

常備倉庫ピッキング作業の効率向上に関する検討

米川輝^{†1} 諸熊秀俊^{†2} 山本和己^{†2} 佛本慶祐^{†2}

概要: 倉庫の効率的な運用に向けて、人や台車の動きを分析し、ピッキングのスループットが改善できないか検討した。人や台車の動きの把握のため、既に UWB 測位システムが導入されていたが、棚による電波の遮蔽・反射のため、誤った位置情報が出力される課題があった。そこで、これを補正する位置情報補正フィルターを開発し、位置情報誤差を 67%削減可能とした。本技術により、台車の移動距離を精度よく求めることができ、ピッキングの効率を評価することが可能となった。これにより、倉庫運用効率化への展望が開けた。

キーワード: 倉庫, 効率, ピッキング, 運用, 移動距離, 位置情報, 補正

A Study on Efficiency Improvement of Picking Operation in Warehouse

AKIRA YONEKAWA^{†1} MOROKUMA HIDETOSHI^{†2}
YAMAMOTO KAZUMI^{†2} BUTSUMOTO KEISUKE^{†2}

Abstract: The picking operation of the designated parts is carried out. They analyzed the movements of people and dolly toward efficient operation of the warehouse and examined whether the picking throughput could be improved. An UWB positioning system has already been introduced to grasp the movement of people and dolly, but due to shielding / reflection of radio waves by shelves, there is a problem of outputting erroneous position information. So we developed a technology to correct this. According to this technology, it is possible to accurately determine the moving distance of the truck and to evaluate the picking efficiency.

Keywords: Warehouse, Efficiency, Picking, Operation, Movement Distance, Position Information, Correction.

1. はじめに

インターネットの普及により、インターネット上のショップが急成長している。物流現場では、出荷する商品の種類や個数の増大に伴い作業が複雑化し、作業効率の低下が課題となっている[1][2]。

ある倉庫では、多数の種類部品を保管しており、その日の出庫指示により、一日に約 4000 点を作業者が保管棚からピッキングする場合がある。部品を入庫・出庫する際は、その都度バーコードリーダーで部品種別、点数を読み取り、在庫管理システムに情報が登録される。

当日の出庫品リストは、生産計画システムから倉庫現場に配信される。このリストに基づいて作業者が部品をピッキングするが、出庫品リストはピッキングに適した順番に品目が並んではいない。そこで、倉庫担当者がピッキングしやすいように、出庫品リストを編集・並べ替え、ピッキング作業者に作業指示として配布している。倉庫担当者は、ピッキング作業が効率的に進められるよう編集・並べ替えをおこなっているが、経験的に処理しているため、パフォーマンス指標との関連が明らかではなかった。

倉庫運営におけるパフォーマンス指標はいくつか考えら

れるが、UWB (Ultra Wide Band ; 超広帯域) 測位システムを用いた例では、作業者の台車と倉庫壁面に送受信機を取り付けることで、作業者の位置を測定し、その移動距離とピッキングした品目数や、作業時間などを指標とすることが多い。しかしこのシステムでは、棚による電波の遮蔽・反射のため、誤った位置情報が混入することがあり、台車や人の動きがわかりずらく、台車の移動距離を算出することが難しかった。

本報告では、上記の課題を解決するため、倉庫内の UWB 測位システムのノイズを補正し、移動距離を削減 (目標 72%) する位置情報補正フィルターについて検討し実装したので、これを報告する。

2. 台車の位置情報の概要と補正方法

2.1 倉庫の概要

分析する倉庫の略図は図 1 に示すようになっており、図中の黒い四角形が棚を、水色は通路を表している。倉庫の大きさは、縦方向に約 20m、横方向に約 45m である。この中を数台の台車と作業員が伝票に記載された品目を指定された棚番号の場所からピッキングしていく。

^{†1} (株)日立製作所
Hitachi Ltd.
^{†2} (株)日立ハイテクノロジーズ
Hitachi High-Technologies Corporation

2.2 台車の位置情報の概要

台車の位置情報は、作業員がピッキング作業で使う台車の動きを時系列に沿って記録したデータである。データは台車の ID, 日付, ミリ秒単位の時間情報, 3次元の位置情報から構成される。この情報は、一日分の全台車の情報が混在しており、台車ごとの倉庫内の動線やその距離を算出する際には分別する必要がある。特定の台車の位置情報を線でつなぎ合わせた移動情報を図 2 に示す。測位した位置情報は、本来台車が停止している場合でも、様々な方向に小さく移動している場合や、瞬間的に遠くに位置情報が飛ぶなど、多数の誤りの位置情報が混入している。これは、倉庫内に多数の棚があるため電波がさえぎられる、あるいは反射するなどにより、測定した測位データに誤り混入するためであると考えられる。よって、これらの位置情報の誤り（以下、ノイズ）を除去し、台車の位置情報を補正し、動線を導く必要がある。作業員ごとに作業時間が異なるため、分析対象の作業時間は、8:30 から 18:30 とした。

2.3 台車の位置情報補正フィルターの提案

位置情報のノイズを削減するために、位置情報補正フィルターを検討し実装した。位置情報補正フィルターは下記の項目から構成される。

- (1) スピードチェック
- (2) グリッド点への近似
- (3) メディアン処理および平均化
- (4) 重複点の除去
- (5) 動線の振動の除去

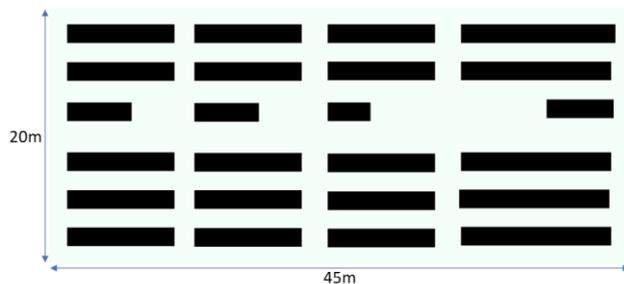


図 1 倉庫の概要

Figure 1 Warehouse schematic.



図 2 台車の動線

Figure 2 Kart flow line.

(1) スピードチェック

一般的な歩行者の歩行速度は最大約 6km/h である。荷物を積んだ台車を押して歩行することを考慮すると、このスピードより速いケースは少なく、位置情報に誤りが含まれていると考えられる。そこで、各位置情報の間の距離とその時間差から、移動する際の速度を求め、この速度を上回った位置情報を削除する。図 3 にその概要を示す。各点は 1~4 の時系列に沿った位置情報である。点 1 から点 2 が時速 10km の場合、点 2 を削除し、点 1 から点 3 へ移動したものとみなす。

(2) グリッド点への近似

位置情報に小さな誤りが混入すると、動線が細かく揺らいでいるように見え、これを積分すると移動距離が実際に移動した距離よりも長くなる。そこで、このゆらぎを削減するため、倉庫内の通路にグリッド点を置いた。台車はこのグリッド点を經由して移動したものとす。倉庫内のグリッド点は図 4 の緑の点が示すように、通路内のほぼ中央に置いた。通路が広い場所は複数の点を配置した。

各位置情報を最寄りのグリッド点に移す際の概要を図 5 に示す。点 1~8 は各々最も近い距離のグリッド点に再配置される。

(3) メディアン処理および平均化

置き換えた位置情報を、時系列に従い一定の範囲で位置情報を抜き出す。抜き出し点群を XY 座標ごとに座標をソートし、飛び地の座標をノイズとして削除する。残った位置情報を平均化して、新しい位置情報として更新する。メディアン処理および平均化の概要を図 6 に示す。時系列に従い一定の範囲で抜き出した位置情報を青い点と灰色の点とする。青い点に着目し、X 方向で最も離れている 2 点をノイズとみなし削除する。

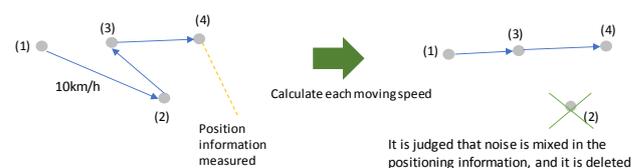


図 3 スピードチェック

Figure 3 Speed Check

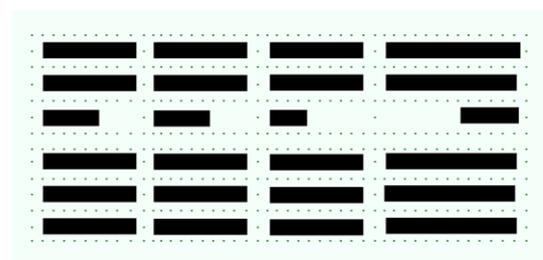


図 4 グリッド点

Figure 4 Grid points.

残った点のX座標を平均化して、新たに再配置する赤い点の位置情報とみなす。さらに、Y方向も同様にして2点を削除し、残った点のY座標の平均を求め、再配置する赤い点のY座標とする。新たに再配置した位置情報を再び近くのグリッド点に近似すると、動線がきれいな直線となる。

(4) 重複点の除去

上記の3つの処理を行った位置情報は様々な値を取りうるが、例えば一定時間台車が動かなかった場合は、複数の同じXY座標を持った位置情報が続く。そこで、各位置情報の間の距離計算や描画の負荷を軽くするためと次の動線の振動除去処理のため、重複している位置情報を削除する。この際の概要を図7に示す。位置情報は1~8で構成され、2~7の位置情報は同じ座標である。そこで、3~6の情報を削除し2と7の2つの位置情報を残す。座標が重複している2つの位置情報(2と7)を残したのは、その座標に到着した時間と出発した時間の情報を残すためである。これらの時間の情報は次の動線の振動除去の処理で用いる。

(5) 動線の振動の除去

位置情報のノイズを削除しても、ノイズの大きさにより台車が隣のグリッド程度の距離移動したように見えることがあるが、実際に台車が移動した可能性もある。この場合は、台車の動線は、ある位置情報を中心に何度か他の位置を往復し、動線が振動したように見える。これを取り除くため、時系列に従い一定の範囲で位置情報を切り出し、短い時間(例えば1分間)に同じ位置が半数を占める場合、これをノイズとみなして位置情報を削除する。逆に、長い時間の振動であれば、実際に台車が往復した可能性があるため、ノイズの可能性を除外する。

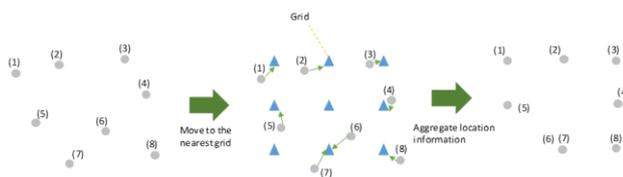


図5 グリッド点への近似

Figure 5 Approximation to grid points.

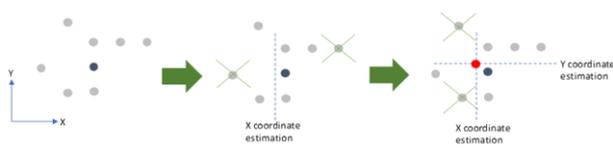


図6 メディアン処理と平均化

Figure 6 Median treatment and averaging.

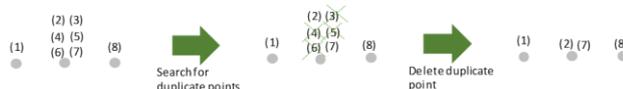


図7 重複点の除去

Figure 7 Removal of overlapping points.

この際の概要を図8に示す。位置情報は1~6の計6つある。位置情報1, 3, 6の3つは同じ座標にある。一方、位置情報2, 4, 5は一時的に移動したように見える近傍の座標にある。位置情報1と6の時間差が1分以内の場合かつ、位置情報1の座標が半数の3つある場合、何度も短時間に移動し品物をピッキングした可能性は低いと判断し、位置情報2, 4, 5を削除する。一方位置情報1と6の時間差が大きい場合、実際に台車が移動したとみなし、位置情報2, 4, 5を削除しない。

2.4 台車の移動距離の算出

ノイズを除去した各位置情報間の距離を算出する。それらをすべて足し合わせ、台車の移動距離として算出する。

3. 実験方法

3.1 ピッキング情報の概要

ピッキング情報は、品目コード,品名,数量,出庫日,出庫数,出庫者,保管場所など、15項目の情報から構成される。保管場所は倉庫内の棚番号の情報であり、作業員はその場所から品物を取り出し、バーコードリーダーで部品種別や点数を読み取る。分析対象の時間は位置情報と同様に8:30から18:30とした。

3.2 ピッキング効率

倉庫の運用改善の考え方としてピッキング効率を定義する。

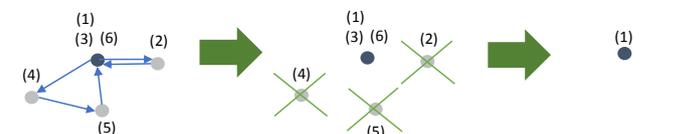


図8 動線の振動除去

Figure 8 Removing oscillation of flow line.

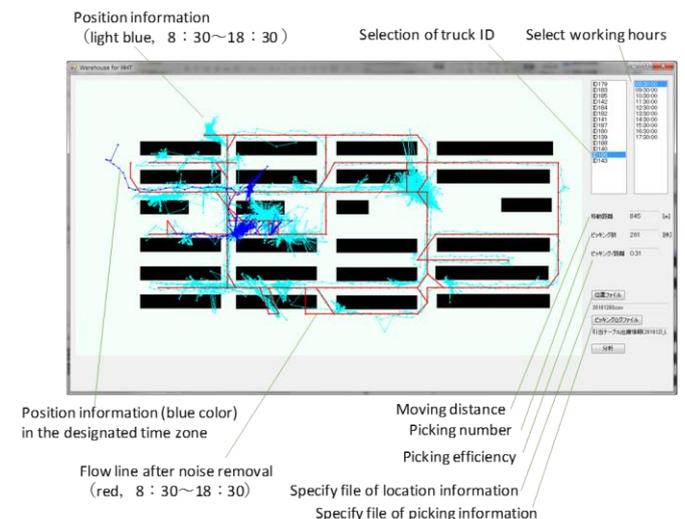


図9 ピッキング効率分析ツール

Figure 9 Picking efficiency analysis tool.

具体的には1日の作業員や台車の移動距離に対して、どれだけの品目をピッキングしたかである。個々の品目ごとの数量は問わない。よってピッキング効率 α は、

$$\alpha = \frac{\text{1日のピッキング品目数}}{\text{1日の移動距離[m]}}$$
と定義する。

1日のピッキング品目は、品物をピッキングした後に品物のバーコードスキャンすることで、品目数や、各品名および保管していた棚番号などを取得することができる。1日の移動距離は、台車の位置センサーで測位した情報とその時の時間より取得することができる。ここで課題となるのは、位置情報の精度である。図2に位置情報を点でプロットし、点と点の間を線でつないだ移動情報を示す。ノイズにより、本来の位置と異なった位置が出力されることが多々ある。ピッキング効率 α は1日の移動距離の値が必須となり、この情報の正確でないといピッキング効率を求めることはできない。

3.3 ピッキング効率分析ツール

今回開発したピッキング効率分析ツールのUIを図9に示す。まず、所望の日付の位置情報のファイルを指定する。次に所望の月のピッキング情報のファイルを指定する。これらのファイルはCSV形式となっている。この2つのファイルを指定後、分析ボタンを押すと、分析が行われる。分析が終了すると右上の台車のIDに、その日に運用した台車のIDが表示される。これを選択すると、左側の倉庫の図面に水色で一日(8:30~18:30)のノイズ除去前の動線が表示され、ノイズ除去後の動線が赤色で表示される。また、ノイズ除去後の動線上の移動距離を算出し、右下に表示する。ピッキングした品目があれば、これをカウントし結果を表示するとともにピッキング効率も計算し、右側に表示する。さらに、右上の作業時間帯を選択すると、その時間帯のノイズ除去前の動線が青色で表示される。このように、ピッキング効率を分析する際のユーザービリティを考慮した。

4. 実験結果

実験結果を図10に示す。移動距離は374mと計算された。提案する位置情報補正フィルターを用いない従来のソフトの計算では1148mであった。移動距離は67%短くなった。

ここで本手法の検証を目的とし、ピッキングした品目の棚番号のみから1日の理想的な移動距離を算出したところ、320mとなった。この結果、従来の算出結果は1148m、理想値は320mであるため削減目標は72%である。今回開発した手法では、削減目標に近い値(67%)となったことがわかる。以上により、提案する位置情報補正フィルターは有効であると考られる。

5. あとがき

本論文では、倉庫の効率的な運用に向けて、移動距離算出の精度を改善することについて検討した。人や台車の動きの把握のため、既にUWB測位システムが導入されていたが、棚による電波の遮蔽・反射のため、誤った位置情報が出力される課題があった。

そこで、これを補正する位置情報補正フィルターを開発し実装した。これは、①スピードチェック、②グリッド点への近似、③メディアン処理および平均化、④重複点の除去、⑤動線の振動の除去の計5つのフィルターから構成される。

この結果、移動距離を従来比約67%(目標72%)削減可能とした。本手法を適用することで、ピッキング効率をより精度よく評価することができ、倉庫運用改善への展望が開けた。

6. 今後の課題

複数のピッキング伝票と位置情報より多数のピッキング効率を求め、それらを人工知能で解析することにより、棚のレイアウトの最適化を行い、倉庫の運用改善を進めていく予定である。

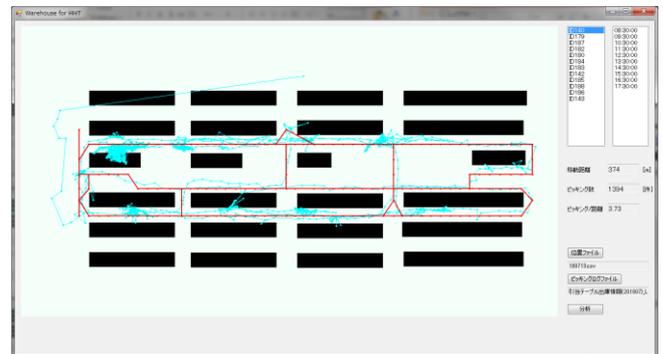


図10 実験結果

Figure 10 Experimental result.

謝辞 台車の位置情報の取得にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 小中裕次郎,沼尾正行,栗原聡:物流拠点における作業効率向上のための倉庫マネジメントアルゴリズムの考案,人工知能学会研究会資料,SIG-DOCMAS-B102-5,(2012)
- [2] 明官達郎,松本光崇,大隈隆史,一刈良介,加藤狩夢,太田大智,蔵田武志:物流倉庫シミュレータを用いたゾーンピッキング導入事前評価,2016年度サービス学会第4回国内大会講演論文集,pp.19,(2016).