

測量機械の発展 第2回

学校法人中央工学校歴史館長 原田 静男
一般社団法人日本測量機器工業会 鈴木 晶夫

前回、一般測量機のセオドライトからトータルステーションまでの発展を記述した。今回は、引き続き多岐にわたるトータルステーションの利用技術を事例により報告したい。前回述べたような理由で、測量器械は測量機械と称されることになった。

1. トータルステーションの時代

電子セオドライトと光波距離計を一体化させ、同じ望遠鏡を使って測距と測角を同時に行う測量機がトータルステーション (TS) である。

距離と角度が同時に電子データとして取得できるようになり、今までのように測定値を野帳などに書き、室内に戻ってキーボードを叩いてPCに入力する流れから、TSから電子野帳・PCへとオンラインでの運用が可能になった。

1980年代には、このようなTS→電子野帳→パソコン→プロッター(図化機)までできるトータルステーションシステムとして急速に普及した。

現在ではTS本体により高度なプログラムが



図1 TSシステム(トータルサーベイシステム)



図2 SETX

搭載され、その場で必要な答えを出し、結果を本体内のメモリーに保存できるようになった。さらにBluetooth等の無線で簡単にデータをパソコンに取り込み、よりシステムチックに運用できる環境がそろった。このような、TSの発展は、観測者に対する負荷を大幅に減らし、作業者に大きなメリットをもたらした。

2. トータルステーションの高精度化への要求

1990年代に入りTSの性能や処理能力が向上してきたので、測量だけでなく、色々な分野の測定に使われだした。その理由として、次の3つが挙げられる。

- ① 測距・測角の電子データから簡単に三次元座標値がえられる。
- ② 測距・測角の電子データの精度が向上してきた。



図3 3Dステーション「NET2B」

- ③ 機械の据付けなど設定が他の計器に比べて比較的簡単である。

トータルステーションは、総合建設業や製造業の中で、テープやゲージを使って1～5mm位を求められ、比較的低精度の計測に試用され、次第に高精度の分野に広がっていった。ソキアでは、この流れに対応して、測距精度1mm測角精度2"の高精度TS「NET2」を使った三次元測定システム「MONMOS（マンモス）」を1990年発売した。

ここで、TSの仕様のうち測距精度と測角精度について触れておく。

(ア) 測距精度

1980年代には光波距離計の表示1mm、精度5mmの時代になり、2000年に入り精度2mmが標準になり、測量の世界ではここまで来ると十分といわれている。



図4 レール基線

精度が上がるに伴って計測分野では、変位計測や形状管理、位置決め計測など多方面に広がっており、この市場を狙って高精度TS「NET05」は、測距分解能0.1mm精度0.6mm、測角分解能0.1"精度0.5"を達成した。(2008年ソキア)

このような高精度の距離計校正は、図4に示した、トンネルに設置された100mのレール基線上にプリズムを乗せた台車を走らせ、その位置をレーザー測長機でモニターし値を比較することで行っている。

(イ) 測角精度

TSの分野で1秒機が登場したのは1980年代である。(1987年ソキア)

2000年代に入り、図5に示す角度読取装置(エンコーダー)が新たに考案されたコードパターンを読むアップソリュート式の出現により構造も簡単になり、本体を保持する縦軸の加工精度も安定して再現性もよくなり、従来製作が難しかった1秒読みのTSも安定してできるようになった。ソキアでは、測量用の1秒機「SRX1」・「SETX1」や計測用の1秒機「NET1200」、0.5秒機「NET05」が用途別に発売されている。



図5 コードパターン搭載のエンコーダー

3. モーター駆動型のトータルステーション

モーターを搭載して自動制御するTSは、早くも1990年代には登場していたが、大きくて重く簡単に測量作業で持ち歩けるようなものでなく、変位計測などの特殊な用途に使われていた。2000年に入ると測量用に使えるモーター駆動TSが出だしたが、機能的にも価格的にもまだ



図6 SRXシステム

普及するには満足できる機械ではなかった。2005年頃から各社が出してきた次世代モーター駆動TSでは、自動視準や自動追尾などの便利な機能が本体に搭載され、どちらからでも測れる360°プリズムや無線機能



図7 360°プリズム ATP1

(Bluetooth) の登場で、本体には、人が付かずに電子手帳側からTS本体を制御して測量をこなしていく「ワンマン測量システム」と呼べる完成されたシステムになった。

4. 計測分野での使用例

TSが出始めの頃から計測分野では、座標値を出せる利点に着目し、いろいろな用途に使われていた。1990年頃に発売された三次元測定システム「MONMOS」は、高精度TS本体の開発とあわせて貼って使える反射ターゲットや新しい考えの計測プログラムも併せて考案され、形状計測や変位計測の分野にTSを普及させる大



図8 MONMOS(マンモスシステム) 一式

きな役割を担った。そしてモーター搭載TSの登場は、建設機械の位置コントロール用に使われだし、測量機ではなく、センサーとして市場が急速に拡大している。

(ア) 大型構造物の三次元計測

船や橋梁などの大型構造物は、ブロック単位に分けられ、製作し組み上げられる。従来は、トランシット・レベル・テープなどを使って製造段階で各ブロックの形状管理を行っていたが、各測点に反射シートを貼り後は覗いて計るだけで1mm程度の精度で三次元座標値が得られる便利さが受けて、このMONMOSを使った三次元計測が標準的な測定方法となった。

鉄の橋の分野では、工場内でブロックを組み立て、全体の長さや幅等が、設計通り出来上がっているか、立会い検査が行われてきたが、このデータ取りにもMONMOSが使われている。

最近では、工場内でCCDカメラつきの高精度モーターTS「MET2NV」を使い、遠隔でブロック単位を測り、これらの情報から組み上げ後の姿をシミュレーションして仮組み省略システムが多くの橋梁メーカーで導入されている。

(イ) 道路トンネル等での変異計測

NATM形式の道路トンネルでは、掘削の発破直後から切羽断面の内空変位計測が行われてきた。これには、コンバージェンスメータといわれる高精度のテープで測点に打ち込まれたボルト間の距離、レベルで天井の沈下量(天端沈下)を測っていた。MONMOSの登場で発破直後に

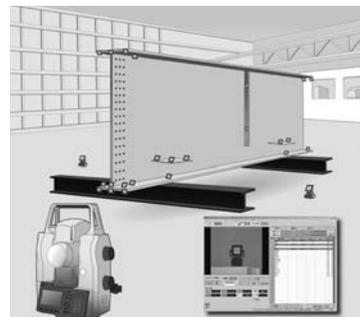


図9 サイバーマンモス

反射データを貼ったボルトを測点に埋め込み、各測線の値を取得した座標値から計算し、天端沈下を測点のZ座標から前後の値と比較することで得る。これにより、タイムリーなデータ取得と的確な対応が取れることになり、在来手法は駆逐されてしまった。

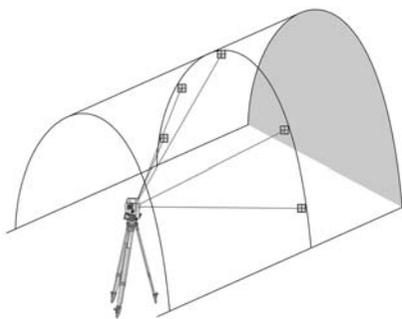


図10 内空変位計測

現在は、モーター駆動のTSを使い、内空変位計測だけでなく、トンネル内の関連測定を含めて自動測定処理を行うトンネル管理システムとして使われている。

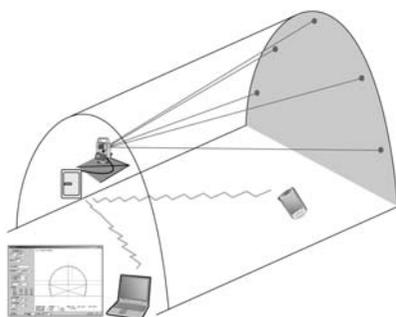


図11 SOTM

(ウ) 土木工事に伴うモニタリング (変位計測)

都市部のトンネルや鉄道工事などによる周辺の影響監視のためのモーターTSを使ったモニタリングシステムが使われている。安定したところに基準点を置き、毎回この基準点をみて、各測点を測り、データを比較して変位が見られる。測定では、決められた時間に基準点と各測点との距離と角度を測定し、同時に気圧・温度の気象補正に必要な項目を測り、三次元座標値を得る。座標値の経時変化のグラフを見れば、

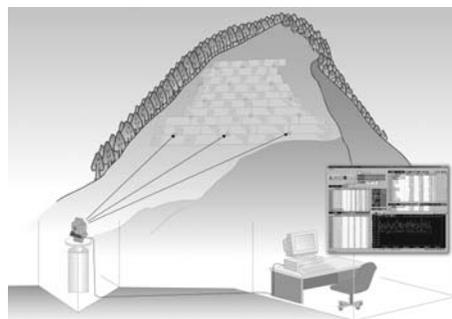


図12 変位計測システム(MOS)

変位が分かり、変化の大きいときには警報を出せる。測点にはプリズム等のターゲットを取り付けるだけでよく、電源などは要らないノンプリズム測距機能を使って高速道路に対する周辺工事の影響をみるために道路の表面の変位を測っている例もある。

(エ) 土木現場での情報化施工

情報化施工という名称は、情報通信技術(ICT)建設施工に活用して高い生産性と施工品質を実現する新たな施工システムの総称として使用されている。

当初は、特殊な工事において、施工の信頼性を確保するため計測しながら施工する観測施工に始まった。近年では、建設機械の自動化技術やICTを用いた情報化施工が、汎用の建設機械を用いる土木工事や舗装工事などの大規模現場を中心に導入されてきた。このなかで、位置測定センサーとしてTSやGNSSが重要な役割を担っている。

5. 終わりに

トータルステーションにより三次元の座標値が得られるようになったことで、測量機の用途が計測分野に大きく膨らみ、さらに信頼性のある使いやすい自動機へと進歩してきた。一方測量の分野では、決められた方法を踏襲した昔からの世界から脱却できずにいる。

いまだにモーターTSを使ったワンマン測量システムの導入すらなかなか進まない状況である。