

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：82706

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12487

研究課題名(和文)三次元形状復元技術による南海地震津波碑の判読：歴史地震研究と防災教育への活用

研究課題名(英文) Decipherment of historical earthquake stone markers using 3D shape restoration method: Application for historical Nankai earthquake research and education for disaster prevention

研究代表者

谷川 亘 (TANIKAWA, Wataru)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・高知コア研究所・主任研究員

研究者番号：70435840

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：高知県内において、宝永地震から昭和南海地震までの災害記録及び教訓を残す地震津波碑を44基確認し、3Dモデル作成のためのデジタル画像の撮影と帯磁率の測定を実施した。そのうち31基に対して、SfM (Structure from Motion) 多視点画像解析によるデジタル3Dモデルの作成を実施し、文字が明瞭に判読できる3Dオブジェクトの構築に成功した。3Dモデルはブラウザ型の3Dビューアと3Dpdfによる石碑の紹介、3Dプリンターによる複製に活用できることがわかった。また、3Dモデルは歴史民俗資料館での展示に利用した。

研究成果の概要(英文)：44 stone markers that describe the disastrous records and instructive message about historical earthquake from the Hoei Earthquake to the Showa Nankai Earthquake are observed in the coastal area of Kochi Prefecture. We took photo of stone monuments on digital camera and measured the rock magnetic properties. 31 3D digital models were constructed using multi-view structure from Motion (SfM) method with digital photo images. We succeeded in making precise models that the characters on monuments can be clearly read. We confirmed that the 3D objects can be edited and introduced by web-based 3D viewer and 3D pdf files, and used to make a reproduction using a 3D printer. The 3D models were exhibited to introduce the local cultural properties at a museum of history.

研究分野：海底下掘削コア試料の岩石物性測定を用いた巨大地震断層プロセスを理解する研究

キーワード：南海トラフ地震 地震津波碑 SfM 文化財 デジタルアーカイブ

1. 研究開始当初の背景

過去の巨大地震災害の記録は古文書だけでなく、石碑に多く残されている。各地で建立されている地震津波碑は、被災した犠牲者への供養という意味合いがある一方で、災害状況を正確に記録して、後世に地震の恐怖を伝え防災意識を向上させるための機能を持つ。しかし、これまでその重要性・機能性は軽視されていた。皮肉なことに、東日本大震災後に地震津波碑の価値が再評価されはじめ、特に現在、過去の津波進入位置を正確に伝える機能的な側面に注目が集まっている。

歴史南海地震の記録調査の過程で、高知県には地震津波碑が多く建立されていることがわかってきた。しかし、石碑は安政地震後や明治時期に建立されたものが多く、風化や植生により石碑の表面が傷み判読が困難なものが認められることも同時にわかってきた。一部の石碑は、管理責任者の不在から、存在すら認識されず、無防備に設置されており、保管方法の議論も行われていないため、損傷・消失の危惧をはらむ。

一方、デジタル画像処理技術の進化に伴い、複数枚の画像を用いて、対象物の3次元形状とカメラの撮影位置を同時に推定する SfM (Structure from Motion) という手法が開発された。最近ではパッケージ化されたソフトウェアの登場により、デスクトップ PC とデジタルカメラで簡単に3次元モデルを復元できるようになった。現在、この技術は文化財発掘現場や防災分野への応用が始まっているが、地震津波碑への応用例はごくわずかである。

2. 研究の目的

そこで本研究では、高知県内の地震津波碑を対象に、SfM 技術を用いて3次元形状をデジタル画像で復元し、アーカイブ化の可能性を評価する。また、石碑に彫られている文字の鮮明化により、文字の判読向上性も評価する。地震津波碑に記述されている内容を整理し、3次元モデルを軸とした石碑を紹介するウェブページ作成に取り組むとともに、古文書・災害遺構・津波シミュレーションなどの既存の研究成果とあわせて南海地震の災害状況を総合的に理解するための地震津波碑のデータベースの構築を目指す。また、判読困難な地震碑の撮影・復元方法を確立し、さまざまな歴史文化財への応用方法の確立を目指す。

3. 研究の方法

過去に報告されている研究文献(山中(1993-1997)、木村ほか(2005))を参考にして、高知県内の地震津波碑を対象として以下の研究を行った。

(1) 地震津波碑の位置情報・岩石物性および3次元モデル作成のための画像取得

文献に記載されている石碑の確認を行った。デジタルカメラを用いた3次元モデル作成のための画像を取得した。ハンディ GPS を用いた位置情報の測定、分光測色計 (KONICA MINOLTA 社製 MC-700d) を用いた色測定、モバイル帯磁率計 (Terraplus 社製 KT10) を用いた帯磁率測定を実施した。

(2) SfM-MVS 技術を利用した3次元画像による石碑の復元

画像加工用ソフト (Photoshop) を用いて撮影画像の補正 (ホワイトバランスなど) を行った。補正した複数枚の画像を商用のソフトウェア (Agisoft 社製 PhotoScan、内山庄一郎ほか 2014) を用いて3次元デジタルモデルを作成した。

(3) 3D モデルの利用

作成した3Dモデルはウェブブラウザ上の3Dビューアサイト「Sketchfab」にアップロードして、3Dモデルの再加工と整理した石碑の情報の掲載を行った。また3Dモデルを3Dpdf形式でファイルを作成し、ネットを接続できない環境での3Dモデルの利用可能性を調査した。また、動画制作や3Dプリンターなどに活用可能性を評価した。

4. 研究成果

(1) 主な成果

高知県内にある地震津波碑31基について、モデル製作用のデジタル画像の撮影を実施した。すべての石碑について3Dモデルの構築に成功し、「Sketchfab」へのアップロードとpdfデータの作成を実施した(図1)。「Sketchfab」も「3Dpdf」も色情報を削除した3Dモデルを作成でき、文字を明瞭に判読できることが明らかとなった。またphotoshopにより3Dモデルに動きを付けた動画の編集作業を行い、約10基の石碑の概要を紹介する動画を制作し、ウェブによる紹介を行った。また、高知県歴史民俗資料館で開催されていた「発掘された日本列島2016」において、「Sketchfab」を利用した地震津波碑の紹介を行った(図2)。3Dプリンターにより大まかな形状・色を再現できる複製物を作成できた一方、文字の明瞭化に問題があることも明らかとなった(図3)。

石碑の帯磁率は石材ごとに大きく異なり、花崗岩、砂岩、緑色岩の順に大きい値を示し、帯磁率が石碑の石材同定の指標として利用できる可能性が明らかになった。



図 1. Photoscan により作成し、Sketchfab 上にアップした地震津波碑（岸本飛鳥神社石碑）の 3D モデル



図 2. 「発掘された日本列島 2016」での 3D モデルの展示の様子。大型モニターを利用した 3D モデルの紹介と石碑紹介動画の放映を実施。

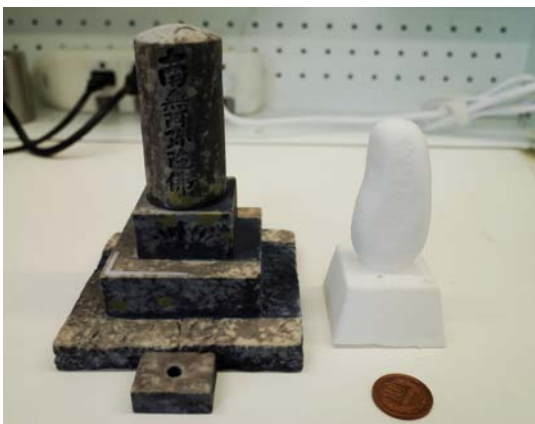


図 3. 3D プリンターによる地震津波碑の複製（左は石膏による 1/9 スケールの萩谷名号碑）

(2) 国内外におけるインパクト

日本全国各地に地震津波碑が存在し、教育委員会等により資料が整理され、一部データベース化も進んでいる。一方、3D モデルをツールとしたデジタルアーカイブ化を進めている事業はこれまでにない。SfM 技術を用いて地震津波碑の立体複製が構築できることがわかったため、石碑と同程度のサイズの石

造文化財についてもデジタルアーカイブとして 3 次元復元技術が応用される。

(3) 今後の展望

地震津波碑の複製保存（デジタルアーカイブ）と地図情報と 3D モデルをリンクさせた地震津波碑データベースを構築し、地震津波碑の保全防災社会教育教材への活用を進める。高知県内の地震津波碑のデータベース化を実施するが、将来、全国規模でのデータベース基盤の構築を目指す。

実際には防災科学技術研究所が所有する「e コミプラットフォーム」の機能を活用した地震津波碑データベースを新規構築する。データベースは石碑の 3D モデル・テキスト情報（記載内容・岩石物理化学データ）・位置情報のリンクを充実させる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- ① 谷川 亘、土佐の地震・津波碑のデジタル化への取り組み、高知歴史民俗資料館館便り「岡豊風日」、95 号、2016、査読なし

〔学会発表〕（計 2 件）

- ① 谷川 亘、浦本 豪一郎、内山 庄一郎、折中 新、山品 匡史、原 忠、高知県の地震津波碑の保全に向けたデジタルアーカイブ化計画、第 33 回歴史地震研究会（大槌大会）、2016/9/11、大槌町中央公民館（岩手県上閉伊郡）、ポスター
- ② 谷川 亘、浦本 豪一郎、内山 庄一郎、折中 新、山品 匡史、岡本 桂典、原 忠、高知県内にある地震津波碑の 3 次元デジタルアーカイブ化に向けた取り組み、日本地球惑星科学連合 2016 年大会、2016/05/22、幕張メッセ（千葉県千葉市）、ポスター

〔その他〕

ホームページ

- ① 高知県地震津波碑の 3D モデルによるデジタルアーカイブ化：
https://www.youtube.com/watch?v=_7Qem4UZ7qs

報道関係情報

- ① 谷川 亘、「イブニング高知」 地震津波碑の紹介、テレビ高知、2017/3/10
- ② 谷川 亘、石碑 3D 化、動画公開へ、毎日新聞朝刊、2017/2/21
- ③ 谷川 亘、浦本豪一郎、瀬戸内海放送製作「テレメンタリー 海に沈んだ村を探せ！～歴史書に残る南海地震の痕跡を求めて～」、テレビ朝日、2017/2/19
- ④ 谷川 亘、高知県内の津波碑を 3D 画像化、県立歴史民俗資料館で公開中、高知新聞

- 朝刊、2016/11/29
- ⑤ 谷川 亘、教訓刻んだ津波碑 3D 化、東京新聞朝刊、2016/9/5
 - ⑥ 谷川 亘、教訓 3D データで保存、毎日新聞朝刊、2016/4/16

アウトリーチ活動情報

- ① 谷川 亘、特別展「発掘された日本列島 2016 新発見考古速報」展示協力、高知県立歴史民俗資料館、2016/11/12-2016/12/18
- ② 谷川 亘、第 5 回高知コアセンター講演会「ちきゅう」が高知にやってくる！～地震の謎から海底下の生物まで～、高知カルポート、2016/10/15
- ③ 谷川 亘、「ちきゅう」の発見と成果、出前授業、高知市立三里中学校、2016/9/3

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷川 亘 (TANIKAWA, Wataru)
国立研究開発法人海洋研究開発機構・高知コア研究所・主任研究員
研究者番号：5026135

(2) 研究分担者

内山 庄一郎 (UCHIYAMA, Shoichiro)
国立研究開発法人防災科学技術研究所・社会防災システム研究領域・特別研究員
研究者番号：30507562

浦本 豪一郎 (URAMOTO, Goichiro)
高知大学・海洋コア総合研究センター・特任助教
研究者番号：70612901

原 忠 (HARA, Tadashi)
高知大学・教育研究部自然科学系農学部
門・教授
研究者番号：80407874

(3) 研究協力者

岡本 桂典 (OKAMOTO, Keisuke)
高知県立歴史民俗資料館・副館長