構造物の３D 計測とその利活用に関する研究

長崎大学大学院　学生会員　○伊勢田幹太
長崎大学　正会員　松田浩　古賀掲維
長崎建設技術研究センター　田添智宏　松原健治

1. はじめに

機械設計, 製造分野では 1970 年代から CAD(Computer Aided Design)と CAM(Computer Aided Manufacturing), CAE(Computer Aided Engineering) を統合化した CIM(Computer Integrated Manufacturing)が推進され, その中で 3D-CAD も利活用されていった．その後，建築分野でも，CIM などの情報化技術によって建築生産の合理化に取り組んできた．さらに，BIM(Building Information Modeling)，が普及してきており，意匠や構造, 設備などの設計から FM(Facility Management)などの維持管理まで幅広く利活用されている. 一方, 土木インフラ分野に目を転じてみると, ICT を活用した建築生産システムの構築を目指して 3D モデルの利活用が押し進められたものの十分に浸透せず, 今もなお 2D モデルの利用が多い状況にある. また, 国土交通省では, 調査, 測量から設計, 施工, 維持管理までのあらゆるプロセスで ICT 等を活用して建設現場の生産性向上を図る「i-Construction」を進めている.

以上のことから，本研究では，建築，土木分野における 3D 計測の利活用を行い，その精度，効率性の検証を目的とする.

2. レーザースキャナを用いた構造物の 3D 化

国土交通省は、大規模構造物の詳細設計で 3 次元モデルの活用を原則化することなどを柱とした直轄業務の平成 30 年度重点方針を決めた．本研究では，身近な構造物の 3D レーザースキャナの運用, 大型構造物の 3D モデル化を目的として，長崎大学工学部棟 1 号館の 3D モデル化を行う.

2.1 実施概要

計測は FARO®Laser Scanner Focus3D X 330(図 1 参照)を用いて行う. 計測方法は「計測地点に三脚を立て本体を固定する，本体の電源を入れる，画面上で分解能，品質，計測範囲の設定を行う，スキャンを開始する」といった手順で行うため，複雑な操作はなく短時間で計測が行える．計測は地上 16 ヵ所，屋上 15 ヵ所の計 31 ヵ所行った

点群処理ソフトウェアは SCNENE を用いて行う．計測で得られた点群データの位置合わせを行い，周囲の建物などの余分な点群，ノイズ等の除去を行う.

※ノイズとは, 計測の際に人物や動くもの, 浮遊物など意図しないものが映り込んでしまったものである.

※位置合わせとは，3D スキャナで複数ヵ所から計測した点群データの相対的な位置関係を決定する作業である.

2.1 結果

得られた 3D モデルを図 2 に示す. 計測時間は一ヵ所あたり，水平方向 90 度の計測範囲で約 5 分，水平方向 360 度の計測範囲で約 11 分の時間を要し，5 日間に分けての作業となった．比較的に大型の構造物であったため, 計測や点群処理の作業量も増したが, 対象物を 3D 化することに成功した.

測定範囲	0.6m～330m
測定速度	最大 976,000 点／秒
範囲誤差	最大±2mm
内蔵カメラ	最大解像度 70Mpixel

図 1 レーザースキャナの性能

図 2 工学部棟 1 号館の 3D モデル

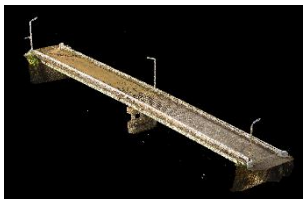

図 3 橋梁 A の 3D モデル

図 4 橋梁 B の 3D モデル

図 5　ひびわれ

図 6 鉄筋露出

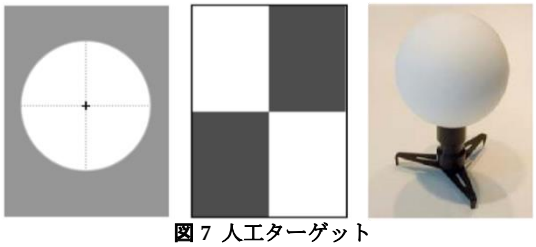

図 7 人工ターゲット

（左から円形ターゲット，チェッカーボード，球ターゲット）

キーワード　3D 計測，レーザースキャナ，橋梁点検，寸法計測
連絡先　〒852-8521　長崎県長崎市文教町 1-14　長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻構造工学コース　TEL095-819-2590

© Japan Society of Civil Engineers

3. 橋梁の維持管理における 3D 計測の活用について

3D 計測による橋梁全体の外観劣化情報取得を目的として，PC 桁の橋梁の 3D 計測を行った．

3.1 実施概要

長崎県内にある橋梁 A，橋梁 B を対象として計測を行った．それぞれ，19 ヵ所の計測を行い，3D モデルの製作を行った．

3.2 結果

得られた 3D モデルをそれぞれ図 3，図 4 に示す．3D 計測によってひびわれ，鉄筋露出などの外観劣化が確認できた．3D 計測によって得られた平面データを図 5, 図 6 に示す．3D 計測により橋梁の劣化位置の特定が可能であると考えられるが，拡大すると画質が荒くなるため，十分な精度は得られなかった．

4. 寸法測定における 3D 計測の利活用

木造建築において，現場での木材の加工，木材の湿気や乾燥による寸法変化により，設計図通りの寸法での施工とならない場合が多いため，現場では効率的な寸法計測が要求される．本研究では，3D モデルの寸法測定に関する機能に着目し, その精度の検証を行う．

4.1 外壁の寸法測定

3D モデルを用いた建築物の寸法測定を目的として，建設中の一般住宅を対象とし 3D 計測を行った．今回は実寸 7500 ㎜の外壁に着目し 3D モデル化を行うため，外壁の正面で 3 ヵ所の計測を行った．

寸法の測定は SCENE のツールを用いる．測定は，3D モデル上の任意の点を手動で選択するため，ある距離の始点と終点を選択する際に，測定ごとにバラつきが生じた．そのため，測定を 10 回行い，平均値を測定値とした．

4.2 ターゲットを用いた寸法測定

オブジェクトを用いない測定を行うと測定にバラつきが生じ，十分な精度が得られないため，人工ターゲット(図 7 参照)というオブジェクトを使用した寸法測定を行う．SCENE では，人工ターゲットの中心点を認識することができる．よって，本研究では 3D モデル上でのターゲット間の寸法測定を行い，実寸と比較することによって，その精度の検証を行う．

ターゲットを用いた寸法測定を行うため，ドアの幅を測定対象とし 3D 計測を行った．今回の計測では，Excel で作成でき手軽に用意できるため，チェッカーボードを人工ターゲットとした．測定したい始点と終点にターゲットの中心を合わせて貼り付け，計測箇所は対象物の正面で 1 箇所のみ行った． 得られた 3D モデルを図 9 に示す．

SCENE にてチェッカーボードを自動認識，ターゲット間の寸法を測定した．自動認識したターゲットの中心点にズレが生じていた．そのため，手動により実際のターゲット間の実際のターゲットの中心点に近い点をポイントし，そのポイント間の測定も行った．中心点のズレの状況を図 8 に示す．

4.3 結果

外壁の寸法の測定結果を表 1，ドアの幅の寸法の測定結果を表 2 に示す．外壁の寸法測定では測定値 7584.3mm であり，設計図の寸法との差が 84.3mm あったため，木造建築における寸法の変化が顕著に表れた．ターゲットを用いた寸法測定では，自動認識によるターゲット間の測定値の誤差が 1.2mm，手動によるポイント間の測定値の誤差が 0.0mm であった．

以上の結果から，寸法計測にはターゲットを用いた方がより良い精度の測定値が得られ，ターゲットの中心点は，手動でポイントした方がより良い精度の測定値を得られると考えられる．

5. 結論

3D 計測は橋梁の劣化位置特定，寸法計測において有用性があることが分かったが，画質が荒く十分な精度がない．寸法測定は，高い精度の測定値が期待できるため，さらなる効率化，高精度が求められる．

6. 今後の予定

橋梁点検では，FARO の写真データを超解像技術により解像度を高め，さらなる精度の検証を行う．寸法測定では，測定の効率化を行い，実用性の高い方法を検証していく．

図 8 中心点のズレの様子

表 1 測定結果

	測定値(㎜)
1	7588. 4
2	7580. 0
3	7569. 3
4	7588. 4
5	7576. 8
6	7589. 5
7	7614. 0
8	7578. 6
9	7578. 5
10	7579. 8
平均	7584. 3

図 9 ターゲットを用いた 3D

表 2 測定結果

	測定値(㎜)	誤差(㎜)
ターゲット間の測定値	981. 2	1. 2
手動ポイント間の測定値	980. 0	0

参考文献

1) 松田浩，河村太紀，西行健，木本啓介，西川貴文：3D 計測と FEM 解析と実振動計測に基づく橋梁振動特性同定，鋼構造年次論文報告集，第 24 巻，pp.445-448，2016.

2) 清水智弘，吉川眞，瀧浪，秀元尾崎，高橋康将，中山忠雅，内田修，近藤健一：3D モデルを用いた橋梁維持管理システムの開発

3) FARO®Laser Scanner Focus3D X 330 マニュアル

© Japan Society of Civil Engineers