

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：34429

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24657183

研究課題名(和文) 後期高齢者の熱中症予防に向けた生理人類学的検討

研究課題名(英文) Approach from physiological anthropology for preventing heat disorders in elderly people

研究代表者

井上 芳光 (INOUE, Yoshimitsu)

大阪国際大学・人間科学部・教授

研究者番号：70144566

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：夏季の日常生活下の温熱的生活環境(滞在温湿度、クーラー使用状況など)調査で、70・80歳代が20歳代より高温多湿の屋内に滞在していた。これは、屋内での短いクーラー使用时间またはクーラー使用時の高い屋内温度に起因した。しかし、屋内の温度湿度にはいずれの年齢階層でも性差はみられなかった。屋内の温度湿度において同様の年齢差が7～9月に観察された。高齢者の温熱的生活環境は自律性体温調節能力(皮膚温度感受性や発汗能力)のみで決定されていないことも見出された。これらの結果から、熱中症を予防するために、高齢者には部屋に温度計を置き、室内温度をこまめにチェックし、それを28℃以下に保つように提案したい。

研究成果の概要(英文)：In the thermal environment (ambient temperature and humidity, use of air conditioning etc.) of daily life in summer, age groups of 70 and 80 yrs old lived with higher indoor temperature and humidity than a group of 20 yrs old, but no sex differences were found in either group. The higher temperature and humidity of the indoor environment of the elderly may be due to shorter utilization time and/or higher temperature setting of air conditioning. Similar age-related differences in the temperature and humidity of indoor environment were also observed during July to September. In the elderly group of 70 yrs old, the thermal environment of daily life in summer may not be determined only by autonomic thermoregulatory ability. Based on these results, it is recommended that elderly people should use a thermometer to regularly check room temperature and maintain room temperature under 28 degree in summer to prevent heat disorders.

研究分野：生理人類学

科研費の分科・細目：人類学・応用人類学

キーワード：日常生活 滞在温湿度 クーラー使用 行動性体温調節 高齢者 性差 年齢差 季節差

1. 研究開始当初の背景

快適環境の追及に伴うヒトの体温調節能力の脆弱化が懸念されている。近年、この脆弱化と高齢化、さらには地球温暖化やヒートアイランド現象が加わり、新たな「災害」とまでいわれる熱中症が高齢者で急増している。平成22年には1745人が熱中症で死亡し、その80%が65歳以上の高齢者であった(厚生労働省2011)。このような状況下において、日本体育協会(1994)、環境省(2006)、気象学会(2008)がそれぞれガイドライン、マニュアル、指針を作成して熱中症予防の啓発に努めている。さらに、熱中症予防を推進するためには、体温調節機能の視点から弱者の立場にある高齢者の温熱的生活環境や体温調節能力の老化遅延策を明確にする必要性がある。

これまで熱中症の発症と関連する体温調節・循環機能・体液調節などの能力が老化に伴い低下し、その低下機序も数多く報告されている(Inoue et al. 2002, Kenney et al. 2006, 井上2010, Shibasaki et al. 2013)。我々も、高齢者の熱放散特性を横断的・縦断的に検討してきた。その結果、男女とも熱放散反応は老化に伴い皮膚血流量 単一汗腺あたりの汗出力 活動汗腺数と順次低下し、この一連の低下は下肢 軀幹後面 軀幹前面 上肢 頭部と順次進行することを明らかにしている(井上2010)。さらに、老化に伴う皮膚温度感受性の低下が発汗能力の低下に先行すること、若者では女性が男性に比し低い発汗能力を示すものの、鋭敏な皮膚温度感受性を有すること、その性差は老化に伴い小さくなることも見出している。また、その老化遅延策も運動トレーニングや暑熱順化の観点から提示されている(Inoue et al. 1999, Okazaki et al. 2010)。これらの知見は熱中症予防策を構築するために有用ではあるが、実際問題として熱中症に罹患しやすい高齢者が夏季にどのような温熱環境下(屋内外の滞在温度・湿度)で、どの程度の衣服内気候で生活しているのか、その特性を把握できれば、さらに年齢に応じた熱中症予防策の構築を推進できるものと考えられる。

これまで建築学的視点から夏季の室内温度環境を調査し、高齢者は若年者に比し冷房を好まず、暑く感じないなどの理由で冷房を使用しないケースが多いことが報告されている(宮沢ら1995, 岩重ら1995)。しかし、これらの調査時(1988年)と現在ではエアコンの普及を含めた生活環境が変化していること、さらに室内のみならず屋外での滞在温度・湿度や衣服内温度・湿度の情報も乏しいことを考慮すると、高齢者の温熱的生活環境実態の更なる検討が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、夏季における高齢者の温熱的生活環境実態およびその季節差・年齢差・性差を明らかにするとともに、高齢者の温熱的

生活環境実態と自律性体温調節の関連性を検討した。本研究では下記の4つの実験を実施した。

実験(1):夏季(7月末から8月中旬)における70歳代高齢男性・女性および若年女性の日常生活下での温熱的生活環境指標(滞在温度・湿度、衣服内温度・湿度、身体活動量等)を3日間連続的に測定し、各指標の3日間および屋外・屋内・就寝時の平均値と標準偏差(SD)を個人毎に求めた。これらのデータに基づき、高齢者の夏季の温熱的生活環境特性を検討した。

実験(2):70歳代高齢女性と若年女性の日常生活下における温熱的生活環境を5月から10月まで毎月3日間連続的に上記実験(1)と同様の方法で調査し、高齢者における温熱的生活環境の季節変化および月別の年齢差を検討した。

実験(3):20・70・80歳代男性・女性の夏季における日常生活下での温熱的生活環境を上記実験(1)(2)と同様の方法で測定し、夏季における温熱的生活環境の性差・年齢差を検討した。

実験(4):実験(1)に参加した高齢者の体温調節能力(発汗能力・皮膚温度感受性)を測定し、これらの体温調節能力と実験(1)で測定した温熱的生活環境との対応関係を検討した。

3. 研究の方法

実験(1):この実験では高齢男性〔73.8±2.2(SD)歳〕13名、高齢女性(74.0±4.2歳)21名、若年女性(21.5±0.2歳)16名を対象とし、日常生活下における彼らの滞在温湿度と衣服内温湿度、活動量を3日間連続的に測定した。さらに、その間の日常生活行動、クーラー使用時間の記録を被験者に要求するとともに、気象庁から発表された枚方市の外気温(10分毎)情報をダウンロードした。なお、滞在温湿度と衣服内温湿度(胸部)は、小型携帯用の温湿度計(ウォッチロガー, Fujita, 45g)で、活動量はライフコーダ(Kenz, 65g)でそれぞれ測定した。さらに、これらの全てのフィールド調査は、7月末から8月中旬に実施した。得られたデータは、生活時間を屋内・就寝・屋外に3区分し、3日間(以下、全体)とともに、その区分ごとの平均値と標準偏差を個人毎に求めた。次に、それらのデータに基づき、一要因の分散分析で高齢者 vs. 若年成人を統計処理した。

実験(2):この実験では高齢女性(72.3±2.2歳)9名、若年女性(20.1±0.3歳)9名を対象とした。彼女らの5~10月までの日常生活下の滞在温湿度と衣服内温湿度、活動量等を毎月3日間連続的に測定した。測定方法および個人毎のデータ処理の方法は、実験(1)と同様だった。各月の個人の平均値に基づき、高齢者と若者の季節変化および月別年齢差を一要因の分散分析で検討した。

実験(3)：この実験では 20 歳代の男性 (19.5±1.1 歳) 12 名と女性 (21.5±1.3 歳) 24 名, 70 歳代の男性 (73.8±2.2 歳) 13 名と女性 (74.0±4.2 歳) 21 名, 80 歳代の男性 (83.9±5.1 歳) 9 名と女性 (82.8±2.1 歳) 8 名を対象とし, 日常生活下における彼らの滞在温湿度と衣服内温湿度, 活動量等を 3 日間連続的に測定した. 測定方法および個人毎のデータ処理の方法は, 実験(1)(2)と同様だった. なお, 20 歳代の一部の女性と男性, 80 歳代の男・女性の調査は 2013 年 7 月下旬から 8 月上旬に, 20 歳代の一部の女性と 70 歳代の男・女性のデータは 2012 年の実験(1)のものである. 得られたデータの性差・年齢差を, 二要因の分散分析で検定した.

実験(4)：この実験では実験(1)に参加した高齢者の発汗能力をイオントフォレーシス法で, 皮膚温度感受性を温覚・冷覚閾値テストでそれぞれ以下の方法で検討した. いずれのテストも快適環境下 (26・50%RH) で実施した.

イオントフォレーシス法：各被験者に対し, 安静時に前腕屈曲面および大腿前面 (2.613 cm²) にイオントフォレーシス (2 mA) でアセチルコリンを 5 分間投与し, その間の軸索反射性発汗さらにその後 7 分間の直接刺激性発汗を連続的に測定した.

温覚・冷覚閾値テスト：各被験者に対し, 身体 8 部位 (前額・胸・背・前腕・手背・大腿・下腿・足背) の温覚・冷覚閾値熱流束変化を熱流束温冷覚閾値計で測定した.

各被験者の実験(1)で求めた温熱的生活環境指標と発汗能力または皮膚温度感受性との対応関係を検討した.

4. 研究成果

実験(1)：高齢者 (男・女性) と若者 (女性) との比較では, 生活区分時間 (屋内・就寝・屋外) および歩数には有意な年齢差はみられなかった. 外気温は屋外時と就寝時に高齢者が若者より有意な低値を示したが, 屋内および全体では有意な年齢差はみられなかった. 滞在温度では, 就寝・屋外時に有意な年齢差はみられなかったが, 屋内 (30.82±0.88 vs. 29.16±1.28 °C) および全体 (30.17±0.69 vs. 29.11±1.14 °C) では高齢者が若者より有意に高かった. その変動係数は全体・屋内・就寝で高齢者が若年成人より有意に小さかった. 滞在湿度は, いずれの生活時間区分でも高齢者が有意な高値を示したが (屋内: 60.1±3.5 vs. 55.7±5.0%), その変動係数には有意な年齢差はみられなかった. クーラー使用時間は屋内 (345±238 vs. 656±208 分/日)・就寝時 (151±186 vs. 326±231 分/日)とも高齢者が若者より有意に短く, クーラー使用時の滞在温度は屋内 (29.80±0.82 vs. 28.83±1.05 °C)・就寝時 (28.85±0.98 vs. 27.50±1.46 °C)とも高齢者が若者より有意に高く, その変動係数も高齢者が有意に小さかった. 衣服内温度で

は, 屋外で有意な年齢差はみられなかったが, 屋内および全体では高齢者が若者より有意に高かった. 衣服内湿度はいずれの生活区分時間でも高齢者が若者より有意に高かったが, その変動係数には有意な年齢差がみられなかった.

以上の結果から, 屋内でのクーラー使用時間が短く, 使用時の室内温度が高いことに起因して, 高齢者が若者より高温多湿のより熱中症に罹患しやすい屋内環境に滞在していることが示唆された.

実験(2)：外気温の 5 月～10 月における高齢者と若者ごとの季節変化および高齢者と若者の月別比較には有意な差はみられなかった. 生活時間において, 若者では 6 月から 8 月に屋外で過ごす時間が有意に短縮し, 就寝時間が延長したのに対し (屋内時間は季節変化なし), 高齢者では屋内・就寝・屋外時間とも有意な季節変化は認められなかった. 就寝時間には各月でも有意な年齢差はみられなかったが, 高齢者が若者より屋内時間が 9・10 月で有意に短く, 屋外時間が 7・8・10 月で有意に長かった. 歩数において, 若者では全体で 8 月から 9 月に増加傾向がみられたが (屋内と屋外の歩数には季節変化なし), 高齢者では屋内・屋外・全体とも有意な季節変化は認められなかった. 歩数は, 高齢者が若者より 7 月の全体で有意に多く, 9 月の全体・屋内と 8・9・10 月の屋外で有意に少なかった.

滞在温度は, 屋内で若者が 5 月から 7 月に有意な上昇を示したのに対し, 高齢者は 5 月から 6 月に上昇した相違はあるものの, 上昇した値は両群とも 8 月まで保たれ, その後 9・10 月と順次に低下した. 屋内の滞在温度は 7 月 (30.39±0.79 vs. 28.79±0.76 °C), 9 月 (28.68±1.45 vs. 27.40±1.01 °C) に高齢者が若者より有意に高く, その傾向が 8 月 (30.94±1.39 vs. 29.77±1.22 °C) にも認められた. 屋外・就寝・全体における滞在温度の季節変化パターンは, レベルは異なるものの, 高齢者・若者とも屋内のそれに類似した. その月別の比較では, 就寝で年齢差はみられなかったが, 高齢者が若者より屋外で 8 月に有意に低く, 全体で 7 月に有意に高かった. 滞在湿度は屋内で高齢者・若者とも 5 月から 6 月に上昇し, その後 8 月から 9 月に下降し, 10 月に再び上昇するパターンを示した. 屋内の滞在湿度は 7 月 (64.8±3.3 vs. 56.9±3.2%), 8 月 (61.0±3.2 vs. 55.3±5.8%) で高齢者が若者より有意に高かった. 滞在湿度の屋外・就寝・全体の季節変化パターンは, そのレベルは異なるものの, 高齢者・若者とも屋内のそれに類似し, その月別の比較では就寝で年齢差はみられなかったが, 屋外で 7 月に, 全体で 5 月と 7 月に高齢者が若者より有意に高かった.

クーラーは 6 月 (高齢者は 6 名, 若者は全員使用) から 9 月 (高齢者は 3 名, 若者は全

員)に使用され、その使用時間は若者では6月から8月まで変化せず、その後9月に短縮されたのに対し、高齢者では6月から7月に延長され、8月から9月に短縮された。しかし、クーラー使用時間には各月とも有意な年齢差はみられなかった。クーラー使用時の滞在温度は、若者で6月から8月まで、高齢者では6月から9月までいずれも有意な季節変化はみられなかったが、8月(30.85±0.58 vs. 28.78±0.51°C)で高齢者が若者より有意な高値を示した。クーラー使用時の滞在湿度は、若者で9月に有意な低下を示したものの、高齢者・若者とも6月から8月まで季節変化はみられず、各月の年齢差も認められなかった。衣服内温度では、屋内で高齢者、若者とも5月から6月に有意に上昇し、その後その値は保たれ、9月もしくは10月に有意に低下し、いずれの月でも有意な年齢差はみられなかった。同様の季節変化が若者・高齢者の全体・屋外での衣服内温度でもみられたが、8月の屋外で高齢者が若者より有意に低かった。衣服内湿度は屋内で高齢者・若者とも5月から6月に上昇し、その後8月から9月に下降するパターンを示した。ほぼ同様の季節変化パターンが高齢者・若者とも全体・屋外での衣服内湿度にもみられた。衣服内湿度の月別比較では、高齢者が若者より屋内で5~8月に、全体・屋外で5~7月に有意な高値を示した。

以上の結果から、7月から9月の屋内において高齢者は若者より高温多湿下で生活していることが認められた。この年齢差はクーラーの設定温度に起因する可能性が示唆された。そのため、高齢者の熱中症予防策としてクーラーの設定温度を現状より低くすることを提唱したい。

実験(3): a) 性差; 屋内・就寝・屋外に3区分した生活時間において、就寝時間には性差はみられなかったが、女性が男性より屋内での時間が有意に長く、屋外での時間が有意に短かった。歩数は、屋内で女性が男性より多い傾向だったが、屋外および全体では有意な性差はみられなかった。調査中の外気温(気象庁発表)は、女性が男性より有意に高かった。滞在温度・湿度には、全体・屋内・就寝・屋外のいずれの生活時間でも有意な性差はみられなかった。クーラー使用時の滞在湿度では女性が男性より有意に低かったが、その際の滞在温度およびクーラー使用時間には性差の影響はみられなかった。衣服内温度は全体でのみ女性が男性より有意に高かったが、屋内・屋外では性差は認められなかった。また、衣服内湿度には全体・屋内・屋外でも有意な性差はみられなかった。

b) 年齢差; 生活時間では、屋内・屋外で年齢差はみられなかったが、就寝時間のみ70・80歳代が20歳代より有意に短かった。80歳代の歩数は、全体で20・70歳代より、屋内で20歳代より、屋外で20歳代よりいずれも有意に少なく、その傾向が屋外の70歳代と

の比較でも認められた。しかし、20歳代と70歳代の歩数には、全体・屋内・屋外とも有意な差はみられなかった。外気温は70歳代が20・80歳代より、80歳代が20歳代よりいずれも有意に高かった。

滞在温度は、就寝・屋外で有意な年齢差はみられなかったが、全体で70歳代が20・80歳代より、屋内で70・80歳代が20歳代より有意な高値を示した。滞在湿度は、就寝・屋外で有意な年齢差はみられなかったが、全体で70・80歳代が20歳代より、屋内で80歳代が20歳代よりいずれも有意に高かった。ただし、屋内の滞在温度および湿度には70歳代と80歳代との間に有意な差は認められなかった。クーラー使用時間は70・80歳代が20歳代より有意に短く、クーラー使用時の滞在温度は70・80歳代が20歳代より有意に高かった。なお、クーラー使用時の滞在湿度には年齢の影響はみられなかった。衣服内温度は、全体で70歳代が20・80歳代より有意な高値を示したが、屋内および屋外では有意な年齢差はみられなかった。衣服内湿度には全体・屋内・屋外で年齢差はみられなかった。

以上の結果、夏季における20・70・80歳代の温熱的生活環境には性の影響がほとんどみられなかった。しかし、70・80歳代が20歳代よりも屋内でのクーラー使用時間が短く、使用時の屋内温度が高いことに起因して、70・80歳の高齢者が若者より高温多湿の生活環境に滞在していることが明らかにされた。これらの知見と老化に伴い体温調節能力が減弱することを考え合わせると、熱中症予防策として高齢者ほど屋内では温湿度をこまめにチェックする生活を提唱したい。

なお、70歳代と80歳代における屋内の温熱環境に顕著な年齢差がみられなかったのは、実験日の気温において70歳代が80歳代より有意に高かったことでマスクされたのか、70歳以降では大きく変化しないのか、今後更なる検討が必要である。

実験(4): 高齢者における温熱的生活環境実態(クーラー使用時間、滞在温度・湿度、衣服内温度・湿度など)と体温調節能力(発汗能力、皮膚温度感受性)との関連性を検討した。クーラー使用時間が大腿の発汗量($r = -0.452$)および大腿の単一汗腺あたりの発汗量($r = -0.437$)と負の有意な相関関係を有した。しかし、屋内滞在温度と発汗能力の間には有意な相関関係は認められなかった。また、クーラー使用時間、屋内の滞在温度・湿度と冷覚・温覚閾値の全身平均熱流束差および各部位の熱流束差には有意な相関関係は認められなかった。

以上の結果から、高齢者の屋内温度・湿度は、皮膚温度感受性や発汗能力の優劣だけで決定されないことが示唆された。今後、高齢者の熱中症予防に向けて、何が高齢者の屋内温度や湿度を決定する要因なのか、明らかに

する必要性がある。

まとめ：夏季における温熱的生活環境調査において、高齢者は若者より高温多湿の室内に滞在すること、この年齢差は7月から9月に観察されることが明らかにされた。これは高齢者において冷房の使用時間が短く、使用した際でも設定温度が高いことに起因していた。この行動性体温調節の鈍化に自律性体温調節の鈍化が相俟って、高齢者で熱中症が多発することが十分推察される。高齢者において温熱的生活環境指標 vs. 発汗能力や皮膚温度感受性との間には、有意な対応関係がみられなかった。このことは、高齢者の温熱的生活環境が自律性体温調節のみで決定されていないことを示唆している。以上の結果、高齢者には熱中症予防に向けて部屋に「温度計」を置き、室内温度をこまめにチェックし、それを28以下に保つように提案したい。

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)

〔雑誌論文〕(計6件)

Inoue Y, Ichinose-Kuwahara T, Funaki C et al.: Sex differences in acetylcholine-induced sweating responses due to physical training. *J Physiol Anthropol* 2014 (in press)

井上芳光: 子どもや高齢者の暑さの生理学と熱中症: 保健の科学 56(7), 2014 (印刷中)

井上芳光: 高齢者の暑熱耐性と暑熱順化. *Geriatric Medicine* 52 (5): 541-555, 2014
勝俣康之, 下石真由, 小倉幸雄, 久保田豊司, 安松 秀, 井上芳光: 屋内・屋外におけるスポーツ活動現場の温熱的環境. *国際研究論叢* 27(3): 51-60, 2014

Ueda H, Inoue Y. Improved procedure for estimating time-dependent changes in local sweat rates by measuring local sweat volumes. *J Ergonomics* 3:121. doi10.4172/2165-7556.1000121, 2013

Inoue Y, Ichinose-Kuwahara T, Ueda H et al.: Sex differences in effective and ineffective sweating rates during exercise in hot, humid conditions. *Environmental Ergonomics* 15:126-129, 2013

〔学会発表〕(計5件)

井上芳光: 子どもと高齢者の体温調節特性. 第24回日本臨床スポーツ医学会学術集会シンポジウム, 熊本, 2013, 10月

井上芳光: 子どもと高齢者の特徴. 第27回運動と体温の研究会シンポジウム, 東京, 2013, 9月

井上芳光: 子どもと高齢者の熱中症予防策. 日本生気象学会主催シンポジウム, 京都女子大学, 2012, 6月

井上芳光, 東海 美咲, 宮川 しおり, 戸

谷 真理子, 一之瀬 智子, 上田 博之: 夏季における高齢者の温熱的生活環境およびそれと体温調節能力との関連性. 日本生理人類学会第68回大会, 金沢, 2013, 6月

戸谷 真理子, 井上 芳光, 一之瀬 智子, 上田 博之: アセチルコリン誘発性発汗の加齢的变化とその性差: 20歳~96歳を対象として. 日本生理人類学会第68回大会, 2013年6月8-9日, 金沢

〔図書〕(計2件)

川原貴, 中井誠一, 井上芳光 他7名: スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック, 日本体育協会, 2013

櫻井治彦, 三宅康史, 中井誠一, 井上芳光 他7名: 熱中症環境保健マニュアル, 環境省環境保安部環境安全課, 2014

〔その他〕

井上芳光: テレビ朝日「奇跡の地球物語 (2013年8月18日放映)」で「熱中症 体温と汗の秘密」を監修出演したことをはじめ、テレビ・ラジオに2012~2013年度で7回出演し、高齢者はなぜ暑さに弱く、熱中症に罹患しやすいのか解説した。井上芳光: 読売新聞に「高齢者が若者より高温多湿の熱中症に罹りやすい室内で生活している(2013年7月29日朝刊)」と本研究結果の一部が公表されたことをはじめ、新聞・雑誌に2012~2013年度で13回、年齢に応じた熱中症予防策などのコメントが掲載された。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 芳光 (INOUE, Yoshimitsu)
大阪国際大学・人間科学部・教授
研究者番号: 70144566

(2) 研究分担者

上田 博之 (UEDA Hiroyuki)
大阪信愛女学院短期大学・看護学科・教授
研究者番号: 00203448