

屋外大規模イベントにおける群集規制モデルの構築

Construction of Crowd Control Model in Large-scale Outdoor Events

山下 倫央^{*1*2} 野田 五十樹^{*1*3}
Tomohisa YAMASHITA Itsuki NODA

^{*1}産業技術総合研究所 サービス工学研究センター
Center for Service Research, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

^{*2}科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 さきがけ
PRESTO, Japan Science and Technology Agency (JST)

^{*3}科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 CREST
CREST, Japan Science and Technology Agency (JST)

In a large-scale outdoor event like fireworks festivals, event managers make plan for security and efficient crowd control in order to give visitors entertainment about the event. However, in previous researches, the effect of crowd control is not estimated quantitatively. In this paper, we construct crowd control model in large-scale outdoor events.

1. はじめに

2020年に東京での開催が決定したオリンピックを控え、鉄道、自動車、航空路線を統合して、都市エリアの交通システムを効率的に運用しようという機運が高まっている。また、大規模集客施設では、これまでのイベント等と比較して、多数の来場者が訪れることを予測して、その対応策の準備を進めている。

数万人規模の人々が集まるイベントにおいては、運営者は来場者にイベントを楽しんでもらうことを意図するとともに、事前に誘導計画を立案して、安全で効率的なイベント運営を目指している。しかし、歩行者の誘導に関しては、道路交通における交通情報の収集・提供、信号制御といった車両を対象とした交通管制に比べて、大規模な来場者を対象とした誘導、停止および分断といった規制の効果は定量的に論じられていない。

このような背景を踏まえて、雑踏警備で行われる誘導手法をモデルを構築し、歩行者シミュレータへの実装を目指す。構築する群集規制モデルは、一次元空間モデルを採用している歩行者シミュレーション CrowdWalk [Yamashita 13] への実装を目指している。誘導手法を実装した歩行者シミュレータを用いることで、花火大会を始めとする屋外大規模イベントにおける誘導計画の効率性や安全性を定量的に検討可能になることを目指す。

2. 歩行者モデル

本論文では、一次元歩行者モデルを想定して、モデルを構築する [山下 12a]。一次元空間モデルは、リンクとノードを用いて歩行動線を単純化して表現している。歩行者が移動可能な領域をリンクで表現し、リンクがノードで連結される。そのため、一次元空間モデルでは、廊下や部屋がリンクとして扱われる。

図 1 (b) は、図 1 (a) で示される状況を一次元空間モデル

で表現したものである。歩行者密度が比較的高い場合、歩行者は先行する歩行者の直後を歩き、列を形成することが多い。この列の形成を車両用の道路におけるレーンと対応させ、仮想レーンと定義する。この仮想レーンは、廊下や部屋などを表すリンク上では並列して形成されると考え、リンクは複数の仮想レーンを持つことができるとする。

また、移動モデルとして、直前の歩行者との距離から移動速度を決定する速度関数を採用する。

歩行者の二次元平面上での歩行者間の相互作用を一次元に写像しているため、二次元連続空間モデルやセルオートマトンモデルと比較してボトムアップな混雑現象の再現精度という点では劣る。例えば、一次元歩行者モデルでは渋谷駅前のスクランブル交差点で見られる対向流における櫛状の列が形成される過程やその際の速度減衰、多数の避難者が扉に殺到した際の一時的に流量が低下するアーチ現象を直接的に再現することはできない。しかし、これらの現象も発生条件とその影響や継続時間が明確であれば、一次元歩行者モデルに織り込むことは可能である。

本稿では、対向流や交錯流の生じない比較的整流された一方向流を主として扱うことを想定しているため、一次元空間モデルの利用が適切であると考えられる。

3. 誘導モデル

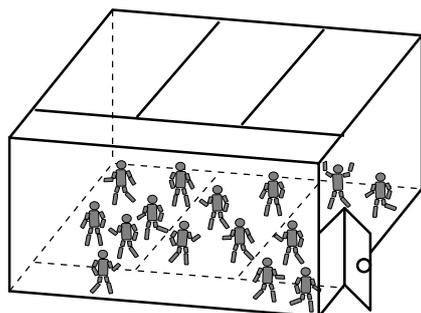
3.1 雑踏警備の分類

警察や警備会社が行う雑踏警備においては、安全確保のために「流動している群衆を急に止めない」、「停止している群衆を急に動かさない」という原則がある [警備 06]。

群衆がある一定の密度以上になった場合、規制の必要な群衆の先頭だけに停止の規制をかけると、その後が続く群衆は先頭が停止していることに気づかず前の人を押してしまうという事態が発生する。この力が蓄積すると転倒事故や圧迫事故を引き起こす。そのため、先頭を一時停止させる場合には、後方の人に先頭を一時停止させることを伝えるとともに、前の人を押さないことを伝えた上で、先頭を停止することが必要である。

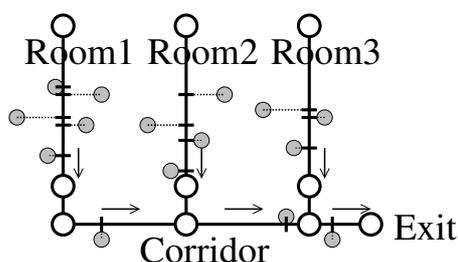
このような群衆の高密度状態を回避する方法として、下記

連絡先: 山下 倫央, 産業技術総合研究所 サービス工学研究センター, 〒 305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 2, Tel : 029-862-6722, Fax: 029-862-6548, E-mail: tomohisa.yamashita@aist.go.jp



(a) Real situation.

- Pedestrian



(b) 1D continuous space model.

図 1: Space model.

の分断, 通行規制, 整列といった誘導方法が挙げられる.

- 分断: 群集をある規模で分断する.
- 通行規制: 経路の片側通行, 一方通行, 迂回路を設定する.
- 整列: 入口の前などで直進する行列や蛇行する行列を作る.

本稿では, 屋外大規模イベントの帰宅動線において集中が生じる際に, 頻繁に用いられる分断誘導を取り上げる.

これらの誘導手法は, 開発中の歩行者シミュレータ CrowdWalk への実装を予定している. また, シミュレーションの適用対象としては, 福岡県北九州市で開催される関門海峡花火大会を想定している. 門司港側の花火打ち上げ終了後の帰宅動線における誘導効果の検証を目的として, 図 2 に示されるシミュレーションモデルの構築を進めている.

3.2 分断誘導

分断誘導の流れは次のようになっている. 分断の先頭となる位置で, 警備担当者が先頭の歩行者を停止させる. 行列の先頭だけを停止すると後方からの押される可能性があるため, 混雑状況によっては先頭の停止に加えて, 後方でも列の途中で歩行者を停止させる場所を設定することもある.

停止させた歩行者の移動を開始する場合, 制限を加えずに歩行者が歩き始められる場合と, ロープ状の推進帯を持った警備担当者が先導して, 先頭の歩行者の速度を抑制しつつ, 移動する場合がある. また, 後方の分断箇所においても停止していた歩行者の移動を開始する. 後方からの移動に関しても, 警備担当者が先頭の歩行者の速度を抑制することがある.

分断する群集の規模は動線の幅に依存するが, 通常は 200 人から 300 人が一つのクラスターとして分断することを意図す

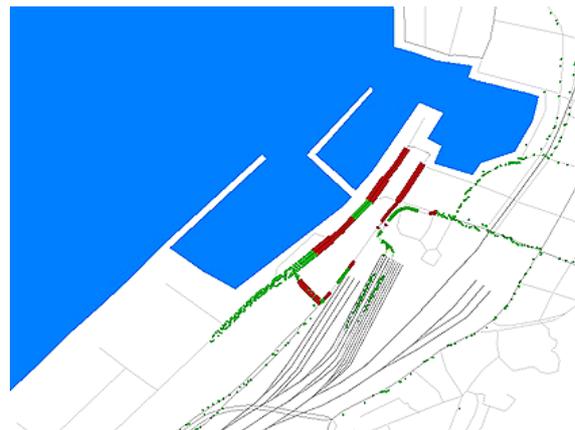


図 2: 関門海峡花火大会の帰宅動線をモデル化した歩行者シミュレータ CrowdWalk のスクリーンショット

る. しかしが, 正確に人数をカウントすることは困難であるため, 通常は後方の停止位置によってクラスターに含まれる人数を調整する.

今回の分断誘導モデルでは, 2 箇所群集を分断することを想定すると, 分断誘導に関するパラメータとして, 分断誘導の先頭の場所, 誘導時の移動速度, 分断誘導の後方の場所 (先頭の停止位置からの距離), 後方から先頭までの誘導時の移動速度が挙げられる. 繰り返して分断誘導を行う場合には, 分断誘導の先頭および後方を停止させた後に移動開始させるまでの時間が挙げられる.

分断誘導は, 複数の経路が合流する場所での衝突回避のために用いられることも多い. その場合には, 先頭の移動開始のタイミングは指揮者からの指示に基づいておこなわれる. どちらの動線の移動を優先的に開始するかは各経路の行列長や混雑状況に基づいて指揮者が決定する.

4. おわりに

本稿では, 大規模屋外イベントの群集流動の安全かつ効率的な制御のために雑踏警備で行われる誘導手法のモデル構築をおこなった. 歩行者シミュレーションへの実装に向けて, 誘導手法のモデル構築の対象として分断誘導を取り上げて, パラメータ化の対象を検討した.

参考文献

- [警備 06] 雑踏警備業務の手引き (上級), (社) 全国警備業協会編集発行 (2006).
- [山下 12a] 山下 倫央, 副田 俊介, 大西 正輝, 依田 育士, 野田 五十樹: 一次元歩行者モデルを用いた高速避難シミュレータの開発とその応用, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 7, pp. 1732-1744 (2012)
- [Yamashita 13] Yamashita, T., Okada, T., and Noda, I.: Implementation of Simulation Environment for Exhaustive Analysis of Huge-scale Pedestrian Flow, *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*, Vol. 6, No. 2, pp. 137-146 (2013)