

VI-28 デジタルスチルカメラを用いた形状計測手法の建設現場への適用について

○三井建設(株) 正 員 桜井 浩
東京理科大学 正 員 江野沢 誠
東京理科大学 学生員 掛橋 孝夫
三井建設(株) 小林 美智男

1. はじめに 現在、建設作業の合理化を図るために、建設現場における出来形等を合理的に計測することのできるシステムの構築を目指して様々な研究・開発が行われている。具体的には航空写真を用いた形状計測の自動化に関する研究、現場写真による簡易計測等を挙げることができるが、これらのシステムには、計測費用が膨大である、自動化されていない、等のいくつかの問題点が内在している。そこで本研究では、最近開発された非常に解像度が高く、デジタル方式で記録することのできるカメラ(デジタルスチルカメラ)に着目し、このカメラを用いて撮影した建設現場のステレオ写真から出来形等の形状を自動的に計測することによって、上記の問題点を解決することができると考え、デジタルスチルカメラを用いた形状計測手法の開発を行い、実際に建設現場への適用を行った。

2. 研究の目的 本研究では、デジタルスチルカメラによる形状計測を建設現場に適用した際に得られる形状計測の精度の検証および作業効率の検討を行うことを目的とする。具体的には以下に示す2つの検討項目を設定し、研究を行った。

①現場で撮影したステレオ写真を用いて算出した3次元情報を、トータルステーションによる測定値と比較検討し、精度の検証を行う。

②トータルステーションによる計測作業と本研究で用いた手法を作業効率の面から比較検討する。

3. 研究の内容 本研究では実際に建設現場で撮影したステレオ写真から、本研究で開発した形状計測手法により算出した3次元情報についての精度検証を行い、本手法を実際の建設現場における形状計測に利用する場合の実用性の評価を行った。本研究の具体的な内容は以下のとおりである。

(1)理想状態における計測精度

本研究で用いたデジタルスチルカメラの諸元を把握し、理想状態における計測精度の検討を行った。ここでは様々な撮影条件(対象領域の中心までの距離、撮影高度、基線長)を設定し、写真の主点位置の画素に含まれる測定誤差と写真全域における誤差分布を求め、本手法で得られる3次元情報の精度の限界値を把握した。これにより、本手法を実際に建設現場へ適用した際に得られる精度を予め把握することができるとともに、必要とする精度を得るための撮影条件を設定することができるようになった。

(2)デジタルスチルカメラによる形状計測の精度検証

1)実験内容

デジタルスチルカメラによる形状計測を実際に現場に適用し、精度の検証を行った。計測実験としては、10m四方および40m四方領域のある程度起伏を有する緩斜面の造成現場を実験の対象とし、様々な撮影条件を変化させて計測を行った。なお精度の検証を行うためにデジタルスチルカメラによる撮影と平行して、トータルステーションによる計測も同時に行った。以下に具体的な作業内容を示す。

①計測点のマーキング: 精度を比較するために、10m四方の領域に1mピッチで121点、40m四方の領域に10mピッチで25点の格子点を計測点と定め、視認できるようにマーキングを行う。

②基準点の設置: 格子点中の7点を基準点として設定する。

③計測: マーキングした全ての計測点および基準点をトータルステーションにより計測を行う。

④撮影: デジタルスチルカメラで実験対象領域を撮影する。

⑤処理解析：本研究で開発した手法を用いて標定計算（相互標定、対地標定）、偏位修正、自動マッチング処理等を行い、3次元情報および土量の算出を行う。

2) 建設現場への適用結果

本研究ではトータルステーションによる計測値を真値として次の4つの検討項目について精度の検証を行った。①基準点のX、Y、Z方向の誤差。②全計測点の標高算出精度。③土量の誤差。④マッチング処理の際の探索点の間隔の粗密による計測精度。表-1に本手法で得られた10m×10m領域を対象とした形状計測精度を、表-2に40m×40m領域を対象とした形状計測精度を示す。なお、形状計測精度表においてトータルステーションの土量の項目を複数示しているが、これらはトータルステーションで計測する間隔を粗くとった際に、どの程度の土量誤差が生じるかを示したものである。

(3) デジタルスチルカメラによる形状計測の作業効率の検討

形状計測作業を合理化する際に最も重要な項目である作業効率面の検討にあたり、本研究では建設現場の形状計測で一般的に用いられているトータルステーションによる計測との比較検討を行った。

検討項目として、①計測時間、②処理時間の2項目を設定した。表-3に比較検討を行った結果を示す。なお、トータルステーションによる計測時間は、10m四方の領域について11×11の格子121点の計測を行った場合の時間である。

4. おわりに 本研究の成果を次に示す。①デジタルスチルカメラを用いた形状計測により得られる3次元情報の精度を明らかにすることができた。②デジタルスチルカメラを用いた形状計測手法を用いることにより、建設現場における計測作業を大幅に効率化できることが判った。また、実際の工事の進捗状況を把握するために行われる計測作業は、トータルステーションを用いて非常に大まかな計測を行い、土量を算出する方法がとられている点を考慮すると、本手法は造成地の工事の進捗状況を把握するには十分な精度を得ることが可能であることが判った。

【参考文献】建設省土木研究所：土木技術資料、Vol.31、No2、1989.2

表-1 形状計測精度

対象領域：10m×10m

		トータルステーション				B=3m D=17.7m h=1.6m	
		1mメッシュ	2mメッシュ	5mメッシュ	10mメッシュ		
マッチングの際の格子間隔(PIXEL)	x	-	-	-	-	10	5
	y	-	-	-	-	5	2
基準点のRMS誤差(m)	x	-	-	-	-	0.155	0.155
	y	-	-	-	-	0.795	0.795
	z	-	-	-	-	0.051	0.051
標高のRMS誤差(m)		-	-	-	-	0.092	0.092
切り土量誤差(m³) (基準面は中間値)		0.000 (0%)	3.329 (22.5%)	2.695 (18.2%)	-	-1.306 (8.8%)	-1.306 (8.8%)
盛り土量誤差(m³) (基準面は中間値)		0.000 (0%)	3.420 (21.3%)	4.600 (28.6%)	-	0.684 (4.3%)	0.684 (4.3%)
土量誤差(m³) (基準面90m)		0.000	-0.545	-3.458	-11.718	-6.462	-6.092

表-2 形状計測精度

対象領域：40m×40m

		トータルステーション			B=12.8m D=44.6m h=14.9m	
		10mメッシュ	20mメッシュ	40mメッシュ		
マッチングの際の格子間隔(PIXEL)	x	-	-	-	10	5
	y	-	-	-	10	5
基準点のRMS誤差(m)	x	-	-	-	0.213	0.213
	y	-	-	-	0.698	0.698
	z	-	-	-	0.170	0.170
標高のRMS誤差(m)		-	-	-	0.206	0.257
切り土量誤差(m³) (基準面は中間値)		0.000 (0%)	165.528 (15.3%)	-	-20.531 (1.9%)	-75.653 (7.0%)
盛り土量誤差(m³) (基準面は中間値)		0.000 (0%)	71.367 (7.8%)	-	18.128 (2.0%)	-111.593 (12.3%)
土量誤差(m³) (基準面90m)		0.000	250.903	-1040.890	21.028	-24.788

表-3 作業効率の検討

	計測時間	処理時間
デジタルスチルカメラによる計測	4分	20分
トータルステーションによる計測	54分	半日～1日