

「Mr.平板」基調技術論文

デジタル画像を用いた現況平面測量法の開発

The Development of Topographical Surveying Method With Digital Photograph

中野春雄*・水江克弥**

By Haruo NAKANO and Katsuya MIZUE

1. まえがき

近年、IT分野において根幹となるパソコンの処理速度・能力の飛躍的な向上はもちろん、デジタルカメラやスキャナといった周辺機器類の高精度・高機能化を背景に、マルチメディアによる情報処理の機会が各分野において大幅に増大してきている。わが測量業界においても、建設CALS/ECの定着をめざす国土交通省の主導により各種データの電子納品の実施が推進され、測量成果の電子化作業が必然となる中で、デジタル画像も業務上より身近でかつ不可欠な技術要素になってきている。地理情報(地図)分野におけるデジタル画像は、GISデータの校正やGIS利用技術の面において、地理情報を補完する重要な要素として大いに有望視されている。しかし、現在の地理情報の実務におけるデジタル画像の利用状況をみると、航空写真や高解像度衛星写真といった広域写真画像、換言すれば空間データ整備のための広域大容量画像の分野において先行しているが、これらは測量業務の中では特殊な分野として限定的と言える。他方、広く一般的に行われている平板観測手法による現況平面測量といった特定小規模地域の地形測量の実務にデジタル画像データを応用した技術の開発事例はほとんど認められない(わずかに「オルソ処理」画像による「地形図輪郭抽出技法」がこれに該当する数少ない事例)と思われる。

結局のところ、情報処理の分野におけるデジタル画像は、その情報の正確性、量的優位性などの点において秀逸した特質を有し、これらは、まさに測量業務の要請に適合したものであるにもかかわらず、空中写真測量分野を除いては、実務上はほとんど活用されていないのが現状といえよう。

本論文は、このデジタル画像を簡便、かつ、安価に測量業務に活用することによって作業の効率化、正確化、コストダウンによる経営改善の実現を目的として、地形現況測量における新しい手法「デジタル画像を活用した方法」(以下「デジタル現況平面測量法」という。)を提案し、これを実務に応用処理する専用システム(以下「デジタル現況平面測量システム」という。)を確立したことについて考察するものである。

2. 「デジタル現況平面測量法」の概要

「デジタル現況平面測量法」とは、測量業務における平板観測手法での地形測量業務に適用し、現地地形の変化点データを、トータルステーションによる座標値観測とともに、座標測点の写真をデジタルカメラで撮影し、同時にその座標測点の特徴を音声で記録して、内業の図化作業では現地状況を各点個別画像はもちろん、ビジュアルに、かつ音声でも確認しながら図面化することによって、作業全体の効率化をはかることを目的とする新しい発想の測量方法である。現地全体の中での測点地形は「デジタル現況平面測量システム」の機能のひとつである正位置自動配置合成図を用いて、的確に把握することができる。以下概要を述べる。

*富士測量設計株式会社 代表取締役、**株式会社 システムラン システム開発部長

(1) 発案の背景

現行の平板観測法による地形測量業務における一連の作業は、現地地形データを、収集する作業(いわゆる「外業作業」、以下「外業」という。)とこの外業により収集したデータに基づき結線、作図、注記等を行う編集作業(いわゆる「内業作業」、以下「内業」という)とに大別することができる。

この双方の作業内容をみると、読んで字のごとく前者は「現地を歩いて」データを収集する作業であり、後者は机上で作図・編集する作業であって、双方の作業内容は全く異質なものと言わざるを得ない。このように作業内容が全く異なる場合において、作業の効率性や正確性の観点からは外業又は内業それぞれの専担者による処理が望ましいのは自明の理と考えられる。

この観点に立って実務を見直した場合、例えば現地の状況が複雑な場合に熟知しているとの理由で外業担当者に作図・編集等の内業を行わせたり、本来内業である結線作業を外業で行う(現時点で平板測量の最も進んだ方法とされる「電子平板」も基本的にはこの方式である。)など、必ずしも理想どおりには運用されていないのが実態と考えられる。

そこで、長引く不況の中で、経営の合理化・健全化が緊急の要請とされる現下の情勢の下、測量業務の実務を根本的に見直し、外業と内業を明確に区分することを前提にその要件をクリアし、または障害を排除する方策を研究することによって、業務全体の効率化、適正化、コストダウンを実現しようとの発想の下にこの「デジタル現況平面測量法」を発案するに至ったものである。経緯をまとめると以下の通りである。

< 発案の基本理念 >

外業と内業との明確な分離

分担専任による作業の効率化、品質向上、コストダウン等の実現

ユーザのニーズ(電子納品等)に応じたデータの保存と応用性の拡大

< クリアすべき要件と対応策 >

外業における正確でかつ豊富な情報収集

【対応策】

- ・ デジタルカメラによるデジタル画像と音声情報を併用したデータ収集
- ・ コンパスによる画像方位角情報の付加

外業従事者の肉体的・精神的負担の軽減による作業の効率化

【対応策】

- ・ できるだけ簡易・軽量で、かつ熟練習熟を求めない簡単な操作で作業可能な計測機器の開発(本提案では従来のミラーポールに小型軽量のデジタルカメラ及びコンパス付水準器を付加するだけの簡易な機器)

外業部門から内業部門への豊富で確実・迅速な情報伝達

【対応策】

- ・ 専用ソフトの開発による各種データ取り込み
静止画(方位データ含む)
動画、停止画、音声データ

内業部門におけるデータ処理の利便性

【対応策】

- ・ 上記専用ソフトに各種画像処理機能を付加
サムネイル機能、切出し・拡大機能、
文字情報書込機能、画像回転機能、
静止画正位置自動配置(合成画)機能

- ・ 現行他社ソフト（CAD など）との併合機能 「電子平板」との併用も可能とする。
- 収集データの汎用活用（電子納品、他の業務への応用など）

【対応策】

- ・ CD によるデータ保存
- 機器類の製造コストの抑制

【対応策】

- ・ 新たな開発が不要な市販機器の有効利用

（ 2 ） 「デジタル現況平面測量」における処理の概念

「デジタル現況平面測量法」の重要な特徴は、基本理念として外業における基本作業の本質を「情報収集」、内業作業の本質を「製図・仕上げ」ととらえ、徹底してそれらの作業の効率を追求したことである。この2点を基本として作業を見直すと、

現地での「情報収集」を効率的に行えること、かつ

内業時にあたかも現地にいるような感覚で現地現況を理解し作業できること、を同時に成立させる必要がある。このニーズから現地測点の情報をデジタルカメラで画像化、および音声化して座標観測とともに収集し、社内作業でそれらの情報を効率よく再生・確認できれば、図化作業を内業で行うメリットを最大限に活かしこの問題の解決が図れる、という発案に「デジタル現況平面測量法」の着眼点がある。

今回提案する「デジタル現況平面測量」における処理の概念を示すと下図のとおりである。なお、新規の機能、機器は、特に太枠で明示した。

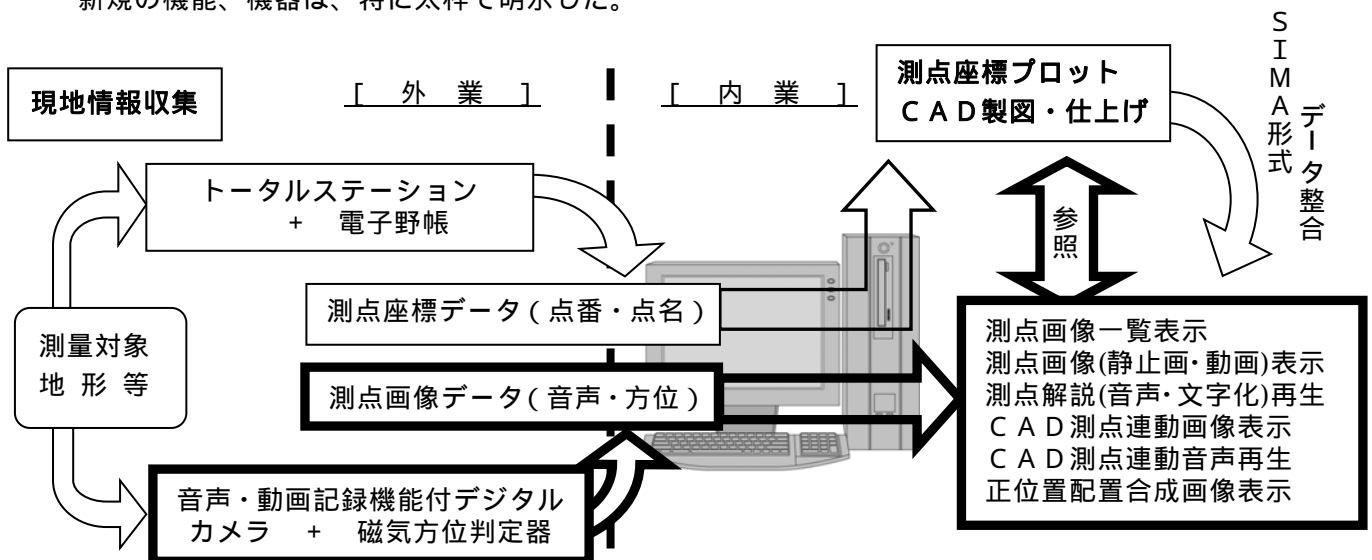


図 1 . 「デジタル現況平面測量法」の処理の概念

（ア）適用範囲：地形測量業務（平板観測法）

（イ）使用器具：トータルステーション、電子野帳、デジタルカメラ（音声記録付き）

専用取り付け具、磁気方位判定器（コンパス）、画像処理用専用ソフトウェア

（ウ）作業方法：

a) 準備段階：

ミラーポールに専用取り付け具を用いてデジタルカメラを下向きに取り付け、

同ミラーポール先端とデジタルカメラの間に磁気方位判定器を画像に写り込むよう設置し、

それらを動かぬように固定する。

b) 外業作業：

トータルステーションと電子野帳で測点座標を測量する際に、
 固定したデジタルカメラでミラーポール先端（座標位置）とその近傍を撮影し、
 同時にその測点に関する結線指示等を含む注意点を音声で記録する。
 以下、測定ごとに ～ を繰り返し、

c) 内業作業：

外業で収集したデータを測量CADおよび本システムを用いてパソコン内に取り込む。
 測量CADに取り込んだ座標値データ(点番、点名、座標値)をSIMAデータに出力する。
 本システムでSIMAデータを取り込み、画像と座標値データとを統合する。

d) 図化準備作業（デジタル現況平面測量システム使用）

画像に写り込んだコンパスを画像解析し、画像方位を作図方位に合致させるよう回転させ、
 これらを座標位置に自動配置して測量地形の全体図を合成画像として形成する。
 （以下、これを「静止画正位置自動配置機能」といい、生成される画像を「合成画像」という。）

e) 図化作業

各測点の画像、音声データとともに、合成画像を参照し、作図、仕上げを行う。

以上を流れに沿って表にまとめると、CAD・画像管理それぞれについて以下ようになる。

表1. 作業（データ）別の流れ図

作業の流れ	座標データ	画像・音声データ
現地作業	トータルステーション + 電子野帳	デジタルカメラ + 磁気方位判定器
内業作業	CAD取り込み (現場毎管理)	専用ソフト取り込み (現場毎管理)
	S I M A データ	画像・測点の統合、作図方位設定
	図化作業 地形図編集・仕上げ	サムネイル描画（縮小画像一覧表示） 参考画像・参考音声呼び出し再生 観測現地動画再生・停止画切り出し 撮影方位角抽出・回転整合 静止画正位置自動配置合成画像描画 画像引用（引照点、特記点画像）
成果物	地形平面実測図 地形現況平面図	観測点アルバム 境界点・境界杭現況報告

3. 「デジタル現況平面測量法」の専用器具について

現地で図化せずに座標データ取得を行う外業方法は、観測点ごとの地形のメモ（ポンチ絵や注記）を観測野帳に記入し、それを参考に社内で図化作業を行う「見取り図メモ書きによる伝達方法」が従来の方法であるが、今回の「デジタル現況平面測量法」は、観測野帳上に記載するメモを、デジタルカメラによる現地情報（デジタル画像と音声）に置き換えて利用するものであり、観測野帳をデジタル化し画像と音声で記録するように進化させたものと言える。「見聞きする」という方法が、人にとって最大の情報取得方法であり、これをデジタルカメラの諸機能を利用することによって実現しようとするものである。

最近のデジタルカメラは、画素数や解像度といった本来機能の高度化に加え、小型化、軽量化とともに多機能となり、音声や動画記録の機能まで搭載されている。また、大容量メモリの搭載で撮影可能な枚数が著しく多くなったことが背景にある。外業用には通常の平板観測作業に必要な機材のほかに、デジタルカメラとカメラ固定用アタッチメント、方位を記録する専用の器具（コンパス付き水準器）が必要である。

（1）外業用機器

具体的には、図2.の写真のようにミラーポールに、専用の取り付け器具を介してデジタルカメラを取り付け、その撮影範囲がミラーポール先端部とその近傍を写すように下向きに設置する。加えてこのミラーポールに磁気による方位判定器（コンパス）を、デジタルカメラとミラーポール先端との間に設置し、この方位判定器がデジタル画像内に写り込むように設定した専用測量器具を使用する。

この方位判定器には水準器を併設し、ミラーポールの垂直確保がし易いようになっている。これは撮影画像が、できる限り真上から撮られている方が画像収差を少なくできるためである。

測量作業は、トータルステーションと電子野帳を使用し、測点座標を測量する際に全ての測点でデジタルカメラを用いて測点の画像を撮影し、同時に測点の点番や特徴、結線時の注意事項を音声で記録する（図3）。

従来方法の前者に近い方法ではあるが、野帳への見取り図メモを廃し、デジタルカメラを用いてデジタル画像と音声記録を行うことにより、手書き作業という部分を削り、測点の情報をよりリアルに効率よく収集できる。この方法は、測点情報の記録時間を、従来の「見取り図メモ方式」より短くでき、か



図2.「デジタル現況平面測量法」専用器具

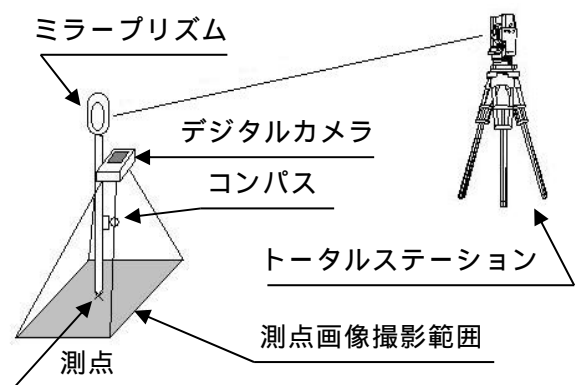


図3. 外業状況（下図）と解説（上図）

つ現地情報の欠落を最小限に抑えることができる。

なお、「デジタル現況平面測量法」専用の外業用主要機器であるデジタルカメラは、市販量産品を加工することなくそのまま使用することで、コストを低減できる。また、小型軽量であり作業員の肉体的負担を軽減できる。更には、その操作に熟練習熟はほとんど不要で、極端に表現すれば、シャッターを押すだけの操作でよく、精神的負担もほとんどない。付属器具もその構造がいたって簡単なので、操作性が非常によく故障も少ない。カメラ、付属機器ともに保守メンテナンスに必要な費用は、消耗品を除きほとんど無いことも大きなメリットである。

(2) 内業用機器(「デジタル現況平面測量システム」)

内業用には、従来の電子計算機、図化用CADシステム、図化データ出力機に加え、「デジタル現況平面測量法」専用に情報参照するためのソフトウェア「デジタル現況平面測量システム」を用いる。

今回の「デジタル現況平面測量法」の作業効率を格段に向上した主体は、この専用ソフトウェアの存在である。外業により取得した現地情報を、どれだけ正確に効率よく参照できるかが作業進捗の鍵であり、内業作業者が現地状況を全く知らなくて、そのままでは現地のイメージが想定できない状況であっても、この専用ソフトウェアを利用することで、図化作業に最適な画像・音声データの参照が容易となる。現地状況のビジュアルな再現が簡単にできる機能を付加することで、図化作業の効率を大幅に改善することができる仕組みづくりが、非常に重要であった。

(ア) 「デジタル現況平面測量システム」の特徴

デジタルカメラにて撮影された画像データは、電子計算機に取り込まれる際に、現場ごとに管理され、また現地観測点の点番号および点名称で登録される、あるいは点番号、点名称によって即座に引用可能な形式で保管されている。この画像・音声データと、点番・点名称および座標値は、測量CADに備えられた共通フォーマットであるSIMAフォーマットを利用して結合され、作図時の参照データとして管理されている。

「デジタル現況平面測量システム」には大きく以下の機能がある。

画像・音声データのツリー表示形式管理機能

SIMAデータによる測点座標データと画像・音声データの統合機能

測点画像データのサムネイル表示(音声・メモの有無マークを同時表示)機能(図4.)

サムネイル表示から特定した測点画像データの拡大プレビュー表示と同時音声再生機能

CAD測点番号からその画像の拡大プレビュー表示と同時音声再生機能(図5.)

画像内コンパス部分の画像解析処理による画像撮影方位の自動抽出、自動回転機能

座標データと画像方位から「正位置回転・自動配置・合成画像生成」機能

動画再生および動画切り出し再生機能

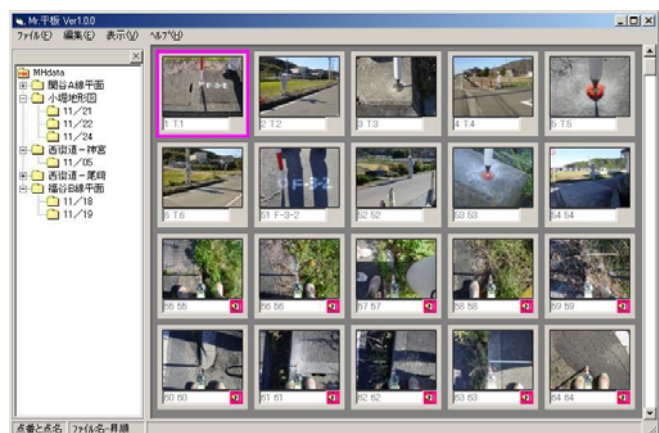


図4. 測点画像データの縮小一覧表示
(サムネイル画像の表示機能)

(イ) 特徴的な機能の詳細

製図時に参照するデータとしては、静止画像（作図方位への整合可能）のほか、注記に該当する音声データ、周辺の動画（測量完了後ポールからデジタルカメラを外して撮影、方位コンパスは写らないデータとなるが現地状況の概要把握には効果がある）これに加えて測点の画像データを座標値に従って正位置に配置合成した全体画像図（「合成画像」）がある。データの引用に当たっては、図化用CADシステムとの併用ができる。

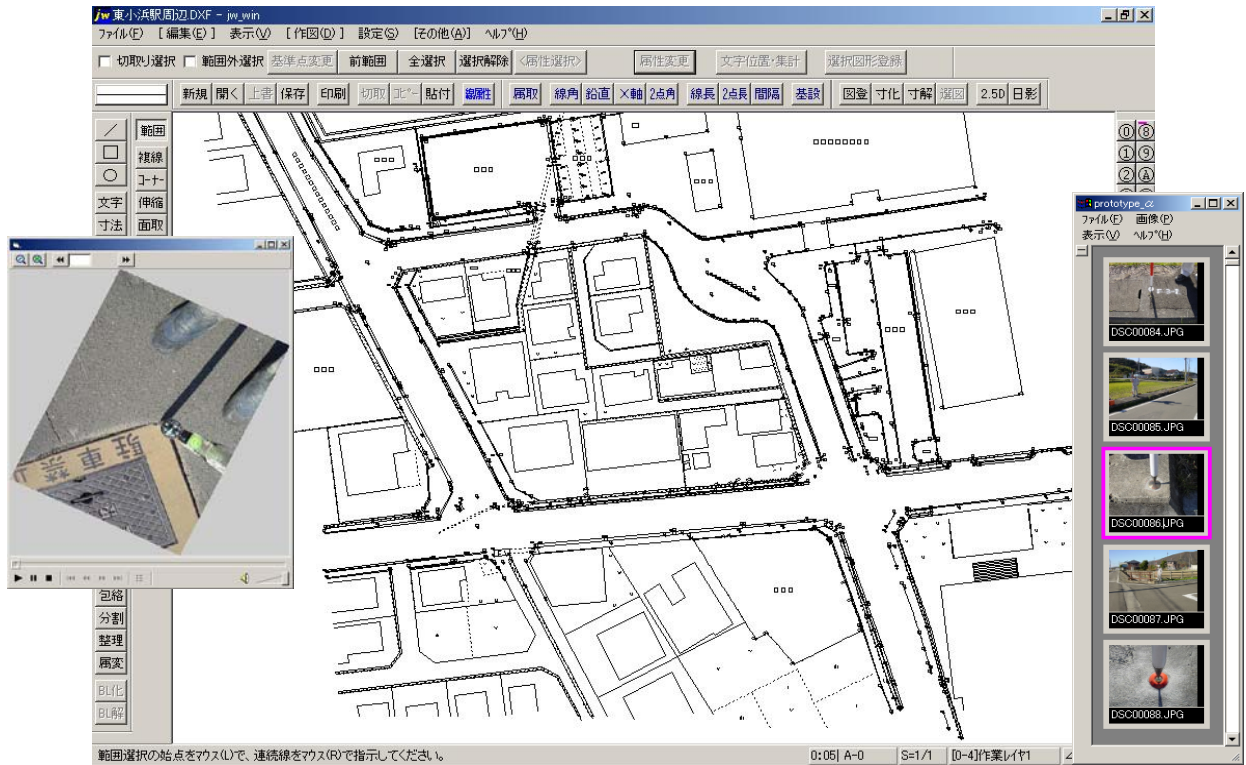


図5. 測量CAD併用で同時描画された状態（中央）

測点画像（作図方位整合後）拡大プレビュー（左端）と、サムネイル画面（右端）

図化用CADの作図用画面上に取り込まれた座標点データのプロット点付近に記載された点番号・点名称から、画像管理描画システムの「測点画像データ検索機能」を用いて、点番号をマウスクリックにより自動判別し、該当する画像データ・音声データ等を抽出し、描画・再生する（図5左）。

静止画像の描画の際には、点番号・点名称による抽出のほか、連続送りモード・連続戻りモードの利用によって、現地観測点の前後状況をすぐに確認でき結線作図が容易となる。また、どういう測点画像があるかは、「サムネイル表示機能（縮小画像を表示した目次画面）」を利用して一目で確認できる仕組みも持っている（図5右）。この機能を使うと、注目する画像データの前後の画像を、数点並列描画した状態で参照することができ、CAD作図時に画面横に表示できるので作業のじゃまにならない。

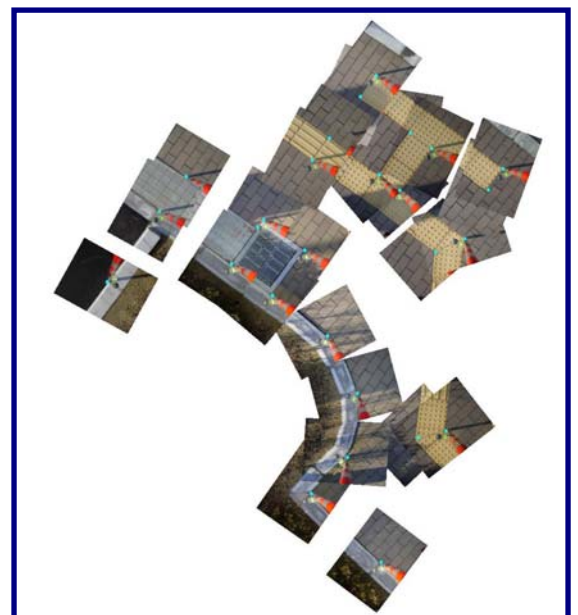


図6. 測点画像の正位置自動配置合成図の例

また、測点画像データの「正位置自動配置合成図作成」機能は、従来の外業作業員以外が把握しづらいたら現地全体像中の測点部分を、いとも簡単に合成することができ、図化作業は、この描画・再生データを参照しつつ、測点部分のリアル画像を確認しつつ進めることができるようになっている。

図6. がその正位置自動配置合成図作成結果の一例である。測点画像データは1点1点が独立しているが、その画像が合成されると、どの構造物がどちらの方向に伸びているか、どの点と結線されるべきか、その周囲になにかがあるかがリアルに再現され、第三者でも容易に判断できる。

本システムの特徴を簡単にまとめると、測点の画像データから正位置自動配置合成で全域をとりまとめ、音声付き動画と併用して、現地の全体像を把握し、測点番号で作業の流れを確認しつつ、観測点ポイントの作図方位に整合された静止画像と音声による注釈で、注意点を確認しながら図化作業を進めることができる仕組みであるといえる。

(ウ) 特記すべき画像回転機能と正位置自動配置合成技術

本システムの重要な技術は、測量座標データに測点画像データに対応させてその位置関係を捉えられるようにしたことと、測点画像の撮影方位をコンパスが写り込むように画像内に明示させ、そのコンパス部分を画像処理して方位の自動判定を行い、測点画像の向きを作図方位角に統一して合致させる回転処理を実現したことである。この2つの点の実現して、上記のような正位置合成画像が実現できる。この処理を自動化して作業工数を低減していることに効率化のポイントがある。

当然ながら、撮影された画像情報は縮尺に影響する。カメラの焦点距離が同一であれば、デジタルカメラの取り付け位置の低い方が縮尺は大きく、高く取り付けるほど縮尺が小さくなる。この微調整機能も具備する。[参考：縮尺 = 1 / {被写体までの距離 (m) × 1 / レンズ焦点距離 (m)}]

4. 従来の方法と「デジタル現況平面測量法」の定性的比較

近年の地形測量は、測点観測のための機械器具にトータルステーションと電子野帳を用い、現地情報は「野帳に測点とその近傍の見取り図メモを記入」して内業時に参照するか、もしくは「電子平板システム」を利用して現地で作図・結線する方法のいずれかで実施されている。従来方法を、「野帳見取り図メモ方式」と「電子平板方式」と表記する。

表2. 地形測量法の方式別特徴のまとめ

	比較する項目	デジタル現況 平面測量方式	従 来 方 式	
			野帳見取り図メモ方式	電子平板方式
外業	作業人員班編制	2人	2～3人	3人
	現地情報伝達方式	画像・音声	野帳メモ・打ち合わせ	現地図化・機器へメモ
	点当たり作業時間	シャッター	メモ記入時間	電子平板の操作時間
	収集情報内容と量	画像・リアル 音声・リアル	ポンチ絵・小 記憶による打ち合わせ	現地：生情報・大 内業：ポンチ絵・文字・小
内業	現地状況の把握	ビジュアル	記憶・習熟が必要	記憶・メモは習熟が必要
	製図作業性	良	打ち合わせ要	打ち合わせ要
	データ点検性	画像で容易	時間経過とともに難	時間経過とともに難

「野帳見取り図メモ方式」の場合には全体像が把握しづらいことから、初期結線は外業担当者の作業となるケースが多く、分業はその後の編集・仕上げ作業が中心になっている。分業の場合には、外業時のメモの品質により編集・仕上げ作業において綿密な情報交換を経ない限り、情報欠落が起りやすく効率と品質を低下させる要因となってきた。

「電子平板システム」は、観測点データの取り込みとともに、図化作業自体を現地で行う方法で、現在の地形測量法では最も進んだ形態である。現地で内外業を一括して処理するので、「測量作業の見落としが防げる」「測量作業時に間違いを発見しやすい」といったメリットがある。しかし、この発想は従来の平板を用いた現地での鉛筆作図を、携帯用にした専用電子計算機に置き換え、直接デジタルデータに構成していくもので、使う道具がデジタル機械に進化したものといえる。外業では社内の図化作業に比べ、持ち運ぶ電子計算機自体の重さ、場所の不安定さ、機械使用が天候などに大いに制限を受けることなどにより、必ずしも効率的とはいえない面も否めない。実際外業時の作図作業は操作に相当の習熟が必要で非効率なこともあって、結局は従来のように野帳が電子機器へのメモ書きを併用して外業と内業を分業するケースが多いのが実態である。作図結線は外業中に行えるが、外業のロスを防ぐために内業比重を増加しようとするれば、内業への情報伝達を電子機器等へのメモ書きで補充することになり、測点プロット・結線が現地作業で終了していることを除いて、前述メリットの減少や、前者と同等なデメリットが出現してくることになる。

「デジタル現況平面測量法」は、従来の「野帳見取り図メモ方式」と比べ、参照の際の「野帳」が画像・音声のデジタルデータに置き換わる。また、「電子平板」と比べると、外業・内業が明確に区分され、作業が分業化される。外業がより単純化され、内業では、測点のデジタル画像と音声での解説により「電子平板」や「見取り図方式」に比較して格段に多くの情報量を参照できる。この手書きメモでの情報の受け渡しと打ち合わせによる伝達を、発達したデジタルカメラの諸機能を有効に活用し、デジタル画像と音声、動画などを駆使してより情報量を豊富に、かつリアルに再現・伝達することができる。手書きメモが作業者の主観による「翻訳後の情報」と考えれば、デジタル画像と音声は、「翻訳前の生の情報」と考えられ、特別な解説を必要としない伝達方法といえるであろう。この方法は、外業者と内業者の意思伝達を画像と音声で処理できるため、内業作業者はあたかも現地において外業作業者の声を側で聞いているのと同じ状態で作業を進めることができ、詳細な打ち合わせを必要としない点でも効率を上げられる。

図7.のように最近主流といわれる「電子平板システム」と比較すると、「電子平板システム」は、その作業の特徴として、結線・作図作業を外業中に進めていくことになるが、その外業が長くなる特徴があり、内業として1人で処理できる作業を、3人で班編制を組んだ外業中に処理するため、作図中に他の2人の作業者が待ち時間を持ってしまう欠点が内在する。

このロスを排除しようとするれば、現地情報を記録して内業での「製図・仕上げ」作業の比重を上げざるを得ず、現地で情報を確認しながら作図するという本来の特性と相反する矛盾を内包している。

「デジタル現況平面測量法」は、トータルステーションで測点座標の測量時に、ミラーポール担当者が、デジタルカメラを使用して測点を撮影し、同時にそのポイントの点番、特徴、結線情報などの注意点を音声で記録(通常5秒間程度)する。これを連続して各測点を計測していく。作業中にはポイントを押さえ、計測を指示し音声で記録することに専念でき、両手を野帳やペン、あるいは

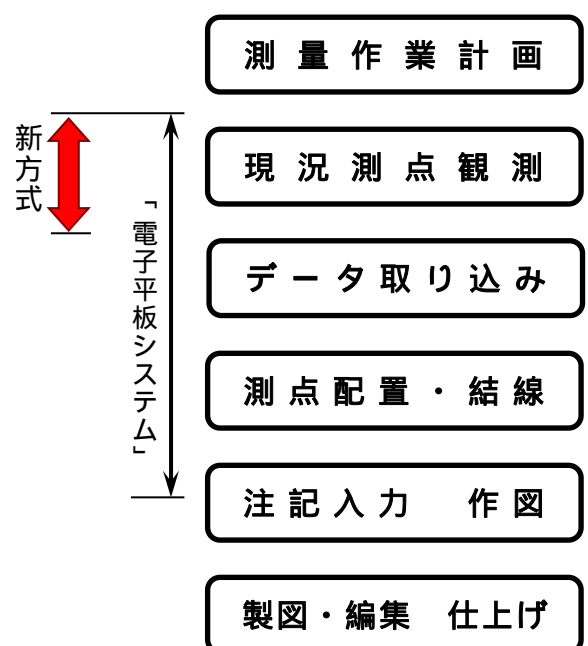


図7. 新方式と電子平板の外業作業の比較

は電子平板を使うことに取られて中断することもなく、淡々と測量することができるため、作業効率が非常によい。加えて大きく重い機器を使用する必要もなく、作業班編成を3人から2人に削減できる効果もある。

5. 取得画像の後工程、または他業務への利用

また、取得した測点画像の個別データは、作成される現況地形図もしくは地籍測量図に「特徴的観測点や引照点の画像データを貼り付ける」ことで、よりわかりやすい図面を顧客に提供できるメリットも生まれてくるため、現状行われている地形図作成業務の成果物をより付加価値の高いものに生成できる。

また、収集した画像情報をもとに、「現地現況の観測点アルバムを生成」し、成果物の付属資料に生成できる利点も生まれ、これと正位置自動合成画像とを合わせて提供することで、事後の時間的な経過を経た後の確認についても優位な資料として保存が可能である。この応用的利用法は、従来の「野帳見取り図メモ方式」と比較して、「デジタル現況平面測量法」は、リアルな現地実像を整理された形で提供でき、その情報量、精度、品質等とともに付加価値を高め、利用価値が非常に高くなる。

たとえば、CADデータとともに提供し、「デジタル現況平面測量システム」を用いれば、CADデータ上で現地画像を確認できることから、いつでも測点の検証が可能である。また、検証にとどまらず、同様のデータ提供を行うことで、現況地形測量の後工程にある設計段階ですぐにそのポイントの確認が居ながらにして可能となり、設計者への重要な情報提供をおこなうことができるのである。

6. 「デジタル現況平面測量法」採用により得られる効果

「デジタル現況平面測量法」の採用によって、外業の情報収集能力の増大とともに、外業作業人員の削減、外業作業時間の短縮を図ることができた。また、内業における製図、仕上げ、点検の各段階においても、打ち合わせ時間の軽減、現地状況の正確な把握と、把握時間の短縮、加えてCAD座標データと画像・音声データの連動により、製図後の点検作業の時間短縮と精度向上を図ることができた。以下にその比較と効果を表で示す。

表3. 「デジタル現況平面測量法」の効果

	比較する項目	デジタル現況平面測量方式	従来方式	方式変更により得られた効果
外業	作業人員班編制	2人	3人	- 1人
	点当たり作業時間	約20秒 150点/時間	記入時間(数分) 約80点/時間程度	数分を20~30秒程度に短縮 時間当たり観測点数をほぼ倍加
	収集情報の変化	画像・音声データ 受け渡しのみ	メモ書き 打ち合わせ	現地生情報を内業図化作業時に リアルに記録・再現
内業	現地状況の把握	ビジュアル	記憶・習熟が必要	一見一聞して容易に判断可能
	製図作業性	完全分業可	綿密な打合せ要	打合せ時間を短縮可能
	データ点検性	画像音声で容易	時間とともに難	記憶に頼らずデータで確認可能

7. 「デジタル現況平面測量法」確立までの隘路事項と対応策事例

以下の点で、実用にするまでに回り道があった。

(1) 音声録音時のコメントに的確さを欠いたため、音声が現地解説の参考にならず、結線や注記の作業に手戻りが生じた。

また、オフセットを取る場合、あるいはノンプリズム測量をする場合の画像についての指示が曖昧で画像と測点座標の統合に時間を要した。

【対策】: 結線のためのコメント、点番、どの部位を測点としたかなどを明確に録音するよう運用する。

(2) 測点画像に写したコンパス画像の状態が不均一で自動回転処理ができず、結線方向の判読に時間を要する場合があった。

同様に、専用器具の固定をしっかりとしなかったために、撮影画像にコンパスの写り込む位置や画像サイズに変動が生じ、自動処理の一部を手作業でおこなうことが必要となった。

【対策】: システム側に判定領域の自動追尾、および測点範囲を指定した再判定の機能を付加した。

(3) ミラーポールにステンレス(鉄)製の器具を用い、コンパスが明示する方位が影響を受けていることに気づかず回転方位に誤差を生じさせた。

【対策】: アルミポールを使用、ピンポール用には非磁化ステンレス継ぎ手を開発した。

これらは、「デジタル現況平面測量法」を確立するまでの失敗の事例であるが、ほとんど作業方法が確立していない時点で運用面の基準が定められていないことに起因した取り扱いミスといえる。これらの失敗を踏まえてロスの少ない作業方法が確立できたと言える。その意味では、失敗は成功の母であるという言葉がしっかりと当てはまる。この「デジタル現況平面測量法」を用いられる方々には、その轍を踏まず運用上の留意事項として作業員に周知徹底していただき、失敗のない運用を心がけていただきたい。

8. 結論および考察

本論文の結論として今回提案の「デジタル現況平面測量法」について得られた結論を以下に示す。

(1) デジタルカメラを利用し、地形測量の作業方法に新しい手法を提案、実践した。

(2) 「デジタル現況平面測量法」の立ち上げに際し、方式特許2件を出願申請した。

1件は、「デジタルカメラとコンパスを用いた地形測量方法と専用器具について」で、もう1件は、「座標値を有する測点画像を自動回転、自動配置して合成処理する画像情報処理方式について」である。

(3) 本手法は、従来の野帳方式、電子平板方式に比較し、十分な作業効率を確保できる見通しを得た。

(4) 特に外業人員を削減する効果、外業時間の短縮効果、内業時間の短縮効果、点検時間の短縮効果と精度向上は、予想以上であり、かつデータの事後流用も可能となった。

(5) 外業・内業の作業とも、従来から所有している器具・機械・ソフトを有効に活用し、「デジタル現況平面測量法」導入による特別な技術習得を必要とせず、作業効率および成果品質を向上できた。

(6) 「デジタル現況平面測量法」の専用器具、専用ソフトは非常に安価に入手可能である。

(7) 「デジタル現況平面測量法」導入による附帯効果として、事後の検証資料への活用、また後工程設計者への現地情報の提供という二次効果が生まれた。

(8) 別の応用例として、「デジタル現況平面測量法」のデータを活用すれば、境界立ち会い作業において境界点を記録し、その際の地権者の声を同時に記録しておくことで、後日の証拠資料として、境界再確認作業を室内に持ち込むことができるなど他業務への利用方法も生ずる。

9. 「デジタル現況平面測量法」普及のための要望事項、および今後の発展方向

今回、測量機器メーカーやデジタルカメラメーカーの特別な協力を得ずに、ユーザ側でできる範囲での方法によって、「デジタル現況平面測量法」を確立したが、以下の点でメーカー側の協力を得られれば、より効

果のある実践が可能であろう。本方式に適合した機器の出現を期待したい。

デジタルカメラメーカーへは、

- (1) デジタルカメラのバッテリー寿命の延長。
 - (2) デジタルカメラ記録データファイルの開始ファイル番号 (ファイル名) の任意指定機能。
 - (3) 現在の撮影画像のナンバー (測点番号に対応) 表示機能。
- ここからの記述は、連動機能として希望したい。
- (4) デジタルカメラ内への方位角測定機能の取り込みと角度記録・転送機能。
 - (5) トータルステーションからデジタルカメラへの点番・点名送信による画像ファイル名指定。

測量機器メーカーへは、

- (6) トータルステーションとデジタルカメラとの無線信号によるシャッター連動機能。
- (7) 同じくトータルステーションとの連動による電子野帳への画像ファイル番号の取込機能。
- (8) 同じくトータルステーションとの連動による電子野帳への、デジタルカメラからの方位角データの取込機能。

これらが実現すれば、本稿で我々が確立した「デジタル現況平面測量法」の専用ソフトウェア「デジタル現況平面測量システム」の中で、手作業の介在する (誤りや誤差を誘引しやすい) 部分である

- (1) 画像ファイルと測点データの対応付け。
- (2) 画像回転角の画像処理による抽出と回転作業。

の 2 点が作業中に実施でき、精度も向上することとなり、内業作業始める前の準備作業が軽減できるとともに、なによりも測点画像と測点座標データ、撮影方位が即時対応するため、作業中の人為ミスを無くすことが可能となる。大いに期待したい。

10 . 謝辞、および参考文献

「デジタル現況平面測量法」の方式の技術的な援助については、静岡県立大学、福井県工業技術センター、磁石メーカーの技術者各位に、また株式会社 ジー・アイ・システム殿に画像処理技術面でご協力を頂戴し、また立ち上げ、実務への応用の実践データの取得、および手法の検証には、富士測量設計株式会社、および株式会社 システムランの両社員の全面的協力と柔軟な発想を頂戴し、手法確立まで尽力いただいた。紙面を借りて御礼申し上げます。

本方式の発案、立ち上げ、実践に参考および引用した文献等は以下の通りである。

- (1) Kenji MATSUMORI, Hitomi OHTAKE, Ryoji YANASE, Hiroshi FUKUDA,
Graphics functions based on Win32 metafiles in C++ Languages、静岡県立大学サイト
(http://kilin.u-shizuoka-ken.ac.jp/softs/wmgraph/_wmgraph.html) 1996
- (2) 国土地理院測地部、Geomagnetic Survey、国土地理院サイト
(<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/geomag/>) 2001
- (3) 国土地理院企画部測量指導課、新しい体系のデジタルマッピング技術に関する研究報告書、
国土地理院サイト (http://psgsv.gsi.go.jp/koukyou/new_dm/newdm/menu.htm) 2000
- (4) Microsoft Corporation、公式 Win32 API リファレンス Volume1 ~ 4、(株)アスキー、1999
- (5) 山本正直、大容量画像の空間データとしての利用、応用測量論文集、(社)日本測量協会、2000
- (6) 山田宏尚、図解雑学 デジタル画像処理、ナツメ社、2002