

50. 画像制御によるノンプリズムレーザー計測システム

大成建設(株)： 神崎 正, 西沢 修一
*松本三千緒

1. はじめに

土工事では、地形や土量のスピーディな計測処理が必要とされ、これらの早期把握は工事管理上最も重要なポイントの一つとなっている。しかし、従来の測量方法では労力と時間を要するばかりでなく、急斜面や重機が錯綜する中での作業には危険が伴い、また深夜の測量も困難であった。そこで、測定箇所に入ることがなく、暗闇でも高速に測定できるシステムの



写真-1 システムイメージ

開発に着手した。その結果、カラーTVカメラ・ノンプリズム型レーザー測距装置・デジタル制御型経緯台・コンピュータなどにより、測定対象エリアを自動的に連続測定できるシステムを開発した。(写真-1)

2. システム構成

本システムはカラーTVカメラ・ノンプリズム型レーザー測距装置とこれを水平・鉛直方向に回転位置決めするデジタル制御型経緯台、これらを制御し、計測点の3次元座標を演算処理するコンピュータおよびデータ解析装置より成り立つ。システムの構成および制御信号の流れを図-1に示す。

また、写真-2に示すように測距



写真-2 センサー部設置状況

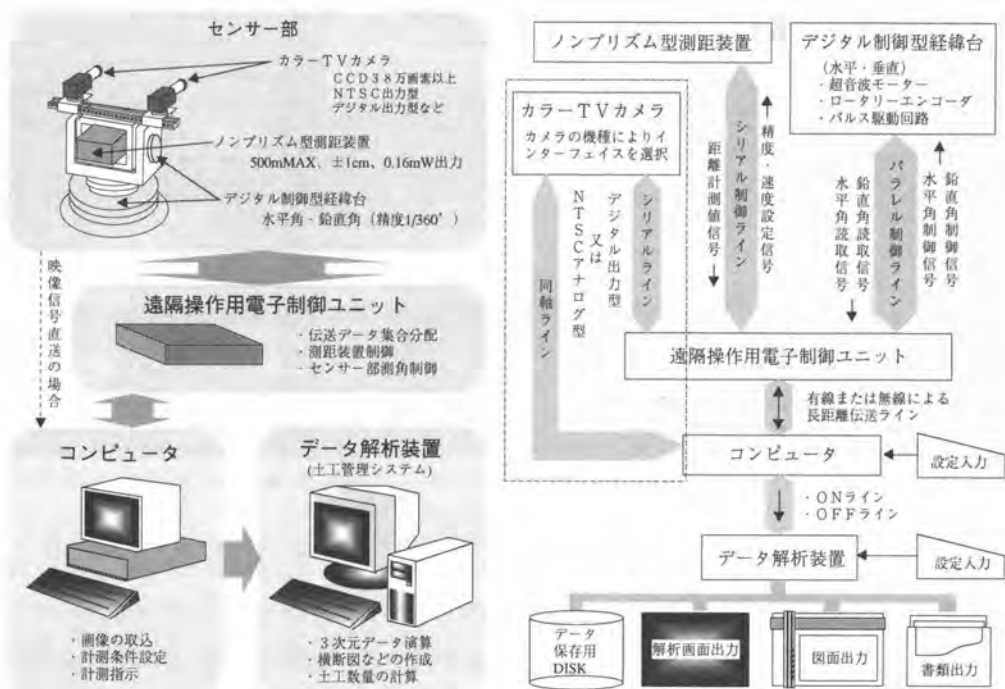


図-1 システム構成

装置・カメラ・経緯台などのセンサー部分は移動・設置・測定が簡単に行なえるよう一体化し、既存の整準台や三脚が利用できる形状とした。

そして、センサー部を遠隔操作作用電子制御ユニット（写真-3）で制御する方式とし、設定・指示などを行なうコンピュータとのデータ伝送を1本の伝送ラインに集約することで、遠隔操作を行なう場合に、システム各機器の設置と接続がスムーズにできるよう配慮した。

なお、本システムで使用しているノンプリズム型レーザー測距装置のレーザー出力はクラス1（0.16mW以下）であるため、特別な安全対策や管理を必要としない（写真-4）。

デジタル制御型経緯台は、センサー部を水平・鉛直軸を中心に旋回させ、所定の方向へ位置決めするための制御装置であり、角度の読み取りにはロータリーエンコーダを使用、駆動モーターには小型

軽量で回転トルクが大きく、微小の制御がしやすい超音波型モーターを使用している（写真-5）。

システムの設定操作はマウスによる対話形式で、設定終了後は自動的に計測が実行されるため、夜間

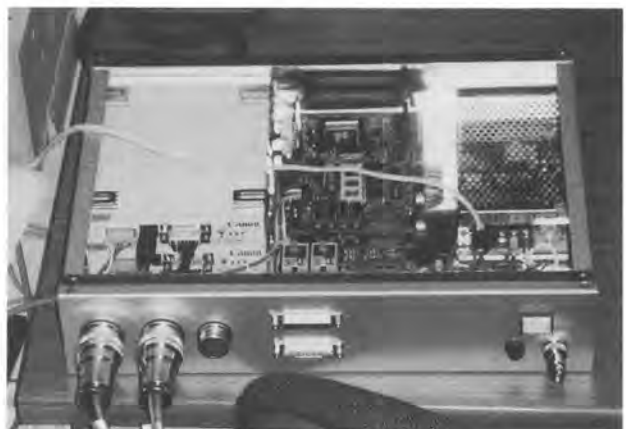


写真-3 遠隔操作作用電子制御ユニット

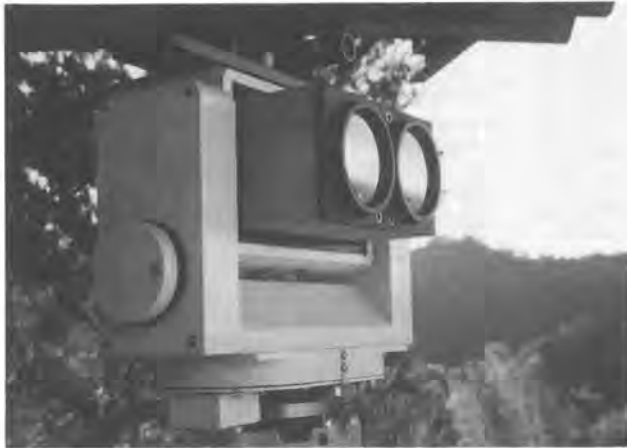


写真-4 センサー部の測距装置



写真-5 経緯台の駆動機構

での無人測量にも対応できる。

なお、このシステムから得た計測データは、データ解析装置（LANDY：土工管理システム）にリンクすることで、縦断面図や横断面図などの形式で出力できる。

3. 計測解析ソフト

計測フローは、基本条件の入力、自動計測、データ処理の3段階に大きく分かれる。図-2に示すように、システムの移設や設定の変更がない限り、基本条件の入力は最初の一回だけであり、通常の計測

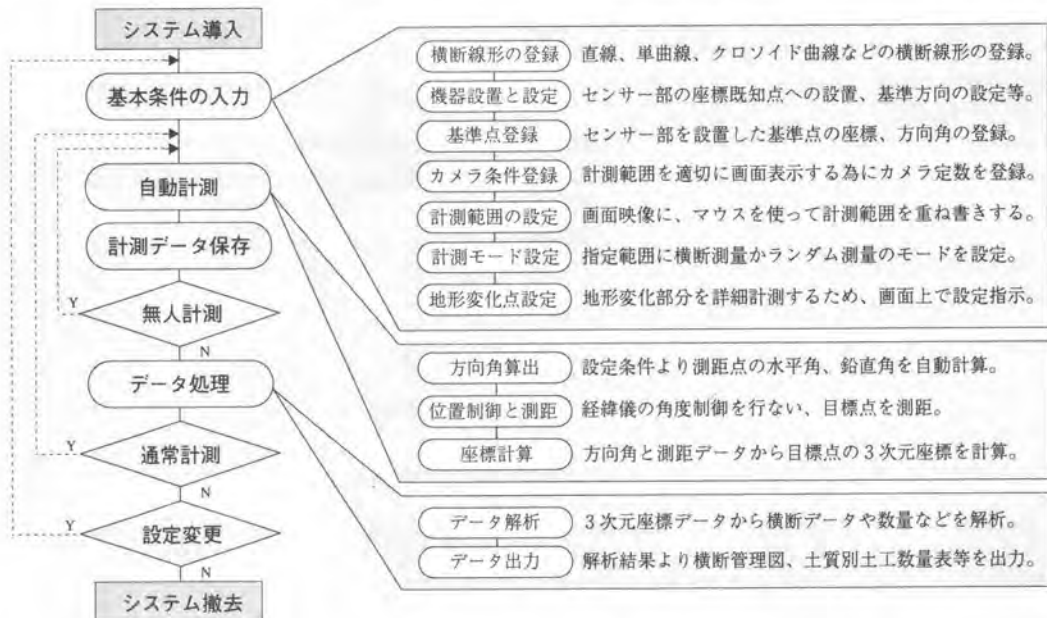


図-2 計測フロー

は開始の指示を行なうだけとなる。

従って、作業の行なわれない夜間に計測を行なう場合や計測データを繰り返し収集する場合には、完全な無人計測が可能であり、監視ソフトなどに連動することで、斜面崩壊などの無人監視に利用することも可能である。

計測モードは、横断測量モードとランダム測量モードの2種類（写真-6）があり、それぞれ指定したエリア毎に選択する。

前者では横断線形と地形変化点を入力し、地形変化の激しい場所での計測を詳細に行う。後者では指定したエリア内を一定ピッチで計測するための角度データなどを入力する。

データ解析は、本システムで計測された3次元座標データを土工管理システム（名称：LANDY）にリンクすることで行なう。この時、3次元座標データは設定条件および目的とする出力に応じて、取舍選択されながら自動的に取り込まれ、横断データや横断図などの出力形式に沿って、解析計算され出力される。

4. 実施例

4.1 阿南変換所敷地造成工事

本システムは、平成8年4月より四国支店阿南変換所（作）での敷地造成工事に採用された。本工事は、有効面積7.3万m²、切土量約80万m³、盛土量92万m³の大規模土工事である（写真-7）。

ここでの切・盛土工事では、実際の土量変化率C（転圧後の盛土量/切土量）が最も重要な情報の一つとされた。土量変化率は、敷地内の試掘やボーリング調査から得られた地質データをもとにあらかじめ設定される。しかし、実際



写真-6 計測モード

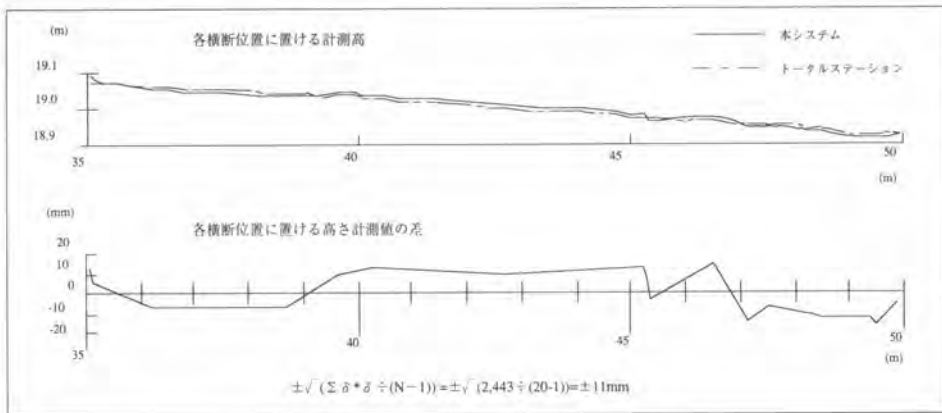


写真-7 阿南変換所敷地造成工事

の土量変化率が予想値と大幅に異なる場合、施工途中に計画地盤高や各種構造物の設計高を変更する必要が生じる。

そこで、切・盛土量を定期的に精度よく測量し、そのデータから実際の土量変化率を把握することで、早期に計画高の変更の有無を確認することが重要な課題の一つとされた。また、造成後に設置される変換所の機器設備に対し悪影響を与えないために、不等沈下の許容範囲が定められているが、ここでの盛土高さは最大3.5mに及ぶため、その基礎地盤となる盛土には高度の品質が要求された。さらに、敷地内の標高はEL=15mから120mと105mの高低差があり、切・盛土部は狭狭なことから、安全面でも十分な配慮をしながら施工をおこなう必要があった。

このような施工条件下で「省人化」と「高品質な切・盛土の造成・管理」の両立を図るため、本システムを現場へ導入し工事に適用した。その結果、以下の効果を検証することができた。



図－3 精度検証結果

(1) 測量精度について

本システムとトータルステーションとで横断測量時の高さ計測値を比較した(図-3)。その結果、測距・測角を含めたトータルな差は平均±1cm程度で、従来の測量方式と同様な精度が確認出来た。

(2) データ処理について

岩種別地層境界線などのデータを、データ解析装置(LANDY:土管理システム)とリンクすることで(写真-8)、成果図面や土工数量表の出力、土量変化率などを短時間で詳細に把握することができた。

(3) 省力化について

計測員が必要とされたのは機器の



写真－8 解析システム操作状況

設置、初期設定などの作業時のみのため、夜間での無人測量により休日作業を削減することができた。

なお、面積50ha、測点数2000点の出来型測量を試算した結果、トータルステーションより45%、GPSより30%の省力化が可能になるものと見込まれる。また、離れた場所から画面上で、計測エリアの設定や自動計測の指示が行なえ、危険地帯での監視や遠隔管理への有効性も確認できた。

4.2 日光華嚴の滝（山腹補強工事）

日光華嚴の滝を擁する大谷川（だいやがわ）山腹の崩落を防止する為の補強工事に活用した（写真-9）。ここは、古くから華嚴の滝を眺める観光名所となっており、店舗や食堂などが並んでいる山腹部に対し、崩落の危険性が指摘されていた。

補強方法としては堅坑を掘り、そこからアンカーにより山腹張り出し部を補強するものである。しかし、現地は断崖絶壁の上部で対岸からの距離も数百mあり、従来では測量が極めて難しく、堅坑を掘る正確な位置を割り出すための地形計測方法が要望されていた。

そこで、本システムを河川対岸に設置し、急峻な山腹張り出し部を仰ぎ見る形で、自動計測をおこなった。その結果、非常に計測の困難な地形であるにも関わらず、短時間に精度良く現地地形を計測することができた。



写真-9 日光華嚴の滝（大谷川山腹）

5. おわりに

本システムを現場に導入した結果、造成工事に於ける土量変化率の早期把握や計測が困難な地形条件でも本システムが有効に活用出来ることを実証した。また、夜間などでの無人計測の実現により、測量の効率化や作業の省力化に大きな効果を発揮することが確認できた。

今後は、電話回線・LAN・衛星通信などを利用した超遠隔地操作や地形認識方法の自動化、重機位置など移動体の追尾計測など、機器システムの高度化やソフトの充実に取り組みたいと考えている。

参考文献

1. 神崎 正、西沢 修一 他：第6回建設ロボティクス・シミュレーション論文集、pp41-46、1997
2. 神崎 正 他：14th International Symposium on Automation&Robotics in Construction pp78-85、1997
3. 江尻正員、大島正毅：画像処理産業応用総覧 上巻、PP66-73、1994.
4. 尾上守夫、藍 光郎 他：検査の自動化システム化ハンドブック、PP741-744、1990.