

大規模イベント入場者の人流マルチエージェントシミュレーションによる考察 Consideration of large-scale event attendees by human flow multi-agent simulation

浅野 俊幸[†] 田村 恵実^{††} 西川 憲明[‡] 廣川 雄一[‡]
Toshiyuki Asano Megumi Tamura Noriaki Nishikawa Yuichi Hirokawa

1. はじめに

数千数万の来場者がある大規模イベント開催時は、会場はもちろん会場周辺の主要道路などに観客が過度に集中することによる危険が懸念されている。これら観客は会場に到着すると、集団となり会場内のセキュリティを通り施設内に入場することになるが、来場者の待ち時間や滞在時間に合わせた誘導を行うことが求められる。

国民体育大会は年に一回夏と冬に開催されるスポーツの式典である。開会式では様々な催し物が開催され来場客が大勢来る。三重県国民体育大会準備委員会は、令和 3 年に開催される国民体育大会の開会式に参加する来場客が限られた時間内にセキュリティを通り安全に開会式に滞りなく参加できるのか検討をはじめている。このような大規模なイベントでは来場客が数千人、数万人と多い。このため実際に会場を用意して実験することは、人を集めることや会場を準備することを考えても困難である。

このような背景を踏まえて本研究では、準備委員会と共に実際に人を集める必要もなく容易に会場の条件を変えることができるマルチエージェントを用いた大規模群衆シミュレーションで限られた時間内にセキュリティを通過できるか、会場設営の資料にすべく実施した。

2. 国民体育大会開催時の混雑予測

本研究の対象となる“三重ことわか国体”は、伊勢市の三重県営総合競技場をメイン会場として開会式・閉会式の式典を行う予定である。会場へのアクセスは、三重県各地の選手団宿泊施設からのバスと、JR 伊勢駅からのバス輸送によって成り立つ。そしてバス下を車後は橋を渡り会場へ移動する。開会式の参加見込み人数は、およそ 2 万人であり、そのうち観覧者約 6 千人が入場するゲートへのアプローチが本研究の対象となる。

大会では、開場後、式典開始までの 3 時間の間に、全ての参加者を席まで誘導する必要がある。つまり、3 時間以内に必ず対象観覧者の約 6 千人を通過させることができるセキュリティ体制にする必要がある。

2.1 混雑予測の概要

観覧者は、競技場正面左側の駐車場で、2つのセキュリティを抜けて競技場へ入場することになる。観覧者はまず参加 ID のチェックとリストバンドの取付を行う ID ゲートを通過し、その後、金属探知機と手荷物調査を行うセキュリティへ向かうことになる (図 1)。

これらセキュリティの通過には時間がかかるうえ、バスの到着などに影響される来場者数の波を考慮すると通過時間の他にさらに待ち時間が増えることになる。また、一旦

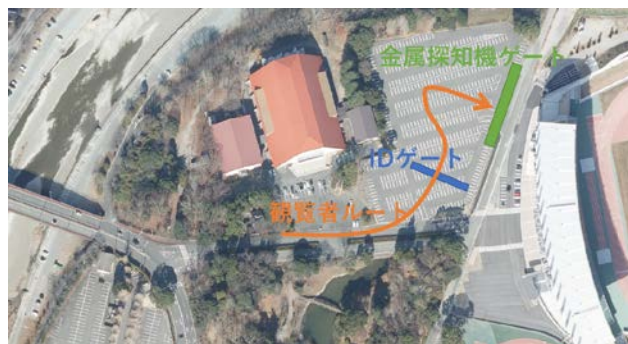


図 1 会場、歩行者ルート

会場へ入場した観覧者の一定数が、会場内にあるテント村 (飲食店、お土産など) へ足を運ばせることが考えられる。そのため、式典開始直前に、再入場者のセキュリティチェックが増えることになる。本研究では、その数を 5% (約 300 人) と見積もった。

2.2 茨城大会での計測

昨年 9 月“いきいき茨城ゆめ国体”が開催された。大会ではセキュリティ通過にどれくらいかかるかを計測した。計測場所は、ID ゲートと金属探知機ゲートの 2 つのゲートで行い、目視にて通過時間を計測した。

【ID ゲート】

- ゲート構成 : 9 レーン (内関係者 3 レーン)
- 1 ゲート通過人数 / 分 (計測回数 7 回)
 - ・最大 9 名、最少 3 名、平均 7.2 名
- 1 ゲート通過時間 (計測回数 40 回)
 - ・最長 56s、最短 18s、平均約 34s

【金属探知機ゲート】

- ゲート構成 : 8 レーン
- 8 ゲート通過人数 / 分 (計測回数 20 回)
 - ・最 17 名、最少 2 名、平均 11.2 名
- 1 ゲート通過時間 (計測回数 12 回)
 - ・最長 180s、最短 32s、平均約 90s

以上のように、持ち物やグループでの検査によって、通過時間には大きな開きが観測されます。

3. 人流マルチエージェントシミュレーションモデルの概要

3.1. MASH モデル

本研究で用いるエージェントシミュレーション (MASH モデル) は、既存の歩行者行動モデルの一つであるヒューリスティックモデルをベースとして、複雑な都市空間における災害時の安全な避難誘導計画の検討に資する歩行者流動シミュレーションモデルである [1]。認知科学的視点から

[†] 湘南工科大学 Shonan Institute of Technology

^{††} 第一コンピューターサービス Daichi Computer Service Co.ltd

[‡] 海洋研究開発機構 Japan Agency for Marine-Earth

構築されるヒューリスティックモデルは、歩行者に内在する意思決定プロセスを明示的に表現するものであり、この意味において直感的に理解しやすいアプローチである。

MASH モデルの大きな特徴の 1 つは視覚情報の表現である。歩行者は視覚によって得られた情報をヒューリスティックに処理することで、自身の動きを制御していると考えられる。

本モデルでは、歩行者により計画された目的地までの移動経路を、交差点を表すノード集合と交差点間を表すリンク集合から構成される通路ネットワーク情報を構築して表現し、歩行者の衝突回避行動を組み合わせながら基本的に最短経路探索によって目的経路を決定して進む。

3.2. 避難シミュレーション

避難者は避難所(一時避難場所)を目指して移動する。また、避難者の行動は 3 つのモデルを用いて解析する。

§1 狭域行動 (マイクロモデル)

道路や通路のような狭域での避難者の行動は、人間の視覚情報をベースにしたマイクロモデルで解析する。避難者は他の避難者や壁面との衝突を回避するように考えて行動するため、人間の行動を精緻に予測することが可能である。

§2 広域行動 (経路選択モデル)

市街地や大規模商業施設内といった広域における避難者の行動、特に土地鑑および道路状況を加味した経路選択は 3 節に示す経路選択モデルを用いて解析する。このモデルは道路情報の認識が避難者毎に異なっているのが特徴であり、来街者や地域住民といった避難者の属性を考慮することが可能である。

4. 人流マルチエージェントシミュレーション

4.1. 想定人数の通過シミュレーション

まず想定する 3 時間の間に 6 千人の観覧者が 2 つのセキュリティを通過できるためには ID ゲートと金属探知機ゲートをそれぞれ何台用意すればよいかシミュレーションを行い調査した。その際には、2 章で述べた茨城大会の各ゲート通過に要する平均時間を採用した。現場調査をした結果、同じゲートに同時に 1 グループが入るなど、検査人数には揺らぎが発生しているため、一人ずつ制御した入退場ではなく、自由度を持ったゲートへの入場をシミュレーションでは実現した。

図 2 (左図) は、当初予定していたゲート数 (ID ゲート : 12 台、金属探知機ゲート : 8 台) でシミュレーションを行った結果である。ID ゲートは少し混雑が確認されるが数台の増設が必要であることが確認される。一方、金属探知機ゲートでは、大規模な群衆を形成し、通過に時間がかかるほか群衆雪崩の危険も考えられる。

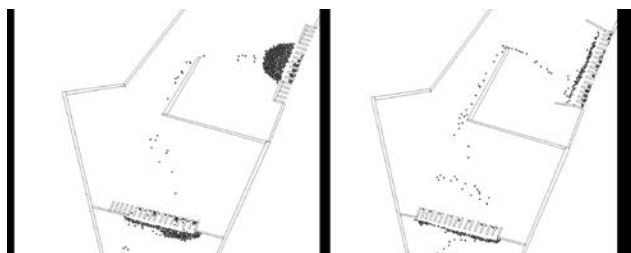


図 2 ゲート数 ID:12(左),16(右)、金属探知 : 8(左),16(右)

そこで、両ゲートとも 16 台に増設し、シミュレーションを実行した。図 2 (右図) はその結果である。両ゲートとも終始スムーズなゲート通過が確認され、ID ゲートについては前述の 12 台でも可能な台数であるとも考えられる。そこで、ID ゲートを 12 台に減らして実行したところ、若干の混雑の増加が確認されたため、1, 2 台の増設の必要性がある結果となった。図 3 (左図)

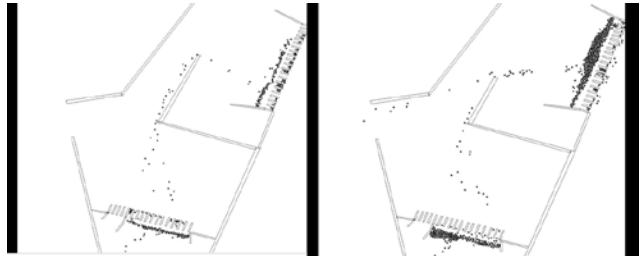


図 3 ゲート数 ID:12、金属探知 : 20、再入場アリ (右)

4.2. 再入場者を想定したシミュレーション

4.1 の結果には再入場者は想定していない。そこで全体の 5% である 300 人の再入場者を設定したシミュレーションを行ってみた。その結果が図 3 (右図) である。ID ゲートは 12 台のまま、金属探知機ゲートは 20 台とした。その結果、金属ゲートで明確な混雑の増加が確認され、再入場者を捌くには十分な台数ではないことが確認された。

5. まとめ

本研究では、大規模なイベントに集まる観覧者を、安全にスケジュール時間内に会場への誘導を実現することを目的として、最も滞留が予想されるセキュリティゲートに注目して、大規模な人流マルチエージェントシミュレーションによりその効果を調べた。これらのシミュレーション結果に基づいて、会場設備の必要数について議論した。

謝辞

本研究を行うにあたり、三重県地域連携部の小林様、多賀様より多大な協力を得たものです。

本研究の一部は JSPS 科研費 JP18K04676、JP17k00328、文部科学省ポスト「京」萌芽的課題 2 「複数の社会経済現象の相互作用のモデル構築とその汪お湯研究 (多層マルチ時空間スケール社会・経済シミュレーション技術の研究・開発)」の助成を受けて実施したものです。

参考文献

- [1] 西川憲一, 廣川雄一, 浅野俊幸, 山田武志, 印南潤二, “ヒューリスティックモデルによる歩行者シミュレーション”, 合同エージェントワークショップ & シンポジウム 2016 (JAWS2016) Proceedings, (2016).
- [2] 山下倫央, 松島裕康, 野田五十樹, “屋外大規模イベントにおける動的群衆誘導モデルの構築”, 論文誌名, 第 30 回人工知能学会全国大会 1H5-OS-05b-2 (2016).