

大規模イベント会場における人の動線分析に関する一考察

北上 眞二[†] 荻野 正[‡] 宮西 洋太郎^{††} 浦野 義頼[†] 白鳥 則郎[†]
[†]早稲田大学 [‡]明星大学 ^{††}株式会社アイエスイーエム

1. はじめに

大規模なイベント会場やテーマパークにおいて、来場者の動線情報は、マーケティング情報として有用であるだけでなく、緊急時の避難指示や会場レイアウト変更のための基礎データとしての活用が期待できる[1]。人の動線分析のための位置測位方式については、GPS 測位法や環境測位法など、様々な研究がなされてきた。

しかしながら、これらの方式は、屋外での利用に限定されたり、環境側に測位機器を設置するためにコストがかかたりするという課題があった。本稿では、大規模イベント会場への適用を想定し、人の移動距離を計測する「歩数計」とイベント参加者間で情報を交換する「すれ違い通信」を組み合わせることで、簡易に人の動線を把握するための「すれ違い型位置測位方式」を提案する。

2. 人の位置測位方式

人の動線分析に用いる位置測位方式については、従来から様々な研究がなされてきている。

2.1 GPS 測位法

GPS 衛星から受信した軌道情報を元に位置測位を行う方式である。近年、GPS チップの低価格化が進み入手しやすくなったことから、その応用が進んでいる。しかしながら、GPS 測位法は、屋外での利用に限定される。また、屋外においても、建物などの障害物により推測位置がずれることが知られており、この誤差を補正するための研究もなされている[2]。

2.2 環境測位法

Bluetooth や Wi-Fi などの電波強度や到達時間の情報を利用して位置測位を行う方式である。この方式は、屋内外を問わず利用できるが、環境側に測位機器を設置しなければならず、大規模イベント会場への適用においては、その設置やメンテナンスにコストがかかるという課題がある[3]。

2.3 自律測位法

歩行者が持つデバイスの加速度センサやジャイロセンサからの情報を用いて位置測位を行う方式である。この方式は、屋内外を問わず利用でき環境側への測位装置の設置が不要となるが、移動距離を求める際の 2 階積分により誤差が蓄積するという課題がある。この課題に対しては、機械学習を用いて精度を高める研究がなされている[3]。

3. 提案方式

本稿では、屋外と屋内が混在する大規模イベント会場において、簡易に人の動線を把握するための「すれ違い型位置測位方式」を提案する。

3.1 基本的な考え方

図 1 において、イベント参加者 M1 が位置 P1(1) から P1(2) に移動したとすると、P1(2) は P1(1) を中心とし半径が M1 の移動距離 $d_1(1)$ の円 C1(1) (本稿では最大移動円と呼ぶ) の内部にあると推定できる。同様に、図 2 において、イベント参加者 M2 が P2(1) から P2(2) に移動し、P1(2) にいる M1 と遭遇したとすると、P1(2) は M1 の最大移動円 C1(1) と M2 の最大移動円 C2(1) が交わった領域内にあることが推定できる。ここで、P1(2) の位置はこの領域の中心とする。次に、図 3 において、M1 が位置 P1(3) でイベント参加者 M3 と遭遇したとすると、P1(2) を新たな中心とし P1(3) までの移動距離 $d_1(2)$ を半径とする最大移動円 C1(2) と M3 の最大移動円 C3(1) が交わった領域内に P1(3) があることが推定できる。

以上により、各イベント参加者の出発地点が既知であれば、イベント参加者同士が遭遇する度に、それぞれの最大移動円の中心(直前に他のイベント参加者と遭遇した位置)と半径(直前に他のイベント参加者と遭遇した位置からの移動距離)を交換することにより、遭遇した位置を含む領域を算術的に求めることができる。つまり、図 3 において、M1 は P1(1), P1(2), P1(3) の順に移動したと推定できる。

3.2 誤差補正

イベント参加者同士が遭遇した時に、お互いの最大移動円が重ならないという計算結果とな

A Study of Pedestrian Flow Analysis in Large-scale Event Venue
 Shinji Kitagami[†], Tadashi Ogino[‡],
 Yohtarō Miyanishi^{††}, Yoshiyori Urano[†], Norio Shiratori[†]
[†]Waseda University, [‡]Meisei University, ^{††}ISEM Inc.

る場合がある。その場合は、それぞれの最大移動円の中心(直前に他のイベント参加者と遭遇した位置)がずれていたものと判断し、最大移動円が接するように、それぞれの最大移動円の中心位置を近づけて、直前にイベント参加者と遭遇した位置を補正する。

3.3 位置測位デバイス

提案方式を実装する位置測位デバイスは、それを持つイベント参加者の移動距離を測定するための「歩数計」と、遭遇した他のイベント参加者とそれぞれの最大移動円の情報(中心位置と半径)を交換するための「すれ違い通信部」、および推測した位置データを管理サーバに送信するための「ネットワーク通信部」から構成される(図4)。

歩数計から移動距離を得るためにはデバイスを持つイベント参加者の歩幅データが必要になるが、これはあらかじめ登録したイベント参加者の身長から推測するものとする。すれ違い通信のプロトコルはBLE(Bluetooth Low Energy)を採用する。管理サーバへのデータ送信は、イベ

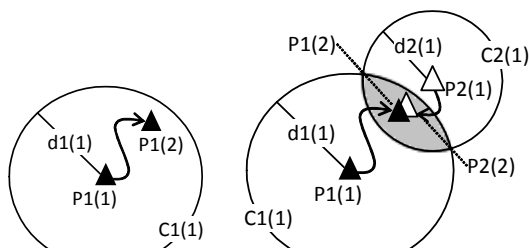


図1. 最大移動円 図2. 他イベント参加者との遭遇

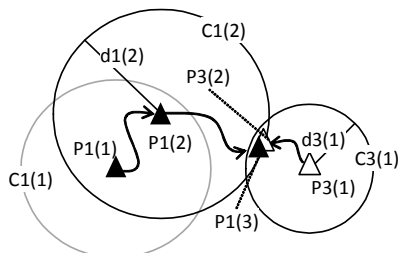


図3. 他イベント参加者との遭遇 (2回目)

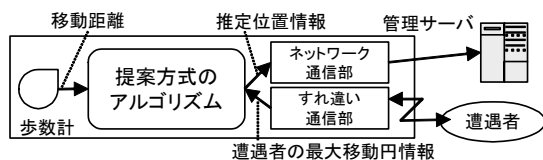


図4. 位置測位デバイスの構成

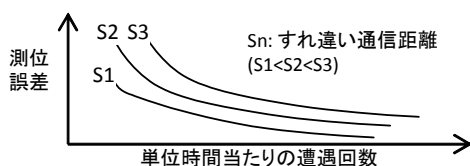


図5. 測位誤差と遭遇回数の関係

ント会場にあわせて、Wi-Fi や 3G/LTE などの無線ネットワークを利用するものとする。なお、提案方式は、加速度センサや BLE が利用可能なスマートフォンのアプリとして実装することも可能である。

4. 考察

提案方式は、3.3 で述べた位置測位デバイスをイベント参加者に持たせるだけでよく、屋内外を問わず利用することができる。また、環境側に測位装置を設置する必要がないため、大規模イベントにおいても、容易に導入することができる。さらに、遭遇した他のイベント参加者と個人を特定する情報を交換しないため、イベント参加者のプライバシーは保たれる。

提案方式の精度は、最大移動円が重なった領域の面積と相関関係があり、その面積が狭いほど精度が良くなる。これは、図5に示す通り、他のイベント参加者との単位時間あたりの遭遇回数が多い方がよいことを意味する。つまり、提案方式は、参加者が多いイベント会場への適用が適しているといえる。なお、提案方式の精度は、すれ違い通信の距離にも依存する。そのために、可能な限り短距離のすれ違い通信方式を採用するとともに、すれ違い距離を含めた誤差補正が必要となる。

また、提案方式に時間的要素(たとえば、他のイベント参加者と遭遇する時間間隔など)を取り入れることで、さらに精度を向上させたり、イベント参加者の動線だけではなく、イベント参加者の密集度を把握したりすることも可能になるものとする。

5. まとめ

大規模イベント会場における人の動線分析のための「すれ違い型位置測位方式」を提案した。今後は、提案方式に基づく位置測位デバイスのプロトタイプを用いて、実際のイベント会場への適用性を評価するとともに、その精度向上のための研究を進める予定である。

謝辞) 本研究の一部は、株式会社 KDDI 研究所との共同研究による。

文献

- [1] 本間, 間所, 佐藤: 「動線解析によるイベント会場での行動パターン分類」, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J95-D No.10 (2012)
- [2] 荻野, 北上, 宮西, 浦野, 白鳥: 「すれ違い通信を用いた GPS の精度向上手法に関する一考察」, 情報処理学会第 78 回全国大会論文集, 5C-02 (2016)
- [3] 梶, 岡田, 新田: 「歩行者自律測位のための機械学習を用いた動線推定」, 人工知能学会全国大会論文集 27 (2013)