明石海峡上空風速の写真測量的測定

笠 松 清 *

中 村 貞 治 *

Photogrammetric Measurements of the Wind Velocity over the Straits of Akashi

By Kiyoshi Kasamatsu &

Koji Nakamura

Report of a test on photogrammetric measurements of the wind velocity at several altitudes over the Straits of Akashi to determine the local of changes wind is described.

Photographs are taken by simultaneous photographing the fireworks, provided parachutes, with two phototheodolites placed at the stations on the base line, at night.

Stereophotographs are measured with the first order stereoplotter.

まえがき 本土と四国を結ぶ“夢のかけ橋”の基礎調査段階として、この度海底地質調査等と共に海峡上空の気象観測が建設省依頼で気象庁によつて行われることとなつた。今回も普通に用いられている風船と測風経緯儀とで観測する方法が行われたことは勿論である。

気象観測の写真測量的方法としては、昼間では追尾式写真経緯儀を用いねばならないが、夜間では発光体を飛ばせば固定式写真経緯儀でも良く、発光体と風船で飛ばして行つた F. W. Hifze の例⁽¹⁾などがある。

我々の分担した方法は一定高度毎に落下傘附発火火花を同時に数発打ち揚げ、シャッター開放の一対の固定式写真経緯儀で立体撮影し、発光体の風に流される航跡を記録する方法によつたものである。この方法によれば同時刻の各高度の風速の変化の測定が可能である。

写真経緯儀の同様な応用例として発光運動物体を同時撮影する方法をとつたものに、Ballistic Camera⁽²⁾による弾道の研究があり、又東京大学生産技術研究所丸安研究室及び植村研究室で行われたロケット弾道の研究⁽³⁾には、追尾式と固定式の特殊カメラが用いられた。

筆者達の試験実施後入手した文献によると W. E. Boge 氏の行つた試験⁽⁴⁾は成層圏にまで達する超高空の風速測定のためロケットによる Vaper trail を写真測量的に記録測定したもので、まことに大がかりなものである。これに比較すればこの試験は小規模なもの

であるが、超低空の局地風の気象観測の写真測量的方法としては初めてではないかと考える。そしてこの方法は目的にかない適切な方法であつたと考えられ、その試験結果も良好であつたので、ここにその大略を報告する次第である。

1. 試験の実施

1-1. 試験の方法

落下傘附発火火花を希望位置の希望高度で同時に発光するようにするために弾道学によつて次の如くに計算決定した。先ず高度と射程とを出来るだけ大きくなるような射角を第1図の如くに求めて射角 60° と決定し、次で50m毎の高度で6秒の経過時間で同時に発光するための予想弾道側視図は第2図の通りで初速（薬量）の加減によつて得られる。

またその方向角は風向、撮影点、撮影画角との関係を考慮して撰び、予期しない風向等の変化にも即応し得るようにした。

かくして50m高度から250mまで50m間隔で同時に発光するように5発の花火を同時に打揚げた。第3図は花火打揚作業を示す写真である。

写真経緯儀は Wild の P30 型で、焦点距離165mm 乾板の大きさ $100 \times 150\text{mm}$ 、口径比 $1/12$ 、上下には迎角を $+7g \sim -21g$ 変えられる方式で、 T_2 経緯儀の取付けられたもので、これを2台適當の基線比で据えた。そのタイマーとしては2台同時に一定間隔時間で作動するシャッターで撮影された航跡に切目をつけるようにすれば理想的であるが、その余裕がなかつたので、基準となる1台にのみ写される航跡に5秒間隔の

* 国際航業株式会社

第1図 花火弾道図

$$y = x \tan \varphi - \frac{g x^2}{2 V_0^2 \cos^2 \varphi}$$

$$y = x \tan \varphi - \frac{x^2}{4 h \cos^2 \varphi}$$

$$x = \frac{V_0^2 \sin^2 \varphi}{g}$$

切目をつけられるようにした。使用した乾板は小西六 GSPAN を用い、その感度は ASA 50 である。

基線測量には土地が平坦でなかつたので、2 m 測桿と T_2 で行つた。その撮影状態の関係は第4図に示す通りである。又図根点としての灯火点を発射点付近に設け、乾板に写しこめるようにした。

1-2. 予備試験

現地本試験の前に花火の撮影濃度等の試験のために昭和38年9月27日多摩川地区で予備試験を行つた。この時の撮影距離は約550mで、基線比は約1/11であつた。

風向は頂度乾板を横に流れる状態で、風速は約5 m/sec であつた。

1-3. 図上計画と現地踏査

幸にも図上計画には明石地区の縮尺1/25,000の空中写真があつたので、これを充分に活用して花火打揚点及び撮影点の撰定を机上で行つて、それを現地踏査で確認した。撮影点として基線が充分とれる高台を決定することが出来た。

1-4. 本試験

本試験には最も強風の吹く時期として昭和39年1月26日、27日が撰ばれた。この時の撮影距離はほぼ1,100m~1,300mで、基線比は約1/8~1/9であつた。風向は西風の筈が北風となつて撮影方向に流れる結果となつた。

従つて風速の算定データの主役は視差々となつた。風速も数十米の筈が約10m/secに過ぎなかつた。撮影したもののうち1対の写真の例を第5図に示した。

2. 試験結果

2-1. 風向風速の測定

ネガ乾板をステレオプラニグラフ C 8 にかけ、機械縮尺 1/3,000 で、花火航跡のタイマーによる

第2図 射角60°において経過時間6秒の場合の発火点位置

第3図 花火の打揚作業を示す

第4図 撮影関係図

第5図 花火立体写真の一例

切目の座標値を測定印字し、これからアフィン変換、座標変換等の計算処理によつて、高度、風速、風向等を求めた。第5図の例の写真対から求めた結果の一部は次頁の表の通りである。

又この例のものの花火航跡の切目座標測定結果の平面図は第6図に示す通りで●印は図根となる灯火点を示す。この点より北1kmの所に撮影点がある。

2-2. 精 度

撮影方向が基線に垂直で平行な撮影の場合、撮影条件を定めるための誤差式は一般のテキストブック⁽⁶⁾に記載されている。また写真経緯儀自身の内部定位誤差及びそれを設置する時の誤差については、今は亡き

R. Finsterwalder 博士の著書⁽⁶⁾に論じられている。これらを基礎として今回の試験の精度の中等誤差を計算すると次の通りである。

平均風速	$\pm 10 \text{ cm/sec}$
高 度	$\pm 20 \text{ cm}$
方 位	$\pm 15'$

2-3. 試験の結果

本試験では風向風速とも予報に反する気象状態となつた。また同時に打揚げた落下傘発火花火の中には落下傘が開かないため落下してしまうものも生じ、発火高度は予期する高度に達しなかつた。

以上の事柄は写真測量的に観測する側にとつては、

	距離(D) m	D/5" m/sec	平均風速 m/sec	F-D n	高度 m	平均高度 m	方位
II - I							
1 - 2	48.8	9.7	9.4	0.3	207.81 197.49	202.65	10°14'
2 - 3	90.5	9.1		0.3	181.71	189.60	16°24'
1 - 2	44.2	8.8	8.5	0.3	130.77 121.50	126.14	18°44'
2 - 3	82.2	8.2		0.3	107.04	114.27	9°04'

撮影濃度の点からも又写真画角の点からも余裕のある結果となつた。しかしながら最悪の場合でも充分目的を達し得るよう計画したものである。花火打揚班との連絡、写真経緯儀の同時撮影の夜間操作等も円滑に進み、また近くの宝塚測量所を利用出来た等のこともあつて、充分な精度で一枚の無駄撮影もなく実施出来たことは一応の成功ということが出来て、今回の試験の目的の如き場合に有効な写真測量の手法を呈示し得たものと信ずるものである。

今回の如く水平より上を撮影する場合写真経緯儀の画角はより広角であるか迎角を多くかけられるのが有利で、この点前記 W. E. Boge 氏の試験(4)の場合には同様の Wild の 165 mm 写真経緯儀であるが、迎角は +12g までかけられるもので有利であつたと考えられる。

あとがき 試験成果の気象学的な事項は専門外なので除外した。気象現象—花火—写真測量とを結ぶ写真測量応用の一つのかけ橋を実施し御指導して頂いた気象研究所、高橋喜彦博士、また花火打揚げに御無理を願つた細谷火工株式会社、服部一郎工場長、また種々御便宜と御助言とを頂いた生産技術研究所丸安隆和教授並びに大島先生、作業に協力して頂いた国際航業の方々に対して深く感謝する次第である。

参考文献

- (1) O. Lacmann; "Die Photogrammetrie in ihrer Anwendung auf nicht-topographischen Gebieten" 1950. P.132
- (2) M. Zeller; "Lehrbuch der Photogrammetrie" 1946. P.97
- (3) 丸安研究室及び植物研究室
"生産研究" Vol. IX, No. 11 1957 観測ロケット特集号
- (4) W. E. Boge; "Upper Atmospheric Wind Determinations from Stereo-photography of Rocket Vapor Trails" "Photogrammetric Engineering" Vol XXIX. 1963. P.1059-1067

(5) 一 例

K. Schwedfsky; "Grundriss der Photogrammetrie" 6 Auf. 1963. P.31

- (6) R. Finsterwalder; "Photogrammetrie" 2-Auf. 1952 P.105-109

第6図 各高度の風速風向図の一例