

# 高精度航空測量による三次元GISを活用したダム管理について

近畿地方整備局 河川部 河川計画課 井上 達裕

## 1. 目的

九頭竜川水系真名川ダム(福井県大野市)において、ダム下流の河川環境改善を目的とした弾力的管理や、ダム操作規則の変更等を検討するにあたり、基礎資料として下流河川及び流域における精度の高い地形データが必要となった。

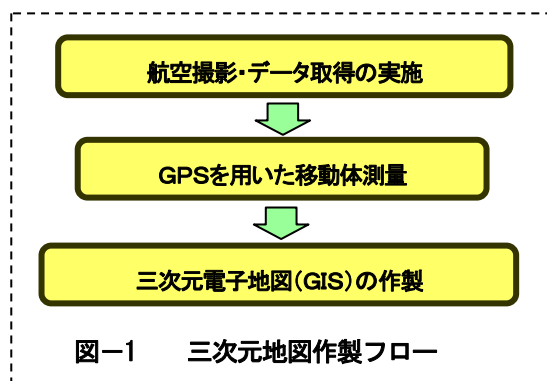
そこで、高精度な測量によって微小な地形を計測し、その実用性について検証した。

本報告では、効率のよい三次元地形データ計測方式の検討とその精度の検証、計測データを利用した三次元GISの作成とその実用性の検討、さらに、わかりやすいダム効果広報のためのシミュレーションの作成とその他活用方法の検討結果について報告する。

## 2. 三次元地形測量

地形測量の対象範囲は、九頭竜川支川真名川の真名川ダムから九頭竜川合流点までの14kmと大野市街地を含む約150平方kmとし、航空測量による写真測量及びレーザー測量によるデータの取得を高精度に実施した。

広域にわたるこれらの測量データを、GPSを用いた移動体測量により補正することで、精度向上を図ることとし、三次元地形モデル化後の要求精度として水平、高さ方向とも10cmとした。図-1は、三次元電子地図作製までの作業フローである。



### 2.1 航空写真測量

撮影は、撮影後の処理である空中三角測量の効率化や、少ない基準点でも高精度に測量できるGPS(Global Positioning System:位置座標計測装置)/IMU(Inertia measurement Unit:慣性姿勢計測装置)同期空中写真撮影方式を採用した。これは航空機に搭載したGPSとIMUによって、撮影時の位置(X,Y,Z)と航空機の姿勢( $\omega, \phi, \kappa$ )を高精度にデータ取得することが可能な方式である。

本方式を用い、特に高い精度が必要な真名川河川内は1/5,000の縮尺相当で、大野市街を含むその他の地域は1/10,000の縮尺相当で撮影した。

### 2.2 FKP測量

航空写真撮影のみでは全域にわたって10cmの精度の達成が困難であるため、地形データの直接測量としてFKP測量を併せて実施した。FKP測量とは、FKP(Flaechen Korrektur Parameter:面補正パラメータ)方式による高精度GPSを利用した測量であり、

測量範囲を囲むように配した電子基準点のデータを解析することにより補正データを作成し、測量点においてこの補正データを用い、GPS衛星との擬似距離を正確に求めることで高精度に座標取得を行うものである。

今回は、FKP方式による高精度GPSを用いて、移動体（車）による簡易水準測量を行った。測定システムは、二周波GPSと超音波空中レベル計とパソコン等により構成され、GPS、空中レベル計は車の後部に取付けた（図-2）。この移動体測量により、従来の点での測量に比べてはるかに効率的に線での座標取得が可能となり、走行しながら高精度の簡易水準測量が可能となる。真名川堤防及び大野市街地の道路を縦横に走行し、速度は10~40km/h程度で、距離約107km、約22,000点の測量を行った。点間は2m~11m、測量に費やした時間は約11時間であった（図-3）。

FKP方式による静止測量と直接水準測量の標高差は約1cm、また移動体測量との差はRMSで3.3cmと非常に高精度であった。この約22,000点を基準点として、航空写真による三角測量結果の高さの補正を行った結果、広域にわたり高さ方向の誤差を10cm以下とすることが可能となった。



図-2 移動体による簡易水準測量

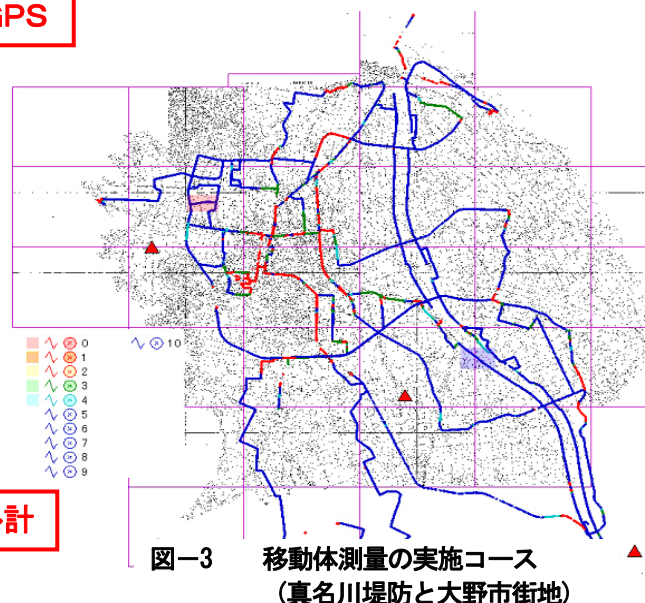


図-3 移動体測量の実施コース  
(真名川堤防と大野市街地)

### 3. 三次元地形モデル化

広域を高精度にて測量した為、扱ったデータ量は約3億点と膨大なものとなった。そこで、データ量を小さくかつ精度を低下させないように三次元地形モデル化を行う。

橋梁、建物等は地物として地形より分離し、個別にオブジェクトデータとする。地形については、TIN(ティン: Triangulated Irregular Network : 不整三角形網)ポリゴンで表現し、さらに、急激な地形変化を忠実に再現させるため、道路、河川、築堤など、地形の変化部をブレイクラインとして取得した。

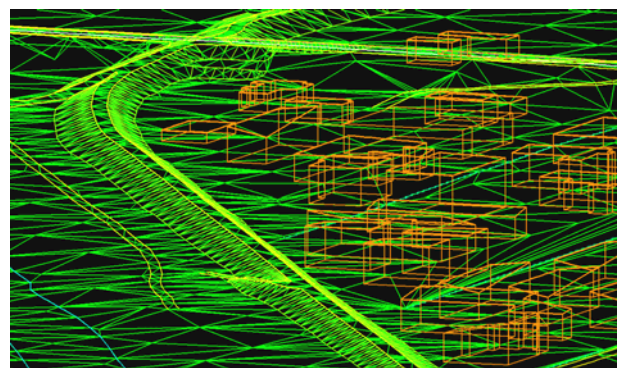


図-4 TIN+地物オブジェクト

モデル化後の現地検証点との座標誤差は、堤防天端での 1, 102 箇所の検証点で RMS = 3.3cm と目標の 10cm を達成した。誤差が 10cm に収まらなかった点はそのうち 30 箇所であった。その他の地域の 65 箇所の検証点でも 11cm と非常に高精度を達成した。

また、データ量としては 6GB とパソコンでも十分扱えるサイズとなった。

#### 4. 三次元地形モデル

三次元地形モデルを活用するため、下記の特徴を持つ三次元表示管理システムを開発した。本システムは、大容量データでも高速表示が可能な三次元表示エンジンを利用することにより、作業効率を大幅に向上させることが可能となった。日常においては維持管理業務に活用でき、災害発生時においても事態を正確に把握し、迅速確実な意思決定を支援するツールとして利用できると考えられる。

##### 4. 1 空間データ

空間データとしては、航空レーザー測量データと航空写真測量データを GPS 移動体測量により校正したデータを利用した。

表示できる基本的なデータは、①オルソ画像データ、②三次元点群データ、③数値地形モデルデータ（ブレイクライン TIN データ）、④地物オブジェクトデータ、である。



図一5 三次元表示の例（真名川ダム）

##### 4. 2 視覚分析機能

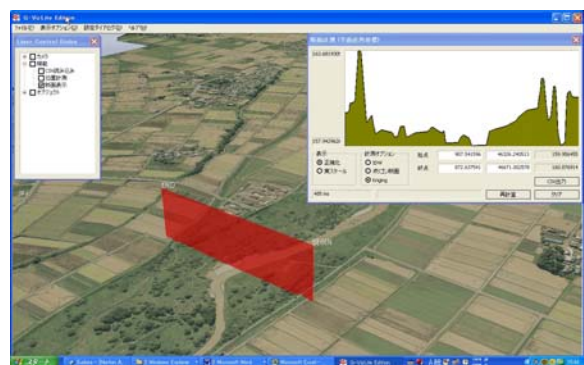
あらゆる方向からの視覚分析を行うことが可能であり、視点の移動はマウスの左右のボタンとホイールで片手による操作を実現した。

- 注目点（画面の中心にある地形上の点）に対する接近と遠離（ズーム）
- 地面と並行に移動（画面の上方、下方、右方、左方、それらの間の方向）
- 注目点を中心に回転（水平線回りのティルト、鉛直軸回りの回転）

##### 4. 3 図上計測機能

表示している各ピクセルにはすべて正確な座標を持っている。このため、図上で計測が可能である。任意点の座標取得の他、距離計測機能（任意の 2 点間）、断面図計測機能（任意の断面）、及び面積計測機能（任意の面積）を備えている。

さらに、経年変化や災害による地形の変化に対応し、時間軸における地形の変化にも対応する。



図一6 図上計測機能の例（河川横断面図）

#### 4. 4 その他の表示

図上の計測のみではなく、GIS的な機能として次の機能を搭載している。①地名・施設名等の表示、②シミュレーション・分析データの重畳機能、③浸水想定図、④地すべり・急傾斜地崩壊等の危険地域、⑤ハザードマップ（避難経路・避難場所を含む情報）。

これら情報を重畳表示することなどにより、災害対策等において様々な追加機能の要求に柔軟に対応できるシステムが出来上がったものとする。

#### 5. 洪水氾濫シミュレーション

広域で精度の高い三次元地形モデル上において、洪水氾濫シミュレーションの重畳を検討した。洪水氾濫シミュレーション結果表示例を図-7に示す。

これまでの二次元で広域の氾濫結果表示とは異なり、任意の場所を、任意の視点より、任意の時間について観察することが可能となった。これにより、何時間後にどこがどの程度浸水するかが個々の建物まで一目瞭然となり、避難経路等についての判断も可能となった。

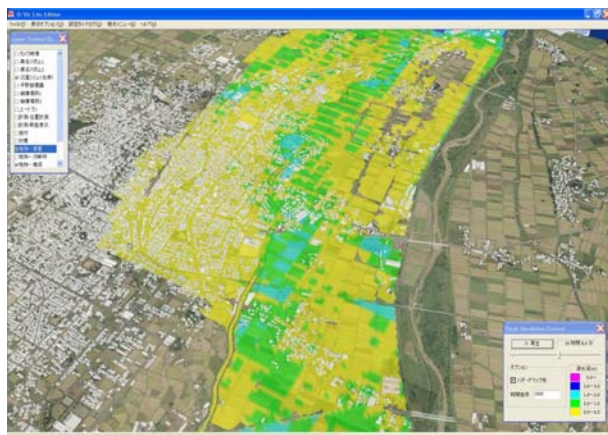


図-7 a) 洪水シミュレーション表示の例1

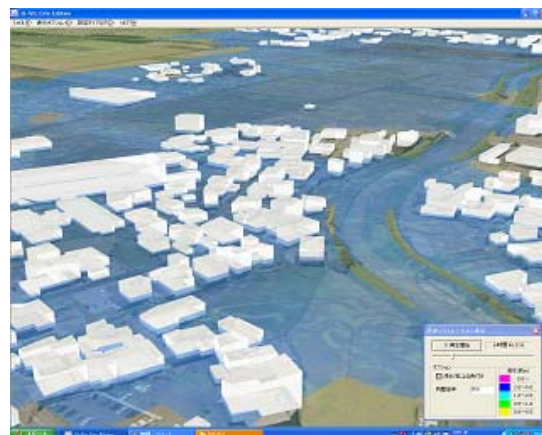


図-7 b) 洪水シミュレーション表示の例2

#### 6. まとめ

三次元地形データ計測方式と三次元GISの実用性の検討の結果、広範囲において10cmの高精度測量が効率的に可能であることが検証された。

これにより、これまで以上に高精度でダム下流河道状況や流域状況の把握が可能となり、操作規則の変更に係る各種検討にも活用することができた。また、洪水時の氾濫状況のシミュレーションが高精度、高解像度で可能となり、それを高速で可視化したことにより、ダムの役割・効果について、効果的でリアリティのある説明ツールが出来上がったと考える。

今後は、堤防高、砂洲、植生等の河道環境や流域の情報を蓄積し、本システムにて管理することにより、日常的な維持管理、また、災害時における迅速な被害状況の把握などに活用する一方、水位計や雨量計、監視カメラ等とのネットワーク化により総合的な防災システムとしての可能性を検討し、安全・安心の生活に資する高精度空間情報統合システムとして展開を図ることも可能であるとする。