

# デジタル地球儀を用いた 成長型海洋生態系アーカイブのデザイン手法

高田 百合奈<sup>1</sup> 渡邊 英徳<sup>1</sup> 植田 佳樹<sup>2</sup>

**概要:** 本研究では、海洋生態系に関する情報のデジタルアーカイブの手法の提案を行う。海洋生態系に関する情報は、時間軸も含む多面的情報である。しかし、これらの情報を俯瞰的に閲覧できるようにデジタルアーカイブを行う適切な手段は存在しなかった。そこで、適切な VR 技術を用いることで、海洋に関する多面的な情報の相互参照と、ユーザによるデジタルアーカイブの構築への参加を可能とする、成長型コンテンツを確立することを目的とする。本研究の実装例として、鹿児島県の奄美諸島群の南端に位置する与論島における海洋情報のデジタルアーカイブコンテンツ「ヨロンダイバー」を挙げる。このコンテンツを通して、提案する手法について述べる。本研究の目的を達成するためには、ユーザからの投稿によるデータ、立体的な海底地形、海中の写真を、デジタル地球儀上に重層表示させることが有効である。本手法を用いることで、海洋に関する様々な情報と、ユーザによって投稿されたデータを、デジタル地球儀上に統合表示させ、より深い理解をユーザに促すことが可能になる。

**キーワード:** デジタルアーカイブ, グーグルアース, 海洋生態系, 地理情報システム

## Design Method of the Marine Ecosystems Archive that Use Digital Globe

**Abstract:** In this study, we propose a method of digital archive of information about the marine ecosystem. Information about the marine ecosystem is a multi-dimensional information, including the time axis. However, the appropriate means to do a digital archive so you can view these to overview holistic information did not exist. Therefore, by using appropriate VR technology, we intend to establish the content to be extended allowing a cross-reference of pluralistic information about the ocean, and a participation for user in the construction of a digital archive. As an example implementation of the present study, we cite "Yoron Diver", digital archive content of marine information in Yoron Island. In order to achieve the purpose of this study, it is valid to be displayed overlaid on the digital globe with data submitted by users, three-dimensional terrain models of the seabed, and photographs undersea. If this approach is used, this is possible to prompt a deeper understanding for users.

**Keywords:** Digital Archive, Google Earth, Marine Ecosystems, GIS

### 1. はじめに

著者らは、海洋生態系の情報をユーザ自身が投稿でき、立体的な海底地形、海中の写真群と相互参照しながら、多面的に閲覧可能な web デジタルアーカイブ「ヨロンダイバー」(図 1) を制作した。<sup>\*1</sup> 本稿では、本作品の解説を通して、成長型海洋生態系アーカイブのデザイン手法につい

て詳述する。

気候変動などの物理環境、漁業などの人間の活動などが要因となり、海洋環境は常に変化し、海洋汚染、及び生態系にも被害をもたらしている。これらの問題は様々な要因が折り重なっており、理解するためには多面的に物事を捉えなければならない。しかし、これまでこれらの問題について調査されたデータや、それに関連する資料はそれぞれ単独で存在していたため、多面的に情報を収集することが難しく、一面的に物事を捉えがちである。また、検索エン

<sup>1</sup> 首都大学東京大学院システムデザイン研究科

<sup>2</sup> NPO 法人与論情報化グループ e-Ok

<sup>\*1</sup> ヨロンダイバー <http://yoron.mapping.jp/diver.html>



図 1 ヨロンダイバー  
Fig. 1 Yoron Diver

ジンやソーシャルネットワークサービスの普及により、情報を容易に入手できるようになったが、既存のデジタルアーカイブでは、日々変化するような多面的な情報を正確に捉えることは困難である。したがって現状では、海洋に関する環境変化が見えず、多面的に情報を捉える事が出来ない。著者らはこの問題を解決するために、海洋情報の追加が行え、多面的に閲覧することが出来るデジタルアーカイブを、「成長型海洋生態系アーカイブ」と定義し、そのデザイン手法の検討を行った。

以降、2章では研究の背景と目的を述べる。3章で既存の研究について検討を行う。4章で著者らの手法を提案し、5章で実装結果について報告する。6章でまとめを述べる。

## 2. 研究の背景と目的

本章では、本研究で取り上げるデジタルアーカイブにおいて着目した、与論島が抱える現状や問題を通して研究の背景を述べ、さらに目的について述べる。

鹿児島県の奄美諸島郡の南端に位置する与論島には、珊瑚礁や貴重な動植物などの生態系が存在し、ダイビングスポットとしても人気の高い島である。しかし、物理環境や人間の活動などが要因となり、現在では珊瑚礁の白化等、数多くの問題を抱えている。これらの問題に対して、3章でも述べるように、ダイビングのログをデジタル上に記録する取り組みが行われているが、他データとの比較検討が行えないなどの弱点がある。またここで、海底の立体地形との相互参照なしに、デジタル地球儀上にアーカイブを行うだけでは、海洋生態系の情報が記録された位置情報は全て海中であるため、経年変化を調査するには十分とは言えず、その地域の海洋生態系が抱える問題点や現状の指摘が行えない。

しかしこれらの弱点を補うための、位置情報や時間情報を含む四次元的に記録されたログを、海底地形との相互参照が可能となるよう多面的にアーカイブし、公開する適切な手段は存在しなかった。そこで、与論の情報化の推進を行う、NPO 法人与論情報グループ e-Ok と協働し、与論島の海洋生態系に関する情報のデジタルアーカイブを制作

した。

本研究では、海洋生態系の時間軸も含めた多面的な情報を、適切な VR 技術を用いることで、海洋環境の調査活動を行う機関、地元のダイバー、研究者等がデータとして俯瞰的に閲覧でき、且つ専門知識のない地元のダイバーでも手元の機材を用いてデジタルアーカイブ構築に参加できる、成長型海洋生態系アーカイブを確立するためのデザイン手法を検討する事を目的とする。

本手法を用いることで、与論島をはじめとする海洋に関する様々な情報と、ユーザによる投稿データをデジタル地球儀上に統合表示し、より深い理解をユーザに促すことができるようになる。

次章で、本研究の際参考とした研究、及び本作品について述べる。

## 3. 既存の研究

本章では、本研究を行う際に参照した、既存の研究について検討する。

本研究で海洋のアーカイブを行うために取り上げた与論島であるが、2000 年より、与論島の珊瑚礁再生に向けた取り組みとして、地元の海域ではリーフチェックが行われている。年 2 回、島の北側と南側のダイビングスポットを定点観測し、珊瑚礁の回復度や健康度の調査が行われており、最近ではボランティアのダイバーも調査に参加し、さらに頻度を上げて調査が行われている。そのログを記録する場として、2章でも述べたように、与論島に集うダイバーとダイビング、珊瑚礁保護のためのコミュニティーサイト [1] や、市民のサンゴ目撃情報から日本全体のサンゴの分布状況をデジタルマップ上にマッピングした「日本全国みんなでつくるサンゴマップ」プロジェクト [2] が、公開されている。[1] では、与論島で潜水した際のダイビングログを登録でき、過去に投稿されたログは、閲覧することが出来る。このような時間軸を含む四次元的情報を、アーカイブするという点においては、本研究の目的と合致するが、閲覧は、ログを登録した順にリストとして表示され、位置情報や時間情報を参照しながら多面的に俯瞰することは出来ない。[2] では、二次元的デジタルマップ上から、測定したポイントを選出し、サンゴの有無状況や写真データを投稿できる。投稿されたデータは、ウェブサイト上で公開されているが、二次元的な地図表現であり、多面的な情報の俯瞰が行えない。そこで著者らは、「Nagasaki Archive」[3] の多面的デジタルアーカイブズ手法を応用し、個別に存在していたダイバーの行動履歴と海中写真のアーカイブを統合し、単一のデジタル地球儀インターフェース上に重層表示することで、これらの問題を解決することを試みた。

次に挙げるのが、三次元的地理情報を、ウェブ上で閲覧可能にする手法を述べた、「日本の南極観測活動における地理情報システム (GIS) ポータルサイト」[4] と、2012 年 9 月

に公開予定の海中版 Google ストリートビュー「Seaview」[5]である。[4]は周囲に比較対象となるような建築物など存在しない南極域の地図データを、3D地形としてデジタル的にサイト上で閲覧可能にした例であり、多角的にデータの俯瞰を行うという本研究の目的に合致する。この研究では、地形図、地質図、航空写真、衛星写真図、標高モデル等の情報を統合し、1つの3Dモデルとして、緯度・経度・高度を合わせた地図上に実装を行っている。海洋においても、周囲に比較対象となる情報が少なく、上記で挙げたダイバーログや海中写真を海域に重層表示させるだけでは、位置関係の把握が困難であり、多角的に俯瞰するに不十分であるため、3D地形と共に参照できるようアーカイブすることが不可欠である。[5]のコンテンツは、海中のパノラマ写真がアーカイブされ、立体的な海中の空間把握が可能である例である。この手法では、適切なVR技術を用いることで、ユーザに海中に関する理解を促すことができ、本研究の目的に合致するが、単一のアーカイブであるため、相互参照しながらの閲覧が出来ない。したがって、著者らは[4]の例を参照し、海洋の3D地形となる海底地形と、パノラマ写真のアーカイブを重層表示させることで、海洋における位置関係と空間の把握ができるようにした。

デジタル地球儀インターフェースを用いてデジタルアーカイブを行った例である、「Tuvalu Visualization Project」[6]、「Nagasaki Archive」[3]では、多角的にデータの重層表示が行われ、本研究の目的に合致する。しかしこれらの例では、三次元地形との相互参照は行われていない。また、ユーザによる投稿システムが組み込まれているが、コメントの投稿に留まっており、写真等を含むデータの投稿は行えず、アーカイブコンテンツ自体の構築に貢献できない。

以上より著者らは、これらの点に着目し、浅海底の情報の体感的な表示と、海洋生態系の経年変化をより理解しやすくするためのユーザ投稿によるマッピングシステムの構築、海洋に関する写真データの展開を、多角的に組み合わせ、成長型海洋生態系デジタルアーカイブとして制作を行った。

次章で、提案する手法について、本作品を通して述べる。

## 4. 提案する手法

本章では、本作品を通して、著者らの提案するシステムとデザイン手法について述べる。

### 4.1 選定するプラットフォーム

本作品では、デジタル地球儀である Google Earth を用いた。

Google Earth は、3Dの地図表現が特徴で、3D地形の上に表現された衛星画像から、場所についての空間把握がしやすい。また、KML(Keyhole Markup Language)で、コンテンツを記述することで、プレスマークやポリゴンモデル、オーバーレイ、タイムスライダーなどを組み込むこ

とができ、多角的に事象を伝え、複数のデータから関連性を見出すことが可能である。さらに、javascript API を用いることにより、web 上での公開も可能である。web 上で容易に情報発信ができ、誰でも閲覧できるため、外部に広く情報発信することにも優れている。

以上の点より、Google Earth を用いることは、海中の三次元表現や、環境の経年変化の提示を可能にし、本研究の目的である、海洋生態系の多角的な情報を俯瞰的に閲覧可能にするデザイン手法の検討に適していると言える。

### 4.2 海洋情報の多角的デジタルアーカイブ手法

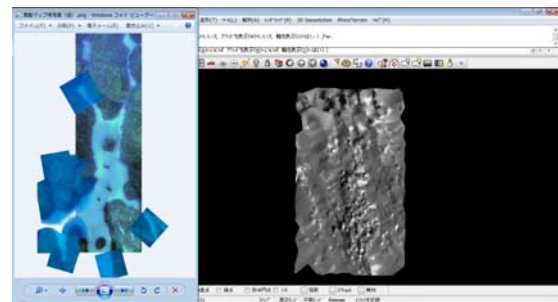


図 2 dxf データ

Fig. 2 dxf Data

#### (1) 海底地形の表現

NPO 法人と論情報化グループ e-Ok の協力の元、与論島の一部の海底地形を計測し、3D へのデータ化を行った(図 2)。そのデータを元に、表面には海中から海底方向に撮影した写真を張り付けたポリゴンモデルを制作し、Google Earth 上で、計測を行ったポイントへ実装した(図 3)(図 4)。

Google Earth の海域は、通常、海中にズームインし潜れる仕様になっているため、海底地形をそのまま表示することが可能なのだが、浅海底のような海中が表現されていない場所は、これまで地形を表現する手法がなかった。そこで、海底地形の 3D モデルを、緯度経度を合わせて、高度のみを上げた海上の位置に配置することで、表現を可能にする。海上での表現により、海底に配置した場合と比較すると、上空の視点からでも確認でき、且つ陸地の地形との相互参照も可能となる。

#### (2) ダイバーログのマッピング

ボランティアのダイバーによる海洋生態系の調査データであるダイバーログを、容易に投稿でき、Google Earth 上で閲覧できるシステムの構築を行った(図 5)。ユーザ投稿によるマッピングを受け付けることにより、情報が常に更新され続ける、成長型のアーカイブを実現することが可能になる。

投稿システムについては、Google Maps API for Flash



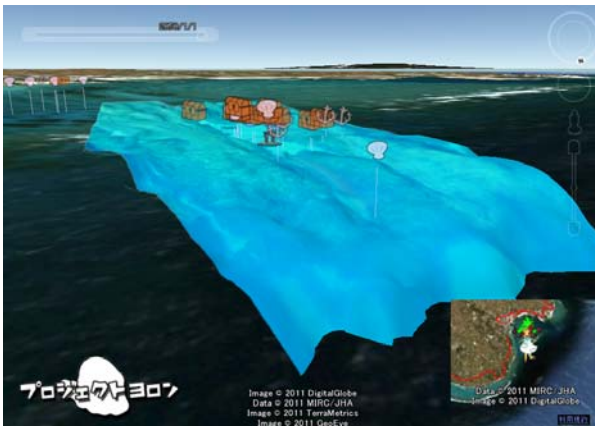


図 3 3D 地形データ 1

Fig. 3 Data of 3D Geographical Feature 1



図 4 3D 地形データ 2

Fig. 4 Data of 3D Geographical Feature 2



図 5 投稿システム

Fig. 5 Contribution System

で構築し、ログを取った場所を二次元平面の地図上から自由に選ぶことが出来るようなシステムにしている。3Dの地図上からポイントを選定することは、操作に慣れていないユーザにとっては困難であることから、2Dの地図上から容易に選定できるように工夫を行っている。Google Earth上にマッピングされる際は、自動的に高度を上げてマッピングされるように実



図 6 ダイバーログの表示

Fig. 6 Display of Diver Logs

装を行っており、1で述べた海底地形の上に表示され、上空からの地形との相互参照が可能である。投稿できる情報は、日付、天気、何に関するデータか（珊瑚礁、生物、その他から選択）、コメント、写真、海の透明度、水温である。マッピングデータは、珊瑚礁、生物、その他のアイコンでそれぞれプレースマークとして表示される。クリックすると、詳細なデータが写真と共にバルーン表示で閲覧可能である（図6）。

また、これらのデータは、ユーザに入力してもらった日付情報から時間情報を付加させることで、Google Earth上のタイムスライダーを操作することにより、ログの日付に基づいた表示・非表示の切り替えができ、経年変化の提示も行える仕組みになっている。

### (3) 海中写真の3D表現

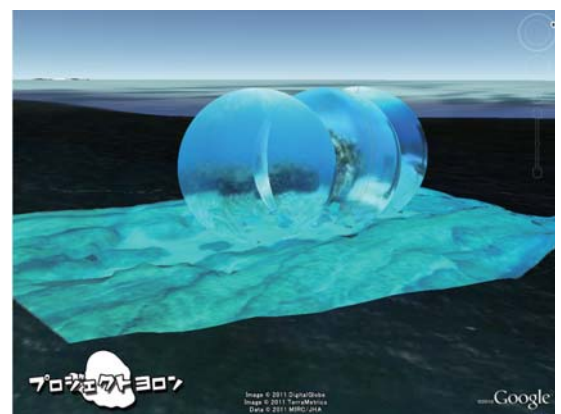


図 7 パノラマの球体

Fig. 7 Sphere of a Panorama

1で計測した海底地形の場所から撮影した海中写真より、パノラマ写真を作成した。この水中のパノラマ写真は、水中カメラを用いて撮影された通常のスナップ写真を元に作成しているのだが、一般的な自動的にパノラマ作成を行えるアプリケーションソフトでは、海中というあまり変化がない写真においては合成が困難であった。そこで、合成の画像編集を手動で行うことで、パノラマ写真の作成を実現している。この時点で



図 8 パノラマ表示

Fig. 8 Display of a Panorama

このパノラマ写真は、Google Earth 上で閲覧した際、ズームインしても細かな部分まで見られるよう、高解像度になっている。しかし、高解像度の画像は、Google Earth 上に実装を行うと、ロードに時間がかかり、表示されなくなってしまうという問題があり、web には不向きである。また解像度を落として実装すると、ズームイン対応出来ない。そこで、イメージピラミッドという技術を用いて、この問題を解決する。イメージピラミッドとは、単一の高解像度画像から、タイル状に分割した様々な解像度の画像データと、それらの情報を含んだ XML データを組み合わせたものである。このイメージピラミッドを Google Earth 上で表示させると、ズームアウト時は全体領域の低解像度のタイルが表示され、ズームイン時は一部の領域の高解像度のタイルのみを表示させることが出来る。この技術を用いて、3D の球体の内側にパノラマ写真のイメージピラミッドを貼り合わせた 3D のオーバービュー (図 7) として実装を行い、高解像度でロードのストレスがない海中の表現を行った。このパノラマ球体についても、海底地形の上に配置することで、地形との相互参照を可能にする。

ユーザは、上空の視点からでも見られる球体の中にズームインすることで、海中のパノラマ写真を一望できる。さらに、複数のポイントで撮影した写真から、複数のパノラマ球体を構築したことで、球の内部から隣接する球の内部へとアイコンをクリックすることでスムーズに移動できる (図 8)。

以上より、海底地形のモデルを、高度を上げた海上に配置し、その上にユーザ投稿による成長型マッピングデータと、水中の 3D パノラマ球体を Google Earth 上に実装する方法を、海洋情報の多角的アーカイブの手法として提案する。この手法を用いることにより、浅海底の情報を体感的に表示でき、データとしても俯瞰的に閲覧出来る。

### 4.3 システム構成

本作品のシステム構成を以下に記述する。

#### (1) 海底地形の読み込み

ポリゴンモデルのコンテンツを記述した DAE ファイルを読み込む KMZ ファイルを作成している。

#### (2) ダイバーログの投稿と出力

Google Maps API for Flash を用いて、投稿画面を表示。投稿データはデータベースに格納され (図 9), KML を生成する php スクリプトによって呼び出される。

場所	B&G	
日付	2011.07.30	
緯度	27.059542530536486	
経度	128.4136348373583	
天気	はれ	
投稿者	BLKU2	
種別	生物	
コメント	ハマクマシ	
透明度	m	
水温	℃	
削除キー	<input type="text"/> <input type="button" value="削除"/>	

場所	B&G	
日付	2005.10.01	
緯度	27.059678552076682	
経度	128.41381072217655	
天気	はれ	
投稿者	プラスアルファ	
種別	生物	
コメント	トゲチョウチョウウオ	
透明度	m	
水温	℃	
削除キー	<input type="text"/> <input type="button" value="削除"/>	

図 9 投稿リスト

Fig. 9 List of Contribution

#### (3) パノラマビューの生成

作成したパノラマ写真から、球面表示用にタイル分割を施し、web 上のディレクトリに格納され、KML ファイルより呼び出される。

これらのデータは、javascript 経由で Google Earth API を呼び出し、KMZ 及び KML ファイルを出力することでブラウザ表示を行う (図 10)。

次章では、本作品を公開した結果を考察する。

## 5. 実装結果

本章では、本作品の公開結果について考察を行う。

本作品は 2011.10.05 に公開し、現在インターネット上で体験してもらい反応を得ている段階である。今後はさらに、実展示やカンファレンス等での発表を通してユーザの反応を得て、これらの分析から、本研究で提案する手法の考察を行う予定である。

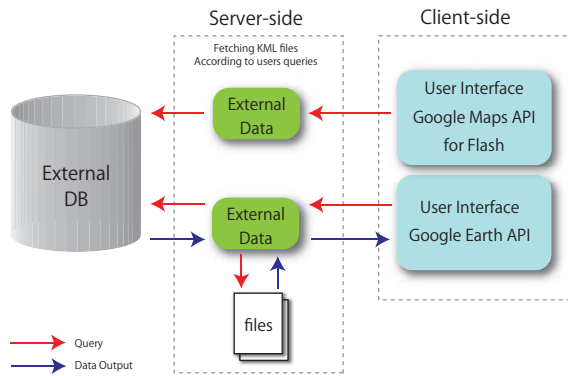


図 10 システム構成  
Fig. 10 System Configuration

## 6. おわりに

本作品では、海洋生態系の調査データのマッピングを行えるシステムを構築し、海洋生態系に関する投稿データ、海底地形、及び海中の3D表現の重層表示を行った。これまでの議論より、本作品は、海洋に関する多面的な情報を俯瞰的に閲覧し、ユーザが容易にアーカイブへ参加できると示され、著者らが提案する本手法は妥当であったと考えている。また、本デザイン手法は、その他の海洋地域においても、活用できると推測する。本論文で実装例として取り上げた「ヨロンダイバー」であるが、与論島の陸地に関する情報も含めた与論島全体におけるアーカイブである「プロジェクトヨロン」\*2のコンテンツの一部である。本研究では海洋に関する情報のデジタルアーカイブとして、本作品を通して手法の提案を行った。今後はインターネットやカンファレンス、実展示等より、ユーザや来場者の意見を得て、本研究で提案する手法の妥当性を示す方針である。

**謝辞** 本作品制作のために多大なご協力を頂いた、与論町在住のみなさまに、深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] NPO 法人と論情報化グループ e-Ok :  
”www.sango.ne.jp”  
<http://www.sango.ne.jp/>
- [2] 浪崎直子, 山野博哉, 鈴木倫太郎, 大堀健司, 翁長均, 岸本多美子, 佐川鉄平, 町田佳子, 安村茂樹, 佐藤崇範, 鴨谷隆, 柴田剛, 土川仁, 宮本育昌, 春川京子, 平手康市, 古瀬浩史, 鋒山謙一, 山中康司, 我妻亨: 海をフィールドにした市民調査の可能性—「日本全国みんなでつくるサンゴマップ」プロジェクトの2年間の成果と展望—; 日本海洋学会「海の研究」, Vol.20, No.1, pp.37-46 (2011.01)
- [3] 渡邊英徳, 坂田晃一, 北原和也, 鳥巢智行, 大瀬良亮, 阿久津由美, 中丸由貴, 草野史興: ”Nagasaki Archive”: 事象の多面的・総合的な理解を促す多面的デジタルアーカイブズ; 日本バーチャルリアリティー学会論文誌, Vol.16, No.3, pp.497-505 (2011.09)
- [4] 野木義史, 北本朝展: 日本の南極観測活動における地理情報システム; 南極資料 Vol.54, No.3, pp.203-215 (2010.11)
- [5] Catlin Group: ”Catlin Seaview Survey to research impact of climate change on ocean ecosystems”  
<http://www.catlin.com/en/NewsAndViews/GroupNews/2012/Catlin-Seaview-Survey-to-research-impact-of-climate-change-on-ocean-ecosystems-23-02-2012> (2012.02.23)
- [6] 渡邊英徳, 原田真紀子, 遠藤秀一: ”Tuvalu Visualization Project” 遠隔地の実相を伝えるデジタル地球儀ネットアート; 日本バーチャルリアリティー学会論文誌, Vol.15, No.3, pp.307-314 (2010.09)
- [7] 高田百合奈, 蜂谷聖未, 三原悠里, 渡邊英徳: 「プロジェクトヨロン」; 情報処理学会, エンタテインメントコンピューティング 2011, 日本科学未来館 (2011.10)

\*2 プロジェクトヨロン <http://yoron.mapping.jp>