

医薬品配送支援システム評価のための VR 環境構築： 営業所から顧客施設までの支援案比較に向けて

小澤 重樹^{*1*2} 一刈 良介^{*2} 三浦 卓也^{*1*2} 蔵田 武志^{*2}

Abstract --- 本事例の対象である医薬品卸の営業所から得意先への配送工程では、携帯端末と紙伝票による作業支援システムが利用されている。それら工程を改善するため、AR による支援システムの導入が検討され始めている。しかし、日本の産業界ではまだ AR の認知度が低いいため、支援システムのプロトタイプング、既存システムとの比較、各ステークホルダーとの結果の共有からなるサイクルをできるだけ効率的に繰り返せるような VR 環境を構築した。本稿では、当該 VR 環境とそれを用いた参加者実験の準備状況について報告する。

Keywords: 拡張現実、バーチャルリアリティ、シミュレーション、支援システム、医薬品配送

1 はじめに

人的資本経営 (HCM) を促進するためには、生産性と働き方の質 (QoW) の同時改善が求められる[1]。物流倉庫は集中管理や集中投資に比較的適しているため、業務の自動化や支援技術[2]の適用が進んでいる。一方、倉庫以降の下流工程では煩雑な作業が多く残されており、我々が対象とする医薬品卸の営業所から、薬局や病院などの顧客施設に商品を配送・納品するまでの工程(図 1)も例外ではない[3, 4]。

作業が煩雑になる原因の一例として、医薬品名や外装デザインの類似性が挙げられる。また、日本各地に広く分布している薬局は、その数がコンビニエンスストアよりも多く、その中には一見ただけでは区別がつかないほど類似した店舗名が存在する。このような環境下では、配送担当者が誤った商品や誤った顧客施設に配送してしまうリスクが高まる。そのようなリスクを回避するため、営業所では配送前に厳密な検品、仕分け作業が実施されており、現場負担の原因となっている。

本活動事例の最終的な目的は、適切な作業支援システムを導入することで、これらの工程を正確性、効率性、作業の容易性の面で改善することである。そのために、AR を活用した支援手法が有望視されている[5]。しかしながら、日本の産業界ではまだ AR 技術が十分に受け入れられていないことから、経営側と現場側の双方をはじめとする各ステークホルダーからの理解を得るこ

とが求められる。

そこで、支援手法の設計、既存システムとの比較、ステークホルダーとの結果・知見の共有から構成されるプロトタイプングサイクルをできるだけ効率的に積み重ねるための仕組みが必要となる。VR 環境を用いたシミュレーションは、物理的なインタラクションや、視野角、解像度などの状況認識に関して大きな懸念がなければ、実環境と同じように AR 支援システムの利用者のパフォーマンスを評価することができることが先行研究[6, 7]で実証されている。以上のことを踏まえ、本活動事例では、医薬品卸の営業所から顧客施設への納品までの工程に関する VR シミュレーション環境を構築した。

2 VR 環境の構築と支援手法のプロトタイプング

実際の作業環境を VR 環境内に再現するために、3 サイズ(S, M, L)の折りたたみコンテナ(オリコン)、28種類の医薬品、営業所作業場、商用バン、手押し台車、専用ハンディターミナル、スマートフォン、紙伝票、QRコードラベルなどのオブジェクトを用意した。なお、用意した医薬品は、作業誤りを誘引しやすい類似した商品名やデザインを基準に選定した。本来医薬品の種類は何万種類にも及ぶが、プロトタイプングを行う中で、28種類でも間違えが発生することが確認できた。そのため、現状の種類でも十分であると判断した。

物理的なタスクについては、以下のように、実際の動作や、それに類するジェスチャー動作によるコマンドでタスクが実行できるように実装された(図 2)：

*1 東邦ホールディングス株式会社

*2 国立研究開発法人産業技術総合研究所

*1 TOHO HOLDINGS CO., LTD.

*2 AIST

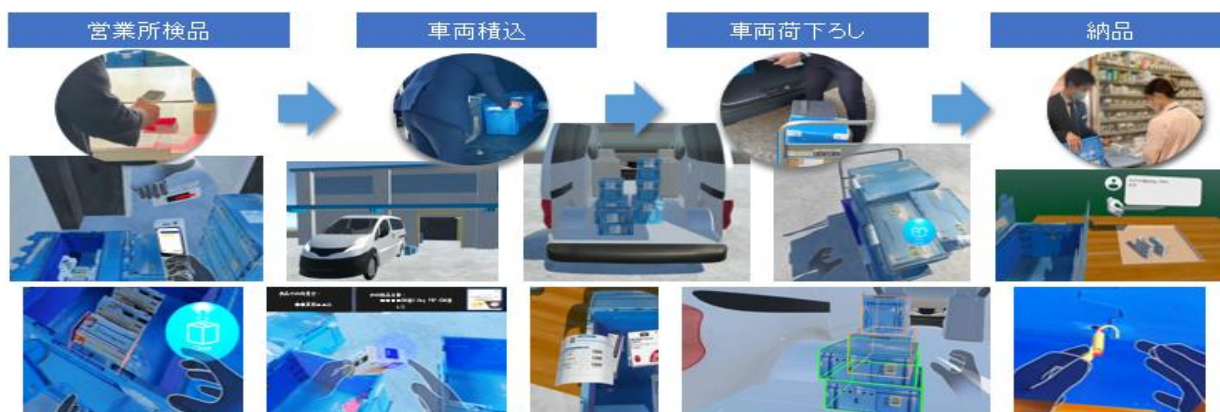


図1 営業所から顧客施設までの医薬品配送プロセスをVR環境で再現

Fig.1 Pharmaceutical delivery processes from sales offices to client facilities reproduced in a VR environment.

- **実際の動作:** オリコンの運搬、医薬品の移し替え（オリコンへの出し入れ）、コード（オリコン、医薬品、伝票、ラベル）のスキュン、貨物バンのサイドドアやテールゲートの開閉など。
- **実際の動作に近いジェスチャーによるコマンド:** オリコンの蓋の開閉、取扱注意商品のオリコンの施錠・解錠、オリコンの組み立て・折りたたみ、伝票の裏返し、スキュンした伝票をオリコンの蓋にクリップ、QRコード付きシールラベルの貼り付けなど。

の変更が必要かどうかにより生じる。QRコードがオリコンに貼られていない場合、どの入荷オリコンに何が入っているかを確認するには、従来からあるバーコードを1つ1つ読み取るか、容器の蓋を開けて中を見るかのどちらかの作業をせざるを得ない。そこで、上流工程を変更しない手法(AM2)では、顧客施設ごとの各出荷オリコンに収納する商品情報(パッケージ写真、名称、メーカー)と個数を提示すると共に、対象商品が撮影されたらワイヤーフレームをAR重畳提示する。これにより顧客施設に届けるオリコン(出荷オリコン)の準備・検品を支援する。

一方、上流工程変更を伴う手法(AM3)では、AM2に加え、QRコードに基づくワイヤーフレーム重畳で、対象となる入荷オリコンの位置を直接提示する。一度、カメラの視野内にQRコードが認識されると、その位置・姿勢をデジタル空間に登録しvSRT(ビジョンベースの位置合わせ・追跡)手法[8]などでトレースすることで、QRコードの見え方に関わらず重畳による支援を継続することを想定して設計されている。

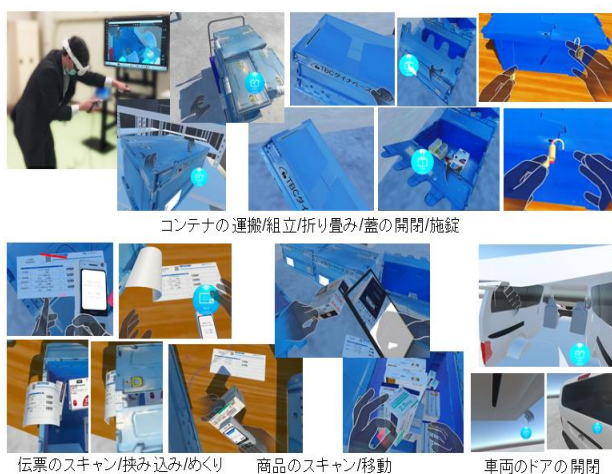


図2 物理的な操作の再現

Fig.2 Comparison of Assistance Methods.

支援システムとしては、まず、専用ハンディターミナルのレーザーキャナと紙伝票を用いた従来の支援手法(AM0)と、現場に試験配備中のスマートフォンのカメラでスキュンする改良手法(AM1)をVRで再現した。AR支援システムでは、両眼式ARグラスを用いた2種類の手法を検討している(図3)。

この2つの手法の違いは、営業所に発送する前のオリコン(入荷オリコン)にQRコードを貼るなど、上流工程(典型例:物流センターの工程)の物理的な作業・処理

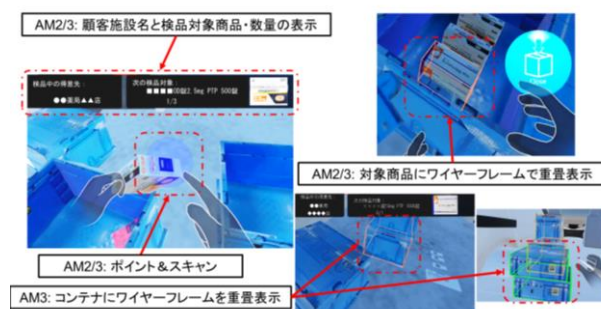


図3 ARに基づく2種類の支援手法

Fig.3 Two types of AR-based AMs.

営業所から顧客施設への納品までの工程に含まれる作業のうち、支援システムの主だった対象となるのが、営業所での検品作業である。図4は、AM0からAM3の各支援手法を用いた場合の典型的な検品作業のフロー図を示しており、作業の大項目は以下の通りとなる。

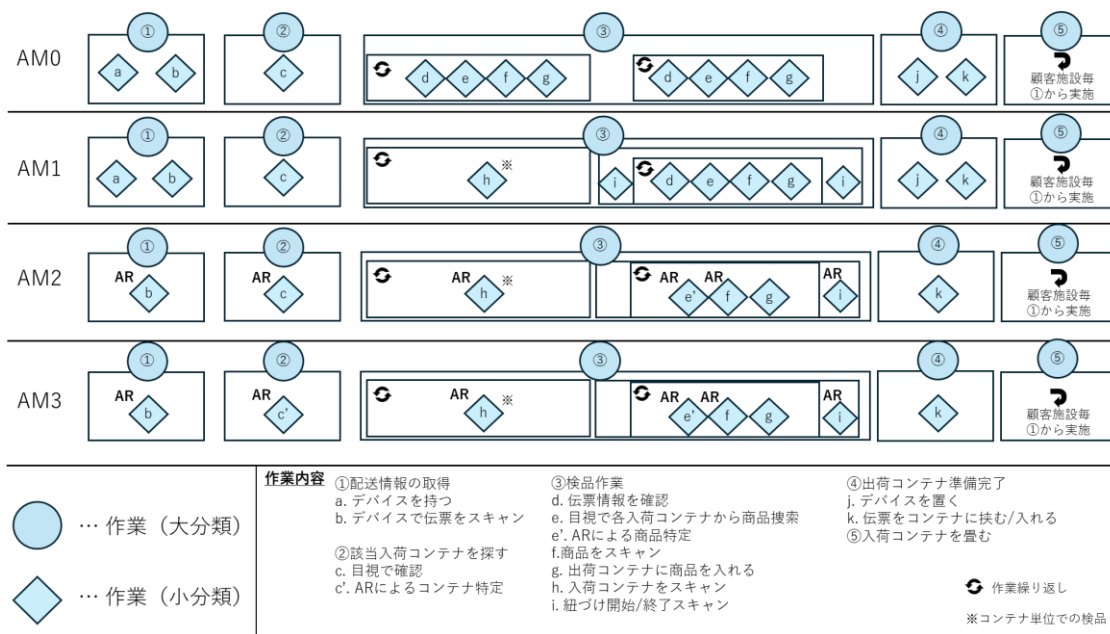


図 4 営業所での検品作業の各支援手法における作業フロー

Fig. 4 Workflow for inspection at the sales office with each support method.

- ① 紙伝票をスキャンし、配送情報を取得する。
- ② 入荷コンテナから該当のコンテナおよび商品を探し出す。
- ③ コンテナに貼付されたバーコードや QR コードをスキャンする。または、商品のバーコードをスキャンする。(使用するデバイスは AM0: 専用ハンディターミナル、AM1: スマートフォン、AM2/3: 両眼式 AR グラス)
- ④ 紙伝票を出荷コンテナに挟むまたは入れ、出荷コンテナ準備を完了させる。
- ⑤ 入荷コンテナを畳む。

で複数の仕分け方法によって営業所に入荷される。AM0 では、それらの入荷コンテナを開けて一つ一つ商品のスキャンしていたが、AM1 から AM3 では特定のコンテナにおいて、コンテナ単位でのスキャンを 1 回行う事で検品が完了する設計を検討している。



図 5 オーサリングツールの機能

Fig.5 Features of Authoring Tool

支援手法に関わらず、上記①～⑤の作業が発生するが、それらに付随する作業の小項目が効率の差の要因となることが想定される。入荷コンテナは、物流センター

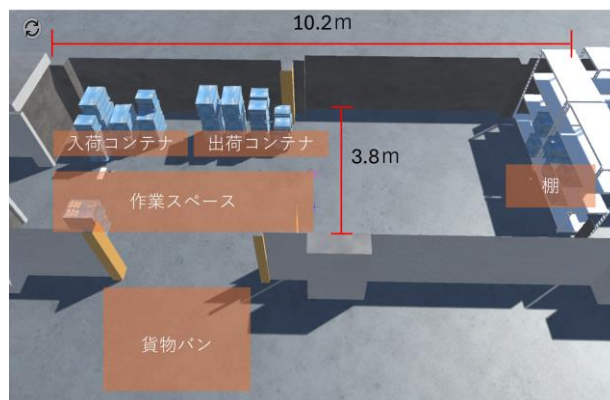


図 6 実際の営業所を参考にした環境モデル

Fig.6 Environmental model based on an actual sales office.

また、実験参加者がオリコンや商品の配置を記憶するのを防ぎ、作業誤りを引き起こす可能性の高い配置を含む作業シナリオを作成するためのオーサリングツールを開発した(図 5)。まず、本事例では、ツール内で実際の営業所を参考にした環境モデル(図 6)を構築することにより、実験環境が現実とかけ離れないように配慮した。加えて、営業所内検品作業内訳の再現性を担保するために、首都圏エリアや地方エリアの作業量(検品対象商品数、スキャン回数)を参考にした。さらに、作業の

難易度に関わる設定(作業誤りを誘発しやすい商品・オリコン配置、類似商品・類似顧客施設名の種類など)を調整した。オーサリングツールを用いて16通りの作業シナリオが作成された。

ただし、VR 機器の長時間使用を回避するため、その連続使用時間に20分という制限を課した。以上のように、作業量、難易度、及び作業時間のバランスを調整しつつ各シナリオを作成した。次節で述べる予備テスト中に各シナリオが暗記できるほど簡単ではないことも確認した。

3 予備テスト

これまでに、AM0/1/2に関して、以下の構成で予備テスト(動作確認、比較評価)が実施されている。

- ハードウェア: VR ヘッドセット (Meta 社製 Quest Pro および Quest 3)、PC、モニター
- ソフトウェア開発環境: Unity、Meta Quest Link
- データ記録: VR シミュレーション上の動作や実験状況を記録する為、Quest のキャスティング機能で映像を録画
- 物理空間: 障害物のない平坦な屋内空間 (7m × 5m)。テスト参加者は基本的に当該空間内を歩行して移動するが、一部の状況(例えば棚への移動時)では VR 機器のコントローラを用いて移動
- テスト参加者: 本システム・プロトタイプサイクルの R&D チーム員 2 名 (配送業務従事経験有)
- テスト時間・回数: 合計 22 時間以上、135 回

本テストでは、図 1 の配送作業全体での AM0 との比較を 2 つの異なる物量(作業対象となる商品数)を設定し実施した。まず1つ目の物量設定を 75 個とした。これは実際のモデル営業所(首都圏エリア)での物量の 1/7 スケールに相当する。結果としては、AM1 では平均 10%、AM2 では平均 25%の作業時間短縮が確認された。次に2つ目の物量設定を 100 個とした。これはモデル営業所での物量の 1/5 スケールに相当する。結果として、AM1 では平均 31%、AM2 では 42%の作業時間短縮が確認された(図 7)。両設定において作業時間の短縮が確認された。特に 100 個の設定では、より作業時間の短縮効果を確認できた。

また、検品時に行われるスキャン行為に関しても AM0 との比較を 75 個および 100 個の設定で実施した。75 個の設定では、AM1 でスキャン回数が 13%、AM2 で 18%削減された。一方、100 個の設定では、AM1 で 33%、AM2 で 40%のスキャン回数が削減された(図 8)。75 個での設定時におけるスキャン回数の理論値は、AM0 が 89 回、AM1 が 77 回、AM2 が 73 回であった。本設定では作業誤りが発生していない為、実績値と理

論値に差はなかった。一方、100 個での設定時における理論値は AM0 が 127 回、AM1 が 85 回、AM2 が 77 回であった。AM0 および AM1 では誤った商品をスキャンした作業誤りがそれぞれ1回発生していた。

また、これらの予備テストの結果に基づき、以下のような主観的なフィードバックが得られた。

- AM0 および AM1 について
 - 商品名や検品数量を記憶しながら検品作業を並行して行う事が負担となった。
 - 複数のオリコンから商品を探す作業に負担を感じた。
 - 検品時に携帯端末(専用ハンディターミナル、スマートフォン)を保持することで手が塞がる為、作業効率に悪影響が生じた。
 - 携帯端末の持ち替え動作に負担を感じた。
 - 端末を置いた場所を記憶する必要があり、その点においても負担を感じた。
 - 紙伝票の繰り返し確認が負担となった。
 - 検品に慣れると、商品名や内容量の確認をせず、記憶している商品の形、色、大きさで判断するようになり、作業誤りに繋がった。
- AM2 について
 - 重畳提示に基づいて作業を行う事で、記憶する負担が軽減され、作業効率の向上を実感した。
 - 端末を所持しないことで両手が自由となり、作業の容易さと効率の向上が感じられた。
 - 紙伝票の確認を繰り返す必要がなくなり、作業負担が軽減された。

予備テストだけではなく、VR シミュレーション環境へのフィードバック取得を目的とした体験会(図 9)と経営陣への報告会も数回行われた。体験会では配送現場で実務者 7 名が参加した。参加者のほとんどがこれまでに VR を経験したことがなく、それに伴い、例えば、ボタン入力や動作・ジェスチャーコマンドなどの操作面に関する改善要望が得られた。また、VR ヘッドセットの連続使用に対する耐性に個人差があることが再認識された。

また、経営陣からは、以下のようなフィードバックが得られた。

- AR デバイスに対する実際の現場の受容性の確認が必要である。
- VR シミュレーションは、教育、訓練目的でも有用である。

上述の各フィードバックは、今後のプロトタイプサイクルや AR 支援システムの改良点を特定する上で重要な情報となった(注：本予備テストや体験会は、プロトタイプサイクル中に得られたものである。そのため、当該結果は参加者実験の結果ではなく、あくまで参考情報である)。

4 考察

今回のプロトタイプと VR での予備比較評価を通じて、AR 重畳提示による視覚的な作業支援により、従来の配送作業よりも直観的に作業可能であることを確認した。AM0 と AM1 では手順を頭で反芻しながら実行する必要がある。しかし、AM2 では、AR 重畳提示された作業支援のインストラクションに従うだけで、次の動作をスムーズに実行できることが確認された。

また、AM0 と AM1 では、検品対象の商品名や数量を紙伝票または、端末の画面で何度も確認する必要があり、その都度作業が中断されるため、作業時間のロスが生じている。一方、AM2 では、商品名や数量が AR 重畳提示されるため、作業の中断が抑えられ、作業効率の向上が見込まれる。

また、AR のようなデジタル支援と、伝票やオリコンのような物理環境からの広義のアフォーダンスとのバランスを常に意識することが不可欠であることを確認した。ここでは事例を2つ挙げる。

現場にはオリコンが多く置かれているが、一見してわかる特徴は大きさと折りたたまれているかどうかだけである。物流倉庫から営業所に納品された入荷オリコンに入っている商品は、すべて得意先ごとに出荷オリコンに仕分けされ、空になった入荷オリコンは折りたたまれて物流倉庫に戻される。AR による支援の有無に関わらず折りたたむ必要があること、折りたたまずにその後の作業を進めることが可能であること、すべての作業を再現することはコスト的に困難であり優先度に応じて実装する必要があること、などの理由から、当初はこの折りたたみ作業を再現していなかった。しかし、空オリコンの折りたたみ状態は、そのオリコンに関する作業の完了を示すため、折りたたむことができないと作業の進捗を直観的に把握しづらくなることがわかったため、折りたたみ作業も実装することとなった。

現場では、図 2 に示すように、どのオリコンが出荷準備に入ったかを把握しやすくするために、伝票が出荷オリコンの蓋に挟み込まれている。筆者ら(R&D チーム)は、このことを認識しないまま AR 支援によるペーパーレス化を試みたところ、どのオリコンが出荷可能な状態なのかを把握することが難しくなった。そこで、オリコンの状態を AR 提示や他の物理的な手段で把握できるようにすることとした。

物理的なタスクのための動作とジェスチャーコマンドについても、次節で述べる各評価基準に絡めて議論がなされた。VR 環境における器用さは現実よりも劣ることが多く、動作のやり直しが多くなる傾向がある。また、複数種類の動きを確実に識別するために、コントローラの複数のボタンを使用するためには、各参加者のその使

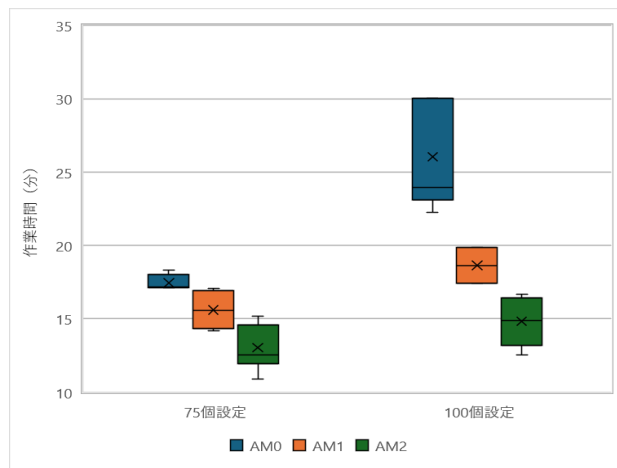


図7 作業時間長の比較(75個と100個の場合)

Fig.7 Comparison of working time length (75 items and 100 items).

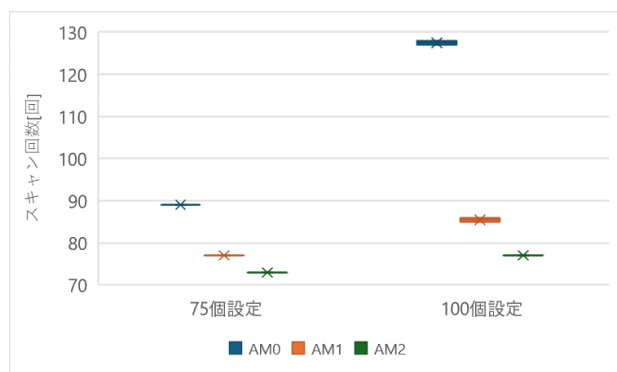


図8 スキャン回数の比較(75個と100個の場合)

Fig.8 Comparison of scan counts (75 items and 100 items).



図9 体験会の様子(体験者：配送業務経験者)

Fig.9 Scenes from the experience session.

用方法への適応が十分である必要がある。これらのバランスを参加者実験に合わせて適切に調整することが求められる。

本テストでは、7m×5m の広さの物理空間を用意した。しかし、今回構築した VR 環境モデル内を歩行して作業するには手狭に感じられることが多くあった。したがって、作業量、難易度、作業時間だけではなく、環境モデルと物理空間をも含めた各項目のバランスを調整しつつ各シナリオを作成する必要がある。

慣れない VR 機器の使用によりテスト参加者(筆者ら自身)が疲労を感じ、テストを中断するケースが見られた。したがって、今後実施予定である参加者実験では、各参加者が VR に慣れるための時間を確保するとともに、VR 機器の長時間の連続使用は避け、十分な休憩時間を設ける必要がある。

5 おわりに

このプロトタイプサイクルで得られた知見をもとに、VR シミュレーション環境そのものの評価と、各種支援手法の比較評価を行う予定である。そのため、主観評価に関して、NASA-TLX[9, 10]、SUS[11]、IPQ[12]、SSQ[13, 14]などを用いた精神的負荷、作業のしやすさ、プレゼンス、VR 酔いなどの評価のためのアンケートやインタビュー項目を設計中である。加えて、客観評価に関しては、作業時間、エラー率、動作の種類や回数などに関する評価のためのシステム実装を進めている。

謝辞

本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP/バーチャルエコノミー拡大に向けた基盤技術・ルールの整備」(JPJ012495) (研究推進法人: 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)によって実施されました。

参考文献

- [1] T. Kurata, A. Sato, S. Ogiso, K. Kato, S. Nakae, R. Ichikari and T. Shimmura. Pre-Post Analysis on Multi-Skill Development using Flow Line Data at Expressway Service Area Facilities. APMS 2024. (to appear)
- [2] S. Jumahat, M. S. Sidhu and S. Shah. A review on the positive implications of augmented reality pick-by-vision in warehouse management systems. *Acta Logistica*, Vol.10, No.1, pp.1-10, 2023. doi:10.22306/al.v10i1.337
- [3] 本間 丈士, 神野 統尚, 小鷹 篤, 堀口 雅巳, 石塚 英夫. スマートデバイスを利用した医薬品ピッキングシステムの評価, *医療情報学*, Vol.34, No.1, pp.17-23, 2014. doi:10.14948/jami.34.17
- [4] スキャンディット/ヤマト運輸「EAZY」の荷物積込業務を効率化, *物流ニュースのLNEWS* (運営:株式会社ロジスティクス・パートナー、株式会社物流ニュース), <https://www.lnews.jp/2021/11/n1105407.html> (accessed

- 2024-8-19)
- [5] 薬剤部の薬剤ピッキングに AR ピッキングを適用して、ミス率の低減を確認。作業レベルの平準化を目指す, NEC, https://jpn.nec.com/dx/offering/design/xr/case_twmu.html (accessed 2024-8-19)
- [6] C. Lee, S. Bonebrake, T. Hollerer and D. A. Bowman. A replication study testing the validity of AR simulation in VR for controlled experiments. *ISMAR*, pp.203-204, 2009. doi: 10.1109/ISMAR.2009.5336464
- [7] J. Lacoche, E. Villain and A. Foulonneau. Evaluating Usability and User Experience of AR Applications in VR Simulation. *Frontiers in Virtual Reality*, Vol.3, 2022. doi:10.3389/frvir.2022.881318
- [8] Information technology — Computer graphics, image processing and environmental data representation — Benchmarking of vision-based spatial registration and tracking methods for mixed and augmented reality (MAR). ISO/IEC 18520:2019.
- [9] 三宅 晋司, 神代 雅晴. メンタルワークロードの主観的評価法, *人間工学*, Vol.29, No.6, p.399-408, 1993.
- [10] S. G. Hart and L. E. Staveland. Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. P. A. Hancock, N. Meshkati (eds), *Advances in Psychology*, Vol.52, pp.139-183, 1988.
- [11] Brooke, John (1996). "SUS: a "quick and dirty" usability scale". In P. W. Jordan; B. Thomas; B. A. Weerdmeester; A. L. McClelland (eds.). *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.
- [12] igroup presence questionnaire (IPQ) overview, <https://www.igroup.org/pq/ipq/index.php> (accessed 2024-8-19)
- [13] R. S. Kennedy, N. E. Lane, K. S. Berbaum and M. G. Lilienthal. Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol.3, No.3, pp.203-220, 1993.
- [14] J. F. Golding. Predicting individual differences in motion sickness susceptibility by questionnaire. *Personality and Individual Differences*, Vol. 41, No.2, pp.237-248, 2006.

© 2024 by the Virtual Reality Society of Japan (VRSJ)