

地下埋設物を対象とした写真測量の計測精度に関する基礎的研究

日本建設機械施工協会
日本建設機械施工協会

岩淵 裕
正会員 ○椎葉 祐士 藤島 崇

1. はじめに

近年の建設分野を取り巻く状況は、建設投資が減少する中で、社会資本の老朽化や維持管理費の増加等、さまざまな課題を抱えている。特に、道路埋設物の維持管理については、今後メンテナンス局面の増加に伴う修繕工事が必要となり、工事中の地下埋設物損傷等の事故リスクも増加すると考えられている。一方で、国土交通省では、i-Construction の取り組みとして、無人航空機(UAV)を用いた空中写真測量による出来形管理要領が発出されるなど、写真測量による3次元座標計測の現場導入も進められている⁽¹⁾。

筆者らは、不可視部分となる地下埋設物を対象に写真測量による3次元位置情報の取得に着目し、これまで研究を行ってきた⁽²⁾。本論文では、地下埋設物を模擬した実験結果をもとに、写真測量の計測精度について報告する。

2. 目的

地下埋設物の3次元位置情報の取得には、埋設物工事に関わる施工者や管理者のニーズは高いが、計測の作業性や導入コスト等の課題もあるため、埋設物工事特有の制約条件を考慮した簡易な3次元位置計測手法が求められている。そこで、筆者らは、小規模工事にも対応可能な計測方法として、工事写真の撮影に使用する程度のデジタルカメラと既存の写真測量技術 (SfM (Structure from Motion) 手法による) を用いた3次元位置情報の取得方法を検討した⁽²⁾。要求精度は、施工者への聞き取り調査よりXYZ各成分10cm以内とした。図-1に計測方法と計測手順を示す。本論文では、埋設物工事を模擬した計測実験に基づいて、写真測量の計測精度や計測精度に与える要因を報告する。

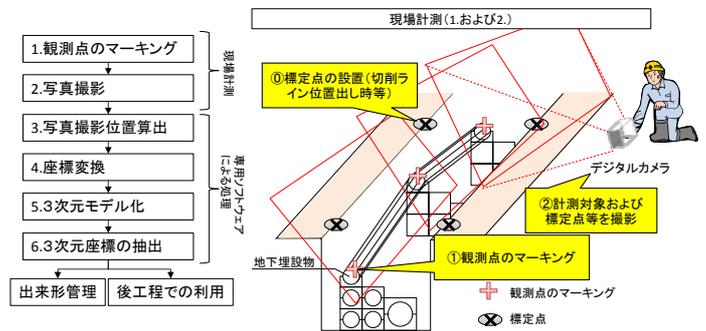


図-1 計測方法と計測手順

3. 精度検証実験

3.1 検証内容

検証実験では、①必要な要求精度を確保できるかと、②写真の違い(計測対象物の見た目・ラップ率・計測対象における画素寸法)による計測精度の違いはあるかの2つの項目について検証した。

3.2 検証方法

図-2に実験場の配置図および使用機材を示す。実験場に計測対象の埋設管(延長12m, 計測対象8m)および現場座標系と関連付けるための標定点(8点)を設置し撮影を行った。撮影距離は、埋設管とカメラ位置が水平距離1.6m, 比高差1.5mとなるように撮影した。計測対象の埋設管には、精度検証用の検証点4点(T1, T2, T3, T4)を設置し、検証点はトータルステーションによる計測を行い精度検証の基準値とし

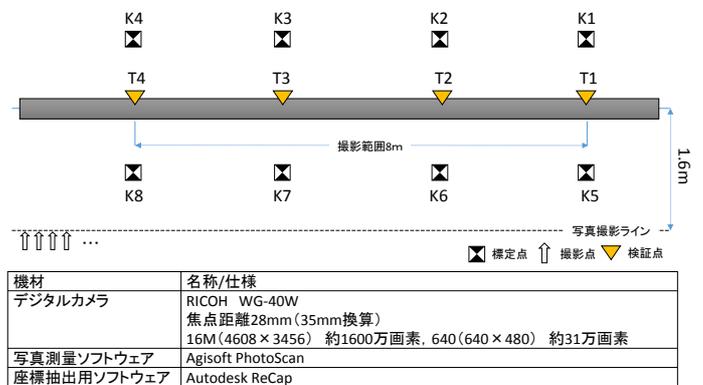


図-2 検証方法(配置図と使用機材)



図-3 実験状況



＜見た目の違いによる計測精度の違い＞

約1600万画素 90%(トラテープ有)				約1600万画素 90%(トラテープ無)			
	X座標 差(mm)	Y座標 差(mm)	Z座標 差(mm)		X座標 差(mm)	Y座標 差(mm)	Z座標 差(mm)
T1	-21	15	-21	T1	-23	-15	-11
T2	7	7	7	T2	-	-	-
T3	9	12	6	T3	-	-	-
T4	-13	-27	-24	T4	65	-22	-17

＜ラップ率の違いによる計測精度の違い＞

約1600万画素 90%(トラテープ有)				約1600万画素 80%(トラテープ有)				約1600万画素 60%(トラテープ有)			
	X座標 差(mm)	Y座標 差(mm)	Z座標 差(mm)		X座標 差(mm)	Y座標 差(mm)	Z座標 差(mm)		X座標 差(mm)	Y座標 差(mm)	Z座標 差(mm)
T1	-21	15	-21	T1	-21	15	-21	T1	-18	-16	-16
T2	7	7	7	T2	-	-	-	T2	-	-	-
T3	9	12	6	T3	9	13	9	T3	-	-	-
T4	-13	-27	-24	T4	-12	-19	-24	T4	-	-	-

＜画素寸法の違いによる計測精度の違い＞

約1600万画素 90%(トラテープ有)				約31万画素 90%(トラテープ有)			
	X座標 差(mm)	Y座標 差(mm)	Z座標 差(mm)		X座標 差(mm)	Y座標 差(mm)	Z座標 差(mm)
T1	-21	15	-21	T1	-18	-14	-28
T2	7	7	7	T2	5	32	5
T3	9	12	6	T3	-5	31	9
T4	-13	-27	-24	T4	-9	-23	-27

図 - 4 写真測量の計測結果 (上図：写真測量による計測点群，下図：T Sとの差異)

て用いた。また、撮影写真内の塩ビ管の見た目による違いを検証するため、塩ビ管の天頂部にトラテープを貼り、未加工時との違いを検証した(図-3)。ラップ率の違いは、90%、80%、70%、60%の4条件とし、計測対象における画素寸法の違いは、撮影距離(水平距離1.6m、比高差1.5m)と解像度(約1600万画素と約31万画素)の関係からそれぞれ一辺が0.6mm、4.3mmの2条件とした。

4. 検証結果(図-4)

4.1 見た目の違いによる計測精度の違い

ラップ率90%、解像度約1600万画素におけるトラテープの有無の結果をみると、写真測量上の特徴点の抽出が可能であれば、要求精度を満たす計測精度が得られる結果となった。しかし、塩ビ管のような表面に特徴が少ない計測対象物では、写真測量ソフトウェアによっては正しくモデル化できず、3次元座標が取得できないケースがあることが分かった。一方でトラテープを天頂部に張ったケースでは全ての計測点が算出される結果となった。

4.2 ラップ率の違いによる計測精度の違い

各ラップ率の結果をみると、ラップ率が60%~80%では正しくモデル化できず、3次元座標が取得できないケースがあった。今回の検証実験では全ての計測点を算出するためには90%のラップ率が必要であった。ただし、ラップ率60%~80%の条件において、モデル化できている箇所については、要求精度を満たす結果であった。

4.3 画素寸法の違いによる計測精度の違い

ラップ率90%における解像度約1600万画素、約31万画素の結果をみると、各XYZ成分の差異が約30mmとなり、すべての検証点で要求精度を満たす結果であった。31万画素の写真の1pixelのサイズは約4.3mmであることから同等以上の画素寸法が得られる解像度と撮影距離の関係であれば、要求精度を満たす計測が可能と考えられる。

5. おわりに

本論文では、地下埋設物を対象にした写真測量による3次元位置座標の計測精度の検証を行った。その結果、計測精度に与える影響は、計測対象が数mと比較的近接しているため、画素寸法(解像度と撮影距離との関係)よりも、ラップ率の方が大きいことが推察される。また、塩ビ管のような表面の特徴点が判別しづらい場合は、写真測量のための目印の設置が望ましいことがわかった。今後は、今回得られたラップ率や画素寸法に留意するとともに、効率的な計測が可能な計測手法(撮影した動画から抽出した静止画の利用など)の構築を検討していきたい。

参考文献

(1)国土交通省HP, 「i-Constructionで建設現場が変わります!」: http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo15_hh_000150.html
 (2)写真測量を用いた地下埋設物の位置情報に関する基礎的研究: 第15回建設ロボットシンポジウム論文集, 2015.9 椎葉ら