

光波測距儀測路内の障害物の影響

川 端 猛*

The Effect of an Obstacle on the Rays of the Geodimeter

by Takeshi KAWABATA

They employ frequently the geodimeter in surveying of civil engineering works for the present. In this study we investigate experimentally about an effect of the measurement when there is such a barrier as a clump, a leaf, or such a drop of water as the rain, a fog on the rays of the geodimeter.

1. 緒 言

測量においては“角度”と同様に“長さ”は重要な測定要素である。かつては長さの基準として当時の王様の足の大きさを単位としたこともあった (Foot)。又、1800 年にフランス人・Delambre が始めて地球楕円体を実測し、その北極から赤道に至る一象限弧長を 1 千万メートルとして、“メートル”の基準とし長らく続いていた (1889 年・メートル原器制定)。その後、1960 年の第 11 回国際度量衡会議において、ガス状のクリプトン 86 (Kr^{86}) の出すオレンジレッドの波長をメートルの基準にすることを決議し現在に至っている。

一方、実際に長さを測定する機具は時代の流れに従って各種の新しいものが開発されたが、例えば伸縮性の大きかった布テープがガラス繊維を使用したエスロンテープに、また従来のスチールテープがそのサビやすい点を除くためのビニール表被スチールテープにと改良を加えるなど、より実用化している。

特に大きな変革として、1848 年にフランス人・Fizeau が光速度を決定するために行なった実験に刺激されて、電波や光波を用いて二点間の距離を測定する機械が考え出された。その原理は「位相比較法」の考え方より、大気中の電磁波速度 (約 3×10^8 m/sec) を変調し、数種類の異なる変調波を用いて往復の位相差を測定して、各変調波の測定結果を組合せて距離を測定するものであり、光波測距儀については 1950 年にスウェーデンの Bergstrand によって Geodimeter II 型が発売された。その後、改良を加えて多くの国で生産されている。

土木工事に伴う測量では光波測距儀の特色が高く評価され今日では普遍的に利用されている。トラバース測量においては測角と測距の精度が同一であると考えるのが常識となってきたし、三角測量では測角を省いて測距のみによる三辺測量も試みられている。

* 理工学部土木工学科教授 水理学, 測量学

光波測距儀の特色は①直接距離測定である（ただし、斜距離なので鉛直角を求め水平距離に換算する）。②距離の長短にかかわらず読みとり精度は一定である。③機械（光源、反射鏡）を設置すればボタンを押すだけで距離がデジタル表示される。④読定は短時間でよい。⑤長距離を一度に測定できる。などの長所がある反面、⑥気圧や気温又はかげろうの影響を受ける。⑦光の直進性が高いために測路内の障害物に影響される。などの短所も考えられる。

気温や気圧はそれぞれ温度計、気圧計で計測し、前もって計算してあるグラフより光速度に対する補正値を読定し、機械に補正値を記憶させて使用するので誤差を少なくすることができる。測路内の障害物については実際に使用してみると、完全に視界を保てる場合ばかりではなく、やむなく多少の木の葉などが存在することもある。又工期等の関係もあって、空気中に小さな雨滴が浮遊している時に測定する場合もありうる。

そこで実用的な立場から測路内の光波の進行を妨げる物体の存在がどのように影響するかを実験的に検討することにした。

2. 光波測距儀とスチールテープ

土木測量において従来より日常的に使用しているスチールテープと光波測距儀の特性を比較するために、両者を用いて同一区間を直接測定してみることにした。

④ 実験方法

平坦な見通しの良い場所に2つの測点（区間長約32m）を設置し、繰返し測定（各100回）を行なった。光波測距儀の場合は光源をセオドライト上に取付け（托架クリップオン型）反射側プリズムは1素子とした。

スチールテープの場合には傾斜補正、温度補正、特性値補正は行なったが、G. H. 152mと低いために高度補正は省略した。

使用した光波測距儀は東京光学機械工業の DM-C2 である。

⑥ 結果考察

両者の測定値をまとめたのが図1のヒストグラムである。

スチールテープ：最確値 32.1033 m

確率誤差 ± 0.0214 mm

光波測距儀：最確値 32.1010 m

確率誤差 ± 0.0525 mm

図から明らかなようにスチールテープのデータは最確値附近に集中し、しかも理想的な正規分布形になっている。光波のデータは逆に分散し、マイナスの偏差が多くなっている。光波測距儀が気象条件に微妙に影響されるためであろうか。確率誤差では光波測距儀はスチールテープの約2.5倍となっており、測定値はスチールテープに比べて小さい値になっている。これらのことから明らかにスチールテープの方が信頼性が高いと思える。

最確値では大差がなく両者の持つ定誤差（スチールテープ： ± 5.2 mm/50 m, 光波測距儀： ± 5 mm）に埋没してしまう程の差である。

これらの結果はほんの一例であるが、実験条件から考えると当然スチールテープの精度が高くなると考えられる。逆に起伏の多い場所での長距離のような条件であれば別の結果が現われるであろう。光波測距儀の特色でスチールテープよりも有利な点は、前述のように長距離を一度に短時間で測定できることにある。精度という点でも光波測距儀は長距離

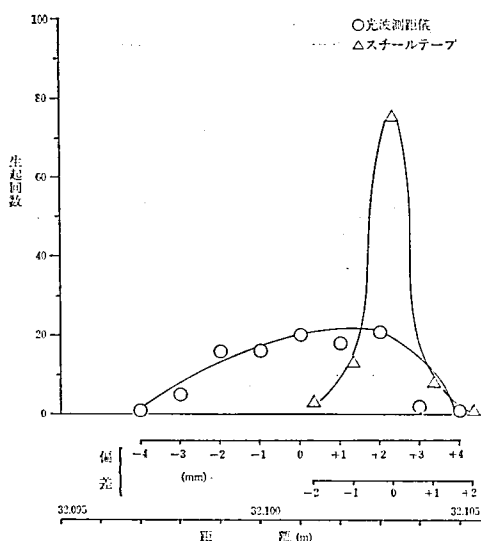


図 1 スチールテープとの比較

の場合に有利である。

距離の長さや測定場所の状態に応じて、各々の長所を生かした利用が必要であろう。

3. 障害物の影響

光波測距儀では直進性の高い光を使用しているために、測路内に障害物が存在すると測定値は何らかの影響を受けるようである。

野外測量においては測路内の木の葉やフェンス等を取除くことのできない場合もありうるなのでその実体を調べてみた。

④ 実験方法

使用した光波測距儀は前項の DM-C 2 であり、この機械は変調波として 2 種類の赤外光 (波長 10 m と 2 km) を使用している。

気象変化の少ない平坦地に 100m 隔れた 2 測点を設置し、その直線上にさらに 20m 毎に補助点を設けた。測定区間を 40m, 60m, 80m, 100m の 4 区間とし、各測定区間について光源から 20m の整数倍の位置に障害板を置くこととした。外径 7 cm (有効径 6.2 cm) の反射プリズムに図 2 のような視準板を取付け反射プリズムの中心を O として上下左右に目盛を付け、開放度を表 1 のように設定した。

障害板は一辺 45 cm の正方形の薄い鉄板で三脚上に取付けた。開放度の調節は障害板を光源と反射プリズムを結ぶ軸に対し、右及び下から移動する二方法とした。開放度 0% (−35 mm) を越えても測定可能な場合には障害板を 10 mm づつさらに移動することに

表 1 障害の大きさ

視準板目盛(mm)	+35	+25	+15	+5	0	−5	−15	−25	−35
開放度(%)	100	90	75	60	50	40	25	10	0

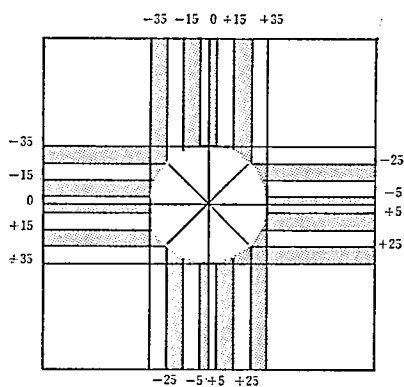


図 2 視準板

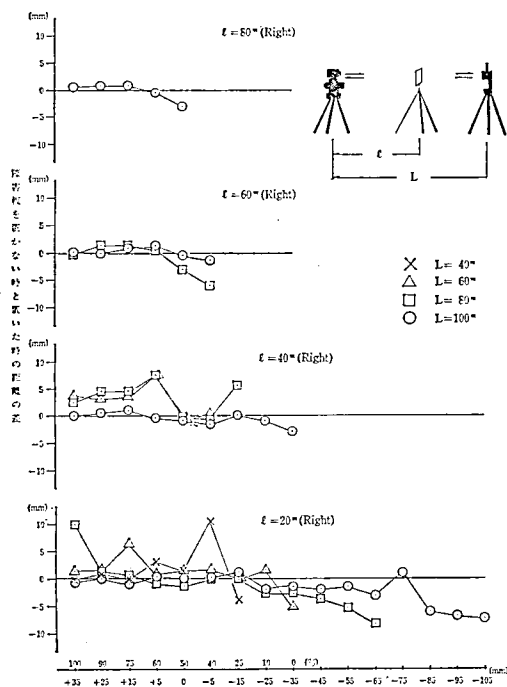


図 3 横からの障害

した。

⑥ 結果考察

障害物が一切ない場合を基準として開放度、区間長の関係を図 3, 4 にまとめた。

縦軸には障害物がない場合と有る場合の測定値の差を、又横軸には開放度を示してある。

横からの障害物に対しては測定区間 100m の場合には途中の障害物の影響が比較的少ないようである。障害板が光源側に近いと ($L=20$ m) 開放度 0, つまり光源側より反射プリズムが見えなくなっても光が回折して計測可能であるのがわかる。反対に反射プリズム側

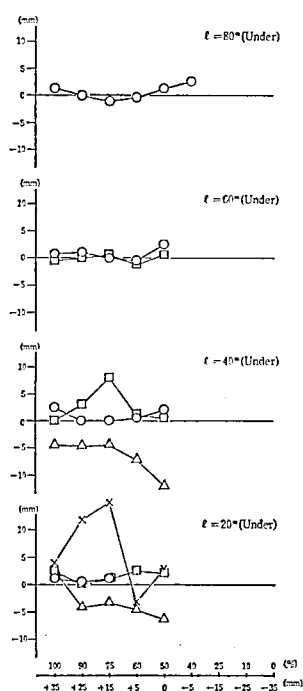


図 4 下からの障害

に障害板が近づくと、開放度 50% で計測不能になっている。測定区間が短くなる程、障害の影響は大きくなるようであり測定値が乱れている。又、開放度が 100% であっても、障害物が測路附近に有るだけで障害物なしの場合の測定値と必ずしも一致するとは限らないようである。

下からの障害物に対しては、横からの場合よりも影響が大きいようである。ほとんどの場合に開放度 50% 附近、つまり反射プリズムが半分程隠れてしまうと測定不可能になることがわかる。

これらの事から推測すると、測路内には障害物がないことが理想的ではあるが、計測可能範囲で (DM-C2 の場合、反射プリズム 1 素子で 1,400 m) 測定区間が長い程、途中の障害物の影響は少ないと思える。特に上下からの障害物には注意して、開放度も 50% 以上を保つように努力する必要がある。いづれにしても読定できる状態であれば誤差の大きさは光波測距儀の定誤差と大差がないようである。

4. 大気中の水滴の影響

野外における測量にあっては好条件の日ばかりではなく、やむえず雨や霧の時にも測定することがありうる。そこで光波が落下あるいは浮遊している水滴のある大気中を通過することによってどのように影響されるかを調べてみることにした。

① 実験方法

高低差の少ない平坦な場所に約 172m 離れた 2 測点を設置した。両測点には光源及び反射プリズムを置いても雨などが直接かからないように屋根を設けてある。測定日の天候状

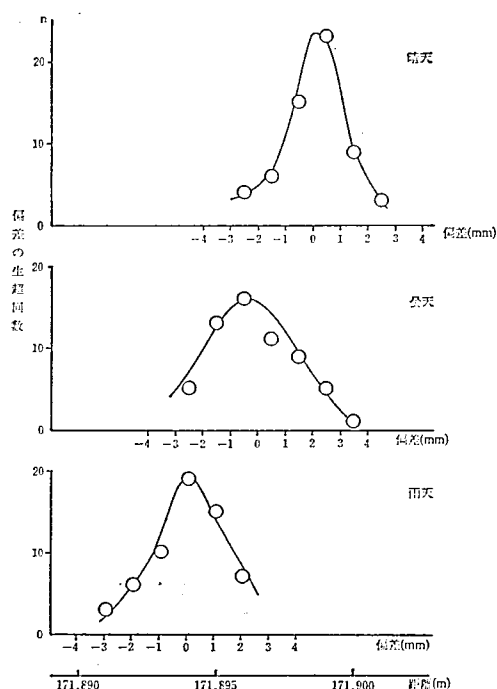


図 5 水滴の影響

態を④晴天，⑤曇天，⑥雨天の三つに分類した。分類は概略，気象学的分類に準拠した。使用した機械は東京光学機械工業の DM-C 2 である。

⑥ 結果 考 察

各天候下での測定結果を図 5 のヒストグラムに示す。

晴天：最 確 値 171.899 m

確率誤差 ± 0.0474 mm

曇天：最 確 値 171.897 m

確率誤差 ± 0.0618 mm

雨天：最 確 値 171.894 m

確率誤差 ± 0.0494 mm

グラフより三つの天候状態により多少の差異が生ずることがわかる。最確値の差は、5 mm 程度であるが雨天時には晴天時よりも測定値が概して小さくなっている。水滴のために光波が遮られて大きな値を示すであろうと当初予想していた結果とは逆の結果になった。誤差分布は共によく似ている。

曇天時の結果は両者のちょうど中間に位置している。曇天という状態には幅があり、晴天又は雨天からの変位があるためであろうか。誤差分布はやや偏平化して確率誤差も他の 2 つよりも大きくなっている。

5. 結 語

光波測距儀での測距には測角誤差や求心誤差なども考えられるが、ここでは細心の注意により除去できるものとして取扱った。

気象条件としては大気圧や気温、水蒸気圧などが大気中の光の屈折率に関係し光の速度を決定することになるが、これらの影響は今回のような近距離では測定結果にさほど響かないようである。

障害物の影響は光源から発する光が方向性のある偏光であるために生じたと思う。

光波測距儀での定誤差は機械誤差として $\pm 5 \text{ mm}$ 、距離に比例して増える誤差として 100 m 当り $\pm 0.5 \text{ mm}$ である。今回の偏差はこの定誤差の範囲に納まる程度のものであり、補正などの注意を必要としないものであろう。

光波測距儀が測距の精度を向上させる役割を果たしていることを確認したことになるが、この実験では測定回数が少なく、測定距離も短かく一般性に貧しいと思うが使用上の注意の一助となれば幸いである。

* * *

昭和57年より3年間大学の敷地図作製の測量を行なうために光波測距儀を使い機会に恵まれた。実際に使用してみると取扱説明書や専門書に書かれていない現実の問題に直面することがあった。今回のテーマもその一つである。敷地図がほぼ完成することになったのでここに報告することにした。

卒業研究生として参加した諸君に感謝致します。

参考文献

- 須田教明 電磁波測距儀の理論並びに操作法・計算法 測量 1966 6~8
- 榎本歳勝・小泉俊雄 光波測距儀の特性に関する実験的研究 土木学会・年講 1978
- 春日屋伸昌 測量学 I 朝倉書店 1978
- 中川徳郎 最新測量機器便覧 山海堂 1973
- 武田通治 測量設計技術全書(測量学概論) 山海堂 1982