

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：32508  
研究種目：基盤研究(B) (一般)  
研究期間：2014～2019  
課題番号：26282073  
研究課題名(和文) コンピュータビジョンと行動分析による複合現実感展示システムのインテリジェント化  
  
研究課題名(英文) Intelligentization of Mixed Reality Exhibition System with Computer Vision and Behavior Analysis  
  
研究代表者  
近藤 智嗣 (Kondo, Tomotsugu)  
  
放送大学・教養学部・教授  
  
研究者番号：70280550  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、博物館の展示メディアに複合現実感技術を応用し、そのシステムをインテリジェント化することであった。本研究のキーワードには、1) コンピュータビジョン、2) 行動分析、3) 複合現実感、4) 展示システム、5) インテリジェント化の5つの要素技術と挙げ、これらが融合されることで、新たな展示システムを提案するものであった。特にバーチャルリアリティ(人工現実感)とAI(人工知能)技術は、ここ数年間で格段に進歩した。本研究ではこれらの技術を応用した始祖鳥のコンテンツなどを開発した。また、アイトラッカーで視線を計測することによって行動分析し、博物館における新しい展示方法を提案した。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

博物館を訪れる大きな意義には、展示されている資料を観察・鑑賞すること、つまり実際のモノを間近で見られることである。しかし、モノだけ展示しても、その資料の貴重さや背景などを伝えることは難しく、その資料の背景情報などを含めて展示される工夫が多くなされている。その展示解説の方法として、本研究では複合現実感技術を応用したものである。また、博物館の特別展など多くの来館者が訪問する際には、資料を一瞬見ることができる程度の場合もあり、来館前に資料についての基礎知識などを学習できる環境も重要と考えられる。本研究では、来館前と来館時の展示解説を提案したものである。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to propose a new exhibition system in the museum using mixed reality technologies. Elemental technologies of this research are 1) computer vision, 2) behavior analysis, 3) mixed reality, 4) exhibition system, and 5) intelligentization. In particular, virtual reality and AI (artificial intelligence) technologies have made remarkable progress in the last few years. In this research, we developed some content using these technologies. Also, we analyzed human behavior by using an eye tracker system.

研究分野：情報理工学

キーワード：コンピュータビジョン 行動分析 複合現実感 展示システム インテリジェント化

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究の基盤になっている複合現実感技術は、研究開始当初の時点でも普及しつつあり、博物館でも応用が始まっていた。デバイスとしては、ゴーグル型だけでなく、スマートフォンでも実現可能になりつつあったが、位置合わせ精度の点で課題が残っていた。一般的には2016年にスマートフォン向けGPS位置情報ゲームが大ブームになり、AR(拡張現実感)という用語も一般化した。ただし、本研究は複合現実感技術の博物館展示への応用であり、展示資料の細部にCGなどによる解説情報を合わせる必要があったため、位置合わせ方法については、当初は大がかりな光学式センサーなども検討していた。その後、スマートフォンなどの自己位置推定と環境の地図作成を同時に行うシステムの登場、および、第3次AIブームも加速し、本研究の基盤となる要素技術は格段に進展し、本研究の実用化に向けての基盤が、本研究課題の期間中に整ったことになる。

### 2. 研究の目的

本研究は、博物館の展示メディアに複合現実感技術を応用し、そのシステムをインテリジェント化することが目的である。キーワードに挙げている1)コンピュータビジョン、2)行動分析、3)複合現実感、4)展示システム、5)インテリジェント化の5つの要素技術が融合されることで、新たな展示システムを提案するものである。特にコンピュータビジョン、複合現実感、インテリジェント化に関しては、本研究の申請時からの数年間で格段に進歩し普及した新技術を取り入れることによって実用化を図ることが目的である。

### 3. 研究の方法

技術的・社会的変化に対応するため、複合現実感の専用機器からスマートフォンやタブレット端末をターゲットデバイスとする等の見直しを図りつつ進めてきた。実空間とバーチャルなオブジェクトの位置合わせ技術においても、本研究の申請時には、光学式センサーなどの大規模な仕組みが必要であったが、最近のスマートフォンでは、特殊なセンサーやマーカーがなくても、床面や壁面のパターンを取り込み、スマートフォンに内蔵された各種センサーと併用することで位置情報を得られるようになってきている。また、行動分析においても、博物館内を移動しながら体験者の視線を計測できるアイトラッカーを導入した実験を行うなど、本研究の応用として、より実用的かつ精度を向上させるようにしてきた。実験としては、新技術による複合現実感コンテンツを開発し、コンテンツの評価を行うとともに、アイトラッカーによる行動分析を行うという方法である。コンテンツは、実用化を前提に始祖鳥を題材として恐竜から鳥類への進化や始祖鳥の部位の特徴をレプリカで確認しながら学習できるコンテンツを、形成的評価を行いながら開発してきた。

### 4. 研究成果

コンテンツ開発しては、始祖鳥の板状標本を展示対象として、6分程度で解説する展示解説用アプリを開発した。コンテンツの内容については、研究分担者の所属する国立科学博物館と共同で進め、また、共同研究先のドイツのチュービンゲンにあるLeibniz-Institut für Wissensmedien (IWM)でのデモ等からの意見も参考にした。国内だけでなく、海外でも展示実験できるように日本語、英語、ドイツ語のナレーションも用意した。このコンテンツを使用した実験としては、放送大学の千葉学習センターにおける子供対象の恐竜イベントやIWMにおける予備実験を行った。

研究分担者が所属する国立科学博物館では、平成27年に大規模な改修が行われ、恐竜に関する展示室も大幅なリニューアルが行われた。本研究の計画では平成30年に展示室の3Dデジタル化を行い、展示室全体を研究対象とする計画があったことから、展示室の状態を記録するため4K映像による詳細な映像撮影を行った。また、記録映像に複合現実感と関連するCGの技術であるマッシュムーブによって、撮影したリニューアル前の映像にCGによる解説情報を提示する試みを行った。さらに、リニューアルに関連して、未だ発見されていないティラノサウルスの子どもの化石を、仮説として復元する過程の映像を制作し、国立科学博物館の展示室で視聴できるようにし、映像展示の1つとして展示されている。

行動分析を行うために2種類のデータを取得する方法を実施した。1つは、展示解説アプリを実行するデバイスの位置情報を得ることと、もう1つは、体験者の視線を計測することである。1つ目の方法で、デバイスのカメラが捉えている対象を把握することができるが、体験者がその画面を実際に見ているとは限らず、この2つの方法を併用することで、より正確に行動分析ができるようになる。視線計測は、博物館で一般の来館者が館内を移動しながら体験する際に最適であることを前提にした。無線によりシーンカメラ映像をモニターできること、両眼計測でき奥行き方向の位置もある程度検出できること、キャリブレーションが容易で使用中にキャリブレーションをし直す必要がないこと、ユーザーの発話を記録できるマイクを備えていることなどの条件で数社から販売されているアイトラッカー(視線計測システム)を比較検討した。こうした条件の確認として、国立科学博物館地球館の2か所の展示コーナーにおいて、マルチメディアタイプ

の音声ガイドを聞きながら、展示資料を観察する予備実験を行った。その結果、音声ガイドの解説内容・方法により、展示資料そのものよりも解説パネルの方に注視時間が多い場合があり、展示の意図と乖離している状況があることが示唆された。また、展示資料とマルチメディアタイプの音声ガイドの画面の両方を見比べる際に視線位置の抽出は可能であったが、ディスプレイの明るさ調整などの課題が見出された。また、新神戸駅前にある竹中大工道具館でも実験を行った。初めて同博物館を訪れる人で、展示資料である大工道具についての予備知識がない状態であった。この結果からは、展示資料よりも、展示資料のキャプションの注視時間が多い傾向にあることがわかった。国立科学博物館でマルチメディアタイプの音声ガイドを聞きながらの実験と同様な結果であった。また、竹中大工道具館での実験では、博物館の展示情報の階層構造を認識されていない場合が多いことも知見として得られた。つまり、展示室のテーマ、展示コーナーのテーマがあって、展示資料があることを理解していないため、展示室に複数の展示コーナーを視線が行ったり来たりしているという結果であった。この結果は、放送大学のTV番組「博物館情報・メディア論('18)」で紹介した。これらの知見は、複合現実感のコンテンツを開発する際に必要な知見であり、展示資料を観察するように促すタイミングなどのガイドラインとすることが可能になった。

新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、共同研究として実験を計画してきたドイツのチュービンゲンにある研究所(Leibniz-Institut fuer Wissensmedien(IWM))に渡航できなくなり、やむなく最終的な実験には至らなかった。しかし、新型コロナウイルス感染症の収束を待って、引き続き研究を進めるようIWMとも同意を得ているところである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 有田寛之・徳田明仁・近藤智嗣・真鍋真・水木玲
2. 発表標題 3DCGを活用した恐竜ぬりえの博物館における運用について
3. 学会等名 日本展示学会
4. 発表年 2014年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 稲村哲也・近藤智嗣	4. 発行年 2018年
2. 出版社 放送大学教育振興会	5. 総ページ数 280
3. 書名 博物館情報・メディア論	

1. 著者名 近藤智嗣	4. 発行年 2016年
2. 出版社 放送大学教育振興会	5. 総ページ数 9
3. 書名 映像コンテンツの制作技術（第14章「CGとの合成」）	

1. 著者名 近藤智嗣	4. 発行年 2016年
2. 出版社 放送大学教育振興会	5. 総ページ数 16
3. 書名 博物館展示論（第4章「博物館のリニューアル」）	

〔産業財産権〕

[その他]

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	有田 寛之  (Arita Hiroyuki)  (70342938)	独立行政法人国立科学博物館・経営管理部・専門員    (82617)	
研究分担者	真鍋 真  (Manabe Makoto)  (90271494)	独立行政法人国立科学博物館・地学研究部・コレクション ディレクター   (82617)	