

熊本と札幌における小学児童の温熱的不快・想像温度・授業への集中度合い

その 1 温熱的不快と想像温度

正会員○斉藤 雅也*1 準会員 秋成 妹*2
正会員 辻原万規彦*3 正会員 町口賢宏*4

4. 環境工学-11. パッシブデザイン 環境工学

熊本、札幌、小学校、温熱感、想像温度、集中度合い

1. はじめに

東日本大震災を経て、電力需要の低減が各地域で求められているが、学校建築もその例外ではない。それに加えて、教室の温熱環境は、児童や生徒の健康性や快適性を損なわないように計画・運用を進める必要がある。ところで、幼少期や少年期に過ごす温熱環境は、成人後の温熱感や温熱に関わる意識形成に影響を与えていると言われている。したがって、「温熱的に不快でない」教室の温熱環境を実現するために何をすべきか、また、「より高度な快適性」を創出する温熱環境条件や住まい方とは何か、を明らかにする意義は大きい。本研究では、地域性や小学児童の身体性、生活習慣の違いを考慮し、以上のことを明らかにすることを目的とする。

これまで、筆者は「想像温度^{1),2)}」の概念を提案し、想像温度と実際の室温やMRT、環境調整行動の関係を明らかにしてきた。小学児童を対象にした研究では、2009年^{3),4)}と2010年⁵⁾の夏と冬に熊本と札幌にて調査を実施した。本報では、既報の成果を踏まえ、調査項目を見直すとともに、新たな項目を加えて、2011年夏に同じ熊本と札幌で行なった調査結果を報告する。その1では、既報との共通項目を比較し、その2では温熱感・想像温度・授業への集中度合いの関係について得られた結果とその考察を述べる。

2. 調査の概要

今回の調査は、熊本市立 A 小学校 5 年生 1 学級 38 人 (2011 年 9 月 5 日~16 日の 10 日間) と札幌市立 B 小学校 6 年生 2 学級 63 人 (2011 年 8 月 30 日~9 月 9 日の 9 日間) を対象にした。熊本では壁に据え付けられた扇風機が窓側の中央上方に 2 台、廊下側の中央上方に 2 台 (合計 4 台) が設置されているが、札幌では扇風機、冷房設備はない。

図 1 に本研究全体の枠組みと調査対象項目を示す。これまで、図 1 は明確に描けなかったが、既報までは主としてこの図の「温熱環境」から「温熱感覚・知覚・認識」までの関係を対象としていた。今回の特徴は、従来の温熱感研究で対象とする「温熱環境」から「温熱感覚・知覚」に留まらず、「認識 (意識)」を経て「温熱行動」に至るプロセス全体を対象にした点である。これは、文献 6) で宿谷が提唱する“ヒトの「感覚→行動」プロセス”と同意と考えられる。

今回は既報と同様に、各児童に「温度手帳」と呼ぶカードを配布し、温熱的不快か否かを示す申告用シールの貼り付け欄のほか、図 1 の●に示す項目の回答欄を設けた。温度手帳の記入は、熊本・札幌とも毎日の給食前に行なった。そのときの教室内が「暑くて不快」の場合 (2009、2010 年は「暑くて授業に集中できない」

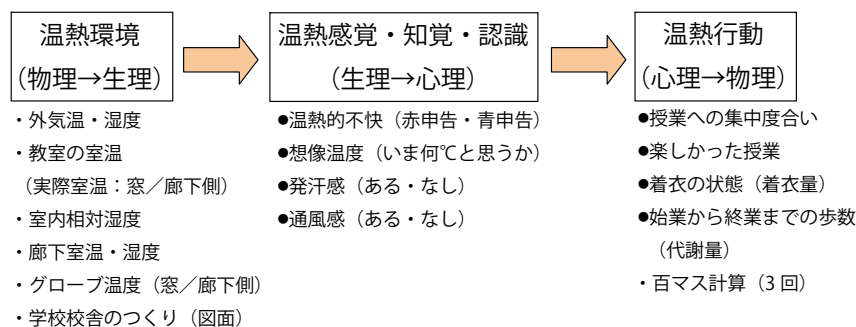


図 1 本研究全体の枠組みと調査対象とした項目

とした)は赤シール(以下、「赤申告者」)を、その反対に「暑くて不快ではない」の場合(2009、2010年は「普段通り授業を受けられる」とした)は青シール(以下、「青申告者」)を手帳に貼ってもらった。

図1の「温熱感覚・知覚・認識」にある「想像温度」、「発汗感」と「通風感」はシールを貼る給食前に、また図1の「温熱行動」にある「始業から終業までの歩数(終業直前のホームルーム時に各自で万歩計を装着、計測)」は放課後に記してもらった。

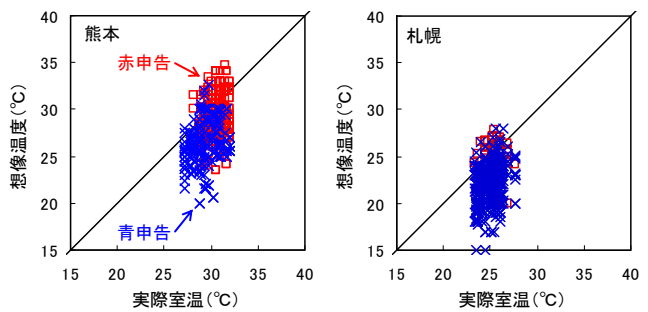
「温熱行動」にある、「授業への集中度合い」、「面白かった時限数」はその日の午前中の授業について、それぞれ自己申告してもらった。また、「百マス計算」は、温熱環境と各児童の単純な計算力との相関を見るために、熊本、札幌とも調査期間中の空き時間に3回実施した。なお、百マス計算は「慣れ」の影響を除くため、1日につき1分間の計算を3セット行ない、3セット目の結果のみを解析に用いることとした。

「温熱環境」の各項目の測定は、熊本、札幌ともに、教室の窓側と廊下側の中央付近と、廊下と屋外(外気)の計6ヶ所に電池式の小型温湿度記録計とグローブ温度計(灰色ピンポン球の自作、電池式記録計付き)を設置し、5分間隔で自動計測した。なお、記録計の表示情報を児童が確認できないように目隠しをした。

本研究では、既報と同様に、実際に実現される室温(以下、「実際室温」と児童の温熱的不快と想像温度の関係を個人差にも着目した上で明らかにする。想像温度は「任意の温熱環境下においてヒトが頭の中でイメージ(想像)する温度^{1),2)}」で、生活履歴や普段の住まい方が影響すると考えられる。つまり、想像温度は個人差が反映されると考えられるので、本研究では、個人差の影響がなくなるよう国際的に標準化されたPMVやSET*などの温熱指標のほか、想像温度を新たな指標の一つと仮定して研究を進めた。

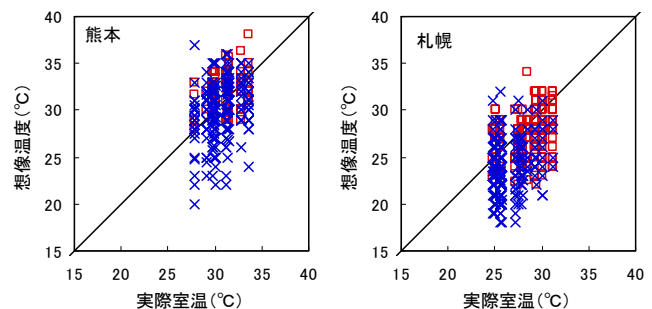
3. 実際室温と児童の想像温度の関係

図2から図4に、2009年夏、2010年夏、2011年夏の実際室温と全児童の想像温度の関係を赤、青申告別に表示。3カ年の熊本の実際室温は27~34℃の範囲に対して、札幌は概ね23~28℃(2010年のみ24~31℃で猛暑だった)の範囲にある。これは、熊本と札幌の外気温の差がもたらす地域差である。



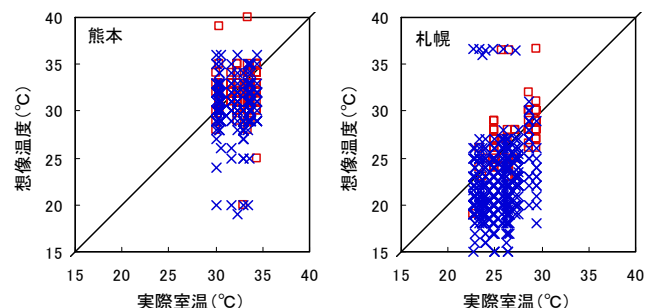
(赤：暑くて授業に集中できない、青：普段通り授業を受けられる)

図2 2009年の実際室温と児童の想像温度



(赤：暑くて授業に集中できない、青：普段通り授業を受けられる)

図3 2010年の実際室温と児童の想像温度



(赤：暑くて不快、青：暑くて不快ではない)

図4 2011年の実際室温と児童の想像温度

熊本は3カ年を通して、実際室温が30℃以上の日が多く、特に2010年、2011年は猛暑だった。その結果、2009年を除くと、赤・青申告の違いに関わらず想像温度が実際室温を上回る(対角線より上の領域にプロットがある)児童が札幌よりも多い。また、実際室温に対する想像温度の赤、青申告の違いは2009年には明確に見られるが、2010年、2011年では赤、青がほぼ同じ場所に混ざっている。ただし、実際室温が同じときは、赤申告よりも青申告の児童の想像温度の幅が大きい。この2カ年の熊本の結果をみれば、青申告が得られる教室の温熱環境条件は、実際室温が何℃のとき、ある

いは何℃から何℃の範囲にあるとき、とは言えないと考えられる。想像温度の幅が大きく、結果として青申告をした児童は、季節変化に伴う、暑熱環境に対する個人の耐性（暑熱馴化）が円滑に働いていたのではないかと考えられる。一般に、冷房設備のない室内では、日射遮へい等のパッシブ手法によって室温や MRT を 30℃前後に下げる工夫は必須だが、青申告者の想像温度の幅の大きさから言えば、教室内の室温を 26～28℃まで下げなければならないとする（冷房設備のある最近の首都圏の学校での）考え方を直ちにとる必要はないものと考えられる。

一方、札幌では、実際室温が 30℃を下回る冷涼な天候だったので、想像温度が実際室温を下回る（対角線の下領域にプロットがある）児童が過半数いる。2010、2011 年の熊本で見られたように、札幌でも実際室温が同じとき、青申告者の想像温度の幅は赤申告者よりも大きい傾向が毎年表れている。また、想像温度が実際室温を下回るのは青申告者で、赤申告者は想像温度が実際室温を上回る。これは、2009 年熊本も同じ傾向にあるが、札幌では実際室温よりも高い温度を想像する児童は概ね「暑くて不快」だったと考えられる。

2010、2011 年では、札幌でも一部に実際室温が 30℃を越える日があったので、この 2 ヶ年の札幌の赤・青申告は、2009 年のそれよりも若干分かれている。2010 年の札幌は、既報 5)でも示したが、教室の窓側席での MRT が 30℃以上の日が調査対象日の半分（4 日間）を占め、同年の熊本とほとんど変わらない温熱環境だった。教室の MRT が室温を超えるような温熱環境になることが一時でもあると、児童は温熱的不快を得やすいので、札幌では短期間の夏とは言え、教室の日射遮へいは必要と考えられる。

4. 赤申告者割合と想像温度・実際室温

図 5 に、2011 年の熊本と札幌における外気温と実際室温に対する赤申告者の割合を示す。外気温、実際室温が上昇すると、赤申告者の割合は増す。これは既報とまったく同様の傾向である。2011 年の赤申告者は、熊本で最大 56%、札幌で 30%である。既報までは、赤申告者の割合は札幌の方が熊本よりも大きかったが、今回は、実際室温が同じときに熊本の方が赤申告者の割合が少なかったため従来までの傾向とは異なった。

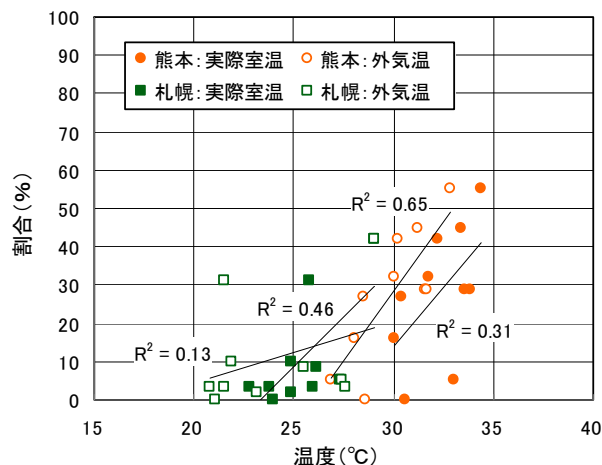


図 5 2011 年の外気温・実際室温と赤申告者の割合

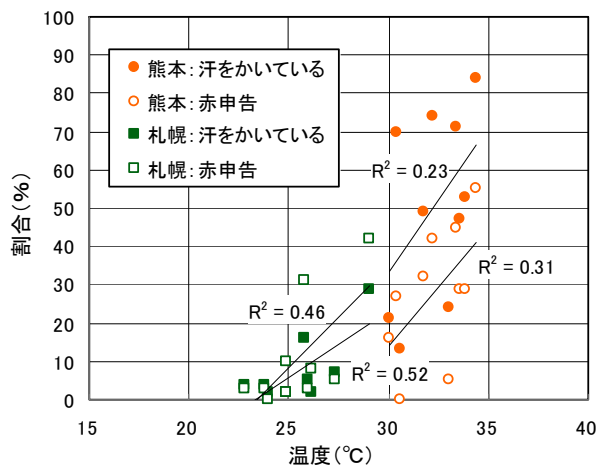


図 6 2011 年の実際室温と赤申告者、発汗感の割合

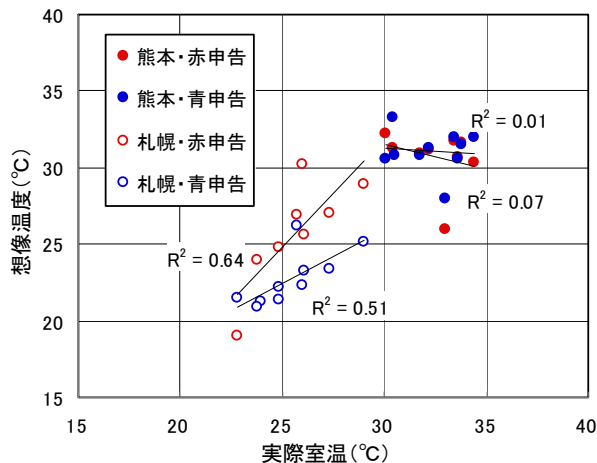


図 7 2011 年の実際室温と想像温度の関係

図 6 は、2011 年の熊本と札幌における実際室温に対する赤申告者と、「汗をかいている」の発汗感の割合である。室温上昇に伴う赤申告者の増加（回帰直線の傾き）は、札幌の方が熊本より昨年は大きかったが、2011

年は変わらない。これは、2011年の札幌が過去2年よりも概ね冷涼だったことに拠ると考えられる。

熊本では2010年と同様に、実際室温が30℃を超える日が札幌よりも多く、発汗感の割合は赤申告者のそれよりも大きい。熊本では、発汗感のある児童のうち、温熱的不快な状態になっている児童の割合は約半分である。既報では、熊本の児童の身体は、体温上昇を引き起こさないように、「発汗」が日常的に促せるように適応していると考察したが、2011年も同じ傾向が得られたと言える。

一方、札幌では、赤申告者と発汗感の割合は共に最大でも20～30%と低く、両者の差はほとんどない。2011年の札幌は冷涼で、児童のほとんどは発汗感を得るまでもなかったと考えられる。ただし、実際室温が28℃以上では、発汗があり温熱的不快感も急増することが図より予想されるが今後の検証が必要である。

図7に、2011年の実際室温に対する全児童の想像温度の日平均を赤申告者と青申告者に分けて示す。図7は、図4で示した全児童の想像温度のプロット群を日平均で示すことによって、実際室温と想像温度の関係の一般化を試みたものである。

既報と同様に、札幌では赤申告者の平均の想像温度が、青申告者のそれよりも高い傾向にある。ただし、赤申告と青申告の差は実際室温が23℃前後ではほとんどなく、30℃前後では約5℃の差がある。この差は、図6で示した発汗感が表れてくるか否かの結果と関係があると考えられる。ただし、こちらの結果もさらなるデータの蓄積と検証が待たれる。実際室温が28℃前後での、赤申告者と青申告者の平均の想像温度としての5℃の差が、今後、教室の温熱環境計画について、特に個人の温熱感の差、温熱的不快の有無を議論する際に参考になると考えられる。

一方、熊本では、実際室温30～35℃に対する赤申告者と青申告者の平均の想像温度に差はない。実際室温が35℃前後では、児童は授業を受けることが非常に厳しい温熱環境と言えるので、実際室温を30℃以下に抑えるための日射遮へいと通風を徹底し、環境調整行動の表れ方を見るのが今後の課題である。

*1：札幌市立大学デザイン学部 准教授・博士（工学）
*2：熊本県立大学環境共生学部
*3：熊本県立大学環境共生学部 准教授・博士（工学）
*4：北海道大学大学院工学院 大学院生

5. まとめ

熊本と札幌の小学児童を対象に、温熱的不快と実際室温、児童の想像温度の関係を調査し、2009年と2010年の結果と比較した結果、以下のことがわかった。

- 1) 過去3ヵ年の調査時の天候の差、対象児童が毎年変わることを考慮すれば、2011年の調査結果には、2009、2010年と概ね同じ傾向が現れていた。
- 2) 実際室温が同じとき、赤申告者よりも青申告者の方が想像温度の幅が大きかった。「温熱的不快」の有無は、教室の室温制御よりも個人の暑熱環境に対する耐性によることが示唆された。
- 3) 2011年の熊本の「汗をかいている」申告者は赤申告者の割合より多く、昨年度と同じ傾向だった。札幌では、両者の割合はほぼ同じだった。
- 4) 2011年の赤申告者と青申告者の日平均の想像温度は、札幌では実際室温が高くなると赤申告者の方が青申告者より高かったが、熊本はほぼ同じだった。

謝辞

熊本市立月出小学校と札幌市立常盤小学校の児童・教員の皆様のご協力を頂きました。また、羽山広文教授（北海道大学）、宿谷昌則教授（東京都市大学）には研究を進める際に貴重なご意見を頂きました。ここに記して謝意を表します。なお、本研究は、平成23年度科学研究費補助金 基盤研究（C）「小学児童の夏・冬の閾値温度の地域比較研究（研究代表者：斉藤雅也、課題番号23601017）」の補助を受けている。

参考文献

- 1) 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 第74巻 第646号、2009.12、pp.1299-1306。
- 2) 斉藤雅也：想像温度による温熱快適性の評価に関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、2011.8、pp.37-38。
- 3) 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。
- 4) 町口賢宏・斉藤雅也・辻原万規彦・鈴木信恵・羽山広文：温熱的快・不快の地域性に関する研究—札幌と熊本の小学児童を対象にして—、第69回日本公衆衛生学会総会抄録集(0707-67) 2010.10。
- 5) 町口賢宏・斉藤雅也・辻原万規彦・鈴木信恵・宿谷昌則・羽山広文：ヒトの温度感覚と環境調整行動に関する研究 その6。札幌と熊本の小学児童の温熱的不快と想像温度、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.41-42、2011.8。
- 6) 宿谷昌則：自然共生建築とヒトの「感覚—運動」系にかんする考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、2001.9、pp.437-438。

Assoc. Prof., Sapporo City University, Dr. Eng.
Prefectural University of Kumamoto
Assoc. Prof., Prefectural University of Kumamoto, Dr. Eng.
Graduate Student, Hokkaido University