

寫眞基準點測量을 이용한 低等級 基準點의 座標決定 Coordinates Determination of Low Level Control Point by Aerial Triangulation

崔 在 和* 李 碩 培***

Choi Jae-Hwa Lee Suk-Bae

崔 允 秀**

Choi Yun-Soo

要 旨

오늘날 航空寫眞測量은 사용기재와 자료처리방법의 발달과 더불어 위치결정의 正確도가 날로 향상되고 있으며, 지상기준점측량을 하지 않고서 GPS를 이용한 사진기준점측량 방안이 모색되는 단계에 이르렀다. 해석도화기의 등장은 正確도와 효율성면에서 상당한 발전을 가능케 하였고 On-Line System의 구성을 통해서 사진 기준점측량의 작업환경을 크게 개선시켰다. 본 연구에서는 解析圖化機를 이용한 사진기준점측량을 실시하여 低等級 測地基準點의 좌표결정에 있어서 正確圖의 向上을 그 목표로 하고 있다. 연구결과 正確도 향상 程度는 기존의 정밀도화기를 사용한 A.T.의 경우와 비교할 때에 平面에서 약 7%, 標高에서 약 40%의 正確도 향상을 가져왔다.

ABSTRACT

Nowdays the considerable improvements, not only in photogrammetric equipment but also in adjustment methods have led to a high accuracy of Aerial Triangulation and reach the step to obtain A.T. technique that uses Global Position System without ground control survey. The entrance of analytical plotter have made considerable development both in accuracy and in efficiency and improved working environment of A.T. by the combination of On-Line Analytical Plotting System. In this paper, in A.T., with using of analytical polotter, aims to improve the accuracy in coordinates determination of low level control point. The result shows that in case of A.T. with analytical plotter AVIOLYT BC2, the accuracy of control points improves to 7% in planimetry and to 40% in height compared to A.T. with precision plotter Autograph A-8.

1. 序 論

본 논문은 航空寫眞測量에 있어서 사진기준점측량의 블럭조정방법을 이용하여서 저등급 기준점 좌표를 결정하기 위하여 수행한 연구이다. 오늘날 航空寫眞測量은 사용기재와 자료처리방법의 발달과 더불어 위치결정의 正確도가 날로 향상되어 최근에는 지적측량, 도로측량, 구조물 변형측량 및 측지기준점의 증설등에 폭

넓게 이용되게 되었다.⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹⁴⁾ 본 논문에서는 측지기준점 설정에 있어서 좌표결정의 正確도 향상과 대축척 지도제작에 있어서 저등급 기준점으로서의 적합성 판정에 그 목적을 두고있다.

이러한 研究의 목적을 달성하기 위하여 경기도 일원에 試驗地域(Test Area)을 설정하여 지상기준점측량과 사진기준점측량을 실시하였다. 사진기준점 측량은 시험지역에 대한 축척 1:5000의 대축척 항공사진으로 중중복도 60%, 횡중복도 30%의 12모델(4Model × 3 Strip)로 블럭(Block)을 구성하였으며 해석도화기 AVIOLYT BC2(WILD)를 이용하여 모

* 成均館大學校 工科大學 教授
** 成均館大學校 大學院 博士課程
*** 成均館大學校 大學院 碩士課程

델좌표를 觀測하였다. 해속도화기상의 조정 프로그램의 미비로 인하여 조정작업은 부득이하게 별도로 수행하였으며, 독립 모델법에 의한 조정프로그램 PAT-M43을 이용하여 調整座標成果를 구하였다.

그리고 이 좌표성과를 동일한 시험지역에 대하여 정밀도화기 Autograph A-8(WILD)를 이용하여 관측한 모델좌표를 같은 방법으로 조정하여서 구한 조정좌표 성과와 비교하였다. 시험블럭(Test Block)내의 기준점 배치를 4가지로 변화시켜 가면서 기준점 증가에 따른 오차전파현상을 파악하였고, 조정좌표의 표준편차(σ_0)와 검증점 교차(μ)로써 正確圖를 평가하였다.

2. 座標決定理論

사진기준점측량(Aerial Triangulation)이란 지상기준점측량(Ground Control Survey)과 대응되는 개념으로 지상기준점의 좌표를 航空寫眞測量방법에 의하여 결정하는 것을 말한다.¹⁾ 사진기준점측량에서의 좌표결정은 사진좌표를 거쳐서 실제시 모델의 對地標定에 소요되는 기준점의 모델좌표를 구하여 측지좌표로 변환조정하게 된다. 解析寫眞測量에 있어서 좌표결정 단계를 흐름도로 나타내면 그림1과 같다.²⁾

(1) 사진좌표의 결정

정밀좌표측정기에 의하여 얻어진 像座標(image coordinates)를 寫眞座標(photo coordinates)로 변환할 때에 필름의 伸縮 및 座標軸 直交狀態를 고려하여 다음과 같이 변환한다. 좌표계는 2차원 Cartesian 직각좌표계를 사용하며 이 과정은 사진기준점측량에서 해석적 방법의 內部標定단계에 속한다.

1) 2차원 상사변환(Linear Conformal Transformation)

필름의 수축과 팽창이 X,Y축 방향에서 동일한 경우의 변환으로 축척入회전 θ , 좌표전이 X_0, Y_0 의 4개를 변수(parameter)로 하여 다음식에 따라 변환된다.

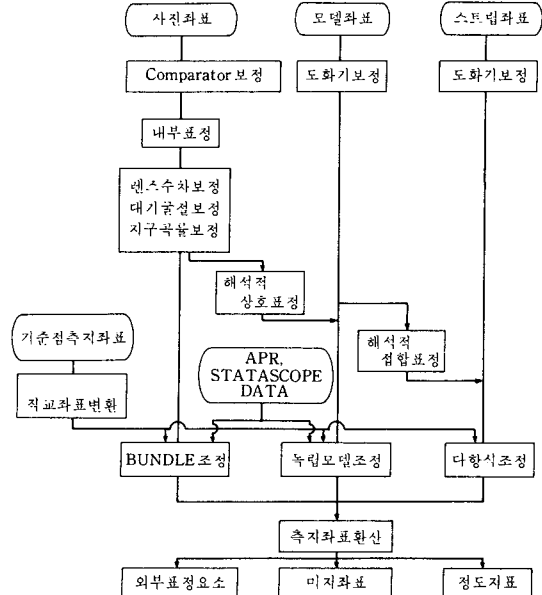


그림 1. 좌표결정단계의 흐름도

$$X = ax + by + X_0$$

$$Y = -bx + ay + Y_0 \quad \text{————— (1)}$$

여기서 a, b : 축척(入)과 회전(θ)은 고려한 계수

2) 2차원 비상사변환(Affine Transformation)

좌표축이 직교를 이루지 않는 剪斷角 δ (nonperpendicularity)와 그에 따른 2개의 축척계수 λ_x, λ_y 그리고 회전 θ , 좌표전이 X_0, Y_0 의 6개를 변수로 하여 다음식에 따라 변환된다.

$$X = a_1x + b_1y + X_0$$

$$Y = a_2x + b_2y + Y_0 \quad \text{————— (2)}$$

여기서 a_1, a_2 : 전단각(δ), 축척(入), 회전(θ)을 고려한 계수

b_1, b_2 : 축척(入), 회전(θ)을 고려한 계수

(2) 모델좌표의 결정

사진좌표에서 모델좌표로의 변환은 완전한 實體視모델을 이루는 相互標定(Relative Orientation)을 통해서 이루어지는데, 상호표정은 좌우사진에서 나오는 빛다발의 상대적 위치가

그 사진이 찍힐 순간의 그것과 꼭 같게 만드는 과정을 말한다. 상호표정의 방법에는 경험적 방법(Otto von Gruber법), 해석적 방법, 도해적 방법이 있으며, 해석사진측량에 있어서는 다음과 같은 共面條件式을 선형화시켜서 표정인자를 구한 다음에 이들의 조합에 의하거나 殘存縱視差(residual y-parallax; lack of coplanarity)를 소거하는 방법으로 모델좌표를 계산한다.

(그림2)와 같이 한쌍의 실체사진(Streogram)에서 지상점 A와 이에 대응하는 좌우사진상점 a_1, a_2 및 두 사진의 촬영점 L_1, L_2 가 同一平面(Epipolar Plane)위에 있다는 조건이다.³⁾

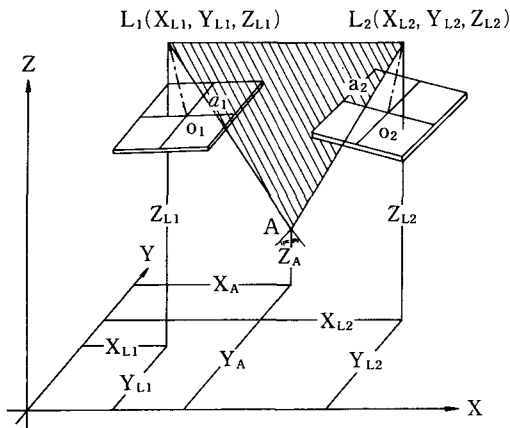


그림 2. 공면조건

(그림 2)에서 $B=L_1L_2$, $A_1=L_2A$, $A_2=L_2A$, $a_1=L_1a_1$, $a_2=L_2a_2$ 라고 하면 Vector's rule에 따라

$$B - A_1 + A_2 = 0$$

또는

$$B - \lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2 = 0 \quad (3)$$

여기서

$$B = \begin{bmatrix} X_{L2} - X_{L1} \\ Y_{L2} - Y_{L1} \\ Z_{L2} - Z_{L1} \end{bmatrix} = \text{기선성분}$$

$$a_1 = \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ w_1 \end{bmatrix} = M_1^T \begin{bmatrix} x_{a1} - x_0 \\ y_{a1} - y_0 \\ -f \end{bmatrix}$$

$$a_2 = \begin{bmatrix} u_2 \\ v_2 \\ w_2 \end{bmatrix} = M_2^T \begin{bmatrix} x_{a2} - x_0 \\ y_{a2} - y_0 \\ -f \end{bmatrix}$$

M_1, M_2 : 회전매트릭스

이 된다.

(3) 식에서 두개의 미지축척계수 λ_1, λ_2 를 소거하고 이 식을 행렬식(determinant)으로 나타내면

$$F = \begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ u_1 & v_1 & w_1 \\ u_2 & v_2 & w_2 \end{vmatrix} = 0 \quad (4)$$

이 된다. 이 식을 共面條件式(Coplanarity condition equation)이라 한다.

공면조건식은 비선형 함수이기 때문에 이를 풀어내기 위해서는 線形化가 필요하다. 지금 사진좌표 x_1, y_1, x_2, y_2 를 관측값으로 w_2, ϕ_2, k_2 와 B_y, B_z 를 변수(Parameter)로 하여 Taylor의 級數展開理論을 적용하여 선형화시키면 다음과 같다.

$$F^0 + \frac{\partial F}{\partial x_1} v_{x1} + \frac{\partial F}{\partial y_1} v_{y1} + \frac{\partial F}{\partial x_2} v_{x2} + \frac{\partial F}{\partial y_2} v_{y2} + \frac{\partial F}{\partial w_2} \Delta w_2 + \frac{\partial F}{\partial \phi_2} \Delta \phi_2 + \frac{\partial F}{\partial k_2} \Delta k_2 + \frac{\partial F}{\partial B_y} \Delta B_y + \frac{\partial F}{\partial B_z} \Delta B_z = 0$$

이를 행렬행태로 나타내면

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial F}{\partial x_1} & \frac{\partial F}{\partial y_1} & \frac{\partial F}{\partial x_2} & \frac{\partial F}{\partial y_2} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} v_{x1} \\ v_{y1} \\ v_{x2} \\ v_{y2} \end{bmatrix} +$$

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial F}{\partial w_2} & \frac{\partial F}{\partial \phi_2} & \frac{\partial F}{\partial k_2} & \frac{\partial F}{\partial B_y} & \frac{\partial F}{\partial B_z} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \Delta w_2 \\ \Delta \phi_2 \\ \Delta k_2 \\ \Delta B_y \\ \Delta B_z \end{bmatrix} = -F^0$$

$$Av + B\Delta = f \quad (5)$$

공면조건식은 사진상의 한 점에 대하여 하나의 조건식이 되므로 상호표정요소의 보정값(Δ)을 구하기 위해서는 최소 5점의 사진좌표

값이 필요하며 6점 이상의 사진좌표 값을 이용하면 최소제곱법에 의한 조정해를 구할 수 있다. 보정값(Δ)은 필요한만큼 줄어들 때까지 반복하여 계산한다.

(3) 절대좌표의 결정

연속된 모델의 접속표정을 통해서 모델을 결합하고 여기에서 얻은 스트립좌표를 대지표정을 통해서 측지좌표계로 변환함으로써 絕對座標를 결정한다. 실제시모델이 대응하는 지형모델과 기하학적으로 완전한 相似關係를 맺기 위해서는 모델의 축척을 圖化縮尺에 정확히 맞추

어야 하고 또한 모델의 수준면을 바로잡아야 한다. 이것이 대지표정의 중요개념이며 축척入, 회전 k , ϕ , w 및 좌표전이 X_0, Y_0, Z_0 를 변수로 하여 다음식에 따라 변환한다.

$$X_G = \lambda MX + K \quad \text{----- (6)}$$

여기서

$$X_G = [X_G \ Y_G \ Z_G]^T \text{ 지상좌표}$$

$$X = [X \ Y \ Z]^T \text{ 모델좌표}$$

$$K = [X_0 \ Y_0 \ Z_0]^T \text{ 좌표전이}$$

$$\lambda : \text{축척}$$

$$M = M_k M_\phi M_w$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos w & \sin w \\ 0 & -\sin w & \cos w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \phi & 0 & -\sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \phi & 0 & \cos \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos k & \sin k & 0 \\ -\sin k & \cos k & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

X축(w), Y축(ϕ), Z축(k)에 대한 회전매트릭스

3. 基準點測量

본 연구의 시험지역은 경기도 안월면 입북리 및 수원시 울전동 경계지역으로 12모델(5 Model \times 3Strip)로 블럭을 구성하고 있으며 주로 주거지역, 농경지, 녹지대로 구성되어 있고 표고차가 작은 완만한 구릉지대이다.

(1) 촬영 및 기준점 배치

사진기준점측량 및 세부도화에 필요한 基準點(標定點 및 水準點)의 좌표를 정확하게 측정하여 認識誤差(identification error)를 줄이기 위해서 기준점등에 對空表識를 설치하는 작업으로 항공사진 축척과 도화기 및 좌표측정기의 부점(floating mark)의 직경($20-60\mu$)을 고려하여 대공표지를 제작하고 기준점 배치도에 따라서 소요위치에 정확히 설치하였다. 기준점 배치는 실제 도화작업에서는 모델당 4점의 평면기준점과 6점의 표고기준점이 필요한데 <그림3>과 같은 블럭에 전면지상기준점을 배치하면 1모델당 배점밀도는 감소하게 된다.¹⁾

이론상으로는 실제사진 1모델을 대지표정하

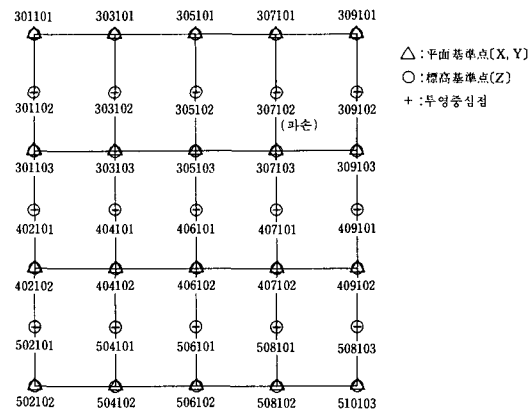


그림 3. 기준점 배치도

는 데에는 평면기준점 2개, 표고기준점 3개이면 충분하나 평면에서는 축척과 방위각의 검산, 표고에서는 비행경로(flight path)부분의 모델변형의 수정 및 그외에 측량이외의 오차를 보정하기 위해서 <그림3>에서 표시한 바와 같이 모델 4귀퉁이에 평면기준점 4점, 모델4 귀퉁이 및 연직점 부근에 각각 1점을 더하여 6점의 표고기준점을 選點하였다.

본 지구의 촬영대상 면적은 약 10km²이고

공칭 화면거리가 152mm인 광각카메라 RMK 15/23(Zeiss)으로 지상으로부터 약 750m의 비행고도로 사진축척 1:5,000으로 촬영하였으며 촬영시기는 6월초로써 아지랑이등의 기상조건이 사진의 질(quality)에 좋지않은 영향을 미쳤다.

(2) 지상기준점측량

지상기준점측량은 평면과 표고에 대하여 三角 및 多角測量과 水準測量을 실시하였다. 평면기준점측량은 시험지역 주변의 3, 4등 삼각점을 중심으로 시험지역내에 보조삼각점을 신설하여 표정점측량에 이용하였으며 이 때의 관측작업은 '정밀2차 기준점 측량작업규정'(1987, 國立地理院)에 의거하여 실시하였다.¹⁶⁾ 표고기준점측량은 시험지역 주변의 1등 수준점을 기준으로 하여 시험지역내에 보조 수준점을 신설하여 왕복수준측량을 실시하였다. 이 때의 측량작업은 '측량성과 심사기준(안) 및 동해설 4. 수준측량'(1980, 國立地理院)에 의거하였다.¹⁷⁾

(3) 사진기준점측량

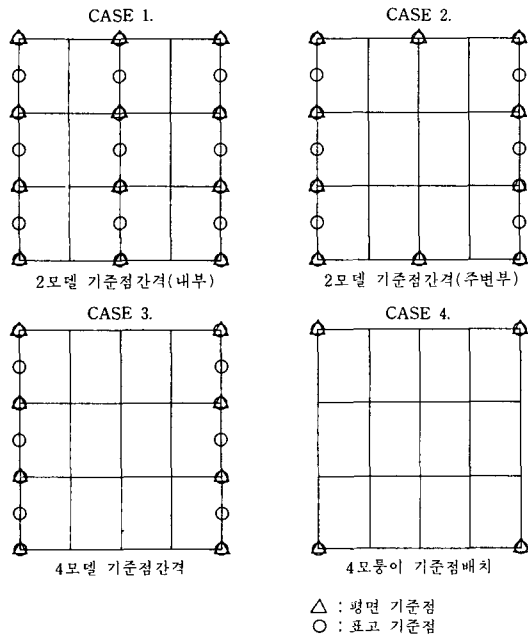


그림 4. 기준점 배치현황

독립모델법에 의하여 다음과 같이 불력조정을 실시하였으며 평면기준점 20점, 표고기준점 35점을 이용하여 평면 3회, 표고 2회의 반복계산으로 수행하였다.

- 기준점 : 평면 20점, 표고 35점
- 중중복도 60%, 횡중복도 30%
- 관측기계 : Autograph A-8, AVIOLYT BC2(WILD)
- 사용전산기 : IBM 4331, FACOM 360R
- 기준점간격 : 2모델(내부), 2모델(주변부), 4모델, 4커통이

기준점 간격(control spacing)에 따른 기준점 배치현황은 다음과 같다.

또한 본 研究에 이용된 해석도화기 AVIOLYT BC2의 시스템 구성은 다음과 같다.

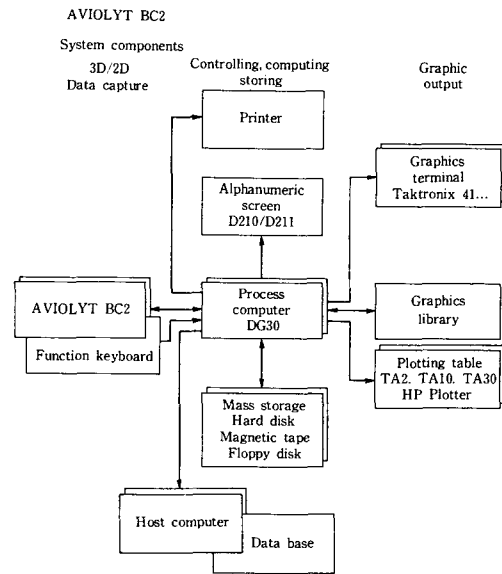


그림 5. 해석도화기의 시스템 구성도

4. 調整結果 및 分析

(1) 調整結果

조정결과에 대한 정확도를 평가하기 위하여 標準偏差(σ)와 檢證點 較差(μ)를 사용하였다. 여기서 표준편차는 관측정확도를 나타내며 평면과 표고에 대하여 σ_{op} 과 σ_{oh} 로 표시하였다. 검증점 교차는 기준점중에서 조정에 직접

사용되지 않은 점을 검증점(check point)으로 하여 조정좌표와의 교차의 RMSE(Root Mean Square Error)값으로 절대오차이며 평면에 대하여 μ_x , 표고에 대하여 μ_y 로 표시하였다. 우선 지상기준점을 전부 사진기준점으로 한 예비 조정의 결과 조정좌표 값의 표준편차는 $\sigma_{opl}=0.071m$, $\sigma_{oh}=0.083m$ 로 나타나 모델좌표 관측이 양호하다고 판단되어 기준점 간격과 기준점 배치를 변화시켜 가면서 조정을 하였고 그 결과는 다음과 같다.

표 1. 기준점 간격 및 배치에 따른 조정결과의 정확도

| 기준점 간격 및 배치 | σ_{opl} | σ_{oh} | U_x | U_y | U_H |
|-----------------|----------------|---------------|-------|-------|-------|
| 2모델 기준점 간격(내부) | 0.076 | 0.086 | 0.042 | 0.089 | 0.122 |
| 2모델 기준점 간격(주변부) | 0.079 | 0.089 | 0.038 | 0.085 | 0.145 |
| 4모델 기준점 간격 | 0.081 | 0.091 | 0.065 | 0.091 | 0.136 |
| 4모퉁이 기준점 배치 | 0.088 | 0.093 | 0.108 | 0.117 | 1.308 |

〈표1〉에서 보여주는 조정결과를 바탕으로 기준점의 증가에 따른 오차감소현상을 파악하여 표준편차를 그래프로 나타내면 다음과 같다. 그래프를 통해서 평면, 표고의 표준편차는 모두 거의 기준점 수에 반비례로 일정하게 감소하는 것을 알 수 있다.

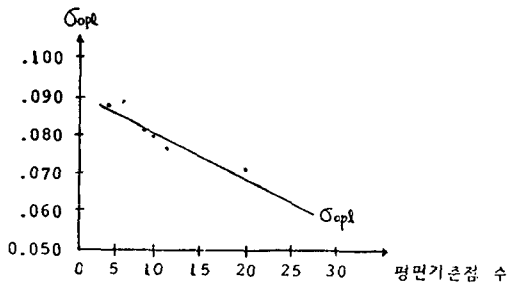


그림 6. 평면기준점 증가에 따른 오차감소현상

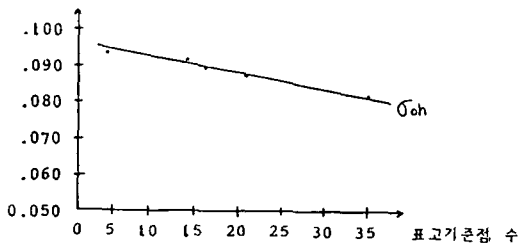


그림 7. 표고기준점 증가에 따른 오차감소현상

또한 다음의 비교는 본 연구의 결과를 동일한 시험지역에 대하여 기존의 정밀도화기를 사용한 A.T.의 조정결과의 비교한 것이다.

표 2. 표준편차 비교

| 기준점 간격 \ 사용도화기 | AVIOLYT BC2 | | Autograph A-8 | |
|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | σ_{opl} | σ_{oh} | σ_{opl} | σ_{oh} |
| 2모델 | 0.079 | 0.086 | 0.086 | 0.153 |
| 4모델 | 0.081 | 0.091 | 0.087 | 0.158 |

표 3. 검증점 교차 비교

| 기준점 간격 \ 사용도화기 | AVIOLYT BC2 | | Autograph A-8 | |
|----------------|-------------|-------|---------------|-------|
| | U_{xy} | U_H | U_{xy} | U_H |
| 2모델 | 0.093 | 0.122 | 0.123 | 0.116 |
| 4모델 | 0.112 | 0.136 | 0.157 | 0.171 |

〈표2〉에서 볼 수 있듯이 해석도화기(BC2)를 사용한 경우가 정밀도화기(A-8)를 사용한 경우보다 전체적으로 평면에서 약 7%, 표고에서 약 40% 정도의 정확도를 향상시킬 수 있었다. 또한 〈표3〉에서 알 수 있듯이 검증점 교차의 정확도 향상의 정도는 평면에서 약 25%내이었으나 표고에서는 2모델 기준점 간격의 경우에 오히려 정확도가 감소해 전체적으로는 극히 미소한 정확도의 향상을 가져왔다.

(2) 分析 및 考察

사진기준점측량에서 해석도화기를 이용한 독립모델조정에 있어서 요구되는 조정 좌표의 정확도는 스위스 WILD사에서 펴낸 "A practical guide to independent-model triangulation"에 따르면 다음과 같다.

〈Under good condition〉

- 사진축척 : 1 : 5000
- 사용도화기 : 해석도화기 AC1, BC1, BC2
- 해석도화기의 관측 정밀도 : 1 μm

평면 표준편차 $\sigma_{xy} = +10 \mu m$

(지상 5cm)

표고 표준편차 $\sigma_z = +15 \mu\text{m}$
(지상 7.5cm)

그런데 본 연구에서 해석도화기 AVIOLYT BC2를 이용하여 수행한 시험지역의 사진 기준점측량의 성과의 정확도는 $\sigma_{opl}=14.2\mu\text{m}$ (지상 7.1cm), $\sigma_{oh}=16.6\mu\text{m}$ (지상 8.3cm)로 위의 정확도를 만족시키지 못하다. 따라서 정확도를 향상시키기 위하여 STRIPKA조정에 의하여 각 스트립에서 가장 큰 잔차를 나타내고 있는 기준점 308301, 303103, 407102에 重量(Weight)을 0으로 주어 조정과정에서 이 점들의 영향을 없애고 블럭 조정을 실시한 결과 $\sigma_{opl}=0.071\text{m}$, $\sigma_{oh}=0.081\text{m}$ 로 표고에서만 미소한 정확도 향상을 가져왔다. 이는 전체적인 모델관측의 정확도가 떨어지는 것을 의미하며 그 이유로는 우선 해석도화기를 시험적으로 이용하는 데서 온 것이며, 둘째로는 사진상에 포함된 여러가지 誤差(촬영당시의 기상조건 및 Calibration의 不完全에 의한 오차)에 기인한다고 생각한다.

또한 시험지역의 사진기준점측량 성과가 公共測量의 측량성과 심사기준에 적합한가를 판정하기 위하여 다음과 같이 분석하였다. 공공측량(지적측량 포함) 기준점으로 요구되는 정확도는 1급-4급 기준점에 있어서 10cm로, 본 연구의 결과는 위의 기준을 만족시키므로 공공측량의 기준점으로 가능하나 대공표지의 관리 및 복원의 어려움등의 문제를 안고 있다.

國立地理院에서 펴낸 <항공사진측량 작업내규>(1988. 5. 개정)에 따르면 調整座標의 殘差의 한계로써 평면위치와 표고 모두 표준편차 0.2%Z, 최대잔차 0.4%Z(Z는 촬영비행고도)로 규정하고 있다.¹⁹⁾ 따라서 시험지역에서의 촬영비행고도가 750m이므로 평면위치와 표고 모두 표준편차(σ_0)는 0.15m, 최대잔차(Vmax)는 0.30m 이내 이어야 한다. <그림3>과 같이 기준점 간격의 변화에 따른 각 CASE별 調整結果는 다음과 같다.

<표 4>에서 괄호내의 값은 대공표지가 파손된 점으로 이 점을 제외하면 CASE 4.의 표고의 최대잔차만을 제외하고는 모두 위의 기준을 만

표 4. 각 CASE별 조정결과

| 결과 CASE | σ_{opl} | σ_{oh} | V_{xmax} | V_{ymax} | V_{zmax} |
|------------|----------------|---------------|------------|------------|--------------|
| 예비조정 | 0.071 | 0.083 | 0.050 | 0.065 | 0.118 |
| CASE 1. | 0.076 | 0.086 | 0.080 | 0.156 | 0.196(0.325) |
| CASE 2. | 0.079 | 0.089 | 0.084 | 0.113 | 0.265(0.390) |
| CASE 3. | 0.081 | 0.091 | 0.116 | 0.194 | 0.253(0.357) |
| CASE 4. | 0.088 | 0.093 | 0.212 | 0.179 | 1.975 |

족시킨다. CASE 4.에서는 블럭의 4모퉁이에 평면 및 표고 기준점을 배치한 경우로서 표고 기준점의 수가 부족하다는 것을 알 수 있다. 또한 위의 조정결과를 통해서 縮尺 1:1000이상의 大縮尺 地圖製作의 標定點으로서의 적합성은 4 모델 기준점 간격(control spacing)에서도 가능하다는 것을 알 수 있었으며 시험블럭을 더욱 크게하여 사진기준점측량을 실시한다면 기준점 간격을 늘어날 것으로 사료된다.

5. 結 論

본 연구에서는 시험지역을 설정하고, 해석도화기를 이용하여 독립모델법에 의한 사진기준점측량을 실시하고 그 조정결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 해석도화기를 사용하였을 때에 기존의 정밀도화기를 사용한 경우보다 평면에서 약7%, 표고에서 약40%정도의 정확도 향상을 가져왔다.
- (2) 기준점 간격(control spacing)이 4모델일때도 축척 1:1000 이상의 대축척 지형도 제작시 표정점 및 공공측량시에 공공측량 기준점으로서 사용가능함을 알 수 있었으며 추후 보다 더 큰 시험지역에 대한 연구검토가 요망된다.
- (3) 본 연구의 결과가 해석도화기를 사용한 A.T.의 期待正確도에 미치지 못하는 이유는 해석도화기의 시험적 사용 및 사진의 質(quality)에 관계된 것으로 판단된다.

끝으로 여러가지 software를 이용하여 해석도화기의 On-Line System을 적극적으로 활용한다면 Gross Error Detection에 의한 正確度

의 向上뿐만 아니라 基準點 設定(Densification), 수치지도 제작(Digital Mapping), 主題

圖(Thematic Map) 작성, 地籍測量에의 활용 등이 기대된다.

參考文獻

1. 崔在和, 1988, “航空寫眞測量에서의 基準點 成果에 對한 正確度の 比較 評價에 關한 研究.
2. 日本測量協會, 1981, “現代測量學 제6권 寫眞測量” pp. 329-353, 371-473.
3. Moffitt, H., 1980, “PHOTOGRAMMETRY” 3rd ed, Harper & Row, pp.427-452, 621-630.
4. Bouloucos, T., 1984, “Quality Control of Point Determination Systems” ITC Lecture Note.
5. Ackermann, F., 1978, “Accuracy of Aerial Triangulation” ITC Lecture Note.
6. Amer, F., 1978, “Adjustment of Aerial Triangulation” ITC Lecture Note.
7. Jorgensen, J.B., 1980, “A Comparison of the Precision and Reliability of Terrestrial Coordinates with Those Obtained from Photometry” ITC MSc Thesis.
8. Henriksen, S.W., 1984, “Photogrammetric Geodesy over Large Regions” ASP Journal Vol. 50 No.5, pp. 557-575.
9. Hakim, S.F.El and W.Faig, 1981, “A Combined Adjustment of Geodetic and Photogrammetric Observations” ASP Journal Vol. 47 No. 1, pp. 93-99.
10. Gruen, A., 1983, “Phototriangulation with Analytical Plotters” *Journal of Surveying Engineering* Vol. 109 No. 1, pp. 6-13.
11. Amer, F., 1981, “Theoretical Reliability of Elementary Photogrammetric Procedure Part 1, 2” ITC Journal, 1981-3, 4 pp.278-307, 435-459.
12. El Ghazali, 1985, “Post Analysis in Block Adjustment” ITC Journal, 1985-3.
13. Amer, F., 1980, “Aerial Triangulation : Accuracy Improvement and Quality Control” ITC Journal, pp. 582-605.
14. Lucas, J.R., 1987, “Aerotriangulation without Ground Control” ASP Journal Vol. 53 No. 3, pp. 311-314.
15. 日本寫眞測量學會, 1983, “解析寫眞測量”, pp. 10-33, 113-125.
16. 日本測量協會, 1988, “測量實務ハンドブック” 개정 제6판, pp. 315-335.
17. 國立地理院, 1980, “측량성과 심사기준(안) 및 동해설” (10. 공공측량).
18. 國立地理院, 1987, “정밀이차 기준점측량 작업규정”.
19. 國立地理院, 1988, “항공사진측량 작업내규”.
20. Leupin, M., 1985, “A practical guide to independent-model aerial triangulation” WILD Heerbrugg Ltd.
21. “AVIOLYT BC2 Instruction Manual”, WILD Heerbrugg Ltd. 1987