西成 活裕 Nishinari Katsuhiro
東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授

特集1 OVERVIEW

混雑時の危険を減らす群集マネジメント
安全・安心・快適な移動の実現を目指す

大勢の人で混雑している場所は単に不快なだけでなく、事故のリスクとも隣り合わせだ。事故のリスクを低減し、人々が安全・安心に、そして効率よく快適に移動できるようにするために、東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻の西成活裕教授は、混雑時の危険を減らす群集マネジメント研究を進めてきた。研究の概要、4万人が集まる東京ドームや日々300万人が行き交う新宿駅で行った実証実験、今後の展望などについて聞いた。

流れる・詰まる現象は普遍的 渋滞を切り口に多分野を研究

野球の試合や大規模コンサートに4万～5万人の観客が集まる東京ドーム。イベント終了後、周辺の道は大混雑となる。また、日々300万人が行き交う新宿駅は、特に通勤ラッシュ時に人の流れが滞る。両者に共通するのは群集事故のリスクだ。群集事故といえば2022年、韓国・梨泰院の群集なだれが記憶に新しいが、大勢が集まる場をいかに安全・安心なものにするかは世界的な課題となっている。日本の群集マネジメント研究を牽引（けんいん）しているのは「渋滞学」の創始者である東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻の西成活裕教授だ。

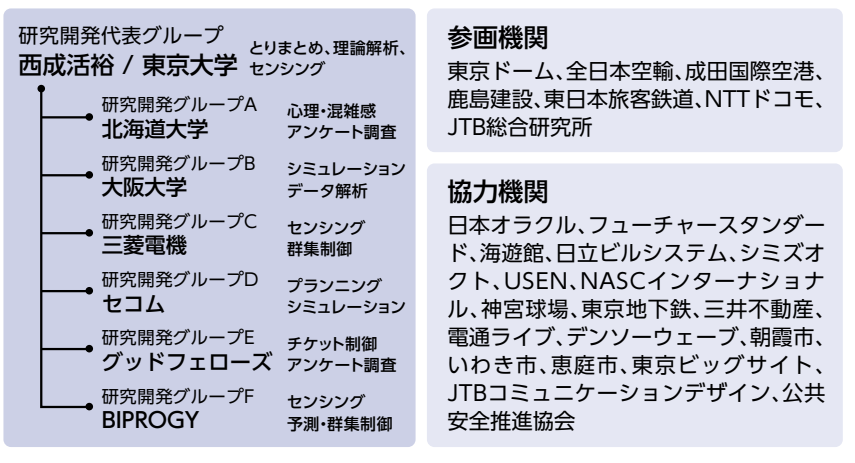
学生時代に流体力学を学んでいた西成さんは、ふと、大嫌いな交通渋滞を流体力学や数学で解決できないかと思いついた。駅や繁華街の混雑は皆が解決したいことだ。身近でありながら深く、社会に役立つテーマのため、一生を賭ける価値があると考えるようになったという。渋滞学に取り組み始めると、周囲から続々と「密なスケジュールは仕事の渋滞」や「バブル崩壊はいわばお金の渋滞」などの反応があった。医学部の友人からは「神経細胞上で動きの悪いたんぱく質を、たまにしか運転しない人に例えて『サンデードライバー』と呼ぶ」と聞いた。

「流れる・詰まるという現象には普遍性があり、その概念は万物に応用できそうだと気づき、渋滞という切り口からさまざまな分野の研究に取り組んできました」。渋滞学で著名になった西成さんは、2010年にサウジアラビアで開催された「クラウドマネジメントフォーラム」に招かれた。そこで、同国では1週間で約300万人がメッカを訪れる「メッカ巡礼」で、多い年は2000人もの人々が群集事故で命を落とすことを知った。同国はカメラの設置場所や警備員の配置などをシミュレーションし、科学的にリスクの低減に取り組んでいた。

「日本ではどう群集マネジメントをしているのか」と質問されたが、科学的な研究例は思い当たらなかったという。これまでは交通渋滞に関する研究が多く、各研究が交わることはあまりなかった。「これをきっかけに、混雑に関するさまざまな研究を統合し、群集マネジメントとして科学的に体系化する必要があると気づいたのです」。西成さんは、すぐにさまざまな分野の企業や研究者に声をかけた。関連分野には、カメラや画像認識技術などのセンシング技術、センシングデータから人流をシミュレーションする技術、警備計画のノウハウなどが含まれる。

さらに、歩行者に誘導に従ってもらいやすくする方法の検討のため、心理学や経済学の研究者にも加わってもらった。イベント会場の運営企業や鉄道会社、自治体などにも協力を依頼し、2017年にJSTの未来社会創造事業で、群集マネジメント研究を行うプロジェクト「個人及びグループの属性に適応する群集制御」がスタート。約3年の探索研究を経て、20年からは社会実装を目指した分野横断的な研究が進められてきた（図1）。これが24年の東京ドームでの大規模実証実験につながっていく。

図1 プロジェクトの研究開発体制



大学だけではなく、民間企業や市も参画するなど、非常に多様なステークホルダーがいるのが特徴だ。

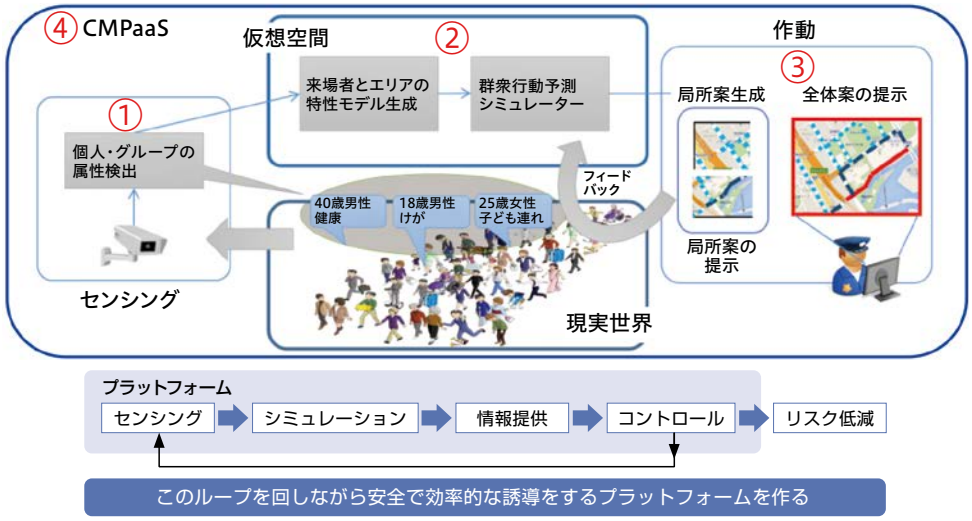
10分後の群集の動きを予測 精度保ちつつ、対策も可能に

研究の目的は、大勢の人が集まる場を安全・安心で快適なものとすることだ。命の危険を避けることが第一目標だが、人は平時には安全を意識せず、サービスなどに目を向ける。混雑している場所で、安全・安心であると同時に快適な移動ができれば、その場やイベントについての満足度は高まるだろう。群集をうまく誘導するために、その場の人数や人流の状態を知ることが重要だ。このプロジェクトでは、AIカメラやスマートフォンの位置情報、Bluetoothセンサーなどで計測・センシングしたデータやチケット売り上げ情報などを現状把握に用いた。

事故防止には事前の危険予測が欠かせないため、各種のリアルタイムデータをコンピューターに送り、シミュレーターで10分後の群集の動きを予測する。10分後というのは、予測精度を保ちつつ、危険時に対策を立てる時間もあるとの観点から導き出した数字である。10分後に高リスクを予測したら、群集をコントロールしてリスクを回避する。そのために、効果的な誘導を行えるよう警備誘導員への指示出しや群集に情報提供して混雑を避けるように促す。いつどのような情報を出すと群集の行動を効果的に変えられるのか、関係者全員で議論を重ねた。

「大勢が集まる場の安全・安心・快

図2 要素技術の改善と実用化に向けた基盤整備



まず、AIカメラや各種センサーを用いて群集のセンシングを行う(①)。得られたデータを基に、群集の行動をシミュレーションし、生じるリスクをアセスメントする(②)。その後、サイネージなどを通じて群集に情報提供し、群集をコントロールする(③)。開発したプラットフォーム(④)を活用して、リスク低減を図る。

適は、個別の研究を統合し、群集をセンシングし、群集の行動予測とリスクアセスメントをした後に、群集コントロールとリスクを回避するというループを回すことで実現できると考えています」(図2)。このループを回すには、形式の異なる各種のデータをつなぎ、統合された1つのシステムとして動かす必要がある。そこで、西成さんらは予測・制御の基盤となるプラットフォーム「CMPaaS」も開発した。これで技術的な枠組みは出そろった。

ただ、技術をすぐに実装できるわけではない。関係各社にはそれぞれ独自のマニュアルがあるが、指示の出し方が矛盾するケースもあり、現場でシステムを運用するにはステークホルダー全員が連携し、矛盾をつぶしていく必要があった。「大切なのは、部分最適ではなく全体最適を考えることです。関係者全員が同じ方向を向くことなしに成功はありません。だからこそ、要素技術が成熟してきた段階で、それを持ち寄って現場で実験することが重要だったのです」。

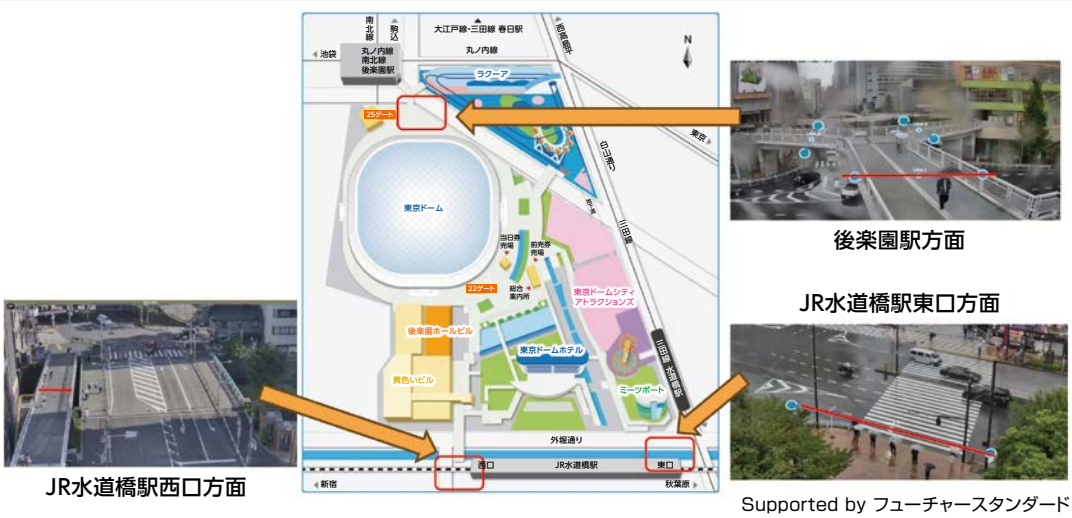
ドームは東口への誘導がカギ 看板と拡声器の併用が効果的

各要素技術が有効であるかを検討するために、まずは実験準備として、イベント会場の担当者に困り事をヒアリングするところから始めた。東京ドームの場合はドームからJR水道橋駅西口に向かうブリッジの混雑が激しく、全員で議論した結果、その場所の混雑解消を目指すこととなった。皆で現場を歩きながらカメラや誘導員の配置などを確認し、西口に向かう群集の一部を、少し距離があるが比較的空いている同駅東口に流す方法を検討。近隣での食事を促す案などもあったが、最も混雑低減に効果があると考えられたのは、東口への分散だった。

シミュレーション技術はプランニング段階でも活用した。誘導がない場合はJR水道橋駅に向かう人のうち西口に行くのが60パーセント、東口に向かうのが40パーセントだが、東口に誘導し続けると、ある段階で東口の混雑度が高まってしまうと予測できた。ここから、東口に向かう人が55パーセントとなるようにコントロールするのがベストだと見いだし、これを当日の目標に設定した。

実証実験の流れはこうだ。まず、13台のAIカメラで検知線を通過した人数をリアルタイムに計測し、1分ごとの通過人数とエリア滞在人数をCMPaaSに送る(図3)。データを基にシミュレーターがリスク評価や

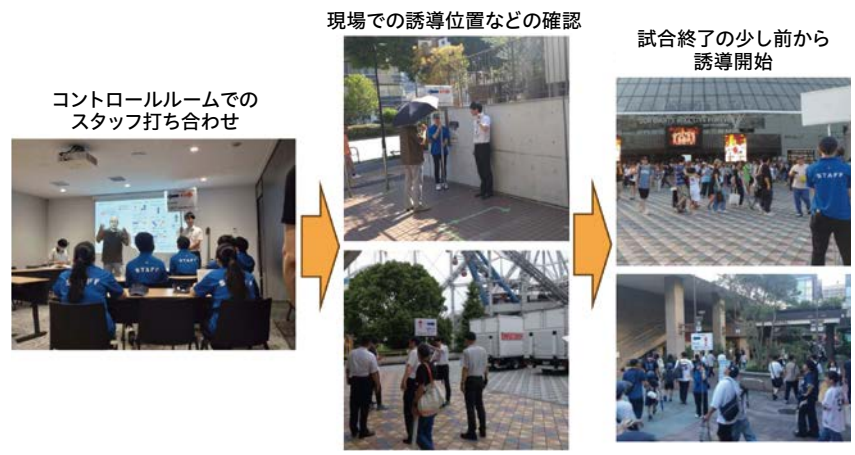
図3 東京ドームでの実証実験準備



Supported by フューチャースタンダード

広域エリアにAIカメラを13台設置。映像解析はカメラ側で行い、数値のみをクラウドに送ることで、プライバシーも守れる。1分ごとの検知線通過人数とエリア滞在人数などのデータをCMPaaSに送ることでリスク評価や10分後の人流予測が可能になる。

図4 東京ドームでの人流誘導までの様子



コントロールルームで人流予測などの全情報を共有し、現場スタッフと誘導方針を決めるための打ち合わせを行う。その後、各スタッフが現場での誘導位置などを確認し、試合終了の少し前から誘導を開始する。心理学の知見も活用し、理想的な群集コントロールに成功した。

10分後の人流を予測する。西成さんらはコントロールルームで全情報を確認し、警備などの現場スタッフとも情報を共有。予測データに基づき、人間がどのように指示を出すかを判断する。「AIに安全性を全託することは社会的に受容されにくいでしょう。将来的に人間とAIが共存する社会を目指すのであれば、最後の意思決定は人間がするべきだと結論づけたのです」(図4)。

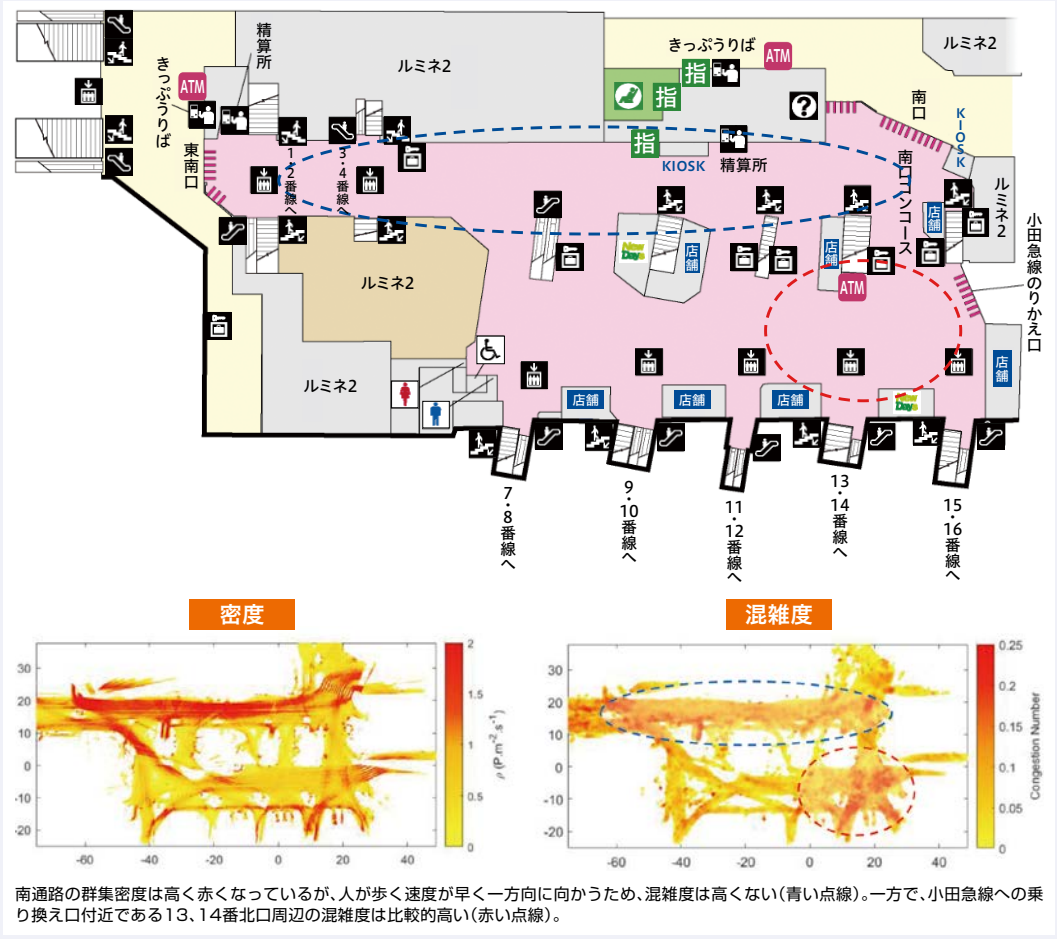
具体的にどのような誘導が効果的だったのだろうか。JR新宿駅で行った実験では、床面の誘導サインやポスターは人ごみの中ではよく見えず効果は低かった。サイネージで動く矢印を表示すると、10～20パーセントの人が誘導に従った。誘導員による誘導ではさらに多くの人が従った。そこで東京ドームでは、誘導員が看板を持つ、拡声器を使って言葉で誘導するパターンなどを試したところ、看板と拡声器の併用が最も効果的だとわかった。「心理学の知見に従い、誘導員の目が見えるように看板を持ってもらったところ、誘導に従う人が増えました。看板の効果的な構図や文言などについても、現場で実際の効果を見ながらノウハウを蓄積しています」。

心理面を踏まえると、誘導員が立つ位置は人流を分岐させたい場所より5メートル程度手前、拡声器で誘導する場合は、短い文をゆっくり何度も繰り返すと、効果的であることもわかった。混雑情報を提供するアプリを任意でダウンロードしてもらい、来場者自身が空いている道を選べるよう工夫もした。これらのノウハウは継続的な実験により積み上げられたものだ。実験の最終日には得られた知見を全て活用し、すでに西口に向かい始めている人に、途中で東口方面に曲がってもらうという難易度の高い誘導も実現できた。

「群集マネージャー」を資格化 知見を世界に広げ、無事故に

プロジェクトではこれと並行して、先ほど述べた通り、JR新宿駅での実証実験も2年がかりで行っていた。朝のJR新宿駅南口コンコースは埼

図5 JR新宿駅での混雑の様子を密度と混雑度で比較



南通路の群集密度は高く赤くなっているが、人が歩く速度が早く一方向に向かうため、混雑度は高くない(青い点線)。一方で、小田急線への乗り換え口付近である13、14番北口周辺の混雑度は比較的高い(赤い点線)。

京線から南口改札に向かうルートの密度が高いが、現場の駅員は「そこは確かに混んでいるが、それほど危険ではない」と指摘する。世の中では人口密度が高い＝危険だと考えられてきたが、西成さんは、皆が同じ方向に一定速度で歩いていれば流れは止まらず、人が多くてもリスクは低いと気づいた。対して、皆がバラバラの方向に歩いていると、ぶつかりやすく滞留もしやすい。

図6 ラウンドアバウトから着想を得たJR新宿駅での群集誘導

小田急線への乗り換え口付近である13、14番北側周辺の柱にサイネージなどを設置。一方向に歩くよう誘導することで、ラウンドアバウトなしと比較して、大幅に混雑度が解消した。

そこで西成さんらは、人が歩く速度や歩く方向が一定かどうかなどに基づいて混雑を測る「混雑度」という指標を開発。この指標を用いて特定したJR新宿駅構内の最混雑箇所は、小田急線への乗り換え口付近だった(図5)。現場の駅員も、そこは確かに衝突トラブルが起こりやすい場所だとうなずいた。「この地点のリスクを下げるため、信号のない交差点『ラウンドアバウト』のように、一方通行で歩いてもらうような誘導を試みました。結果、約80パーセントの人が誘導に従い、該当箇所の混雑度を約16パーセント下げることに成功しました」(図6)。

開発された群集マネジメントシステムは、今後さまざまな場所で活用され、人々の移動を安全・安心・快適なものにしていくだろう。しかし、そのためにはイベント全体を見渡し、各種データを確認して適切に判断できる人材が必要だ。そこで西成さんは「群集マネージャー」の育成にも乗り出している。講習を受けて試験に合格すると群集マネージャーの資格を得られる制度で、2025年1月時点で31人のマネージャーが誕生している。今後は国家資格化することを目指すという。

群集マネジメントを学術的に体系化した教科書も日本語と英語で出版した。知見を世界に広げ、群集事故をゼロにすることを願ってのことだ。2025年4月には、先に立ち上げた一般社団法人を母体にコンソーシアムを発足し、群集マネジメントをより広めていく。「安全・安心は当たり前ではありません。企業や自治体には、CMPaaSを活用し、イベントなどでの安全・安心・快適を実現していただきたいと思います」。西成さんは現在、大阪・関西万博や築地市場跡地再開発計画の群集管理アドバイザーも務めている。設計の段階から混雑・事故防止に考慮した会場を訪れることが楽しみだ。

（TEXT：桜井裕子、PHOTO：石原秀樹）

未来社会創造事業の成果集を発行しましたので、ぜひ、以下のウェブページからご覧ください。

https://www.jst.go.jp/mirai/jp/uploads/outcome_nishinari.pdf

さまざまな技術が日進月歩で進んでいます。開発者には特定の目的があるわけですが、多様な分野を見渡すことで、それが別の目的にも使えるとひらめくものです。ぜひ個別の技術だけでなく全体を見て、あらゆることを自分と関連付け、全体最適を生み出していってください。