

# スマートフォンのみによる視線トラッキング技術を用いた 展示案内アプリケーション

橘優希<sup>†</sup> 藤田和之<sup>†</sup> 高嶋和毅<sup>†</sup> 北村喜文<sup>†</sup>

**概要:** 本研究では、スマートフォンのみによる視線トラッキング手法である HandyGaze[1]を用いた展示案内アプリケーションの実現とその有用性の検討を行う。具体的な応用先として美術館や博物館、展覧会などの文化空間における展示案内に着目し、スマートフォンのみによる展示案内アプリケーション HandyGaze Guide を提案する。HandyGaze Guide では、ユーザが展示物を注視するだけでその展示物に関する情報をスマートフォンから提示する。このアプリケーションの有用性の検証のため、12名の参加者を対象として、情報を取得しながら絵画を鑑賞してもらう実験を行った。実験では、HandyGaze Guide に加え、比較手法として QR コード入力アプリ (QR Guide) の2つを、展示案内の主観的なユーザ体験に関する評価指標である Multimedia Guide Scale を用いて比較した。この結果、提案手法の平均スコアは、General Usability Scale および Learnability and Control のサブスケールでは比較手法と同等、Quality of interaction with the Guide のサブスケールでは比較手法よりも高かった。結果より、初めて使用する参加者にも問題なく受け入れられるユーザビリティであること、鑑賞と情報取得のシームレスさを実現できたこと、参加者が鑑賞している展示物の情報を提示できたことが考察された。

## 1. 序論

視線はユーザの関心領域を自然に示し、離れたターゲットに対しても有効であることから、有用な入力手段として活用されてきた。視線入力、画面上のポインティング[2]のような二次元平面を対象としたものだけでなく、近年では三次元空間への適用[3][4][5]も検討されている。例えば、作業空間でのデバイスの切り替え[4]、VR 空間のオブジェクト操作[5]などが挙げられ、不特定多数の関心対象のある屋内空間 (以下、「ルームスケール環境」とする) における視線入力の応用が幅広く検討されてきた。しかし、既存の視線入力手法は、いずれも環境設置型や頭部着用型トラッカといった専用のデバイスを用意する必要があり、導入障壁の高さが課題となっていた。

この課題の解決策として、スマートフォンのみを用いた視線トラッキング技術「HandyGaze」[1]がある。HandyGaze はスマートフォン内蔵の前後のカメラと深度センサを用いて、ルームスケール環境内での6自由度の視線トラッキングを実現している。しかし、この研究[1]は視線トラッキングの基本的なパフォーマンスの評価をするに留まっており、展示案内をはじめとした応用例はまだ検討されていない。

そこで本研究では、HandyGaze のアプリケーションの実現とその有用性の検討を目的とする。具体的な HandyGaze の応用先として、本研究では美術館や博物館、展覧会などの文化空間での展示案内アプリケーションに着目する。その理由としては、美術館や博物館、展覧会などの文化空間は不特定多数の関心対象物があるルームスケール環境であり、ユーザから展示物に関する情報の提示を求められること、ユーザが立位姿勢であることが多く、スマートフォンを自然に把持したときにユーザの顔を前面カメラが捉える

という必要条件を満たしやすいこと、また、文化空間における展示案内の研究では、ユーザ自身のデバイスを用いた手法が推奨されていること[6]が挙げられる。

文化空間におけるユーザ自身のデバイスを用いた展示案内の関連研究としては、ユーザ自身が情報取得するものとシステムからユーザに情報を提示するものがある。前者は、主に番号入力<sup>a</sup>や QR コード入力が使われており、ユーザにとって必要な時に情報を取得できる一方で、コードの探索によって鑑賞を一時中断する必要がある。後者は、Wi-Fi[7]、超音波[8]、Beacon[9]等を用いてユーザと展示物の距離を測定し、近い展示物の情報を提示する。この手法は鑑賞と情報取得をシームレスに行うことができる一方で、ユーザが鑑賞していない展示物の情報を提示する可能性がある。

本研究で提案する文化空間向け展示案内アプリケーション HandyGaze Guide は、ユーザが展示物を見るだけで、その展示物の詳細な情報をスマートフォンにより提示することができる。関連研究と比較した HandyGaze Guide の利点は以下の3つである。

- スマートフォン以外の機器や装置を必要としない
- ユーザが鑑賞している展示物の情報を提示する
- 展示物の鑑賞と情報の取得をシームレスに行う

これらの利点から、HandyGaze Guide を使用することによって、文化施設の運営側としては展示案内ガイドに関わるコストの削減が期待でき、訪れるユーザ側としては詳細な情報を取得しながら展示物に集中できるため、文化空間での体験の満足度が上がることが期待できる。

<sup>†</sup> 東北大学 電気通信研究所

<sup>a</sup> <https://welcome.mapps.ne.jp/pocket/>

本研究では、HandyGaze Guide の実現のため、文化施設の運営側に向けたコンテンツのセットアップインタフェース、および鑑賞者に向けた情報提示インタフェースをそれぞれ実装する。加えて、このアプリケーションを用いて絵画の鑑賞を行う実験を通して、HandyGaze Guide の使いやすさと鑑賞体験に与える影響を測定し、有用性を検証する。

## 2. HandyGaze Guide

### 2.1 概要

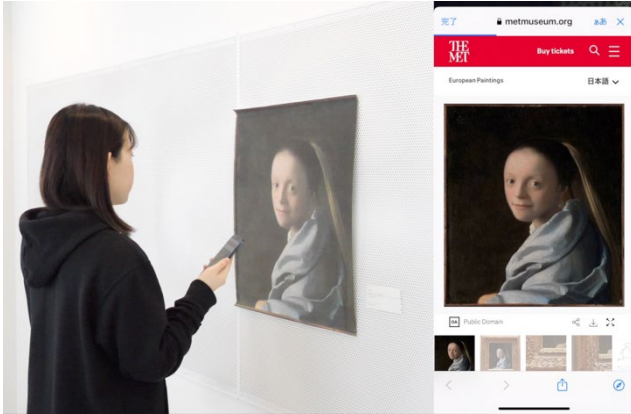


図 1 HandyGaze Guide の使用風景  
(実際の様子 (左), スマートフォン画面 (右))

本研究では、HandyGaze を用いた美術館や博物館等の文化空間における展示案内アプリケーション HandyGaze Guide を提案する。図 1 のように、HandyGaze Guide はユーザーが展示物を見るだけで、その展示物の詳細な情報を提示することができるアプリケーションである。加えて、アプリケーションのセットアップも利用もスマートフォンのみで行うことができる。

以下では、まず本アプリケーションのコア技術である HandyGaze の概要を述べ、その後、アプリケーションのインタフェース設計と実装について述べる。

### 2.2 先行研究 (HandyGaze) [1]

HandyGaze は、Nagai らによって開発されたルームスケール環境を対象としたスマートフォンのみによる視線トラッキング技術である。スマートフォン内蔵の前後のカメラと深度センサを用いて、ルームスケール環境内での 6 自由度の視線トラッキングを実現する。事前にルームスケール環境の 3D マップを取得すること、前面のカメラがユーザーの顔を捉えることの条件を満たせば、スマートフォンのみで視線トラッキングが可能になる。

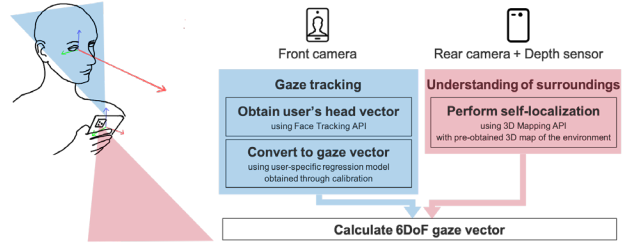


図 2 HandyGaze のシステム概要

HandyGaze のシステム概要を図 2 に示す。ARKit の Face Tracking API を用いて、スマートフォンの前面カメラから顔の形状を手がかりに、スマートフォンに対する相対的なユーザの頭部の位置・方向を取得する。また、3D マップ上で位置が既知である環境内のターゲットをユーザに複数回注視してもらうことでキャリブレーションを行い、頭部ベクトルを視線ベクトルへ較正する。同時に、ARKit の 3D Mapping API を用いて、ルームスケール環境の 3D マップを復元し、その特徴をスマートフォンの背面に搭載されたカメラと深度センサから得られる画像・深度マップと照合することで、3D マップ上での自己位置推定を行う。これによりユーザの周辺環境を把握する。上に述べたような視線ベクトルの取得と周辺環境の把握を組み合わせることで、ルームスケール環境での視線トラッキングを実現している。10 名の参加者によるトラッキング精度の評価実験の結果、ユーザ毎のキャリブレーションを実施した条件では、3 通りの距離 (1.75 m, 3.5 m, 5.25 m) の壁面に配置されたターゲットに対して平均 0.53 m (SD=0.42) の誤差で注視位置を推定できることがわかった。この精度であれば、ターゲット同士があまり密に配置されていない美術館や博物館等の展示案内への応用が可能と考えられる。

### 2.3 HandyGaze Guide の実装

#### 2.3.1 セットアップインタフェース

文化施設の運営側による利用が想定される、セットアップインタフェースの画面を図 3 に示す。まずスマートフォンの外側カメラ、モーションセンサ、深度センサを用いてルームスケール環境全体を撮影することで、3D マップを取得する。次に、スマートフォンのカメラでセットアップをする対象の展示物を捉え、スマートフォンの画面上でその展示物を直接タップする。すると、画面上のタップ位置と 3D マップ上の物理面との衝突点にオブジェクトが配置される。あらかじめ登録しておいた展示物の名称をリストから選択し、オブジェクトと展示物を紐づける。また、配置されたオブジェクトはサイズの調整が可能である。

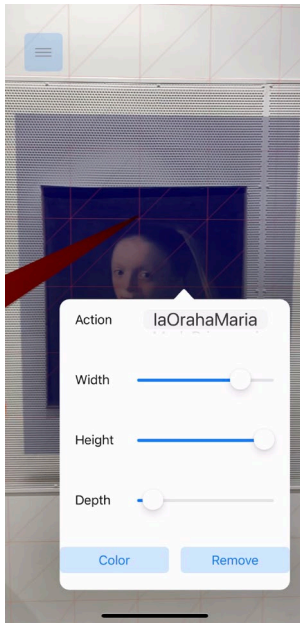


図 3 セットアップ時のアプリケーション画面

### 2.3.2 視線入力

HandyGaze を用いてトラッキングされた視線ベクトルがオブジェクトと 1.5 秒以上交わる、かつ、そのオブジェクトが現在入力状態にあるオブジェクトと異なるとき、そのオブジェクトがシステムに入力され、紐づけられた展示物の情報の呼び出しが行われる。なお、先行研究[1]で用いられていたユーザ毎のキャリブレーションは、本アプリケーションでは使用しない。これは、予備検討から、キャリブレーションなしでも展示案内の用途においては十分な精度が出せると考えたためである。

### 2.3.3 情報提示インタフェース

ユーザが注視しているオブジェクトが入力されると、まずそのオブジェクトに紐づけられた展示物の情報（ここでは特定のウェブページ）を表示する。表示が完了すると、スマートフォンの振動でユーザに通知され、同時に音声ガイドが再生される。

## 3. 評価実験

HandyGaze Guide の使いやすさやユーザの鑑賞体験に与える影響について調査することを目的に実験を行った。

### 3.1 概要

展示案内に用いるインタフェースは、提案手法である HandyGaze Guide (HG) と既存手法の QR コード入力の展示案内アプリケーション QR Guide (QR) の 2 通りである。本実験では、広く普及している入力手段であり、文化空間での展示案内にも用いられている QR コード入力を使用した QR Guide を比較に用いる。QR Guide は展示物の横に設置された QR コードにスマートフォンをかざすことで、その展示物の詳細な情報を提示するアプリケーションである。

比較のため、情報提示インタフェースは HandyGaze Guide と同様としている。

測定項目は System Usability Scale (HandyGaze Guide のみ)、Multimedia Guide Scale (両手法) の回答である。System Usability Scale (SUS) はシステムの使いやすさを測定する主観指標であり、5 段階のリッカート尺度 (5: 強く賛成-1: 強く反対) の 10 問の質問からなる。Multimedia Guide Scale (MMGS) は、Othman らによって開発されたマルチメディアガイドがユーザの文化空間での体験を測る主観指標の一つで、主にマルチメディアガイドの有用性や利便性を測定する[10]。5 段階のリッカート尺度の 17 問の質問からなり、General Usability (一般的な使いやすさ)、Learnability and Control (学習性と操作性)、Quality of interaction with the Guide (ガイドとのインタラクションの質) の 3 つのサブスケールに分類される。質問項目を表 1、表 2、表 3 に示す。

表 1 MMGS (General Usability)

番号	質問項目
GU1	I will use an multimedia guide again when I visit an exhibition 展示会に行くときはまたマルチメディアガイドを利用したい
GU2	The multimedia guide was a distraction マルチメディアガイドが邪魔だった
GU3	The information given by the multimedia guide was too lengthy マルチメディアガイドが提供する情報が長すぎる
GU4	It was difficult to determine where I was in the exhibition with the multimedia guide マルチメディアガイドでは自分が展示物のどこにいるのか判断しにくかった
GU5	The multimedia guide helped me to navigate around the exhibition マルチメディアガイドは展覧会場の移動に役立った
GU6	Using the multimedia guide enhanced my exhibition visit マルチメディアガイドの利用は私の展覧会訪問の質を高めた
GU7	The multimedia guide was complicated to use マルチメディアガイドの使い方が複雑だった
GU8	It was difficult to select the option I wanted with the multimedia guide マルチメディアガイドでほしいオプションを選択するのが難しかった

表 2 MMGS (Learnability and Control)

番号	質問項目
LC1	I felt I was in control of the multimedia guide マルチメディアガイドを自分で操作している実感があった
LC2	Learning to operate the multimedia guide was easy マルチメディアガイドの操作を覚えるのは簡単だった
LC3	Using the multimedia guide did not require much training マルチメディアガイドを使うのに、あまりトレーニングは必要なかった
LC4	The controls of the multimedia guide were difficult to understand マルチメディアガイドの操作はわかりにくかった
LC5	The multimedia guide presented information in an understandable manner マルチメディアガイドは情報をわかりやすい方法で表現している
LC6	I found it difficult to read the text on the screen of the multimedia guide マルチメディアガイドの画面の文字が読みにくく感じた

表 3 MMGS (Quality of interaction with the Guide)

番号	質問項目
QG1	The multimedia guide clearly provided feedback about my actions マルチメディアガイドは私の行動に対して明確にフィードバックしてくれた
QG2	It was clear to me when the multimedia guide was taking the initiative to offer me information and when I needed to ask it for information マルチメディアガイドが率先して情報を提供してくれるときと、私が情報を求めるべきときとの違いが明確であった
QG3	I became unaware that I was even using any controls on the multimedia guide マルチメディアガイドの操作をしていることすら意識しなくなった

本実験には、12 名の大学生または大学院生の研究室内の学生 (男性 11 名、女性 1 名、平均年齢 22.9 歳 (SD = 1.26)) が参加した。12 名全員が美術館や博物館への訪問経験があり、うち 2 人がモバイルガイドの使用経験があっ

た。

### 3.2 実験環境・装置

実験会場の様子を図4に示す。実験会場にはA1サイズの6枚の絵画展示した。絵画は地面からおおよそ160cmの高さに展示した。6枚の絵画のうち1枚はアプリケーションの説明と練習のための見本用とし、残りの5枚は観賞用とした。観賞用の5枚の絵画は手法ごとに入れ替えた。本実験ではメトロポリタン美術館<sup>b</sup>の11枚の絵画を使用した。さらに、ユーザに提示する情報として、同美術館の作品の公式ウェブページと解説音声を利用した。また、会場には鑑賞を妨げない位置に椅子を設置した。これはHandyGazeの自己位置推定の精度を上げるためである。

実験装置はiPhone12Proを使用した。また、参加者の同意のもと、2台のカメラで鑑賞中の参加者の様子を録画した。HandyGaze Guideのセットアップでは、視線入力精度を上げるため、オブジェクトのサイズは実際の絵画よりも大きい縦2.0m、横1.5mに設定した。



図4 実験会場の様子

### 3.3 手順

実験開始前に、使用機器及び実験者と参加者の手指のアルコール消毒を行った。次に、見本用の絵画を用いて、実験者の使用している姿を見せながら、アプリケーションの使い方を説明し、参加者にも使用してもらった。また、参加者には、すべての展示物の情報を取得することと、鑑賞終了後のアンケートで回答する気に入った展示物を鑑賞中に選んでおくことを教示し、時間や順番は指定せず5つの展示物を鑑賞してもらった。鑑賞終了後、System Usability Scale (HandyGaze Guideのみ)、Multimedia Guide Scale (両手法)に回答してもらった。一連の流れを各手法で行った。手法の順番は参加者間でカウンターバランスをとった。HandyGaze Guideを使用する際は参加者に同意を得てマスクを外してもらった。最後に2つの手法を比較して、それぞれのメリットとデメリットについてインタビューで回答してもらった。

## 3.4 結果

### 3.4.1 System Usability Scaleの回答 (HandyGaze Guideのみ)

得られた回答をパーセンタイルに変換すると、参加者12人の平均スコアは78.3 (SD=9.65)であった。スコア評価のための形容詞のスケールより、HandyGaze Guideは“Good”の評価を得た。

### 3.4.2 Multimedia Guide Scaleの回答 (両手法)

各質問項目の平均スコアを表4に示す。なお、逆転項目であるGU2, GU3, GU4, GU7, GU8, LC4, LC6については得られたスコア値を反転させたものを示している。ウィルコクソンの符号付き順位検定 (統計数値表による検定)の結果、LC1の“I felt I was in control of the multimedia guide (マルチメディアガイドを自分で操作している実感があった)”に関してはQR GuideのスコアがHandyGaze Guideに比べて有意に高く ( $p < .05$ )、QG3の“I became unaware that I was even using any controls on the multimedia guide (マルチメディアガイドの操作をしていることすら意識しなくなった)”に関してはHandyGaze GuideのスコアがQR Guideに比べて有意に高かった ( $p < .01$ )。

各サブスケールの中央値とウィルコクソンの符号付き順位検定 (統計数値表による検定)の統計量と両側検定の結果を表5に、各参加者のサブスケールごとの平均スコアをまとめたものを図5に示す。Generality Usability, Learnability and Controlでは2手法のスコアに有意差はなく ( $p > .05$ )、同程度の評価だったが、Quality of Interaction with the GuideのみHandyGaze Guideのスコアの方がQR Guideに比べて有意に高かった ( $p < .01$ )。

表4 MMGSの各質問項目の平均値

番号	平均値 (HG)	平均値 (QR)	番号	平均値 (HG)	平均値 (QR)
GU1	4.3	4.0	LC1	3.1	4.3
GU2	3.9	4.0	LC2	4.7	4.8
GU3	3.2	3.0	LC3	4.8	4.8
GU4	4.3	4.2	LC4	4.6	4.8
GU5	2.9	2.3	LC5	4.2	3.5
GU6	4.8	4.2	LC6	4.4	4.2
GU7	3.9	4.5	QG1	4.0	4.1
GU8	4.0	3.9	QG2	3.2	3.3
			QG3	3.7	1.7

表5 MMGSの各サブスケールの平均値と統計量、両側検定の結果

サブスケール	平均値 (HG)	平均値 (QR)	統計量	両側検定
GU	3.9	3.8	17	-
LC	4.3	4.4	24	-
QG	3.6	3.0	2	1%有意

b <https://www.metmuseum.org/>

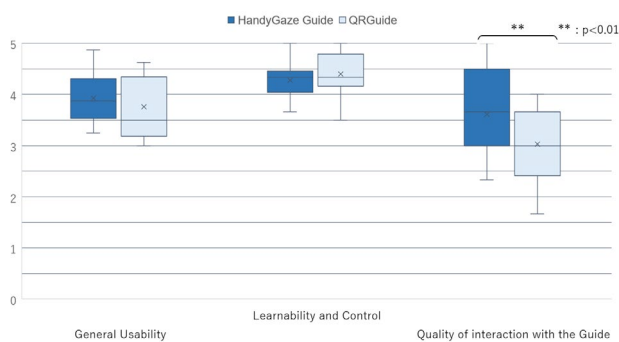


図 5 MMGS の回答結果

### 3.4.3 インタビュー

2 手法を比較してそれぞれのメリット・デメリットを回答してもらった。HandyGaze Guide のメリットとしては、操作感のない自然な情報取得や遠距離からの入力可能な点が挙げられた。デメリットとしては情報が欲しいと思わないときにも情報が提示された、スマートフォンを持つ角度によって反応が鈍いときがあったという指摘があった。QR Guide では、欲しい情報が手に入る点、確実に情報を提示してくれる安心感がメリットとして挙げられ、デメリットとしては、いちいちスマートフォンをかざすのを手間に感じたという声があった。

## 4. 議論

### 4.1 考察

#### 4.1.1 展示物の鑑賞と情報の取得のシームレスさ

Multimedia Guide Scale の回答とインタビューより、本アプリケーションは、既存手法と比較して、ユーザが操作する感覚なく情報を取得できることが特徴であることがわかった。このことから本アプリケーションは、展示物の鑑賞と情報の取得をシームレスに行うことを実現できたといえる。また、参加者から HandyGaze Guide の方が展示物に集中できた、情報取得に鑑賞を妨害されなかったという声もあり、展示物の鑑賞と情報の取得のシームレスさはユーザの鑑賞の満足度を上げる一助になる可能性がある。

#### 4.1.2 操作性と学習性

広く普及している入力手段である QR コードと比較して Multimedia Guide Scale の Learnability and Control のスコアに差はみられなかった。また、System Usability Scale のスコアは“Good”の評価を得た。従って、参加者が使い慣れていないインタフェースであるにもかかわらず、HandyGaze Guide はユーザに問題なく受け入れられたといえる。

#### 4.1.3 システムへの信頼感

インタビューの中で、既存手法の方が確実に情報を提示し

てくれるという信頼感があったという声があった。その理由として以下の3つが考えられる。

- QR コード入力の方が使い慣れているため
- 情報が提示されるまで入力を確認できないため
- 実験中に一度読み込んだ情報が勝手にリロードされる誤作動や反応しにくいときがあったため

2つ目の理由に関して、QR コード入力はカメラでスキャンするため、情報提示される前に入力できたことを確認できるが、HandyGaze は情報提示されるまで入力が確認できないため、信頼感を得にくかったと考える。このことは、ユーザの慣れによって解消される可能性があり、今後調査する必要がある。

先行研究[1]より、ユーザが上を向いた場合に前面カメラが顔を捉えにくくなり、頭部トラッキングがロストしやすくなることが報告されている。参加者の実験中の動画、誤作動が生じたときや反応が鈍くなったとき、スマートフォンの画面が床と並行に近い角度になっていたことが確認できた。このことから先行研究で報告されたロストが原因で誤作動や鈍い反応が起きたと考えられる。この対策としてはロストが発生しそうなきや発生したときにユーザに通知すること、ロストした際は直前の展示物の情報を提示し続け、再びユーザの顔を捉えられたときにロスト前と同じ展示物を見ていたらリロードを行わないということが考えられる。一方で実験中に鑑賞している展示物と異なる展示物の情報を提示したという声はなかった。

以上のことから、ユーザが鑑賞している展示物に関する情報を提示することは達成できたが、フィードバックへの信頼性にはまだ課題が残ると考えられる。

#### 4.1.4 フィードバックのモダリティ

主に展示物を一通り見たあと、気になった展示物を再び鑑賞した参加者から、HandyGaze Guide は情報が欲しいと思わないときにも情報が提示されて煩わしかったという声が寄せられた。

本アプリケーションが情報提示する際のユーザへのフィードバックは以下の3点である。

- スマートフォンの画面へのウェブページの表示
- 情報提示されたことを通知する振動
- 音声ガイドの再生

再び展示物を見る際に参加者はスマートフォンの画面を見ないことが多いこと、振動は音声ガイドに比べて刺激が微弱なことから、音声ガイドが自動で流れたことに煩わしさを強く感じたのではないかと考えられる。そのため音声ガイドを使用する際は再生タイミングについて検討が必要だと考えられる。

## 4.2 研究の制限と今後の課題

### 4.2.1 マスクの着用による精度の低下

HandyGaze Guide は主に公共空間での使用が考えられるが、先行研究[1]でも言及されているように HandyGaze はマスクで顔を覆われていると精度が下がってしまうため、マスクを外して使用する必要がある。これには透明なマウスシールドを用いることや眼球ベクトルのトラッキングなどの対策が考えられるが、今後の課題である。

### 4.2.2 展示案内のための準備コストの削減の調査

3D マップ内でオブジェクトを作成するだけでアプリのセットアップが完了することは、物品や機器の準備と設置のコスト削減やレイアウトや展示の変更への柔軟な対応につながると思われるが、実際の文化施設のスタッフを対象とした調査が必要である。

## 5. 結論

本研究では HandyGaze を用いたアプリケーションの実現と有用性の検討を目的とし、美術館や博物館、展覧会などの文化空間における展示案内アプリケーション HandyGaze Guide を提案した。提案手法の使いやすさやユーザの鑑賞体験に与える影響を調査するために、HandyGaze Guide と QR コード入力を使用したアプリケーション QR Guide の 2 手法を用いて、それぞれ 5 枚の絵画を鑑賞してもらう実験を行った。この結果から、HandyGaze Guide は、初めて使うユーザにも問題なく受け入れられたこと、展示物の鑑賞と情報の取得のシームレスさを実現できたこと、ユーザが閲覧している展示物に関わる情報を提示できたことがわかった。一方で、視線入力時のユーザへのフィードバックの信頼性には課題があることも明らかになった。今後は、実際の文化施設のスタッフを対象とした調査や、入力時の視聴覚・振動フィードバック手法の検討に取り組む。

## 参考文献

- [1] Nagai, T., Fujita, K., Takashima, K., & Kitamura, Y.: HandyGaze: A Gaze Tracking Technique for Room-Scale Environments using a Single Smartphone. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 6 (ISS), pp. 143-160. doi: 10.1145/3567715 (2022).
- [2] Stellmach, S. and Dachselt, R.: Still Looking: Investigating Seamless Gaze-Supported Selection, Positioning, and Manipulation of Distant Targets, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.285–294, doi: 10.1145/2470654.2470695 (2013).
- [3] Wang, H., Pi, J., Qin, T., Shen, S. and Shi, B. E.: SLAM-Based Localization of 3D Gaze Using a Mobile Eye Tracker, *Proceedings of the 2018 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, doi:10.1145/3204493.3204584 (2018).
- [4] Serrano, M., Ens, B., Yang, X.-D. and Irani, P.: Gluey: Developing a Head-Worn Display Interface to Unify the Interaction Experience in Distributed Display Environments, *Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, pp. 161–171, doi:10.1145/2785830.2785838 (2015).

- [5] Pfeuffer, K., Mayer, B., Mardanbegi, D. and Gellersen, H.: Gaze + Pinch Interaction in Virtual Reality, *Proceedings of the 5th Symposium on Spatial User Interaction*, p. 99–108, doi:10.1145/3131277.3132180 (2017).
- [6] Othman, M. K., Petrie, H. and Power, C.: Measuring the Usability of a Smartphone Delivered Museum Guide, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, pp. 629–637, doi: 10.1016/j.sbspro.2013.10.282 (2013).
- [7] Chianese, A., Marulli, F., Moscato, V. and Piccialli, F.: SmARTweet: A Location-Based Smart Application for Exhibits and Museums, *2013 International Conference on Signal-Image Technology Internet-Based systems*, pp. 408–415, doi:10.1109/SITIS.2013.73 (2013).
- [8] Bihler, P., Imhoff, P. and Cremers, A. B.: SmartGuide – A Smartphone Museum Guide with Ultrasound Control, *Procedia Computer Science*, pp. 586–592, doi: 10.1016/j.procs.2011.07.076 (2011).
- [9] Alvermann, J.: Mobile Media in the Museum Space: The Example of the Neanderthal Museum’s App "Neanderthal+", *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct*, pp. 1509–1512, doi:10.1145/2968219.2974048 (2016).
- [10] Othman M.K., Petrie H., P. C.: Engaging Visitors in Museums with Technology: Scales for the Measurement of Visitor and Multimedia Guide Experience, *Human-Computer Interaction – INTERACT 2011*, pp. 92–99, doi: 10.1007/978-3-642-23768-3\_8 (2011).