

KR-89- (B) - 9

Geographic Information System 技術에 의한
Thematic Map 作成 研究 (I)

Study on a Thematic Mapping using Geographic
Information System (I)

研 究 機 關

財團法人 韓國動力資源研究所

科 學 技 術 處

提 出 文

科學技術處長官 貴下

本 報 告 書 를 “ Geographic Information System에 의한 Thematic
Map 作成 研究 (I)” 課 題 的 最 終 報 告 書 로 提 出 하 ン 다 .

1989 年 12 月

研 究 機 關 名 : 韓 國 動 力 資 源 研 究 所

研 究 責 任 者 : 智 光 薰

要 約 文

I. 題 目

Geographic Information System에 의한 Thematic Map 作成 研究

II. 研究의 目的 및 重要性

本 研究는 各種 自然資源 및 國土에 關한 情報를 適時에 必要로 하는 사람이나 機關이 活用할 수 있는 資源情報 管理 시스템 (Geo-Information System)에 대한 技術을 開發하고자 하였다.

III. 研究의 內容 및 範圍

- 尙州地域의 LANDSAT TM 映像 및 地質圖의 data base (IDB, TDB)에 의한 資源情報 管理 시스템 開發
- GIS 및 image processing 技法에 의한 地質 및 地形調査를 위한 ground truth map 作成
- vector 및 raster data 變換 技法 開發로 上記의 資料의 data base 化

IV. 研究 結果 및 活用に 대한 建議

- image data base 및 thematic data base에 의한 資源情報 管理 시스템 開發

- 地質 및 地形調査를 위한 thematic map 作成으로 映像의 地圖化 技法 開發
- 本 研究를 통해서 開發된 技術을 活用하기 위해서는 주변장치가 완비된 graphic 전용시스템이 必要하며, 국산 PC에 의해 利用 可能하다.

ABSTRACT

Study on Thematic Mapping using Geographic Information System(I)

CHI, KWANG HOON

Geographic Information System(GIS) is a kind of information system for storage and handling of spatial or geographic reference data. The system is capable of handling graphic data such as geologic boundary taken from geologic maps.

Image processing techniques also is an important factor in the preparation of GIS, but the application of image processing should not be limited merely to producing Landsat images.

The study was to develop integrated GIS functions.

The developed techniques are expected as a important tool in a GIS data base.

The results of the study are as follows.

- 1) To develop techniques to integrate GIS vector data with raster images
 - Lineament map
 - Geologic and lineament interpretation map
- 2) Geologic map stored in Geo Information System.

CONTENTS

ABSTRACT	3
CHAPTER 1. INTRODUCTION	11
CHAPTER 2. STUDY AREA AND DATA	13
CHAPTER 3. GENERAL GEOLOGY	17
CHAPTER 4. GEOMETRIC CORRECTION	19
4.1. SYSTEM CORRECTION	19
4.2. SCENE CORRECTION	21
4.3. CONSTRUCTION OF THE CORRECTED IMAGERIES	24
CHAPTER 5. GROUND TRUTH MAPPING	29
5.1. BAND ANALYSIS	29
5.2. DENSITY TRANSFORMATION	36
5.3. GROUND TRUTH MAPPING	39
CHAPTER 6. LINEAMENT EXTRACTION AND STATISTIC ANALYSIS	42
6.1. BAND ANALYSIS	44
6.2. EXTRACTION TECHQUES OF LINEAMENT	47
6.3. STATISTICAL ANALYSIS OF LINEAMENT	53
CHAPTER 7. THEMATIC MAPPING	56
CHAPTER 8. CONCLUSIONS	63
REFERENCES	64

目 次

要 約 文	3
第 1 章 序 論	11
第 2 章 研究對象地域 및 使用資料	13
第 3 章 地質概要	17
第 4 章 幾何學的 補正	19
4.1 SYSTEM 補正	19
4.2 SYSTEM 補正	21
4.3 補正映像의 作成	24
第 5 章 GROUND TRUTH MAP 作成	29
5.1 BAND 의 分析	29
5.2 濃度變換	36
5.3 GROUND TRUTH MAP 作成	39
第 6 章 LINEAMENT 抽出 및 統計分析	42
6.1 BAND 分析	44
6.2 LINEAMENT 抽出 技法	47
6.3 LINEAMENT 의 統計的 分析	53
第 7 章 THEMATIC MAP 作成	56
第 8 章 結 論	63
參考文獻	64

第1章 序 論

地理 data 는 文化 및 사람들에 關한 情報에 한하지 않고, 自然資源에 關한 情報도 포함하고 있다. 이와같은 現像의 空間的 分布는 通常, 地圖나 映像이라 해서 圖的으로 表現되고, data 는 位置에서 分類한 變數의 形式으로 되며 地圖上에 表示되어지는 場所와도 關係를 갖는다.

이러한 地理的 data 는 computer 및 그 周邊機器와 大量의 data 處理技術이 發達되므로서 數值化되어 地形, 地質, 土壤, 植生 및 土地利用 等の 研究에 폭넓게 利用하고 있으며 또한 data base 化를 도모할 수 있다.

GIS (Geographic Information System) 는 1960 年代에 처음으로 캐나다에서 開發되어졌으나, 現在는 地方的, 國家的, 國際的, 혹은 地球的 要請에 의해서 廣範圍하게 增大하고 있는데, 巨大規模의 地表 data 를 經濟的으로 利用하기 위해서는 꼭 必要한 技術이다.

그러나 地理나 地質 data base 는 data 量이 큰것이 特徵으로 있어 大量 data 의 通信을 어느 方式으로 할 것인지, data 構造의 概念, 天然資源管理의 經驗, GIS data 操作能力 等に 의해 GIS 効用性이 左右된다.

本 研究에서는 遠隔探查資料를 GIS 에 의해 data base 化하여, 이를 특히 地圖化하므로서 地形 및 地質調査에 利用할 수 있는 ground truth map 을 作成하였으며, 특히 衛星映像資料와 GIS technique 을 利用한 lineament 및 地質判讀圖 等과 같은 thematic map 을

작성하르로서 Geo Information System 구축을 위한 技法을 開發하고
자 하였다.

第 2 章 研究對象地域 및 使用資料

本 研究의 對象地域 으로서는 Fig.1 에 表示된 尙州圖幅地域이며, 遠隔探査資料는 1987 年 11 月 5 日에 走査된 LANDSAT TM (Thematic Mapper) sensor 이다. 使用된 LANDSAT TM 資料는 PATH 115-ROW 35 의 subscene B 地域에 해당된다.

LANDSAT TM sensor 는 表-1 에 表示된 것처럼 7 개의 波長帶域과 약 30 m 의 地上分解能을 갖고 있다.

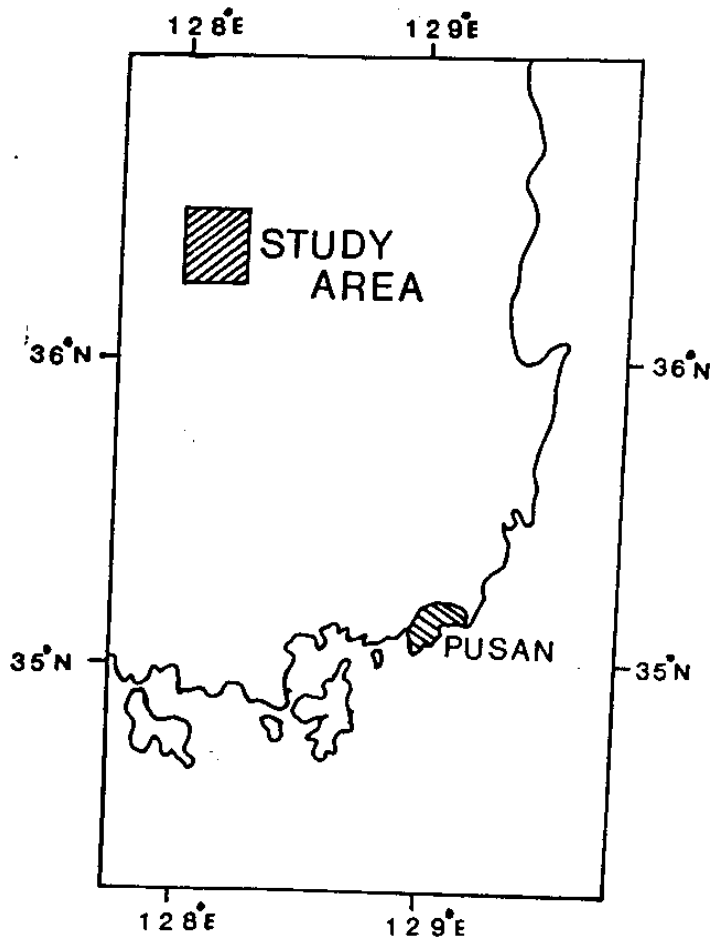


Fig.1 研究對象地域의 位置圖.

< 表 - 1 > LANDSAT TM sensor 의 波長帶域 .

BAND	CENTRAL WAVELENGTH (μm)	BAND WIDTH (nm)
1	0.485	70
2	0.560	80
3	0.660	60
4	0.830	140
5	1.650	200
6	11.450	2,100
7	2.210	260

使用된 資料의 형태는 CCT (Computer Compatible Tape)이며, CCT format 는 Fig.2 에 表示된 것처럼 1 band 의 1 scene 分 資料가 한개의 file 를 構成하고 있고, 1 line 의 資料가 1 record 를 構成하고 있는 superstructure BSQ (Band Sequential) format 이다.

superstructure CCT는 아래와 같이 6개의 file 로 構成되어 있으며 各各의 file 에 복수의 record 로 되어 있다.

가. volume directory file

各 CCT 의 先頭에 位置하여, CCT 의 volume 및 file 管理, 情報를 格納한다. volume descriptor, file pointer 및 text record 로 構成되어 있다.

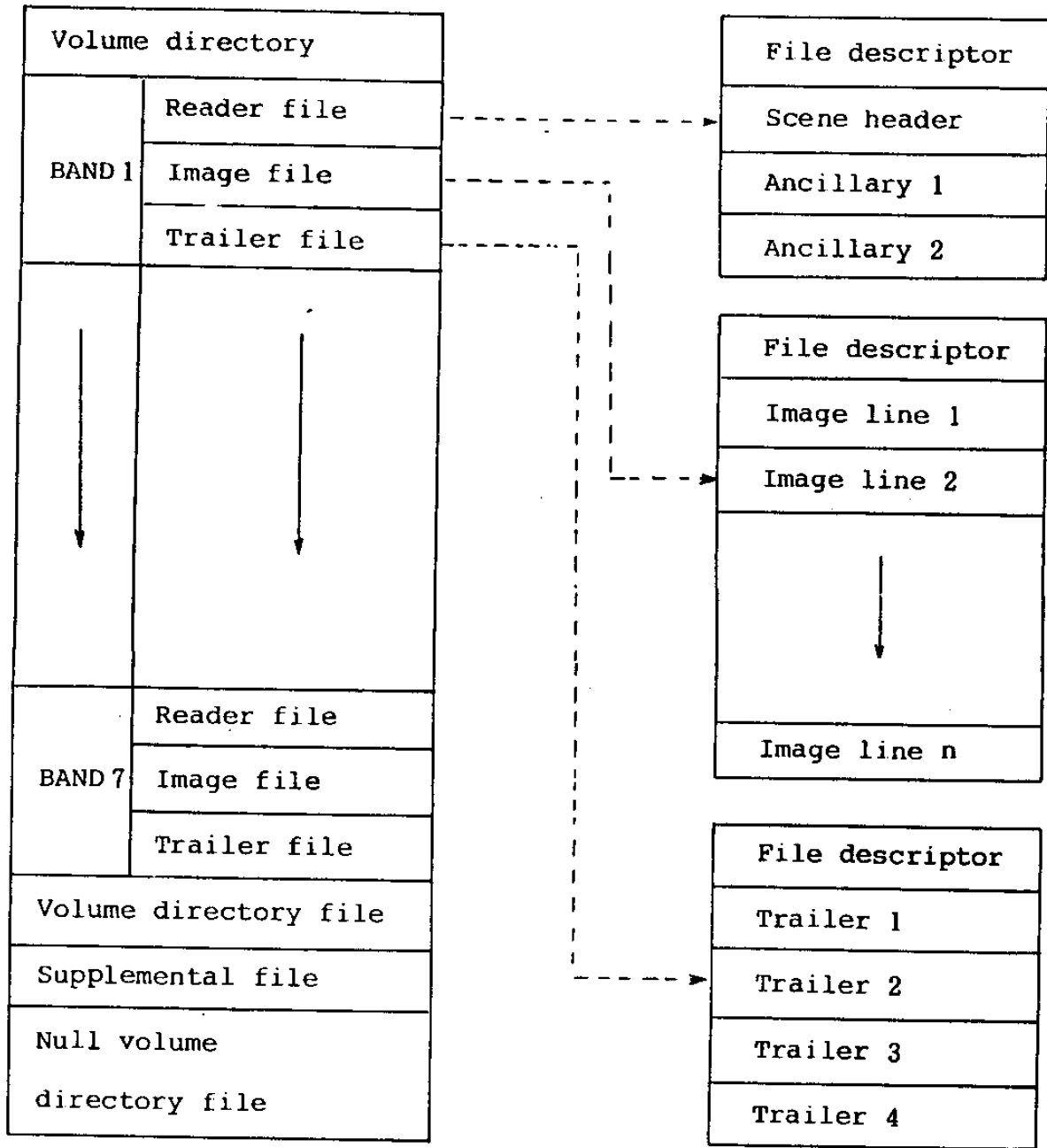


Fig.2 BSQ format.

나. reader file

image file 앞에 위치하여, image file 内の 映像 data 와 관련있는 annotation data, ancillary data 等の 情報을 格納한다.

file descriptor, scene header, ancillary record 로 構成되어 있다.

다. image file

record file 의 다음에 位置하여 映像 data 에 관한 最終 情報을 格納한다.

file description, image record 가 있다.

라. trailer file

image file 의 다음에 位置하여 映像 data 에 관한 最終 情報을 格納한다.

file description, trailer record 로 構成되어 있다.

마. null volume directory file

CCT format 의 最終 file 로, logical volume 의 終了를 表示한다. volume descriptor record 로 構成되어 있다.

바. supplemental file

幾何學的 歪曲 補正係數, PCD(Payload Correction Data), 부속정보 data 등을 格納한다.

file descriptor, header, ancillary record 로 構成되어 있다.

第 3 章 地質概要

本 研究地域은 片岩類, 準片麻岩類, 古期 貫入岩類, 中生代 堆積岩類 및 佛國寺期 火成岩類 等の 地質로 構成되어 있다.

本域의 基盤을 이루고 있는, 片岩類는 本域에 널리 作用하였던 花崗岩化作用 및 미그마타이트化作用의 영향을 받지 않았으며, 西部에서 北長寺 斷層에 따라서 帶狀 分布를 이루나 北長寺, 露陰山, 栢田里 等地에서 南北方向으로 分布하는 알카리 花崗岩 및 石英斑岩에 의해 斷切된다.

本岩은 北長寺 斷層을 境界로 하여 大體로 그 東側에 分布하나, 佳谷里附近에서는 兩側에 넓게 分布한다.

갈방, 바랑골, 영구정附近에서는 北長寺 斷層을 境界로 하여 매우 明瞭한 接觸面을 보여주나 그 西南部에서는 縞狀 片麻岩 혹은 미그마타이트質 片麻岩과 漸移的이다.

準片麻岩類는 上記한 片麻類들이 심한 花崗岩化 作用과 미그마타이트化 作用에 의하여 生成된 것이다.

本岩類는 黑雲母花崗岩質 片麻岩, 複雲母 花崗岩質 片麻岩, 淡紅色 加里長石 花崗岩質 片麻岩, 角閃石花崗岩質 片麻岩, 애플라이트質 片麻岩, 미그마타이트質 片麻岩, 黑雲母 縞狀片麻岩과 角閃石 縞狀片麻岩으로 分類되는데, 北長寺 斷層을 境界로 하여 本岩類의 分布狀況이 달리 나타난다. 즉 斷層의 東部에서는 東쪽으로 갈수록 花崗岩化의 程度가 높은 花崗岩質 片麻岩으로 漸移되며 그 分布에 있어서도 어느 程度 規則的인 樣相을 보여주나 西部에서는 東部에서 볼 수 없었던

複雲母花崗岩質 片麻岩이 넓게 分布하여 있으며 黑雲母花崗岩質 片麻岩과 함께 不規則的인 分布를 이루고 있다.

古期 貫入岩類는 本地域에서 基盤을 이루고 있던 變成堆積岩類를 花崗岩化 시키는데 重要的 役割을 한 深成岩體로 보이는데, 岩質에 의해서 黑雲母 花崗片麻岩, 細粒黑雲母 花崗岩, 메라閃綠片麻岩과 메라閃綠岩으로 分類된다.

또한 이들 貫入岩體들은 片岩類를 花崗岩化시켰으며 中生代 地層에는 아무런 영향을 주지 않는 것으로 보아 慶尙系 堆積岩層이 堆積하기 以前으로 생각된다.

本域의 西北隅 九龍岩附近 河床에는 沃川系로 믿어지는 八音山層이 극히 小規模로 分布하며, 西側에 慶尙系 堆積岩類에 속하는 會洞里層은 片岩 및 片麻岩類와 유정 斷層으로 接한다. 또한 東側에 分布하는 洛東統에 속하는 堆積岩類들은 三德里層으로 岩相에 의해 白潭里, 三德里, 墨下里 멤버라하여 分類되었다.

本域의 西北部에 넓게 分布하는 佛國寺期の 花崗岩은 片麻岩類와의 接觸部에서 石英斑岩 혹은 花崗斑岩으로 漸移되는데, 石英斑岩은 노음산을 中心으로 하여 南北方向으로 發達한다.

變成岩類 分布地域의 地質構造는 매우 복잡한 褶曲과 斷層에 의해 支配되었으며, 片麻岩類와 中生代 堆積岩層은 本域의 西側에서 斷層으로 接觸하고 東端에서는 斷層과 不整合으로 接觸되어 있다.

第 4 章 幾何學的 補正

映像을 幾何學的으로 생각하여 보며는, 映像이라는 것은 對象物의 空間座標 (X, Y, Z)가 sensor의 投影變換系를 통해서 어느 投影面에 投射되어지는 投影像 즉, 平面의 映像座標 (x, y)에 變換되어지는 것을 말한다.

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

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

그러나 같은 對象物이라도 投射方式, 投影面, sensor 등 여러 要因에 의해 映像의 幾何形狀이 달라지기 때문에 우리들이 利用하고 있는 地圖와 一致하지 않고, 遠隔探查資料의 各 畫素가 地圖上의 어디에 對應하는 것인지 모른다면 그 實用性 (本 研究에서는 映像의 地圖化, 地質圖 및 ground truth map의 data base化)이 반감한다.

이처럼 映像에 포함되어 있는 수많은 幾何學的 歪曲을 補正하는 方法에는 다음과 같은 것이 있다.

4.1. SYSTEM 補正

幾何學的 歪曲을 유발시키는 原因 및 性質에 관한 情報를 利用해서 系統的으로 歪曲을 補正한다.

이 補正方法에는 歪曲의 原因이 되는 parameter에 관한 正確한

計測値가 必要한데, LANDSAT 경우도 航空寫眞처럼 内部 parameter와 外部 parameter로 區分될 수 있다.

表-2는 歪曲의 原因이 되는 各 parameter와 補正方法에 대한 것이다.

<表-2> 幾何學的 歪曲의 原因 parameter와 補正方法.

parameter	歪 曲	補 正
A. 内部 parameter		
(가) 走査鏡의 不等速度	畫素 size	角度補正 ($\Delta X \approx 400 m$)
(나) 同時走査	계단상 歪曲	6 line 마다 補正
B. 外部 parameter		
(가) 姿 勢	path	角度補正 $\Delta X = h \Delta \theta R$
o rolling		o $\Delta Y \leq 6,400 m$
o pitching		o $\Delta Y \leq 6,400 m$
o yawing		o $\Delta Y \leq 960 m, \Delta X \leq 5 m$
(나) 高 度	scale	$\Delta X = 9.26 \times 10^4 \times \frac{\Delta h}{h}$
(다) 自 轉	skew 角	$\Delta Y = 6,480 m$
(라) 曲 率	放物面狀歪曲	무 시
C. 其 他	非線形	GCP 利用

또한 이러한 parameter에 의해서 일어나는 歪曲을 補正하기 위해 地球를 平面이라 보고 2次元의 平面座標에 system 補正을 하는데 그 式은 다음과 같다.

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

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

$$\theta = (I - 1620.5) \Delta \theta : \text{走査對象角}$$

$$(I : \text{畫素番號}, \Delta \theta = \text{IFOV} = 0.6227 \times 10^{-4} \text{ radian})$$

$$L = \text{IFIX} \{ (J-1)/6 \} + 1 : \text{走査領域}$$

$$(J : \text{走査 line 番號})$$

$$\delta = (T' - 3.5) \Delta \delta : \text{各 檢知器의 對象角}$$

$$(J' = \text{MOD}(J-1.6) + 1 : \text{檢知器 番號})$$

$$\Delta \delta = \text{IFOV} = 0.8620 \times 10^{-4} \text{ radian})$$

$$\omega : \text{roll 角}, \phi : \text{pitch 角}, \phi M : \text{平均 pitch 角}$$

$$\Delta k : \text{yaw 角의 變動}, \nu : \text{scan mirror 的 補正角}$$

$$\gamma : \text{skew 角}, H_L : \text{衛星의 高度}$$

$$H_M : \text{平均高度}, Z : \text{地上의 標高}$$

4.2 SCENE 補正

映像中에서 對應하는 地上座標가 測定 可能으로 있는 點 (GCP : Ground Control Point) 을 選擇하여 映像座標系 u, v 와 地圖座標系 x, y 와의 座標變換式을 抽出하여 幾何學的 變換을 行하여 補正하는 것으로, 本 研究에서는 地圖投影圖 作成 方法을 使用하였다.

地圖投影圖作成方法에는 다음과 같은 式의 入力映像 資料에 의 한 것과 出力映像 資料에 의한 幾何學的 方法이 있다.

$$x = f(u, v)$$

$$y = g(u, v)$$

本 研究에서는 Fig.3 과 같이 入力映像座標上에 있는 各 畫素를 地圖座標上에 映像을 作成하는 方法으로 補正을 行하였으며, Fig.4와 같은 affine 變換에 의해 다음과 같은 座標變換式을 決定하였다.

$$u = ax + by + c$$

$$v = dx + ey + f$$

미지계수 a, b, \dots, f 는 다음에 表示하면 편미분에 의해 얻어 진다.

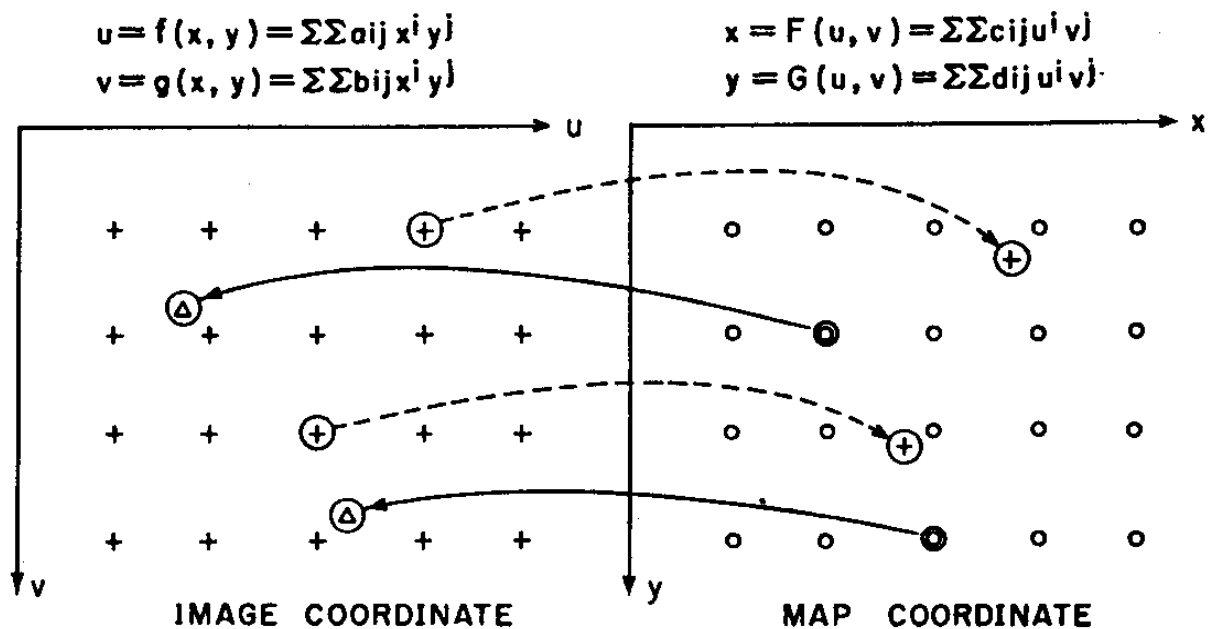


Fig.3 座標變換.

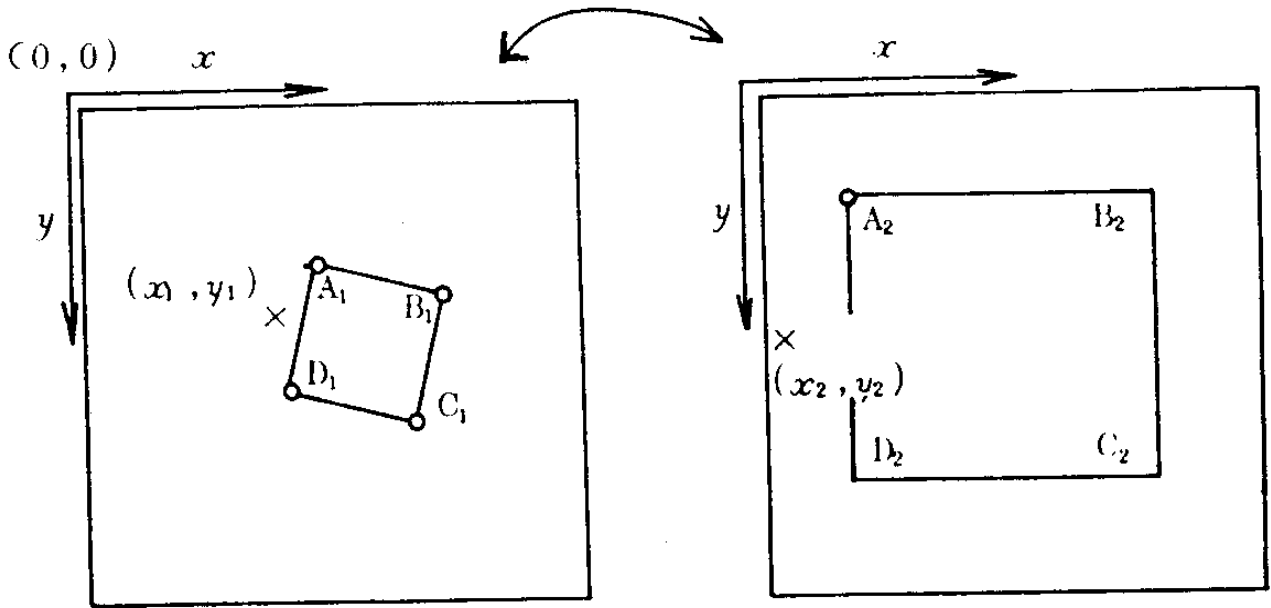


Fig.4 Affine 變換.

$$\text{즉, } \frac{2\theta}{2a} = \dots\dots\dots = 0$$

本 研究地域에서 使用된 미지계수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} a &= 1.034, & b &= -0.001, & c &= 20.042 \\ d &= -0.002, & e &= 1.033, & f &= -1.648 \end{aligned}$$

그리고, 幾何學的 補正의 精度는 基準度 주위의 殘差의 標準偏差가 許容值보다 큰 경우에는 基標點 選定 및 座標測定을 再檢討하거나, 座標變換式을 檢討하여야 한다.

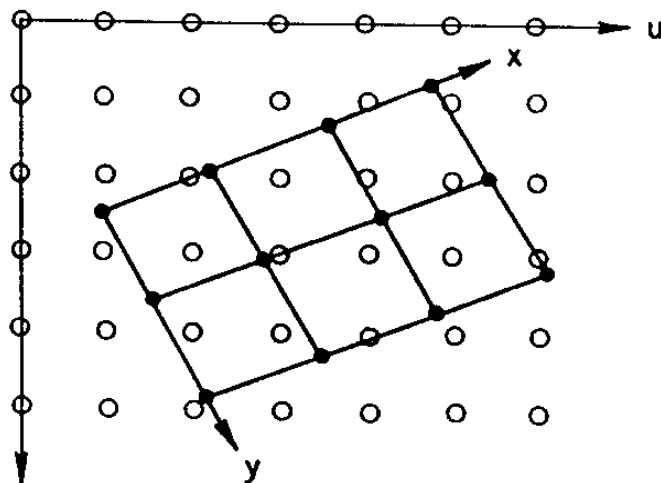
本 研究에서 選擇한 基準點 및 誤差 pixel 를 表-3 에 表示하였다.

< 表 - 3 > GCP coordinates and error pixels.

GCP INPUT/OUTPUT COORDS & ERRORS (PIXEL)				
54	40	76	39	0.591
3	698	23	719	0.571
42	1454	62	1500	0.153
10	1962	28	2024	0.700
834	51	882	50	0.496
728	720	771	741	0.297
763	2006	807	2069	0.492
1559	18	1632	14	0.607
1528	724	1599	744	0.208
1515	1375	1584	1416	0.725
1512	2009	1581	2070	0.359
2219	33	2313	28	0.688
2202	723	2295	741	0.315
2317	1361	2414	1399	0.805
2102	1965	2191	2024	0.314
RMS ERROR =		0.478		

4.3 補正映像의 作成

Fig.5 에 表示된 것처럼 出力된 映像은 원래 入力된 映像과 一致하지 않기 때문에 出力하고자 하는 地圖座標系의 位置 (x, y) 에



○ INPUT IMAGE DATA
● OUTPUT IMAGE DATA

Fig 5. 入出力 data 의 配列.

對應하는 映像座標 (u, v) 에는 원래의 入力映像 data 가 없는 것이 많아 出力할 映像의 범위, 畫素의 간격 등을 決定해야 한다.

本 研究에서는 Fig.6 의 (A)와 같은 nearest neighbour 方法에 의해 座標變換을 하였는데 映像座標 u, v 에 가장 가까운 grid 點의 映像 data 를 適用하였다.

內插되어지는 映像 data 의 값을 θ 라 하면,

$$\theta = P_{k, l}$$

여기에서 $k = \text{IFIX}(u + 0.5)$

$l = \text{IFIX}(v + 0.5)$ 이다.

nearest neighbour 方法은 원래의 映像 data 값에 손상을 입히지 않는 점과 計算時間이 빠르다는 이점이 있으나 局部的으로 幾何學的 歪曲이 생기는 단점이 있다.

그 以外の 方法으로는 Fig.6 의 (B)와 같이 주위의 네점에 대하여 內插하는 bilinear 方法과 Fig.6 의 (C)와 같이 16 점에 대해 內插하는 cubic convolution 方法이 있는데 그 式은 다음과 같다.

(bilinear method):

$$Q = (1 - u') (1 - v') P_{k, l} + (1 - u') v' P_{k, l+1} + u' (1 - v') P_{k+1, l} + u' v' P_{k+1, l+1}$$

여기에서 $k = \text{IFIX}(u + 1)$

$l = \text{IFIX}(v + 1)$

$u' = u - k + 1$

$v' = v - l + 1$ 이다.

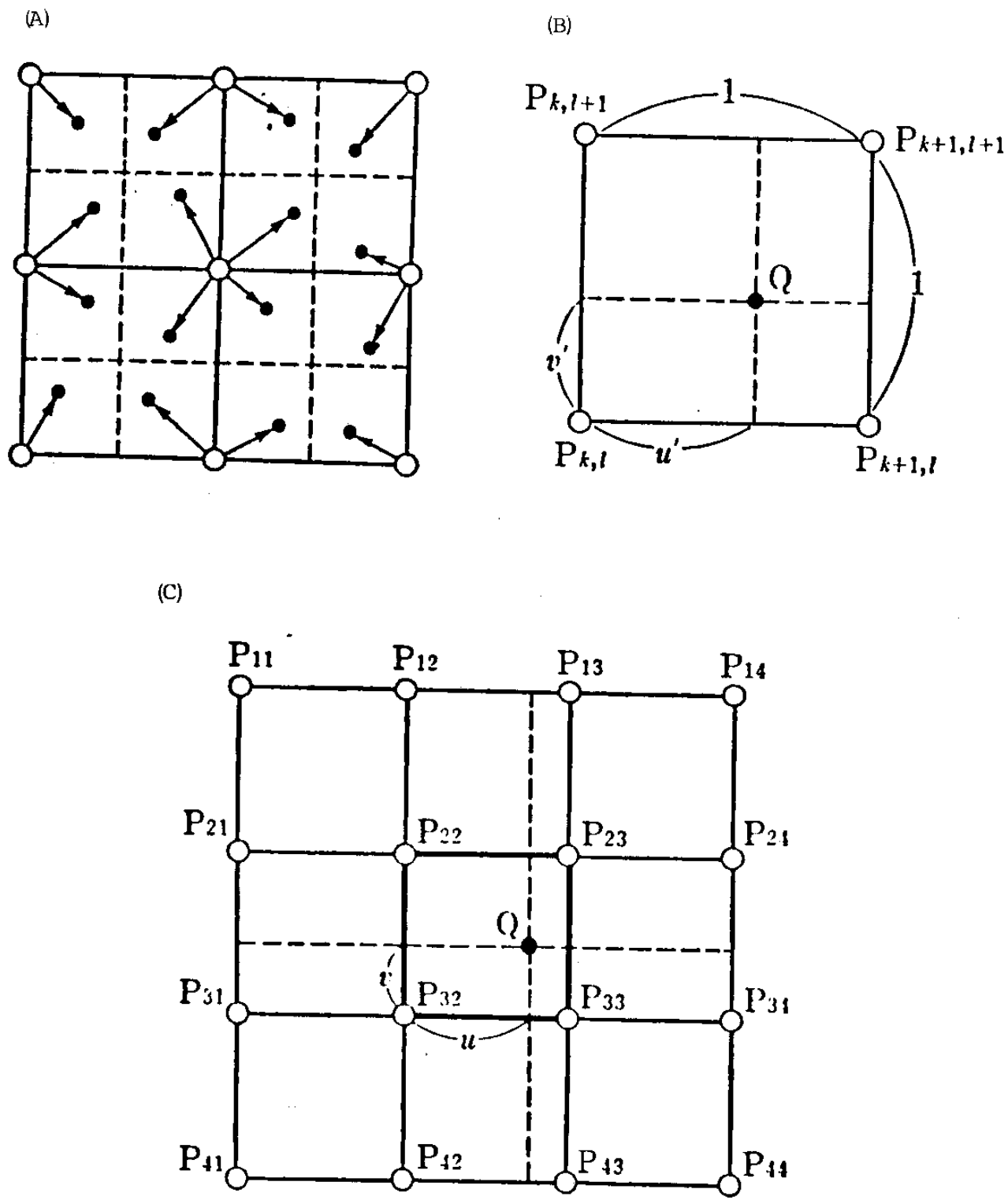


Fig. 6 內插方法.

- (A) nearest neighbour
- (B) bilinear
- (C) cubic convolution

(cubic convolution method):

$$Q = (f(y_1) \cdot f(y_2) \cdot f(y_3) \cdot f(y_4)) \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f(x_1) \\ f(x_2) \\ f(x_3) \\ f(x_4) \end{pmatrix}$$

여기에서

$$f(x) = \frac{\sin \pi x}{\pi x}$$

$$\cong \begin{cases} 1 - 2|x|^2 + |x|^3 & (0 \leq |x| < 1) \\ 4 - 8|x| + 5|x|^2 - |x|^3 & (0 \leq |x| < 2) \\ 0 & (|x| \geq 2) \end{cases}$$

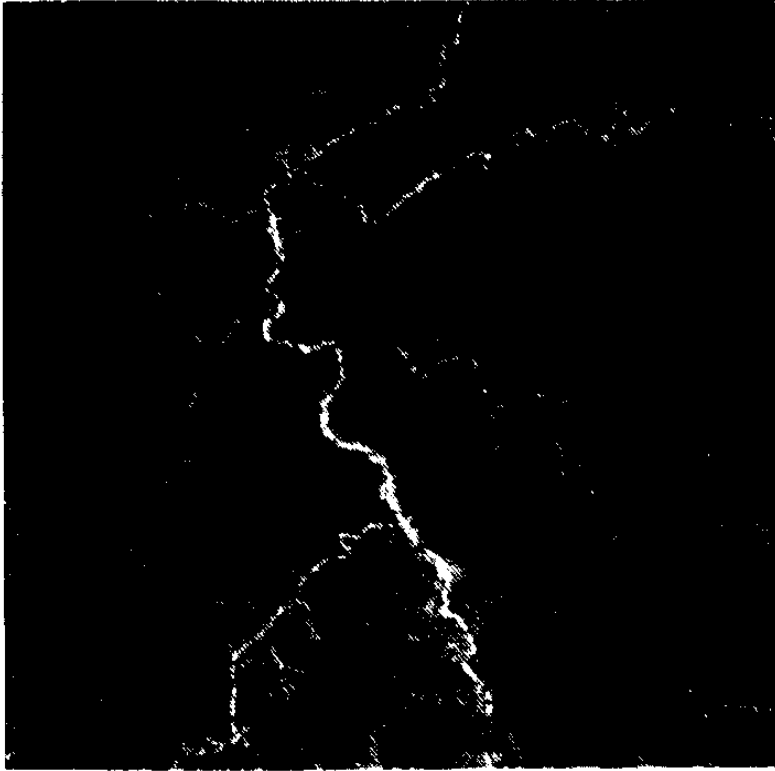
$$x_1 = 1 + u, \quad x_2 = u, \quad x_3 = 1 - u, \quad x_4 = 2 - u$$

$$y_1 = 1 + v, \quad y_2 = v, \quad y_3 = 1 - v, \quad y_4 = 2 - v$$

上記와 같은 方法에는 處理時間, 精度, 平均化 問題 및 원래의 data 손상 問題 等に 대하여 각기 다르기 때문에 研究對象地域의 地形, 研究目的 等に 따라서 적절한 方法을 選擇해야 한다.

Fig.7은 研究對象地域의 幾何學的 補正 前과 後의 映像이다.

(A)



(B)

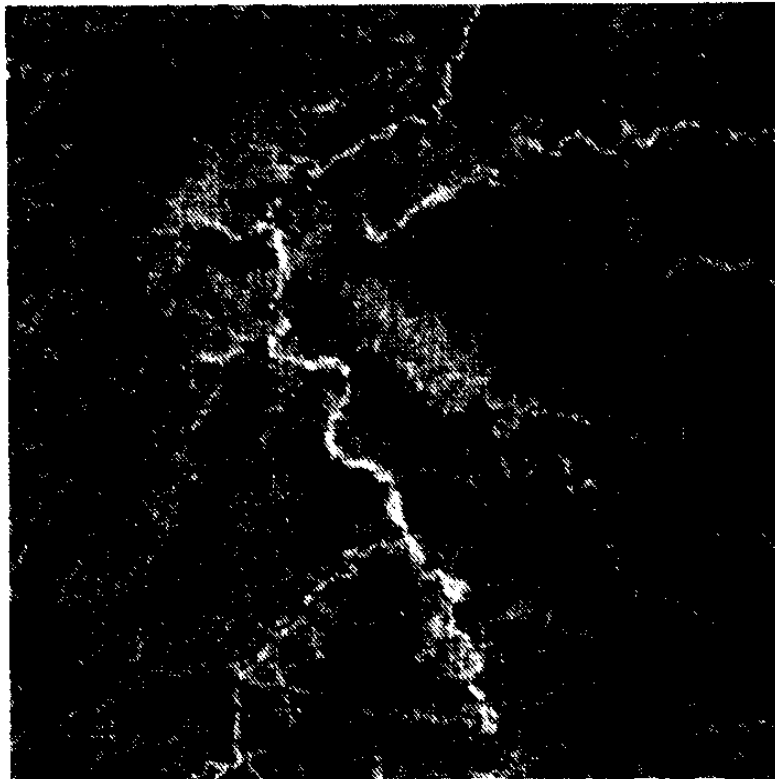


Fig.7 幾何學的 補正畫素.
(A) 補正前 (B) 補正後

第 5 章 GROUND TRUTH MAP 作成

ground truth 라는 것은 遠隔探査에서는 sensor 에서 檢知되어진 映像 data 에 對應되어지는 地上의 對象物이나 그 環境을 調査하여 映像 data 와 對象物과의 對應關係를 밝히기 위한 調査를 말하는 것으로, 本 研究에서는 地形 및 地質調査 等に 使用하기 위한 映像의 地圖化를 위해 ground truth map 을 作成하였다.

5.1 BAND의 分析

LANDSAT TM band 는 1 pixel 당 8 bit 의 情報를 갖고 있는데, 이러한 情報量은 color 合成時에 人間の 視覺的 判讀에 충분히 抽出될 수 있는 映像處理 出力裝置가 必要하다. 一般的으로 LANDSAT image 와 같은 digital image 出力裝置로 있는 additive color composite system 은 Fig.8 과 같이 red, green, blue(RGB) 세가지의 基本色을 갖고 있다.

Fig.8 의 LUT 는 各 channel 의 contrast 를 조절하는데 使用되며, multispectral image 의 3개 refresh memory 에 저장되어 各各 red, green, blue 로 表現, 合成된다.

이렇게 作成된 false color image 는 映像間의 相對關係를 色の 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하는데, 色の 選擇 및 組合에는 一定한 法則은 없으나 단지

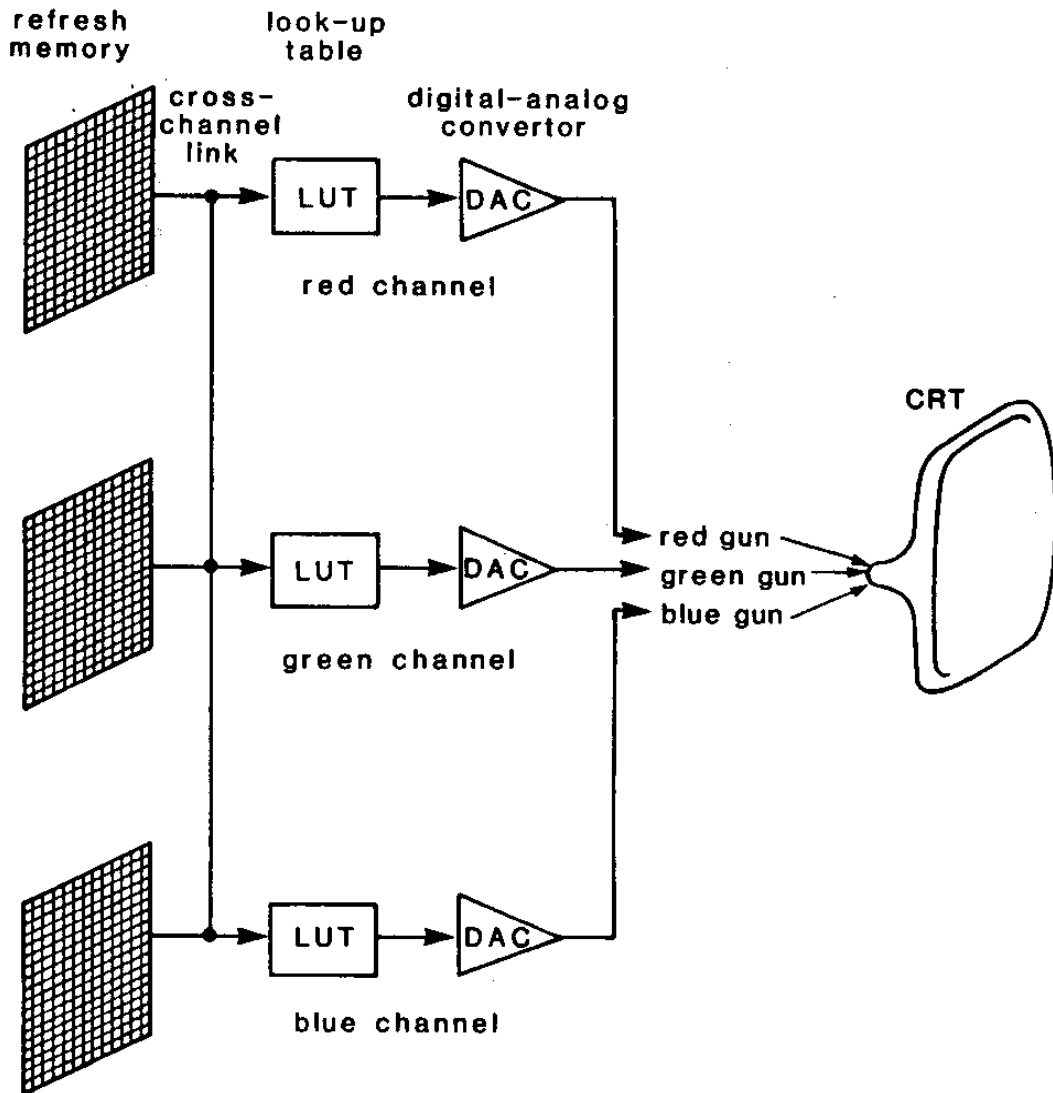


Fig. 8 RGB COLOR CRT.

強調하고자 하는 對象物의 色이 變化하게끔 色을 選擇할 必要가 있다.

三輪 等은 LANDSAT TM의 7 band 중 3 種의 band 를 選擇하여 35 개의 block 을 만들었다. 즉 (123), (124),, (457), (456), (476), (576)에 (BGR), (BRG), (GRB), (GBR), (RBG), (RGB) 等과 같이 6 種類의 3 元色을 各各 合成하여 모두 210 種의 false color image 를 檢討한 結果, band 2 와 4 는 전혀 다른 映像이 만들어지며, band 2 와 6 , band 3 와 4 도 서로 다른 映像이 만들어지나, band 3 과 5 , band 3 과 7 은 거의 유사한 色合의 映像이 된다는 結果를 報告하였다.

本 研究에서도 이러한 結果를 基礎로 하한 本 研究의 主要 目的으로 있는 映像의 地圖化를 위한 ground truth map 作成을 위한 false color image 를 다음과 같이 檢討・作成하였다.

가. BAND 分析

LANDSAT TM 은 表-1 에 表示한 것과 같이 3 개의 可視光線 波長帶, 2 개의 近赤外線 波長帶, 1 개의 熱赤外線 波長帶 및 1 개의 中赤外線 波長帶 等 모두 7 개의 波長帶로 構成되어 있으며, 그 分光特性도 各各 다르기 때문에, 本 研究에서는 7 개의 波長帶中 目的에 알맞지 않는 分光特性을 갖고 있는 band 7, 6 및 1 을 除外한 다음과 같은 波長帶에 대해 檢討한다.

(1) BAND 5

Fig.9 의 (A)映像은 band 4 의 映像보다 全體的인 contrast 가 어

두우며, 山林의 침엽수림 分布地域이 특히 dark tone 으로 나타난다. 특히 shadow의 영향이 band 4 보다 심하며 可視光線 波長帶 映像과 비슷하다.

都市地域은 다른 band 映像보다 dark tone 으로, 과수원은 light dark tone 으로 나타난다. 특히 使用된 LANDSAT image의 走査時期가 11月 5日이기때문에 논의 상태 즉 moisture 關係를 알 수 있으며 저수지, 모래 等도 다른 band에 비해 明確히 判讀된다. 또한 地形 및 texture 判讀에 效果的이며 노두 역시 밝은 색으로 表示되고 있으며, 큰 lineament 判讀에도 有效하다.

(2) BAND 4

Fig.9의 (B)는 $0.76 \sim 0.90 \mu\text{m}$ 의 近赤外 映像으로 全體的으로 고른 contrast를 보이며, 보다 波長이 긴 band의 映像보다 제일 밝은 contrast로 나타난다.

이는 植生の 反射가 심해 全體的으로 밝게 나타나기 때문인데, 특히 과수원이 뚜렷하게 判讀이 된다. 都市地域의 判讀은 band 5 映像보다 明確하나 texture 判讀은 뒤떨어지는 편이다. 저수지, 모래 分布地域이나 地形判讀에는 우수하나 moisture 判讀은 band 5의 映像이 明確하다.

地質學的 判讀에 있어서는 band 5의 映像보다 우수하지 못하나 shadow의 영향이 없어 可視光線 波長帶와 使用時에 岩石, 地形, lineament 判讀에 有效하다.

(3) BAND 3

Fig.9의 (C)는 $0.63 \sim 0.69 \mu\text{m}$ 의 映像으로 全體的인 contrast가

赤外線 映像보다 어두운데, 이는 植生이 dark tone 으로 나타나기 때문이다.

都市의 建物, 모래, 나지 分布地域은 밝은 흰색으로 나타나나 과수원 分布地域은 植生처럼 어둡게 나타나서 이들을 區分할 수 있다.

또한 赤外線 映像보다 水部와 陸地의 境界線이 明確치 않으며, 都市地域은 light gray 로 나타나 明確하지 않다. 논의 植生關係(추수 여부)를 判讀할 수 있으며 미성림 分布地域 및 노두 역시 判讀可能하며, 地質의 主要 判讀要素로 있는 texture 判讀이 우수하여 花崗岩 및 片麻岩 등이 區分된다.

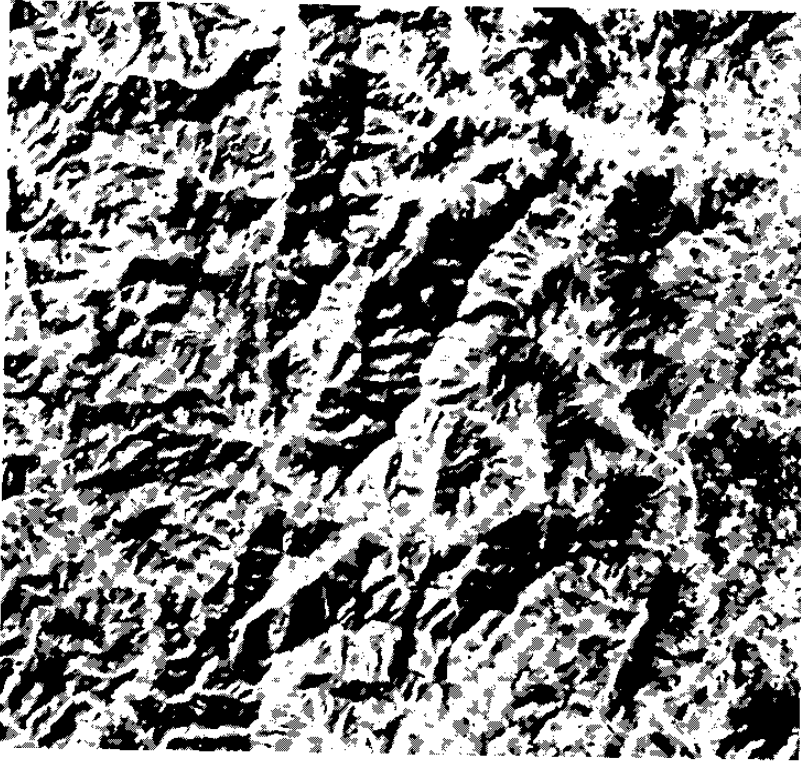
(4) BAND 2

Fig.9의 (D)는 本 研究에 使用된 band中 가장 짧은 波長帶를 갖고 있는 可視光線 波長帶로 있기 때문에 全體的인 contrast가 明確치 않다.

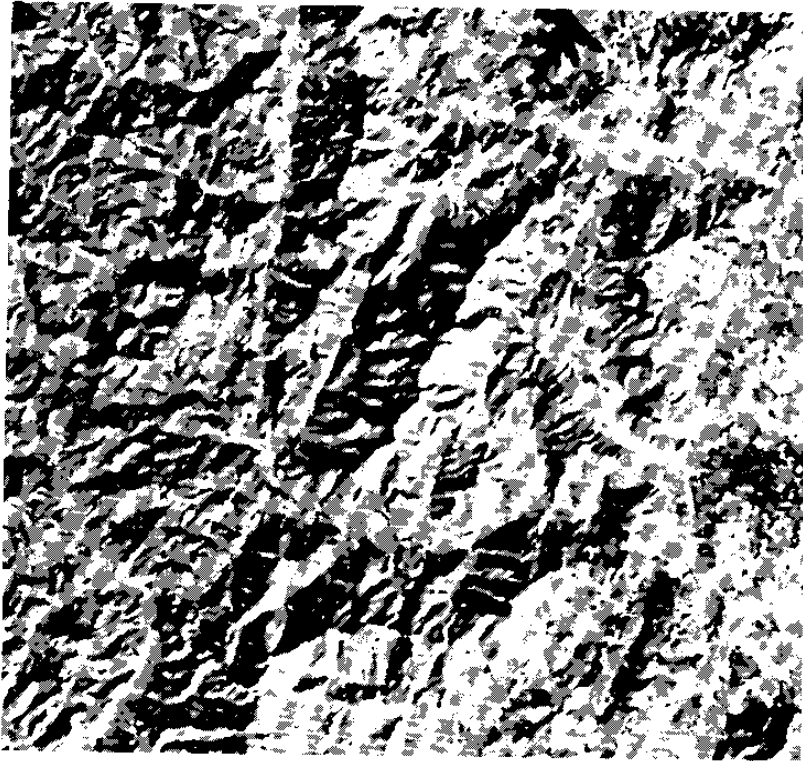
植生은 band 3 映像에서보다 더 어둡게 나타나나 都市의 建物, 모래, 나지 分布地域이 보다 明確히 判讀된다. 특히 비포장 道路 및 都心地의 道路 分布를 明確히 判讀할 수 있으나 江이나 저수지와 같은 水部와 陸地의 境界線이 뚜렷하지 않다.

Band 3의 映像처럼 논의 植生分布 및 狀態, 과수원의 分布地域, 노두 및 미성림地域의 判讀이 可能하나, texture의 判讀은 뒤떨어지기 때문에 岩石의 判讀에는 부적절하다.

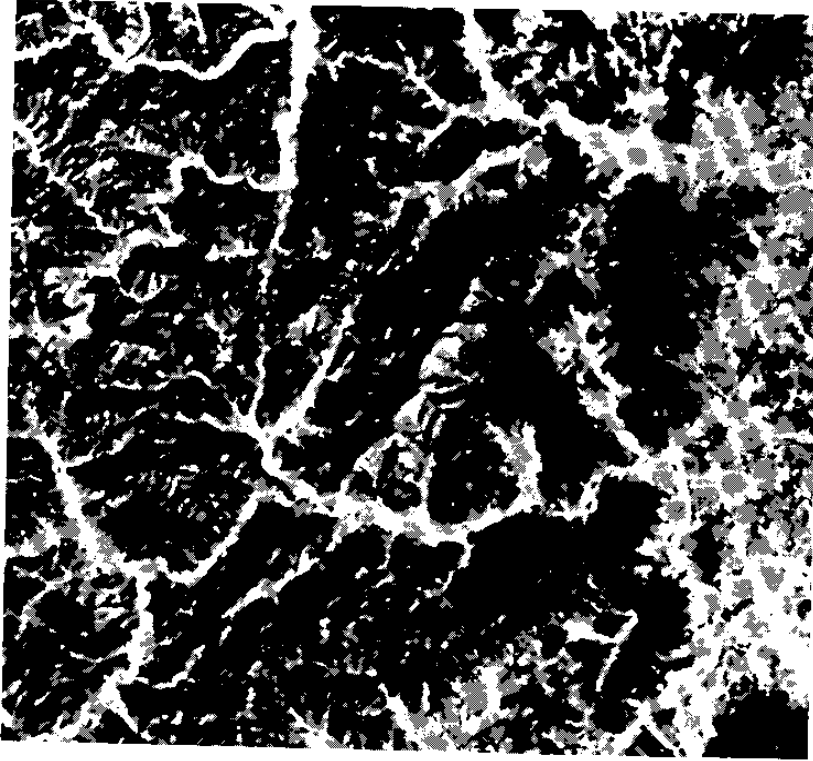
(A)



(B)



(C)



(D)

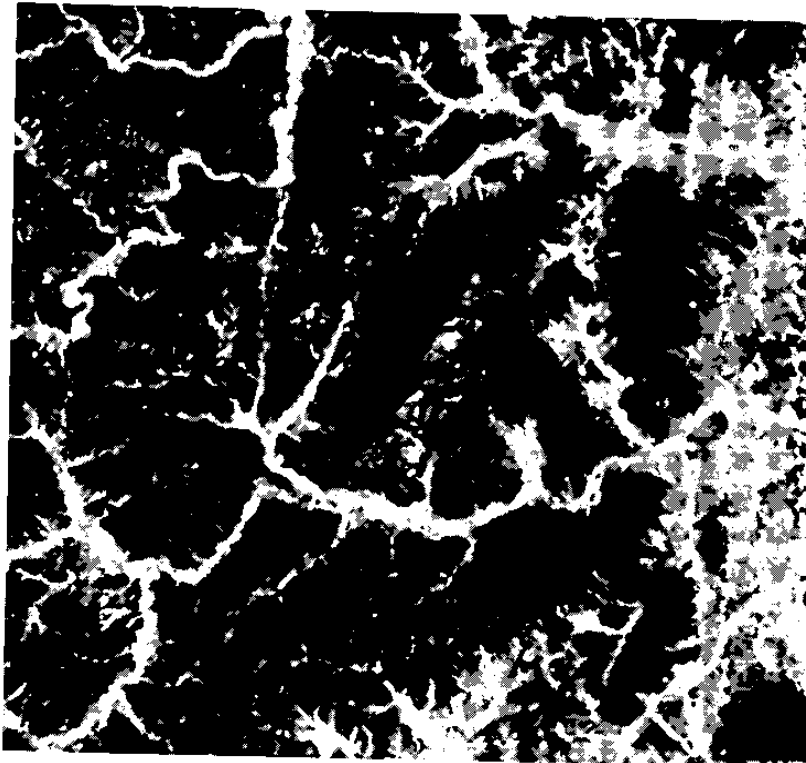


Fig.9 研究対象地域の band 別 映像 .

(A) band 5 (B) band 4
(C) band 3 (D) band 2

5.2 濃 度 變 換

映像을 記錄할 때에 있어서 露光이 適正하지 않고 露光이 過多하거나 露光이 不足하면은 映像이 갖고 있는 情報를 抽出하기가 어려우며 더우기 ground truth map의 效用이 떨어진다.

즉 映像中の 特定 部分의 微妙한 濃淡의 變化를 보기 원할때 映像의 濃淡을 一定의 法測에 따라 變化시켜 映像이 갖고 있는 情報를 쉽게 判讀할 수 있게끔 한다.

原映像의 階調에 對應하는 濃度 X_i 의 값을 適當한 關數 f 를 利用하여 $Y_i = f(X_i)$ 에 變化시키는 映像의 濃度變換을 행하는데 이러한 處理를 행하기 위해서는 寫眞의 感光特性을 利用하여 濃度變換을 행하는 方法과 digital 혹은 analog 的으로 읽은 後, 信號處理에 의해 濃度變換을 행하는 方法이 있다.

本 研究에서는 地形 및 地質 情報를 抽出할 수 있는 ground truth map을 만들기 위해 다음과 같은 濃度變換을 檢討하였다.

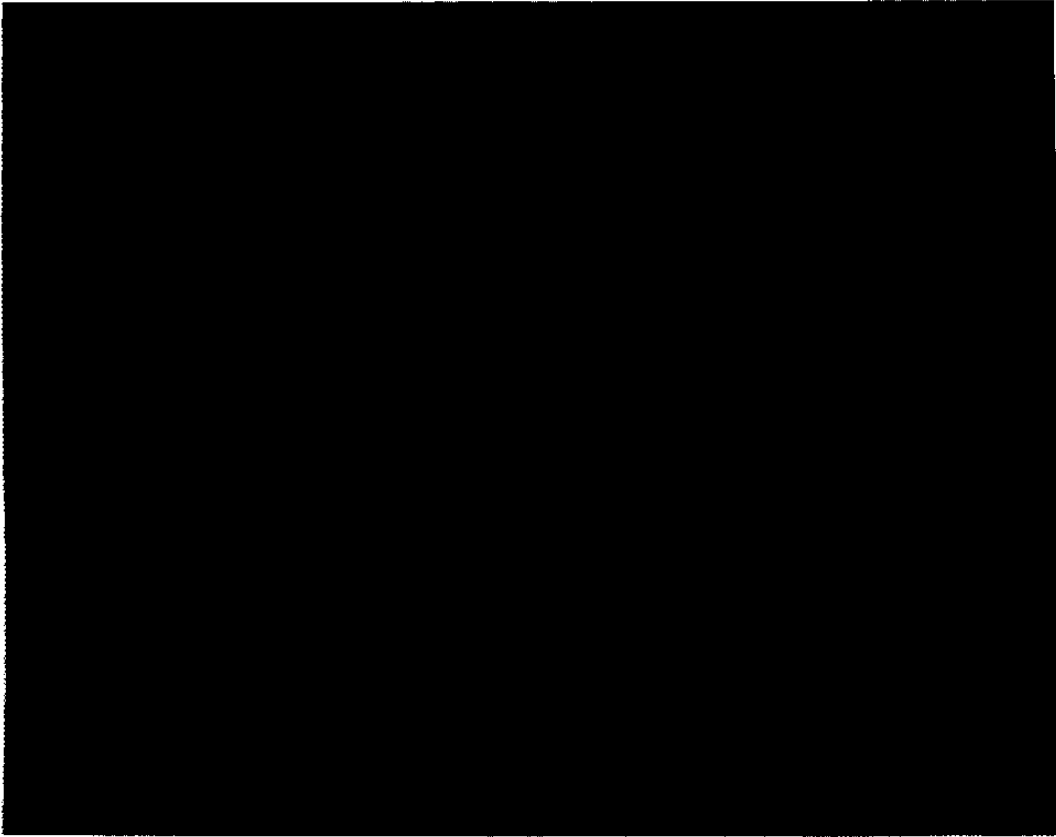
1. Contrast 增幅

強調하고 싶은 部分의 映像濃淡 幅을 出力裝置의 dynamic range의 full scale에 增幅시키는 것으로 本 研究에서 作成된 ground truth image나 thematic image 作成에 利用하였는데, 그 結果는 Fig.10의 (B)이다.

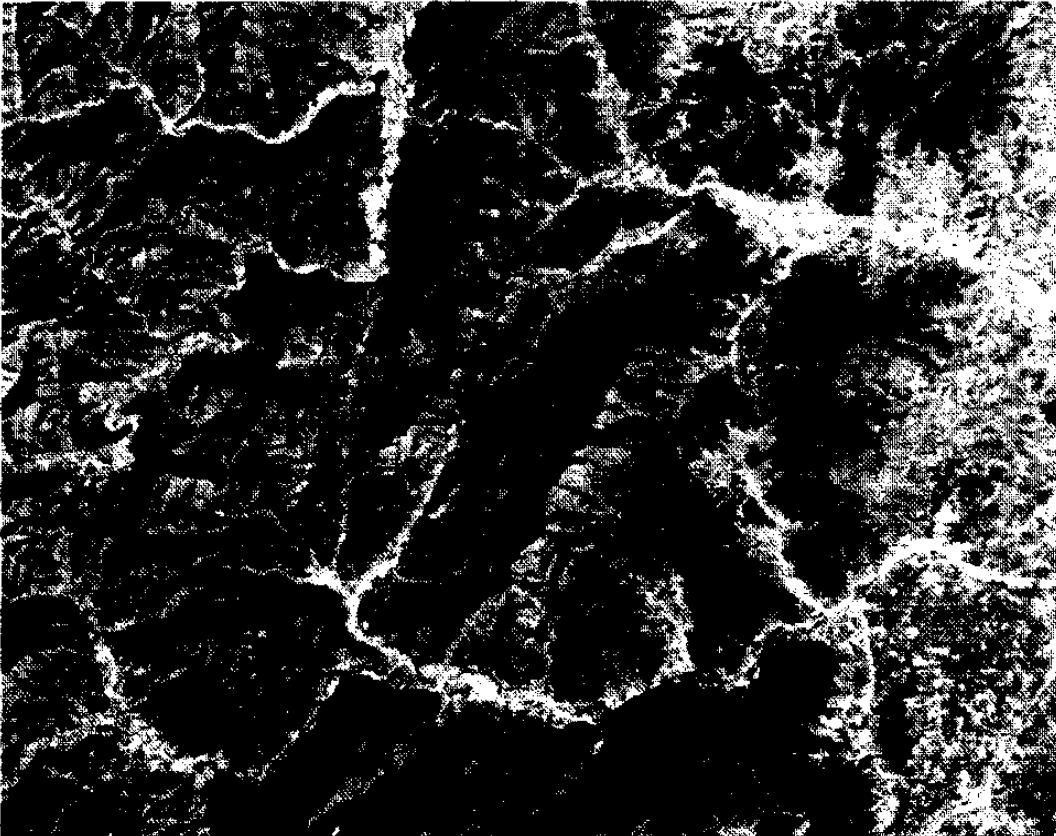
2. Equalization

濃度變換되어지는 頻度分布關數를 flat 한 分布라든지 定規分布에 가

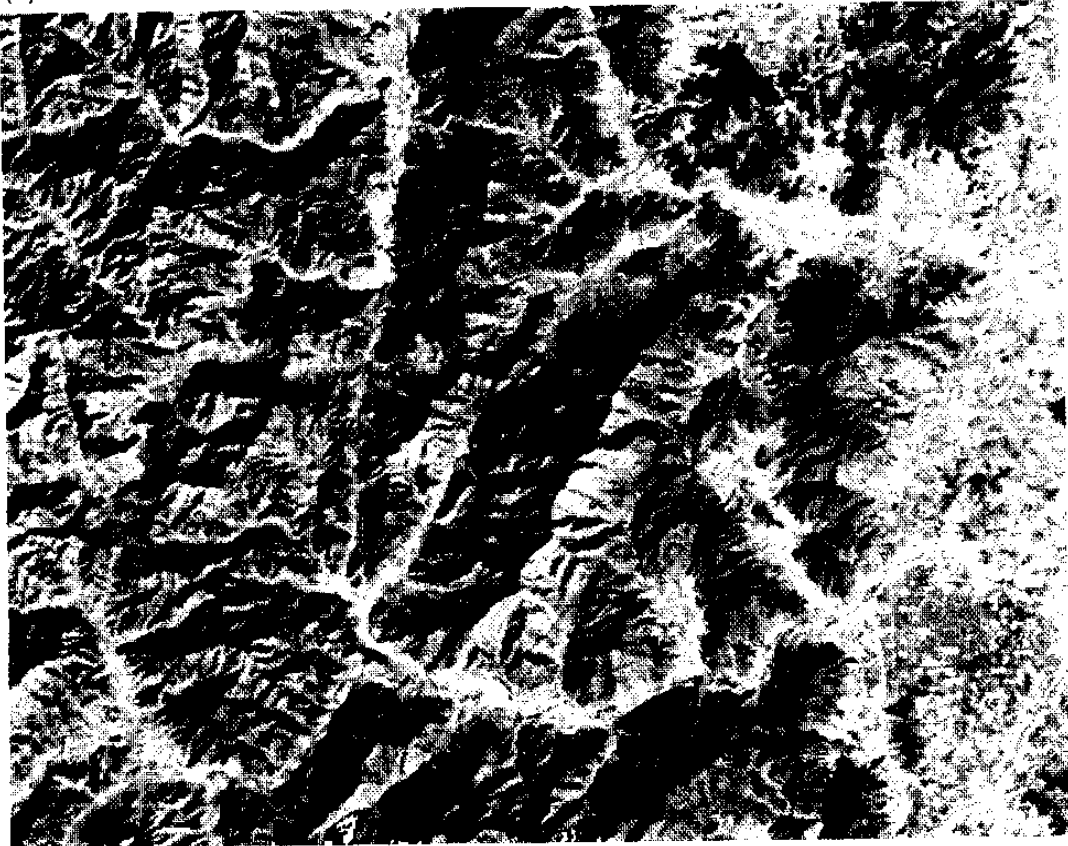
(A)



(B)



(C)



(D)

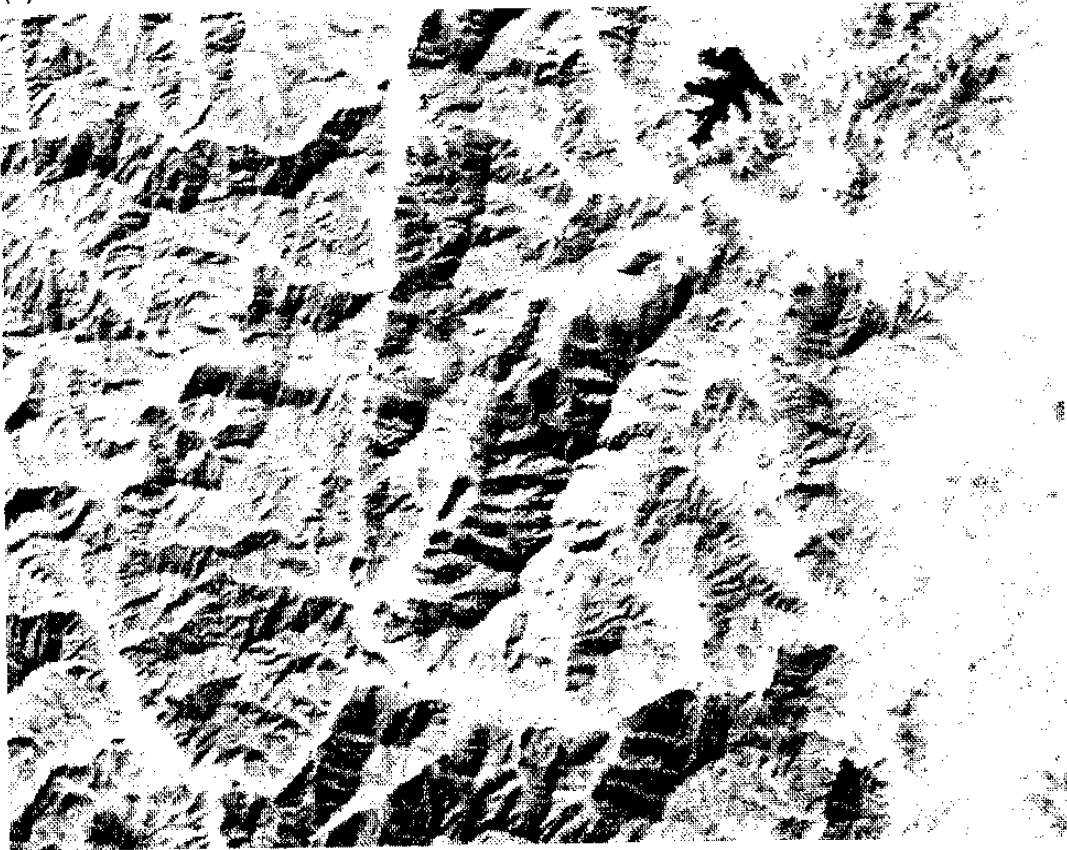


Fig.10 Density transformation.

- (A) original (B) contrast stretching
(C) equalization (D) exponential stretching

까운 형태 등으로 자주 사용하고 있는데 특히 一定의 頻度分布를 갖고 있는 映像으로 變換한 것으로 Fig.10의 (C)가 處理된 映像이다.

3. 關數變換

指數關數 $\exp(x)$, 對數關數 $\log(x)$ 등을 利用하여 濃淡을 變化시키는 것으로 Fig.10의 (D)는 $\exp(x)$ 의 關數變換 映像으로 있다.

5.3 GROUND TRUTH MAP 作成

1. BAND 5 + 4 + 3

Fig.11의 (A)에 나타난 것처럼 全體的으로 greenish color로 나타나기 때문에 natural color image로 불리우며 植生이 green color로, 都心地域은 dark violet, 저수지나 江같은 水部는 blue-dark blue로 表現되고 있다. 침엽수 밀집지역이 green color로 나타나며, 특히 山林中 침엽수림밀집 分布地域이 明確히 判讀되며, 논 的 植生分布狀態 및 moisture 關係를 알 수 있다.

또한 地質을 判讀할 수 있는 element로 있는 texture 및 color의 特徵이 다른 false color image에 비해 뒤떨어진다.

2. BAND 4 + 3 + 2

Fig.11의 (B)는 전통적인 false color image로서 MSS의 color composite image와 같은 color로 表現되고 있다.

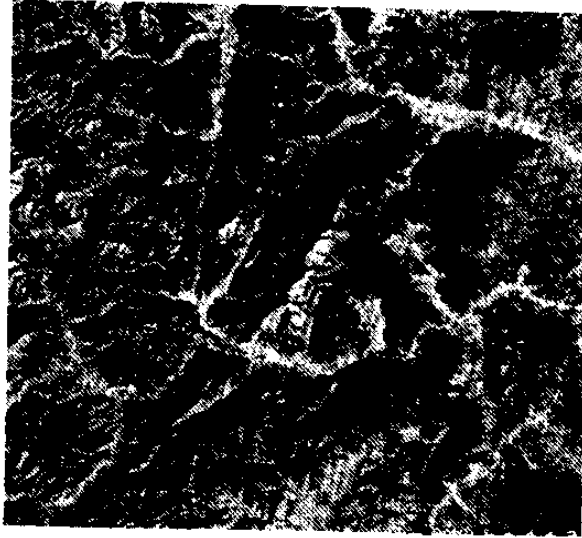
즉 植生地域이 red color, 都心地域은 blue, 江이나 저수지地域은

blue-dark blue , 논의 分布地域이 light blue 로 나타나고 있다. 花崗岩 分布地域은 fine-medium texture 를 나타내며, 소규모의 lineament 도 잘 判讀되고 있다. 片麻岩 分布地域도 種類에 따라 texture 의 양상이 다르게 나타나는데 一般的으로 岩石의 區分과 lineament 判讀에 뛰어나다.

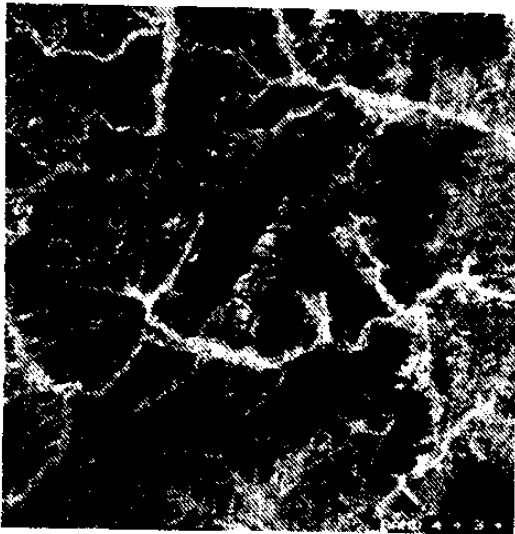
2 . BAND 4 + 3 + 2

Fig.11 의 (C)는 (B)의 映像中 band 4 대신 좀 더 波長이 긴 band 5 를 使用하여 合成한 false color image 로서 (B)보다 全體的인 contrast 가 어둡게 나타나서 地形의 判讀에는 上記의 映像보다 뛰어나나 岩石의 區分에는 (B)의 映像보다 뒤떨어진다. 특히 花崗岩이나 片麻岩이 分布하고 있는 fine texture 의 判讀에 있어서 우수하지만 medium texture 가 發達된 地域에는 shadow 의 영향이 심해 地質判讀에 問題點이 있다.

(A)



(B)



(C)

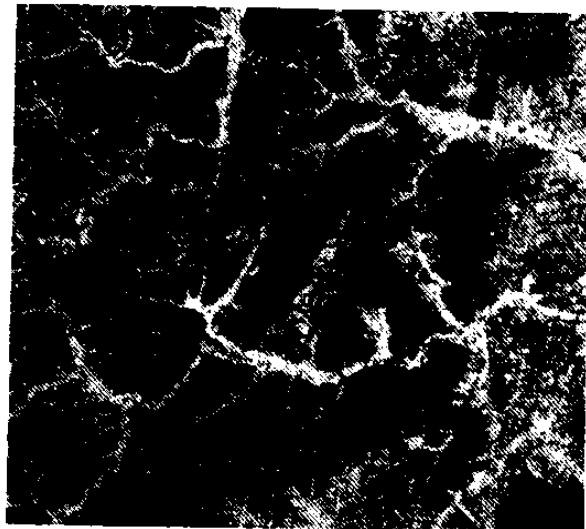


Fig.11 Ground truth map 作成을 위한 false color image.
(A) band 5 + 4 + 3 (B) band 4 + 3 + 2
(C) band 5 + 3 + 2

第 6 章 LINEAMENT 抽出 및 統計分析

映像上에서 線狀 모양으로 나타나는 것을 地質學에서 “lineament” 라고 부른다.

lineament 에 대한 定義는 研究者에 따라 多少의 差가 있으나, 一般的으로는 다음의 O'Leary 의 定義가 使用되어지고 있다.

"mappable simple or composite linear feature of a surface whose parts are aligned in a rectilinear or slightly curvilinear relations and which differs distinctly from the patterns of adjacent features and presumably reflects a subsurface phenomenon".

本 研究에서도 上記의 O'Leary 의 定義에 따랐으며, 映像上에서 不明瞭하지만 地質學的 見地에서 그의 存在가 妥當하다고 생각되어지는 것은 pseudo lineament 라 하였다.

映像上에서 lineament 라고 判讀되어지는 것은 대체로 Fig.12에서 처럼 표시되어질 수 있는데, 이러한 線狀構造는 digital的으로 濃도가 兩地域에서 다르지만 各各의 地域內에서는 比較的 一定한 斷面을 갖고 있다. (b)는 雜音を 포함한 傾斜的 變化를 나타내며, (c)는 濃度の 變化가 急激함을 나타내고 있다. (d)는 spike 狀의 斷面을 갖고 있으며, 線(d)와 edge (a)를 합한 것이 (e)이다.

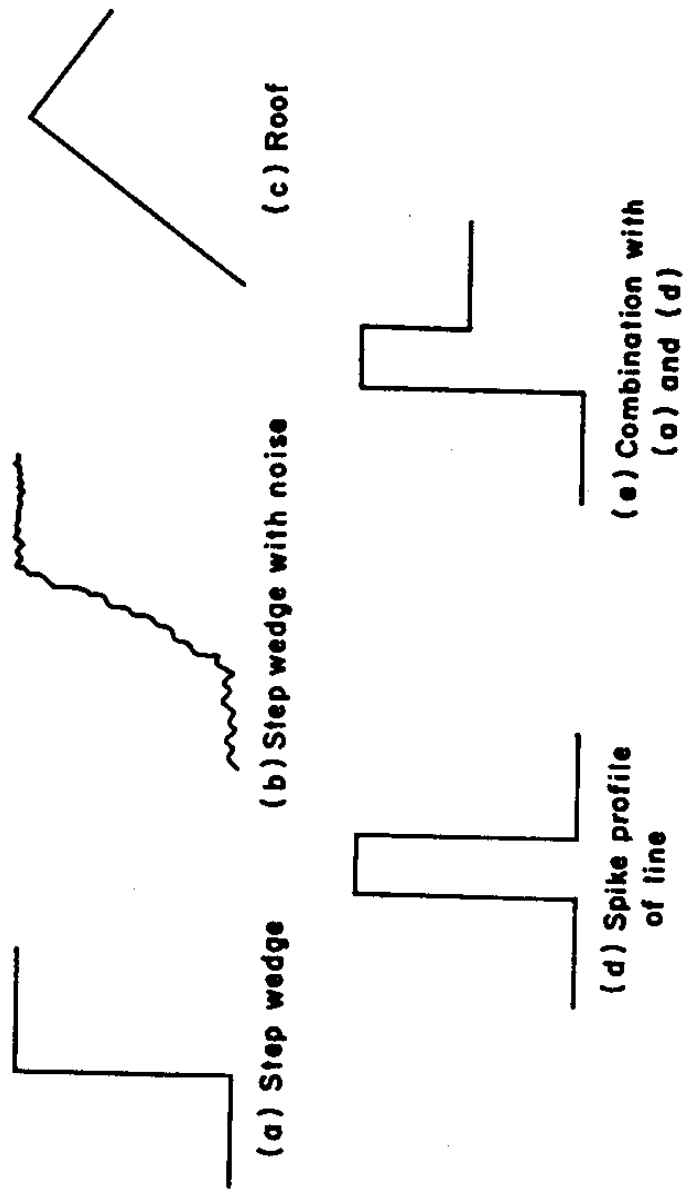


Fig.12 Profile patterns of edge and line on the imagery.

6.1 BAND 分析

LANDSAT 와 같은 多值映像으로부터 어떤 特徵을 自動計測하기 위해서는 먼저 映像上에서 어떤 對象物을 認識할 必要가 있으며 이를 위하여 映像의 構造解析的인 approach가 重要하다.

構造解析的인 處理를 위하여 먼저 對象物의 edge를 구하여야 하는데 edge 映像은 原映像의 畫素值의 不連續度 크기를 多值映像이라 해서 表現되어 왔다.

本 研究에서는 edge 方法을 檢討하기 전에 研究地域의 地形, 畫質, 地質 等に 알맞는 抽出 技法을 選定하기 위하여 Fig. 13과 같이 各 band를 檢討하였다.

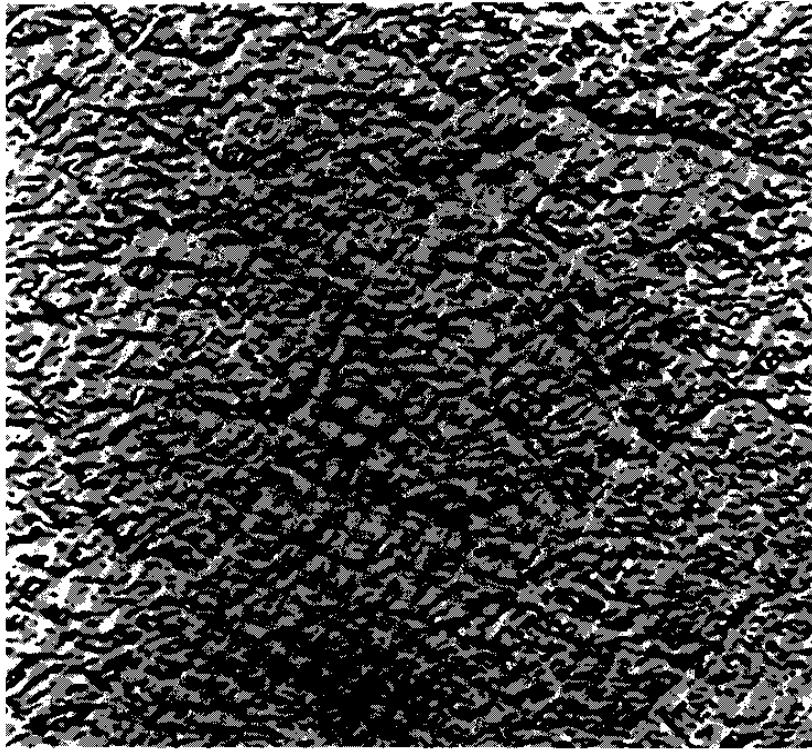
1. BAND 5

Fig.13의 (A)는 band 5의 映像인데 一般的으로 lineament 抽出에 많이 使用되고 있는 band이다. 그러나 本 映像에서 보이는 것처럼 비교적 뚜렷한 線構造線이 나타나고 있으며, 특히 평야지역에서 雜音이 심하게 나타나 있다. 이는 使用 資料의 走査時期가 11月初에 있는 關係로 평야지역(논)의 soil moisture 境界선이 하나의 lineament로 나타나기 때문이다. 또한 地質學에 있어서 重要的 方向性에 있어서도 다른 band에 비해 뒤떨어진다.

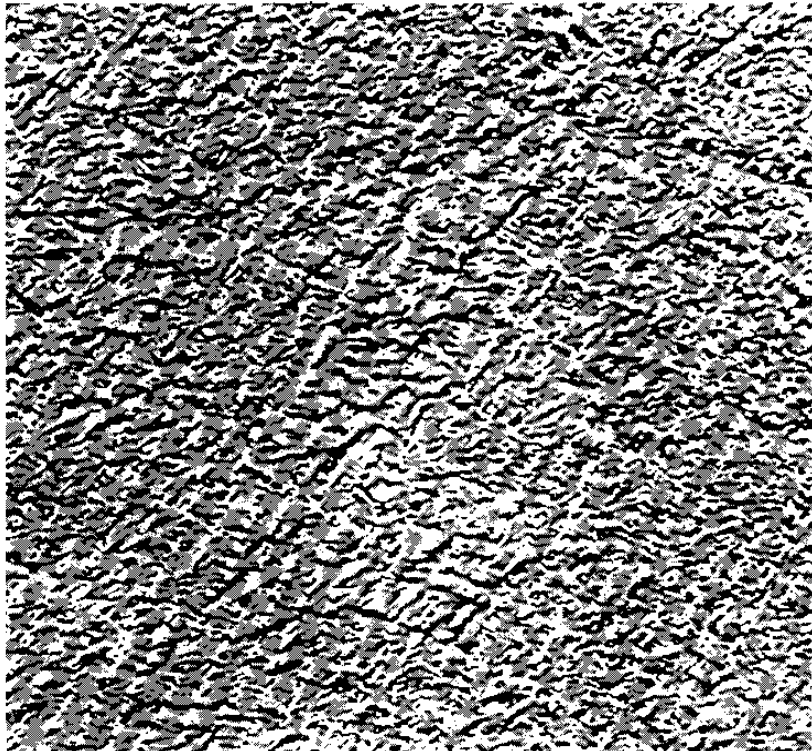
2. BAND 4

Fig.13의 (B)에서처럼 뚜렷한 lineament가 나타나지 않는데, 이는 原映像이 植生の 反射로 인해 全體的인 contrast가 밝고, 다

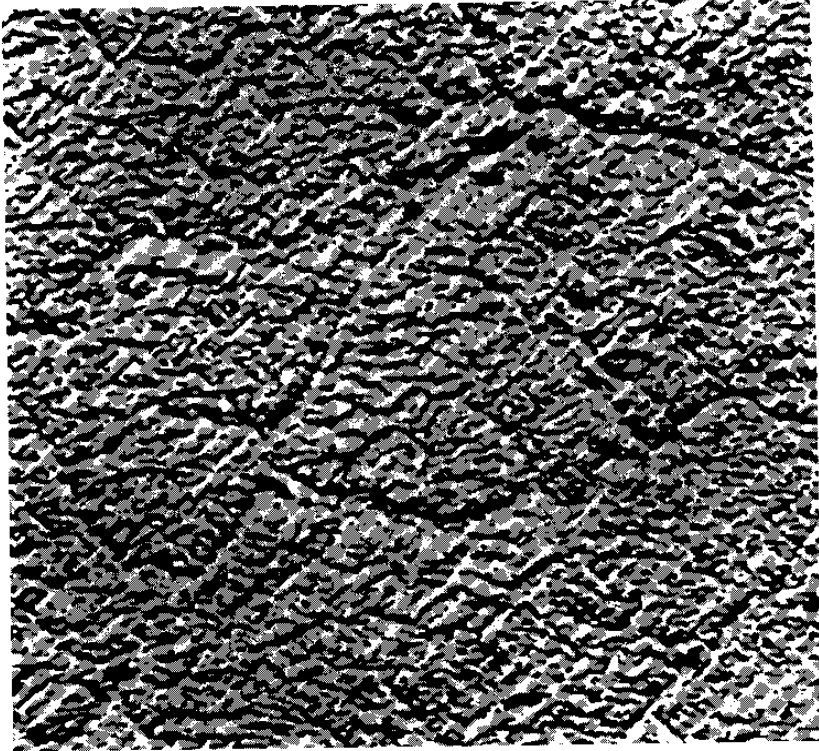
(A)



(B)



(C)



(D)

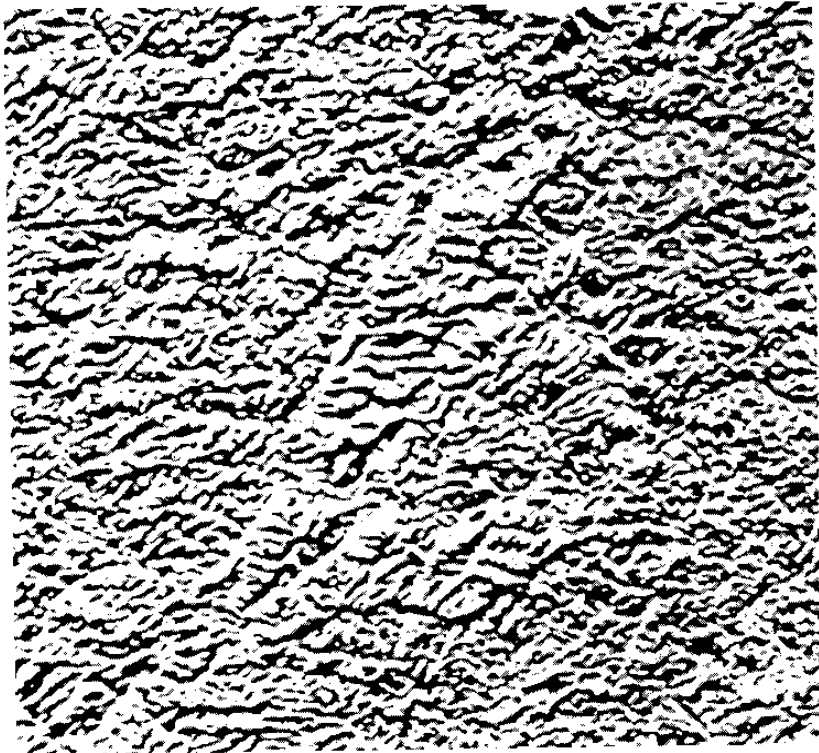


Fig.13 Lineament 抽出을 위한 各 band 의 分析.

(A) band 5 (B) band 4
(C) band 3 (D) band 2

농도가 일정하기 때문이다. 다른 band에 비해 noise가 가장 심하다.

3 . BAND 3

band 5의 映像처럼 비교적 뚜렷한 lineament가 나타나나 역시 雜音이 있다. band 5보다 方向性이 약간 뛰어나나 全體的인 方向性 判讀에는 약간의 問題가 있다.

4 . BAND 2

上記의 映像에 비해 lineament 判讀에 지장을 줄 雜音이 적으며, 다른 band 映像에 비해 약간 뚜렷한 edge를 나타내고 있으며 方向性이 뛰어나기 때문에 本 研究에서 lineament 抽出에 使用하였으며, Fig.13의 (D)가 band 2의 lineament 映像으로 있다.

6.2 LINEAMENT 抽出 技法

上記에서 決定된 band를 利用하여 本 研究에 가장 적합한 lineament 抽出法을 다음과 같이 檢討하였다.

1 . 1次微分

映像을 각각 畫素上에서 X方向 및 Y方向으로 微分해 이것의 微分値를 利用하여 畫素에서의 edge値를 구한다.

微分値로부터 edge의 算出法은 兩微分値의 絶對値가 큰쪽을 edge値라 하였다.

$f(x, y)$ 의 1次微分은

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

이라는 vector로 表現되지만 映像處理에 있어서는 gradient 및 그 方向이 利用되고 있다.

1次微分한 結果의 映像은 Fig. 14의 (A)로서 全體的인 lineament 抽出에는 미흡하며 단지, 水系의 一部分이 抽出되었다.

2. 2次微分

2次微分은 映像 $f(x, y)$ 에 대해서

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

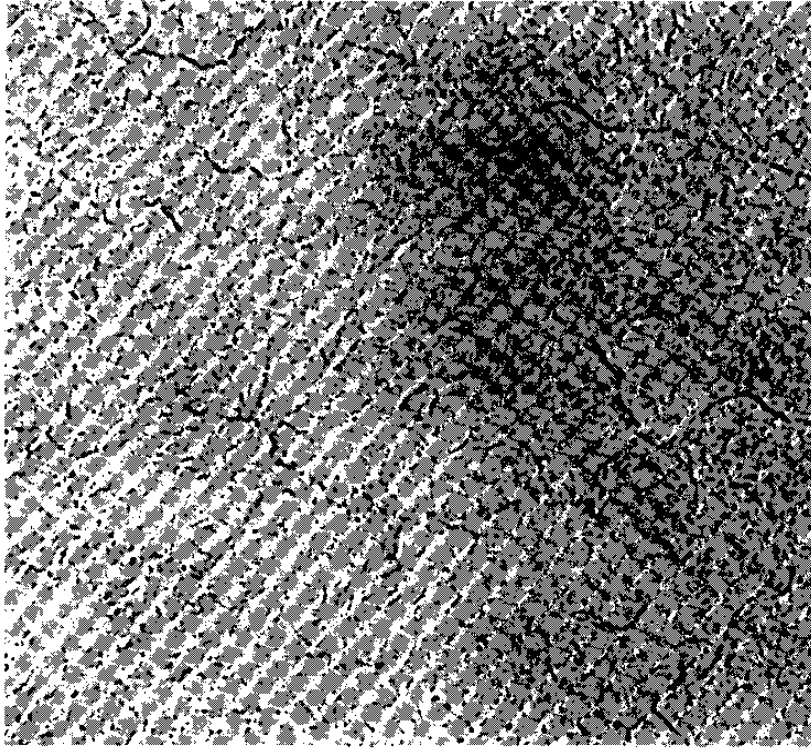
이라는 scalar 量으로 表示된다.

Fig. 14의 (B)는 2次微分處理를 한 映像으로서 1次微分處理 映像처럼 雜音에 대해서 敏感하지만, 1次微分處理 映像보다 lineament의 抽出에 있어서는 약간 우수하나 대부분 主水系만이 判讀可能하다.

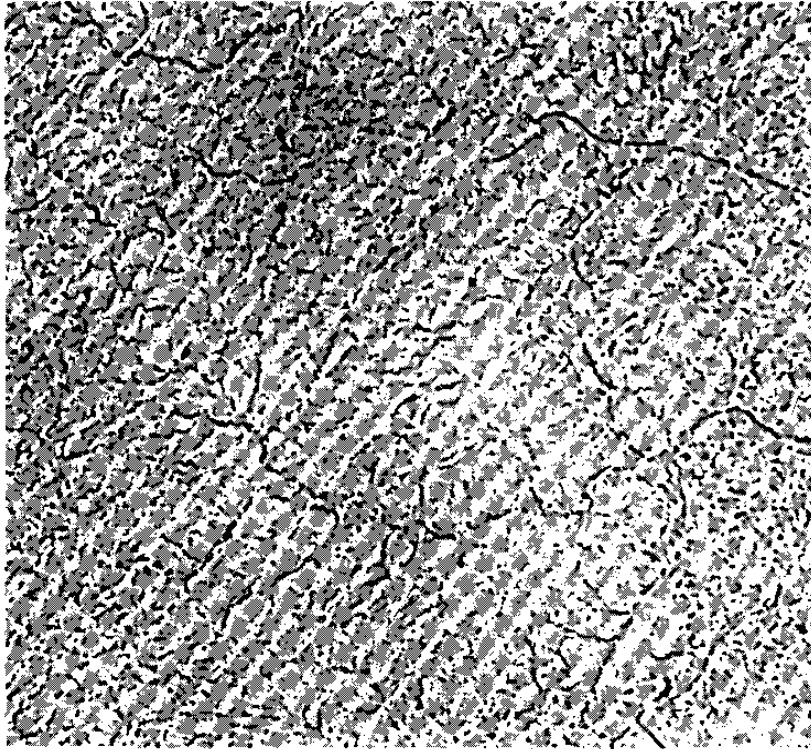
3. 差分法

Fig. 15에서 보는 것처럼 原映像의 data로부터 2次微分을 差分하는 것으로 映像의 edge部分이 強調되어지나, 本 研究地域의 地形에는 적당치 않으며 특히 方向성이 좋지 않다. 또한 Fig. 14의 (C)에서 나타난 것처럼 分布하고 있는 lineament가 선명하지 못하다.

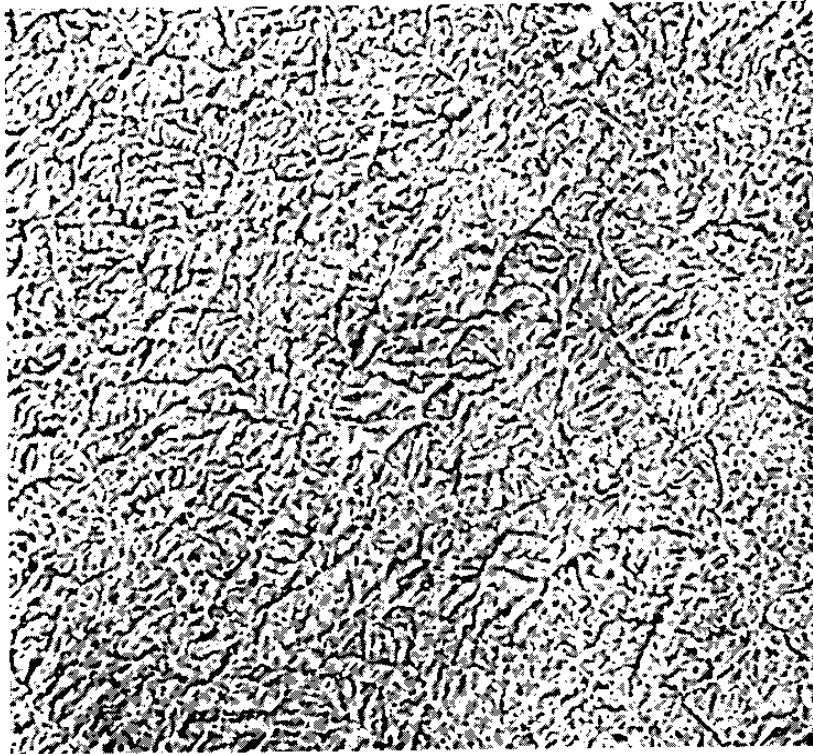
(A)



(B)



(C)



(D)

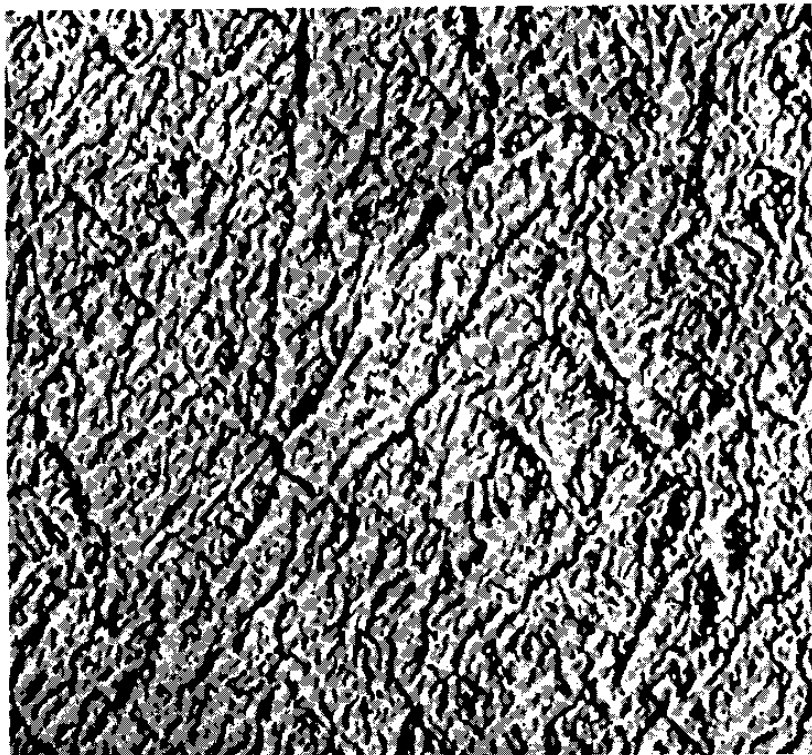


Fig.14 Lineament 抽出 技法.

- | | |
|----------|------------|
| (A) 1次微分 | (B) 2次微分 |
| (C) 差分法 | (D) sobel法 |

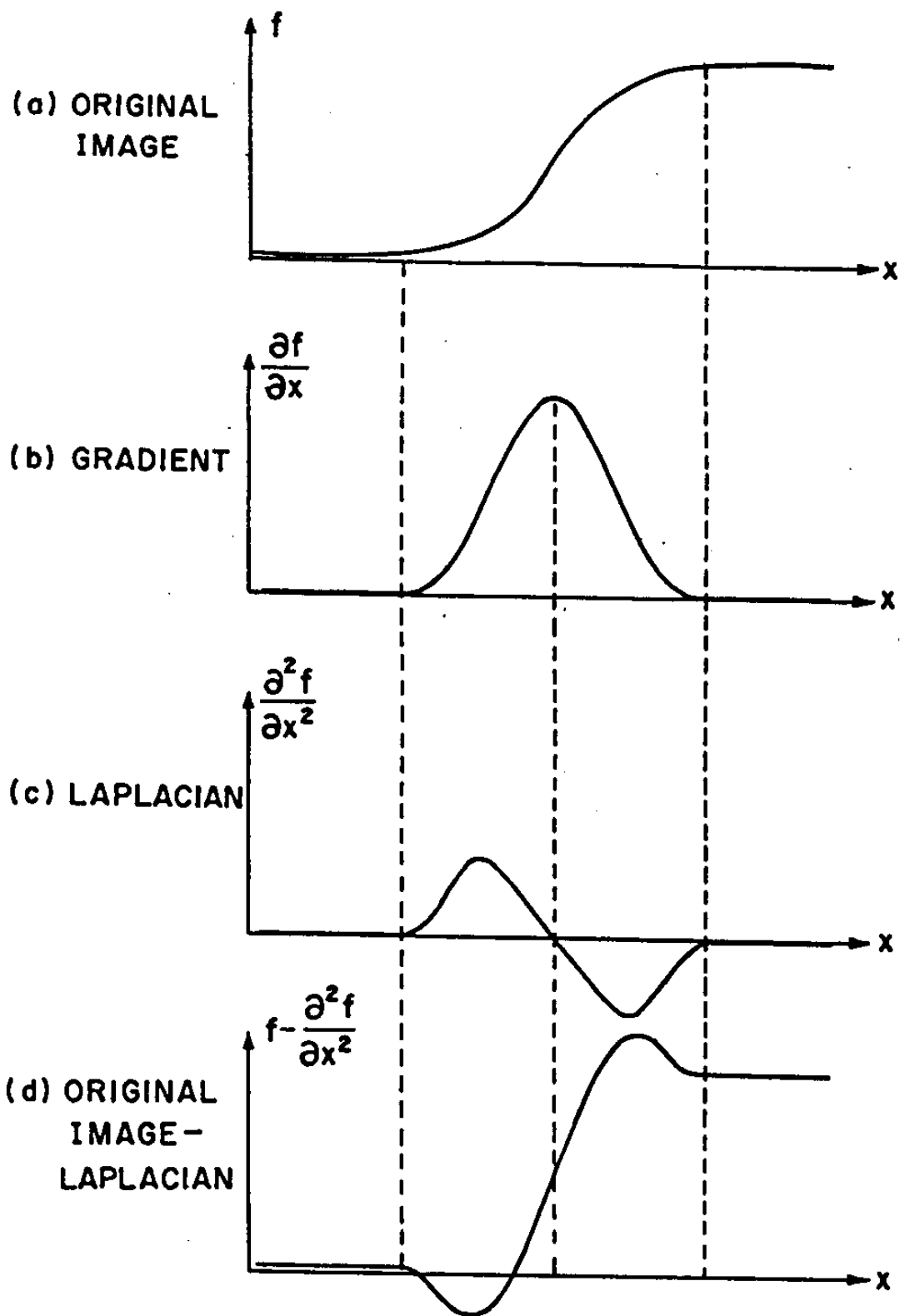


Fig.15 差分法.

4 . sobel 微分 operator

本 研究에서는 方向性を 強調하고 雜音を 제거하기 위해 sobel 微分 operator 를 使用하였는데 그 結果가 Fig.14 의 (D)이다. 映像 上에서 特徵間의 境界를 強調하기 위해, 혹은 雜音を 제거하기 위한 處理 方法이 여러가지 있으나 本 研究에서 使用된 sobel 微分 operator 처럼 空間領域에서의 template matching 方法이 有效할 때가 있다. 이는 各 點에 대한 주위점의 밝기를 가지고 變換하는 方法으로 本 研究에서는 3×3 mask 를 template matching 을 시켜서 구하였다.

6.3 LINEAMENT의 統計的 分析

Fig.16은 LANDSAT TM 映像으로부터 抽出된 lineament 判讀圖이다. 이를 길이와 빈도수에 대한 分布를 rose diagram으로 表示한 것이 Fig.17이다.

lineament의 빈도수에 있어서는 $N 30^{\circ} \sim 40^{\circ} W$, $N 30^{\circ} \sim 40^{\circ} E$, $N 80^{\circ} \sim 90^{\circ} W$ 및 $N 10^{\circ} \sim 20^{\circ} E$ trend의 順으로 높으며, 이와같은 trend의 lineament의 分布率이 全體의 約 35%을 차지하고 있다.

총길이에 있어서는 $N 80^{\circ} \sim 90^{\circ} W$, $N 0^{\circ} \sim 10^{\circ} E$, $N 30^{\circ} \sim 40^{\circ} E$ 및 $N 30^{\circ} \sim 40^{\circ} W$ trend 順으로 길며, 이들이 차지하고 있는 比率은 全體의 37%이다.

Fig.16 및 Fig.17을 分析해 보면, $N 20^{\circ} \sim 30^{\circ} E$ trend의 lineament가 빈도수에 비해 총길이가 길게 나타나는데, 빈도수 당 단위 길이가 5.15이며, $N 20^{\circ} \sim 30^{\circ} W$ trend의 lineament는 3.18이다. 判讀된 lineament와 地質圖에 나타난 斷層을 비교하여 보며는 거의 一致하고 있다. 특히 研究地域의 北西部에 位置하고 있는 밤원 斷層, 유정 斷層이나 中央部에 位置한 북장사 斷層 및 둔덕이 斷層과 一致하고 있으나, 남서면 벼랑골과 벼로골 사이에 位置한 小規模의 斷層과는 一致하고 있지 않다.

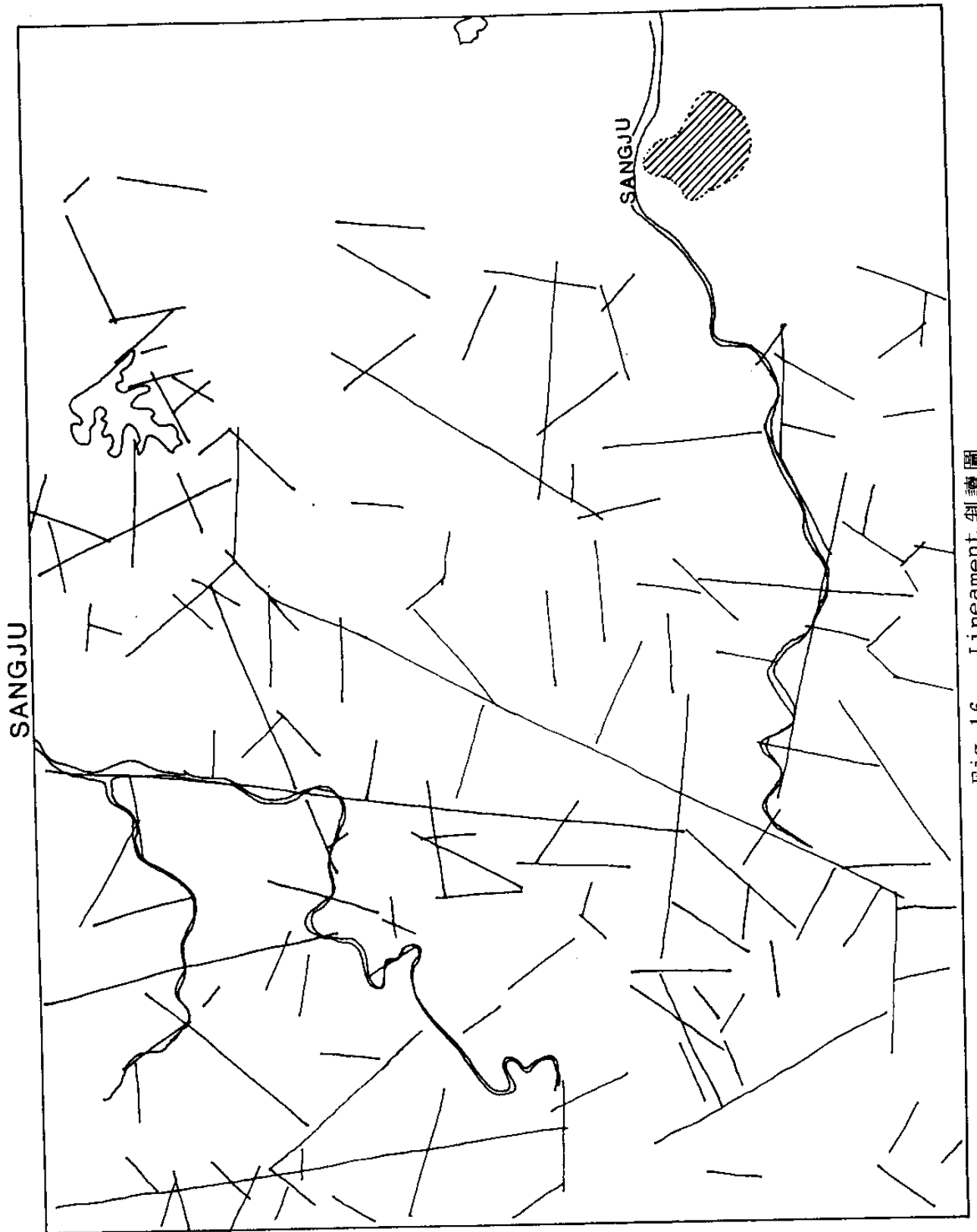


Fig. 16 Lineament 判讀圖.

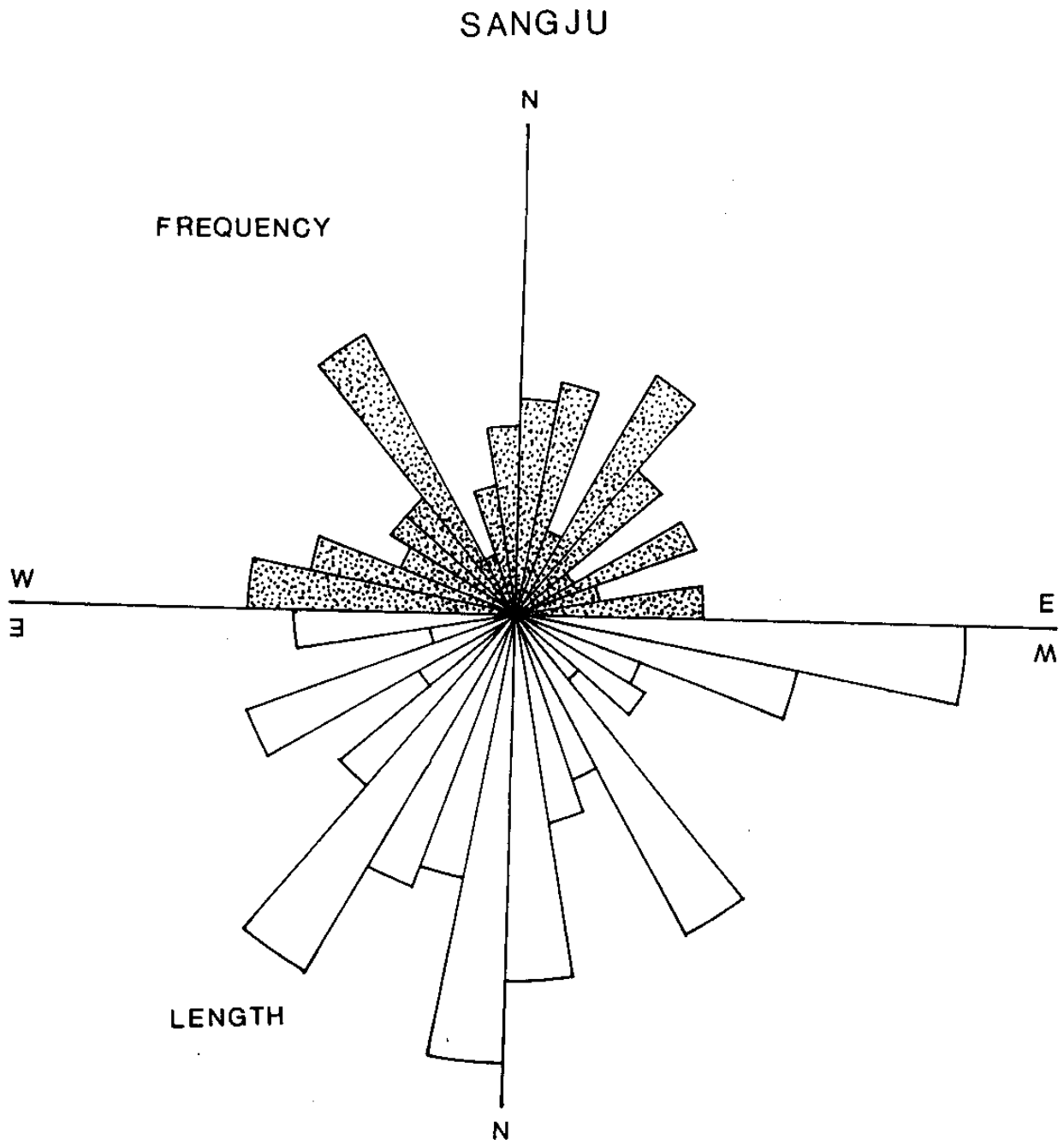


Fig.17 Rose diagram.

第7章 THEMATIC MAP 作成

地質資料의 data base 化 및 GIS 技術을 利用한 thematic map을 作成하기 위해서는 各種 地圖의 資料를 computer에 入力시켜야 하는데 이를 위해서 크게 vector 形式과 raster 形式이 있다.

vector는 길이와 方向을 갖는 線分이지만 좀 더 엄밀하게 설명하자면 起點과 終點의 位置가 주어져 있는 線分の 集合이라는 意味로 使用된다.

vector 形式에서는 Fig.18 과 같이 基本的으로 3개 形態에서 地理的 位置가 記述되어진다.

첫번째는 點(point)이고, 두번째는 線(line)이다. 이것에 의해서 道路, 河川, 線構造線 등과 같은 線狀(linear)物體를 表現할 수 있다. 또한 等高線 等도 線으로 表示된다. 세번째는 多角形(polygon)이

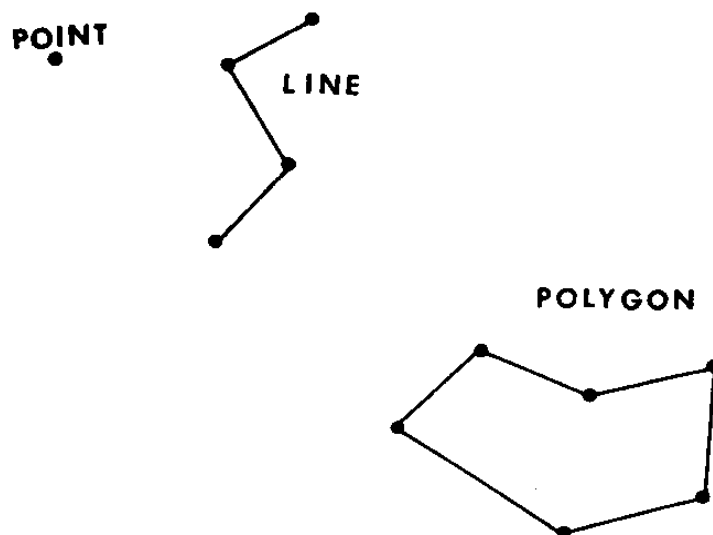


Fig.18 3개 形態의 地理的 位置.

다. 多角形은 閉曲線에서 만들어지는데, 多角形의 內部를 指定하므로써 어떤 空間的 領域을 決定할 수 있는데 Fig.19의 尙州地域의 地質圖가 그 代表的인 結果이다.

이와같은 vector 形式과는 전혀 다른 圖形의 表現樣式에 raster 形式이 있다. raster는 走査에 의한 것인데, 예를 들어 텔레비의 走査線 같이 橫 520點, 縱 480點의 集合으로 畫像을 만들고 있다. 이처럼 點의 集合으로 畫像을 表現하고 있는 것을 raster 形式이라 하는데, 典型的인 것에는 LANDSAT 같은 映像이다.

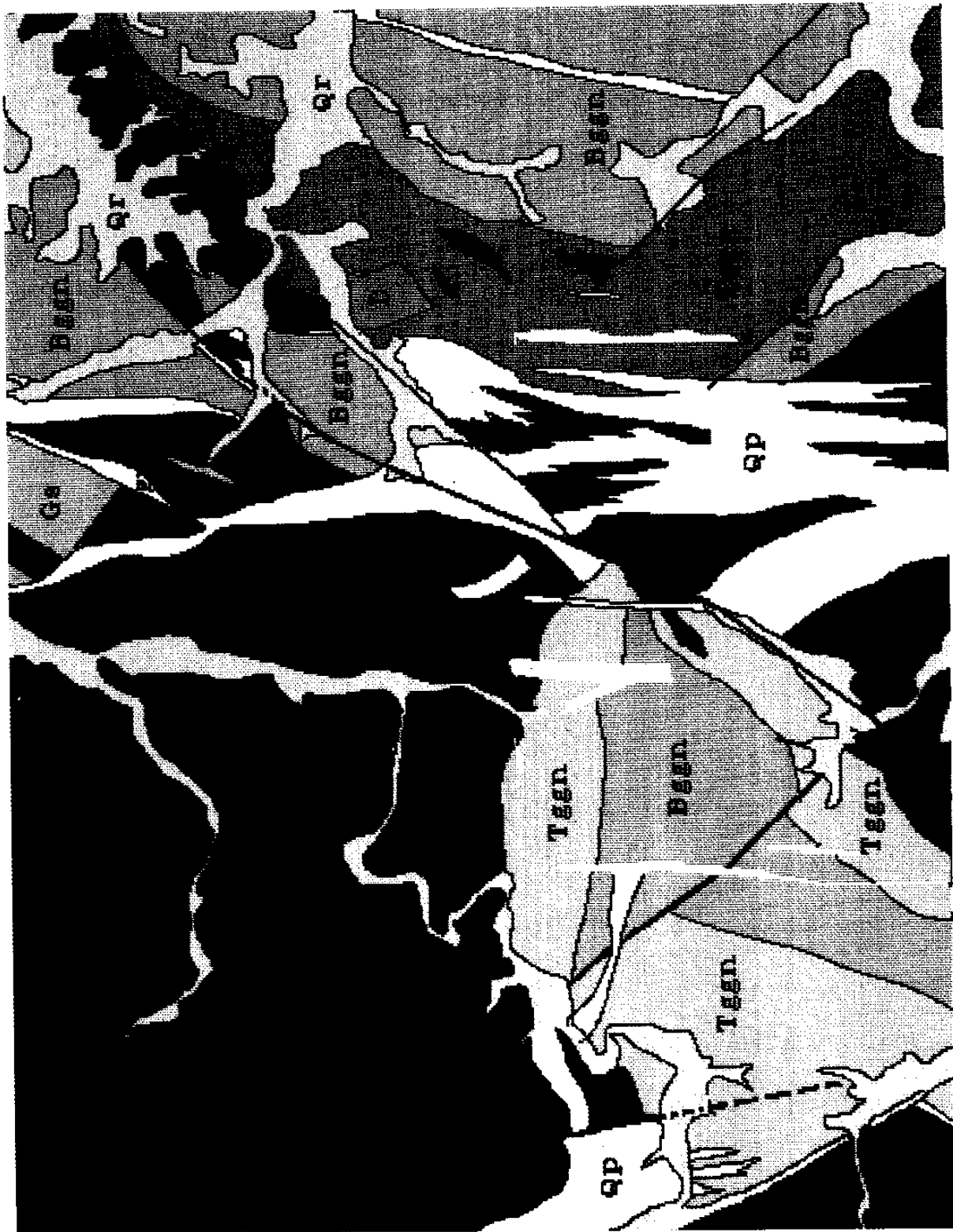
raster 型式을 vector 型式으로 變換하는 일을 raster vector 變換이라 하는데 raster vector 變換은 예를들어, mesh data로부터 contour map을 만드는 경우 必要한데 우리나라와 같이 digital terrain model data가 없는 경우에 필히 必要하다.

一般的으로 thematic map을 作成하기 前에 data base를 만들지 않으면 안된다. data base는 data를 有效하게 使用하기 위하여 data를 保存, 管理할 必要가 있는데, 管理되어지는 data가 통합되는 것을 data base라 한다.

本 研究에서 Fig.20 및 Fig.21과 같은 thematic map을 作成하기 위해서 두개의 data base를 作成하였다. 즉 LANDSAT와 같은 data base (IDB)와 lineament 및 geologic interpretation와 같은 thematic data base (TDB)이다.

上記의 data中 線 및 多角形의 形態로 있는 lineament 및 geologic boundary 같은 vector 形式의 地圖 data base에는 digitizer를 使用하였으며 座標의 精度는 0.2 mm 정도면 充分하다.

作成되어진 vector data에 틀린것이 많이 있는 경우가 있어 이를



- QP QUARTZ PORPHYRY & GRANITE PORPHYRY
- ALKALI GRANITE - INTRUSION -
- ▨ SANGSORI FORM. - RELATION UNKNOWN -
- HYEDONGRI FORM. ~ UNCONFORMITY ~
- LIMESTONE FORM. - RELATION UNKNOWN -
- MELADIORITE - INTRUSION -
- BIOTI. GRANI. GNEISS
- ▨ TWO MICA GRANI. GNEISS
- PINK POTASH FELDSPAR GRANITIC GNEISS
- APLITIC GNEISS
- BIOTI. BANDED GNEISS
- SCHIST COMPLEX

Fig.19 Data base 화를 위하 作成된 尙州地域の 地質圖 .

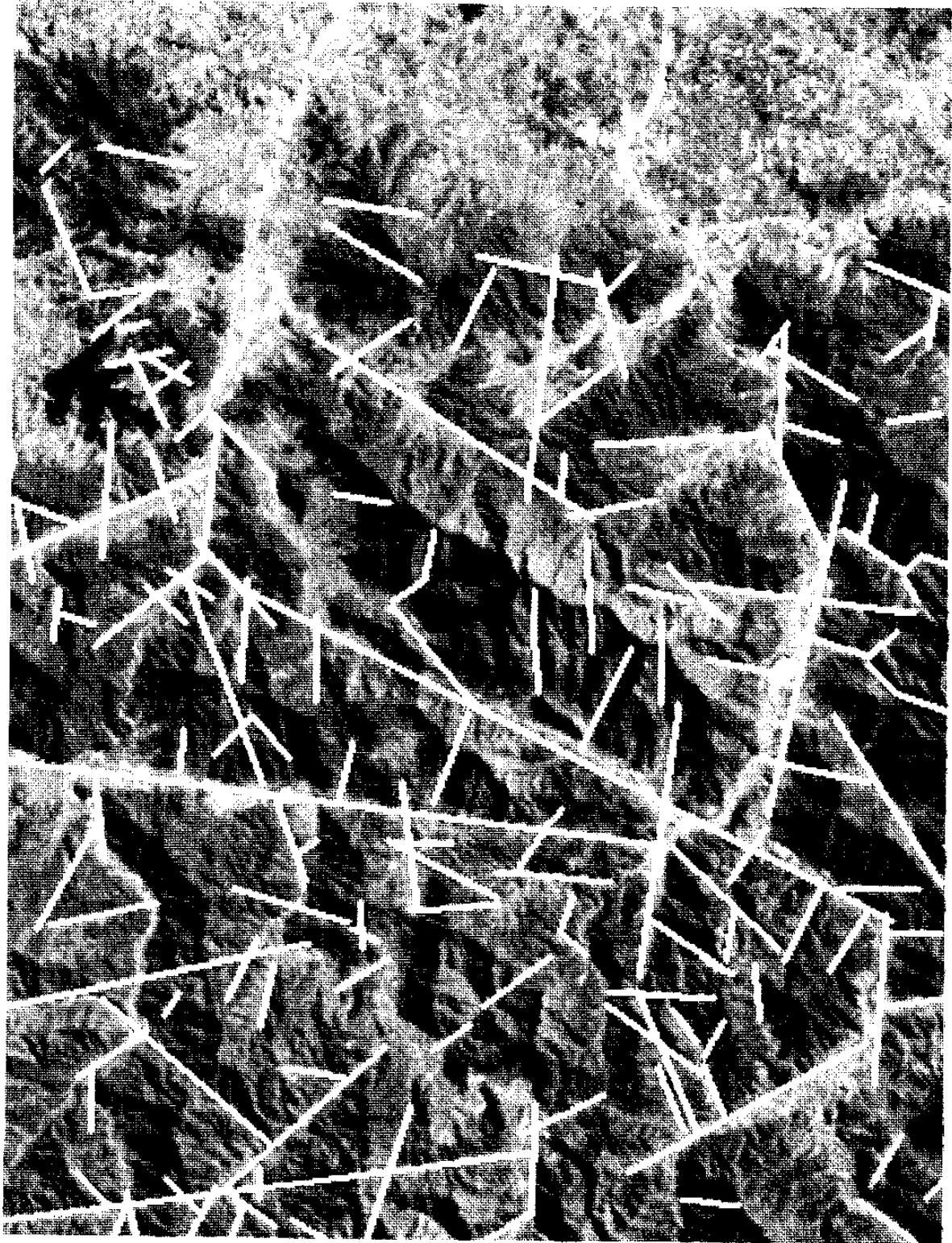


Fig.20 Lineament interpretation map.

check 할 必要가 있다. check 하는 方法中 가장 빠르고 확실한 方法은 地圖를 그려보는 方法으로 X-Y plotter 등을 利用하면 좋으나, 畫面 出力할 경우는 plotter의 出力部分을 畫面의 作畫 command 로 變更하면 效果的이다.

線이 二重이 된다든지, 겹쳐있다든지 등과 같이 잘못 入力된 data 의 修正에는 다음과 같은 自動 sort programm 을 使用하면 便利하다.

```
10      DIM C1(1000), X(1000), Y(1000)
20      INPUT "INPUT FILE NAME .....", F$
30      INPUT "OUTPUT FILE NAME .....", F1$
40      OPEN F$ FOR INPUT AS FILE 1
50      OPEN F1$ FOR OUTPUT AS FILE 2
60      LET T = 15
70      LET T2 = 225
80      ON ERROR GOTO 130
90      LET K = 1
100     INPUT #1, C1(K), X(K), Y(K)
110     LET K = K + 1
120     GOTO 100
130     LET N = K - 1
140     CLOSE 1
150     FOR I = 1 TO N - 1
160     PRINT I
170     LET X0 = X(I)
180     LET Y0 = Y(I)
```

```

190     FOR J=I+1 TO N
200     IF ABS(X0-X(J)) > T THEN GOTO 240
210     IF ABS(Y0-Y(J)) > T THEN GOTO 240
220     LET D=(X0-X(J))*(X0-X(J))+(Y0-Y(J))*(Y0-Y(J))
230     IF D < T2 THEN
        LET X(J)=X0
        LET Y(J)=Y0
240     NEXT J
250     NEXT I
260     FOR I=1 TO N
270     PRINT #2 USING "#,####,####"; C1(I);X(I);Y(I)
280     NEXT I
290     CLOSE 2
300     END

```

다음의 작업은 地質圖처럼 各地層에 해당되는 data 를 몇개의 階級으로 나누어서 各階級値에 適當한 色을 使用하여 thematic map을 作成한다.

이렇게 하여 作成된 thematic map은 Fig.19의 地質圖, Fig.20의 lineament 判讀圖 및 Fig.21의 地質判讀圖이다. 이들로부터 地質 및 映像의 data base system을 만들 수 있으며 또한 地質 및 地形 調査時에 地質圖나 地形圖의 대신 혹은 補助資料로서 活用할 수 있으며 이들 data의 축척으로 Geo-Information System도 구축할 수 있다.

第 8 章 結 論

本 研究는 尙州地域을 對象으로 하여 Geographic Information System (GIS) 技術에 의해 다음과 같은 thematic map 을 作成하므로서 地質 및 遠隔探查資料를 data base 化 하였으며, Geo-Information System 開發을 위한 技法을 研究하였다.

- 1) 尙州地域의 地質圖 一部를 data base 化하기 위한 技術을 開發하였다.
- 2) 衛星映像 (LANDSAT TM) 에서 부터 判讀된 lineament 와 地質을 GIS 技術에 의해 各各의 thematic map 을 作成하므로서 地質 및 地形調査에 이들을 活用할 수 있다.

参 考 文 献

- 1) Berry, J.K., 1984: Computer-assisted map analysis, Yale Univ., 70p.
- 2) Beaudoin, M., 1988: Resources Information Management System in Thailand Overview and Trends in GIS Systems, presented at the workshop on GIS, Bangkok.
- 3) Chrisman, N. and Peucker., T. 1975: Cartographic Data Structures, *Americ. Cartogra.*, 2, 1, p56-69.
- 4) Morehouse, S. and Dutton, G., 1979: Extraction of polygonal information from gridded data, In proceedings of the 14th International Symposium on Computer-assisted Cartography, Auto-Carto IV., Amer. Soc. Phot. and Amer. Cong. on Surveying and Mapping.
- 5) Nagy, G. and Wagle, S., 1979: Geographic data processing, computing surveys of the association for computing machinery, 2, 2, p139-177.
- 6) Tomlinson, R.F., ed, 1972: Geographical data handling, Commission on Geographical Data Sensing and Processing, International Geographical Union, Ottawa.
- 7) 久保幸夫, 1985: コンピュータに地図を入れる, *地理*, 30, 3, p.25-31.
- 8) 三輪卓司, 栗原莊太郎, 旭洋一, 島芳也, 土屋清, 1986: Investigation on color composite images of LANDSAT TM data, *日本リモートセンシング學會誌*, 6, 3, p.35-56.

9) 元鍾寬, 金起泰, 1969: 韓國地質圖(1:50,000, 尙州圖幅), 國立地質調查所.

주 의

1. 이 보고서는 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 한다.