

観光デジタルドームシアターシステムの構築とその実践

吉住千亜紀、尾久土正己

研究ノート

観光デジタルドームシアターシステムの構築とその実践

Development of a Digital Dome Theater System for Sightseeing and its Applications

吉住 千亜紀¹、尾久土 正己²

Chiaki Yoshizumi, Masami Okyudo

¹和歌山大学宇宙教育研究所、²和歌山大学観光学部

キーワード：デジタルドームシアター、超臨場感、4K超高分解像度

Key Words : Digital Dome Theater, ultra realistic, 4 K ultra-high resolution

Abstract :

A Digital Dome Theater system for sightseeing was developed at the Faculty of Tourism, Wakayama University. The Theater allows projection of ultra realistic images of sightseeing sites on the dome screen using a 4 K ultra-high resolution imaging system. A number of applications and dome screening contents have been developed using this system. The audience feedback on the Theater is also included in this report.

1. はじめに

和歌山大学観光デジタルドームシアターは、「超高精細」及び「超臨場感」をキーワードに、2009年3月に和歌山大学観光学部に導入されたデジタル映像体感施設であり、見た目はいわゆるプラネタリウムのような、ドーム状のスクリーンに映し出された映像を見る施設である。

観光立国をうたう日本、観光立県を目指す和歌山において、“現地を実際に訪問し体験する”観光を推進する一助として、そこに行きたい気持ちにさせるコンテンツは重要であり、また様々な制約（地理的・人的・時間的制約他）により実際には体験不可能な場面を再現、あるいは生中継するコンテンツは、観光分野のみならず、教育・科学・宇宙開発他、幅広い分野で大きな需要が見込まれる。

近年、プラネタリウムのデジタル化が進み、日本国内に約370施設あるプラネタリウムの約3割がなんらかの形でデジタル化しているが、プラネタリウム以外の活用例はあまり報告されていない。そこで本デジタルドームシアターを用い、平面スクリーンでは得られない没入感を得られる特殊なドーム空間を活用した様々な実践例を紹介するとともに、それらの効果を評価し、今後の課題を探る。

2. システム概要

本デジタルドームシアターは、ドームスクリーン、投影システム、撮影システム、中継システム、コンテンツ制作システムより構成される（図1）。

2.1. ドームスクリーン

ドームスクリーンは直径5mとした。これは後述するプロジェクターの性能を最大限に生かす大きさであるとともに、学生教育・一般公開も視野にいれ、定員20名～30名程度を確保できる大きさである。また、システム導入時に常設可能な建物がなかったため、可動（組立て）式ドームスクリーンとした。通常、可動式のエアドームの場合、空気で膨らませるのが主流だが、人の出入りの際にもスクリーンが萎まず映像に影響の出ない吸気式エアドーム（株式会社東京現像所製）を採用した。組立て・設置及び解体・梱包には作業員8名程度で、各3～4時間を要する。（2010年秋に新観光学部棟へ常設予定。）

図1 観光デジタルドームシアター外観



2. 2. 投影システム

2. 2. 1. 操作部

投影システムはデジタルプラネタリウムであるSUPER MEDIAGLOBE- II (コニカミノルタプラネタリウム株式会社製)を我々の要求に応じて特別仕様にしたものを導入した。装置はメインコンピュータ、描画コンピュータ、音響システム(5.1ch)から構成され(図2)、主な機能として、①マルチメディア機能:各種静止画・動画を投影する、②デジタルプラネタリウム機能:地球上から見た天体の動きを再現する、③宇宙シミュレーション機能:宇宙の天体の動きを再現する、の3機能を有し、その組み合わせで様々なシーンを再現できる。またGUIやジョイスティックの採用で初心者にも直感的に分かりやすい操作性を実現している(図3)。

2. 2. 2. 投影部

多くの中規模以上のプラネタリウム施設では、全天解像度を高めるために複数台のプロジェクターを組み合わせた投影方式を採用しているが、調整不良によって映像のつなぎ目が目立ったり、コンテンツの分割処理等に時間がかかったりする場合がある。本デジタルドームシアターでは実写映像の生中

図2 投影システム(左からメインコンピュータ、描画コンピュータ、音響システム)



図3 GUI操作画面



継をコンテンツの大きな柱の一つとしているため、つなぎ目の心配や分割処理の必要のない単眼式とし、プロジェクターは現在市販されている最高解像度の4K(ハイビジョンの4倍の解像度)プロジェクターの中からコントラスト比の高いDLA-SH 4K(日本ビクター株式会社製、4,096×2,400ピクセル、コントラスト比10,000:1)を採用した。レンズは専用魚眼レンズを装着している(図4)。

2. 3. 撮影システム

2. 3. 1. 4Kカメラ

4K実写映像の撮影に不可欠な装置が4Kカメラである。テレビや映画業界のデジタル化によりRED ONE(RED Digital Cinema Camera Company製)等の4Kカメラも登場していたが、これは機種特有のフォーマットで記録し、リアルタイムで映像を取り出すことができなかった。しかし後述の皆既日食中継プロジェクトにおいて、日本ビクター株式会社が開発中(当時)の「4K 2K 60Pカメラ(4K映像をリアルタイム出力できる世界初のビデオカメラ)」を使用した中継実験を行い、成功した。それを受け、2010年3月、製品化した4Kカメラ(3840×2160ピクセル、60fps)を導入した(図5)。

図4 4Kプロジェクター



図5 撮影システム(4Kカメラ、ビデオサーバー)



2.3.2. ビデオサーバー

4 Kカメラの膨大なデータを記録するための装置がビデオサーバーである。本システムでは撮影時の移動を考慮し、記録時間を確保しつつ小型軽量化されたZaxtar- 4 K (株式会社ザクセル製)を導入した。本サーバーでの記録時間は約140分(30p、10bit、可逆圧縮時)で、さらに高品位な画像処理に適したTIFF形式の連番静止画での書き出し等が可能となっている。

2.4. 中継システム

2.4.1. JPEG 2000リアルタイムコーデック

4 K実写映像の中継を行う場合、大容量の4 Kデータをそのまま送ることはできない。そこでリアルタイムで圧縮送受信できるシステムとしてJPEG 2000リアルタイムコーデック(NTT AT製)を採用した。これは4 K解像度の超高精細映像をリアルタイムでJPEG 2000方式による符号化・復号化及びIPネットワーク伝送する装置である。解像度(4096×2160、3840×2160)やフレームレート(24p、30p)、カラースペース、色深度についても複数に対応し、さまざまなフォーマットに対応している。なお、中継には送信側・受信側それぞれに本機が必要となるが本システムでは1台のみ所有し、もう1台は各プロジェクトにおいて調達することとしている。

2.4.2. ハイビジョンテレビ会議システム

中継の際、撮影現場と投影会場との連絡や全天映像以外に注目したい場面を平面映像として送る必要が生じる場合がある。それに対応するために、テレビ会議システム(POLYCOM社製)を導入した。送られた平面映像は、通常のモニタのみならずドームスクリーンに投影することも可能である。

2.5. コンテンツ制作システム

2.5.1. コンテンツ編集システム

平面スクリーンと違い、ドームスクリーンは光の回り込みがあるため実際に投影してみないと適正な露出になっているかわかりにくい。そのため、撮影後に各種映像の明るさ、コントラスト、色調等を修正する。また、それぞれを組み合わせたり、文字や効果を追加したりして映像コンテンツとして編集する。これらの編集作業は高性能CPUを持つパソコンで、主にAdobe Photoshop, Adobe After Effects, Adobe Premiere等一般的な画像処理ソフト及び各種映像をドーム用に変形するためのDomeXF(After Effectsプラグイン、Sky-Skan社製)等を使用している。

2.5.2. コンテンツ確認システム

コンテンツ確認システムは、研究室用FRP 3 mドームスクリーン、操作部、投影部から構成される。投影部は描画コン

ピュータを除く投影システム(2.2.1)を、投影部は現在主流のフルハイビジョンプロジェクターを採用している。これにより、平面モニタでは円形に表示されるドームコンテンツを実際の形状で確認しながら編集作業をすすめることが可能となる(図6)。

3. 実践例

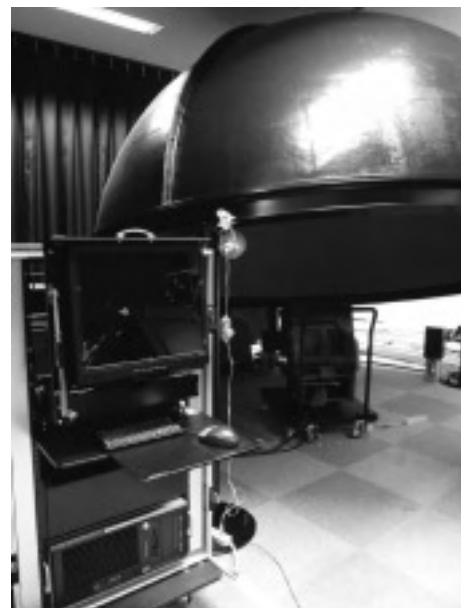
これまでの主な実践例は以下の通りである。

3.1. 静止画コンテンツ

4 Kカメラが導入されるまでは、デジタルカメラを使った静止画しか撮影できなかったため、2009年度の前半は静止画コンテンツの制作から始めた。全天静止画の撮影には主としてNikonD 3及びSIGMA魚眼レンズを用いており、比較的容易に画像を取得できる。県内では世界遺産の高野山他、各地の風景を全天静止画で収集しつつあり(図7)、和歌山県をめぐる観光コンテンツの制作を予定している。

また2008年度にみさと天文台と協力し、ハワイ・マウナケア山頂で風景の全天微速度撮影を行った⁽¹⁾。微速度撮影は一定時間毎に撮影を行い、長い時間(例えば1日)を数分で表現するような映像である。実際には日没から日出までの撮影を行い、その映像を動画にすることによって、本デジタルドームシアターでハワイ・マウナケア山頂の一晩を体験できるコンテンツを制作した。現状の4 Kカメラでは星空のような暗い被写体を撮影することができないため、今後も暗い被写体に対してはデジタルカメラによるコンテンツ制作が有効な手段である。

図6 コンテンツ制作システム



3.2. 日食中継実験

2009年7月22日に奄美大島で起こった皆既日食の生中継を実施した。これは、著者の1人である尾久土が所属する超臨場感コミュニケーション産官学フォーラム (URCF) に全天映像伝送プロジェクトを立ち上げ、各研究機関の協力の下、全国4カ所で上映実験を行ったものである (図8)。この中継は4K映像伝送では世界初の公開実験であり、会場は回線確保のため「けいはんなプラザ (京都)」、「ABCホール (大阪)」、「大阪市立科学館 (大阪)」、「つくばエキスポセンター (茨城)」とし、本ドームシアターシステムは主会場である「けいはんなプラザ」で使用した (図9)。

当日は薄雲のためにコロナやダイヤモンドリングといった皆既日食ならではの現象を撮影することはできなかったが、上

図7 静止画コンテンツの例 (左: 高野山大門 (和歌山県伊都郡)、右: 紀三井寺の夜桜 (和歌山市))

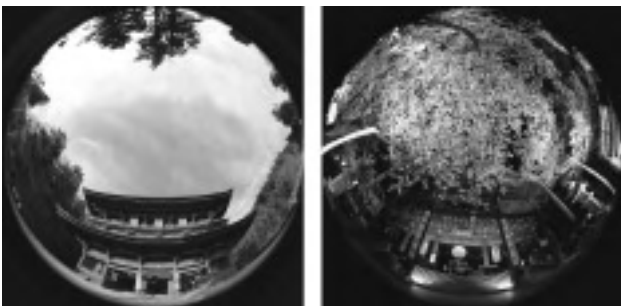


図8 4K全天映像中継実験システム図



図9 けいはんなプラザ会場での皆既日食中継の様子 (関西文化学術研究都市推進機構提供)



空を通過する日食の影 (本影錐) を再現することに成功した。4会場日食イベント参加者は約7,100人で、その内けいはんなプラザ会場では、1,843人の応募の中から抽選した参加者 (生中継29人、録画上映97人) に対し、デジタルドームシアターでの皆既日食体験についてアンケート調査を行った。なお、けいはんな会場での生中継は日食の解説等もあわせ約70分のイベントに組み込まれていたのに対し、録画上映は約10分の上映を繰り返し、特に解説は行わなかった。しかしアンケートの結果、両者で非常に高い満足度及び日食についての理解度が得られ、あまり差違が見られないことから、映像だけで十分に現地の様子を表現できていたと考えている。また自由記述には、「360°周りの様子が見られて、食の影が西からやってくるのが大変面白かった」、「現地にいる様だった」、「周囲の変化の状態がよりよく判った」、「3Dでなくとも、臨場感が感じられる」等、曇天で太陽が見えなかったにもかかわらず、日食という現象とそれに伴う周囲の変化を臨場感を持って体感できたことに感動する声が多く見られた⁽²⁾。

なお日食イベントに際し、事前に取材した奄美大島の映像を用い、奄美大島を紹介する番組 (約4分) も制作し、日食中継開始前に上映した。

3.3. 日食番組制作と上映イベント

日食映像は中継だけでなく、現地においてビデオサーバーで非圧縮録画していた。中継実験後、その録画データから連番静止画を取り出し編集したものを番組制作を行い、以下で上映、発表した。

- 2009年 7月 NICT施設一般公開 (東京・NICT本部)
- 11月 けいはんな情報通信研究フェア2009 (京都・けいはんなプラザ)
- 11月 青少年のための科学の祭典 (和歌山・ビッグホール)
- 11月 公開体験学習会 (和歌山大学)
- 2010年 3月 情報処理学会創立50周年記念全国大会デモ展示企画 今ドキッのIT (東京大学)

このうち、情報処理学会の上映については、メーカーから借りた機材で投影したが、その他については本学のシステムを運び込んで上映した。

3.4. 成層圏バルーン実験

2009年5月にJAXAが実施した成層圏バルーン (大気球) 実験において、魚眼レンズ付きハイビジョンビデオカメラを搭載してもらい、最大高度約40kmからの下向きの全天映像を撮影した。そこには地球の青く薄い大気層や漆黒の宇宙が写されていた。JAXA研究者にとっては実験装置の記録映像でもあるが、撮影映像を編集し、科学教育・アウトリーチのためのドームシアター用コンテンツを制作し、学会等で発

表した⁽³⁾。

さらに2010年3月に県内串本町で開催された「高高度気球を用いた微小重力実験装置の開発」報告会（和歌山大学、JAXA共催）において、現地串本町を紹介する観光コンテンツ、高高度気球紹介コンテンツ及び上記のアウトリーチコンテンツを上映した。

3.5. その他の番組制作

本デジタルドームシアターシステムでは各種映像を用い、本システムの3機能を組み合わせたプログラムを記述することで、本システム特有の番組を制作することができる。これにより、前述の他に本デジタルドームシアター紹介番組（約6分）やCGコンテンツを制作した。なおデジタルドームシアターはその性質からCG映像と非常に親和性がある。現状はサンプル映像の制作にとどまっているが、今後、情報やデザイン分野での活用も進めたい。

4. 評価実験と考察

これまでの実践例の内、青少年のための科学の祭典及び公開体験学習会において、本学観光学部でミュージアムマネジメント講座を受講する学生を対象としたデジタルドームシアターに関するレポート調査（サンプル数54名）を実施し、以下のような意見が得られた（表1）。

これらの意見より、ドームシアターでは平面スクリーンよりはるかに高い臨場感を得られることがわかった。また日食中継実験のアンケート調査にも見られたが、周囲のどこ（何）に注目するかを個人の興味によって選択できることが、さらに臨場感を高めていることに注目したい。四角く切り取られた風景は、その時点で撮影者の“ここを見せたい”という意思が働いているのである。さらに、この体験により実際に体験してみたいという動機付けが行われている点も、本デジタルドームシアターシステムの目的を果たすものである。

一方、悪かった点としては設備に関する指摘が多く見られた。本デジタルドームシアターシステムはあくまで研究用であり、快適性はあまり考慮していない。しかし観覧時の心理状

表1 デジタルドームシアターを体験して良かった点、悪かった点（抜粋）

良かった点	悪かった点
<ul style="list-style-type: none"> ・実際にその場にいるかのような臨場感を味わうことができた。 ・スクリーン画面が近いため臨場感が出ていた。 ・360°見渡せるスクリーンで周囲（東西南北）の風景も楽しめた。 ・（皆既日食になった瞬間、）鳥が飛んでいったのが印象的だった。 ・皆既日食までの緊張がリアルに伝わってきた。 ・空が暗くなる様子がはっきりわかった。 ・画質が綺麗だった。 ・実際に自分の目でみてみたくなった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・首が痛かった。 ・椅子が悪く見づらかった。 ・シアター内がとても寒かった／暑かった。 ・壁際の席は映像が見づらかった。 ・ダイヤモンドリング・コロナが見られなくて残念。 ・映像が暗い、見えにくい、空の変化がわかりにくい。 ・画像の解像度が悪い。 ・ドームが大きい／小さい。 ・周囲（シアターの外）がうるさかった。

態に影響を及ぼすと考えられるため、椅子の配置、気温、周囲の環境等で改善できるものについては今後検討したい。

また、画像の解像度（画質）について、良い／悪いの両意見が見られる。本デジタルドームシアターの全天有効解像度は2400ピクセルである。通常のスクリーンでは十分な解像度であるが、直径5mのドームスクリーンではまだまだ不十分であり、カメラやプロジェクター、映像処理コンピュータ等の性能の向上を待つ必要がある。現時点でプロジェクターを複数台組み合わせることで解像度をあげるシステムもあるが、生中継のために取って単眼式を採用していることが本デジタルドームシアターシステムの特色である。また、日食という照度の低い風景映像であったためにノイズが目立ったことも、悪い評価を受けた原因だと考えている。この評価実験は2つのイベントで行ったが、前者の科学の祭典では暖房の効いた室内に設置したこと、また、大人数の観客が訪れたことからドーム内の室温は非常に高く汗をかくほどであった。一方、後者の体験学習会の会場は暖房の効かない本学のシステム工学部の玄関ホールに設置したため、ドーム内の機器の発熱により適温となったほか、観客も毎回多少の空席ができる程度で快適であった。そこで、この評価を2つのイベント別に分けてみると、悪い評価は室温が高温で満員状態であった前者のイベントで明らかに多くなっていた。このことは、映像コンテンツの評価が、被験者がおかれている環境によって影響されることを示しており、実際の公開施設での上映を考える際には、室温や椅子などの視聴環境の向上に努める必要がある。

さらに、これまでいくつかの課題が明らかになってきた。まずドームスクリーンについて、設置等に時間と人手がかかることである。今後も継続して学外での上映を実施するためには、スクリーンの質は多少低下するが、より設置の簡単なエアドームの購入も検討したい。空気を入れて膨らませるタイプのものであれば最低3人いれば設置が可能である。

次に4Kカメラでの撮影も、現状では機材の運搬等で10人（生中継では20人）程度の人手を必要とし、調整がかなり困難である。さらに撮影場所によっては電源の確保も大きな問題になる。これらについては、中継車の導入が考えられる。最近では100V電源を備えた車もあり、あるいは中継車で発電機を運ぶこともできる。中継車に撮影機材が組み込まれていることで配線等の作業が減り、半分以下の人手での運用が可能になると思われる。

5. おわりに

本デジタルドームシアターシステムの導入から約1年の間に実施したいくつかの実践例を紹介したが、その中から、様々な課題とともに大きな可能性を得ることができた。観光分野においては、自然保護等の目的で立ち入り制限のある場所や夜間等一般には見るのが困難な場所・時間でも、生中

継あるいは録画映像で体験することができるだろう。日本人宇宙飛行士が長期滞在する国際宇宙ステーションや間もなく始まる民間宇宙旅行も、まずデジタルドームシアターで宇宙への一歩を体験してはどうだろう。ときにはアリヤカブトムシの目で身近な自然を楽しむのもよいかもしれない。

2010年度は、和歌山大学と友好交流協定を結ぶ長野県飯田市にご協力いただき、すでに飯田市に残る一本桜の撮影をはじめている。さらに、和歌山県内世界遺産地域、南太平洋での皆既日食他、いくつかの撮影及び生中継を予定している。これらの撮影を進めるとともに、魅力的なコンテンツと撮影・番組制作技術を蓄積したい。

最後に、本システムを導入する上にあたって観光学部の山田純教務係長他、多くの事務職員にご協力いただいた。また、個々の名前をあげることはできないが、我々の特別なリクエストに対して各メーカーの担当者にご協力いただいた。さらに、多くのイベント会場で多くの人々に設置のための肉体労働を含めてご協力いただいた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 小澤友彦, 矢動丸泰, 布施哲治, 吉住千亜紀, 尾久土正己, 「風景画像の昼夜連続撮影のための露出補正制御」, 観光学 (和歌山大学観光学会), No.1, pp.21-27, 2009.5.
- (2) 尾久土正己, 荒川佳樹, 佐藤正人, 藤井竜也, 白井大介, 徳永正巳, 西垣順二, 大場省介, 香取啓志, 吉住千亜紀, 萩原文恵, 渡辺健次, 「4 K全天映像を使った皆既日食の超臨場感中継」, Internet Conference 2009 論文集, pp. 91-99, 2009.10.
- (3) 吉住千亜紀, 尾久土正己, 秋山演亮, 佐藤奈穂子, 他7名, 「デジタルドームシアターで体感する高度30km～バルーンから見る地球～」, 第53回宇宙科学技術連合講演会, 3K07, 2009

受付日 2010年4月8日

受理日 2010年4月28日