

12. インテリジェントスケールの開発

大成建設(株)：*内藤 正光・大河内政之

1. はじめに

建設業において、測量作業は不可欠なものであり、データ処理、図化等の後処理を含む省力化、自動化が求められている。最近の工事における各種施工管理システムでも、データのリアルタイム処理を必要とする場合が多い。また建設分野の省力化機械、ロボット等を開発する上でも、工場用ロボットとは異なり、移動機構を持つ場合が多く、位置決め技術と、その制御を行うための正確な位置決め測量が必要となる。

測量技術の現状を見ると、距離計測については光波距離計、角度計測についてはデジタルセオドライト、また両者の機能を持つトータルステーションによって電子化が進み、デジタルでデータが得られ、更にコンピュータとの組合せによってデータ処理および図化等を容易に行えるまでに進展し、施工管理にも有効に活用されている。

しかし、レベル測量に関しては旧態依然として、スタッフとレベルによる測量が大勢を占めている。

本開発は、レベル測量の省力化と、デジタル出力によるコンピュータ通信、データのリアルタイム処理ができる装置の実用化を目指して行なわれた。

2. 従来技術の説明

レベル測量の省力化技術として、レーザーレベル（水平に回転するレーザー光の発振器とその受光センサーから構成されている）が有り、現場における墨出し作業、水平検出等でかなり利用されている。

しかし、現状のものでは、センサーの受光部が約50mmと短いためレーザー光の位置を捜す手間が掛かり、また、センサーの上側、中央、下側のどこにレーザー光が入射しているかを測定し、矢印やブザー音で表示する方式であった。また、数値が必要な場合には、標尺の側面に取付けて、その値を読み取ることになる。

そこで、開発する装置に対して、次の要求項目が挙げられた。

- (1) 受光位置（高さ）が数値で得られること
- (2) センサーの受光部が十分に長いこと
- (3) データのリアルタイム処理が可能なこと

3. 開発内容

以上の要求を満足すべく、今回開発した装置には以下の特徴がある。

- (1) 標尺が細長く、しかも全長に渡り受光機能を備えている。
- (2) 受光分解能力が十分に高い。

- (3) レーザービームの中心位置の値をデジタル表示する。
- (4) データ記憶装置を内蔵し、また、コンピュータと直接リンクできる。
- (5) 使用する光センサーの数が少ない。

また、今回の開発は、従来使用されているレーザーレベルの回転発光部をそのまま使用し、受光センサーに上記の特徴を持たせることとした。

従来技術で(1)~(4)の機能を得るためには、多数の光センサーを並べる方法が考えられるが次の理由で実施が難しい。

例えば1mの長さの受光部を1mmの分解能で構成しようとする、市販の光センサーを1000個必要とする。また、その増幅回路、演算処理回路も同数必要になる。しかも、外形寸法が1mmという大きさの光センサーは一般には市販されていないため千鳥状に配列せざるを得ない。そのため外形寸法が大きくなり、また高価になってしまう。

この問題を解決するために次の方法を考案した。図1に示すように、光ファイバーの端面を高さ方向に一定のピッチで整列させたものを受光面とする。他端は以下の様な規則で群分けして、1個の光センサーに接続する。

例えば、16mmを1mmピッチの分解能で得ることを考える。図1に示すように、1a, 2a, 3a, 4aの出力端を(A)の光センサー、1b, 5b, 9b, 13bの出力端を(イ)の光センサーという様に群分けする。

従来方式では16個の光センサーが必要であったが、半分の8個の光センサーで受光位置を判定できることになる。例えば(C)、(ハ)の光センサーが受光した場合下から6mmの位置にレーザー光が来ていることになる。この方式では長さが長くなった場合、列数を増やすことで光センサーの数の減少の割合は大きくなる。例えば、1mを1mmの分解能で

計る場合、第1列では末尾の同じ数のものを1つの光センサー、第2列では10の位が同じ数のものを1つの光センサー、第3列では100の位が同じ数のものを1つの光センサーに入れるという組合せをすれば30個の光センサーしか必要なくなり、従来方式に比べて30/1000で済む。

実際にはレーザー光の直径が大きい(距離によって変化するが10~20φmm)ためその中心を求

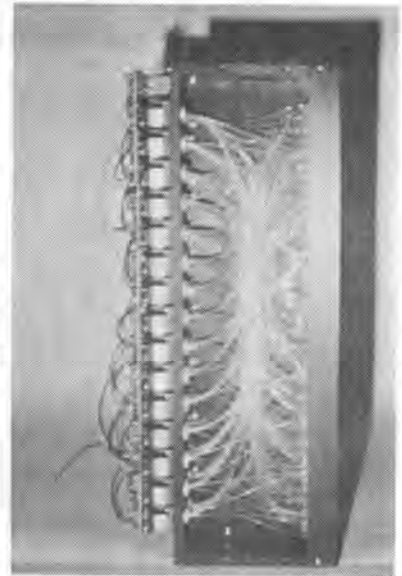


写真1 試作機内部

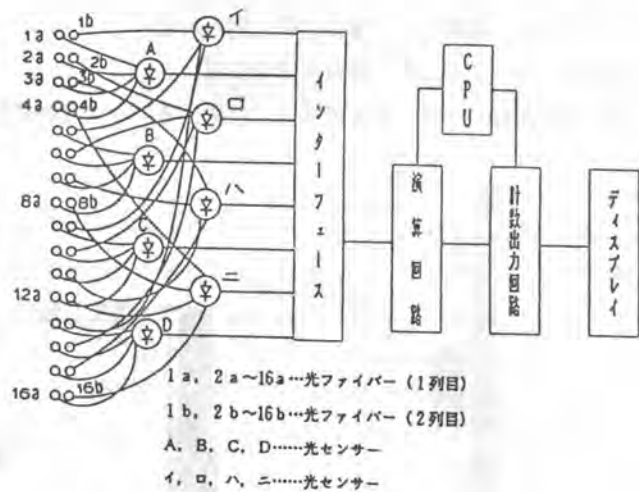


図1 光ファイバーの接続例

めることができるように最小分解能の列を24mmに設定し、受光センサーすべてを走査して、内部処理でその中心値を求めるようにしている。

以上のように、使用する光センサーが激減するため、後続の増幅回路、演算回路が同様に減少する。また、演算時間も短いため、1回の測定は瞬時に終わる。

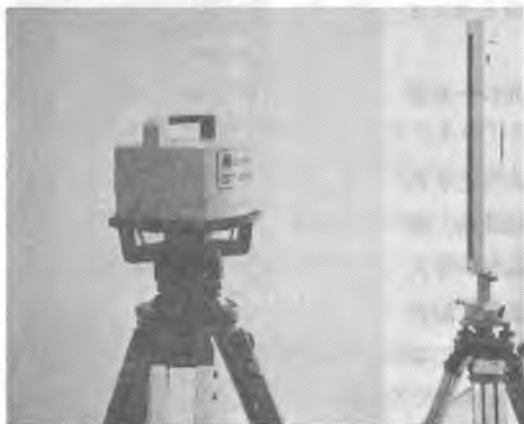


写真2 装置外観

表1 主な仕様

精度	±1mm
測定可能距離	150m以内
受光部長さ	549mm
最小表示単位	0.1mm/0.5mm(切替え)
内部電源	単二形乾電池×6本
使用時間	10時間以上(マンガン乾電池時)
外部インターフェイス	外部バッテリー/RS-232C
外形寸法	52.4(W)×167.5(D)×632(H)mm
重量	3.5kg

4. 利用技術

以上の方法により、レベルの非接触測量機が完成し、次のような効果が得られた。

- (1) 省力化、高精度化、多点同時計測の達成
- (2) リアルタイム計測、連続計測を実現
- (3) 鉛直回転レーザーを使用することによる、水平方向変位の計測への応用

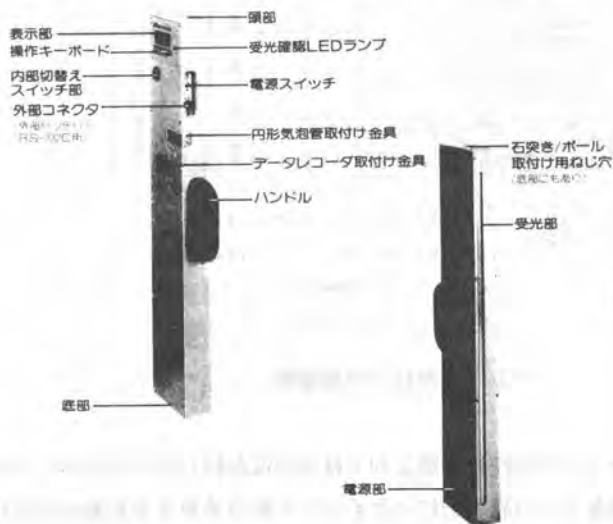


図2 各部の名称

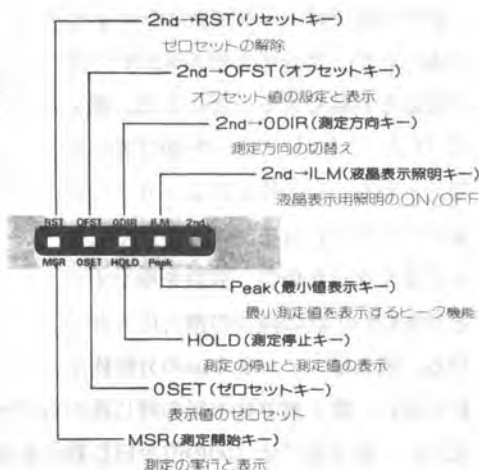


図3 操作キー

従来のレベル測量との大きな違いは、レーザーレベルを一点に据えるだけで直径300m以内の場所のレベル測量が一人で行えることと、複数のセンサーが同時に使用できることである。また、従来の高精度のレベル測量では読み取り可能な30~40mおきに視準する必要があったものを倍以上の距離で計測できるようになっている。また、精度の点では、従来は5mm目盛の標尺を視準者が読み取り、1mmを経験と勘で決めていたが、誰でも同じ数値を得られるようになり、レーザーレベルの回転で10回/1secのデータが得られるため、その値を平均化することで分解能を0.1mmと非常に高いものにできた。以上の点から省力化、高精度化、計測時間の短縮が達成されている。



写真3 斜張橋のレベル管理



写真4 シールドマシン制御

また、従来考えの及ばなかったレベルの自動無人計測が行えるようになった。例えば地盤の沈下、タンクの沈下についても基準点で杭を打つ程度の不動点を設け、そこに回転レーザーを据えて、計測地点にセンサーを据え付け、コンピューターと接続しておくだけで無人で経時変化の計測も可能になった。また、鉄道のレール、道路の勾配、飛行場のような広範囲のレベル測量でも移動しながら連続計測することにより、短時間の測定が可能となる。また、海上の作業船、構造物の様な揺れるものについても、計測時間の瞬時性から十分対応できる。また、床均しロボット、重機、舗装機械等のレベル制御へも応用可能である。

5. あとがき

本開発により、長年停滞していたレベル測量技術の省力化、リアルタイム化、高精度化へ道を開いたものと確信しているとともに、今後の応用技術への発展を目指して更に研究中である。

また、レベルの自動非接触測定が可能になったため、測量機としてではなくセンサーのひとつとして考えると、建設分野に限らず、鉄道、製造業等での新しい応用への発展が望まれる。