

3D レーザースキャナー使用についての覚書

－岩手県工業技術センター保有機器を使用しての実践例－

北田 熊

2021・2022 年度の室内整理において、岩手県工業技術センター保有機器を使用して出土遺物の 3D レーザースキャンを行った。3D レーザースキャナーは近年、全国の埋蔵文化財調査機関などで利用が広がっているが、当センターでは業者委託を介しての事例が大半で、ほとんど進んでいないのが現状である。今後、使用する機会が増えると見込まれることから、実際に使用した状況を備忘録として書き留めておくものである。

はじめに

考古遺物・遺構の三次元計測は急速に普及しており、今後ツールの 1 つとして定着するのは間違いない。当センターではこれまで業者委託を介しての使用事例はあるが、野外調査・室内整理の中で直接扱うことはなかった。3D データを得るには、フォトグラメトリーと 3D スキャンの 2 種類あるが、今回扱うのは後者のレーザーやセンサーを対象物の表面に直接当てることにより、立体物をスキャンする方法である。前者のフォトグラメトリーにしても、今回行った 3D スキャンにしても必要な機材はいずれも高価で、一調査組織で揃えるには二の足を踏む金額であるが、今回は地方独立行政法人岩手県工業技術センター（以下、岩手県工業技術センター）が保有する機器を借用して 3D レーザースキャンを試みた。

1 岩手県工業技術センター保有の 3D デジタイ징装置

今回使用した機器は測定を行った 2022 年現在、岩手県工業技術センターが保有し貸出を行っており、担当者と事前に連絡を取った上で貸出申込書に記載し所定時間の料金を支払えば利用することが出来る。利用料金は、2024 年 1 月現在で 1 時間あたりの貸出単価は 2,800 円となっている（写真 1）。

2024 年 1 月現在、岩手県工業技術センターが保有する 3D デジタイ징装置は 2 種類あり、いずれも Carl Zeiss 社製の COMET6_16M と T-SCAN CS+ である。前者は自動回転する台（ロータリーテーブル）に対象物を置いてスキャンするもので、小型の対象物を超高精度に計測できるが、光沢があったり、黒っぽいものには不向きな面もある。必要に応じて、反射防止のパウダースプレーを使用する場合もある（写真 2）。後者は手で保持するハンドスキャナータイプで、自動車くらいの大型対象物も計測できる。精度は前者に劣るが、1 ショット（125mm 幅）精度が $\pm 0.02 \sim 0.04\text{mm}$ の誤差範囲に収まり、手実測に比べても遜色ない。また、やや光沢のあるもの、黒っぽいものも計測可能で、今回の計測に適していると判断した。もっと小型の対象物を鮮明にスキャンするのであれば、より誤差の少ないレンズを用いる COMET6_16M を使用するのが望ましい。

2 Carl Zeiss 社製 T-SCAN CS+ の操作方法

T-SCAN CS+ に用いる機器は、主にハンドスキャナー（T-SCAN）とハンドスキャナーの位置を計測する機器（T-TRACK CS+）で、これらを制御する機器（T-CONTROLL）とメモリやグラフィックボードを増設した高性能ノートパソコンが接続されている（写真 3・4）。

T-SCAN はハンドル部分にトリガーが付いており、これを押すことによってスキャンを行う。こ

の機器には位置を計測するためのアンテナが複数付いており、これによって T-TRACK CS+ がスキャナーの位置や向きを認識している。スキャンの際は、持っている T-SCAN と計測している T-TRACK CS+ の間に身体が入らないよう注意する必要がある（写真5）。

3D 計測ソフトウェア colin3D で計測を行う際、画面には T-TRACK CS+ の位置と計測できる範囲が白枠で表示される（ $2,176 \times 2,466 \times 2,000\text{mm}$ ）（写真7）。

1回目の計測（表面）。正しく計測できているかを音で確認しながら、一定の速さでハンドスキャナーを動かす。焦点距離 150mm で、レーザーと青○の重なる位置が正しい距離となる。遠いと低い、近いと高いビープ音で知らせる。レーザーの幅は 12.5cm、 $\pm 5\text{cm}$ の凹凸まで計ることが出来る（写真6）。

データが計測出来た部分は白、計測している部分は緑色で表示される。窪んでいたり、深い箇所など計測しづらい部分はパソコン画面を見て、計測できているか確認しながら進める。無理な角度などはエラーが出やすいため注意する（写真8・9）。

不要な部分のデータは、計測後に消去する。レーザーの赤い横線の当たっている箇所が、現在計測している部分を示している。1回目（表面）で計測できない箇所は、2回目（裏面）の際に計る。1回目（表面）と2回目（裏面）の計測データを位置合わせするため、重なる部分をなるべく広く計測した方がデータを合わせやすい。計測は、写真5の大きさで片面 10～15 分程度である（写真6・9）。

計測が完了したら、1回目（表面）のすべての測定をグループ化し、支持台に使用した文鎮やホコリ、エラー部分など不要な箇所を消去してデータを整える。名前を付けて保存し、2回目（裏面）の測定を1回目と同様に行う（写真10・11）。

2回目の計測が完了したら、1回目（表面）と2回目（裏面）の測定データ合わせを行う。2つのデータが表示されるので、同じ位置にマーカーを付けて合成する。中程度の一致以上の結果であれば、ほぼズレなく位置を合わせられたことになる（写真12）。

測定データの位置合わせを行い、1回目と2回目がうまく合成できたら、グローバル最適化で誤差を最小化して最適な位置にする（写真13）。

グローバル最適化を済ませたら、ポリゴン作成してデータを統合し保存する（写真14）。

ここまでが計測の一連の流れだが、この後の作業は担当スタッフの方が進めてくれ、3DCAD のファイル形式にしたデータ（.stl）を後日頂戴する形となる（直接もしくはインターネット経由）。

今回は3D測定データ評価ソフト GOM Inspect を用いて、3DCAD 形式のデータを編集した。使用した GOM Inspect は位置合わせ、傾き、色の修正、断面作成を行い、PDF 作成、計測を行うことが出来る高額なソフトウェア（Pro）だが、ライセンス登録を行うと機能を限定した無償版を使用でき（2024年1月現在）、私たちが取り扱うと考えられる必要なデータはほぼ得られる（写真15）。

Adobe Illustrator 上で縮尺調整、配置を行い、図版を完成させた。GOM Inspect では各面1ファイルで保存されるため、必要な面を統合して配置した（写真16）。

おわりに

今回は当センター近傍にある地方独立行政法人岩手県工業技術センター保有の3Dデジタイジング装置を借用させて頂き、貴重なデータを得ることが出来た。ご協力頂きました素形材プロセス技術部上席専門研究員・和合健氏、研究スタッフ・生内智氏に記して感謝申し上げます。

参考文献

- 『特集 3D 技術と考古学』『季刊考古学』 2017 第140号 雄山閣
- 『3D 考古学の挑戦－考古遺物・遺構の三次元計測における研究の現状と課題－』 2016 早稲田文化芸術週間 2016 シンポジウム予稿集 早稲田大学総合人文科学研究センター



写真 1_ 岩手県工業技術センター保有 3D レーザースキャナー



写真 3_ ハンドスキャナータイプ (T-SCAN CS+)



写真 5_ ハンドスキャナーでの計測（1）

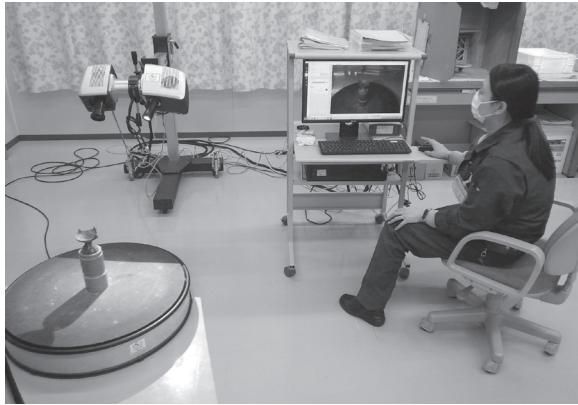


写真 2_ 据え置き + 回転台タイプ (COMET6_16M)



写真 4_ ハンドスキャナー位置計測機器 (T-TRACK CS+)

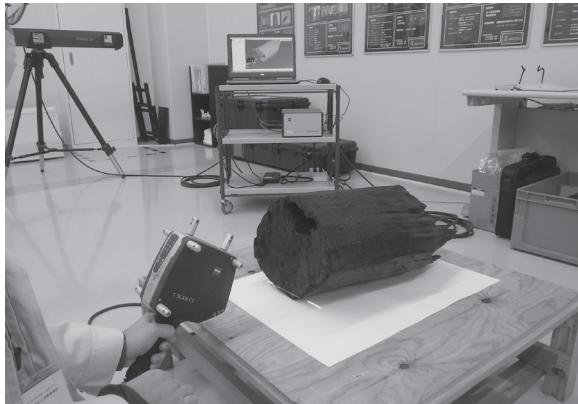


写真 6_ ハンドスキャナーでの計測（2）

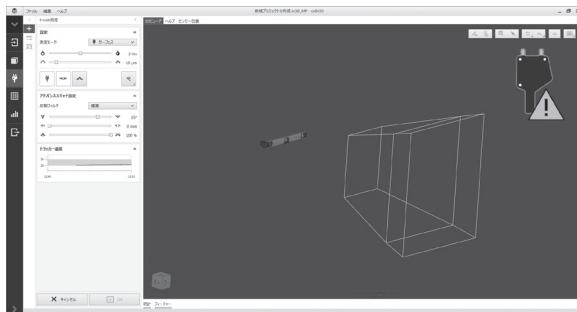


写真 7_ 3D 計測ソフトウェア colin3D の画面（1）

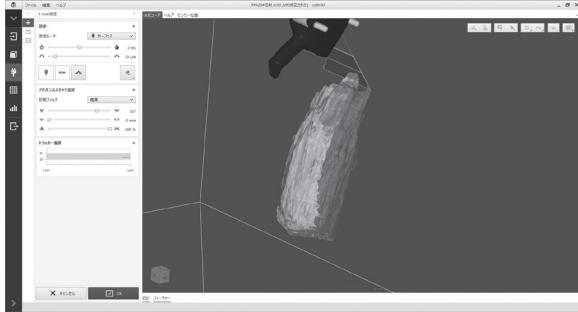


写真 8_ 3D 計測ソフトウェア colin3D の画面（2）

写真図版1 3D レーザースキャナーの使用事例（1）



写真 9_3D 計測ソフトウェア colin3D の画面（3）

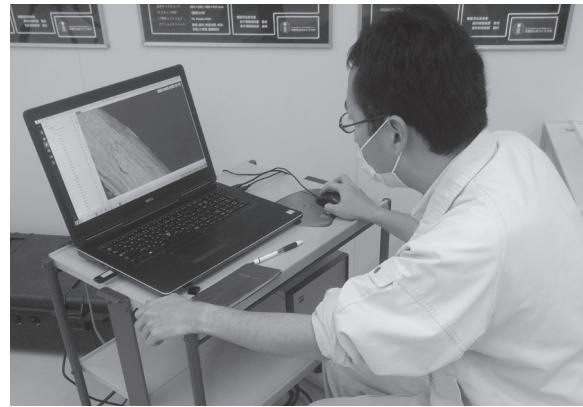


写真 10_colin3D での不要な箇所の除去（1）

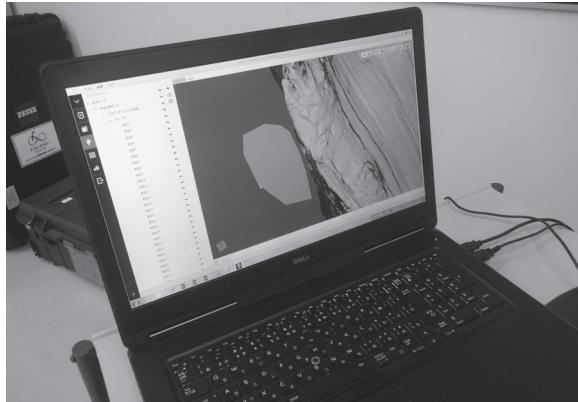


写真 11_colin3D で不要な箇所の除去（2）

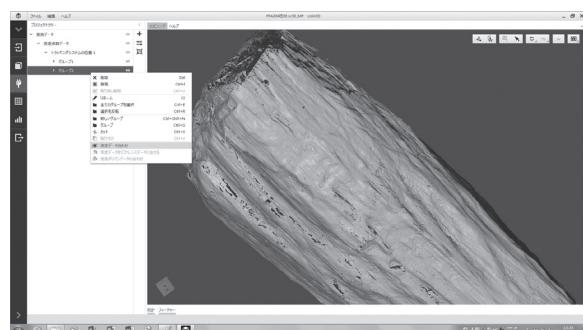


写真 12_colin3D で測定データ合わせ

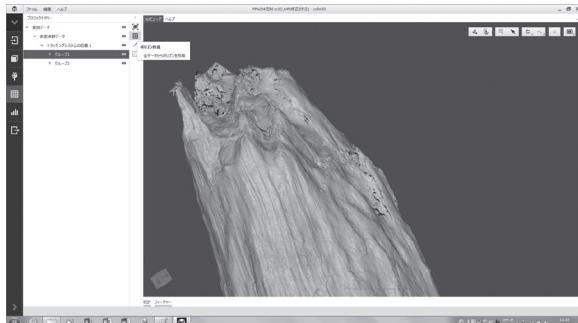


写真 13_colin3D でグローバル最適化

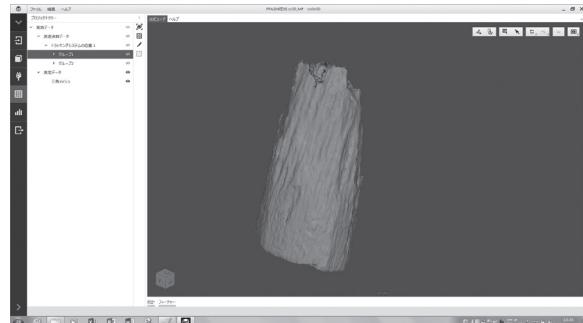


写真 14_colin3D でポリゴン作成

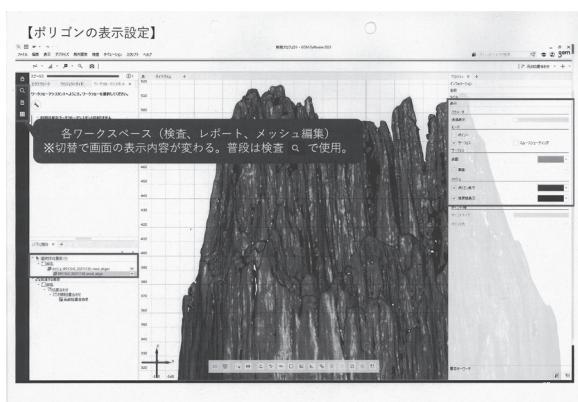


写真 15_3D 測定データ評価ソフト GOM Inspect での編集

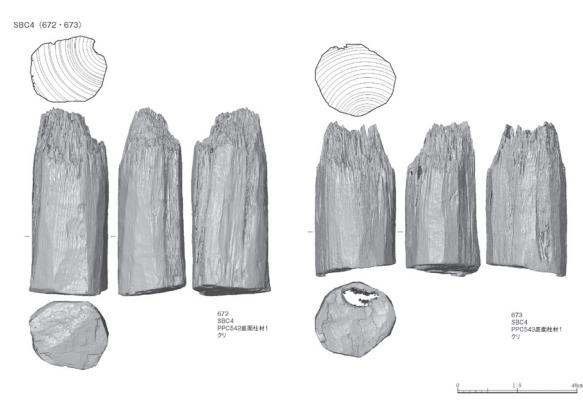


写真 16_Adobe Acrobat → Illustrator での完成図版

写真図版2 3D レーザースキャナーの使用事例（2）