

画像処理による3次元構造復元技術

写真から3次元点群を自動生成

3D structure reconstruction using image processing

Automatic generation of 3D point clouds using photo images

(エネルギー応用研究所 エネルギー提案G お客様M)

画像処理による3次元構造復元とは、対象物を撮影した複数の画像からアルゴリズムによる演算処理によって3次元の点群を自動生成する手法である。本研究では当該技術の基本性能評価と電力分野への適用性について検討を行った。

(Energy Solution Group, Energy Applications Research and Development Center)

3D structure reconstruction by image processing is a technique for automatically generating 3D point clouds using geometric calculation algorithms. In this study, we evaluated the basic performance of the technique, and examined the applicability to the electric power field.

1 研究の背景と目的

近年、ハードウェアの性能向上とアルゴリズムの発展に伴い、画像処理による3次元構造復元技術(Photogrammetry)が注目を集めている。当該技術は市販のデジタルカメラのみで低コストに3次元点群生成が実現できることから、設備産業において次世代の保守支援技術として有望であると考えられる。実務では、2次元の画像処理だけでは把握できない複雑な構造物を扱うことが多いため、3次元構造のモデリングは、設備の巡視点検をはじめ様々な業務(設計、建設、維持補修など)の支援に向けた要素技術として活用が期待される。このような背景のもと、本研究では当該技術の各部門設備における試行を行い、基本性能評価と電力分野への適用性を検討した。

2 3次元構造復元技術の用途

本手法では、特殊なハードウェアを用いることなく、アルゴリズムによる演算処理によって高精度の3次元点群を得ることができる。このため、レーザ計測(LiDAR)と比較して導入およびランニングコストが安いというメリットがある。また最近のドローン普及により画像撮影の自由度が高まり、撮影コストも低減されていることから、画像を入力とする当該技術は設備保守の要素技術として有望であると考えられる。本手法の想定される用途を第1表に示す。またレーザ計測との比較を第2表に示す。

第1表 3次元構造復元技術の用途

巡視点検	<ul style="list-style-type: none"> 離隔測定(設備全般、線路、建造物等) 時系列点群の差分による異常検出、経年変化の測量 教育研修用素材(VRなど)
設計、建設	<ul style="list-style-type: none"> ドローン空撮画像から3次元データを取得 点群のポリゴン化によるCADデータ作成、図面化

第2表 レーザ計測との比較

	レーザ計測	画像処理手法
ハードウェアソフトウェア	<ul style="list-style-type: none"> 据え置き型 車載型(MMS) +点群処理ソフトウェア 	<ul style="list-style-type: none"> デジタルカメラ GPU搭載PC +点群生成ソフトウェア
センサ素子数	100万オーダー	1000万オーダー
サンプリングレート	数frame/sec	30 frame/sec
対象物の制約	レーザ光が吸収されたり乱反射する物体には向いていない	特徴点抽出が困難な単色でフラットな形状には向いていない
測定誤差	1cm未満	1cm未満
導入コスト	1千万円程度(測定範囲350m)	数十万円程度(オープンソースソフトウェアを使用)
ランニングコスト	委託 数十万円/件	直営作業

3 3次元構造復元技術の概要

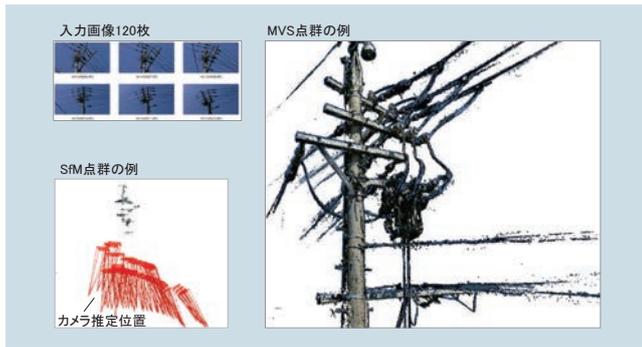
3次元構造復元は複数の入力画像から疎な点群を幾何学的に推定するSfM (Structure from Motion) と、SfM点群に基づき高密度点群を生成するMVS (Multi-View Stereo) の2つの手法から成る。第1図に手法の全体概要を示す。



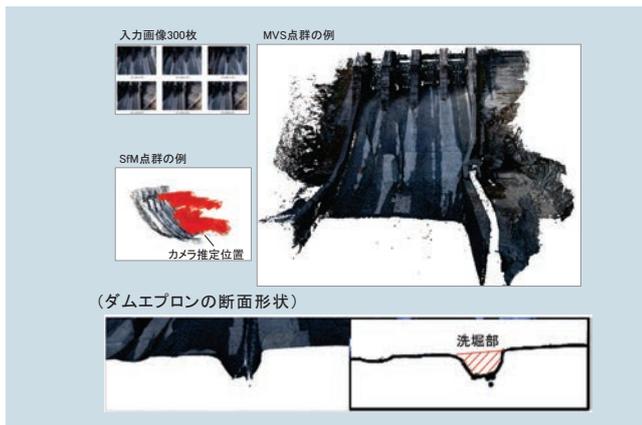
第1図 3次元構造復元技術の概要

4 3次元構造復元技術の試行評価

当該技術の有効性を検証するため、配電柱とダムの間



第2図 配電柱の復元結果例(地上撮影)



第3図 ダムの復元結果例(ドローン空撮)

像を用いた点群モデル生成の試行を行った。第2図および第3図に復元結果の例を示す。

復元精度評価のため、配電柱の点群モデル2種（地上撮影、バケット車撮影）を生成し、寸法が既知である足場ボルト間の点群モデル内での距離を測定した。第3表に測定結果と誤差を示す。またドローン空撮による復元精度を評価するため、ダム堰堤に第4図に示す寸法既知のスチロール製供試体を設置し、点群モデル内での距離を測定した。第4表に測定結果と誤差を示す。

第3表および第4表の結果より、地上撮影、ドローン空撮ともに誤差は概ね1cm以内に収まっており、腕金、電柱ともに適切な形状の復元がなされていると考えられる。この誤差値は高価な据え置き型レーザ計測装置と遜色ない性能であり、画像処理による復元手法の有効性が確認された。

また今回ダムでの試行の結果、水に濡れた対象物に対し

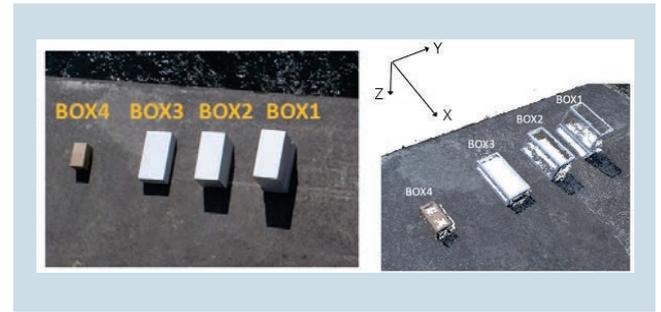
第3表 復元精度評価(配電柱)

(地上撮影)

	実測値(cm)	3次元モデル内での距離(cm)	誤差(cm)
足場ボルト間	45.0	45.3	+0.3

(バケット車撮影)

	実測値(cm)	3次元モデル内での距離(cm)	誤差(cm)
足場ボルト間	45.0	44.8	-0.2



第4図 評価用のスチロール製供試体(左)と復元結果例(右)

第4表 復元精度評価(ダム)

		実測値(cm)	3次元モデル内での距離(cm)	誤差(cm)
BOX1	X	19.4	19.4(基準値)	-
	Y	9.8	9.7	-0.1
	Z	15.0	16.2	+1.2
BOX2	X	19.4	19.8	+0.4
	Y	9.2	9.7	+0.5
	Z	10.0	10.5	+0.5
BOX3	X	20.0	20.2	+0.2
	Y	9.4	9.7	+0.3
	Z	5.6	5.3	-0.3
BOX4	X	10.0	10.1	+0.1
	Y	5.0	5.3	+0.3
	Z	5.0	5.3	+0.3

レーザ測定では乱反射のため原理的に測定が不可能であるが、画像処理による手法では、水濡れ程度では形状把握に影響が無いいため構造復元が可能であることがわかった。

5 水力設備への適用性検討

再エネ部門ではダムを中心とする主な水力設備に対し、当該技術の適用性検討を実施中である。3次元点群は設備の立体形状を再現していることから、第3図に示すとおりダムエプロンなどの「断面形状」を精度良く検出することができる。このような断面形状を連続的にサンプリングできれば、洪水時の土砂による洗掘部の経時変化の把握が容易になると考えられる。同様に、法面・護岸などの変位量測定についても3次元点群を用いた簡易化が期待される。

6 まとめと今後の展開

本研究では、画像処理による3次元構造復元技術について検討を行い、当該技術の有効性を示した。今後はドローンを併用し、多様な設備での試行評価と実務適用に向けた検討を実施していきたい。



執筆者/瀬川 修