

東京オリンピック 2020 大会におけるラストマイルの熱中症罹患の可能性評価 —有明アリーナを対象に—

AH16079 山仲 凌太
指導教員 岩倉 成志



1. はじめに

東京オリンピック 2020 大会の開催を間近に控え、日本全体が盛り上がっている一方で、猛暑が懸念されている。大会組織委員会は、競技会場の変更や開始時間の前倒しといった、アスリートのための暑さ対策を講じる予定である。一方で観客への熱中症対策においては、未だ確固としたものが少なく、猛暑への懸念が残る。有明アリーナでは 2020 年 7 月 25 日から 8 月 7 日でバレーボールが開催され、15000 人程度の来客が見込まれる。現時点で会場の最寄り駅は、東京メトロ有楽町線豊洲駅に設定されており、観客は豊洲駅から会場まで徒歩で約 22 分要する。さらに、会場周辺の混雑によって長時間暑熱環境に曝露される可能性があり、熱中症リスクが増大すると考えられる。

本研究では、豊洲駅から有明アリーナまでのラストマイルを徒歩で移動する時間を分析し、混雑状況をシミュレーションする。その上で暑熱環境の曝露時間から、観客の熱中症リスクを明らかにする。

2. 熱中症リスクに用いる指標 WBGT

熱中症発症の主要因として、気温の高さ、湿度の高さ、輻射熱が挙げられる。そこで、本研究では上記 3 つの指標を考慮した WBGT を用いる。WBGT は以下の式(1)で算出される。

$$WBGT = 0.1T_a + 0.7T_w + 0.2T_g \quad (1)$$

(T_a : 乾球温度 T_w : 湿球温度 T_g : 黒球温度)

乾球温度、湿球温度、黒球温度はそれぞれ気温、湿度、輻射熱を考慮した温度であり、これは熱中症リスクを評価する上で有効な指標といえる。

3. WBGT の測定

3.1 測定について

大会組織委員会が指定している、豊洲駅—有明アリーナ間の経路で WBGT を測定した。測定の箇所を図 1 に、測定概要は表 1 に示した。なお、歩行者



図 1 測点箇所の地図

表 1 測定概要

測定日時	2019年8/21, 8/25, 9/2, 9/6の 11時～15時頃
測定場所	図1の9地点（全てタイル舗装） 高さ170cmと110cm
測定機器	データロガー熱中症指数計
測定方法	5分間5秒毎にWBGT値を記録

表 2 測定結果

測点	①	②	③	④	⑤
WBGT	27.0	29.0	30.2	31.3	30.1
測点	⑥	⑦	⑧	⑨	
WBGT	29.2	28.8	30.9	30.2	

の身長による熱中症リスクの違いを考慮するため、高さ 170 cm と 110 cm で測定した。

3.2 測定結果

測定によって得られたデータは、測点ごとに時刻が異なっているため、時間による WBGT の差を考慮しなければならない。そこで、全測点において WBGT が高い 13 時を基準とし、気象庁^[1]と環境省^[2]のが公開している 1 時間毎の気温・湿度・WBGT データを用いて測定値の補正を行った。本研究では、最も WBGT 値が高かった 2019 年 9 月 6 日における補正後の測点ごとの WBGT 値（表 2）を用いて熱中症リスクを評価する。

4. Viswalk による歩行者シミュレーション

4.1 基本設定

本研究では Viswalk を用いて歩行者シミュレーションを行い、歩行時間や歩行者の挙動を分析する。基

本設定を表3に示す。歩行者は全て豊洲駅から発生し、有明アリーナへ向かうものとする。また、観客の発生人数は、絹谷^[3]の研究を参考にした結果、合計8235人となり、時間経過ごとの発生人数も同研究を参考にして設定した。チケットゲート付近がボトルネックとなる可能性を考慮し、ゲート数を変動させて90分間シミュレーションを行う。

4.2 シミュレーション結果

図2は会場に到着した人数と歩行時間の関係を表しており、実際の速度 (Real Speed) と混雑による遅れがなかった場合 (Desired Speed) とで比較している。Real Speed では、チケットゲートや信号付近で混雑が発生し速度が低下するため、Desired Speed と比較して、大幅に歩行時間が増加していた。

次に、図3はチケットゲート数別の歩行時間分布を表しており、90分間に到着した人数はチケットゲート5箇所では4236人、10箇所では4960人となった。また、基本設定上の最大歩行速度である4.75km/hの歩行者でも、約70%は会場までの到着に25分以上要した。なお、経路全体を歩行者が流れている様子を図4に示した。

5. 熱中症リスク評価

5.1 WBGT 値と曝露時間の関係

熱中症は長時間の暑熱環境下で活動することにより引き起こされる。そこで、本研究ではWBGTの時間加重平均を用いて、熱中症リスクを評価する。経路を9つの測点(図1)を中心としたエリアに分割し、測定したWBGT(表2)と各エリアの通過時間の積分値から各個人が曝露したWBGTの時間加重平均を求める(式(2)を用いる)。

$$WBGT_{\text{時間加重平均}} = \frac{\sum_{k=1}^9 WBGT_k \times \Delta Time_k}{Time_{total}} \quad (2)$$

ここで、近藤^[4]の研究からWBGT値ごとの屋外での作業可能継続時間 Th_{max} の対比表を用いる。式(2)で算出した時間加重平均値の環境下で歩行可能な時間の閾値を求め、実際の歩行時間を比較することで熱中症罹患の危険性を評価する。

5.2 評価結果

チケットゲートが5個の場合と15個の場合と比較したものを表4に示す。歩行時間が Th_{max} の閾値を上回ったのはチケットゲート5箇所の場合

表3 シミュレーション基本設定

歩行エリア	豊洲～有明アリーナ(大会指定経路のみ)
観客発生場所	豊洲駅周辺8ヶ所
観客発生人数	合計8235人(既往研究から算出)
チケットゲート数	5,6,7,8,10,15(箇所)
歩行者速度	2.28～4.75(km/h)

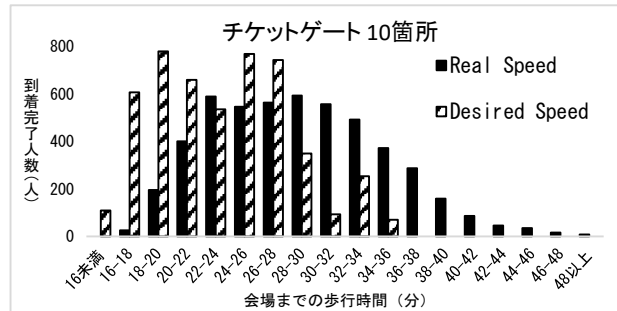


図2 会場までの歩行時間分布

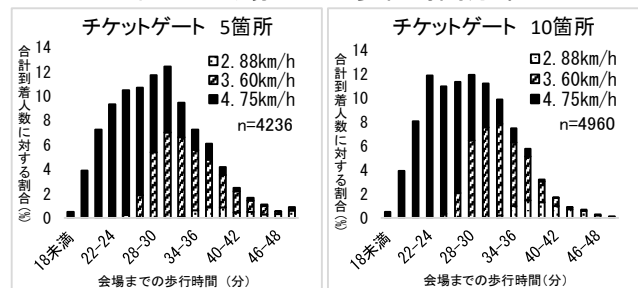


図3 チケットゲート数別の歩行時間分布

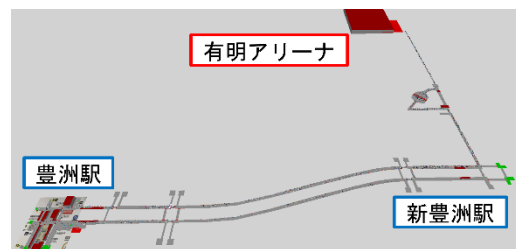


図4 歩行者の流れ

表4 Th_{max} 閾値を超えた歩行者の割合

チケットゲート数 (箇所)	Th_{max} 閾値 (分)	歩行時間 t との比較	
		t < 閾値 (%)	t ≥ 閾値 (%)
5	38	89.2	10.8
15	38	93.7	6.3

10.4%, 15個の場合6.3%であった。これは、来場した観客の約6~10%が熱中症に罹患する可能性を示唆している。

6. まとめ

本研究ではViswalkを用いて、オリンピック開催時の混雑の様子を再現し、熱中症のリスクを評価した。結果、観客の約6~10%が熱中症となる可能性を示唆した。要因として、チケットゲートがボトルネックとなっていることが考えられ、大会本番では効率よく観客を会場へ流す方策が必要となる。

参考文献

- [1]気象庁データ
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=44&block_no=47662&year=&month=&day=&view=g_s
- [2]環境省 熱中症予防情報サイト
https://www.wbgt.env.go.jp/record_data.php?region=03&prefecture=44&point=44132
- [3]絹谷友浩:オリンピック種目を対象にした観客の到着退出分布の比較, 芝浦工業大学土木工学科卒業論文
- [4]近藤充輔:高温職場におけるWBGT指標による作業時間の管理, 労働の科学72巻4号