



# 商品物流における 仕分け作業支援への複合現実感技術の応用(2) —HMD 利用からプロジェクタ利用への移行可能性の検討—

## Application of Mixed Reality Technology to Order Picking for Warehouse Storage, Part 2 - A Feasibility Study of Conversion from HMD-Based to Projector-Based Approach -

橋本 明解<sup>1)</sup>, 山崎 賢人<sup>1)</sup>, 柴田 史久<sup>1)</sup>, 木村 朝子<sup>1)</sup>, 田村 秀行<sup>2)</sup>  
Akitoku Hashimoto, Kento Yamazaki, Fumihisa Shibata, Asako Kimura, and Hideyuki Tamura

1) 立命館大学大学院 情報理工学研究科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

2) 立命館大学 総合科学技術研究機構 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

**概要:** 我々は複合現実感 (MR) や拡張現実感 (AR) 技術を商品物流における仕分け作業に応用する研究開発を行っている。仕分け作業に AR/MR 技術を導入することで設計の自由度が増すことなどを期待してシステム構築を行い、作業者の視界に CG を重畳描画する HMD を使った試作システムを開発した。しかし、HMD には視野角の狭さなどに問題があることから、新たな AR/MR 情報提示デバイスとして、我々はプロジェクタに着目した。本稿では HMD 利用からプロジェクタ利用への移行可能性を検討し、ウェアラブルプロジェクタを使用した試作システムを開発した結果について報告する。

**キーワード:** 複合現実感, 拡張現実感, 仕分け作業支援システム, ウェアラブルプロジェクタ

### 1. はじめに

新たな情報提示技術として複合現実感 (Mixed Reality; MR) や拡張現実感 (Augmented Reality; AR) への関心が高まっている。その実用化に関しても多くの試みがなされており、具体的事例として「MR 研究プロジェクト」[1] や「ARVIKA プロジェクト」[2]等がある。ただし、これらのプロジェクトでは、比較的高価な機材を導入したり、空間的・時間的な制約を課したりする等、AR/MR 技術を導入するのに好条件な環境を整えることで実用的に運用可能なレベルにしてきたと言える。このような現状では、ハイエンドの注目を集める応用はできても、日常的な課題を低コストで安定して解決することはなかなか難しい。

この状況を打ち破るためには、実際の現場の声に対して、手法面とシステム構築面の双方からアプローチし、課題をひとつずつクリアしていくことが重要となる。そこで我々は産業界からの声として、商品物流における仕分け作業支援システムに注目した。これまでの AR/MR 技術を用いた作業支援は、作業者がほぼ静止した状態、もしくは緩やかな動きでの作業を対象としていた。しかし我々が注目した仕分け作業は、作業者が激しく動き回る作業である。このような具体的な課題は AR/MR 技術にとって未体験であるが、今後の発展のためには避けては通れないものである。

商用化されている仕分け作業システムは長年、作業現場で運用されており、その完成度は高い。しかし機械設備の配線などの簡素化や汎用性の向上等には閉塞感が漂っていた。そこで、新たに AR/MR 技術を導入することで、システム設計の自由度の向上、作業員が関する他のシステムへの発展的展開が期待できる。

これらのことを踏まえて、我々は商用システムを MR 型システムに置き換えることから着手し、システムの設計を行ってきた[3]。

### 2. 仕分け作業支援システム

#### 2.1 オーダピッキング

仕分け作業 (オーダピッキング) とは商品物流における配送センタが有している一機能であり、作業者が指示された商品を在庫の中から選び出し、顧客ごとに仕分けする作業である。仕分け作業には、様々な方式が存在し、作業内容に合わせて適宜選択される[4]。

仕分け作業は配送センタにおける作業時間の 6 割を占めると言われ、この作業を効率化することが作業全体に最も影響を与えようと考えられる。

こうした背景から作業の自動化は図られており、取り扱う品物の大きさや形状が多様なピースピッキングと呼ば

れる方式では、コンピュータ制御されたシステムを用いて作業者に指示を出している。このようなシステムはデジタルピッキングシステム (Digital Picking System: DPS) と総称され、作業現場に広く浸透している。

## 2.2 設計方針

本研究では、現行の DPS は完成度が高いことを承知の上で、AR/MR 技術による新たな情報提示方法を模索することとした。具体的には、現行の DPS の一つである、作業者が決められた作業範囲で、決められた商品単体をつかみ分けするシステムを元にシステムを構築する。それによって MR 型仕分け作業支援システムの問題点を分析し、今後の AR/MR 技術に最適な独自システム構築への道を探る。一旦は既存の DPS をもとに開発を行うが、AR/MR 技術によるシステムの柔軟性は保持したままであるため、様々な作業環境に対応できる可能性は残している。

このような前提で設計したシステムのシステム・アーキテクチャを図 1 に示す。これを元に、我々は情報提示デバイスに HMD (Head Mounted Display) を採用した MR ピッキングシステムを試作した[3]。このシステムでは作業者の視界内に提示した MR 情報を元に仕分け作業を行うことができる。しかし試作システムの動作確認を行い、作業者の動き等を分析した結果、様々な課題点が顕在化した。

その問題点とは、モバイル PC や HMD を装着することで、作業者の視界や動きを制限されることや、限られた作業スペースにおいて、重畳描画された CG を見ることによって、CG の奥行きが判別しにくい等である。

HMD による試作システムの分析結果を受け、様々な問題解決方法を模索した。その中でも新たなアプローチとして、情報提示デバイスを刷新し、プロジェクタを利用する方法に注目した。この改善方法を進めるにあたって、まず

HMD 利用からプロジェクタ利用への移行方法を検討し、プロジェクタを用いた AR ピッキングシステムを試作する。

## 3. HMD 利用からプロジェクタ利用への移行

### 3.1 検討内容

プロジェクタを用いると、現実世界の物体に直接任意の映像を投影できることから、作業者の視界を制限することはない。このような観点から HMD 利用に変わるデバイスとしてプロジェクタ利用について検討した。

プロジェクタは図 2 に示すように、可搬性のあるウェアラブル型と任意の場所に固定する据置き型の 2 種類に分けることができ、それぞれメリットとデメリットが存在する。

据置き型のメリットはウェアラブル型と比べ投影面が広く高輝度投射が可能である点である。しかしながら、据置き型の場合、投影範囲が設置箇所に依存するため HMD 利用からの移行としてはハードルが高い。一方、ウェアラブル型は可搬性を重視していることから小型で軽量なものが一般的であるが、据置き型と比較して明るさが弱い。しかし事前に屋内数か所で試行したところ、ウェアラブル型であっても屋内の照明条件下ならば情報提示が可能であることを確認した。

そのため本研究では、HMD 利用からの移行可能性を考えて、まず据置き型より移行が容易なウェアラブル型を元に検討することとした。

ウェアラブルプロジェクタを利用して作業支援を行うためには、作業者の視界内に任意の CG を提示する必要がある。したがってプロジェクタを投影するための面の確保と、作業者の視線方向とプロジェクタの投影方向が合致する設置箇所の存在を検討する。

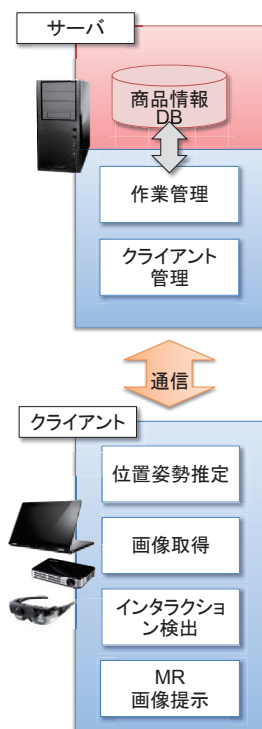


図 1 システム・アーキテクチャ

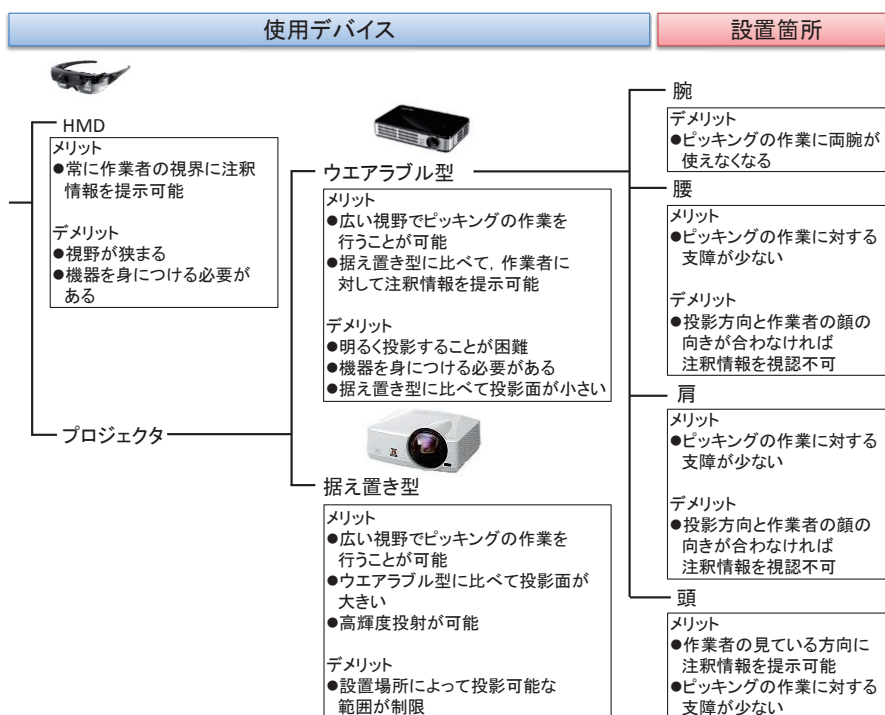


図 2 HMD 方式とプロジェクタ方式におけるメリットとデメリット

### (a) 投影面

図 3(a)に示すように物流現場で使用される商品棚は、仕分けを行う商品を商品棚奥から追加するタイプのものが多い。そのためプロジェクタで投影した場合、照射される光は後方にすり抜ける可能性が高い。そこで図 3(b)のように商品群を白いケースに入れる、商品棚天板側面に白い紙を貼付する等の工夫をすることで投影面を増やすことが必要である。集品容器までの誘導においても、同様である。

### (b) 設置箇所

ウェアラブル型のプロジェクタを用いて情報を提示するためには、様々な体の部位で検討する必要がある。図 2 に示したように、プロジェクタを設置する箇所として「腕」「腰」「肩」「頭」を候補として検討した。「腕」に設置する場合、プロジェクタを着けていることによって作業に支障をきたす、また情報提示を行うためには腕のプロジェクタを視線方向にある投影面に向ける必要がある。「腰」「肩」「頭」はプロジェクタを着けていることによって作業への支障は少ない。しかし「腰」は目から遠いため視界内に情報を提示することが難しい。また「腰」「肩」に共通して言えることは作業者の視線方向と投影方向が「頭」に比べ困難である。

これらの検討結果より作業スペースに対して投影面を増やした上で、作業者の頭部にプロジェクタを設置するという方式がウェアラブル型のプロジェクタへと移行する上で最も可能性が高いと判断した。

## 3.2 注釈情報提示

HMD を用いた MR ピッキングシステムでは、作業者の視界内に CG を 3 次元的に重畳描画することが可能であったが、プロジェクタを使用する場合、投影面に CG を描画する。そのため図 4 に示すような CG を組み合わせることによって作業者を対象商品や集品容器に誘導する。本稿で述べる試作システムでは、以下の 2 パターンを実装した。

### 【パターン 1】

対象商品を強調するのに図 4(a)を用いる。作業者の視界内に商品がない場合は、図 4 (b)に示すように矢印の CG を提示することによって作業者を商品や集品容器の位置まで誘導する。

### 【パターン 2】

対象商品を強調するのはパターン 1 と同じだが、作業者の視界内に商品がない場合は、大きな円の CG の一部である弧が投影され、作業者に商品や集品容器の位置を知らせる。この円は作業者が目標に近づくにつれて小さくなり、目標が正面にある場合は図 4(a)と同じ状態になる。

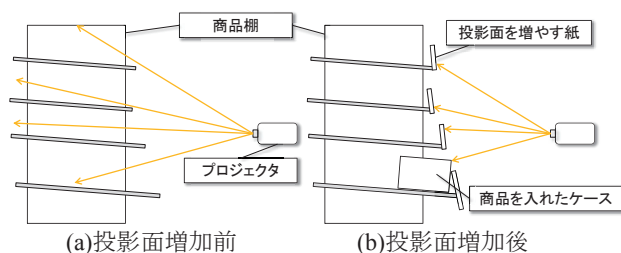


図 3 投影面

## 4. 評価実験

### 4.1 実験方法と機器構成

仕分け作業の経験が少ない 5 名 (20 代男性 4 名, 20 代女性 1 名) の被験者に対して評価実験を行った。プロジェクタによる試作システムを用いて仕分け作業を行う。実験では商品をピックアップし、集品容器に投入するまでを 1 タスクとし、10 タスクの仕分け作業を各被験者に対して実施した。被験者には 3.2 節に記したように 2 パターンの提示を行った。この 2 パターンの実験において、作業者に出す商品や集品容器の位置のオーダは異なる。また、本実験で使用する実験空間の商品棚には 5 段存在し、実際の作業現場に近づけるために下 3 段を使用した。各段には等間隔に 6 つの商品群を入れた商品ケースを配置してある。

実験で使用した機器構成を図 5 に示す。使用したウェアラブルプロジェクタは ADDTRON 製 QUMI Q5、クライアント PC は NEC 製 PC-GL19614GU (メモリ:4GB, CPU: Intel Core i7-3517U CPU) であり、位置姿勢推定用 PC は Dell 製 Studio XPS 1645 (メモリ:4GB, CPU: Intel Core-i7 CPU Q820) である。被験者は頭部にプロジェクタと ARToolKitPlus マーカを付けたヘルメットを装着する。位置姿勢推定用 PC は、ARToolKitPlus マーカを利用して被験者頭部の位置姿勢推定結果をクライアントに送信する。クライアントは位置姿勢推定結果のみを受信し、サーバから受け取った商品情報を考慮して、AR 画像を生成する。生成された AR 画像は Wi-Fi 接続でプロジェクタに送信され、投影される。

被験者は、商品をつかんだり (ピッキング)、集品容器に投入したり (アソーティング) するたびに、手に持ったマウスをクリックすることとした。これによってシステムは現在の状態を管理し、集品容器に商品を投入したタイミングでクライアントはサーバと接続し、次の商品情報を受け取る。

### 4.2 実験結果と考察

各々のパターンにおける 1 タスクあたりの平均時間を図 6、正答率を図 7 に示す。図 6 より、最も速い被験者であっても 1 タスク終了までに 30 秒以上もかかっている。これはプロジェクタ等を装着したヘルメット (総重量は約 1[kg]) が、ずれないように慎重に動いているためと考えられる。本実験において、被験者 5 人中 2 人は常に片手でヘルメットを抑えた状態で作業を行っていた。今回試作したシステムでは、固定具の形状の関係でプロジェクタが被験者の頭部後方に設置されているため、作業の遂行に困

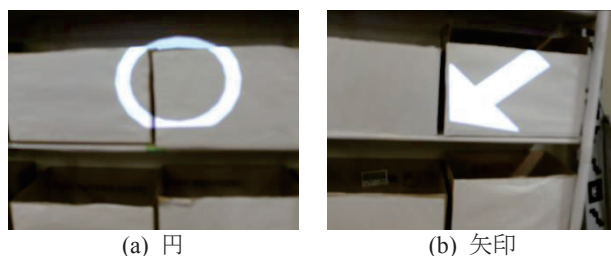


図 4 プロジェクタによる CG 提示の実装例

難が生じた。プロジェクタの設置方法についてはさらなる検討が必要である。

また平均時間については、パターンによる差異はあまりないが、正答率では、パターン2の方が比較的高い。パターン1の場合、商品や集品容器を見つけるまで提示している矢印CGは作業者の位置姿勢によってインタラクティブに向きを変えるが、大きさに変化はない。それに対し、パターン2では作業者が目的地まで近づくにつれて、弧CGの大きさが徐々に小さくなる。そのためパターン2において、作業者は商品や集品容器のある方向を認識するだけでなく、目標までの距離感をつかむことができるため、わかりやすかったのではないかと考えられる。

同一パターンにおいてもピッキングとアソーティングを比較した場合、アソーティングの正答率が圧倒的に高く、特にパターン2においては、5人中4人が100%の正答率となっている。これはプロジェクタから集品容器までの距離がある程度あることから正確にCGを認識できたからと推測できる。一方、ピックアップ時は商品に近づけば近づくほど、プロジェクタと投影面までの距離が短くなり、被験者の目の位置とプロジェクタのオフセットの影響で、意図しない投影面にCGが投影されてしまうことが原因であると考えられる。

本実験における被験者の意見は次のとおりである。

- ・投影面以外のところに投影されることがあった
- ・ヘルメットが重い
- ・高身長の場合、投影面が少なくなる

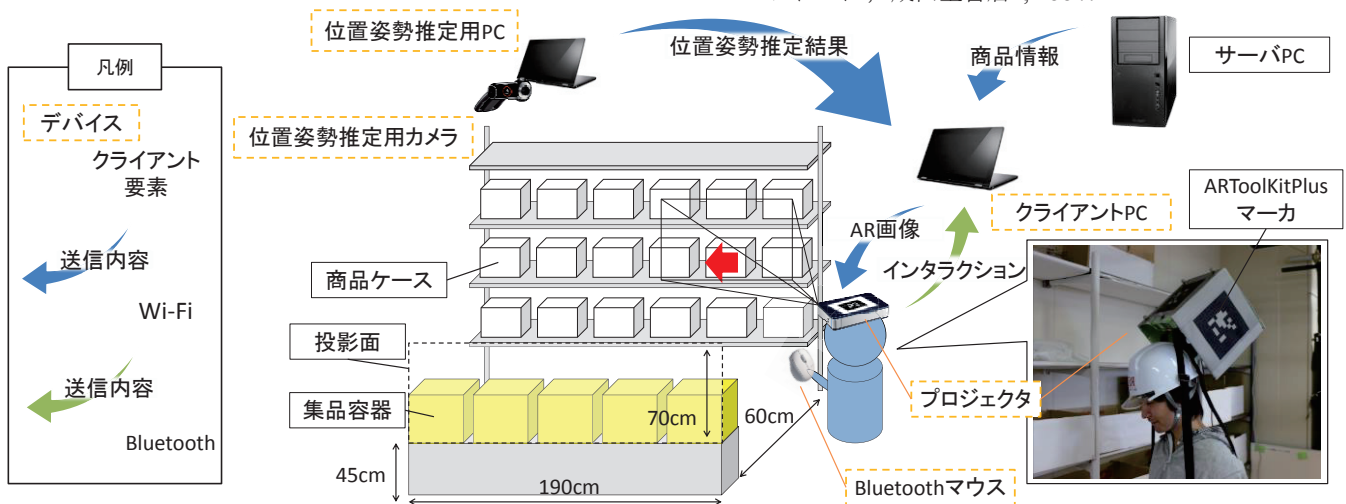


図5 機器構成

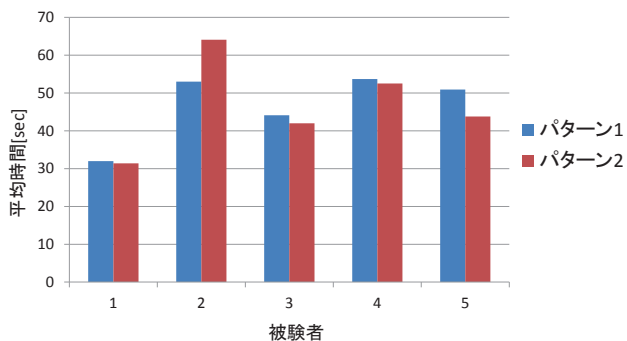


図6 平均時間

## 5. むすび

本稿では、仕分け作業支援システムに使用する情報提示デバイスをHMDからプロジェクタへと移行する可能性について検討した結果を述べた。まず据置型とウェアラブル型のプロジェクタについて利点と欠点を検討した。この検討結果からまずはウェアラブル型プロジェクタの可能性について追究することとし、試作システムを構築、動作確認を行った。

今後の展望としては、ウェアラブル型プロジェクタの設置方法の再検討や、据置型プロジェクタによる試作システムの開発を考えている。また、HMDによるMRピッキングシステムとの比較実験を行い、AR/MR技術による最適な仕分け作業支援システムの実現を目指す。

謝辞 本研究の一部は、オークラ輸送機株式会社からの受託研究による。

### 参考文献

- [1] H. Tamura, H. Yamamoto, and A. Katayama: Mixed reality: Future dreams seen at the border between real and virtual worlds, IEEE Computer Graphics & Applications, Vol. 21, No. 6, pp. 64 - 70, 2001.
- [2] W. Friedrich: ARVIKA - Augmented reality for development, production and service, Proc. 1st Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2002), pp. 3 - 4, 2002.
- [3] 山崎賢人, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行: 商品物流における仕分け作業支援への複合現実感技術の応用, 第18回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 13B-5, pp. 196 - 199, 2013.
- [4] 鈴木震: 配送センターシステム -オーダーピッキングのポイント-, 成山堂書店, 1997.

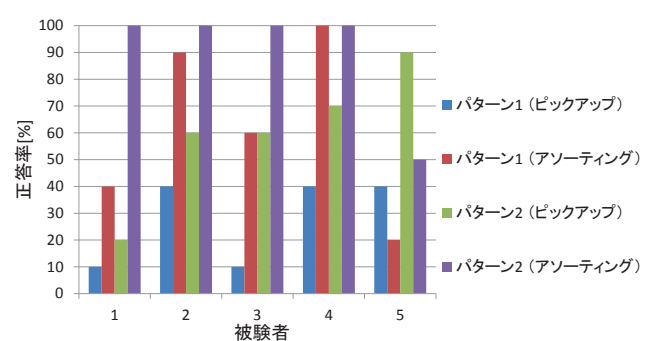


図7 平均時間