

AR を用いたコメント共有による美術鑑賞支援システムの提案

An AR-Based Comment Sharing System for Supporting Art Appreciation

小島 瑛里子^{1*} 山川 美咲¹ 渡辺 光太郎¹ 飛田 博章¹
Eriko Kojima^{1*} Misaki Yamakawa¹ Kotaro Watanabe¹ Hiroaki Tobita¹

¹ 東京都立産業技術大学院大学 Advanced Institute of Industrial Technology

*Corresponding author: Eriko Kojima, a2115ek@aiit.ac.jp

Abstract Visual thinking curriculum and visual thinking strategies are interactive art appreciation methods developed by the Museum of Modern Art as a way for multiple people to appreciate works of art. In this study, we have developed an art appreciation support system using augmented reality as a smartphone application to enhance learning through interactive appreciation. This system aims to propose a new type of art museum appreciation by applying the recommendation of functionality found in e-commerce websites to real-world art works. This study presents the design and implementation of a smartphone application that supports interactive viewing.

Keywords visual thinking curriculum; visual thinking strategies; visual positioning system; augmented reality; smartphone application

1 はじめに

美術館や博物館の展示でよく使用されるデジタル技術として、Augmented Reality (AR) が挙げられる。2021 年以降、VPS (画像認識による位置情報提供) サービスの台頭により位置情報を用いたマーカーレス AR の開発はより身近な存在となってきたが、先行研究は事例がまだ少ない。同様に、AR を用いた効果についての先行研究も少ないものの、一般的には「楽しい」「記憶に残りやすい」といった効果が得られると考えられている [1]。

本研究では、マーカーレス AR を用いて鑑賞者同士が意見や感想を共有できるシステムを提案する。複数人で意見を共有する美術鑑賞手法としては対話型鑑賞がある。本システムはこの対話型鑑賞のメリットと AR を利用するメリットを活用し、使用者の美術鑑賞学習の意欲向上を図る。

美術鑑賞の手法の一つである対話型鑑賞 (VTC/VTS) [2] は複数人による美術作品の鑑賞法で、ファシリテータと呼ばれる学芸員や先生など専門知識を有する人のガイドに従い参加者が作品に対する意見を交換しながら鑑賞することで、作品への興味や理解を深めていく方法である。現在は多くの美術館や美術教育の現場で活用されており、美術鑑賞学習への有効性が証明されている反面、その実施方法の特性によりいくつかの課題が挙げられる。第一に、学習内容がファシリテータ次第となる点である。解釈の問題や表現に関する推察はファシリテータが多くの可能性を示唆するはずではあるが、考え方の方向性や提供される関連情報など、ファシリテータの手腕が問われる場面が多い。第二に、ファシリテータによる誘導が必須のスタイルのため、対話型鑑賞中は参加者が受動的な姿勢での学習となる点である。また、従来から挙げられている問題として、公式な美術の現場では専門性のある訓練を積んだ人材が必要なことから、ファシリテータ人材の確保の問題が挙げられる。

上記のような問題に対して、すでにいくつかの先行研究で美術鑑賞のコメントを共有するシステムが提案されている。本研究は VPS サービスによるマーカーレス AR を用いてこの問題を解決する。

このシステムは、ユーザーが鑑賞コメントを入力した AR のオブジェクトの表示位置を任意の場所へ自由に設定できる、ハンズオン形式 (利用者が自身の手を使って操作する形式) のシステムである。ユーザーは対象の展示空間に対応デバイスをかざし、

AR カメラを通して自分や他ユーザーが表示位置を設定した AR を確認することができる。AR をタップすると設定時に入力したコメントが表示されるため、利用者はユーザー同士でコメントを共有することができる。なお提案システムでは、フラワー型やダイヤモンド型などのデザイン性のある AR を使用することで、展示会場の景観に適合した AR 空間を創出できる。今回の提案システムの実装では、マーカーレス AR には VPS (Visual Positioning System/Service) 技術を使用した Microsoft の AR サービス、Azure Spatial Anchors を用いた。

2 対話型鑑賞

対話型鑑賞は 1990 年代に新しい美術鑑賞方法として美術教育者により日本に広まったが、参加者が新たな「気づき」を得るための活動方法として、現代では美術以外の領域でも様々な取り組みに活用されている。

三成氏は、2016 年に生命科学の社会的影響を主題とする研究プロジェクト「しま (ISLE) プロジェクト」[3] を立ち上げ、倫理的または社会的な問題を含むアート作品を対象に対話型鑑賞を行い、対話型鑑賞を生命科学に対するアクションリサーチのような形で応用することを試みた。企業活動の例では、株式会社 MIMIGURI では組織の創造性の開発育成のため、有志で行う毎週のワークショップの中で対話型鑑賞の実験を行っている [4]。このように、鑑賞対象に対して一人では思いつかなかったこと、発見できなかったことを発見し仲間やチームで共有できるという点で、学習に有効な手法であると考えられている。

3 本システムの効果

AR 体験を通じた学習効果

足立ら [5] は「触ったり、使ったり、作ったりする行動を伴う体験型展示は、展示ケース内の資料を見るだけの従来の展示より、記憶に残り、理解の度合いも高まる」とし、博物館における体験型展示の分類について詳細に述べている。デバイスを使いユーザーが自ら「AR の表示位置を設定する」操作体験を博物館における体験型展示と同様に考えれば、ハンズオン形式の AR システムはユーザーが展示内容に対する理解を深めるのに有効であるといえる。実際に博物館で AR を用いた効果に関する研究として、神

保ら [6] は横浜市歴史博物館にて AR クイズを通した実証実験を行い、AR を介することによって来館者の展示に対する関心や認知度の向上を図ることができることを明らかにしている。

システムを介したコミュニケーションによる自己開示効果

提案システムが対話型鑑賞と異なる点は、対話型鑑賞がファシリテータを含めた数十名程度のワークショップ形式で実施されるのに対し、当システムでは対面したことのないユーザー同士で作品に投稿されたコメントのみを共有する点である。コンピュータを通じて行われるコミュニケーション（CMC）に関する先行研究では、CMC では対面でのコミュニケーションよりも自己開示が促進されることが多くの研究により報告されている [7]。また、2016 年度に内閣府が行った「子供・若者の意識に関する調査」[8] の中で、インターネットの利用についての意識をたずねた「他者と関わる際のインターネットの利用について」では、「率直に話ができるので便利」に対し「そう思う」への回答は 61.8%、「深く関わらなくてすむので参加しやすい」が 67.7%と過半数を超えた回答であった。上記から、システムを介して行う対面したことのない相手とのコメント共有による美術鑑賞は、自己開示のしやすさでは対面で行う対話型鑑賞より優位であるといえる。

4 関連研究

美術鑑賞に関する関連研究

美術鑑賞、特に複数人での鑑賞に関するシステム開発はこれまでも複数行われている。三浦ら [9] は、概念マップとソーシャルタグを活用した、複数人の芸術鑑賞における協調学習支援システムを提案した。湯浅ら [10] は、一人でも対話型鑑賞を行える音声対話システムに、他のユーザーの発話を参照できる機能を追加した。長谷部ら [11] は絵画の解説にマーカー AR を使用し、利用者の気付きと感想を共有する美術鑑賞支援システムを実現した。美術鑑賞システムへ AR を使用することの有効性については、Gong ら [12] が美術館と AR に関する研究で、AR がユーザーの学習意欲や有意義な体験、感情的なつながりを引き起こし、ユーザーの興味と学習プロセスを喚起すると述べている。

日本国内の美術館・博物館

AR 技術は、「見て・学んで楽しむ」エンターテインメントである美術館や博物館などの展示場で、現在すでに幅広く利用されている。

AR を使った美術作品展示は、日本では 2012 年頃から現れるようになった。セカイカメラ開発者の赤松正行氏の代表作「ウロボロスのトーチ」[13] は、2012 年に制作された。AR を用いた展示で著名な美術館としては、長野県安曇野市の安曇野ピンサッチ美術館 [14] が挙げられる。こちらでは主に現代美術家の北原敏氏・妻の早苗氏の作品が展示されている。2021 年に多数の AR 対応展示と共にリニューアルオープンした当施設は、リニューアル後も引き続き AR アプリを使用して表示できる飛び出す AR 絵画の制作を進めている。

近年では博物館ガイドシステムにも積極的に AR が使用されている。東京国立博物館では、2020 年 3 月に館内の展示解説に AR に対応した館内ガイドアプリ「トーハクナビ」を更改リリースし

た [15]。館内に設置された AR マーカーに端末のカメラをかざすと、展示品の解説動画や館内スタンプラリーなどが楽しめる。バーチャルの人物が現れて伝統演劇を披露するような鑑賞型のコンテンツや、画面をタッチすることで展示物の作成プロセスを楽しみながら学べる体験型コンテンツなど、学習のためのコンテンツが多数搭載されている。

最新デバイスを用いた例では、2022 年に北海道札幌市の東 1 丁目劇場で開催された展覧会「バンクシー展～天才か反逆者か～」にて、メガネ型の AR デバイス NrealLight を用いた KDDI の映像による解説サービス「au ビジュアルガイド」によるガイドツアーが公開された [16]。こちらはデバイス进行操作して展示品の番号を選択すると、デバイスを通して解説が確認できるサービスである。

海外の美術館・博物館

海外の美術館や博物館でも、その規模に関わらず AR を使用した展示やサービス開発がよりさかんに行われている。

アメリカで最大級の規模を誇るデトロイト美術館では、GuidiGO 社の開発する Google Tango を使用した AR システム「Lumin」[17] を導入したイベントで話題となった。同美術館は 2017 年に、2000 年前のミイラに装置をかざすと内部の骨格の X 線写真が映し出される、ガラスケースに展示されている青銅器が再現され動き出すなどの AR コンテンツを含んだ展示を開催している。スミソニアン博物館でも 2017 年に AR を使用した展示が導入され、骨格標本にかざすと生きていた当時同様に肉付けされた姿で AR 表示されたり、展示されている骨格の姿のまま動いたりする AR コンテンツ [18] が人気を呼んだ。なお、同博物館は 2020 年に所蔵品 280 万点の電子データを自由利用のため一般公開しており、同年 12 月には Instagram の公式アカウントにてこのデータを用いた 2D および 3D モデルの AR エフェクトを公開している。そのほかのアメリカの大型美術館の最近の例では、メトロポリタン美術館が 2022 年に開催された展示会「Chroma: Ancient Sculpture in Color」に関連して、Bluecadet 社が開発した WebAR システム「Chroma AR」[19] を導入し、鮮やかな色彩と複雑な模様で描かれたギリシャ・ローマの彫刻の AR 展示を公開した。より小規模な施設の例では、アメリカの IT ソリューション企業 Cuseum 社は、2017 年に地元のアーティスト felice らと共同でコンテンツを制作し、ペレス・アート・ミュージアム・マイアミにて世界初の AR 展覧会を開催した。以降、国内外の多数の文化施設で多くのテクノロジーを利用した展示やデジタルガイドの導入を手掛けている。同社が 2018 年に開始したプロジェクト「Hacking the Heist」は、同社が 1990 年に地元ボストンのイザベラ・スチュワート・ガードナー美術館で発生した美術史上最大の盗難事件に対して地元への貢献として自主的にスタートしたプロジェクトで、盗難に遭った作品を AR を用いて再現することで蘇らせ、大きな話題となっている。同社は 2020 年 5 月に、「モナ・リザ」などの有名作品を自宅の壁面に AR 表示して楽しめる家庭用のスマートフォン向け AR アプリ「Museum for Home」[20] をリリースしている。

アメリカ以外の国の例では、英国のテート美術館で 2019 年に行われた旧 Facebook 社（現 Meta 社）の AR サービス「SparkAR」を使用したコンテンツ [21] が話題となった。この展示ではイン

スタグラムのアプリでマーカーを読み込むと、展示されている絵画が額縁から飛び出して 3D に拡張される、絵画内の人物が動くなどのアクションが楽しめる AR コンテンツを公開している。カナダを代表する美術館、トロントのオンタリオ美術館も、早くに AR を導入した大型美術館の一つである。2017 年に AR システム「ReBlink」[22] を使用した AR 展示で、中世の人物画の中の書物がノート PC にすり替わったりするなどの最新機器が出現する表現で来館者を驚かせた。また現在 2024 年まで開催されている「KAWS:FAMILY」[23] では、ニューヨーク出身のアーティスト Brian Donnelly（通称 KAWS）の作品が展示されている。この展示でも来館者は自分のスマートフォン端末にダウンロードしたアプリを使用し、館内で AR キャラクターを表示することができる。

VPS 技術

VPS (Visual Positioning System/Service) 技術とは、画像認識により位置情報を取得する測位技術の一つである。VPS によるマーカーレス AR は、マーカーの代わりに位置情報を利用して表示場所を設定する AR の表示方法の一つであり、近年様々な場面での活用が進んでいる。

Google の Geospatial API は Google ライブビューの収集情報を利用した VPS サービスで、屋外では GPS よりも高い精度で位置情報取得が可能である。代表的な活用例としては、こちらを使用したスマートフォン用の屋外で遊べるインベーダゲームが先日 GooglePlay にて公式リリースされている。

POKEMON GO や Ingress などのゲーム作品で有名な企業 Niantic 社が提供する VPS サービス Lightship VPS[24] は、画像情報に関して自社開発者による情報収集のほか、同社のゲームプレイヤーが端末使用環境周辺で収集した画像情報を提供する方法を採用している。開発者が同システムを利用したい場合は、開発者用サイトから対象地域周辺の 3D メッシュをダウンロードするか、専用アプリで周辺情報をスキャンし、位置情報の特定のために情報をアップロードする必要がある。

フィンランドの VPS サービス提供企業の IMMERSAL 社は、あらかじめ画像スキャンした対象空間にスキャン用デバイスの GPS 情報と方向データをタグ付けし、各画像の AR 認識ポイントをつなぎ合わせる「空間マッピング」という方法で作成した空間データを共有する VPS システムを提供しており、こちらも現在屋内外で利用できる VPS サービスの代表のひとつである。活用例としては、2021 年に楽天モバイルがノエビアスタジアム神戸で IMMERSAL 社の VPS サービスを用いたマーカーレス AR の検証実験を行っており、新しい観戦体験の創出のための取り組みとして、サッカー試合中の選手情報・試合情報の AR 表示や AR 広告とインターネットショッピングとの連携に成功している [25]。また、国土交通省が提供する 3D 都市モデルデータプロジェクト PLATEAU の公式サイトでは、提供データを IMMERSAL 社の VPS サービスと連携した利用例を紹介しており、これによりさらに正確な位置情報を保持した AR 空間の作成が可能であることを説明している [26]。これは、ユーザーの位置情報を使用したゲームやアプリケーションに応用できるサービスである。

室内で活用されている VPS 技術の例としては、2021 年に日本科学博物館で行われた KDDI との共同実験で公開されたデジタル

展示「HYPER LANDSCAPE」が話題となった。これは博物館の鑑賞体験の拡大を目的に、5G や屋内 VPS を活用してデジタル化された展示空間を構築する技術の実証実験である。デジタル化された展示空間内では、スマートグラスを通じて、未来館のシンボル展示である世界初の有機 EL パネルを使った地球ディスプレイ「ジオ・コスモス」の周りを人工衛星が飛び回る様子を鑑賞できるほか、5G による MEC を活用したバーチャルヒューマン「coh (コウ)」がアテンダントとして登場し来訪者へ解説を行う。また、2021 年夏にパシフィコ横浜で開催されたイベント「Sony presents DinoScience 恐竜科学博」[27] では、スマートグラスを通して骨格標本を見ると肉付けされた等身大の恐竜の CG が標本に重なって表示されるサービスが公開され、その迫力とリアルで繊細な AR による表現が話題となった。この実験に用いている VPS 技術は全天球カメラを用いて画像を取得し、誤差の少ない方法で画像処理を行っているが、高頻度な位置推定が必要となる場合に VPS 単体で用いると負荷が高く処理遅延が発生するため、実装にはリアルタイムに動作する SLAM と組み合わせ用いられている [28]。

このように、近年では様々な企業で VPS サービスの提供ならびに VPS 技術の研究がさかに行われているが、より正確な位置情報の取得を試みる技術開発では特殊な装置や複雑な技術の組み合わせが必要である。

5 システム概要

本研究では、画像認識により位置情報を取得する VPS 技術によるマーカーレス AR を採用した。本システムは Android で動作するアプリケーションとして Unity (C) を用いて実装し、バックエンドのサービスとして Microsoft のクラウドサービス、Microsoft Azure Cloud を用いた。AR の表示および表示位置の設定に関する機能は Azure Spatial Anchors を用いた。このサービスの VPS 機能により、ユーザーによるマーカーレス AR の表示位置の設定を実現する。また、AR の位置情報やコメントを保存するデータベースとして Azure Cosmos DB を使用しており、NoSQL DB を用いた json ファイル形式による簡潔なデータベース機能を実装している。システムは AR の表示位置を設定するモードと AR を探すモードに大別される。以下にそれぞれのモードと構成要素について述べる。

探すモード

探すモードは、画面上部の「探すモード」にチェックを入れ、画面下部の検索アイコンをタップすることで起動する。この操作により、データベースに登録されている AR の情報を検索し表示する。表示された AR をタップすると、ユーザーが AR 設定時に登録したコメントを確認することができる (図 1)。

設定モード

設定モードは、次の 4 つのステップで実行する。まず、画面下部中央の設定アイコンからインジケータを表示させ、AR を表示させる位置を決定する。この状態で画面をタップすると、その場所が AR の表示位置として設定される。次に、キーボードが起動するのでコメントを記入し、画面下部右側の完了アイコンでコメント入力を完了する。コメント完了後、「ピンを共有するためにピ

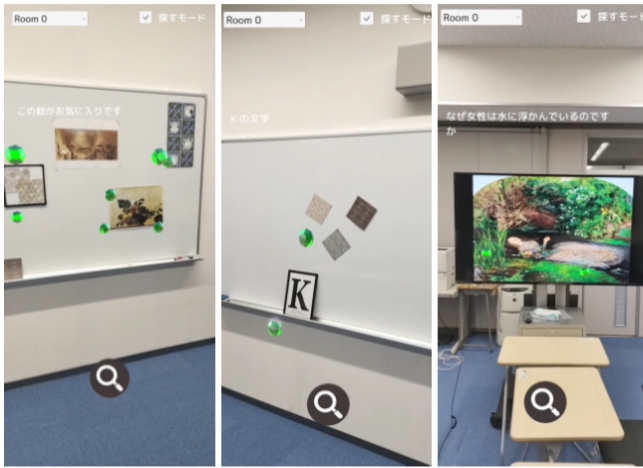


図1 探すモード



図2 ポスター周辺に AR を設定する様子

ンの周りをカメラに向けてください」と操作方法が表示されるので、デバイスのカメラで AR 表示位置の周辺情報を認識させる。この操作は進行状況がパーセントで表示されるため、100%になるまで行う。最後に「アンカーの作成が完了しました」と表示されたら設定完了である。

6 検証と考察

展示絵画に見立てたポストカードや、A3・A4 サイズのポスター、および絵画を表示した 80 インチの大型モニターの周りに当システムを用いて AR を設定し、それぞれのユーザーが対象の展示についてコメントを投稿した(図 2)。参加したユーザーは Android 端末にて、当システムの「探すモード」で自分や他のユーザーが設定した AR を表示し記入したコメントが確認できること、「設定モード」で自身のコメントを記入した AR を設定できることをそれぞれ確認した。

今回の検証では緑色の 3D オブジェクトを AR として用いた。宝石のエメラルドを想起する色と形状で、AR カメラ越しの展示場の景観を向上する狙いである。ポスターに対する展示には好評価であった半面、図 3 のように大型モニターに映した絵画の背景が緑色であったため、このモニターの周辺に設定した AR は周辺の色と混ざって判別しにくいというシステム上の欠点が明らかになった。使用する AR の選定の際は、展示のテーマカラーや主要な展示物の色味を考慮する必要がある。あるいは、ユーザーがシステム上で設定する AR の色や形状を数種類から選択できるとより便利に使用できると考えられる。

使用する AR は大きすぎると設定しにくい、小さすぎると表示する時に探しにくい。また、コメント表示時にタップしにくいという問題がある。展示物の大きさを考慮し、適切な大きさに調整する必要がある。今回の検証では、展示物に対して 1/30 以下(A3 ポスター上で 6cm 四方程度)のサイズになるように調整した AR を用いた。



図3 緑色のモニター周辺に AR を設定した様子

は数秒～20 秒程度であった。特に壁面などの垂直面をシステム起動直後に検知することは難しく、床面などの水平面を先に検知すると比較的スムーズに垂直面を検知した。次に AR 設定後の周辺情報の読み込みは平均して 20 秒～50 秒程度であった。なお一度 AR の表示位置として設定した場所の周辺に 2 回目以降に AR を設定する際には、読み込み速度が向上し、平均 10 秒～30 秒程度に短縮された。本来であれば展示作品に対してコメントしたいと思ったタイミングですぐに AR を設定できることが望ましいが、現状のシステムでは上記に記した通り一定以上の時間がかかる。このほか、「探すモード」での AR の表示位置設定の読み込みにかかる時間は数秒～20 秒程度であった。こちらも一度この動作を行った後は、即時～数秒程度で AR が表示された。これらは AR で使用している技術に由来する問題のため、改善には他の複数サービスを用いた開発検証が必要となる。

第二に、Depth API 未対応の端末を用いた検証では先に述べた問題でさらに時間がかかることがあった。また AR 表示に不具合が発生することもあった。他にも ARCore 対応の Android 端末の中でも条件が合致しないものは正常に動作しないことが考えられるため、安定した動作の保障には適合端末の検証が必要である。

7 今後の課題

現状のシステムの問題としては、第一には AR 機能の起動や AR 表示位置のデータの読み込みに時間がかかることが挙げられる。まず「設定モード」起動時にシステムが平面検知するまでの時間

8 ま と め

本研究では、マーカーレス AR を用いて鑑賞コメントを共有する美術鑑賞支援システムのデザインと実装について述べた。現状のシステムの問題としては、使用する AR の色形や大きさに関する問題のほか、AR 表示機能や AR 設定機能の使用時に時間がかかる操作が多いことや、自分のコメント後に投稿された他ユーザーのコメントが見られないことなどが挙げられる。より使いやすいシステムへの改良は今後の課題である。また、より多くの検証者に協力を依頼し美術鑑賞への有効性を検証していきたい。

参考文献

1. COCOAR. AR マーケティングの効果と課題. 2025. Available: <https://www.coco-ar.jp/media/column/ar-marketing>
2. 加藤悦子, Seow AiW, 宇野慶, 柿崎博孝, 佐藤由紀, 高橋愛, et al. 美術作品を中心とした視覚媒体を活用した教育の研究—VTS 美術鑑賞教育を日本に適用した教育方法の形成—. 玉川大学学術研究所紀要. 2017;22: 37-55. Available: <https://tamagawa.repo.nii.ac.jp/records/440>
3. 三成寿作. 「しま」から学ぶ—継承性, 連帯性, 創造性(しまと科学技術, そしてアートを考える). 季刊『しま』. 2018. pp. 56-59. Available: <https://www.nijinet.or.jp/publishing/shima/bn/tabid/218/Default.aspx>
4. 福のり子. ここからどう進む? 対話型鑑賞のこれまでとこれから アート・コミュニケーションの可能性. 淡交社; 2023. pp. 193-202.
5. 足立拓朗. 日本国内の西アジア系博物館における体験展示-体験展示とハンズオン展示の分類案から-. 金沢大学考古学紀要. 2012. pp. 83-91. Available: <http://hdl.handle.net/2297/31447>
6. 神保英, 安齊賢三, 齋藤佑樹, 中村雅子. 博物館での学習における拡張現実 (AR) 技術の可能性. 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル. 2024. pp. 16-22. Available: https://www.comm.tcu.ac.jp/cisj/15/assets/15_01.pdf
7. Joinson AN. Self-disclosure in computer-mediated communication: the role of self-awareness and visual anonymity. Eur J Soc Psychol. 2001. pp. 177-192.
8. 内閣府. 平成 29 年版子供・若者白書. 2017. p. 6.
9. 三浦慎平. 複数人での芸術鑑賞における協調学習支援システム: SyncThink. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI). 2015. pp. 1-8. Available: <https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/record/141318/files/IPSJ-HCI15162018.pdf>
10. 湯浅美野. 対話型美術鑑賞音声対話システムにおける発話参照機能の提案. 情報処理学会関西支部支部大会. 2021. pp. 3-5. Available: <https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/record/213714/files/IPSJ-Kansai2021054.pdf>
11. 長谷部すみれ. AR 技術を用いた絵画閲覧システム. 第 76 回全国大会講演文集. 2014. pp. 881-883.
12. Zhe Gong GX Ruizhi Wang. Augmented reality(AR) as a tool for engaging museum experience. Digital. 2022;2: 33-45. doi:10.3390/digital2010002
13. 赤松正之. 《ウロボロスの Torch》 [2012]. 2012. Available: <https://www.nttcc.or.jp/ja/archive/works/uroboros-torch/>
14. ARGO. AR 作品を楽しめる安曇野ビンサンチ美術館! 「AR 美術館」としてリニューアルオープン. 2021. Available: <https://ar-go.jp/media/news/ar-adumino-binnsannti-bizyutukann>
15. 東京都国立博物館. トーハクナビとは. Available: https://www.tnm.jp/modules/r_free_page/index.php?id=2010
16. KDDI. スマートグラスで視覚的に作品解説, 「au」ビジュアルガイド “開始～美術館・博物館向けに提供, パンクシー展を AR で解説～. 2022. Available: <https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2022/04/15/6003.html>
17. of Arts DI. Detroit Institute of Arts to premiere Lumin, a mobile tour using augmented reality, Jan. 25 Developed by DIA in partnership with Google and mobile developer GuidiGO. 2017. Available: <https://dia.org/about/media-room/news/detroit-institute-arts-premiere-lumin-mobile-tour-using-augmented-reality-0>
18. Smithsonian. Skin & Bones promotional video Skin & Bones promotional video. 2015. Available: https://www.si.edu/object/skin-bones-promotional-video:yt_7agVb4IG16M
19. Bluecadet. Chroma a: RTHE METROPOLITAN MUSEUM OF ART. Available: <https://www.bluecadet.com/work/chroma-ar/>
20. CUSEUM. Museum from home. Available: <https://cuseum.com/ar-museum-from-home>
21. Meta. Tech at Meta, “Augmenting abstraction: Facebook Expands AR Experiences with Tate. Available: <https://tech.facebook.com/reality-labs/2019/08/augmenting-abstraction-facebook-expands-ar-experiences-with-tate-britain/>
22. GCTD A. Reblink-digital art gallery at art gallery of ontario. Available: <https://www.globalcreatechaward.com/post/reblink-digital-art-gallery-at-art-gallery-of-ontario>
23. AGO. KAWS:FAMILY. 2023. Available: <https://ago.ca/exhibitions/kaaws-family>
24. Niantec. Lightningship.
25. 楽天 Mobile. 楽天モバイルと楽天ヴィッセル神戸、5G と VPS 技術を活用した新たな試合観戦体験の実証実験に成功. Available: https://corp.mobile.rakuten.co.jp/news/press/2021/1110_01/
26. by MILT P. Topic14 | AR・VR での活用 [2/3] | Immersal で 3D 都市モデルの空間認識 AR を作成する 14.2 immersal で活用する. 2023. Available: <https://www.mlit.go.jp/plateau/learning/tpc14-2>
27. KDDI. 実物大の恐竜が現れる! 5G×スマートグラスを「DinoScience 恐竜科学博」で体験. 2021. Available: <https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2021/03/10/5007.html>
28. 小森田賢史. 画像に基づく測位技術の研究とシステムの開発実証. 映像情報メディア学会誌. 2022. pp. 129-134. doi:10.3169/itej.76.129



Open Access This article is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>