

Twitter による群衆密度の推定

— 第 29 回関門海峡花火大会での実証実験 —

柴田大作¹ 若宮翔子¹ 宮部真衣² 大西正輝³ 山下倫央³ 野田五十樹³ 荒牧英治¹

1 奈良先端科学技術大学院大学 〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5

2 和歌山大学 システム工学部 〒640-8510 和歌山県和歌山市栄谷 930

3 産業技術総合研究所 人工知能研究センター 〒305-8560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 1

E-mail: 1 : {shibata.daisaku.rr8, wakamiya, aramaki}@is.naist.jp

2 : miyabe@sys.wakayama-u.ac.jp

3 : onishi@ni.aist.go.jp, {tomohisa.yamashita, i.noda}@aist.go.jp

あらまし 本研究では群衆密度と眩き数の関係を分析・考察する。SNS を実空間分析に適用した研究は多くあるが、数万人規模の大型イベントに対して適用した研究は報告されていない。我々は第 29 回関門海峡花火大会において会場の群衆密度を目視により測定した。これを正解データとし、SNS によって取得した眩き数、ステレオカメラによって撮影した画像から算出した推定滞在者数、そしてマイクによって測定した会場周辺の音の大きさと比較する。その結果、花火前は SNS、花火中はステレオカメラ、花火後はマイクとの相関係数が最も大きいことが明らかになった。この結果より、単一の手法に頼るのではなく、各々の手法を組み合わせることで群衆密度を推定することが重要であるという知見が得られた。

キーワード Twitter, SNS, 群衆密度, 人流解析, ソーシャル・コンピューティング

1. はじめに

Twitter に代表されるソーシャルメディア（以下、SNS）の普及により、かつてない膨大な量の情報が発信・共有されている。これに伴い、様々な社会現象や自然現象について SNS を通じて把握する試みに注目が集まっている。これらはソーシャルセンサと呼ばれ、地震の検出 [1]、感染症の広がり [2] や株価の変動推定 [3] など、様々な分野で有効性が確かめられてきた。中でも実空間分析に SNS を適用した研究は複数存在する。

実空間分析に関する研究は、渋滞の緩和、警備などの安全の向上、災害時における避難の迅速化など多くの重要な応用先がある人流解析を中心に行われている。従来、人流解析は人手による目視や定点カメラによる観測によって行われてきた。定点カメラは低コストであるが、事前にカメラの設置位置を決めておく必要があるため、想定外の箇所の人流把握は困難である。反対に人手による目視は高コストであるが、想定外の箇所の人流把握に対応することが可能である。

本研究では代表的な SNS である Twitter を用いた混雑度合い（以降、群衆密度と呼ぶ）の推定を試みる。第 29 回関門海峡花火大会において、会場内の混雑情報を目視により取得し、同時に SNS による会場周辺とイベントに関する眩き数、ステレオカメラによる会場の流入・流出者数、マイクによる会場内の音の大きさを測定（図 1）し、それぞれの手法により群衆密度を推定した。関門海峡花火大会は来場者数が約 115 万人に上



図 1 会場の様子

る大規模なイベントである。本稿では、目視により推定した群衆密度とその他の手法で推定した群衆密度を比較した結果を報告する。

2. 関連研究

群衆密度を推定する研究としては、ビデオカメラと地理情報システムを組み合わせることで、リアルタイムな群衆密度のモニタリングの可能性を示したもの [4] やワイヤレスセンサネットワークにより群衆密度を推定したもの [5] などがある。

また、スマートフォンを用いた研究も行われている。例えば、混雑時の歩行速度の変化に注目したものは、スマートフォンに搭載されているマイクと加速度センサにより、周囲の音およびユーザの歩行動作をセンシングすることで、周囲の混雑状況を推定している [7]。

さらに、加速度センサにより歩幅を検出し、歩幅の違いから混雑度を推定し、さらに足を出す周期も考慮することで混雑度推定の精度を向上させたもの[8]も報告されている。

このように、カメラやスマートフォンの各種センサによる群衆密度の推定に関する研究は多く報告されている。しかし、カメラでは決まった場所しか測定できないという問題があり、柔軟性に欠ける。また、スマートフォンでは何かしらのアプリケーションを仲介する必要があると考えられ、多くの人々に使用してもらうことは難しい。そのため本研究では、幅広く利用されている SNS の一つである Twitter を用いて群衆密度の推定を行う。

Twitter を用いた研究として、ある地点における群衆の数とツイート数との関係をモデル化し、その有用性も研究 [6] によって示されている。本研究では、[6] で使用されているツイート数に加え、ステレオカメラによる推定滞在者数と、マイクによる会場音の大きさを指標として新たに追加した。ソーシャルセンサと物理センサという異なるセンサを用いた群衆密度推定の可能性を検討する。

3. 群衆密度データの構築

従来の代表的な人流解析手法の一つとして、目視による観測がある。本章では、目視により観測された混雑状況から群衆密度を推定する手法について説明する。

3.1 混雑状況の判定

我々は関門海峡花火大会において「じーもの花火混雑マップ」を運営し、会場の混雑状況を配信している(図2)。本マップは来場者のスムーズな移動を手助けするものであり、来場者は目視での計測のために設定されたエリア(12エリア)の混雑状況を「制限」「渋滞」「混雑」「順調」の4種類により知ることが可能である。

4種類の混雑状況の定義を以下に示す。

- **制限**: 通行が制限されている状態。
- **渋滞**: 見物客が部分的に立ち止まっており、行きたい方向にまっすぐ歩いていくことができない状態。
- **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できないが、歩いていくことはできる状態。
- **順調**: 自分の行きたい方向に走ることができる状態。

これらの混雑状況は計測員の目視により主観で計測される。具体的には、各エリアに割り当てられた計測員(2名ペアで各エリアを担当)が混雑状況を10分毎に報告する。図3に10分毎の各エリアにおける混雑状況をまとめた結果を示す。



図2 じーもの花火混雑マップ: 図中の番号はエリアを示す。

3.2 群衆密度の算出

各時間帯の混雑状況をもとに群衆密度を推定する(式(1))。

$$Crowd(x, y, z) = w_1 \cdot x + w_2 \cdot y + w_3 \cdot z \quad (1)$$

ここで、*Crowd* は群衆密度を算出するための関数であり、変数 *x, y, z* はそれぞれ「渋滞」「混雑」「順調」と判定されたエリア数である。*w₁*, *w₂*, *w₃* はそれぞれ「渋滞」「混雑」「順調」に対する重みである。本稿では *w₁*=10, *w₂*=5, *w₃*=1 に設定¹した。例えば、18時30分では *x*=2, *y*=5, *z*=5 であるため、群衆密度は50となる。

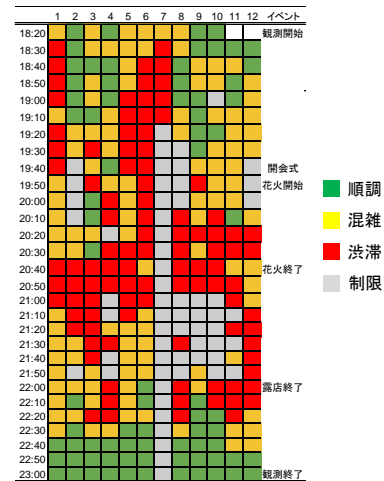


図3 第29回関門海峡花火大会の混雑状況: 1行目の番号はエリア番号を示す。

4. 群衆密度の推定手法

SNS (呟き), ステレオカメラ (画像), マイク (音) により群衆密度を推定する手法を説明する。

4.1 SNS (呟き) による推定

実空間におけるイベントの群衆密度と Twitter の呟き数は相関すると想定し、関門海峡花火の開催期間日である、2016年8月13日のツイートを取得した。ツイ

¹ 重みは研究協力者との協議によって決定した。

ートの取得開始時間は、目視による混雑状況の観測が開始された 18 時 20 分から、花火大会が終了した 23 時にかけて、以下の 3 種類のツイートを取得した。

- (A) 明確位置情報ツイート：関門海峡から半径 10km 以内において、実際の位置情報を付与して呟かれたツイート（例．門司港駅など）。
- (B) 曖昧位置情報ツイート：Twitter のプロフィールの位置情報を関門海峡から半径 10km 以内に設定しているユーザや、大まかな位置情報を付与して呟かれたツイート（例．福岡県北九州市など）。
- (C) 関連ツイート：検索キーワードを「関門海峡花火大会」、「門司港花火大会」、「門司花火大会」、「下関花火大会」に設定し、取得されたツイート（例．関門海峡花火うら！など）。

図 4(a)に各タイプのツイート数の推移を示す。なお、本稿において、花火開始前の時間帯である 18 時 20 分から 19 時 39 分をまとめて「花火前」、19 時 40 分から 20 時 39 分までを「花火中」、20 時 40 分から 23 時までを「花火後」とする。

4.2 ステレオカメラ（画像）による推定

代表的な人流解析手法として、定点カメラによる観測がある。本節では、会場へやって来た人数（流入者数）と会場から出て行った人数（流出者数）を定点カメラによって観測し、これらに基づき滞在者数を推定する手法を示す。今回、最寄り駅である門司港駅に設置したステレオカメラのデータから、文献[9]の手法を用いて流入者数と流出者数を計測し、以下の手順で滞在者数（以降、推定滞在者数と呼ぶ）を推定する。

Step1: 初期滞在者数 α の算出

流入者数と流出者数に基づき滞在者数を推定するために、元々の滞在者数を求める必要がある。我々が流入・流出者数の計測を開始したのは 16 時であるため、それ以前の初期滞在者数 α を求める。図 2 の混雑状況に基づき、23 時以降の滞在者数を 0 人と仮定する。これにより、各時間の流入者数と流出者数の差分の総和は α に等しくなる（式(2)）。

$$\alpha = \sum_t^T (i_t - o_t) \quad (2)$$

ここで、 i_t は時間 t の流入者数、 o_t は時間 t の流出者数である。

Step2: 各時間の推定滞在者数の算出

Step1 で求めた初期滞在者数 α と流入・流出者数を用いて、各時間における滞在者数を推定する。

図 4 (b) に 10 分ごとの流入者数と流出者数の推移とこれらから求めた推定滞在者数の推移を示す。

4.3 マイク（音）による推定

マイクを用いて会場音（最大値と最小値）を測定した。

なお、この測定にはサンコー社の騒音計(RAMA11008)を用いた。2 人の計測員が同時に測定したため、両者の計測値の平均値を測定値として用いる。図 4(c) に会場音の計測値を示す。

5. 実験結果

目視による混雑状況から推定した群衆密度（3 章）を正解データとして、他の 3 つの測定手法（SNS（呟き）による手法（4.1 節）、ステレオカメラ（画像）による手法（4.2 節）、マイク（音）による手法（4.3 節））の結果と比較する。

5.1 群衆密度

群衆密度と各推定手法の相関係数をまとめたものを表 1 に示す。群衆密度は花火前から徐々に上昇し、花火打ち上げ終了直後の 20 時 40 分にピークとなり、その後減少していく。

5.2 呟きと群衆密度

10 分毎の各ツイート数の推移を図 4(a) に示す。明確位置情報ツイート数は花火中（20 時 10 分）に、曖昧位置情報ツイート数は花火後すぐ（21 時 00 分）に、関連ツイート数は花火後 1 時間以上経ってから（21 時 50 分）最大値となる。合計ツイート数も同様に花火後 1 時間以上経ってから（21 時 50 分）最大値となる。

次に、10 分毎の各ツイート数と群衆密度についてまとめたものを表 1 と図 5(a) に示す。明確位置情報ツイートについては、花火前は弱い正の相関 ($0.2 < r < 0.4$) があり、花火中と花火後には正の相関 ($0.4 < r < 0.7$) が見られる。従って、花火中と花火後については群衆密度を推定する手法として呟きを利用することは有効であると思われる。しかし、サンプル数が少ないため今後の検討が必要である。

合計ツイートについては、花火前は弱い負の相関 ($-0.4 < r < -0.2$) があり、花火中と花火後には弱い正の相関 ($0.2 < r < 0.4$) が見られる。花火中に比べ、花火後の相関係数は 0.38 と大きくなっていることから、花火後の群衆密度を推定する手法として有効であると思われる。

5.3 推定滞在者数と群衆密度

10 分毎の流入者／流出者数に基づく推定滞在者数の推移についてまとめた結果を図 4(b) に示す。推定滞在者数は花火前から徐々に上昇し、花火中の 20 時にピークとなり、その後減少していく。

また、10 分毎の群衆密度と推定滞在者数の推移についてまとめた結果を表 1 と図 5(b) に示す。花火前は弱い正の相関 ($0.2 < r < 0.4$)、花火中は強い負の相関 ($-0.9 < r < -0.7$)、花火後は正の相関 ($0.4 < r < 0.7$) が見られる。花火中は負の相関、花火前と花火後は正の相関を示すことから、推定滞在者数は群衆密度と連動しており、群衆密度を推定する手法として有効であると思わ

れる。

5.4 会場音と群衆密度

10分毎の音の大きさ（最大値および最小値）の推移を図4(c)に示す。会場音の大きさは花火の打ち上げが開始された19時40分に最大値、花火後の22時50分に最小値となる。

10分毎の群衆密度と音の大きさ（最大値および最小値）の推移についてまとめた結果を表1と図5(c)に示す。花火中は音の最小値に正の相関 ($0.4 < r < 0.7$)、花火後には音の最大値に正の相関 ($0.4 < r < 0.7$) ならびに音の最小値に強い正の相関 ($0.7 < r < 0.9$)を示す。つまり、会場音の大きさは花火中と花火後に群衆密度を推定する手法として有効であると思われる。

6. 考察

表1 群衆密度との相関係数

手法	詳細	花火前	花火中	花火後
SNS	明確位置情報ツイート	0.37	0.54	0.44
	曖昧位置情報ツイート	0.04	0.29	0.27
	関連ツイート	-0.33	0.10	0.36
	合計ツイート	-0.21	0.26	0.38
ステレオカメラ	推定滞在者数	0.34	-0.83	0.68
マイク	音の最大値	0.13	0.23	0.69
	音の最小値	0.11	0.51	0.76

5章の実験結果から、花火前はステレオカメラ、花火中と花火後はマイクを用いることが有効であると思われるが、一概にそう言うことは難しいことが分かった。なぜならば、ステレオカメラとマイクはバッテリー切れや機器の故障などの、突発的なアクシデントに対して弱いためである。またこれらの機器は、測定場所に設置する必要があるため、想定できる範囲を柔軟に変更することができず、コストも大きい。そのため場所を選ばず、いつでもどこでも計測が可能なTwitterと比較して自由度が低い。しかし、相関係数、つまり精度の面ではステレオカメラやマイクが勝っていることから、ソーシャルセンサと通常のセンサの両方をうまく組み合わせて用いることが実空間測定において非常に重要であると思われる。

7. まとめ

本稿では、群衆密度推定手法としてSNS（呟き）、ステレオカメラ（画像）、マイク（音）を挙げ、これらと目視による混雑状況から推定した群衆密度との関係を調査した。その結果、ステレオカメラとマイクの相関係数がSNSとの相関係数に比べ大きくなった。しかし、各々の手法には長所と短所があることから、一概にステレオカメラとマイクが有効であるとは言い難く、ソーシャルセンサと通常のセンサを組み合わせることが、特に大規模な実空間分析を実施する際には重要である

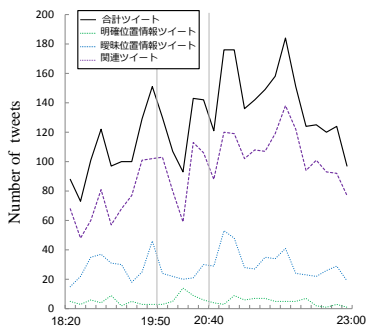
と思われる。

謝辞

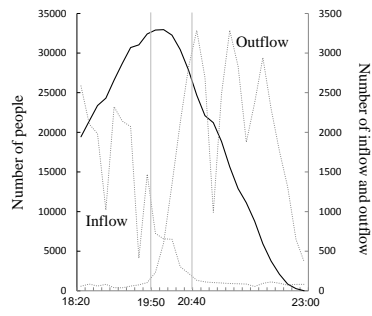
本研究の一部は、JST ACT-I, JSPS 科研費若手研究 (B) (16K16057) の助成を受けて実施しています。ここに記して謝意を示します。また、関門海峡花火大会におけるじーもの花火混雑マップの配信に際し、多くのご協力をいただいた海峡花火大会実行委員会門司、JR 門司港駅、北九州市門司港レトロ課、門司区役所、門司警察署の皆様には深謝申し上げます。

参考文献

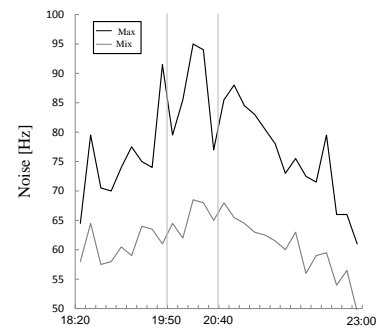
- [1] Sitaram Asur, Bernardo A. Huberman, “Predicting the future with social media”, In Proc. of IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT), Vol. 1, pp. 492-499, 2010.
- [2] Hayate Iso, Shoko Wakamiya, Eiji Aramaki: Forecasting Word Model: Twitter-based Influenza Surveillance and Prediction, In Proceedings of the International Conference on Computational Linguistics (COLING), pp. 76-86, 2016.
- [3] Johan Bollen, Alberto Pepe, Huina Mao, “Modeling public mood and emotion: Twitter sentiment and socio-economic phenomena”, In WWW2010, 2010.
- [4] H. Song, X.Liu, X.Zhang and J.Hu, “Real-time Monitoring for Crowd Counting using video Surveillance and GIS”, In Proc. of International Conference on Remote Sensing, 2012.
- [5] Y.Yuan, J.Zhao, C.Qiu,W.Xi, “Crowd Density Estimation Using Wireless Sensor Networks”, In Proc. of International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, pp. 138-145, 2011.
- [6] Masaki Onishi, Shinosuke Nakashima, “Mutual Interaction Model between the Number of people in Real Space and the Number of Tweets in Virtual Space”, In Proc. of International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 2016.
- [7] 西村友洋, 樋口雄大, 山口弘純, 東野輝夫, “スマートフォンを活用した屋内環境における混雑センシング”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム, 2013
- [8] 米村淳, 大岸智彦, 井戸上彰, 小花貞夫, “スマートフォンを用いた混雑度推定手法の提案と評価”, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-MBL-67, No. 5, pp. 1-8, 2013
- [9] 山下倫央, 大西正輝, “オリンピックのための情報処理: 2. オリンピックにおける人の流れの解析”, 情報処理 55(11), pp. 1189-1195, 2014-10-15



(a) 吹き数

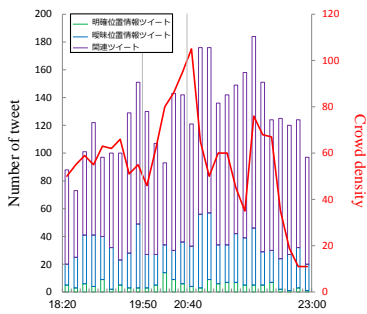


(b) カメラによる推定滞在者数

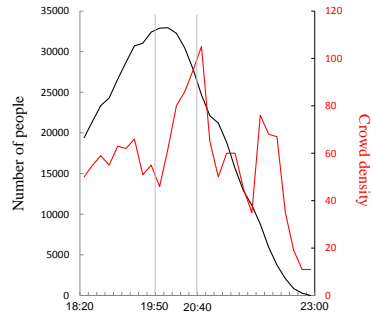


(c) 会場音

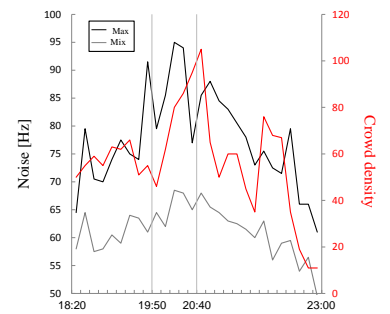
図 4 各手法の 10 分毎の取得データ



(a) 群衆密度と吹き数の関係



(a) 群衆密度と推定滞在者数の関係



(c) 群衆密度と会場音の関係

図 5 群衆密度と各手法の取得データとの比較. 折れ線 (赤) は群衆密度を表す.