

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

藤原貴之^{†1} 小坂忠義^{†1} 松田孝弘^{†1}
中島洋平^{†1} 櫻田崇治^{†2} 尾崎友哉^{†1}

物流事業では、他社の物流管理業務を請け負う Third Party Logistics(3PL)の競争が激化しており、より多くの会社から長く受注を得るためにコスト削減が強く求められている。コスト削減、すなわち作業者の作業効率を向上させる手段として、身に着けるコンピュータデバイスの総称であるウェアラブルデバイス(WD)が近年注目を集めている。従来、作業者はハンディターミナル(HT)と呼ばれる端末を片手に持ちながら作業することが多いが、WDを使うことで、両手を空けたまま作業が可能になるため、作業速度の向上が期待できる。しかし、WDはメガネ型、腕時計型など多様な形態を持ち、それぞれPCやスマートデバイスと入力方式や表示方式が大きく異なることが課題である。

本稿では、前述の課題を解決し物流作業にてWDを適用すべく、物流作業向けWD適用方式を提案する。本方式を用いて実際の倉庫での仕分け作業に適用し、従来作業との速度比較を行った。この結果、被験者全体の加重平均により従来作業比15%の工数削減が示され、本方式の有効性を検証できた。

An Applied Method for Wearable Device with Distribution Work in Logistics

TAKAYUKI FUJIWARA^{†1} TADAYOSHI KOSAKA^{†1}
TAKAHIRO MATSUDA^{†1} YOHEI NAKAJIMA^{†1}
TAKAHARU SAKURADA^{†2} TOMOCHIKA OZAKI^{†1}

In logistics department, a lot of companies compete with others in “Third Party Logistics” (3PL), which is a firm that a client company outsources logistics service to a logistics company. Logistics companies have to reduce management cost to get order by client company in long terms. Recently, wearable devices, which means body-borne computer, attract many companies. Traditionally, warehouse workers works with “Handy Terminal (HT)”, which is a device for warehouse work. If they work with WD, they can work faster with hands-free operation. But there are two problems. One is various WD such as glass type and watch type and so on. The other is various input method and display size.

In this paper, we propose an applied method for wearable device to adapt WD for distribution work in logistics. We applied the method to distribution work in a warehouse and made evaluation of the method. The result of experience shown that the proposed method can effectively reduce working cost 15% compared to previous working method.

1. はじめに

物流の分野では、国内総貨物輸送量が1995年度にピークを迎えた後、景気動向による多少の増減はあるが、減少傾向にある[1]。一方、貨物自動車を扱う運送業者は、1980年頃から過去30年間上昇傾向であり、例えば1976年には事業者数が31,985であったが、2013年には62,905に増加している[2]。そのため、国内では物流業務に関する競争が激化している。

国内の物流業務の一つに3PL(Third Party Logistics)がある。3PLとは他社の物流に関する業務を受託する業務であり、調達、在庫管理、輸送など様々な業務を含んでいる。より多くの受注を長く受けることで安定した収益を得ることができる。しかし、近年は3PL事業の受注に関しても他社との競争が激化しており、受注を得るためにはコスト削減だ

けでなく新技術や手法の採用により、顧客に他社との違いを示すことが求められている。

一方、世の中の動向として、ウェアラブルデバイスが注目されている。ウェアラブルデバイスとは身に着けて扱うコンピュータ機器の総称である。作業中に手元を空けられるという利点があり、物流の分野でもピッキング作業向けの検討が進んでいる[3]。

本研究では、ウェアラブルデバイスを物流作業に適用したときの作業効率向上効果の検証を目的とする。本論文では、物流の作業の一例である種まき仕分け作業の工数削減に注目し、種まき仕分け作業に適したデバイス、入力手段の選定、および作業指示方法を含む、作業支援システムの構築を提案する。提案したデバイスの利用形態とシステムを用いて、種まき仕分け作業の倉庫に適用し、従来の作業方法とウェアラブルデバイスを使った作業方法を比較して作業工数削減効果を評価し、有効性を確認した。

†1 (株)日立製作所
Hitachi Ltd.

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

a) 本稿で述べられたシステムおよび製品名は、一般に各社の商標または登録商標である。

2. 先行研究

ウェアラブルデバイスを使った研究は古くからあり、身に着けられるコンピュータ機器、メガネ型ウェアラブルデバイスへの情報表示方法、入力手段、などが検討されてきた[4]。物流関係の研究事例を挙げると、RFIDの読み取りが可能な腕装着型リーダの検討[5]、メガネ型ウェアラブルデバイスで棚卸し対象を読み取り、棚卸しに必要な情報をメガネに表示させ、棚卸業務を効率化させる仕組みの検討[6]、仕分け作業支援に複合現実感技術を組み合わせた仕組みの検討[7]などがある。また、その他の分野では、作業倉庫全体に測定装置を備え、被験者がカードホルダ型のウェアラブルデバイスを身に着けて行動することで、被験者全体の行動パターンなどを把握する試み[8]や、工場の製品組み立て作業員がウェアラブルデバイスを装着し、ウェアラブルデバイスに取り付けられたカメラ映像を別拠点の熟練者に転送し、作業支援を受ける仕組みの事例がある[9]。

また、事業への適用については、物流関係のピッキング作業へ適用に向けた実証実験[10][11]、適用検証サービス[12]やソリューションの提供[13]が関係各社より発表されている。しかし、本研究で対象とした種蒔き仕分けへのウェアラブルデバイス適用に関する検討はまだない。

3. 従来の作業工程とウェアラブルデバイスの概要

3.1 適用対象候補とした作業工程

3PL 事業を行う倉庫にて実施される代表的な作業工程を示す。いずれの作業においても、作業者はハンディターミナルを用いて、作業対象の商品または配送用カートに貼り付けられたバーコードを読み取ることで作業指示を得る、または、作業の結果をサーバに記録する。

(1) 入荷検品

他の倉庫あるいは製造元から配送された商品が入荷内容と一致しているかを照合する作業である。

(2) 種蒔き仕分け

配送先別に商品を分配する作業である。作業者は配送用カートが並べられたエリアにおいて、商品をカートに配置していく。

(3) 摘み取り仕分け

品種別の棚から配送先別に商品を集める作業である。ピッキング作業とも呼ばれ、作業者は指定された棚から指定個数の商品を配送用カートに集めていく。

(4) 積み込み

配送先へ仕分けたカートを配送用トラックに積み込む作業である。

(5) 棚卸

倉庫に保管されている商品の個数と入荷実績の個数を確認する作業である。

(6) 補充

仕分け作業用の商品を、倉庫の指定された棚に格納する作業である。個数が多く重量もあるため、フォークリフトを使って運搬、補充が行われることが多い。

本研究では、倉庫の運用事情、および作業項目が多いことから他工程への応用が効きやすいという2点を考慮し、種蒔き仕分けを検討対象とした。種蒔き仕分け作業の手順を図1に示す。

- 1) 作業指示バーコードを読み取り
- 2) 仕分け個数、仕分け先の表示を確認
- 3) 移動
- 4) 仕分け先にて表示個数を確認
- 5) 表示分を仕分け
- 6) 仕分け先カートのバーコードを読み取り

図1 種蒔き仕分け作業の手順

Fig 1 Operation of distribution work

図1において、1) 作業指示バーコードを読み取り、では、作業者は仕分け対象の商品を準備し、バーコードを読み取る。2) 仕分け個数、仕分け先の表示を確認、では、作業者は準備した商品を、いくつの商品をどこに仕分けるのかを確認する。3) 移動、にて仕分け先まで移動し、4) 仕分け先にて表示個数を確認、では、作業ミスがないように確認し、5) 表示分を仕分け、にて商品を仕分ける。ここで、仕分ける商品は個別またはケース単位で仕分ける場合がある。個別単位とは商品一つのことを指し、ケース単位とは、同一商品が複数格納された状態を指す。6) 仕分け先カートのバーコードを読み取り、にて、バーコードを読み取ると、作業状態を倉庫内のシステムに記録する。

種蒔き仕分けには複数の作業形態がある。例えば台車付きのカートを倉庫のあるエリアに並べ、カートに対して積み込む場合や、カートではなく箱を棚へ配置し、箱に対して仕分ける場合がある。本研究で対象とした倉庫での種蒔き仕分けの作業形態を図2に示す。

図2の通り、本研究で対象とした倉庫では、配送用カートが次元方向に並んでおり、仕分け先の住所を意味する番号が左右に1から40まで割り付けられる。仕分け先にはそれぞれカートが置かれており、作業者は仕分け先のカー

トに指示された商品を積載する。商品を積載したカートはその後トラックに積み込まれ、次の配送先へと配送される。

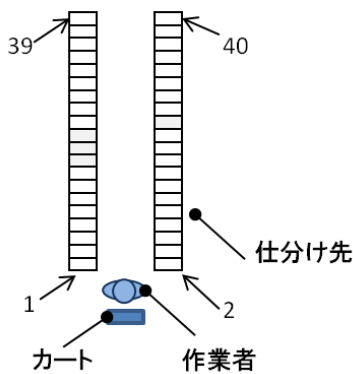


図 2 種蒔き作業の作業場所
 Fig 2 Workplace of distribution

3.2 ウェアラブルデバイスの概要

ウェアラブルデバイスにはメガネのように装着するメガネ型、腕時計のように装着する腕時計型など複数の形態がある。

(1)メガネ型

メガネのように装着し、目の前に情報を表示させるタイプ、情報は表示しないが視線方向を撮像可能なカメラが取り付けられているタイプ、両方を備えたタイプ、と3通りが存在する。スマートグラスと呼ばれることが多いことから、本論文では以後、メガネ型ウェアラブルデバイスをスマートグラスと表記する。

(2)腕時計型

腕時計のように装着し、従来の時計文字盤相当がディスプレイになっており、情報を表示できる。スマートフォンのような別端末と連携して情報を表示させるタイプ、情報表示に加えて装着者の移動距離、運動量の度合い、睡眠時間などが計測可能なタイプがある。スマートウォッチと呼ばれることもある。

(3)リストバンド型

腕に巻きつけて使用し、装着者の移動距離、運動量の度合い、睡眠時間などが計測可能なタイプ、計測機能に加えてスマートフォンのような別端末と連携して情報を表示させるタイプがある。アクティビティトラッカーと呼ばれることもある。

(4)指輪型

指輪のように指に装着し、装着者の指の動きを測定して連携した別端末の操作に使用するタイプ、操作機能に加えてスマートフォンのような別端末と連携して情報を表示させるタイプがある。スマートリングと呼ばれることもある。

(5)その他

衣服のように着ることで装着者の心拍を取るものなどが発表されているが、本研究で対象とした種蒔き仕分けには適用しづらいため対象外とした。

本研究では、作業情報が確認できる程度の情報表示を備えていること、および作業時の視線移動範囲が小さいことから(1)メガネ型を選択した。

4. 本研究における課題と目標

種蒔き仕分けにウェアラブルデバイスを適用するためには以下の課題がある。

(1) 入力手段の選定

入力手段には、音声認識、ボタン操作、ジェスチャ認識など多数存在する。作業形態に適した入力手段の選定が必要となる。

(2) ウェアラブルデバイスを用いた作業指示の実現方法

従来の作業方式であるハンディターミナルよりもウェアラブルデバイスの画面サイズは小さい。そのため、表示する情報量の選定が必要となる。また、身に着けて作業を行うことでの作業効率向上についても検討が必要となる。

本論文では、上記の課題を解決することを目標とする。

5. 種蒔き仕分け作業向けウェアラブルデバイス利用形態の設計

5.1 入力手段の選定

入力手段としては、バーコードリーダ、タッチパッド、ボタン、音声認識、ジェスチャ認識などの複数の操作方法があった。選定においては以下2点を要件に定めた。

(1) ハンズフリーであること

本研究は作業効率向上を目的とするため、作業中にハンズフリーであることが必須となる。操作を行うために何かの端末に触れたりすると、その時点でハンズフリーではないため、ハンズフリーで操作が完結することが要件となる。

(2) バーコードを読み取り可能であること

物流の倉庫では多数のバーコードラベルを使用する機会が多く、適用検討を行った倉庫ではバーコードを読み取ることで作業指示の取得や作業状況報告のトリガに使用する。検討結果を表1に示す。

表 1 入力手段の選定結果

Table 1 Result of input method selection

入力手段	要件(1)	要件(2)
バーコードリーダ	○：手袋型のリーダ使用が条件	○
画像認識	○	△
タッチパッド	×	×
ボタン	×	×
音声認識	○	×
ジェスチャ認識	△：要件は満たすが、デバイスの性能不足により実現困難	×

表 1 の検討結果より、手袋型のバーコードリーダーを採用した。図 3 は装着形態の例であり、右手親指で人差し指付近のボタンを押すことでレーザーを射出し、ハンズフリーを保ったままバーコードの読み取りが可能となる。



図 3 グローブ型スキャナの装着例
Fig 3 Example of glove type barcode reader

5.2 スマートグラス向け作業指示

スマートグラスは情報の表示領域が限られており、近年のスマートフォンと比較して解像度が低い。そのため多数の情報を表示させると作業者が見づらくなる。3.1 節で述べた作業を分析したところ、種蒔き仕分けに必要な情報は、仕分け先、仕分け個数であることがわかった。そこで、仕分け先と仕分け個数に限定し、かつ視線位置に情報が表示されていることを活かした方式を検討した。

5.2.1 ゾーン表示方式

ゾーン表示方式による画面例を図 4 に示す。



図 4 ゾーン表示方式による画面例
Fig 4 Example image of zone method

図 4 において、[17],[21],[24]は仕分け場所の番号を示しており、CS,PS とは 3.1 節で述べたように、それぞれケース単位、個別単位の仕分け個数を示している。C とは、作業場所をエリアで区切ったときの識別子である。この表示例では、C ゾーンにて 21 番の仕分け先に 11 ケースと 13 個の商品を仕分けよ、という作業指示である。17 番の白丸は前回の仕分け場所、塗りつぶされた丸および、丸の右側に三角形が付与されている 21 番は次の仕分け場所、塗りつぶされた丸のみの 24 番はさらに次の仕分け場所を示している。それ以外の薄く塗りつぶされた丸は、作業場所と無関係であることを示している。

図 2 で示した作業エリアでは、配送先カートが 40 個並

んでおり、左が奇数、右が偶数番号で 1 から 40 までの番号が振られている。図 4 の画面デザイン検討時は、作業エリアを 5 つのゾーンに分割し、ゾーンの範囲内で仕分け場所を表示させる方式を考案した。図 5 に 5 つのゾーンで分割した作業場所を示す。

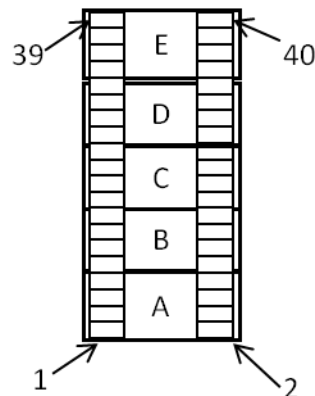


図 5 ゾーン分割した作業場所の例
Fig 5 Example of work place for zone method

図 5 において、1,2,39,40 はそれぞれ仕分け場所を示す番号である。A ゾーンの場合、1 から 8 が、B ゾーンの場合 9 から 16 が割り振られ、C,D,E についても同様である。

この方式を試作し、倉庫にて種蒔き仕分け作業を実施したが、被験者によると下記の問題点があることがわかった。

- (1)情報量が多く見づらいと感じた
- (2)オレンジ色の配色は作業場所の風景に同化し見づらいつことがある

情報量が多くて見づらいと作業効率に影響が出る。種蒔き仕分けでは作業効率の向上が求められているため、上記指摘事項を反映し、第二の方式を検討した。

5.2.2 作業方向表示方式

作業方向表示方式の画面例を図 6 に示す。



図 6 作業方向表示方式による画面例
Fig 6 Example image of work direction method

本方式では図 4 のゾーン表示方式よりも情報量を削減した。また、CS,PS 周りの環境に溶け込まない配色としてシアン系の色を選択した。

図 6 において、13 は次の仕分け先の番号を示している。

この表示では、13番の仕分け先に1ケースと1個の商品を仕分けよ、という作業指示である。また、三角形の図形は次の仕分け先の方角を示している。ここで、図1(6)において、バーコード読み取り時の作業者の視線方向と進行方向の関係を図7に示す。

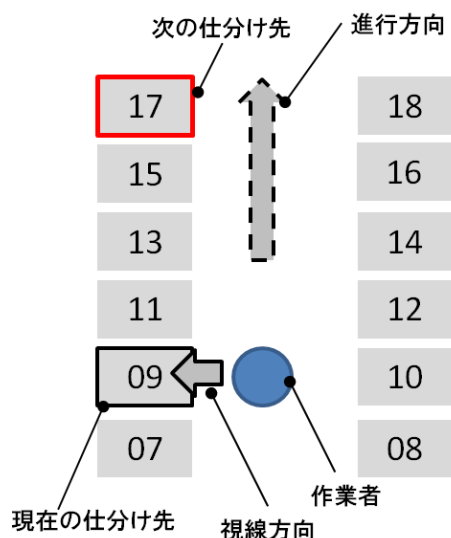


図7 仕分け時の作業者の進行方向と視線方向
Fig 7 Worker's forward direction and eye direction

図7のように、バーコード読み取り時は、バーコードの貼り付け位置の関係で、作業者の視線方向が進行方向とほぼ垂直になるという特徴がある。この特徴に注目し、仕分け先でバーコードスキャン時にその時点の視線方向から見て次の仕分け先の方角を表示させる方式を考案した。たとえば図6では現在9番の仕分け場所で作業が完了しており、次の作業場所が13番であることを示している。

ここで、種蒔き仕分け作業にて商品が多数詰まれた仕分け用のカートは重量がある。次の仕分け場所が近い場合は、カートを移動させるよりも、作業者がカートから必要個数の商品を取り出して直接仕分け先に向かう方が、作業効率が高いことがある。そこで、次の仕分け場所が、カートを置いたままで仕分け作業ができる範囲か、カートを移動させるべき範囲かを判定し、後者の場合は矢印の表示形態を変化させることで、作業者に移動を促し、カート移動有無の判断時間を削減する方式を追加した。矢印の形態が変化する例を図8に示す。

図8では現在の作業者の位置が9番で、次の仕分け場所が17番である場合の指示画面の一例である。このように次の作業場所が遠いときは矢印を重ねることで、作業者にカートの移動を促すことができる。



図8 作業方向表示方式の画面例
Fig 8 Example image of work direction method

この方式を試作し、倉庫にて種蒔き仕分け作業を実施したが、被験者によると下記の問題点があることがわかった。

- (1) シアン系の色が現場では見づらい
- (2) 仕分け場所を示す四角形と、仕分け先方向を示す三角形の区別が付きづらい

画面が見づらいと確認に時間がかかる。種蒔き仕分けでは作業効率の向上が求められているため、上記指摘事項を反映し、第三の方式を検討した。

5.2.3 改訂型の作業方向表示方式

画面例を図9に示す。

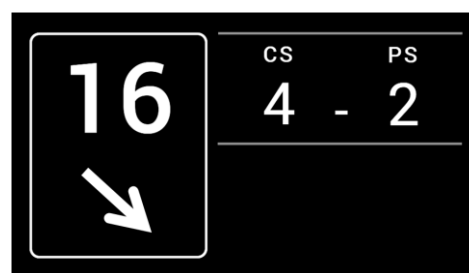


図9 改訂型の作業方向表示方式の画面例
Fig 9 Example image of improved work direction method

本方式では、5.2.1項、5.2.2項の方式を倉庫現場で検討した結果、およびその他様々な配色を倉庫で検討し、最終的に十分なコントラストを確保できる白色を採用して視認性を向上させた。また、仕分け先方向を三角形から矢印に変更し、さらにレイアウトを変更して矢印を大きくすることによって、仕分け先と仕分け先方向の区別を付きやすくした。

図9において、16は次の仕分け先の番号を示しており、CS,PSは4ケース、2個商品を仕分けよ、という作業指示である。矢印に関する考え方は5.2.2項と同一である。この方式を試作し、倉庫にて種蒔き仕分け作業を実施したところ、配色や情報量などで特に問題なく作業ができた。そこで、本方式を用いて作業効率の評価を行うこととした。

6. ウェアラブルデバイス適用方式を用いた物流作業支援システムの開発

本研究で対象とした種蒔き仕分け作業の倉庫にて、仕分け対象商品名、個数、仕分け場所、担当者など、仕分け作業に関するあらゆるデータは WMS(Warehouse Management System)によって管理されている。ウェアラブルデバイスを用いた種蒔き仕分け作業の実施には、WMS のデータが必要である。そのため、既存のシステムに影響を与えずにウェアラブルデバイスを用いた作業支援システムを構築することが必要となる。そこで、WMS から必要な作業指示を取得し、作業記録を WMS に書き込むための中継サーバを開発した。システム全体の構成を図 10 に示す。

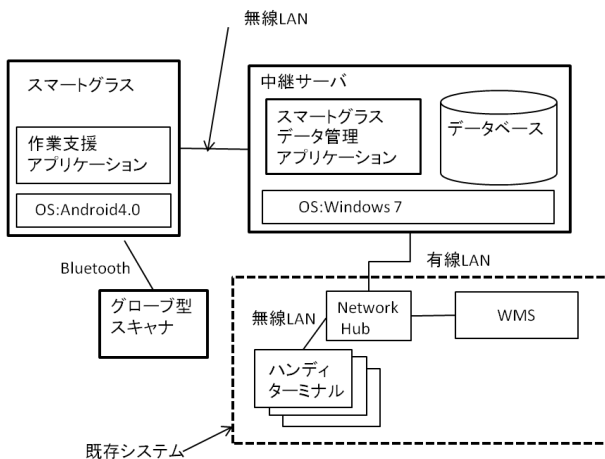


図 10 ウェアラブルデバイスを用いた作業支援システムの概要

Fig 10 Overview of distribution work support system with WD

図 10 にて点線で囲んだ箇所は、倉庫で稼働している既存システムの構成を模式的に表したものである。本研究では既存システムに対して中継サーバを通してスマートグラスでの仕分け作業が可能な仕組みを構築し、倉庫での検証を可能としている。

7. 評価

7.1 評価内容

本研究では、従来作業方式と本方式による作業効率の測定について評価を行った。

7.2 作業効率評価

7.2.1 評価準備

まず、倉庫にて仕分け作業が可能となるように、ウェアラブルデバイスの装着方法を整えた。本研究で使用したスマートグラスは、表示部と本体が有線ケーブルで接続されて分かれている。そこで、肩かけ型のポーチを使用し有線ケーブルが作業の邪魔にならないように収納した。作業時の様子を図 11 に示す。

次に、種蒔き仕分けを行う倉庫にて、常時作業を行っている作業員 2 名(以下被験者)に協力を依頼した。被験者には装着方法、画面の見方、本システム使用時の種蒔き仕分け実施方法を説明し、数回のチュートリアル実施後に自身で作業を開始してもらった。

初めて使用するデバイスであるため、念のため連続使用時間を日々延ばすようにした。すなわち、初日は 1 時間連続使用し、次の日からは 1.5、2.0、2.5 時間と連続使用時間を延ばしていった。検証は数日間実施し、最大で 2.5 時間連続で使用して作業を実施した。

本研究で実施するウェアラブルデバイスによる作業工数削減効果を測定する最も簡易な方法は、同一条件の仕分け作業をハンディターミナルとウェアラブルデバイスで実施し、作業時間を比較することである。



図 11 WD 利用時の作業風景

Fig 11 Distribution work scene with WD

しかし、本研究で評価対象とした倉庫は、曜日や時間帯によって倉庫に搬入される商品の種類、個数が異なる。そのため、同一条件の仕分け作業はほぼ存在せず、通常の仕分け作業を行いながらハンディターミナルとウェアラブルデバイスの作業工数を比較することは困難である。

評価当初は、どちらかの手段で仕分け作業を行う時間を測定し、商品を回収してからもう一方の手段による測定を行うことで同一条件の測定を行った。しかし、この方法では作業員が 2 回目に実施する際に 1 回目の仕分け場所と仕分け個数を覚えてしまい、2 回目の測定結果の妥当性が低くなるという問題があった。多数の商品を準備し、2 回目に仕分ける商品をランダムに実施すれば妥当性向上が期待できるが、倉庫にて作業場所を長時間占有することはできないため、通常作業の流れの中で評価を行った。評価には以下の指標に注意した。

(1)仕分け形態の種類

3.1 節で述べたように、1 つの商品を仕分ける方法は、ケース単位(CS)、個別単位(PS)、および CS と PS を混ぜて仕

分ける場合の3種類が存在する。どのような組み合わせで仕分け作業を実施するかは、その日その時間に入荷された商品の種類と個数に依存する。また、ケース単位の仕分けでは、単にケースを仕分け先のカートに置くだけでよいが、個別単位の場合はケースを開封してから個別にカートに置く必要がある。ケースの開封を片手で実施するのは難しいため、個別単位の作業速度は、ハンズフリーで作業ができるウェアラブルデバイス使用時の方がハンディターミナル使用時と比較して速い傾向がある。

今回の検証期間で被験者が扱った商品にも個別単位で仕分けするものが一定数含まれており、作業時間だけを単純に集計すると、ウェアラブルデバイスに有利な結果となる可能性がある。そのため、商品の仕分け形態を考慮して解析することが必要である。

(2)1 時間当たりのタッチ数

前述の通り、評価で使用した倉庫では仕分け対象の商品の種類、仕分け個数が異なる。そのため、作業時間が短いという結果は、素早く作業できた場合と単に仕分け個数や仕分け先が少なかった場合が考えられ、作業時間だけを比較することは妥当ではない。そこで、評価には一つの仕分け先に何回仕分け動作をしたかをタッチ数と定義し、1時間当たりのタッチ数に換算した配布速度を指標として用いた。1時間当たりのタッチ数が高いほど、短時間で多数の商品を仕分けたことになり、生産性が高いとみなせる。

7.2.2 評価結果

WMSの記録を用いて、ハンディターミナル(HT)とウェアラブルデバイス(WD)使用時の作業時間を比較した。

まず、検討対象の倉庫作業におけるCSのみ、PSのみ、CSとPSの混在割合を調べた。なお、被験者別に調査しても作業内容や作業回数によって値にばらつきが出るため、調査は被験者以外の作業者も含め、全作業員の作業内容をまとめることを行った。結果を表2に示す。

表2 作業種別の分類結果

Table 2 Ratio of each work style

件数 (%)		
CSのみ	PSのみ	CS,PS混在
4781(53)	3694(40)	649(7)

表3 CS,PSのみの分類結果

Table 3 Result of CS and PS count

件数 (%)	
CSのみ	PSのみ
4781(56)	3694(44)

ここで、CS,PS混在の作業内容は全体の中で少ないため、省略してCS,PSのみの作業数の比率を計算しなおした結果を表3に示す。表3より、評価対象でのCSとPSの比率

は56:44とした。

次に、表4にハンディターミナルとウェアラブルデバイス使用時のCS、PS別のタッチ数/hを示す。表4より、CSのみ仕分けたときのタッチ数/hは、PSのみ仕分けたときと比較して3分の1から4分の1程度であり、HTとWDで同様の傾向が見られた。そのため作業生産性の比較には、作業内容におけるCSとPSの比率を考慮する必要がある。

表4 CSとPSで分類したタッチ数/h(括弧内は実施回数)

Table 4 Result of touch and trial count classified with CS and PS

被験者	CSのみ仕分け		PSのみ仕分け	
	HT	WD	HT	WD
1	231(777)	205(87)	784(495)	898(107)
2	176(162)	189(156)	532(71)	965(166)

被験者1,2において、ハンディターミナルと比較したウェアラブルデバイスの作業効率向上効果を算出した。

被験者iがCSのみをHTで仕分けたときのタッチ数/hを $T_{i,CS,HT}$ 、実施回数を $N_{i,CS,HT}$ とする。PSのみをHT, CS,PSのみをそれぞれWDで仕分けたときも同様に表せる。実施回数が異なっているため、被験者1,2の結果を加重平均したタッチ数/hで比較する必要がある。被験者1,2がCSのみをHTで仕分けた場合の加重平均タッチ数/hは

$$(T_{1,CS,HT} * N_{1,CS,HT} + T_{2,CS,HT} * N_{2,CS,HT}) / (N_{1,CS,HT} + N_{2,CS,HT})$$

で表される。その他、被験者1,2のPSのみのHT, CSのみのWD, PSのみのWDを含む、計4種類の加重平均タッチ数/hの算出結果を表5に示す。

表5 被験者1,2の加重平均タッチ数/h

Table 5 Touch count of each examinee

	CSのみのタッチ数/h	PSのみのタッチ数/h
HT	222	752
WD	195	939

表5の結果に、表3で得た割合を考慮してCSは56%、PSは44%で重み付けを取り、HTとWDのタッチ数/hを算出した結果を表6に示す。

表6 被験者1,2のタッチ数/h

Table 6 Touch count of each examinee

	CSのみのタッチ数/h	PSのみのタッチ数/h	合計タッチ数/h
HT	124	331	455
WD	109	413	522

表6より、ハンディターミナルと比較したウェアラブルデバイス使用時の作業効率向上効果は、

$$522/455 = 14.7$$

であり、約15%であった。

8. 考察

8.1 作業効率向上効果

7.2.2 項の冒頭で述べた通り、配布速度の指標であるタッチ数/hは作業内容によって大きく異なるため、複数作業の平均値を評価に使用する必要があった。しかし、表4において、CS, PS という仕分け種別によって配布速度が大きく異なるため、単純平均では正しい評価とならない。そこで本研究では、作業の種類の比率と加重平均を考慮して作業効率向上効果を算出した。この結果は長時間の測定、被験者の増減、被験者のウェアラブルデバイス習熟度によって若干の増減がありえる。表2より、数千件の作業内容から得たCSとPSの比率が大きくずれることは考えにくく、さらに長期間の測定においても作業現場の環境は同等と考えられる。また、被験者2名にて向上傾向があること、使い慣れたHTに対して初見のウェアラブルデバイスを使用しても今回の結果になったことから、被験者を増やし、習熟度が十分となる期間まで長期的に実験を行っても15%という数値が下がることはないと考えられる。

また、表4において、PSのタッチ数/hを比較するとハンディターミナルよりウェアラブルデバイス使用時の値が大きかった。これは個別の商品を仕分ける場合、箱を開封する作業、箱から取り出して仕分ける作業などが発生し、ハンズフリーの利点が効いたと考えられる。

8.2 その他得られた知見

今回研究に使用したスマートグラスは、研究期間中に発売済みのスマートグラスの中で最もコストパフォーマンスに優れ、電池の持続時間が最長であった。しかしこのスマートグラスであっても、数時間の装着による鼻の痛みや、装着の不安定さによるずれが発生することがあった。前者については、一般的なメガネの重量約15gと比較して6倍となる約90gの加重が鼻に集中するためと推測される。後者については人の顔の大きさに依存しており、とくに女性の方が男性よりも小顔であるため、メガネの装着がしづらいことが多かった。ただし、上記2点はいずれも今回使用したスマートグラス固有の問題であるため、他のスマートグラスの使用により回避が可能である。今後市場の発売動向を見つつ、検証可能な他のスマートグラスでも検討する。

8.3 今後の課題

今回は物流作業における作業効率向上を目的とし、種蒔き仕分け作業にて検証したが、今後は種蒔き仕分け以外の物流作業工程への適用を検討する。また、様々な分野への適用を目指し、バーコードリーダー以外の入力手段を検討する。

9. まとめ

物流分野におけるウェアラブルデバイス適用による作業

効率向上を目的として、種蒔き仕分け作業にウェアラブルデバイスを適用して従来作業方式との作業効率向上効果を検証した。作業手順を分析し、作業に適したデバイスと入力手段を選定し、ウェアラブルデバイスの使用に適した画面デザインを検討した。検証対象の倉庫にて測定環境が常に変化してしまう制約の中で、測定対象の商品の仕分け作業比率や作業回数の加重平均を取ることで、本方式の使用により従来方式と比較して15%の作業効率向上効果があることがわかった。

今後は種蒔き仕分け以外の物流作業工程への適用を検討する。また、様々な分野への適用を目指し、バーコードリーダー以外の入力手段を検討する。

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 国土交通省：最近の国内貨物輸送の動向について、P.1（オンライン）、入手先 (<http://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/toukei08/geturei/1/04.pdf>) (2010).
- 2 国土交通省：貨物自動車運送事業者数の推移、P.1（オンライン）、入手先 (<http://www.mlit.go.jp/common/001081990.pdf>) (2013).
- 3 EPSON: MOVERIOとARナビゲーションを利用した物流ソリューションの実証実験（オンライン）、入手先 (<http://www.epson.jp/osirase/2013/130911.htm>) (2013)
- 4 Steve Mann: Wearable Computing: A First Step Toward Personal Imaging, *Proc. IEEE Computer Society*, pp. 25-32 (1997).
- 5 Muguira, L. Vazques, J.I., Arruti, A., de Garibay, J.R., Mendia, I., and Renteria, S.: RFIDGlove: A Wearable RFID Reader, *Proc. IEEE International Conference on e-Business Engineering*, pp. 475-480 (2009).
- 6 森脇 康介, 豊吉 政彦, 錦織 達也, 後藤 充裕, 中村 浩司, 木全 英明: グラス型ウェアラブルデバイスとカラーコードによる資産管理システム試作に向けた検討, 研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信 (MBL), Vol. 75, No. 7, pp. 1-4 (2015).
- 7 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(3)ー光学シースルー方式を前提とした注釈情報提示法の検討ー, 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), Vol. 195, No. 34, pp.1-6 (2015).
- 8 佐藤信夫, 矢野和男, ウェアラブルセンサ「ビジネス顕微鏡」を用いた軽作業生産性向上施策の定量評価, *デジタルプラクティス*, Vol. 6, No. 3, pp. 215-222 (2015).
- 9 Chen Ken, Huang Wei, and Wang Min: Wearable support system for intelligent workshop application, *Proc. IEEE International Conference on Computational Problem-Solving*, pp. 80-83 (2012).
- 10 セイコーエプソン株式会社: MOVERIO と AR ナビゲーションを利用した物流ソリューションの実証実験（オンライン）入手先 (<http://www.epson.jp/osirase/2013/130911.html>) (2013).
- 11 DHL: リコー倉庫でのピッキング実証実験（オンライン）入手先 (<http://lnews.jp/2015/01/h012803.html>) (2015).
- 12 新日鉄住金ソリューションズ: スマートグラス導入検証サービス（オンライン）、入手先 (http://www.ns-sol.co.jp/ss/production/smart_glass.html) (2014)
- 13 株式会社 NTT データ MSE: ウェアラブル端末を活用した法人向けソリューション「Biz ウェアラブル」提供開始（オンライン）、入手先 (<http://www.nttdata.com/jp/ja/news/release/2014/070900.html>) (2014).