

# 複合現実感を用いた関心共有による展示物閲覧支援

雫 泰裕<sup>\*1</sup> 北原 格<sup>\*1</sup> 大田 友一<sup>\*1</sup>

A Method to Observe Exhibits with Sharing Interests Using Mixed Reality

Yasuhiro Shizuku<sup>\*1</sup>, Itaru Kitahara<sup>\*1</sup> and Yuichi Ohta<sup>\*1</sup>

**Abstract** --- This paper proposes a method to share interest of exhibits using Mixed Reality technique so that a visitor of a museum prevents missing a chance to observe interesting but not so highlighted exhibits. Since there are many exhibits in a museum and the interest of viewers is various, it is difficult to annotate all exhibits for all visitors. On the other hand, if a visitor is highly interested in an exhibit and express it using a communication media such as SNS, other visitors tend to be interested in it also. By presenting all interests of visitors to others who visit the site later, it is possible to realize a suitable guidance to support observing the exhibits. Our proposed method records visitor's speech information to express their interest, and presents them as CG letters using Mixed Reality to share the interest among viewers. To make sure that visitor who came later can correctly understand the contents, the displayed letters show the position and pose of the visitor who inputs the annotation. We develop a pilot system to confirm the effectiveness of our proposed method.

**Keywords:** Mixed Reality, Speech Visualization, Sharing Interest of Exhibits, Focusing-Point Estimation, Camera Tracking

## 1 はじめに

博物館等の展示会では多数の展示物が存在するため、閲覧者の興味に合った展示物を見逃してしまうことがある。展示物に関する視聴覚情報を付加することにより、閲覧者の注意を喚起し、見逃しを防ぐ手法が提案されている[1]-[5]。檜山ら[1]は、ロボットを用いた展示解説を実現し、音声によって展示物の見所を強調している。Nakagaki ら[2]は、指向性スピーカーを用いた3次元音声提示により、展示支援を実現している。平澤ら[3]は、携帯端末を利用した博物館ガイドシステムを提案している。閲覧者は、その理解に合わせて、個人端末から展示物の詳細情報を選択的に取得することができる。永松ら[4]は、天井に設置した不可視マークによってユーザの位置・姿勢を推定し、その情報に基づき、ユーザが装着したプロジェクタから展示物の注釈情報を提示することで、強調提示を実現している。また、展示スペースの景観を工夫することで、視覚的顕著性を用いた視線誘導も可能であろう[6][7]。

注目すべき箇所や着眼点を強調することにより、見逃しを防ぐことが可能となる[8]が、強調提示は、展示側の視点から、展示会における代表的な展示物に対して行われることが多いため、多様な閲覧者の興味をカバーすることは困難であり、その結果、興味深い展示物であっても、強調提示対象から漏れてしまい、見逃されるケ

ースがしばしば発生している。

一方で、ある閲覧者が展示物に対して持った興味(関心)は、他の閲覧者の興味をひく可能性が高い。我々は、この特性に着目し、ある閲覧者の関心を多数の閲覧者で共有すれば、展示側では気づかなかった点を含め、多様な閲覧者の興味をカバーすることができ、興味深い展示物の見逃しを防げるのではないかと考えている。Koch ら[9]は、点滅するマークを用いて閲覧が行われにくい箇所への興味誘導を実現している。本稿では、音声認識と複合現実感技術を組み合わせることにより、Koch らの手法の効果に加え、時間を隔てた様々な閲覧者間で展示物に対する関心の共有を実現するシステムを提案する。

展示物に対する関心を共有するために実現すべき項目について整理する。関心情報の入力、展示物と関心の対応関係が明らかな状態で行われるのが好ましいため、「展示物を実際に閲覧しながらの入力処理」の実現が重要であろう。また、本システムの目的が、見逃し防止であることを考えると、情報に対する気付きが生じやすいように、「展示物から視線をそらすことなく、かつ、ハンズフリーな情報入出力」の実現も重要である。さらに、時間を隔てた閲覧者間で関心を共有するためには、「関心を持った詳細な箇所や、その展示物を観察していた方向の明確な提示」も重要となろう。本研究では、展示物付近に機材を新しく設置するなどの工夫は対象外とする。これは、閲覧者同士の関心共有を促すことにより、施設側では想定し得ない情報の入力・提示を実現

\*1 筑波大学

\*1 University of Tsukuba

目標の一つとするためである。機材を新たに設置する場合、施設の展示担当者が、注目を集めそうな展示を選定し、機材の利用目的や機能を策定するため、想定外の情報の獲得や提示は期待しにくい。一方、本提案システムでも、後述するようにマークを展示コーナに設置するが、マーク設置時点では、展示コーナ中のいずれの展示物にどのような内容の注釈が付くのかは、施設側で検討する必要がなく、その結果、来訪した閲覧者の興味や知識によって想定していなかった情報が入力・共有されることが期待できる点が、従来型の展示説明と大きく異なる。

上述した項目を踏まえ、従来の関心共有の手法について言及する。Twitter などの SNS (Social Networking Service) 情報共有ツールでは、文章や画像を用いて不特定多数による情報共有を実現している。角ら[10]は、ユーザ同士が写真やメモを共有するコミュニケーション支援システムを提案し、情報共有の有効性を示している。本システムでも、不特定多数のユーザによる情報書き込み・閲覧(情報共有)機能を活用する。一方で、SNS では、展示会を訪れる前に関心の共有を行うため、実際の閲覧時において、共有した情報に対応する展示物を見つけにくい。また、画像等で展示物を事前に見てしまうため、実際に展示物を見た際の感動が薄れてしまう可能性がある。本システムでは、「展示物を実際に閲覧しながらの入力処理」により、これらの問題を解決する。本稿で紹介する「システムでは、後述する注釈付けの位置精度の評価実験を実施するためにビデオシースルー型 HMD (ソニー HMZ-T2) を用いるが、実利用時にはオプティカルシースルー型 HMD を用いることにより、展示物を直接観察しながら同等の機能を実現することが可能である。

閲覧時に関心を共有する手法として、複合現実感 (MR) を用いて注釈を付加・閲覧を行う研究が行われている。Jarkko ら[11]は、タブレットを用いて注釈付加位置を画面のカメラ映像中から選択し、注釈付加を実現している。しかし、端末のキーボードを用いて注釈内容を入力するため、視線が展示物からそれ、閲覧の妨げとなる可能性が考えられる。また、注釈閲覧時には、端末を向けるという能動的な動作が必要であり、その結果、情報に対する気付きが起きにくくなることが考えられる。

本システムでは、閲覧者は何かに関心を示したとき、つぶやきなどの発話情報でそれを表現することに着目し、図 1 に示すように、閲覧者が発した展示物に対するコメントを文字 CG として可視化することで、ハンズフリーな関心入力を実現する。MR 映像の提示に HMD (Head-Mounted Display) を用いることにより、展示物に視線を向ける行為により、情報取得が可能となり、注釈に対する気付きの機会を増加させる。展示物の上に CG を重畳提示することにより注目すべき領域が見え難くな

ることが懸念されるが、本システムにおける CG は、注釈情報の提示以外に、その存在を閲覧者に知らせる eye-catcher としての役割を担っている。後者の場合、展示空間を見渡したときに、他人が注目した展示物の位置を明示する必要があるため、展示物の上に CG を重畳している。視認性低下のデメリットについては、閲覧者の観察状況に応じた CG の ON/OFF 機能により対応可能であると考えている。

アノテーション情報を提示する際には、「注目している箇所」と「閲覧している方向」を明らかにすることが、内容理解の助けになることが知られている[12]。本手法では、異なる時刻における発話内容(関心情報)を効果的に共有するために、発話者視点映像を用いて、発話者が展示物のどこに注目していたか(注視箇所)を推定し、その上に発話内容を MR 提示する。また、閲覧者の視線方向と直交するように提示文字列の姿勢を設定することで、発話時に物体を閲覧していた方向を明示する。



図 1 展示物に対する関心の複合現実感を用いた共有  
Fig.1 Sharing interest of exhibits using Mixed Reality.

## 2 関連研究

### 2.1 発話の可視化

長野ら[13]は、発話内容を3次元 CG モデルとして、発話者周辺にリアルタイム提示することで、周囲の人々にも有益な情報を提示可能にしている。実験を通じて、発話音声認識が難しい場合は、発した音声情報に対して形態素解析を行い、名詞のみを提示することでも内容理解を助ける効果があることを示している。本研究でも本知見に従い、発話音声認識が難しい状況下においても、訪問タイミングの異なる閲覧者間での関心共有を助けることを試みる。

池信ら[14]は、多言語コミュニケーションにおいて、会話内容の推測を助けるために、会話文、画像、感情の

三つの要素を用いて文章を可視化する手法を提案し、その内、会話内容の提示では、会話内容と発話者を明確に示すことが内容理解につながると述べている。本手法でも、これにならない、発話者の注視箇所や閲覧方向を明示することで内容の理解を助ける。長い発話が入力された場合には、冒頭の規定文字数のみを提示し、続きを読みたい閲覧者は、「続きを読む」操作を導入することで対応可能であると考えている。また、多人数に利用され発話件数が大量になった場合には、年齢や性別といった閲覧者の属性、個々の関心やこの展示に至るまでのルート情報を用いた推奨提示(関心情報のフィルタリング)処理が効果的であろう。

## 2.2 関心情報の共有

竹内ら[15]は、博物館において、複数台の距離画像カメラを用いて、展示物と閲覧者の様子を3次元的に記録し、その映像を後から来た閲覧者に提示することで、展示物を同時に閲覧する状況を再現している。しかし、映像提示のみを用いて情報伝達を行うため、映像の品質が低下すると、関心情報を伝えることが難しくなることや、関心共有で重要とされる注視箇所を明確に示すことが難しい、といった問題が存在する。

ユーザ間での情報共有を目的とした開発事例として、セカイカメラ[16]があげられる。テキスト、画像、音声情報を、ユーザが指定した実世界の場所に結び付け(注釈付けする)、GPS や端末内蔵の加速度センサを用いて推定した位置・姿勢情報に基づき、モバイルカメラで撮影した映像上に注釈情報を重畳提示する。本研究でも注釈によって関心共有を実現するが、対象とする展示会では、より精細な注釈位置の設定が必要である。

Jarkko ら[11]は、タブレット端末とカメラトラッキング技術を組み合わせることで、GPS を用いずに高精度な注釈付加を実現している。しかし、キーボードを用いた注釈情報の入力、閲覧の妨げになることが懸念される。また、注釈情報を観察するためには、その領域にタブレットを向ける、主体的な動作が必要となるため、閲覧者が気付いていない物体に関する注釈情報を提示することは困難である。

## 3 複合現実感を用いた発話内容の可視化による 展示物に対する関心の共有

本研究では、複数の閲覧者間による展示物に対する関心共有の支援を実現し、興味深い展示物の見逃しを防ぐことを目的とする。図 2 に、本方式実現の手順を示す。ある閲覧者が展示物に関して発言すると、その内容を3次元文字 CG に変換する。同時に、発話者視点映像から、視点の位置・姿勢と注視している箇所を推定する。その展示物を訪れた新たな閲覧者は、MR を用いて

文字 CG(関心情報)を観察することにより、時間を隔てた関心の共有を実現する。その際、提示する文字 CG の位置・姿勢を適切に設定することにより、発話者の閲覧方向や注視箇所を明示し、内容の理解を支援する。

本方式では HMD を用いて MR 提示を行う。タブレット端末などの携帯提示デバイスを用いる場合、関心に気づいた後、そこに MR 提示用機材を向けるといった動作となるのが一般的だが、そもそも気づきが発生しないような状況では、関心情報を提示することさえ困難である。HMD を用いれば、ユーザが観察している領域上に情報提示が可能であるため、気づきを引き起こす効果が期待でき、本方式の目的に適っている。また、音声を用いた注釈付加により、キーボード等の入力デバイスが不要となり、閲覧の妨げとなりにくい特長も有する。



図 2 展示会における関心共有の実現  
Fig.2 Sharing interests at an exhibit-site.

本論文で提案する関心共有処理の流れを図 3 に示す。閲覧者が展示物に対して発言すると、その音声情報を頭部装着マイクで取り込み、音声認識処理によって発話内容をテキスト化する。展示物を観察する閲覧者の頭部に取り付けたカメラで撮影した閲覧者視点映像にカメラトラッキング技術を適用することにより、視点の位置・姿勢を実時間で推定する。同時に、発話者の視点の位置・姿勢とカメラトラッキングに用いた3次元特徴点群から、注視箇所を推定し、これらのデータはサーバに記録される。別のタイミングでその場所を訪れた関

覧者は、サーバから受信した発話内容のテキスト情報を用いて3次元 CG モデルを生成し、それを発話者の注視箇所を設置する。HMD を用いて目の前の展示物に CG モデルを MR 提示することにより、関心情報の共有を実現する。

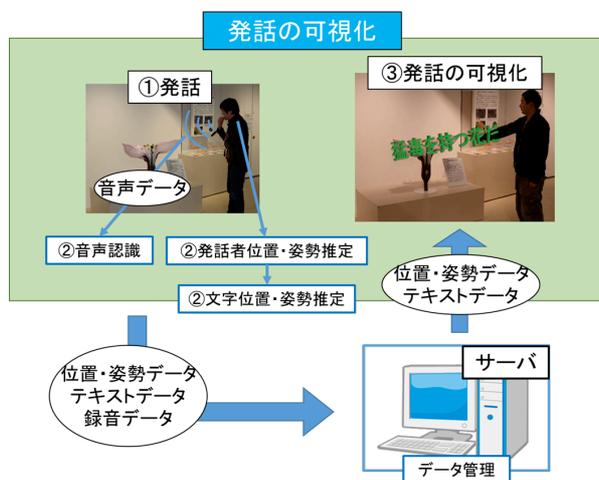


図3 提案手法の処理の流れ  
Fig.3 Processing flow of our sharing interests system.

#### 4 発話内容の可視化

提示する CG の位置・姿勢の推定は、発話者視点映像を撮影したカメラの位置・姿勢に基づいて行うが、それらは、GPS が利用困難な屋内での利用を想定し、PTAM (Parallel Tracking and Mapping) [17][18]に代表されるカメラトラッキング技術を用いて推定する。

図4に本方式で用いる座標系を示す。展示物に対する発話は、展示ブース内で行われると仮定し、展示物に関連付けられた ARToolKit マーカ[19]を用いて、ブース毎に世界座標系を設定する。閲覧者視点映像中でマーカが検出されると、カメラトラッキングに用いる3次元特徴点群を読み出し、その座標系 (PTAM 座標系) と世界座標系間の剛体変換行列  $D_{PW}$  を算出する。  $D_{PW}$  を用いて3次元特徴点群を世界座標系に変換した後、トラッキング処理を行うことで、発話者視点映像を撮影しているカメラの位置・姿勢 (カメラ座標系) を推定する。 ARToolKit マーカの観測によって得られるスケールパラメータを用いて、カメラトラッキング用の3次元特徴点群のスケールパラメータを推定する。

##### 4.1 提示する文字 CG の位置・姿勢

図5に示すように、後から展示会を訪れた閲覧者が関心内容を理解しやすくなるよう文字 CG の提示法を検討する。発話時に注目していた対象展示物の箇所 (注視箇所) の情報は、注釈対象を明示するために重要である。また、3次元物体は、観察する方向によってその

見え方が大きく変化するため、どの方向から閲覧しながら発話が行われたかという情報も重要である。本方式では、カメラトラッキング時に生成した3次元特徴点群と発話者の視線方向 (発話者視点映像を撮影したカメラの光軸) との交点を注視箇所とし、そこに文字 CG を提示する。また、カメラの光軸と直交するように文字 CG を設置することにより、観察していた方向を明示する。後から来た閲覧者は、提示された文字の位置・姿勢から、関心を示した閲覧者の位置・姿勢を予測することができる。その際、閲覧者間の身長差により観察角度に差異が生じ、可読性が変化することが考えられる。閲覧者が成人の場合、一般的な展示観察距離 (1-2m) だと身長差 (例えば 30cm) による観察角度の変化は約 4-9 度であるため提示情報の可読性に与える影響は小さいと考えられる。子供と成人ほどの身長差がある場合 (例えば 1m)、観察角度の差が 15-45 度大きくなるため提示情報の可読性が低下するが、一方で、この特性を有効に活用することにより、閲覧者の属性の違い (子供と成人) による注釈情報のフィルタリング処理を実現することが可能となる。また、展示物の裏側を閲覧できる場合、裏側に付けられた注釈の存在を伝えることは可能であるが、展示物と CG の前後関係の把握が困難になることが懸念されるため、裏面からの観察される CG は提示しない。

閲覧者の注視点は、頭部に取り付けたカメラの光軸上に存在するため、閲覧者が横目で展示物を見ながら注釈情報を入力した場合には、閲覧者の意図と異なる位置に注視点が設定されることが懸念される。そこで本システムでは、注視点とシステムが判断した注視点をハイライト表示し、閲覧者に視覚的フィードバックを与えることにより、この問題を軽減する。

なお、閲覧者が発話を行いながら移動や首を振った場合、注釈付けを開始した位置に情報を付加するが、閲覧者の注視点が他の展示が存在する地点まで移動した場合には、単一の展示に関する注釈ではないと判断し、注釈付けをキャンセルする。

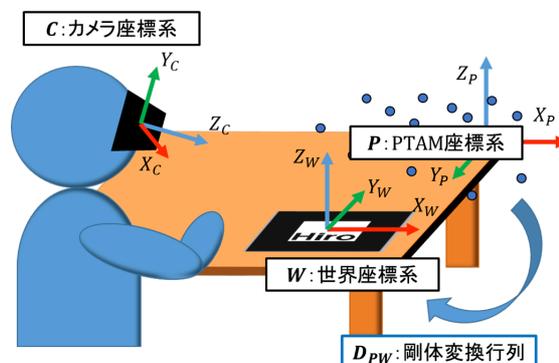


図4 提案システムの座標系  
Fig.4 Coordinate systems of our proposed method.



図5 発話者と提示される文字の位置・姿勢の関係

Fig.5 Relationship among a speaker and position and posture of displayed character.

#### 4.2 文字 CG の描画

Gabbard ら[20]は、提示する文字の色は、背景とのコントラストが小さいと読解が困難になると述べている。また、背景の色によって提示する文字の色を変更することよりも、特定の色に固定した方が読解を助けると述べており、特に緑色が様々な背景に対して相性が良いと結論付けている。本方式でも、この知見を採用し、文字の色は緑色とする。

文字の大きさは、可読性を考慮し、展示物と閲覧者との観察距離に基づき設定する。視力1.0の人が2m先の文字を見るためには、最低 3cm 以上の大きさが必要である[21]ため、文字の大きさ  $S$  は以下の式(1)で設定する。ここで、 $d$  は観察距離(単位 m)を表す。

$$S = 0.015d \quad (1)$$

文字を提示する領域は、人間が集中しながら観察可能な視野角が約  $45^\circ$  である[22]ことに基づき、一行に表示する最大文字数  $n$  を以下の式(2)で設定する。

$$nS = 2d \tan \frac{\pi}{8} \quad (2)$$

#### 5 評価実験

提案方式を実装したパイロットシステムを用いて、展示物に対する関心を閲覧者間で共有することにより、展示物や解説の見逃しがどのように変化するかに関する評価実験を実施する。また、注釈付加により、閲覧者間で関心共有が可能であるかについても検討を行う。

本実験は大きく三つに分かれる。実験1では、本方式

を用いて付加される注釈の位置の精度を調査し、システムが運用可能な展示物の大きさや展示物同士の間隔について評価する。一方で、注釈によって見逃しを防ぐことができたとしても、見逃しの多い箇所に注釈が付加されなければ有効性が低減する。そこで、実験2では、展示会において見逃されがちな箇所に注釈が付加されるかを評価する。そして、実験3では、見逃されがちな箇所に注釈が付加されることで、見逃しがどのように変化するかについて評価する。実験2, 3では、評価アンケートを同時に実施し、注釈を付加する側と閲覧する側の両方から、本方式を用いることで関心の共有が可能かに関する主観的評価を実施する。

図6に示すようなハードウェア構成で提案手法を実装する。閲覧者の発話は、マイク(PLANTRONICS 社 Audio 628 USB)を用いて音声データとして取得される。音声データは、処理用 PC(acer 社 Aspire V3-772, GPU:NVIDIA Geforce GTX 760M)上で動作する音声認識ソフト AmiVoice[23]によって音声認識が行われ、テキスト情報へと変換される。小型ボードカメラ(MICRO VISION 社 MCM-4303)を用いて閲覧者視点からの映像を撮影し、閲覧者の位置・姿勢を推定する。2台のボードカメラを用いて両眼立体視提示用の映像を撮影する。発話内容のテキスト情報から生成した CG モデルを3次元空間中の指定箇所に配置する。

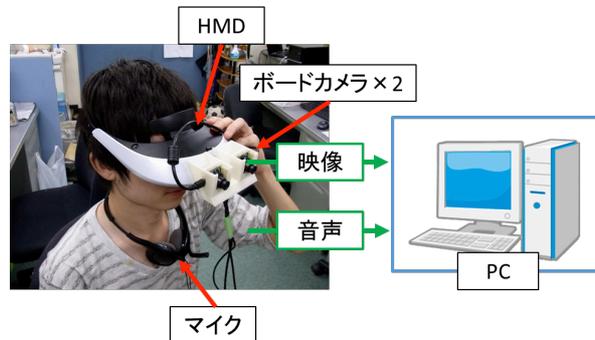


図6 実装したパイロットシステムのハードウェア構成

Fig.6 Hardware configuration of our pilot system.

図7に示すように、筑波大学計算科学研究センター1階にある歴代の高性能計算機に関する展示を、本実験の対象とする。実験環境の広さは、おおよそ縦 2.5m, 横 4m, 奥行 2m である。カメラトラッキングの基準点となる ARToolKit マーカは、図中に示すように、展示物のほぼ中心に設置する。この実験環境における観察距離は最長 3m 程度であるため、提示する文字 CG の大きさは式(1)を用いて 5cm とする。



図7 実験環境(筑波大学計算科学研究センター)

Fig.7 Experimental environment.

### 5.1 実験1:注釈付け精度の評価

実験参加者が本方式を用いて注釈を付加する際の精度を調査し、本方式を運用可能な展示物の大きさや展示物間の幅について考察する。図8に示すように、展示物上の10ヶ所にシールを張り、実験参加者にそこに注釈を付けるよう指示する。発話内容には制約を設けず、注釈を付ける順番も指定しない。実験開始前に、実験参加者に注釈付けの練習する時間を与え、操作に十分慣れてから実験を開始する。各点の3次元位置を測量機で計測し、その値と注釈付加の設定位置(発話時の注視箇所)を比較することで、位置精度を評価する。



図8 注釈付加の指定位置

Fig.8 Specified position for attaching annotations.

実験参加者12人に対して、精度評価実験を実施した結果を表1に示す。図のシールの番号は、表中の番号と対応している。

表1 注釈の位置精度誤差

Table 1 Accuracy of annotating position

	平均誤差 (cm)	標準偏差
①	14.81	4.28
②	12.31	6.56
③	11.80	5.81
④	8.04	4.25
⑤	9.46	7.40
⑥	14.71	7.26
⑦	13.06	7.87
⑧	12.05	5.32
⑨	20.90	6.36
⑩	23.23	5.00
平均	14.04	6.01

表1から、本実験では約14cm程度の精度で注釈を付加可能であることから、同程度の広さ(閲覧者から注目物体までの距離が約2m)の展示会場では14cm程度の間隔で展示物を陳列すれば、正確な注釈付けが可能となることがわかる。3次元空間中での設置精度は、閲覧者と注目物体までの距離(観察距離)に比例して低下するが、その精度低下が観察映像上における注釈情報の重畳位置の算出に与える影響は、観察距離に反比例して小さくなる、つまり両者は多くの場合相殺されるため、展示規模に関わらず、閲覧者が観察する関心情報の重畳位置の設定精度は、ほぼ一定である。

基準点から遠くにあるターゲットほど誤差が大きくなる傾向があるが、これはカメラ座標系から世界座標系への変換誤差によるものと考えられる。本実験では、カメラ光軸と図7の中心やや左上に観測されているマーカ平面の法線がほぼ垂直となる状態で初期化処理を行った。このような位置関係では、マーカの頂点のわずかな検出誤差が、位置・姿勢推定の精度誤差に大きく影響する。マーカに対して一定の角度を付けて観測した状態で初期化処理を行うなどの工夫を行うか、植松ら[24]の手法を用いて、安定した初期化を実現する必要がある。

世界座標系の各軸の誤差を比較した結果では、マーカ平面( $X_W$ - $Y_W$ 面)に対して垂直な $Z_W$ 軸の方向の誤差が大きかった。この誤差は、画像中で観測されるマーカサイズに依存する。⑤番や⑦番のターゲットは、展示物の端(角)に存在するため、奥にある物体の特徴点が注視箇所と誤判定されるため位置がバラつき、標準偏差が大きくなっている。この問題については、視線移動推定[25]を導入して、注視位置の入力精度を向上する工夫が必要である。

### 5.2 実験2:注釈が付加される位置の評価

注釈を付加することで、閲覧者の見逃しを防ぐことができたとしても、そのような箇所に注釈を付ける発話者

がいなければ、本方式が有効に機能するとは言えない。そこで、図 7 の環境において、実際に本方式を用いた展示物の観察を行う際、見逃されがちな箇所へ注釈が追加されるか調査する。実験参加者には、展示物を自由に観察すると同時に、自由に注釈を付加するよう指示する。実験中の実験参加者の注視箇所の座標を記録し続けることで、閲覧が行われた箇所、閲覧が行われていなかった箇所を検出する。特に、閲覧があまり行われていないにも関わらず、注釈が追加された箇所へ注目する。また、実験後、本方式を用いた注釈付加に関する評価アンケートを実施する。

実験2では、12 人の実験参加者に対して実験を実施した。実験2の様子を図 9 に示す。閲覧が多く行われた箇所として、ガラスケース中央の写真、右側の基盤群、ガラスケースの上にあるパネル、左端に並んだパソコンなどがある。これらの場所には、7 人以上の実験参加者が注釈を付けている。一方、閲覧があまり行われなかった箇所として、右側上方のパネル群やガラスケースの一番下の段、ガラスケース中の本などがある。閲覧があまり行われない箇所の特徴として、目線の位置にない、閲覧者が事前知識を持っていないなどがある。閲覧があまり行われていない箇所に関しても、事前に知識を持つ、もしくは、展示物に気付いた実験参加者がおり、1、2個の注釈が追加された。この結果から、本方式を用いることにより、閲覧があまり行われない箇所にも、注釈付加が行われることが示せた。

追加された内容については、展示物の固有名詞や展示物に対して抱いた疑問が多かった。中には、事前に知識が必要な内容や展示物の細かな特徴を述べる内容が存在した。事前知識による内容に関しては、他の閲覧者が興味を持つ可能性が高いと考えられる。また、疑問形の注釈に対しても、それに他の閲覧者が答えることで、興味深い情報を提供できると考えられる。



図 9 実験2の様子

Fig.9 An example scene of Experiment 2.

実験2の際のアンケートの結果を表2に示す。実験参

加者には、各項目に対し、5段階のリッカード尺度でアンケートに回答するよう指示した。

表 2 実験2の主観評価

Table 2 Result of subjective evaluations of Experiment 2

	平均	標準偏差
注釈を意図した箇所に追加できたか。	4.64	0.90
音声入力による注釈付加はやりやすかったか。	4.27	0.49
音声入力は閲覧の妨げにならなかったか。	4.00	0.66
実際の展示会で注釈を付けてみたいか。	4.63	0.65

表2から、実験参加者は、自身の意図した箇所へ注釈を付加できていたことがわかる。また、音声入力によって注釈付け可能であるインターフェースは、閲覧の妨げとならず、操作しやすいという意見を得ることができた。そのため、本方式を用いて関心共有を行う際の注釈付けは円滑に行うことができていることが確認できた。一方で、実験参加者からは、「間違っで付加してしまった注釈を消せる機能がほしい」などインターフェースの改善に関する意見もあった。

### 5.3 実験3:注釈による閲覧箇所の変化の評価

本方式を用いて、注釈が追加された展示物を閲覧することにより、重要な展示物や解説の見逃しがどのように変化するかについて調査する。実験参加者には、展示物に注釈があらかじめ追加された状態で、自由に閲覧を行うよう指示する。実験時には、閲覧者が注目している箇所の3次元座標を記録し、実験2における注視箇所(つまり、注釈が提示されていない場合の注視箇所)との違いを調査する。その結果より、注釈情報が複合現実感提示されることによって、閲覧箇所がどのように変化するか調査する。具体的には、実験時に記録した閲覧者の各時刻における注目位置情報から、注目位置と時間を算出し、提案手法導入の効果を検証する。また、実験後には、注釈閲覧に関する評価アンケートにより、関心共有への影響に関する評価を実施する。

実験3では、13 人の実験参加者に対して実験を実施した。実験3の様子を図 10 に示す。実験2の結果において、閲覧が多い箇所、少ない箇所両方に注釈を付加した。閲覧が少なくかつ、注釈を付加した箇所として、ガラスケースの一番下の段や右上のパネル、ガラスケースの本がある。注釈ありで閲覧を行った結果、注釈が追加された点すべてにおいて5秒以上の閲覧が行われたことが確認された。また、付加情報と展示物を照らし合わせるために、より詳細な観察が行われていた。具体的に

は平均観察時間が5秒以上長くなっている。右上のパネルのように展示スペースの端に存在する展示物に関しては、注釈が付加されることで、展示物に気付くきっかけにもなっていることが確認された。これらの結果より、注釈を付加することで、見逃されがちな箇所についても閲覧する機会が増加したことがわかる。



図 10 実験3の様子

Fig.10 An example scene of Experiment 3.

実験3の際のアンケートの結果を表3に示す。注釈を付加することで、展示物に関心を向けることができ、見逃しを防ぐ機会を増加できたといえる。注釈と展示物の位置関係の把握や内容理解に関して高い評価を得ることができたため、関心共有が可能であるといえる。しかし、「注釈が展示物と重なってしまい、本当に見たいものが見えない」という意見もあった。そのため、表示のオンオフの切り替えを可能にするなどの対策が考えられる。また、注釈の内容が長い場合、別の物体と重なってしまう問題もあり、注視している領域のみ全文を表示するなどの対策を取る必要があると考えられる。「どのような提示内容であれば注意が向くか」という問いに対しては、展示物を見るだけでは分からない知識や展示物の簡単な説明などの回答があった。

## 6 おわりに

本稿では、複合現実感技術を用いて、閲覧者間の関心の共有を実現することにより、あまり目立たないが興味深い展示物の見逃しを軽減するシステムを提案した。閲覧者の発話内容(関心)を3次元文字 CG 化し、注視していた位置に適切な姿勢で提示することにより、後ほどその展示を訪れた閲覧者が、関心の内容を理解でき、閲覧者間で関心の共有を実現する。パイロットシステムを用いた実験を通じて、展示物に対して正確に注釈付けが可能であること、閲覧があまり行われぬ箇所にも注釈が付加されること、その注釈によって見逃しが軽減されることを示した。同時に実施した主観評価アンケー

トにより、注釈付加と閲覧の両作業において、本手法が有効であることを確認した。なお本実験では、閲覧者の発話は全て注釈情報とみなし MR 提示されるが、実利用時には、注釈情報として提示されるのがふさわしくない発話があることが予想されるため、選択的に注釈情報を入力する仕組みの実現が必要であると考えている。また、注釈情報の提示法についても、ビルボード表示を用いて閲覧者と正対するように3次元文字 CG を提示したり、閲覧距離に応じて注釈文字情報をアイコン化したりするなど、視認性の向上について検討の余地がある。

表 3 実験3の主観評価

Table 3 Result of subjective evaluations of Experiment 3.

	平均	標準偏差
注釈によって、展示物に関心が向いたか。	4.69	0.48
注釈と物体の位置関係は把握しやすかったか。	4.62	0.51
注釈から新しい情報を得られたか。	4.84	0.38
発話を表示する手法は内容理解しやすかったか。	4.38	0.50
展示会で実際に使ってみたいか。	4.62	0.50

## 参考文献

- [1] 檜山敦, 今井智章, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 拡張現実感ピークルを用いた遠隔展示解説支援; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vo.16, No.1, pp.35-44, 2011
- [2] Ken Nakagaki and Yasuaki Kakehi: "SonalShooter: A Spatial Augmented Reality System Using Handheld Directional Speaker with Camera," ACM SIGGRAPH2011, Posters (2011.8).
- [3] 平澤泰文, 松川節, 川田隆雄, 小南昌信: iPad 博物館ガイドシステムの構築と評価; 日本教育工学会論文誌, 36(Suppl.), pp.89-92, 2012
- [4] 永松明, 中里祐介, 神原誠之, 横矢直和: 屋内環境におけるモバイルプロジェクション型 AR 案内システム; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.14, No.3, 2009
- [5] 上田哲也, 笠原邦彦, 小田将史, 原豪紀, もたい五郎, 斎藤武, 中川剛志: パンフレットを利用したインタラクティブ案内システム; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.16, No.1, 2011
- [6] L.Itti, C.Koch, and E.Niebur. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, No.11, pp. 1254-1259, 1998.
- [7] 畑 元、小池英樹、佐藤洋一、"解像度制御を用いた視線誘導"、情報処理学会シンポジウム インタラクシオン 2014, February 2014.
- [8] 渡邊祐子, 高橋満: 美術館経験と意味の構成; 東北大学大学院教育学研究科研究年報, 2013

- [9] C.Koch and S.Ullman. Shifts in selective visual attention: towards the underlying neural circuitry. Human neurobiology, Vol.4, No.4, pp. 219-227, 1985.
- [10] 角 康之, 伊藤 惇, 西田 豊明: PhotoChat: 写真と書き込みの共有によるコミュニケーション支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, pp.1993-2003, 2008 年 6 月.
- [11] Jarkko Polyi, Juhyun Kim, Takafumi Taketomi, Goshiro Yamamoto, Jun Miyazaki, Hirokazu Kato: User Interface Design of a SLAM-based Handheld Augmented Reality Work Support System; VRSJ Research Report, Vol. 18, No. CS-3, 2013
- [12] 近藤智嗣: 没入型複合現実感展示におけるガイド機能の評価; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.17, No.4, 2012
- [13] 長野優一郎, 吉野孝: 拡張現実感を用いた発話可視化システム MIERUKEN の開発; 情報処理学会研究報告. EIP, [電子知的財産・社会基盤] 2009-EIP-46(20), pp.1-8, 2009
- [14] 池信克也, 吉野孝: 発話の可視化による多言語会話内容の推測支援システムの構築: 電子情報通信学会技術研究報告. AI, 人工知能と知識処理 110(428), pp.31-38, 2011
- [15] 竹内俊貴, 中島統太郎, 西村邦裕, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 展示空間の3次元記録を用いた博物館展示の時間軸拡張; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.18, No.3, 2013
- [16] セカイカメラ, <http://support.sekaicamera.com/ja>
- [17] R. O. Castle, G. Klein, D. W. Murray: Video-rate Localization in Multiple Maps for Wearable Augmented Reality: In Proceedings of the 12th IEEE International Symposium on Wearable Computers, 2008
- [18] Georg Klein, David Murray: Parallel Tracking and Mapping for AR Workspace; In Proceedings of the 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2007
- [19] 加藤博一; 拡張現実感システム構築ツール ARToolKit の開発; 電子情報通信学会研究技術報告, PRMU, 101(652), pp.79-86, 2002
- [20] Joseph L. Gabbard, J. Edward Swan, Deborah Hix: The Effects of Text Drawing Styles, Background Textures, and Natural Lighting on the Readability in Outdoor Augmented Reality; Presence: Teleoperators and Virtual Environments – Special issue: IEEE VR, 2006
- [21] JIS T 7309:2002, 視力検査装置
- [22] 畑田豊彦: 眼・色・光 より優れた色再現を求めて; 日本印刷技術協会, 2007
- [23] AmiVoice  
<http://sp.advanced-media.co.jp/SP/intro.html>
- [24] 植松裕子, 斉藤英雄: 複合現実感のための2次元矩形マーカを用いたカメラ追跡の精度向上; 画像の認識・理解シンポジウム MIRU, 2007
- [25] 宮下広夢, 林雅樹, 岡田謙一: 両眼式 HMD のための動作と視線を用いた映像視野移動手法; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.14, pp.177-184, 2009

#### [著者紹介]

##### 栗 泰裕 (非会員)



2015年筑波大学大学院システム情報工学研究科修了。同年新日鉄住金ソリューションズ(株)入社。在学中は、複合現実感を用いたコミュニケーション支援技術に関する研究に従事。

##### 北原 格 (正会員)



1996年筑波大学大学院理工学研究科了。同年シャープ(株)入社。2000年筑波大学先端学際領域研究センター助手。2003年ATR 研究員。2005年筑波大学大学院システム情報工学研究科講師。2008年同准教授。コンピュータビジョン, 複合現実感の研究に従事。2003年IEEE VR2003 Honorable Mention Award。博士(工学)。

##### 大田 友一 (正会員)



1977年京都大学大学院博士課程了。京都大学情報工学助手, 筑波大学電子・情報工学系講師, カーネギーメロン大学計算機科学科客員研究員, 筑波大学電子・情報工学系助教授を経て, 1992年同教授。2004年同大学院システム情報工学研究科教授。2013年より, 同大学副学長・理事。工博。コンピュータビジョン, 視覚情報メディア, 複合現実感の研究に従事。2009年度本学会論文賞受賞。パターン認識国際連盟フェロー, 電子情報通信学会フェロー, 情報処理学会フェロー。

(2015年6月9日受付)