

# LANDSAT DATA의 映像處理手法에 의한 서울-東豆川 間的 LINEAMENT 研究

姜必鍾 · 智光薰 · 曹民肇 · 崔映瑩  
韓國動力資源研究所

(1985년 4월 22일 받음)

## A Geological Study on the Seoul-Dongducheon Lineament Using Digital Image Processing Techniques of Landsat Data

Pil Chong Kang, Kwang Hoon Chi, Min Joe Cho and Young Sup Choi  
Korea Institute of Energy and Resources

(Received April 22, 1985)

### ABSTRACT

The study was emphasized on application of the digital image processing techniques for lineament analysis.

The major lineament of the study area belongs to Choogaryong faults which many geologists have studied since 1903. Also the lineament is so significant in geological views, because the lineament runs through Seoul area.

The several image processing methods such as gradient, Laplacian and spatial filter have been applied, and the spatial filtering is most suitable method for lineament analysis among them.

The lineaments distribute predominantly in the  $N20^{\circ}-30^{\circ}E$  trend and  $N80^{\circ}-90^{\circ}W$  trend which have the conjugated relationship each other, and it coincides with the Gyeongsang conjugate system.

The circular structure of study area was developed by cooling circular joint.

### I. 序 論

廣域的인 地質特性的의 研究에 地球資源 觀測衛星 Landsat 에 의해 觀測된 資料를 利用하

따라서 좋은 결과를 얻고 있다는 많은 보고가 있다. 특히 이 자료는 岩石分布 調査뿐만 아니라 地體構造, 地質構造 및 鑛床 等の 研究에 있어서 重要한 lineament의 抽出에 많이 利用되고 있다.

Houston(1973)은 Landsat 映像의 모자이크로부터 lineament의 判讀, 岩石의 區分, 環狀構造의 判讀 및 地質圖의 修正 等에 관한 研究結果를 報告하였고, 또한 最近 Moore (1983) 등은 Landsat 資料를 digital processing에 의해 lineament의 抽出과 그것의 強調處理에 관한 研究結果를 報告하였다.

國內에서도 姜(1979, 1984)에 의해 南韓과 韓半島 全體의 lineament를 視覺적으로 判讀 分析하였고, 土屋. 智(1984)에 의해 韓半島 北部地域을 寫眞的 處理 및 digital processing으로 lineament를 抽出, 分析하였다.

本 研究은 Landsat 映像上에서 元山-서울-洪城-靑陽을 連結하는 NNE-SSW 方向의 대규모 lineament로 나타나는 楸哥嶺 斷層帶 (姜, 1984) 중 南部에 속하는 서울-東豆川 間의 lineament의 地質學的 意味를 考察하고 Landsat 資料로 부터 lineament를 抽出하는 데 알맞는 映像處理의 技法을 開發하려는 데 있다.

이러한 處理에 使用된 資料는 Landsat MSS의 1979年 10月 12日에 走査된 Bulk 補正의 BIL format CCT와 1981年 12月 3日의 BSQ format CCT이다. 그러나, 1981年 12月 3日의 CCT는 研究對象地域에 눈이 部分的으로 덮여있어 KIERIPS(KIER Image Processing System)에 의한 映像處理에는 주로 1979年 10月 12日 BIL format의 CCT를 使用했다.

## II. 研究對象地域의 地質概要

楸哥嶺 地溝帶는 小藤(1903)이 最初로 竹駕嶺地溝(rift valley or graben)라고 부른 以後 木野(1937), 高橋(1962), 立岩(1976), 李(1983), 元(1983), 姜(1984) 等에 의해 研究되어 왔으나 各 學者에 따라 地質學的 解析을 달리하고 있다.

元(1983)은 中生代 以前의 岩石들은 裂谷帶와 關係없이 分布되나 大寶花崗岩의 分布는 裂谷帶의 方向과 같으며 白堊紀 火山岩 및 第4紀의 玄武岩類는 斷層帶를 따라 分布한다고 보고하였다.

李(1983) 등은 裂谷帶의 地質을 火成活動에 의해 4個의 期로 나누었고 羅(1978)는 地溝帶에 分布하고 있는 京畿片麻岩 複合體와 漣川層群을 變成相에 의해 區分하였고 京畿片麻岩 複合體가 基底를 이루며 漣川層群이 이를 不整合으로 덮고 있다고 報告하였다.

本 研究對象地域중 東豆川地域에 分布하고 있는 變成岩類는 羅(1978)의 京畿片麻岩 複合

體에 該當되며, 金(1973)의 先캄브리아紀의 始興層群에 속하는 岩石으로서 片麻岩, 片岩 및 玢岩으로 構成되어 있는 데, 특히 玢岩은 金(1973)에 의하면 서울-東豆川 間的 lineament 를 境界로 하여 東, 西地域에서의 挾在 枚數가 서로 다르며 外觀상 이들은 本 lineament 와 一致하는 斷層에 의해 切斷된 것처럼 나타난다.

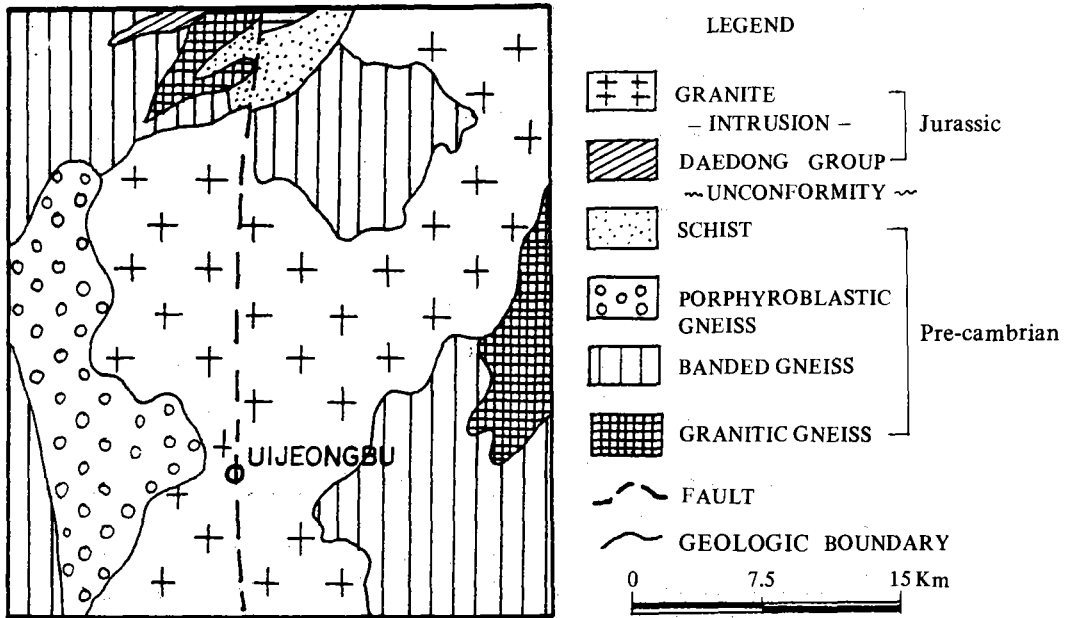


Fig. 1. Geologic map of the study area (After K.Ch.Na, 1979)

Fig. 1의 地質圖에서 보는 바와 같이 本 研究對象地域은 中央部에 Чу라기의 大寶花崗岩과 先캄브리아紀의 片麻岩複合體로 構成되어 있는데 大寶花崗岩으로 알려진 花崗岩類는 上記의 變成岩類를 貫入하였으며, 이는 李(1984)의 所謂 元山-서울 花崗岩帶에 속한다. 本 岩石의 地質時代는 絶對年齡 測定에 의하면 157 my (K-Ar. kf, 金, 1971) ~ 228 my (K-Ar. Bi., 朱, 1971)로서 初期 Triassic에서 中部 Jurassic에 이른다.

一般적으로 本 研究 對象地域에 分布하는 花崗岩類는 中粒~組粒質의 有色鑛物이 적은 優白質 花崗岩으로서 특히 議政府 地域에서는 巨晶의 紅色長石을 갖고 있음이 特徵이다.

### III. Digital Processing 및 研究方法

地質學에서는 線狀構造로 나타나고 있는 것을 "lineament"라고 부른다. 이 lineament 는 Fig.2에 표시한 것 처럼 보통 斷層, 節理, 岩脈, 地層과의 境界線 등과 관련되어 있으며

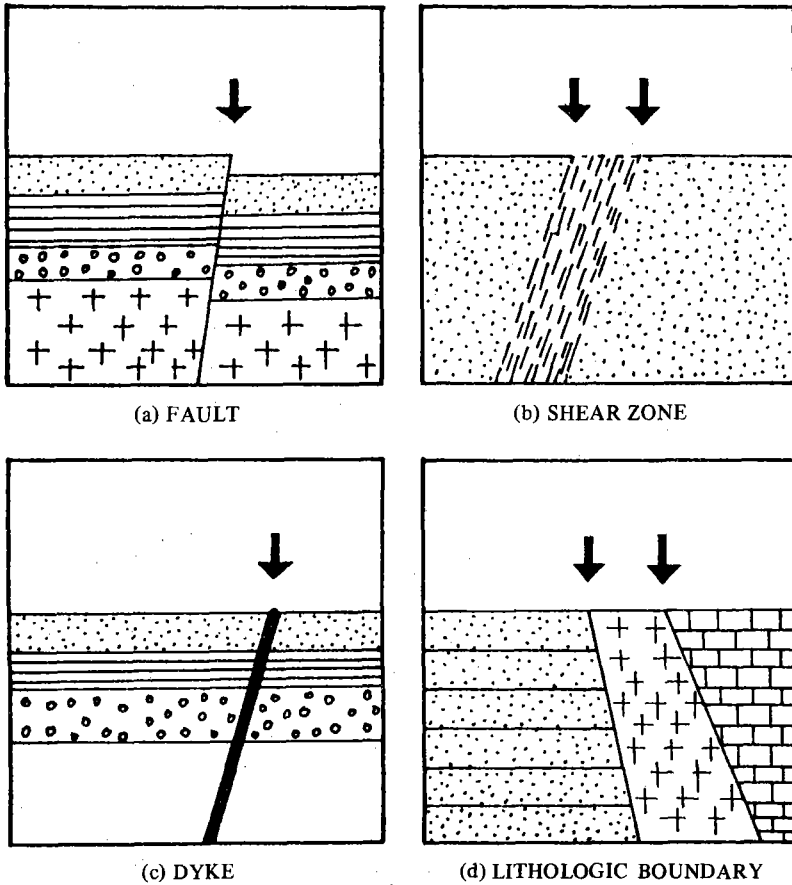


Fig. 2. The geological features which are shown as a lineament (↓) on the surface.

이는 地質構造의 解析, 資源探査 및 地下水調査 等に 있어 重要한 意味를 가지고 있다.

Lineament 에 대한 定義는 研究者에 의해서 多小의 差가 있으나, 例로써 O'Leary (1976) 는 lineament 를 다음과 같이 定義하였다.

"A mappable simple or composites linear features of a surface, whose parts are aligned in a rectilinear or slightly curvilinear relationship and which differs distinctly from the pattern of adjacent features and presumably reflects a subsurface phenomenon."

本 研究에서는 lineament 의 定義로서 原則的으로 O'Leary 의 定義를 採用하였으나 映像 上에서 明瞭한 線狀構造로 나타나 있지 않지만 地質學的으로 周圍의 lineament와 連結 可能性이 있는 것도 假想 lineament (inferred lineament) 라고 해서 lineament 의 범주에 넣었다.

또한 digital 的으로는 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 것은 lineament의 一部 혹은 全部에 포함되며, edge와 線의 pattern은(長尾眞, 1978)과 같이 나눌 수 있다.

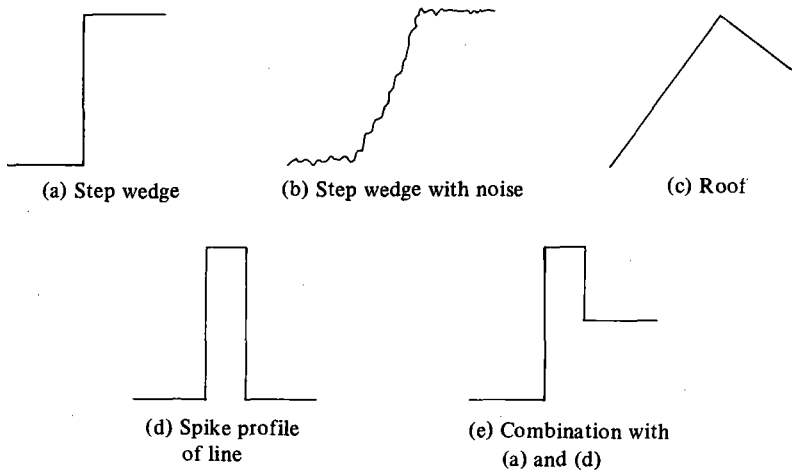


Fig. 3. Profile patterns of edge and line on the imagery

Fig. 3의 (a)는 가장 一般的인 것으로 濃도가 兩地域에서 다르나 各各의 地域内에서 比較的 一定한 斷面을 갖고 있고 (b)는 雜音을 포함한 傾斜的 變化를 나타내며 (c)는 濃度の 變化가 急激하고 (d)는 spike 狀의 斷面을 갖고 있으며 線 (d)와 edge (a)가 합한 것이 (e)와 같은 결과를 나타내게 한다.

Fig. 4는 本 研究 對象地域中 432番號 column의 垂直 profile의 數值 (a)와 그 一部를 斷面圖 (b)로 나타낸 것으로 대체로 Fig. 3의 (d), (e)와 (c)의 變形 pattern 들로 構成되어 있다.

이처럼 濃度の 變化가 심한 곳은 높은 周波數 成分이 그 部分에 存在하고 있는 것을 意味하기 때문에 本 研究에서 lineament 抽出 方法으로 다음-節에서 기술한 것과 같은 微分 等을 利用하였다.

### III. 1. Digital Processing

#### III. 1. 1. Gradient

Digital gradient 라고 해서 여러가지 使用하고 있으나 本 研究에서는 式-(1) (長尾眞,

(a) COLUMN: 432, ROW: 1

158	148	148	170	170	170	170	180	170	148	138	126	158	190	170	158	148	138	138	148
170	158	158	180	190	212	212	200	200	200	212	212	222	212	190	170	180	180	158	138
126	126	138	126	106	116	116	106	106	116	116	116	116	106	106	116	126	116	94	94
84	94	126	148	170	158	138	138	158	148	138	138	138	138	138	148	138	148	158	170
148	148	158	148	126	116	116	116	116	126	148	158	148	138	148	148	148	148	148	148
138	148	138	126	170	170	148	126	138	138	148	148	148	148	148	148	148	158	180	180
148	126	138	158	180	200	244	244	200	158	170	190	200	244	244	158	126	148	190	190
180	158	148	138	138	126	126	138	138	138	138	148	148	158	190	222	212	212	212	212
158	116	138	148	148	180	212	212	190	170	170	138	138	158	190	244	254	212	222	244
222	200	212	254	254	244	232	244	254	232	190	212	222	254	254	254	212	212	212	170
170	190	222	232	212	232	232	232	232	244	254	254	244	254	254	254	254	244	254	254
254	254	254	254	254	254	232	180	158	126	148	180	180	180	170	148	148	148	158	180
190	212	222	244	254	244	180	138	138	158	170	190	212	212	254	244	190	200	200	180
170	148	116	116	116	126	126	138	138	148	138	126	116	116	126	116	116	116	116	126
136	126	138	158	170	138	126	138	138	148	170	158	158	158	148	138	126	126	138	138
148	158	138	158	190	180	170	148	126	126	116	116	126	126	126	148	148	158	170	158
170	170	148	138	138	148	190	232	232	190	148	116	138	148	138	116	106	106	106	106
94	94	94	106	106	106	106	106	106	116	116	116	126	138	138	126	126	138	138	148
158	158	158	148	138	116	106	106	126	138	126	126	116	106	116	106	116	126	116	106
116	106	106	116	126	126	148	158	158	170	180	170	180	170	158	170	190	170	138	138
148	148	148	126	126	158	180	200	200	200	158	126	158	180	180	138	116	106	116	126
148	148	138	126	126	138	158	158	158	180	170	148	158	180	170	158	170	158	170	158
138	126	126	138	148	158	158	158	148	126	116	116	138	148	138	158	158	158	158	170
200	200	212	232	232	244	212	190	200	212	232	232	212	212	222	222	232	222	212	212

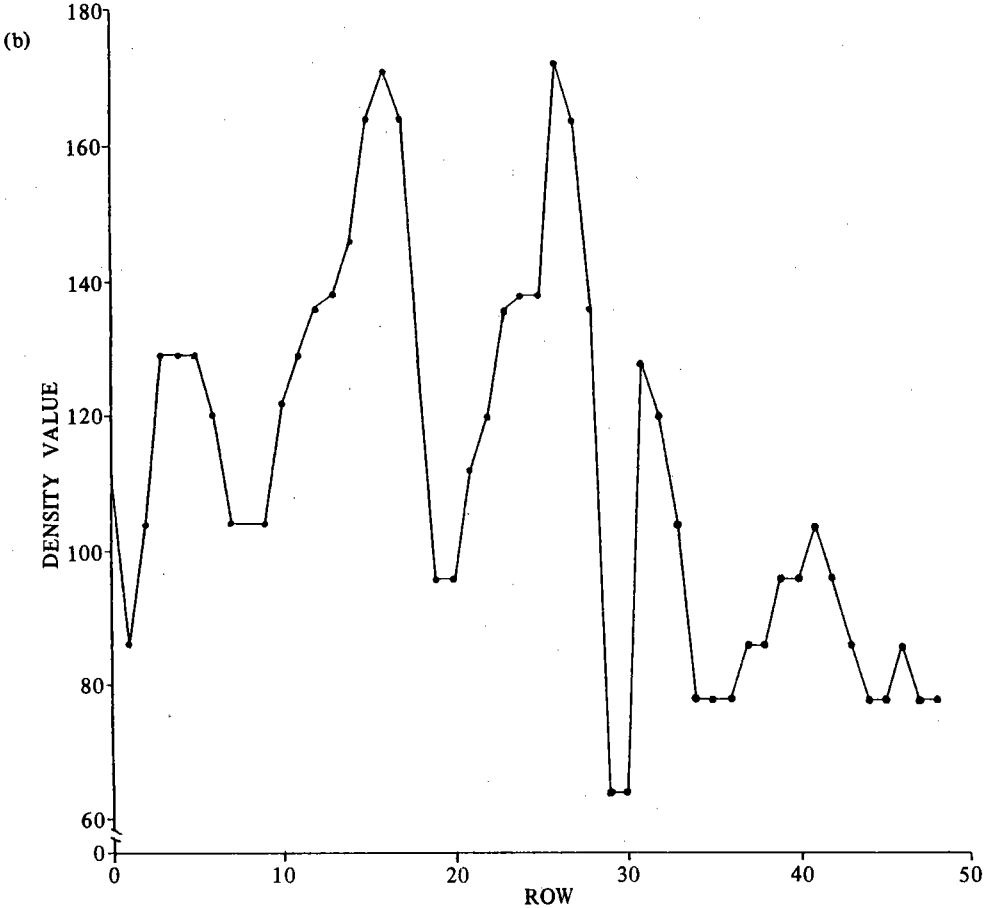


Fig. 4. (a) digit (Octal) and (b) profile (Decimal) of the 432 column

1978)의 Roberts gradient를 利用하였다.

$$\max(|f(i, j) - f(i+1, j+1)|, |f(i+1, j) - f(i, j+1)|) \dots \dots \dots (1)$$

上記 式에서 使用하고 있는 差分은 中間의 點  $(i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2})$ 에 關係 對稱으로 있기 때문에 Roberts gradient는 點  $(i, j)$ 가 아니고 點  $(i+\frac{1}{2}, j+\frac{1}{2})$ 에 있어서 gradient의 近似라 본다.

Fig.5 의 (b)는 Roberts gradient를 利用해서 處理된 結果로 있으나 中央部の 低地形

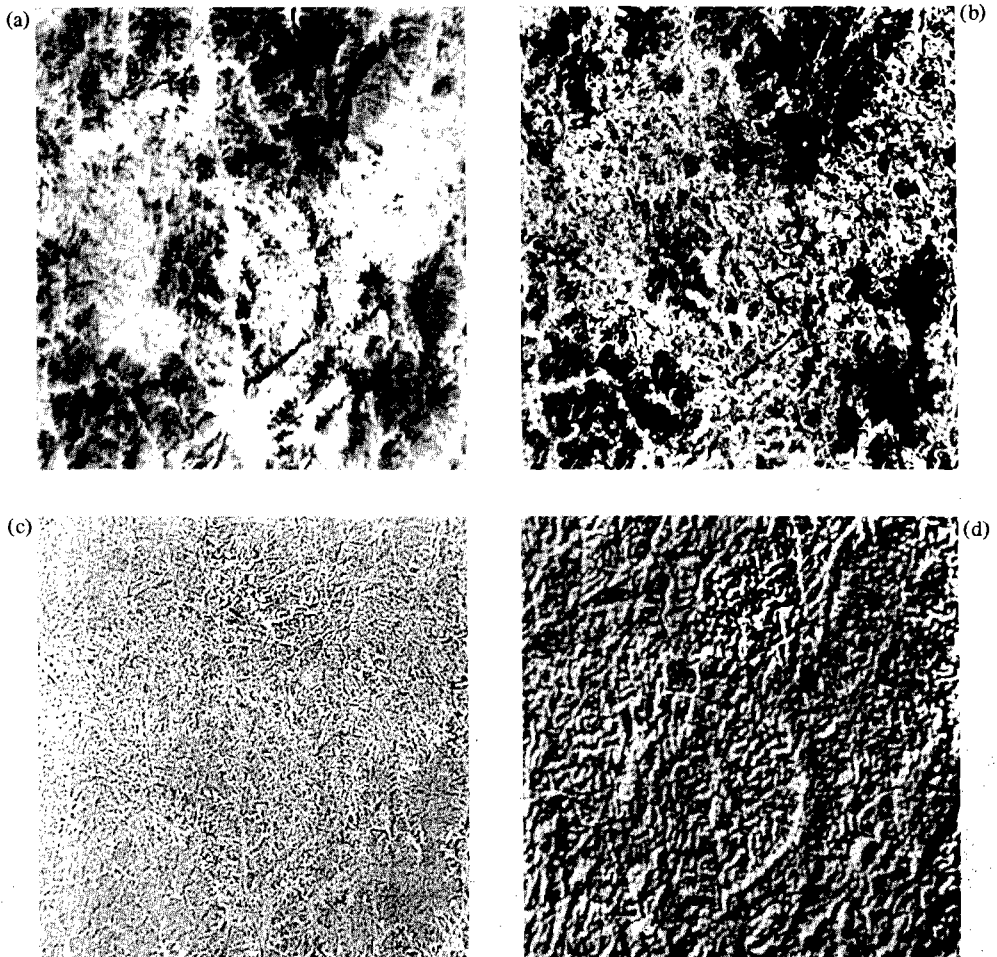


Fig. 5. Results of digital image processing for the extraction of lineament  
 (a) Input image (band 5)      (b) Gradient  
 (c) Laplacian                      (d) Spatial filtering

에서 雜音이 심하고 稜線 등이 lineament로 나타나고 있어 本研究目的의 lineament 抽出에는 크게 利用할 수가 없다. 그러나 Fig.3의 (a)와 같은 step wedge pattern 地域에서는 有效하다.

III. 1. 2. Laplacian

digital 映像에 대한 Laplacian의 離散值 近似는 式-(2) (長尾眞, 1978)와 같다.

$$\begin{aligned}
 f(i, j) - \nabla^2 f(i, j) &\equiv \Delta_x^2 f(i, j) + \Delta_y^2 f(i, j) \\
 &= [f(i+1, j) + f(i-1, j) + f(i, j+1) + f(i, j-1)] - 4f(i, j) \\
 &\dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

이것은 點(i, j) 및 그의 水平, 垂直方向에 인접한 4點의 濃度值의 平均과 點(i, j)의 濃度值와의 差를 나타낸다. (i, j)가 傾斜의 中央이나 平坦한 곳에 있을 경우에는  $f - \nabla^2 f = f$ 가 되고 傾斜의 底部에서는  $(f - \nabla^2 f) < f$ 가 되어 under pseudo가 생긴다.

Fig.5의 (c)는 (b)의 gradient 映像보다 lineament 抽出에 有效하나 역시 雜音이 심하고 Fig. 3의 (c) pattern과 같은 roof 地形에 分布하는 特定 lineament의 抽出에는 有效하다.

III. 1. 3. Spatial Filtering

上記와 같은 微分處理는 一般의 雜音에 약한 缺點을 갖고 있어 本研究 對象地域의 中央部처럼 넓은 低地形을 보이면서 는, 밭, 住居地 등이 散在되어 있는 地域에서는 不適當한 것으로 判斷되어 Fig. 6과 같은 3×3 mask를 利用해서 本研究 對象地域의 lineament 抽出에 알맞는 filter를 사용하였다. 그 結果는 Fig. 5의 (d)와 같다.

-4	○	○
○	○	○
○	○	4

Fig. 6. 3×3 mask for the spatial filtering



### III. 2. 研究方法

判讀된 lineament 에 대한 trend 分析은  $10^\circ$  間隔으로 北을 中心으로 해서 東-西方向으로 各各 9個 區域을 設定하여 lineament 의 走向方向들을 各 區域들에 따라서 分類하여 分布 빈도를 Cartesian histogram에 의하여 나타냈다(Fig. 9).

이 lineament 의 trend 에 따른 分析 結果 우세한 trend 間의 關係에 의하여 地體構造 運動에 관련된 相互關係를 究明하였다.

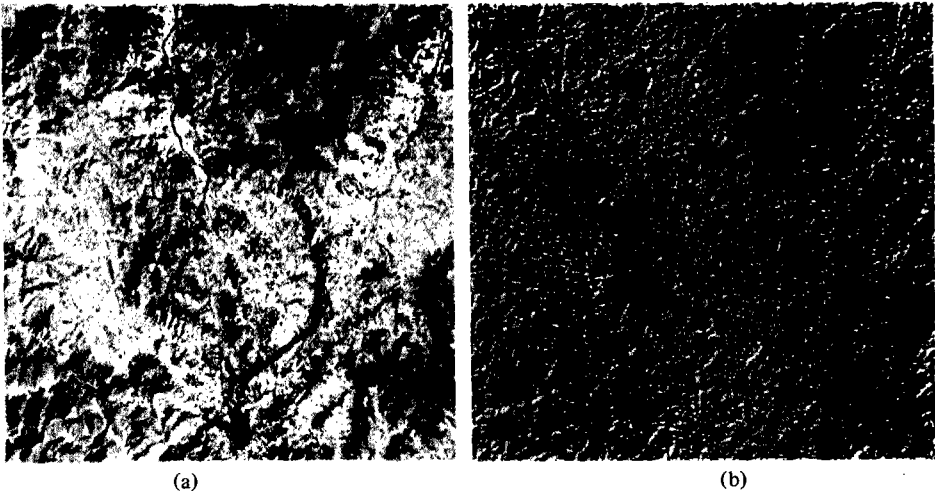


Fig. 7. False color (a) and spatial filtering image (b) of the study area

### IV. Lineament 의 地質學的 判讀 및 解析

Fig. 7의 (a)는 研究 對象地域에 대하여 contrast stretch 시킨 false color 映像인데 contrast stretch를 할 때  $\gamma$ 를 조정함으로써 pseudo-stereoscopic 映像을 作成하여 航空寫眞을 判讀할 때 처럼 stereoscope를 利用하면 lineament 및 地質을 判讀한 것이 Fig. 8의 (a)이다.

False color 映像에서 보는 것 처럼 大寶花崗岩類는 texture 및 color에 있어서 片麻岩 複合體와 쉽게 區分할 수 있고 또한 片麻岩 複合體에 비해서 대체로 低地形을 이루고 있으나 中央部에서는 周圍보다 약간 高地形을 보이고 있는데 이러한 地形이 環狀構造로 나타나고 있다.

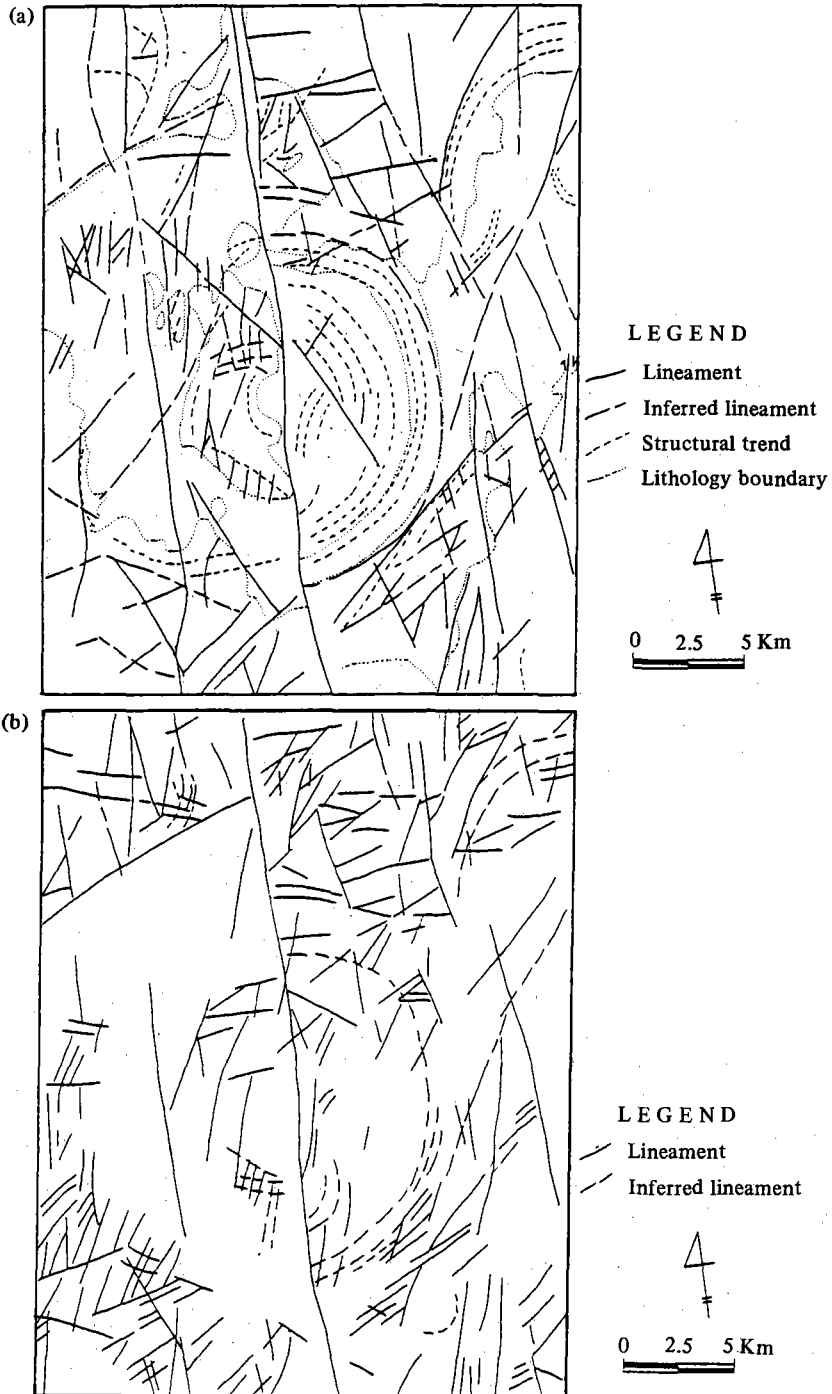


Fig. 8. Interpretation map on the false color (a) and spatial filtering imagery (b) of the study area

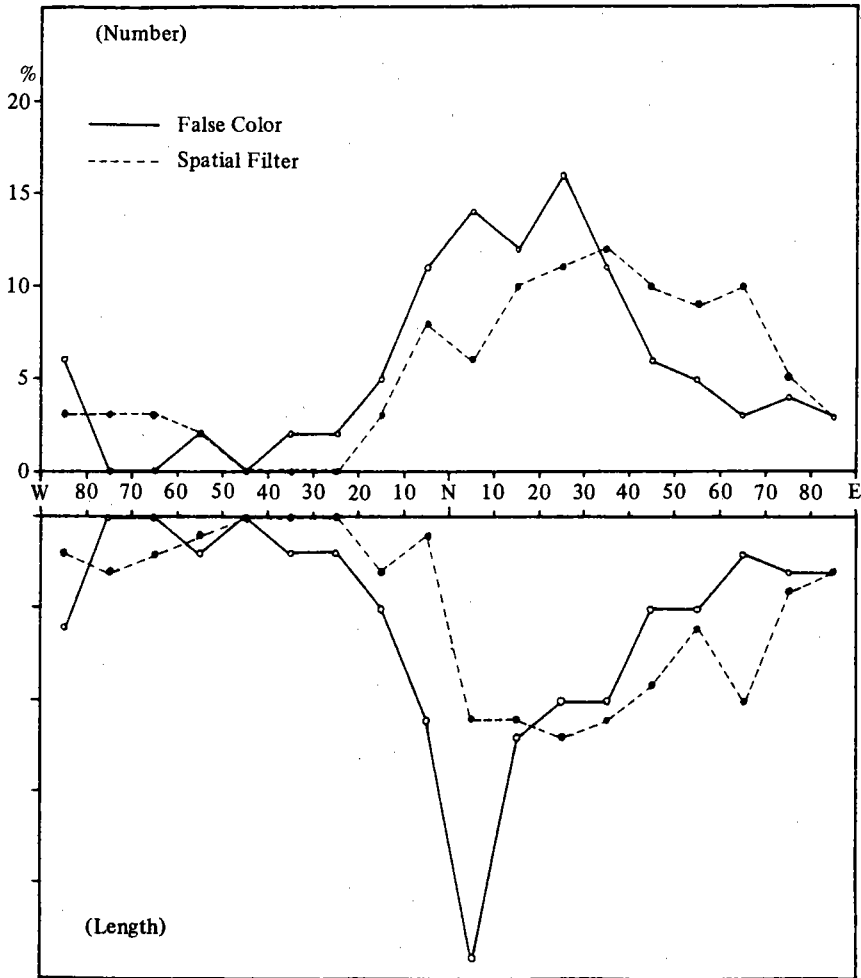


Fig. 9. Cartesian histogram of lineaments on the false color and spatial filtering imagery

一般的으로 lineament의 視覺的 判讀은 判讀者 個個人的 經驗 및 知識 等の 差異에 따라 lineament의 抽出數, 延長길이 및 位置 等に 약간의 差異가 있을 수 있다.

本 研究는 이러한 短點을 最小化시키기 위하여 band5 data뿐만 아니라 band 7 data도 spatial filtering 하였으며, 또한 lineament의 正確한 位置를 알기 위하여 band 4의 data를 入力시켜 spatial filtering false color 映像을 作成 및 判讀한 것이 Fig. 7의 (b) 및 Fig. 8의 (b)이다.

Lineament trend에 있어서 N20° ~ 30° E 方向의 것과 N 80° ~ 90° W의 것이 우세를 보이고 있으며 이들 간의 角關係는 약 70° 로써 共軛 關係를 나타내고 있는데 이는 姜(1979, 1984)이 設定한 佛國寺變亂의 慶尙共軛 System과 一致하고 있다. 즉, 이 地域의 li-

neament는 역시 白堊紀末~第3紀初의 佛國寺 變亂과 關係가 있음을 말해 주고 있다.

本 研究地域에 나타나 있는 뚜렷한 環狀構造는 大寶花崗岩 分布地에 發達되어 있으며, NNE-SSW lineament를 境界로 東部에서는 거의 完全한 圓形을 보이거나 西部에서는 뚜렷하지 않다. 그러나, 西部에는 lineament에 接하여 dome 形의 岩體가 있고 部分的으로 環狀을 보이고 있다.

그러나, 서울-東豆川間의 主 lineament의 東部나 西部가 같은 岩質인 大寶花崗岩이며 특히 環狀을 이루고 있는 部分들 역시 같은 岩質이다. 이는 環狀構造가 이 地域의 大寶花崗岩 體 貫入의 中央에서 同心圓狀으로 發達되는 cooling circular joint와 관련된 것으로 본다. 그리고 西部에 發達된 半 dome은 이 地域의 大寶花崗岩의 貫入 中心部일 것이다.

서울-東豆川 間의 主 lineament는 金(1973), 羅(1978) 등의 先研究者들에 의하여 楸哥嶺 地溝帶에 속한 正斷層으로 解析하였다. 그러나 금반 調査 結果  $305^{\circ}/90^{\circ}$ 인 斷層面에서 striation이 horizontal하게 發達되었음이 밝혀져 이 斷層이 走向移動斷層임을 말해 주고 있다. 그리고, 이 斷層은 大寶花崗岩을 切斷하고 있어 大寶造山運動이나 佛國寺 變亂時에 生成된 것임이 뚜렷하나, 斷層面에 나타난 striation은 最後期 地殼運動의 흔적일 가능성이 많으며, 이 斷層이 釜山-梁山 地域에 發達된 走向移動 斷層인 梁山斷層과 trend가 一致하고 있어 이 斷層은 佛國寺 變亂時에 走向移動을 하였음이 뚜렷하다.

## V. 結 論

1) 線構造線 (lineament) 判讀을 위한 映像 處理技法은 各種 微分處理보다 spatial filter 處理가 가장 適合한 技法이다.

2) 서울-東豆川 間의 主 lineament는 楸哥嶺 斷層帶에 속하는 走向移動斷層이다.

3) 本 研究 對象地域의 lineament trend에 있어서는 NNE ~ SSW 方向이 우세하고 WNW ~ ESE trend의 것과 共軛關係를 가지고 있으며, 이는 姜(1979)이 設定한 佛國寺 變亂과 관련된 慶尙共軛 System과 一致하고 있다.

4) 本 研究 對象地域의 環狀構造는 花崗岩 貫入時 中心部에서 부터 同心圓狀으로 發達되는 cooling circular joint에 의한 것이다.

## 參 考 文 獻

- Houston, R.S., Marris, R., Breckenridge, R., and Blackstone, D. 1973: Application of the ERTS system to the study of Wyoming resources with emphasis on the use of basic data products, symposium on the results obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1, 1, 595-620.
- Kang, P.C. 1978: Geological analysis of Landsat imagery of South Korea, M. Sc. Thesis, Korea University, Seoul, Korea.
- Kang, P.C. 1984: A study on remote sensing application for the tectonic-framework of the Korean peninsula, Ph.D. Thesis, Korea University, Seoul, Korea.
- 金玉準, 1971 : 南韓의 新期 花崗岩類의 貫入 時期와 地殼變動, 鑛山地質, 4, 1-9.
- 金玉準, 1973 : 京畿陸塊 西北部の 變成岩 複合體의 層序와 地質構造, 鑛山地質, 6, 4, 201-218.
- 木野崎吉郎, 1937 : 朝鮮의 第4紀 火山에 關하여 (日文), 朝鮮博物學會誌, 22, 3-8.
- 小藤文次郎, 1903 : An Orographic sketch of Korea. Jour. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo. V. 19, Art. 1.
- 李大聲·柳圻桂·金光浩, 1983 : 楸哥嶺 裂谷의 地構造的 解析, 地質學會誌, 19, 1, 19-38.
- Moore, G.K. and Frederich, A.W. 1983: Objective procedures for lineament, enhancement and extraction, photogrammetric Eng. Rem. Sen., 49, 5, 641-647.
- 長尾眞 譯, 1978 : Digital picture processing, 近代科學社.
- 羅基昌, 1978 : 京畿陸塊에서의 變成作用 및 漣川變成帶와 沃川變成帶와의 比較 (I), 地質學會誌, 14, 4, 195-211.
- O'Leary, D.W., Friedman, J.O., and Pohn, H.C. 1976: Lineament linear lineation: Some proposed new standards for term, Geol. Soc. Amer., 87, 1463-1469.
- 高橋英太郎, 1962 : 楸哥嶺裂線 (日文). Science Reports of Yamaguchi Univ., 13, 33-36.
- 立岩巖, 1976 : 朝鮮-日本列島地帶 地質構造論考 (日文), 東京大學出版會.
- 土屋清, 建石隆太郎, 智光薰, 1984 : Landsat Data에 의한 朝鮮半島 北部的 Lineament 에 관한 研究 (日文), 日本 Remote Sensing 學會誌, 4, 3, 35 ~ 46.
- 元鍾寬, 1983 : 韓半島에서의 第四系 火山活動에 관한 研究, 地質學會誌, 19, 3, 159-168.