

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K01142

研究課題名(和文) 拡張現実を用いた博物館における双方向メディア型ガイドシステムの開発

研究課題名(英文) Digital guidance system with interactive media using augmented reality for museum

研究代表者

赤嶺 有平 (Akamine, Yuhei)

琉球大学・工学部・准教授

研究者番号：00433095

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：博物館等における利用を想定し、タブレット等入手性の高い端末上で動作可能な拡張現実を用いたデジタルガイドシステムと関連技術の開発を行った。展示者からの利用者への情報提供だけでなく、利用者の個別の展示物に対する関心度の推定やフィードバックが得られるシステムを目指した。利用者が関心のある展示物の情報を容易に引き出すことのできるユーザインターフェース、情報を撮影画像にリアルタイムに重畳表示する技術、利用者の移動経路・興味関心の推定に関する技術、外観の似た展示物を自動検索する技術の開発を行った。開発した手法の一部を応用したコンテンツは、実際に博物館の特別展において展示され、高評価を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

昨今、博物館においてもDX(情報技術による変容)の必要性が認識されている。特に博物館の教育機関としての役割を考えると、デジタル化を進めることで利用者が必要とする情報を適切に提供する仕組みや、展示及び説明文が利用者にとって有益なものになっているかを展示者側が判断する仕組みがより容易に実現可能となる。本研究の成果は、来館者と展示者の双方に有益な情報提供を行うシステムの実現に貢献すると考えている。

研究成果の概要(英文)：We developed a digital guidance system that runs on tablets and smartphones using augmented reality for use in museums and related technology. We aimed to develop a system that not only provides information from the exhibitor's side, but also estimates the visitors's level of interest in individual exhibits and visitor's reactions to exhibits. We developed a user interface that allows users to easily retrieve information about exhibits they are interested in, superimposing technique to displaying information on camera images in real time, estimating method for visitors flow and interests, and a method to automatically search similar exhibits. The contents that applied some of the developed techniques were actually exhibited in a special exhibition at a museum, and received high evaluation.

研究分野：画像処理、深層学習

キーワード：拡張現実 物体検出 博物館 デジタルガイドシステム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

国内には、多数の博物館が存在しており、各館が来訪者の満足度向上のため様々な努力をしている。特に、博物館の主要コンテンツである文化財の展示は、各館の主張点を来訪者に伝える重要な役割を果たしており、映像、パネル(文字)、音声等様々なメディアを駆使して展示の意図を伝える努力をしている。ところが、既存のメディアは(学芸員が直接説明する場合を除き)基本的に一方であり、来訪者の実際の興味関心および感想が主催者に伝わる手段が圧倒的に少ない。アンケート等により全体的な満足度、理解度等のフィードバックはあるものの限定的であり、個々の展示物に対するフィードバックを得ることは一般に困難である。一方で、そのような情報は、展示配置や資料作成の改善に大きく役立つ非常に有益な情報となり、結果として来訪者の満足度向上、来館者の増加につながる事が期待できる。さらに、運営上の課題として、見学者の動線確保の問題があり、移動経路のログや経路の誘導に大きな関心がある。ARは、主に視覚情報を拡張する技術であり、これは同時に「利用者が何を見ているかを推定することに利用可能」である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、タブレット等入手性の高い端末上で動作可能なAR(拡張現実感)を用いた展示資料の情報提供システムと関連技術の開発である。さらに、提案システムを用いて、利用者の移動ログ、個別の展示物に対する関心度の推定、展示に対するフィードバックを得ることを可能にする。

3. 研究の方法

本研究では、以下の技術開発を行うことで提案システムの構築を目指した。

3.1 情報を得るためのUIの開発

直感的に関心がある展示物の情報を引き出すことができるUIを開発した。一般に、タブレット等では画面のタップが主たる入力手段となっているが、ARアプリケーションの利用時には、対象物を撮影する姿勢を取る必要があり、タブレットのような片手での保持が難しい端末の場合、画面の中心付近をタップすることは非常に困難な動作となる。本研究では、対象物を直接タップすることなく、自然な動作でシステムに指示を行うことができるUIの開発をおこなった。

多くの方は、日常生活においてカメラ撮影を行っており、特定の被写体を「撮影する」動作を自然に行うことができる。本研究ではこの点に着目し、関心対象を被写体として捉えて撮影するような動作でソフトウェアに指示するUIを開発した。

3.2 情報を重畳表示するための技術

正しく情報を提示するためには、タブレットのカメラが捉えている展示物を識別し、かつ画面内のどこに映っているかを推定する必要がある。本研究では、実装の容易さ、安定性、提供するコンテンツとの相性などを考慮し、さまざまな方式による重畳表示手法を実装し実験をおこなった。

(1) 平面マーカを認識して3DCGやラベルを表示

沖縄県立博物館において実施された「グスク展」において沖縄県内の世界遺産に指定されている文化遺跡の一つ「中城城跡」の3Dモデルを、A1サイズ程度の大きな平面図に重畳表示することで、ARを用いた城跡のモデルの展示をおこなった。グスク展においては様々な城跡の大型模型が展示されていたが、中城城の模型は特に大型のため搬入が不可能ということで、本プロジェクトの成果物の一つである、中城城跡のARによる3Dモデル展示を行い、来館者へ提供した。また、本展示は3.1節で述べたUIを活用したインタラクティブコンテンツとして開発した。詳細は、4節で述べる。

(2) 展示物を認識してラベルを表示

前述のAR模型展示は平面マーカー(平面上に印刷された図柄)を利用した重畳表示であるため、ソフトウェアの実装コストが低い反面、マーカーを設置するスペースの確保など展示上の問題がある。そこで、展示物そのものを画像処理により検出することで展示物の名称や説明などを重畳表示する技術開発を行なった。本研究では、比較的安定して検出が可能な深層学習を用いた手法(YOLOv3)を採用した。深層学習を用いて安定的に物体検出を行うには、対象物の位置と名称がラベル付された大量の学習画像が必要となるため、学習画像の収集コストを削減するため、フォトグラメトリを用いた学習画像の水増し手法を提案した。特定の展示物においては、提案手法を用いることで、少ない枚数の学習画像を用いて効果的な学習が可能であることが実験により示された。

3.3 フィードバックのための技術

(1) 利用者の移動経路の推定

利用者が展示物に端末を向け展示物がシステムに認識されると利用者のおおまかな位置が推定できる。これを時系列に並べることで利用者の移動経路の推定が可能である。また、iOS(iPadOS)で利用可能な、空間上の移動経路の3次元的なトラッキングが可能なフレームワーク(ARKit)を用いて利用者の移動経路を推定可能か調査した。

(2) 利用者の理解度・興味関心の推定

深層学習による自然言語処理を用いて、展示物に関する説明文から選択式クイズを自動生成する手法を開発した。学習済みの日本語BERTモデルを用いて、説明文中の特定の単語をマスクし、穴埋め問題として解き、モデルが予測する上位n個をクイズの選択肢とする。その際、モデルの特性上、意味の非常に近い単語が複数含まれることがあり、クイズの選択肢としてはふさわしくないため、それらを取り除く後処理を行う。クイズを情報端末で提供することで、解答状況を容易に集計することができ、来館者の理解度や興味関心に対するフィードバックを自然に収集することが期待できる。

3.4 映像による情報検索技術

3.2.2節で述べた深層学習を用いた展示物の検出処理を行うためには、学習データとしてさまざまな角度から撮影した大量の展示品の画像が必要となる。本研究では、この学習データを利用して類似した展示物を検索する手法の開発をおこなった。提案手法を用いることで、展示品のデータベースが構造化(分類)されていない場合でも、類似した展示品を利用者に提示することが可能となる。

4. 研究成果

沖縄県立博物館において実施された「グスク展」および沖縄県主催の「IT津梁祭り」に参画し、本研究で得られた成果に基づき、中城城跡における戦闘の様子をゲーム形式で展示するアプリケーションを展示した。3Dモデルを、A1サイズ程度の大きな平面図に城跡のモデルを重畳表示するものである。グスク展においては様々な城跡の大型模型が展示されていたが、中城城の模型は特に大型のため搬入が困難であったため、ARによる展示が行われた。本展示は、グスクが実際に当時の戦争で要塞として機能していたことを来館者に体感してもらうため、弓兵、槍兵を来館者がAR模型上に自由に配置し、効率的に敵兵から防衛できるかをシミュレーションするインタラクティブなコンテンツとした。これは、場内の立体的な構造がどのように意図をもって設計されているかを来館者自身が考えるきっかけとなることを期待した展示である(図1)。タブレット等の2次元ディスプレイを用いて3次元位置の指定(兵隊の配置の指示)を行うインターフェースは、普段ゲーム等に触れない高齢者世代にとっては利用が困難である。3.1節で述べたようにカメラで立体模型の特定の場所を撮影するような操作で3次元位置を指定することができるため、簡単なインストラクションですぐに操作することが可能であると考えた。展示期間中、来館者に試してもらい、アンケート調査によりUIの快適性を評価した。結果を図2に示す。設問はQ1,Q2それぞれ、「見たい場所を容易に見ることができたか」、「兵士を思い通りの適切な位置に配置することができたか」であり、「(1)そう思う」から「(5)そう思わない」の5段階で評価してもらった。有効解答数44件であるため年齢の中央値である30歳を区切りとして集計した。高年齢層の方が比較的ネガティブな回答が多いものの、全体としてはおおむね好意的であった。特にQ2では、3次元CG上に表示されているキャラクタを選択し、任意の場所に動かす、という操作であり難易度の高い操作であるにも関わらず半数以上が操作可能である、と回答している。単に展示物を指し示す場合、Q1と同様の操作で可能であるため期待通りの結果が得られたと考えている。本UIを用いて利用者が展示物の説明にアクセスするようなガイダンスシステムを提供することで、どの展示物に関心を持ち、説明文を読んだ(読もうとした)かのログを取ることが可能となる。



図1 AR模型の展示の様子

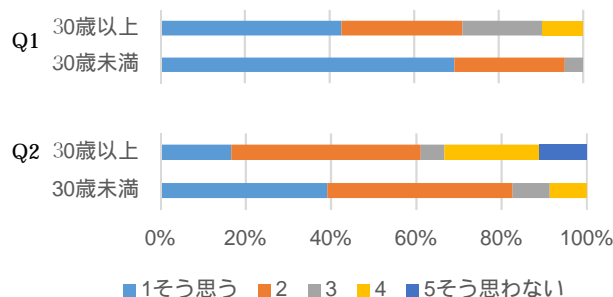


図2 AR模型展示体験者へのアンケート

さらに、最新の発掘調査の成果に基づき、グスク時代初期に存在したと考えられる集落の建物群を AR 模型により復元する展示を提供した。実際の模型製作と比較して低コストで復元模型を展示できる上、発掘調査の成果物である平面図との関係性を明確に展示できるメリットもある(図3)。



図3 (左上) マーカーとして用いた平面図, (右上) 重畳表示される AR 模型
(下) 端末を図面に近づけた状態

前述の AR 模型ではマーカーと呼ばれる平面図形を画像処理により認識することで 3DCG を重畳表示する手法を用いている。展示物に対して名称等の重畳表示を行うには、多数のマーカーを用意する必要があり設置スペースの問題が生じる。そこで、深層学習の物体検出モデルにより展示物の画像上の位置を推定することで十分な精度でラベル付が可能であることを確認した。原理的に深層学習では推定精度と学習データ量に強い正の相関があるため、十分な数の学習データ(展示物の正しい位置が記録されている撮影画像)を用意する必要がある。そこで、本研究では学習データの収集コスト削減のため少量の撮影データから学習画像を自動生成する手法を開発した。図4に示す通り、推定精度の大幅な向上が示された。

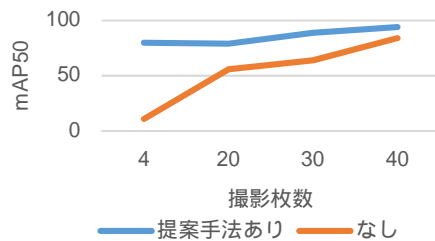


図4 撮影枚数と推定精度

本研究では、iOS が動作するデバイスを採用しており、同 OS では空間上の移動経路の 3 次元的なトラッキングが可能なフレームワーク(ARKit)が利用可能である。これを用いて、来館者の移動経路を推定する実験を行ったところ、一般的な展示室においては十分な精度で推定可能であることが示された。一方、メーカーは明示していないものの同フレームワークは利用可能な最大面積に制限があることがわかった。狭い展示室では利用可能なものの、屋外等広いスペースにおいては利用できないと考えられる。

博物館における展示手法の工夫として、展示クイズが広く用いられている。これは、ゲーミフィケーションを教育に応用した例であり、利用者の UX が向上すると同時に学習効果も高まるため博物館の教育施設としての役割を高める効果が期待されている。一方、クイズコンテンツの作成には一定のコストが発生する。そこで、本研究では、深層学習を用いてクイズ問題を自動生成する手法の開発を行った。Wikipedia 上の都道府県に関する説明文を用いてクイズの選択肢を提案手法により自動生成しアンケート調査を行ったところ、図5の結果が得られた。

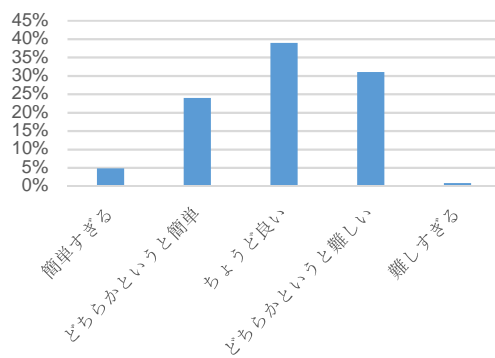


図5 自動生成されたクイズの難易度評価

AR を用いたデジタルガイダンスを用いて展示物の名称等を表示する際、デジタル端末のカメラにより展示物が撮影され、その画像データが得られる。この画像データを利用して展示物間の外観上の類似度を算出する手法を開発した。展示物間の関連性についてデータベースが存在しない場合でもシステムが自動で外観の似た展示物を利用者に提示することが可能となる。沖縄県立博物館所蔵の 61 点の展示物について提案手法により実験を行なったところ、壺や皿など同カテゴリーに含まれている品物間の類似度が高いと推定されることが確認できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小嶺愛紀菜, 赤嶺有平, 根路銘もえ子
2. 発表標題 フォトグラメトリを用いた物体検出のための学習データ生成手法
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田意仁, 赤嶺有平, 根路銘もえ子
2. 発表標題 博物館展示のための自然言語処理による質問文生成手法
3. 学会等名 情報処理学会第83回全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松永聖明, 赤嶺有平, 根路銘もえ子
2. 発表標題 博物館等の多数展示品を対象としたリアルタイム特定物体検出手法の開発
3. 学会等名 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 泉川 真理南, 赤嶺 有平, 根路銘 もえ子
2. 発表標題 博物館の考古学展示における拡張現実の活用
3. 学会等名 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小嶺愛紀菜, 赤嶺有平, 根路銘もえ子
2. 発表標題 深層学習による物体検出のパラメータから算出した類似度を用いた博物館における展示手法
3. 学会等名 第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田意仁, 赤嶺有平, 根路銘もえ子
2. 発表標題 深層学習を利用したクイズの選択肢生成手法の提案
3. 学会等名 第251回自然言語処理・第139回音声言語情報処理合同研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

「グスク・ぐすく・城 - 動乱の時代に生み出された遺産 - 琉球王国のグスク及び関連遺産群世界遺産登録20周年記念特別展」において本研究の成果の一部を活用した拡張現実による展示をおこなった。

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	根路銘 もえ子 (Nerome Moeko) (60369197)	沖縄国際大学・経済学部・准教授 (38001)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------