

スマートフォンを用いた歩行者混雑予測システムの研究

木村 卓哉[†] 佐藤 翼[†] 袴田 和則[†]

総合警備保障株式会社[†]

1. はじめに

神社仏閣への初詣や花火大会などの大規模なイベントにおいて、刻一刻と変わる来場者の混雑をリアルタイムに把握し、群集の高密度化によって発生する雑踏事故を防がなければならない[1]。

我々は、これまで歩行者の歩行にかかる時間から、歩行者の混雑状況をリアルタイムに推定する技術の研究に取り組んできた[2]。混雑すればするほど歩行速度が遅くなる歩行者の特性[3]を利用し、歩行者の歩行速度を安価に計測し混雑状況を推定するシステム（以下、混雑推定システムとよぶ）の構築を行っている（Figure 1）。

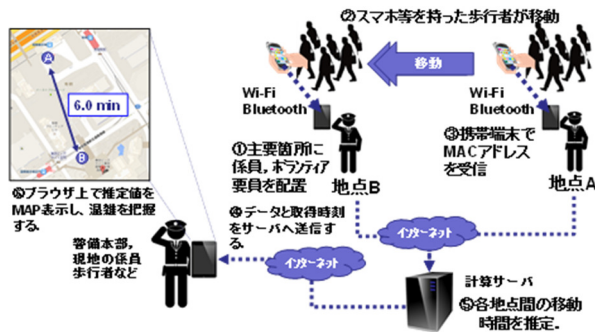


Figure 1 混雑推定システム[2]

一方、混雑が発生する前にそれを予測できれば、さらに事故防止の対処がしやすくなる。例えば、10分後に混雑する場所が分かれば、その場所へ流入する群集を別の場所へ誘導することで、危険な混雑を避けることができるようになるためである。

本稿は、歩行者のリアルタイムな混雑だけでなく、将来の混雑まで予測するためのアイデアについて述べ、我々が構築した混雑推定システムをベースにした予測システムの実験結果について述べる。

2. 歩行者混雑予測手法

2.1 群集歩行速度と群集密度

群集歩行速度と、その群集密度には、Figure 2に示すような関係があることが知られている[3]。

混雑推定システムを用いると、2地点間の移動にかかる時間がわかるため、群集歩行速度を算出することも可能である。そうして求めた歩行速度を $V[m/s]$ とし、Figure 2 の関係を F と書くと、群集密度 $D[人/m^2]$ を、 $D=F(V)$ 【式1】という形で推定することができる。

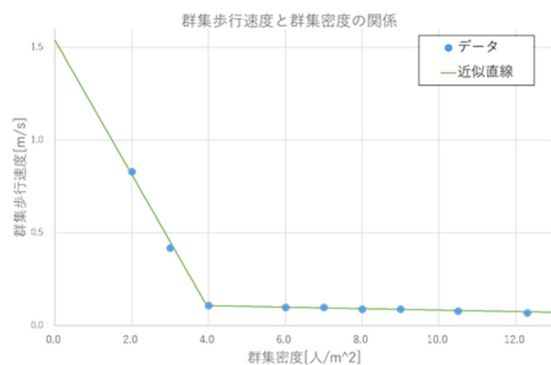


Figure 2 群集歩行速度と群集密度（データ出典[3]）

2.2 考案手法

車両の流動表現手法の一つに、ブロック密度法[4]がある。この手法は、道路を一定距離の区間に区切り、単位時間当たりに、各区間から流出する車両の量を、その区間の車両密度から算出し、次の時

刻の各区間の車両の量を計算する方法である。この方法を歩行者へ応用することを考える。

区間のインデックスを $x \in \{1, 2, \dots, M\}$ とする

(Figure 3)。時刻 t における区間 x の歩行者の数を $N_x(t)$ とする。区間 x の道幅を W_x 、距離を L_x とすると、 $N_x(t)$ は区間の群集密度 $D_x(t)$ を用いて、 $N_x(t) = D_x(t) \times W_x \times L_x$ 【式 2】 と書ける。

区間 x の群集歩行速度を $V_x(t)$ とすると、単位時間 ΔT の内に、区間 x から次の区間 $x+1$ へ移動する歩行者の数 $N_{x,x+1}(t)$ は、区間 x に歩行者が均一に存在すれば、 $N_{x,x+1}(t) = \frac{V_x(t)\Delta T}{L_x} N_x(t)$ と計算できる。

結局、区間 x の ΔT 後の人数 $N_x(t + \Delta T)$ は、区間 $x-1$ から区間 x へ流入する人数 $N_{x-1,x}(t)$ を加えて、 $N_x(t + \Delta T) = N_x(t) + N_{x-1,x}(t) - N_{x,x+1}(t)$ 【式 3】 と計算することができる。これを繰り返せば、目的の将来の混雑度を算出できる。

一方、この方法を用いる場合、例えば 30 分後の人数を求めようとすると、30 分間群集歩行速度が変化しない、という仮定が必要となる。この仮定を排除するため、【式 3】に【式 2】を代入して整理する。

$$D_x(t + \Delta T) = D_x(t) + \frac{V_{x-1}(t)\Delta T}{L_x} \frac{W_{x-1}}{W_x} D_{x-1}(t) - \frac{V_x(t)\Delta T}{L_x} D_x(t)$$

このように、群集密度 D を逐次計算し、【式 1】を逆に適用し、 $V_x(t + \Delta T) = F^{-1}(D_x(t + \Delta T))$ とすることで、群集歩行速度 V も逐次更新する計算が可能となる。以上の予測計算方法をまとめると、Figure 4 となる。

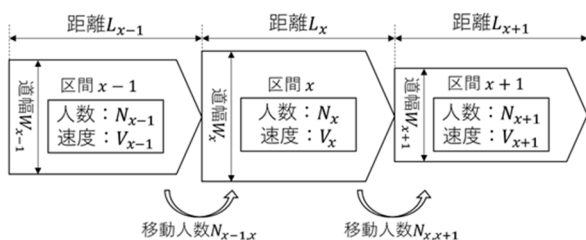


Figure 3 区間のモデル

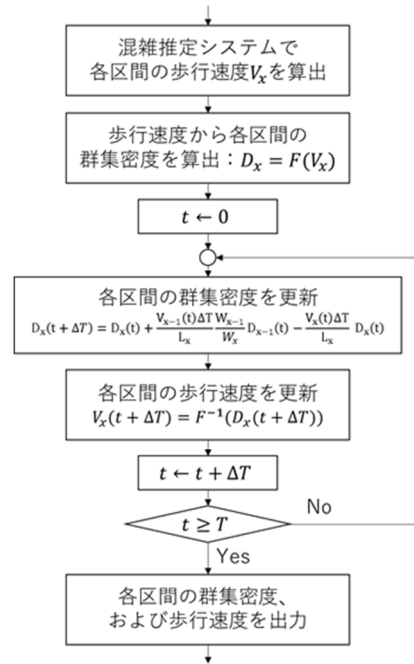


Figure 4 T 秒後の混雑を予測するフロー

3. シミュレーション実験

実験については会場で説明する予定である。

4 まとめ

歩行者が持つ携帯端末の無線通信機能を利用した、リアルタイムな混雑予測システムを考案した。今後は、実用化を考える上での課題が残されているため、その解決に取り組む予定である。

参考文献

- [1]屋外イベントの安全に関する共同研究会：屋外型イベント安全ノート(2014)
- [2]佐藤，木村，袴田：歩行者移動時間推定システムの実用化に向けた実地検証，第96回情報処理学会全国大会(2015)
- [3]全国警備業協会：雑踏警備業務の手引（上級）(2005)
- [4]桑原，吉井，堀口：ブロック密度法を用いた交通流の表現方法について，交通工学，Vol.32，No.4，pp.39-44(1997)