

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350402

研究課題名(和文) プラネタリウムを使った高野山の全方位デジタルミュージアム

研究課題名(英文) Omni-directional digital museum of Koya-san using the planetarium dome

研究代表者

尾久土 正己 (OKYUDO, Masami)

和歌山大学・観光学部・教授

研究者番号：90362855

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：ドーム映像は一般的なテレビなどの平面映像と比べて高い臨場感を持つ。しかし、プラネタリウムの星空以外の映像制作のノウハウはほとんど蓄積されていない。そこで、本研究ではドーム映像の臨場感などの特徴を理解し、より美しいドーム映像を制作するための技術的課題の解決に取り組んだ。その成果を元に、世界遺産である高野山をドーム映像化し、プラネタリウム番組として公開した。

研究成果の概要(英文)：A dome image has high presence compared with a flat image like a general television. However, know-how of production of a dome image isn't accumulated except for a starry sky image of a planetarium. In this study, we understood the feature of the presence of a dome image and worked on the solution of a technical problem to produce more beautiful dome images. We filmed Koya-san of the world's cultural and natural heritage by omni-directional image and opened it as a planetarium program based on the outcome.

研究分野：観光情報学

キーワード：ドーム映像 臨場感映像 世界遺産

1. 研究開始当初の背景

研究代表者の尾久土は、2009年に奄美大島で起こった皆既日食を、魚眼レンズを装着した4Kビデオカメラで全方位を撮影し、遠隔地のプラネタリウムのドームスクリーンに生中継した。この実験では現地の全方位映像がドームスクリーンに再現され、ドーム内で視聴していた人々は高い臨場感を感じるだけでなく、皆既日食中に起こる周囲の環境変化を現地で観察した人たちと同じように正しく理解することができ、デジタルミュージアムの新しい装置として、その有用性を実証した。

その後、被写体を通常の景観に広げ、撮影や投影の研究を行っていたが、2011年3月11日の東日本大震災後、被災地に入り、津波の被害を受けた景観を全方位カメラで撮影し、防災カリキュラムの中で活用する実験を行った。2011年の台風12号では、紀伊半島の多くの歴史遺産が被災した。このことから、文化遺産を特定の場所の特定の視野の映像だけでなく、すべての場所での全方位映像として記録することの緊急性と重要性を確認した。

内外に目を向けると、ドーム映像など全方位映像の研究はプラネタリウム業界で活発に行われていた。しかし、プラネタリウムで投影される動画のドーム映像はほとんどがCGであり、実写の映像は静止画のコマ送りの映像を除いて投影されていなかった。またGoogleのStreet Viewのように景観や博物館の内部を全方位映像で公開する試みが行われているが、これも静止画であり、動きのある被写体を対象にしていなかった。

世界遺産などの有形文化財は、静止画でも十分に記録保存する価値があるが、有形文化財が保存されている場所では、祭や芸能などの無形文化財も伝承されており、それらを含めた総合的なデジタルミュージアムの構築が必要であり、そこには動きも記録できる超高精細の実写動画の全方位映像を使った研究が不可欠であった。無形文化財について、我々は長野県に伝わる国の重要無形文化財の「遠山の霜月祭」を試験的にドーム映像として記録し、飯田市美術博物館で一般公開する研究を始めていた。

そこで、我々は本学が一番近い世界遺産であり、研究期間内に開山1200年を迎え、様々な宗教行事も行われる高野山をフィールドに超高精細の全方位動画でデジタルミュージアム化する研究を提案した。

2. 研究の目的

皆既日食では、暗くなる周囲の変化を再現することが一番であり、風景の画質については二の次であった。しかし、本研究では歴史的建造物や周囲の植生、さらには祭で演じる人々の姿などを可能な限り詳細に記録しなければいけない。ところが、我々がこれまで扱ってきた映像は、コントラストと解像度の

いずれも低いというドーム映像ならではの課題が残されていた。

日中の屋外撮影では全方位ゆえに逆光と順光が同視野に入るため通常の撮影では非常に広い明暗の光景を撮影することになる。また、撮影した映像をドームスクリーンに投影すると明るい部分の散乱光が反対側の暗い側を照らし、そのコントラストを低下させる。そこで、この散乱光を事前に予想して投影前のコントラストを高くしておく必要がある。このように、ドームスクリーン上に実写の映像を再現するためには、非常に広いダイナミックレンジでの撮影のノウハウと、ドームスクリーン上でのコントラストの低下を見越した投影のノウハウを得ることが、本研究の1つ目の目的であった。

次に、テレビや映画などの平面ディスプレイで視聴する映像（以下、平面映像）に関しては、どのようなアングルで撮影すれば視聴者にその被写体に関心を持ってもらえるか、長年の経験によって多くのノウハウが蓄積されており、教科書も多い。しかし、ドーム映像に関しては、どのような映像が視聴者の関心を持つかや、どのような映像がドーム映像の特徴である高い臨場感を発揮するのかについて、ほとんどノウハウはなく、教科書もない。そこで、ドーム映像を平面映像と比較することで、ドーム映像の特徴を明らかにし、どのように撮影・投影すれば、視聴者の関心を高めることができるかを明らかにするのが本研究の2つ目の目的である。

最後の課題が解像度である。4Kの解像度を持って広いドームスクリーンでは人間の視力に換算すると0.2しかないのが現状である。視力1.0に相当する映像を単一のシステムで実現するためには映像機器の更なる技術革新を待たねばいけない。研究開始時点で、複数のプロジェクタを組み合わせることでより高い解像度のドーム映像（視力換算で0.8）のドーム投影システムが発表されていた。しかし、その超高解像度に対応する撮影システムは開発されていなかった。撮影側でも複数のカメラ映像の合成を行ったり、観測天文学などで盛んに行われている超解像度処理を用いたりすることで解像度を高めることができるはずである。そこで、様々な実際の景観や動きのある無形文化財を4Kカメラやより解像度の高いデジタルカメラを複数台使って撮影し、画像合成や超解像度処理をかけ、肉眼視力に迫る全方位実写動画を実現する研究を行うことが、3つ目の目的である。

以上、3つの技術的目的を達成した上で、高野山で開催される1200年祭をプラネタリウムのドームスクリーンで投影可能な高野山の全方位デジタルミュージアムとして構築するものである。

3. 研究の方法

上にあげた3つの技術的目的ごとに行った研究方法を紹介する。

広いダイナミックと高いコントラストのドーム映像の撮影と投影のノウハウを得るために、我々は有形無形の多くの被写体を様々な天候、時刻などの条件下で様々な露出パラメーターで撮影し、編集ソフト上でコントラスト、シャドウ、ハイライト、彩度など様々なパラメーターを変更しながら、投影を繰り返すことで、実写のドーム映像に適した撮影と投影のための編集のノウハウを得ることにした。

次に、ドーム映像の特徴を明らかにするために、まず、同じ被写体を平面映像とドーム映像で用意し、両方を視聴することで比較実験を行った。その中で、平面映像とドーム映像のもっとも大きな違いは臨場感や迫力の強弱であることが明らかになった。そこで、臨場感の原因を求めて、視聴者のドームスクリーン内での注視行動を観察（測定）することにした。その理由は、平面映像では視聴者は正面の映像を見るだけだが、ドーム映像は視聴者の上や背後まで映像が広がっているため、全体を見るためには頭を動かす必要がある。そこで、頭の動きを注視行動の1つの指標として選択した。実際の測定方法として、小型の耳かけカメラを視聴者に取り付け、記録された映像をドーム映像と比較することで、頭の向いている方向を測定した。この方法は準備は簡単だが、実際の測定は動画を手作業で確認することになり手間のかかるものだった。そこで、自動的に頭の動きを検出するために、スマートフォンの角度センサーや加速度センサーを用いる試みも行った。

最後に、4Kを超える解像度のドーム映像の撮影と投影の実現である。放送業界では2020年の東京オリンピックに向けて8K（スーパーハイビジョン）の導入が進んでいるが、未だ民生機のカメラやプロジェクタは開発されていない。現時点では、複数のカメラを多眼システムとして組み合わせるしかない。そこで、4Kの小型カメラを5台組み合わせた多眼カメラシステムを構築し、無形文化財の素材として動きの速いスポーツ競技を使って撮影実験を行った。

これらの3つの技術的目標と並行して、高野山やその周辺を撮影し、1200年祭のドーム映像番組を製作するとともに、取得した全方位映像を観光支援アプリの素材として提供した。

4. 研究成果

様々な被写体を様々な条件下で撮影した結果、ドームスクリーン上で高いコントラストと鮮やかな色を再現するためのノウハウが蓄積できた。この成果を用いて、飯田市美術博物館と協力して、長野県飯田市の自然、民俗、美術の3分野で16本のプラネタリウム番組を制作した（雑誌論文③）。

次に、頭の動きという注視行動に注目した結果、ドーム映像の特徴が明らかになった。図1は、同じドーム映像を視聴した典

型的な2人の頭の動きである。上の図では、視聴者は頭をスクリーン全体に向けており、いわゆる「キョロキョロ」しながら映像を見ている。それに対して、下の図では、視聴者は映像が周囲に広がっているにもかかわらず、平面映像を見るかのように正面しか見ていない。そこで、被験者の中から頭を大きく動かすグループとほとんど動かさないグループを選び出したところ、頭を動かす方が高い臨場感を得ていることが明らかになった。頭を動かすことで、能動的に映像を視聴することになり、自身の体験になるからであろう（雑誌論文④）。

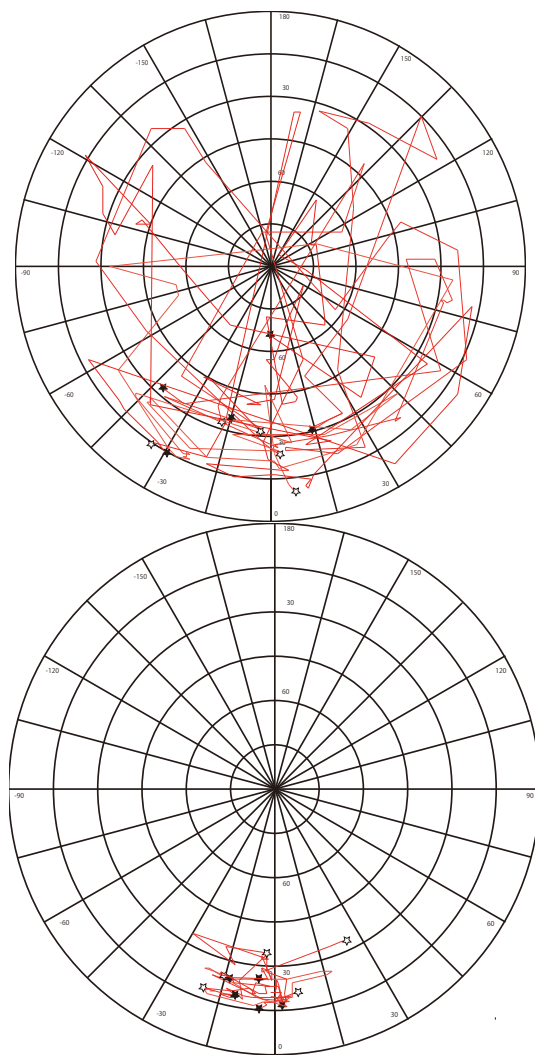


図1. ドーム内での頭の動きの例

また、4Kを超す解像度を実現するために5台の4Kカメラを組み合わせることで視力換算で0.7のドーム映像を撮影することに成功した。そのカメラシステムを使って、インターハイのハンドボールの試合を撮影し、解析した。その結果が図2である。上の写真は従来の1台の4Kカメラで撮影したドーム映像の一部を切り出したものである。下の写真は多眼カメラシステムで同じエリアを切り出したものである。明らか

に解像度が向上して、競技の詳細を表現できていることがわかる(雑誌論文①)。しかし、実際にドームに投影すると、解像度の高さより、スクリーン全体の像の画質の良さが重要になる。理由として利用した5台のカメラが安価なアクションカメラであったことから、解像度は高いものの映像の質としては劣っていたのだと考えられる。このことを明らかにするためには、8Kを超えるドーム投影システムが必要になり、本学にその環境がないために、今後の整備が必要である。

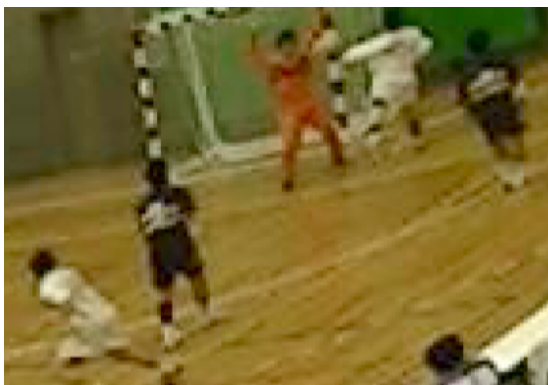


図2. 1台と5台の4Kカメラの映像

以上の3つの技術的課題を解決しながら、高野山1200年祭のドーム映像番組を制作し、公開した(図3)。また、3年間に撮影した高野山や周辺の全方位映像を観光支援のアプリに提供することで、総合的なデジタルミュージアムを構築することができた。さらに、無形文化財の素材として撮影を始めたスポーツ競技での実験から、現在、東京オリンピックのドームを使ったパブリックビューイングの実験プロジェクトがスタートし、新たな科学研究費のテーマとして継続している。さらに、ドーム映像などの全方位映像が観光に与える影響などについての議論も展開することができた(雑誌論文②)。

観光デジタルドームシアター学内公開
高野山開創1200年記念大法会 結願法会
嵯峨御流 献華式

2015年4月2日から5月21日まで、高野山では開創1200年を記念し、様々な法会が行われました。その最後の結願法会において、嵯峨天皇を始祖とする「いけばな嵯峨御流」の方々による献華式が行われ、撮影を許可いただきました。供花侍者として観光学部学生も参加しています。この機会にぜひご覧ください。

2015年 9月11日(金)12時~13時
※1回約12分のコンテンツを繰り返し上映
会場:観光学部棟 観光デジタルドームシアター

定員:各回10名程度(入替制)
参加方法:当日先着順

お問い合わせ:和歌山大学観光学部 観光教育研究センター(担当:吉住千亜紀)
観光学部研究棟2階K-216室
TEL:073-457-8553(内線8581) / E-mail:tourism@edcenter.wakayama-u.ac.jp
※教職員・学生は必ず事前に登録が必要です。ご登録ください。

図3. 高野山開創1200年祭の番組

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 5件)

- ① 尾久土正己、吉住千亜紀、スーパードームシアターの提案とその予備実験、観光学研究におけるアジアのハブ拠点の構築に向けた研究高度化・国際化プロジェクト報告書、査読無、No.1、2016、pp. 325-329
- ② 尾久土正己、超臨場感映像で移動を伴わない観光を、観光と情報(観光情報学会)、査読無、Vol.11、No.1、2015、pp. 16-19
- ③ 吉住千亜紀、尾久土正己、村松武、飯田市の文化資源を活用した全天周映像番組、観光学(和歌山大学観光学会)、査読無、No.13、2015、pp. 21-26
- ④ 尾久土正己、秋山ゆかり、吉住千亜紀、ドーム映像の特徴とスポーツ競技への応用、HODIC Circular(ホログラフィック・ディスプレイ研究会会報)、査読無、Vol. 35、No.1、2015、pp.26-30
- ⑤ 尾久土正己、吉住千亜紀、デジタルドームシアターを使った超臨場感教材、電子情報通信学会技術報告、査読無、Vol.113、No.67、2013、pp. 61-65

〔学会発表〕(計15件)

- ① 木川剛志、吉住千亜紀、尾久土正己、ドームドラマ「I'm not alone」の制作背景とこれからの展開、日本デザイン学会第3支部平成27年度研究発表会、

- 2016/3/22、名古屋市立大学病院
- ② 尾久土正己、秋山ゆかり、吉住千亜紀、スマートフォンを使った注視行動の測定とスポーツ映像への応用、第12回観光情報学会全国大会、2015/6/19~20、近江町交流プラザ（石川県金沢市）
- ③ 尾久土正己、和歌山から宇宙へ、ソフトウェアシンポジウム 2015（招待講演）、2015/6/15~17、ビッグ愛（和歌山県和歌山市）
- ④ 今村美聡、吉野孝、児玉康宏、吉住千亜紀、尾久土正己、山歩きを伴う高野山町石道案内システムの開発と評価、情報処理学会第77回全国大会、2015/3/17~19、京都大学
- ⑤ 尾久土正己、秋山ゆかり、吉住千亜紀、ドーム映像の特徴とスポーツ競技への応用、ホログラフィック・ディスプレイ研究会（招待講演）、2015/3/8、情報通信研究機構（東京都小金井市）
- ⑥ M. Okyudo, C. Yoshizumi, Characteristic of the ultra-realistic dome images estimated from viewing behavior, The 21th International Display Workshops (Invite), 2014/12/3-5, Toki Messe Niigata Convention Center（新潟県新潟市）
- ⑦ 藤原佑歌子、吉野孝、児玉康宏、吉住千亜紀、尾久土正己、パノラマ動画を用いた観光支援システムの開発、グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2014、2014/11/27、ニューウェルシティ湯河原（静岡県熱海市）
- ⑧ 今村美聡、吉野孝、児玉康宏、吉住千亜紀、尾久土正己、スマートフォンを用いた高野山町石道案内システムの開発、第10回観光情報学会研究発表会、2014/11/15、和歌山大学
- ⑨ 藤原佑歌子、吉野孝、児玉康宏、吉住千亜紀、尾久土正己、高野山町石道観光のためのパノラマ画像およびパノラマ動画を用いた情報共有システムの開発、第10回観光情報学会研究発表会、2014/11/15、和歌山大学
- ⑩ 今村美聡、吉野孝、児玉康宏、吉住千亜紀、尾久土正己、パノラマ画像および動画を用いた観光支援システムの提案、2014年度情報処理学会関西支部支部大会、2014/9/17、大阪大学中之島センター
- ⑪ C. Yoshizumi, M. Okyudo, High definition fulldome video of various real scenery, The 22nd International Planetarium Society Conference, 2014/6/23-27, Beijing Planetarium（中華人民共和国）
- ⑫ 尾久土正己、杉村理紗、吉住千亜紀、実際の観光地とドーム映像での注視行動の比較、第11回観光情報学会全国大会、2014/6/20~21、東京大学

- ⑬ 吉住千亜紀、尾久土正己、注視行動から考えるドーム映像の演出方法、全国プラネタリウム大会・姫路 2014、2014/6/2~4、姫路科学館（兵庫県姫路市）
- ⑭ 尾久土正己、超臨場感映像と民俗芸能、民俗芸能学会（招待講演）、2013/10/20、飯田市美術博物館（長野県飯田市）
- ⑮ 尾久土正己、碓間晴香、吉住千亜紀、中串孝志、観光ドーム映像の視線分析、第10回観光情報学会全国大会、2013/6/15、北見工業大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

尾久土 正己 (OKYUDO, Masami)

和歌山大学・観光学部・教授

研究者番号：90362855

(2) 研究分担者

吉住 千亜紀 (YOSHIZUMI, Chiaki)

和歌山大学・観光学部・研究支援員

研究者番号：70516442