



鈴木 寛* 落合 渉*

デジタル航空カメラによる災害対策用データの高速作成技術

1. はじめに

デジタル航空カメラ（Digital Mapping Camera）とGPS/IMUによる新しい空中写真測量技術により、全デジタル化による作業工程と作業時間の短縮が可能となった。また、全国に整備された電子基準点データの即日利用がインターネットを通じて可能となるなど、社会基盤データやインフラの整備が充実したことにより、高速、高精度な災害復旧支援情報の作成が可能となった。本稿では、新潟県中越地震災害の事例を基に、災害時の緊急対応にデジタル航空カメラを用いた事例を報告すると共に、併設したRC30カメラによる同時撮影した画像の比較を行い、災害調査への適応を検討した。

2. 従来方法（RC30撮影）とDMC作業工程の比較

従来方法では、撮影前の対空標識の設置や標定点測量、撮影後のフィルム現像やスキャ

ニング処理など、多岐に渡る作業工程と移動時間も必要ことから作業時間の短縮は困難であった。DMC撮影では、撮影時に取得した生データから後処理により、デジタル画像と外部標定要素を取得することができる。撮影前に検証点について検討する必要があるが、撮影後の処理は一つの作業拠点において、汎用PCによる画像合成処理と外部標定要素の解析を平行させて行うことが可能である。また、平行計測したレーザースキャナのデータを利用すると、さらに標高データの取得時間も短縮されて、デジタル画像、外部標定要素、DTMを取得して後続のデジタルオルソ画像作成の高速作成が可能となった。

3. DMC作業工程の特徴

3.1 撮影計画と精度管理方法

撮影計画は、数値地図（国土交通省国土地理院作成）を背景としたCADを使用した撮影計画支援システムを使用して撮影計画を行っ



図. 1 DMC（左）とRC30（右）の併用搭載機

表. 1 DMC（左）とRC30（右）の併用搭載機

| | |
|----------------------|--|
| カメラ仕様 最終画像 | 高解像度パנקロとマルチスペクトル7,680×13,824ピクセル |
| パנקロ レンズ(CCD) | f=120mm / 1 : 4.0 パנקロ 4 個 (7k×4k) |
| マルチスペクトル レンズ(CCD) | f=25mm / 1 : 4.0 RGBと近赤外の 4 個 (3k×2k) |
| 色階調 | 12ビットと8ビット |

* 朝日航洋株式会社

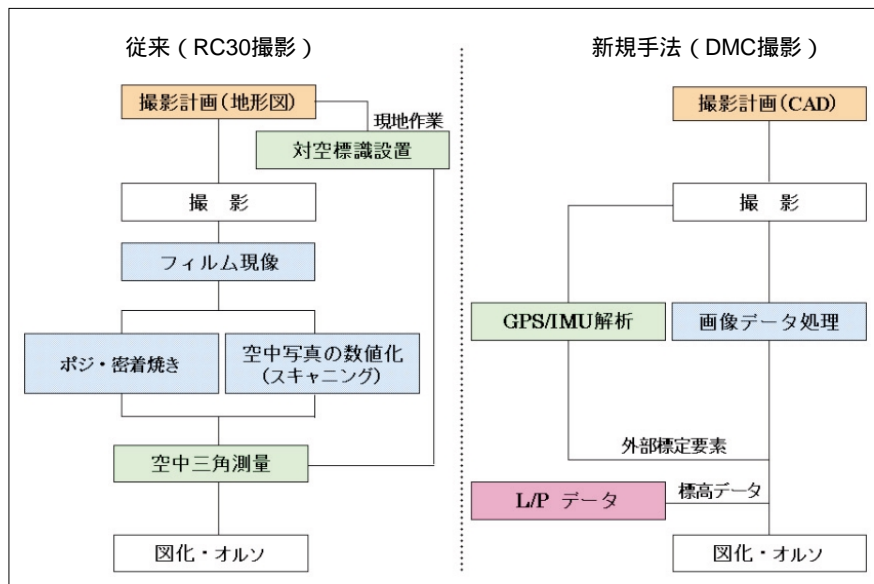


図.2 従来（RC30）手法と新規（DMC）手法の比較フローチャート



図.3 DMC撮影計画図

た。（図.3 参照）撮影計画データは、撮影時のナビゲーションデータとして使用すると共に、実際に撮影した主点位置と計画主点位置の差から航路のズレを算出した。コース方向重複度、回転傾斜角は、GPS/IMU解析結果から求めた。また、ハレーションや雲などの目視検査は、高速表示可能な（jpg）圧縮画像を利用して検査を行った。

3.2 画像合成

撮影されたデータは、航空機搭載の撮影デ

ータ記憶装置（FDS）から運搬し易いディスクパック撮影データ記憶装置にコピーする。ディスクパック撮影データ記憶装置（FDS）を画像合成処理装置（PPS）に接続して画像を合成させる。第一段階は、撮影した画像の色調を整えるためにLUT（Look Up Table）を作成する。第二段階は、作成したLUTを使用して画像合成を行う。4個のパンクロカメラ画像を合成して1枚のb/w画像を作成する。RGBに対応したカメラ画像から光の3原色情報をb/w画像に付加することによりカラー画

像を作成する。自動処理時間は、RGBカラーの原画像tif形式（311MB）を約3分/枚の処理速度で作成した。画像合成の点検は、4枚パノクロ画像を1枚の画像に合成する時の、ラディオメトリック補正（線形相関）における

相関係数（Pearson値）を基にして許容範囲内にあること確認した。

3.3 GPS/IMU解析と精度管理方法

GPS/IMU装置とは、直接定位装置と呼ば

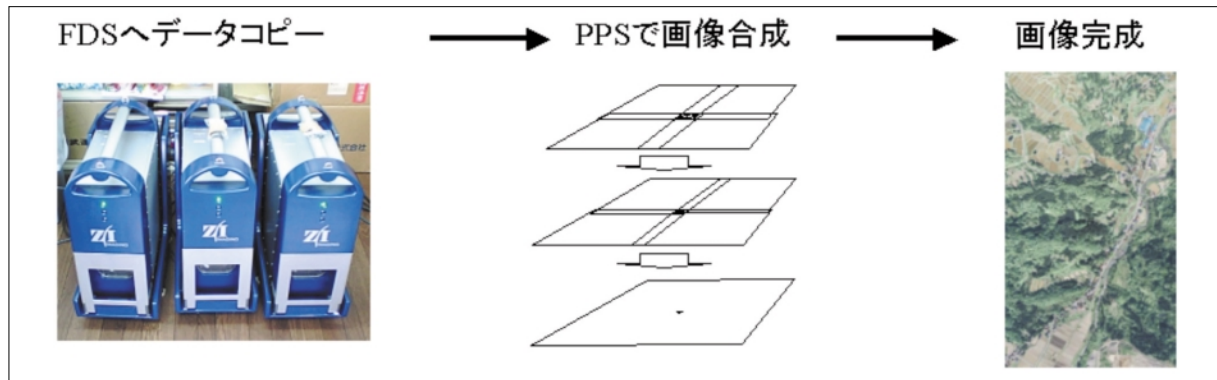


図. 4 画像合成

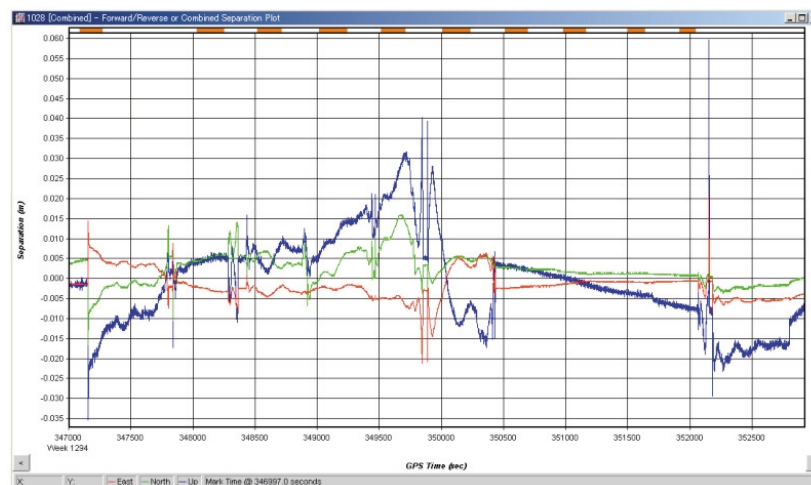


図. 5 撮影開始方向からと終了方向から解いた時の位置誤差（GPS解析）

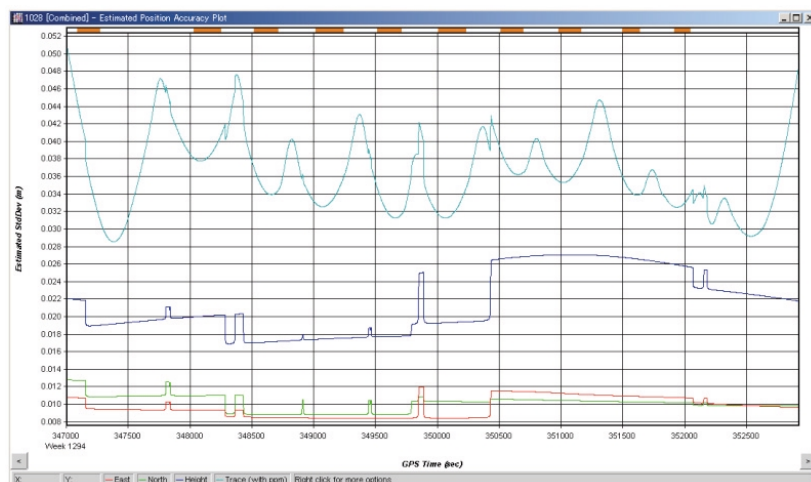


図. 6 位置の標準偏差（GPS解析）

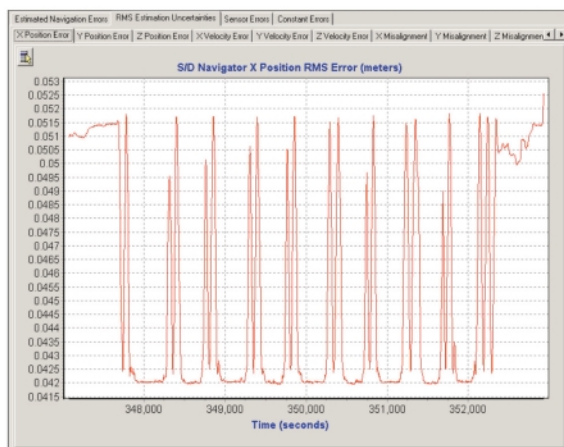


図.7 位置の標準偏差（X）

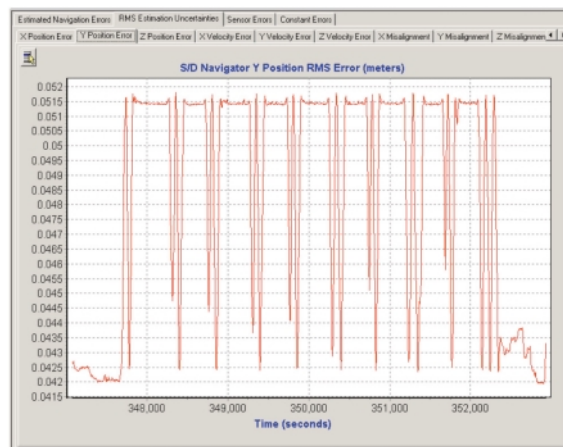


図.8 位置の標準偏差（Y）

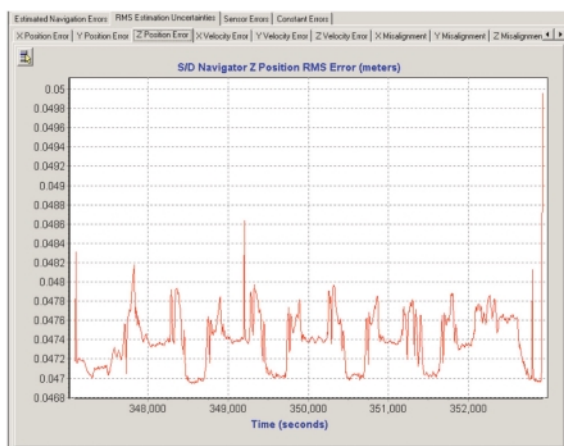


図.9 位置の標準偏差（Z）

表.2 GPS解析の許容範囲

| 項 目 | 許容範囲 |
|--------------------------|---|
| 撮影開始方向からと終了方向から解いた時の位置誤差 | N = $\pm 0.2\text{m}$ 以内 E = $\pm 0.2\text{m}$ 以内 U = $\pm 0.2\text{m}$ 以内 |
| 位置の標準偏差 | N = $\pm 0.15\text{m}$ 以内 E = $\pm 0.15\text{m}$ 以内 H = $\pm 0.20\text{m}$ 以内 |

表.3 Proc処置の許容範囲

| 項 目 | 許容範囲 |
|-----------|---|
| 位置誤差の標準偏差 | X = $\pm 0.10\text{m}$ 以内 Y = $\pm 0.10\text{m}$ 以内 Z = $\pm 0.15\text{m}$ 以内 |

れ、DMCに内蔵されたIMU（慣性計測装置）とGPS機器から取得したデータと、地上で取得したGPS基準局のデータを利用して、撮影した時の写真主点の水平位置、高さと3軸の傾き（ロール、ピッチ、ヘディング）を解析により求める装置である。データ解析はGPS解析により航空機の軌跡を求め、ジャイロ機能を持ったIMUから加速度と回転角情報を融合して精密な位置と傾き（外部標定要素）を算出する。第一段階としてGPS解析処理における点検は、GPS解析の許容範囲（表.2）を基準として、撮影開始方向からと終了方向から解いた時の位置誤差（図.5）と位置の標準偏差（図.6）のグラフを確認して制限内にあることを確認した。

第二段階としてProc（post-processing module）処理における点検は、Proc処置の許容範囲（表.3）を基準として、Proc解析処理した位置誤差の標準偏差で確認した。検査結果は、XY方向で最大0.052m（図.7、図.8）Z方向で最大0.049m（図.9）の残差であることから、GPS/IMUの成果は所定の精度を確保できると判断した。

また、解析結果の外部標定要素（ , , ）から各写真の主点位置、撮影時の回転角、傾斜方向を抽出すると共に、数値地図50mメッシュを利用した標高情報から撮影範囲を求めて、各撮影主点におけるオーバーラップとコース間の最小重複度を算出して、撮影精度管理表の基礎数値として使用した。

3.4 レーザースキャナデータの利用

画像合成と平行して、レーザースキャナで取得したDSMデータからノイズ除去したDTMデータを作成した。異なる2つのセンサを利用して画像処理、外部標定要素の解析、DTM処理の作業を平行して行うことが可能となり、デジタルオルソ作成の作業時間の短縮に繋がっている。

3.5 総合精度管理

現地進入が不可能なことから、異なる2つのセンサから取得した成果を比較するため、レーザースキャナから取得した1m間隔の標高データ(図.10)と、生成したtinデータをDMC画像から作成したステレオ画像上に展開することで、3次元的に整合性を確認した。また、作成したデジタルオルソ画像と数値地図2500(空間データ基盤)を重ね合わせて(図.11参照)位置誤差を点検した。

4. 従来方法(RC30)とDMC作業時間の比較

従来法による撮影とDMCを使用したデジタルオルソ作成の作業時間について比較を行っ

た。従来法とDMC共に作業場所を移動する時間を含んでいないが、従来法では現地作業やフィルム現像など作業場所への移動時間も必要になる。表.4においてDMC撮影の表中()内の数値は、GPS/IMU成果を初期値とした空中三角測量を行った時の作業時間である。DMC画像のステレオマッチング率が向上しているため、空中三角測量の作業時間も軽減されている。また、ステレオマッチングによるDSMを取得してデジタルオルソ画像を作成したところ、標高データの不備による修正率が1/2に減少した結果も出ている。但し、今回の作業時間は、レーザースキャナによる標高データを使用して作成した時間である。

表.4 従来手法とDMC手法の作業時間の比較

| 162枚 | 従来(RC30) | 249枚 | 新規(DMC) |
|--------|----------|-----------|-----------|
| 撮影計画 | 5 | 撮影計画 | 2 |
| 対空標識設置 | 30 | 対空標識設置 | |
| 撮 影 | 2 | 撮 影 | 3 |
| 写真現像 | 1 | データコピー | 3 |
| スキャンング | 19 | 画像処理 | 17 |
| 空中三角測量 | 68 | GPS/IMU解析 | 2(25) |
| オルソ作成 | 20 | オルソ作成 | 18 |
| 計 | 145 | 計 | 45(68) |
| 単位: 時間 | | 時間差 | -100(-77) |

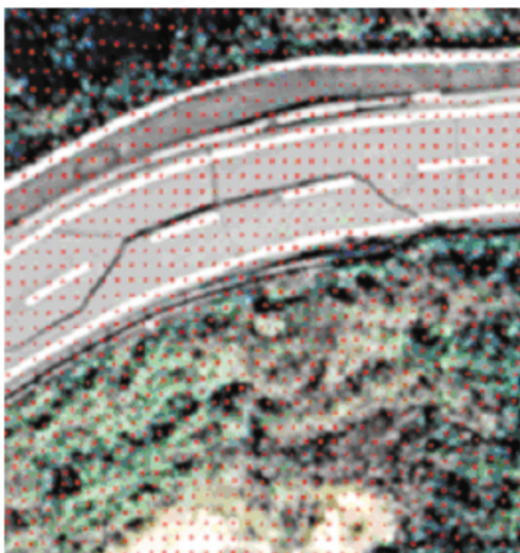


図.10 標高点と画像



図.11 デジタルオルソ画像と空間データ基盤

5. 災害調査への適用

5.1 北東斜面の陰影部の解像度について

山古志村東竹沢地区においてRC30画像とDMC画像の陰影部を拡大して比較したところ、特に影の強い北東斜面のDMC画像からは、土砂崩れ箇所が容易に特定できるなど、判読性が向上していることが確認できた。

5.2 DMC画像とレーザースキャナによる3次元空間情報

デジタルオルソとレーザースキャナによる

精密な標高データから視聴覚効果の高い3次元空間情報が災害復旧情報としてタイムリーに作成できる。

5.3 災害復旧支援情報の作成

GISを利用した災害復旧支援情報として、デジタルオルソ画像、tinデータ、陰影図データを視覚的に情報を整理すると、地形図と同じ比高差や距離の確認が容易で、また樹木下の地形情報と現況を表示して確認することが可能である。

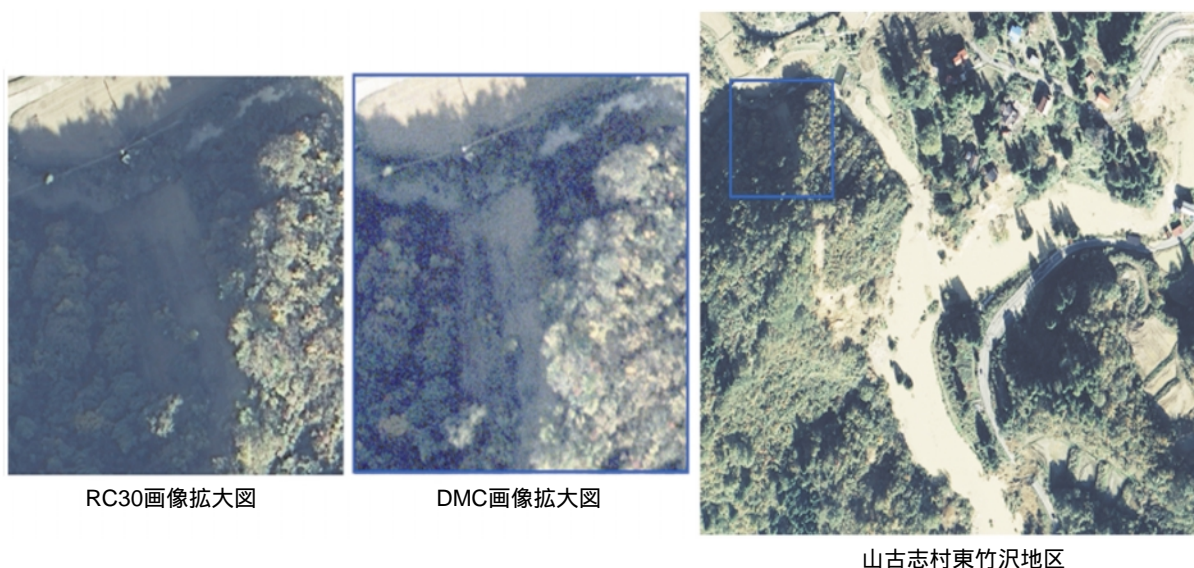


図.12 RC30画像とDMC画像の比較

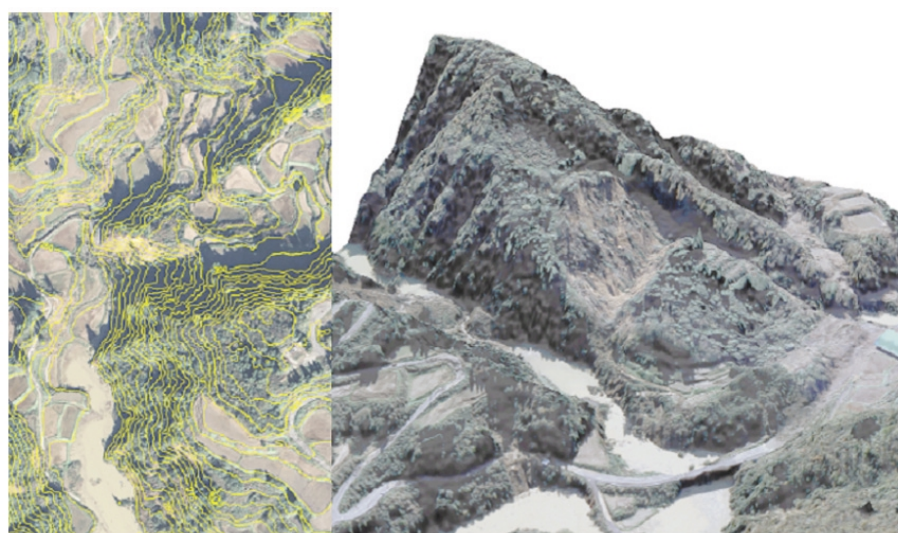


図.13 デジタルオルソコンター図と鳥瞰図

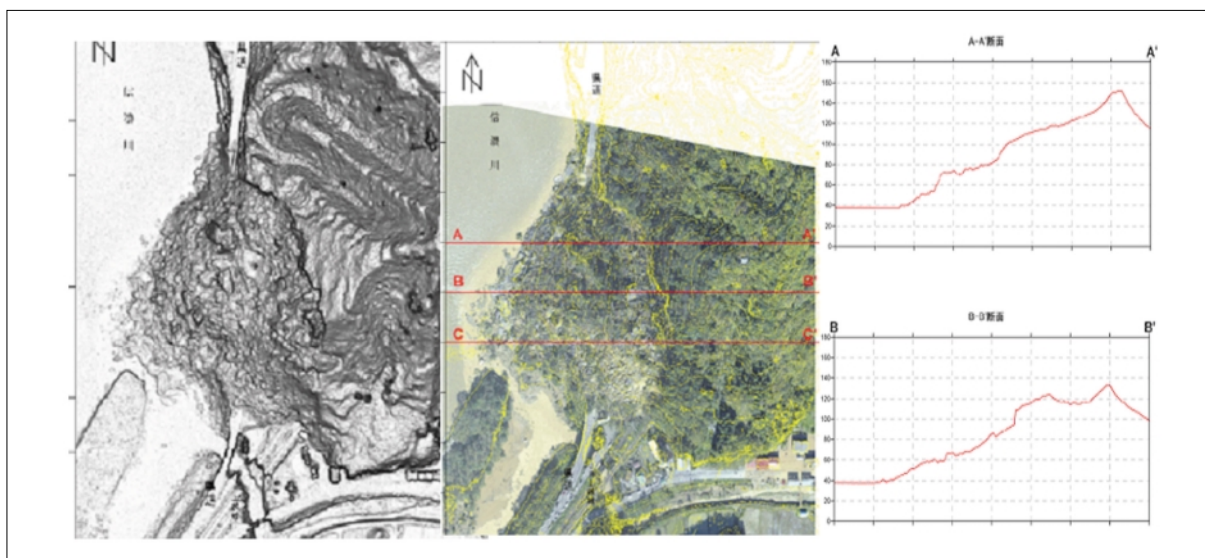


図.14 陰影図とデジタルオルソコンター図から断面図

6. まとめ

従来型アナログ航空カメラに比べて、DMCを利用した場合は全デジタル化と自動処理技術の向上により時間短縮が可能となった。約200km²の対象面積を撮影縮尺1/10,000で撮影すると、撮影終了後24時間以内に原画像を合成し、48時間以内には1/5,000デジタルオルソ画像の作成が可能である。デジタルオルソ画像とレーザースキャナによる精密な標高データから視覚効果の高い3次元空間情報を災害復旧情報としてタイムリーに作成することが可能となった。また、レーザースキャナの解析密度を細かくすることや、ブレイクラインの利用により高縮尺のオルソ画像作成が可能である。さらに原画像を利活用するとレベル1,000DMの作成も可能となり、目的と時間に応じた成果品の作成が可能である。

7. 今後の対応

今回の検証は、導入当初であったことから、全て8bit階調(RGB256色)のカラー画像について検証した。階調の高い12bit階調(RGB4096色)画像は、限られたソフトやデジタルステレオ図化機に対応しているため、

容易に運用可能な8bit階調が実用的である。このため12bit階調の効果的な色調補正方法と利活用や運用方法について検討する必要がある。また、災害地区のGPS/IMUの精度検証方法については、GPS/IMUの精度検証を現地で行えないことから、本撮影とは別に点検撮影による精度を点検する手法を検討する必要がある。

(発表日2005年6月22日)

参考文献

- 1) ゼット・アイ・イメージング・ジャパン：デジタルマトリックスカメラDMC
- 2) ゼット・アイ・イメージング・ジャパン：画像後処理装置PPSユーザーズガイド
- 3) インターグラフ：デジタルカメラDMC用後処理装置PPS「個々のカメラヘッドが眼で見える」

発表者紹介

鈴木 寛(すずき ひろし)
所属：朝日航洋株式会社 地図情報部
画像解析グループ

GPS測量を利用した写真測量への利活用を導入初期段階から行っている。最近ではGPS/IMU、DMC、ネットワーク型RTK-GPS等、新しい複合型GPS測量機器の利活用と精度検証に従事している。

共著

落合 渉：朝日航洋株式会社 地図情報部
画像解析グループ