

3D技術を活用した石材刻印の可視化手法 —CloudCompareで見えない線刻を鮮明化する—

高田祐一（奈良文化財研究所）

Visualizing Carved Seals Using 3D Technology: Highlighting Invisible Engravings in
CloudCompare

Takata Yuichi (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

・ 3D／3D・石垣石材／Wall Stone・刻印／Carved Seals
・ 鮮明化／Highlighting・CloudCompare／CloudCompare

1. はじめに

筆者は、2022年6月発行の奈良文化財研究所紀要にて兵庫県舞子公園所在の園銘石（以下、園銘石。図1）を対象にした「3D データを活用した石垣石材刻印の検出法」を発表したところ、新聞やテレビで大きく報道された。特に神戸新聞では、7月19日朝刊1面トップ記事となり大きな反響を呼んだ。その要素のひとつに、肉眼では判別できない刻印を3Dモデル化のうえ、CloudCompareによる処理によって可視化できたところにある。同様の手順を踏めば、各地で新たな刻印の発見に繋がるのではないかと考える。そこで、手順を公開し、誰でも実践できるように考えた。なお、本稿で紹介した手順は、最適なものとは考えていない。不要な工程やよりよい順番があるかもしれない。その場合は、ぜひ読者自身でも手順をドキュメント化し、インターネットで公開

いただければ幸いである。分野全体の進展につながることを祈る。

2. 経緯

2018年 高田、ネットサーフィンで舞子公園園銘石の画像を見つける

2019年11月17日 藤川祐作氏、金岡希世乃氏らと舞子公園園銘石を実見。舞子墓園石丁場調査の帰りのついでに見る

2021年3月19日 高田、現地で写真撮影

2021年3月21日 高田、3次元処理。目視できなかった刻印や文字刻印を新発見

2021年11月～12月 株式会社ラングに刻印データのPEAKIT処理を依頼

2022年6月30日 奈文研紀要「3D データを活用した石垣石材刻印の検出法」公開

2022年7月-8月 各メディア掲載

3. 石材の観察

園銘石は、特徴からして17世紀初頭の大坂城再築に関わる石材の一つと考えられる。石材の大きさは横の長さ360cm、高さ100cm、奥行250cmである。矢穴列は4列あり、A列 矢穴12個、B列 矢穴12個、C列 矢穴3個（掘りかけ含む）D列 矢穴10個である。石割の作業は途中で放棄しており、作成しようとした石材は、作業痕跡から判明する。およそ1.3mの長さの石材を企図していたものと考えら



図1 兵庫県舞子公園所在の園銘石

れる。文字刻印、大名家刻印2種と不明刻印を確認できる。大名家刻印は土佐藩山内家と松江藩堀尾家である。なお、文字刻印と山内家土佐柏刻印は、肉眼では確認することは困難である。

当該石材が舞子公園に設置されたのは、石材側面にある記述から2001年3月頃だと考えられる。

4. 歴史的意義

4.1 刻印の家紋

「土佐柏」刻印は土佐藩山内家の家紋、「分銅」刻印は松江藩堀尾家のものである。同じ石材に複数大名が打刻する例は珍しい。芦屋市・神戸市の大坂城石切場に土佐柏を省略したと考えられる「葉っぱ」と「分銅」の刻印が複数見つかっている。2021年には神戸市内の城山刻印群H地区で、同じ地区に「葉っぱ」と「分銅」の刻印が見つかるという新発見があった（森山由香里「徳川大坂城東六甲採石場における新発見刻印石について」『NewsLetter ひびき』Vol20,2022年10月15日）。

4.2 刻印を打った時期

大坂城普請の際には、各大名を組（グループ）に分けて石垣を築造する。山内家と堀尾家は1620年の第一期工事で同じ組であった。山内家は1期のみ参加で、2期工事からは石垣築造には不参加である。そのため、山内家刻印は1620年前後に刻印が打たれたと考えられる。

4.3 文字刻印「松平」と「五月」

当該石材には、「松平」と「五月」という文字を確認できる。土佐藩の藩主山内家忠義は、1615年に將軍の徳川秀忠から「松平」姓の称号をもらう。それ以降、松平を名乗る。そのため、この石材は1615年以降に石を割ろうとしたと考えられる。大坂城普請は1620年から開始するので合致する。2家の大名家刻印、「松平」の人名、「五月」の日付、これらの情報は何らかの契約行為が行われたことを意味する。山内家が不要となった石丁場を堀尾家に引き渡す契約か、石丁場の境を現地で取り決めた契約か、どちらかと考えられる。

5. 従来の拓本の問題点

筆者は、当該石材を確認した際、当初は刻印の拓本を取るために現地に向かった。そして分銅刻印と円弧状刻印の間に、いくつかの線刻らしいものを現認した。しかしながら、それを採拓することは困難であった。石材の表面は風化が進行している場合や、自然面の凹凸がある場合、資料として映える拓本とするには、採拓者の一定の解釈を入れざるを得ない。自然の凹凸か線刻か明確に判断できる場合は問題ないものの今回のケースでは、前例のない形状の線刻であることもあって、拓本では資料化が困難であると判断した。石材刻印の場合、客観的な資料になりえない場合があるのである。そこで、フォトグラメトリによる3Dによって資料の記録とすることにした。そして文字をより見やすくするためにarciwasa「石碑の文字を読みたい！（CloudCompareを使った一例）」(<https://ameblo.jp/arciwasa/entry-12652714120.html> 2022年11月1日確認)を参考に作業した。

6. CloudCompareの手順

以下の手順は、石垣石材（花崗岩）の刻印を対象に、筆者が作成した3Dモデルに適合した手順である。よって対象やモデルによってパラメータ等は変わってくるため、読者自身で最適解を試す必要がある。

6.1 対象物のフォトグラメトリ

対象物をフォトグラメトリにて3Dモデルを作成する。不要部分を削除し、刻印がある面だけにする。PLY形式で出力する。本稿では手順を割愛する。筆者は、Metashape Proを使用した。

6.2 CloudCompareのインストール

<https://www.danielgm.net/cc/> にてダウンロードし、インストールする。

6.3 PLYファイルのインポート。ファイル確認

CloudCompareを起動し、6.1で出力したPLYファイルをインポートする。インポートの際のポップアップは「Apply all」にする（図2）。読み込んだ

ファイルが平らになっているか確認する（図3）。

6.4 乗算処理。凹凸を拡大させる

左サイドのデータベースツリーの Mesh をクリックした状態で、画面上部バーの「編集」-「乗算 / スケール」をクリック（図4）。「Same scale for all dimensions」のチェックを外す。Scale (y) の値を 100 にする（図5）。筆者のモデルでは Y 軸方向に拡大させた。読者は溝の深さ方向が拡大されるように XYZ 軸を選んで欲しい。

6.5 法線の演算

「編集」-「法線」-「演算」をクリック（図6）。「Per vertex」で実行（図7）。

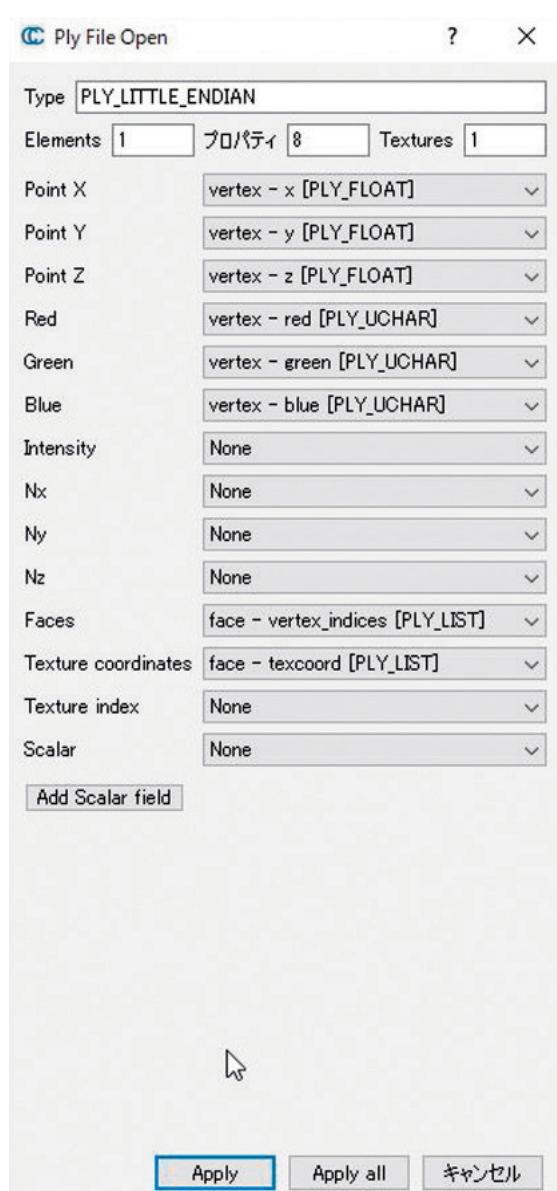


図2 PLY ファイルのインポート

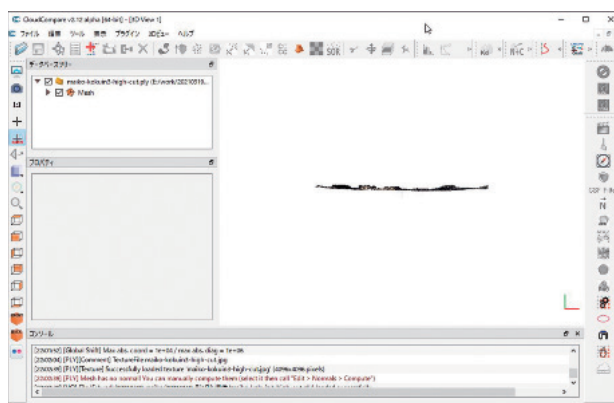


図3 刻印の面が平坦か確認

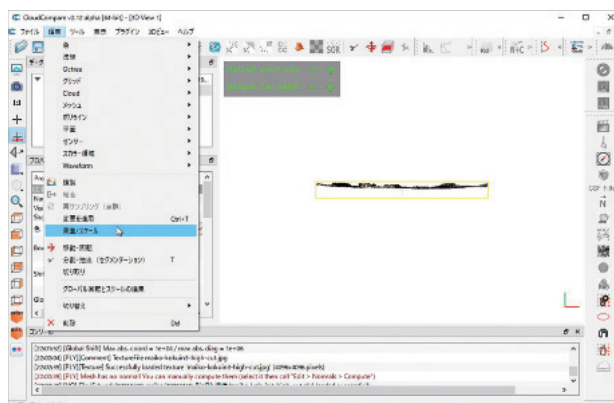


図4 乗算処理で凹凸を拡大

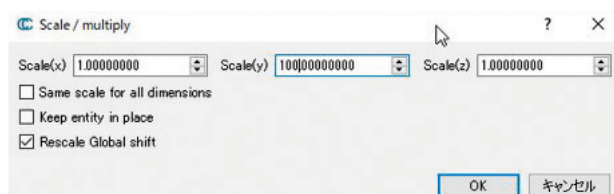


図5 XYZ 軸の一部を拡大

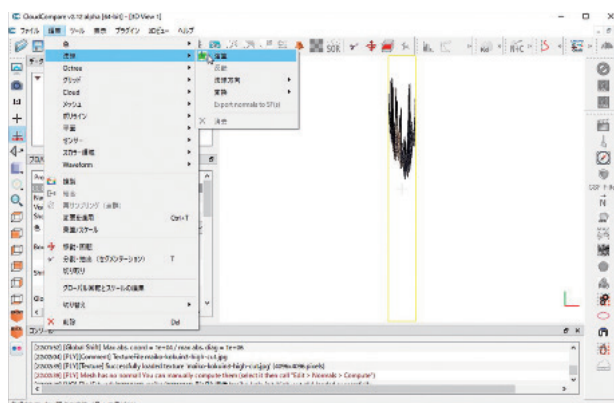


図6 法線 - 演算をクリック

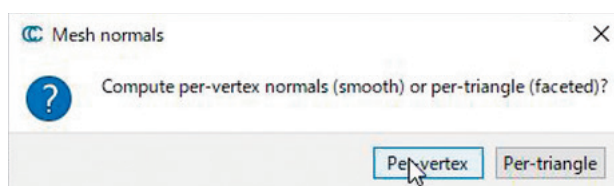


図7 法線の演算

6.6 法線の変換とプロパティ色変更

「編集」-「法線」-「変換」-「法線の傾斜角と傾斜方位をスカラー領域に書き込む」をクリック（図8）。左サイドのプロパティで、「CC Object」の「色」を「Scalar field」に変更（図9）。同じく「Scalar Fields」の「Active」を「Dip (degrees)」に変更。「Color Scale」の「Current」を「Yellow > Brown」に変更（図10）。「SF display params」にて左上段を13.XXX、右上段

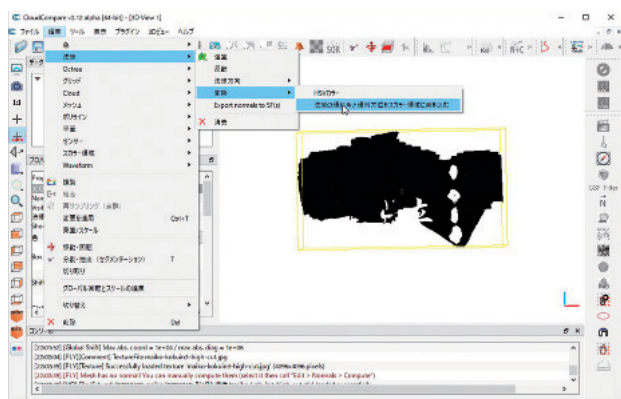


図8 法線の変換

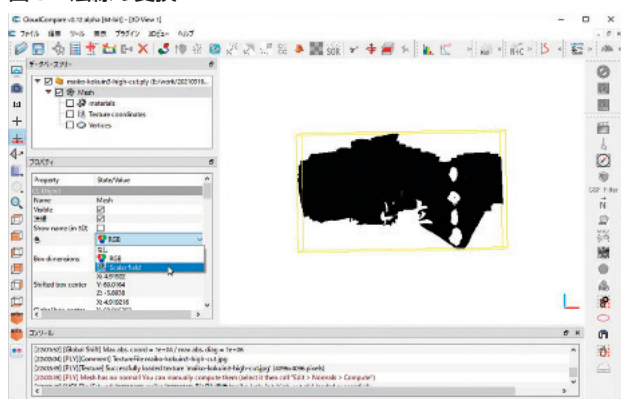


図9 プロパティで色の変換

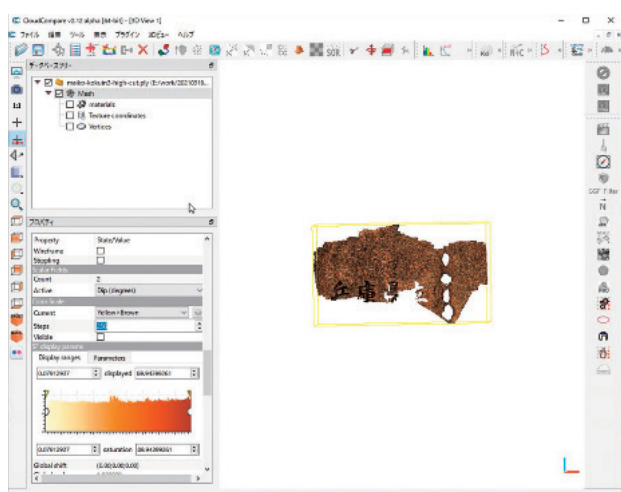


図10 Scalar fieldsの変更

を89.XXX、左下段・右下段を89.XXXに設定する（図11）。小数点以下のXXX部分はこだわらなくてよい。

6.7 Shader適用

右サイドバーの「EDL (Eye-dome Lighting OpenGL shader)」をクリック（図12）。「SSAO (Screen-Space Ambient Occlusion OpenGL shader)」をクリック（図13）。

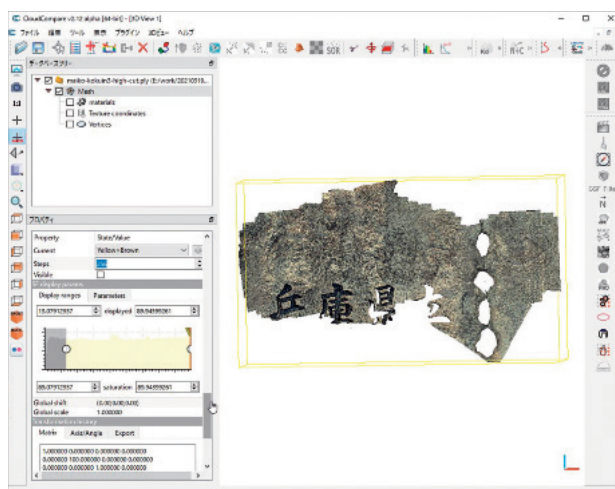


図11 SF display paramsの変更

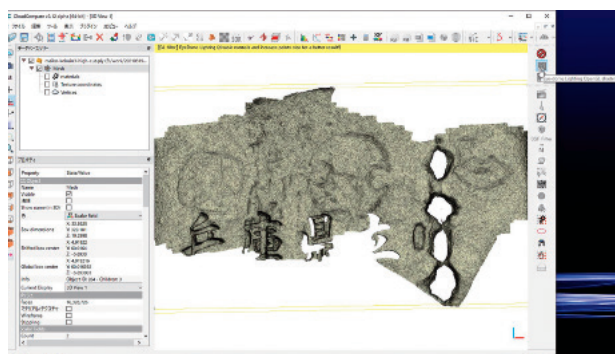


図12 EDLをクリック

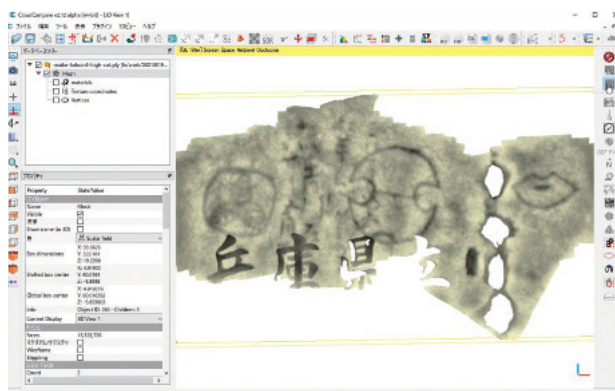


図13 SSAOをクリック

6.8 画像出力

上部「表示」-「ファイルをレンダリング」にて画像出力できる。



図 14 肉眼による表示

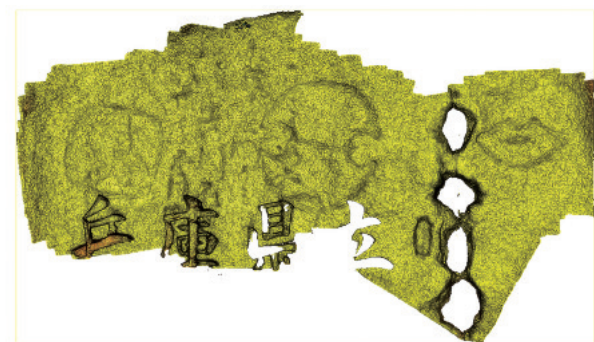


図 15 ELDの結果

7. 結果

結果をそれぞれ示す。肉眼による（図 14）、EDL（図 15）、SSAO（図 16）となった。参考にPEAKIT処理の結果も示す（図 17）。

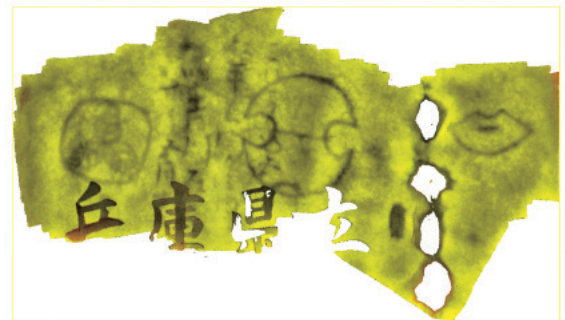


図 16 SSAOの結果

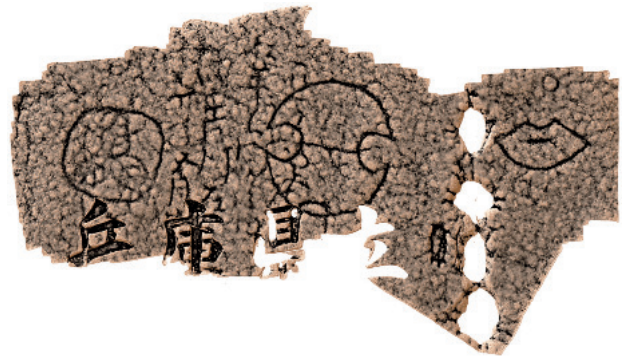


図 17 PEAKIT処理の結果