

土木学会第1回年次学術講演會講演

(都市計畫, 道路及測量之部 No. 6)

鐵道線路航空測量實施に就て

(On the Aerial Photometry along the Railway.)

會員 伊集院 久*

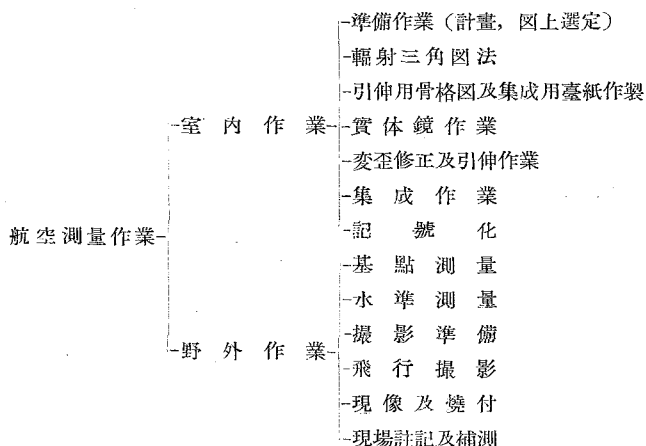
1. 緒 言

鐵道省に於て航空寫眞を利用したのは昭和6年信濃川水力發電所の送電線計畫に當り陸軍に委託して密着燒付寫眞を地物に依つて集成し參考に供したのが最初である。

當時滿洲に於ては盛に利用せられ居り之が線路選定用の地形図に利用することの可能が認められ昭和7年下田線(伊東, 谷津間 40km)を實施し越えて9年豊橋線(二俣, 二川間 60km)を施行し成功を效め既に大半工事は竣功し一部は營業を開始して居る。更に同年山田線(山田, 釜石間 40km), 長倉線(長倉, 大子間 70km), 川口線, 只見線 60km を實施し比較研究し實用的價值を認むるに至つたのであるが, 何れも基點測量, 實体鏡作業, 引伸用骨格図, 集成用臺紙作製等は直轄施行し撮影, 引伸, 集成を日本空中作業合資會社に委嘱したのである。然るに能率上, 經濟上, 技術上益々研究を要する點多く昭和11年2基の飛行機を購入し同年9月以來白新線 90km, 楯岡線 52km, 東京品川間 18km, 赤穂線 46km, 室戸線 52km, 土讃線 18km, 松戸, 我孫子間送電線路 40km, 矢部線 40km, 合計 346km を施行し地形図を作製しつつあり。

2. 航空測量實施方法

鐵道省に於ける航空寫眞測量の目的は垂直重複寫眞を撮影し所要縮尺の寫眞平面図を作製し線路の選定, 障害物の狀況に因る線路の保安, 送電通信線路の選定, 建造物の分布, 交通の狀況, 地上物体の動的狀況, 或は林況等を調査し驛勢調査の參考に供する等の爲である。而して實際的作業方法としては之を次の段階に分ち航空測量作業標準を規定し之れに準據して實行して居る。



* 鐵道技師 工學士 鐵道省東京建設事務所勤務 (昭和12年4月11日講演)

(1) **準備作業** 撮影時日の決定は現地最寄測候所 10ヶ年間の氣象統計に依り、撮影高度は飛行機の性能、線路の勾配、恒風、測量區域の地勢等に依り決定す。撮影コース図は 5 萬分の地図を用ひ比較線偏流、驛勢調査資料に供する場合等を考慮し相當範圍の餘裕を見込み、谷の横断及主點、補點が水中に落ちざる様選定す。コースの長さは 5km を標準とし線路急勾配続く時は適當に分割して精度を保たしめて居る。基點は寫眞縁端迄の中央に選定し、標高は基準面に近からしめ可成三角點を利用して居る。又基點の位置、三角網の大きさ、形、測量方法に就き豫め充分なる図上研究を行ひ基點測角図を作製して置く。

(2) **基點測量** 準備作業を終れば現地を踏査し基點の位置及適否並に測角作業の適否を調査し中心を求め、周圍の樹木を伐採し撮影測角に便ならしむ。此の際少くとも縁端より 30° 上方に伐採する。標識は山中には 2 分板白板を用ひ平地は石灰又は白布を用ひ撮影完了迄補修す。測量に可成陸地測量部三角點成果表を利用し便宜なる交會法を採用して三角網の邊長を計算す。測角及計算の精度は長 0.1mm として居る。又標識を種々の事情に因り撮影前に設置し得ざる場合は基點に選定すべき適當なる地物を求めて撮影を先に行ふ場合もある。

(3) **撮影準備作業** 撮影用器材の精粗、機能の良否と搭乗者技倆とは相俟つて撮影の成果を左右するを以て充分なる準備的調査を必要とす。空中勤務者は撮影計畫決定せば露出の基礎となるべき乾板の性能其の他に就き研究を進めるのである。基點及水準標の設置完了と共に東京建設事務所は委託測量の計畫を樹てると共に關係官廳に對し飛行場、格納庫借用、空中輸送、航空寫眞撮影禁止地區或は要塞地帯等に對する事務的處置を遂行するのである。地上組織に就ては

(イ) 飛行場は命令を以て撮影に従事しない場合は陸軍熊谷飛行学校の飛行場を使用し此處に格納庫、修理設備、事務室、暗室等を設け測量に必要な練習飛行、撮影並に豫定撮影準備を完備して待機して居る。現地にありては練兵場、飛行場等を使用し、水、ガソリン、暗室等の設備をなし場合によつては野外繋留により實施す。撮影區間の擴大なる場合現地と飛行場との距離如何によつて必ず不時着場を選定する必要がある。

(ロ) 氣象は快晴無風の日を選び迅速なる連絡の方法を考慮して居る。

(ニ) 撮影作業班の組織は班長 1、操縦士 1、寫眞士 1、技工 1~3、寫眞技工 1~2 を要し他に 1~2 の人夫を使役して居る。熊谷に於ては更に若干名を残し器材修理整備を行はしめて居る。

(ホ) 飛行機

図-1. 鉄道第 1 號機

	鉄道第 1 號機	鉄道第 2 號機
型式	三菱式鳩型	
發動機	三菱 A5-490 單發動機	フォッカー單葉旅客機
最高速度	185 km/h	244 km/h
上昇時間	2 000 m, 6 mn 20 s.	200 m, 8 mn
燃料油槽	499 立	840 立
航続時間	4 h 40 mn	5 h 30 mn
航続距離	700 km	1 342 km
自重	1 131 kg	1 758 kg
全備重量	1 900 kg	2 700 kg



図-2. 鉄道第 2 號機



飛行機には航空法規に據り記號を附す。何れも建設工事、寫眞測量、災害又は列車事故調査用とし、この必須條件

を具備せしめて居る。飛行機の壽命は実績によれば表-1 の如くである。

表-1.

	最初の機想耐久時間	実績時間	見込耐久時間
機 体	1 200	1 400+α	2 500
發 動 機	600	1 200+α	1 500

(へ) 垂直寫眞機は Fair Child 會社製の自動航空寫眞機にして單一自動連続撮影及斜寫眞に使用し得、操縦席撮影席には信號燈を有し撮影開始 5 秒前に點燈す。撮影間隔の調整露出器の作動及フィルム倉の運転は自動的に作動す。側風を受ける場合は偏流を測定し其の角度を寫眞機に修正する事を得。倉内には 23m のフィルムを收容し 115 回の撮影を行ふ。其の他撮影間隔調整機、視視器、12V の蓄電池を有し之に充電しつゝ撮影することを得。印畫紙焼付部数は 4 部とし一部は原簿とし一部は水準測量及註記用とし他は輻射三角法及實體作業用とす。

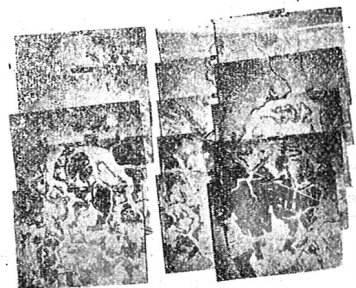
(4) 撮影作業 撮影高度は基準面上 1 500~2 000m として居るが天候、氣流其の他の條件が許さるゝなれば可成低い高度に於て撮影する様努めて居る。撮影前に當り偵察飛行を勵行し風向、對地速度、飛行方向、偏流修正角度、露出時間等決定の上、好天を選び絶対に曲線飛行を避け直線飛行針路保持に努め實體作業を容易ならしむる爲、蔭影少き日中を選び實施して居る。此の際飛行技術上高度差は隣接寫眞にて 20m、コース内最大 50m 以内とし傾斜撮影は 4° 以内とす。重複度はコースの方向 50% 以下の時は輻射三角法が不可能となり、60% 以上は寧ろ不經濟となるから 55%~60% は絶対に必要である。複撮影の場合は横の方向に 30% として居る。飛行場と撮影地域間に比高ある時は梯子を所望の如くならしむる爲、計畫せる高度に適宜比高を増減して撮影を行ふ。單一垂直寫眞を撮影するには操縦者は所望の高度を以て機体を水平に保持しつゝ目標の直上に達したる時撮影するが目標の直上を通過する爲には風向を判断し可成風床上を飛行する如く進入するを可とす。然らざれば偏流を修正するか撮影者の適切なる誘導なき限り目標の直上に至ること困難である。偏流修正角度は努めて之を正角ならしむる爲、風向を決定し飛行機の對地速度とを測定して之を求む。撮影後は直ちに現場に於て現像を行ひ撮影條件を充分具備し居るや否やを検し不合格

図-3. 單連続垂直寫眞の撮影要領

図-4. 複連続垂直寫眞の撮影要領

の場合は再撮影を行ふ。作業終了せる場合は作業標定図を作製し寫眞の索引、撮影範圍を知る上に便ならしむ。撮影範圍の檢定は地図引移機を使用す。

(5) 水準測量及現物註記 寫眞撮影完了せば等高線を描寫するに必要な基準となる標高基準點の測量を實施す。中心測量の際使用可能なるを以て可成經過地附近 1km 置きに設置し途中盛替點を寫眞に記入す。其の他便宜の方法を以て標高基準點の高さを寫眞に記入せば等高線描寫に便利である。



水準標間の誤差は 1km に 1cm とし基標、支標間は 30cm とす。現在の實體鏡にては 30cm 以下の識別困難なる爲、30cm として居る。尙谷の横断、河岸、段丘、樹木の高さ等細かに記帳し置く時は後日描寫に非常に便利である。

(6) **輻射三角図法** 輻射三角図法は骨格図を作製する爲に必要にして骨格図は撮影高度の算出写真引伸集成作業に必要とするのである。コースを組合せ輻射三角図法を行ふことは撮影高度差に依る誤差を少からしめる爲に避けて居る。基點はコース内2點以上含まることを要し最大延長は写真12枚とし終始點間の高低差著しい時は適當に分割して居る。補點は連続3枚の写真に共通な點にして明瞭に写真上に現れるものでなければならぬ。亦極端な鋭角を避け基準面との高低差が少く可成主點の直上、直下附近には主點間距離に等しく離れた點を選定して居る。作業を終了せば基點間の図上の長さを測定し全三角網の縮尺を求め逆に各写真の縮尺及撮影高度を算出す。

(7) **實體鏡作業** 水準測量及輻射三角図法を終れば直に實體作業に従事す。之に使用する實體鏡は玉屋製實體鏡 Zeiss Erotopograph 製折疊式實體鏡を使用し2枚の隣接写真を正しく實體鏡に標定し完全なる實體觀を得て等高線を記入して居る。必要に依り引伸写真を實體鏡にかけて等高線を記入する場合は焦點距離が原写真と變つて居ることを注意せねばならぬ。

等高線を畫く場合は實體鏡より視差々を測定し補助標高基準點を求め、之に依るのである。此の場合山頂谷峯線、勾配等地性の変化線を考慮し隣接写真とは線形位置を充分對照の上修正するを要す。

實體作業に従事する者は充分實體觀を伴ふ者であることは勿論であるが熟練を要する作業で熟練するに至れば殆ど誤差なき迄に至ることを得。

図-5. 玉屋製實體鏡

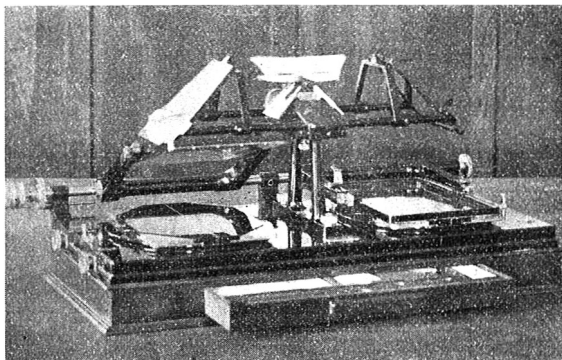
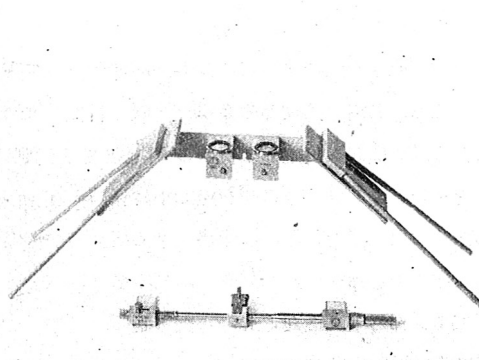


図-6. 折疊式實體鏡



(8) **引伸用骨格図集成用臺紙作製** 写真を所要の縮尺に引伸す爲には写真毎に骨格図を作るのである。骨格図は原写真の輻射角及輻射三角網の邊長に従ひ作製するが此の際基點隣主點及補點の位置は主點との距離並に基準面との高低差に応じ変位図表により変位せしめ変位計算書を同時に作製す。隣主點及補點の標高は可成實體鏡により算出せるものを用ふ。集成用臺紙は幅75cm、長3.0mのガードリッチを使用し基點を座標により記入し又各主點は輻射三角図より基點を結ぶ基線よりの支距により求め移記して居る。

(9) **変歪修正引伸及集成作業** 変歪修正に使用して居る変歪修正機は桂製作所製のものにして各写真を修正機にかけ引伸骨格図に従ひ所定の縮尺に引伸すのである。骨格図の各骨格點に合致せしめることは容易でないから骨格図は最も正確に計算し隣主點及補點位置の誤差は1mm以内を許容して居る。

焼付写真の色合はトレースの難易のため薄目として居る。

集成図は臺紙上に引伸写真の基點及主點を合致せしめ影像を合はせ截断するが截片は實體用として委託事務所へ送付して居る。特に線路經過地附近の地物の影像は正確に合致せしめ可成主點間の中央にて接合して居る。

臺紙は寫眞の伸縮偏歪を避ける爲、水洗と平面図の精度を測定して居る。

図-7. 引伸,集成せる航空寫眞圖



(10) 等高線移寫及記號化 等高線を移寫するには地物其の他により原寫眞より正確に移寫する。

移寫を終れば必要な事項を補筆し又現場註記したる事項を詳細に記號化して置くのであるが妄に記號化して寫眞圖としての價値を損ずる様な事なき様注意せねばならぬ。其の他撮影の要素(寫眞機の種類, 撮影時日, 高度, 天候, 露出時間, 方位, 乾板の種類等)を記入し成果寫眞の判讀を誤られざる様努めて居る。等高線の移寫は實体作業者をして可成之を行はしめて居る。

3. 結 論

從來の水平測量による地形図を比較して見るに航空寫眞地形図は其の實用的效果は充分にして寧ろ水平測量より平面に對しては敏感であり、正確である。又野外作業の時間は從來地形の難易により 2.5~7.0 日を要したれども撮影作業は白新線 0.22 日/km, 楯岡線 0.26 日/km, 東京品川間 0.25 日/km, 赤穂線 0.52 日/km, 室戸線 0.2 日/km を要して居る。基點測量, 水準測量, 現地註記に要する日時は野岩線 1.5 日/km, 長倉線 1.3 日/km を要して居る。

航空測量は一方現地に對する認識を深めない缺點もあるが寫眞によつて地形, 地貌の確實なる實感を伴ふし又現地註記及補測の際之を充分に行へば實際的價値としては差支へない, 寧ろ廣大なる地區に渡つて測量し得るから河川, 港灣の狀況, 森林, 農勢, 路勢, 其の他家屋の分布の狀態等判讀され地方狀況の判定に效果的である。一方内業に相當の時日を要するが全体的に見て時日を短縮することを得。又寫眞の精度に就て比較して見るに三角測量, 經緯測量等に對しては遙に低い精度のものと云ふべきであるが從來の線路選定用の地形図と比較して見るに或基點より支距を出し而もスタヂアによつて地形, 地物を測量して作製せる地形図は機械的又は人的誤差を伴ひ精度は相當下位にあるものにして之と比較すれば精度の點に於ては等しく, 寧ろ場合に依つては精密であり, 實用的價値より見れば同等又はより以上のものであらふと思はれる。我國に於ては飛行場に乏しく設備費, 機械費等の償却を考ふる時は經濟的には相當高價なるも測量線の増加に従ひ安價となる事と思ふ。完成された地形図は該地域の利用價値と云ふ點に於て比較されない程の效果的のものと云ふ。未だ着手早々にして充分の材料も備はらないが更に調査の上發表致し度いと思ふ。