

急峻な地形における土量管理システム

—三角網法による測量システム—

Computerizing System for Field Measurement of Earth Work in Difficult Terrain

-Survey Utilizing Triangular Analysis System-

フジタ工業㈱

土橋 勝 則

○ 野 末 晃

By Katsunori Tsuchihashi, Akira Nozue

昨今の測量機器の進歩により、現場に多数の測量・土量管理システムが導入されてきたが、これらは数値地形モデルとしては比較的扱い易いメッシュ方式が採用されていた。この方式は造成等の現場における土量配分及び搬土計画には有効な方法であり、またデータ容量が少なくパソコンでも処理が可能という利点がある。しかし、地形の再現性に難があり特にダムの堤体や原石山のような急峻な地形においては不向きである。そこで地形の再現性に優れ、掘削計画の為に種々の方向の横断面や種々のピッチのスライス断面の作成及び等高線図・鳥瞰図の作成が可能な三角形群方式による測量システムを開発した。この方式はデータ量・計算時間が大であるため今までは現場のパソコンで処理することが困難であったが、最近のパソコンの処理能力・記憶容量の増大と価格の低廉化により本システムを開発することができた。本文は本システムの概要の紹介と開発上考慮した点を報告する。

【キーワード：土量管理、測量システム、ランダム測量、三角網法、エレクトロニクス】

1. はじめに

今まで、測量機器と小型計算機（パソコン）の機能アップと低価格により、現場に多数の測量システムが導入されてきた。しかしこのほとんどが、数値地形モデルとしては比較的扱い易いメッシュ方式を採用してきた。この方式は造成等の現場における土量配分及び搬土計画には有効な方法であり、またデータ容量が少なくパソコンでも処理が可能という利

点がある。しかし、地形の再現性という点に難があり急峻な地形に向いていない。最近のパソコンの計算処理速度の飛躍的な向上とハードディスクの普及による記憶容量の増大により、三角形群方式（これより三角網法と呼ぶ）をパソコンで利用することが可能になった。本方式は、データ量及び処理時間が大であるが再現性が良好であり、等高線図作成や断面の作成に有効な手法である。本文は、本システムの紹介と開発上考慮した点を報告するものである。

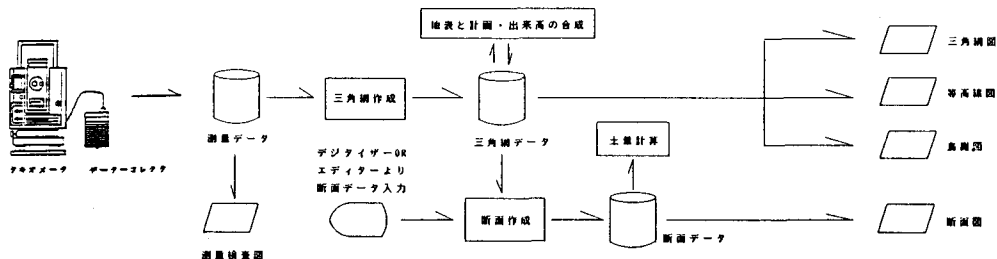


図-1 概略フロー図

2. 三角網法の特徴

(1) 三角網法の長所

- ① 現地の測点数が少なくても良い。三角平面の集まりとして地形を捉えるので変化点のみ測量する。
- ② ランダムに測量した地形変化点をそのままDTMとして使用しているため地形の表現に優れる。
- ③ 等高線や任意の断面線及びスライス断面を作成するのが容易である（図-2、3参照）。

(2) 三角網法の欠点

- ① データ量が多い。測量した点、一点につきX、Y、Z座標のデータを必要とし、三角形を構成する点番号も一三角形につき三点のデータが必要。
- ② 三角網を作成に時間がかかる。座標データはタキオメータから取り込むことができるが、三角形の構成データは入力するか自動計算する必要がある。入力する場合は膨大な時間がかかりEDP処理の自動作成でもかなりの時間がかかる。
- ③ 三角形の組み方により地形が異なる場合がある。

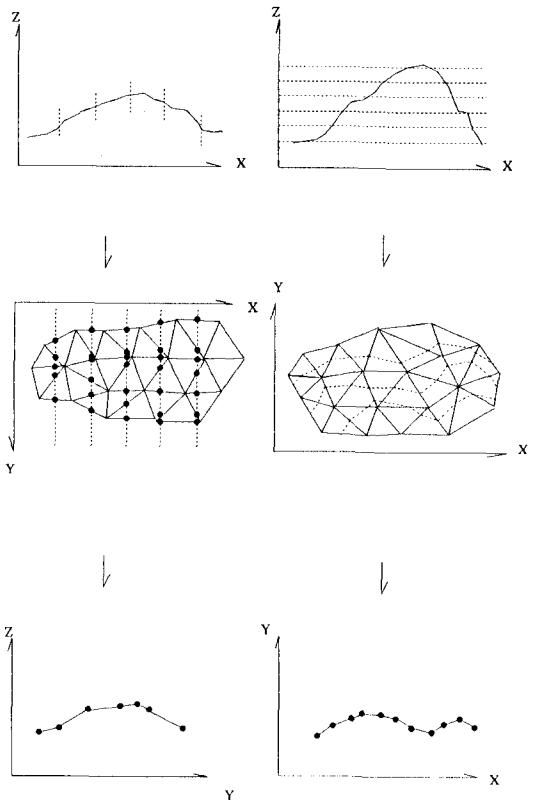


図-2 横断面線の作成

図-3 スライス断面線の作成

3. システムの概要

(1) 概要

本システムは、光学測距測角儀(タキメータ)でランダムに測量したXYZ座標データをデータコレクターを介してパソコンに取り込み、3次元座標データとして三角網に編成することにより、横断・スライスの断面を作成することができる。土量計算や断面図・等高線図・鳥瞰図を作成することの他に、等高線図や断面図より仮設道路や各種プラント等の仮設設備の設計に有効に利用することも可能である。

(2) 機器構成

図-4に機器の構成を示す。主な機器の構成は以下の通りである。

- ① 光学測距測角儀(エレクトロ・タキメータ)+データコレクター
- ② パソコン(16ビット12MHz、768Kb、80287プロセッサ)
- ③ カラーディスプレイ(1120*750dot)
- ④ ハードディスク(20MB)
- ⑤ 漢字プリンター(15インチ)
- ⑥ A1デジタイザー(座標読取装置)
- ⑦ A1プロッター(作図装置:フラットベッド)

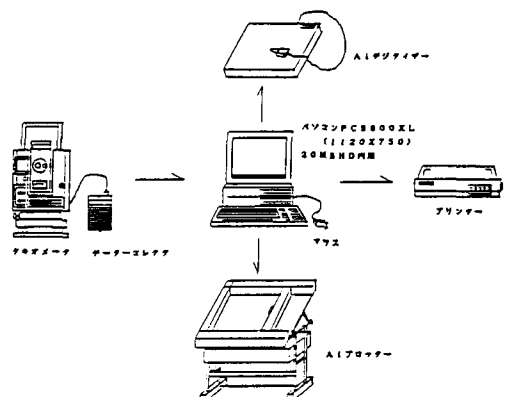


図-4 機器構成図

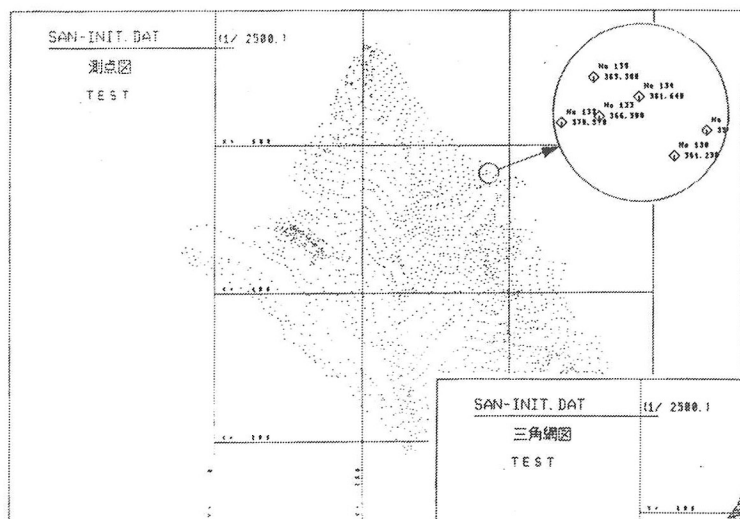


図-5 測量検査図

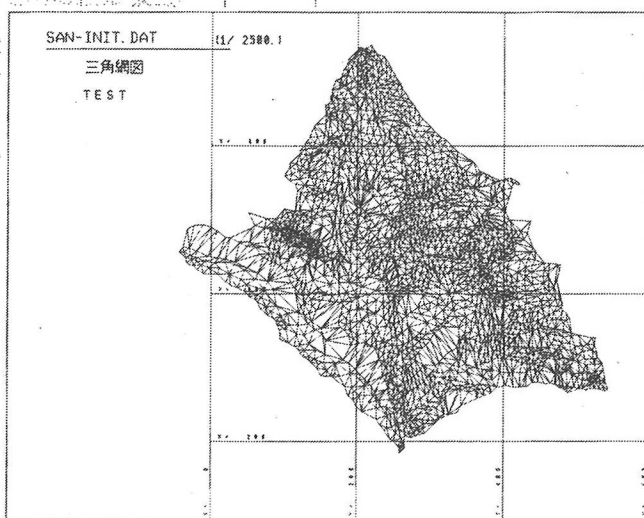


図-6 三角網図

(3) システムの機能

当システムの機能は以下の通りである。

- ①タキオメータにてランダムに実測されたXYZ座標データから三角網を自動作成する。
- ②計画段階では地形図の等高線をデジタイザーよりXYZ座標データとして入力する事が可。
- ③地形を三角形の平面として捉えることで当初地盤の横断面やスライス断面が三角網より作成される。断面方向・ピッチは任意に指定可。
- ④計画断面や出来高断面は三角網より作成することもまたデジタイザーより直接入力も可能。
- ⑤地表断面と計画・出来高断面の合成が可能。
- ⑥計画・出来高三角網を地表三角網にはめ込むことが可能。
- ⑦土量は平均断面法で計算される。横断の場合は切盛土量をスライスの場合は切土量を算出。
- ⑧測量検査図(図-5)、三角網図(図-6)、等高線図(図-7, 13, 14)、断面図(図-11, 12)鳥瞰図(図-15, 16)を現場の画面及びプロッターにて出力する。

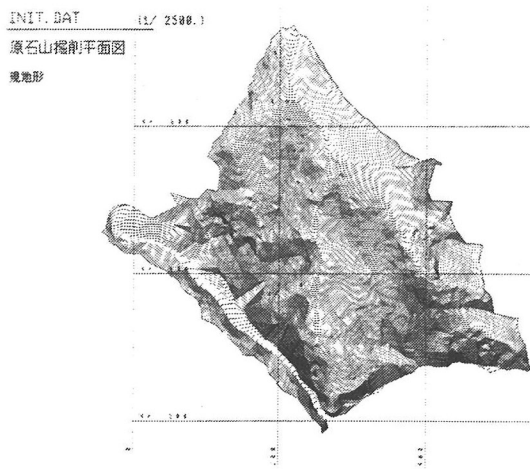


図-7 等高線図(当初地形)

4. システム開発上の考慮点

当システムの開発上の考慮点は以下の通りである。

- (1) 計算処理・作図処理等全ての処理を現場のパソコンで行えるようにした。
- (2) 機器は現場に導入が可能な低価格のものを利用した。
- (3) 1000点以上の測点で三角網を作成するとかなりの時間がかかるので、1日に測量出来る300～600点程度の三角網を作成し、後で隣接した三角網どうしを結合する機能を設けた。
- (4) 三角形の組み直しが画面上でできるようにした。(図-8)

測点の不足により図-9のように、標高の低い2点(L点)を結んだ場合は、谷線を表現するがこれは近接の三角形の等高線の流れから組違いであることが判定できる。実際は図-10のように高い点(H点)を結び稜線とするべきである。このような組違いを周囲の傾斜方向線等から自動判定させるよりもより確実に効率的な方法として、三角網図と等高線図を画面に同時表示させてユーザーが組違いを探索し、マウスの操作で組直しをする方法を採用した。なお組み直し作業は、測量担当者が行うことが望ましい。

- (5) A1版の大きな図面の作図作業は時間がかかるので、各図面は画面上に描画しチェック出来るようにした。

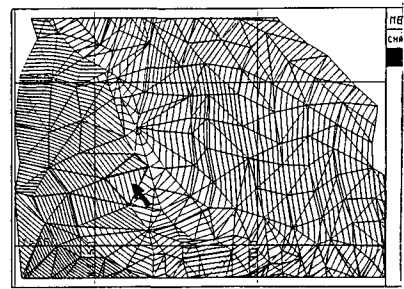


図-8 三角形の組み直し画面例

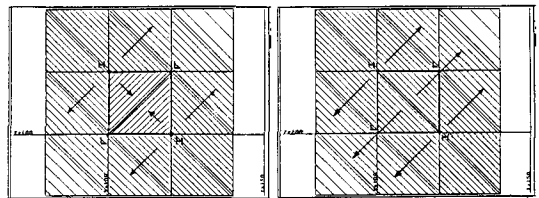


図-9 三角形の組違い 図-10 三角形の組直し後

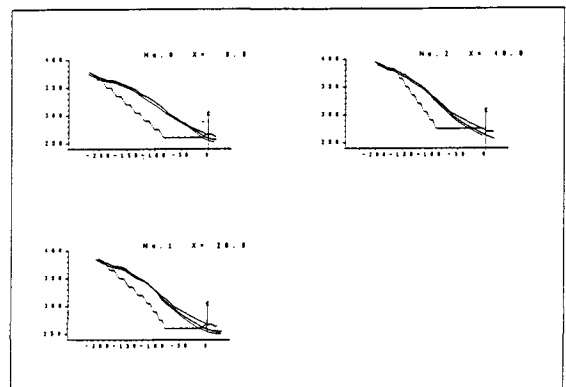


図-11 横断図

5. 運用上の留意点

(1) 測量方法について

三角網法における測量は5～10m毎に地形変化点を測量すれば良い。急斜面においては、斜面を上下に登り降りするよりも、斜面に平行(同じ標高)に歩行しながら測量する方法が効率的であった。

この方法で測量したデータはデジタイザー(座標読み取り装置)で等高線を入力したデータに近く、三角網に編成した場合滑らかな等高線が再現できる。

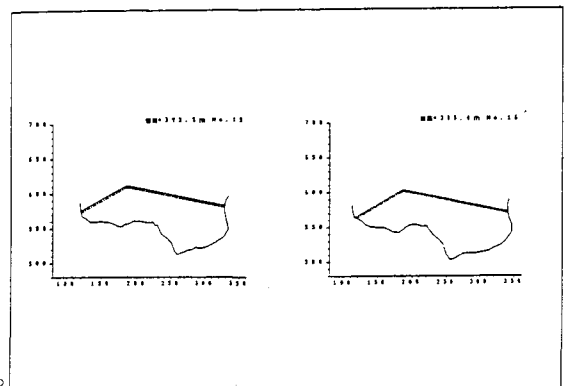


図-12 スライス断面図

(2) 計画段階における地形図からの入力について

計画時には地形図より等高線を5～10m間隔でデジタイザーから入力し三角網にすることができる。この場合三角網から等高線図(図-13)を作成すれば当然のことながら地形図とほぼ近いものが再現できる。この三角網で土量計算をし、掘削計画に利用することが出来るが航空測量で作成された地形図は通常50～70cmの高低誤差があるので、施工段階においては実地測量のデータより三角網を作成することが必要である。

(3) 計画・出来高三角網の作成について

地表(当初地盤)三角網からは1m・2m・5m・10mピッチと自在に断面線を作成することが出来るが、計画や出来高は10m・20m等の断面しか与えられていない。しかし、この断面データをXYZの3次元データとして捉えれば、三角網を作成することが出来る(計画の場合は掘削計画平面図にZを付加する)。三角網が作成できれば設計断面よりも細かい断面での土量計算が可能になり、また計画・出来高の等高線図及び鳥瞰図の作図が可能になる。特に出来高については、今回出来高測量の部分のみの三角網を作成し前回までの三角網に合成することでもできる(図-14)。

6. システムの効果

(1) 当システムの測量精度の評価

地形の三角網データの検証を行うためにランダムに50余点測量し、三角網上の同XY座標値のZ値の高低誤差を比較した。その結果10～30cm以内に収まった。これは5～10m間隔の三角網の誤差としては充分満足できる値である。

(2) 当システムの効果

a) 省力化

測量・土量計算・図面作成作業の時間を大幅に短縮した。

b) 土量計算

複数の断面方向や設計断面よりも細かな断面ピッチでの土量を算出することでより精度の高い掘削計画及び土量管理が可能である。一般に山の上部は痩せており下部は太っている傾向がある。それ故太っている部分の土量は実際よりも過小に算出されるこ

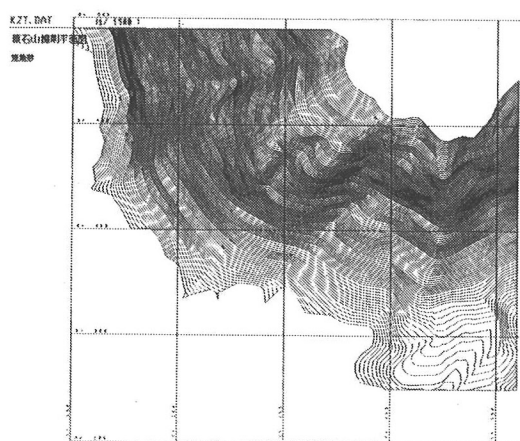


図-13 地形図から作成した等高線図

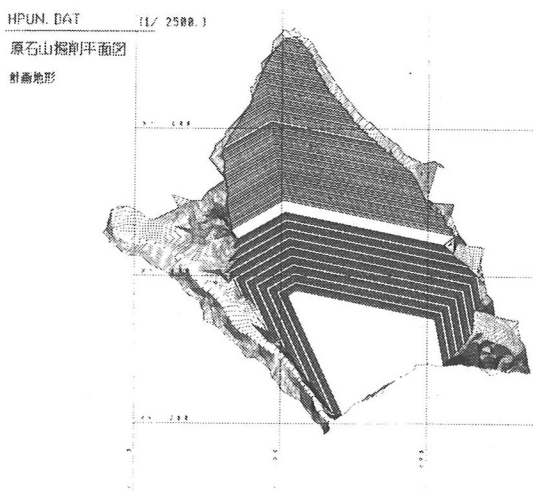


図-14 計画を合成した等高線図

とがあるのでピッチを細かくすることで精度を上げ、緻密な管理を可能にした。

c) その他

本システムの等高線図や断面図を工事用道路、土捨て場や各種プラント等の仮設備の設計に利用することが出来る。特に敷地面積や重機の作業面積の検討にも多大な効果があった。

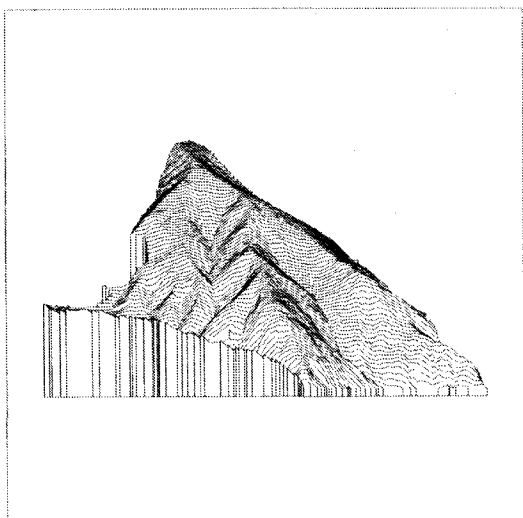


図-15 鳥瞰図（当初）

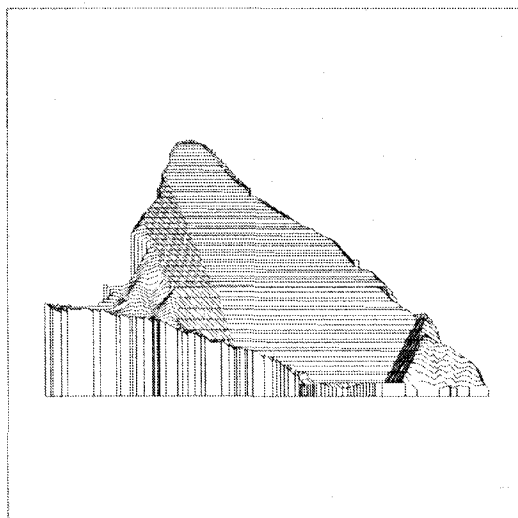


図-16 鳥瞰図（計画）

7. おわりに

タキオメータが建設現場に導入されてから約10年近く経過し、最近は特にタキオメータが低価格になったため急激に導入されつつある。ソフトの面においてはメッシュ法・断面法・三角網法と種々の手法によるシステムを用意しておくことで、地山の特性や管理方式が異なるあらゆる現場に対応することが出来るようになる。今回の開発で現場のパソコンでも三角網法が利用出来、急斜面において掘削計画・出来高土量管理や仮設等の計画に有効に利用することが判明した。特にスライスの断面で管理する場合は三角網法が非常に有効な方法であることが確認された。

多数のパソコンが現場に導入され情報化施工が浸透してきた現在では、毎月の出来高土量算出というような定型・定常業務を電算化するだけでなく、任意断面作成や鳥瞰図等の視覚的な資料の作成など計画の最適化に関する非定常的で多種多様な要求が発生してきている。したがってこれらの要求に対応するための柔軟なシステムを開発していくことが、これからの情報化施工における新たな方向を示すことになると思われる。

今後は本システムも更にC A D的な要素を取り込んで、より操作性の良いシステムにして行きたいと思う。また本文が三角網法のシステム開発の参考になれば幸いである。

最後に本システムの導入に際してご協力を戴いた間・フジタ・住友共同企業体宮ヶ瀬作業所の方々に、深く感謝する次第である。

【参考文献】

- 1)堀内敏行、金子哲也：フィルタイプダムにおける土量の電算管理、建設の機械化、1976年7月
- 2)味生 威、桑野和夫：道路実施設計の電算処理に関する考察、第3回電算機利用に関するシンポジウム、1978年11月
- 3)原 英行、内藤治樹、木田平八、山田敬三、小池行夫：大型造成工事における測量業務のシステム化、第9回電算機利用に関するシンポジウム、1984年10月