

Kinect とプロジェクションマッピングを用いたピッキングエラー防止システムの提案

竹原悠貴† 村田嘉利† 鈴木彰真† 佐藤永欣†

岩手県立大学 ソフトウェア情報学部†

1 はじめに

物流事業における多くの配送センタには、作業者が棚に収容された物品を取り出し、別の箱に仕分けるピッキング工程がある。同様に自動車工場などの製造工場でも、同様の工程が広く行われている。本工程において作業ミスが生じると以降の工程に誤った物品を送ってしまうことになる。物品を取り出す間口をランプの点灯やウェアラブルグラスなどを利用して表示するシステムや研究がある。また、指示された間口以外から物品を取り出したり、間違っただ箱に物品を仕分けたりといった作業ミスの検出としては、マイクロソフトの Kinect を 2 台利用するシステムが提案されているが、経済的とは言えず、Kinect の設置位置にも制限がある。本研究では、短焦点プロジェクタで取り出し間口を指示し、間違っただ箱に仕分けるミスについては、間口を指定し、1 台の Kinect で作業ミスを検知する新たなシステムを提案する。プロトタイプシステムを作成し、実験室で性能評価を行った結果、高い確率でミスを検出できたので報告する。

2 関連研究および先行研究

株式会社アイオイ・システムが提供している L-PICK は、ランプスイッチと数字表示器を使用したシステムである[1]。本システムあるいは類似したシステムが実際のピッキング現場で多く取り入れられているが、各間口にスイッチと表示器を設置するため、設置コストが大きくなってしまふ。また、これらのシステムだけでは正しい間口から指定した個数を取り出したか否かの確認はできない。本問題を解決するため、先行研究では 2 台の Kinect を作業者の背後に設置し、色付きの軍手を追従することで正しい間口から物品を取り出したか否かを判定していた[2]。しかしながら、このシステムでは Kinect の設置場所の確保が難しく、野菜などの物品の場合には色追跡機能を利用できないという問題があった。本研究では、Kinect を棚の上部に配置し、棚に手が入ったことによる深度の違いにより、手が入った間口を判定している。

3 ピッキングエラー防止システム

本システムは、図 1 に示すように Kinect を棚の上部に設置することで物品棚の開口部を撮影し、手が

入ったことによる深度変化の位置から、正しい間口から物品を取り出したかを判断する。プロジェクタの位置は本機の最低投射距離を基に設置した。また、実験を行うため簡易的な物品棚を作成した。棚の大きさは 67.5 x 64.5cm、各間口の大きさは 22.5 x 21.5cm である。床と棚は 98.5cm、Kinect と棚は 65.5cm 離れている。ピッキング作業をする際、各間口上部に取り付けた投影用タグに物品を取り出す数字をプロジェクタで投影し、取り出し間口と数量を指定する。作業者は表示された個数を指定された間口から取り出す。なお、一度に取り出す物品の個数は 1 個とする。

誤った間口から取り出された場合、PC 画面を通じて修正作業を促す。

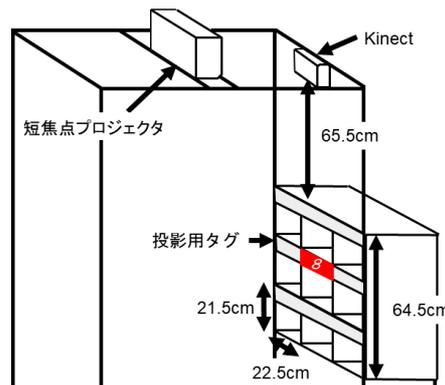


図 1 実験用物品棚

4 プロトタイプシステム

ピッキング作業を検知するため、プロトタイプシステムを作成した。本システムは、間口を認識するプログラムと、間口に挿入した腕を検出するプログラムから構成される。図 2 に作成したプロトタイプの棚の概要を示す。

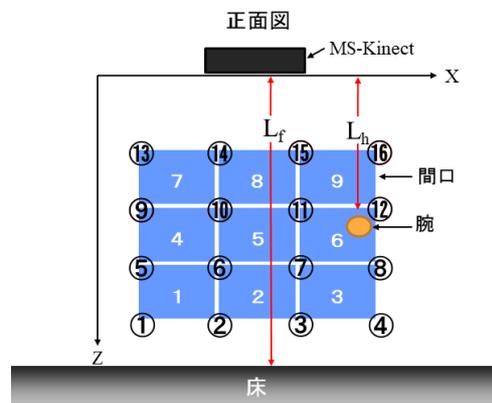


図 2 プロトタイプシステム概要図

Proposal of Picking Error Prevention System with MS-Kinect and Projection Mapping  
 †Yuuki Takehara, Yoshitoshi Murata, Akimasa Suzuki, and Nobuyoshi Sato, Iwate Prefectural University Faculty of Software and Information Science

間口を認識するにあたり、各間口の四隅の3次元座標を登録する。各間口の座標はPC画面に出力される画像上で設定する。画像に映る間口の四隅をクリックすることで座標を取得する。クリックする順番は図2に示す通りである。この座標を用いて、Kinectからカラー画像の画素に対応する点までの距離を算出する。このようにして開口面の4隅の3次元座標を登録する。今回の実験では16点の頂点から9か所の間口を登録した。

続いて、登録したどの間口に腕が挿入されたかを求める。図3に実験中の被験者とシステムの側面図を示す。

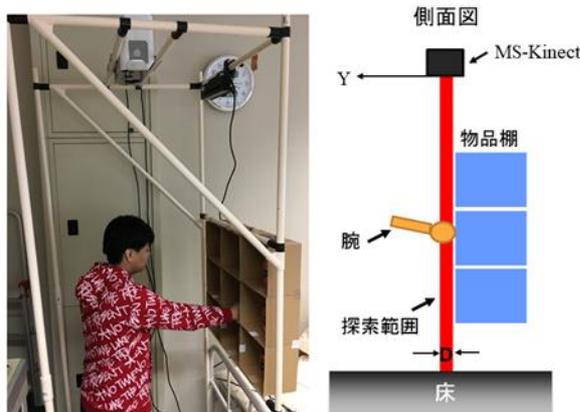


図3 実験中の被験者画像とシステム側面図

検出プログラムは、図3の側面図で示す探索範囲の深度情報を定期的にサーチする。深度情報が初期値である床までの距離  $L_f$  から  $L_h$  に変化することで、腕の挿入を検出する。また、深度情報が変化した座標と事前登録した間口の四隅の座標を比較することで、どの間口に腕が挿入されたかを推測する。

### 5 ピッキング作業の検知率確認実験

作成した物品棚とKinect、プロジェクトを用いてピッキング作業の検知率を計測する実験を行った。検知率は探索範囲、探索間隔、間口位置に応じて変化すると考えた。そのため、探索範囲の幅  $D$  を1cm/3cm/5cm/10cm、探索間隔を500msec/1000msecに設定し実験を行った。また、腕以外が挿入された結果を省くため幅2cm以下と10cm以上の物体が挿

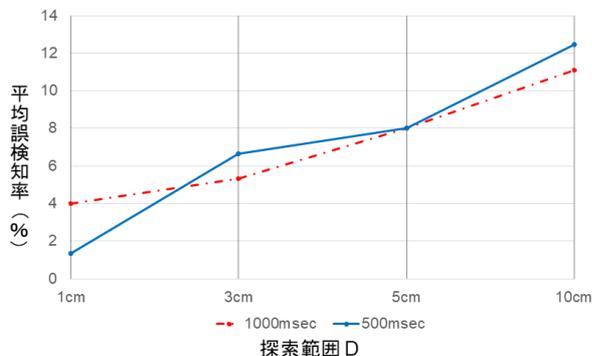


図4 平均誤検知率

入された場合、例外処理を行っている。今回の実験は棚から取り出す物品を空き缶で行った。被験者5人が各間口から5回空き缶を取り出す動作を行い、各条件計225回の試行実験を行った。各条件の平均誤検知率を図4に示す。500msecと1000msecの結果に大きな違いがないことが分かる。また、探索間隔の値が増加することでピッキング動作を検知しない結果が得られることが増えた。そのため、探索間隔のより短い500msecが適しているといえる。また  $D$  が増加するに伴って誤検知率が増加する傾向がある。これは、被験者が指定外の間口前方から腕を挿入することで二つの間口の閾値を跨いで重複判定してしまうことが原因である。表1に各間口の誤検知率を示す。この表から500msec、1000msecは共に下段での誤検知率は低いが、中断、上段に上がるに従い誤検知率が増加する傾向にある。しかし、 $D$ が増加する結果と同様に間口が高くなるに伴い指定した間口付近の閾値を跨いで重複判定してしまうことが原因である。これらのことから今回の実験における最適な条件は探索範囲の幅  $D$  が1cm、探索間隔が500msecであるといえる。

今回の実験は他システムとの比較はないが、 $D=1\text{cm}$ 、探索間隔500msecでの誤検知率から、実用化するには十分な精度であることが確認できた。

表1 各間口の誤検知回数

1000sec	1cm	3cm	5cm	10cm	500sec	1cm	3cm	5cm	10cm
1	0	0	0	0	1	0	0	0	2
2	4	0	4	4	2	0	4	4	4
3	0	0	4	0	3	4	12	8	0
4	8	0	0	0	4	0	0	0	4
5	8	8	16	24	5	4	8	4	4
6	4	4	12	26	6	4	8	16	20
7	8	4	8	8	7	0	0	16	24
8	4	4	12	32	8	0	24	12	20
9	0	16	12	12	9	0	4	12	28

### 6 おわりに

設置コストが小さく、作業環境に左右されない作業ミス検知システムを提案した。プロトタイプシステムを作成し、評価実験を行った結果、良好な結果が得られた。本システムは設置する環境を選ばない。そのため、現在商用化されている既存のピッキング作業環境に変更を加えることなく導入することが可能である。今後は、よりシステムの精度を向上させることで、実際の作業環境においても十分に活躍できるシステムに改良していく。

### 参考文献

- [1] AIOI SYSTEMS Co., LTD Digital Picking System Products Introduction, <https://www.hello-aioi.com/en/product/> (2018)
- [2] 宇田吉広 他(2016)「深度カメラを用いたピッキング工程における作業ミス検知システム」, 『情報処理学会論文誌 コンシューマ・デバイスシステム』6(1).