

大規模群集流動の制御に向けた統合支援サービスの提案

山下 倫央^{†,††a)} 荒牧 英治^{†††,††} 宮部 真衣^{†††} 岩田 敦之^{††††}
 大西 正輝[†] 依田 育士[†] 野田五十樹^{†,††††}

Approach of Integrated Support Service Control of Huge-scale Pedestrian Flow

Tomohisa YAMASHITA^{†,††a)}, Eiji ARAMAKI^{†††,††}, Mai MIYABE^{†††}, Atsuyuki IWATA^{††††}, Masaki ONISHI[†], Ikushi YODA[†], and Itsuki NODA^{†,††††}

あらまし 2020年の東京オリンピックの開催を踏まえて、見物客に自発的に混雑緩和に協力してもらうための情報配信、見物客の計数や経路選択を調査するための人流計測、各種施策を評価する人流シミュレーションの導入といった大規模群集流動の制御に向けた統合支援サービスの実施を検討してきた。本稿では、2014年8月13日に関門海峡花火大会（門司側）で実施した人流計測や情報配信について概観し、今後のシミュレーションの適用に関する展望を述べる。

キーワード 人流計測、混雑情報配信、ガイドプロジェクション、群集流動シミュレーション

1. はじめに

2020年に開催が決定した東京オリンピックを控えて、都市交通の再設計、新たな観光スポットの創造、外国人観光客への対応力の強化といった多くの分野や業界でオリンピックの開催を歓迎する機運が高まっている。さらに、東京オリンピックの開催に付随して、数多くのイベントが開催される予定がある。数万人規模の来場者が想定されるイベントでは、事故防止の観点からだけでなく、来場者と運営者の双方の満足度の向上を含めて総合的なサービスといった観点から来場者の流れをデザインすることが求められている。東京オリンピックや連動して行われる大規模なイベントに関しては、これまでの知見の積み重ねが少ないため、駅や会場などでどのような混雑が発生するかを事前に想定するのは難しい。そのため、イベント開催時の混雑緩和の施策や緊急時の避難誘導支援といった群集的に誘導するための研究が重要度を増している。

このような背景を踏まえて、大規模群集流動の制御に向けた統合支援サービスとして、見物客に自発的に混雑

緩和に協力してもらうための情報配信、見物客の計数や経路選択を調査するための人流計測、各種施策を評価する人流シミュレーションの導入を検討してきた。より有用なサービスを実現するために、計測したデータ、分析結果、シミュレーション結果等を有機的に連携させることを進めている。本稿では、数万人規模の来場者が集まる関門海峡花火大会を対象として、2014年8月13日に実施した情報配信と人流計測を概説し、今後のシミュレーションの適用について述べる。

2. 統合支援サービス

情報配信、人流計測、シミュレーションからなる統合支援サービスを適用することで、安全を確保しつつ、快適さや効率の向上を目指してきた。本章では、2014年8月13日に関門海峡花火大会において、実際に我々が行った情報配信と人流計測について述べ、各種施策の影響を評価するための人流シミュレーションについて概観する。

関門海峡花火大会は福岡県北九州市門司区と山口県下関市の両岸で行われる花火大会で、毎年8月13日に開催される。近年では、花火大会全体としての来場者数は門司側100万人、下関側40万人と主催者発表されている。

統合支援サービスを実施した門司側では、花火観覧会場のある門司港への主な交通手段は鉄道で、花火打上終了後（20時40分）のJR門司港駅付近における流動制御が課題となっていた。これまで、帰宅する見物客が一斉に門司港駅に向かうことを防ぐために、花火大会終了後に花火観覧会場でステージイベント等を催して、見物客を会場に残そうという試みが行われてきていた。今回の統合支援サービスは、一斉帰宅の緩和と混雑状況の把握が目的である。

[†] 産業技術総合研究所 サービス工学研究センター、茨城県つくば市
 Center for Service Research National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba, 305-8568 Japan

^{††} 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)

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

^{††††} 西日本工業大学 デザイン学部、福岡県北九州市
 Faculty of Design, Nishinippon Institute of Technology, Kita-Kyushu-shi, 800-0394 Japan

^{†††} 京都大学 学際融合教育研究推進センター、京都府京都市
 Center for the Promotion of Interdisciplinary Education and Research, Kyoto University, Kyoto-shi, 606-8317 Japan

a) E-mail: tomohisa.yamashita@aist.go.jp

2.1 情報提供

情報配信の目的は、花火打上終了後の混雑緩和することで、見物客にすぐに帰宅させないことのために、WEB サイトを通じた混雑情報のガイドプロジェクトマップ技術に応じたガイディングを実施した。

2.1.1 Web サイトを通じた混雑情報

見物客に向けた混雑情報を WEB サイト「100ninmap」から配信をおこなった。^(注1)この混雑配信システムは「100ninmap」^[1]をベースされている。^(注2)

混雑状況を判定する計測員を関門海峡花火大会近から JR 門司港駅までの 3 つの帰宅動線上に配置する。各計測員が対象となっている帰宅動線状況を 10 分毎に 3 段階（順調、混雑、渋滞）での結果を情報集約係に報告する。^(注3)混雑状況の定義を下記に示す。

- 順調：自分の行きたい方向に走ることが出来る
- 混雑：見物客が全体としては動いており行きたい方向に走ることが出来ないが歩くことが出来る
- 渋滞：見物客が部分的に立ち止まることになり行きたい方向にまっすぐ歩いていけない（この交通規制で止められていることも含める）

上記の混雑状況の定義では明確な定量的基準が無く、計測員が実際よりも混雑の少ない状況と判断し報告されて、見物客が集中することを防ぐため順調と混雑、混雑と渋滞の判定で迷うことがおそれられ混雑、渋滞と判定するように指示を与えた。

情報集約係は各計測員から混雑の段階を受け取り、地図画像に混雑情報を重畳した後、配信用のサーバにアップロードする。計測員と情報集約係の通信には、インスタントメッセージ LINE を利用した。混雑情報の収集と配信の概要を図 1 に示す。

混雑情報が重畳された地図画像はスマートフォン対応の WEB サイト「じーもの花火混雑マップ」で閲覧可能となる。混雑情報を配信する WEB サイトを閲覧するブラウザ (iPhone の safari を利用時) のスクリーンショットを図 2 に示す。この WEB サイトには混雑情報だけではなく、花火大会会場のイベント情報や見物客のつづやきが掲載されている。

2.1.2 ガイドプロジェクト

大規模なイベントにおいては、特定の施設や場所に数万人の来場者が集まるため、スマートフォンによる情報閲覧が一時的に困難になることが懸念される。そのため情報配信は WEB サイトだけではなく、経路情報やイベント情報の配信にプロジェクトマップ技術を応用

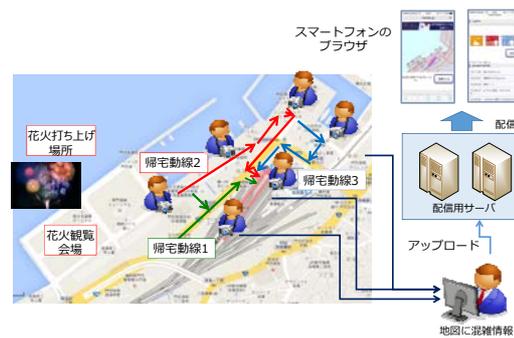


図 1 混雑情報の収集と配信の概要

Fig. 1 Outline of collection and distribution of congestion level.



図 2 混雑情報配信 WEB サイト「じーもの花火混雑マップ」のスクリーンショット

Fig. 2 Screenshot of WEB site for congestion level distribution.

したガイドプロジェクト (Guide Projection) によって見物客に情報提供を行う。

図 3 に示されるガイドプロジェクトでは、1 行 15 文字程度で 3 行の文字情報を建物の壁面に投射し、経路情報やイベント情報の提供をおこなった。関門海峡花火大会会場付近から JR 門司港駅までの帰宅動線上の 3 か所でガイドプロジェクトを実施した。地図に混雑情報を重畳した細かい画像を配信するには向かないが、特別なデバイスを持たない見物客に一度に情報を配信することに適している。

花火打上会場から門司港駅に向かう経路情報に関して、

(注1): じーもは福岡県北九州市門司区のマスコットである。
http://www.city.kitakyushu.lg.jp/moji/file_0006.html

(注2): 100人で作る京都地図。
<http://www.100ninmap.com/>

(注3): 今回の混雑状況の判定は計測員が主観的判断で行い、次節で紹介するステレオカメラで計測したデータは用いなかった。



図 3 ガイドプロジェクションの実施例
Fig.3 Practical example of Guide Projection.

帰宅動線 1 への入場規制がかけられた際に、海峡花火大会実行委員会の指示に従って、「門司港駅方向」を「右折方向 混雑中」に差し替えた。イベント情報として、花火打上終了のステージライブの出演者とタイムスケジュールを配信した。その他の情報として、「じーもの花火混雑マップ」に誘導するために、関門海峡花火大会公式サイトからリンクがあることと、「じーもの花火混雑マップ」で検索」を配信した。門司警察署からの依頼を受けて、不審物を発見した場合の対応も配信した。

2.2 人流計測

人流計測は、花火大会の見物客の経路選択や混雑状況を計測するために実施し、ステレオカメラによる各帰宅動線を通る見物客の計数、ビデオカメラによる混雑状況の記録、計測員による花火大会会場から門司港駅までの所要時間の計測を行った。

2.2.1 ステレオカメラによる計測

関門海峡花火大会では、花火大会会場から JR 門司港駅までは図 1 に示される 3 つの帰宅動線がある。今回のステレオカメラを利用した計測ではマクロレベルでの経路選択にも着目して、それぞれの帰宅動線の通過する人数を計数する。

産総研で開発しているユビキタスステレオカメラ 4 台を街路灯の地上高 4m 部分に設置し、5m × 5m を対象範囲として、ステレオカメラを用いて道路を通過する歩行者の視差画像を得る。視差画像から歩行者を抽出し、座

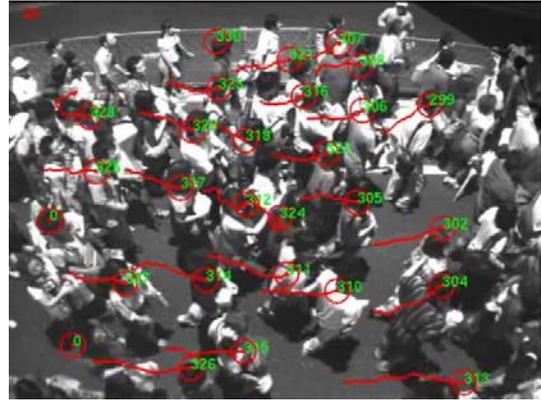


図 4 ステレオカメラによる人流計測の例
Fig.4 Measurement of pedestrian flow with stereo camera.



図 5 デジタルビデオカメラによる計測の例
Fig.5 Measurement of pedestrian flow with digital video camera.

標や移動速度を算出する。図 4 に示す。取得した歩行者データは、見物客の動態を把握するだけではなく、群集流動シミュレータの歩行速度モデルの精緻化にも利用可能である [2]。

今回の人流計測においては、JR 門司港駅構内の改札上の天井にも深度センサ (Xtion PRO LIVE) 7 台を設置して、JR 門司港駅からの流出者数と流入者数を計測した。

2.2.2 ビデオカメラによる計測

ステレオカメラでは詳細なデータが計測できるが、計測可能な範囲は 5m 四方と限られている。そのため、ステレオカメラの補完的な役割として、ビデオカメラを導入し、花火大会会場付近や門司港駅付近の高所に設置した。

ビデオカメラによって計測した混雑状況の記録から、門司港駅周辺の混雑状況の定性的な推移を把握することができる。また、推進帯を利用した分断誘導の実施時間の間隔を算出することもできる。ビデオカメラによって計測された混雑状況の例を図 5 に示す。

2.2.3 帰宅所要時間の計測

各時間帯における JR 門司港駅までの所要時間や移動速度を計測するために、ハンディ GPS を持った計測員が花火大会会場付近の指定箇所から JR 門司港駅まで徒歩で移動して、その所要時間を計測した。計測員は移動の

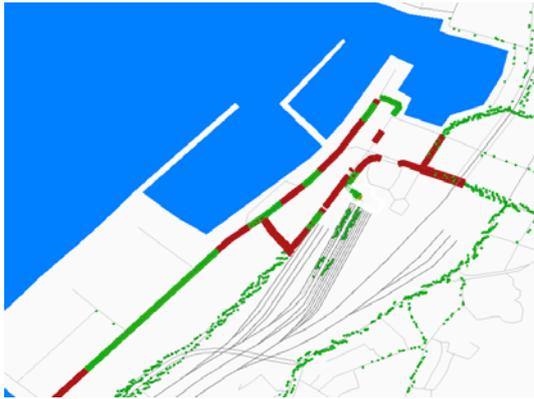


図 6 関門海峡花火大会の帰宅動線をモデル化した歩行者シミュレータ CrowdWalk のスクリーンショット

Fig. 6 Screenshot of pedestrian simulation CrowdWalk modeling Kanmon Strait Fireworks Festival

際、周囲の見物客を走って追い抜いたり、ゆっくり歩くことなく、速度を合わせて移動する。帰宅動線に混雑が発生する前の 19 時から 15 分おきに計測員は出発する。3 つの帰宅経路に対して、それぞれ計測員が移動して所要時間を計測する。

2.3 シミュレーションの適用

これまでは群集流動シミュレータを用いて、実際の群集流動をモデル化しようとしても、その正しさを評価するデータがほとんどなかった。関門海峡花火大会を対象とした統合支援サービスにおいては、データ計測とその応用手法が洗練されつつあり、既に歩行者の移動データを用いて密度-速度関数の精緻化を行う手法は確立している。さらに、計測員による門司港駅までの所要時間の計測により、花火大会会場からの帰宅開始時間と JR 門司港駅までの移動時間の関係が明らかになってきた。このデータはシミュレーション結果の正しさを評価することができるため、現実により近い群集流動シミュレーションを実装することが可能となる。

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かった。このような背景を踏まえて、群集規制モデルの構築をおこない [3]、歩行者シミュレータ CrowdWalk [4], [5] への実装を進めている。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。シミュレータの利用方法としては、少数の条件下での結果を比較するのではなく、クラスター環境において数十万の試行を検証することで、系の傾向を把握するという利用方法の確立を目指している。

2.4 今後の展開

今回の統合支援サービスでは、情報配信、人流計測、シミュレーションを実施してきたが、各要素技術の実地検

証とデータの蓄積という色合いが強く、混雑状況に合わせて動的に機能することや互いに連携することはなかった。そのため、今回のサービスの実施により各要素技術には問題がないことが確認されたため、今後は情報配信、人流計測、シミュレーションの連携を深めて、新たなサービス提供を行うことを考えている。

「じーもの花火混雑マップ」においては計測員によって集められた混雑情報に、ステレオカメラで得られた情報をリアルタイムに追加することも有用である。ガイドプロジェクションで、混雑やイベントに関する大枠の情報を配信し、その情報に喚起された来場者が自分の携帯端末を用いて詳細な混雑情報、交通情報、経路情報を確認するといった仕組みも考えられる。

また、今回の計測員による各経路の所要時間の計測を行ったが、時間帯によっては所要時間に大きな差が出るということが確認された。この情報を広く公開するか、留めておくかを決定するために、公開することが混雑を軽減させるか、かえって悪化させるかを検討する手段として、シミュレーションが有効である。

3. おわりに

本稿では、大規模群集流動の制御に向けた統合支援サービスの実現に向けて、数万人規模の来場者が集まるイベントとして関門海峡花火大会を取り上げ、2014 年 8 月 13 日に実施した人流計測と情報配信と群集流動シミュレーションの展開について説明した。また、今回のサービスの実施を踏まえ、今後の情報配信、人流計測、シミュレーションの連携について概説した。

謝辞

関門海峡花火大会における統合支援サービスの実施に向けて、多くのご協力をいただいた海峡花火大会実行委員会門司、北九州市門司港レトロ課、門司区役所、門司警察署の皆様へ深く感謝いたします

文 献

- [1] 宮部真衣, 北 雄介, 久保 圭, 荒牧英治, “街歩きで作り出す都市の様相地図 -位置情報付きの様相記録収集の取り組み-” 情報処理学会, グループウェアとネットワークワークショップ 2013 (GN Workshop 2013) 論文集, pp.1-8, 2013.
- [2] 野中陽介, 大西正輝, 山下倫央, 岡田 崇, 島田敬士, 谷口倫一郎, “大規模な避難シミュレーションのための歩行速度モデルの精緻化” 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), vol.6, no.2, pp.137-146, 2013.
- [3] 山下倫央, 野田五十樹, “屋外大規模イベントにおける群集規制モデルの構築” 人工知能学会全国大会 2014 (JSAI2014) 予稿集, pp.1-2, 2014. 1C4-OS-13a-4.
- [4] 山下倫央, 岡田 崇, 野田五十樹, “大規模群集流動の制御に向けたシミュレーション環境の構築” 合同エージェントワークショップ & シンポジウム JAWS (Joint Agent Workshop and Symposium) 2012 予稿集, 2012.
- [5] T. Yamashita, T. Okada, and I. Noda, “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.