

二次元図面の補正に適した三次元データの生成条件に関する一考察

東京都市大学 学生会員 ○加古川 尚
東京都市大学 正会員 今井 龍一
株式会社竹中土木 正会員 岡本 健

1. はじめに

我が国の都市部には、上下水道およびガス等の多数の地下埋設物が輻輳して埋設されている。今後、老朽化が進行する地下構造物の改築・更新・新設といった事業の増加が予想される。既存の地下埋設物は、各埋設企業者により二次元図面で管理されており、設計・施工段階において各企業者の埋設物が図面上で合成されている。合成された図面は、尺度や各企業者の基準となる境界位置の相違により、実埋設状況との差異が生じる。そのため、設計・施工時の試掘結果を基に二次元図面を修正しており、その作業が大きな手間となっている。この課題解決として、三次元データを導入した効率的な地下埋設物の形状把握が挙げられる。

既往研究では、Structure from Motion（以下、「SfM」とする。）による三次元データを用いた既存の二次元図面の補正手法¹⁾が提案されている。SfMにより生成した地下埋設物の三次元データは高い位置精度を保持し、二次元図面の補正に適用できる。今後の課題として、実現場での検証を基にした地下埋設物の三次元データの精度検証および二次元図面の補正に適した三次元データの生成条件を明らかにすることが挙げられている。

本研究の目的は、設計・施工段階における二次元図面の補正に適した三次元データの生成条件を明らかにすることとした。本研究では、一般的な尺度 1/500 程度の平面図（地下埋設管理図等）から作成した尺度 1/10 ～1/50 の縦横断の図面および管径 50mm～1,000mm の埋設管を対象とした。本稿では、まず、既存手法を適用した地下埋設物の三次元データの精度を検証する。次に、三次元データの生成条件を検証する。最後に、その検証を基に二次元図面の補正に適した三次元データの生成条件を抽出する。

2. 地下埋設物の三次元データの精度検証

本章では、①標定点の設置、②撮影、③SfM 処理を経て生成する三次元データの既存手法を適用して、ケー

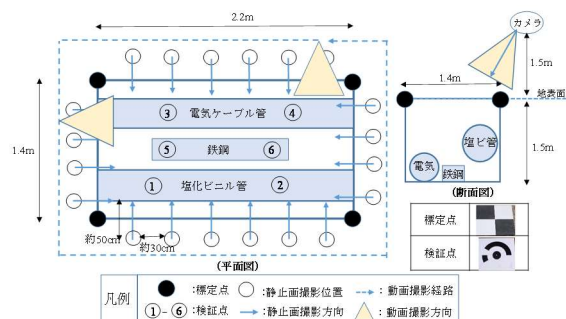


図-1 埋設管と標定点・検証点の位置及び撮影方法

表-1 撮影ケース

ケース	種別	機種	モード	画素数	枚数・時間
1	ビデオカメラ	Panasonic HC-VX985M	動画	3,840×2,160 (4K,30fps)	64秒,約1,920枚 (内30枚を抽出)
2	デジタルカメラ	Olympus Tough TG 4・5	動画	1,920×1,080 (フルHD,30fps)	62秒,約1,860枚 (内30枚を抽出)
3	デジタルカメラ	Olympus Tough TG 4・5	静止画	1,280×960	30枚
4	スマートフォン	i-Phone6	静止画	3,264×2,448	30枚

スタディにより地下埋設物の三次元データの形状および位置精度を検証した。

(1) 目標精度の設定

まず、研究対象の図面の要求精度を設定する。地下埋設物同士の間隔等は、一般的に設計・施工段階に関係者間での協議により決定されている。一部の地方公共団体での沿道掘削に関する規程²⁾では、打設杭の地表面の変位量が 30mm 以下に収まるように定められている。そのため、管理する図面は、水平および鉛直誤差が±30mm を満たす精度が要求される。以上より、本検証の目標とする三次元データの位置精度は±30mm とした。

(2) 検証方法

埋設管と標定点・検証点の位置および撮影方法を図-1 に示す。試掘調査を想定し、屋外約 2.0m×1.0m の範囲に地下埋設管、標定点および検証点を設置した。撮影方法は、標定点がカメラに認識されるように埋設管を取り囲むこととした。取得した画像を用いて SfM により地下埋設物の三次元データを生成し、検証点の位置およびトータルステーションで測量した正解データの位置を照合することにより、位置精度を検証した。また、

三次元データの生成状況を目視で確認した。検証ケースは、撮影機器等を変化させた全4ケースとした(表-1参照)。SfM処理ソフトは、PhotoScan(Agisoft社)を使用した。

(3) 検証結果

検証点における水平・鉛直誤差の結果を表-2に示す。全ケースにおいて目標精度の $\pm 30\text{mm}$ 以内を満たす結果となった。埋設管表面の点の取得状況を図-2に示す。画素数が小さくなると点密度も低下することを確認した。

3. 三次元データの生成条件の検証

(1) 検証方法

屋外および地下(照明あり・なし)約 $2.0\text{m} \times 1.0\text{m}$ の範囲に設置してある塩化ビニル管($\phi 130\text{mm}$)、U型コンクリート(幅 90mm)および単管パイプ($\phi 48.6\text{mm}$)を対象とした。既存の生成手法に則して生成した三次元データから断面を抽出し、図面の補正可否を目視で確認した。撮影方法は3章と同様とし、画素数が大・中・小の3パターンで撮影した。また、3章の点密度が低い結果への対策として、マーカー(対空標識)を貼付した。撮影機器はデジタルカメラおよびスマートフォン、SfM処理ソフトはPhotoScan(Agisoft社)、断面の抽出はAutoCAD Civil3D(Autodesk社)を使用した。

(2) 検証結果

各埋設管の断面の抽出結果を表-3に示す。画素数が小の断面および地下の照明が無い状態では、大抵の形状を確認できなかった。しかし、U型コンクリートは照明が無い状態でも管の形状を取得できた。その要因は、管の色が白く暗い中でも目視で認識できたことが考えられる。塩化ビニル管の素材は形状を取得しにくい。マーカー(対空標識)を貼付することで改善できることを確認した。しかし、単管パイプはマーカー(対空標識)を貼付しても中の画素数では断面の形状を確認できなかった。その要因は、他の埋設管と比べて管径が小さかったことが考えられる。

4. 三次元データの生成条件の抽出

二次元図面の補正に適した三次元データの生成条件を表-4に示す。大抵はデジタルカメラ程度の画素数で対応可能だが、管径の小さい管はスマートフォン等の比較的高い画素数のカメラで撮影する必要がある。表面の光沢が目立つ管の形状の取得には、マーカー(対空標識)が必要である。

5. おわりに

本稿では、既存手法を適用した地下埋設物の三次元

表-2 各検証点における水平・鉛直誤差の結果

ケース	検証点誤差(水平/鉛直)						単位: mm
	①	②	③	④	⑤	⑥	
1	7.3/2.9	5.8/0.6	8.8/6.3	11.2/1.7	4.1/11.7	11.0/6.0	8.0/4.9
2	7.9/2.2	8.5/2.7	13.3/3.2	11.9/2.2	11.2/3.6	16.3/4.1	11.5/3.0
3	5.2/0.1	4.1/4.6	8.7/5.4	8.8/2.9	7.3/4.0	10.3/8.4	7.4/4.2
4	8.1/4.0	7.2/2.7	9.4/4.5	8.6/0.5	9.1/5.3	14.4/4.6	9.5/3.6

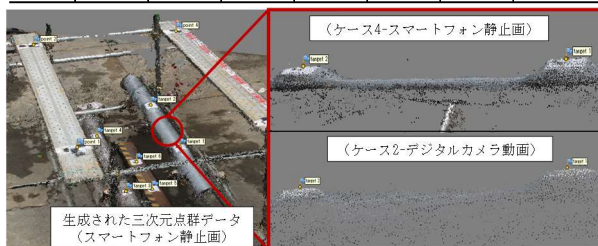


図-2 埋設管表面の点の取得状況

表-3 各埋設管の断面の抽出結果

埋設管 (mm)	検証場所 (明るさ) ※	マーカー添付なし			マーカー添付あり		
		画素数			画素数		
		小-デジカメ (640×480)	中-デジカメ (1,920×1,440)	大-スマホ (3,264×2,448)	小-デジカメ (640×480)	中-デジカメ (1,920×1,440)	大-スマホ (3,264×2,448)
塩化ビニル管 ($\phi 130$)	地下照明なし (5Lux)						
	地下照明あり (160Lux)						
	屋外 (1,893Lux)						
U型コンクリート (幅90)	地下照明なし (5Lux)						
	地下照明あり (160Lux)						
	屋外 (1,893Lux)						
単管パイプ ($\phi 48.6$)	地下照明なし (5Lux)			取得不可			
	地下照明あり (160Lux)						
	屋外 (1,893Lux)						

※明るさは照度計で計測

□: 図面の補正に適した断面

表-4 三次元データの生成条件

三次元データの生成に起因するパラメータ					
カメラの画素数	標定点	撮影枚数	撮影方法	管表面の明るさおよび色	マーカー
1,920×1,440以上 (現場カメラの規格3M) ※1	地表面 3点以上	1枚/50cm 移動	標定点が認識されるように埋設管を中心に移動	取得した画像から埋設管を目視で確認できる程度 ※2	管表面の光沢が目立つ場合に添付

※1 管径が50mm程度の小さいものは3,264×2,448(スマートフォン程度)以上の画素数が必要

※2 確認不可能な場合は照明の設置が必要

データの生成を通して、二次元図面の補正に適した三次元データの生成条件を明らかにした。今後は、実現場での検証を重ね、実用に供する生成条件を定義する。

謝辞: 本研究を遂行するにあたり、株式会社竹中土木より検証現場の提供や貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 岡本他: 簡易計測データに基づく三次元モデルを用いた地下埋設物の二次元図面補正に関する一考察, 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会, Vol.43, No.47, pp.185-188, 2018.
- 世田谷区: 沿道掘削施行協議の説明, <http://www.city.setagaya.lg.jp/kurashi/102/124/384/387/d00125627_d/fil/05.pdf>, (2019.1.18 閲覧)