

# 우리나라의 大縮尺地圖製作을 위한 最適地圖投影法の 選擇에 關한 研究

## A Study on the Optimum Map Projection for the Large Scale Mapping in Korea

崔 在 和\* 趙 在 允\*\*  
Choi Jae-Hwa Cho Jae-Yoon

### 要 旨

地圖製作이 大縮尺化됨에 따라서 測地線의 增大率은 점점 커져서 測地線과 그것에 對應하는 地圖上의 測線사이에는 그 歪曲이 漸次的으로 증대하기 때문에 일정한 投影圖法下에서도 縮尺의 大小에 따라서 投影法の 選擇이 必要하다.

本 研究에서는 우리나라의 지도제작에 사용되고 있는 가우스·크뤼거투영법을 檢討分析하여 大縮尺地圖製作에서 採用할 最適地圖投影法을 提示하였다.

### ABSTRACT

Maps need the suitable map projection according to the scale of its seeing that the distortion is increasing between the projected geodesic line on the map and the ellipsoidal line owing to the scale up.

In this paper, the optimum map projection for the large scale mapping as well as analysis of current mapping in Korea is proposed.

### 1. 序 論

우리나라는 다른 나라에 比하여 상대적으로 狹小한 國土를 갖고 있기 때문에 國土管理의 高度化와 國土利用計劃의 極大化가 요구되고 있다. 이러한 國토의 效率的인 개발과 이용을 위한 각종 建設사업의 立案, 計劃 및 實施를 위한 기초 資料가 되는 것은 地圖이다. 그런데 地圖는 국

土에 대한 가장 基本적이고 信賴性있는 情報源이기 때문에 그 精確성과 내용이 高度化되고 大縮尺化되어야 한다.<sup>3) 5)</sup>

우리나라의 國土基本圖製作은 1 : 50,000 縮尺의 지도제작에 사용되는 座標投影法을 根幹으로 하여 1 : 25,000, 1 : 10,000, 1 : 5,000의 순서로 大縮尺化됨에 따라 각 縮尺別 投影圖法의 特性을 분석함이 없이 단순히 기계적으로 倍數化하여 사용하고 있다.

따라서 本 研究에서는

① 우리나라의 지도제작에 사용되고 있는 가

\* 成均館大學校 工科大學 教授

\*\* 成均館大學校 大學院

우스·크뤼거 투영법을 檢討分析한 다음에, 이 投影法의 根據에서 出發하여 各 縮尺의 地圖에서 일어날 수 있는 縮尺係數를 檢討하여 測地線의 歪曲을 調査한다.

② 各 縮尺別 地圖에 대한 許容誤差의 범위를 算定하여 前項에서 檢出한 測地線의 歪曲의 크기가 許容範圍以內에 들어가는지 檢討한다.

③ 이를 토대로 縮尺別로 採用할 最適投影法을 選擇한다.

## 2. 地圖投影理論의 考察

地圖投影에서는 地物등의 상호관계를 나타내는 基準으로서는 地球上의 經도와 緯도를 취하고 있다. 즉, 任意의 地點의 經도  $l$ , 緯도  $q$ 를 어떤 關係式(投影式)에 의하여 平面座標  $x, y$ 로 變換하여 平面上的 위치를 구하는 방법이 취해진다. 하지만 모든 地點의 經緯도를 알고 이를 平面座標로 變換할 수는 없는 일이기 때문에 실제에 있어서는 地球上에서 정하여진 표준이 되는 經緯선을 평면상에 투영을 하고 이를 기준으로 하여 여러가지 資料로부터 地形, 地物 등을 그려넣게 된다.<sup>1)6)</sup>

### 2.1 가우스·크뤼거投影

地圖의 投影法은 地圖編集의 기초가 되는 것이며 현재 大·中縮尺地圖의 圖法으로 橫圓筒의 等角圖法이 주로 사용되고 있다. 이 투영법의 특징은,

① 平面座標의  $x$ 軸이 한 子午線 즉 主子午線의 投影이며 또한 이 主子午線은 等距離投影임.

② 투영은 等角寫像이다.

즉 이 圖法은 地圖投影法의 一般的 條件중 가장 중요한 것의 하나인 角의 크기의 保存인 等角性(Conformality)을 만족시키고 있을뿐만 아니라 그 理論의 普偏性으로 인하여 이의 效果的인 적용을 도모할 수 있는 圖法이다.

그리고 예를 들면 이 圖法은 中央經線과 赤道를 기준으로 하여 經緯線網을 만들어 이 經緯線網 전체를 정하여진 縮尺으로 平面上에 投影을 하고 이것을 한 조각씩 끊어서 地形圖로하는 방

법이라 할 수 있으므로 同一 經緯線網內에서는 地圖는 上下로도 左右로도 모두 均열이 없이 이어지게 된다.

투영된 한장 한장의 地圖의 모양은 理論上 전부 다르고 또한 한장의 地圖의 圖廓을 구성하는 經緯線은 서로 直交하는 曲線이 되지만 1:50,000 이하의 縮尺에서는 이를 實用上 直線으로 간주하여도 상관이 없다.<sup>2)6)7)8)12)</sup>

### 2.2 地圖投影式

두 微小圖形이 等角이 되기 위한 條件은 複素函數  $x+iy$ 가 다른 複素函數  $q+il$ 의 正則關係인 式(2-1)로 定義된다.

$$x+iy = F(q+il) \quad (2-1)$$

여기서 主子午線의 兩側에 南北으로 가늘고 긴 띠를 생각하면 複素函數  $q+il$ 에서  $l$ 은 미소하기 때문에 式(2-1)을 等緯度圈의  $q$ 에 관하여  $l$ 의 級數로 展開할 수 있다.

즉 等緯度線  $q$ 上的 1點에 대하여

$$x+iy = F(q) + il \frac{dF(q)}{dq} + \frac{1}{2}(il)^2 \frac{d^2F(q)}{dq^2} + \frac{1}{6}(il)^3 \frac{d^3F(q)}{dq^3} + \dots \quad (2-2)$$

原點을 零子午線과 赤道와의 交點으로 하고 또한,

$$F(q) = \phi \quad (2-3)$$

$\phi$ 는 赤道에서  $q$ 에 상당하는 緯度  $B$ 까지의 子午線弧長이고 式(2-2)의 實數部分과 虛數部分을 각각 같다고 놓으면

$$x = \phi - \frac{l^2}{2} \cdot \frac{d^2\phi}{dq^2} + \frac{l^4}{24} \cdot \frac{d^4\phi}{dq^4} - \frac{l^6}{720} \cdot \frac{d^6\phi}{dq^6} + \dots \quad (2-4)$$

$$y = l \frac{d\phi}{dq} - \frac{l^3}{6} \cdot \frac{d^3\phi}{dq^3} + \frac{l^5}{120} \cdot \frac{d^5\phi}{dq^5} + \dots \quad (2-5)$$

가 얻어진다.

$$d\phi = R dB, \quad \frac{R}{N \cos B} dB = dq$$

$$\frac{d\phi}{dq} = \frac{d}{dB} (R dB) \frac{dB}{dq} \quad (2-6)$$

$R$  : 子午線曲率半徑(從의 曲率半徑)

$N$  : 卯酉線曲率半徑(橫의 曲率半徑)

式(2-6)의 관계에 의하여 式(2-4) 및 (2-5)의 係數를 계산하면

$$\begin{aligned}
 x = & \phi + \frac{l^2}{2} \cdot \frac{N}{\rho^2} \sin B \cos B \\
 & + \frac{l^4}{24} \cdot \frac{N}{\rho^4} \sin B \cos^3 B (5 - t^2 + 9\eta^2 + 4\eta^4) \\
 & + \frac{l^6}{720} \cdot \frac{N}{\rho^6} \sin B \cos^5 B \cdot (61 - 58t^2 + t^4 \\
 & + 270\eta^2 - 330t^2\eta^2) - \frac{l^8}{40320} \cdot \frac{N}{\rho^8} \sin B \cos^7 B \\
 & \cdot (-1385 + 3111t^2 - 543t^4 + t^6) \quad (2-7) \\
 y = & l \frac{N}{\rho} \cos B + \frac{l^3}{6} \cdot \frac{N}{\rho^3} \cos^3 B (1 - t^2 + \eta^2) \\
 & + \frac{l^5}{120} \cdot \frac{N}{\rho^5} \cos^5 B (5 - 18t^2 + t^4 + 14\eta^2 - 58t^2\eta^2) \\
 & - \frac{l^7}{5040} \cdot \frac{N}{\rho^7} \cos^7 B (-61 + 479t^2 - 179t^4 + t^6) \quad (2-8)
 \end{aligned}$$

여기서  $t = \tan B$ ,  $\eta^2 = e'^2 \cos^2 B$  ( $e'$ : 第二離心率),  $\rho = 180^\circ / \pi$ 이다.

式(2-7) 및 (2-8)에서  $l = 0$  이라 놓으면  $x = \phi$ ,  $y = 0$  가 된다. 따라서 主子午線上的 孤는 그 實長이  $x$ 軸上에 投影된다.<sup>3) 7) 11) 15)</sup>

平面直角座標로부터 經緯度로의 變換은 式(2-7) 및 (2-8)의 逆變換이다

赤道로부터 子午線孤長이  $x$ 와 같게 되는 緯度를  $B_1$  이라 하면

$$\begin{aligned}
 B_1 - B = & \frac{y^2 \rho}{2R_1 N_1} t_1 - \frac{y^4 \rho}{24R_1 N_1^3} t_1 (5 + 3t_1^2 - \eta_1^2 \\
 & - 9t_1^2 \eta_1^2) + \frac{y^6 \rho}{720R_1 N_1^5} t_1 (61 + 90t_1^2 + 45t_1^4) \quad (2-9) \\
 l = & \frac{y \rho}{N_1 \cos B_1} - \frac{y^3 \rho}{6N_1^3 \cos B_1} (1 + 2t_1^2 + \eta_1^2) \\
 & + \frac{y^5 \rho}{120N_1^5 \cos B_1} (5 + 28t_1^2 + 24t_1^4) \quad (2-10)
 \end{aligned}$$

縮尺係數  $m$ 은 準據橢圓體面上的의 微小線分과 그에 대응하는 平面上的의 微小線分으로 얻어진다.<sup>10) 12) 14) 15)</sup>

$$m^2 = \left( \frac{ds}{dS} \right)^2 = \frac{(dx^2 + dy^2)}{(RdB)^2 + (N \cos B dl)^2} \quad (2-11)$$

또는 式(2-11)을 變形하여

$$m^2 = \left( \frac{dy}{dl} \right)^2 \frac{1 + \left( \frac{dx}{dy} \right)^2}{N^2 \cos^2 B \left\{ 1 + \left( \frac{RdB}{N \cos B dl} \right)^2 \right\}} \quad (2-12)$$

이라 쓸 수 있다.

지금 微小線分의 타원체면상의 方位角을  $\alpha$ , 平面上的의 方位角을  $T$ 라고 하면

$$\frac{dy}{dx} = \cot T, \quad \frac{RdB}{N \cos B dl} = \cot \alpha$$

이므로 이를 式(2-12)에 代入하면 다음과 같다.

$$m = \frac{dy}{dl} \cdot \frac{1}{N \cos B} \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos T} \quad (2-13)$$

等角投影에서는  $\alpha$ 의 값에 상관없이 增大率은 一定하기 때문에  $\alpha = 90^\circ$ 라고 하면  $T = 90^\circ - \gamma$ 이다. 이 관계를 式들에 代入하여

$$\begin{aligned}
 m = & 1 + \frac{l^2}{2\rho^2} \cos^2 B (1 + \eta^2) \\
 & + \frac{l^4}{24\rho^4} \cos^4 B (5 - 4t^2) \quad (2-14)
 \end{aligned}$$

를 얻는다.

### 3. 座標變換 및 數值解析

#### 3.1 平面直角座標系

현재 사용되고 있는 우리나라 평면직각좌표계는 3系이고 그 座標原點은 表3-1과 같다.<sup>11)</sup>

表 3-1. 좌표원점의 경·위도

동부원점	$B_0 = N. 38^\circ 00' 00''$ $L_0 = E. 129^\circ 00' 00''$
중부원점	$B_0 = N. 38^\circ 00' 00''$ $L_0 = E. 127^\circ 00' 00''$
서부원점	$B_0 = N. 38^\circ 00' 00''$ $L_0 = E. 125^\circ 00' 00''$

이러한 좌표계에서 일어나는 歪曲의 크기를 산출하기 위하여 經·緯度別로 座標變換을 실시한 뒤, 타원체상에서의 거리가 평면상으로 투영되었을 때에 발생하는 투영오차를 분석하였으며, 그들이 縮尺別 地圖上에서의 기준점 허용오차범

위에 들어가는지를 조사하였다. 여기에 사용된 기준타원체는 벅셀값을 채택하였으며, 赤道에서 부터 구하려는 點까지의 종좌표를 式(2-7)에서 1項으로 座標原點까지 종좌표를 구한 뒤에 계산하였다. 좌표원점에서 구하려는 점까지의 횡좌표와 축척계수는 式(2-8)과 式(2-14)을 이용하였다. 또한 위도와 경도차이에 따라 발생하는 투영오차를 구하기 위하여 反復計算을 실시하였다.

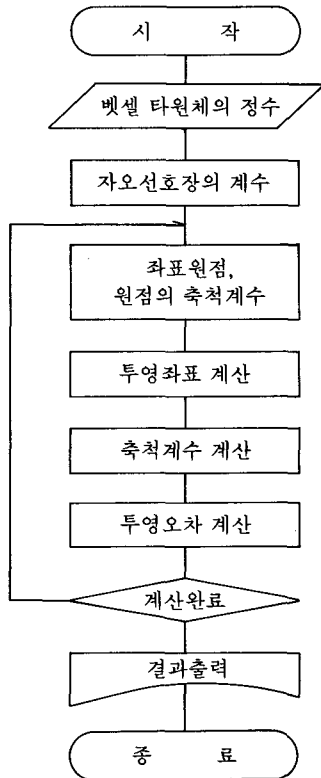


그림 3-1. 흐름도

### 3.2 座標系에서의 投影誤差

현재의 좌표계에서의 축척계수는 表 3-2, 그림(3-2)에서와 같이 나타난다.

座標上에서 投影에 의한 歪曲은 縮尺係數로 표현되므로 이들을 分析하여 보면 현재의 座標系에서는 投影原點사이의 經度差가 2°이기 때문에 投影領域內에 있어서의 歪曲이 상당히 크을 알 수 있다.

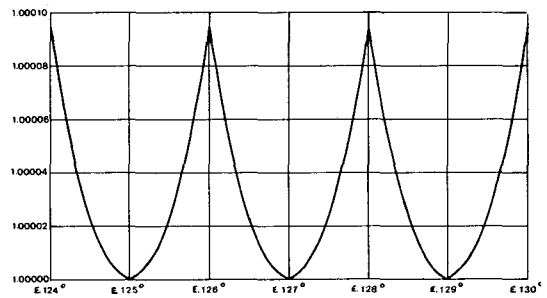


그림 3-2. 既存좌표계에서의 축척계수 (N. 38°에서)

따라서 이러한 歪曲을 內在한 座標系를 地圖製作에 사용하게 되면 小·中縮尺地圖의 경우에는 實用上 별 문제가 없다 하더라도 지도가 大縮尺化됨에 따라서 그 投影誤差가 圖上の 基準點 許容誤差를 초과하는 경우에는 지도의 신뢰도를 높이기 위한 諸般作業, 즉 圖上の 제도에 대한 精밀도를 높인다든지 기준점에 대한 測量誤差를 줄이는 것등은 무의미하게 된다. 따라서 大縮尺地圖上에서 이러한 투영오차가 어느정도 영향을 미치는지를 검토하기 위하여 緯도와 經度差에 따르는 投影領域內에서의 投影誤差를 비

表 3-2. 座標原點으로부터의 縮尺係數

經度 \ 緯度	127°	127° 10'	127° 20'	127° 30'	127° 40'	127° 50'	128°
38°	1.0000000	1.0000026	1.0000112	1.0000237	1.0000422	1.0000659	1.0000949
37°	1.0000000	1.0000027	1.0000115	1.0000243	1.0000433	1.0000677	1.0000975
36°	1.0000000	1.0000027	1.0000118	1.0000250	1.0000445	1.0000695	1.0001001
35°	1.0000000	1.0000028	1.0000121	1.0000256	1.0000456	1.0000713	1.0001026
34°	1.0000000	1.0000029	1.0000124	1.0000262	1.0000467	1.0000730	1.0001051
33°	1.0000000	1.0000029	1.0000127	1.0000269	1.0000478	1.0000747	1.0001076

表 3-3. 위도와 경도차에 따른 선축척계수

경도 \ 위도	129° 00'	129° 10'	129° 20'	129° 30'	129° 40'	129° 50'	130° 00'
38° 00'	1.00000000	1.00000088	1.00000375	1.00000789	1.00001403	1.00002193	1.00003158
37° 00'	1.00000000	1.00000090	1.00000385	1.00000811	1.00001442	1.00002253	1.00003244
36° 00'	1.00000000	1.00000092	1.00000395	1.00000832	1.00001480	1.00002312	1.00003330
35° 00'	1.00000000	1.00000095	1.00000405	1.00000854	1.00001518	1.00002371	1.00003415
34° 00'	1.00000000	1.00000097	1.00000415	1.00000875	1.00001555	1.00002429	1.00003498
33° 00'	1.00000000	1.00000099	1.00000425	1.00000895	1.00001591	1.00002487	1.00003581

較 分析하였다.

먼저 투영오차는 투영평면상에서의 거리와 타원체상에서의 거리의 比로 표현되는 線縮尺係數로 구한다.

2.77m의 오차가 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 이들 오차가 經度差에 따라 크게 나타나는 것은 가우스·크뤼거투영의 특징의 하나로 볼 수 있다.

表 3-4. 투영평면상에서의 타원체상에서의 거리차이

(위도 : N.38°上, 단위 : m)

거리 \ 경도	투영평면상	타원체상	ΔS
E. 127° 00'	0.0000	0.0000	0.0000
E. 127° 10'	14637.0007	14636.9879	0.0128
E. 127° 20'	30249.8753	30249.7620	0.1133
E. 127° 30'	43911.2642	43910.9175	0.3466
E. 127° 40'	58548.6578	58547.8362	0.8217
E. 127° 50'	73186.3135	73184.7086	1.6049
E. 128° 00'	87824.2966	87821.5234	2.7732

#### 4. 誤差分析 및 適用

투영오차가 지도상의 許容誤差 範圍內에 들어가는지의 여부를 비교하기 위하여서는 圖上의 허용오차를 구성하고 있는 여러 요인들을 살펴본 뒤, 투영오차와 비교할 오차한계를 찾아야 한다. 地圖上의 허용오차라고 하는 것은 그 地圖의 정확도를 규정하는 것인데, 地圖의 正確度를 評價하는 것은 매우 복잡하다. 그것은 지도의 정확도에 영향을 미치는 要因의 數가 많으며 또한 그 個個의 因子의 特性은 각각 다르기 때문이다.

그 주요한 오차요인은 다음과 같다.

- (1) 1 점의 위치오차
- (2) 2 점간의 거리오차
- (3) 대지표정오차(기준점의 오차가 1 점의 위치오차에 영향을 주는 오차)
- (4) 사진모델上 或은 대응하는 지상에서의 認識誤差
- (5) 圖化誤差(도화사의 습성 또는 모델변형의 영향오차)
- (6) 제도오차(제도사의 着黑誤差)
- (7) 地點高誤差(기준점의 오차 또는 지상기준점 측량 및 사진기준점의 영향)

등이 있다.

이러한 오차는 모두 平面位置 및 標고의 오차인데 原則的으로 平均自乘誤差로 표현될 수 있다.

表 3-5. 기준점의 투영오차

(단위 : m)

緯度(N) \ 經度(E)	38° 00'	37° 00'	36° 00'	35° 00'	34° 00'	33° 00'
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10'	0.0128	0.0134	0.0139	0.0144	0.0150	0.0155
20'	0.1133	0.1180	0.1227	0.1274	0.1321	0.1367
30'	0.3466	0.3609	0.3752	0.3896	0.4039	0.4182
40'	0.8217	0.8555	0.8895	0.9235	0.9575	0.9914
50'	1.6049	1.6710	1.7373	1.8037	1.8701	1.9363
60'	2.7732	2.8874	3.0020	3.1168	3.2315	3.3460

表 3-4는 투영평면상에서의 거리와 타원체상에서의 거리차이(ΔS)을 위도38°上에서의 경도차에 따라서 작성한 것이다.

表 3-5의 값을 살펴보면 緯度上에선 거의 오차가 없으나 經度差가 클수록 오차가 증가하여 座標原點으로부터 1°가 떠러진 經度上에서는 약

#### 4.1 基準點의 許容誤差

평면위치의 정확도를 간략히 표현하는 式은 다음과 같다.<sup>3)</sup>

$$m_{P1}^2 = m_{Pi}^2 + m_i^2 + m_{PP}^2 + m_{di}^2 + m_{da}^2 \quad (4-1)$$

$m_{P1}$  : 1 점의 위치오차

$m_{Pi}$  : 대지표정오차

$m_i$  : 인식오차

$m_{PP}$  : 도화오차

$m_{di}$  : 제도오차(도화)

$m_{da}$  : 제도오차(스크라이빙)

위 공식에서 여러가지 誤差要因을 검토해 보면 오차요인을 크게 測量誤差와 認識誤差로 大別하여 문제를 單純化할 수 있다. 따라서 지도의 오차로서는 측량오차와 인식오차 2가지를 주로 檢討하는 것으로 가정한다. 즉 지도의 제작 과정은 사진기준점측량에서 대부분 이루어지므로 이 작업과정에서 일어나는 모든 오차를 인식오차로 가정하면 투영오차와 비교하기 위하여 고려하여야 할 측량오차를 구할 수 있다.

이는 다음 式에 의하여 구한다.

$$0.014 S = \sqrt{m_s^2 + m_i^2} \quad (4-2)$$

이 式은 N.D.Haasbroek가 실험적 통계조사에 의하여 평면위치의 오차와 지도축척의 관계를 式으로 정립한 것이다. 여기서  $S$ 는 지도축척의 分母이고,  $m_s$ 는 측량오차이며  $m_i$ 는 인식오차이다.  $m_s$ 와  $m_i$ 의 단위는 cm로 표시한다. 도화작업에서 인식오차의 한계는 일반적으로 도화기의 浮點(Floating mark)의 直徑의 1/4까지 된다.

表 4-1. 縮尺別 適正사진축척과 도화기

地圖縮尺	圖化機	圖化機의 浮點의直徑	航空寫眞의 陰畫縮尺
1/1,000	精密圖化機	60 $\mu$	1/8,000
1/2,500	地形圖化機	70 $\mu$	1/12,500
1/5,000	地形圖化機	70 $\mu$	1/16,000

또한 “大縮尺地圖製作을 위한 航測技法에 관한 研究(國立地理院, 韓國測地學會, 1985)”를 살펴보면, 도화축척이 1/1,000인 경우의 圖化作

業에서는 정밀도화기와 음화축척 1/8,000의 항공사진을 이용하는 것이 適正하다는 研究결과가 발표되어 있다.” 表 4-1은 이를 정리한 것이다. 이를 토대로 하여 사용되는 도화기와 항공사진의 음화축척을 가정하여 인식오차  $m_i$ 을 구한다.

$$m_i = \frac{1}{4} \times d \times S_m \quad (4-3)$$

여기서  $d$ 는 도화기의 浮點의 直徑이고,  $S_m$ 는 항공사진의 음화축척의 分母이다.

圖上에 미치는 측량의 허용오차  $e$ 는

$$e = \sqrt{m_s^2 + \delta_{xy}^2} \quad (4-4)$$

여기서  $\delta_{xy}$ 는 1등, 2등, 3등 삼각점의 절대오차(3cm)이다.

表 4-2. 인식오차와 측량오차

(단위: cm)

地圖縮尺	認識誤差	測量誤差	許容誤差
1/1,000	12	7.2	7.8
1/2,500	22	27.2	27.4
1/5,000	28	64.1	64.2

表 4-2에 의하여 각 縮尺別 地圖에서 일어날 수 있는 기준점의 오차에 허용한계는 表 4-3으로 정리할 수가 있다.

表 4-3. 기준점의 허용오차

(단위: cm)

地圖의 縮尺	基準點의  허용오차
1/1,000	± 7.8
1/2,500	± 27.4
1/5,000	± 64.2

#### 4.2 투영오차와 기준점의 허용오차

##### 비교분석 - I

그림(4-1)에서 알 수 있는 바와 같이 투영오차가 현재 사용하고 있는 投影領域內에서 최고 2.77m까지 발생하고 있다. 이것은 앞에서 살펴본 대축척지도의 圖上에서 기준점의 허용오차한계를 초과하는 것이다. 즉 經度差가 20'되는 부근에서부터 투영오차가 허용오차의 범위를 벗어나고 있다. 이것은 1/1,000축척의 지도의 경우인데 마찬가지로 1/2,500축척의 지도에서도경도차가 30'부근에서는 이미 허용오차를 넘고

있다. 또한 위도상에서는 그 투영오차가 經度上에서 1°인 부근의 위도 38°와 위도 33°의 차이가 0.57m로써 경도차에 따르는 투영오차에 비해 매우 작은 것은 가우스·크뤼거 투영법에서 中央子午線을 기준으로 좌표변환을 하기 때문인 것을 알 수 있다.

또한 投影領域内에서 투영오차를 억제하기 위하여 좌표원점  $m_0$ 을 1보다 작게 잡는 경우에서, 위도 38°上的 경도차 1°에서  $m_0$ 가 0.99999인 경우에는 1.90m, 0.99998인 경우에는 1.02m로 투영오차를 억제할 수 있게 된다. 그러나  $m_0$ 가 0.99998인 경우에는 1/1,000과 1/2,500축척일때, 이미 경도차가 10'인 부근에서 허용오차를 벗어나서 30'부근에서는 0.53m의 오차가 발생하는 것을 알 수 있다.  $m_0$ 가 0.99999인 경우에는 1/2,500축척일 때 경도차가 40'부근을 지나면서 허용오차 범위를 넘게 된다.

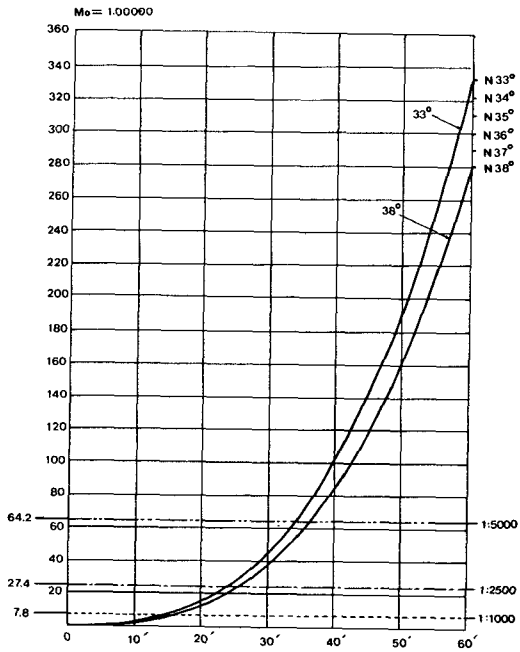


그림 4-1. 투영오차와 기준점의 허용오차

투영오차 (단위 : cm)

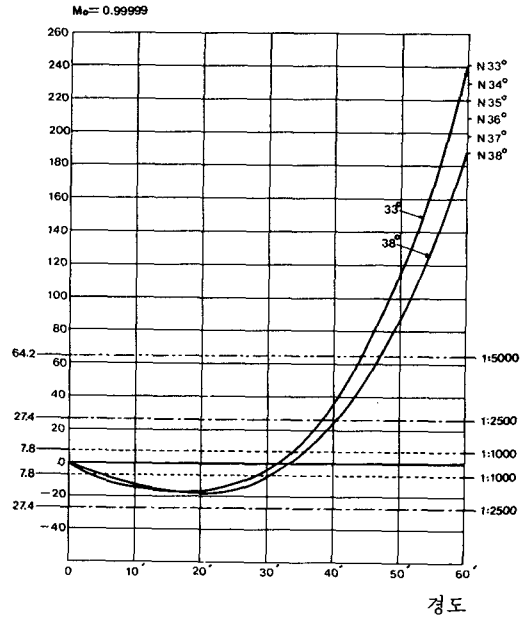


그림 4-2.  $m_0$ 가 0.99999인 경우의 투영오차와 기준점의 허용오차

투영오차 (단위 : cm)

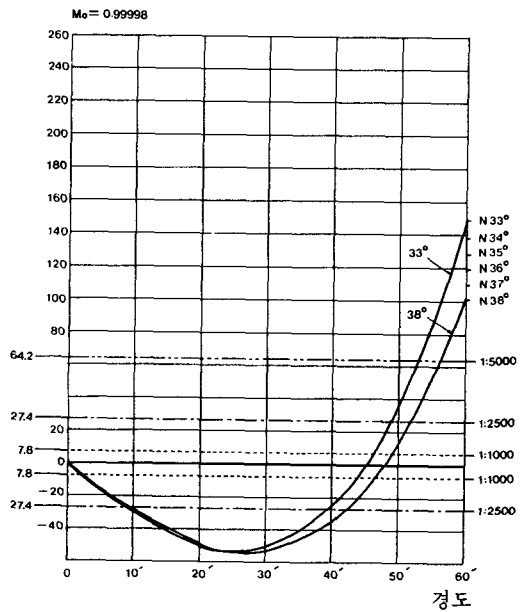


그림 4-3.  $m_0$ 가 0.99998인 경우의 투영오차와 기준점의 허용오차

### 4.3 투영오차와 기준점의 허용오차 비교분석 - II

현재 제작 완료된 1/25,000 축척의 지도와 1/10,000 축척의 지도는 그 圖上에서의 제도오차를 최대 0.4mm까지 허용하고 있다. 제작중에 있는 1/5,000 축척지도의 경우도 마찬가지이다. 4) 5) 이들 경우에 있어서 인식오차를 0.2mm까지 제한한다면 그 도상에서의 제도오차에 포함되어 있는 측량오차를 기준점의 허용오차로 간주하여 투영오차와 비교분석한다.

表 4-4 기준점의 허용오차

(단위 : m)

地圖의 縮尺	基準點의  허용오차(地上에서)
1/5,000	± 1.73
1/2,500	± 0.87
1/1,000	± 0.35

그림 (4-4)에서는 그림 (4-1)과는 달리 1/1,000 축척의 경우, 경도상 30' 부근에 와서부터 투영

투영오차(단위 : cm)

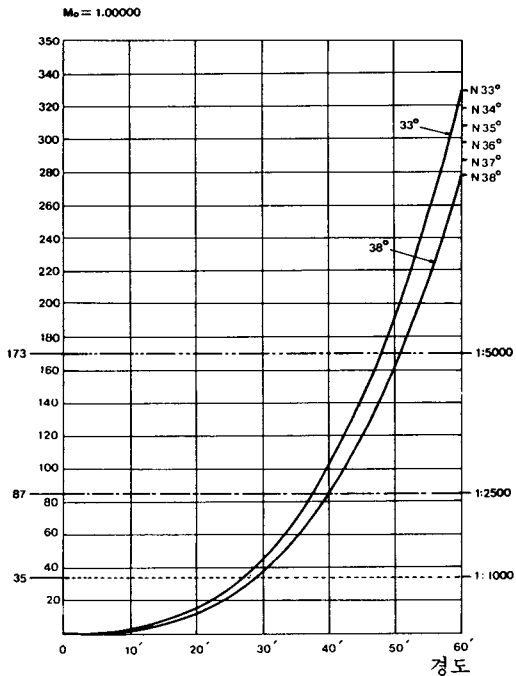


그림 4-4.  $m_0$ 가 1.00000인 경우의 투영오차와 기준점의 허용오차

투영오차(단위 : cm)

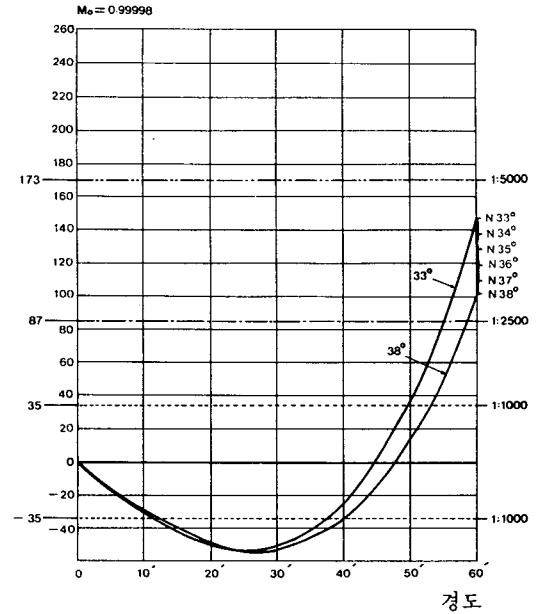


그림 4-5.  $m_0$ 가 0.99999인 경우의 투영오차와 기준점의 허용오차

투영오차(단위 : cm)

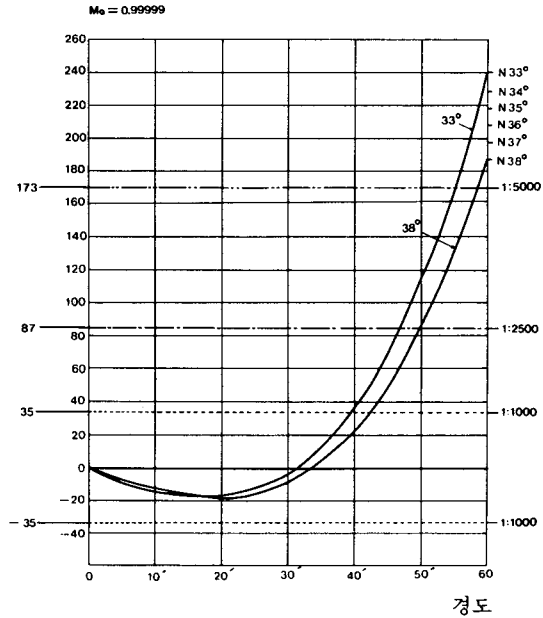


그림 4-6.  $m_0$ 가 0.99998인 경우의 투영오차와 기준점의 허용오차



오차가 기준점의 허용오차를 벗어나고 있으며, 1/2,500 축척의 경우, 40' 부근의 경도상에서 허용오차범위를 벗어나고 있다. 그림(4-5)와 (4-6)은 앞에서 분석한 방법과 같이 좌표원점에서의 축척계수를 1보다 작게 취하였을 경우이다. 이들 그림에서 나타난 바와 같이  $m_0$ 가 0.99998 인 경우에는 1/1,000 축척의 경우, 투영영역안에서 투영오차가 허용오차를 벗어나고 있지만, 1/2,500 축척에서는 경도상에서 50'50" 부근에서 그 허용오차를 넘고 있다. 또한  $m_0$ 가 0.99999 인 때에는 1/1,000 축척과 1/2,500 축척이 모두 투영영역안에서 투영오차가 허용범위를 넘고 있다.

즉 圖上에 미치는 측량오차를 최대로 설정하여도 투영오차는 허용범위를 넘고 있다. 또한 원점의 축척계수를 1보다 작게 잡아서 투영영역안에서의 상대적인 오차를 줄이기 위한 방법도 현재의 좌표투영범위가 2°이기 때문에 기대하는 효과를 얻지 못하였다.

## 5. 結 論

本 研究에서는 우리나라의 지도제작에 사용되고 있는 地圖投影法을 연구분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 현재 사용하고 있는 지도투영법을 大縮尺地圖製作에 사용하였을 경우에, 그 투영오차가 圖上에 미치는 測量誤差보다 크므로 다른 투영법을 선택하여야 할 것으로 생각된다.

(2) 大縮尺地圖製作에 현재 사용하고 있는 地

圖投影法을 그대로 사용하려면, 1/2,500 축척의 경우는 현재의 좌표계에서 標準經線의 間隔을 2°에서 1°로 줄여서 사용하고, 1/1,000 축척의 경우는 原點의 縮尺係數를 0.9999와 1° 간격의 표준경선을 사용하는 것이 바람직하다.

## 參考文獻

1. 崔在和, 一般測量學, 文運堂, 1986.
2. 崔在和, "우리나라 平面直角座標에 관한 研究", 韓國測地學會誌, 第一卷 第二號, pp. 42~59, 1982.
3. 國立地理院 韓國測地學會, "大縮尺地圖製作을 위한 航測技法에 관한 研究", 1985.
4. 國立地理院, 地圖學, 1980.
5. 國立地理院, 測地 및 地圖製作業務發展計劃, 1976.
6. ITC Textbook of Map Projections, Compiled by Ir. L. van Zuylen and P. J. Oxtoby, 1975.
7. ITC Textbook of Cartography, Compiled by Ir. L. van Zuylen and P. J. Oxtoby, Chapter V, pp. 9~29, 1975.
8. ITC Textbook of Mathematical Cartography Part II, Compiled by Ir. L. van Zuylen and P. J. Oxtoby, 1970.
9. H. Robinson, "Elements of Cartography", John Wiley & Sons, pp. 80~107, 1979.
10. G. C. Dickinson, "Maps and Air photographs", Edward Arnold, pp. 154~174, 1980.
11. V. C. DRAGOMIR, D. N. GHITĂU, M. S. MIHIL-ESCU, M. G. ROTARU, "Theory of the Earth's shape", ELSEVIER, pp. 176~190, 1962.
12. Peter Richardus, Ron K. Adler, "Map projections", pp. 13~20, 72~102, 1980.
13. 中野尊正, "地圖學", 朝倉書店, pp. 67~77, 140~145, 1981.
14. 坪川家恒, 大森又吉, "測地學序說", 山海堂, pp. 195~211, 1980.
15. 野村正七, "地圖投影法", 日本地圖センター, pp. 303~332, 1980.