

拡張現実技術を用いた物流倉庫現場での作業ロス要因分析方式

松本紀子^{†1} 小坂忠義^{†1} 荒宏視^{†2} 末光一成^{†1} 堀田哲裕^{†2} 尾崎友哉^{†1}

概要: 物流市場では、荷主企業より物流業務を包括的に受託する事業形である 3PL(3rd Party Logistics)事業と呼ばれる物流事業が拡大してきている。3PLでは、コストの6割をピッキング作業が占めることもあり、作業員のピッキング作業効率の向上が課題となっている。作業効率向上の手法として、倉庫での作業員の作業時間や商品の在庫数などの様々な倉庫データを分析することにより、作業ロスの要因を特定し、改善する方法がある。しかし、特定すべき要因の中には、データの分析だけでは明らかとならず、分析結果と作業現場の状況を照らし合わせて確認しないと特定できないものがある。本稿では、拡張現実技術を用いて、分析結果を作業現場映像に重畳して表示し、現場の状況と照らし合わせて確認することで、直感的に分析結果を把握し、現場環境に起因した要因の特定を可能とするシステムを用いた分析方式を検証した。実際の物流倉庫での作業ロス要因の分析作業に適用し、その効果を検証したので検証結果を示す。

An Analysis Method of the Causes of Work Loss using AR in Logistics.

TOSHIKO MATSUMOTO^{†1} TADAYOSI KOSAKA^{†1} KOJI ARA^{†2}
ISSEI SUEMITSU^{†1} TETSUHIRO HORITA^{†2} TOMOCHIKA OZAKI^{†1}

Abstract: In logistics market, the 3PL(3rd Party Logistics) business which is business form that customer companies outsources distribution duties to a logistics company is expanding. In the 3PL, picking work may account for 60% of management cost, and improvement of the picking work is the issue. In generally we can identify factors of the work loss by analyzing various warehouse data such as working hours and the number of the stocks of the goods and improve warehouse situation. However, there are some factors that we cannot identify without confirming the real warehouse situation. We develop the system using augmented reality technology that displays the warehouse image and analyzed data and evaluate it. We apply it to the analysis work of the work loss factor in the real distribution warehouse and describe the effect.

1. はじめに

物流市場では、荷主企業より物流業務を包括的に受託する事業形である 3PL(3rd Party Logistics)事業と呼ばれる物流事業が拡大してきている[1]。荷主企業は、物流業務を委託することにより、物流管理の手間を省き、経営を本質の基盤事業へ注力させることができる。3PL 事業者は、自社で保有している資源を活用し、収益を得ることが出来る。

3PL 事業者は、物流システムの提案・設計や日々の物流倉庫の管理・運営などを提供する。物流倉庫で運営・管理する作業には、入荷作業、ピッキング作業、検品作業、梱包作業、出荷作業などがある。その中で、コストの6割をピッキング作業が占めることもあり[2]、ピッキング作業効率の向上が重要な課題になっている。

本研究では、ピッキング作業の効率の向上のため、作業ロスの要因を分析する手法を提案する。

2. 物流現場での作業効率化手法

2.1 従来手法

作業員のピッキング作業の作業効率を向上させる手法には、作業員への教育や訓練によるものや、業務のやり方を変更する業務改善を行う方法などがある。業務改善では、使用する機材をより速く作業が可能なものに変更したり[3][4]、よくピッキング対象となる商品を取りやすい位置に配置するなどの配置変更を行ったり[5]、作業の手順を見直したりするなどの改善方法がある。その際、効果的な改善を行うためには、時間を要しており作業ロスとなっている作業を分析し、要因を特定することが重要である。

作業ロスの分析方法には、作業員からセンシングした作業時間[2]や倉庫内の商品在庫の保管期間、商品の出荷頻度等の数値データを分析したり、作業員の作業手順を観察したり、作業員からのアンケート等によるものなどがある。

2.2 本研究での手法

作業効率を低下させる要因として、人、扱う商品、時間(帯)、場所、使用機材、指示・管理等に起因するものがある。このうち、人、時間、使用機材、指示・管理に起因するものは、従来手法で要因の特定が可能である。例えば、人毎の作業効率をデータ分析することで、作業効率の低い人を特定し、教育や訓練をすることで改善が出来る。しかし、場所や商品に起因するものは、データ分析等だけでは

^{†1}(株)日立製作所
Hitachi Ltd.

^{†2}(株)日立物流
Hitachi Transport System, Ltd.

要因が特定出来ず、実際に現場に行かなければ要因を特定することが出来ない。例えば、ある場所に置かれている商品に関する作業効率が低い際の要因が、該当場所の前に不要なダンボールが置かれていてとりづらいという場合は、現場の状況を実際に確認してみないと特定することが出来ない。また、ある商品に関する作業効率が低い際の要因が、商品の形状により持ちにくいという場合も、現場で商品を実際に確認してみないと特定することが出来ない。

このような要因に関しては、分析結果を用いて倉庫内での作業効率が低くなっている箇所を見つけ、その後、実際に倉庫現場に移動し、要因を特定するために問題箇所を容易に把握できるようにすることが重要である。

そこで、本研究では、全体地図の中から作業効率の低くなっている場所を見つけ、その後、実際に倉庫現場に移動し、拡張現実技術(AR)を使って、分析結果を現場映像に重畳し、現場と照らし合わせて確認することで、直感的に分析結果を把握し、現場環境に起因した要因の特定を可能とする倉庫内可視化ツールの開発を行った。

3. 倉庫内可視化ツールの設計

3.1 ピッキング作業

物流倉庫のイメージが図 1 である。物流倉庫には、商品の在庫を置いている大量の棚が配置されている。各棚は、ロケーションと呼ばれる商品の保管場所に区切られている。各ロケーションには、1 つ以上の商品が紐付けられ、各商品の在庫が保管されている。各ロケーションは、各ロケーションの住所に当たるロケーション番号が割り当てられ、管理される。また、作業者が棚から商品を出し入れする面を間口面と呼ぶ。



図 1 物流倉庫
Fig. 1 Warehouse

ピッキング作業は、オーダーに基づいた出荷のために、商品を各ロケーションから集めてくる作業である。この際、ピッキング作業者は、収集してくる商品のロケーション番号、商品名、商品個数などを指示され、倉庫内の該当ロケーションに移動し、収集する。

3.2 要件の検討

倉庫内で、現場環境に起因した作業ロスの要因を特定するための倉庫内可視化ツールの要件について、作業担当者や分析担当者へのヒアリングから、以下に決定した。

- (1) 作業現場で、分析作業に不慣れた現場担当者自身が問題箇所を容易に把握できるように分析結果を直感的に表示する。
- (2) 倉庫は広く保管商品も多いため、現場と照らし合わせた分析作業を行う前段階として、倉庫全体から作業効率の低くなっている箇所を抽出できる。
- (3) 様々な業務改善で使用できるように、着目する作業ロスに応じた複数の分析結果を表示できる。

3.3 直感的な表示

要件(1)のため、作業現場での直感的な表示について検討した。

現場作業者が直感的に確認できるように、普段ピッキング作業時に使っている各ロケーションの間口(商品の取り出し口)に AR で情報表示を行うこととした。

この際、各ロケーションの位置情報に対して、直感的に分析結果の数値情報を確認できるようにする必要がある。位置等の地理的情報にデータ特性を付加表示する方法の代表的なものに色やテクスチャによりデータの特性を記述するコロプレスマップがある[6]。これにより、地理的な情報と特性を一度に確認することが出来る。これを AR で実現し、実際の棚の映像に分析結果のデータを色情報で表示することとした(図 2)。

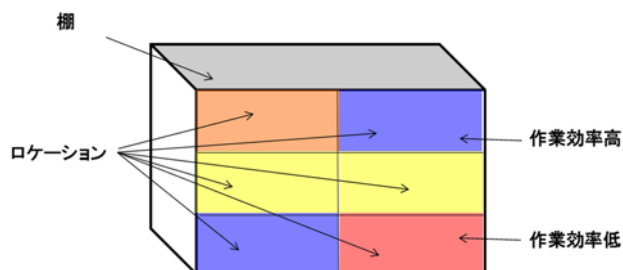


図 2 色情報(コロプレスマップ)の表示例
Fig. 2 Choropleth Map

例えば、ピッキング作業時間のかかっているロケーションには赤を表示し、かかっていないロケーションには青を表示し、赤色のロケーションを確認することで問題点を抽出できる。

なお、AR 表示の詳細については、4 章で説明する。

3.4 問題箇所の抽出

要件(2)のため、倉庫全体から作業効率の低くなっている箇所を絞り込めるよう、現場で使用する AR 画面の他に、2D マップ画面、3D マップ画面を用意した(図 3)。

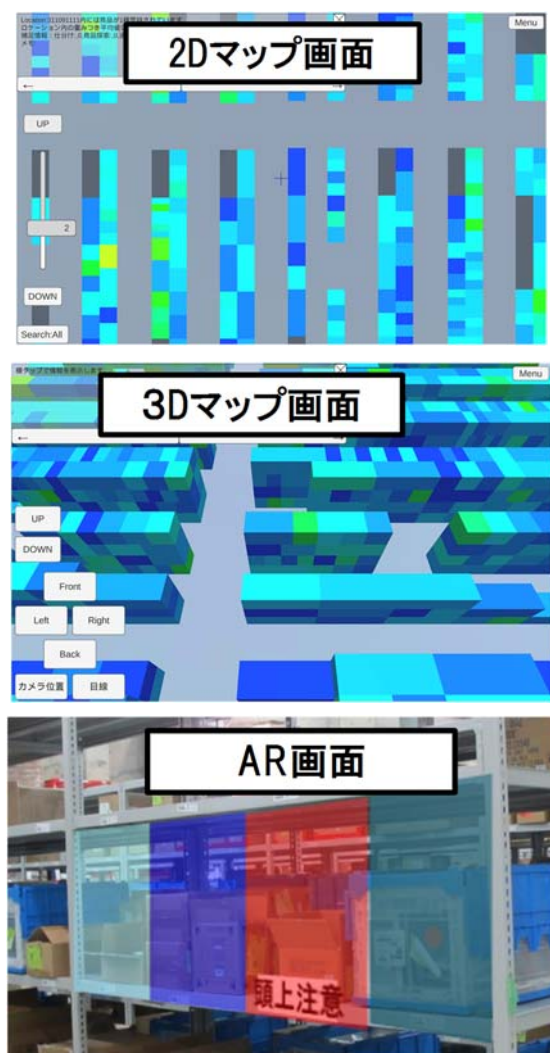


図 3 複数視点での表示

Fig. 3 Three Views of the Tool

(1) 2D マップ画面

2D マップ画面は、倉庫内を上から俯瞰的に表示する。倉庫内全体の傾向を把握し、詳細分析をしたい対象を検索するのに使用する。2D マップ画面では、棚の各段を確認でき、表示する段は、操作により切り替え可能とした。また、表示位置に関しても、操作により自由に変更可能とした。さらに、特定のロケーションや数値データを容易に確認できるよう検索機能を用意した。現場に移動する際に、2D マップ画面上で、容易に現在地が確認できるよう AR 画面での現在位置特定機能と連携させた。

(2) 3D マップ画面

3D マップ画面は、倉庫内の棚を 3D 空間に表示したものである。画面内を移動し、任意の箇所を確認可能である。2D マップ画面では、段毎に表示されるため、全ての段を同時に確認することが出来なかったが、3D マップ画面では、高さ方向を含めた部分的な傾向や状況を把握可能である。操作により自由に表示位置を変更可能とした。また、現場に移動する際に、3D マップ画面上で、容易に現在地が確認できるよう AR 画面の現在位置特定機能と

連携させた。

(3) AR 画面

AR 画面では、カメラを通して表示されるプレビュー映像の棚の間口面に対し、分析結果を配色した矩形を重畳させて表示する。

また、それぞれの画面では、分析に使用するデータを切り替える機能を用意した。これにより、分析者は様々なデータを使った分析が可能である。

想定するユースケースを説明する。

まず、分析者は、2D マップ画面を使って、分析結果の全体的な傾向を把握し、問題がありそうな箇所を推測する。例えば、棚の下から 3 段目は作業者の腰から肩の高さとなり、比較的商品を出し入れしやすい位置であり、全体的に作業時間はかからない傾向が把握できる。それにもかかわらず、作業時間がかかっているロケーションは、何か問題があると推測される。

次に、3D マップ画面を使用して、見たい箇所をピンポイントに確認するとともに、その周辺とあわせた傾向を把握する。例えば、2D マップ画面で抽出した作業時間のかかっているロケーションが周辺にはなく、特定のロケーションのみピンポイントに作業時間がかかっているのであれば、位置的な問題ではなく、他の問題があると考えられる。

そして、問題があると思われる現場に移動した後、AR 画面を使って、2D マップ画面と 3D マップ画面で抽出した作業時間のかかっているロケーションの実際の状況を把握し、課題を抽出する。例えば、現場で状況を確認すると、「頭上注意」などの標識によってロケーション番号が隠れており、ピッキング作業の際に指定されたロケーション番号の特定に時間がかかっていたのではないかと、などの要因が特定できる。

最後に、判明した問題点を改善する。例えば、ロケーション番号を隠していた標識を撤去するなどの改善が出来る。

3.5 様々な業務改善への対応

今回、現場で問題点を把握し、改善が必要となる業務改善の代表的な例として、以下を想定した。

(1) 最適な在庫配置の検討

倉庫では、ピッキング作業や出荷作業の効率を向上するため、保管されている商品在庫のロケーション配置を定期的に見直す。例えば、在庫保管期間が短く出荷サイクルの早い商品を出荷口の近くに配置したり、出荷頻度の高い商品を作業員のピッキングしやすい高さの棚に配置したりする改善により、作業効率の向上が可能である。このために、商品の在庫保管期間や出荷頻度などの情報を用いて、とりやすい位置に配置されるべき出荷頻度の高い商品の配置を検討し、最適なロケーション変更を行い、作業効率を向上させる。

(2) ピッキング作業の作業ロスの分析

作業員のピッキング作業時の作業時間の実績情報を用いて、作業時間のかかっている箇所を抽出し、現場の状況と照らし合わせながら作業遅延の原因となっている要因を特定し改善を行う。

このような様々な分析情報データに対応できるように、共通フォーマットを定義し、切り替え可能とした。また、その際の表示色や色と数値の対応などは、自由に設定可能とした。

4. 倉庫における AR 表示方式

4.1 AR 表示方式の検討

AR 表示では、現実世界の撮影画像の特定の位置に表示物を重畳する必要があるため、カメラにより撮影した画像内の位置を特定する技術が必要となる。一般的な AR のための位置特定技術は、(1)GPS を用いたロケーション型、(2)特定のパターンを持った図形をマーカー(目印)として配置し、マーカーを認識し、その位置を特定するマーカー型、(3)一般的な画像や物体そのものを認識し、その位置を特定するマーカーレス型に分類される。本研究では、比較的技術として安定しつつあり、ピンポイントな位置の特定が可能であることから、マーカー型の認識技術を用いることとした。具体的には、認識エンジンを含む AR プラットフォームである Vuforia(PTC)[7]を用いた。

また、2D マップ画面や 3D マップ画面などの開発を容易に行うため、開発環境には、画像認識や新デバイス分野での開発では標準となってきた Unity を使用した。

4.2 マーカーの形状と配置の検討

今回使用した認識エンジン Vuforia のマーカー撮影範囲外への追従精度を評価した所、マーカー撮影後、3m ほど移動すると追従できなくなり、表示がずれてしまう事が分かった。そこで、倉庫内には 3m 間隔でマーカーを設置し、追従の精度が落ちた場合に、近くのマーカーを撮影しなおして表示させることとした。倉庫内は広大であるため、3m 間隔でマーカーを設置する場合、1 倉庫で約 1 万個のマーカーが必要となる事が分かった。Vuforia では、撮影範囲外への追従をサポートするマーカーとして、写真などの画像マーカーを使用する。Vuforia の画像マーカー認識では、似通った画像や図形では誤認識が多くなる。特に、大量の画像マーカーを用意する場合、似通った画像が入りやすく、誤認識も高くなる。

そこで、棚の特定用のマーカーは、Vuforia で用意されているフレームマーカーを利用した。フレームマーカーは、Vuforia オリジナルの規定マーカーで、512 パターン用意されている。図形の枠線で構成されており、内部に自由な画像を配置することが可能で、バーコード等よりは自然な使い方が期待され、認識精度も良い。ただし、マーカーが撮

影範囲外に外れた場合のカメラ位置の追従機能が使用できない。これを利用し、棚の特定には誤認識のないフレームマーカーを使用し、カメラ位置の特定には画像マーカーを使用した。必要となる 1 万個のマーカー数を網羅するため、512 パターンのフレームマーカーは 2 つ組み合わせて使用することとした。

図 4 が使用したマーカーの例である。左側に画像マーカーを配置し、右側に 2 つのフレームマーカーを配置した。

このマーカーを、撮影しやすいよう倉庫内の各棚の柱の床から 125 センチの位置に設置した(図 5)。

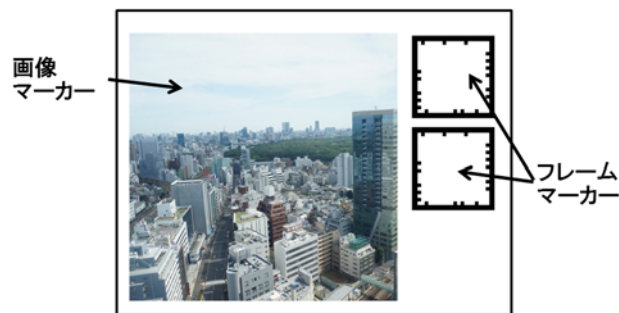


図 4 マーカー

Fig. 4 Marker



図 5 マーカーの設置

Fig. 5 Marker Setting

4.3 AR 表示の処理の流れ

AR 画面の実現方法について説明する。AR を表示するための処理手順が図 6 である。

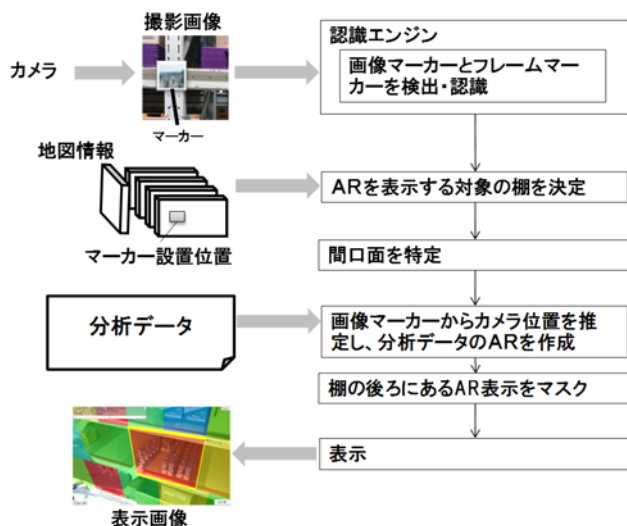


図 6 AR 表示のための処理フロー

Fig. 6 Process of AR

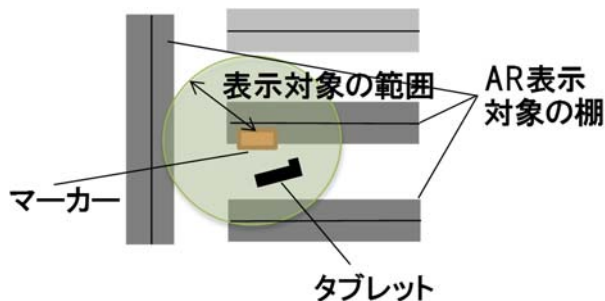


図 7 AR 表示する対象棚の決定

Fig. 7 Shelves Target

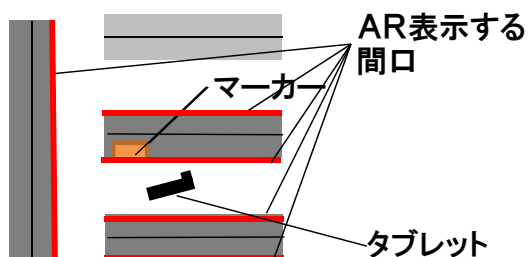


図 8 AR 表示する対象間口の決定

Fig. 8 Frontage Target

まず、カメラにより取得した撮影画像を認識エンジンに入力し、認識エンジンが、撮影画像内の画像マーカ-とフレームマーカ-を検出、認識する。次に、図 7 に示すように、倉庫内の棚の地図情報とマーカ-取り付け位置の情報と認識した画像マーカ-とフレームマーカ-の組み合わせを照らしあわせ、表示対象となる棚を特定する。倉庫内は広く、全ての棚に対して、AR 表示を行うと、処理性能に負荷がかかり描画速度に影響があるため、特定の範囲（今回は 15m）に含まれている棚を検出し、該当棚にのみ表示を行うこととした。そして、図 8 に示すように、棚の間口面に対して、配色した矩形を表示するため、倉庫の地図情報を用いて、表示対象とした棚の間口面を検出する。そし

て、各間口面に対して、該当する分析データの数値を、画像マーカ-を認識し推定したカメラ位置に合わせて、設定された色配分に応じて配色した半透過の矩形を作成する。AR 表示が不自然にならないようオクルージョン処理をし、表示した。

4.4 オクルージョン処理

AR 表示する際、本来は棚などの実物体の後ろにあるべき表示が、実物体の手前に表示されてしまうと不自然になる。そのため、実物体の背後にある AR 表示を隠すオクルージョン処理が必要となる。今回、オクルージョン処理のため、実物体の棚にあわせて透明のオブジェクトを配置する。透明オブジェクトは透けて表示されないが、Unity のマスク機能を利用すると、透明オブジェクトの背後の AR 表示をマスクすることができる。これによって、背後の AR 表示に対しては、あたかも棚があるかのように表示が隠される (図 9)。

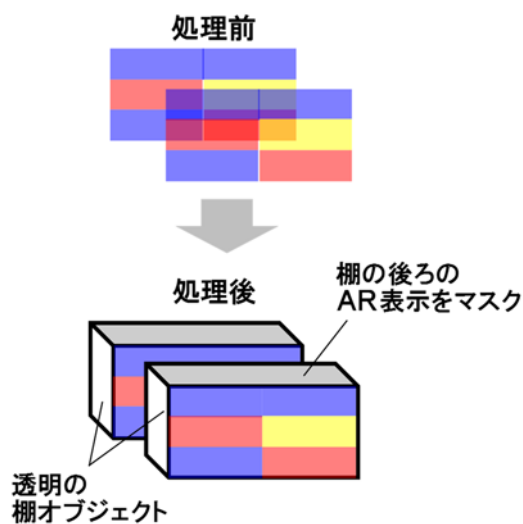


図 9 オクルージョン

Fig. 9 Occlusion

4.5 描画速度の向上

実際の倉庫のデータを用い、試作システムで AR 表示の実験を行ったところ、表示時のフレームレートが 7fps となり、若干表示にもたつきが感じられてしまった。原因を調査した所、描画エンジンの描画の色数がデフォルトでは数千色とかなり多く定義していたためであることが判った。Unity では描画色を用意する毎にオブジェクトが増えるため、描画色が多いと、描画処理に負荷がかかる。そこで、人の目ではそれほど細かい色の違いが分からないこと、また、分析等に使用する際にも現状では 3、4 色程度しか活用されていないことから、配色の段階を最大でも 25 色に抑ええることとした。その結果、画面内に含まれるオブジェクト数に依存はするが、13~20fps に向上し、携帯電話向け地上デジタル放送の 15fps と同等の実用上問題のない表示を実現した。

5. 実証実験と考察

5.1 システム構成



図 10 システム構成

Fig. 10 System Configuration

4 章までの検討結果に従って、倉庫内可視化ツールのシステムを構築し、評価した。システム構成は図 10 である。

データ取得機能では、分析結果のデータを取り込む。分析結果のデータは、倉庫の情報管理システム等から取得し保存するべきであるが、今回は予めタブレット内部に入れておいた。表示機能では、2D/3D/AR 画面の表示を行う。その際、3次元描画等のために Unity を使用した。また、マーカー認識エンジンとしては、Vuforia を使用した。

表示端末のハードウェアには、HMD やタブレットが考えられるが、処理速度の観点からカメラ付のタブレットを用いることとした。OS はタブレットで主流である Android とし、Xperia Z2 Tablet(sony 製)を用いた。

5.2 評価実験計画

開発した倉庫内可視化ツールの評価実験を計画した。従来、業務改善のための分析は、データ分析知識が必要となるため、分析専門者が行うことが多かった。しかし、現場作業者自身が行えるようになることで、現場の改善指示に直結し、より円滑な業務改善が期待されている。そこで、ピッキング経験はないが分析ができるユーザ、ピッキングの経験は豊富だがデータの分析になれていないユーザの双方で、ツールの有効性を確認することとした。

検証実験(1)は、物流倉庫 A で、ピッキング経験のないツール開発者 1 名が分析作業を行い、業務改善への実用性を検証した。

検証実験(2)では、物流倉庫 A で、ピッキング経験の豊富な現場担当者 2 名が分析作業を行いながら、ヒアリングを実施し、業務改善への実用性を検証した。

5.3 検証実験(1)

1 箇所の物流倉庫で、ピッキング経験のないツール開発者 1 名が分析作業を行い、業務改善への実用性を検証した。

分析データとして、各保管商品のピッキング作業の作業時間(間口の前に立ってから商品を取り出すまでの時間)を使用した。

分析者は、2D マップ画面と 3D マップ画面を使って、作業時間のかかっている検証箇所を抽出し、その後、AR

画面を用いて、現場の状況と照らし合わせて分析を行う分析作業を 17 箇所に対して行った。全ての所要時間は約 1 時間であった。その結果、現場に起因する要因が 7 箇所特定できた(表 1)。

表 1 検証実験(1)で特定した要因

Table 1 Identified Causes by Evaluation Experiment(1).

特定した要因	件数
商品のとりにくさ	5
指示のわかりにくさ	1
開梱に時間がかかる	1

例えば、特定した要因「指示の分かりにくさ」では、ピッキングするロケーションに、該当商品と関係のない注意事項が表示されているものであった(図 11)。これについては、不要な表示を除去するだけで業務改善が可能である。



図 11 特定した要因例

Fig. 11 The Example of Cause

5.4 検証実験(2)

1 箇所の物流倉庫で、ピッキング経験の豊富な現場担当者 2 名が分析作業を行い、業務改善への実用性を検証した。

分析データとして、各保管商品のピッキング作業の作業時間(間口の前に立ってから商品を取り出すまでの時間)を使用した。

分析者は、2D マップ画面と 3D マップ画面を使って、作業時間のかかっている検証箇所を抽出し、その後、AR 画面を用いて、現場の状況と照らし合わせて分析を行う分析作業を、9 箇所に対して行った。全ての所要時間は約 1 時間であった。その結果、現場に起因する要因が 7 箇所特定することができた(表 2)。

例えば、特定した要因「商品を見つけにくい」では、同種の商品が隣同士に並んでいるために、ピッキングの際に注意が必要であり時間がかかっていることが分かった。これは、商品の配置を変更することで改善が可能である。

また、「ピッキング終了確認に時間がかかる」では、箱単位でピッキングする商品に対して、ピッキング終了時に行うバーコード読み取りのためのバーコードが箱の外装にはついていないため、毎回、箱を開けて、商品についてい

るバーコードを読み取る必要があることが分かった。これは、読み取り用のバーコードを、箱の外に配置しておくことで改善が可能である。

表 2 評価実験(2)で特定した要因

Table 2 Identified Causes by Evaluation Experiment(2).

特定した要因	件数
商品のとりにくさ	1
指示のわかりにくさ	-
開梱に時間がかかる	1
商品を見つけにくい	2
発注単位への加工が必要	2
ピッキング終了確認に時間がかかる	1

5.5 その他の意見

検証実験(2)を通してヒアリングを実施するとともに、物流倉庫 A に加え、物流倉庫 B の 2 箇所の物流倉庫で、倉庫所長 2 名、倉庫管理者 5 名、倉庫作業員 1 名にツールのデモを行い、実用性についてのヒアリングを行った。

デモでは、最適な在庫配置の分析のための保管商品の保管期間、出荷頻度や、ピッキング作業の作業ロスの分析のためのピッキングの作業時間等の複数の分析データを表示した。

その結果、以下のような意見があり、有効性が確認できた。

- 検証実験では、分析結果により実際に要因が出来、有効性が確認できた。
- 一目で複数間口に関する情報が分かりやすく確認できるので、可視化としては、非常に有効である。
- 商品を出荷量によりランク分け行う ABC 分析や、商品サイズ等も見ながら商品配置を検討しているため、様々なデータに切り替えて、確認できるのは良い。
- 分析結果の確認や検討に使用し、作業員への改善指示を出すという使い方では有効である。
- 業務改善の分析を定期的に行っている。本ツールを活用すれば、効果的な業務改善が期待できる。

一方で、さらに期待されていることには以下があった。

- 情報が表示されるだけでなく、指示やアクションと紐づく仕組みがあれば、分析を越えた作業員への指示ができるとうい。

分析支援としては有効と分かった一方で、作業員レベルで活用するには、情報可視化だけではなく、指示やアクションがすぐに実行できる必要があることが分かった。将来的には、分析結果の表示だけでなく、結果に対する作業員への指示まで支援を広げていくと更に活用が期待できる。

5.6 評価と考察

ヒアリングの結果、様々なデータや分析手法に対応していることで、複数の分析作業に使用可能であることが分かった。これによって、様々な業務改善への対応が可能である。また、AR を使って、分析結果を現場映像に重畳することで、直感的に分析結果を確認可能であることが分かった。

また、2D マップ画面と 3D マップ画面を使って、作業効率の低くなっている場所を抽出することで、検証実験(1)(2)では確認範囲を絞って 1 時間で 9~17 件の分析が可能であった。

実用性としては、ピッキング作業の経験のない分析者であっても、確認箇所 17 箇所のうちの 7 箇所である約 41% で要因を特定し、ピッキング作業の経験の豊富な作業員にいたっては、確認箇所 9 箇所のうちの 7 箇所である約 78% で特定することが出来た。

また、今回は分析作業に AR を活用したが、今後は、分析結果から作業指示を支援できる仕組みを検討する。

6. まとめ

物流分野におけるピッキング作業の作業効率向上のため、現場環境に起因した要因の特定を可能とする倉庫内可視化ツールを開発し、実際の倉庫で検証した。拡張現実技術を用いて、分析結果を作業現場映像に重畳して表示し、現場の状況と照らし合わせて表示を行った。

実際の物流倉庫での作業ロス要因の分析作業に適用し、分析結果の約 78% で現場環境に起因した要因が特定することが出来た。

今後は分析作業後の作業指示支援を検討する。

謝辞 本研究にご支援、ご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- [1] (株)ライノス・パブリケーションズ：月刊ロジスティクス・ビジネス 2015 年 8 月号, pp.18(2015)
- [2] 麻生敏正, 黒川久幸, 上村聖：スマートフォンを用いた倉庫内作業プローブシステムにおける要素作業推定, 情報処理学会研究報告 (DC), Vol.2016-DC-102 No.2, pp.1-6 (2016)
- [3] 藤原貴之, 小坂忠義, 松田孝弘ほか：物流倉庫での仕分け作業におけるウェアラブルデバイス適用方式, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム (CDS), Vol.2015-CDS-14, No. 1, pp.1-8 (2015)
- [4] Reif, R. and Günthner, W. : Pick-by-vision: augmented reality supported order picking, The Visual Computer, Vol.25, pp.461-467, Springer (2009)
- [5] Kutzelnigg, R. : Optimal allocation of goods in a warehouse: Minimizing the order picking costs under real-life constraints, 3rd IEEE International Symposium on Logistics and Industrial Informatics, pp.65-70, IEEE Conference Publications(2011)
- [6] 原正一郎：時空間情報処理ツールの研究・開発, 情報処理学

会研究報告人文科学とコンピュータ (CH), Vol.2009-CH-83,
No.7, pp.1-8(2009)

- [7] PTC Inc.:Vuforia, PTC Inc(オンライン), (<https://vuforia.com/>)
(参照 2017-07-19)