

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：82626

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2012

課題番号：23650361

研究課題名（和文） ヒートショックが人体の過渡状態に及ぼす影響評価

研究課題名（英文） The impact evaluation of heat shock on human thermoregulatory responses and thermal sensations during the transient thermal environment

研究代表者

都築 和代 (TSUZUKI KAZUYO)

 独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・
研究グループ長

研究者番号：70222221

研究成果の概要（和文）：ヒートショックの影響を調べるために、低温、ならびに 3 種類の局所暖房（放射、対流、伝導）による不均一・非定常温熱環境が人体に及ぼす生理・心理影響を調べる実験を実施した。青年男性、高齢男性、高齢女性を被験者として、脱衣室での行動を模擬した同じ消費電力の場合、放射暖房が最も有効であった。高齢者では収縮期血圧が高く維持され、皮膚温に年齢差・性差は認められなかったが、高齢男性がもっと温かく感じにくく、非許容割合が高かった。

研究成果の概要（英文）：To investigate the effects of heat shock, human subject experiments were carried out in the climatic chambers. The effects of cold and the transient or non-uniform thermal environment made from three different heating systems, i.e., radiation, convection, and conduction on the human responses were measured for six young men, six old men, and six old women. Two climate chambers were set at air temperature (T_a) of 10 and 25 °C with 50% RH. The dressing room attached to the bedroom was set up in the 10 °C chamber and heated for 20 min by one of three different heating apparatuses with the same electric power (500 W) before the subject entered. The mean radiant temperatures (MRT) at 50 cm height from the floor in the dressing room were calculated to be 19, 27, 13, and 11 °C under forced air heating, radiant heating, carpet heating, and no heating, respectively. Under those heating conditions, mean skin temperature (T_{sk}) was 31, 33.5, 30.5, and 29 °C, respectively, and no significant difference was found among the three groups. The systolic blood pressure (SBP) was significantly influenced by the age and MRT for the young persons. The thermal sensation was the warmest with radiant heating followed by forced air heating, carpet heating, and no heating, in that order. However, the old men felt colder and more uncomfortable than the young men and old women with radiant or forced air heating.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|-------|-----------|---------|-----------|
| 交付決定額 | 3,000,000 | 900,000 | 3,900,000 |

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：人間医工学、リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：ヒートショック、季節、高齢者、室内温熱環境、皮膚温、血圧、脱衣室

1. 研究開始当初の背景

冬季は寝具や寝床内暖房器具の使用により人体周りの温度は 35℃～40℃になるにも関わらず、布団から出ると寝室やトイレは 10℃以下で、約 30℃の大きな温度差が存在する（都築ほか、2001）。また、脱衣室や浴室はほとんどの家で暖房されていないが、そこで裸になり、40℃以上のお湯に身体を浸す入浴行動が普通に行われている。これらの温度差に関しての実態は明らかになりつつあるものの、実際に人体にどういった影響があるかを調べた例は少ない。先行研究の結果、入浴時の湯温や浸漬時間などの望ましい条件や身体負荷の少ない条件を提示するなど、浴室等での事故を防ぐための注意喚起がなされている。

一方、日常生活における室温温度差に関する研究はほとんどなく、夏季には屋外とエアコンのはいった空調室との関係において、冷房病を防ぐ目的で、エアコンの設定温度を検討した研究がある。しかし、冬季の非暖房室と暖房室との室温温度差に関する生理的影響がどの程度なのかは知られていない。また、エアコン等の暖房が設置できない廊下や脱衣室などに可搬型の暖房器具を設置して、温熱環境の形成過程や人体への過渡的な影響を調べた研究はない。また、対流、伝導、放射による影響を直接比較した研究も見当たらず、消費者に暖房器具の選択を支援する情報も欠けている。

古い住宅は断熱性や気密性が劣っている場合が多く、そういった住宅に住む割合が多いと考えられる高齢者に関しては、健康を障害する可能性が高い。ヒートショックの人体影響に関して、温度や断熱性を設定した実大空間において実験的に検討すること、また、生理・心理影響を青年と高齢者についてデータ収集し比較することは、学術的にも、有用な対策を明らかにするためにも、非常に興味深く、有用な研究であると考えられる。

2. 研究の目的

異なる温度の部屋間を移動する時に、身体が異なる温度に晒される過渡状態において体温調節や循環器系等の自律神経系への影響を詳細に調べることを第一の目的とし、解析・評価方法を確立する。また、確立された方法を用いて、過渡状態を高齢者男女についてのデータを取得し、加齢の影響、ならびに性別の違いを明らかにすることが本研究の目的である。

空調機が取り付け不可能な脱衣室等の狭い空間には、可搬型の暖房器具等を用いることにより、入浴前の脱衣時等に効果的な暖房を行うことが有効であると考えられる。しかし、狭い空間での暖房方式の違いによる人体

への影響に関する研究は少ない。そこで、本研究では、冬季の脱衣室を模擬した被験者実験を行い、電力使用条件をそろえた暖房器具の違いにより室内温熱環境や生理・心理応答にどのような影響があるかについて検討を行う。

均等な空気温度の変化が人体に及ぼす影響について、(1) で特に寒さを感じやすかった高齢男性を対象に温度上昇と温度降下について部位の影響を比較することにより、体温調節の脆弱な部位を見つけ出し、補完的な暖房の可能性を検討する。

3. 研究の方法

(1) 暖房方式の影響

実験は、産業技術総合研究所内の人工気候室に設置された、扉および小窓を付設して脱衣室を模擬した小部屋（1.8 m × 1.8 m × 2.2 m；以降、実験室）にて実施した。人工気候室は、冬季を想定して気温 10℃・相対湿度 50%に制御した。

測定項目は、被験者の位置に設置したポールにセンサーを固定して気温（10cm、50cm、110cm、170cm）、グローブ温度（10cm、50cm、110cm）、風速（110cm）と、実験室の床（ホットカーペット）表面温度、壁表面温度を連続記録した。実験条件は、暖房器具としてカーボンヒーター、セラミックヒーター、ホットカーペットを使用した場合と暖房なしの合計 4 条件とし、ランダムに被験者に割り当てた。なお、暖房器具の使用条件を揃えるため、スライダックを用いて 500W に出力調整を行い、入室 20 分前から暖機運転を行った。また、暖房なしの場合には低温環境を保持するため実験室の小窓を開け、暖房器具使用時には小窓を閉じて実験を行った。

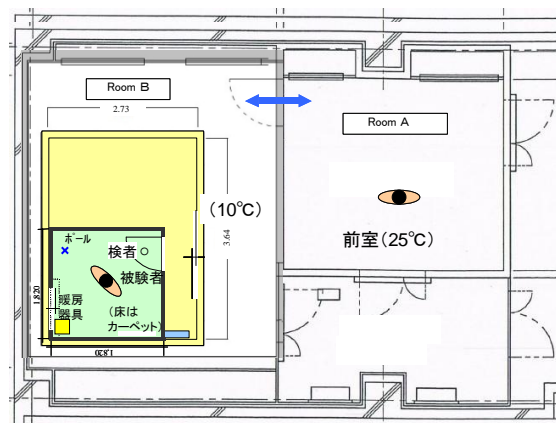


図1 実験室の配置

被験者は前室（人工気候室、25℃・50%）に入室し、皮膚温等のセンサーや血圧計の装着を行い、トランクスの上に夏季用綿パジャマの半ズボンのみを着用して椅座安静を保

った。前室入室後 60 分経過した後、上着で身体を覆って実験室へ移動し、入室後上着を脱いで脱衣室中央の椅子に座り安静を保った。20 分間滞在した後、再び上着で身体を覆って前室へ移動し、椅座安静で 10 分経過してから実験を終了した。被験者は 25°C 前室から 10°C の廊下を通過して、暖房条件では暖気運転 20 分間経過後の温熱環境に移動した。

被験者は実験に同意を得られた健康な高齢男性 6 名 (68.7 ± 4.5 歳, 168.9 ± 5.0 cm, 61.8 ± 6.0 kg)、高齢女性 6 名 (65.5 ± 3.3 歳, 153.3 ± 3.8 cm, 53.6 ± 8.5 kg)、青年男性 6 名 (24.0 ± 3.6 歳, 169.2 ± 4.6 cm, 66.8 ± 13.8 kg) であった。

(2) 温度変化が身体部位に及ぼす影響

人工気候室において均等な温熱環境変化が人体に及ぼす影響について検討する。26°C の環境から安静状態の高齢男性 8 名 (平均 69 歳) を気温 26°C から ±0.6°C/分 で 20 分間変化させ、14°C と 38°C に更に 20 分間滞在させた際の皮膚温、血圧等の変化を計測するとともに、温・冷覚閾値を測定した。

4. 研究成果

(1) 暖房方式の影響

① 気温と平均放射温度

気温 (図 2) は、暖房開始とともに、カーボンとセラミックで急上昇するが、カーペットでの上昇度は小さい。特にセラミックで大きな変動が観察され、風速が大きいことによると考えられるが、よく空気が混合されていることを示唆している。20 分間の暖気運転の最終にはセラミックで 18°C、カーボンも 18°C であるが、高さが低い位置 10cm では 14.5°C、カーペットで 14°C であった。

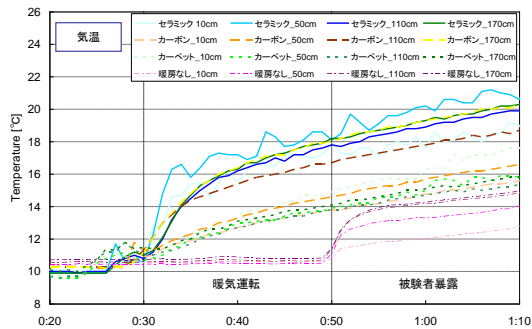


図 2 被験者位置における気温の変化

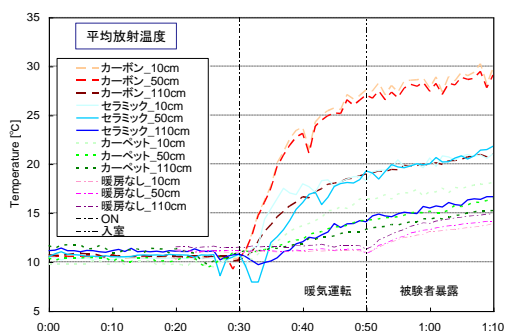


図 3 被験者位置における平均放射温度の変化

平均放射温度 (図 3) は、暖気運転の 20 分間で、カーボンでは高さ 10cm と 50cm で 27°C、同 110cm で 18°C まで上昇したが、セラミックでは同 10cm と 50cm で 19°C、同 110cm で 14°C、カーペットでは同 10cm で 17°C、同 50cm と 110cm で 13°C となり、どの条件も大きな上下温度差を示した。暖房なしでも 11°C から退室時には 14°C に上昇していた。退室時には高さ 50cm において、カーボンで 28°C、セラミックで 22°C、カーペットで 17°C であった。

② 平均皮膚温・直腸温への影響

被験者の平均皮膚温 (図 4) は、約 11°C の廊下を通る際は着衣しているものの約 1°C 低下する。脱衣室に入り裸になると、カーボンでは皮膚温が上昇を始める。しかし、セラミック、カーペット、暖房なしの 3 条件は暴露時間中、皮膚温は低下し続ける。グループ間に有意な差は認められなかったが、カーボンでは高齢女性が最も高くなり、暴露中低下した他の 3 条件では青年男性が最も低い値を示した。

被験者の直腸温 (図 5) は、実験中ほぼ安定しており、急変することはなく、時間、条件による有意差は認められなかったが、グループ間には有意な差が認められ、青年男性、高齢女性、高齢男性の順に有意に高かった。

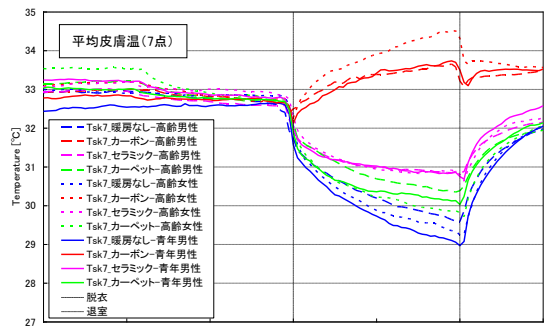


図 4 平均皮膚温 (7 点法) への影響

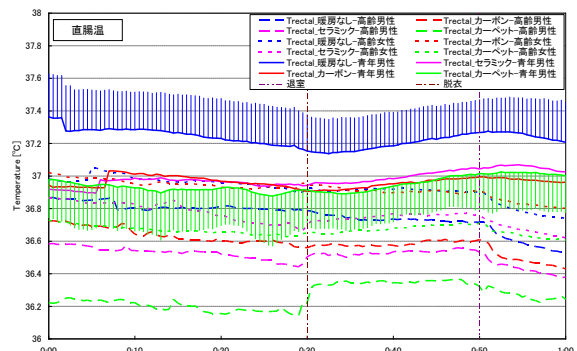


図 5 直腸温への影響

③ 血圧への影響

血圧 (図 6) は脱衣室への移動時に 3 グループとも大きく変化しており、特にその変化

は収縮期血圧に顕著であった。25℃前室においてグループ間 (p=0.3)、条件間 (p=0.7) に差は無いが、脱衣室においては有意に上昇し、さらにグループ間 (p=0.04) で差が認められた。

青年よりも高齢男女の方が有意に高くなったが、高齢男女間では有意な差が無かった。また、条件間 (p=0.12)、繰り返し間 (p=0.16) に差は無かった。そこで、グループ別に、条件別に脱衣室での収縮期血圧(図7)の平均を示す。高齢男性・高齢女性ともに暖房条件間に有意な差はないが、青年男性ではカーボンはカーペットと暖房無しに比べ有意に低い最高血圧になった。

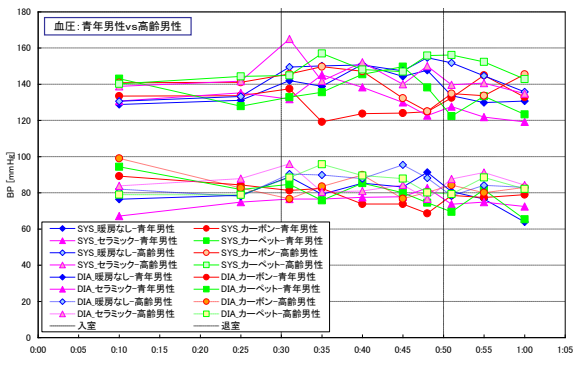


図6 血圧への影響

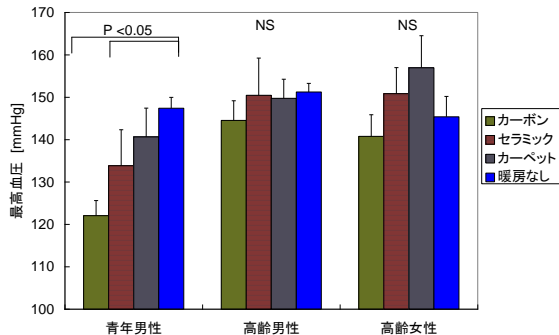


図7 脱衣室における最高血圧への影響

④主観申告への影響

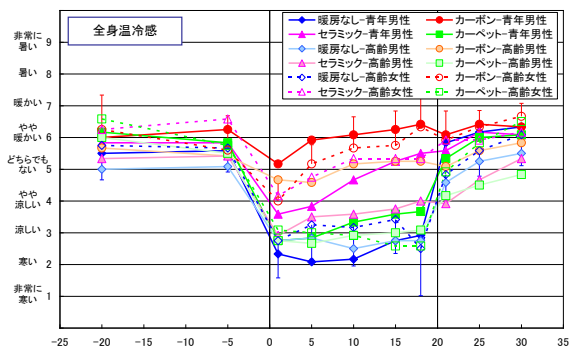


図8 全身温冷感申告への影響

図8に温冷感申告への影響を示す。25℃の前室ではグループ間に差が認められなかった。脱衣室においては、青年男性と高齢女性は高齢男性よりも暖かい側の申告となったが、青年男性と高齢女性との間で有意な差は認められなかった。条件については、カーペットと暖房なしで有意な差は無く、それら2条件よりもカーボンとセラミックで有意に暖かく感じていた。

快適感申告(図9)は、25℃ではグループ間に差が見られ、青年男性、高齢女性、高齢男性の順に快適側申告であったが、脱衣室に移ると不快側に申告は移動した。脱衣室ではグループ、条件、時間による有意な主効果が認められ、下位検定の結果、高齢女性と青年男性の間には有意な差がなく、高齢男性よりも有意に快適側と申告していた。

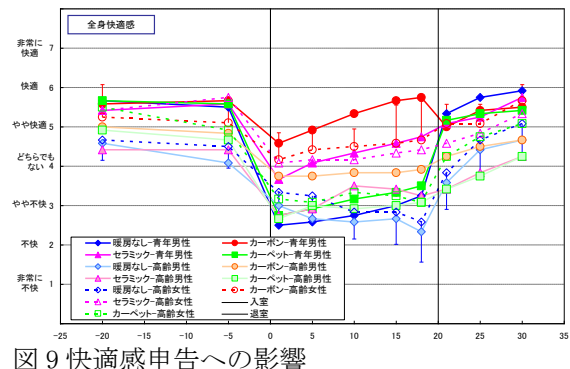


図9 快適感申告への影響

カーペットと暖房なしで有意な差は無いが、カーボン、セラミック、カーペットの順に快適側申告であり、1分・5分後には有意に快適側に申告は移動した。

脱衣室での非許容割合を図10に示す。非許容割合は前室ではほぼ0%であったが、脱衣室へ移動すると高齢男性が高齢女性や青年男性よりも有意に非許容割合が高くなった。高齢女性と青年男性の間には有意な差は認められなかった。また、カーボンが他の条件に比べて有意に低くなった。この理由としては、平均皮膚温に有意な差は認められなかったが、温冷感申告では高齢男性がもっとも寒く感じていたことによるかもしれない。

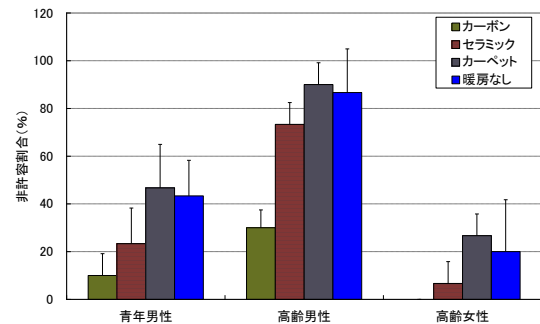


図10 脱衣室における非許容割合

⑤まとめ

これらの結果をまとめると、カーボンヒーター、つまり、放射暖房が同じ消費電力量で比較するのであれば、気温・放射温度において、もっとも高い示度を示した。また、被験者の生理心理反応から、カーボンヒーターが最も高く皮膚温を保つことを可能にし、その結果、暖かい側、快適側の申告を導くことができた。さらに、血圧に関しては、高齢者については、有意な影響を示さなかったが、青年男性では、暖房無しで有意に上昇する収縮期血圧に比べ、カーボン、セラミックが有意に低くなり、暖房の効果を観察できた。しかし、高齢男性・女性については、一旦上昇した収縮期血圧は変動が鈍いためか、暖房条件間で有意な差が認められなかった。このことから、脱衣室へ移動する際の廊下が10℃程度と低かったこと、つまり、部屋間移動で、着衣状態での10秒程度の歩行中の寒冷暴露であっても、青年男性は脱衣室移動・脱衣直後には収縮期血圧は一旦上がっても、その後暖房された脱衣室において低下し安定するが、高齢者では、上がったまま低下しないことが示された。そういった、寒冷的な場所を移動するような場合においては、放射暖房による反応の速さは非常に効果的であることから、暖房器具が設置できない場合や、暖房し続けられない場合でも、短時間で効率的に寒冷を減らすことができるかもしれない。

今後さらに投入電力量を上げるなどして検討する必要がある。

(2) 温度変化が身体部位に及ぼす影響

①皮膚温への影響

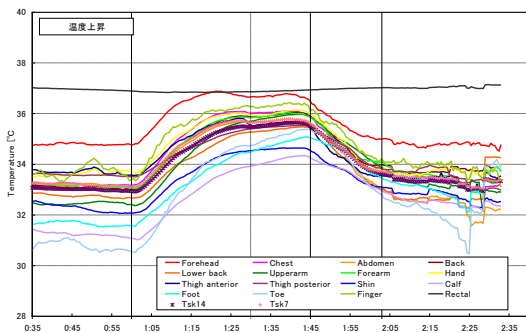


図 11 温度上昇時の皮膚温変化

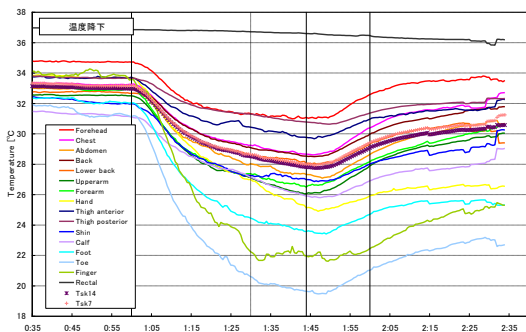


図 12 温度下降時の皮膚温変化

温度変化に伴う身体部位における皮膚温の変化をみると、温度上昇時には(図 11)、つま先、足背、上肢、躯幹部の順に皮膚温上昇は大きくなっているが、大腿部における皮膚温上昇が遅くて小さい。また、温度下降時には(図 12)、つま先、下肢等の順に皮膚温低下は速く大きくなっており、大腿における皮膚温変化は遅く小さい。

②主観申告への影響

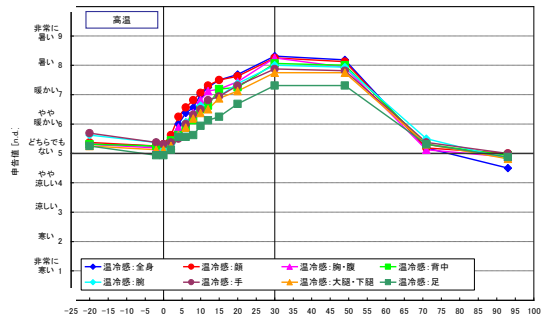


図 13 温度上昇時の温冷感申告の変化

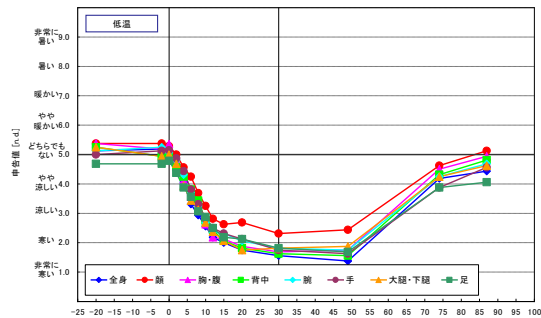


図 14 温度下降時の温冷感申告の変化

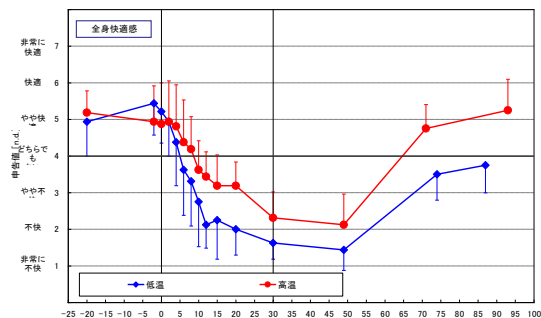


図 15 温度変化時の快適感申告の変化

温冷感申告においては、温度上昇時には、足の申告の上昇が遅く小さく、それほど暑さを感じていなかった。一方、温度下降時には、顔の温冷感申告の変化が遅く小さく、それほど寒さを感じていなかった。

快適感申告においては、温度上昇・下降条件ともに、快適側から不快側へと変化するが、温度下降条件の方がより不快側へと変化し

ていた。

③まとめ

気温上昇時に大腿での皮膚温上昇が小さく、かつ、下肢の暖かさの感じ方が弱かった。これにより、熱放射による暖房器具の有用性が示唆される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計7件)

- ①都築和代、森郁恵、安岡絢子、暖房器具の違いが室内温熱環境と生理・心理反応に及ぼす影響 その3 室内温熱環境の実態と年齢差・性差、日本建築学会、2012年9月13日、名古屋大学東山キャンパス(愛知県)
- ②都築和代、森郁恵、安岡絢子、暖房方式の違いが高齢者の生理反応と感覚に及ぼす影響、日本人間工学会、2012年6月10日、九州大学大橋キャンパス(福岡県)
- ③都築和代、安岡絢子、ヒートショックと低温が高齢者に及ぼす影響、日本家政学会、2012年5月13日、大阪市立大学(大阪府)
- ④都築和代、森郁恵、安岡絢子、Thermal responses of old and young men to the changing thermal conditions of an initially cold undressing room by transient radiant, forced air and carpet heating or no heating、ICHES2011、2011年10月5日、北海道大学(北海道)
- ⑤森郁恵、都築和代、安岡絢子、暖房器具の違いが室内温熱環境と生理・心理反応に及ぼす影響 その1 実験概要と室内温熱環境、日本建築学会、2011年8月23日、早稲田大学(東京都)
- ⑥都築和代、森郁恵、安岡絢子、暖房器具の違いが室内温熱環境と生理・心理反応に及ぼす影響 その2 高齢男性と青年男性の比較、日本建築学会、2011年8月23日、早稲田大学(東京都)
- ⑦都築和代、森郁恵、安岡絢子、Thermal responses in old and young men to thermal conditions maintained in undressing room by radiant heating, forced air heating, floor heating, or no heating、ICEE 2011、2011年7月11日、ナフプリオン国際会議場(ギリシャ)

6. 研究組織

(1)研究代表者

都築 和代 (TSUZUKI KAZUYO)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・研究グループ長

研究者番号：70222221