

想像温度による熱中症危険度の判定に関する検討 A Study on Judgement of Heat Stroke Risk by Cognitive Temperature

佐々木優二¹⁾, 下ノ蘭慧²⁾, 鬼塚美玲³⁾, 斉藤雅也⁴⁾, 須永修通⁵⁾
Yuji Sasaki, Kei Shimonosono, Mirei Onitsuka, Masaya Saito and Nobuyuki Sunaga

- 1)北海道立総合研究機構, 研究職員, 修士 (デザイン学) (旭川市緑が丘東 1 条 3 丁目 1-20, sasaki-yuji@hro.or.jp)
Hokkaido Research Organization, Researcher, M. Design.
- 2)北海道立総合研究機構, 研究職員, 博士 (工学) (旭川市緑が丘東 1 条 3 丁目 1-20, shimonosono-kei@hro.or.jp)
Hokkaido Research Organization, Researcher, Ph. D.
- 3)札幌市立大学看護学部, 助教, 修士 (看護学) (札幌市中央区北 11 条西 13 丁目, m.onitsuka@scu.ac.jp)
Sapporo City University, Assistant Professor, M. Nursing.
- 4)札幌市立大学デザイン学部, 教授, 博士 (工学) (札幌市南区芸術の森 1 丁目, msaito@scu.ac.jp)
Sapporo City University, Professor, Ph. D.
- 5)東京都立大学, 名誉教授, 博士 (工学) (東京都八王子市南大沢 1-1, sunaga-nobuyuki@tmu.ac.jp)
Tokyo Metropolitan University, Emeritus Professor, Ph. D.

In order to establish a new method that enables residents to judge the risk of heat stroke, this study measured of the thermal environment and questionnaire surveys in four cities in Hokkaido, and examined whether cognitive temperature could be used to judge the risk of heat stroke. As a result, there is risk of heat stroke in Hokkaido, and that residents could not properly judge the risk of heat stroke. Furthermore, the cognitive temperature in Obihiro, Asahikawa, and Kushiro could be used to judge the risk of heat stroke at the same or safer level than the air temperature.

想像温度, 熱中症, 体熱感, 寒暑感, 地域差
Cognitive Temperature, Heat Stroke, Physical Heat Feeling, Thermal Sensation, Regional Difference

1. はじめに

近年、我が国では、熱中症救急搬送者数が増加しており、社会問題となりつつある。我が国で比較的寒冷な気候の北海道においても、熱中症救急搬送者数が増加傾向にある。2021 年 6 月 1 日から 9 月 26 日までの北海道の熱中症救急搬送者数 (速報値) は 1,888 人であり、2019 年、2020 年の同期間と比較してそれぞれ約 1.3 倍、約 1.7 倍である¹⁾。このことから、北海道における熱中症救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 WBGT の算出には、湿球温度、黒球温度、乾球温度が必要であり、一般家庭で WBGT の継続的な表示は困難と考えられる。このことから、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²⁾、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熱中症危険度に関する研究³⁾はあるが、北海道を対象にした研究は少ない⁴⁾。

そこで本研究では、居住者自らが熱中症危険度を判定できる新たな手法の確立に向け、北海道の住宅を対象とした温熱環境の実測とアンケートにより、想像温度が熱

表 1. 調査の概要

	札幌市	帯広市	旭川市	釧路市
対象世帯数	13 世帯	5 世帯	6 世帯	9 世帯
有効回答数	208	84	113	145
性別	男性: 4 女性: 9	男性: 1 女性: 4	男性: 0 女性: 6	男性: 6 女性: 3
調査期間	2021 年 7 月 26 日～8 月 16 日			
測定項目	1. 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 (株式会社ティアンドデイ) (株式会社藤田電機製作所)			
	2. 小型グローブ温度 (空気温湿度計と同じ場所に設置) おんどとり RTR502 Watch Logger 155FP (株式会社ティアンドデイ) (株式会社藤田電機製作所)			
	※外気温湿度は各都市の地域気象観測システムの観測データを使用。			
アンケート回答方法	1 日 1 回、可能な限り 10 時～14 時			
アンケート項目	1. 回答日・回答時刻 (選択・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. 気流感 (「感じない～とても感じる」の 4 件法) 6. 発汗感 (汗をかいていない、汗をかいている) 7. 許容度 (許容できる、許容できない) 8. 快適感 (不快、不快でない、快適 (心地良い)) 9. 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) 10. 着衣量 (複数選択) 11. 環境調整行動 (複数選択) 12. アンケート回答直前の行動 (複数選択)			

中症危険度の判定に利用可能かを検討した。

2. 研究方法

表1に調査の概要を示す。本研究では、2021年7月26日から8月16日までの22日間、札幌市（13世帯、有効回答数208）、帯広市（5世帯、有効回答数84）、旭川市（6世帯、有効回答数113）、釧路市（9世帯、有効回答数145）の4地点で空気温湿度と小型グローブ温度の実測とアンケート調査票を用いた調査を実施した。空気温湿度計と小型グローブ温度計は居間の日射の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℃だと思いか？）、気流感、発汗感、熱中症等の臨床時に用いられる体熱感⁴⁾について項目を設定した。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。なお、熱中症危険度は熱中症予防運動指針を参考に定義を提示したうえで回答を依頼した⁶⁾。

3. 調査の結果

3-1. 外気温度・空気温度・小型グローブ温度・相対湿度・WBGT・想像温度

図1に各地点の調査期間中の外気温度を示す。2021年8月8日までは最高気温が30℃を超える日が続いている。北海道内で比較的寒冷的な釧路市でも、2021年7月30日に最高気温が30℃を超えている。一方、2021年8月9日以降は最高気温が約3~11K低下している。

図2にアンケート回答時の(a)外気温度、(b)空気温度、(c)小型グローブ温度、(d)相対湿度、(e)WBGT、(f)想像温度を示す。また、有意水準をp=0.05と定めて実施したSteel-Dwass法による多重比較検定の結果も併せて示す。

アンケート回答時の外気温度は、全地点で最高気温と最低気温の差が大きい、これは、前述の外気温度の低下が影響していると考えられる。

アンケート回答時の空気温度は、札幌市と帯広市が最高約33.5℃、旭川市と釧路市が最高約32℃であり、札幌市と帯広市の方が約1.5K高い。また小型グローブ温度も空気温度と同様の傾向であるが、旭川市の最高小型グローブ温度は他地点と比較して約2K低い。

アンケート回答時の相対湿度は、釧路市が最高・平均

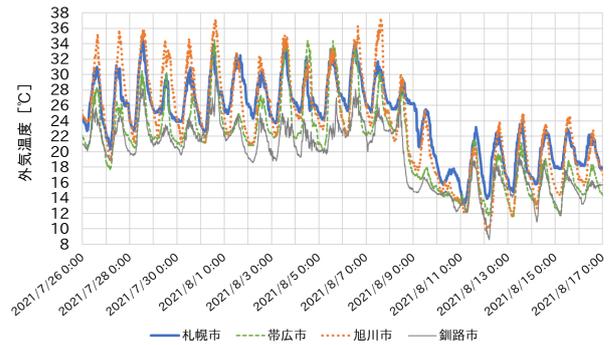


図1. 各地点の調査期間中の外気温度

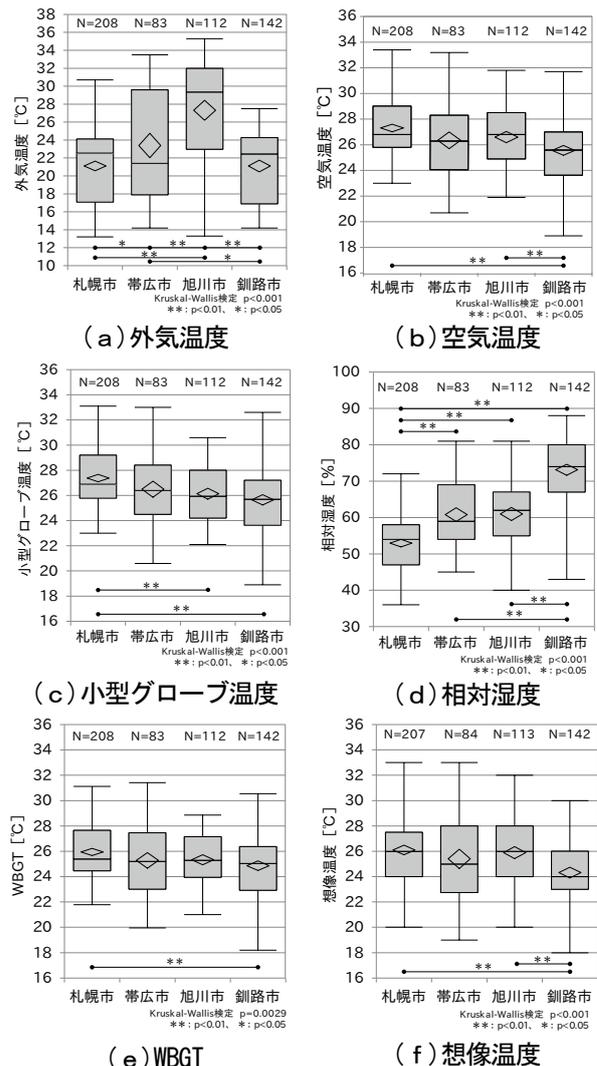


図2. 各地点のアンケート回答時の外気温度・空気温度・小型グローブ温度・相対湿度・WBGT・想像温度

ともに他地点と比較して約10~20ポイント高い。また相対湿度は、札幌市が他地点より有意に低く、釧路市が有意に高い。

アンケート回答時のWBGTは、中央値が全地点で約25℃であり、回答の半数以上が熱中症危険度の警戒以上であった。また最高WBGTは、札幌市と帯広市で31℃以上であり、熱中症危険度が危険の範囲にある。このことから、比較的寒冷的な北海道においても熱中症のリスク

が高いことがわかる。WBGTは札幌市の方が釧路市よりも有意に高いが、これは、アンケート回答時の空気温度・小型グローブ温度が札幌市の方が釧路市よりも有意に高いことが影響していると考えられる。

想像温度は、札幌市と帯広市が最高で33℃であり、旭川市より1℃、釧路市より3℃高い。また、釧路市の想像温度は、札幌市と旭川市よりも有意に低い。

3-2. 寒暑感・体熱感・気流感

図3に各地点の寒暑感を示す。暑い側の申告は、各地点ともに約40%であり、また、全地点で「とても暑い」申告がある。一方、「寒い」申告は、帯広市でのみ申告があった。

図4に各地点の体熱感を示す。「やや熱さを感じる」～「とても熱さを感じる」までの体熱感申告は、旭川市が他地点より約6～9ポイント多い。また「とても熱さを感じる」申告は、旭川市が約11%で最も多い。

図5に各地点の快・不快感を示す。「快適(心地良い)」申告は、釧路市が約27%で他地点より約13ポイント低い。また「不快」申告は、札幌市、旭川市、釧路市は20%を超えているが、帯広市は約12%で他地点よりも約8ポイント低い。

図6に各地点の気流感を示す。「気流を感じている」申告は札幌市が約58%で最も多いが、帯広市では約28%であり、札幌市より約30ポイント低い。なお発汗感の「汗をかいている」申告は全地点で約30%、許容度の「許容できる」申告は全地点で80%以上であり差はなかった。

3-3. 熱中症危険度

図7に各地点のWBGTに基づく熱中症危険度と想像の熱中症危険度の関係を示す。全地点の80%以上が、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、既往研究の結果と同様の傾向である³⁾⁴⁾。このことから、ヒトは熱中症危険度を適切に判断できていないことが示唆された。

そこで以降では、想像温度により熱中症危険度が判定可能かを考察する。また、寒暑感と体熱感でも判定可能かを考察するため、同様に検討する。

4. 想像温度による熱中症危険度の判定

実測とアンケートの結果から、想像温度に対する、① $25^{\circ}\text{C} \leq \text{WBGT}$ となる割合(以下、警戒以上率)、②寒暑感で「やや～とても暑い」と申告する割合(以下、暑熱申告率)、③体熱感で「やや～とても熱さを感じている」と申告する割合(以下、体熱感申告率)のそれぞれについてロジスティック回帰式を用いてモデル化を行なった。なお、警戒以上率は、空気温度に対してもモデル化した。

4-1. 警戒以上率・暑熱申告率・体熱感申告率の結果

図8、図9に空気温度・想像温度と警戒以上率の関係を示す。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%になるときの札幌以外の地点の空気温度と想像温度を比較すると、想像温度の方

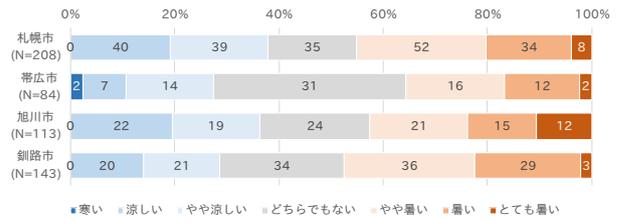


図3. 各地点の寒暑感申告

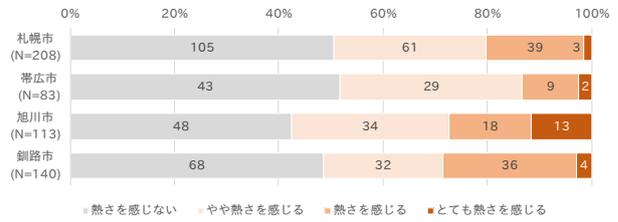


図4. 各地点の体熱感申告

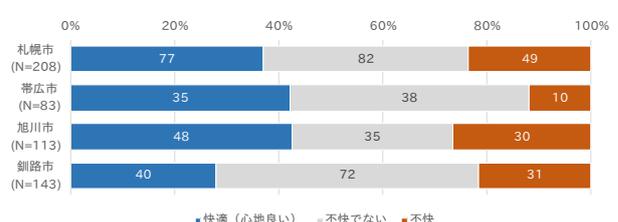


図5. 各地点の快・不快感申告

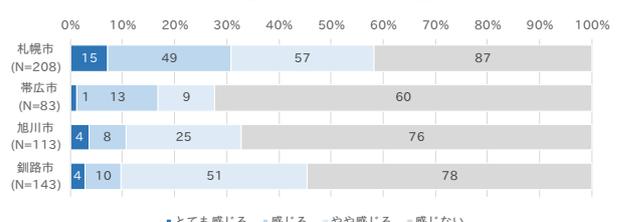


図6. 各地点の気流感申告

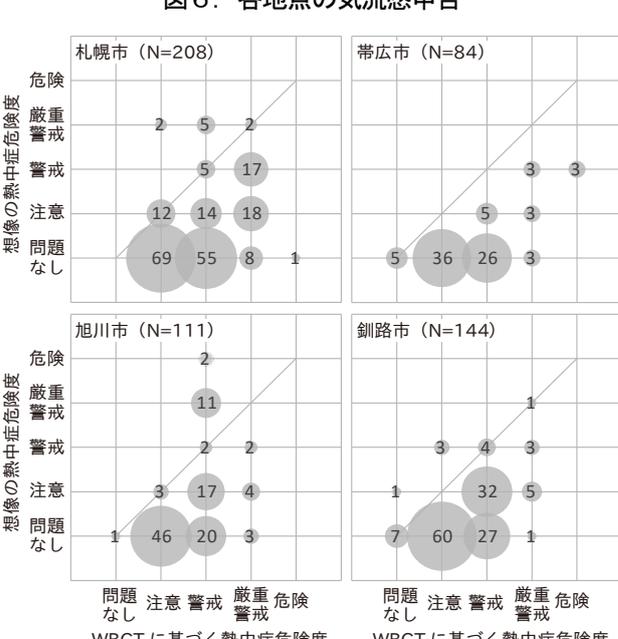


図7. 各地点のWBGTに基づく熱中症危険度と想像の熱中症危険度の関係

が約0.5℃低くなることから熱中症危険度の判定に利用できる可能性がある。

図10に想像温度と暑熱申告率の関係を示す。警戒以上率と同様に、想像温度が高くなれば暑熱申告率が高くなる。暑熱申告率が80%になるとき、想像温度は釧路市が約25.5°Cで最も低く、帯広市が約29°Cで最も高い。

図11に想像温度と体熱感申告率の関係を示す。警戒以上率、暑熱申告率と同様に、想像温度が高くなれば体熱感申告率が高くなる。体熱感申告率が80%になるとき、想像温度は釧路市が約25.5°Cで最も低く、札幌市が約28°Cで最も高い。

暑熱申告率と体熱感申告率が80%となるときの想像温度は、札幌市と釧路市ではそれぞれ同程度であり、帯広市と旭川市では体熱感申告率の方が約1°C低い。これは、既往研究の結果と同様の傾向である⁴⁾。また釧路市の暑熱申告率と体熱感申告率が80%となるときの想像温度はともに約25.5°Cであり、他地点より約1.5~3.5°C低い。このことから、温熱環境の認識に対する地域差があることが明らかになった。

4-2. 考察

帯広市、旭川市、釧路市は、警戒以上率が80%となるときの想像温度が空気温度と比較して同程度~やや低温になった。従って、上記3地点では、想像温度により熱中症危険度を空気温度と同等または安全側で判定ができる可能性がある。一方、想像温度に対する警戒以上率の疑似決定係数 R^2 について札幌市が他地点と比較して小さいこと、また、暑熱申告率と体熱感申告率が80%となるときの想像温度が全地点で警戒以上率よりも高温側となることなど、既往研究と異なる結果が得られた⁴⁾。これらの違いを明らかにするためには、回答者属性等を分けてモデル化を行なうなど、さらなる検証が必要である。

5. まとめ

本研究では、居住者自らが熱中症危険度を判定できる新たな手法の確立に向け、北海道の住宅を対象とした温熱環境の実測とアンケートにより、想像温度が熱中症危険度の判定に利用可能か検討した。その結果、以下のことが得られた。

- 1) 比較的寒冷な気候の北海道でも熱中症のリスクは高いことが明らかになった。また夏季の温熱環境に対する認識に地域差があることを明らかにした。
- 2) WBGTに基づく熱中症危険度と想像の熱中症危険度の比較により、ヒトは熱中症危険度を適切に判断できていないことが示唆された。
- 3) ロジスティック回帰式を用いたモデル化の結果、想像温度により熱中症危険度を判定できる可能性がある。

本研究では、想像温度が熱中症危険度の判定に利用可能かの検討にとどまったため、今後は被験者属性や住宅性能等を考慮したさらなる検証が必要である。

参考文献

- 1) 総務省消防庁, <https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post3.html> (2021年10月8日確認)
- 2) Schweiker, M. et al. : Evaluating assumptions of scales for

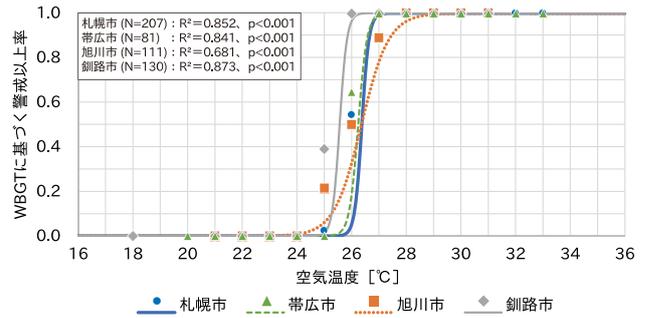


図8. 各地点の空気温度に対する警戒以上率

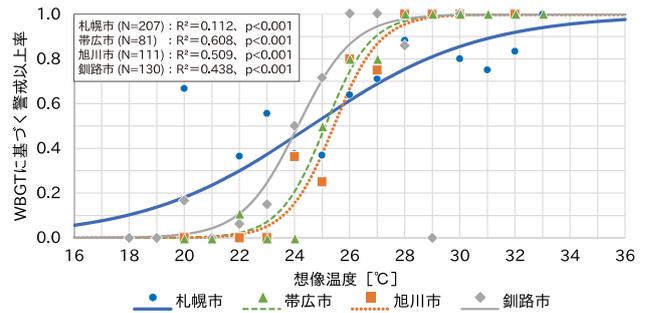


図9. 各地点の想像温度に対する警戒以上率

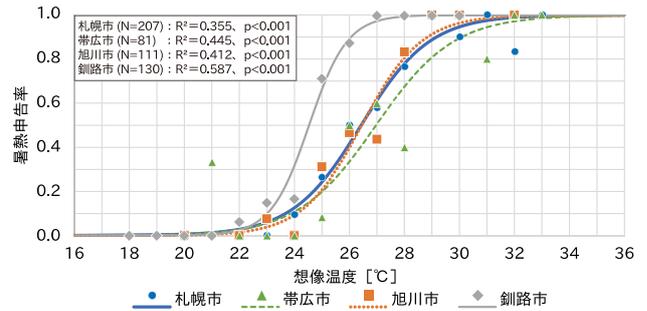


図10. 各地点の想像温度に対する暑熱申告率

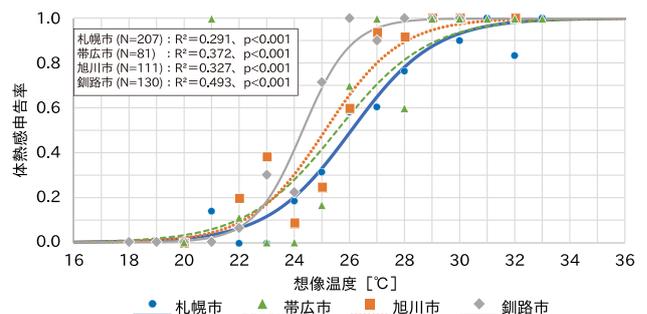


図11. 各地点の想像温度に対する体熱感申告率

assessment of thermal environments - Do laypersons perceive them the way, we researchers believe?, Energy and Buildings Volume 211, 15 March 2020.

- 3) 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 No.45, pp83-94, 2018。
- 4) 佐々木優二ら：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，空気調和・衛生工学会大会学術講演会講演論文集第6巻, pp169-172, 2021。
- 5) 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。
- 6) 公益財団法人日本スポーツ協会：スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック第5版, 2019。