEVEL II의 一部 項目의 分類도 可能하다. 本 論文에서 MSS는 LEVEL I의 分類 項目 중 解析地域에 包含되어 있는 森林, 水域, 農耕地, 裸地, 都市, 濕地(뺨) 등을 分類項目으로 設定하려 하였으나, 都市와 濕地의 境遇, 分光特性이 비슷하고, 都市에 비해 濕地가 面積이 더 넓은 뿐 아니라, 論文의 目的上 더 重要하므로 都市를 分類項目에서 除外시켰으며, TM에서는 MSS의 分類項目외에 都市, 鹽田, 干拓地를 追加시켰으며 水域을 海水와 潭水로 細分하여 設定하였다. 設定된 各 分類項目에 대해 1:25,000 地形圖, 1:50,000의 서산 干拓事業計劃平面圖, 現地調査로부터 얻은 參考資料 등을 利用하여, Training Area를 選定하였다.

(2) 分類方法

選定된 Training Area의 MSS와 TM데이터로부터 Band별로, 각각의 項目에 대해 統計값(平均, 分散, 共分散 등)을 구한 後²⁾, Coincident Spectral Plot³⁾를 利用하여 有效 Band를 選定하였다. 選定된 有效 Band에 대해 Training Area의 統計값을 基準으로 最大 尤度法에 의해 分類하였으며, TM의 境遇, 分類를 遂行하기 前에 3×3 Median Filter를 使用하여 各 畫素의 데이터값을 周圍의 9個의 畫素의 中央값으로 變換하는 平滑化(Smoothing)를 함으로서 雜音(Noise)을 除去하고 分類項目 內의 分散(Within-class Variance)을 減少시켜 正確度を 向上시키고자 하였다.⁴⁾(단, TM Band 6의 境遇 다른 Band에 비해 空間解像力이 120m로 越等히 떨어지므로 Filtering 處理를 하지 않았다).

1) 干拓 前의 土地利用分類

寫眞 1은 分類에 使用된 MSS데이터의 False Color로서, Band1은 Red Filter, Band2는 Green Filter, Band4는 Blue Filter로 Color 合成하였으며, 分類를 위해 選定된 各 項目의 分類結果(寫眞 3)에 대한 說明은 다음과 같다.

水 域: 海水, 湖水, 河川 등이 包含되며, 寫眞에서 靑色部分에 該當한다.

森 林: 樹種에 關係없이 모든 樹種을 意味하며, 綠色部分에 該當한다.

農耕地: 河川을 따라 發達되어 있으며, 粉紅色部分에 該當한다.

濕 地: 주로 빨이 가장 많은 部分을 차지하며, 水域과 陸地의 境界사이에 넓게 分布되어 있으며, 朱黃色部分에 該當한다.

裸 地: 海邊의 모래사장, 露出된 土壤 또는 岩石 등이 包含되며, 白色部分에 該當한다.

2) 干拓 後의 土地利用分類

데이터 收集 當時 干拓事業이 完了되지 않은 狀態였으므로, 干拓地의 境遇 干拓地 內의 發達 정도에 따라 많은 差異가 있었다. 따라서 干拓地만을 하나의 項目으로 分類하기는 어려우

므로 먼저 分類가 容易한 몇 개의 項目으로 一次分類를 행한 後, 分類된 各 項目에 대해 더 細分하여 分類할 必要가 있을 境遇, 一次分類의 結果를 基準으로 그 項目만을 原데이터로부터 抽出(Masking)하여 더 仔細히 分類하였다. 이러한 Masking處理를 함으로서 細分類에서는 各 分類課程을 獨立적으로 遂行할 수 있었으며, 一次分類에 비해 데이터 값의 範圍가 減少하므로 더 자세한 分類가 可能하였다. 一次分類를 통해 水域, 乾燥한 地域, 濕한 地域, 森林, 裸地 등으로 分類한 後, 乾燥한 地域과 濕한 地域에 대해서는 더 細分하여 各 各에 대하여 都市, 濕地, 農耕地, 干拓地, 森林과 干拓地, 濕地, 鹽田으로 分類하였으며, 水域에 대해서는 Band 6의 데이터 값(溫度差)을 利用하여 海水와 潭水로 分類하였다(그림 3 參照). 이와 같은 方法에 의해 9가지의 項目으로 分類하였으며 寫眞 4에서 알 수 있듯이 潭水와 海水의 境遇 熱赤外線 Band를 利用하여 分類하였으므로 海水와 陸地가 접한 部分의 一部分이 潭水로 分類되었으나, 그 밖의 水域에서는 높은 正確도로 分類되었다. 干拓地중 A地區 上瑞에 位置한 個人干拓地도 같은 被覆形態를 갖기 때문에 干拓地의 項目으로 分類되었으며, 干拓地의 一部分(浸水地域)이 濕地로 分類되었다.

(3) 分類結果의 評價

干拓前後의 分類結果를 1pixel의 面積 57m×57m(MSS) 및 28.5m×28.5m(TM)를 適用하여 各 項目의 面積을 算出하였으며 比較를 위해 <표 2>에 整理하였다.

干拓前의 分類項目에서 水域은 寫眞에 나타나 있듯이 大部分이 海水이므로 <표 2>에서 海水의 項目으로 表示하였으며, 算出된 面積으로부터 減少한 濕地의 面積이 大部分 干拓地로

各 Band별로 Training Data에 대하여 項目別 平均값과 標準偏差를 구하여 이를 圖表로 나타낸 것으로서, 項目間의 分離度를 한 눈에 把握할 수 있는 좋은 資料를 提供하여 이를 基準으로 有效 Band를 選定할 수 있다.³⁾

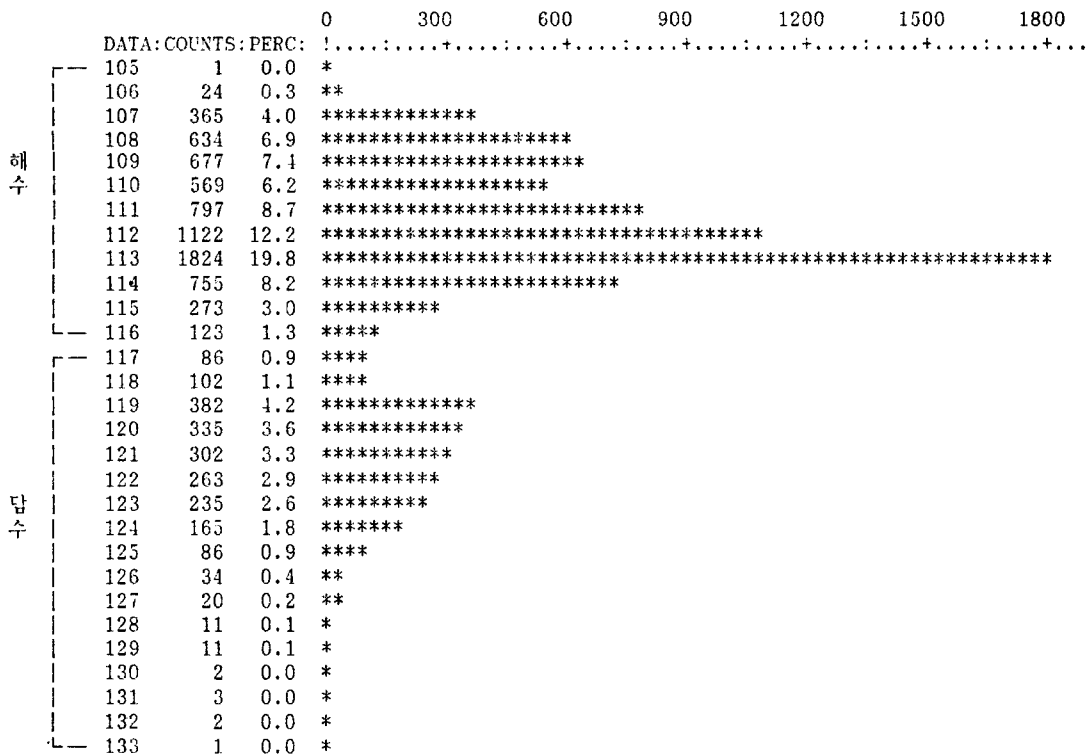


그림 3. 水域의 細分類

표 2. 分類面積의 比較

항목	Data	(km ²)	
		간척전(1981)	간척후(1988)
해 수		157.3	145.4
담 수			41.0
도 시			3.9
습 지		198.1	84.5
농 경 지		32.1	50.7
간 척 지			118.2
염 전			4.3
삼 립		237.4	181.6
나 지		17.6	13.1

이 算出되었다. 또한, 干拓計劃上の 開發面積 (分類項目: 干拓地)은 110.1km²이고 潭水湖面積은 45.8km²로서 計劃面積에 비해 干拓地の 境遇 107.4%, 潭水湖의 境遇 89.5%이며 全體的으로 計劃面積에 비해 102.1%로 分類되었다. 데이터의 收集 當時, 干拓地 內的 農地造成, 水路工事 등의 開發이 完結되지 않은 狀態였으므로 分類結果를 計劃上の 面積을 基準으로 評價할 수는 없으나, 서산 干拓事業 計劃平面圖로 부터 公사가 進行됨에 따라 干拓地로 分類된 一部地域이 潭水湖로 開發될 것으로 豫想되며, 따라서, 工事が 完了된 後에는 人工衛星데이터를 利用하여 더 正確하게 分類할 수 있을 것으로 생각된다.

3. 地表面 溫度의 抽出

絕對溫度 0K 以上の 모든 物體는 그 溫度에

相應하는 熱赤外線 에너지를 放射하므로, 測定 對象物로 부터 放射되는 放射에너지를 測定함으로써 溫度에 대한 情報를 얻을 수 있다. 이러한 熱赤外線 에너지의 放射量과 溫度와의 關係는 스테판-볼츠만의 法則으로 부터, 黑體의 全放射에너지는 波長과 關係없이 黑體의 絕對溫度의 4제곱에 比例하며, 地表面의 物體는 灰色體이므로 灰色體의 質과 表面狀態 등에 의해 決定되는 放射率을 고려하여야 한다.¹²⁾ TM Band6의 데이터 값의 地上溫度로의 變換에 대해서는 많은 研究가 遂行되었으며, R.G.Lathrop(1986)은 데이터 觀測 當時에 測定한 地上溫度를 利用하여 회기분석에 의해 變換式을 구했으며,⁸⁾ 土屋巖(1985)와 中山裕則(1985)은 NASA에서 公表한 式에 의해 Band6의 데이터 값으로 부터 地上溫度를 推定하였는데 土屋巖의 研究結果에서는 地上測定溫度보다 약 5°C 정도 낮게 算定되었고,¹³⁾ 中山裕則의 研究結果에서는 0-20°C의 範圍에서 地上測定溫度보다 약 2.8°C 정도 낮게 算定되었다.¹⁴⁾ 이러한 結果의 가장 큰 原因은 大氣透過에 의한 影響이므로, 衛星에서 觀測된 데이터 값으로 부터 地上溫度를 推定할 境遇, 데이터觀測 當時의 地上溫度를 測定하여 大氣透過에 따른 減衰影響을 補正하여야 한다. 本 論文에서는 TM데이터 觀測 當時의 地上溫度를 測定할 수 없었으므로, 大氣補正은 하지 않고, 水域과 陸域을 分離하여 表面溫度를 抽出하였으며, 水域의 境遇, 放射率이 거의 一定하므로 放射率(0.97)을 고려하였으나⁹⁾ 陸域은 多様な 物質들로 構成되어 있으므로 放射率에 따른 補正을 하지 않았다.

(1) 地表面溫度의 抽出

TM Band6의 地上解像力은 120m이고, 觀測 波長帶는 10.4μm-12.5μm로서 檢出機가 測定한 放射輝度(Radiance)로 부터 0에서 255의 값으로 放射補正을 한 後에 一般에게 配布된다(그림 4 參照).¹⁵⁾

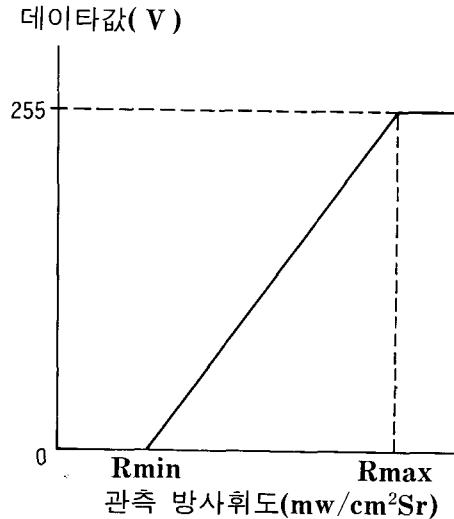


그림 4. 觀測放射輝度로 부터 TM Band6 데이터값으로의 變換

NASA에서 公表한 式에 따르면 TM Band6로 測定한 放射輝度(R)와 絕對溫度(K)의 關係式은

$$R = 5.1292 \times 10^{-5} T^2 - 1.7651 \times 10^{-2} T + 1.6023$$

이며, 이 때 데이터 값 0에 對應하는 溫度는 200K, 255에 對應하는 溫度는 340K이다(그림 5 參照)¹⁰⁾.

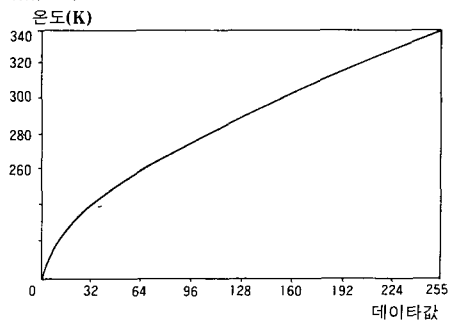


그림 5. TM Band6 데이터값과 絕對溫度와의 關係

따라서 TM Band6의 데이터 값(V)으로 부터 絕對溫度(T)를 구하면

$$T(K) = 172.065 + \sqrt{107.537 \times V + 780.941}$$

된다.

(2) 水面溫度의 抽出

TM Band6데이터 값으로 부터 計算한 溫度로부터 물의 放射率을 適用하여 水面溫度를 抽出하였으며, 이에 使用된 式은 다음과 같다.¹¹⁾

$$T_{kin} = \epsilon^{-1/4} T_{rad}$$

T_{kin} : 抽出한 水面溫度

ϵ : 물의 放射率, 0.97

T_{rad} : TM Band6 데이터값으로 부터 計算한 溫度

(寫眞 5)는 그 溫度分布를 3.0°C 間隔으로 表示한 것이다. 이 結果로 부터 알 수 있듯이 水深, 물의 循環 등으로 인해, 防潮堤를 境界로 하여 溫度差異가 크게 나타나며, 陸地로 갈수록 높은 溫度를 나타내는 것을 알 수 있다. 이와 같이 遠隔探査 데이터를 利用하여 水溫을 測定할 境遇 센서가 探知할 수 있는 溫度情報은 水面에서 0.02mm 깊이 정도만의 情報이므로 더 깊은 곳의 溫度를 구하기 위해서는, 물의 循環이나 水溫斷面의 精確한 모델이 만들어져야 한다.¹⁶⁾

(3) 地面溫度의 抽出

TM Band6의 데이터 값으로 부터 放射溫度를 구하였으며, 地面物體의 放射率에 따른 補正은 하지 않았다. (寫眞 6)은 그 結果를 4°C 間隔으로 나타낸 것이다. 寫眞으로 부터 알 수 있듯이, 含水量이 많은 土壤은 水分이 蒸發하면서 冷却效果를 일으키므로 鹽田, 干拓地의 젖은 土壤 등은 乾燥한 土壤보다 낮은 溫度를 지니며, 森林은 蒸散으로 인해 周圍의 土壤에 비해 溫度가 낮고, 樹木의 密度가 작은 低地帶에 비해 密度가 큰 高地帶의 森林이 더 낮은 溫度 分布를 갖는다.

4. 結 論

本 論文에서는 干拓前後의 Landsat 데이터 (干拓前 : MSS 干拓後 : TM)를 利用하여 干拓地 周圍를 對象으로 土地利用分類를 하였으며, TM Band6 데이터를 利用하여 水面 및 地面의 溫度分布를 抽出함으로써 다음과 같은 結果를 얻었다.

첫째, 人工衛星데이터를 利用하여 干拓前後의 土地利用를 分類함으로써, 간척에 따른 土地利用의 變化를 쉽게 추출할 수 있었다.

둘째, 간척후의 토지이용분류에 있어서, Masking處理에 의한 多段階式 分類方法을 통해, 開發이 進行中이므로 同一項目 內의 데이터값이 均一하지 않은 干拓地를 分類할 수 있었다.

셋째, TM Band6의 데이터값을 地表面溫度로 變換함으로써 干拓地 周圍地域의 熱特性을 把握할 수 있었다. 地面의 溫度分布는 土地被覆形態에 따라 많은 차이가 있었으며, 水面의 境遇 水深과 물의 循環에 따라 水溫이 크게 變化하였다. 따라서 TM Band6의 데이터값을 利用하여 海水와 潭水를 分類할 수 있었으며 (防潮堤를 境界로 水溫의 差異가 큼), 陸地와 접한 海水의 一部가 潭水로 分類되었다.

以上の 結果로 부터 環境變化가 심한 開發地域의 土地情報抽出에 있어서 人工衛星데이터를 利用한 畫像處理가 有效함을 알 수 있었으며, 分析結果들은 向後의 人工衛星데이터 및 關聯情報과 結合되어 大規模 干拓地域의 效率的 國土管理에 利用될 수 있으리라 생각된다.

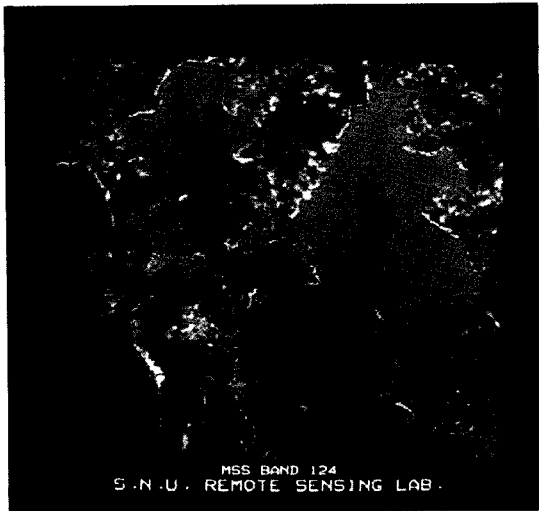
謝 辭

끝으로 本 研究는 1987年度 峨山社會福祉事業財團의 研究基金에 의하여 遂行되었는 바 同財團에 深甚한 謝意를 表한다.

參考文獻

1. 安哲浩, 1983, Remote Sensing Data의 處理와 解析, 韓國測地學會誌, 第1卷, 第2號, pp. 8~9.
2. 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
3. 延相鎬, 1985, 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, pp. 123~132.
4. 朴炳旭, 1987, LANDSAT-5의 TM과 MSS데이터의 比較에 關한 研究, 서울大學校 大學院 碩士學位論文, p. 30.
5. American Society of Photogrammetry, Manual of Remote Sensing, 1983, Vol. 1, 2nd edition, ASP,

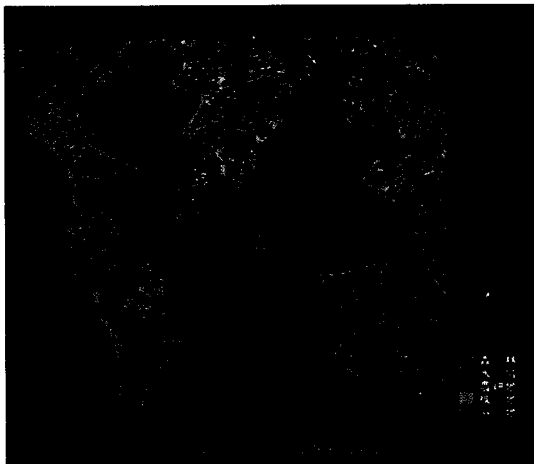
- Virginia, p. 1571.
6. Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W., 1987, Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons, New York, pp. 139~140.
 7. T.J.M. KENNIE & M.C.MATTHEWS, 1985, Remote Sensing in Civil Engineering, pp. 272~282.
 8. Richard G. Lathrop, Jr. & Dr. Thomas M. Lillesand, 1986, The Utility of Thematic Mapper Data For Temperature Mapping In the Great Lakes, ACSM-ASPRS, Annual Convention Volume 5, p. 155.
 9. Curran P.J., 1985, Principles of Remote Sensing, Longman, New York, p. 37.
 10. NASA Technical Memorandum 86149; A Prospectus for TM Research, 1984, NASA, GSFC, p. 65.
 11. Sabins, F.F., 1978, Remote Sensing; Principles and Interpretation, W.H. Freeman and Company, San Francisco, p. 340.
 12. アジア航測株式会社技術研究部, 1977, 熱映像, 12~13.
 13. 土屋巖, 1985, ラドサットTMによる中小都市の熱環境解析, 學術講演會 論文集, 日本リモートセンシング學會, pp. 5~8.
 14. 中山裕則 外, 1985, TMの熱バンドデータと地表面温度との關係調査, 學術講演會 論文集, 日本リモートセンシング學會, pp. 95~98.
 15. リモートセンシング技術センタ 1986, 地球観測データ利用ハンドブック, 6-1~6-2.
 16. 日本リモートセンシング研究會, 1980, リモートセンシング; ノート, p. 130.



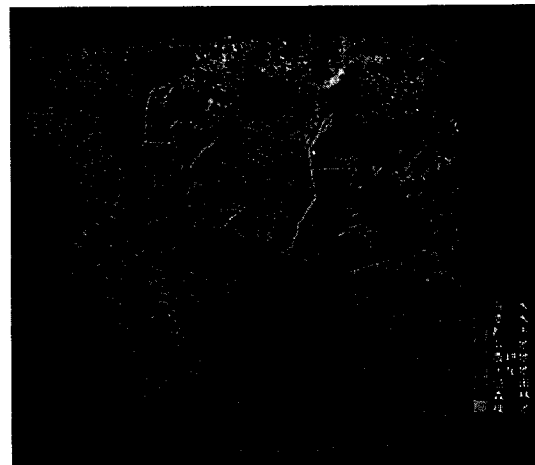
〈寫真 1〉 干拓前の 解析對象領域(False color)



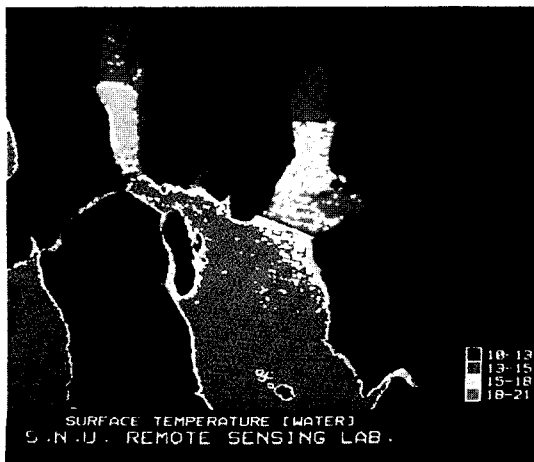
〈寫真 2〉 干拓後の 解析對象領域(False color)



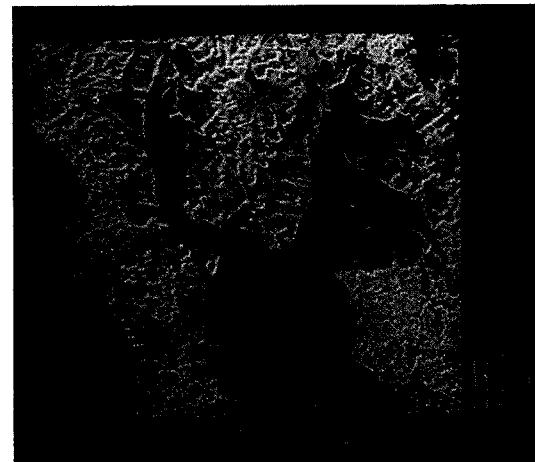
〈寫真 3〉 干拓前の 土地利用分類



〈寫真 4〉 干拓後の 土地利用分類



〈寫真 5〉 水面溫度の抽出



〈寫真 6〉 地面溫度の抽出