

博物館におけるテレプレゼンスロボットのデザイン

松村 耕平^{1,a)} 柴田 太一¹ 野間 春生¹

概要:本研究では博物館におけるテレプレゼンスロボットのありかたについて検討した。博物館において、テレプレゼンスロボットが導入されれば、身体が不自由な人が展示を楽しむことができるばかりか、異なる場所に存在する関連する展示物をロボットを通して楽しむような新しい展示形態が可能になる。本論文では、Suitable Technologies 社のテレプレゼンスロボット、Beam を実際の博物館に持ち込み、その可能性と課題について検討した。複数の学芸員とのワークショップおよびフォーカスグループから博物館におけるテレプレゼンスロボットのデザインを導出したので報告する。

MATSUMURA KOHEI^{1,a)} SHIBATA TAICHI¹ NOMA HARUO¹

1. はじめに

Double Robotics の Double^{*1}、Suitable Technologies の Beam^{*2}などの低価格のテレプレゼンスロボットが普及してきている。これらは多忙なビジネスマンが遠隔会議の用途に使うだけでなく、あらゆる人が使える技術となっている。学会においても、ACM CHI や Ubicomp、国内では WISS などテレプレゼンスロボットによる遠隔参加が可能になっている。この試みによってこれら会議はよりアクセシブルになっている。例えば、身体に不自由がある、子ども連れでの参加が難しい研究者、あるいは、VISA の取得が難しい国に住む研究者が参加の機会を得ることができる。

テレプレゼンスロボットの利用は今後も拡大していくことが見込まれる。例えば、遠隔地への旅行サービスもその用途の1つである。KDDI とナビタイムによる SYNC TRAVEL^{*3}は、360度カメラとヘッドマウントディスプレイを組み合わせ、インターネットを通じて遠隔地への旅行を楽しむことができるプロジェクトである。Georama^{*4}は様々な理由から遠距離への旅行ができないが旅行への関心があるユーザをターゲットにしたオンラインツアーを提供するサービスである。無料で見られるオンラインツアー中

に、有料でガイドに質問やリクエスト（「もっと右を見たい」「その先を曲がると何があるの？」など）を行うことができる。

これらのバーチャルツアーの試みでは人間のガイドによって撮影された映像を楽しむが、テレプレゼンスロボットが世界中の観光地や美術館、博物館に配置されれば、操作者が自らのペースで自らの意思によって移動して、遠隔地への旅行を楽しむことができると考えられる。

博物館にテレプレゼンスロボットが導入されることになれば、例えば世界中に点在する展示をその関係性に基づいて再構成したバーチャル博物館のような枠組みを構成することや、他の博物館が収蔵する関連展示物をその場からロボットを介して楽しむことができるようになる。一方で、テレプレゼンスロボットはそれが動く空間中で人間と共存することになる。本論文では、そのような近い未来のなか、博物館においてテレプレゼンスロボットがどのようにデザインされるべきなのかを議論する。そのために、実際の博物館において活躍する学芸員とともにテレプレゼンスロボットを博物館において試用するワークショップを開催した。ワークショップ、および、その後のフォーカスグループを通して浮かび上がったロボットの特徴から、博物館におけるテレプレゼンスロボットの1つのあり方を提案する。

2. 関連研究

博物館などでのロボットの活用に関する研究はこれまで数多くされてきた。それらの多くは、ロボットに人間の

¹ 立命館大学 情報理工学部
1-1-1 Nojihigashi, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan
^{a)} matsumur@acm.org
^{*1} <https://www.doublerobotics.com>
^{*2} <https://suitabletech.com>
^{*3} <http://connect.kddi.com/sync/travel/>
^{*4} <https://www.georama.com>

キュレーターの代わりにガイドをさせようとするものであった。すなわち、博物館の訪問者を安全にナビゲーションし、また、展示物に興味を惹かせるためにどのようなインタラクションが効果的であるのかについて研究されてきた。

Sidner et al. はロボットがガイドを行う途中で時々訪問者を振り返ることで、説明を受ける訪問者の顔の回数が増えることを報告している [1]。Kuno et al. は、ロボットが単に振り返るだけでなく、振り返りのタイミングを文の切れ目などに適切に置くことによって訪問者の反応を促すことができることを示した [2]。同様に、葛岡らのグループでは、ロボットが説明中に沈黙したり、あるいは言い直しをすることによって訪問者の興味を惹くことができることを示している [3], [4]。Matsumura et al. の研究では、展示物の関係性を説明する際に、ロボットが方向を指し示すなど身体性を利用することによって説明を受けている訪問者だけでなく、それを聞いた周りの訪問者の反応を引き出すことができることを示した [5]。

本研究では、上述の研究が博物館のガイドを指向しているのに対して、テレプレゼンスロボットを介してユーザが博物館を訪問することを考える。テレプレゼンスロボットを利用した博物館鑑賞に関する研究は、前山らによるロボットの操作方式に関する研究 [6], [7] や、Trahanias et al. による TOURBOT と呼ばれる遠隔操作ロボットを利用した研究がある [8] が、この何れにおいても、博物館の展示計画や説明を行う学芸員などを交えたロボットのデザインについては議論が深められていない現状がある。本研究では、博物館の学芸員とのワークショップおよびフォーカスグループを通してテレプレゼンスロボットによる博物館の体験デザインについて考える。

3. ワークショップ

本研究のアプローチとして、実際の博物館にテレプレゼンスロボットを持ち込み、その展示空間をデザインした学芸員とともにロボットを操作することによって、博物館におけるロボットのデザインを考察する。本研究においては吹田市立博物館*5 においておよそ2時間のワークショップを開催した。ワークショップでは Suitable Technologies のテレプレゼンスロボット Beam を利用した。

3.1 吹田市立博物館

吹田市立博物館は近隣の遺跡において出土された石器や、吉志部瓦窯跡の復元展示、あるいは近代のアサヒビールの工場に関する展示など、旧石器時代から現代までの吹田の歴史を時代の流れを追いながら鑑賞することができる博物館である。国立の博物館のように大規模ではないもの

の、地域の歴史・民族について資料を収集・保管および展示紹介する役割を果たしている。本研究では、博物館の展示スペース全体（第一・第二展示室）を利用し、ロボットを利用したワークショップを実施した。

3.2 参加者およびロボット

参加者は吹田市立博物館の館長を含む学芸員3名および本研究の著者ら2名である。これらの参加者がロボットの操作、ロボットと同行した展示鑑賞およびその観察の3つの役割を交代しながら行った。なお、これらの参加者のほかにビデオ記録を行う1名がワークショップに同伴した。

学芸員3名の専門はそれぞれ、宗教人類学、経営人類学およびブラジル研究、考古、歴史（近現代）および博物館学であり、吹田市立博物館の展示を担当している。

ワークショップでは Suitable Technologies のテレプレゼンスロボット Beam を利用した。Beam は高さ134cm、幅31cm、奥行42cm、重さ18kgのロボットでインターネットを介してパソコンやタブレット、スマートフォンなどからその操作を行うことができる。Beam には前面および移動を助けるために下面にそれぞれ1台のカメラが搭載されている。また、スピーカーとマイクによって操作者がロボットを介して映像・音声によるコミュニケーションを取ることができる。ロボットはLTEモデムを搭載したWiFiルータに接続した環境で利用した。

ロボットの操作は Apple iPad Pro 9.7inch に Beam 専用アプリをインストールした環境で行った。当該の iPad にはLTEモデムが内蔵されており、インターネットを介してテレプレゼンスロボットと通信を行った。

3.3 方法

ワークショップはおよそ2時間で行われた。当初の15分間程度を著者らによるロボットの機能および操作説明とデモンストレーション操作、および参加者の馴致のために用いた。

馴致を終えた後に、ロボットの操作者を学芸員3名および著者1名の4名で交代しながら一人あたり20分程度の操作を行った。この際に他の参加者はロボットの操作者、あるいはロボットに同伴した。ここでは、操作者には特に指示をせずに自由に操作してもらった。安全を期すためにロボットの操作者およびロボットの傍らに著者らが1名ずつ同伴した。

最後の20分程度は参加者同士で相談しながら、特に決め事をせずに自由にロボットを操作した。ここでは、ロボットの能力を試すべく、展示空間内にあるスロープを登降したり、手元の機材と組み合わせてロボットの可能性を議論することが行われた。

ワークショップ中は随時参加者同士での議論が交わされた。ワークショップの様子は2台のビデオカメラと2台の

*5 <http://www.suita.ed.jp/hak/>

ボイスレコーダによって記録された。

3.4 結果

当初 15 分間のデモンストレーション及び馴致走行によって全ての参加者がテレプレゼンスロボットを操作することができた。図 1 は展示空間を移動するロボットの様子、図 2 はロボットの操作画面である。



図 1 展示空間を移動するロボット

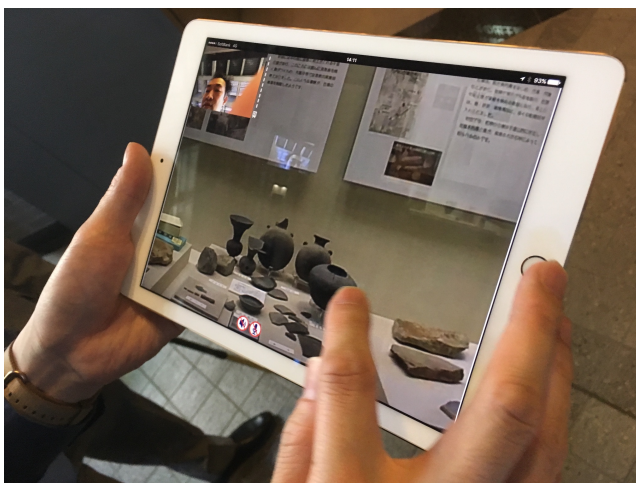


図 2 ロボットの操作画面

ワークショップ中に学芸員から示された意見について以下にまとめる。

展示品とのインタラクション

展示品とのインタラクションについて、遠隔操作者が展示品のスイッチを押すことができると良いという意見を得た。博物館の展示にはスイッチを押すと展示物の説明が始まるようなインタラクティブなものがある。最近では、より多くの訪問者に展示に興味を持ってもらおうと、「触れる」展示が求められている。ロボットもこのような展示に対応できることが求められる。

ロボットの展示空間中での位置

ロボットを操作しているときに、遠隔操作者はロボットが展示空間中のどこに在るのかわからない場合があるとの意見を得た。遠隔操作者が何度かその博物館を訪れた事がある場合は問題ないが、初めての人は展示空間中の現在地を得ることが難しい。この場合にロボットの操作者がコースや順路を把握できるような適切な順路の表示が必要である。

展示品の情報の提供

ロボットのカメラに自由度が無いことから、展示作品の説明書きを読むことが困難である場合があるとの意見を得た。ロボットで作品を見ている際に電子情報として展示品の情報を表示できるなど、付加的情報を遠隔操作者に与える仕組みなどがあると良い。

ワークショップ後半では、ロボットのカメラに自由度が無いために、来訪者がその自由度を付加することについて試みられた。図 3 は、来訪者のスマートフォンの画面をロボットのカメラに向けているところである。説明書きをスマートフォンで撮影したものをロボットのカメラに提示することでロボット単体ではみられなかった説明書きを読むことができた。

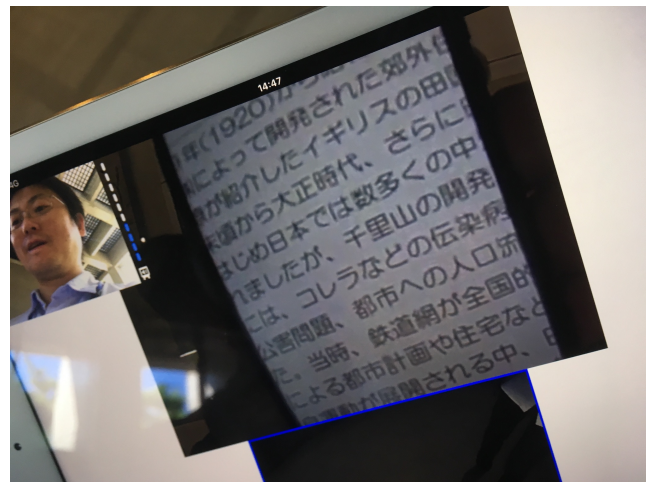


図 3 スマートフォンの画面をロボットのカメラに示しているところ

学芸員による遠隔ガイダンス

小規模の博物館においては、学芸員が説明のために常駐できない場合がある。求められたときに学芸員がロボットを遠隔操作して、来訪者に説明できる可能性があるとの意見を得た。

ロボットのカメラによる作品の詳細部分の表示

博物館においては、展示物を保護する観点から照明を明るくできない場合がある。しかし、ロボットのカメラを用いると、明るさが調整され、作品を鮮明に見ることができるとの意見を得た。また、これは博物館に実際に来訪する場合以上の体験ができる可能性がある。この体験についてはワークショップ後半において図 4 のように、ロボット上

にズーム可能なビデオカメラを設置することでその可能性を検討した。



図 4 ズームカメラをロボットに装着した場合の検討

また、この意見から次のような発展的な意見を得た。

その場のグループと一緒に行動する

遠隔操作者が見ている視点を、ロボットの背面にディスプレイを装着することで博物館の来訪者と共有することによって、来訪者と遠隔操作者が補完的に作品を楽しむ可能性について意見を得た。すなわち、来訪者はロボットのカメラによって作品の詳細を知ることができ、遠隔操作者は、遠隔操作している場合に難しい博物館全体の把握について来訪者から情報を得られる。このような相補的關係を構築できることが重要であるとの意見を得た。

4. フォーカスグループ

ワークショップに続いてフォーカスグループを実施した。フォーカスグループの参加者はワークショップと同様に学芸員3名と著者ら2名である。

フォーカスグループはおおよそ60分間行われた。ここでは参加者の各々がワークショップを通して博物館におけるロボットのあり方について自由に議論を行った。

議論はボイスレコーダによって記録され、著者らによってトランスクリプトが作成された。作成されたトランスクリプトをもとに、コード化と主題分析を行った。

4.1 導出された主題

主題分析によってソーシャル・インクルージョン、相補的關係性の構築、自由視点の提供、空間の飛躍の4つの主題が導出された。それぞれについて説明する。

ソーシャル・インクルージョン

ソーシャル・インクルージョンとは社会的包摂とも約される考え方である。すなわち、社会的に周辺部にいる立場の弱い人々を社会の一員として取り込み支え合っていく概念である。フォーカスグループにおいては、

『結構あの、お年寄りの場合は、あの自分が小さい頃とか若い頃なんかに使った民俗資料とかその辺りがメインになると思うんですけど、そういったものを、あの今、こうまた改めて目にするので、もしくは触れることで、あの昔を急激に思い出して... そのモノに関連したその周辺のことまで思い出して... それによって脳が活性化されてっていうような回想法みたいな、そんなことにも歴史的の博物館って活用され始めてたりしているので、そういうところの場合によっては入り込む余地があるかもしれない (P1)』

『さっき来てたここで文化財やってたって、あの、名前なんだったっけ? ... (個人名) さんっていうの? あの人もやっぱりそういう昔懐かしいっていうので今日も来てたんだよ (P2)』

という発言が見られた。老人ホームやグループホームなどと博物館をテレプレゼンスロボットを介して連携させることによって回想法を行うなどの展開への可能性が議論された。

相補的關係性の構築

ワークショップ中にも議論がなされていた相補的關係性の構築とは、遠隔操作されるテレプレゼンスロボットとその場にいる来訪者が、各々の利点および欠点を相互に補完し合うような関係性を指す。

遠隔操作ロボットの問題点として、3人の参加者が以下のように文脈や全体を捉えるのに適さないことを挙げた。

『さーっと見て、ちらっと見た記憶があっただけで比較をするっていう、比較をしようとする視点っていうのは博物館で一つ大きな重要なポイントだと思うんですけど、これ(ロボット)って確かにこういう風(形)になってしまっているんで、文脈を見るところかっていうのに若干適さないのは本当にその通りだなと思うんですよ (P1)』

『結構見る人って移り見とか、集中してるようで結構散漫的に見ていると思うんですよ (P3)』

『僕もこう美術館とか行ったときに、とにかくザッと見て、途中で気付くんですよ、あれ? これなんかさっきどこかで見たぞみたいな、なんか似てるぞって、それで戻ってって、確かにここが似てるっていうような感じで、関連性を見つけて細かいところを見ていくっていうそういう見方をするので、これロボットって意外とそういう見方がやりにくいっていうのはちょっと僕一番最初に操作して思いましたね (P4)』

これに対して、ロボットのカメラが展示物の細かい部分や、照明が暗い場面でも明るく映し出すことができる点を挙げ、これらを相互に補完し合うような関係性を構築する方向性について議論された。

『... 暗いところで美術品なんかは展示するけど、これ(ロボット)を使えば明るく見えるし、ディテールにこだわって、12倍のカメラを使えば見れて、それは肉眼で見るよりもはるかに鑑賞という面では充実した体験に繋がるという、そういう使い方というのは、目の機能を何十倍何百倍にパワーアップした見方、体の延長としても身長を高くしたり低くしたりみたいな、そういう風な使われ方が可能かなって思いましたね、生身の人間を範囲を超えた能力、腕であり目であり身長であり、その延長ってものが、これ(ロボット)を相棒にすればできると... (P2)』

自由視点の提供

自由視点の提供という観点では、ロボットが人間では入り込めない狭い部分に入ることができることや、細かい部分に注目することができることで、人間よりも自由な視点が提供できる点について議論がなされた。

『展示を見るときはやっぱり色々な角度から見たいと思う対象があるわけですよね、だから少し高いところからとか低いところとか、斜めからとか、これ(ロボット)は固定した画面で一定した高さなので、これが上下に動いて、左右にも、というカメラの設置があれば、低いところからも見れるし、高いところからも望めるというような身長に左右されない見方っていうのが、鑑賞の幅を広げる、ロボットを使えばそれができるといえるのが一つあると思いました。(P2)』

『千里ニュータウン、いや僕これ(ロボット)に胃カメラのような、こういう先にカメラが付いたこういうのがあったら、バスオールの、お風呂の中も覗き込めるなと思ったんですけど (P1)』

『組み込んだ形の見せ方、例えば壺を360度見せるのに、壺を回転させる仕方はあるけど、壺の周りをね(ロボットが回って見る) (P2)』

空間の飛躍

ロボットが複数台存在することで空間の飛躍ができる可能性についてもいくつかの議論が見られた。

例えば、博物館においてテーマ展示を行っている場合に、縁のある場所へロボットを置きそれらを連携させることによる展示形態の議論があった。

『2台これ(ロボット)使えば (P2)』『2台とか3台とか、結局博物館同士でも関連する展示があったりとかするわけですよね、だからびゅっと飛んで (P4)』『(田能村) 竹田は大分とやればいいとか言ってたんだけど、なかなかそう大分まで行くのは大変だから、竹田のあれを持ってる大阪市立の美術館とかね、なんかそういうところとだったら近場で連携できるなー (P2)』

また、一般人は入れない収蔵庫にロボットを配置することによるバックヤードツアーへの展開についても以下のよう議論された。

『必ずしも展示というものにこだわらずに収蔵庫に収蔵されてるものを特別にその時に学芸員が出してきて中継するってのもありかもしれないですね、そうすればもう少し常設(展示)にはないけどみたいなことも、スペシャル感が出てきますよね (P1)』『バックヤードツアーもいけますよね、みたいな話もしてて... 棚に置いてあるやつもあるし、まあ元々の入れてたやつは木箱に入れて置いていますけど、収蔵展示みたいな、埋蔵文化財センターでは展示をして見せながら収蔵させてるっていう (P3)』

また、博物館同士の連携について、ロボットを介して行うことによるより広い視点での展示提案もなされた。

『地域の、仮に歴史系に絞ったとすれば、あの別に古代から中世、近世に至るまでの境界線ってのは、今の境界線、市町村とか都道府県の境界線とは必ずしも一致しない、むしろそっちの方が多いと思うので、だからそういうところで歴史っていうのは今の市域を超えて展開されてるので、あのこっちに立地する博物館とこっちに立地する博物館が連携することで、もう少し何かの歴史っていうのが、もう少し俯瞰してというか大きく見ることができるようになる... (P1)』

『いやほんと2台あったらこの今の特別展でね、作品を紹介するときに向こうに学芸員が一人いて... こちらに学芸員がいて、そしてロボットを2つ使えば、お客さんは一つで2倍美味しい、入館料1館で2館見れるみたいなことができるわけですよね? ... それは楽しいと思うな、展示の鑑賞というものが倍化する、そういうところに繋がって行くと思うし、あるいはまたシンポジウムとかやった時の、ちょっとじゃあ現場に出て見ましょうなんてときにこれ(ロボット)を使えば、もっと議論が深まったり激化したりするかもしれないし (P2)』

これらの議論においては、現在の行政区分が必ずしも歴史的な行政区分と一致しない場合に、それらを俯瞰的に見ることによって新しい見方が提供される場合があり、その役割をテレプレゼンスロボットが担う可能性について示唆している。

5. まとめ

本研究では、博物館におけるテレプレゼンスロボットのありかたについて、その可能性と課題についてワークショップとフォーカスグループを実施し、検討した。ワー

クショッップにおいては Suitable Technologies 社のテレプレゼンスロボット、Beam を博物館に持ち込み、複数の学芸員が実際にロボットを操作した。フォーカスグループでは、ワークショッップに参加した学芸員がロボットとそれを用いた展示のあり方について議論した。

フォーカスグループの主題分析によって「ソーシャル・インクルージョン」、「相補的関係性の構築」、「自由視点の提供」および「空間の飛躍」の4つの主題が導出された。今後は導き出された4つの主題をもとにテレプレゼンスロボットを開発し、博物館内での実証実験を行いたいと考える。

謝辞

吹田市立博物館 中牧弘允館長、高橋真希学芸員ならびに五月女賢司学芸員には本研究におけるワークショッップの実施およびインタビュー調査に全面的にご協力をいただいた。ここに感謝を表明する。

参考文献

- [1] Sidner, C. L., Lee, C., Kidd, C. D., Lesh, N. and Rich, C.: Explorations in Engagement for Humans and Robots, *Artif. Intell.*, Vol. 166, No. 1-2, pp. 140-164 (online), DOI: 10.1016/j.artint.2005.03.005 (2005).
- [2] Kuno, Y., Sadazuka, K., Kawashima, M., Yamazaki, K., Yamazaki, A. and Kuzuoka, H.: Museum Guide Robot Based on Sociological Interaction Analysis, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '07, New York, NY, USA, ACM, pp. 1191-1194 (online), DOI: 10.1145/1240624.1240804 (2007).
- [3] 川口一画, 葛岡英明, 鈴木祐也, 中尾誉, 山下淳, ピッチカローラ, 山崎敬一: ロボットの発話途中の沈黙と言い直しによる人の注意誘導 (<特集> デジタルミュージアム・アーカイビング), 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 14, No. 3, pp. 257-263 (オンライン), DOI: 10.18974/tvrsj.14.3.257 (2009).
- [4] Kuzuoka, H., Pitsch, K., Suzuki, Y., Kawaguchi, I., Yamazaki, K., Yamazaki, A., Kuno, Y., Luff, P. and Heath, C.: Effect of Restarts and Pauses on Achieving a State of Mutual Orientation Between a Human and a Robot, *Proceedings of the 2008 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, CSCW '08, New York, NY, USA, ACM, pp. 201-204 (online), DOI: 10.1145/1460563.1460594 (2008).
- [5] Matsumura, K., Sumi, Y. and Gompei, T.: Embodiment of Guidance Robot Encourages Conversation among Visitors, *Journal of Information Processing*, Vol. 25, pp. 352-360 (online), DOI: 10.2197/ipsjip.25.352 (2017).
- [6] 前山祥一, 油田信一, 原田昭: 遠隔地の美術館内を鑑賞するための移動ロボットの操作方式, 第16回日本ロボット学会学術講演会, Vol. 3, pp. 1003-1004 (1998).
- [7] 前山祥一, 油田信一, 原田昭: 移動ロボットの遠隔操作による美術館鑑賞—感性特プロにおけるロボットの役割—, 日本ロボット学会誌, Vol. 17, No. 4, pp. 486-489 (1999).
- [8] Trahanias, P., Burgard, W., Argyros, A., Hahnel, D., Baltzakis, H., Pfaff, P. and Stachniss, C.: TOURBOT and WebFAIR: Web-operated mobile robots for telepresence in populated exhibitions, *IEEE Robotics Au-*

tation Magazine, Vol. 12, No. 2, pp. 77-89 (online), DOI: 10.1109/MRA.2005.1458329 (2005).