

簡易トータルステーションによる危険地域の測量に関する基礎的研究

信州大学工学部 正会員 吉澤孝和 ○学生員 横山正亮

【研究目的・必要性・在来手法】

地上における簡易遠隔三次元測量装置を理論的実験的に開発することを本研究の目的とする。建設工学の中でも特に防災を対象とした場合、観測者の立ち入りが不可能または極めて危険な場所の地形を迅速に測量する必要がしばしば生ずる。このとき用い得る手法は、写真測量、反射測量（音波等）および交会測量に分類できる。交会測量では現在、光学距離計と平板または経緯儀による各種交会法が知られているが後者の手法においてはすべて基線は水平である。

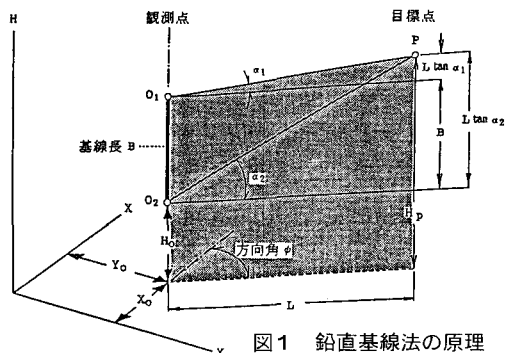


図1 鉛直基線法の原理

【鉛直基線法の原理】

$$\text{目標点までの水平距離 } L = B / [\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1] \quad (1)$$

本研究は2台のセオドライトで目標点を視準したときの高度角を用いて、目標点までの水平距離と比高を算出するリモートサーベイングである。

$$\text{目標点との比高 } H = L \tan \alpha_2 = B + L \tan \alpha_1 \quad (2)$$

目標点の三次元座標値

$$X_p = X_o + L \cos \phi \quad Y_p = Y_o + L \sin \phi \quad H_p = H_o + L \tan \alpha_2 \quad (3)$$

図1において O_1, O_2 は鉛直線上に設置した2台のセオドライトである。両者の水平軸の間隔 B が鉛直基線の長さである。上下のセオドライトで測定した2つの高度角 α_1, α_2 を用いて目標点 P までの水平距離 L は(1)式で求めることができる。この L を用いて比高 H は(2)式で与えられる。さらにいずれかのセオドライトで基準方向 X 軸からの水平角 ϕ を測定すれば、目標点 P の三次元座標値は(3)式を用いて計算することができる。

【水平基線法と鉛直基線法の比較】 表1に両者の得失を項目別に対比した。リモートサーベイングが必要となる場所は一般に地形が悪く、水平基線を十分にとれないことが多い。各項目を比較した場合、設備と高所における観測作業の問題を解決できれば水平基線法のほうが実用性が高いと考える。

表1 水平基線法と鉛直基線法の比較

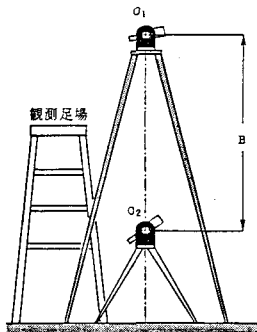


図2 基礎実験用システム

比較項目	水平基線法	鉛直基線法
水平距離の算出に必要な測定量	水平角2個	高度角2個
比高の算出に必要な測定量	水平角2個 高度角1個	高度角2個
三次元座標の算出に必要な測定量	水平角2個 高度角1個	高度角2個 水平角1個
測量器械器具	セオドライト2台	セオドライト2台 長大三脚 観測用足場
基線設定上の問題点	基線長を自由にとり得る 地形的な制約を受ける	基線長は制限を受ける 地形に無関係に設置できる
目標点の視準	目標を誤認しやすい 視準不可能な場合が生ずる	目標確認の精度は高い 視準上のトラブルは少い
所要作業人員	2名の観測者が必要	1名の観測者で可能
観測作業にともなう危険性	ほとんどない	高所での観測と昇降

【基礎実験】 図2に示すような装置を用いて基礎実験を行った。10秒読みのセオドライトを用い、基線の長さは1.1 - 1.6m 目標点までの距離25 - 175m, 比高0 - 23mの種々の組合せについて観測を行い、その結果を光波測距儀によるものと比較すると、50m以下では最大0.9%, 150m以上189m未満の距離では最大1.7%の誤差を生じた。現在種々の条件のもとで観測手法を考究しながら実験を継続中である。結果は講演会で報告する。

【誤差の検討】 本法の観測精度は：測定高度角の精度、基線長、測定対象までの距離及び比高に影響される。式(1)と(2)を用いて測定高度角の平均二乗誤差が水平距離と比高に与える誤差を求めるとつぎようになる。

$$\begin{aligned} \text{【水平距離の平均二乗誤差】} M_L &= \frac{B}{[\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1]^2} \sqrt{m_1^2 / \cos^4 \alpha_1 + m_2^2 / \cos^4 \alpha_2} \\ &= \frac{1}{B} \sqrt{[H-B]^2 + L^2]^2 \cdot m_1^2 + [H^2 + L^2]^2 \cdot m_2^2} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{【比高の平均二乗誤差】} M_H &= \frac{B}{[\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1]^2} \sqrt{m_1^2 \tan^2 \alpha_2 / \cos^4 \alpha_1 + m_2^2 \tan^2 \alpha_1 / \cos^4 \alpha_2} \\ &= \frac{1}{BL} \sqrt{[H-B]^2 + L^2]^2 H^2 \cdot m_1^2 + [H^2 + L^2]^2 [H-B]^2 \cdot m_2^2} \end{aligned} \quad (5)$$

m_1 = 上部セオドライトの測角における平均二乗誤差 m_2 = 下部セオドライトの測角における平均二乗誤差
 B = 鉛直基線長 L = 目標点までの水平距離 H = 目標点との比高

これらの式を用いて図3に示すような仰角が0度と22度の各場合について種々の基線長と距離の組合せについて生ずる平均二乗誤差を計算したものが表2である。但し上下のセオドライトの観測における平均二乗誤差を10秒とした。測定精度を高めるためには、基線長を大きくとるか測角の精度を良くすることが必要となる。

【観測精度の向上について】 本法を適用する上で最も注意を要する点は、上下のセオドライトで確実に同一の目標点を視準するという点である。そのためには測定対象の表面にレーザ・ビームを投影してその光点を視準するのが

表2 距離及び比高に対する測角誤差の影響

L	H	B	距離誤差	比高誤差
50m	0°	1m	0.17m	0.00m
		2m	0.09m	0.00m
		3m	0.06m	0.00m
	22°	1m	0.20m	0.08m
		2m	0.10m	0.04m
		3m	0.07m	0.02m
100m	0°	1m	0.69m	0.00m
		2m	0.34m	0.00m
		3m	0.23m	0.00m
	40°	1m	0.79m	0.31m
		2m	0.40m	0.15m
		3m	0.26m	0.10m
200m	0°	1m	2.74m	0.01m
		2m	1.37m	0.01m
		3m	0.91m	0.01m
	80°	1m	3.18m	1.26m
		2m	1.59m	0.63m
		3m	1.06m	0.41m

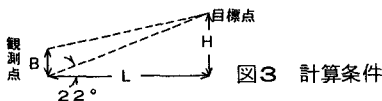


図3 計算条件

効果的である。直射日光のあたる場合を除いては昼間でも観測は可能であり、夕方から夜間にかけては特に能率が向上する。さらに上下2台のレーザ・セオドライトを用いて、両者から投影したレーザ光点を測定対象の面上で一致させるようにすると、精度的にも能率的にも極めて合理的である。

図4は現在考案中のリモート・サーベイング・システムの一例である。上部に設置したレーザ・セオドライトを地上から操作して測定対象物上に光点を投影する。これを下方のセオドライトで追跡すればよい。上部セオドライトの表示角は電氣的またはグラスファイバー等により地上に送る。

このような計測システムを用いれば1名の観測者により危険な地形の平面図や断面図の作成が可能となると考える。

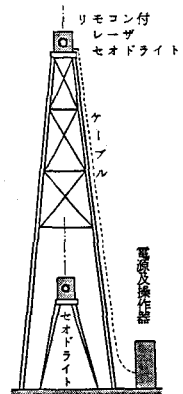


図4 リモートサーベイングシステムの例