

1994年 10月

APA No. 59-11

財団法人日本測量調査技術協会

自動測量機を利用したワンマン測量システム

先村 律雄

1. はじめに

(株)トプコンは、測量機の今後の進展方向である自動化（ロボット化）および省力化を目的として、測量機オペレータが“不要”な自動追尾トータルステーション“AP-L1”およびワンマン測量システムを開発した。

測量機オペレータを不要にする条件として以下のことがあげられる。

(a) 機械操作の慣れ不要

望遠鏡をのぞき、高低・水平ノブを使ってターゲットに視準を合わせ、所定のボタンを押してデータを取得する作業を繰り返し行なうので、本人の知らない間に使用測量機の慣れができる。使い慣れていない測量機を使用する場合は必要以上に時間を必要とすることがある。本システムは、測定中は機械操作を必要としないので機械に慣れる必要がなく、逆に慣れていなくても測定時間の差がほとんどない。

(b) コミュニケーション

プリズム側と測量機側の、お互いの連携の度合で作業時間が大きく左右される。測設を行なう場合は、このコミュニケーションが特に重要である。

本システムは、このコミュニケーションを測量機・無線機で自動で行なうのでプリズム側は現在位置の確認だけでよい。

2. トータルステーション“AP-L1”

2.1 ハード仕様

AP-L1の主なハード仕様を表-1に示す。測距・測角は、弊社のGTS-30Ⅱと同等の性能であり、これまでの陸上測量に適用することができる。本体重量は基盤を含め7.2kg（無線機含む）であり、自動追尾方



式としては小型軽量のトータルステーションである。

2.2 ソフト仕様

モーターによる自動旋回、レーザーによる自動追尾機能を利用した応用ソフトが組み込まれており、特徴ある機能を以下に示す。

(1)後方交会法（1対回）

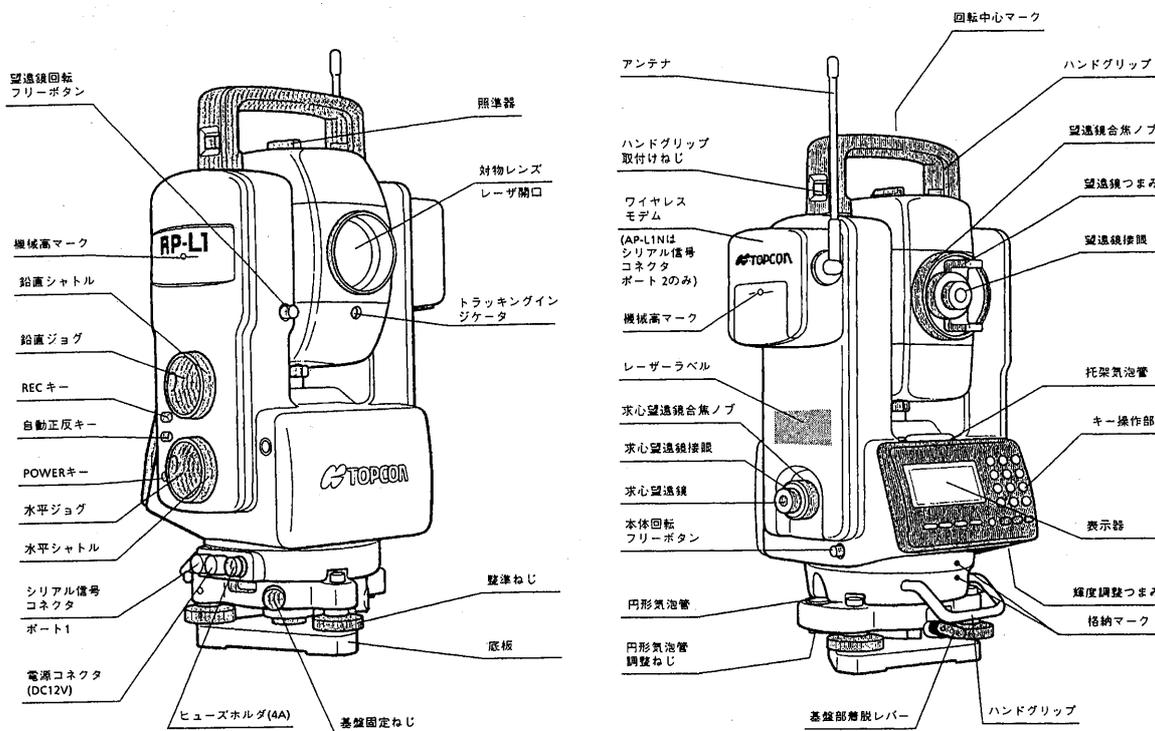
2点の既知点を測定することによりその距離・角度から機械点を求める手法を用いている。所要の精度保証を得るために望遠鏡（反）測定を行なうときは、視準およびキー操作はまったく必要としない。これは、望遠鏡（正）測定時のデータを内部で記録しているため、自動旋回機能、追尾機能を用いて（反）時の測定はオートで行なうことができる。

(2)旋回操作

モーター（水平・鉛直）による旋回機能を利用して、入力された方向に旋回（+/-5秒精度）させることができる。測設の場合、ST計算等で求めた方向角を

表-1 ハード仕様

望遠鏡部	倍率 視界 分解力 最短合焦距離	26X 1'30" 4" 1.5m
測角部	測角方式 検出方式 水平角: 鉛直角: 表示単位	インクリメンタル測角方式 両側検出 両側検出 5"/10" 切替 (1mgon/2mgon, 0.02mil/0.1mil)
測距部	アリス Δ2型1素子 アリス Δ2型5素子 アリス Δ2型9素子 ビソールアリス Δ1素子 (アリス Δ3型) アリス ΔユニットA2型 (アリス Δ3型全周6個) 表示単位 ファイ測定: コース測定: 測定時間間隔 ファイ測定 0.2mmE-D: 1mmE-D: コース測定 1mmE-D: 10mmE-D:	700m 1,000m 1,200m 500m 400m 0.2mm/1mm切替 1mm/10mm切替 約4秒(初回約9~12秒) 約2秒(初回約5~7秒) 約0.5秒(初回約2~4秒) 約0.5秒(初回約2~4秒)
追尾部	最大角速度 高速 中速 低速 最大角加速度 高速 中速 低速	15°/sec 10°/sec 5°/sec 15°/sec ² 10°/sec ² 3°/sec ²



もとに指定の角度に旋回させる場合、これまでは水平・鉛直ノブおよび各微動ネジを使用しなければならなかった。

2.3 インターフェース機能

遠隔操作を目的として設計されたトータルステーションであり、インターフェース機能は、コンピュータからほとんどの操作ができるように開発した。測量機の無人化・効率化に伴いインターフェースの重要度は今後ますます大きくなるものと予想する。本インターフェースはソフト開発者の負担とならないように以下のことを目標として設計した。

(1)無線モデムの対応

無線モデムが AP-L1 に標準装備となるため、この無線モデム自体を制御できなければならない。無線モデムをコントロールする場合、RTS/CTS等の信号線制御や、データ入出時の時間制限があり、これらを AP-L1 から直接制御する機能を持たせた。これまでシステム構築されているものは、測量機側にコンピュータを置き、このコンピュータが測量機のデータ取得後、無線モデムの制御を行ないデータを送信するパターンがほとんどである。つまり、無線モデム自体の通信はコンピュータによって管理される場合がほとんどである。また、ホスト側の無線モデム“WT-1”のなかには、これを制御する CPU が組み込まれているので、コンピュータからは、GND/RX/TX の 3 線のみでコントロールすることができる。更に通信設定も、様々な通信デバイスを考慮し、ユーザーにより以下の範囲で設定することができる。

通信速度 (ボーレート) : 1200, 2400, 4800, 9600

データ長 (ビット) : 7, 8

パリティ : なし、偶数、奇数

ストップ : 1, 2

デリミタ :

ETX(O3H)

ETX+CR(ODH)

ETX+CR+LF(OAH)

形式 : ASC II 形式

WT-1 を使用する場合のみ以下の条件に固定される。

通信速度 : 2400

データ長 : 7

パリティ : 偶数

ストップ : 1

デリミタ : ETX+CR+LF

(2)簡単なコマンド体系

コンピュータから遠隔操作により AP-L1 をコントロールする場合、3つのパターンが考えられる。

(a) データ取得コマンド

AP-L1 が測定したデータを取得したい場合。

(b) パラメータ設定コマンド

水平角の設定、機械点座標の設定を行ないたい場合。

(c) 動作コマンド

任意方向の旋回、追尾/スタンバイモードの切り換えを行ないたい場合。

当初、この3つのパターンから予想されるコマンド数は30以上となったのでソフト作成者の混乱を避けるため以下の体系をとった。

《コマンド ID》

最初の 1 バイトをコマンド ID とする。

1 バイト目 :

データ要求グループ

パラメータ設定グループ

動作グループ

この ID をデータの先頭に付加することにより簡単に AP-L1 を制御することができる。また BASIC 言語でも簡単にコントロールできるよう測定データは、すべて固定長とした。

2、3 バイト目 :

1 バイト目で決定された各グループのコマンド群一例として、データ要求グループの中のコマンドの一部を示す。

斜距離モードデータ要求

水平距離モードデータ要求

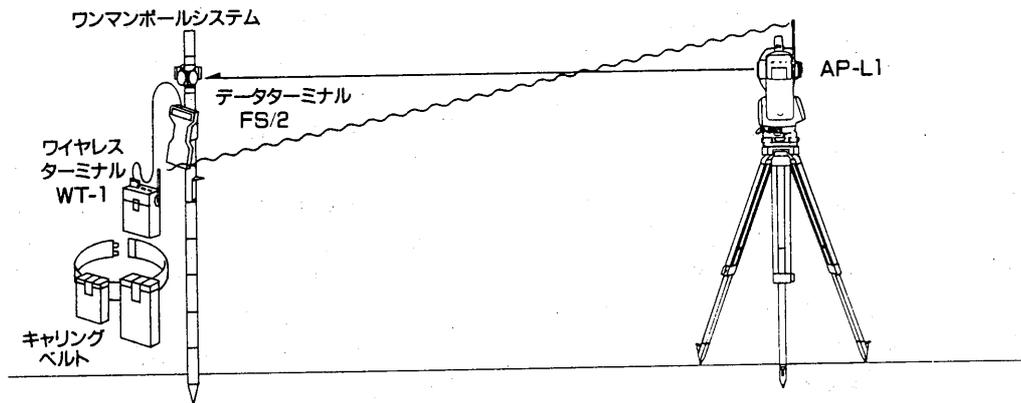
角度モードデータ要求

座標モードデータ要求

BASIC で作成した場合、数行のコーディングで遠隔操作により AP-L1 をコントロールすることができる。現場事務所等で多少のプログラム知識のある方なら制御することができるものと思われる。

3. ワンマン測量システム

前述の AP-L1 を利用して、ワンマン測量システムを構築した。システム概念図を図-1 に示す。



図一 システム概念図

(1)ポール側の器材

- データターミナル(FS/2)
- ワイヤレスターミナル(WT-1)
- キャリングベルト
- ポール+プリズム(特に指定はない)

(2)測定データの流れ

- (a) FS/2から、データ要求送信
- (b) WT/1を介し AP-L1 へ送信
- (c) AP-L1 は内蔵モデムを介し測定データを WT-1へ送信
- (d) WT-1F は FS/2へ測定データを送信
- (e) FS/2は測定データを表示
- (f) (a)から繰り返し

FS-2からのデータ要求は、内部でリアルタイムで行なっているのでポール側の人間は上記のルーチンは意識する必要はない。無線モデムは郵政省認可の特定小電力無線機を使用しており、免許の必要はない。到達範囲は、使用する現場の状況によるが、最大で500 m 程度まで可能である。ワンマン測量を行なう上でもっとも効果的なのが放射測量と測設測量である。この2つについて以下説明する。

3.1 放射測量

測量手順：

(1)機械設置

機械を設置し、AP-L1 をリモートモードに設定する。

(2)バック点視準

FS/2からあるいは、AP-L1 を操作することによ

スハイカク	:	100.1235	X=	100 m
インチョウカク	:	90.5555	Y=	200 m
SDキョリ	:	21.342	H=	10 m
セイ/ハン	:	セイ カソク		
AP-L1	:	ツビ		
		モード	AIM1	ハンデツ
				AIM2

図二 放射画面

りセット。

(3)測量開始

従来の測量ともっとも異なることは、リアルタイム測定である。これまでの測量は必要なポイントにセット後、測量機側のオペレータに測定を開始させていたが、本システムは常に測定を行ない FS-2は約1.2秒間隔で測定データを表示する。表示画面を図-2に示す。

測定データから、現在位置の三次元座標も同時に表示される。プリズム側の人間はポイントを記録したいとき、キーを1回押すだけでデータ取り込みが行なわれる。データを取り込むための従来の一連の動作がキーを1回押すのみで完了するので、これまでの測量時間の2倍から5倍の速度で行なうことが可能になった。

3.2 測設測量

バック点設置までは、放射測量の場合と同様の手順で行なう。

次に測設ポイント名を入力すると図-3がFS/2の画面に表示される。

画面右側のグラフィックの中心点が現在の自分の位置で上側はAP-L1である。(□)が測設ポイントを意

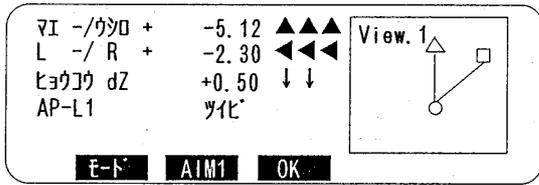


図-3 測設画面 (10 m 以上)

味する。測設点に向かって進む毎に画面は自動で更新され(□)が中心に寄ってくるのがリアルタイムで確認できる。更に測設点まで10 m 以内になると図-4が自動で表示される。

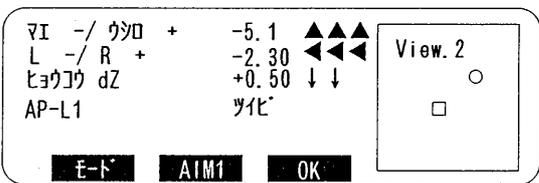


図-4 測設画面 (10 m 以内)

グラフィック表示部分の中心(□)が測設点で(○)が自分(ポール)の位置である。さらに1 m 以内になるとスケールを自動で変更する。この間、ポール側の人間はFS/2を操作する必要はない。

従来の測設は方向を固定して、前後の距離を調整し

ながらポイントを決定していたが、本システムは、画面に確認しながら移動するだけでよいので、経験や知識があまりなくても測量することが可能となった。

4. サーチ機能

本システムは追尾機能に加えサーチ機能を有効に利用している。

AP-L1は、何等かの原因(重機等による一時的遮光、建屋を回りこんだ場合)で追尾ができなくなった場合、遠隔操作により何等かのコントロールをすることなしで自動でプリズムをサーチする機能が内蔵されている。

AP-L1が行なうサーチパターンは、図-5に示すよう2パターンが用意されている。

水平・鉛直のサーチ範囲およびサーチパターンは、FS/2から転換可能である。

FS/2からサーチ機能を制御することも可能で、その画面を図-6に示す。

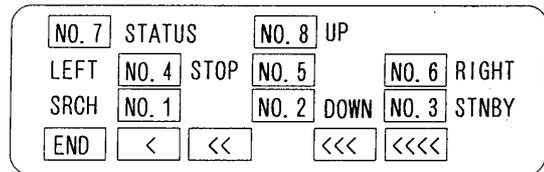
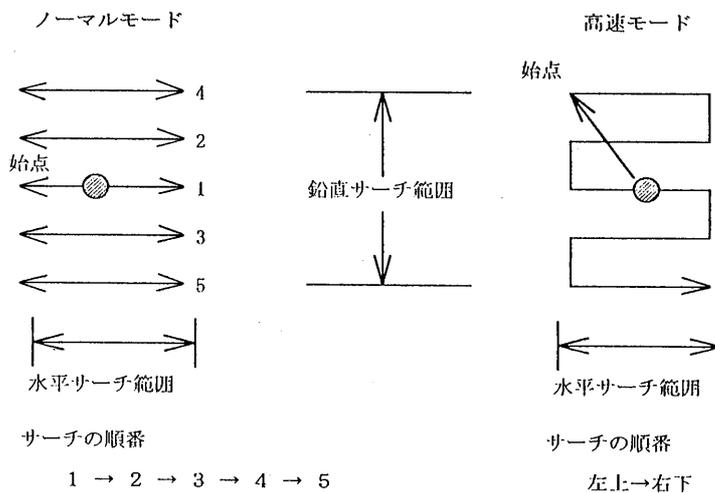


図-6 サーチコントロール画面



● は、現在の望遠鏡の位置です。

図-5 サーチパターン

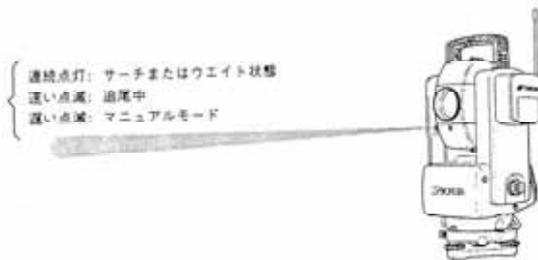


図-7 トラッキングインジケータ

No.1 キーを押すと、AP-L1 はサーチを開始する。
 No.3 キーを押すと、AP-L1 はスタンバイになる。
 これらのキーを操作することにより、サーチ機能を自由に操縦することができる。サーチを行っても追尾できないときは、数字キー、ファンクションキーを押してトラッキングインジケータの明かりが確認できるまで旋回を行ない、その後サーチを選択する。トラッキングインジケータを図-7に示す。

この発光パターンは、追尾モード、サーチモード、スタンバイモードで変化するので、ポール側の人間は、自分の目で確認することができる。

5. コンピュータ直結

近年、ノート型コンピュータと測量機を直結してダイレクトに測定データを取り込み現況図を作成する電子平板システムが数多く開発されている。トプコンも、これに対応できる CAD システム NS-10を開発した。画面を図-8に示す。

リアルタイム機能としては、AP-L1 からのデータの取り込みおよび測設が可能なシステムになっている。現在、現況データは取り込み後座標変換を行なうだけなので今後は結線の機能も付加しなければならない。

5.1 使用例

夜間に測量を行うときに使用される場合が多いようである。橋脚の架け替え等夜間に施行を行なわなければならない場合、クレーンの位置決めをサーチライト等を必要とせず測量でき、またリアルタイムでデータ

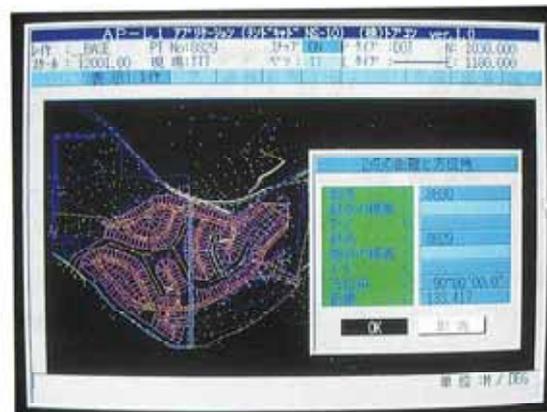


図-8 NS-10

が取得できるためである。

トンネルにおいては、シールドマシンの位置管理に使用されている。

農地においてトラクターの位置管理に使用されている。

何れも、ユーザーシステムの中の一部として使用されている場合が多い。

6. おわりに

ワンマン測量分野においては、測量機一台に対して複数の人間が同時に使用できるようなシステムの開発を行いたい。

計測分野においては、自動旋回機能、サーチ機能を組み合わせた定点観測等に対応できるシステムの構築を図りたい。

参考文献

- 1) 自動追尾トータルステーションの開発とその応用 (株)トプコン 木村和昭 APA No. 50 1991
- 2) CAD ベース平板測量システムのための計算による後方および前方交会法 服部 進他 APA No. 56 1993

(株式会社 トプコン)