

VI-52

レーザを利用したフィールドデジタイジングシステムの開発

○三井建設鋭技術研究所 桜井 浩 三井建設鋭技術研究所 中川良文
三井建設鋭技術研究所 高田知典 三井建設鋭機材部 三原準一

1. はじめに

建設作業における基本的かつ重要な作業の一つとして「位置や長さを測る」といった、いわゆる測量作業をあげることができる。作業のもつ重要性に比して作業環境および効率が悪く、「3K」の代表的な作業として嫌われることが多い。そこで近年、建設作業の高度化・合理化を目指したさまざまな取り組みのなかで測量作業も重点対象として取り上げられることが多く、当社においてもGPS（汎地球測位システム）やデジタルカメラを用いた形状計測システムといった新しい測量システムを提案し開発している。ところが、「測る」作業には実に多くのケースがあり、1つの測量システムですべての「測る」作業に対応することは無理が多い。対象作業の内容に応じて使い分け、あるいは組合わせて利用することが肝要と考えている。

そこで、筆者らは「ある程度限定された広さのなかで、位置あるいは長さを正確にしかも早く測りたい」といった測量作業を対象に、レーザ技術を応用した高精度かつ高速な座標（x-y座標）計測システム、いわゆるフィールド版のデジタイジングシステムの開発を行っている。現在までにプロトタイプの開発を終了し、初期の評価としては満足できる成果を得たのでここに報告する。

2. システムの概要

(1) 基本原理

システムの原理を図-1にて説明する。基本的には位置座標に関する既知点 P_a および P_b について、それぞれターゲットとのなす角 θ_a および θ_b を求めることによって、三角測量の考え方にしたがって一義的にターゲットの位置座標 P_T を求める方法である。すなわち、いま P_a の位置を原点（0,0）とし、 P_a および P_b との間の距離を L 、 x_T および y_T についての座標系を図示された方向にとれば、ターゲットの位置座標 P_T （ x_T, y_T ）は、

$$x_T = \frac{L \times \tan(\theta_b)}{\tan(\theta_a) + \tan(\theta_b)} \quad \dots(1)$$

$$y_T = \frac{L \times \tan(\theta_a) \times \tan(\theta_b)}{\tan(\theta_a) + \tan(\theta_b)} \quad \dots(2)$$

と表すことができる。したがって、 θ_a

および θ_b を求めさえすればターゲット

の位置を決定することができる。そこで筆者らは次に述べる構成にて、既知点 P_a および P_b のまわりにレーザ光線を水平に高速スキャンさせ、レーザ光線がターゲットに反射して返ってきたときのスキャンニング角度を精度よく測ることができる機構を開発し、これによって θ_a および θ_b を求めている。

(2) システムの構成と角度測定機構

図-1に示したように、このシステムは2つの光学ユニット（AおよびB）とターゲット、およびパーソナルコンピュータから構成される。さらに各光学ユニ

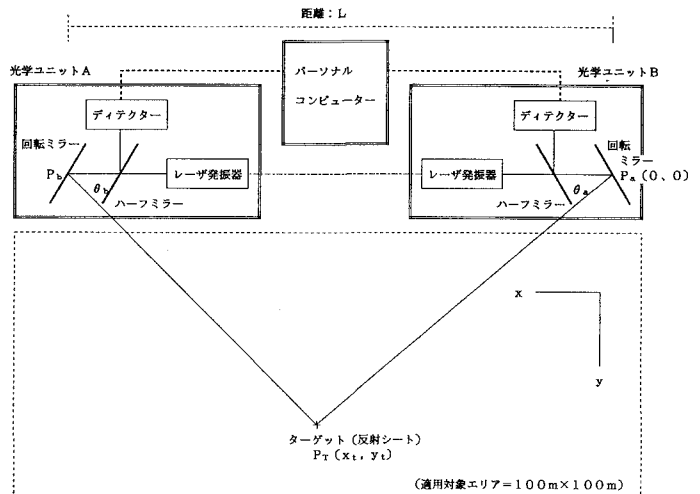


図-1 システムの原理と構成

ットはそれぞれ、レーザ発振器、ハーフミラー、回転ミラー、ディテクター等によって構成される。一方、ターゲットはレーザ光の入射・反射部分に再帰型の反射テープを貼り付けた構造となっている。

いまレーザ発振器から放射されたレーザ光はハーフミラーを透過直進して回転ミラーに当たる。回転ミラーは常に鉛直軸まわりに高速回転しているため、回転ミラーによって反射させられたレーザ光は対象領域全体にわたってスキャンすることになる。このとき、対象エリア内にターゲットがあればターゲットに入射したレーザ光は再帰型の反射テープによって反射させられ再び入射時と同じ光路を通して光学ユニット（回転ミラー）に戻ることになる。レーザ光がターゲットに反射して戻ってくる間の回転ミラーの角度変化は無視できるほどわずかであるため、回転ミラーに反射されたレーザ光は再びハーフミラーに入ることになる。レーザ光は今度はハーフミラーで透過することなく反射されてディテクター部に向かう。これによってディテクター部にレーザ光の入射が検知される。

ところで、回転ミラーがレーザ発振器に対して直角（基準方向）になるときが一回の回転中に必ず一度あり、この場合にはレーザ光は回転ミラーに反射されて直接ディテクター部に向かう。このため、このときのレーザ光はかなり強いレベルにて検知されるため、ターゲットに反射して戻ってくるレーザ光とは識別することになる。すなわち、回転ミラーが基準方向を向いた時点からレーザ光がターゲットに反射して再び検知されるまでの時間 t は、ディテクターに検知されたレーザ光のレベルの違いからこの間の時間差にて求めることができる。さらに同様の理屈で回転ミラーが一回転に要する時間 T も求めることができる。

したがって、基準方向を一方の既知点に合わせた場合、ターゲットとのなす角度 θ は次式によって簡単に求めることができる。

$$\theta = 2 \times (t / T \times 360) \quad \dots (3)$$

すなわち、この方法にて θ_a および θ_b を求めることができ、先の(1)式および(2)式に代入することで位置座標をすみやかに計算することができる。

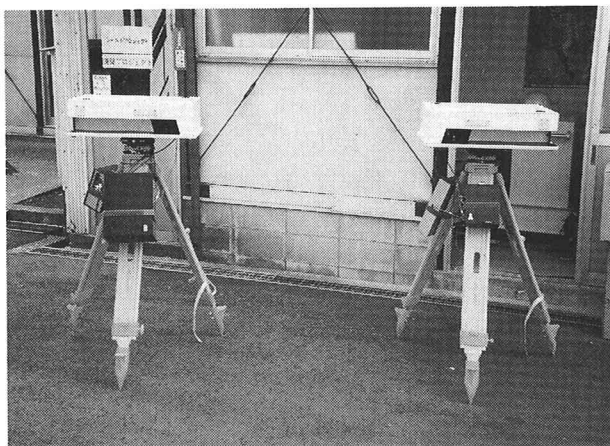
3. システムの特徴と今後の展開

現在、プロトタイプシステム（写真－1）を用いてさまざまな評価試験を実施中である。現在までに得られた結果をもとにシステムを評価すると以下のとおりである。

- 光学系、回転駆動系、信号処理系等について最新の技術を取り入れることによって、高い位置精度と安定性を実現できることが確認できた。
- 対象範囲全体を高速でスキャンしているため、視界が遮断されても再開と同時に回復できる。同様にターゲットを高速に移動しても十分に追従できることがわかった。
- ターゲット自体は反射テープそのものであり、機構部分や電源といった特別な装置は不要である。このためターゲットについての自由度が高く、さまざまな応用が考えられる。

4. おわりに

ここに報告したフィールドデジタイザーシステムは、建設作業において、位置（座標）情報が必要なさまざまな場面にて利用できる可能性を秘めている。筆者らも、現在、平板測量や墨だし測量、あるいは建設ロボットの位置認識機能としての適用を検討している。なお、これらの適用検討結果についても別途発表しているので参照されたい。



写真－1 プロトタイプシステムの外観