

5 廻原1号墳の三次元計測と活用

大手前大学史学研究所 岡本 篤志

はじめに

平成24・25年度に、廻原1号墳の三次元計測を行った。平成24年度は、屋外用計測器を用いて古墳全体の計測を行った。平成25年は、ハンディースキャナを用いて玄室内部の三次元計測を行った。2種類の計測器を用いたデータを合成し、最終的に廻原1号墳全体を三次元モデルとして確認できるデータを作成した。

(1) 使用機材

今回の三次元計測では、屋外用計測器とハンディースキャナの2種類の性質の異なる計測器を用いた。ハンディースキャナは、屋内で使用することを前提とした機材であるが今回は、野外にて計測を試みた。以下に、今回使用した各機材の特徴を紹介する。



第45図 REGLE LMS-Z420i

REGLE LMS-Z420i (REGLE オーストリア) (第45図)

主に、屋外用途の計測器で地形・建物の計測に利用されている。近赤外線レーザを照射し、反射時間を計ることによって距離を算出する Time of flight (TOF) を用いる。半径1000 mまで計測することができ、短時間に高密度の点群データを取得することができる。上部にデジタル一眼レフカメラを搭載し、高品質なカラー点群データを作成することもできる。

○仕様

計測距離：最短距離2 m、最大距離1000 m

最少分解能：5 mm

最少分解角度：0.0025°



第46図 Artec3d MH3D

Artec3d MH3D (Artec3d ロシア) (第46図)

ハンディータイプの計測器で、レーザ光を使用せず、ストラクチャライト方式のフラッシュバルブを用い、格子状のパターンを投影する。物体に投影された変形パターン像から形状を算出している。計測器を動かすことによって、ターゲットマーカ無しで形状を取得することができる。1秒間に15フレームの画像を取得・演算・合成をしている。可搬性が高く、固定型計測器では計測が困難であった、複雑形状や等身大資料など比較的大きな対象を短時間に計測することができる。

○仕 様

計測距離：0.4～1 m

計測間隔：0.5mm

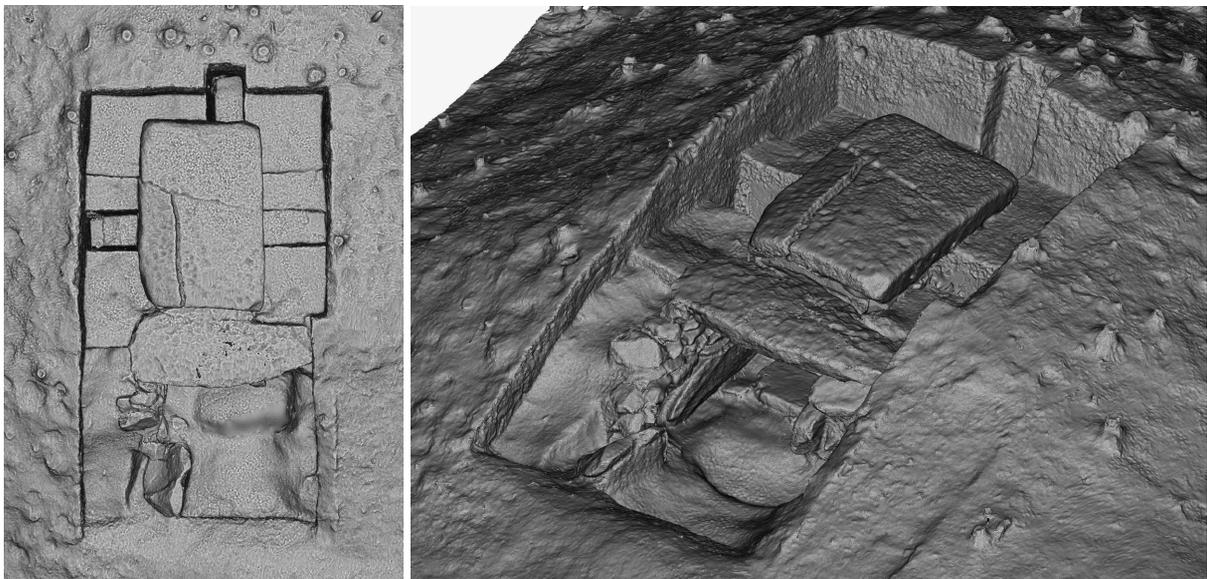
（2）計測概要

平成24年度

屋外用計測器 REGLE LMS-Z420i を用い、古墳全体の三次元計測を行った。事前に地形測量時の測量杭の位置と国土座標が判明していたので、計測時に測量杭にターゲットマーカを設置し、三次元計測の座標を国土座標に設定した。計測当日は、雨の降る悪天候により、大量のノイズが発生したので、雨が止んだ頃合いをみて計測をする状況だった。合計15ヶ所から分割計測を行った。計測データは、測量杭のマーカを基準にして各分割計測個所のデータを合成・位置合わせする作業を行った。玄室内部は、計測器が入らず、計測対象まで最短距離が2 m以上離れる必要があるため、開口部から玄室を計測し次年度別途計測することになった。

平成25年度

ハンディースキャナを用い、前年度実施できなかった、玄室内部の計測を中心として計測を行った。太陽光などの強い光があると、格子状パターンを認識できないため、玄室内部・羨道部に太陽光の影響がないよう、ビニールシートで覆い計測を行った。ハンディースキャナも計測対象から最少40 cm以上離さなくてはならず、狭所では計測できる範囲が狭くなるため、同じ範囲を複数回測る分割計測を行った。狭所で、変化の少ない形状であったため、計測したデータがうまく合成できない現象が生じ、複数個所に特徴形状となるマーカを設置し計測を行った。玄室内部のデータは、前年度の計測データと合成する必要があるため、前年度計測した箇所と重なる形状部分を計測し、後日合成処理を行う際に位置合わせができるようにした。



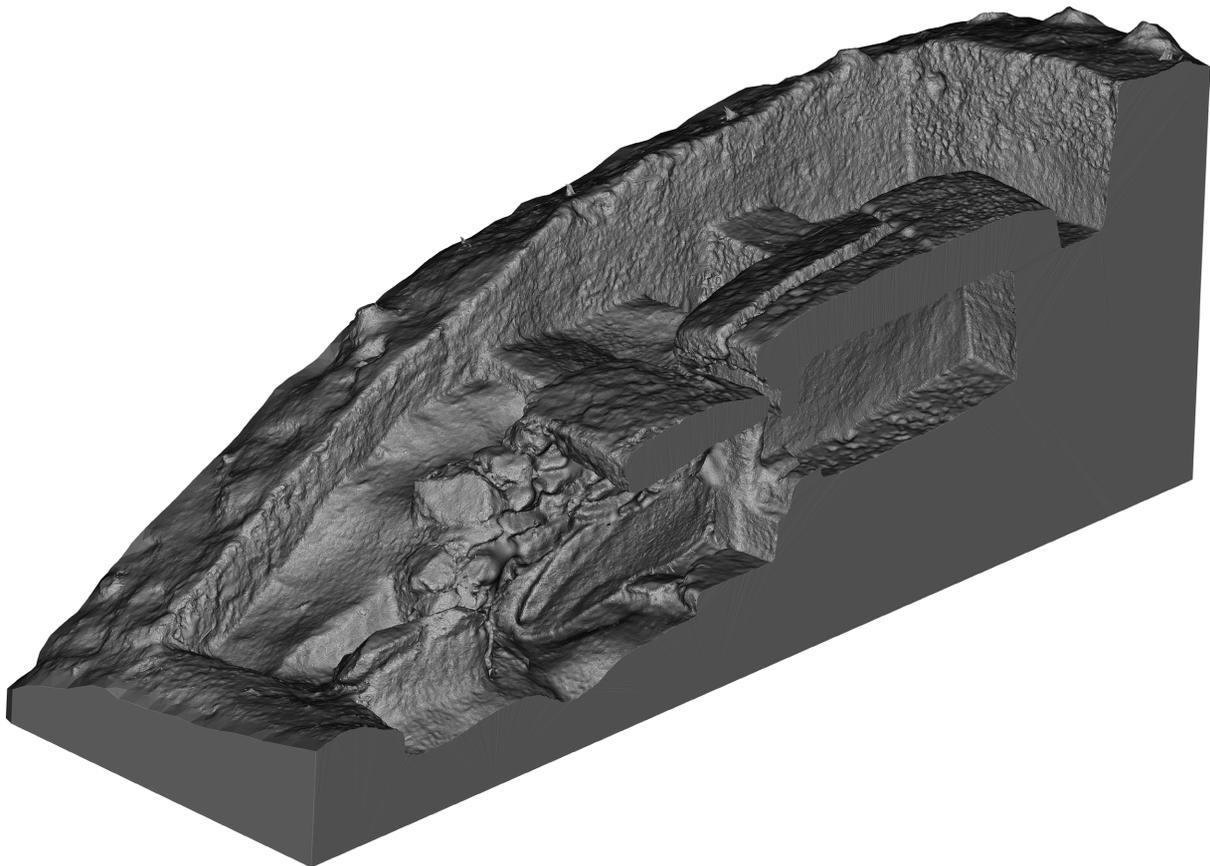
第47図 廻原1号墳三次元計測放射輝度陰影図（右：俯瞰 左：鳥瞰）

(3) データ処理と三次元モデルの作成・応用

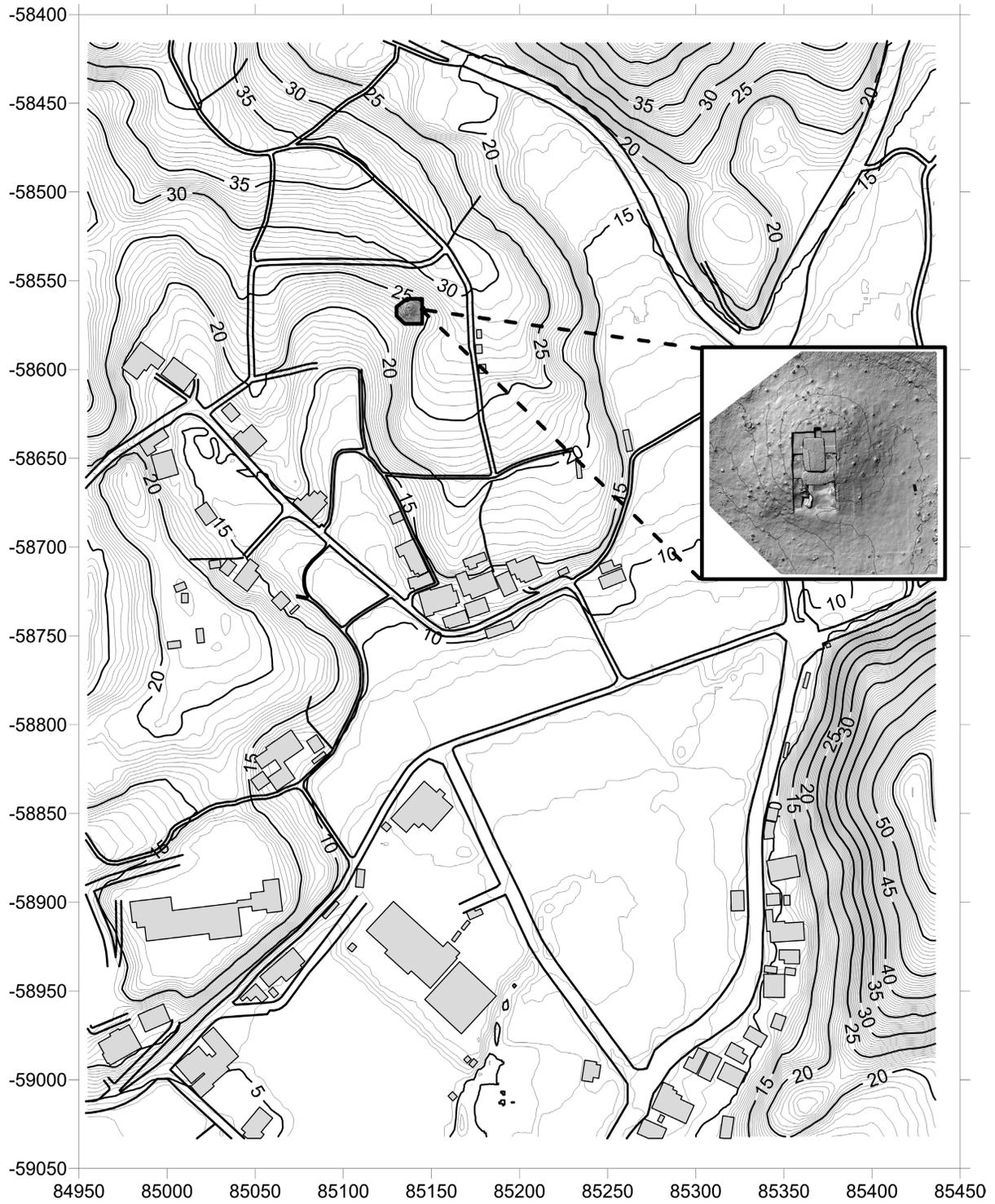
2種類の異なる計測器のデータを合成するために、ICPアルゴリズム (Iterative Closest Point) を用いて、形状から合成を行う方法をとった。異なる計測器で分解度が異なると、ICP計算時に分解度による誤差から位置がずれる場合がある。そのため、閾値などを調整した。今回の計測では、玄門と羨道壁面・奥壁・玄室壁面の一部のデータが、平成24年度の計測時に取得されていたため、参照する形状が多かったこともあり、合成位置が大幅にずれることはなかった。

計測したデータは、点群データ (点の集合体) であるため面データ (ポリゴン) に加工する必要がある。そのため、面データを編集するためのポリゴン編集ソフトを用いて、均質なポリゴンデータを作成し、このポリゴンデータを元データとして陰影図、等高線図、断面図・縮尺模型を作成した (第47・48図)。

今回は、国土座標を用いて三次元計測を行ったことから、基盤地図情報に古墳の計測データを重ね合せて、周辺地形との位置関係が提示できるか応用してみた (第49図)。古墳周辺の地形図は、国土地理院基盤地図情報5m数値標高モデル (航空レーザ) のデータを使用し、今回計測した範囲を合成し地上・航空レーザ合成図を作成した。このように、国土座標を用いることで古墳周辺の地形データと合わせて位置などを確認することやGISなど地理情報システムと連動した地形解析などに応用することができる。



第48図 廻原1号墳三次元計測放射輝度陰影図 (断面表示)



地上・航空レーザ合成図

作図: 大手前大学史学研究所
 地上レーザ: 大手前大学史学研究所
 航空レーザ: 基盤地図情報5m数値標高モデル
 主曲線: 50cm 計曲線: 5m
 道路および建物は、基盤地図情報より

第 49 図 廻原1号墳三次元計測地上・航空レーザ合成図

おわりに

今回は、レーザ計測器とハンディ計測器を用いた三次元計測を行ったが、写真を用いて三次元モデルを作成することも可能となってきた。レーザ計測器は、直接計測対象の表面までの距離を測っているため表面の微細な凹凸を取得することが可能である。一方、写真を用いた計測方法では、ある程度の表面凹凸を取得した形状を得ることができる。短時間での撮影作業で三次元形状を取得できる利点がある。

特に、今回のように狭小な玄室などでは、ハンディースキャナでも計測することは困難であったが、小型写真機を用いて撮影を行えばハンディースキャナより表面形状のデータは荒いかもしれないが、短時間に効率的な計測が行えるかもしれない。

三次元計測には、様々な機材・手法がある。各機材とも長所短所があるが、適材適所使分け、併用することによって各機材の利点を生かしたデータを作成することができる。特に、文化財の計測では、作業時間・スペースなどの制限もあるので複数の手法・機材を用いて、より良いデータを作成する必要がある。

三次元計測は、処理方法によって微細な凹凸を表現する陰影図（放射輝度陰影図）の作成や断面モデルなど、実際の現場では目視観察できないものを提示することが可能となった。また、Webを通じて特別なソフトを使用せず、WebGLを用いWebブラウザから三次元モデルの閲覧・採寸・断面表示などもできるようになってきている。こうした、新しい三次元モデルの提示方法を活用し、文化財の調査・記録に役立てることができればと考えている。