

令和 3 年 6 月 29 日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K12882

研究課題名(和文)地球温暖化下の住宅居住者の暑熱適応の効果定量化と限界の把握

研究課題名(英文)Quantifying the Effects and Understanding the Limits to Heat Adaptation in Residential Occupants.

研究代表者

中谷 岳史(Nakaya, Takashi)

信州大学・学術研究院工学系・助教

研究者番号：80469585

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、住宅居住者の室内温熱環境の適応の効果と限界を検討した。東海エリア(岐阜県岐阜市)と北陸エリア(長野県長野市)の家庭を対象に、夏場の温熱環境と主観的な宣言を調査した。いずれの地域でも、居住者は高い確率で温熱環境を受け入れていた。岐阜の調査では、高温側の受容限界(80%)は25.2ETstarであり、頻度分布では31～33ETstarで分布が少ないことがわかった。熱中症危険度の基準値である35ETstarを超えないようにエアコンの運転を選択していた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

気候変動対策として注目されている「適応」は、地球温暖化に伴う人体の熱ストレスを軽減することが期待されている。一方で、人間の熱適応には限界があり、過度の期待は健康リスクの増大につながる。本研究結果では、夏季の住宅居住者は室内温熱環境に対して適応により熱ストレスを減じていた。一方で35ETstarは超えていないことから、適応には限界があり、35ETstar付近であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this study, the effects and limitations of adaptation of indoor thermal environment by home occupants were examined. Thermal environment and subjective declarations in summer were investigated in homes in Tokai area (Gifu City, Gifu Prefecture) and Hokuriku area (Nagano City, Nagano Prefecture).

In both areas, occupants accepted the thermal environment at a high rate. In the Gifu study, the acceptance limit (80%) on the high temperature side was found to be 25.2 ETstar, and the frequency distribution showed a low distribution between 31 and 33 ETstar. They chose to operate the air conditioner so as not to exceed 35ETstar, the standard value for heat stroke risk.

研究分野：適応

キーワード：適応 気候変動 地球温暖化 熱的快適性 限界

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化問題を背景に、エネルギー消費量削減は社会的課題である。民政部門、特に住宅分野はエネルギー消費量増大が抑制できておらず、年間消費量の 30%超を占める暖冷房エネルギーの抑制、削減は重要である。我々の日常生活で、温熱環境ストレスを低減する適応行動は、一般的な行為である。室内温熱環境を狭い温度範囲に制御しなくても、居住者の適応ポテンシャルに期待することで、ある程度の高温・低温環境を受容し、暖冷房消費エネルギーを削減する可能性がある。

一方で、夏期の熱中症といったように、過度な空調エネルギーの節制による健康被害が懸念されている。適応ポテンシャルが強力であった際、身体的負荷の大きな温熱環境に滞在することで健康を害する危険性がある。そこで住宅室内温熱環境の適応ポテンシャルの可能性と限界を考慮した室内温熱環境範囲を明らかにすることで、熱的快適性と健康被害の低減に貢献する。

2. 研究の目的

日本の住宅の室内温熱環境計画に資することを目的に、次項目を検討する。

- ・住宅を対象に実測調査を行い、暑熱環境時の居住者評価・行動を把握する。
- ・取得済データ(関西・岐阜)に加えて、地域を追加し、暑熱環境における建物居住者の熱ストレスに対する適応・回避行動を明らかにする。住宅居住者の暑熱適応の効果定量化と限界を把握することは、今後の室内温熱環境設計にとって重要な基礎資料となる。

3. 研究の方法

本研究では、実測調査により住宅居住者の室内温熱環境を計測し、同時に熱ストレスに関する主観申告調査を行った。温熱データと主観申告を統計分析することで、住宅居住者の熱ストレスの適応の効果を定量的に検討した。

対象地域は、岐阜県岐阜市と長野県長野市である。岐阜データは既に取得済であり、本申請では集計と分析を行った。長野データは新規に取得した。長野の調査機関は、夏季の約 2 か月である。測定項目は環境側要素(住宅リビングの空気温度、湿度、グローブ温度)、人体側要素(着衣量、活動量)である。気象データは、気象庁のホームページから、最寄りの気象台のデータを入手する。申請者は、調査実施時の不具合や疑問点の窓口となり、円滑な調査運用を行う。調査器具やアンケート用紙の回収は、調査協力者に支援要請する。取得したデータは、入力・データクリーニングを行った後、集計・分析を行った。

統計処理により、室内温熱環境の受容限界と暑熱限界の観点から分析した。室内温湿度から湿球温度を求め、グローブ温度から暑熱環境指標の WBGT を算出した。また着衣量や代謝量を人体熱モデルで数値解析し、体感温度や発汗率を計算した。文献調査は WBGT の算出を主目的にした。

4. 研究成果

2017 年度は、関西地域の住宅調査の分析を進めた。暑熱ストレスの回避する温熱環境の存在が示唆され、WBGT28~29 であった。また長野県長野市の住宅居住者を対象に夏季調査を実施し、WBGT28~29、35ET*までに大部分の居住者が冷房行動を開始しており、関西地域の結果を支持する傾向が得られた。また WBGT28 は日本生気象学会基準の嚴重警戒領域、35ET*は ASHRAE Fundamental の熱中症の閾値であり、冷房による熱ストレスの回避の上限と近接する温熱環境水準であることが明らかになった。

2018 年度は、長野県長野市の戸建住宅を対象に夏期の室内温熱環境と主観申告調査を行い、熱的快適性と暑熱限界の観点から分析した。以下に知見を示す。

- ・高齢者は、非高齢者より室内作用温度が高く、冷房使用率が低かった。高齢者の中立温度は、非高齢者より 1K 程度高くなる傾向があった。
- ・主観申告を集計した結果、居住者は、室内温熱環境を高い割合で受容する一方で、熱的不快や温熱環境の調節を要望する割合も高かった。居住者は、暑熱ストレスを感じる温熱環境を受容していた。また高齢者は非高齢者より、熱ストレスが高い傾向が示された。
- ・高齢者は非高齢者より、室内温熱環境が高くなると受容率が大きく低下した。高齢者は、暑熱環境の熱ストレスを強く感じる傾向が示された。

2019 年度は、岐阜県と長野県の調査データの分析を進めた。いずれのデータも、戸建て住宅を対象に、夏期の室内温熱環境と主観申告調査を行い、熱的快適性と暑熱限界の観点から分析した。温暖地域の岐阜の調査では、

- ・中立温度や受容範囲は、月毎に大きく変動した。
- ・居住者は室内の暑熱環境において、温冷感を等間隔で認識できていなかった。
- ・熱中症の危険が想定される体感温度の水準以上では、頻度に抑制傾向がみられた。冷房による

環境改変行動が行われたと考えられる。

準寒冷地域の長野の調査でも同様に、中立温度と受容範囲で季節変動があること、暑熱環境における高い受容が確認された。

2020年度は、夏季の東海地域(岐阜県岐阜市)と北陸地域(長野県長野市)の住宅を対象に分析を進め、次の知見が得られた。岐阜データでは、プロビット分析による中立温度では23.7ETstarであり、受容範囲(80%)は22.3-25.2ETstarであった。頻度分布では31-33ETstarで分布が少なくなり、熱中症危険閾値の35ETstarまでに室温を下げる傾向が確認された。長野データでは、主観申告を集計した結果、居住者は、室内温熱環境を高い割合で受容する一方で、熱的不快や温熱環境の調節を要望する割合も高いことが示された。居住者は、暑熱ストレスを感じる温熱環境を受容していた。また高齢者は非高齢者より、熱ストレスが高い傾向が示された。また高齢者は非高齢者より、室内温熱環境が高くなると受容率が大きく低下した。高齢者は、暑熱環境の熱ストレスを強く感じる傾向が示された。

熱的快適性の適応モデルでは、暑熱地域における高温側受容限界の拡大に期待が集まり、リミットが設けられていない。本研究の知見は、熱的快適性の受容限界に加えて暑熱限界を設定する必要性を示唆する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 中谷岳史 |
| 2. 発表標題 適応モデルを利用した自然室温設計 |
| 3. 学会等名 日本建築学会環境工学委員会熱環境運営委員会, 第49回熱シンポジウム (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中谷岳史・中込望・前田慶博・高木直樹 |
| 2. 発表標題 準寒冷地域の住宅における室内温熱環境調査 長野市における夏季の受容範囲と暑熱領域の検討 |
| 3. 学会等名 日本建築学会大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中谷岳史, 種市慎也 |
| 2. 発表標題 岐阜の住宅における熱的快適性調査-適応モデルと適応限界- |
| 3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集オーガナイズドセッション |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 中谷岳史, 中込望, 前田慶博, 高木直樹 |
| 2. 発表標題 準寒冷地域の住宅における室内温熱環境調査 長野市における夏季の受容範囲と暑熱領域の検討 |
| 3. 学会等名 日本建築学会学術講演梗概集オーガナイズドセッション |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Editors Tetsu Kubota et al., Nakaya Takashi (Ch.19 and Ch.28) | 4. 発行年 2018年 |
| 2. 出版社 Springer Singapore | 5. 総ページ数 557 |
| 3. 書名 Sustainable Houses and Living in the Hot-Humid Climates of Asia | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|