航空写真測量の自動化の研究〔I〕

地形図の自動製図の実験

田浦 秀春*
鈴木 芳朗**

A Study of Automation of Aerial Photo Survey

by Hideharu Taura* and Yoshiro Suzuki**

Abstract: An automatic drafting of topographical map is attempted in this study, and will be a first step of automation of aerial photo survey. The possibility of this method was searched for by combining nowadays hardware and software, and checked by an experiment.

This method will be able to fully practicable by partial improving.

要旨 本研究は、航空写真測量の自動化の第一歩として、地形図の自動製図を試みたものである。このために現在のハードウェア、ソフトウェアの組合わせでどの程度のものが出来るか、その可能性を実験によって確めた。その結果、将来若干改良すれば、充分に実用に供し得ると考えられた。

(1) まえがき

航空写真測量における完全自動化は、これ迄測量技術者の夢であったが、近年各種のスキャナー、オートマチックオルソフォトシステムの開発により、一歩実現へ近づいたように思われる。

今後これらのハードウェアが、どのように進歩発展するかは予測出来ないが、現時点においても、次頁のような自動化のシステムが考えられる。

この研究は、以上の状況を考へて、長期的視野にたち、航空写真測量の自動化のための、トータルシステムを考究しようとするものである。このために目下次のフロートチャートにしたがって、研究を進めている。

今回の実験では、研究の第一段階である地形図の自

動製図をとりあげて、現時点における可能性を追及した。

ただ諸般の事情によって、試行の回数が少なかったもので、断定的な事はいえないが、一応その可能性も見出され、また採算性も充分期待そうであった。

(2) 自動製図の概要

自動製図、あるいはコンピュータグラフィックという言葉が聞かれるようになってから、久しく時間が経って、近年では各部門での導入が、顕著におこなわれている。これは戦後のめざましい技術革新を遂げた電子器材部門内で、コンピュータの大型化に伴って、大量の数値の演算処理が、簡単迅速におこなえるようになったこと、あるいは産業界における設計技術者の不足と、人件費の高騰といった現実から、その工程の自動化による省力化、合理化といった気運が、高まってきたことは、否めない現象といえよう。

製図機の歴史は、19世紀後半よりいろいろな機械が考案されて、幾何学的模様や種々の図形を、自動的に描画している。しかし、これらはいずれも光学的な方法と、機械的な方法を併用して、半自動的に描画する機構のものであった。その後コンピュータの出現と、高性能な電力による駆動系の開発によって、描画作業を数値制御方式に結びつけた、自動製図システムについての研究が、盛んになってきた。このことは、コンピュータのもつ高速計算処理能力と、製図機本体を結合させることにより、正確で精度が高く、しかも迅速

* パシフィック航業株式会社 Pacific Aero Survey

** 旭光学商事株式会社 Asahi Optics

「写真測量とリモートセンシング」Vol. 14 No. 1, 1975

〔航空写真測量の自動化システムの一例〕

*現時点でなお未解決の部分の多い工程である。

に作図が行なえるといった多くの利点とあわせて、我々人間の夢である美しい図形とか、複雑な透視図、投影図の描画が、だれでも簡単に行なえるといった可能性を与えてくれるからであろう。

現在、自動車業界、電子業界あるいは造船界などでの利用は、非常に顕著なものであり、造船においては船形線図や船内配置図あるいは外板展開図に至るまで完全自動製図が実用化されている。また自動車業界などでは、数年前から線形図やインテリヤデザイン、その他部品図等の自動化を行なっている。

今回は、以上のべた観点から出発した自動製図システムを使って、航空写真測量の自動化システムの最後の部分である地形図の自動製図の実験を試みた。

ただこの際対象とするものは、最終成果としての地形図であるため、それ自体が製品であることから、一般の図形や設計図と違った性質のものと考えねばならない。

(3) 自動製図システムについて

自動製図機 (Automated Drafting System) は、文字が示している通り、自動的に描画してゆくことの出来る機械である。

先ず描画する製図機本体と、それを動かす駆動系、本体に描画指示を与える制御指令装置からなっている。それらについて今回の実験に使用した、PENTAX, FANUC, SYSTEM (写真-1) の概略を説明する。

先ずシステムの心臓部にあたるサーボ系には、新形電気パルスモータ EHPM を使用している。これは高速で輪郭制御を行なっても、非常に誤差の少ない高速指令パルス発生回路方式を採用している。またパルスモータの実効ステップ角

度は、1/10になっていて、滑らかな描線を得られるようなバーニヤ回路がとりつけられている。それらを組合わせてつかうことにより、高精度タイプで24m/min、高速度タイプで60m/minといった高速運転中でも、0.002mm (24m/min), 0.005mm (60m/min) の細かい設定単位になっているため線質の良い作図が可能である。

スタイラス移動用のドライブ軸は、X軸がラックピ

写真-1

ニオン方式であり、Y軸がボールナットスクリューを用いているため、ヘッド部へのモータ搭載がなく軽くなっているため、良線質を維持することが容易である。

本機全体の実質的な精度としては、位置決めで $\pm 0.03 \sim 0.04 \text{ mm}$ であり、繰り返し精度としては実測値で $\pm 0.075 \text{ mm}$ となっている。

制御機能である FANUC-D は、NC (数値制御) 専用に開発されたコンピュータを内蔵した自動製図機用の数値制御装置である。ミニコンピュータには、各種の製図作業に適用できるように豊富な付加オプションと、多様なコントロールソフトが用意されている。

コアメモリは、4 kW から最高16kW まであって、入力には磁気テープ (MT) か紙テープ (PT)、あるいは直接タイプライターによって、指令することが出来るようになっている。

指令用のコードとしては、PT では ISO 規格 R840 あるいは EIA 規格 RS-244A, 1968ASCII の使用が出来る。又 MT の場合は、その他に EBCDIC コードでも、入力可能となっている。

入力操作は、まずコントロールシステムを、MT あるいは PT で作成し、それを MT の場合は MTR (Magnetic Tape Reader) から、PT の場合は PTR (Paper Tape Reader) から、ミニコンピュータへ入力指令をおこない、次にデータとして作られたテープ (MT か PT) を、それぞれの Reader から入力することにより、すでに入力してあるシステムに従って、演算をおこないながら描画動作をおこなっていく手順となっている。

描画途中でのスタイライズ (写真-2) の変更 (たとえば線の太さや色を変えること) の場合は、あらかじめテープ内で指令するような命令を、いれておかねばならない。この他描画時における良線質を一定に保つために、筆圧自動コントロール装置が取り付けられている。このため図紙の異なったものでも (たとえばケント紙、マイラーペース、トレシングペーパーや特殊フィルム等)、また紙表面に皺があった場合でも、一様に美しい線質で描画できるといった、製図機の役割りからみて、最も重要である要素がそなわっているシステム機である。

(4) 入力データのとり方

自動製図機は、数値指令によって作動するようになっているので、指令をおこなう入力データが必要である。またそれ以前に、コントロールシステムを入力しなければならないことは、いうまでもない。(これについては前項で説明してあるので省略する。)

一般に自動図化のシステムでは、前段にどのような

写真-2

工程をたどるにせよ、コンターについては、その線上である間隔毎に、点の座標が測定されている。従って今回は、それ以後の工程について、実験を行なうことにして、次のように入力データを準備した。

1. 1/2500地形図を用いて、コンター上で描画する順序に従って、一定間隔に点を取り、その座標を測定した。

この際点の間隔は、地形図の縮尺、地形の細かさ等によって変化するが、今回は1 mmとした。

2. 家屋、道路等については、その屈折点の座標を測定した。
3. 河川については、コンターに準じて1 mm 間隔に点を取り、その座標を測定した。
4. その他の地物については省略した。

(5) 自動描画

本実験に使用した内挿データは、すべて7 Track の MT におさめられていた。自動製図機 PENTAX-FANUC SYSTEM の入力は、MT の場合9 Track の 800bpi となっているので、先ず7 Track から9 Track への変換処理をおこなった。その際に同時に、スタイラス指令あるいはシーケンスナンバーを使

付図-1 自動製図した地形図

って、計曲線用スタイラス変更指令などの、処理を行なった。

データは、等高線および道路、家、河川等構造物に分けられており、描画してゆく順に、それぞれの座標値で内挿された。等高線の自動描画は、コントロールシステムの点列接続（Curve Fit）を使用して、全等高線を滑らかな曲線で補間させた。点列接続のシステムは、三次式 $(f(x)=ax^3+bx^2+cx+d)$ によって、与えられた数点のデータからパラメータを決定して、製図機へ指令を出すようになっている。自動描画した地形図は、付図-1 の通りであり、描画時間は約60分であった。

使用したスタイラスは、ボールペン（ $\phi 0.3\text{mm}$ ）、中空ペン（ $\phi 0.18\text{mm}$ ）、スクライブ針（ $\phi 0.1\text{mm}$ ）であり、以上の中ではスクライブで描かれたものが、最もよい線質であった（付図-1）。その外の実験として、マイラーベースとトレーシングペーパーに中空ペンで、ケント紙、特殊油製紙（ユボ FP）にボールペンで、描画テストを行なったが、いずれも結果は良好で

あった。

自動描画は、先ず等高線を、点列接続のシステムによって演算しながら描き、次に道路と河川を、曲線補間システムで描画をおこなない、家と構造物については、直線補間で描画する方法をとった。これらシステムは、MT からコントローラーに入力指令をおこなない、それからデータ用MTの入力をおこなうことにより、逐次描画していったものである。今回の実験では、自動製図機のスピードは40%～60%（最大スピード24m/mm）の所で描画をおこなった。

(6) あとがき

今回の地形図自動製図の実験は、航空写真測量の自動化の最終工程として、考えられるものである。この部分だけを独立して考えても、実用に供することが出来る。たとえば深浅測量の

データや数値地形から、コンターを描画しようとする場合等である。

また今回の地形図描画のコストは、現在手作業で実施しているものに比べて、約1.5～2.0倍位であるが、将来における人件費の大幅なアップと、システムの改良による効率の増大の可能性とを考えると、十分に採算のとれる見通しである。

なお本実験を実施するにあたって、パシフィック航業（株）田村斉氏、旭光学工業（株）吉井純氏と北村悟朗氏から、種々御援助を頂いた。付記して謝意を表する次第である。