

デジタルフォトセオドライトを用いた円山川破堤地周辺の地形測量

(有)画像計測研究所	正会員	○小野 徹
(株)ハザマ		須山 賢造
京都大学	正会員	関口 秀雄
京都大学	正会員	東 良慶

1. 概要

平成16年10月に襲った台風32号により破堤した豊岡市立野付近の円山川堤防の周辺地に対し、独自開発したデジタルフォトセオドライトを用いて地形測量を行った。デジタルフォトセオドライトと専用の計測システムについて概説するとともに、被災地での計測方法とその成果及び特性について報告する。



図1 円山川破堤地周辺の概況（2005年12月撮影）

2. 目的

平成16年の台風23号は各地で大きな被害をもたらしたが、中でも豊中市の被害は甚大なものであった。被害の主因は市中に流れる円山川の堤防が破堤したことである。被災後12月に撮影した被災地の写真を図1に示す。越流によって家屋の損壊や大きな落とし堀ができており、さらに濁流によって運ばれた土砂や堤防を構成していたと思われる土砂や礫が堆積を成しており、破堤時のダイナミクスを物語っている。このような被災地の詳細な地形測量成果は、災害復旧や補償のための調査のみならず、災害時のメカニズムを把握するうえで貴重な情報となる。広範囲の災害調査は航空機を用いた空中写真測量が行われるのが一般的であるが、国内で最も頻度が高い数10mから数100m程度のメソスケールの土砂災害や河川災害では、費用便益や精度や迅速性において不利であるため行われなかつた概況のみ撮影するに留められる。メソスケールでの測量にはトータルステーションが用いられることが多いが、効率が悪く写真と比べて記録性が大きく低下する。そこで本研究ではデジタルセオドライトにデジタルカメラを搭載したデジタルフォトセオドライトを用いて、円山川の破堤地周辺の地形測量を行った。デジタルフォトセオドライトでは画像として記録が残るため記録性が高く、画像処理による効率的な計測が可能となる。ただし、デジタルフォトセオドライトを用いた測量手法はまだ十分研究が進んでいないため、基礎的な理論構築から始めハードウェアとソフトウェアを含むシステム全般を全て独自に研究開発した。本発表の成果は開発中のシステムを用いたものである。

3. デジタルフォトセオドライト

本研究に用いたデジタルフォトセオドライトを図2に示す。セオドライトにはソキアDT-510sを用いておりカメラはキャノンのEOS D20を搭載している。測量の際に用いたレンズは35-70mmのズームレンズでテレ側(70mm)で固定したものである。撮影時にはカメラとセオドライトをPCで繋いで同期撮影した。フォトセオドライトの利点は、セオドライトの角測量の機能と画像の記録性を兼ね備える



図2 フォトセオドライト

キーワード 写真測量, 地形測量, 災害調査, フォトセオドライト

連絡先 〒729-0104 広島県福山市松永町6丁目20-12 (有)画像計測研究所 TEL084-933-6400

だけではなく、地上での写真測量にとっての課題であった簡便で安定した標定(特にノンターゲットでの標定)がセオドライトの機能により補完でき、セオドライトでの計測の課題であった効率性が画像による自動計測により向上するという相補的な性質を持つことにある。ただし、この性質を有効にするためには、カメラとセオドライトの幾何学的関係を正確に求める必要があり、また高精度な計測のためにはカメラの内部標定要素も正確に得る必要がある。これらは頑強な一体型のハードウェアであれば予めキャリブレーションすることが可能であるが、それは逆に柔軟な利用を阻害する要因ともなる。広範囲の地形測量では遠方では望遠で撮影し全容を得るには広角で撮影するといった柔軟な撮影方法が求められる。しかも自然光で撮影するので絞りを絞れず適切なピント合わせが必要となる。そのためオンサイトでこれらのキャリブレーションを行う必要がある。これを実用化した点が本研究の最大の特長である。また、一般的な写真測量用のソフトウェアではデジタルフォトセオドライトを有効活用できないので、専用の画像表示計測システムと図化システムも合わせて開発し、さらにセオドライトの機能を直接利用より高精度な標定が可能な調整計算手法を考案しその開発を行った。

4. 円山川破堤地周辺の地形測量

デジタルフォトセオドライトにより地形測量を行う場合、図3のように1つの器械点上にフォトセオドライトを設置して少しずつ角度を振りながら連続撮影を行い、別の器械点に移動して次々と重複撮影を行う。本研究において地形測量の際に設置した器械点配置を図4に示す。①から④で示したのが器械点であり、これらの点は対象地の標準的な標高と比べて約6m高い堤防上に位置しているが、最大で400m程度の奥行きがあるので高度は十分とはいえない。また、器械点②と点A,B,Cを三角点として設定し別途トータルステーションにより三角測量を行った。これら点A,B,Cを検証点とした。キャリブレーションの精度は1/2画素程度であった。

これを対象座標に換算すると、100mに対して1cm弱である。ターゲットを用いていないことを考慮すれば十分高い精度であり実用上も十分である。また相互標定の精度も100mの対象に対し、平面精度で1cm程度であった。角度については水平角及び鉛直角については2,3秒程度、光軸まわりの回転が5~8秒であった。セオドライトが10秒読みであることを考慮すれば、かなり良い精度で算出できていることがわかる。ただし、奥行き方向については、基線距離比が小さいため③から点A,Bまで約200mの距離では5cm程度、点Cまで約400mの距離では10cm程度の精度となったが、今回の測量で高い精度での計測が必要であったのは高さ方向だけだったので、実用上は十分であった。計測後に得られたコンター図を図5に示す。堤防から離れた位置の詳細な地図はできていないが、堆積の横方向からも撮影しているので今後さらにそれらを加えたい。

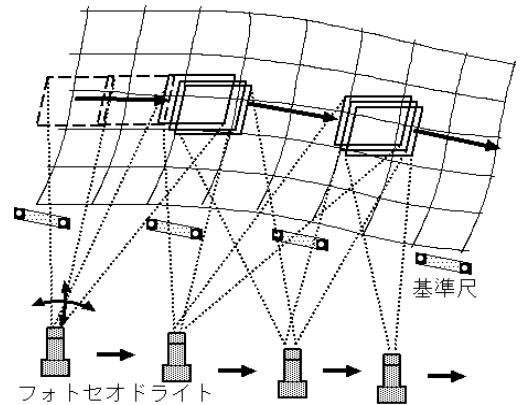


図3 フォトセオドライトの撮影方式

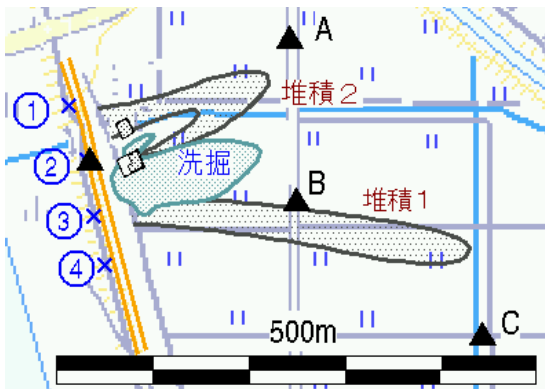


図4 器械点及び検証点配置図

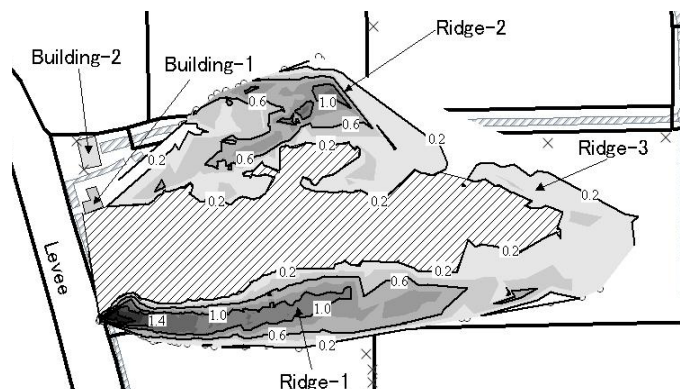


図5 破堤地周辺の微地形を現す比高コンター図

参考文献

小野 徹, 望遠レンズを用いたデジタル写真測量による遠方計測法, 京都大学工学研究科博士論文, 2006