

廣域水理地質圖 作成을 위한 遠隔探查의 活用

梁 在 晚

(農業振興公社 地下水開發處長)

1. 序 言

人類의 文明이 發達되면서 各種 資源의 需要가 增加되어가고 그 수요와 供給의 均衡維持를 爲하여 資源의 적절한 管理및 保存의 方法이 必要하게 되었다. 이러한 必要性和 急速한 産業化 및 環境의 變化에 대처하는 自然資源 管理를 爲한 적절한 方法으로 遠隔探查라는 새로운 技術이 最近에 導入되어 活用되고 있다.

遠隔探查 技術은 地表面의 現象이나 現況을 먼거리에서 週期的으로 신속, 正確하게 廣域의 으로 觀察하고 必要한 情報를 蒐集하는 最新 技術로서 地質 및 鑛物探查, 土地利用, 水資源 및 海洋, 農林資源 調查, 國土開發 및 管理, 軍事情報 수집 등 各種 分野에 對한 刮目할 만한 應用 研究가 進行되고 있다.

世界的으로 地質 및 資源探查 分野에서는 랜드샷(LANDSAT) 資料가 地質圖 作成및 修正과 鑛物資源 探查 등에 活用되고 있으며 國內에서도 炭田地帶에 對한 廣域地質圖 및 廣域 地質構造圖와 熱水變質地帶의 抽出 등을 研究한 바 있다. 지금까지의 國內 地下水 探查는 地質調查 및 物理探查 등 전통적인 在來方法에 의존하여 왔는바 이러한 方法은 어떠한 局部的인 調查地區에서는 有用하나 광활한 범위에서는 많은 時間과 人力 및 經費의 所要라는 限界性을 가지고 있다. 이러한 背景하에서 農業振興公社에서는 새로운 조사技法인 遠隔探查 技法을 導入하여 研究대상地域의 廣域地質圖

(Regional Geological Map)와 線構造圖(Lineament Map) 및 線構造 頻度分布圖(Lineament Frequency Map) 등을 작성한 후 現場 水文資料를 중첩하여 廣域水理地質圖를 完成 함으로서 地下水開發 可能性 與否 判定시에 基本자료로 提供할 수 있고 이는 또한 時間, 人力, 費用 등의 節減이 되는 効果的인 調查 方法을 導入하고 있는 過程에 있다.

2. 研究 地域의 地質

本 研究地域은 韓半島의 東南部에 位置하는 慶尙堆積盆地의 北部地域(1:50,000 지형도: 安東, 義城, 軍威, 禮安, 吉安, 華北, 英陽, 青松, 柄谷, 盈德 圖幅地域)에 해당된다.

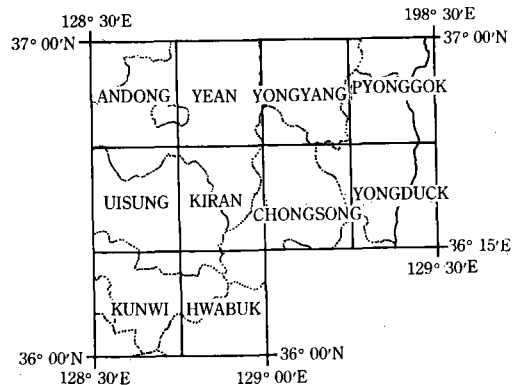


그림. 1. 調查地圖 位置圖.

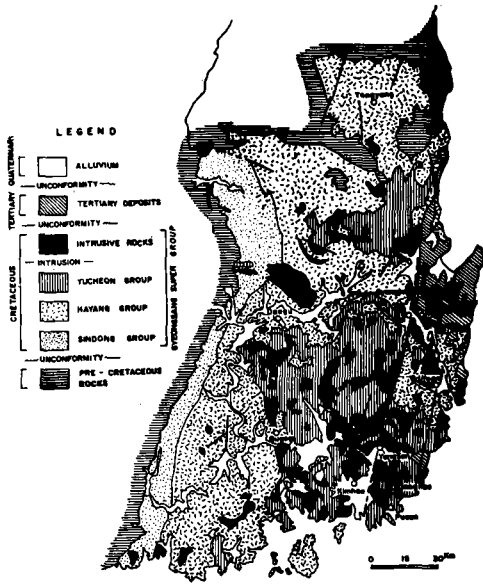


그림. 2. 慶尙堆積盆地의 地質圖.

慶尙堆積盆地는 中生代 侏羅紀 後의 大寶造 山운동 이후 白堊紀에 해당되는 堆積盆地로서 火山岩類를 수반한 陸成堆積層으로써 慶尙累層群이 分布한다. 慶尙累層群에 對한 研究는 kato(1903)에 의하여 처음으로 慶尙層으로 命名, 研究된 이래 Konno와 Kawasaki(1928)에 의하여 慶尙系라는 명칭이 使用되었으며 層序名은 Tateiwa(1929)에 의하여 區分된 것을 使用해 왔으며 1962年 國立地質調查所에서 1:50,000 축척의 圖幅조사가 年次的으로 增加됨에 따라서 現在까지 慶尙盆地 대부분이 層序 및 地質에 對하여 比較적 상세한 調査가 이루어 졌다.

특히 火山活動과 관련하여 慶尙堆積盆地의 堆積史를 火山相에 依하여 區分, 慶尙累層群을 新洞層群, 河陽層群, 榆川層群으로 命名하였다.

新洞層群은 下部로부터 洛東層, 霞山洞層 및 晉州層으로 3大分하였다.

洛東層은 礫岩, 砂岩, 細粒質 砂岩, 세일 등으로 構成되어 있으며, 霞山洞층은 砂岩, 礫岩, 赭色(purple) 細粒質 礫岩 및 灰色 shale로 構成되어 있다.

晉州層은 灰色, 砂岩, 暗灰色 세일 및 砂岩으로 構成되어 있으나 赭色 세일이 挾在되어 있지 않다.

河陽層群은 堆積盆地의 범위가 洛東谷 盆地의 東쪽으로 確大되면서 堆積되기 시작하였다. 퇴적기간중 間歇的인 火山活動이 있었고 堆積 同時性 地塊運動이 있었다. 주로 砂岩, 礫岩, 세일 등 碎屑性 堆積岩으로 構成되며 鹽基性 내지 中性 火山岩을 挾在한다. 河陽層群의 分布地에서는 安東斷層과 八公山 斷層을 境界로서 岩相의 橫的 變化가 甚하여 곳에따라 그 層序가 다르다. 즉 漆谷層과 이와 對比되는 層을 基低로 하는 河陽層群의 堆積 期間中(백악기 前期) 慶尙堆積盆地는 3개의 分열된 地塊(영양, 의성, 밀양地塊)위에 쌓이게 되었고 地塊運動과 沈降이 同時에 進行되어 그 위에 쌓인 堆積物은 심한 橫的 切斷, 또는 不連續을 보이는 異常 堆積을 보여 層序구분이 매우 어려웠다. 그러나 다행히 3개 地域에서 훌륭한 鍵層이 발달되어 이들 地塊간에 地層對比가 可能케 되었다.

다음 表-1은 이들 鍵層(其思洞 礫岩, 龜尾洞礫岩, 九山洞 凝灰岩)에 중점을 둔 岩相層序的 대비에 의거한 慶尙盆地의 地層 對比表이다.

榆川層群은 백악기 中葉 이후의 火山活動 盛況期의 產物이 主體가되며 安山岩, 流紋岩質岩

表-1. 慶尙盆地 白堊系의 層序分類 對比.

		立岩巖(1929) 大邱-慶州地域	章基弘(1975) 慶尙盆地 南西部		
慶尙累層群	佛國寺統	佛國寺花崗岩	貫入巖複合體	佛國寺貫入岩群	慶尙累層群
		新羅統	朱砂山砂岩層	火山岩複合體	
	乾川里層		鎮東層	河陽層群	
	採藥山砂岩層				
	大邱層		咸安層		
	鶴峯砂岩層				
	新羅礫岩層	新羅(礫岩)層			
	洛東統	漆谷層	漆谷層	新洞層群	
		晉州層	晉州層		
		霞山洞層	霞山洞層		
洛東層		洛東層			

類의 溶岩 및 凝灰岩, 그리고 이들과 互層 또는 交互하는 모든 堆積岩類를 지칭한다. 本層群은 層序가 복잡하고 다양하여 一般化하기 어려우나 下部에는 安山岩이 우세하고 上部로 갈수록 流紋岩이 우세해지는 경향이 뚜렷하다. 또한 유천층군은 河陽層群위에 不整合으로 놓이며 부분적으로 基低礫岩을 갖기도 한다.

佛國寺 貫入岩群은 上記 慶尚盆地 堆積岩類들과 貫入關係를 가지고 있는 深成岩과 半深成岩 및 同時期, 同一系列의 모든 貫入岩類를 가르킨다. 불국사 관입암군은 白堊期 後期の 火山活動과 밀접한 관련이 있는 것으로 낙동 貫入岩類와 東南海岸 관입암류로 크게 구분 할 수 있다.

3. 映像處理 技法

원격탐사 技術은 人工衛星 등에 搭載된 Sensor를 利用하여 地表面의 대상물로부터 反射

또는 放射되는 電磁波를 수집하고, 이 資料를 利用하여 대상물의 諸 現象에 관한 情報를 얻는 技術이라 할 수 있는데, 이렇게 획득한 情報로 Computer를 利用하여 유익한 情報로 抽出하기 위해서는 특별한 映像處理技法이 必要하다.

여기 表-2에서 보면 이번 研究 目的과 연계되는 廣域地質圖作成, 水系圖作成, 線構造圖作成 및 頻度分布圖作成, 潮間帶 抽出을 위한 土地利用圖 作成用 영상처리기법중 예비처리 (preprocessing) 強調(enhancement), 分類(classification) 등의 영상처리 기법이 열거되어 있다.

가. 幾何學的 補正

영상처리 技法중 예비처리의 하나인 方法으로 映像을 기하학적으로 생각해보면, 映像이라는 것은 對象물의 공간좌표(X, Y, Z)가 Sensor의 投影變換系를 통해서 投影像 즉, 平面의 映像座標(x, y)에 變換되어지는 것을 말한다.

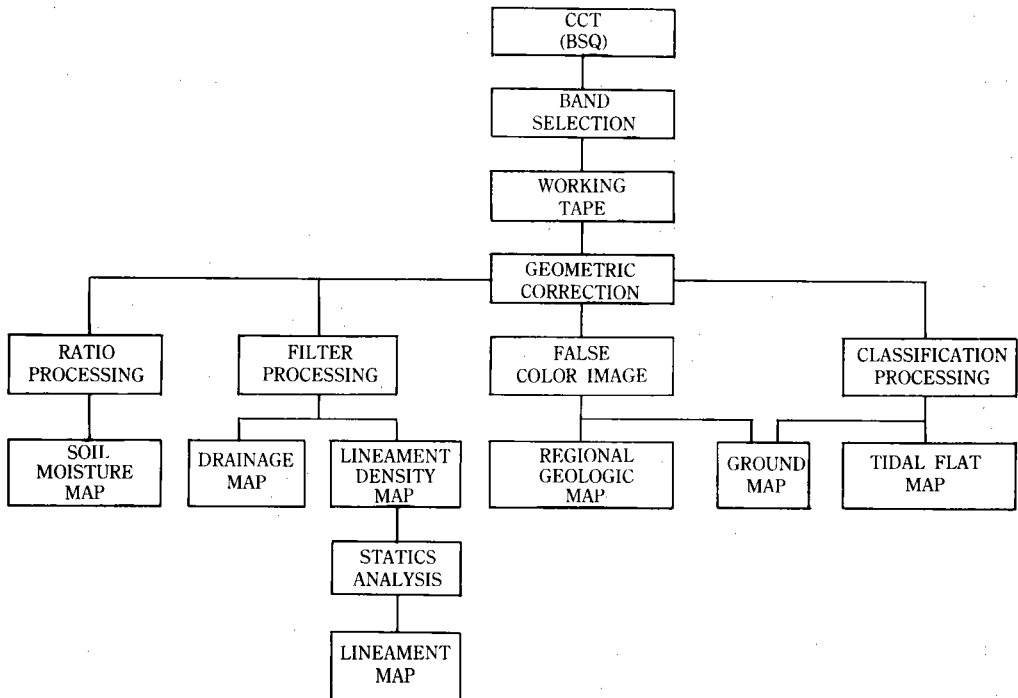


表-2. Flow chart for the thematic mapping.

$$x = F(X, Y, Z)$$

$$y = G(X, Y, Z)$$

그러나 같은 대상물이라는 投射方式, 投影面, 센서 등의 여러 要因에 의해 영상의 幾何形狀이 달라진다. 이처럼 영상에 포함되어 있는 수많은 기하학적 歪曲을 補正하는 方法에는 다음과 같은 것이 있다.

1) System 補正

기하학적 歪曲을 일으키는 要因 및 性質에 관한 情報을 利用해서 系統的인 기하학적 歪曲을 보정한다. 地球觀測 위성 랜드 샷트에는 그림. 3에 表示한 것처럼 다음과 같은 원인에 對한 歪曲이 있을때 이에 대한 시스템 補正이 필요하다.

- (가) 3축 기울기의 變動
 - (나) 高度의 變動
 - (다) 地球 自轉에 의한 skew 角
 - (라) 走査鏡의 不等速度
 - (마) 6本同時 走査에 의한 段階狀의 歪曲
- 이러한 原因에 의해서 일어나는 歪曲을 補正하기 위해 地球를 平面이라고 보고 2次元의

平面座標에 System을 보정하는 式은 다음과 같다.

$$\mu' = (H_L - Z) \tan(\Theta + \omega - \nu) \cos \Delta k + H_L \tan \omega (1 - \cos \Delta k) - 6H_L(L-1)\Delta\delta \tan \gamma$$

$$V' = H_M \{3(2L-1)\Delta\delta - \phi M\} + (H_L - Z)(\phi + \delta) / \cos(\Theta + \omega - \nu) + \{(H_L - Z) \tan(\Theta + \omega + \nu) - H_L \tan \omega\}$$

여기서 $\Theta = (I - 1620.5)\Delta\Theta$: 走査豫想角 (I : 畫素번호, $\Delta\Theta = \text{IFOV} = 0.6227 \times 10^{-4}$ radian)

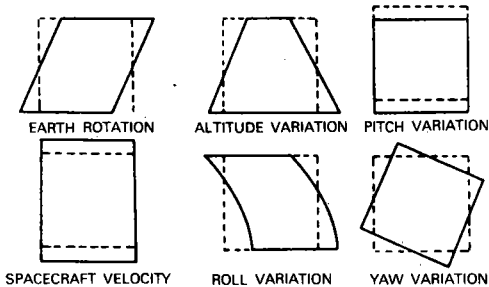
$L = \text{IFIX}\{(J-1)/6\} + 1$: 走査領域(J : 走査 line번호), $\delta = (T'-3.5)\Delta\delta$: 各檢知器의 豫想角(J' = MOD)(J-1.6)+1 : 檢知器번호, $\Delta\delta = \text{IFOV} = 0.8620 \times 10^{-4}$ radian), ω : roll角, ϕ : pitch角, ϕM : 평균 pitch角, Δk : yaw角의 변동, ν : scan mirror의 補正角, γ : skew角, H_L : 위성의 高度, H_M : 평균고도, Z : 地上의 標高.

2) scene補正(地上기준점을 利用한 補正)

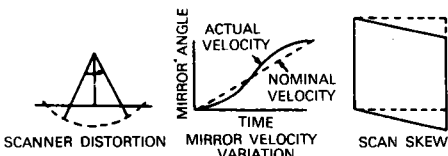
地上基準點(G. C. P : Ground control point)을 利用한 幾何學的 補正은 그림. 4에서 表示한 것처럼 기하학적 歪曲을 갖고 있는 映像座標系 U, V와 歪曲을 갖고 있지 않은 地圖좌표계 X, Y 간의 座標變換式에 의해 座標變換을 行한다. 이때 양座標系에서 명확히 인지할 수 있는 점(GCP)의 선정이 기하학적 補正의 精度를 左右하기 때문에 주의 하여야 하며 本연구에서는 GCP의 선정을 다음과 같이 行하였다.

GCP 선정은 映像 전체에서 골고루해야 하며

DISTORTION EVALUATED FROM GROUND CONTROL



A. NON-SYSTEMATIC DISTORTIONS



B. SYSTEMATIC DISTORTIONS.

그림. 3. Geometric distortions of LANDSAT image.

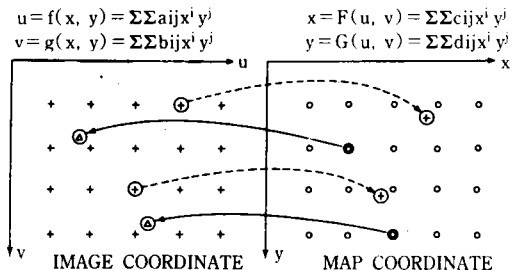


그림. 4. 座標變換.

가능한 Random하게 어느 地域에 치중하지 말아야 한다. GCP의 갯수는 座標變換式을 결정하는 것에 必要한 수보다 많이 選定하여야 하는데 本 研究에서는 최종적으로 24개를 選定하였다.

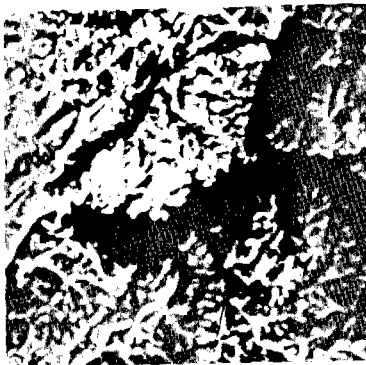
本 研究에서 GCP로 選定한 대상물로서는 그림. 5에 表示한 것처럼 다리, 교차로, 저수지의 제방 等を 選定하였다. 그림. 5의 (A)와 (B)는 GCP 후보의 하나로써 安東댐이 나타나는 LANDSAT false color image와 이에 상응하는 禮安地形圖로써 댐의 중간지점(●로 표시)을 選定하였고 (C)와 (D)는 安溪地形圖에 있는 개천지의 제방과 도로의 교차점을 GCP로서 選定하였다.

특히 GCP의 위치를 정확히 確認하기 爲하여 단일 밴드의 映像보다는 false color image나 line printer에 의해 出力시키는 것이 확실하다. 座標變換을 위해 最少子乘法에 의한 affine 變換을

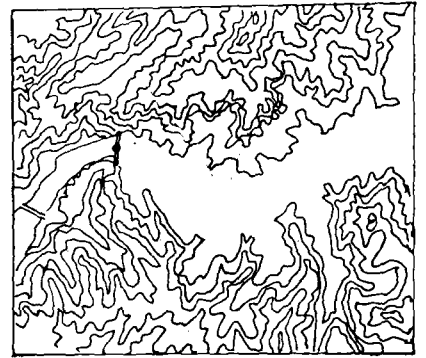
병행한 결과 각 GCP에 對한 error pixel은 0.054 - 0.112이며 中等오차는 0.094로 나타난다.

이를 地上分解能으로 계산하면 약 2.7m의 오차가 생긴것으로 해석된다. 만약 GCP주위의 殘差의 표준편차가 허용치보다 큰 경우에는 GCP 選定 및 좌표測定을 재검토해야하며, S의 허용치는 1~2 pixel 정도이면 充分하다.

本 研究에서는 그림. 6에 나타난 것처럼 출력하고자 하는 映像 data와 original 入力映像 data와는 일반적으로 一致하지 않는다. 그렇지만 出力하고자 하는 地圖座標系의 위치(X, Y)에 對應하는 映像座標(U, V)에는 original 入力映像 data가 없는 것이 많기 때문에 인근의 入力映像으로부터 다음과 같은 nearest neighbor 方法에 의해 그림에 對應하는 映像 data를 內插하였다.



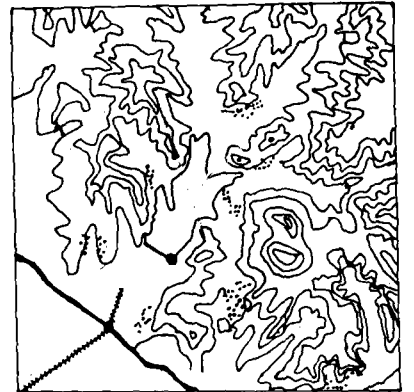
(A)



(B)



(C)



(D)

그림. 5. Ground control point의 選定.

$Q = Pk, l$ 여기서 $k = \text{IFIX}(U + 0.5), l = \text{IFIX}(V + 0.5)$

이러한 방법은 original 映像 data에 손상을 입히지 않는 利點이 있으나 局部的인 幾何學的 變形이 생기는 短點도 있다. 그 이외의 代表的인 方法으로는 주위의 4점에 對하여 內插하는 bilinear 方法과 16점에 對하여 內插하는 cubic convolution 方法이 있으나 이러한 方法은 data의 平均化가 생긴다. 아울러 이와같은 方法에는

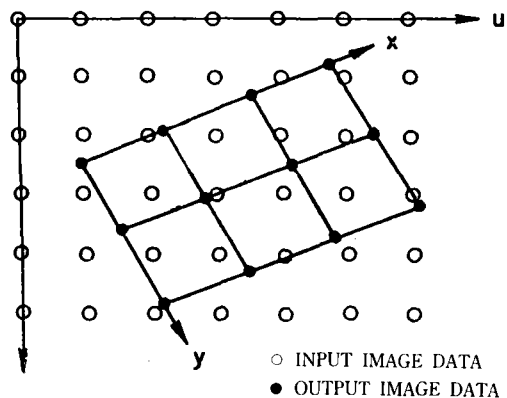
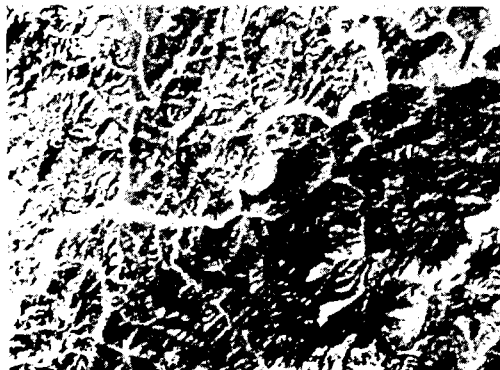
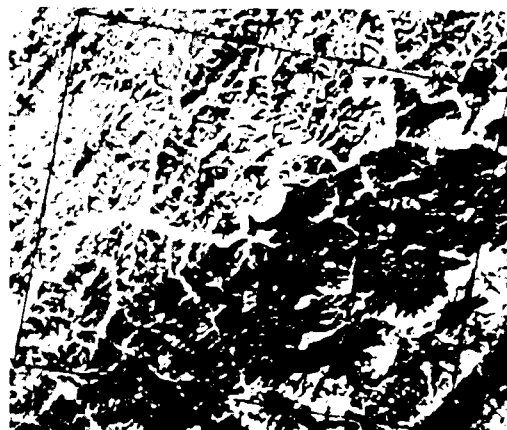


그림. 6. Arrangement of in/output data.

處理時間, 精度問題 등에 對해서 각기 다르기 때문에 연구 대상지역의 地形, 연구目的 등에 따라서 적절한 方法을 선택해야 한다.



(A)



(B)

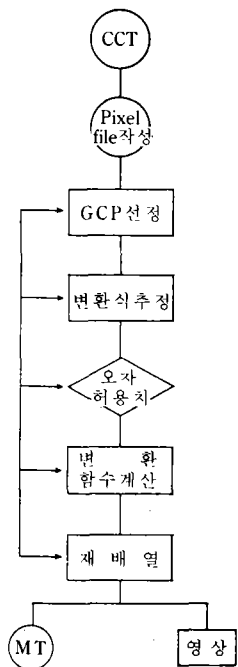
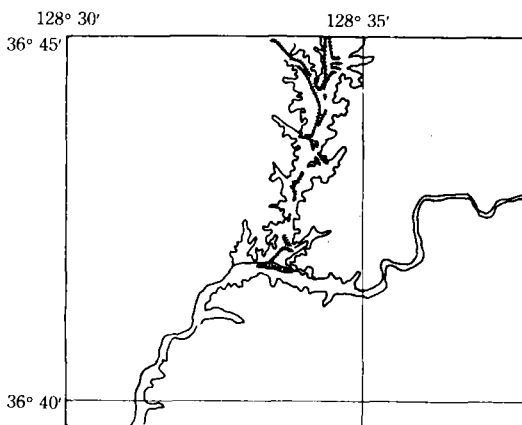


그림. 7. Flow chart of geometric correction.



(C)

그림. 8. Geometric correction image.

그림. 7은 本 研究에서 幾何學補正에서 使用한 흐름圖이다. 또한 그림. 8은 安東地形圖중 예천군을 지나는 내성천 地域에 대한 映像으로서 (A)는 original image 즉 system correction만이 되고 소위 기하학적 보정(scene correction)이 안된 상태이다. (B)는 GCP를 利用하여 (A)의 映像을 기하학적 補正을 한것이다. 이 영상에 나타난 것처럼 入力畫像이 재배열되어 (B)의 영상(검은 선)으로 出力됨을 알 수 있다. (A)와 (B)의 영상을 비교해보면 영상 中間의 西部에 위치한 내성천과 北部 支流의 기울기가 크게 差를 알 수 있다. 즉 幾何學的 補正이 안된 (A)의 영상에서는 거의 E-W 方向과 N-S 方向으로 흐르고 있으나 기하학적 보정을 한 (B)영상은 (C)의 地形圖와 일치하는 方向을 보여주고 있다. 특히 lineament의 抽出에 있어서 기하학적 補正을 하지 않은 영상으로 lineament 方向 等과 같은 統計處理를 할때 그 結果에 상당한 오차를 가져 올 수 있다.

나. SPECTRAL BAND 選定과 FALSE COLOR IMAGE 作成

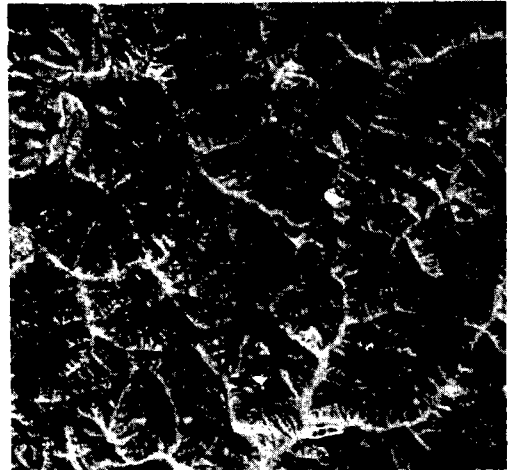
1) Spectral Band의 選定

LANDSAT TM 資料는 從來의 MSS(Multispectral Scanner)에 比해 地上分解能이 80m에서 30m로 向上된 高解像力인 點과 波長帶에 있어서 0.45~0.50 μm 의 可視光 波長帶, 1.55~1.75 μm 의 近赤外 波長帶가 追加된 것이 큰 特徵이다.

그림. 9는 研究對象地域中 義城圖幅地域의 LANDSAT TM의 各 BAND 寫眞으로 다음과 같은 特徵이 있다.

- Band 7(2.08~2.35 μm) : 中間赤外 波長帶로서 一名 地質 band라고도 불리운다. 特히 熱水變質作用을 받은 粘土鑛物에 有效하다. 그림. 9의 (A)에 나타난 것처럼 植生이 dark tone으로 나타나며 노두는 밝은 色으로 보인다. 全體의 所以 lineament가 잘 나타나나, band 5에 比해 shadow 영향이 조금 강해 構造(texture) 解析에 不適合하다. sand는 band 5보다 明確히 判讀된다.

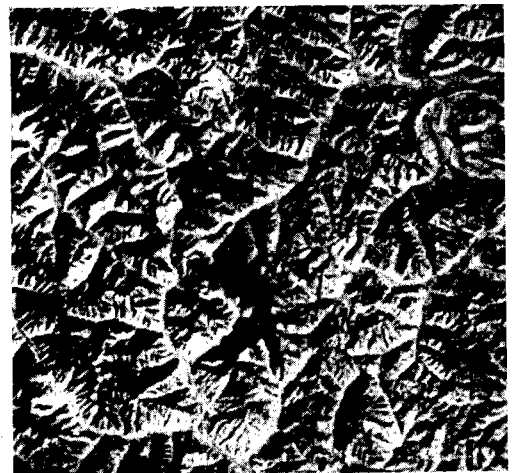
- Band 6(10.4~12.50 μm) : 熱赤外 波長帶로



(A) BAND 7(2.08-2.35 μm)



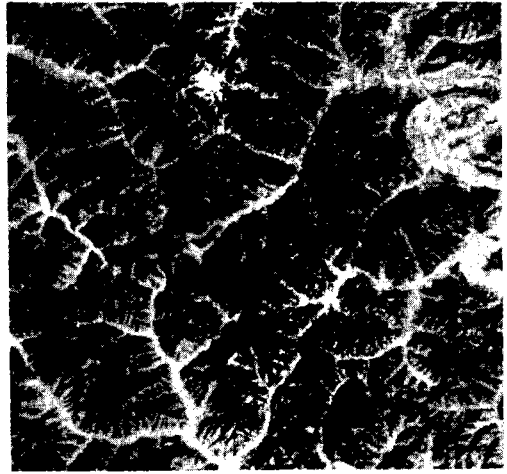
(B) BAND 6(10.4-12.50 μm)



(C) BAND 5(1.55-1.75 μm)



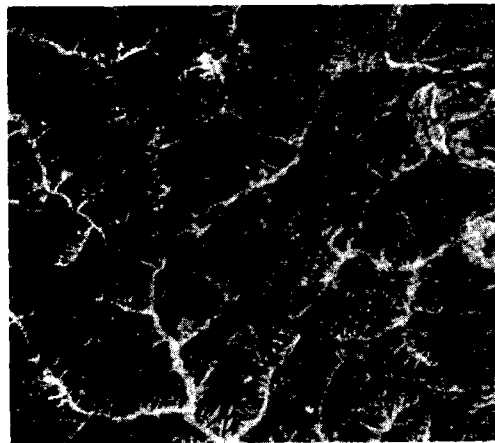
(D) BAND 4(0.76-0.90 μm)



(G) BAND 1(0.42-0.52 μm)



(E) BAND 3(0.63-0.69 μm)



(F) BAND 2(0.52-0.60 μm)

그림. 9. Landsat TM bands of Uisung area.

서 다른 band의 地上分解能과 다르게 120m의 解像力을 갖고 있으며, 主로 熱分布 研究에 利用된다. 地質研究에는 特殊한 경우를 除外하고는 使用하지 않는다.

● Band 5(1.55~1.75 μm) : 中間赤外 波長帶로서 LANDSAT TM에 처음으로 搭載된 것이다. 大部分 band 7과 同一하나 texture 解析에 있어서 우수하기 때문에 lineament 判讀에 有效하다. 또한 土壤水分의 解析에 有效하기 때문에 構造(texture)와 더불어 水系分布 研究에도 利用될 수 있다. 그림. 9의 (C)에 나타난 것처럼 鐵道, 道路, 小水路가 잘 보이며 都市內의 건물이 하얗게 나타난다.

● Band 4(0.76~0.90 μm) : 近赤外 波長帶로서 band 5와 같이 水陸의 區分을 明確히 判讀할 수 있기 때문에 貯水池와 같은 地表水源의 分布 및 現況을 把握할 수 있다. 또한 그림. 9의 (D)에 나타난 것처럼 植生의 影響으로 全體的으로 밝게 보인다. 特히 fine texture의 判讀에는 다른 band보다 우수하나 岩石의 區分에는 不適合하며 lineament 抽出에 있어서도 band 7이나 5에 비해 뒤떨어진다. 그밖에 道路의 判讀은 不分明하지만 밭의 區分은 明確히 할 수 있다.

● Band 3(0.63~0.69 μm) : 可視光 波長帶로

서 MSS의 band 2에 該當한다. 全體的인 contrast가 band 2나1처럼 낮고 植生이 dark tone으로 나타난다. 그림. 9의 (E)에서 보이는 것처럼 水系分布 判讀에 利用할 수 있으며 texture도 잘 表示되어 있으나 lineament 判讀에는 band 5보다 뒤떨어진다. 그러나 地形의 判讀이 可能하며 都心地内の 건물들을 다른 赤外線 波長帶보다 좀 더 分明하게 判讀할 수 있다. 또한 texture의 判讀에 依하여 岩石의 區分도 可能하다.

●Band 2(0.52~0.60 μm) : 可視光 波長帶로서 그림. 9의 (F)에 나타난 것처럼 band 3와 거의 同一하며 비포장도로나 마을 등도 判讀할 수 있다.

●Band 1(0.42~0.52 μm) : 可視光 波長帶로, TM에 처음으로 搭載된 것으로서 波長이 짧아 그림. 9의 (C)에 나타난 것처럼 大氣의 影響을 많이 받는다. 地形 및 水系의 判讀에도 利用할 수 있으나, 이 波長帶는 山林의 區分이나 海洋分野에서 더 많이 使用하고 있다.

上記에서처럼 義城地域을 對象으로 하여 TM의 各 band中 本 研究의 主目的으로 있는 地質判讀, lineament 抽出, 水系分布圖 作成에 가장 適合한 band를 검토한 결과, band 7, 5의 赤外線 波長帶와 band 3, 2의 可視光線 波長帶를 選定하였다.

그 中에서 地質判讀을 爲하여 上記의 4개 band중 2개 혹은 3개의 band를 合成한 false color image를 作成하여야 하기 때문에 다음과 같이 검토하였다.

2) FALSE COLOR IMAGE 作成

LANDSAT TM은 從來의 MSS와 달리 1畫素當 8bit의 情報를 갖고 있다. 이러한 情報量을 갖고 color 合成을 하였을 때는 人間の 눈으로 識別할 수 없을 만큼 많은 情報量을 갖고 있기 때문에 一般的으로 映像處理裝置의 Color CRT system에 表現될 수 있을 만큼의 情報量을 選擇하여 使用하여야 한다. additive color composite system에는 red, green, blue(RGB) 세가지의 基本 color를 갖고 있는 데 本 研究를 爲하여 使用한 KIERIPS(KIEP IMAGE PROCESSING

SYSTEM)의 出力裝置 color display에 있는 3개의 refresh channel은 各各 8bit로 構成되어 있기 때문에, LANDSAT TM band中 3個 band의 情報量을 表現하기에는 充分하다.

이처럼 映像의 情報를 色彩를 利用해서 表現하는 것에는 Pseudo color法과 false color法이 있으나 本 研究에서는 LANDSAT가 多波長帶에 있고 地質判讀에는 單波長帶보다 多波長帶 資料에 더 많은 情報를 갖고 있기 때문에 false color 法을 使用하였다.

false color法은 映像間의 相對關係를 色의 變化로 變換하여 表現하는 것으로 映像의 種類에 對하여 特定한 色을 組合한다. 色의 選擇에는 어떤 一定한 法測은 없고 필히 赤, 綠, 靑의 三原色을 利用할 必要도 없다. 단, 色의 選擇에 있어서 特히 強調하고자 하는 對象物의 色이 變化하게끔 色을 選擇할 必要가 있다. 一般的으로 false color 表示는 그림. 10에 表示한 것처럼

$$\text{映像情報 } X = (X_1, X_2, \dots, X_P)$$

$$I_R = R(X_1, X_2, \dots, X_P)$$

$$I_G = G(X_1, X_2, \dots, X_P)$$

$$I_B = B(X_1, X_2, \dots, X_P)$$

로 表現된다.

日本의 三輪(1986) 등은 모두 210種의 false color를 만들 수 있는 TM data를 다음처럼 1 block이라 해서 (123), (124), ..., (567) 順으로

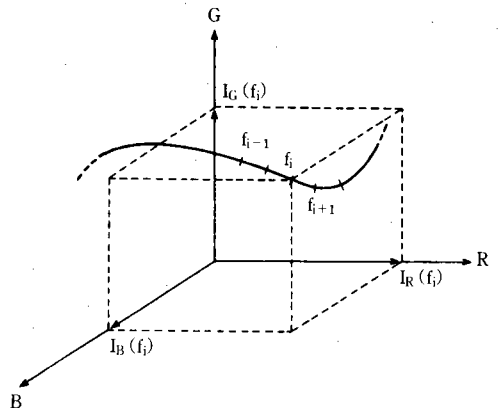
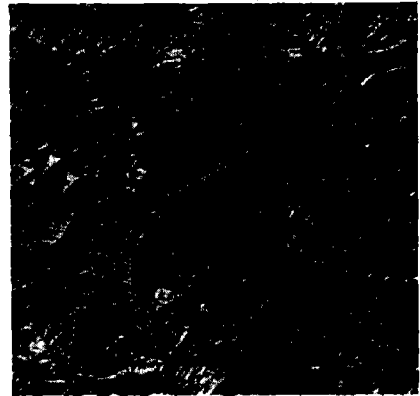


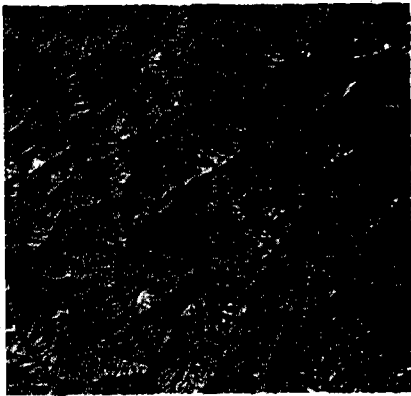
그림. 10. Pseudo color model.



(A) BAND 5+ BAND 3+ BAND 2



(B) BAND 7+ BAND 5+ BAND 3



(C) BAND 4+ BAND 3+ BAND 2



(D) BAND 5+ BAND 4+ BAND 2

그림. 11. False color imageries of Uisung area.



그림. 25. 義城-軍威 地域의 廣域地質判讀映像.



그림. 26. 新寧地域廣域地質判讀映像.

놓고 이를 3原色으로 處理하였으나 本 研究에서는 이들 中 表-3에 表示한 block에 對하여서만 false color image를 作成하여 다음과 같이 그림. 11에 表示하였다.

(A)는 BAND 5, 3, 2에 各各 赤, 綠, 青色 filter를 使用한 것으로 全體的인 contrast가 약간 어두운 면이 있으나 texture의 判讀, 地形의 判讀에 있어서 우수하며, 또한 一部の 岩石을 color에 依해 區分할 수도 있다. 이러한 band는 앞에서 選擇한 spectral band 7, 5 및 3, 2에 該當된다.

(B)는 MSS의 natural color 처럼 植生이 綠色으로 表現된 false color로서 band 7, 5의 中 赤外波長帶와 band 3의 可視光 波長帶에 赤, 綠, 青色 filter를 使用하였다. (A)의 false color image에 比해 texture의 判讀이 어려우며 color의 變化가 거의 없다.

(C)는 近赤外 波長帶의 band 4와 可視光 波長對의 band 3, 2를 使用한 false color image로서 植生이 赤色으로 나타나 있고 植生의 反射가 強한 band 4가 包含되어 있어 強한 contrast를 보이고 있다. MSS의 band 7, 5, 4에 依해 作成된 false color image와 같은 色調를 갖고 있다.

(D)의 映像은 (B)처럼 植生이 綠色으로 나타나는 natural color image이나 texture에 있어서, (A)나 (B)의 映像보다 뒤떨어진다. 中赤外 波長對인 band 5, 近赤外 波長對인 band 4 및 可視光 波長帶 band 2에 赤, 線, 青色의 filter를 使用한 것이다.

上記의 false color image나, 表-3의 grouping에 나타난 것처럼 TM의 band는 band 1과 2, band 3, band 4, band 5와 7, band 6, 으로 크게 5개의 group으로 分類할 수 있다.

이 중에서도 熱 band로 있는 band 6이 包含되어 있는 false color와 包含되어 있지않는 false color와는 크게 다르다. 즉, band 6이 包含된 false color image는 解像도가 나쁜 平坦한 映像이 되기 때문에 本 研究에서는 이를 除外시켰다.

이처럼 地質判讀을 하기 위한 여러 種類의 false color image를 檢討한 結果, 本 研究에서는 그림. 11 (A)의 false color image를 使用하기로

表 -3. Grouping of color composites of the TM data.

1	(123), (125) (127)
2	(135) (137) (235) (237)
3	(157) (257) (357)
4	(457)
5	(456) (476)
6	(156) (256) (356), (176) (276) (376)
7	(576)
8	(126) (136) (236)
9	(124) (134) (234)
10	(146) (246) (346)
11	(145) (147) (245) (247) (345) (347)

決定하였다.

다. 强 調

LANDSAT 映像으로부터 어떤 特徵을 抽出하기 위하여는 映像 全體 혹은 特定地域의 濃度を 强調할 必要가 있다.

특히 LANDSAT TM 映像은 MSS 映像과 다른 8bit로 되어있기 때문에 濃度の 階調가 256 level이나 原映像은 그러하지 못하다.

그림. 12는 義城地域에 있어서 LANDSAT TM의 各 band別 濃度值 分布에 대한 histogram의 한 例이며, 表-4는 各 band別 平均値, 標準偏差 및 絕對放射輝度を 나타낸 것이다.

histogram 및 統計値에서도 나타난 것처럼 濃度の 좁은 部分에 많은 畫素가 集中하고 있기 때문에 映像內에서 미세한 變化가 보이지 않

表-4. 義城地域 LANDSAT TM의 BAND別 統計.

統計值 BAND	平均値	最少濃度	最大濃度	標準偏差	絕對放射輝度 (mW/cm ² Sr)
BAND 7	20.35	0	53	10.95	0.15
〃 6	81.90	64	104	6.06	0.86
〃 5	47.36	0	133	123.46	0.30
〃 4	32.90	5	67	11.83	0.68
〃 3	24.72	6	61	11.83	0.68
〃 2	22.25	11	46	3.61	0.42
〃 1	56.14	18	91	4.86	0.35

다. 地質學에서는 線狀構造를 나타내고 있는 것을 "lineament"라 하고 이러한 線狀構造는 數值的으로 濃度나 texture가 急激히 變化하는 不連續性을 edge라 부르고, 특히 濃度の 不連續性을 線이라 하는데 이러한 lineament의 edge와 pattern을 다음과 같이 나눌 수가 있다.

- ① Step wedge : 濃도가 兩地域에서 다르지만 各各의 地域内에서는 比較的 一定한 斷面을 갖고 있다.
- ② Step wedge with noise : 雜音을 包含한 傾斜의 變化를 나타낸다.
- ③ Roof : 濃度の 變化가 急激하다.
- ④ Spike profile of line : spike狀의 斷面을 갖고 있다.
- ⑤ Combination with step and spike : step狀과 spike 狀과의 복합된 형상이다.

(1) 微分處理

映像의 濃도가 急히 變化하는 部分을 強調하기 위한 映像處理技法에는 주로 1차, 2차 微分法이 있다.

1次微分법은 映像 $f(x, y)$ 에서

$$\nabla f(x, y) = \frac{\partial f(x, y)}{\partial x} V_x + \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} U_y$$

2次微分법은 映像 $f(x, y)$ 에서

$$\nabla^2 f(x, y) = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

이상과 같은 scalar量으로 表示된다. 그러나 實除的으로 映像處理를 하기 위해서는 微分 operator를 利用하였는데, 이번 研究에서는 gradient의 方向의 Lineament를 抽出하여 그 結果를 利用하였다.

2) SPATIAL FILTERING

이 處理는 spatial filter에 의하여 映像의 特徵抽出, 雜音의 除去, 映像의 尖銳化 등을 하기 위하여 많이 使用하는 데 一般的으로 mask를 使用하는 方法과 周波數를 利用하는 方法이 있다.

mask를 利用하는 方法에는 微分 operator에 의해 處理한 것도 이 方法의 一種이며 다른

方法에 비해 프로그램 作成이 容易하다. 다음 表-5는 많이 使用하는 mask operator이다.

3) Ratio 處理

LANDSAT과 같은 multispectral data에서 band間에 加減乘除의 演算을 行하여 path radiance를 除去한다든지 映像의 特徵을 抽出하기 위하여 ratio 處理를 利用한다.

이번 研究에서는 水系分布와 soil moisture 關係를 알기 위하여 ratio 處理技法中 point operation의 差分演算處理를 실시하였다.

表 -5. Mast operator.

		A	B	C
a	b	D	E	F
c	d	G	H	I

(가) $\sqrt{(a-d)^2 + (b-c)^2}$

(나) $|a-d| + |b-c|$

(다) $\sqrt{(a-b+c+d)^2 + (a-c+b-d)^2}$

(라) $|a-b+c-d| + |a-c+b-d|$

(마) $\sqrt{(A+B+C-G-H-I)^2 + (A+D+G-C-F-I)^2}$

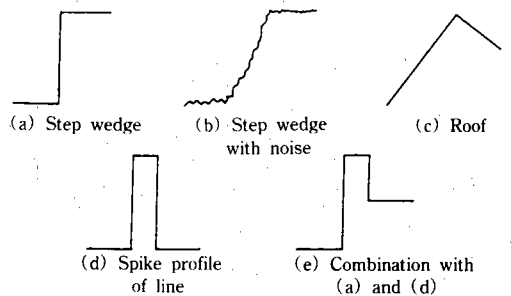


그림. 15. Profile patterns of edge and line on the imagery.

4. 線構造圖 作成과 分析

가. 線構造圖의 作成

映像中에 線狀模樣 혹은 弧狀模樣의 긴 線이

나타나는데 이를 lineament라 부르며 보통 斷層, 節理, 岩脈, 地層의 境界線과 관련되어 있으며 地質構造의 解析, 資源探査 및 地下水 探査 等에 있어 重要한 意味를 가지고 있다. lineament 抽出은 spatial filtering 方法에 依해 抽出된 映像을 判讀한 것으로 그림. 16과 17처럼 線構造 解析圖를 만들 수 있다.

나. 線構造의 統計的 分析

이처럼 判讀된 lineament를 頻度數 및 길이로 區分하여 各 方向別로 統計處理하여 rose diagram으로 표시한다. 이번 調查 研究된 各地域의 lineament를 trend別로 그 數의 集合의 優勢度와 延長線의 길이를 分析하여 보면 그림. 18의 (B)에 나타나는 것과 같이 頻도가 크면 길이로 길게 나타나는 것이 通例이다.

다. Lineament의 地質學的 解析

一般的으로 線狀模樣은 映像化에서 畫素間에 色調, 輝度の 差가 있는 構造가 直線 혹은 曲線狀의 排列이 될때 識別이된다. 이러한 線狀模樣의 大部分은 地形이나 地質構造 等を 어떤

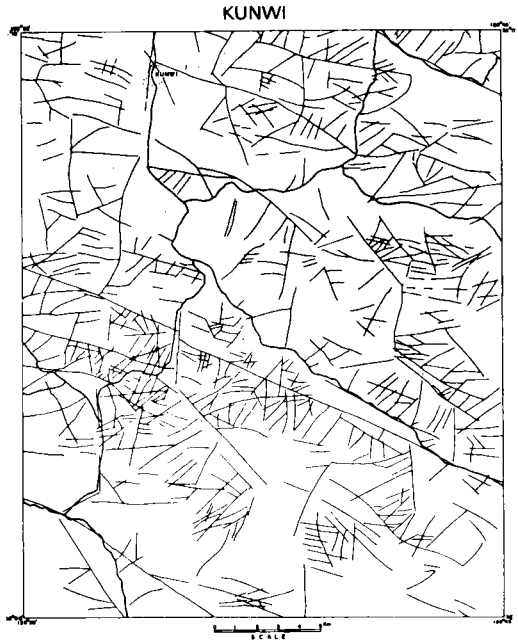


그림. 17. Lineament interpretation map of Kunwiarea.

形態로 反映하고 있지만 그 中에는 어떤 關係도 意味도 없는 構造도 포함하고 있다. lineament 역시 線狀模樣으로 畫素와 關連하여 色調 및 陰影의 境界線, 暗色の 線狀模樣, 畫素群의 集合 等으로 보이는 것을 lineament로서 解析할 수 있다. 抽出된 lineament의 性格을 分析하기 위

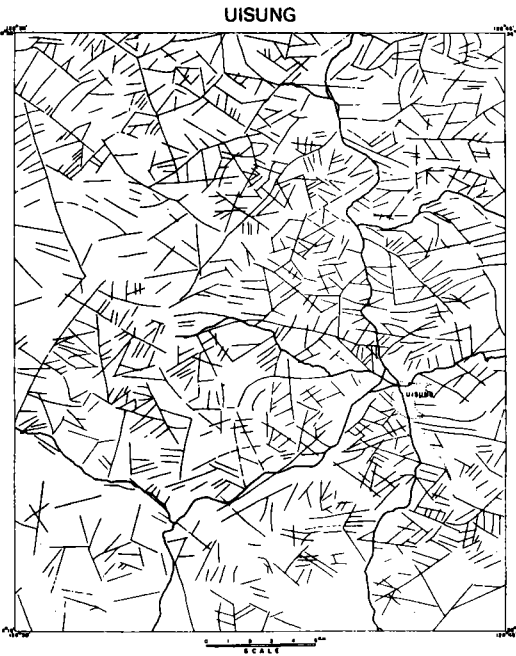
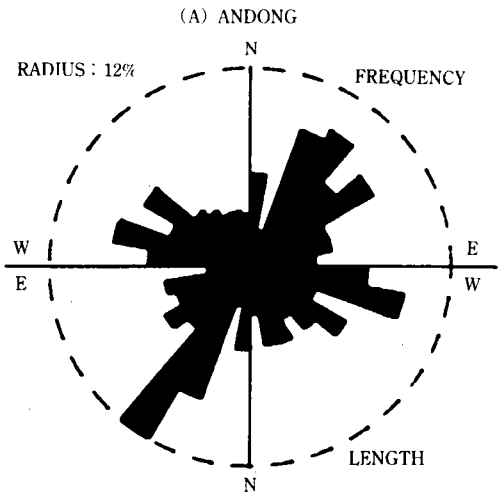
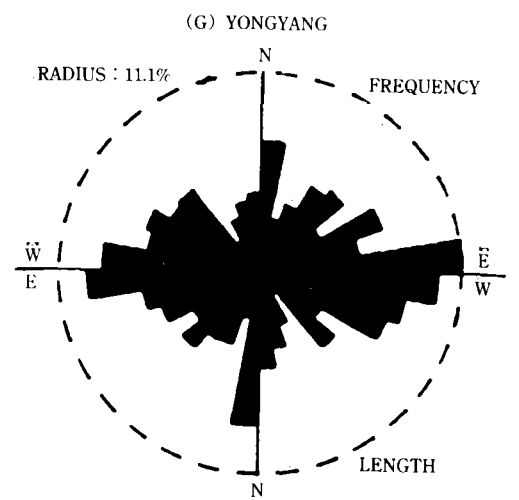
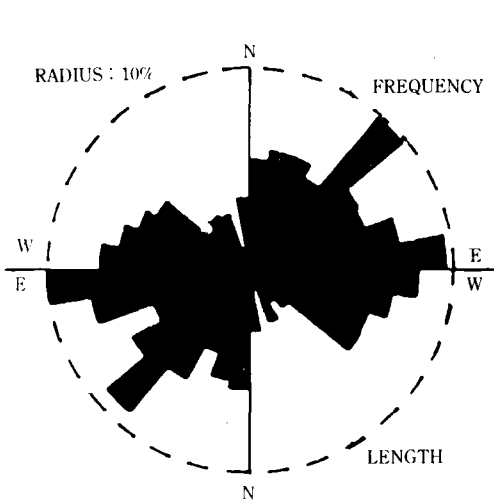
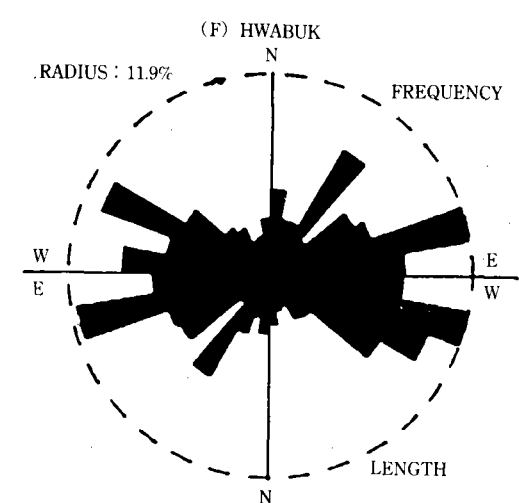
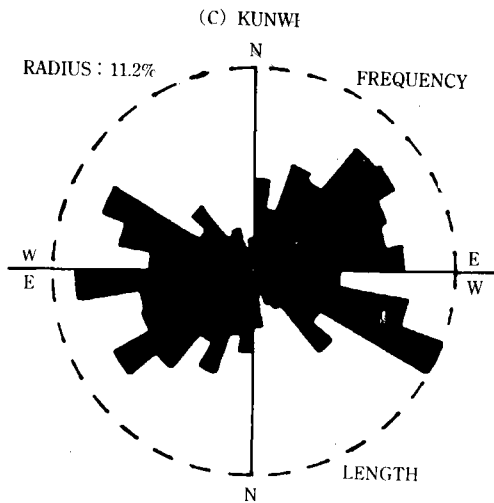
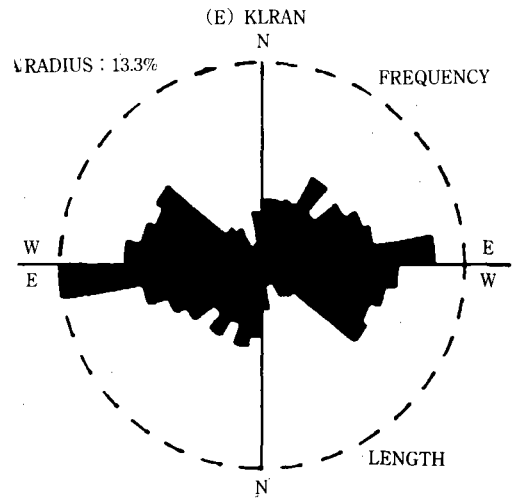
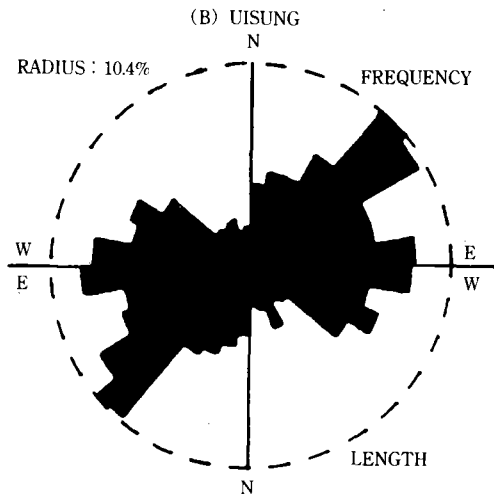


그림. 16. Lineament interpretation map of Uisung area.





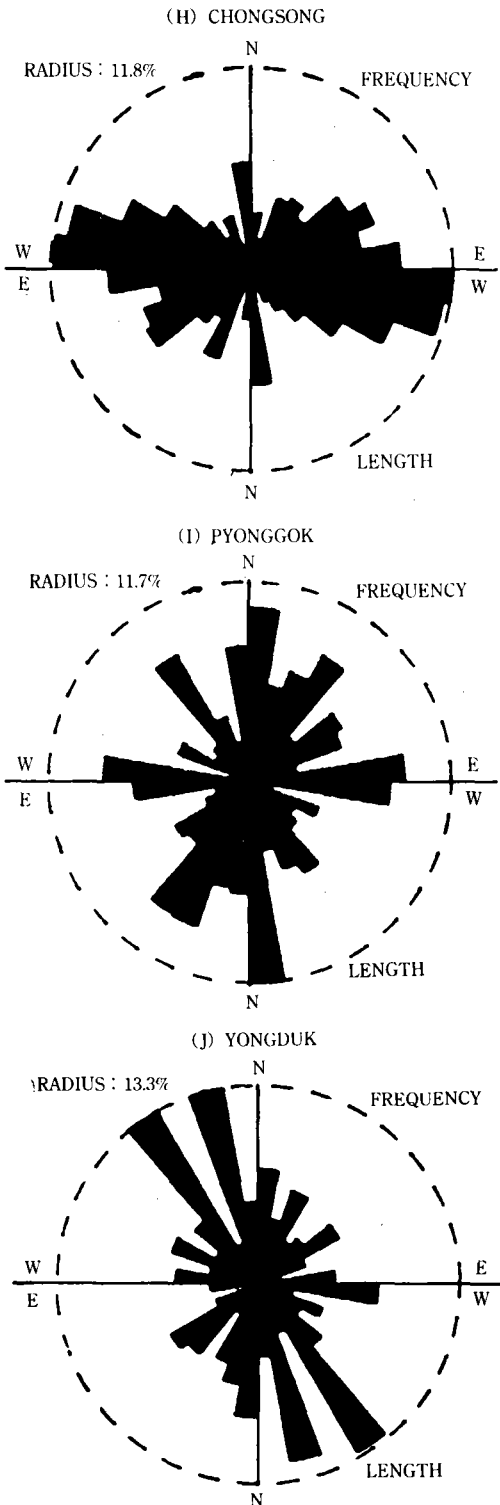


그림. 18. Rose diagram of study area.

하여 縮尺 1 : 50,000의 既存 地質 圖上에 表示된 斷層들과 比較해 보면 lineament와 대부분 一致하며 部分的으로도 一致하는 것이 있는데 이는 斷層들의 연장성을 野外에서 確認하기가 어렵기 때문이며 또한 既存 地質 圖上에 表示된 斷層의 數보다 lineament의 頻度數가 많은 것도 野外에서 斷層으로 確認할 수 있는 증거가 不充分하기 때문이다.

韓半島의 地質構造 trend에 있어서 지나 方向과 一致하는 lineament가 8% 이상의 우세 頻度を 보이고 있는 研究地域으로서는 義城, 軍威, 華北, 柄谷, 禮安圖幅이며 遼東方向으로 있는 WNW, EW와 같은 trend의 lineament는 本 研究地域 全體에 걸쳐서 가장 많은 우세 頻度を 보이고 있다. 이렇게 抽出分析된 lineament는 現地에서도 認知 내지 推定할 수 있는데 軍威 圖幅 中央部の 右側에 있는 平昌池를 지나는 谷間平野로서 나타나고 있다. 이 Lineament는 그림. 19의 lineament 抽出映像(A로 表示한 地點) 上에서도 抽出, 判讀되었다. 軍威圖幅中 軍威郡 孝令面 巨梅洞 一圓을 지나는 두개의 lineament交叉點(그림. 19의 B地點)에 位置한 3개의 觀景 사진이 보여지고 있다.

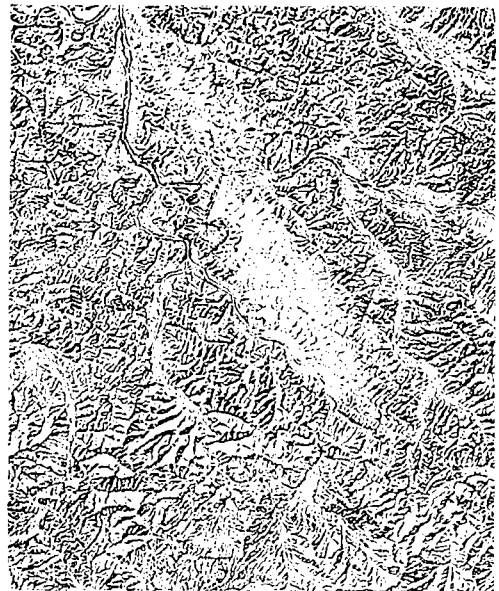


그림. 19. Lineament image of the Kunwiarea.

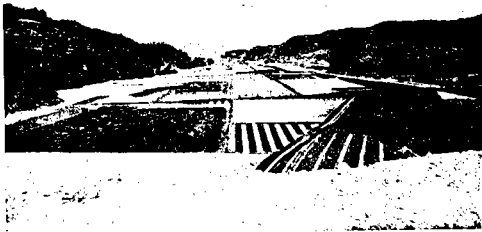


그림.20. lineament photograph at the locality indicated by (A) in Fig. 28.

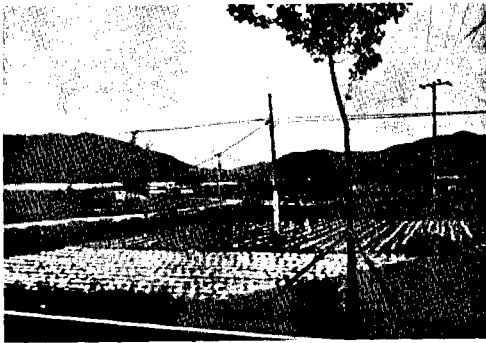


그림. 21. 그림 19의 (B) 지점에 있는 관정들.

5. 水系圖 作成 및 分析

Landsat 映像上에 나타나는 水系의 Pattern과 Texture는 地形, 地質의 indicator구실을 하기 때문에 岩石의 判讀이나 線構造(lineament)의 抽出에 있어서 重要한 要素의 하나가 된다.

本 研究에서는 水系의 抽出을 위하여 별도의 方法을 使用하지 않고, lineament와 동시에 抽出시키고 3·라에서 論議한 바 있는 spatial filtering 技法을 使用하여 水系圖를 作成하였다.

一般的으로 水系는 地形, 岩石, 地質構造 등에 따라 다른 Pattern을 보이고 있으나 보통 그림. 22에 표시한 것처럼 6개의 Pattern으로 分類, 區分하고 있다. 本 研究對象地域에 發達하고 있는 水系는 그림. 22에 있는 Pattern 中에서 大部分 dendritic drainage Pattern을 보이고 있

고, rectangular 및 trellis drainage pattern도 局部的으로 發達하여 있고, 火山岩 分布地域에서는 radial drainage pattern도 나타난다. dendritic drainage pattern은 Pattern 中 가장 잘 integrated하며 주로 本 研究 對象地域에 많이 分布하고 있는 堆積岩 地域이나 花崗岩과 같은 homogeneous 한 곳에 잘 發達하고 있는데 그림. 23과 그림. 24는 LANDSAT TM band 5를 spatial filtering 處理하여 作成된 映像에서 判讀, 抽出한 義城과 軍威地域의 水系圖로서 義城地域에서도 大部分이 전형적인 dendritic pattern을 보이고 있으나 軍威地域에서는 다른 Pattern도 있다. 本 研究 對象地域의 大部分은 dendritic pattern을 보인다. Rectangular Pattern은 joint가 발달된 massive 한 砂岩이 分布하는 地域에 發達되며 本 域에서는 柄谷地域에 약간 變形된 形態가 보인다. Trellis drainage pattern은 褶谷된 堆積岩에서 發達되며 그림. 23과 24에서도 部分的으로 나타나는 데 本 域에서는 이 Pattern에 따라 lineament가 發達되어 있다. radial pattern은 火山이나 dome처럼 中央에서 바깥쪽으로 향하는 방사선의 pattern으로 義城圖幅의

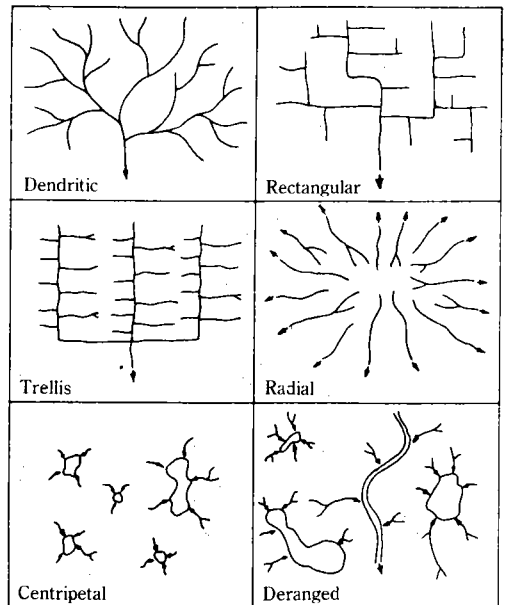


그림. 22. Six basic drainage patterns.

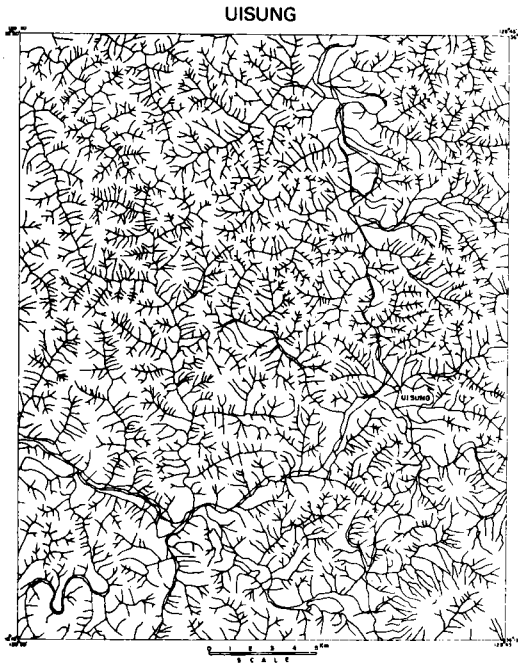


그림. 23. Drainage interpretation map of Uisung area.

右下端에 있는 金城山の 火山岩에서 볼 수 있는데 그림. 23에서도 잘 認知될 수 있다. 또한 drainage pattern이나 rectangular pattern 처럼 직각 方向의 水系는 構造的 支配를 많이 받아 Lineament와 거의 一致하고 있다. 이러한 양상은 本域 어디에서나 볼 수 있으며 거의 직각 方向의 짧은 支流로 나타난다. 이는 地下水와 lineament가 密接한 關係가 있음을 보여주는 것의 하나인데 義城과 軍威地域에 分布하고 있는 觀井의 位置와 lineament를 볼 때 大部分의 觀井은 lineament 線上이나 交叉點에 있다.(32 개 觀井중 26개가 lineament와 一致) 그러나 觀井 揚水量의 多少와 lineament와의 關係는 좀 더 精密 研究를 할 必要가 있다.

6. 廣域地質圖 作成

3. 나에서 論議한 false color 作成技法에 의해 作成된 LANDSAT TM 映像을 視覺的 判讀에 의해 廣域地質圖를 作成하였는데 특히 義城 및 軍威地域은 縮尺 1:20,000의 航空사진도 병행 使用하였다.

이들 映像을 이용하여 地質 等を 判讀하기 위하여는 대체로 色調, 色, texture, pattern 혹은 地形等과 같은 要素에 근거하여 判讀한다.

그림. 25는 義城, 軍威地域으로서 河陽層群의 日直層, 後坪洞層, 點谷層, 舍谷層 및 火山岩類 등이 잘 判讀된다.

즉 砂岩, 赭色 및 暗灰色 Shale, 礫岩 등으로 構成되어 있는 一直層(A)는 地形이 높으며 기록의 變化가 심하지 않고, 다른 層에 비하여 medium texture를 나타내고 있다. 砂岩 및 赭色 shale의 後坪洞層(B)은 本域에서 가장 낮은 地形을 보이며 shale 分布地域의 특징으로 있는 fine texture를 나타내고, color에 의해서도 다른 地層과도 區分이 된다.

砂岩, 暗灰色 shale 및 礫岩으로 構成되어 있는 點谷層(C)의 映像上에 나타나는 특징은 一直層과 後坪洞層의 中間의 地形 기록을 나타내며 texture에 있어서도 一直層에 비해 fine texture를 보인다. 그러나 舍谷層(下)과의 區分

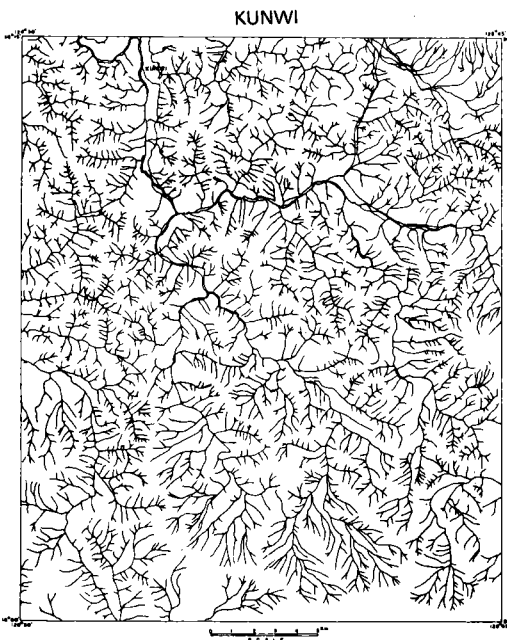


그림. 24. Drainage interpretation map of Kunwi area.

은 어렵지만 texture에 의해 判讀 可能하다.

鹽基性 및 酸性 火山岩의 (C)는 texture 및 radial drainage pattern에 의해 判讀 可能하다. 또한 本 域에는 4개의 서로 大略 平行한 北西-東南 方向의 走向移動斷層이 分布하고 있다. 이들의 斷層은 LANDSAT 映像上에서 lineament로 나타나며, 그 연장성에 있어서는 地質圖에 表示된 斷層보다 길다. 그림. 26은 新寧 圖幅에 해당되는 地域으로 Color에 의한 것보다 texture 및 地形에 의해서 判讀된다. 주로 赭色 shale 및 泥岩으로 構成되어 있고 綠灰色 Shale과 arkosic 砂岩이 挾在하는 咸安層 (B)은 半夜月層과 判讀이 잘 안되나 地形에 의해 部分的으로 判讀할 수 있다. (C)의 半夜月層은 咸安層보다 더 낮은 地形을 보이며, fine texture를 나타내는데 주로 綠灰色 내지 暗灰色 shale로 構成되어 있고, 石灰岩 및 arkosic 砂岩이 挾在되어 있다. 黑色 내지 暗灰色 shale로 構成되어 있는 華山層 (F)은 Coarse texture가 發達되어 있는게 가장 두드러진 특징이다. 그 이외에 火山岩 複合體 및 深性岩類도 判讀 可能하다. 流紋斑岩 또는 石英斑岩 및 流紋岩質 角礫岩의 亞火山岩複合體 (G)는 medium texture로 나타나며 花崗岩類는 Shadow 및 구름때문에 正確한 判讀은 안되나 火山岩複合體보다 Coarse한 texture를 보이고 있으며 斑岩類 (D)도 잘 判讀이 된다.

本 域은 亞火山岩體를 核으로 周邊에 發達하는 環狀斷層 大測部の 陷沒 칼데라, 그 주변을 둘러싸는 堆積岩層의 向斜構造 등을 判讀할 수 있다.

斷層은 N60°W로 映像上에서도 lineament로

나타나나 圖幅 下部의 推定斷層은 判讀이 안되었다.

7. 結 言

가. 本 研究에서는 安東, 義城, 軍威, 禮安, 吉安, 華北, 英陽, 青松, 柄谷, 盈德地域에 대한 遠隔探查資料인 LANDSAT TM data를 利用하여 映像處理技法에 依據 다음과 같이 縮尺 1:50,000의 thematic map을 作成하였다.

- (1) 廣域 地質圖
- (2) lineament map
- (3) lineament frequency map
- (3) drainage map

나. 上記의 thematic map을 作成하기 위하여 false color 作成技法, spatial filtering 技法 및 ratio 技法, classification 技法 등을 使用하였다. 이들 thematic map들은 地下水 開發을 위한 廣域水脈圖 作成에 重要的 基本 資料가 된다.

다. 判讀한 結果에 대한 野外 檢討에서 lineament의 높은 frequency 地域과 관정의 位置는 밀접한 관련이 있으며 또한 그러한 地域에서는 많은 揚水量을 보이는 경향이 있는바 이에 대한 精밀한 研究가 要望된다.

라. 岩盤 地下水는 分布되어 있는 岩石의 透水性(Permeability)과 龜裂에 깊은 관계가 있으므로 lineament의 頻도가 높거나 규모가 큰 lineament가 지나는 地域 그리고 drainage 密度가 낮은 地域을 岩盤 地下水探查 對象地域으로 選定하는 것이 效果의이라 사료된다.