



AR グラスを用いた構成員の状況認識と声かけ介入が心理的安全性に与える影響の研究

Investigating the Effect of AR Glass-based Situation Awareness and Prompting Intervention on Psychological Safety

長谷川恭平¹⁾, 中川聡¹⁾, 二瓶美里¹⁾
Kyohei HASEGAWA, Satoshi NAKAGAWA, and Misato NIHEI

1) 東京大学大学院 情報理工学系研究科 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

概要：本研究では、オフィス環境におけるチームマネジメント支援を目的に、AR グラスとキーボード・マウスログ解析を統合したリアルタイム介入支援システムを提案・評価した。構成員の行き詰まり兆候を検知し、管理者が最適なタイミングで声かけすることで、心理的安全性の向上が示唆された。

キーワード：AR グラス、心理的安全性、リアルタイム介入、職場支援

1. はじめに

近年、拡張現実 (AR: Augmented Reality) 技術は急速に進展し、製造業、医療、教育といった多様な分野で実用化が進んでいる。AR グラスを活用することで、現実空間にデジタル情報を重畳表示し、作業支援や情報共有を直感的かつ効率に行える点が注目されている[1][2]。これまで主に現場作業やリモートメンテナンスで活用されてきたが、職場のマネジメント領域での応用はまだ少ない。

一方、現代の職場環境では、リモートワークやオフィス内での分散作業の増加により、管理者（業務をマネジメントする側）が構成員（業務を実行しマネジメントされる側）の心理状態や作業進捗をリアルタイムに把握し、適切にサポートすることが難しくなっている。この状況は、構成員が「こんなことを相談してよいのか」「上司を煩わせたくない」といった遠慮から相談を躊躇し、心理的安全性の低下を招く要因となりうる[3]。

心理的安全性 (Psychological Safety) は、組織内でメンバーが失敗を恐れずに意見や質問を発信できる状態を指し、チームの学習能力やイノベーション創出において重要な役割を果たす[4][5]。これを高めるためには、管理者が適切なタイミングで声かけを行い、構成員が安心して支援を求められる環境を整えることが求められる。

しかし、従来のマネジメントでは、管理者が構成員の行き詰まりを適切に察知することは容易ではなく、その結果、サポートの機会を逸する場合が少なくない。

この課題を解決するための一つのアプローチとして、AR グラスを用いたリアルタイム状況可視化が考えられる。AR グラスは構成員の作業状況を直感的に可視化し、管理者の Situation Awareness (状況認識力) を補完できることが報告されている[6]。これにより、管理者は構成員の状況をより迅速かつ的確に把握でき、タイムリーな声かけ介入を行うことが可能になる。

本研究の目的は、AR グラスとキーボード・マウスログ解析を組み合わせたリアルタイム介入支援システムを構築し、その有効性を検証することである。提案システムは、構成員の作業ログを解析し、行き詰まりが検知された際に管理者の AR グラス上にアラートを表示することで、管理者による適切なタイミングでの声かけ介入を促す。本稿では、提案システムの概要と評価実験の方法および結果について報告する。

2. AR グラス介入システム群の構成

本研究で提案するシステムは、構成員の PC 作業ログをリアルタイムに解析し、管理者が装着する AR グラスに状況を提示することで、適切なタイミングでの声かけ介入を支援する。システムは構成員と管理者が用いる 2 つの主要コンポーネントによって構成されている (図 1)。

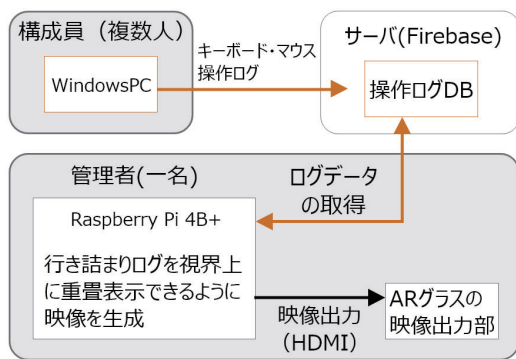


図 1: システムの構成図

2.1 システム全体構成

システムは図 1 に示す通り **(1) 作業状況モニタリングモジュール** と **(2) AR 表示モジュール** の 2 つのモジュールから構成される。

(1) 作業状況モニタリングモジュール

構成員の WindowsPC において、専用スクリプトがキーボード・マウス操作ログを 1 秒間隔で収集し、サーバ (Firebase) 上のデータベース (操作ログ DB) に送信する。このデータは Raspberry Pi 4 Model B に取得され、行き詰まり検知アルゴリズムによって解析される。この一連の流れは図 1 の「構成員」→「サーバ」→「Raspberry Pi」に対応している。

(2) AR 表示モジュール

解析結果を基に、Raspberry Pi が行き詰まりアラートを生成し、管理者の装着する AR グラス (Xreal Air2) へ HDMI 接続を介して即時に表示する。これにより管理者は視界上に構成員の状態情報を重畳表示できる。この処理は図 1 の「Raspberry Pi」→「AR グラス映像出力部」に対応している。

検知された情報は管理者の AR グラスにリアルタイムで表示され、管理者は空間内で構成員の状態を即座に確認できる。

2.2 ハードウェア構成

2.2.1 AR グラス

管理者は軽量のサングラス型の AR グラス (Xreal Air2) [7] を装着し、構成員の状態を視界に重畳表示して状況を把握する。今回、AR グラスは外部ディスプレイとして Raspberry Pi 4 Model B [8] と接続され、リアルタイムの状況更新が可能である。

2.2.2 作業用 PC

構成員の PC には専用スクリプトを実行し、キーボード入力とマウス操作のログを 1 秒間隔で収集する。取得したデータはサーバを通じて、Raspberry Pi に送られ、内部の解析プログラムで処理される。行き詰まりが検知された場合、即座に管理者の AR グラスに通知が表示される。

2.3 ソフトウェア構成

2.3.1 行き詰まり検知アルゴリズム

本システムでは、予備実験として構成員のタスク遂行中の行動パターンを観察し、行き詰まりが発生した際の特徴を分析した。予備実験は大学生 4 名を対象に実施し、構成員役が PC 上で創造的タスク (例: 部屋の片付けアイデア出し) に取り組む間、キーボードおよびマウスの操作ログを 1 秒間隔で収集した。構成員には「行き詰まりを感じたら ESC キーを押す」よう指示し、自己申告による行き詰まり時刻を記録した。管理者役はこの申告を受けて 1 回の声かけ介入を行い、そのタイミングも記録した。

収集データの分析では、行き詰まり申告前にキーボード入力が停止する時間帯が一貫して観察され、これが行き詰まりの兆候であることが示唆された。一方で、マウス操作については行き詰まり前に特有の増減パターンは認められず、行き詰まり検知の有効指標とはならなかった。これに基づき、本システムではキーボード入力ログのみに着目したアルゴリズムを採用した。

また、予備実験ではキーボード無入力の持続時間として 10 秒、15 秒、20 秒の 3 種類の閾値を比較検討した。その結果、10 秒では過剰な通知が多発し、20 秒では行き詰まり感が強まる前に介入できないケースがあった。これらのバランスを考慮し、試行錯誤的に 15 秒の無入力持続を行き詰まり検知の閾値として設定した。

これを踏まえ、本研究の実験では **キーボード無入力 15 秒** を行き詰まり検知の閾値として設定し、管理者に通知が送られるようにした。

2.3.2 AR 表示インターフェース

AR グラス上には構成員の状態を示すラベルとアラートが表示される (図 2)。特に行き詰まり検知時は、対象構成員のラベルが赤色で強調され、管理者に声かけ介入を促す。

2.4 管理者介入フロー

システムの動作フローを以下に示す。

1. 構成員の PC 操作ログをモニタリング
2. 行き詰まり (15 秒無入力) 検知
3. AR グラスへのアラート表示
4. 管理者が構成員へ声かけ介入

このフローにより、管理者は従来の「メンバーからの申告待ち」ではなく、プロアクティブな介入が可能となる。



図 2: AR グラスに投影される状況のイメージ

3. システムの評価

本研究では、提案システムの導入が構成員の心理的安全性に与える影響を検証するため、複数の参加者を対象とした比較実験を行った。

3.1 実験目的

管理者が AR グラスを装着して構成員の状況をモニタリングし、適切なタイミングで声かけ介入を行うことで、構成員が感じる心理的安全性が向上するかを検証する。

3.2 実験参加者と条件

実験には大学生・大学院生 12 名（20～25 歳、男性 6 名・女性 6 名）が参加した。参加者は 3 名 1 組の 4 グループに分け、それぞれ管理者役 1 名と構成員役 2 名を割り当てた。全グループは以下の 2 条件下のもと、2 つのタスクを連続して遂行した。

・条件 A（AR グラスあり）

管理者役が AR グラスを装着し、構成員の状態を視覚的に把握しながら声かけ介入を実施。また、この際に構成員が簡単にヘルプを求められるように ESC キーを押下することで AR グラスを装着した管理者にヘルプを求められるような仕組みを搭載している。

・条件 B（AR グラスなし）

管理者役が AR グラスを装着せず、構成員全体に見回りを行うことで、構成員に声かけ介入を実施。ただし、構成員から管理者へ挙手等で助けを求めることを許可し、これを推奨した。

3.3 実験と手順

各構成員は、PC 上で創造的思考を要する 2 種類のタスク（例：部屋の片付けアイデア、夕食の献立案）に 10 分間ずつ取り組んだ。管理者役は構成員がアイデア出しをやめてしまうなどの行き詰まりが検知された際（15 秒無入力を目安）、声かけ介入を行った。

タスクの順序および AR グラスの装着有無はタスクの順序、AR グラスの装着有無の順序を入れ変えたもの 4 パターンで実施し、順序効果を抑制した。

3.4 評価指標

構成員は各条件終了後、日本語版職場の心理的安全性尺度（12 項目、7 段階リッカート）[9]に回答した。合計点を項目数で割ることで平均点を算出し、平均スコア（1～7 点）とした。また、今回の実験では尺度のうち、セクション 1（チームのリーダーの心理的安全性）とセクション 3（チーム全体の心理的安全性）を利用した。構成員同士のインタラクションは発生しないため、セクション 2（同僚/チームについての質問）については利用しなかった。

3.5 結果

介入の結果、8 名中 6 名で心理的安全性スコアが上昇し、AR グラス装着時に心理的安全性の向上が示唆された（図 3）。全体の平均スコアも「Without AR」で 3.9 点から「With AR」で 4.6 点へと上昇した。

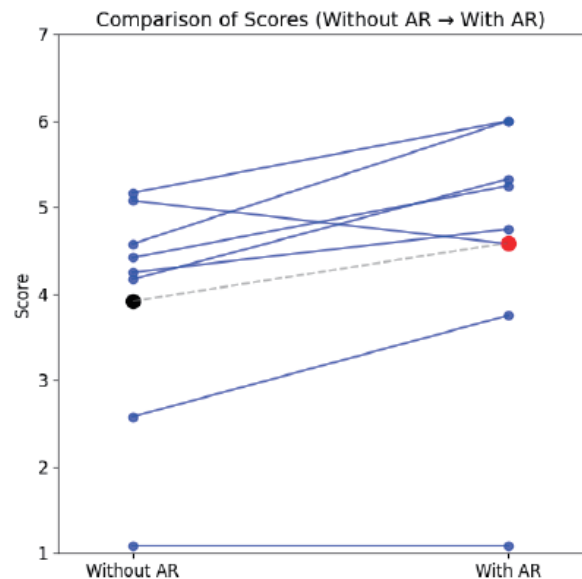


図 3: AR グラスの有無によるそれぞれの実験参加者の心理的安全性尺度の平均スコアの変化（ただし、点線は全参加者の平均値）

3.6 考察

3.6.1 実験結果

本実験では短期的な検証にもかかわらず、構成員の大半で心理的安全性スコアが上昇する傾向が見られた。自由記述欄から考察したところ、管理者が AR グラスを用いてタイムリーに介入したことにより、構成員が「困ったときに相談しやすい」「向こうから来てくれるのでスムーズに相談ができる」と感じやすくなったためと考えられる。

3.6.2 実験やシステムの展望

AR グラスによるリアルタイム状況表示は、管理者が従来見逃していた構成員の「無言のシグナル」を可視化し、相談のハードルを下げる効果が期待される。今回はオフライン環境での介入に着目したが、オンライン環境での介入にも役立つ可能性がある。また、心理的安全性の向上が業務効率やチームパフォーマンスの改善につながる可能性もあり、より大規模な検証により検証可能と考えられる。

また、AR グラスを通じた構成員の状況把握によって、オフィス環境においての状況の見通しが良くなることも期待でき、本システムを通じて AR を使った職場支援システムの基盤を構築できた。

3.6.3 本研究の制限

本研究では、12 名で実施したためサンプルサイズが十分でない。また、一回 1 時間未満の短時間の実験であった。今後はサンプル数を増やすほか、実験介入時間を延ばし、

長期的に使用した場合の実験結果への影響を評価して
必要がある。

また、介入のタイミングが管理者役の参加者に依存して
いたため、個人差が発生していた可能性がある。実験では
介入の簡易的なマニュアルを用意したうえで介入を実施
するように指示したが、今後は介入方法の検討も行ってい
くべきである。

これらの課題を踏まえ、今後は多様なタスク設定やより
実務に近い環境での検証が必要である。また、長期的な運
用を通じて介入の持続効果や心理的負荷の推移を調査す
る必要がある。

4. 結論・今後の課題

本研究では、構成員の作業状況をリアルタイムにモニタ
リングし、管理者が適切なタイミングで声かけ介入を行う
ことを支援する AR グラスシステムを提案した。少人数の
比較実験の結果、AR グラスを用いた管理者介入は構成員
の心理的安全性スコアを向上させる傾向が見られ、チーム
内コミュニケーションの促進に寄与する可能性が示唆さ
れた。今後は多人数・多様なタスク環境での有効性の検証
を行うほか、成員の状況モニタリングに伴う倫理的・心理
的な負担も慎重に評価していく予定である。

参考文献

- [1] E. Vlachou D. Mourtzis, V. Zogopoulos. Augmented reality application to support remote maintenance as a service in the robotics industry. *Procedia CIRP*, 2017.
- [2] Emanuele Marino Fabio Bruno Santina Fortuna, Loris Barbieri. A comparative study of augmented reality rendering techniques for industrial assembly inspection. *Computers in Industry*, 2024.
- [3] Amy Edmondson. Psychological safety and learning behavior in work teams. *Administrative Science Quarterly*, 44(2), 350-383., 1999.
- [4] 中島賢太郎・上原克仁・都留康. 企業内コミュニケーション・ネットワークが生産性に及ぼす影響. *経済研究* Vol. 69, 2018.
- [5] 今城志保・藤村直子. 職場の心理的安全性が個人に及ぼす効果を検証する. *経営行動科学学会第 22 回大会発表論文集*, 2019.
- [6] Rowen et al., 2019 “Impacts of Wearable Augmented Reality Displays on Operator Performance, Situation Awareness and Communication” *Applied Ergonomics*
- [7] Inc. XREAL. Xreal air 2 - xreal.jp/shop. <https://jp.shop.xreal.com/products/xreal-air-2>. 2025-01-21 最終閲覧.
- [8] Raspberry Pi Foundation. (2019). *Raspberry Pi 4 Model B Technical Specifications*. Retrieved from <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/> 2025-07-15 最終閲覧
- [9] Asaoka H Sekiya Y Nishi D Tsutsumi A Imamura K. Sasaki N, Inoue A. The survey measure of psychological safety and its association with mental health and job performance. *International journal of environmental research and public health*., 2022.