

(14) 同心円状レチクル内蔵TSによる球体計測と 3Dレーザースキャナへの応用

中庭 和秀¹・矢吹 信喜²・西 乃輔³

¹正会員 関西工事測量株式会社 代表取締役 (〒562-0035 大阪府箕面市船場東2-1-15)

E-mail: nakaniwa09@kankou.co.jp

²フェロー会員 大阪大学教授 大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻

(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail: yabuki@see.eng.osaka-u.ac.jp

³正会員 関西工事測量株式会社 空間情報事業部 (〒562-0035 大阪府箕面市船場東2-1-15)

E-mail: nishi@kankou.co.jp

近年、構造物の形状の計測において3Dレーザースキャナの利用が広がっている。3Dレーザースキャナの計測では球体のターゲットを用いて、中心座標を解析することによりデータの合成及び座標変換を行うことが多いが、球の中心座標をトータルステーションで直接計測することはできないことから、別途基準点測量を行う必要がある。3Dレーザースキャナの性能の向上に伴い、基準点の設置数が増加していることから基準点設置の手間が増大している。

そこで、本研究では同心円状レチクル内蔵トータルステーション「Baum Station」を用いて球の中心座標を計測する方法を提案する。これにより3Dレーザースキャナの計測におけるターゲットの設置を効率的に行うことができる。

Key Words : 3D Laser Scanner, Total Station, Reference point, Reference Sphere

1. はじめに

近年、3Dレーザースキャナの性能が飛躍的に向上し、構造物の形状の計測技術としての利用が広がっている。3Dレーザースキャナでは死角となる部分や計測可能範囲外のデータは取得できないため、位置を移動して取得した複数回の計測データを合成することで、計測対象の全周囲の形状のデータを取得することとなる。また、3Dレーザースキャナで計測されるデータは機械位置を原点とした座標系（機械座標系）で取得されるため公共座標等の現地座標系に座標変換する必要がある。

3Dレーザースキャナではデータ合成や座標変換を行うために計測時にターゲットを使用する必要があるが、測量用のプリズムと既知の半径を持つ球体（基準球）がセットになったピンポールプリズムを使用する方法が一般的である。これは、まず地面に基準点として鉤を打ち込み、水準器を用いて垂直にピンポールプリズムを立て、トータルステーション（TS）を用いてプリズム部分を計測し、現地座標系における基準球の座標を算出する。次に、3D計測時に基準球も同時に計測し、解析を施す

ことで機械座標系における基準球の中心位置座標を算出し、各座標を用いて座標変換及びデータ合成を行う。

3Dレーザースキャナの性能の向上に伴い計測に要する時間が短縮されたことから、詳細なデータの取得のために機械の設置回数は増加する傾向にある。1回の3D計測に対して3つ以上の基準球が必要であることから、機械設置回数の増加に伴い、3D計測における基準点の設置及び計測の負担が大きくなっている。また、基準点は地面にしか設置できないこと、基準球は3Dレーザースキャナから死角とならない場所に設置する必要があること、プリズムを向けられる角度に制限があること等から基準点の設置場所に制限があり、選点にも手間が掛かる。

一方、円柱構造物の中心座標を計測する方法として同心円状レチクル内蔵TS「Baum Station」を用いる方法がある¹⁾。この方法では、同心円状のレチクルの目盛を用いて円柱構造物の両端から等間隔の位置を視準して中心の座標を計測する。

そこで本研究では、Baum Stationによる円柱構造物の中心座標計測手法を応用して、球の中心座標を計測する方法を提案する。これにより3D計測における基準球の中

表-1 基準球の計測誤差

計測距離	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5
ターゲットプリズム	99.995	89.995	79.994	69.995	59.997	49.996	39.995	29.995	19.998	9.998	4.999
基準球	100.005	90.004	80.003	70.005	60.004	50.004	40.002	30.001	20.004	10.002	5.006
誤差	0.010	0.009	0.009	0.010	0.007	0.008	0.007	0.006	0.006	0.004	0.007

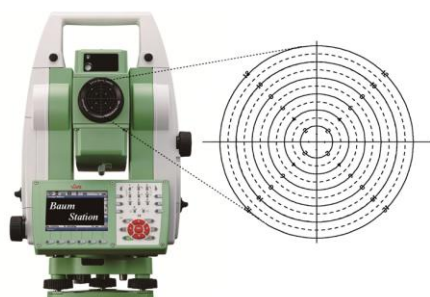


図-1 同心円状レチクル内蔵TS「Baum Station」

心位置の座標をプリズムを使用せずに計測できるようになることから、効率的な3D計測を行うことができる。

2. 同心円状レチクル内蔵TSによる球の計測

Baum Stationはレチクルが同心円状の目盛となっているTSである（図-1）。幅対距離の比が1:1000になるような間隔で同心円を配置し、内側から1～14のゲージ番号が振られている。同心円レチクルを覗いて1m先のものを見た場合、1目盛の幅が0.001mとなる。

Baum Stationで円柱構造物の中心座標を計測する方法を応用して、球の中心座標を求めることができる。同心円の中心から上下及び左右が等距離になるように同心円の目盛を合わせることで球の中心を視準し、距離を計測する。TSで計測できるのは球の表面までの距離であることから、計測した距離に球の半径を加える事でTSから球の中心までの距離を算出することができ、これを用いて中心座標を算出することができる。

球の半径については1m先で1目盛の幅が1mmであることから、TSから球の表面までの距離（m）×ゲージ番号×1/1000で求めることができる。

本手法を3D計測における基準球の計測に用いることで、選点、鋳の埋標、ピンポールプリズムの設置といった基準点測量にかかる労力を削減することができるため、3D計測を効率的に行うことができる。

3. 精度検証実験

(1) 実験概要

Baum Stationによる球の中心座標計測における誤差の検証実験を行った。実験ではLeica Geosystems製のTS11に同心円状レチクルを内蔵したBaum Stationを用いてTSから5m及び10m～100mの距離の10m間隔の位置に基準点を設置し、基準球の表面までの距離を計測し半径を加える事で中心位置までの距離を算出した。基準球はTrimble製で半径0.038m、白色のものを使用した。また、ターゲットプリズムによる基準点までの距離の計測も同時に行い、精度の比較を行った。

(2) 実験結果

実験結果を表-1に示す。ターゲットプリズムによる計測距離を正として基準球表面までの計測距離に球の半径0.038mを加えたものとの差を比較した。誤差は最大10mmでいずれの場合も実際の距離よりも長く計測された。これは、一般的にプリズム機能と比較して精度が劣るノンプリズム機能の機械誤差に加え、計測対象が球であることから視準が中心からずれた場合には距離が長く計測されるためであると思われる。また、球面に対してレーザーが一定に反射しなかった可能性も考えられる。

4. まとめ

本研究ではBaum Stationを用いた球の中心座標の計測方法について提案した。これにより、球の中心座標をプリズムを用いずに計測できる。3D計測ではデータ合成及び座標変換の手間が軽減される。また、球はどの方向からでも中心座標を計測でき、プリズムのようにTSの方向に向けて設置する必要がないことから、3D計測だけでなく一般測量にも適用範囲を広げることができると考えられる。

今後もさらに種々の実験を重ね、計測精度に与える要因を明らかにする必要がある。また、基準球として適切な球の大きさについても検討を行う。

参考文献

- 1) 中庭和秀, 矢吹信喜, 阿部幸夫, 西乃輔: 同心円状レチクル内蔵トータルステーションの開発と杭打設システムへの応用, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.68, No.2, pp.I_55-I_63, 2013.