

# 橫凝模型에 의한 誤差傳播에 關한 研究

—空中三角測量的 實驗을 中心으로—

## Studies on Error Propagation by Simulation Model

—Main description of experiments of aero-triangulation—

白 殷 基\*  
Eun Kee Back

### Summary

This paper describes the actual experiments of the error propagation and studies of analytical photogrammetry using the simulation method in which we can find the causes of the errors. These studies and the results give the valuable data which are very effective for systematically controlling the errors in aerial triangulation. The main contents in my paper are as follows:

1. Dose the scale errors in the successive models in the form of normal distribution appear when the observation errors propagate in the form of normal distribution?
2. In what form does this scale error propagation in the actual model appear?
3. When the causes of the scale error propagation are found, is the evaluation standard determined normally?
4. What degree of influence is there form the constant errors?

I have done several experiments using the simulation method technique to solve the complicated error propagation of aerial triangulation which is the effective means to research the relations between cause and effect. In this paper, the studies have concentrated on the following points of simulation experiments.

- (1) The first part describes how we can produce the soft program of the simulation experiment.
- (2) The second part is the method propagating the errors in the simulation models and the kinds of errors.
- (3) The final part is the most important; that is the analyzing and evaluation of control during actual work.

From the above-mentioned points, it is said that these studies are a very important development in the field of controlling and managing aerial photogrammetry and especially in the case of error propagation, we can clearly find the causes of the errors and steps and parts of errors generated when we use these techniques.

\* 서울 産業大學

## I. 諸 論

世界各國에서는 戰後, 空中寫眞測量의 여러分野에 걸쳐 研究가 飛躍的으로 發展, 進行되어 實用에 많은 成果를 올리고 있거니와 그중 空中三角測量의 管理에 必要한 誤差 및 傳播에 關한 諸現象의 究明도 研究를 거듭하고 있다.

本, 論文은, 縮尺 1/5,000의 國土基本圖를 作成할 것을 假想하고 Simulation Model로 空中三角測量의 誤差 및 傳播에 關해 調查 研究하였다. 本方法으로 調查 研究하면 誤差의 所在가 分明하기 때문에 그 原因과 結果의 因果關係를 容易하게 把握할 수 있다.

本, 調查 研究는 空中三角測量의 誤差管理 및 運營에 有効한 Data를 얻고져 다음과 같은 內容으로 遂行하였다.

(1) 實際 Model에 나타나는 誤差와 그 原因, 즉 正規分布型에서 觀測誤差가 傳播될때 그 正規分布型과 接續誤差의 關係

(2) 縮尺誤差의 傳播는 어떠한 型態로 나타나며, 그 原因이 究明되었을 때의 判定基準

(3) 一定한 誤差 즉 定誤差의 影響關係

以上은 Simulation 方法을 利用해서 復雜한 空中三角測量을 할때 發生하는 誤差의 原因과 傳播에 關해서 檢討한것으로 그 實驗方法의 順序와 要點은 다음과 같다.

첫째 : Simulation Program 作成方法에 對해서 記述하였고,

둘째 : Simulation Model에 對한 誤差配布, 즉, 그 誤差의 種類나 誤差作成方法에 對해서이고,

셋째 : Simulation Model를 使用하여 實際로 解析하고 空中三角測量의 要點을 論述하였다.

以上에서 얻은 本 研究結果는 空中寫眞測量을 管理 運營하는데 有効하게 活用될 분야만이나, 特히 誤差傳播의 境遇 本 技法을 利用하면 誤差發生의 原因과 傳播를 容易하게 把握할 수 있음으로 航空寫眞測量으로 作成되는 成果의 精度가 떨어질때 어디에서 어떠한 原因때문인가를 알고, 그것을 매우 有効하게 處理하여 利用할 수 있으리라 믿는다.

## II. 研究史

空中三角測量은 Austria의 Th. Scheimpflug<sup>1)</sup>가 1909年 獨逸의 特許 No. 228,590을 얻음으로써

始作되었다. 이 特許에는 오늘날 使用되고 있는 射線法의 原理가 明確히 記述되어 있다.

1921년에는 Rude I와 S. Finsterwalder가 이에 關한 研究論文<sup>2)</sup>을 發表하였고, 繼續해서 Aschenbrenner와 Von Gruber도 이와 같은 研究論文<sup>3)</sup>을 發表하였다. 特히 오늘날 [空中三角測量]의 創始者라고 불려지고 있는 Von Gruber의 論文은 現在 利用되고 있는 空中三角測量의 基礎의인 理論과 誤差의 解析 등을 論述하고 있다.

이와같은 Von Gruber 方法은 그 後에 歐美諸國과 日本등에서 차차 普及하기 始作하였고, 1930년에는 V. Gruber와 R. Hugershoff, P. Gast에 의해서 最初로 寫眞測量의 教科書<sup>4)</sup>도 發刊하기에 이르렀다.

空中三角測量을 大規模로 實用化하고 더욱 發展시킨 和蘭의 W. Schermer Horn<sup>5)</sup>이며 Indonesia에서 數拾 Model 또는 100 Model 以上の 空中三角測量을 이미 1930년에 實施하였다.

日本은 1935년에 世界第3位의 空中寫眞測量國으로서 Stereoplanigraph C-5에 의해 空中三角測量을 滿州에서 施行<sup>6)</sup>하여 滿州의 國境地帶와, 其他 地圖作成(圖化)에 效果의으로 利用하였다.

世界第2次大戰後, C-8, A-7 등의 高性能一般圖化機와 Aviogon, Pleogon 등의 Modern의 開發로 空中三角測量의 精度와 能率은 飛躍的으로 向上되었으며 더우기 電子計算機를 利用하게 되자 加一層發展을 보게 되었다.

特히 空中三角測量에서 誤差의 理論的인 解析은 第2次大戰前부터 和蘭의 W. Schermerhorn과 Roelof 등에 의해서 論述되었으며 戰後에는 Jeric AchkRmann, Föistner, Brucklacher, Gothardt<sup>7,8)</sup> 등에 의해 研究가 遂行되고 있었다.

이와같이 終戰後, 寫眞測量의 發展과 普及으로 先進諸國은 空中三角測量의 研究도 活發하게 遂行되어 實用化를 이루게 되었다. 그 裏面에는 International Society of Photogrammetry(I.S.P.)<sup>9,10)</sup>의 貢獻이 매우 컸었다. I.S.P는 原則的으로 各國의 寫眞測量學會가 그 構成會員이 되어 1910년에 Austria의 Vienna에서 創立한後 1913年 9月 Vienna에서 第1回總會를 開催되었고 第2回는 1926年 11月 Berlin에서 第3回는 1930年 9月 Swiss의 Zurich에서 總會를 가졌다.

4年마다(大戰中一時中止) 總會를 열고 있는데 今年은 美國에서 第14회를 맞이하게 된다. 總會에서는 前4年間의 寫眞測量에 對해 各種研究와 各國의

實施事項 등 飛躍的으로 發展을 거듭 하고 있는 內容을 發表하고 있다.

寫眞測量的 利用分野는 社會發展에 따라 大端히 넓은 範圍로 擴大되어 가고 있다. 따라서 I.S.P 에서는 學問的 技術的 活動을 7個部會로 나누어 檢討하고 있는데 이中 空中三角測量에 관한 事項은 第3部會에 屬하고 있다.

이 第3部會에서 다루고 있는 空中三角測量的 學術的 理論展開는 中間 數多히 發表되었으나, 本論文과 關聯되는 空中三角測量的 誤差傳播에 관한 것은 不過 몇 編에 지나지 않는다.

1962年 日本의 上谷<sup>10)11)</sup>는 空中三角測量的 變形實驗을 거쳐 1965년에 點刻器와 單眼 Comparitor 를 使用하여 解析寫眞測量的 本質과 그 展望을 發表하였고 1969년에 日本國土地理院의 平井<sup>12)</sup>는 Simple Course 空中三角測量을 通해서 誤差傳播의 論文을 發表했다.

한편, 歐美에서는 1950年代의 解析空中寫眞測量的 理論과 實施를 거쳐 1960年代에, 空中寫眞測量的 誤差에 관한 論文을 發表하기에 이르렀다. 1969年, James, M.<sup>13)14)</sup>는 I.S.P Commission III Symposium 에서 이에 關한 理論을 發表하였고 이어서 1973년에 Analytic Block Adjustment 를 發表하였다. 이 論文은 1968년부터 1972년에 걸친 I.S.P Commission III Working Group 의 reports 인 것이다.

獨逸의 F. Ackermann<sup>15)16)</sup>은 1968년부터 Block Triangulation with Independent Models 에 關한 研究를 始作하여 1972년에 Washington D.C. 에서 A.S.P 의 第38回定期會때 그 結果를 發表하였고 繼續해서 1973년에는 I.S.P 에서 發表하였다.

한편, Wisconsin 大學의 James P. Scherz 는 1974年, 寫眞測量에 있어서 誤差發生과 그 處理를 A.S.P 의 Photogrammetric Engineering 에 發表하였다.

다음 우리나라의 空中寫眞測量的 實情을 살피면 1966年 8월에 韓·和協同으로 空中寫眞測量事業協定을 締結하여 示範事業으로 우리나라 國土 30,000 km<sup>2</sup> 을 兩國技術協力으로 縮尺 1/25,000 國土基本圖를 製作하기 始作한 것이 처음이다. 그다음해 1967년부터는 우리나라의 技術障에 의해 空中寫眞測量方法으로 國土基本圖를 製作하여, 高速道路事業 등 各種國土建設事業의 調查測量을 擔當하여 오늘에 이르렀으며 中間 많은 技術向上과 寫眞測量用 機材器具도 갖추게 되었다.

以上에서 볼때 空中三角測量的 發達過程은 1945年 世界大戰의 終戰을 分歧點으로 그 以後에 飛躍的으로 發展하였으며 特히 誤差傳播에 관한 研究는 1950年의 後半期부터 登揚한 電子計算器의 活用으로 空中三角測量的 實際에서 얻어진 Data 로 論議하기에 이르렀다.

本論文에서 特記할 要點은 Simulation Model 에 의해 誤差發生의 原因과 傳播를 究明하고 그 處理 및 運營 管理의 圓滑을 期하는데 있다.

### III. 材料 및 方法

#### 1. 材料

本 調査 研究는 다음과 같은 材料를 使用하여 實驗하였다.

地域으로서는 그림 1과 같이 서울, 金浦地區의 實尺 1/50,000地形圖로서 比較的 平坦地를 Simulation 攝影地區로 選定하였다. (단 서울의 神道面地區 몇 個 높은 地點은 假想值로 取扱하였음) 그 理由는 平坦地와 山岳地에서는 誤差發生 및 誤差의 程度도 여러가지 原因과 要素에 의해 相異하여지기 때문에 平坦地와 山岳地로 區分하여 第1段階로 平坦地를 實驗 考察하였다.

그림 1에서 보는바와 같이 이 地域의 地形圖上에서 Passpoint 및 基準點을 假想하고 Input Data 를 作成하였다. 이와같은 假想 Model 는 그림 1 (a)와 같이 Model 數 25個이며 이것은 上記의 縮尺 1/50,000의 地形圖上에서 취한 것이고 그림 1 (b)는 各 Model 의 Passpoint 이다.

使用 Camera 는 R.C-8를 假定하여 畫面距離 150 mm 의 廣角 Camera 로 撮影하는 것으로 하고 飛行高度는 3,000 m 로 假想하였다. 그 理由는 縮尺 1/20,000의 寫眞을 얻기 위해서 必要하기 때문이다.

다음, 使用된 電子計算機는 Facom 270-20/30에 M.T 를 使用하였으며, Random 發生 역시 本 電子計算機에 의하였다.

그他, 縮尺 1/50,000形圖 2枚를 Simulation Model 攝影地區로 使用하였고 同地區의 縮尺 1/5,000 (縮尺 1/20,000의 空中寫眞圖를 擴大한것) 및 縮尺 1/20,000空中寫眞圖 數枚를 前記 縮尺 1/50,000攝影地區와 比較檢討하기 위해 使用하였다.

#### 2. 方法

##### (1) Program 作成方法

Simulation Model 에 의한 空中三角測量的 誤差

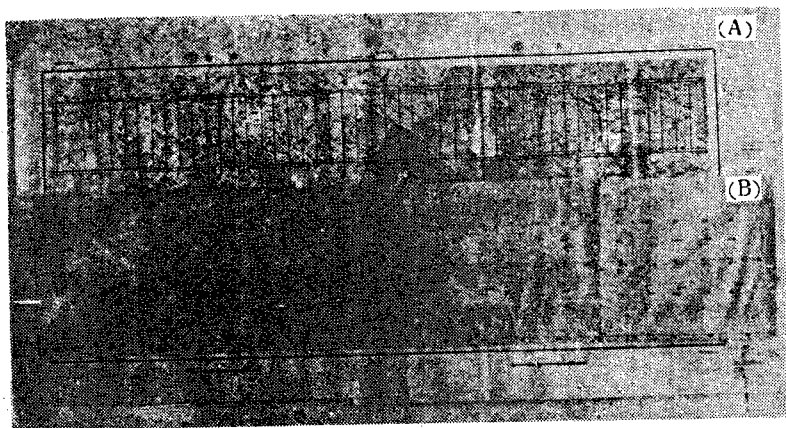


그림 1. Simulation (A) Pass Point (B)

傳播에 관한 Program 는 다음 方法에 의해 作成하였다.

- 1) 計算機로 假想寫眞座標值作成
- 2) 作成된 假想寫眞座標值에 의해 解析空中三角測量의 Program 作成

上記 2)의 解析空中三角測量의 計算方式은 日本上谷方式<sup>1)</sup>을 應用하였다. 그러나 여기서 上谷方式과 크게 다른 點은 微分係數의 微少要素도 無視하지 않고 그대로 Program 作成 하였다는 點이다. 그 理由는 實驗이 比較的 簡單하며 이미 참(眞)값을 알고 있음으로 誤差를 論하기가 容易하였기 때문이다.

Program 은 Main Program 에 4個의 Subroutine Program 을 組合하였다. 4個의 Subroutine Program 은 PROG-1, PROG-2, PROG-3, PROG-4, 로 區分하고 各 Program 의 內容은 다음과 같다.

Main Program 에 上記 4個의 Subroutine Program 을 給合시켜 Data 를 發生시켰고 여기에 誤差를 주어 空中三角測量의 誤差傳播을 調査하였다. 그림 2는 이와같은 過程을 簡單히 圖示한 Flow chart 이다.

### (2) 差誤를 發生시키는 方法

Simulation Model 에 의해 調査 檢討한 誤差는 定誤差의 內部定位誤差와 不定誤差이다.

定誤差를 주는 方法은 比較的 簡單하다. 그것은 Camera 製作會社에서 그 Camera 를 檢査하여 出荷하므로 여기서 생각되는 誤差範圍가 定數로서 주어지기 때문이다.

航空測量用 Camera 의 嚮面距離는 0.01 mm 까지 주고 있어서 이 最小값을 單位의 2倍의 誤差가 있을 수 있다고 생각해서 0.02mm 의 誤差를 주어 그

것이 結果에 어떻게 影響을 미치는 가를 調査 研究 하던 된다.

다음, 不定誤差를 주는 方法은 定誤差와는 달리 比較的 어렵다. 그래서 不定誤差는 Gauss 의 正規分布에 따른다고 假定하였다. 이 Gauss 의 正規分布에 따라 發生되는 誤差를 만들어내기 위해서 亂

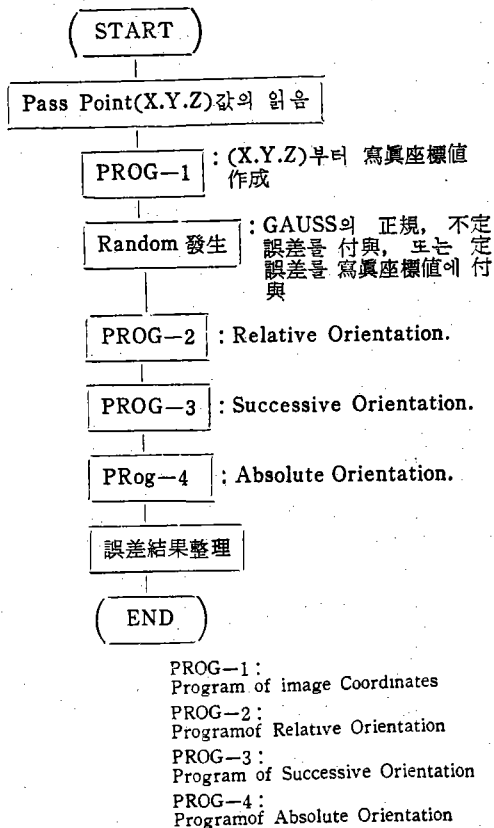


그림 2. Program 作成의 Flow Chart

- PROG-1 : Program of image Coordinates
- PROG-2 : Program of Relative Orientation
- PROG-3 : Program of Successive Orientation
- PROG-4 : Program of Absolute Orientation

數表를 使用하는 方法, 즉 一樣亂數表에 의해서 亂數를 주어서 이것을 正規分布로 고치는 方法으로 하였다. 그러나, 이 方法은 復雜하며 또 틀리기 쉬운 뿐 아니라 一樣亂數發生이 되지 않을 念慮도 있고 해서 다음과 같은 順序를 밟았다. 計算機內部에서 正規亂數를 發生시켜 우선 一樣亂數를 發生시키고 그것을 利用하여 再次 正規亂數를 發生시키는 二段階方法을 취하였다.

다음 그림 3 및 그림 4는 각각 Random 를 發生시키는 Routine 이다.

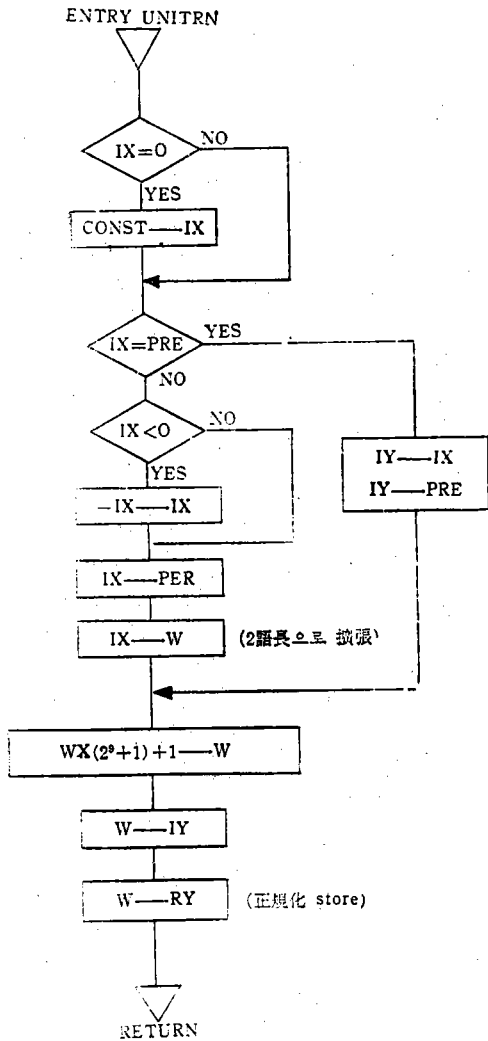


그림 3. 樣亂數發生 Routine 의 flow chard

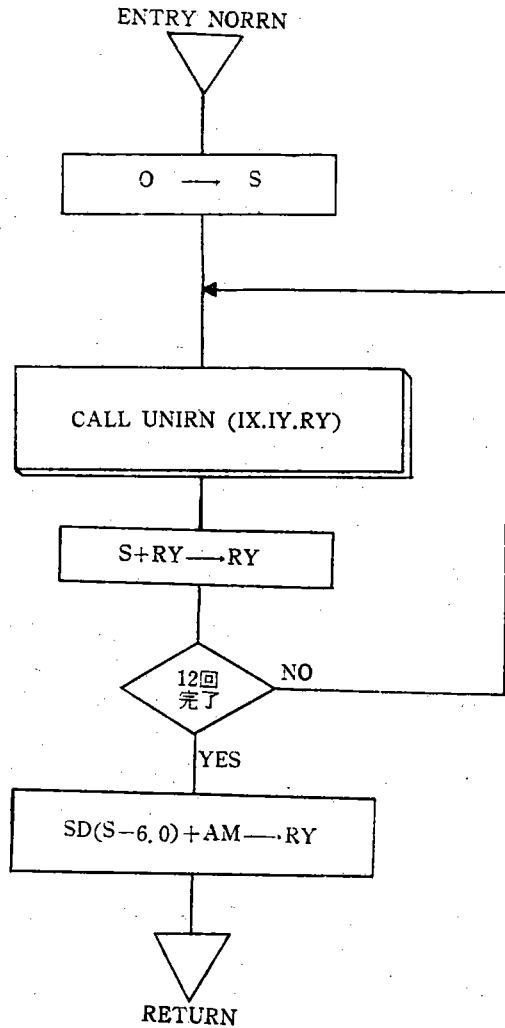


그림 4. 正規亂數發生 Routine 의 flow chard.

(3) Pass Point 및 基準點選定

Pass Point 는 各 Model에서 各各 6點씩 취하고 基準點은 다음에 記述하는 理由에 의해서 처음 始作되는 Course의 先端에서 4點을 選定하였다.

이와같이 4點을 選定한 理由는 다음과 같다. 즉, 基準點附近의 몇個 Model에서 誤差가 存在한다 하더라도 Absolute Orientation에 의해 그다지 큰 誤差는 생기지 않기 때문이며 또한, 本 調査 研究에서 가장 重要한 일은 Model이 基準點부터 멀리 멀어지는데 따라 誤差傳播가 어떠한 狀態로 나타나는가를 詳細히 알고저 連續 Model의 Course 先端에서 基準點을 集中시켜 實驗하는 方法이 必要로 하였던기 때문이다.

## VI. 誤差傳播의 實驗

空中三角測量에 의해서 國土基本圖를 縮尺 1/5,000로 作成한다고 假想하고 Simulation Model에 의해서 誤差發生의 原因과 그 誤差가 어떠한 狀態로 나타나는가를 알고저 다음과 같은 實驗을 하였다.

### 1. 觀測誤差의 正規分布와 縮尺接續誤差分布의 關係

寫眞座標값에 平均값(零), 標準偏差 0.01mm의 Gauss 正規誤差를 주었을때 Pass Point 座標가 어떠한 값으로 되는가를 調查하였다. 使用한 Simulation Model의 原座標 값은 表 1과 같다.

表 1은 攝影位置의 값이 미리 주어져 있기 때문에 寫眞座標값을 逆으로 計算하여 그 값에 Gauss의 正規誤差를 加하였다. Gauss의 正規誤差를 두 種類로 作成하여 表 2 및 表 3에서 正規誤差를 (A), (B)로 表示하였다.

이와같은 誤差를 附與해서 解析空中三角測量을 實施한 結果 Passpoint의 誤差를 얻을 수 있었다. (紙面關係上 誤差表의 記載를 一部로 制限함). 表 2 및 表 3을 알기 쉽게 Graph로 表示한것이 그림 8, 9, 10이다. 이 Graph는 空中寫眞測量의 誤差管理上 또는 誤差를 考察하는데 매우 有用한 Data를 提供한다.

觀測誤差가 正規分布임에도 不均하고 縮尺接續誤差의 分布는 正規分布를 이루지 않고 累積의이다. 이와같은 現象은 角度的의 接續誤差에 있어서도 마찬가지이다.

그림 5는 誤差傳播의 發生過程을 調查하는 基本的인 狀況을 圖示한것이면 그림 6은 Travers 測量하였을 때 誤差發生의 傳播過程을 圖示한 것이다.

그림 6과 같이 Travers 測量에서 最初의 點에 角度的의 誤差가 發生하였다하면 Traevrs의 終點에서는 그 距離에 比例한 誤差가 생기므로 角度的의 誤差가 微小하더라도 發生되는 誤差는 크게 나타날 것이다. Travers에서 角誤差의 分配法에는 邊長의 逆數에 比例하여 各角에 配分하는 法과 各角의 測

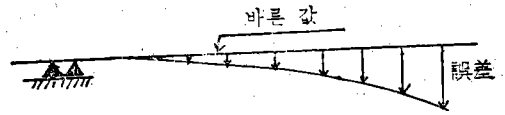


그림 5. 誤差傳播의 基本的인 調查方法 例

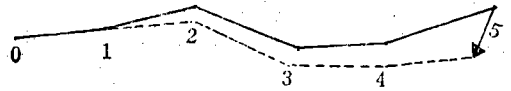


그림 6. Travers의 誤差傳播過程

表 1. Simulation Model의 原座標值(S: 1/20,000 寫眞攝影을 假想하고) (單位: m)

$X_0=2,300$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=4,100$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=6,000$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$

	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-1	3-2	3-3	3-4
X	2,300	2,300	2,350	3,950	4,100	4,200	4,100	4,350	6,000	6,050	6,100	7,850
Y	6,750	5,000	3,250	6,250	6,850	5,000	3,300	3,150	6,500	5,000	3,200	5,900
Z	140	100	120	70	80	80	140	100	60	50	60	50

$X_0=7,950$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=9,800$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=11,350$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$

	4-1	4-2	4-3	4-4	5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3
X	7,950	7,850	7,800	8,200	9,800	9,700	9,800	11,350	11,550	11,500
Y	6,700	5,000	3,250	3,550	6,750	5,000	3,300	6,800	5,000	3,150
Z	40	30	45	40	27	27	35	28	25	60

$X_0=13,450$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=15,050$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=16,850$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$

	7-1	7-2	7-3	8-1	8-2	8-3	9-1	9-2	9-3
X	13,450	13,400	13,250	15,050	15,200	15,200	16,850	17,050	17,000
Y	6,450	5,000	3,200	6,600	5,000	3,250	6,700	5,000	3,250
Z	27	20	22	20	20	20	18	18	17

橫渡模型에 의한 誤差傳播에 關한 研究

$X_0=18,850$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=20,600$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=22,500$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$

	10-1	10-2	10-3	11-1	11-2	11-3	12-1	12-2	12-3
X	18,850	18,900	18,800	20,600	20,750	20,750	22,500	22,550	22,700
Y	6,650	5,000	3,050	6,550	5,000	3,200	6,600	5,000	3,200
Z	17	17	20	19	20	20	15	15	17

$X_0=24,350$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=26,150$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=28,000$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$

	13-1	13-2	13-3	14-1	14-2	14-3	15-1	15-2	15-3
X	24,350	24,400	24,400	26,150	26,250	26,200	28,000	28,100	27,950
Y	6,650	5,000	3,300	6,700	5,000	3,450	6,800	5,000	3,400
Z	13	12	12	13	13	15	12	10	18

$X_0=29,950$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=32,300$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=33,550$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$

	16-1	16-2	16-3	17-1	17-2	17-3	18-1	18-2	18-3
X	29,950	29,950	29,900	32,300	31,800	31,500	33,550	33,600	33,550
Y	6,600	5,000	3,150	6,650	5,000	3,150	6,700	5,000	3,100
Z	12	9	8	18	9	8	92	70	7

$X_0=35,400$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=37,300$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=39,950$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$

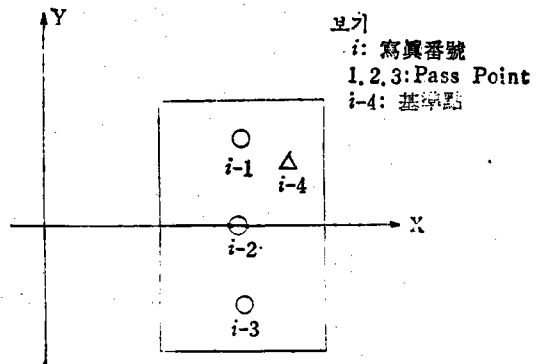
	19-1	19-2	19-3	20-1	20-2	20-3	21-1	21-2	21-3
X	35,400	35,450	35,350	37,300	37,250	37,050	39,950	39,100	38,800
Y	6,700	5,000	3,350	6,600	5,000	3,100	6,650	5,000	3,000
Z	140	60	20	220	160	25	30	60	30

$X_0=40,950$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=42,850$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$   $X_0=44,650$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$

	22-1	22-2	22-3	23-1	23-2	23-3	24-1	24-2	24-3
X	40,950	40,950	40,850	42,850	42,800	42,650	44,650	44,650	44,550
Y	6,600	5,000	3,050	6,600	5,000	3,050	6,600	5,000	3,100
Z	9	9	15	11	12	15	15	18	20

$X_0=46,350$   $Y_0=5,000$   $Z_0=3,000$

	25-1	25-2	25-3
X	46,350	46,500	46,350
Y	6,550	5,000	3,100
Z	20	25	28



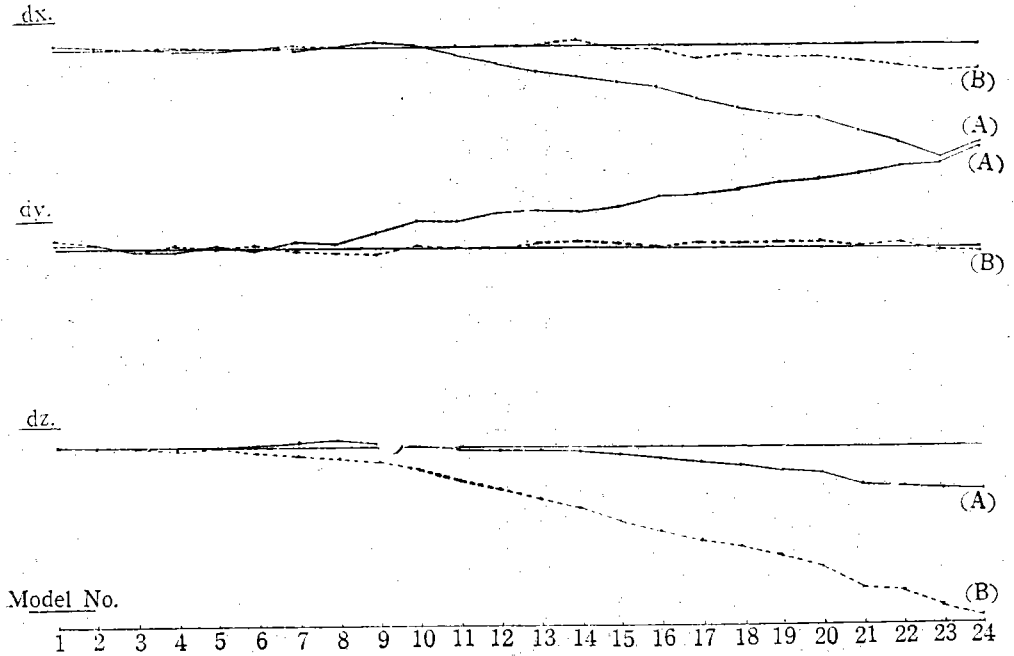


그림 7. 撮影位置의 誤差分布圖

角精度가 같다고 생각하여 각角에 等分해서 配分하는 方法이 있는데 一般的으로 後者の 調整法을 採用하고 있다. 原則的으로는 誤差가 發生한 點만 調整하면 되겠으나 이 等配分에 의한 方法은 調整後에도 發生誤差中의 餘만가는 그 途中에서 影響을 미치고 있다고 생각 하지 않으면 안될 것이다.

위에서 言及한 調整法은 空中三角測量에서도 適用된다. 現在 使用되고 있는 二次等角變換<sup>11)</sup>,<sup>12)</sup>에 의한 誤差調整은 前述한 바와같이 誤差의 發生狀況으로 미루어 보아 基準點의 配置法 및 配置數에 따라 問題點이 생기게 된다.

基準點이 二個 있으면 撮影 Course의 兩端에 配置하고 三個 있으면 兩端과 中央部에 配置되는 것이 理想的이며 二次式으로 調整하는 것이 좋다. 가령 正確한 基準點이 많이 있다 하더라도 몇 Model 식 繼續해서 高次多項式으로 調整한다는 것은 避하여야 한다. 단, 이와같이 할 수 있는 것은 正確한 基準點의 數가 적은 地域은 特別한 方法으로 하지 않으면 안된다. 그림 7은 撮影位置의 誤差가 어떠한 狀態로 나타 나는가를 圖示한 것이다.

## 2. 接續誤差의 原因과 誤差管理의 推定式導入

接續誤差圖表에 나타난 數多한 連續 Model中 特別히 誤差가 큰 Model이 어떤 것인가를 알게 되던 그것을 補正하다 對策을 세울 수 있다. 그러므로 誤差가 큰 Model은 實際로 作業工程에서 檢出할 수 있는 것이어야 한다.

Simulation Model에 의하여 調查結果 Model 8附近에서 異變이 나타났다. 여기서 使用된 正規誤差를 調查하여 볼때 Photo 8(2-C)에서 誤差가  $32\mu$ 로 되어있어 재법 크게 나타나 있었다. 그리고 이것이 誤差誘發의 原因이 된것이 거의 確實視 된다.

미리 結論부터 말 하면 誤差管理를 할 때 반듯이 이것 뿐만이 아니라 殘存縱視差를 管理한다는 것도 매우 重要的 事이다. 이點에 있어서는 寫眞座標值에  $32\mu$ 의 誤差가 存在하더라도 實際로 殘存縱視差로서 나타나는 것은 그 값의 約 1/2인  $15\mu$ 程度가 된다.

다음 標準偏差  $10\mu$ 를 測定하였을 때 最大어느 程度의 誤差가 나타나는가를 推定하는 式을 實驗例에



橫梁模型에 의한 誤差傳播에 관한 研究

表 2. 바른 寫眞座標值에 附與한 座標值偏差 0.01mm 平均值 Zero의 Gauss의 正規誤差 (A)

Photo 1							Photo 2					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	-0.002	0.017	0.002	0.019	-0.008	-0.006	0.010	0.011	0.010	-0.001	-0.018	-0.006
2	-0.005	0.016	-0.012	-0.009	0.012	-0.013	0.002	0.006	0.014	-0.007	-0.007	-0.009
3	-0.009	-0.005	0.007	-0.008	0.008	-0.017	0.001	-0.013	0.009	-0.014	-0.013	-0.001

Photo 3							Photo 4					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.010	0.004	-0.004	0.011	0.006	0.015	0.012	0.018	0.016	-0.001	-0.012	-0.003
2	-0.001	0.019	0.001	0.020	-0.012	0.003	0.007	0.007	0.001	0.001	0.002	0.007
3	0.005	-0.019	0.009	0.007	0.005	-0.003	0.017	-0.005	-0.10	-0.002	0.002	0.006

Photo 5							Photo 6					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.0006	-0.006	-0.004	-0.022	0.016	0.018	0.006	0.005	-0.009	0.006	-0.001	0.021
2	0.002	-0.013	0.001	-0.015	-0.001	-0.007	-0.003	0.003	-0.007	0.009	0.005	-0.000
3	-0.003	-0.006	0.013	-0.010	0.004	0.006	0.011	0.018	-0.010	-0.011	-0.017	0.000

Photo 7							Photo 8					
	L		C		R		L		C		R	
	d	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.007	-0.012	-0.007	-0.002	0.009	-0.008	-0.001	-0.005	0.006	-0.012	-0.002	-0.007
2	-0.013	-0.022	-0.016	-0.008	-0.006	0.005	0.002	0.003	-0.015	0.011	-0.010	0.017
3	-0.007	0.007	-0.010	0.014	-0.006	-0.011	-0.008	0.005	-0.012	-0.032	0.010	0.018

Photo 9							Photo 10					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.002	0.002	-0.019	-0.003	-0.004	-0.009	0.006	-0.003	-0.012	-0.006	-0.005	0.005
2	-0.010	-0.014	-0.021	-0.000	-0.002	0.020	0.009	-0.004	-0.009	-0.010	-0.014	-0.000
3	0.003	-0.000	-0.003	-0.006	-0.008	0.020	-0.003	0.006	-0.002	-0.012	-0.012	-0.001

Photo 11							Photo 12					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	-0.007	-0.010	0.003	0.008	-0.000	-0.001	0.011	0.017	-0.003	-0.014	0.006	0.012
2	0.002	0.001	-0.005	0.012	-0.001	0.010	-0.004	0.002	0.005	-0.005	-0.005	0.020
3	0.007	-0.023	-0.006	0.016	0.001	0.008	0.001	0.006	-0.008	-0.010	0.006	-0.003

Photo 13

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.013	-0.007	-0.015	-0.000	-0.006	-0.008	0.006	-0.006	0.010	0.002	-0.008	-0.010
2	-0.004	0.009	-0.005	0.022	0.000	-0.022	-0.007	0.025	0.006	0.012	-0.006	-0.008
3	-0.005	-0.010	0.002	0.010	-0.003	0.017	-0.000	0.011	0.019	0.002	0.006	-0.006

Photo 14

	L		C		R		E		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.020	-0.007	-0.007	-0.003	0.001	-0.007	0.003	0.009	-0.006	0.025	0.007	0.010
2	0.009	0.001	0.007	0.011	-0.007	0.002	-0.003	-0.005	-0.020	-0.006	-0.004	0.009
3	0.008	0.000	-0.018	-0.007	0.011	-0.001	-0.001	-0.011	-0.001	0.013	-0.002	-0.013

Photo 15

Photo 16

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	-0.016	0.007	-0.013	0.003	-0.006	-0.010	0.003	-0.001	0.003	-0.001	0.003	0.018
2	-0.001	0.015	0.005	-0.018	0.005	0.030	-0.015	0.006	-0.007	-0.010	-0.004	-0.002
3	0.001	-0.004	-0.005	0.002	-0.003	0.021	-0.005	0.006	0.009	0.004	0.010	-0.009

Photo 17

Photo 18

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.004	0.007	0.022	0.008	-0.005	0.015	0.013	-0.009	-0.001	-0.005	0.004	-0.001
2	-0.001	-0.005	-0.011	-0.001	0.008	-0.012	0.012	-0.011	-0.009	0.002	-0.003	0.017
3	-0.020	0.013	-0.006	-0.017	0.009	0.003	0.002	0.010	0.000	-0.004	0.003	0.023

Photo 19

Photo 20

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.005	0.007	-0.013	0.003	-0.007	0.003	0.003	0.029	-0.006	-0.018	0.001	-0.002
2	-0.003	-0.006	-0.012	0.003	-0.005	-0.008	0.008	0.001	0.009	-0.011	-0.008	-0.001
3	-0.002	0.003	0.008	-0.001	0.004	-0.001	0.003	0.000	-0.002	0.005	0.002	-0.002

Photo 21

Photo 22

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.009	-0.009	0.014	-0.014	0.003	0.002	0.013	0.001	-0.004	0.014	-0.019	-0.003
2	0.001	0.031	0.006	0.003	-0.001	-0.008	0.001	-0.020	0.001	-0.009	0.009	-0.016
3	0.011	0.013	-0.005	0.007	-0.005	-0.010	0.009	-0.000	-0.017	0.004	-0.001	-0.002

Photo 23

Photo 24

	L		C		R		L	C	R
	dx	dy	dx	dy	dx	dy			
1	0.010	0.021	0.009	-0.011	-0.004	-0.006	+	+	+
2	-0.003	-0.004	0.020	0.011	-0.018	-0.005	+	+	+
3	0.005	-0.022	0.013	-0.004	-0.006	0.007	+	+	+

보기 : LC로 左高眞斗  
相互標定  
CR로 右高眞斗  
相互標定

表 3. 바른 寫眞座標值에 附與한 座標值偏差 0.01mm 平均 Zero의 Gauss의 正規誤差 (Ixxxxx=-214) (B)

Photo 1							Photo 2					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	-0.014	-0.003	-0.014	-0.002	0.003	-0.001	-0.011	-0.001	0.001	-0.002	-0.011	0.011
2	-0.011	0.005	-0.006	-0.003	0.012	0.004	0.001	0.011	-0.011	-0.026	-0.008	-0.017
3	0.020	-0.002	-0.011	0.010	0.003	0.011	-0.001	-0.001	-0.003	-0.031	0.001	-0.004

Photo 3							Photo 4					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	-0.012	0.008	0.010	-0.013	-0.011	-0.015	-0.015	0.008	-0.008	-0.007	0.004	0.006
2	-0.007	0.013	0.014	-0.009	0.003	0.016	0.006	0.007	-0.004	0.002	0.019	-0.022
3	0.008	-0.007	-0.000	-0.008	-0.002	-0.011	0.023	0.011	0.003	-0.005	0.003	-0.012

Photo 5							Photo 6					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	-0.015	0.014	0.003	0.022	-0.004	0.002	-0.016	-0.001	0.010	0.001	-0.003	-0.004
2	0.004	0.005	-0.002	0.004	0.017	-0.005	0.012	-0.017	0.000	-0.011	-0.011	+0.013
3	-0.009	-0.019	-0.000	-0.005	0.001	-0.005	-0.015	-0.008	-0.019	0.018	-0.009	-0.004

Photo 7							Photo 8					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.014	0.002	-0.007	0.010	-0.006	-0.001	0.019	0.002	-0.002	-0.012	-0.007	-0.001
2	-0.003	0.012	-0.021	-0.006	0.011	-0.003	0.015	-0.003	0.004	0.004	-0.027	-0.001
3	-0.005	0.008	-0.009	-0.013	0.004	-0.006	0.004	-0.003	0.008	0.017	0.006	0.016

Photo 9							Photo 10					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.009	-0.002	-0.004	0.007	-0.008	-0.003	-0.003	0.009	-0.003	0.008	-0.002	0.021
2	0.004	0.016	0.008	-0.001	-0.003	0.006	-0.004	-0.015	0.001	-0.015	-0.004	-0.008
3	-0.004	0.011	-0.004	-0.004	-0.022	-0.007	-0.002	0.004	-0.006	0.003	0.002	0.010

Photo 11							Photo 12					
	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	-0.012	0.002	0.005	0.000	-0.011	-0.006	-0.015	-0.000	-0.004	-0.007	-0.003	-0.006
2	-0.013	-0.011	-0.005	-0.000	0.008	0.005	0.009	-0.001	0.001	-0.010	-0.013	-0.004
3	-0.004	-0.002	0.012	-0.014	-0.002	-0.005	0.009	-0.001	-0.002	0.010	-0.008	-0.009

Photo 13

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.013	0.003	-0.007	0.008	-0.001	-0.011	-0.001	-0.009	-0.004	0.005	0.012	0.016
2	0.013	-0.002	0.006	0.002	0.007	0.000	0.005	0.002	-0.006	-0.005	0.002	0.002
3	0.002	-0.002	0.009	-0.012	-0.003	0.009	-0.007	0.002	-0.014	0.001	-0.019	0.001

Photo 14

Photo 15

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.014	0.016	0.012	0.006	0.015	0.005	-0.016	0.001	0.012	-0.025	-0.011	-0.010
2	-0.015	0.005	-0.010	0.012	-0.009	-0.004	0.013	0.011	-0.011	0.024	0.014	-0.022
3	-0.001	0.010	-0.000	-0.005	-0.002	0.012	-0.008	-0.007	0.018	0.001	0.007	-0.011

Photo 16

Photo 17

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	-0.005	0.006	-0.018	-0.014	0.019	-0.006	0.013	-0.005	0.008	0.014	0.000	-0.003
2	-0.001	0.404	0.003	-0.003	0.003	0.001	-0.001	-0.003	-0.004	0.015	0.006	-0.015
3	0.002	0.000	0.013	0.008	-0.012	0.021	0.001	0.021	-0.005	0.007	0.003	0.013

Photo 18

Photo 19

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	-0.005	0.013	0.011	0.005	0.008	-0.009	0.009	-0.010	0.001	0.017	-0.007	-0.026
2	-0.003	0.008	-0.013	-0.009	-0.006	0.013	-0.008	0.005	-0.003	-0.007	-0.000	0.007
3	-0.001	-0.018	0.012	0.002	0.014	0.002	0.007	0.002	0.004	-0.000	-0.016	-0.012

Photo 20

Photo 21

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.018	-0.001	0.013	0.014	-0.006	-0.019	-0.002	0.004	-0.011	0.001	-0.004	0.012
2	-0.001	0.018	0.019	0.015	-0.003	0.009	0.010	0.006	-0.003	-0.011	0.009	0.001
3	0.002	-0.006	0.017	0.013	-0.000	-0.004	-0.001	-0.022	0.004	0.005	-0.009	0.019

Photo 22

Photo 23

	L		C		R		L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	0.014	-0.002	0.005	0.005	-0.003	-0.012	-0.027	-0.019	0.001	0.004	-0.012	0.013
2	-0.001	0.008	0.002	-0.004	0.001	0.003	-0.008	0.009	0.012	0.004	0.007	0.002
3	-0.002	-0.012	0.000	0.002	-0.005	-0.024	0.006	0.002	-0.009	0.010	-0.006	0.007

Photo 24

Photo 25

	L		C		R	
	dx	dy	dx	dy	dx	dy
1	-0.004	0.009	0.009	-0.009	-0.007	-0.012
2	-0.009	-0.010	0.005	0.008	0.005	-0.013
3	0.003	0.009	-0.014	0.005	-0.012	0.001

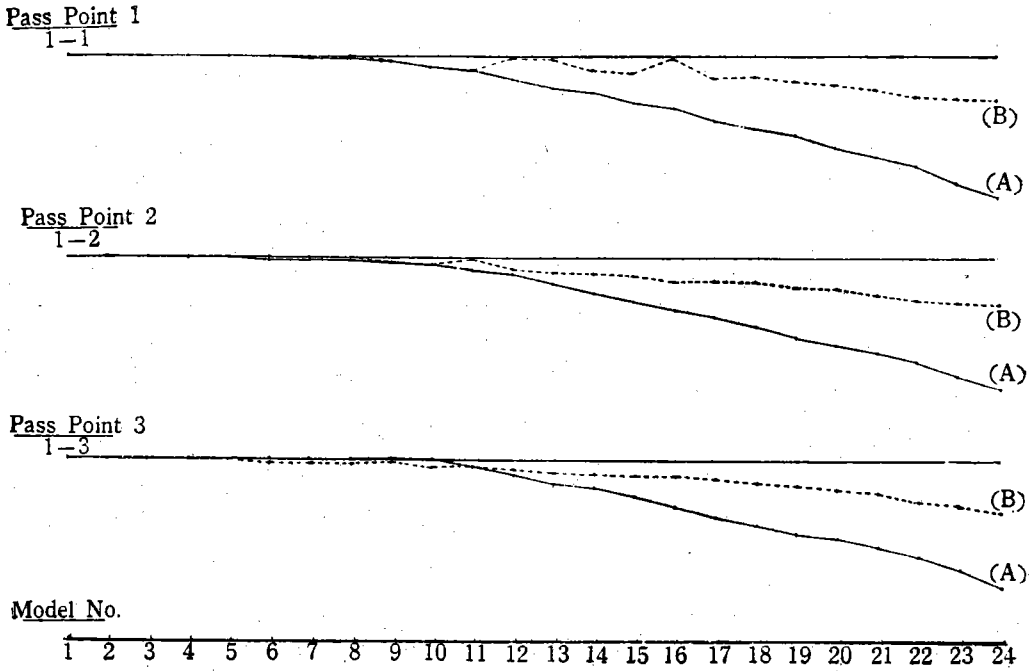


그림 8. Pass Point Line의 誤差分布圖(dx에 對해서)

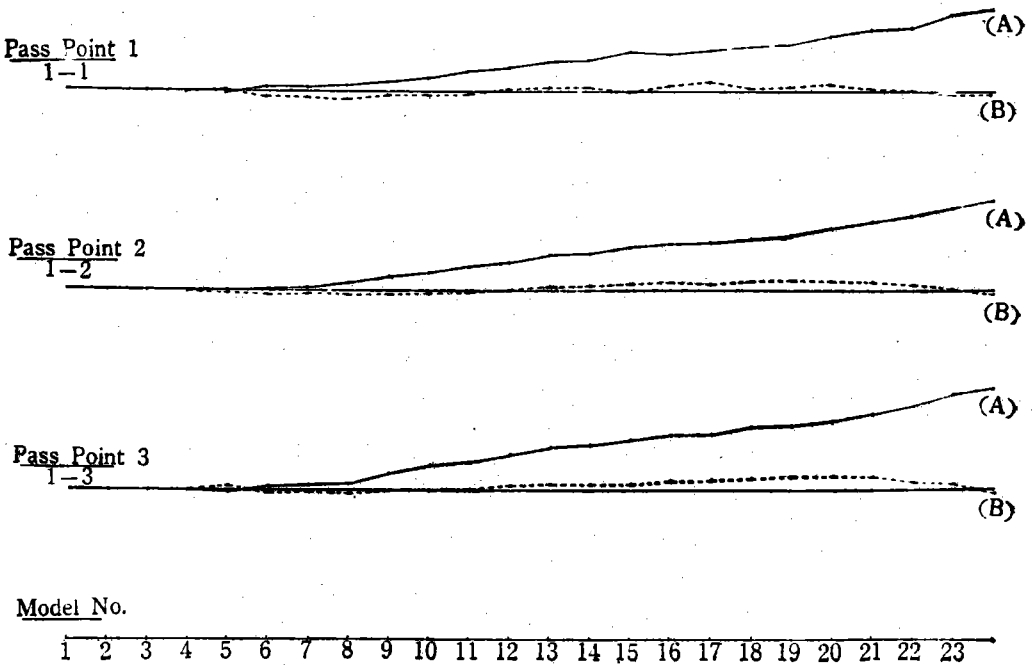


그림 9. Pass Point Line 誤差分布圖(dy에 對해서)

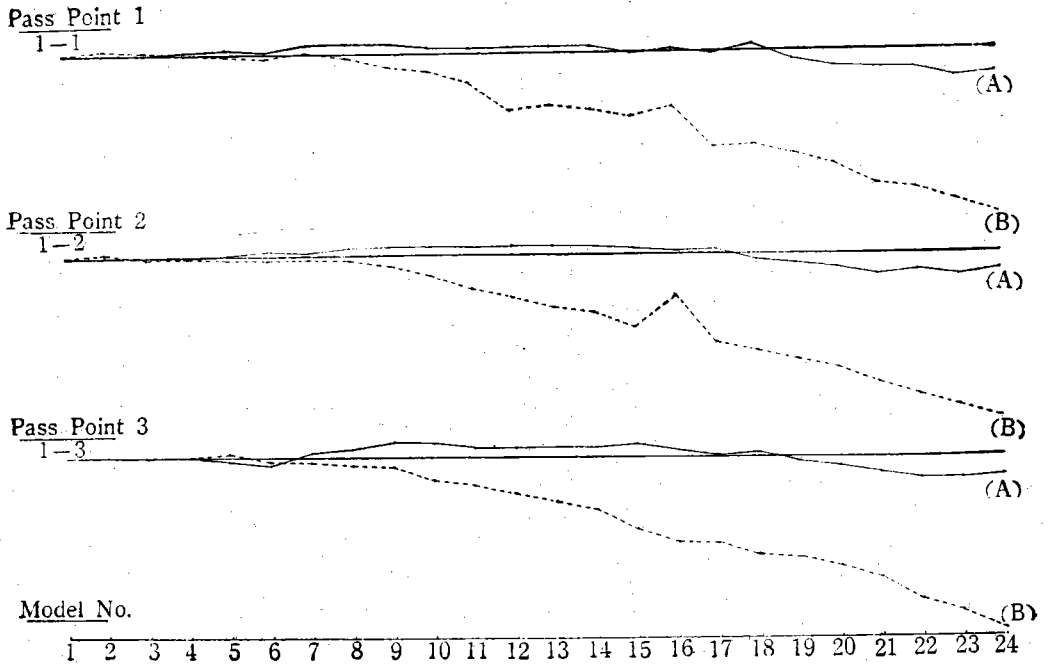


그림 10. Pass Point Line의 誤差分布圖 (dz에 對해서)

의해 다음과 같은 不等式으로 成立시킬 수가 있다.  
誤差를 二次拋物線이라고 假定해서

$$\epsilon_n \leq \sigma_m^2$$

여기서  $\epsilon_n$  :  $n$  Model 제의 累積誤差의 最大値

$\alpha$  : 定數

$n$  : Model 番號

여기서  $\epsilon_n$ 의 單位를 meter 로 表示하던  $\sigma=0.08$ 로 생각 할 수 있다. 그리하여  $n$  單位로 誤差推定式을 設定하던 簡單히 Model 제의 最大誤差를 推定할 수 있다.

이式을 利用해서 例컨데 最大誤差를 0.5m 로 하 고자 할때 몇번제의 Model 接續이 可能한가를 調査 하여 보면  $0.5 \leq 0.08n^2$  이므로  $n=2.5$  로 된다.

### 3. 定誤差의 影響

定誤差의 Simulation 結果, 다음과 같은 結果를 얻었다.

i) 畫面距離의 定誤差의 影響은 方向에 對해서 拋物線의으로 分布하고

ii) 主點位置의 定誤差 影響은 無視할 수 있다.

(定誤差)+(不定誤差)의 影響은 (定誤差의 影響)+(不定誤差의 影響)과 같다.

만일 畫面距離에  $30\mu$  程度의 定誤差가 發生하였다면 空中三角測量結果 어느 程度의 誤差가 生길 것인가 이點에 對해 여기서  $30\mu$ 로 한것은 航空寫眞測量用 Camera의 畫面距離의 表示單位가  $10\mu$ 이므로 大體로 誤差는 그 2~3倍로 보아  $20\sim 30\mu$  存在할 것으로 생각 하였기 때문이다.

標準偏差  $10\mu$ 의 正規誤差일 때 높이 方向에서 40m의 影響이 나타나므로  $30\mu$ 의 定誤差에서는 그 以上の 誤差가 生길 것을 豫想하여 畫面距離 150mm의 곳을 150.3mm로 하여 對地標定까지 行한 結果 最大 0.3m의 誤差가 發生하였다.

다음 主點位置에 만일  $30\mu$  程度의 定誤差가 存在 한다면 空中三角測量의 結果 어느 程度의 誤差가 發生할 것인가에 있어서  $30\mu$ 로 한 理由는, 前述한 畫面距離의 境遇와 똑 같기 때문이다. 여기서 主點位置의  $x$  方向誤差에 關해서는  $x$  方向에 拋物線의으로 誤差가 累積하고  $y$  方向의 誤差에 關해서는  $y$  方向으로 物拋線的인 誤差가 累積될 것이라고 생각 하였었는데 그 結果는 意外의 것이었다.

主點位置의 方向誤差에 關해서는 다음과 같이 觀察할 수 있었다. 즉,  $(x+30\mu)$ 로 하였을 때는  $x$ 의 誤差만큼  $+0.6m$ 로 되고 그 外的 값은 부두 바로

되어 있었다. 또 y 方向의 主點位置의 誤差에 關係서도 똑같이 (y+30μ)로 하였을 때 y의 誤差만큼 +0.5m로 되고 그 외의 값은 모두 바로 되어 있었다. 여기서 注意하여야 할 일은 基準點에는 誤差를 附與하지 않았기 때문에 +0.6m의 誤차가 나타난 것은

$$\frac{\text{攝影高度}}{\text{畫面距離}} \times \text{主點位置誤差} = \frac{3,000}{0,150} \times 0.003\text{mm} = 0.6\text{m}$$

로 나타난 것이다.

#### 4. 殘存縱視差와 相互標定 Model 과의 關係

表 4 및 表 5는 각각 相互標定の  $\kappa, \varphi, \omega$ 의 값과 6個의 殘存縱視差를 表示한 것인데 이들 表로부터 다음과 같은 것을 알아 내었다.

表 4. Model 의  $\kappa, \varphi, \omega$ 의 크기

	$\kappa_1$	$\varphi_1$	$\kappa_2$	$\varphi_2$	$\omega_2$
1-1	0.000378	-0.000009	0.000248	-0.000121	0.000172
2-1	0.000916	-0.000027	0.000843	-0.000089	0.000390
3-1	-0.000057	0.000137	-0.000082	-0.000179	-0.000015
4-1	-0.000508	0.000043	-0.000375	0.000037	-0.000156
5-1	0.000513	-0.000039	0.000819	0.000009	0.000222
6-1	-0.000656	0.000259	-0.000723	0.000265	-0.000349
7-1	0.000803	-0.000137	0.000858	-0.000005	0.000387
8-1	-0.001201	-0.000251	-0.000984	0.000170	-0.000536
9-1	-0.000776	-0.000152	-0.000616	0.000114	-0.000358
10-1	0.000760	0.000159	0.000586	-0.000236	0.000321

表 5. 視差 6個의 값

	1	2	3	4	5	6
1-1	-2.7	6.0	-3.1	5.0	-3.3	2.6
2-1	+0.6	1.6	-4.0	0.5	-1.0	-0.1
3-1	3.5	-7.2	3.5	-5.8	1.9	-2.7
4-1	1.2	-3.2	-3.0	-0.7	1.2	-1.7
5-1	8.2	-14.0	7.7	-7.6	12.5	-6.6
6-1	3.5	-7.9	4.1	-4.9	9.8	-4.7
7-1	0.1	-0.2	0.1	-0.1	0.1	-0.1
8-1	7.8	-14.6	7.1	-7.1	13.7	-6.9
9-1	-2.7	5.8	-2.9	2.6	-5.3	2.5
10-1	-4.2	7.2	-3.2	4.7	-8.3	3.7

가로 方向의 誤差 dx는 주로 縮尺接續誤差의 影響에 의해서 發生하고 dy는  $\kappa$ , dz는  $\varphi$ 의 接續誤差의 影響 때문이라 생각 된다. 같은 理致에 의해서  $\omega$ 는 틀어지는 接續誤差로 表示되어야 할 것 같으나 여기

그것은 標準偏差 0.01mm의 觀測精度에 實한 것으로 그 歪力의 크기는 最大 0.001 Radian 즉, 1/1,000程度이었다. 이것은 誤差管理面에서는 그다지 重要한 것이 아니겠으나 連續 Model 中の 한 Model을 取하였을 때 그 歪力의 크기가 어느程度인가를 알아 내는데는 大端히 貴重한 Dada라고 判斷된다. 例컨데 0.001 Radian이 最初에 發生하였다면 40km 前方에서는 40m 程度의 誤차가 發生하게 된다.

以上은 本 Simulation Model의 實驗結果와 對比하므로써 그 妥當性을 알 수 있다.

#### V. 考 察

觀則誤差는 正規分布性이나 縮尺接續誤差分布는 正規分布를 하지 않고 累積的이다. 이 誤差의 成分中

서는 이 점이 明確치 못하다.

이와같은 接續誤差의 傳播는 地上測量에서 Travers 測量의 誤差傳播와 똑 같은 種類의 것임을 알았다. 그러나 Travers 測量과 比較하면 空中寫眞測量

은 基準點의 配置法 및 그 數가 問題가 된다. 이點은 本 Simulation Model의 實驗結果에 따르면 基準點이 많으면 그 基準點을 使用하여 數 Model식 標定할 수 있어서 精度는 훨씬 높아진다.

다음 誤差管理上 殘存縱視差를 管理코져 하던 寫眞座標값에  $32\mu$ 의 誤差가 存在할 때 實際로 殘存縱視差로서 나타나는 것은  $15\mu$  정도이므로 다음과 같이 誤差管理體制를 세우면 全體的인 誤差를 매우 적게 할 수 있어서 Stereo 觀測과 相互標定을 하더라도 殘存縱視差가  $10\mu$  이상이 되면 再測을 要한다. 이 方法은 이미 日本의 各航測會社에서 實際로 利用되고 있는 方法이며 그 妥當性은 本 論文의 Simulation 實驗結果에 의해서도 明白하다.

本 Simulation Model에 의해 空中三角測量한 結果, 20餘 Model를 接續시켜 不過 0.3m의 誤差가 發生하였다. 이것은 結論의으로 이 程度의 誤差는 無視할 수 있는 것으로 判斷된다. 단 이것은 比較的 平坦地인 境遇의 實驗이므로 高低差가 심한, 山岳地에서는 그 結論을 달리 할 것이다.

끝으로 主點位置方向의 誤差에 關해서 考察하면,  $(x+30\mu)$ 와  $(y+30\mu)$ 로 하였을 때  $x, y$ 의 誤差는 각각  $+0.6m$   $+0.5m$  이고 그외는 모두 正常이 었다. 實際의 境遇는 基準點에도 定誤差가 있기 때문에 그 量단 除外하면  $x, y$  方向의 主點位置의 誤差는 平地이던  $30\mu$  程度는 測量의 目的에 따라서 無視하여도 그다지 支障이 없다.

#### IV. 結 論

以上 Simulation 實驗에 의해 調查 研究한 結果 空中三角測量의 誤差管理上 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 標準偏差 0.01mm의 正規不定誤差로 實驗觀測한 結果 40km에서 約 40m 程度의 累積誤差가 나타났다. 그러나 이와같은 累積誤差는 24 Model中 단 한 Model에서  $3\sigma$ 의 測定誤差에 의해 傳達된 縮尺接續誤差 및 높이의 誤差에 基因하였다.
2. 誤差管理面에서는 이  $3\sigma$  以上の 不定誤差를 相互標定の 殘存縱視差中에서 發見하여  $10\mu$  以上 되면 再測하여야 할 것이다.
3. 相互標定の 殘存縱視差의 크기와 相互標定 Model의 歪力의 크기는 標準偏差가 0.01mm 때이며  $\kappa, \varphi, \omega$ 는 다같이 0.0005 Radian 程度이다. 때로는 歪力이 큰 것은 0.001 Radian 以上 되는 것도 있다.
4. 定誤差와 空中三角測量의 精度關係는 平地에서 測量하는 限 0.1mm 程度의 誤差는 40km 前方에서 높이 1m 以上の 誤差를 벗어나지 않는다. 이 값은 不定誤差에 의해서 發生하는 40m에 比하면 微微한 것이다. 그리고 그 調査는  $x$ 의 2次式으로 簡單히 處理된다.
5. 誤差管理上  $n$  Model接續誤差의 最大값을 推定하는 式  $\sigma = \sigma_n$ 을 誘導하였다.

以上에서 空中三角測量의 誤差管理上 特히 重要한 것은 基準點의 第1點 第2點 第3點 第4點이다. 이들 4個所에서 誤差管理를 하던 寫眞測量의 觀測上에서 오는 誤差는 거의 모두 適切히 處理할 수 있다.

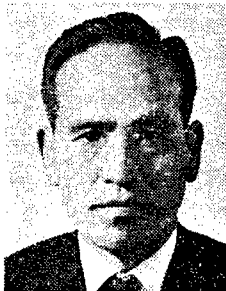
한편 空中三角測量에서 또 하나 重要한 것은 地上測量의 基準點成果의 正否의 管理인데 이에 關한 對策은 一旦 地上測量은 正確한것으로 取扱하고 空中三角測量의 誤差檢査에서 도저히 解決하지 못할 때 地上測量에 틀림이 있는가 없는가를 檢査해야 할 것이다.

#### 參 考 文 獻

- (1) American Society of Photogrammetry: "Manual of Photogrammetry", 1d, Ed., 1952, pp.3
- (2) I.T.C. Text Book,; Chapter XIV Photogrammetric Analyque Triangulation in Space. 1958, pp.2 & pp.16—pp.18
- (3) Beitrag zur Theorie und Praxis von Aeropoligonierung und Aeronivellement: Bildmessung und Luftbildwesen Nr 3, 4, 1928.
- (4) V.Gruber, R. Hugershoff.: "Grundlagen der Photogrammetrie aus Lufthahrzeugen", Verlag von Konrad Wittwer. 1930.
- (5) W. Schermerhorn.: "Einleitung zur Fehlertheorie der räumlichen Aerotriangulation". Photogrammetria, no. 3. 1940.
- (6) "B, 空中三角測量" 社團法人 日本測量協會發刊 1971. pp.1—pp.2.
- (7) Roelofs, R.: "Adjustment of Aerial Triangulation by the Method of Least Squares". Pho



- togrammetria, no. 4 1951-1952 pp.16-pp.35.
- (8) Lyle G. Trorey.: "Hand Book of Aerial Mapping and Photogrammetry. Cambridge University Press, 1952. pp.8.
- (9) American Society of Photogrammetry.: Photo-Interpretation Manul 1959. pp.12-pp.15.
- (10) 上谷良吉: "モデル變形の實驗" 日本寫眞測量學會誌 Vol, 1, No. 2. 1962 pp.18-pp.20.
- (11) 上谷良吉: "解析寫眞測量の本質とその展望" 一點刻器と單眼コンパレーターを用いて- 日本測地學會誌 Vol.11, No.2. 1965. pp.41-pp.84
- (12) 平井 雄: "單コース空中三角測量における誤差傳播" 日本寫眞測量學會誌 Vol,8, No.1. 1969. pp. 18-pp.27.
- (13) J.M. Anderson.: "Block Triangulation by I.S. P. Commission II." Photogrammetric Engineering. Vol.35. No.6. June, 1969. pp.577-pp.584.
- (14) J.M. Anderson, and E.H. Ramey.: "Analytic Block Adjustment" Photogrammetric Engineering A.S.P. Vol, XXXIX. No.10. 1973. pp.1087-pp.1096.
- (15) F. Ackermann.: "Experience with Block-Triangulation by Independent Models." Proceeding 38th Annual Meeting A.S.P Washington, D.C. March 12-17, 1972. pp.617.
- (16) F. Ackermann and H. Ebner.: "Block Triangulation with Independent Models". Photogrammetric Engineering Vol. XXXIX, No. 9, Septe, 1973. pp.967-pp.981.
- (17) James, P.Scherz.: "Errors in Photogrammetry." A.S.P Vol, XL. April, 1974. pp.487-pp. 492.



崔 在 甲



農 學 博 士

當學會 正會員인 崔在甲 會員은 오랜 研究生活 끝에 日本에서 博士學位를 받는데 對하여 全會員과 더불어 祝賀드리는 바입니다. 앞으로 이 分野에 보다 더 깊은 研究가 있을 것을 付託드립니다.

勤 務 處: 서울大學校 農科大學 農工學科

生 年 月 日: 1915年 2月 28日生

最 終 學 校: 日本 北海道 帝國大學 農學部 卒業

學 位 受 與: 日本 北海道 大學 農學部

學 位 論 文: 韓國犁와 Plow 의 發達過程 및犁 와 plow 의 各種土壤條件에서의 耕深과 牽引抵抗에 관한 研究