

自動車車体線図作成への写真測量の応用 (その1)

丸 安 隆 和・大 島 太 市

自動車モデルの車体線図を得るために、近距離地上写真測量法を応用する研究をこの 2~3 年間実施してきた。その原理は写真のステレオ視覚によって正確な計測を得ることにあるが、被写体が非常に近距離にあり、また、表面がひかっていたり、変化のない特殊カーブをもっているということで、種々特別な実験を試みてきた。本論文はそれらの問題点の解決法と、その自動車モデルへの応用の実例を示したものである。この方法が車体線図作成に有効的に使え、正確に、また短時間で成果を得られることを確認した。

1. ま え が き

自動車のスタイリングは、一般にクレイモデルを作製して検討し、決定してから、これを線図に描きなおして、つぎのステップに流すものであるが、従来は線図に移行するためのモデル計測に適当な方法がなく、多くの労力と時間をかけ自動車生産工程の一つのネックとなっている。また自動車の市場競争が激しくなるにつれ、準備期間をいっそう短縮しなければならなくなってきた。準備作業の中でモデル計測から線図作成にいたる一連の作業は従来準備作業の中でも多くの時間を費され、これをいかに短時間に行なうかは生産工程の中でも大きい問題点とされていたのである。また一方デザインの重要性も日ごとに高まり、自動車の造形上の詳細な吟味がモデルで行なわれるようになって、計測の仕方にも、敏速でしかも正確な技術を必要とするようになってきた。

これらの測定作業は、その性質上、一般に公表されていないが、各国の自動車メーカでは、それぞれ独自の新しい方法で実施しているようである。

従来地上写真測量はダム建設予定地の地図作製や、野外の石炭量の算定のための測量、採石現場の採石量の測定、建造物の測定などに利用されてきたが、その理論はそのまま、近距離物体の精密測定に利用できるはずである。当研究室では、新三菱重工 KK・名古屋自動車製作所と協同で昭和 36 年より写真測量法による車体線図作製の応用研究を実施してきた。今までに、基礎実験のほか、すでに販売されている三菱 500、コルツ 600、コルツ 1000 の実車測定を実施したが、その結果はきわめて好成績でモデル→撮影→図化の作業が適確に、しかも短期間にでき、生産の流れの一工程として、目的を達成できる段階に到達した。

写真測量の方法によると

- 1) 設計線図として要求される精度の図面が非常に短時間で作成できる。
- 2) したがって、線図作製後の車体設計計画、および、生産準備計画が一せいにスタートできる。
- 3) 3次元に変化するデザインラインの計測を極めて

容易に行なうことができる。

4) 撮影時の被写体の状況は、撮影乾板を図化機にセットすれば再現できるので、必要の都度同じ状況を再現してチェックできる。

5) 撮影のためのモデル使用時間が短いので、モデルを他の目的に自由につかうことができ、またモデルをジグから早期に取り除くことができるので、ジグを他の作業用として利用できる便宜がある。

6) 測定された結果は、直接点プロットの方法で各種断面を描くことができるし、また、機械に付属している自動座標記録機で各断面の形状を、3次元の数値として記録することができる。

本論文は、今まで実施してきた写真測量法による車体線図作製のための、基礎実験および実車測定とそれらの成果の概要を述べたものである。

なお本作業に際してカメラは C3B 地上写真経緯儀を使用し、図化機はオートグラフ A7 を使用した。

2. 車体線図作成に写真測量を応用する

場合の問題点

従来、地上写真測量の方法は、ダム地点や石切場などのような、直接近づいて測定することが困難な場所の測量に利用されてきたが、この場合、カメラから被写体までの距離はかなり遠く、図化縮尺も 1/200~1/1000 程度と非常に縮尺が小さい。これに対して自動車線図作成の場合は、1/1~1/5 程度の縮尺で、しかもきわめて高い精度が要求される。この要求を満たすためには、至近距離撮影の写真測量が必要となり、撮影作業から図化作業に至る全作業について、地形図作成等の場合とは、まったく異なった観点に立って考え直さなければならない。なお自動車という被写体による特殊な条件も考慮に入れなければならない。そのおもな問題点をあげるとつぎのようである。

- 1) 至近距離撮影用としてのカメラの改造
- 2) 撮影時の適正露出条件および写真乾板の仕上がり状態
- 3) 被写体の反射防止。すなわち立体像として、知覚

しやすい表面を得るための表面処理方法

- 4) 被写体と撮影点の関係の適正配置
 - i 被写体との距離および撮影基線長との関係
 - ii 所要撮影点数および撮影方向
- 5) 標定点の設置方法
- 6) 図化の方式

3. 基礎実験について

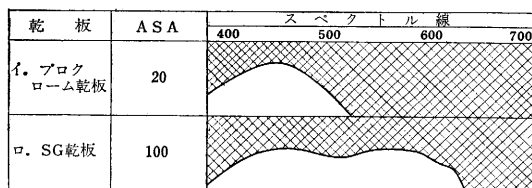
車体線図作業に地上写真測量法を応用するについて、前節でのべた問題点を解決するために、種々の実験を試みた。この中で、至近距離撮影用としてのカメラの改造については、既刊の生産研究*で発表したもので略すことにした。自動車の表面は相当の反射があり、その写真の仕上がり状態は測定精度におよぼす影響はきわめて大きい。また、自動車自体は相当の長さをもっているの、撮影点と被写体の関係は、精度にまた影響をおよぼすことは当然である。したがって、測定の基準になる標定を設置する場合、位置・大きさ・種類について十分考慮する必要がある。図化測定方式についても、検討しなければならない。以上のような観点からつぎのような基礎実験を行なった。

(1) 写真の乾板テストについて

図化測定は、撮影現像した写真のネガ乾板を用いて、行なうので、写真ネガを測定に適するように仕上げることは極めて大事である。そのためには、撮影露光から、現像にいたる一連作業の管理に十分な注意を払わなければならない。特に自動車の場合には、照明を用いての室内撮影であるから、その反射輝度が問題になり、不規則な表面塗装条件の輝度分布を適正濃度の領域のなるべく広い範囲にもってくるような現像撮影方式を考えなければならない。地上写真測量用乾板の場合には、航空写真測量用乾板と異なって、一定の位置に固定されたカメラで、静止している対象物を撮影するので、シャッタ測度に関係のない超微粒子乾板を使用することができる。

乾板の粒状性と感度とは相反する要因であるから、これをどの程度に調和させるかという点に問題がある。現像された乾板を用いて図化測定をする場合には、その照明度に依じて最も精度高く測定できる濃度の限界があるはずである。

今までよく使用しているプロクローム乾板と SG 乾板



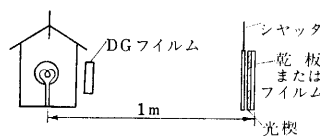
第1図 乾板の特性比較図

* 生産研究第14巻 第8号 インド史跡調査と地上写真測量
生産研究第15巻 第8号 東京オリンピック国立総合競技場とその模型実験における写真測量の応用について

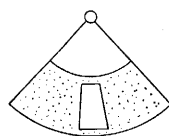
の両者について、つぎに示す実験を行なった。第1図にそれぞれの乾板の感度とスペクトル線を示した。

1) 特性曲線について 写真乳剤の光化学的性質として重要な点は、写真乳剤に当たった光量と現像後の黒化濃度との関係である。この関係を示す曲線を感光材料の特性曲線という。

普通特性曲線を描くのに、直角座標の横軸に露光量 (C.M.S.) の対数値 E をとり、縦軸に感光材料の現像後の黒化濃度 D をとる。その求め方は、NSG 判定方法によった。この方法は、元乾板から $12 \times 4 \text{ cm}$ のテストピースを作り、第2図のような $2,360^\circ \text{K}$ の色温度をもつタングステン電球に、昼光色フィルタ [Davis-Gibson Filter] をかけ、それから 1 m の所に被測定乾板をおき、

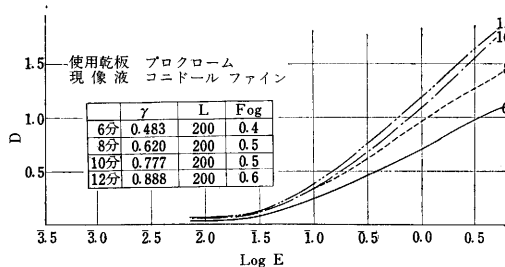


第2図 NSG型感光装置

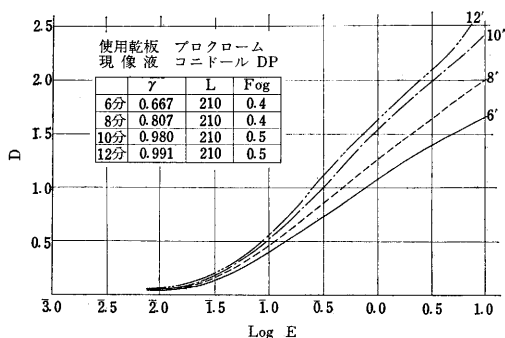


第3図 振子型シャッタ

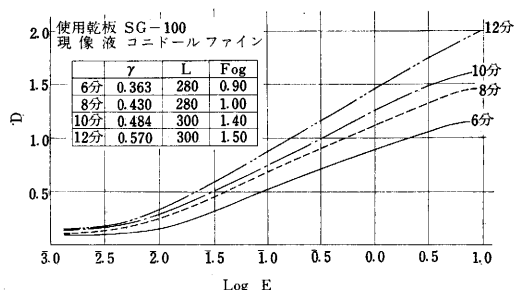
その前に階段比 0.15 の階段形光楔を置く。そして振子型シャッタ (第3図) を、その前に1振りで $1/20$ 秒を与える露光を2振り行なう。このようにして得られた乾板を、温度 $20^\circ \pm 0.5^\circ \text{C}$ に厳密に保たれた現像液コンドール・ファインと、コンドール・DP で6分、8分、10分、12分の現像を行ない特性曲線を描いた (第4図～第7図)。これらの場合の露光量は2振りで光源は 448



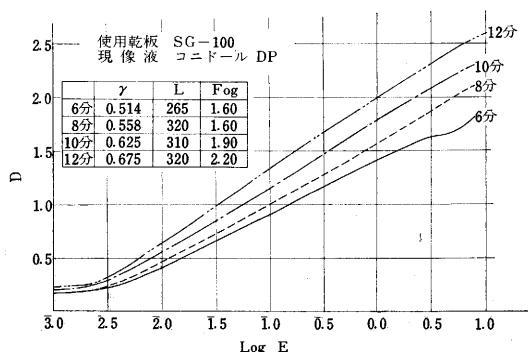
第4図 乾板の特性曲線



第5図 乾板の特性曲線



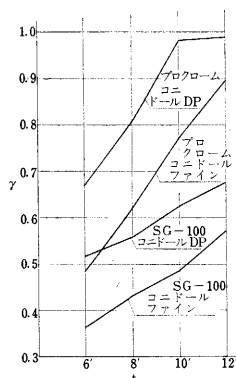
第 6 図 乾板の特性曲線



第 7 図 乾板の特性曲線

cd であるので

$$E = 448 \times 1 \times \frac{1}{20} \times 2 \times 0.24 = 10,752 \text{ (C. M. S)}$$

第 8 図 t - γ 曲線

ここで 0.24 はフィルタの透過率を表わす。したがって、

$$\log E = 1.03$$

これより 0.15 ずつ、少なくしたものを横軸に目盛ればよい。縦軸にはナルミ製の自動平衡濃度計で 3 点法により計測を行なった濃度平均値を採用した。

これらの特性曲線から作った t - γ 曲線を示したのが第 8 図である。これらの結果から、つぎのことがわかった。

(a) 同じ乳剤の乾板について、同じ現像液を用いた場合、現像時間が長くなるにつれ、黒化度および γ が大きくなるとともに、かぶりが若干でくるとい一般法則が確認される。(b) 一般にプロクローム乾板の方が、SG-100 乾板にくらべて γ が大きいので、コントラストが強い傾向にある。(c) 写真特性としてのラチチュードは両者とも相当に広いが、プロクロームよりも、SG-100 の方がさらに広い。(d) プロクロームはかぶりがほとんどないが、SG-100 の場合には、現像 10 分以上になると急にかぶりがふえる傾向にあり、特にコニ

ドール DP の現像液を使った場合に、その傾向が強い。

(e) 低照度におけるラチチュードは、SG-100 のほうが良い。(f) 全般的に SG-100 では、かぶりの関係から考慮して、10 分以上の現像は絶対に避けなければならない。プロクローム乾板では t - γ 曲線より、コニドール DP で 10 分、コニドール・ファインで 12 分現像が良い。

写真測量用乾板では、細部がよく表現されていることが必要であるので、乾板の選択と撮影、現像の関係は極めて大事な要素で、測定精度に影響するところが大きいので、良好な乾板条件を得るために、選択乾板の内容にあうように現場の作業を進めることが肝要である。細部をよく表現するためには、一般に露光量を多い目にして、現像時間を若干早い目に切り上げるのが良いようである。

2) 写真およびレンズの解像力 写真測量では、細かい部分の表現能力が問題になる。細かい多数のスリットまたは格子の像を、照度を考えて撮影すると、それらが分かれて見える能力はある照度で最大となる。このような細かい被写体の写真記録能力を乳剤の解像力という。解像力の大きい乳剤は、 γ が高く濃度が小さい。一般に写真の解像力は、その最良の条件における最大値で表わされる。

小穴式解像力測定器で測定した解像力をつぎに示す。

乾板種類	解像力
プロクローム	60 本/mm
SG-100	40 本/mm

写真乳剤の解像力とともに、レンズ解像力も問題となる。理想レンズの解像力は、近似的に

$$R_0 = 1/1.22\lambda F$$

ここで

R_0 : 解像力

λ : 波長

F : レンズ F ナンバ

理想レンズでは F ナンバの小さいほど、解像力が大きくなるが、実際には F ナンバが小さい所では、解像力は大部分その間口収差によって支配され、F ナンバの大きいところでは、口径による回折によって解像力が決定する。したがって最大解像力を示す F ナンバは、レンズによって異なるが、だいたい 1:5.6~1:8 付近のものが多い。

写真レンズの解像力測定には、写真 1 に示すチャートが使われる。このチャートを、ある距離から白色光で照明して撮影し、3 本の線が分離して見える条線のうち、最もピッチの小さいものを解像の限界として測定する。

CⅢB カメラのレンズ解像力を実測した結果をつぎに示す。使用乾板によって若干変わった結果を示している

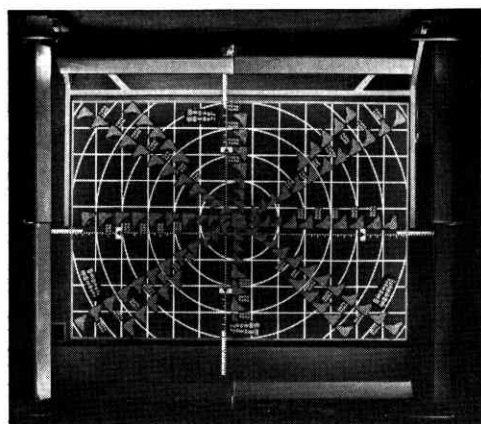


写真1 解像力測定用チャート

乾板の種類	解 像 力	
	中 心	周辺の平均
S G 乾 板	19.2	25.8
プロクローム	26.1	29.0

が、計測の際の個人差が原因していると思われる。

日本写真機協会で決められている検査基準では、35 mm カメラのレンズで 27 本、6×6 カメラで 16 本とされている。地上写真測量用乾板は 13 cm×18 cm の大キャビネであるので、このカメラのレンズ解像力で十分であり、6～10 倍の引伸しは可能である。125 mm の焦点距離のスピグラカメラで測定したレンズの解像力は、中心で 18 本、周辺の平均が 25 本という結果が出ている。

実際の写真撮影では、レンズの解像力と乳剤による細かさの再現率(これを写真ではレスポンス関数で表わす)の組合わせで、実用上の解像力を扱わねばならない。C III B カメラでは前述したように 10 倍前後の拡大率を扱うことに対しては問題のないことが十分確認できる。

(2) 塗装条件の基礎実験

自動車のモデル表面は、滑面であるため、相当の反射があり、生地のまま撮影した乾板では、図化の際、見にくくて測定しにくいので、モデル表面に適当な塗装を施して、これを防がねばならない。過去に二三の実験を行った結果から考えて、表面塗装としては、つぎの条件が満足されなければならない。

(a) 誰でもが割合容易にできる、簡便な塗装であること。(b) 塗装の被膜厚が測定値に影響しないこと。(c) 塗装は照明や撮影距離またはカメラの視点位置によって激しい差を生じないこと。(d) 立体像が得やすい模様をもつこと。(e) 撮影後容易に塗装がはがせること。

以上のような塗装条件を満たす方法を調べるために、つぎのような実験をした。

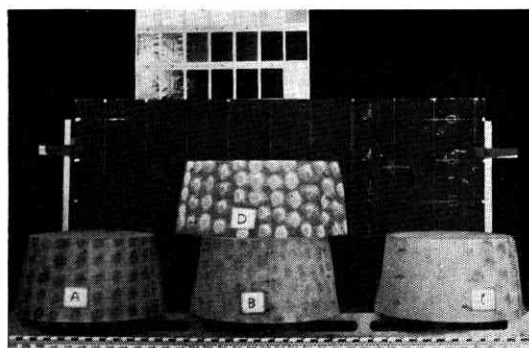


写真2 塗装、実験用テストピース

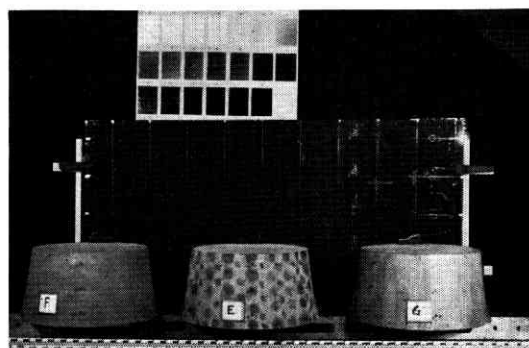


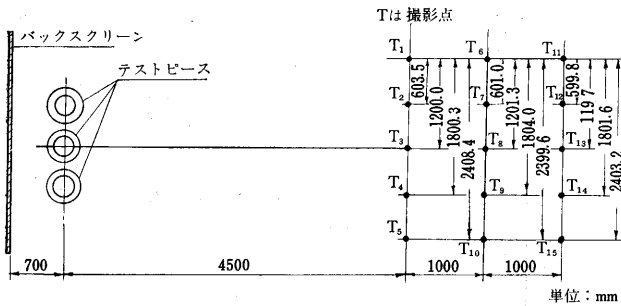
写真3 塗装、実験用テストピース

1) 塗装実験のための試験体および実験方法 塗装実験の試験体として、寸度形状のはっきりわかった円錐形の姫子松材7種類を作成した(写真2, 3)。

いずれの試験体も光沢をけすためと、事後洗い落とすことのできる水性塗料を使用して、うすい灰色の下塗りを行ない、その上に各種の模様を吹き付けた。試験体についての塗装方法の概要を下表にかかげる。この7個の試験体の表面には、塗装のおもなパターンが全部含まれるように塗装がほどこされた。

試験体	下 地	斑 点 模 様	黒粒子	白粒子
A	白黒混合色(灰色)でやや白っぽい	黒を強調したもの	やや細め	やや細め
B	Aよりやや黒みがある	灰 色	同上	同上
C	Bと同じ	中央より半分は生地のまま右は赤色	同上	同上
D	黒っぽい灰色	うすい灰色	普通	普通
E	Bと同じ	Bよりやや黒っぽい	大小混合	同上
F	Bよりも黒め Cよりも白め	な し	普通	なし
G	ラックニス	同 上	なし	同上

以上のようにして作られた試験体を、直接測定用定盤の上に水準儀を用いて完全水平にセットし、定盤前面を撮影基線と平行に設置した。試験体の後面に撮影後、測定の基準となるグリット板を撮影基線と平行になるように設置した。撮影は第9図に示すように定盤前面から、



第 9 図 塗装実験のための撮影点配置図

4.5 m, 5.5 m, 6.5 m の 3 カ所の位置からプロクロームおよび SG 乾板を用いて撮影を行なった。SG 乾板はコニードルファインの現像液で 12 分、プロクローム乾板は、コニードル DP の現像液で 10 分現像を行なった。

2) 計測の方法および結果 各試験体の前面に、測定断面を写真上にはっきりわかるように、測定部の両端にマークを入れ、写真上に写るようにした。その両端を結ぶ基準線に沿って、50 mm 間隔に試験体面上の点を各 5 回ずつ測定し、その測定値の塗装条件による差異を調べ、第 10 図のようなグラフを得た。

以上の測定グラフから、つぎのことを結論づけることができる。

(a) 試験体は円形の切断面をもっているの、両端に近くなるほど、読み値のばらつき量は大きくなるとい

う。一般的傾向を示している。(b) D, E 試験体の読み値のばらつきが少なく、最も安定している。(c) C 試験体の生地のままの部分と斑点部では、ばらつきの傾向が逆になる。塗装が反射防止に重要な役割を果たしていることがわかる。

(3) 撮影の諸条件による実験

自動車の車体線図すなわち T.L (車体中心に直角な垂直断面)、W.L (水平断面)、B.L (車体中心に平行な垂直断面) と、デザインラインの投影図からでき上がっている。これらを正しく図化するためには、撮影・図化の諸条件が計測精度に

およぼす影響を知り、合理的な撮影・図化計画を行なうようにしなければならない。

このために、今回はつぎのような実験を行なった。

- (a) 撮影点から被写体までの距離による影響。(b) 撮影基線長の影響。(c) 正面撮影と側面撮影の比較。(d) 撮影点から被写体を見る方向差の影響。(e) 被写体上の標定点マークの影響。(f) オペレータ個人差の影響。(g) 写真乾板の濃度差の影響。

1) 実験の方法 前述の塗装実験により、塗装としては、D, E の試験体、特に E の試験体が良いことが確認されたので、この塗装を“コルド”のウッドモデル (表面仕上げ程度 ± 0.4 mm) に施し、モデル後方部の、T.L, W.L 断面およびデザイン・ラインについて、写真測量法による測定を行ない、別途ジグで計測した実測絶対値との比較を行なった。計測部分としては、比較的形状変化がはげしく、計測のむづかしいところを選んだ。

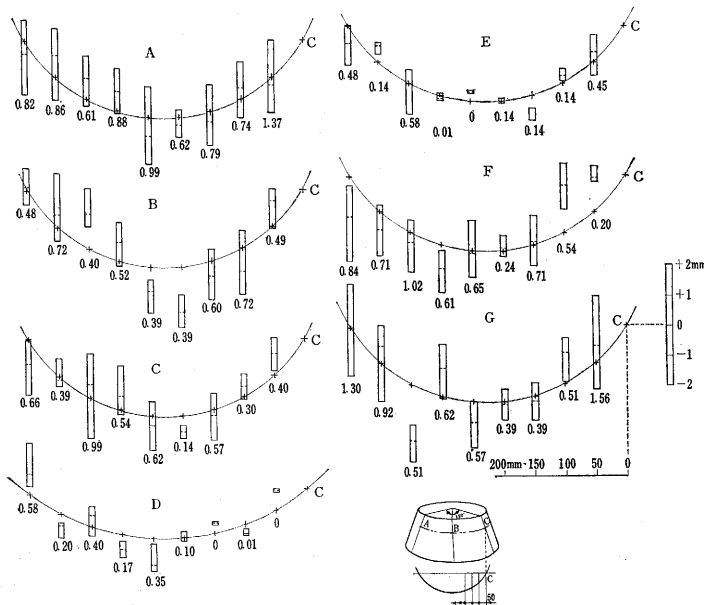
測定の基準になる標定点としては、直接、モデル製作に使う定盤上の基準尺を用い、その上にはっきりしたテープで十字にマークし、写真乾板上で容易に確認できるようにした。

モデルと撮影点の関係を示したのが第 11 図である。第 12, 13, 17, 18 図は測定値のバラツキの平均値を示しており、その他については、各測定値を測定順序に階段状に示し、測定の状態が 1 目して分かるようにした。

2) 計測経過について

(a) 撮影距離が計測精度におよぼす影響を調べるために撮影点として、近距離 ($R_4 \times R_5$)、中距離 ($R_{10} \times R_{11}$)、遠距離 ($R_{16} \times R_{17}$) の 3 種類について、計測・図化を行ない、それぞれの精度比較を行なった (第 12 図)。

(b) 撮影基線長は、撮影距離の $1/4 \sim 1/10$ に選ぶのがよいので、600 mm と 900 mm の 2 種類の基線長について、それぞれ精度との関係を調べた (第 13 図)。(c) 同一測点に



注 (1) 各測点において円周上の+印を 0 とし、……線は 5 回の測定の算術平均値を、——線はその最大最小値を示す。

(2) 図中下に記した数値は標準偏差を示す (mm)。

第 10 図 塗装条件の影響

対し、正面から撮影した場合と、側面から撮影した場合の精度の差を調べるために、 $R_{10} \times R_{11}$, $R_{14} \times R_{15}$, $R_{17} \times R_{19}$ の3種類の撮影点を使用して、その精度の比較を行

なった(第14図)。(d) 同一計測点に対して、撮影点の位置を、左右、上下方向に変えた場合の精度におよぼす影響を調べるため、車体中心に近い $R_{10} \times R_{11}$, 遠い

$R_{14} \times R_{15}$ の2種の撮影点で、左右方向の位置差と精度の関係を比較し、また $S_{21} \times S_{22}$, $S_{20} \times S_{21}$ の2種の撮影点でカメラ高を1,000mm変えて同じように、比較をした(第15, 16図)。(e) 標定点のマーク形式と精度との関係調べるため、虫ピンを立てた方法とテープを十字形に張りつけた方法の2種について比較した(第17図)。(f) 写真乾板の濃度が精度におよぼす影響を調べるために、撮影点 $R_{10} \times R_{11}$ から露出2.5秒、5秒で8分現像、露出10秒で7分現像の3種類の乾板について比較した(第18図)。この場合の現像液はコニードールD.P. 液温は20°Cである。(g) 精密図化機A7オートグラフの操作には相当の熟練を要する。オペレータの熟練度が精度におよぼす影響を調べるために熟練度に差のあるつぎの3人を選んで測定を行なった(第19図)。

(a) 比較的熟練者(経験1年)。(b) 熟練者(経験5年)。(c) 初心者(経験2カ月)

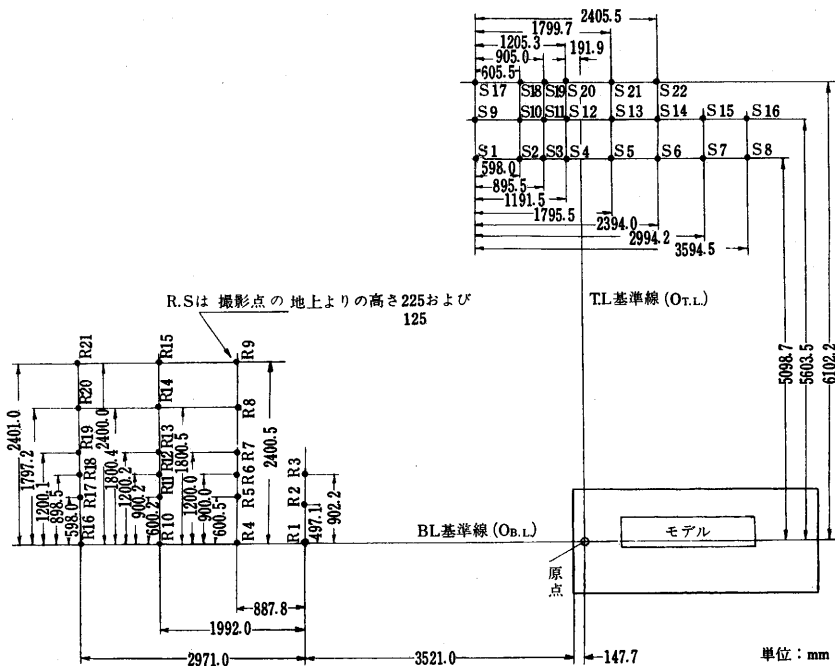
1) 計測結果とその考察

(a) 撮影点から被写体までの距離による影響は、第12図に示す結果からつぎのことがいえる。

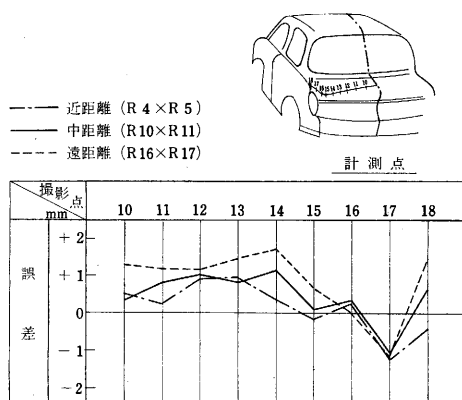
イ. 中距離($R_{10} \times R_{11}$)および近距離($R_4 \times R_5$)も良いが、近距離が最もよい。

ロ. No. 17の点はいずれの場合も、負の誤差となっていたが、この点は、傾斜の強い部分で、形状の特性が計測値にある傾向を与えている。

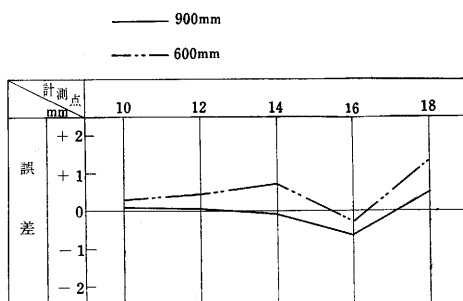
この傾向を知っておくことは



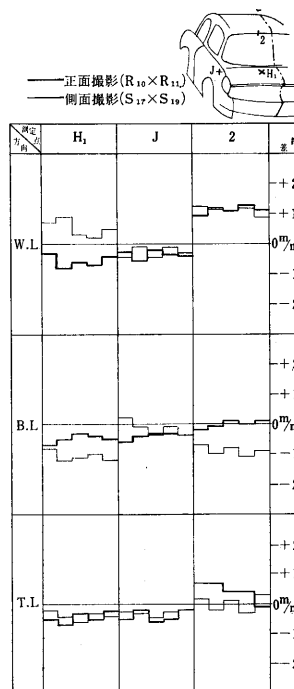
第11図 基礎実験における撮影点配置



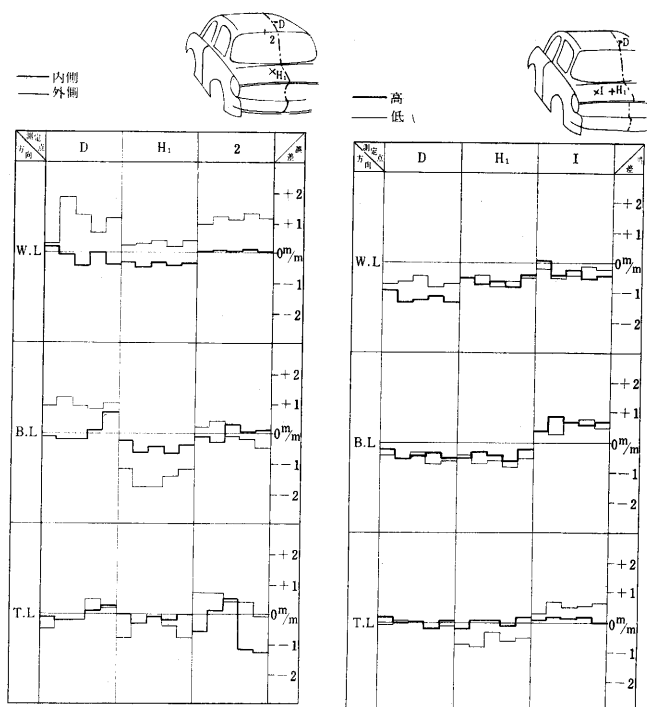
第12図 撮影距離と精度の関係



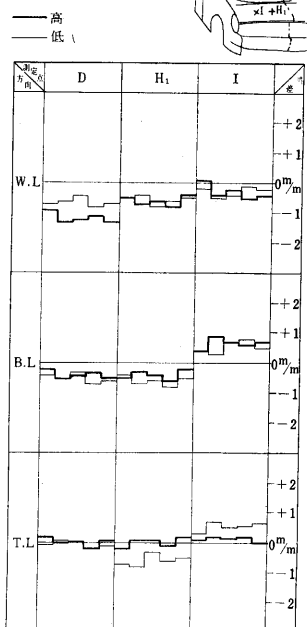
第13図 撮影基線長と精度との関係



第14図 正面撮影と側面撮影との比較



第 15 図 左右方向の位置差による関係



第 16 図 上下方向の位置差と精度の関係

図化測定時に非常に役立つはずである。

ハ、各計測誤差の標準誤差

- (i) 近距離の位置で最大 0.86 mm, 最小 0.20 mm
- (ii) 中距離の位置で最大 0.78 mm, 最小 0.10 mm
- (iii) 遠距離の位置で最大 0.81 mm, 最小 0.10 mm

(b) 撮影基線長による影響 (第 13 図参照). 基線長 900 mm の場合の方が精度が高い. 特に水平面に, 近い

部分上にある測定点は ± 0.1 mm 以内で計測され, 基線長が精度におよぼす影響の大きいことを示している. No. 16 の点で, いずれも負の誤差になっている. 前項と同じく, この部分の形状の影響と考えられる. この結果から, 基線長は許される範囲内で極力大きくすべきである.

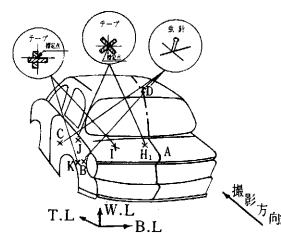
(c) 正面撮影と側面撮影の場合 (第 14 図参照).

イ. T. L 計測

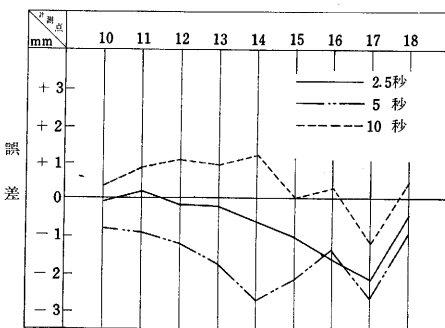
側線撮影の場合は, 各点とも誤差が比較的安定しているが, 正面撮影の場合は, No. 2 の点で誤差が大きく出ている. また各点とも総体的に精度があまりよくない. したがって

える.

ロ. B. L 計測



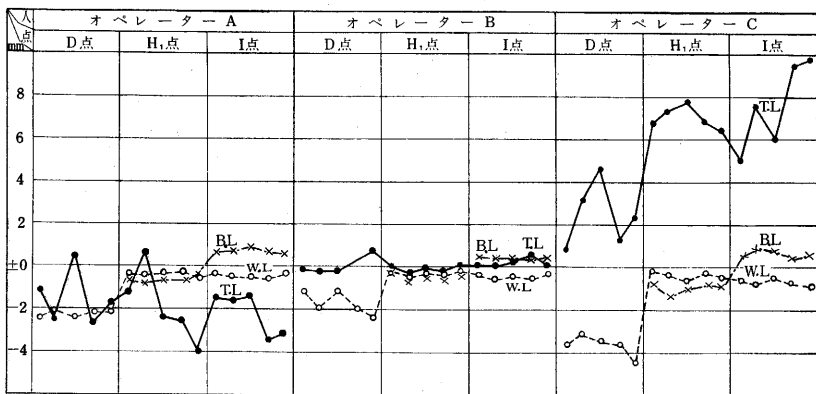
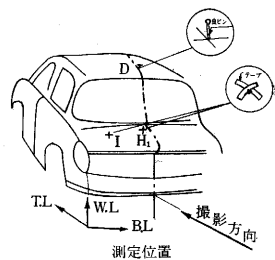
第 17 図 標定点のマークの比較



第 18 図 乾板濃度差と精度の関係



オペレーター A 比較的熟練者
" B 熟練者
" C 初心者



第 19 図 オペレータの熟練度の比較

正面撮影の方が各点とも誤差が少ない。H₁ および No. 2 の点では、側面撮影の場合、大きく負の誤差が出ている。これは、側面撮影の場合は計測方向が奥行方向の計測になり、奥行方向の計測精度の悪さを示している。

ハ. W. L 計測

J. No. 2 の点では両者とも、同じ傾向を示しているが、H₁ の点では、誤差の方向が逆にでてくる。これは H₁ 点部転図の塗装の条件が大きく影響しているものと思われる。

全体的に考察すれば、計測点が奥行方向の計測にならないように、撮影方向を選べば、良い精度が得られるようである。すなわち T. L 計測では側面撮影、B. L 計測では正面撮影の場合がよい。

(d) 撮影点から被写体を見る方向差の影響

イ. 左右方向に位置を変えた場合 (第 15 図)

i) T. L 計測

D, H₁ 点では内側撮影の方が、誤差およびばらつきが小さいが No. 2 の点では両者とも誤差が大きく出ている。

ii) B. L, W. L 計測

各点とも、内側撮影の方が良く、誤差ばらつきとも少なく、外側撮影の場合と明確な差が出ている。この結果から左右方向のカメラ位置については、計測点が乾板の中心に近く写っている方が精度が高い傾向になるといえる。

ロ. 上下方向の差による比較 (第 16 図)

この計測ではあまり特徴的な計測結果はあらわれていないが、トランク部分やルーフ等、比較的平らな部分の計測には、高い位置から撮影したものの方が良いようである。

(e) 標定点マークの違いによる影響 (第 17 図)

テープによるマーキングは、安定した計測誤差の少ないことを示すが、虫針の場合は非常によい場合と悪い場合に分かれている。それは周囲のコントラストに非常に影響されたものと思われる。

(f) 乾板の濃度差の影響 (第 18 図)

露出 2.5 秒の乾板が一番良い結果を示している。露光 10 秒の乾板でも現像を少し早目にあげると、全体的に安定した測定値のばらつきを示している。注目してよい。

4. 実車計測実験について

前述した基礎実験では、主として高精度を得るための諸条件の研究を行なったが、これと併行的に直接開発中のクレイモデルを利用して実車という総合された条件下における問題点の解明とプロセスの中の 1 作業として果たす役割の効果をj知るための研究をおこなった。

(1) 経過

昭和 36 年 7 月 “コルト” (現在型コルト 600 の前身)

の 1/1 クレイモデル (A モデル) の実験を第 1 次として、昭和 37 年 12 月に第 4 次、また最近第 5 次の実験を実施してきた。

第 1 次の実験の A モデルでは、基礎実験の解析結果もなく、準備も一時的な応急処置が多かった。また床面積の関係で室内作業となり、実験の条件としては極めて不利であったにもかかわらず、一部修正をしたのみで、一応実用できる程度の線図を得ることができた。

第 2 次実験の B モデルでは、モデルの尺度が 1/3 であったため、写場としては、広い床面積を必要としないので室内作業をすることができ、天候による影響、露光条件の管理等、室内作業の優位性が立証され、今後の写場計画に対して重要な資料を得ることができた。

第 3 次実験では 1/1 C モデルによって第 1 次、第 2 次で得た結果を整理し、精度向上と、能率向上の具体的方法を検討した。

第 4 次実験では A, B, C の実車モデルによる実験と、前述のテストピースによる基礎実験より得た結果を計画的に折りこんで、D モデルであるコルト 1000 の計測を行ない、完全実用化時の体制を確立するための確認を行なった。その結果、精度的には設計線図として必要なすべてを満足させることができたと同時に、時間的にも、計測から線図完成にいたる一連の作業期間を大幅に短縮して、初期の目的を十分に達成する見通しを得た。

第 5 次実験の E モデルでは、完全実用化の第一歩として、かなり整理、検討された状態で、計測図化作業を行なった。

これらの計測図化作業は、いずれの場合も実験的要素をもっていたが、設計作業の流れの中の一部として、その役割を果たし、コルト 600 やコルト 1000 のように、本方法によったものが生産車として、すでに世に送り出されているものである。

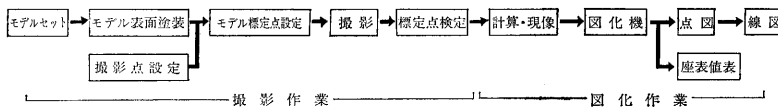
以下実車計測実験より得られた結果にもとづいて、述べることにする。写真 4 にコルト 1000 の撮影状況を示す。



写真 4 コルト 1000 撮影作業風景

(2) 実車による車体線図作成作業および実験

前述のように今まで行ってきた実車計測は、その都度作業条件を変えたこと、および実験的な性格が折りこんであったことなどのために、その作業手順も若干異なっていたが、それらを整理すると、第 20 図のようになる。以下、この作業手順にもとづいて述べる。



第 20 図

1) モデルセット モデルは、図化時に正しく X, Y, Z の 3 軸方向の断面投象図が得られるよう、T.L, W.L B.L の基準線は正しくセットされていなければならない。

この基準線はモデル製作時、モデル製作ジグによってマーキンされ、まだ管理されているので、撮影をこのジグ上で行なう時は、モデルセットのための作業時間を短縮することができる。

Aモデルの場合は、写場床面積の都合でモデルをジグから外して、室外で行なったため、モデルセットにはかなりの時間を要した。またDモデルの場合は、写真機位置を固定してモデルを回転し、3方向の撮影を行なったが、一方向の撮影が終わるごとにモデル回転セット作業が入るので、非常に繁雑になった。

モデルのセットは、製作時のセット状態を復元するため、かなりの困難が伴うので、できる限りモデル製作ジグ上で撮影することが望ましい。またその都度セットをする場合は、あらかじめ微動調整のできるセッティング装置を必要とする。

このモデルセットが不完全な場合は、図化された線図の精度が低下することはいうまでもない。

2) モデル表面塗装

すでに基礎実験の項で述べたように、図化時の計測精度を高めるために、モデルの表面に特殊な塗装を施すことがぜひ必要である。実車計測の場合は、基礎実験より得られた結果をもとにして、実車に対する諸条件を十分考慮しながら行なったが、露光条件の異なる室外撮影の場合と室内撮影の場合では、若干方法を変えた方がよかった。

またモデルを塗装する際、モデル表面上の種々アクセサリ、ドリップ、ウィンド・モールなど、線図作成に必要な部品は、撮影時死角となって図化不能な部分があるので、モデル塗装以前に、取り外しておくことが必要である。

3) 撮影点設定

車体線図は、正面図（前方から見たもの）、側面図（側方から見たもの）、平面図（上方から見たもの）、後面図

（後方から見たもの）の 4 投象図から構成されている。それらを得るために撮影は前方視、側方視、後方視の 3 方向から行なった。基礎実験の結果から、撮影距離は短く、撮影基線長は広い方が精度は高くなるが、カメラの焦点距離による制約と、図化可能範囲が小さくなることおよび、立体像が得難くなることなどからその大きさに

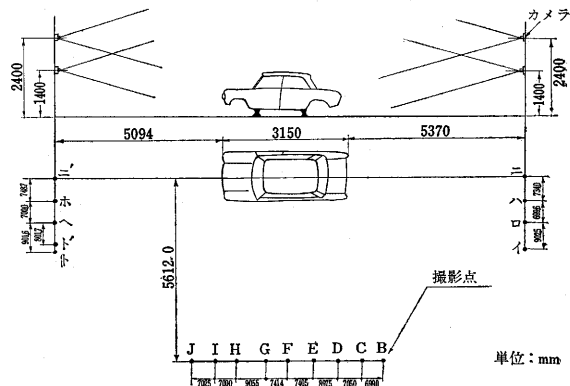
限度がある。また線図の 1 投象図を得るために必要な写真のペア数を最小におさえることが必要で、精度確保と、経済性の両面から、撮影点の設定には、十分な計画を

必要とする。

Aモデル計測の場合は、適当な撮影点把握のための実験を加味したので、100 点近くの撮影点を、またDモデルの場合はほぼ 50 点の撮影点をそれぞれ設けた。

図化に必要な経済的写真ペア数は、モデルの条件（寸度、形状）によって一律的ではないが、コルト 1000 では、およそ 10~15 ペア程度であった。実際作業としてはこれに応じた撮影点を設定すればよい。

第 21 図に、コルト 1000 の実際図化に使用した撮影点の配置図を示す。



第 21 図 コルト 1000 撮影点配置図

実用化が完成して流水の仕事として実施する場合は、撮影距離が、モデルの条件および図化縮尺度によって決まるので、あらかじめ写場にこれらの条件を加味した点を設けておけば、撮影点設定作業の時間を短縮することができる。

なお、この作業はモデル塗装作業と並行的に行なうことができるので、塗装作業終了後、ただちに撮影に入ることが可能である。

4) 標定点設定 写真を図化機にセットする時、投影機に撮影時のモデル状態を再現するため、モデルおよびその周辺に標定点を設けることが必要である。これらの点はすべての寸法の基準となるものであるから、計測時読みやすいマークにすることが必要であるとともに、精

度の高い設定を行なわなければならない。

モデルジグ上で撮影する場合は、ジグ上の目盛を標定点とすればよいので、改めて標定点を設定する必要はない。

5) 撮影 すでに設定された撮影点にカメラを正しくセットして撮影を行なうが、この場合、光軸方向が車体中心線に対して平行、あるいは直角な方向に向けられていることが大切である。撮影作業のうち、大部分の時間がこの光軸セットに要するものである。

また出来上がった写真は計測精度に直接影響を与えるものであるから、計測しやすい写真を得るために、適性で、かつ安定した露光条件を確保することが、極めて大切である。

Aモデルの場合は室外撮影であったため、撮影中に被写体の露光条件が変化するので、その管理が困難であった。また直射日光を避けるため、モデルを天幕で覆ったり、日陰部には反射板を用いて光を送ったり、種々の工夫を施したが、Dモデルの場合は室内作業であったため、人工照明で実施し、たえず安定した露光を得ることができた。これらの照明に使用した電球は 500 W、10 個であった。

6) 標定点検定 撮影が終了すると、モデルと撮影点との寸度関係をチェックする。これは標定点設定以後、モデル位置のずれ、標定点自身のずれ、また誤測などを防ぐために行なうものである。この計測には T_2 、Ni 2 レベル、鋼尺を用い、1 点当たり 3 回計測し、その平均値をとった。

7) 現像、計算 計算は標定点検定値を図化機標定用の値に換算するもので、現像作業と並行して行なうことができる。

また現像については基礎実験の項で述べたように、現像処理の方法が精度に大きな影響をおよぼすので、その処理については慎重な管理が必要である。

現像はいずれの場合も撮影終了と同時に社内現像室で現像し、その仕上がり状態をチェックして、良好な乾板が常に得られるようにした。

8) 計測図化 計測図化作業は描こうとする投象図を得るため、最も適格な乾板を選択することが必要であると同時に、精度と作業能率を高めるのにも非常に大切なことである。乾板を図化機にセットしたのち、モデル上およびモデル周辺に設けられた標定点を基準として、T.L, W.L, B.L の 3 方向の寸度標定を行なうが、標定点の精度が悪かったり、点が多いときは、いたずらに標定のための時間を費さねばならないので、標定点は精度の高いものを少数に限定して設定することが望ましい。

オペレータについては基礎実験の項で述べたように、個人差があるので標定を行なったオペレータが、その乾板について必ず計測すべきである。

計測時間は計測場所の難易によって多少異なるが、平均、熟練者で 20~30 点/分のポイントをプロットすることができる。なお図化機は直接ラインで図化することができるが、モデル表面を連続的に計測する方法では、描かれた曲線が滑らかなラインとならず、かえって精度も悪いので、ポイントでプロットされたものを後から曲線定規で結ぶ方法で行なった。

図化方法は、アルミ箔入りケント紙を用い、それにプロットされた点図をマイラ紙によってトレースする方法と、直接マイラ紙へ点図として描く方法とがあるが、図化要員の多い場合は前者の方法で行なう方が短時間で作業できる。

また 1 ペアの写真からは、2 方向の断面投影図を図化することができるので、必要とする投象図をどのペア写真から得るかという選択は、きわめて大切なことである。線図作業の内容に応じて適宜乾板を組み替えながら、所要の投象図を図化し、最終的にまとまった車体線図を得るという方法が望ましい。

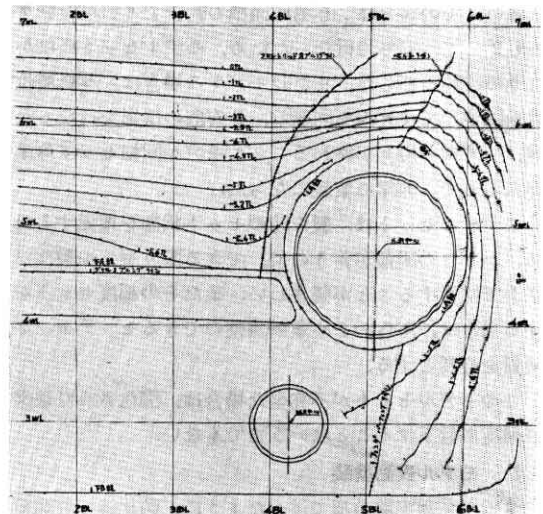


写真5 立体写真線図

写真5は、本方法によって描かれた車体線図の一部である。この図は、点プロットしたものを、曲線定規で結んだもので、点のばらつきがよくわかる。

(3) 成果および考案

1) 線図の精度 技術的諸条件が理想的な場合は、 $\pm 0.5 \text{ mm}$ 以内の精度におさえることが、十分、可能である。基礎実験で判明したように、同一条件下でも計測点の形状の特徴によって、かなりその精度に差が生ずるので、計測しようとする部分の形状の特徴に合わせて、乾板を選ぶことが、精度のある線図を作成するための重要な因子である。

Aモデルの場合は、この形状の特徴を無視して一律的

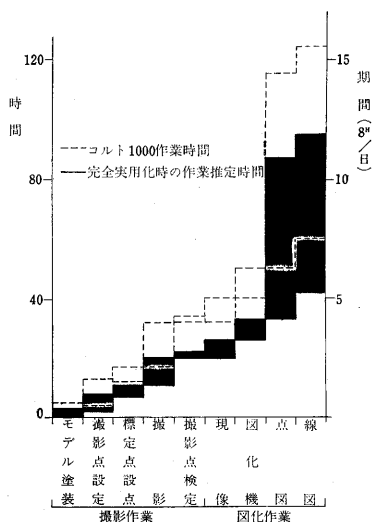
に計測をしたため、一部 $\pm 3 \sim 5 \text{ mm}$ 程度の誤差を生じたが D モデルでは、平均 ± 0.5 、最大 $\pm 1.5 \text{ mm}$ 程度の誤差となり、設計線図として、一応使用できる精度を得ることができた。

2) 作成期間 いずれの場合も、実験を兼ねて、撮影・図化を行なったので、実験のための時間をかなり費した。中でも初期の A・B モデルでは、準備不良のための時間も加わって、モデル塗装から線図完成にいたるまでに、160 時間を要したが、D モデルでは 120 時間で完成した。この期間は、従来の計測方法による場合の期間と比較すると、だいたい $1/2 \sim 1/25$ となる。

今回行なった実績から、実験のケースを除き、撮影に必要な準備が完備された場合は、さらに期間を $1/3$ 以下に短縮できることが考えられる。第 22 図にコルト 1000 の場合と、完全実用化に入った場合の作業時間を示す。ここで完全実用化の場合は推定時間である。

5. む す び

以上述べてきたことでわかるように、写真測量の方法



第 22 図 コルト 1000 撮影・図化作業時間

を自動車モデルの線図化に応用し、実際工程上に大きな役割を果たした。

精度と能率の向上を図るために、さらに残された細部の種々、問題点について研究をし、解決を図らなければならない。この写真測量による測定は、表面が複雑で、全体の形状を把握するのが他の方法では困難であるほど、その優位性を発揮するものであるから、自動車工業界での線図作成という限られた範囲にのみ限らずなお広く産業部門に応用される要素を十分に含んでいると考えられる。

この自動車線図化への応用研究が、広く産業界の計測面への応用の先駆ともなれば筆者らの幸いとするところである。

なおこの実験に当たり、写真の乾板テストについては本研究菊地教授および研究室の方々、レンズ解像力テストについては小瀬助教授および日本カメラ検査協会のご協力を得た。ここに深謝の意を表する。

なおこの研究は 新三菱重工 KK 名古屋自動車製作所よりの委託研究として実施したものである。

(1963 年 10 月 21 日受理)

参 考 文 献

- (1) O. von Gruber, Photogrammetry Collected Lectures and Essays.
- (2) Bertil Hallert, Photogrammetry.
- (3) Dr. M. Zeller, Text Book of Photogrammetry.
- (4) Mofitt, Photogrammetry.
- (5) Manual of Photogrammetry, American Society of Photogrammetry.
- (6) K. Schwedfsky, Einführung in die Luft und Erdbildmessung.
- (7) 大島：地上写真測量の建造物への応用例，測量 (1961-8)。
- (8) 丸安，大島：インド史跡調査と地上写真測量，生産研究，第 14 巻第 8 号。(1962, 8)
- (9) 丸安，大島，萬岡，津田：地上写真測量による文化財の精密測定の一例，日本写真測量学会，第 1 巻 第 1 号。
- (10) 丸安，大島，津田：写真測量の水車形状の精密検査への利用，生産研究，第 15 巻 第 5 号。(1963, 5)
- (11) 坪井，丸安，大島，川口：オリンピック室内総合体育館とその模型の構み，模型への写真測量の利用，生産研究，第 15 巻 第 8 号。(1963, 8)
- (12) 菊地，西村，福島，藤沢：科学写真便覧，丸善。

次 号 予 告 (1 月号)

巻 頭 言

工学研究……………藤 高 周 平

研究解説

満載時の吃水線の規定について……………田 宮 真

生研庁舎付近の歴史……………村 松 貞次郎

薄肉開断面材の力学 (1) ……………川 井 忠 彦

研究速報

自動車の低速時における操舵トルク (第 2 報)……………小 口 泰 平

インコヒーレントに近い光源の空間的コヒーレンスの測定法 (1) ……………小 瀬 輝 次

……………松 尾 昌 季

新しい化合物の合成……………永 井 芳 男

……………綾 部 好 雄

……………松 田 達 史

……………鳥 飼 安 生

生研ニュース