

札幌と熊本の小学児童の温熱的不快と想像温度・実際室温

正会員 ○町口 賢宏¹⁾ 同 齊藤 雅也²⁾
同 辻原 万規彦³⁾ 同 鈴木 信恵⁴⁾
同 宿谷 昌則⁵⁾ 同 羽山 広文⁶⁾

4. 環境工学-10. 温熱感
温熱快適性 地域性 想像温度

1. はじめに

筆者らはヒトの温熱環境に対する認識や環境調整のための行動選択の関係を明らかにする研究に取り組んでいる。既往の研究^{1), 2)}では、札幌と熊本の小学児童を対象に、夏季と冬季の温熱的不快と「想像温度(いま何℃だと思うか)」・「実際室温(実際に計測される室温)」の関係性を調べてきたが、データ数がまだ少なく十分な確証が得られたわけではない。

本研究では、2009年度に引き続き、これまでと同様の調査を2010年度の夏季と冬季について行ない、さらに考察を加えた。

2. 研究方法

表1に調査概要を示す。「温度手帳」と呼ぶカードを各児童に1枚配布し、手帳には、想像温度・温熱的不快の申告用シール貼り付け欄、他に、概要に示した項目の回答欄を設けた。

毎昼の給食前の教室にて、想像温度を手帳に記入してもらい、その時の温熱環境下で、夏季は「不快ではない(普段通り授業を受けられる)」なら青を、「不快(暑くて授業を受けられない)」なら赤のシールを、冬季は夏季の色とは逆に「不快ではない(普段通り授業を受けられる)」なら赤を、「不快(寒くて授業に集中できない)」なら青のシールを貼ってもらった。

札幌・熊本ともに教室の窓側の前後、廊下側の前後と、廊下と屋外の計6ヶ所に空気温湿度計とグローブ温度計(灰色ピンポン玉の自作)を設置し、5分間隔で自動計測した。なお、計器の表示部は、表示される温湿度やグローブ温度を児童に見られないように目隠しをした。

3. 結果と考察

3-1. 夏季と冬季の不快申告者割合

図1は札幌と熊本における申告時の外気温・実際室温に対する不快申告者割合である。夏季の不快申告者割合は最大で札幌85%、熊本40%であり、同じ実際室温に対して熊本の方が不快申告者割合が小さい。また、札幌は温度の上昇に対する不快申告者割合の増加が大きく、熊本は小さい。これは、外気温や室温の変化が夏季の不快申告に与える影響が熊本よりも札幌の方が大きいこと

表1 調査概要

【対象】	札幌市立A小学校：6年2学級55名	
	熊本市立B小学校：5年1学級33名	
【実測項目】	外気温湿度、室内空気温湿度、グローブ温度	
	【夏季】	
【期間】	札幌：2010年8月23日～9月3日(8日間) 昼食前	
	熊本：2010年9月6日～9月17日(10日間) 昼食前	
【冷房設備】	札幌：なし 熊本：なし	
【温度手帳の項目】	①温熱的不快申告(赤・青シール) ②想像温度(今、何℃と感ずるか) ③発汗感・通風感・乾湿感の有無 ④着衣の状態(該当項目に○印) ⑤始業から終業までの歩数(万歩計配布) ※快・不快の想像温度の申告(初日に回答)	
	【冬季】	
【期間】	札幌：2011年2月21日～2月25日(5日間) 昼食前	
	熊本：2011年2月4日～2月10日(5日間) 昼食前	
【暖房設備】	札幌：電気暖房 熊本：暖房なし	
【温度手帳の項目】	①温熱的不快申告(赤・青シール) ②想像温度(今、何℃と感ずるか) ③着衣の状態(該当項目に○印) ④日光が当たっているか	

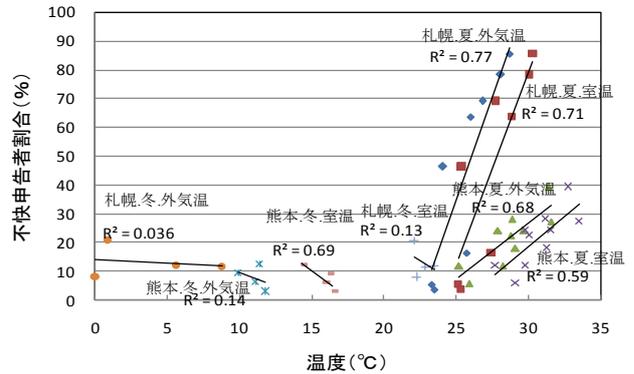


図1 外気温・実際室温と不快申告者割合

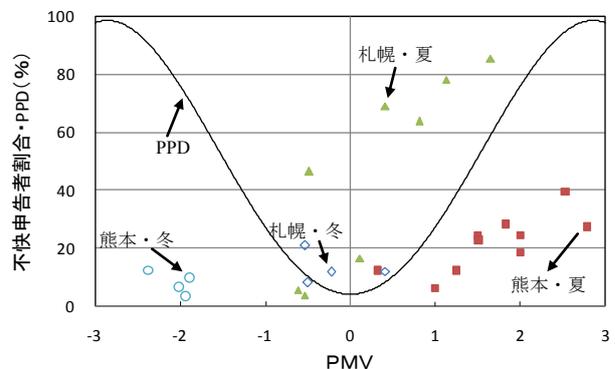


図2 PMVと不快申告者割合

A Study on the Room Air Temperature and the Cognitive Temperature Scale with Thermal Discomfort of the Elementary Students in Sapporo and Kumamoto.

MACHIGUCHI Takahiro et al.

を表していると考えられる。

冬季の熊本は教室内に暖房機器がないため、外気温と実際室温の差は3℃程度と小さい。一方、札幌は校舎の断熱性が熊本よりも良好なことで、各教室に5~6kWの電気暖房があるため、日中の実際室温は外気温の影響をあまり受けていない。札幌は熊本よりも外気温で2~10℃程度低く、実際室温で8℃程度高いが、札幌の不快申告者割合は熊本のそれと変わらない(10%前後)。

図2は札幌と熊本のそれぞれについて申告時の室内熱環境に対応するPMV値とPPD(予想不満足者率)・不快申告者割合の関係を示したものである。実際の不快申告者割合を表わすプロット群は、夏季においてPPDを表わす曲線を挟んで札幌が上部、熊本が下部に分かれている。PPDよりも札幌の不快申告者割合は大きく、熊本は小さいことから、暑さに対する耐性は札幌よりも熊本の方があると考えられる。

一方、冬季の熊本ではPMV値が-2.5~-2.0と低く、PPDは80%を超えるにもかかわらず、実際の不快申告者割合は20%未満で札幌のそれと同程度である。これは熊本が札幌よりも寒さへの耐性があることを表わしていると考えられる。

3-2. 夏季の不快申告と発汗感・通風感・歩数

図3は夏季の不快申告と不快でない申告の別に発汗感・通風感の有無を度数で示したものである。札幌の不快申告者は「汗をかいている」申告(143人)が、「汗をかいていない」申告(58人)の2倍以上多い。不快でない申告者では「汗をかいていない」申告(193人)が「汗をかいている」申告(42人)よりも多い。札幌では不快申告と発汗感の有無に強い相関があると考えられる。

一方、熊本では「汗をかいている」としながらも不快でない申告者が122人いて、札幌の42人に対し3倍ほど多い。さらに、その中で「汗をかいている」かつ「風を感じる」人数が105人で86%を占める。また、図4より、熊本は室温が30℃を超える暑熱環境の日が札幌よりも多く、「汗をかいている」申告の割合は不快申告者割合よりも室温の高低によらず2倍ほど大きい。熊本の児童の身体は、体温上昇を引き起こしてしまわないように、「発汗」が日常的に促せるように適応していると考えられる。実際に熊本では「汗をかいている」かつ「風を感じる」であって、しかも不快でない児童(105人)が不快な児童(38人)を大きく上回っている。したがって、発汗感があっても汗の蒸発による冷却効果で温熱的不快が抑えられていたと考えられる。

図5は夏季の1日の歩数(始業から終業まで)と不快申告者割合、「汗をかいている」申告の割合である。札幌・熊本ともに歩数が多いほど不快申告、「汗をかいている」申告の割合は大きい。このことは不快申告者割合、「汗をかいている」申

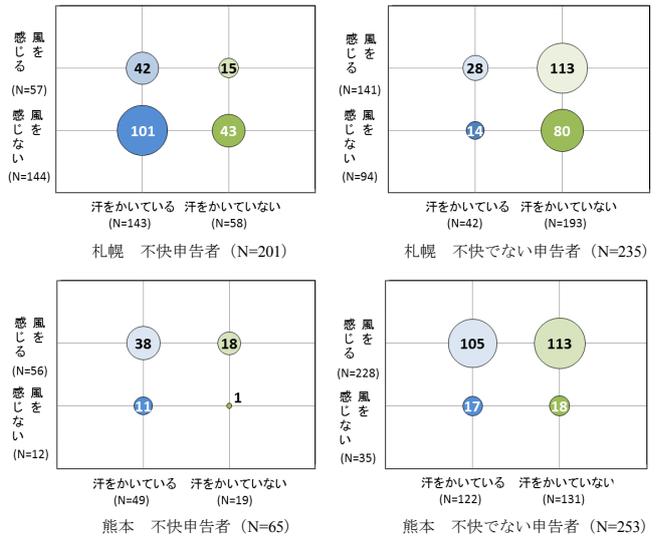


図3 発汗感と通風感の有無の関係(夏季)

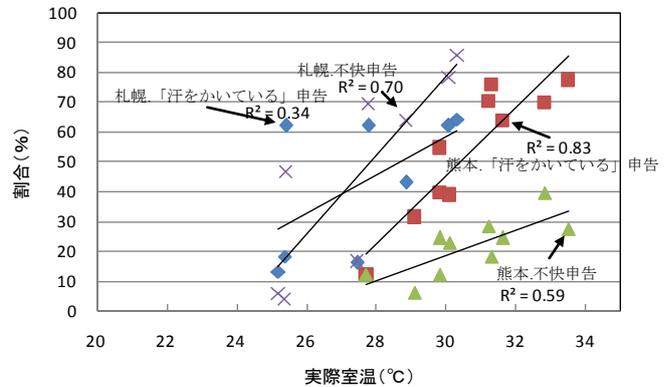


図4 不快申告者割合と発汗感の関係(夏季)

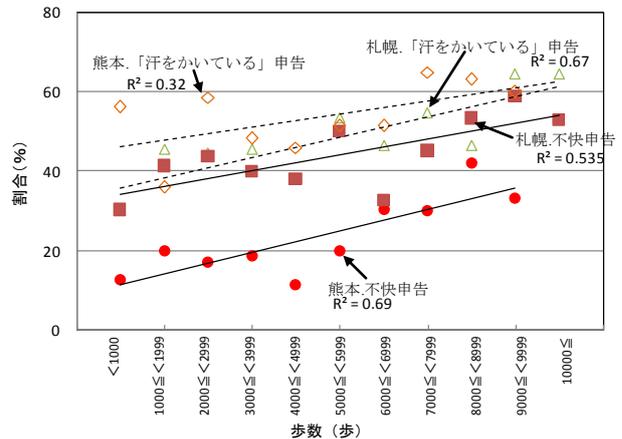


図5 歩数と発汗感・不快申告者割合の関係(夏季)

告の割合と代謝量との関係性を示唆する。また、札幌では「汗をかいている」申告と不快申告者割合はともに、歩数が多くなるにつれてほぼ同様に増加している。一方、熊本では不快申告者割合よりも「汗をかいている」申告の割合の方が大きい。これは、図3と図4で示したように、熊本の児童は日常的に発汗し、気流感を得ることで温熱的不快が抑えられたためだと考えられる。

3-3. 夏季の窓側と廊下側の不快申告とMRT

図6と図7は、教室の窓側・廊下側の座席位置における不快申告者割合とMRTを札幌・熊本について示したものである。札幌では廊下側より窓側のMRTが高く、それに伴い窓側の不快申告者割合も大きい。窓から室内に日射が入ることによりMRTが高くなっていると考えられる。一方、熊本では札幌で見られるような関係はみられないが、MRTは30~32°Cのあいだを推移している。これは、調査期間中の太陽高度が、札幌53°、熊本61°で、熊本のほうが札幌よりも8°高く、熊本は日射が窓から入射しにくいので窓側・廊下側でMRTに差がみられなかったと考えられる。札幌で不快でない温熱環境にするためには、窓の外側での日射遮蔽を徹底する必要がある。

3-4. 実際室温と想像温度の関係

図8は実際室温に対する各児童の想像温度の平均を赤・青申告者別に示したものである。夏季・冬季に関係なく札幌・熊本ともに赤申告者のほうが青申告者よりも想像温度を高く申告する傾向にある。特に、夏季の赤と青の平均の温度差は札幌で約2.5°C、熊本で約2°Cである。したがって、夏季に不快と知覚している児童は不快でないとしている児童より同じ教室の温熱環境を2~2.5°C高く想像している。この2~2.5°Cの温度差が、例えば、家庭での冷房の設定温度の差に現れる可能性があり、結果として電力使用量の差となるかもしれない。

図9と図10は夏季の札幌・熊本それぞれにつ

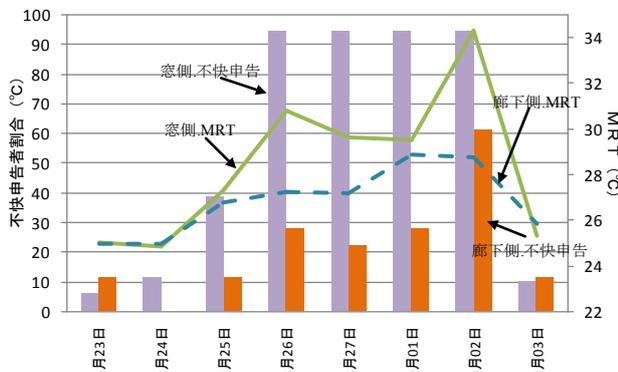


図6 窓側・廊下側の不快申告者割合とMRTの関係（札幌・夏）

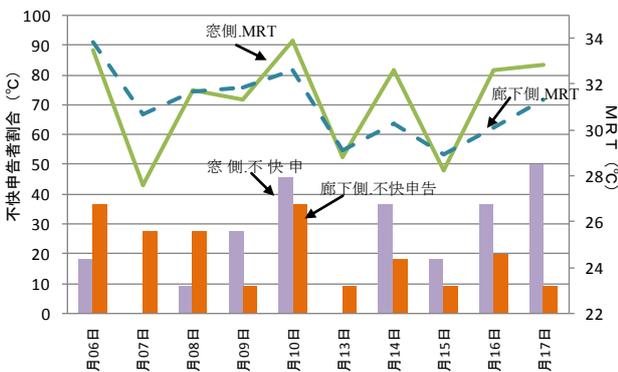


図7 窓側・廊下側の不快申告者割合とMRTの関係（熊本・夏）

いて、横軸に想像温度と実際室温の差、縦軸に実際室温の関係を示したものである。図中の箱ひげプロットは、不快（赤）・不快でない（青）申告者別に、想像温度と実際室温の差、実際室温のそれぞれについて最大値・最小値・標準偏差・平均値を示す。

札幌と熊本とも不快でない申告群が不快の申告群よりも横軸・縦軸ともに低めになっている。ところで、図1を再び見ると、不快申告者割合が30%になると予想される実際室温は札幌26°C、熊本33°Cである。いま、図9の札幌で縦軸の実際室温が26°Cのところを点線を引くと、26°C以下の温度域にいる不快申告者はほとんどが想像温度>実際室温の関係である。図10の熊本の場合も実際室温が33°Cで点線を引くと、札幌と同様の傾向がある。したがって、不快申

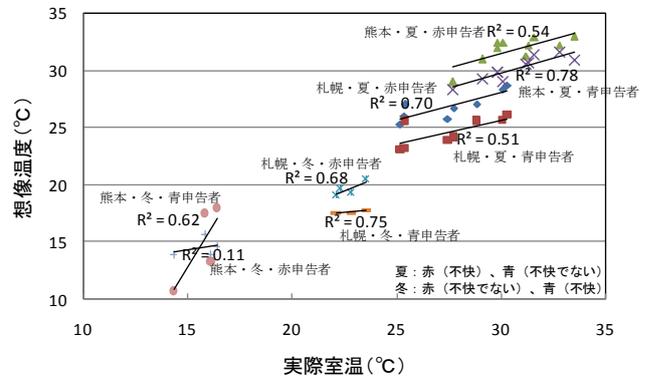


図8 実際室温と想像温度の関係

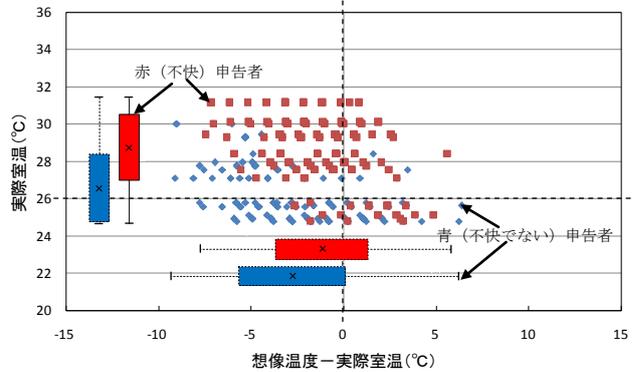


図9 想像温度と実際室温の差と実際室温の関係（札幌・夏）

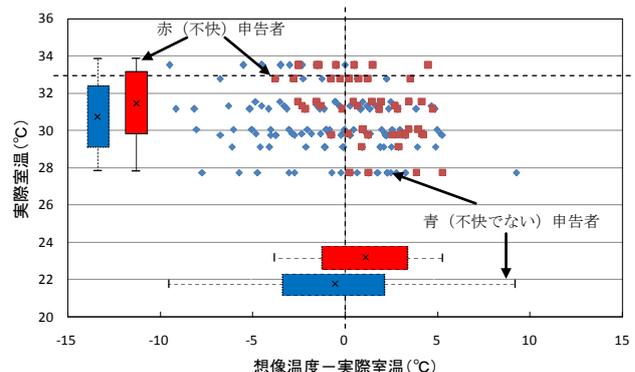


図10 想像温度と実際室温の差と実際室温の関係（熊本・夏）

告者割合が30%以下になる条件で不快に感じる児童は想像温度が実際室温を上回る関係にあると言える。

図8から図10を総合すると、夏季において不快でない温熱環境の実現には住まい手の想像温度を低く感じさせる建築的工夫や住まい方が重要だと思われる。

3-7. 温熱的快・不快の想像温度申告

図11は、調査初日に得た札幌と熊本における夏季の温熱的快に関する想像温度申告の度数分布である。これは、各児童に「あなたが過ごしやすと思う温度は何℃か」と聞いた数値である。札幌は23℃、熊本は25℃が最も多い。平均はそれぞれ札幌22.3℃(σ=2.0)、熊本24.5℃(σ=2.6)でその差は2.2℃であった。

図12は温熱的不快に関する想像温度申告(あなたが過ごしにくいと思う温度は何℃か)の度数分布である。札幌は30℃、熊本は35℃が最も多い。平均は札幌28.3℃(σ=2.8)、熊本33.1℃(σ=2.9)でその差は4.8℃であった。温熱的快・不快に関する想像温度は札幌より熊本の方がいずれも高く、熊本の児童の温熱認識として札幌よりも暑熱環境下で比較的高い室温(30℃前後)を許容していると考えられる。

4. まとめ

- 1) 夏季の外気温と実際室温が同じとき、熊本の児童の方が札幌よりも温熱的不快の申告が少なかった。冬季は札幌の室温が熊本よりも8℃程度高いにも関わらず不快申告者割合はほぼ同じだった。
- 2) 夏季の札幌と熊本でPMV値が同じ場合、札幌の方が不快申告者割合が大きかった。冬季の熊本ではPMV値が-2.5~-2.0と低かったが、不快申告者割合は20%未満で、札幌のそれとほぼ同じであった。

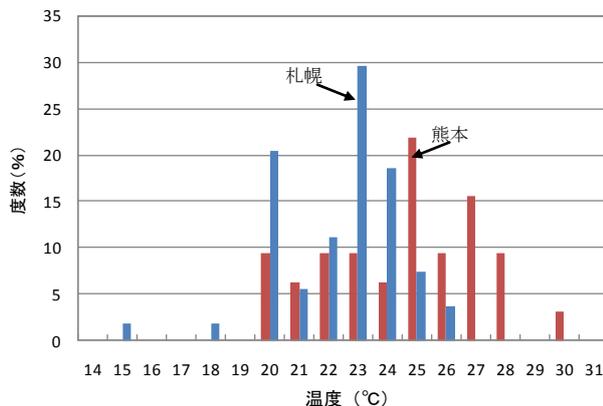


図11 温熱的快の想像温度

- 3) 熊本の児童は発汗感と同時に通風感があれば温熱的不快は感じにくい傾向があった。
- 4) 札幌・熊本ともに1日の歩数が多いほど発汗感は大くなるが、不快申告者の割合は札幌の方が熊本より高かった。
- 5) 夏季の札幌では、廊下側より窓側の方がMRTが高く、それに伴い窓側の不快申告者の割合も高かった。窓側の日射遮蔽の徹底が重要だと考えられる。
- 6) 夏季・冬季に関係なく、札幌・熊本ともに赤申告者が青申告者よりも高い想像温度を申告した。夏季における両者の想像温度の差は約2℃であった。
- 7) 不快申告者割合30%に対応する実際室温は札幌で26℃、熊本で33℃となり、それぞれの温度以下の領域における不快申告者のほとんどが想像温度>実際室温の関係となった。多くの児童が不快ではないと感じるときでも不快と感じる児童はそのときの想像温度が実際室温を上回っていると考えられる。
- 8) 温熱的快・不快に関する想像温度平均は、いずれも札幌よりも熊本の方が高かった。

謝辞

本研究は、研究当時、札幌市立大学に在籍された遠藤有香氏の卒業研究を発展させたものです。また、札幌市立常盤小学校と熊本市立月出小学校の児童・教員の皆さまのご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 町口賢宏・斉藤雅也・辻原万規彦：ヒトが快適・不快に感じる温度の地域性に関する研究～夏季の札幌・熊本の小学児童を対象にして～、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 35-36、2010. 9.
- 2) 町口賢宏・斉藤雅也・辻原万規彦・鈴木信恵：ヒトの温熱的快・不快と想像温度・実際室温－札幌と熊本の小学児童を対象にして－、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、pp. 2259-2262、2010. 9.
- 3) 斉藤雅也：ヒトの想像温度と環境調整行動に関する研究－夏季の札幌における大学研究室を事例として－、日本建築学会環境系論文集、No. 74、pp. 1299-1306、2009. 12.

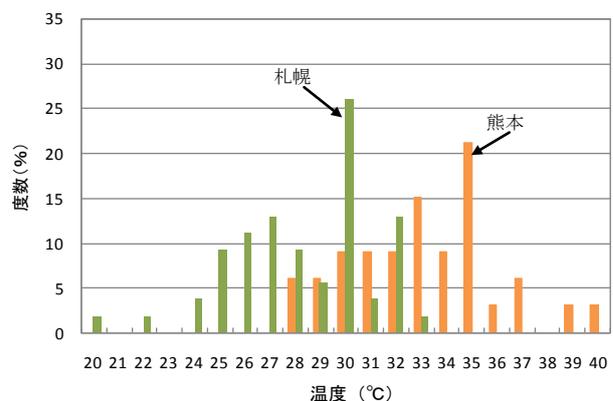


図12 温熱的不快の想像温度

1)北海道大学大学院工学院 大学院生
 2)札幌市立大学デザイン学部 准教授・博士(工学)
 3)熊本県立大学環境共生学部 准教授・博士(工学)
 4)東京都市大学環境情報学部 研究員・修士(環境情報学)
 5)東京都市大学環境情報学部 教授・工学博士
 6)北海道大学大学院工学研究院 教授・博士(工学)

Graduate Student, Graduate School of Engineering Hokkaido University
 Associate Professor, School of Design, Sapporo City University, Dr. Eng.
 Associate Professor, Prefectural University of Kumamoto, Dr. Eng.
 Researcher, School of Environmental and Information Studies, Tokyo City University
 Professor, School of Environmental and Information Studies, Tokyo City University, Dr. Eng.
 Professor, Faculty of Engineering, Hokkaido University, Dr. Eng.