

# 複数 Kinect 間における歩行者位置情報の共有 及び絶対座標での可視化

近藤 亮磨†

劉 広文‡

岩井 将行†

## 1. 序論

人流計測によって得られる歩行量や動線等の歩行者に関する情報は、建物や広告を評価する際に重要な情報の1つである。近年、レーザスキャナセンサやカメラの普及により歩行者に特殊なセンサを持ってもらうことなく外部から人の動作を計測する研究が着目されている。群行動に着目した藤田らの研究[1]では、カメラを用いたカラー画像処理と統計処理によって人流計測を行う方法について提案している。本研究で述べるレーザスキャナセンサを用いる人流計測では、カメラを用いたカラー画像処理によるものと比較して、高解像度の画像を取得しないため、公共空間で利用する場合においてプライバシーの面で問題となり辛い。レーザスキャナセンサを用いた人流計測に関連する研究例として、河野らの共有空間ナビゲーションプラットフォームに関する研究[2]を挙げる。この研究では、市販品の有効距離 30m、有効角度 270° のレーザスキャナセンサを用いて人の位置を計測し、位置情報に感覚等の共有区間にいる人々の様々な情報を付加して統合的に情報共有することで活用する方法が提案されている。

しかし、人流計測において歩行者位置情報は、最も基本となる要素であるにも関わらず、従来のレーザスキャナセンサを用いた人流計測では、遮蔽物により歩行者が隠蔽されると、正しく歩行者位置情報を計測できない問題が存在する。後述するレーザスキャナセンサである Kinect を用いて人物識別を行い、人の身体特徴を検知する研究[3]の中で、頭上方向から計測することにより遮蔽物による死角を減らす方法が提案されている。本研究では、複数のレーザスキャナセンサを用いて歩行者位置情報を共有し、死角を減らすことで、この問題を回避する方法を提案する。また、キャリブレーションによって各レーザスキャナセンサの位置を自動識別することで設置の負担をより軽減することを試みた。加えて、レーザスキャナセンサを増やすことで計測範囲の広域化も試みた。具体的に本研究では、市販されているレーザスキャナセンサと比較して、安価なレーザスキャナセンサを搭載するデバイスである Kinect を複数用いることにより、歩行者の位置、移動方向、速度データ及び身長を収集し、サーバに送信して、それらの情報を共有させる。その上で絶対座標上で歩行者の位置情報、歩行者の移動の軌跡ならびに歩行者が大人か子供の属性を可視化する分散システムを構築した。

Localizing and Visualizing Pedestrian's Position in Absolute Coordinate System using Multiple Kinects

Ryoma Kondo†, Kobun Ryu‡, Masayuki Iwai†  
† 東京電機大学未来科学部情報メディア学科,  
Tokyo Denki University

‡ 東京大学空間情報科学研究センター,  
The University of Tokyo

## 2. Kinect センサ

本研究では、歩行者位置情報を取得するためにレーザスキャナセンサとして Kinect を用いる。Kinect とは、Microsoft 社によってテレビゲームである Xbox360 用のコントローラとして発売されたものであり、距離センサやカメラ等、いくつかのセンサが内蔵されている。

表 1. Kinect ハードウェア仕様表

距離センサの有効距離	0.8m~4.0m
距離カメラ解像度	320×240(30fps)
距離カメラ方式	赤外線パターン方式
水平有効角度	57°
垂直有効角度	43°
骨格同時認識人数	2人まで
骨格関節数	20

Kinect は、表 1 に示すように近赤外線を利用した距離画像センサを内蔵しており、距離画像センサの情報を Kinect の内部に搭載されているプロセッサで処理し、人物検出及び頭部・各関節部位の位置座標を算出することができる。そのため Kinect では、本研究に必要な歩行者の検出が OpenCV 等のカラー画像処理による人物検出と比較して容易に行うことができる。

## 3. システム概要

本研究において開発を行った複数 Kinect を用いた歩行者位置情報可視化システムでは、Kinect を接続した複数のクライアントコンピュータによって歩行者相対位置情報を取得し、それらの情報を絶対位置座標に変換してサーバへ送信する。サーバは、受信したデータを元に歩行者位置情報をリアルタイムで絶対座標上に可視化する。絶対座標に変換するために、キャリブレーションモードを用意し、マーカとなる人物を各 Kinect により検知することで各 Kinect の座標を算出する。歩行者を計測する際、複数 Kinect を利用するため同一人物の位置情報が各クライアントから重複してサーバに送信される。そこで可視化の際には、サーバがマップ構造（トラッキング ID をキー、歩行者情報を値とする）として保持している絶対座標上に存在する歩行者位置一覧と受信した歩行者の位置との 2 点間の距離を求めて、重なっている場合は同一人物として片方のみを表示する。

表 2. 可視化仕様表

座標系	俯瞰型平面絶対座標
目盛り	実空間での 50cm 刻み
タグ	トラッキング ID
丸形	静止状態の歩行者位置
矢印形	歩行者位置及び移動方向
矢印形の色	赤色に変化(速度→0)、青色に変化(速度→∞)
矢印形の軌跡	歩行者位置の軌跡 (フェードアウト)
矢印形の大きさ	身長より 2 段階 (大人, 子供を判定)

次に、絶対座標系への変換方法を述べる。各クライアントで Kinect により測定される歩行者位置の相対座標は以下の計算式により絶対座標へ変換される。

$$\begin{aligned} \text{(絶対座標)} \overrightarrow{OP}_{it} &= \overrightarrow{OK}_i + \overrightarrow{K_i P}_{it} \\ &= R_i \overrightarrow{C}_i + \overrightarrow{K_i P}_{it} + S \end{aligned}$$

$i$  ← Kinect 番号       $C_i$  ← キャリブレーション座標  
 $t$  ← 時間               $P_{it}$  ← 歩行者座標  
 $O$  ← 原点座標         $S$  ← オフセット  
 $K_i$  ← Kinect 座標      $R_i$  ← 回転行列

測定範囲が分離している場合は、共通の位置座標を取得できないためオフセット  $S$  を用いる。また回転行列  $R$  は、Kinect の向いている方向による誤差を修正するものである。また、速度及び移動方向は以下の計算式より算出される。

$$\text{(歩行者の速度)} \frac{d\overrightarrow{OP}_{it}}{dt} = \left| \frac{\overrightarrow{OP}_{it} - \overrightarrow{OP}_{i(t-1)}}{t} \right|$$

$$\text{(歩行者の移動方向)} \theta = \tan^{-1} \frac{\overrightarrow{OP}_{it,y} - \overrightarrow{OP}_{i(t-1),y}}{\overrightarrow{OP}_{it,x} - \overrightarrow{OP}_{i(t-1),x}}$$

#### 4. 複数 Kinect を用いた歩行者計測実験

##### 4.1. 実験構成

今回の実験では、1 台の Kinect を接続したクライアントコンピュータを 2 台設置し、各クライアントから得られた歩行者位置情報を受信するサーバコンピュータを 1 台設置する。2 台の Kinect は、地面から 65cm の高さに設定し 7.6m 離れた 2 つの地点に向かい合わせて設置する。中点に、遮蔽物としてホワイトボードを設置する。図 1 (左) に実際に行った実験構成の写真を示す。

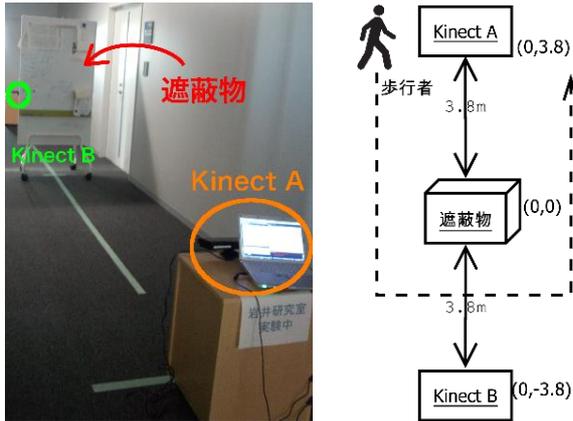


図 1 実験構成写真 (左) 及び実験構成図 (右)

また今回の実験では、各 Kinect から位置情報を取得可能な地点として中点に人を立たせ、その座標を原点とする。

##### 4.2. 実験シナリオ

図 2 (右) は実験の構成及び手順を示した図である。これに従い、本システムの有用性を評価するため、以下の 2 つのシナリオを用意し、計測を行う。

- ・シナリオ S1 : Kinect A のみで 1 周を計測する。
- ・シナリオ S2 : Kinect A 及び B で 1 周を計測する。

#### 4.3. 実験結果及び考察

図 3 に実験結果を示す。矢印が可視化された歩行者位置情報である。また中点の白い矩形は遮蔽物、紫色の線は、実際に実験で歩いたルートである。

シナリオ S1 では、遮蔽物により歩行者が隠蔽され、歩行者位置の軌跡が途切れているが、シナリオ S2 では Kinect B が、Kinect A が計測できない区間を補うため、正しく計測され歩行者の軌跡が繋がっている。

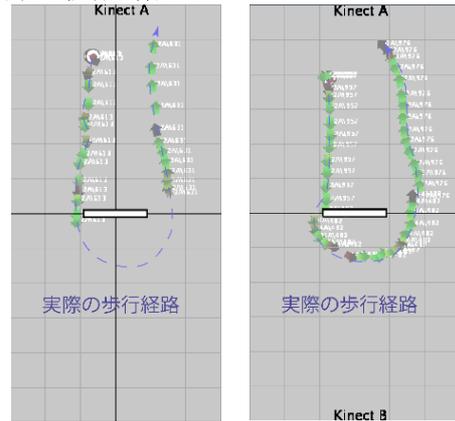


図 2. シナリオ S1 の可視化結果 (左) 及びシナリオ S2 の可視化結果 (右)

#### 5. 結論

結論として、複数 Kinect を用いて歩行者位置情報を共有し絶対座標上に可視化するシステムの開発及び実験により、本研究で提案した遮蔽物による隠蔽の問題を回避する方法が有効であることを示した。また、Kinect を増やすことで、より広範囲の人流計測が可能となることを確認した。

本研究の今後の展望として、歩行者が立ち止まり丸形で表示されている場合は迷っている可能性が高いためナビゲーションへの活用や、歩行者がゆっくり歩くことで赤い矢印形が密集する箇所は、広告や商品の注目度が高い可能性があるため、マーケティングへの活用が考えられる。また Kinect より得られる骨格情報から様々な歩行者の状態を検知することで、より有用な情報を可視化することができる。

#### 謝辞

本研究は H25 科研費若手研究(A)(代表者:岩井将行, 課題番号:25700007) の一部により行われている。

#### 参考文献

[1]藤田 悟, 森田 晴香:“群衆の中の歩行者の位置推定”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム論文集, pp. 196 – 203  
 [2]上嶋 祐紀, 藤田 和久, 樋口 雄大, 廣森 聡仁, 山口 弘純, 東野 輝夫, 下條 真司:“ひとがつかがるなび – 位置と気持ちと空間の共有 –”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム論文集, pp.2105-2115  
 [3]Daichi Kouno, Kazutaka Shimada, Tsutomu Endo: “Person Identification Using Top-view Image with Depth Information”, Proceedings of SNPD2012, 140-145, 2012.