

過高感과 標高測定精密度와의 相關關係에 關한 研究

A Study on the Correlation between Visual Excess and Height Measuring Precision

崔 在 和* 尹 弘 植**
Choi Jae-Hwa Yun Hong-Sic

要 旨

本 論文은 實體視 測定에 있어서 발생하는 過高感和 標高測定の 精密度와의 相關關係를 實驗에 의하여 究明하고자 한 것이다.

一般적으로 過高感が 크면 클수록 標高測定の 精密度가 높아진다는 사실이 알려져 있을뿐, 正確한 究明이 되어 있지 않다. 따라서 本 研究에서는 過高感에 대한 理論을 再定立하고 이것을 實驗에 의하여 究明하고자 하였다.

實驗結果에 의하여 過高感和 標高測定の 精密度는 直接 比例關係가 成立하고 過高感が 클수록 標高測定の 精密度가 높다는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In a stereoscopic measurements on the aerial photogrammetric works, it is in general understood that the larger and the larger is a vertical scale exaggeration, the better and the better is height measuring precision.

Despite the success with which a stereoscopic measurement has been applied to contour mapping as well as spot height measurement, no generally accepted theory for visual excess has yet been developed.

This experiments aim at arrangement of a correlation between visual excess and height measuring precision.

The stereoscopic measurements with parallax bar in the mirror stereoscope are carried out on the test model of which consists normal angle, wide angle and super wide angle respectively

With the result of this experiments, it is concluded that height measuring precision is proportional to the magnitude of visual excess.

* 成均館大學校 工學大學 副教授
** 成均館大學校 大學院 碩士課程

1. 序 論

寫眞이 撮影될 때에 카메라의 露出中心點(exposure station/perspective center)의 位置를 確定시킬 수 있으면 우리는 그 寫眞이 갖고 있는 빛다발(bundle of ray)을 利用하여 逆過程을 통하여 寫眞이 撮影될 때의 現狀을 再現(restitution)시킬 수 있다. 그러나 中心投影의 特性에 의하면 地面의 諸點을 地圖面에 再現시키는 것은 불가능할 정도로 어려운 일이므로 두 寫眞으로부터 나오는 빛다발을 利用하여 서로 對應하는 地點의 光線을 交叉시킴으로써 地面上의 諸點의 位置를 確定할 수 있다. 실제로 사람의 눈은 이러한 기능을 하고 있으며, 왼쪽 눈과 오른쪽 눈은 어떤 特定點을 바라본 視感이 약간 차이가 있게 된다. 이 視感을 腦에 전달하게 되면 그 特定點은 사람에게 3次元의 印象(three dimensional impression)을 주게 된다.

우리는 이것을 自然的 實體視(natural stereoscopic vision) 또는 雙眼視(binocular vision)라고 하며, 이 原理를 利用하여 平面的(2次元의) 寫眞을 空間的(3次元의) 感賞(perception)을 얻을 수 있도록 撮影한 두 장으로 된 한 쌍의 寫眞을 實體鏡(stereoscope)을 利用하여 測定하는 것을 實體視測定이라고 한다.

이 實體視測定에서 우리는 실제의 地形보다 더 誇長되어 보이는 現狀을 經驗하게 된다. 이 現狀을 過高感(visual excess)이라고 한다.

이러한 過高感의 效果는 一般적으로 地形의 標高나 傾斜率을 測定하는 데에 있어서 그 測定精密度를 높여 준다는 사실이 발견된 이후, 過高感에 대한 많은 研究가 있었다.

1953年 Goodal, E. R은 實體視에서 過高感を 決定하기 위한 近似方程式을 發表하였으며, 같은 해에 Thurrell, R. F는 實體視모델에서의 過高感의 效果에 대한 理論을 發表하였다.

1955年 Treece, W. A에 의해 實體視에서의 過高感의 推定에 관한 研究結果가 發表되었고, 1956年 Singleton, R은 過高感和 認知모델을 관

련시켜서 研究한 結果를 發表하였다.

1960年 Miller, C. I는 실제모델상에서 過高感의 利用에 관한 研究結果를 發表하였고, 1962年 E. Raiz는 過高感 $V. E = \sqrt{\text{Scale in miles per inch}}$ 라는 式을 發表한 바 있다. 그 외에도 過高感和 관련된 많은 研究가 있었으나 過高感を 효과적으로 利用할 수 있는 방법은 아직까지 發表되지 않고 있는 실정이다.

現在 過高感에 관한 公式이 10여개가 발표되어 있으나 많은 差異가 있으며 가장 代表的이라고 할 수 있는 것은 1960年 Miller, C. I가 발표한 鉛直縮尺(vertical scale)과 水平縮尺(horizontal scale)과의 比 즉, 基線-高度比(base-height ratio)에 대한 眼基線比(眼基線長 對 明視距離의 比)의 比率으로써 表示할 수 있다.

따라서 本 研究에서는 Miller, C. I의 研究結果를 토대로 하여 過高感이 實體視測定에서 標高測定에 미치는 영향 즉, 標高測定の 精密度에 미치는 영향을 실험에 의하여 究明하고자 한다.

2. 理論的 考察

2.1 過高感 (Visual Excess/Vertical Exaggeration)

航空寫眞을 實體視하게 되면 正常的인 條件下에서는 實體모델의 鉛直縮尺(vertical scale)이 水平縮尺(horizontal scale)보다 더 크게 되므로 실제의 地形보다 더 誇長되어 높게 보이는데 이러한 標高의 誇張효과를 過高感(Visual Excess/Vertical Exaggeration)이라고 한다.

즉, 過高感은 實體모델에서 對象物의 높이를 더 높게 誇張시켜 보이게 하므로 過高感이 클수록 對象物의 높이는 더 높게 보이게 되고, 이때에 對象物의 높이를 測定하게 되면 그만큼 더 精密한 測定을 할 수 있게 되는 것이다.

過高感은 一般적으로 60%의 重複度를 가지는 航空寫眞에서 撮影基線長(B)과 撮影高度(Z)와의 比, 즉 基線-高度比(base-height ratio; B/Z)가 사람의 眼基線比(眼基線長(E)과 明視距離(z)와의 比; E/z)보다 더 크게 되는 경우에 발생하는 것인데 一般적으로

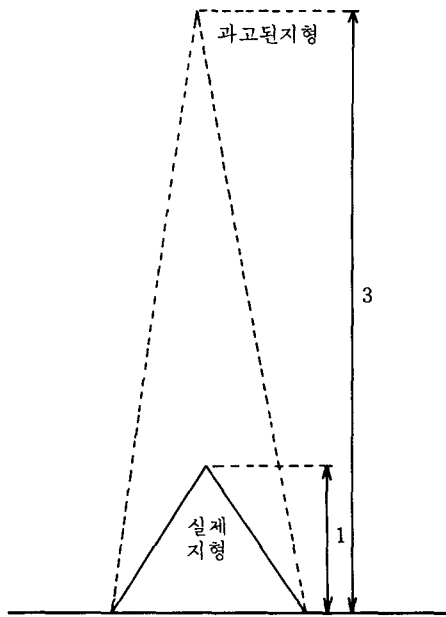


그림 2-1. 過高感의 發生

$$V.E. = \frac{B}{Z} \cdot \frac{z}{E} \quad (2-1)$$

로 表示한다.

이러한 過高感 現狀은 一般的으로 생각할 수 있는 擴大(enlargement)와는 전혀 다른 것이며, 그 發生原因에 대한 正確한 理論은 證明되어 있지 않고, 다만 過高感에 영향을 주는 要因들의 몇몇 가지가 理論的 研究와 實驗을 통하여 究明되어 있을 뿐이다. 그림 2-1은 過高感 現狀을 表示한 것이다.

2.2 過高感의 決定

1. 攝影基線長 (B)
2. 攝影高度 (Z)
3. 카메라의 畫面距離 (c)
4. 明視距離 (z)
5. 眼基線長 (E)
6. 寫眞間隔 (l)

以上の 要因들은 많은 理論的 研究와 實驗을 통하여 究明된 것으로서 攝影基線長, 攝影高度, 카메라의 畫面距離는 寫眞에 따른 變數로 취급

되며, 明視距離, 眼基線長 및 寫眞間隔은 實體視에 관계되는 變數로 취급된다. 그러나 一般的으로 카메라의 畫面距離, 明視距離, 寫眞間隔 및 眼基線長은 거의 一定하며, 서로 相殺作用을 하므로 過高感에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 취급된다.

이들 要因들은 過高感과는 다음과 같은 關係를 가진다.

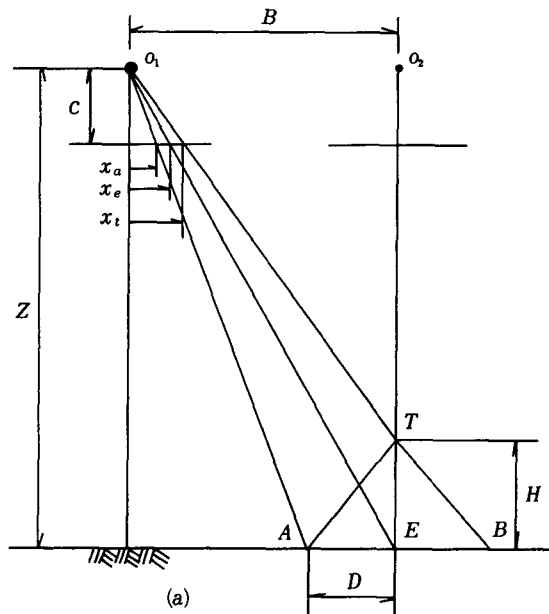
- 攝影基線長은 過高感에 直接 比例한다.
- 攝影高度는 過高感和 逆比例한다.
- 카메라의 畫面距離는 過高感和 逆比例한다.
- 明視距離는 過高感和 直接 比例한다.
- 眼基線長은 過高感和 逆比例한다.
- 寫眞間隔은 過高感和 直接 比例한다.

즉,

$$V.E. \propto \frac{Blz}{ZcE} \quad (2-2)$$

로 表示할 수 있다. 하지만 畫面距離 (c)와 寫眞間隔 (l)은 거의 一定하므로 相殺되어 큰 영향을 주지 않으므로 무시하고 式 (2-1)과 같이 基線一高度比 (B/Z)와 眼基線比 (眼基線長 對 明視距離의 比 : E/z)의 比率로써 表示된다. 이것은 또한 다음과 같이 數式的으로 誘導할 수 있다.

그림 2-2은 過高感을 數式的으로 誘導하기 위하여 한쪽 寫眞의 攝影中心點의 位置를 피라미트



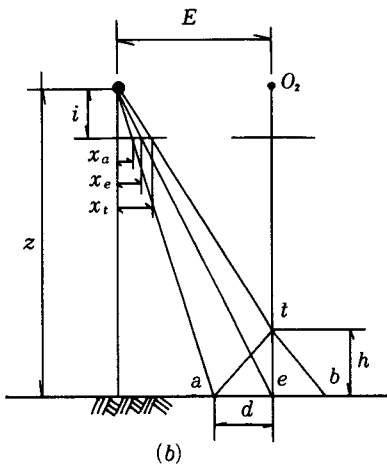


그림 2-2. 過高感의 數式的 誘導

(pyramid)의 頂點에 一致시켜 構成한 鉛直寫眞과 그 寫眞의 實體視를 圖示한 것이다.

그림 2-2의 (a)의 相似三角形으로부터

$$\frac{x_t}{B} = \frac{c}{Z-H}$$

$$\therefore x_t = \frac{Bc}{Z-H}$$

또는

$$\frac{x_e}{B} = \frac{c}{Z} \quad \therefore x_e = \frac{Bc}{Z} \quad (2-4)$$

식 (2-3)에서 式(2-4)를 빼면

$$\begin{aligned} x_t - x_e &= \frac{Bc}{Z-H} - \frac{Bc}{Z} \\ &= \frac{BcZ - Bc(Z-H)}{(Z-H)Z} = \frac{BcH}{Z^2 - ZH} \quad (2-5) \end{aligned}$$

그림 (b)의 相似三角形으로부터

$$\frac{x_t}{E} = \frac{i}{z-h}$$

$$\therefore x_t = \frac{Ei}{z-h} \quad (2-6)$$

또한,

$$\frac{x_e}{E} = \frac{i}{z}$$

$$\therefore x_e = \frac{Ei}{z} \quad (2-7)$$

식 (2-6)에서 式(2-7)을 빼면

$$\begin{aligned} x_t - x_e &= \frac{Ei}{z-h} - \frac{Ei}{z} \\ &= \frac{(z-h)Ei - Eiz}{(z-h)z} = \frac{Eiz}{z^2 - zh} \quad (2-8) \end{aligned}$$

로 表示할 수 있다.

式(2-5)와 式(2-8)을 같게 놓으면

$$Bc \frac{H}{Z^2 - ZH} = Ei \frac{h}{z^2 - zh}$$

여기서 H와 h는 Z와 z에 비하여 매우 작으므로

$$\frac{BcH}{Z^2} \doteq \frac{Eih}{z^2}$$

로 表示할 수 있다.

이것을 鉛直縮尺으로 表示하면

$$\frac{h}{H} = \frac{cz}{Zi} \cdot \frac{Bz}{ZE} \quad (2-9)$$

로 된다.

그림 2-2의 (a), (b)의 相似三角形으로부터

$$\frac{x_e - x_a}{D} = \frac{c}{Z} \quad (= \frac{1}{S})$$

$$\therefore D = (x_e - x_a) \frac{Z}{c} \quad (2-10)$$

$$\frac{x_e - x_a}{d} = \frac{i}{z} \quad (= \frac{1}{S})$$

$$\therefore d = (x_e - x_a) \frac{z}{i} \quad (2-11)$$

로 表示하고, 式(2-11)을 式(2-10)으로 나누어 整理하면 水平縮尺으로 表示할 수 있다.

즉,

$$\frac{d}{D} = \frac{cz}{Zi} \quad (2-12)$$

式(2-9)에 式(2-12)를 代入하면,

$$\frac{h}{H} = \frac{d}{D} \cdot \frac{Bz}{ZE} \quad (2-13)$$

으로 表示되며, 만일 式(2-13)에서 Bz/ZE 項이 1이라고 하면 實體모델의 過高感은 전혀 없음을 알 수 있다.

따라서 過高感은

$$V.E. = \frac{h}{H} / \frac{d}{D} \doteq \frac{B}{Z} \cdot \frac{z}{E} \quad (2-14)$$

로表示되어式(2-1)과 같이 基線-高度比(B/Z)와 眼基線比(E/z)로表示됨을 알 수 있다.

그러나式(2-14)에서 眼基線比(E/z)는 거의一定하므로 過高感은 大部分 基線-高度比(B/Z)에 의해 영향을 받는다.

이 基線-高度比는 그림 2-3의 關係로부터 寫眞上에서 쉽게 決定할 수 있다.

이 基線-高度比는 그림 2-3의 關係로부터 寫眞上에서 쉽게 決定할 수 있다.

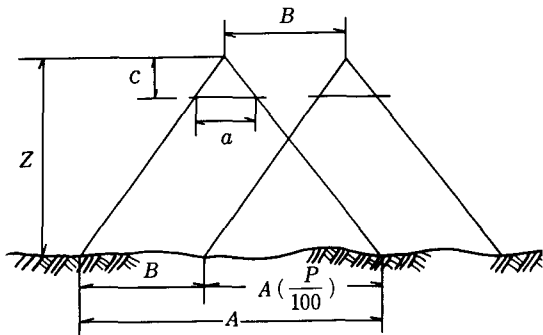


그림 2-3. 基線-高度比

그림 2-3에서

- B : 撮影基線長
- Z : 撮影高度
- c : 카메라의 畫面距離
- P : 重複度(보통 60%)

a : 畫面規格의 一邊長

A : 對地包括面積의 一邊長

로表示하면

$$B = A - A \cdot \frac{P}{100} = A \left(1 - \frac{P}{100}\right) \quad (2-15)$$

그림 2-3의 相似三角形으로부터

$$\frac{Z}{A} = \frac{c}{a} \quad \therefore Z = \frac{cA}{a} \quad (2-16)$$

式(2-15)를式(2-16)으로 나누어 整理하면

$$B/Z = \left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot \frac{a}{c} \quad (2-17)$$

로 된다.

式(2-17)에서 $\left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot a$ 는 寫眞基線長(b)이므로

$$B/Z = b/c \quad (\text{여기서, } \frac{c}{Z} = \frac{b}{B} = \frac{1}{S} = \text{縮尺}) \quad (2-18)$$

로表示할 수 있다.

一般的으로 基線-高度比(B/Z)는 寫眞基線長(b)에 對한 畫面距離(c)의 比로써表示하며, 그 값은 카메라의 形態에 따라서 決定된다.

現在 주로 사용되고 있는 카메라로써는 普通角(Normal Angle), 廣角(Wide Angle) 및 超廣角(Super Wide Angle)이며 이들에 대한 基線-高度比(b/c)는 表2-1과 같다.

지금 實體모델에서 그림 2-4와 같이 觀測者의 平均眼基線長(約 65mm)과 明視距離(約 250mm)에 대한 카메라의 形態別 基線-高度比(b/c)와

表2-1. 카메라의 形態에 따른 基線-高度比

카메라의 種類	普通角카메라 (Normal Angle)	廣角카메라 (Wide Angle)	超廣角카메라 (Super Wide Angle)
렌즈의 種類	普通角 렌즈	廣角 렌즈	超廣角 렌즈
렌즈 角	약 60°	약 90°	약 120°
畫面 距離	8 $\frac{1}{4}$ " (210mm)	6" (152mm)	3 $\frac{1}{2}$ " (88mm)
寫眞 規格	7" × 7" (18cm × 18cm)	9" × 9" (23cm × 23cm)	9" × 9" (23cm × 23cm)
基線-高度比의 計 算 值	$B/Z = \left(1 - \frac{60}{100}\right) \frac{180}{210}$ $\doteq 1/3$	$B/Z = \left(1 - \frac{60}{100}\right) \frac{230}{153}$ $\doteq 3/5$	$B/Z = \left(1 - \frac{60}{100}\right) \frac{230}{88}$ $\doteq 23/22$

의 關係에 의하여 過高感을 計算하면 表2-2와 같다.

表2-2로부터 基線-高度比와 過高感과의 關係를 圖式的으로 表示하면 그림 2-5와 같은 線形

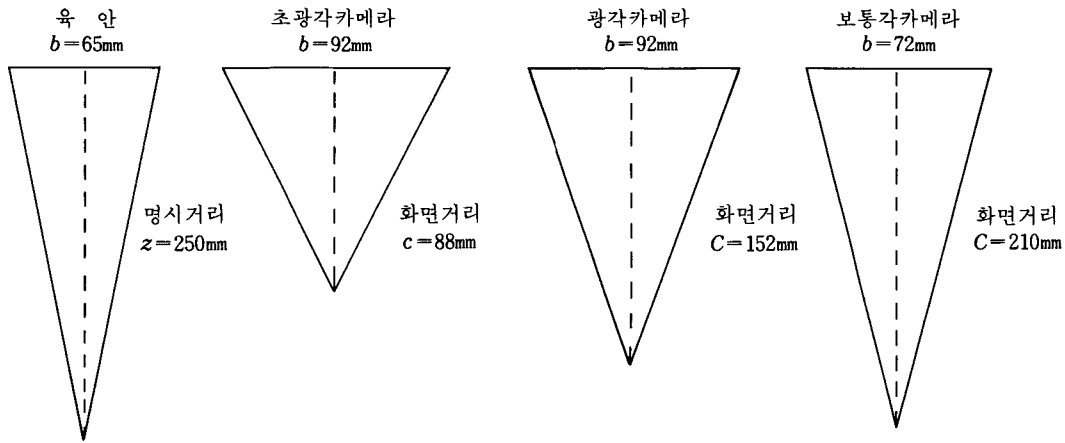


그림 2-4. 過高感과 基線-高度比

表2-2. 基線-高度比에 따른 過高感의 計算

基線-高度比 (B/Z)	眼基線長 (E)	明視距離 (z)	過高感의 計算
$\frac{1}{3}$	65mm	250mm	$V.E. = \frac{B}{Z} \cdot \frac{z}{E} = \frac{1}{3} \cdot \frac{250}{65} \approx 1.3$
$\frac{3}{5}$	65	250	$V.E. = \frac{B}{Z} \cdot \frac{z}{E} = \frac{3}{5} \cdot \frac{250}{65} \approx 2.3$
$\frac{23}{22}$	65	250	$V.E. = \frac{B}{Z} \cdot \frac{z}{E} = \frac{23}{22} \cdot \frac{250}{65} \approx 4.0$

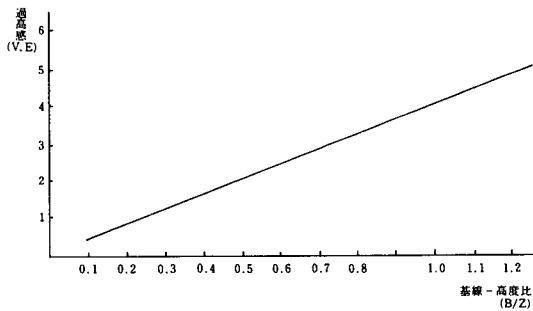


그림 2-5. 過高感에 대한 基線-高度比의 影響

的인 比例關係를 이룬다는 것을 알 수 있으며, 普通角 카메라의 경우에는 실제地形보다 약 1.3배, 廣角카메라는 약 2.3배 그리고 超廣角카메

라는 약 4배 程度의 過高感이 發生한다는 것을 알 수 있다. 따라서 實體視의 標高測定の 精密度는 超廣角>廣角>普通角 순으로 나타나게 된다.

2.3 標高測定方法

航空寫眞의 實體모델상에서 標高를 測定하기 위해서는 視差(parallax)를 測定하여야만 한다.

그림 2-6에서 地面의 特定點 A는 왼쪽 寫眞에서는 a'像을 오른쪽 寫眞에서는 a''像을 각각 남긴다. 그림에서 寫眞을 透明陽畫面(diapositives)으로 그려져 있고, 그림 2-7 (a)는 두 寫眞의 鉛直點 n', n''가 겹쳐져 있는 상태이다.

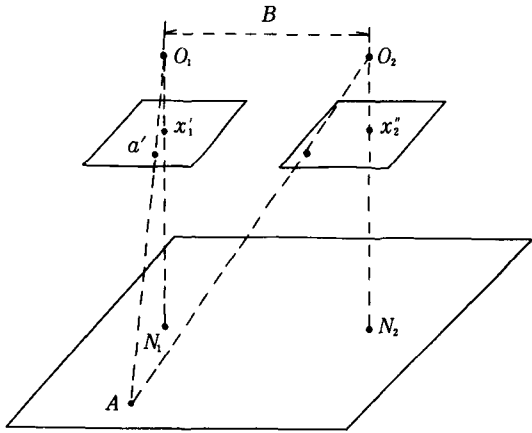


그림 2-6. 實體視 寫眞에서의 點의 位置

이 때의 $\overline{a'a''}$ 의 線分을 A점의 實體視의 視差라고 定義하고 P_A 로 表示한다. 實體鏡을 使用하여 視差를 測定할 때에는 그림 2-7의 (b)와 같이 두 寫眞을 일정한 間격으로 서로 떼어 놓게 된다. 이러한 경우에는 飛行線이 일직선상에 놓이게 되고, 이 때의 視差는 다음과 같이 表示된다.

$$P_A = \overline{a'a''} - \overline{n'n''}$$

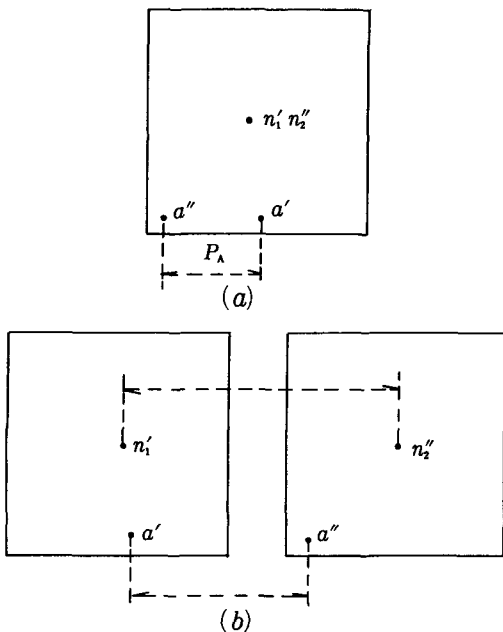


그림 2-7. 두 寫眞을 포개 狀態와 떼어 狀態

實體寫眞에서는 이러한 視差를 測定함으로써 對象物의 높이를 測定할 수가 있다.

지금 그림 2-8은 2個의 露出中心點에서 피라미트 (pyramid)을 投影한 것이다.

두 寫眞을 鉛直點이 一致하도록 서로 포개어 놓게 되면 $P_T = \overline{t't''}$ 이고 $P_A = \overline{a'a''}$ 와는 차이가 남을 알 수 있다.

뿐만아니라 $P_A = P_B = P_C = P_D \neq P_T$ 임을 알 수 있다. 그림에서 t' 와 t'' 는 起伏變位 (relief)때문에 偏心이 생겨 있고, A, B, C, D, 點들은 모두 동일한 基準面위에 있으므로 起伏變位가 없는 것이다. 즉,

$$P_A - P_T = \Delta P_{AT} = (\overline{a'a''} - \overline{n'n''}) -$$

$$(\overline{t't''} - \overline{n'n''}) = \overline{a'a''} - \overline{t't''}$$

$$P_A - P_B = \Delta P_{AB} = (\overline{a'a''} - \overline{n'n''}) - (\overline{b'b''} - \overline{n'n''})$$

$$= \overline{a'a''} - \overline{b'b''}$$

.....

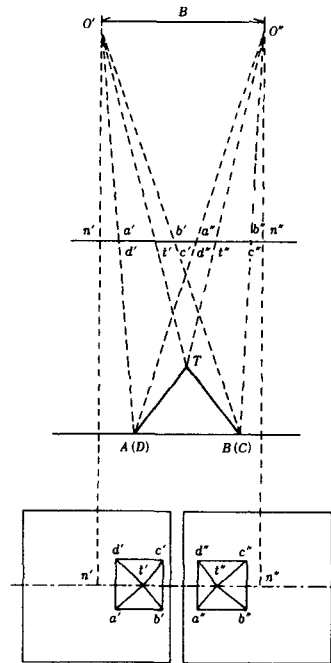


그림 2-8. 視差의 差와 높이의 差

그림 2-8에서 $\overline{a'a''} = \overline{b'b''} = \overline{c'c''} = \overline{d'd''}$ 이므로
 $\Delta P_{AB} = \Delta P_{AC} = \Delta P_{AD} = \Delta P_{BC} = \Delta P_{BD} = \Delta P_{CD} = 0$
 으로 된다.

위 사실을 마무리하여 보아 視差差(parallax difference)와 標高差는 직접적인 관계가 있음을 알 수 있다.

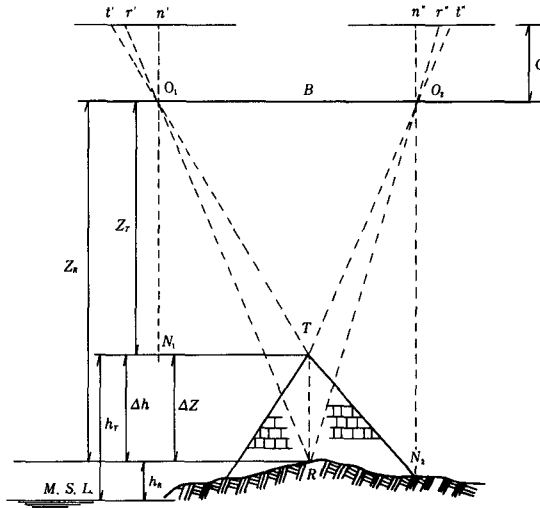


그림 2-9. 視差公式

그림 2-9에서

$$\Delta r'Rr'' \sim \Delta O_1RO_2 \text{ 이므로}$$

$$\overline{r'r''}/B = (Z_R + c)/Z_R$$

따라서,

$$\overline{r'r''} = B \cdot (Z_R + c)/Z_R \quad (2-19)$$

$\Delta t'Tt'' \sim \Delta O_1TO_2$ 이므로

$$\overline{t't''}/B = (Z_T + c)/Z_T$$

$$\overline{t't''} = B \cdot (Z_T + c)/Z_T \quad (2-20)$$

式 (2-19)에서

$$Z_R = \frac{B \cdot c}{\overline{r'r''} - B} = \frac{B \cdot c}{\overline{r'r''} - n'n''} = \frac{B \cdot c}{P_R} \quad (2-21)$$

式 (2-20)에서 위와 같은 방법으로

$$Z_T = \frac{B \cdot c}{P_T} \quad (2-22)$$

로 되며, 그림 2-13에서 基準面으로부터 方向을 잡으면

$$\Delta Z = Z_T - Z_R \quad (2-23)$$

이 된다.

式 (2-23)에 式 (2-21), (2-22)를 代入하면,

$$\Delta Z = B \cdot c \left(\frac{1}{P_T} - \frac{1}{P_R} \right) = \frac{B \cdot c (P_R - P_T)}{P_R \cdot P_T}$$

$$= \frac{B \cdot c}{P_R} \times \frac{P_R - P_T}{P_T} \quad (2-24)$$

이 되고 $\Delta P_{RT} = P_T - P_R$ 이라고 하면

式 (2-24)는

$$\Delta Z = Z_R \cdot \frac{(-) \Delta P_{RT}}{P_R + \Delta P_{RT}} \quad (2-25)$$

로 表示된다.

그림에서 $\Delta Z = -\Delta h$ 이므로 式 (2-25)는 다음과 같이 된다.

$$\Delta h = Z_R \cdot \frac{\Delta P_{RT}}{P_R + \Delta P_{RT}} \quad (2-26)$$

그런데 그림의 左右寫眞의 鉛直點과 露出中心點을 각각 一致시키면 ($n' \equiv n''$, $O_1 \equiv O_2$)

$$\Delta r'Rr'' \sim \Delta O_1RO_2 \text{ 이므로}$$

$$\overline{r'r''}/B = c/Z_R \left(\frac{c}{Z} = \frac{b}{B} = \frac{1}{S} : \text{縮尺} \right)$$

의 關係가 成立된다.

$$\text{따라서, } \overline{r'r''} = B \cdot \frac{c}{Z_R}, P_R = B \cdot \frac{1}{S_{PR}}$$

로 $P_R = b$ (寫眞基線長, 單位: mm)로 된다.

그러므로 式 (2-26)은

$$\Delta h = Z_R \cdot \frac{\Delta P_{RT}}{b + \Delta P_{RT}} \quad (2-27)$$

로 表示한다.

3. 實驗 및 結果分析

3.1 實驗概要

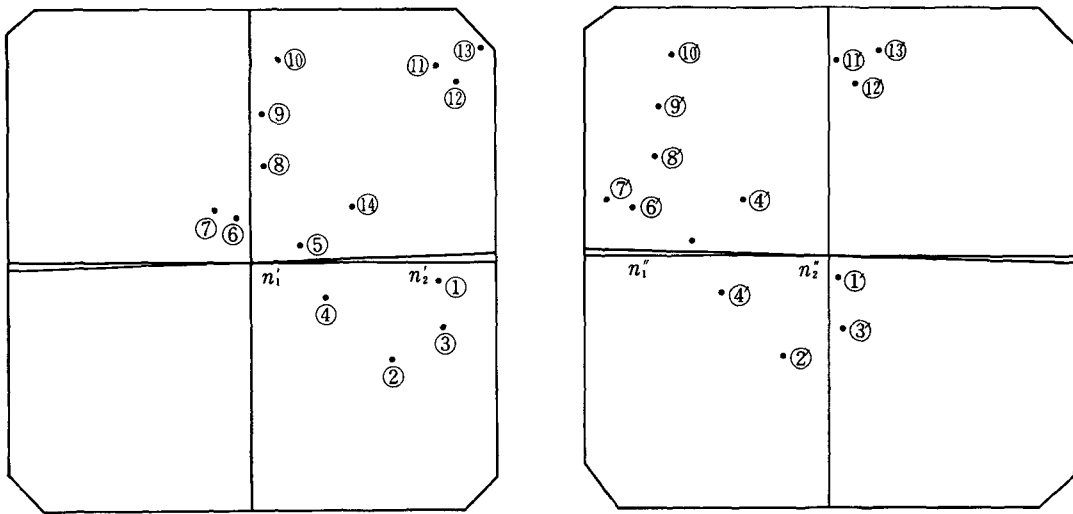
本 研究에서는 原則적으로 同一한 地域을 選定하여 超廣角(S. W. A), 廣角(W. A) 및 普通角(N. A) 카메라로 撮影한 同一한 縮尺의 寫眞을 이용하여야 하며, 測定點에 대한 既存成果나 실제 水準測量을 실시하여야 하지만, 이러한 條件을 만족시키는 데에는 制限된 時間과 막대한 經

費등으로 인하여 거의 불가능하므로 研究目的에 적합한 實驗을 實施하지 못하고 既存資料를 이용하여 제한된 測定을 실시하였다.

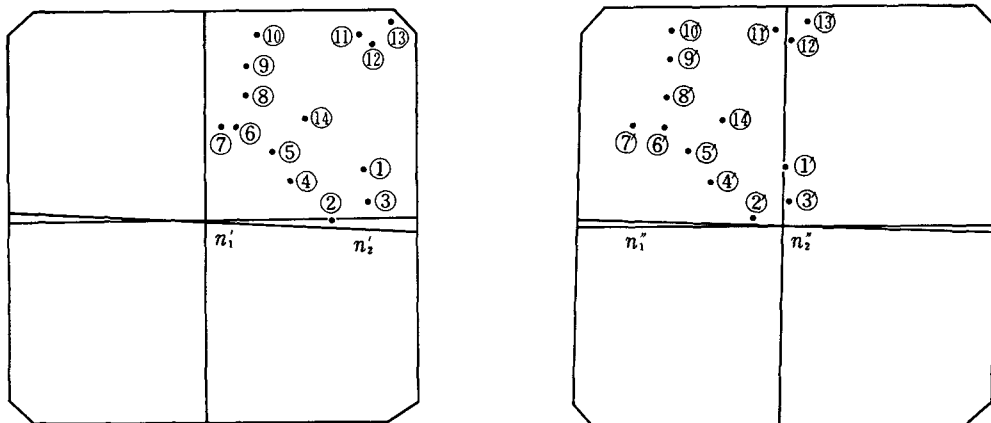
測定은 視差測定法에 의하였으며, 廣角과 普通角을 基準資料로 하여 市街地(urban), 丘陵地(open) 및 山岳地(hilly)를 選定하였고, 地形別로 각각 同一한 地點을 임의로 選定하여 測定하였다. 또한 超廣角은 既存資料의 制限으로 인하여 市街地만을 택하여 同一한 地域의 廣角과 比較하였다.

測定點은 각 寫眞別로 透明陽畫面(diapositives)과 印畫寫眞面上(paper prints)에서 14點을 임의로 選定하였으며, 각 測點마다 각각 5回씩 10回를 測定하여 그 算術平均($\bar{h} = \frac{\sum h_i}{n}$)과 標準偏差($\sigma = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$)을 計算하였으며, 同一한 測定點의 標準偏差를 각각 比較하였다.

또한 카메라의 형태별로, 즉 過高感의 係數別로 全體 標準偏差의 平均을 구하여 分析하였다.



(a) 超廣角의 測定點 配置圖



(b) 廣角의 測定點 配置圖

그림 3-1. 超廣角-廣角의 測定點 配置圖(市街地)

本實驗에서 신청한 實驗地域과 使用機器 및 材料의 概要는 다음과 같다.

1. 實驗地域의 選定

(1) 카메라의 形態 { 超廣角(S. W. A)
 { 廣角(W. A)

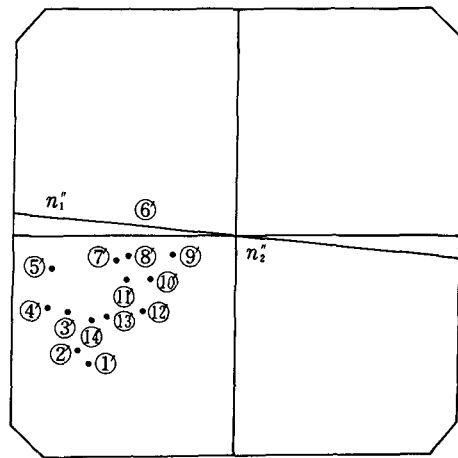
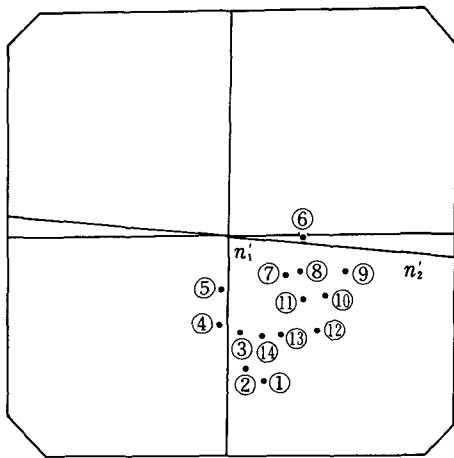
- ① 地形：市街地
- ② 位置：Conway, South Carolina, United States.
- ③ 測定點의 配置：그림 3-1 참조 (14點)

(2) 카메라의 形態 { 廣角(W. A)
 { 普通角(N. A)

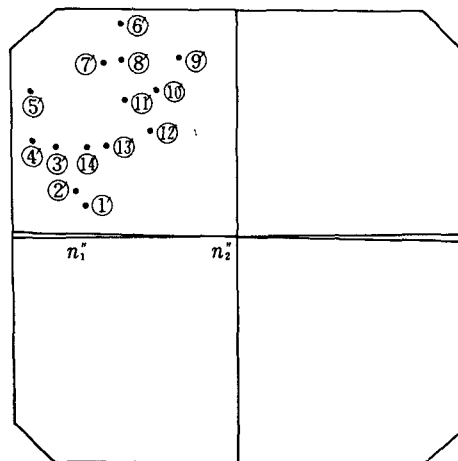
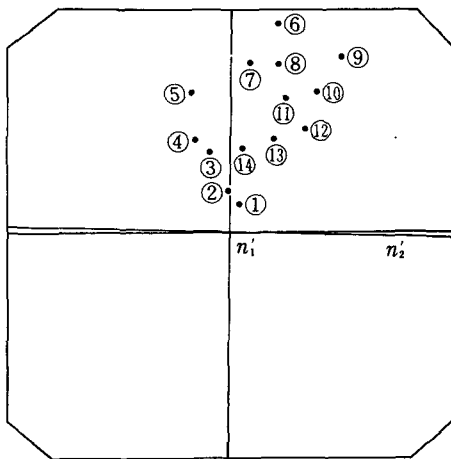
- ① 地形：市街地
- ② 位置：江原道 北坪市
- ③ 測定點의 配置：그림 3-2 참조 (14點)

(3) 카메라의 形態 { 廣角(W. A)
 { 普通角(N. A)

- ① 地形：丘陵地
- ② 位置：江原道 束草市
- ③ 測定點의 配置：그림 3-3 참조 (14點)

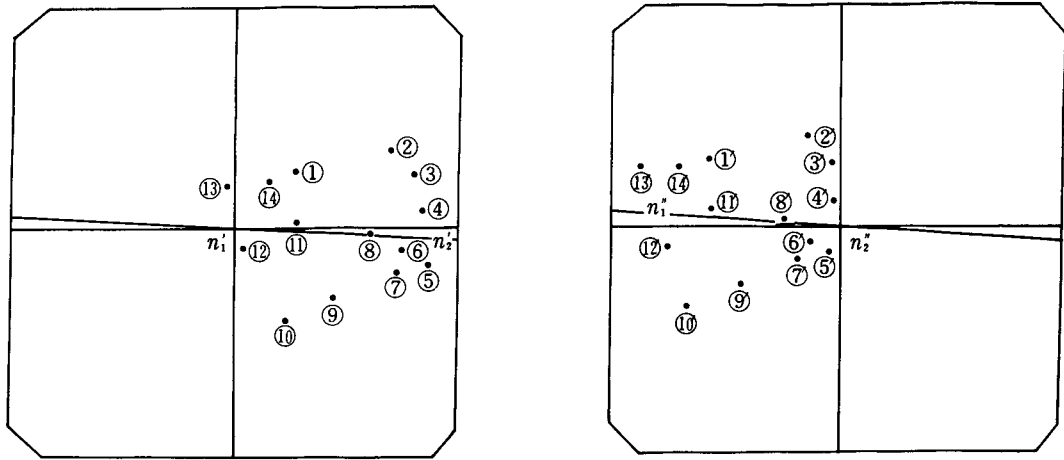


(a) 廣角의 測定點 配置圖

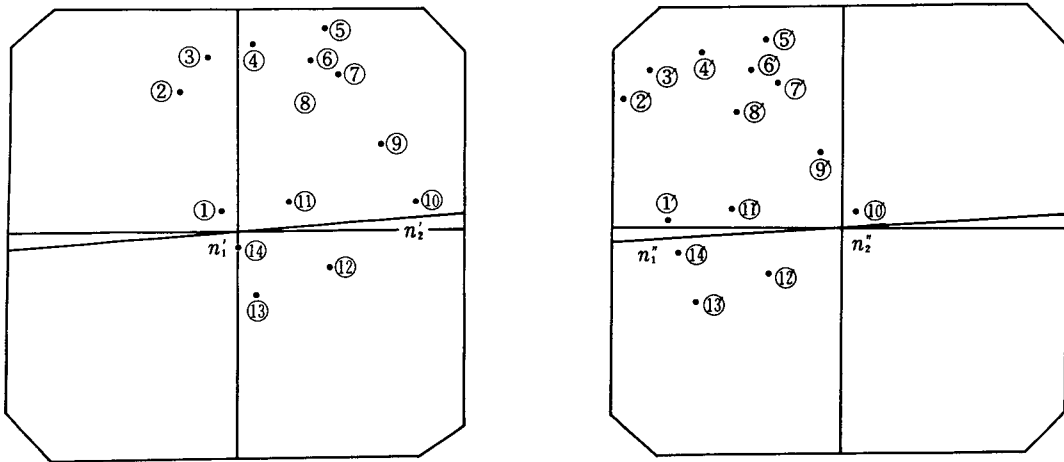


(b) 普通角의 測定點 配置圖

그림 3-2. 廣角-普通角의 測定點 配置圖(市街地)



(a) 廣角의 測定點 配置圖

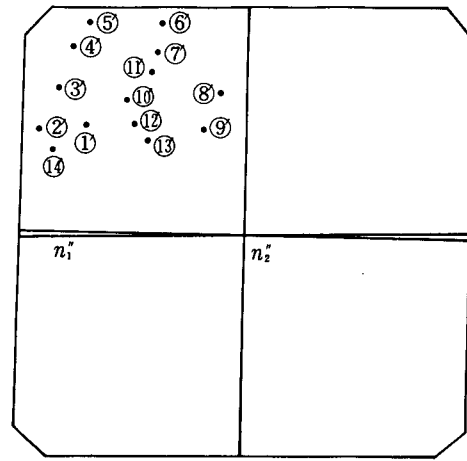
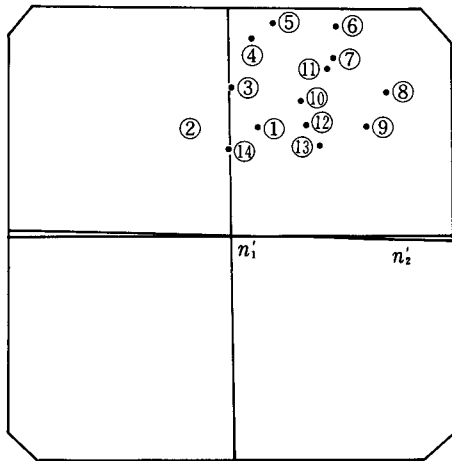


(b) 普通角의 測定點 配置圖

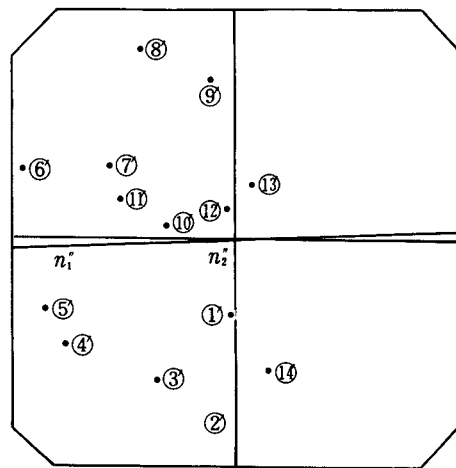
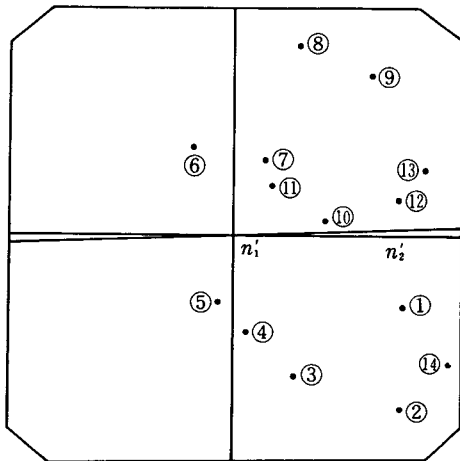
그림 3-3. 廣角-普通角의 測定點 配置圖(丘陵地)

(4) 카메라의 形態 { 廣角(W.A)
普通角(N.A)

- ① 地形：山岳地
- ② 位置：江原道 太白市
- ③ 測定點의 配置：그림3-4 참조(14點)



(a) 廣角의 測定點 配置圖



(b) 普通角의 測定點 配置圖

그림 3-4. 廣角-普通角의 測定點 配置圖(山岳地)

2. 測定機器 및 材料
 本 研究에서 使用한 測定器機 및 材料의 概要
 는 다음과 같다.

(1) 測定機器

① 實體鏡 (mirror stereoscope)

② 視差棒 (parallax bar) ③ 擴大鏡 (3X)

④ 螢光제도대 (Light table)

⑤ Apple 마이크로 컴퓨터

(2) 使用材料

使用材料의 諸元은 表3-1과 같다.

表3-1 使用材料의 諸元

카메라의 種 類	縮尺 (1/S)	重複度 (%)	地 形	陽 畫	撮影高度 (m)	寫 眞 基線長 (mm)	撮 影 基線長 (m)	畫面의規格 (cm × cm)	備 考
S. W. A	1 / 9,600	60	市街地	diapositive	845	86.0	826	23 × 23	칼라
				paper print					
W. A	1/14,000	60	市街地	diapositive	2,189	81.5	1,141	23 × 23	흑백
				paper print					
	1/21,000	60	市街地	diapositive	3,190	92.5	1,943		
				paper print					
	1/22,000	60	丘陵地	diapositive	3,390	101.0	2,222		
				paper print					
1/23,000	60	山岳地	diapositive	3,520	89.8	2,065			
			paper print						
N. A	1/22,000	60	市街地	diapositive	4,520	65.5	1,441	18 × 18	흑백
				paper print					
	1/22,000	60	丘陵地	diapositive	4,555	67.5	1,485		
				paper print					
	1/15,000	60	山岳地	diapositive	3,250	67.5	1,013		
				paper print					

※ 撮影高度는 寫眞中心點 (principal point)을 基準으로한 撮影高度임. ($Z=C \cdot S$)

3.2 實驗結果의 分析

以上の 測定結果에 대한 標準偏差를 計算한
 값은 表 3-2, 3-3 과 같다.

表 3-2. 透明陽畫面上의 測定值의 標準偏差

(단위 : m)

地 形 카메라 형태 測定點	市 街 地		市 街 地		丘 陵 地		山 岳 地	
	S. W. A	W. A	W. A	N. A	W. A	N. A	W. A	N. A
1	0.309	1.062	0.799	1.789	1.760	2.482	2.738	3.083
2	0.774	0.574	1.449	2.198	1.934	2.443	1.556	1.645
3	0.938	1.155	1.529	2.490	1.519	2.353	1.283	1.383
4	0.831	1.702	1.677	2.710	0.775	2.193	1.359	1.514
5	0.707	1.252	1.287	1.889	1.430	1.691	1.895	1.445
6	0.802	1.246	1.100	1.378	2.116	2.669	2.047	2.584
7	0.872	1.375	0.667	1.631	0.800	2.648	0.786	1.779
8	0.988	1.518	1.012	1.252	1.182	1.072	1.599	1.305
9	0.812	1.054	0.843	2.555	1.933	1.473	2.101	3.553

10	1.410	1.823	1.429	1.802	2.120	1.947	1.976	3.105
11	0.648	1.509	1.593	2.252	1.570	1.419	2.173	1.752
12	1.035	1.785	2.005	2.188	1.334	1.859	1.467	0.958
13	1.076	1.872	1.548	2.493	1.757	1.719	1.380	2.457
14	0.913	1.673	2.174	2.589	0.495	1.964	1.796	1.975
Σ	12.115	19.600	19.112	29.216	20.720	29.372	24.150	29.918
平均	0.865	1.400	1.365	2.087	1.480	2.098	1.725	2.137

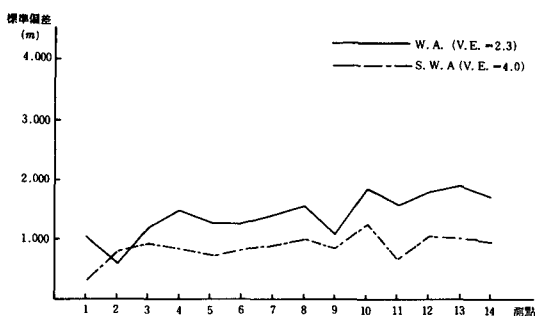
表 3 - 3. 印畫寫真面上的 測定値의 標準偏差

(單位 : m)

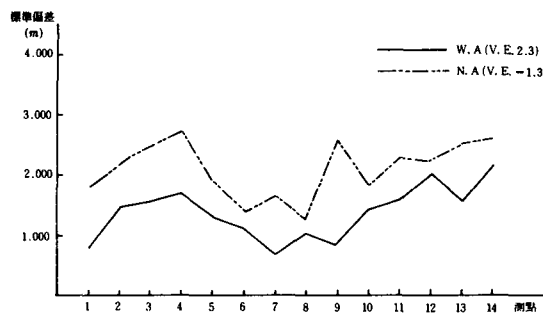
地形 카메라 형태 測定點	市街地		市街地		丘陵地		山岳地	
	S. W. A	W. A	W. A	N. A	W. A	N. A	W. A	N. A
1	1.351	1.410	1.767	1.921	1.667	1.930	1.870	2.202
2	1.039	0.896	1.850	2.240	1.752	2.149	1.226	1.369
3	1.383	1.866	2.055	2.540	1.545	2.510	1.853	2.119
4	0.433	1.818	2.091	2.493	0.852	2.760	1.040	2.748
5	0.891	1.539	1.654	2.018	1.826	2.038	1.823	3.903
6	0.893	0.989	1.509	1.854	1.848	2.041	3.576	3.257
7	1.027	1.639	1.379	2.246	1.504	2.154	3.256	3.286
8	0.913	1.869	1.507	1.863	1.398	2.281	2.218	2.090
9	0.876	2.242	1.529	2.482	2.233	3.109	2.336	2.976
10	1.046	2.155	1.933	2.387	1.654	2.862	1.675	1.934
11	1.791	2.052	1.932	1.698	2.358	2.959	2.751	3.925
12	1.411	1.587	1.767	2.257	1.326	2.403	1.910	2.965
13	2.237	2.366	2.190	2.582	2.740	2.700	2.283	2.874
14	1.571	1.616	2.199	2.539	1.919	2.615	2.532	3.889
Σ	16,856	24,038	25,368	31,122	24,626	34,482	30,352	39,536
平均	1.204	1.717	1.812	2,223	1.759	2.463	2.168	2.824

表 3 - 2 와 表 3 - 3 의 값을 圖式的으로 表示하면 다음과 같다.

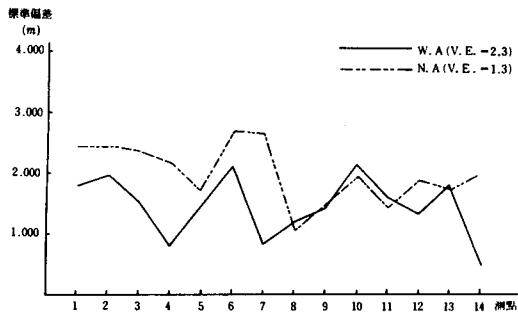
1. 透明陽畫面 (diapositives)



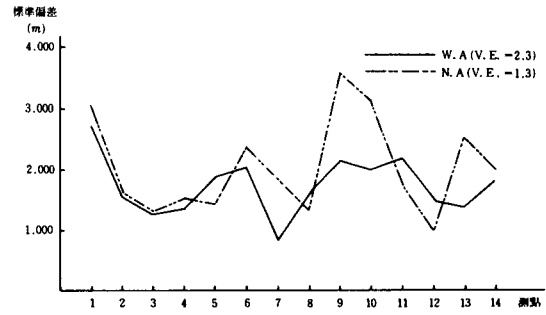
(a) 超廣角 (S. W. A) - 廣角 (W. A) 의 比較 (市街地)
(Conway, South Carolina, United States)



(b) 廣角 (W. A) - 普通角 (N. A) 의 比較 (市街地)
(江原道 北坪市)



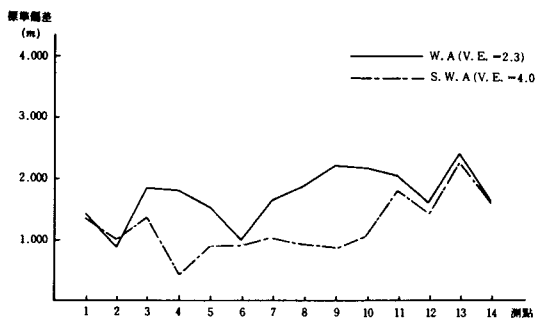
(c) 廣角 (W. A) - 普通角 (N. A) 의 比較 (丘陵地)
(江原道 束草市)



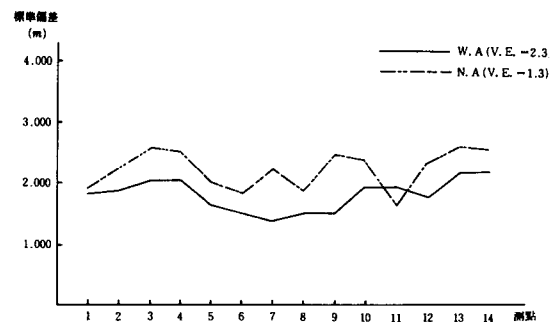
(d) 廣角 (W. A) - 普通角 (N. A) 의 比較 (山岳地)
(江原道 太白市)

그림 3-5. 透明陽晝面 (diapositives) 上에서 測定한 結果의 標準偏差의 比較

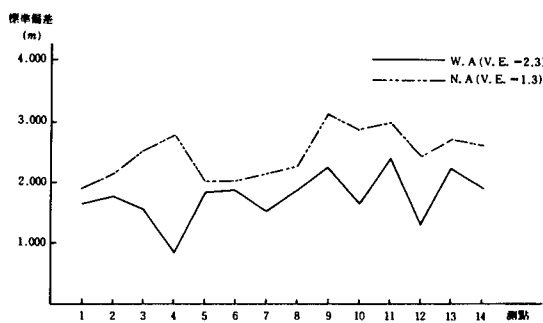
2. 印畫寫眞面 (Paper Prints)



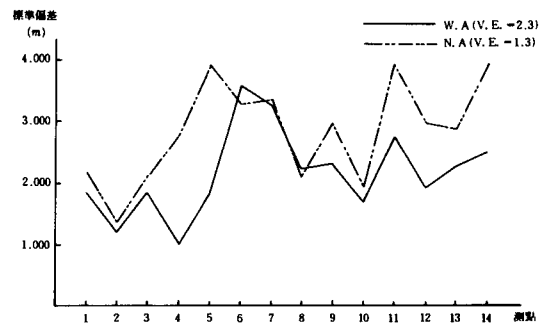
(a) 超廣角 (S. W. A) - 廣角 (W. A) 의 比較 (市街地)
(Conway, South Carolina, United States)



(b) 廣角 (W. A) - 普通角 (N. A) 의 比較 (丘陵地)



(c) 廣角 (W. A) - 普通角 (N. A) 의 比較 (丘陵市)
(江原道 束草市)



(d) 廣角 (W. A) - 普通角 (N. A) 의 比較 (山岳地)
(江原道 太白市)

그림 3-6. 印畫寫眞面 (paper prints) 上에서 測定한 結果의 標準偏差의 比較

위의 결과들로부터 標準偏差의 크기는 透明陽畫面(diapositives)과 印畫寫眞面(paper prints)에서 모두 超廣角<廣角<普通角 順으로 됨을 알 수 있었으며, 地形別로도 市街地<丘陵地<山岳地의 順으로 나타났다. 그러나 一部 測定點들은 標準偏差의 크기가 超廣角>廣角, 또는 廣角>普通角으로 나타났는데, 그 理由는 超廣角과 廣角 그리고 廣角과 普通角에서 동일한 測定點이 寫眞中心點에서 멀리 떨어져 있는 경우와 가까이 있는 경우, 즉 例를 들어서 廣角上에서는 測定點의 位置가 寫眞中心點 부근에 位置하지만 超廣角上에서는 寫眞中心點으로부터 멀리 떨어져 있는 경우에는 廣角上의 點이 超廣角上의 點보다 標準偏差의 크기가 작아지는 것을 알 수 있었다.

또한 地形에 따라서 標準偏差의 크기가 變化하는 것을 알 수 있다. 즉, 市街地에서는 標準偏差의 變化가 거의 一定하고, 크기가 작게 나타났으나 丘陵地나 山岳地에서는 變化가 심하고 크기가 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 이러한 結果는 여러가지 原因, 즉 視差棒의 불량, 浮點의 크기, 寫眞의 伸縮등에 의하여 영향을 받지만 각 寫眞別로 거의 一定하다고 보아 무시하였다.

實驗結果에 의하여 過高感과 標準測定의 精密度는 어떠한 相關關係에 놓이는가를 알아보기 위하여 카메라의 形態別로, 즉 過高感에 따라서 標準偏差의 合을 計算하고, 그 平均을 求하여 圖示한 結果, 그림 3-7 과 같은 點의 配列을 얻었다. 그림 3-7 에서 圖示한 標準偏差의 대

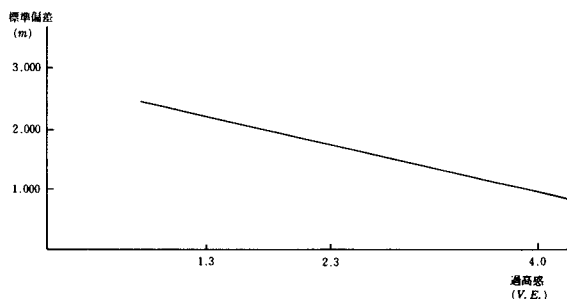


그림 3-7. 過高感과 標準測定精密度의 相關關係

표값(平均値)을 決定하고, 線形圖歸法(linear regression)에 의하여 最適合線을 決定하였다.

이러한 結果로서 標高測定의 精密度는 過高感의 크기와 直接 比例하는 것을 알 수 있었다.

4. 結 論

本 研究의 實驗結果를 토대로 하여 過高感과 標高測定의 精密度는 다음과 같은 關係가 있음을 알 수 있다.

(1) 標高測定의 精密度는 超廣角>廣角>普通角 順으로 나타났으므로 過高感이 크면 클수록 精密度는 높아진다.

(2) 地形別로는 測定精密度가 市街地>丘陵地>山岳地 順으로 나타났으며, 材料別로는 透明陽畫面이 印畫寫眞面보다 높게 나타났다.

(3) 撮影高度가 낮으면 낮을수록 標高測定의 精密度는 높아진다.

(4) 本 研究에서는 過高感의 크기가 각각 4.0, 2.3, 1.3인 超廣角, 廣角 및 普通角에서 測定한 結果, 標高測定의 精密度는 超廣角이 廣角의 約 0.5倍, 普通角의 約 1.3倍 程度 높게 나타났으며, 廣角은 普通角의 約 0.8倍 程度 높게 나타났다.

따라서, 過高感과 標高測定의 精密度는 比例關係에 놓이는 것을 알 수 있었다.

本 論文은 앞으로 적합한 實驗條件을 만족시켜서 계속적인 研究가 進行된다면 標高測定의 精密度 개선에 좋은 結果를 줄것으로 기대된다.

參考文獻

1. A. S. P : Manual of Photogrammetry 4th.ed. pp. 519-531 .
2. B. Hallert : Photogrammetry, Mc GRAW-Hill, 1960. pp. 52-72.
3. C. I. Miller : Vertical Exaggeration in the Stereo Space Image and its Use, P. E. & R. S., Vol. 41, No. 12, pp. 815-818, 1975.
4. E. E. Derenyi : Photogrammetry for Civil and Forest Engineers, U. N. B. Lecture Notes, No. 55, 1982. pp. 5-21.
5. E. R. Goodale : An Equation for Approximating the Vertical Exaggeration Ratio of a Stereoscopic View, Photogrammetric Engineering

- Vol. 19 No. 4, pp. 607-616, 1953.
6. F. H. Moffit : Photogrammetry. 3rd. ed, 1980 Harper & Row Publishers, New York. pp. 110-132.
 7. G. C. Dickinson : Maps and Air Photographs, 1979, Edward Arnold, pp. 209-213
 8. G. L. Laprade : Stereoscopia- A more General Theory, Photogrammetric Engineering, Vol. 38, No. 12, pp. 1117-1187, 1972.
 9. H. C. Zorn : Introduction to Photogrammetry, I. T. C. Text Book, pp. 11-23
 10. Humberto Rosas, Vertical Exaggeration in Stereo-Vision : Theories and facts, P. E & R. S. Vol. 52 No. 11, pp. 1747-1751, 1986.
 11. J. C. Trinder : Precision of Stereoscopic Height Measurements, P. E & R. S, Vol. 52. No. 1, 1986, pp. 75-79.
 12. J. R. Smith : Mapping from Aerial Photographs, GRANADA, 1979, pp. 93-134.
 13. L. G. Trorey : Handbook of Aerial Mapping and Photogrammetry, Cambridge University Press, 1952, pp. 37-70.
 14. N. Yacoumelos : The Geometry of the Stereomodel, Photogrammetry Engineering, Vol. 38. No. 8, pp. 791-797, 1972.
 15. P. G. Schwarz : A Test for Personal Stereoscopic Measuring Precision, P. E & R. S. Vol. 48, No. 3, 1982. pp. 375-381.
 16. P. R. Wolf : Elements of Photogrammetry 2nd ed, McGRAW Hill, 1983, pp. 119-185.
 17. R. Singleton : Vertical Exaggeration and Perceptual Models, Photogrammetric Engineering, Vol. 22, No. 9, pp. 175-178, 1956.
 18. R. F. Jr. Thurrell : Vertical Exaggeration in Stereoscopic Models, Photogrammetric Engineering, Vol. 19, No. 4, 579-588. 1953.
 19. R. G. Sanders : Stereoscopia, its history and use P. E & R. S, Vol. 48, No. 3, 1982, pp. 375-381.
 20. S. H. Collins : Stereoscopic Depth Perception, P. E. & R. S. Vol. 47, No. 1, pp. 45-51, 1981.
 21. Törg Albertz, Walterkreiling ; Herbert Wichmann Verlag Karlsruhe, HANSA Luftbild German Air Surveys, 1980, pp. 104-134.
 22. W. A. Treece : Estimation of Vertical Exaggeration in Stereoscopic Viewing of Aerial Photographs, Photogrammetric Engineering, Vol. 21, No. 4, pp. 518-527, 1955.
 23. 日本測量協會 : 寫真測量① 現代測量學 第6卷, 1981. pp. 475-497.