

地域差を考慮した熱中症危険度に関する研究

その1 北海道における住まい手の想像温度・体熱感による評価

A Study on the Heat Stroke Risk Considering Regional Differences

Part1 Cognitive Temperature and Hot Flash Sensation of Residents in Hokkaido

正 会 員 ○佐々木 優二（北海道立総合研究機構） 正 会 員 下ノ蘭 慧（北海道立総合研究機構）
 非 会 員 鬼塚 美玲（札幌市立大学） 正 会 員 斉藤 雅也（札幌市立大学）
 非 会 員 須永 修通（東京都立大学）

Yuji SASAKI*¹ Kei SHIMONOSONO*¹ Mirei ONITSUKA*² Masaya SAITO*² Nobuyuki SUNAGA*³

*¹ Hokkaido Research Organization *² Sapporo City University *³ Tokyo Metropolitan University

In this study, a questionnaire survey regarding the heat stroke risk of residents in Sapporo and Asahikawa were made in 2020 summer. As a result, there was no significant difference in the level of heat stroke risk and perception of the thermal environment in Sapporo and Asahikawa. Second, the heat stroke risk imagined by humans was often answered lower than based on WBGT. Finally, logistic analysis showed room air temperature and cognitive temperature at 80% incidence of hot flash sensation were the lowest compared to the results of hot thermal sensation and the heat stroke risk due to WBGT.

1. はじめに

近年、我が国では、熱中症緊急搬送者数が増加傾向にあり、社会問題となりつつある。寒冷な気候の北海道においても、熱中症緊急搬送者数が増加傾向にあり（図-1）、2020年の熱中症緊急搬送者数は2015年、2016年と比較して約1.2倍となっていることから、北海道における熱中症緊急搬送者数は今後も増加することが予想される。

熱中症危険度の評価には、国際標準である湿球黒球温度（WBGT：Wet-Bulb Globe Temperature）が用いられている。しかし、日常生活では、WBGTの表示は困難であるため、ヒトに熱中症危険度を認識させる方法の確立が急務と考えられる。

さらに、ヒトの温熱環境に対する認識・行動には地域差があることが想像温度の研究などで指摘されており¹⁾、熱中症危険度の評価においても地域差を考慮することが必要と考えられる。

これまで蒸暑地域を対象にした夏季の熱中症危険度に関する研究²⁾はあるものの、北海道を対象にした研究は少ない³⁾。そこで本研究では、北海道の住宅を対象にした温熱環境の実測と居住者へのアンケートを実施し、北海道における熱中症危険度の実態と、夏季の温熱環境に対する認識を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2.1. 調査の概要

表-1に調査の概要を示す。本研究では、2020年7月29日～8月17日の20日間、札幌市（8世帯、有効回答

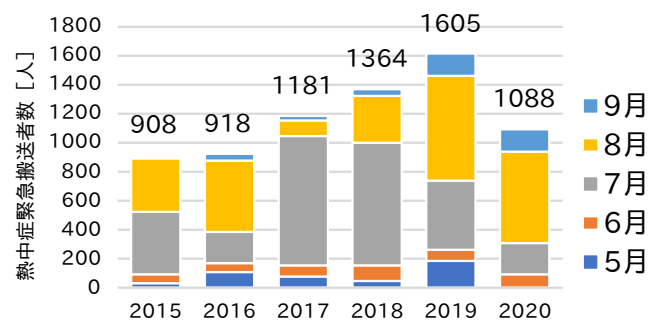


図-1 北海道における熱中症緊急搬送者数
(2020年の調査期間は6～9月)

表-1 調査の概要

	札幌市	旭川市
対象世帯数	8世帯	10世帯
有効回答数	116	155
調査期間	2020年7月29日～8月17日	
回答方法	1日1回、可能な限り10時～14時	
測定項目	空気温湿度（居間の日射が当たらない場所に設置） （おんどとり RTR503）（Watch Logger 265F）	
アンケート調査票の項目	1. 回答日・回答時刻（自由記述） 2. 想像温度（自由記述） 3. 寒暑感（「寒い～とても暑い」の7件法） 4. 体熱感（「熱さを感じない～とても熱さを感じる」の4件法） 5. 許容度（許容できる、許容できない） 6. 快適感（不快、不快でない、快適） 7. 想像の熱中症危険度（WBGTに基づく熱中症危険度と同様の5段階） 8. 着衣量（複数選択） 9. 環境調整行動（複数選択） 10. アンケート回答直前の行動（複数選択）	

数116）と旭川市（10世帯、有効回答数155）で空気温湿度の実測とアンケートによる調査を実施した。空気温湿度計は居間の日射が当たらない場所に設置してもらっ

た。

アンケートは、可能な限り1日1回、10時から14時の間での回答を依頼し、表-1に示す項目を設定した。特に本研究では、寒暑感に加えて、想像温度（今、何℃と思うか？）と熱中症等の臨床時に用いられる体熱感^{注）}について回答させた。ここで、寒暑感を「自身が曝されている周辺環境の暑さ、寒さに関する認知・評価」、体熱感を「自身の身体内部の熱さに関する認知・評価」と定義した。この定義に基づき、アンケートの設問は、寒暑感を「室内の暑さ感について、どのように感じていますか？」とし、体熱感を「身体の内部で熱さを感じていますか？」とした。またアンケートでは、調査協力者が想像する熱中症危険度を聞いているが、これは WBGT に基づく危険度（問題なし（WBGT<21）、注意（21≤WBGT<25）、警戒（25≤WBGT<28）、嚴重警戒（28≤WBGT<31）、危険（31≤WBGT））と同様の5段階に設定した。

2.2. 調査協力者の属性

図-2～図-4は、それぞれ調査協力者の性別、年齢、出身地である。本調査は日中にアンケートに回答してもらうこともあり、女性の割合が多い。また、調査協力者の年齢は、札幌市で60歳代以上が3名おり、旭川市よりも年齢層が高い。道内出身の調査協力者は、札幌市が87.5%（7世帯）で、旭川市が60.0%（6世帯）であり、札幌市の方が多い。図-5に調査協力者の住宅種別を示す。戸建住宅に住む調査協力者は、札幌市が87.5%（7世帯）、旭川市が40.0%（4世帯）であり、札幌市の方が多い。

3. 調査の結果

3.1. 外気温度・空気温湿度・WBGT

図-6に両地域のアンケート回答時の外気温度を示す。外気温度の平均は、札幌市が26.0℃、旭川市が26.4℃で、概ね同じである。最高・最低気温は、札幌市がそれぞれ32.8℃、21.5℃、旭川市が30.7℃、18.1℃で、札幌市の方がそれぞれ約2～3K高い。

図-7に両地域のアンケート回答時の室内空気温度を示す。空気温度の平均は、札幌市が27.1℃、旭川市が26.4℃であり、札幌市の方が0.7K高い。最高・最低気温は、札幌市がそれぞれ31.5℃、23.9℃、旭川市が31.0℃、20.9℃で、札幌市の方が最高で0.5K、最低で3.0K高い。この最低気温の差は、旭川市の1世帯が冷房運転を常時していた影響と考えられる。

図-8に両地域のアンケート回答時の相対湿度を示す。相対湿度の平均は、札幌市が60.4%、旭川市が69.1%で、旭川市の方が8.7ポイント高い。

図-9に両地域のアンケート回答時の「代替 WBGT」を示す。WBGTの計算には黒球温度が必要であるが、本

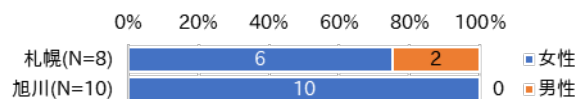


図-2 調査協力者の性別

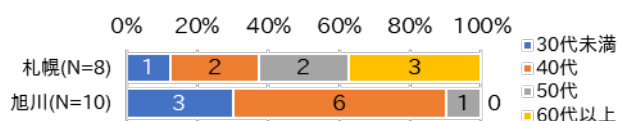


図-3 調査協力者の年齢

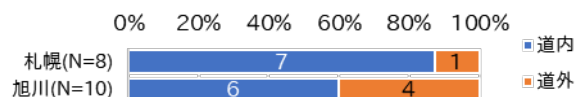


図-4 調査協力者の出身地

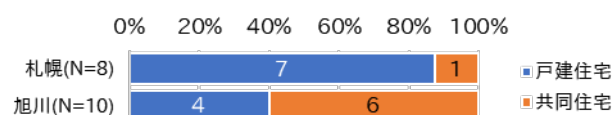


図-5 調査協力者の住宅種別

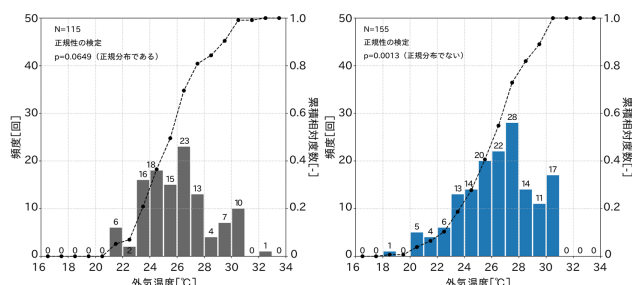


図-6 外気温度（左：札幌市、右：旭川市）

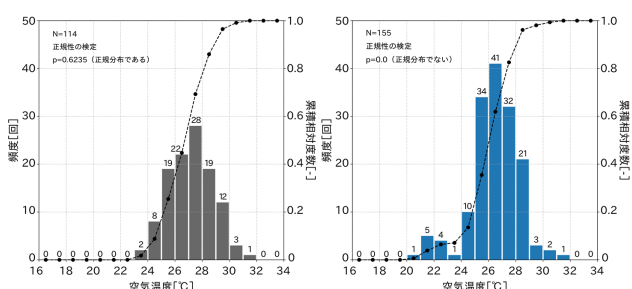


図-7 室内空気温度（左：札幌市、右：旭川市）

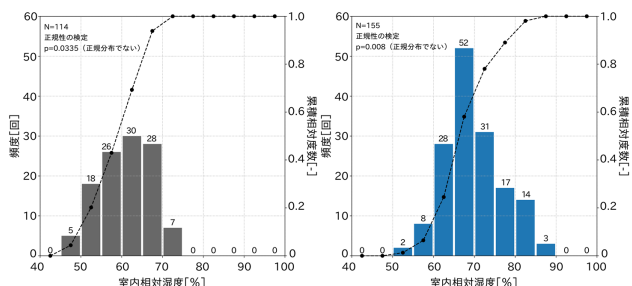


図-8 相対湿度（左：札幌市、右：旭川市）

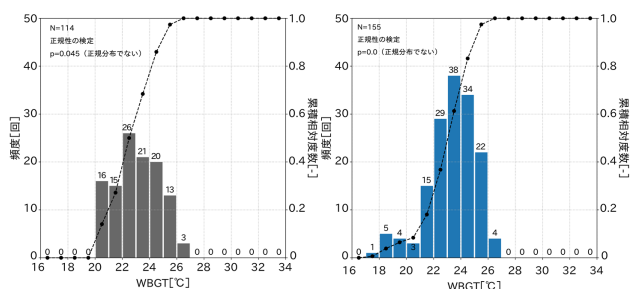


図-9 代替 WBGT（左：札幌市、右：旭川市）

調査では黒球温度を計測していないため、黒球温度と計測した空気温度を同一とし、代替 WBGT（以下、WBGT とする）を計算した。また湿球温度は、空気温度と相対湿度から計算した。WBGT の平均は、札幌市が 23.1℃、旭川市が 23.4℃で、大きな差はない。WBGT の最低は、札幌市が 20.1℃、旭川市が 17.7℃で、旭川市の方が 2.4K 低い。これは、上述の冷房運転による影響と考えられる。

また着衣量の平均は、札幌市が 0.26clo、旭川市が 0.30clo であり、両地域で大きな差はなかった。

3.2. 寒暑感・体熱感・想像温度

図-10 に両地域の寒暑感を、図-11 に体熱感を示す。寒暑感の「寒い」～「やや涼しい」申告は、札幌市が 19.0%、旭川市が 27.1%で、旭川市の方が 8.1 ポイント高い。また、「寒い」は旭川市でのみ申告があった。「やや暑い」～「とても暑い」申告は、札幌市が 53.5%、旭川市が 54.2%で、両地域に大きな差はない。また、体熱感は、すべての申告で両地域に大きな差はない。

図-12 に寒暑感と体熱感の関係を示す。寒暑感よりも体熱感が高い申告となる場合は、札幌市が 13.8%、旭川市が 9.7%あり、両地域ともに約 1 割の差があった。

図-13 に両地域の想像温度を示す。想像温度の平均値は、札幌市が 26.2℃、旭川市が 26.0℃で大きな差はない。最高・最低温度は、札幌市がそれぞれ 32.0℃、20.0℃、旭川市が 33.0℃、19.0℃であった。

3.3. 許容度・快適感・熱中症危険度

図-14 に許容度を、図-15 に快適感を示す。許容度は、「許容できる」申告が両地域ともに 90%程度であり、差はない。快適感は、「不快」申告が両地域ともに 22%程度で差はない。一方で、「快適」申告は、札幌市が 24.1%、旭川市が 31.8%で、旭川市の方が高い。

図-16 に想像の熱中症危険度と WBGT に基づく熱中症危険度の関係を示す。札幌市の 54.8%、旭川市の 63.9%の申告が WBGT に基づく熱中症危険度よりも低いレベルで危険度を想像している。これは、蒸暑地域などを対象にした既往研究の結果と同様であった^{2) 3)}。

4. 熱中症危険度の評価と考察

実測とアンケートの結果から、空気温度と想像温度に対する、①25℃≤WBGT となる割合（以下、警戒以上率）、②寒暑感で「やや暑い」～「とても暑い」と申告する割合（以下、暑熱率）、③体熱感で「やや熱さを感じている」～「とても熱さを感じている」と申告する割合（以下、体熱感発生率）のそれぞれに対し、ロジスティック曲線による解析を行なった。

4.1. 警戒以上率の予測

図-17 に空気温度・想像温度と警戒以上率の関係を示す。両地域ともに、空気温度と想像温度が高くなれば、警戒以上率が高くなる。警戒以上率が 80%になる時、空

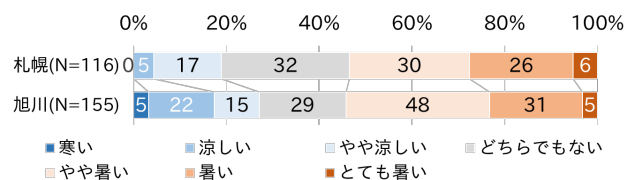


図-10 札幌市と旭川市の寒暑感申告

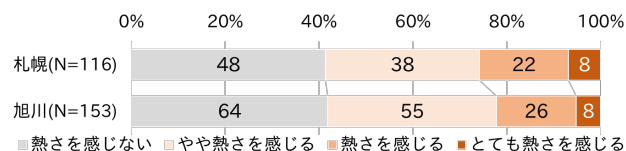


図-11 札幌市と旭川市の体熱感申告

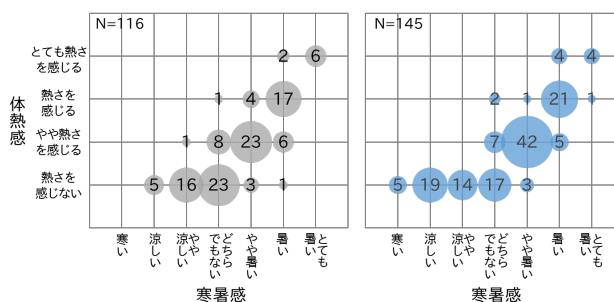


図-12 寒暑感と体熱感の関係 (左: 札幌市、右: 旭川市)

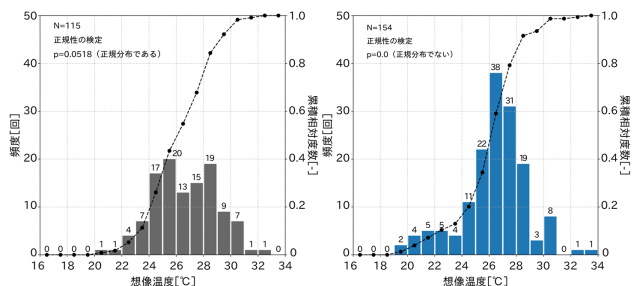


図-13 想像温度 (左: 札幌市、右: 旭川市)

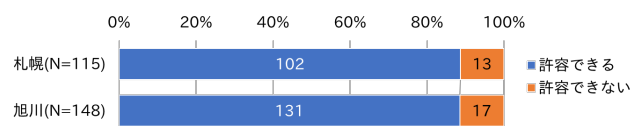


図-14 札幌市と旭川市の許容度申告

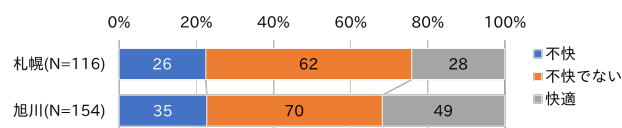


図-15 札幌市と旭川市の快適感申告

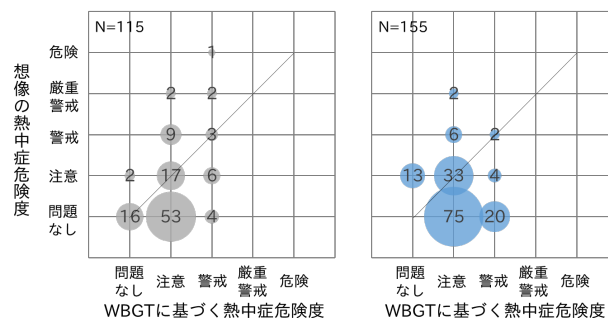


図-16 WBGT に基づく熱中症危険度と想像の熱中症危険度の関係 (左: 札幌市、右: 旭川市)

気温度と想像温度の予測値は、空気温度が両地域ともに約 29.0℃で、想像温度が札幌市で約 29.5℃、旭川市で約 30.0℃となり、空気温度の方が安全側になった。

4.2. 暑熱率の予測

図-18 に空気温度・想像温度と暑熱率の関係を示す。警戒以上率と同様に、両地域とも空気温度と想像温度が高くなれば、暑熱率が高くなる。暑熱率が 80% になる時、空気温度と想像温度の予測値は、両地域ともに空気温度が約 27.5℃、想像温度が約 27.0℃で、想像温度の方が安全側になった。

4.3. 体熱感発生率の予測

図-19 に空気温度・想像温度と体熱感発生率の関係を示す。体熱感発生率は、警戒以上率・暑熱率と同様の傾向がみられた。体熱感発生率が 80% になる時、空気温度と想像温度の予測値は、両地域ともに空気温度・想像温度が約 27.0℃で、警戒以上率・暑熱率と比較して、最も安全側になった。

4.4. 熱中症危険度の評価結果の考察

ロジスティック曲線を用いた予測では、警戒以上率が 80% となるときの空気温度・想像温度が最も高温となり、危険側であった。これは、WBGT が警戒以上となる条件と、住まい手の申告に基づく暑熱率、体熱感発生率では対象としている条件が異なるためと考えられる。

一方で、体熱感発生率が 80% となる時の空気温度と想像温度は最も低くなり、熱中症危険度の評価に対しては、安全側で評価可能と考えられる。熱中症は高体温がもたらす症状であるため、熱中症危険度の評価には、体熱感申告を活用すると有効と考えられる。

5. まとめ

本研究では、北海道の住宅を対象にした温熱環境の実測と居住者へのアンケートを実施し、北海道における熱中症危険度の実態と、夏季の温熱環境に対する認識を明らかにした。また、それらの結果を用いて熱中症危険度の評価と予測を行なった。本研究で得られた結果を下記に示す。

- 1) 札幌市と旭川市を対象に調査したが、熱中症危険度の実態と温熱環境に対する認識に差は見られなかった。
- 2) ヒトが想像する熱中症危険度は、WBGT に基づく危険度よりも低い申告が多かった。このことから、ヒトは熱中症危険度を適切に認識していないことが示唆された。
- 3) 空気温度・想像温度に対し、WBGT に基づく警戒以上率、暑熱率、体熱感発生率のそれぞれでロジスティック曲線を用いた予測を行なった。その結果、体熱感発生率を用いた場合が熱中症危険度の評価に対して最も安全側となり、体熱感は熱中症危険度の

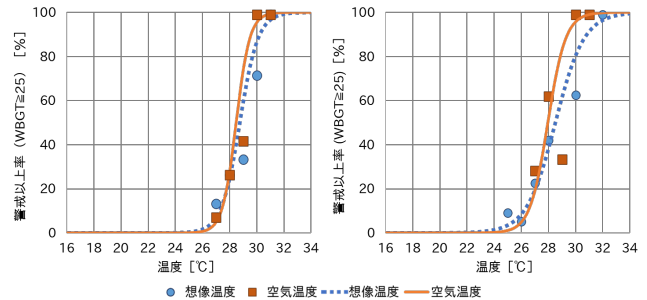


図-17 空気温度・想像温度と警戒以上率
(左：札幌市、右：旭川市)

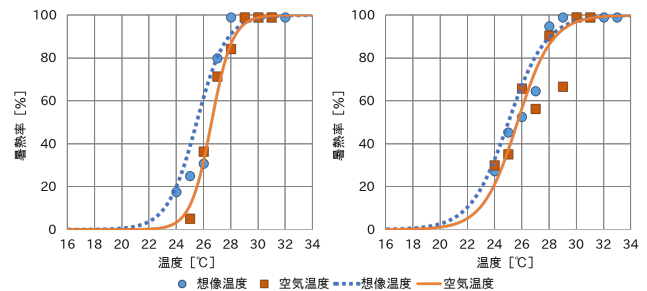


図-18 空気温度・想像温度と暑熱率
(左：札幌市、右：旭川市)

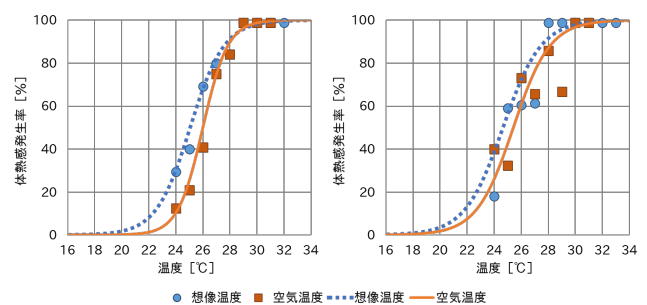


図-19 空気温度・想像温度と体熱感発生率
(左：札幌市、右：旭川市)

評価に活用できることが示唆された。

今後は道内他地域での調査や道外の結果との比較を行ない、熱中症危険度に関する地域差について検証する。

注

熱中症患者の来院時身体所見として調査される項目で、体の熱さの有無を確認している(例えば4)。熱感とも呼ばれる。

参考文献

- 1) Schweiker, M. et al. : Evaluating assumptions of scales for subjective assessment of thermal environments – Do laypersons perceive them the way, we researchers believe?, Energy and Buildings Volume 211, 15 March 2020.
- 2) 須永修通ら：蒸暑地域の集合住宅における温熱環境の実態データと改善手法，住総研研究論文集・実践研究報告集 No.45, pp83-94, 2018.
- 3) 田中佑一郎ら：居住者の温熱感覚と熱中症危険度の認識に関する実態調査 ～夏季における北海道と新潟を対象として～，日本太陽エネルギー学会講演論文集 (2019)，pp258-261, 2019.
- 4) 田中亮ら：熱中症患者の体温管理における血管内冷却システムの使用経験，日集中医誌 2016, 23, pp398-401, 2016.