

PLATEAUを活用し，屋内に居ながら街中にいる人と一緒に歩き会話できるシステムの提案

後藤 優太^{1,a)} 中島 達夫^{2,b)}

概要：

本論文では，屋内にいる人が，街中にいる人と一緒に街を歩く体験を実現するためのシステムの構築と，その効果の検証を行う．主要技術としてデジタルツインを活用する．また，AR グラス，VR ヘッドセットといった機器を利用せずにスマートフォンのみで完結するシステムを提案する．提案するシステムは，街中で利用するシステムと，屋内で利用するシステムの2つである．街中で利用するシステムは，Geospatial APIにより自己位置推定を行って街中における自身の位置を特定し，街に対する自身の位置を利用して屋内の人のアバターをAR表示する．屋内で利用するシステムでは国土交通省の提供するPLATEAUデータを活用し，街中の人が居る場所と同じ景色を再現するとともに，自己位置推定された街中の人の位置にアバターを配置する．これにより互いに街中でコミュニケーションを図る体験を実現する．

1. はじめに

人とのコミュニケーションは，実際に会うことで実現できるとともに，現代においてはオンライン上でも実現することができる．電話に加え，複数人での通話機能やビデオ通話などは学校やビジネスの場などにおいても広く普及している方法である．しかし昨今では，オンライン技術を単なるコミュニケーションのためだけではなく，バーチャル空間において「人と会う」体験を実現するために利用するケースも見られる．モバイルデバイスを用いてオンラインゲーム内でアバターとして「会う」こともあれば，VRヘッドマウントディスプレイを用いてオンライン空間上で互いのアバターを目の前にして「会う」こともある．

このように現代では人と会う時の選択肢として，現実世界で顔をつき合わせて会うことに加え，バーチャル世界でアバター同士の姿で会う方法が存在する．一方でこれらの組み合わせ，すなわちあるグループの人たちが現実世界の特定の場所にいながら，遠く離れた場所にいる人たちが現実世界にアバターとして出現して同じ場を過ごすサービスについては未だ広く普及していない．

本論文では，実際にその街へ行かなくても，その街で歩いている人たちの横に並んで一緒に歩くことのできるシステムを構築する．具体的には自己位置推定にはGoogleの

提供するGeospatial API[1]を，バーチャル空間からの都市へのアクセスには国土交通省の提供する3D都市データであるPLATEAU[2]を活用する．

さらに，ARグラス・VRヘッドセットを利用せず，スマートフォンでの体験にフォーカスすることにより現時点で誰もが体験しやすいシステムの構築を行う．

本システムを用いて実証実験を行い，本システムにより一緒に街を歩く感覚を創り出すことができるか，安全に使用できるかといったユーザの体感および，システムの自己位置推定精度といったシステム自体の性能を測定し，定性的，定量的なデータを組み合わせてシステムの評価を行う．

2. 関連研究

「遠方にいる人が，物理的もしくはデジタル的なアバターとして特定の現実空間にアクセスし，自分の意思で自由に動きながらそこにいる人たちと交流を持つ」という趣旨の研究，実証実験についてまとめる．

このような趣旨の実験として，Ephraim Schottら[3]による美術館のデジタルツイン化が挙げられる．これは，実際の美術館にいる人物がスマートフォンによるAR体験，他の場所にいる参加者がVRヘッドセットによる遠隔VR体験を行い，両者ともに美術館で一緒に展示を見る感覚を得るシステムである．スマートフォンを持つという片手が使えない状況においても，バーチャルなレーザーを用いることで一緒に見ているものを共有しやすくし，コミュニケーションを促進する工夫が行われている．

¹ 早稲田大学 基幹理工学部 情報理工学科

² 早稲田大学 基幹理工学部 情報理工学科

^{a)} yuta.goto@dcl.cs.waseda.jp

^{b)} tatsuo@dcl.cs.waseda.ac.jp

また、Hanieh Shakeri ら [4] によりスマートホームを介して遠隔地からでも家のシステム自体に干渉できる研究が行われている。

さらに日本国内では、VPS(Visual Positioning System) による自己位置推定と、PLATEAU モデルの位置合わせを組み合わせたデジタルツインシステムを導入した実証実験が行われている。株式会社 MESON および株式会社博報堂 DY ホールディングスによって、渋谷で2つの実証実験が行われた。1つ目は、2021年に渋谷区の神南エリアにて行われた AR と VR を組み合わせることで遠隔地から街中の人と交流するシステムの実証実験である [5][6]。遠隔からでも自然な交流が可能となることが示された一方、位置合わせのための視線誘導など課題点も明らかとなっている。2つ目は、2022年から2023年にかけて渋谷駅周辺で行われた、スマートフォンによる AR と Web メタバースを組み合わせて互いに街中のコンテンツにアクセスする実証実験である [7]。1つ目と異なりリアルタイムのコミュニケーション要素は無く、互いに同一のコンテンツを表示することに特化している。街中でのコンテンツ共有に対する有用性が確かめられたと共に、Web メタバース環境で一定のスペックが要求されるなど課題点も発見された。

本論文では、Geospatial API による自己位置推定を行いつつ、国土交通省の提供する 3D 都市モデル PLATEAU によりデジタルツインの街をバーチャル空間に再現する。さらに、相手のアバターとの会話に特化し、スマートフォンから手軽にアクセスできる環境を実現する。

一方で、物理的なロボット等を活用することで、遠隔からその場所にいる感覚を作る試みも行われている。日本でサービス展開されている OriHime[8] というサービスは、特殊な入力デバイスにより人型ロボットを操ることで、寝たきりになった人などが外で自由に人と会ったり働いたりするなど社会との繋がりを得ることができる。また、同じく日本国内で展開されている Telepii[9] というサービスは、スマートフォンを机の上で 360° 横方向に回転させるデバイスと専用のアプリケーションを用いることで、スマートフォンでビデオ通話をする際に相手が自分の意思でデバイスを回転させ、部屋の好きな方向を向いて会話できるシステムを提供している。

本論文においては、デバイスとしてスマートフォンのみを用いることにより、誰もが簡単にアクセスできるシステムの開発を行う。

3. 提案システム

提案するシステムの概要を図 1 に示す。以降このシステムについて具体的な説明を行う。

必要なシステムは、街中用と屋内用で2つある。街中用のシステムにより、街中にいる人の周囲環境と、その人の正確な位置を取得することができる。このシステムによ

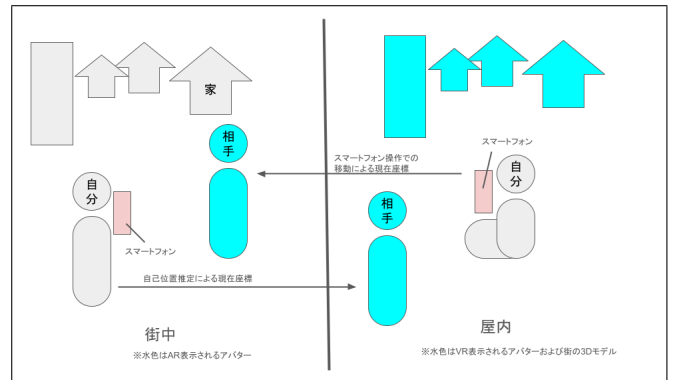


図 1 システム概要図

て取得した街中の環境データを屋内システムに反映することで、屋内にいる人はまるで街中を散歩するような体験を実現できる。また街中の人がいる位置も正確に反映される。これにより、屋内の人は街中の人のアバターと一緒に街を歩く体験が実現できる。逆に街中にいる人は屋内の人のアバターを AR 表示することで街中と一緒に歩く体験ができる。

共にゲーム制作エンジンである Unity をベースとして、iOS アプリケーションとして開発を行う。街中にいる人が利用するシステム、屋内から街中へアクセスする人が利用するシステムはそれぞれ異なる要件を持つため、主に別々に開発を行う。また、各システムが要求する要件を表 1 に示す。Unity のバージョンは 2021.3.29f1 を利用している。

共通するシステムに加え、それぞれが異なるシステムを開発する。ここで、今回は各デバイスとしてスマートフォンを利用することとする。

3.1 街中用のシステム設計

街中用のシステムでは、スマートフォンの GPS 機能、並びに街中でスマートフォンの外カメラによって捉えた周囲の建物の様子からの VPS(Visual Positioning System) 機能を活用する事で、そのスマートフォンの街中での位置関係を正確に測定する。このシステム実装にあたり、まず Google の提供する Google Cloud プロジェクトを作成する。そこで利用可能となる ARCore Geospatial API を活用した。さらに、Unity に ARCore Extensions パッケージを導入して Google Cloud プロジェクトと紐づけることに

表 1 利用条件ごとのシステム要件

	街中での利用	屋内での利用
機能要件	相手のアバターが適切な位置に表示される	街の様子と相手のアバターが適切な位置に表示される
	—	街中を自由に歩き回れる
非機能要件	自己位置推定を行う 通信を行う	通信を行う

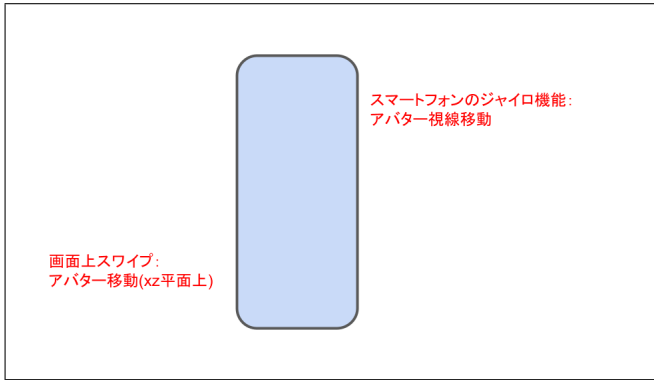


図 2 屋内用システムアバター操作方法

より、Google の持つ全世界の画像データを活用した VPS システムを実現することができる。

さらに屋内用のシステムを利用している人が、アバターとしてデジタルツインにより再現された同じ街を動いている様子を、スマートフォンによって AR 空間上に表示する。AR 表示には、Unity の拡張機能として、iOS 向け利用の拡張を施された ARCore を利用する。

街中の人のアバターについては、街中でスマートフォンを持ったまま歩くことでアバターも動くというシンプルな設計をとっている。

3.2 屋内用のシステム設計

屋内用のシステムでは、街中の人がいる周辺の都市のデジタルツインデータを読み込みバーチャル世界で表示するとともに、街中用のシステムを利用している人の様子をアバターとして表示する。ここでは都市のデジタルツインデータとして PLATEAU を活用する。表示位置については、街中用のシステムによる自己位置推定結果を取得して利用する。

屋内の人のアバターについては、図 2 に示すようにスマートフォンを動かすことで視線を動かし、画面上でのスワイプによりアバターの位置を xz 平面において動かすことができる。

3.3 街中用と屋内用で共通するシステム設計

また、街中用と屋内用のシステムはそれぞれ別々の開発を行うが、共通するシステムが存在するため先にまとめる。1 つ目は、Unity Gaming Services を活用したホスト・クライアント形式の通信の実装である。2 つ目は、Unity を用いたアバターの制御などの基盤システムである。本システムでのアバターは独自に製作した簡易的なものを用いる。

なお本論文執筆時点においては、通信機能について実装を行っている最中であるため、本機能の実装が今後の課題である。

表 2 各条件における評価項目

街中での利用	屋内での利用
電話のみの場合に比べて相手の存在を感じやすい	電話のみの場合に比べて相手の存在を感じやすい
相手が周囲にしていると感じる	外と一緒に居ると感じる
周囲への注意が散漫になると感じる	——

4. 評価

本システムは街中で使う人にとって、屋内にいる人を間近に感じられるか、屋内で使う人にとって、自分が街中にいてそこにいる人と一緒にいると感じられるかと言う 2 つの観点から評価することで全体的なシステムとして評価することができる。したがって、2 人のペアに対して評価実験を行う。本論文では以下の評価実験については未実施であるが、発表時には評価結果を示して説明を行う予定としている。

4.1 評価実験の手法

評価実験は以下の方法で行う。

1. 2 人のペアに対して、待機用の部屋で実験の趣旨と方法を説明する。
2. 1 人は部屋で待機し、もう 1 人は筆者と共に屋外へ出る。
3. まず 2 分間 2 人で音声のみによる通話を行ってもらう。
4. 次に 2 分間 2 人でビデオ通話を併用した通話を行ってもらう。
5. 次に、部屋で待機中の人には屋内用のシステムを、屋外へ一緒にでた参加者には屋外用のシステムを起動してもらい、2 分間システムと音声通話を併用して会話を行ってもらう。この際、屋外でのシステム利用に際しては筆者と一緒に取り行うことにより安全対策を十分に行う。
6. 最後に屋内用、屋外用それぞれの評価アンケートに答えてもらう。
7. 実験終了後、システム利用時の画面録画を確認し位置の正確さについて別途評価を行う。

4.2 評価指標と評価について

次に評価方法としては、本システムに対する QoE(Quality of Experience) 並びに、本システムの QoS(Quality of Service) それぞれについて評価を行う。

4.2.1 QoE の測定

システムの QoE を測定するためには、屋内、屋外それぞれの条件で実験を行った参加者それぞれに、屋内、屋外用の評価項目について評価を行ってもらう。評価項目については表 2 に示す。また、ここでは 5 段階評価を用いるとともに、その評価は図 3 に示すシートを用いて行う [10]。

とてもそう思う	5	
そう思う	4	
どちらとも言えない	3	
そう思わない	2	
とてもそう思わない	1	

図 3 評価シート

4.2.2 QoS の測定

また本システムの特徴的な機能として、お互いの位置がリアルタイムに街中で正確に認識し合えるという機能がある。よって、本システムの QoS として、実際に屋外にいる人から見える屋内の人のアバターの位置と、屋内の人から見える屋外にいる人のアバターの位置との関係が互いのシステムから見てどれほど離れているかという点に着目する。

まずシステム自体に、3 秒ごとに相手のアバターの距離を記録する機能を実装する。実験後に、屋内用のシステムと屋外用のシステムとについて、同一時刻における距離をそれぞれ比較する。ここで、実験ではシステムを 3 分間起動させることから、理論上計 60 回分それぞれのシステムにおけるアバター同士の距離を計測できる。これら 2 つのシステムに対して対応のある t 検定を行うことにより、2 つのシステムにおいてアバター同士の距離に差異があると言えるか調査を行う。なお、最初の 10 秒間に関しては街中での位置合わせ中であることを考慮し、検定には 10 秒目以降のデータを活用することとする。

5. おわりに

現在、街中用のシステムと屋内用のシステムそれぞれについての実装が完了している一方で、それらのシステム間の通信について実装が難航しているため、一刻も早くシステム全体を完成させることが直近の課題である。また、システムについての評価方法について設計が完了しているため、システムが完成し次第これらの手法に基づく実験と評価を行い、発表時にはこれらの結果を用いて説明を行う予定としている。

謝辞

中島研究室の皆様には、システム設計および論文執筆等についての助言をいただきました。ありがとうございます。

参考文献

[1] Google: ARCore Geospatial API を使用して、グローバル規模の臨場感あふれる位置情報ベースの AR エクスペリエンスを構築, <https://developers.google.com/ar/develop/geospatial?hl=ja> (2024). 閲覧日 2024 年 11 月 15 日.

[2] 国土交通省: PLATEAU by milt, <https://www.mlit.go.jp/plateau/> (2020). 閲覧日 2024 年 11 月 15 日.

[3] Schott, E., Makled, E. B., Zoepig, T. J., Muehlhaus, S., Weidner, F., Broll, W. and Froehlich, B.: UniteXR: Joint Exploration of a Real-World Museum and its Digital Twin, *Proceedings of the 29th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST '23*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), DOI: 10.1145/3611659.3615708 (2023).

[4] Shakeri, H., Yuan, Y., Axtell, B., Geiskovitch, D. Y. and Neustaedter, C.: Designing Smart Home Technology For Passive Co-Presence Over Distance, *Proceedings of the 2024 ACM Designing Interactive Systems Conference, DIS '24*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 3389–3406 (online), DOI: 10.1145/3643834.3661508 (2024).

[5] 株式会社 MESON /株式会社博報堂 D Y ホールディングス: 都市空間における AR/VR でのサイバー・フィジカル横断コミュニケーション, <https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc20-024/> (2021). 閲覧日 2024 年 11 月 15 日.

[6] Takeuchi, S., Hashiguchi, K., Homma, Y., Kajitani, K. and Meguro, S.: GIBSON: AR/VR synchronized city walking system, *SIGGRAPH Asia 2021 XR, SA '21 XR*, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, (online), DOI: 10.1145/3478514.3487638 (2021).

[7] 株式会社 MESON /株式会社博報堂 DY ホールディングス: 都市 AR 空間とメタバースの連携プラットフォーム, <https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc22-016/> (2023). 閲覧日 2024 年 11 月 15 日.

[8] 株式会社オリィ研究所: 分身ロボット「OriHime」, <https://orylab.com/> (2012). 閲覧日 2024 年 11 月 15 日.

[9] iPresence 株式会社: 動く電話 Telepii, <https://telepii.com/> (2014). 閲覧日 2024 年 11 月 15 日.

[10] ITU-T Recommendation P.800: Methods for subjective determination of transmission quality (1996).