

対面ディスプレイによるハイブリッドイベントでの参加者の存在感向上に関する研究

小村高輝^{†1} サルンソクンヴィソット^{†1} 柳下健太^{†1}
矢野博明^{†1} 池井寧^{†2} ヤェムヴィボル^{†1}

概要：現在主流のハイブリッドイベントシステムでは、2D 空間に参加者の映像を並べる形式が一般的である。しかし、この形式では対面での自然な視線や空間的位置関係を再現することが難しい。ゆえに、我々の研究室では「対面ディスプレイ」を用いた「All One Room」というハイブリッド会議システムを提案する。これはオンサイト環境に設置する円形かつ内、外側へ二重に並べられたディスプレイの一部にリモート参加者を映し出すことで、彼らのリアルタイムな向きを空間配置的に再現し、主に彼らの存在感を向上させるものである。本稿は、提案システムとその効果に関して紹介する。

1. はじめに

ポストコロナ社会において、リモート参加の会議やイベント等が急速に普及した。これにより、現地以外からそれらへの参加が可能となり、物理的な制約を超えたコミュニケーションが実現された[1][2][3]。しかし、現地会場の参加者とリモート参加者が存在するハイブリッド型の会議やイベント等において、別空間の参加者同士で視線・ジェスチャ等の非言語情報が十分に伝わらない[4][5]、リモート参加者の存在感[6][7]や関与の程度[8][9]が低い等の問題点が示唆されている。現在主流となっている Zoom や Microsoft Teams などのビデオ会議システムは、2D 空間にリモート参加者の映像をギャラリー表示する形式が一般的である。この形式は基本的な会話には適しているものの、対面での自然な視線や空間的な位置関係を再現することは難しい[2][3]。例えば、参加者が誰に話しかけているのかを明確に示すことができず、複数人が同時に話す場合にはコミュニケーションが混乱することがある。これにより、オンサイトとリモートの参加者間に心理的な距離が生まれやすく、リモート参加者の存在感も減少する。こうした課題を解決するために、ハイブリッド会議におけるコミュニケーションの質を向上させる新たなシステムの開発が求められている。

上記のような問題を踏まえたハイブリッド会議システムに関する先行研究として、「Hybridge [10]」が挙げられる。これはオンサイト環境の席となる位置それぞれに一つずつディスプレイとカメラ、スピーカを配置し、そこへリモート参加者を映し出すことによりオンサイト環境にいた場合の位置関係を再現したシステムである。これにより、従来のビデオ会議におけるギャラリー表示 UI と比較して共在感や物理的プレゼンスが有意に高まったことが確認されている。

本研究の目的もまた、ハイブリッド会議におけるリモート参加者の存在感およびコミュニケーションの質の向上を実現するシステムの開発とその評価である。評価項目は以下のとおりである。

- リモート参加者の存在感：リモート参加者がオンサイト環境でどの程度「その場にいる」と認識されるかを評価し、システムが存在感に与える影響を明らかにする。
- 記憶力、情報保持力：リモート参加者との対話が参加者の記憶や理解度に与える影響を検証し、対面に近いコミュニケーションが認知能力に及ぼす効果を調査する。

2. 提案するハイブリッドイベントシステム

我々の研究室では、リモート参加者とオンサイト参加者が向かい合ってコミュニケーションをとることができる「対面ディスプレイ (図 1)」およびそれを使用したハイブリッドイベントシステム「All One Room [11]」を提案する。このシステムは、リモート参加者の観察方向を空間配置としてオンサイト環境へ反映し、対面同士で接している場合の空間的關係を再現することにより、対面に近い直感的な対話を実現することを目指している。これより具体的な特徴を説明する。オンサイト環境には、6 枚のディスプレイがそれぞれ円形かつ外周側、内周側として二重に並べられた計 12 枚で構成されるディスプレイ (以下、「対面ディスプレイ」と呼称する) (図 1) をスポット中央に設置し、ハイブリッド会議を行う。リモート参加者は PC、スマートフォン、HMD を含め Web 接続可能なデバイスによって参加可能であり、対面ディスプレイの中央に設置された 360 度カメラの映像を通して周囲を観察できる (図 2)。観察方向の操作は、デバイスに搭載されるジャイロセンサまたはキ

^{†1} 筑波大学

^{†2} 東京都立大学

ーボードやその他 UI 等での操作によって行われる。その観察方向に応じ、中央カメラを通して観察する位置となるディスプレイ部分に彼らが表示される。対面ディスプレイの内周側では、自身のリアルタイム映像またはアバタの前面が表示され、外周側ではアバタの背面が表示される。オンサイト参加者は対面ディスプレイを通してリモート参加者の向きが空間配置として確認でき、カメラを通し内周ディスプレイ上の相手と相対することで対面に近い空間配置上で対話することが可能となる。

アプリケーションは、①Web 接続可能ないかなるデバイスでも接続可能とすること、②ソフトウェアのインストールやアップデート等を行うといったユーザの作業を減らすことを目的としているため、Web アプリという形式で実装される。

また、今後はリモート参加者の音声の方向性を示す複数のスピーカを配置することで、リモート発話者の話す向きをより明確にオンサイト環境へ伝える仕組みを導入する予定である。さらに、リモート参加者は装着した HMD のセンサによって両手の位置・姿勢を取得することにより、実際の腕の姿勢と相違ないようにアバタの両腕を操作しジェスチャを行う機能の実装を予定している。これにより、リモート参加者が注目している方向を指し示す等のボディランゲージを行うといった表現の幅を広げる仕組みを導入する(図 3)。



図 1 対面ディスプレイ



図 2 リモート参加者から見える映像

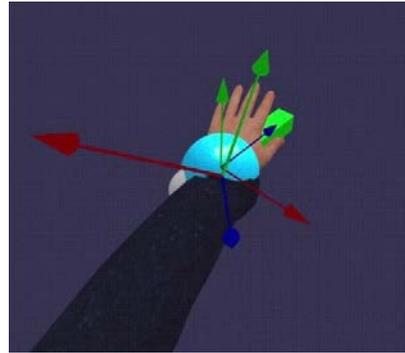


図 3 リモート参加者アバタの左腕ジェスチャ

3. システム評価

3.1 方法

ハイブリッド会議でのコミュニケーションを想定した、従来の 2D 表示と対面ディスプレイを活用した本システムで対面表示する場合で比較する実験を行った。

(1) 参加者

本実験には 14 名(男性 7 名, 女性 7 名, 年齢 19~30 歳)が参加した。参加者は筑波大学の学生から募集され、ビデオ会議プラットフォームに対する経験の程度は様々であった。参加者は 4 名ずつ 5 グループに分けられた。各グループは 2 名ずつのオンサイト、オンサイン参加者で構成された。6 名の参加者(男性 3 名, 女性 3 名)は 2 グループに参加し、それぞれオンサイト、リモート参加者として別々の役割を担った。残りの 8 名は 1 グループ内でオンサイトまたはリモート参加者いずれかの役割のみを担った。

(2) 実験条件

本実験では以下の 2 条件を比較した。

- **共有視点条件 (Share view)**: 全てのリモート参加者の映像は内周ディスプレイ上の共通の固定位置に並べて表示される。同時に、彼らはオンサイト環境に対する同一の視点を共有する。リモート参加者は視点移動が、オンサイト参加者はディスプレイ周囲の移動が禁止される。
- **対面条件 (Face-to-face)**: リモート参加者は視点操作によりオンサイト環境の全方位を自由に確認でき、オンサイト参加者はディスプレイ周囲を自由に移動できる。この上で、相手の対面へ視点操作または移動しコミュニケーションを試みる。

条件の順序はグループ間でカウンターバランスを取った。

(3) 実験方法

実験は 4 名(オンサイト 2 名, リモート 2 名)のグループ毎に実施され、各セッションは説明・課題・質問紙回答を含め約 90 分間であった。

- **導入と訓練 (15 分)**: 全員が集まり、実験者が手順と課題のルールを説明した。各参加者にはグループ内で固有の ID 番号が割り当てられた。

● **文字読み上げ課題：**

- 1) 各条件において計4試行行われた。
- 2) 各試行で1名が読み手、残り3名または2名が聞き手となった。
- 3) 読み手は文字カード(A~E)を掲げながら同時に声に出して読み上げた。
- 4) 読み手は3名の聞き手の中からランダムに1名を相手に選んだ。
- 5) 読み手は読み上げ後に文字と相手のIDを記録し、後に聞き手の再生報告と照合可能にした。
- 6) 聞き手は自分に対して読み上げられたと判断した場合に、その文字のカウントを1つ足して暗記した。
- 7) 読み手は1試行あたり8回の読み上げを行った。聞き手は8回のうち自分に対して読み上げられたと判断した各文字の合計カウントを暗記した。
- 8) ペアリングは「リモート→リモート」「リモート→オンライン」「オンライン→リモート」に限定し、「オンライン→オンライン」はシステム評価上不要のため除外した。
- 9) 「対面条件」では、リモート読み手はキーボードで視点移動し、オンライン読み手はディスプレイ周囲を移動することで相手を選択しその対面に移動した。
- 10) 「共有視点条件」では、リモート読み手は視点操作が禁止され、オンライン読み手は移動が制限された。

- **役割交代：**各試行後に読み手の役割を交代し、全員が読み手をした。読み手の交代順番は条件毎に入れ替えた。聞き手は暗記中のカウントをリセットせず、暗記したまま次の役割に臨んだ。

- **質問紙：**各条件終了後、参加者は参加形式に応じた質問紙に回答した。

- **条件切替：**グループは各条件2回ずつ実験を行った。

- **所要時間：**各セッションは合計で約90分間であった。

(4) **評価指標**

各試行終了後、参加者らは質問紙に回答した。リモート参加者は9項目、オンライン参加者は7項目に回答した。一つは、今まで暗記した回答を記録する問いであった。他の項目は、それぞれ7段階リッカート尺度(1=全くそう思わない、7=非常にそう思う)で評価した。項目は、存在感/臨場感、社会的存在感/臨場感、注意/関与を測定するように設計されている(表1)。

表1 実験で用いた質問紙項目(7段階リッカート尺度)

分類	オンライン参加者	リモート参加者
存在感 / 臨場感 (Sense of presence)	Q2. リモート参加者らが近くにいるように感じた。 Q3. リモート参加者らと同じ空間を共有している感覚があった。	Q1. 実際にオンラインサイトの空間にいるような感覚があった。 Q4. 自由に視点を動かせることで空間をよく把握できた。 Q5. 自由に視点を動かせることで臨場感が増した。
社会的存在感 / 臨場感 (Social presence)	Q1. リモート参加者の存在を明確に感じた。 Q4. 相手と目が合った / 視線が合ったように感じた。	Q2. オンライン参加者の様子をよく観察できた。 Q3. 他のリモート参加者の様子をよく観察できた。 Q6. 相手と目が合った / 視線が合ったように感じた。
注意 / 関与 (Attention)	Q5. 文字の読み上げに集中できた。 Q6. 相手の存在が記憶の助けになったと感じた。	Q7. 文字の読み上げに集中できた。 Q8. 相手の存在が記憶の助けになったと感じた。



図 4 各条件における文字読み上げの実演

3.2 結果と考察

実験結果は図 5, 6, 7, 8 のとおりとなった。

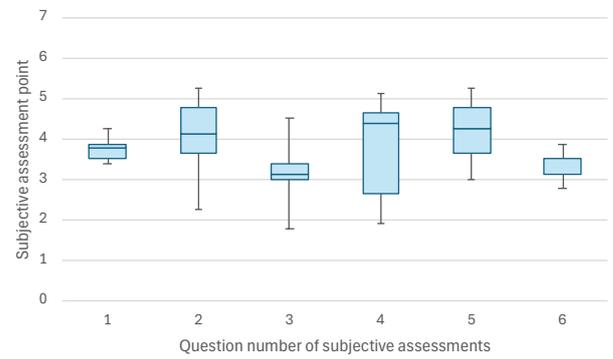


図 5 共有視点条件における参加者の存在感に関する結果

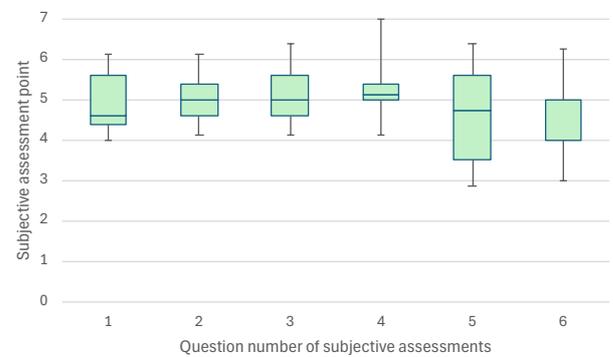


図 6 対面条件における参加者の存在感に関する結果

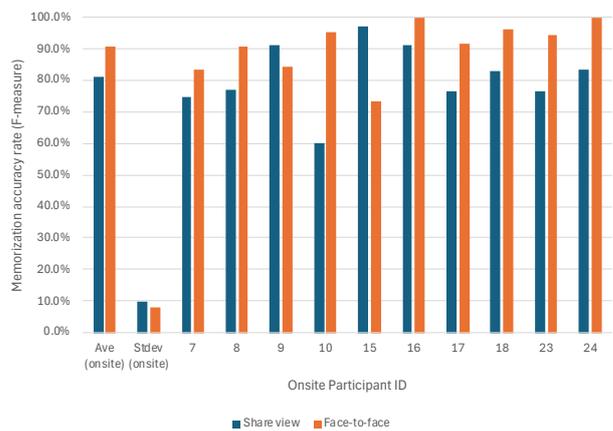


図 7 オンサイト参加者の記憶テストの正答率結果



図 8 リモート参加者の記憶テストの正答率結果

両項目において、従来の 2D 表示形式と比較し対面ディスプレイによる本システムの表示形式のほうが有意に向上したことが確認できた。この結果は、視点操作に基づく身体的方向性が有意に伝わったことで、共在感を高めたことを示しており、さらに、記憶に関する項目の値や記憶テストの点数も有意に向上した理由として、以下の 2 点が挙げられる。

- **話者認識**：「共有視点条件」では、全員が同様な方向に表示されるため、そのうちの誰に向けて発話しているのか曖昧であった。一方、対面条件では、身体や視線の向きによって発話の対象が明確になり、聞き手は自分が指名されたことを正確に認識できた。
- **注意の高揚**：参加者は自分が注目対象であると認識すると、文字読み課題に一層注意を向けるようになった。この集中が符号化を促進し、記憶成績を高めたと考える。

また、本システムにはいくつかの課題も懸念される。一つ目は、オンサイト、リモート参加者がお互い対面ディスプレイ中心の 360°カメラを挟んで対面する位置関係にいないとお互い面と向かって会話できない点である。そのために、リモート参加者は向きを調整する必要があり、オンサイト参加者は自分が相手に映る位置に移動しなければならない。二つ目は、リモート参加者が向きに応じて頻りにディスプレイ上を移動してしまい、オンサイト参加者が彼らの位置を見失いやすい点である。このような、対面での直感的な会議と比較した際の制約の存在が考えられる。

4. おわりに

従来のハイブリッド会議システムにおける空間的關係や視線情報に関する課題を解決するために、リモート参加者の観察方向を空間配置的に再現する手法を提案する。これにより、参加者らの存在感や記憶力が有意に向上したことを確認できた。今後はリモート参加者のジェスチャの存在

感、認知能力に対する影響や、懸念されるシステムの課題についても検討していく。

謝辞 本研究の論文を執筆するにあたり、指導教員のヤエムヴィボル先生には、著者である私小村を本研究に参加させていただき、日々より研究計画やシステムの実装に関してアドバイス、サポート等いただけたことに、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- [1] Association for Computing Machinery. (2023). MetaSys '23: Proceedings of the First Workshop on Metaverse Systems and Applications (Front matter). Association for Computing Machinery. <https://dl.acm.org/doi/proceedings/10.1145/3597063>
- [2] Japanese Association of Rehabilitation Nutrition. (2024). Beyond real congress: Academic congress in the metaverse provides exciting and novel educational experience. *Rehabilitation Nutrition*, 9, Article 20240020. https://www.jstage.jst.go.jp/article/rehabilitationnutrition/9/0/9_20240020/_article
- [3] Hu, Y.-H., Yokoi, S., Hatada, Y., Hiroi, Y., Narumi, T., & Hiraki, T. (2025). LUIDA: Large-scale unified infrastructure for digital assessments based on commercial metaverse platform. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.17705>
- [4] He, Z., Du, R., & Perlin, K. (2021). LookAtChat: Visualizing gaze awareness for remote small-group conversations. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2107.06265>
- [5] Grassi, D., Calefato, F., Smite, D., Novielli, N., & Lanubile, F. (2025). Exploring engagement in hybrid meetings. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2509.20780>
- [6] Schermeier, S., Deiglmayr, A., & Rummel, N. (2025). Small group collaboration in hybrid university learning: Comparing learners' perceived socio-affective state in hybrid, face-to-face and remote collaboration. *Computers in Human Behavior Reports*, 18, 100656. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2025.100656>
- [7] Stray, V., Moe, N. B., & Semsøy, S. (2025). Hybrid meetings in agile software development. In L. Marchesi, A. Goldman, M. I. Lunesu, A. Przybyłek, A. Aguiar, L. Morgan, X. Wang, & A. Pinna (Eds.), *Agile Processes in Software Engineering and Extreme Programming – Workshops (Lecture Notes in Business Information Processing, Vol. 524, pp. 71–80)*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-72781-8_8
- [8] Bohlmann, S. (2025). Psychological safety in hybrid meetings: How employees decide to speak up (Bachelor's thesis). University of Twente. <https://essay.utwente.nl/>
- [9] Hoogendoorn, Y. A. (2025). Meeting the future: Comparing social presence in virtual reality, video conferencing, and face-to-face (Master's thesis). University of Twente. <https://essay.utwente.nl/>
- [10] Panda, P., & Tankelevitch, L., & Spittle, B., & Inkpen, K., (2024). Hybridge: Bridging Spatiality for Inclusive and Equitable Hybrid Meetings. 501, 1 – 39. doi: 10.1145/3687040
- [11] All One Room システム : <https://alloneroom.com/>, アクセス日付 2025/10/21