

報告書

豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系
東海林孝幸
厚海 崇宏

1. はじめに

前年度の報告（中間報告）では東三河各市における熱中症の搬送数、重症度分類、性別および発生場所別にまとめさらに消防機関に通報があった時間別に熱中症搬送について各市の特徴を明らかにした。ただし、中間報告では熱中症搬送件数と気象条件（気温）との関連性については今後の課題とした。本報告書では熱中症による搬送リスクと気象との関連性を明らかにすること、具体的には高温曝露がどの程度搬送リスクに影響するかについての研究結果を示す。以下に研究背景および目的を示す。

熱中症搬送数と気象条件との関連性についての研究成果は近年蓄積されつつある。ここで、日ごとまたは月ごとの熱中症搬送件数と気温との関連性を調べた研究では、たとえば布施ら（2014）は同一の気象条件下では夏の前半の方が夏の後半より熱中症搬送者数が多くなる傾向であることを示している¹⁾。また、藤部ら（2020）は熱中症搬送者数と数日前の高温日（日最高気温）に正の相関がみられる一方で十日前以上の高温日には負の相関があることを明らかにした²⁾。これらのこととは熱中症搬送者数と気温との関係には正の相関がみられることに対し、月単位や日単位における比較では単純に高温になれば搬送数も多くなるわけではないことが示されている。この点については暑熱順化により熱中症になりにくくなることが要因と考えられるが、さらに最近の研究より極度の高温を経験すると健康被害への影響は当日に留まらず数日間の間持続することが明らかにされている。こうした持続性をラグ効果（遷延性）と呼ぶ。本調査は上記ラグ効果を考慮した熱中症救急搬送リスクと気温との関連について明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2.1. 搬送データの概要

ご提供を受けたデータは救急搬送データと熱中症搬送データの2種類である。データの期間は2010年～2022年（各年6～10月）の13年間である。ここで提供されたデータは各消防本部により項目名が異なるため、本調査では最初に項目の名称等の統一を図り東三河地区全市の救急搬送データを一括して扱えるようにした。抽出項目は、救急搬送データの「傷病名」またはそれに相当する項目に「熱中症」または「熱中症疑い」と記載されているもの（他の傷病名と共に記載されているものも含む）、および「西暦年月日」、「覚知時刻」、「曜日」、「発生場所」、「年齢」、「性別」、「重症度」である。

なお、蒲郡市から提供された救急搬送データには傷病名が記載されていないため、本研究では蒲郡市の熱中症データと搬送データを突き合わせ、覚知年月日・時分および年齢の数値が両データで一致したものを作成して扱った。

2.2. 热中症搬送リスクの遷延性評価

高温日の経験によって熱中症搬送リスクが何日間持続するかについて、分布ラグ非線形モデル（DLNM: Distributed Non-Liner Model）を用いて解析を行った。ラグ効果は閾値となる温度での熱中症搬送リスクを1と定義した際に、高温経験によって搬送リスクが複数日続く（搬送リスクが1以上となる）ことで説明される。しかしながら、その解釈は数々の既往研究においても1) 前日（lag 1）の高温曝露による当日（lag 0）影響とするものと2) 当日（lag 0）の高温曝露による翌日（lag 1）の影響とするもので大きく2つに分かれる。そのため、本研究では閾値となる温度に対する高温日当日（lag 0）での発症リスクが1に下がるまでに要する日数（lag X）をラグの範囲とし、1に下がるまでに認められる日毎の搬送リスクをラグ効果と定義する。

本研究では豊橋市の2013-2021年6-9月の平均日最高気温の50%タイル値の発症リスクを1.0とし、90%・95%タイル値に相当する高温下での相対リスク比を定義した（表1）。また、最長ラグ日数を4

日とし、当日 (lag 0) から 4 日後 (lag 4) までのラグ効果を推定した。本来最長ラグ日数は長くとればとるほどより長期的な健康被害を捉えられる点で理想的であるが、ラグを大きくとりすぎるとリスク値の信頼区間が 1 を跨ぎ統計的に有意な結果が得られにくくなる問題があり、この理由から本研究ではラグ日数を 4 日とした。

表 1 2013-2022 年における 6-9 月の気温の統計情報（平均値）

	5 % タイル値	10% タイル値	50% タイル値	90% タイル値	95 % タイル値
日最高気温 (Tmax)	23.6°C	24.8°C	29.0°C	32.8°C	33.6°C
日最高WBGT (WBGTmax)	22.5°C	23.6°C	28.1°C	31.3°C	31.7°C

3. 結果

3.1. 高温日での熱中症発生リスクの遷延性（気温を指標とした場合）

図 1-図 2 および表 2 に熱中症搬送件数と日最高気温との関係およびそのラグ効果を示す。図表は搬送者数の多い豊橋市についてのものである。図表の見方として、図 1 が日最高気温の 50% タイル値 (29°C) での熱中症搬送リスクを 1 とした際の極度の高温条件 (33°C、34°C) での相対搬送リスクとそのラグ効果を示し、図 2 は DLNM によって得られた高温経験当日 (lag 0) および高温経験翌日 (lag 1) の相対リスクと日最高気温との関係を示す。表 2 には図 1 に対応するリスク比の数値と 95% 信頼区間の範囲を示す。

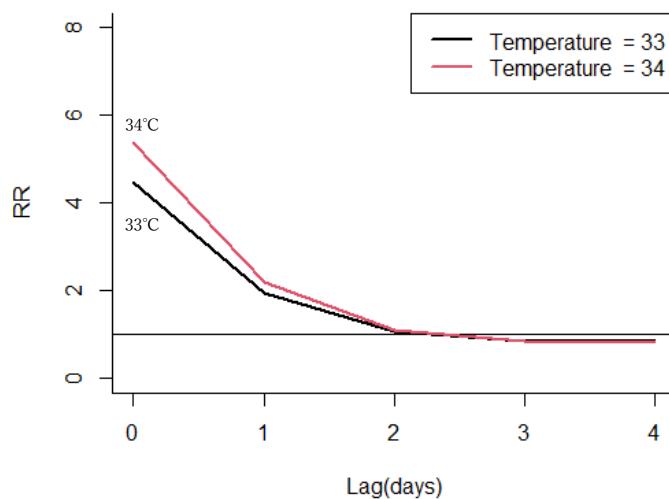


図 1 極度の高温条件(33 および 34°C)での搬送リスクとそのラグ効果

表 2 図 1 に対応する搬送リスクと 95% 信頼区間

	Lag 0	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4
33°C	4.50 (3.48-5.81)	1.95 (1.73-2.20)	1.06	0.85	0.85
34°C	5.40 (4.06-7.18)	2.19 (1.91-2.50)	1.12	0.85	0.81

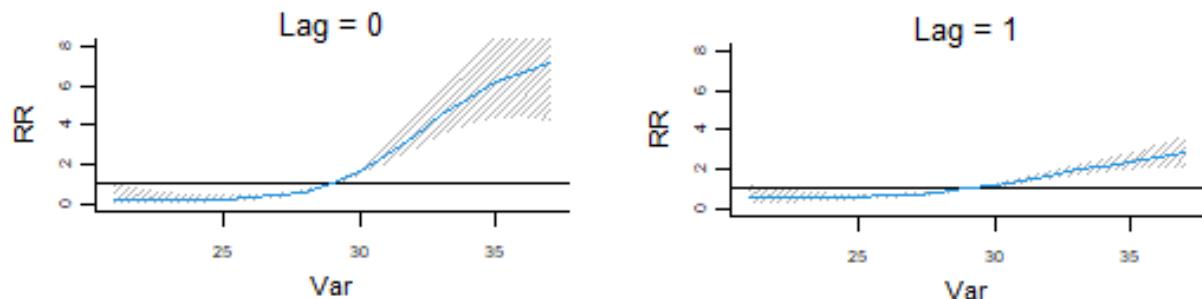


図2 高温経験当日（lag 0）と翌日（lag 1）における搬送リスクと日最高気温との関係
(RR : 29°Cの時の搬送リスクを1とした場合の相対リスク)

図1および表2について日最高気温の99%タイル値相当である極度の高温条件である34°Cに着目すると、高温日当日と翌日の搬送リスクについて当日が5.40（95%CI :3.48-5.81）、翌日が2.19（95%CI :1.91-2.50）であり、搬送リスクが1（50%タイル値の搬送リスク）まで低下するのに2日を要している。そして、搬送リスクの95%信頼区間の下限値が1を超えていていることから、日最高気温による熱中症搬送リスクのラグ効果は翌日まで認められた。翌日以降のリスク比／当日のリスク比より、当日の極度の高温経験によって翌日では4割程度の搬送リスクが残存する。高温経験によるラグ効果を考慮した搬送リスクとして、搬送リスクが基準値の1.0以上の日を累積した累積搬送リスクを算出すると、熱中症は日最高気温が34°Cの高温条件で9.09に達した。このことは、極度の高温日である34°Cにおける熱中症搬送リスクは50%タイル値の搬送リスクに対して約9倍に相当することを意味する。

3.2. 高温日での熱中症発生リスクの遷延性（WBGTを指標とした場合）

次に気象条件として日最高WBGTを考慮した結果を示す（図3-図4、表3）。図表の見方は先述の通りである。WBGTで評価した場合、極度の高温条件である32°Cに着目すると、搬送リスクが1（28°C相当）まで低下するのに3日を要しており、信頼区間からラグ効果は翌日と翌々日の2日間が確認された。高温日当日と翌日以降の搬送リスクについて、当日が3.22（95%CL :2.48-3.07）、翌日が2.01（95%CI :1.76-2.30）、翌日が1.37（95%CI :1.13-1.66）であり、翌日では6割程度、翌々日では4割程度の搬送リスクが残存することが明らかとなった。高温経験によるラグ効果を考慮した搬送リスクとして累積搬送リスクを算出すると、熱中症は日最高WBGTが32°Cで8.59に達した。

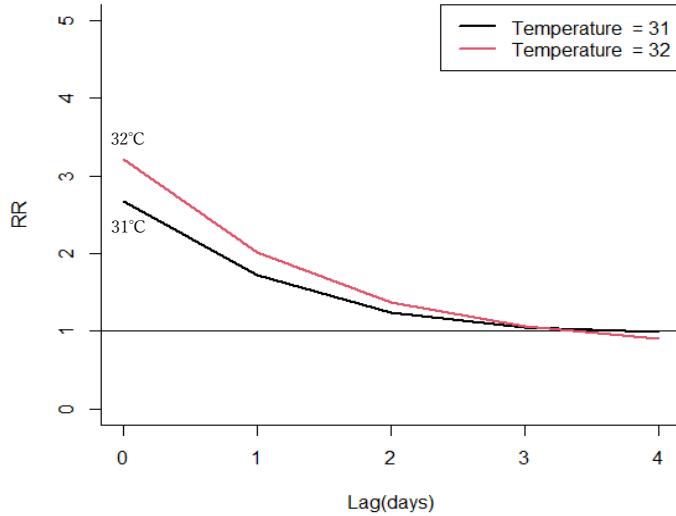


図3 日最高 WBGT における極度の高温条件(32°C)での搬送リスクとそのラグ効果

表3 図3に対応する搬送リスクと95%信頼区間

	Lag 0	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4
31°C	2.68 (2.17-3.30)	1.73 (1.57-1.91)	1.24 (1.07-1.43)	1.05	1.00
32°C	3.22 (2.48-4.17)	2.01 (1.76-2.30)	1.37 (1.13-1.66)	1.07	0.91

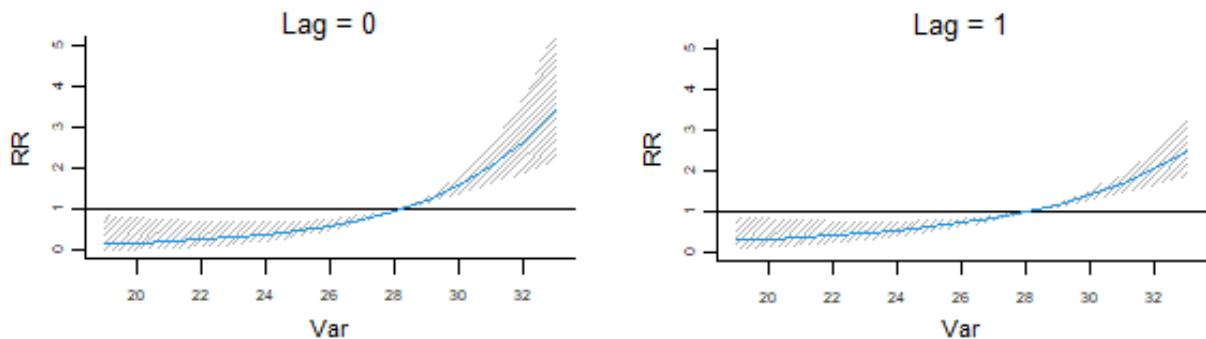


図4 高温経験当日 (lag 0) と翌日 (lag 1) における相対リスクとWBGTとの関係

4. まとめ

本研究では熱中症救急搬送リスクと気温との関連およびそのラグ効果について分布ラグ非線形モデル (DLNM :Distributed Non-Liner Model) を用いて明らかにした。リスクを評価するにあたり本研究では夏季における日最高気温の中央値 (29°C) の時の熱中症搬送リスクを 1 と便宜的に定め、高温下 (33°C および 34°C) での搬送リスクを推定した。結果、日最高気温を用いた場合の搬送ラグ効果は高温経験日の翌日、日最高 WBGT では高温日の翌々日まで確認された。

参考文献

- 1) 布施明, 坂慎弥, 布施理美, 荒木尚, 金史英, 宮内雅人, 横田裕行 (2014) . 気象データから熱中症救急搬送者数を予測する, 日救医学誌, 25, 57-65
- 2) 藤部文昭, 松本淳, 鈴木秀人 (2020) . 熱中症による救急搬送率の地域性と変動-死亡率との比較-, 日本ヒートアイランド学会論文集, 15, 1-13