

熱中症の視点から見た高齢者の入浴事故予防策の検討

Study on Prevention of Accidents during Bathing from the View Point of Heatstroke

正会員 ○伊香賀俊治（慶應義塾大学理工学部） 非会員 堀 進悟（慶應義塾大学医学部）
非会員 鈴木 昌（慶應義塾大学医学部）

Toshiharu IKAGA*¹ Shingo HORI*² Masaru SUZUKI*²

*¹ Faculty of Science and Technology, Keio University, *² School of Medicine, Keio University

The number of fatalities due to heatstroke caused by body temperature rise during bathing has been rapidly increasing year by year in Japan. Japanese bathing habit using hot bath tub to obtain warmth in poor insulated houses, namely "cold houses" might be caused for heatstroke. In this study, the relationship between "cold houses", "bathing habits", "body temperature" and "heatstroke risk" was analyzed quantitatively, and heatstroke risk of seniors during bathing was evaluated in warm houses improved by well thermal insulation and space heating in bath rooms.

1. はじめに

2010年における我が国の入浴中の溺死者数は、3900人であり、20年間で約5倍に増大した。交通事故死が20年間で半減したのと対照的である¹⁾。

入浴に係る研究では溺死の原因を、住宅内の激しい温度差による血圧の急上昇・急下降に起因する心疾患や脳血管疾患等と捉えている²⁾。一方、実際の救急医療現場からは心肺停止や意識障害の患者が多いという報告³⁾がある。体温の上昇により意識障害発生の可能性が高まるという医学分野の知見⁴⁾から、入浴中の溺死事故は、熱い浴槽に長時間浸かることによる体温上昇のために発症する“熱中症”が原因であるという新たな見方がある。

熱中症が発症する原因として、断熱性能の劣悪な住宅で、湯冷めを防ぐために熱い浴槽に長時間浸かる習慣が考えられる。そこで本研究では、住宅の断熱性能や暖房設備といった住宅仕様の改善による熱中症リスク低減効果を明確にすることを目的とする。実際には、“住宅仕様”、“入浴方法”、“体温上昇”、“熱中症リスク”の関係を定量的に把握し、今後も更なる増加が懸念される高齢者の入浴時の熱中症リスクを評価する。

2. 入浴方法と体温上昇の関係

2.1 入浴時の若年者に対応した体温予測モデルの開発

入浴方法が体温変化に与える影響の定量評価には、人体温熱生理モデルを用いた数値解析が有効である。しかし、入浴時に対応したモデルは存在しない。そこで、Two-nodeモデル注[1]を基に入浴時の若年者に対応した体温予測モデルを開発した。まず、健康な成人男性6名を被験者として、T社入浴実験施設において2011年10月4日～7日に入浴実験を行い、入浴方法と体温上昇の関係を把握した。次に、実験結果を基に既存のTwo-node

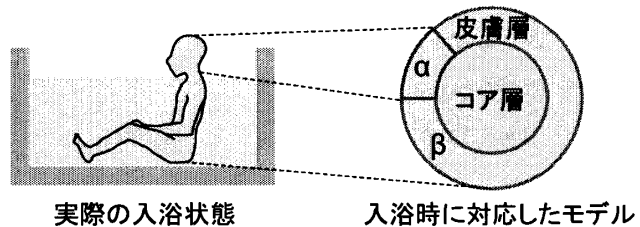


図1 Two-nodeモデルの分割イメージ

表1 入浴時のTwo-nodeモデルのパラメータ

	Two-nodeモデル	入浴時に対応したモデル
対流熱伝達率 [W/m ² K]	3.0	96.8
放射熱伝達率 [W/m ² K]	4.7	0.0
蒸発熱損失量 [W/m ²]	変動値	0.0
皮膚血流量最大値 [l/m ² h]	90	180 ^{*)}

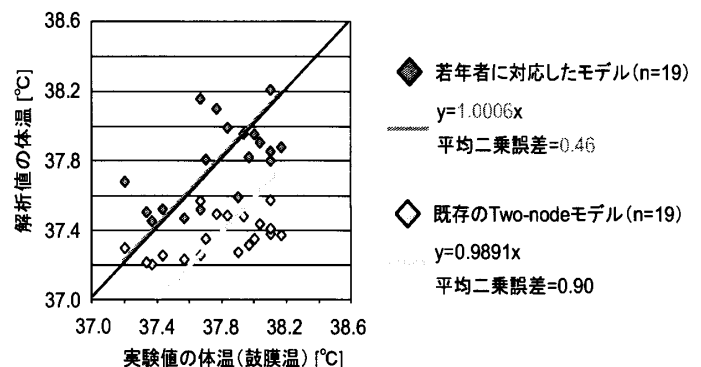


図2 若年者に対応したモデルの精度検証

表2 高齢者の入浴時体温予測モデルのパラメータ

	Two-nodeモデル	入浴時の高齢者に対応したモデル
発汗制御係数	170	123
血管拡張係数	200	104

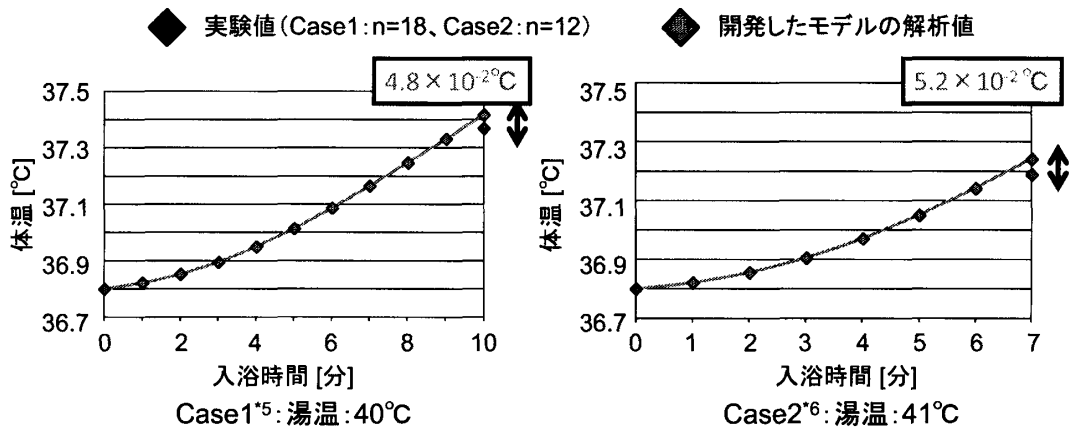
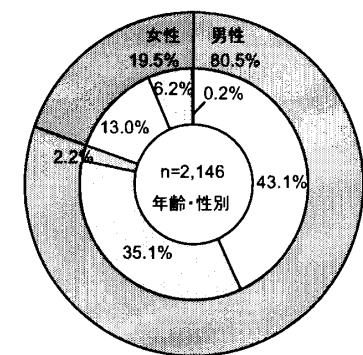


図3 高齢者に対応したモデルの精度検証



□ 65~69歳 □ 70~79歳 □ 80~89歳

図4 調査対象の年齢・性別内訳

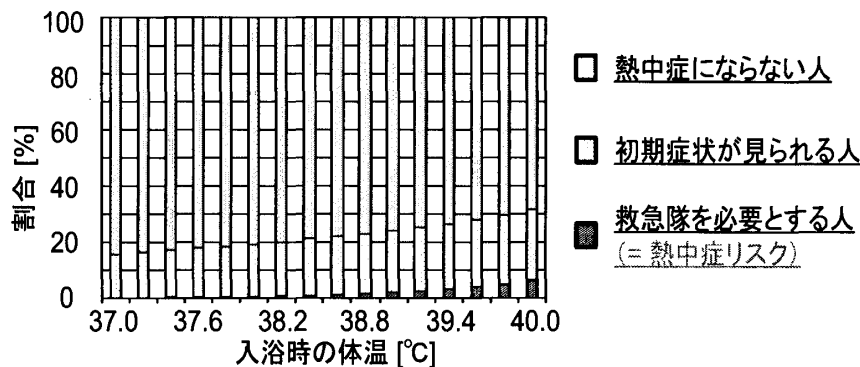


図5 入浴時の体温と症状の関係

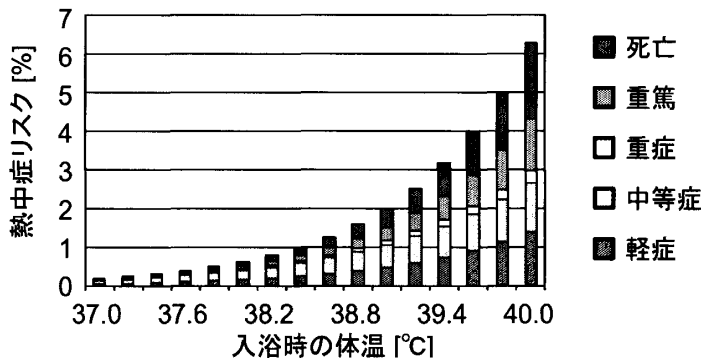


図6 熱中症リスクの内訳

モデルのパラメータを決定し(表1)、入浴時の体温を精度良く再現するモデルへと改良を行った(図2)。

2.2 入浴時の高齢者に対応した体温予測モデルの開発

若年者に対応した体温予測モデルを高齢者に対応したモデルへと改良した。高齢者は成人に比べ、発汗量・皮膚血流量・基礎代謝量が減少することから、文献[4]を参考にパラメータを変更した。その一例を表2に示す。開発したモデルの精度の検証には、入浴が高齢者の体温変化に与える影響を被験者実験により調査した文献[5,6]の結果を使用した。Case1:湯温40°C、Case2:湯温41°Cとし、体温の時間変化を比較した(図3)。その結果、出

浴直前の体温の差がCase1: $4.8 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$ 、Case2: $5.2 \times 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}$ であったことから、開発したモデルは高齢者の入浴時の体温を十分な精度で再現できることを確認した。

3. 高齢者の入浴方法に関するアンケート調査

3.1 体温上昇と熱中症リスクの関係

入浴中の事故経験や体調不良の有無を把握するため、全国の65歳以上の高齢者を対象にインターネットアンケート調査を実施した。2,146名の有効回答の内訳を図4に示す。入浴時の体温と症状の関係を分析した結果を図5に示す。

さらに、東京消防庁が1999年に設置した「入浴事故防

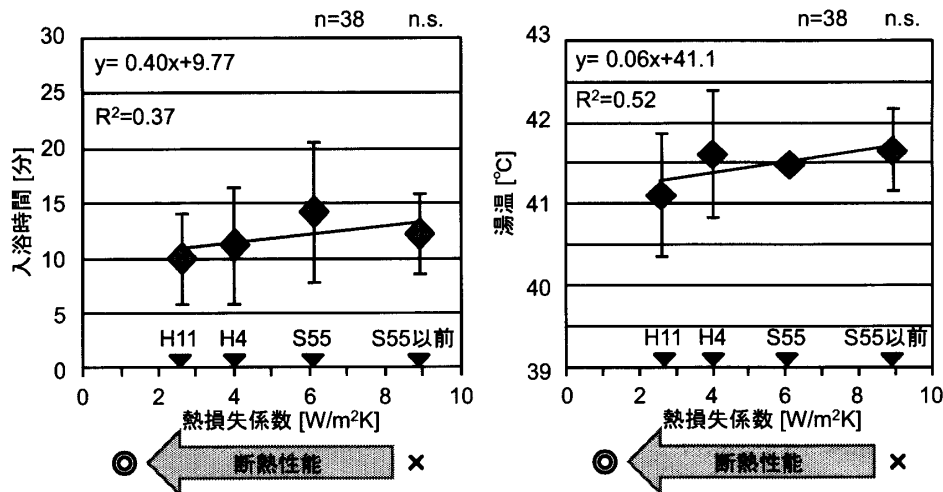


図7 住宅の断熱性能（熱損失係数）と入浴方法の関係²⁴⁾

止対策調査研究委員会」が1999年10月から2000年3月までの6カ月間、管轄内の全救急隊に行ったアンケート結果（1,087件）から、以下のスクリーニング条件①～⑩を満たしている患者254名と救急隊が到着した時に既に死亡しており、病院に搬送されなかった患者が7名を合わせた合計261名のデータ分析を行った結果を図5に示す。体温が39.5°Cの場合、約75%の人は熱中症にならないが、約20%の人は立ちくらみやのぼせといった熱中症の初期症状が見られることになる。更に、約4%の人が救急隊の救助を要する程の症状を訴え、その中でも約2%の人が危険な状態に陥る。

- ①事故種別が一般負傷であるものは除く
- ②事故が発生した場所は浴槽内に限る
- ③飲酒を行っていない人に限る
- ④救急事故現場の傷病者の状態が外傷を除く
- ⑤病院搬送時の症状が外傷である人を除く
- ⑥搬入時のCTスキャンで異常が見られた人（くも膜下出血等）を除く
- ⑦65歳以上未満の人を除く
- ⑧事故発生までの時間が記載されている
- ⑨浴槽湯温（熱い・適温・ぬるい）が記載されている
- ⑩病院搬入時の容態程度（軽症・中等症・重症・重篤・死亡）が記載されている

3.2 住宅の断熱性能と入浴方法の関係

住宅仕様（断熱性能・暖房設備）と入浴方法（入浴時間・湯温）の関係を把握するため、全国の戸建住宅居住者を対象にインターネットアンケート調査を実施し、2,146名の有効回答を得た。例として、温暖地に住む60代の男女で、居間・寝室・浴室を暖房設備している人の結果を図6に示す。断熱性能が高いほど入浴時間は短く、湯温は低い傾向が得られた。

4. 高齢者の入浴時の熱中症リスク評価

4.1 暖房設備の充実度でケース分けしない場合

断熱性能を改善した場合における入浴方法、体温上昇、熱中症リスクの関係を可視化した結果を図8に示す。

暖房設備の充実度でケース分けをしない場合、住宅の断熱性能向上（S55基準以前からH11年基準へ）によって入浴方法は変わり、熱中症初期症状が見られる人の割合は、S55基準以前が0.7%（1000人中7人）で、H11基準でも0.7%（1000人中7人）となり、断熱性能向上に伴う熱中症リスク低減効果はほとんどなかった。

4.2 居間・寝室に暖房設備を有している場合

居間・寝室に暖房設備を有している場合、暖房設備の充実度でケース分けをしない場合と同様に、断熱性能向上によって、入浴方法は変わったが、熱中症リスクに変化は見られなかった。熱中症初期症状が見られる人の割合もS55基準以前が0.7%（1000人中7人）、H11基準での0.7%（1000人中7人）となり、断熱性能向上に伴う熱中症リスク低減効果はほとんどなかった。

4.3 居間・寝室・浴室に暖房設備を有している場合

居間・寝室・浴室に暖房設備を有している場合、断熱性能の改善により入浴方法は変わり、それに伴って熱中症リスクが低減した。熱中症初期症状が見られる人の割合も、S55基準以前が0.9%（1000人中9人）、H11基準が0.5%（1000人中5人）と減少した。つまり、断熱性能向上と合わせて、浴室暖房を導入することで1000人中4名の入浴事故防止につながる事がわかる。

5. まとめ

住宅仕様、入浴方法、体温上昇、熱中症リスクの関係を定量的に把握し、高齢者の入浴時の熱中症リスクを評価した。住宅仕様から熱中症リスクまでを体系的に把握することで、居住者は入浴時の熱中症を予防する住宅仕様や入浴方法の選択が可能となった。

謝辞

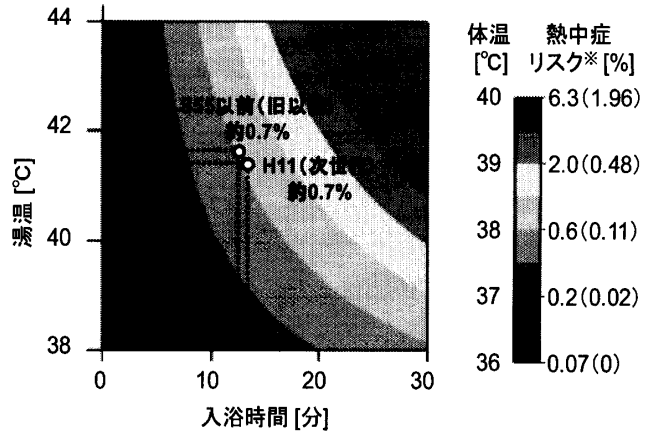
本研究は、平成 22～23 年度科学研究費挑戦的萌芽研究（課題番号 22656125）、入浴環境における熱中症被害軽減のための人体温熱生理モデルの開発（研究代表者：伊香賀俊治）の一部である。入浴実験施設の利用を許可していただいた東京ガス株式会社の皆様、慶應義塾大学大学院の杉本有梨氏、川久保俊氏をはじめ関係各位に多大なご協力を頂いた。記して謝意を表する次第である。

注

- 注[1] A.P.Gagge らが 1971 年に開発した人体温熱生理モデル、
- 注[2] 東京消防庁が 1999 年に設置した「入浴事故防止委員会」が 1999 年 10 月から 2000 年 3 月までの 6 カ月間、管轄内の全救急隊に行ったアンケート結果（データ数 1,087 件）、救急隊が入浴事故の現場に到着した時点での患者の容態や浴室の状況、また医療機関へ搬送後の患者の容態を調査したものである。
- 注[3] グラフの横軸は各断熱性能の熱損失係数の基準値である（H11: 2.6 W/m²K, H4: 4.0 W/m²K, S55: 6.1 W/m²K, S55 以前: 8.9 W/m²K）

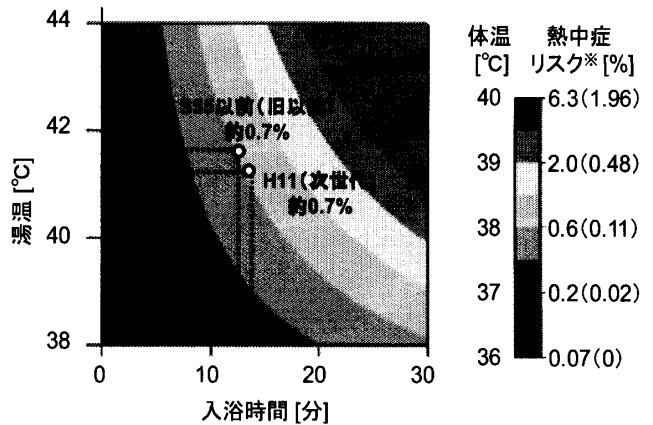
参考文献

- 1) <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/81-1a.html>, 厚生労働省, 人口動態統計特殊報告ウェブサイト 2010,
- 2) 堀 進悟ほか: 熱中症の立場から見た入浴中急死の病態解明と予防策に関する研究, 科学研究費補助金基盤研究(C), 2002,
- 3) 吉村拓己: 入浴中の心拍数・血流の測定とその評価, 信州技報, 1993,
- 4) 井上芳光: 発汗および脈管反応の身体部位差からみた加齢特性, 日本運動生理学雑誌, 1995,
- 5) 高橋龍太郎: ミストサウナを利用した高齢者向け入浴方法の検討 (その 2) 入浴時の生理応答の変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2007,
- 6) 長塚智子: 安全な入浴方法開発のための基礎的研究, 九州大学医学部保健学科紀要, 第 2 号, 2003,
- 7) 杉本有梨, 伊香賀俊治, 堀進悟, 鈴木昌, 高柳絵里: 入浴時の熱中症リスク低減に関する研究, 空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集, 2010
- 8) 杉本有梨, 伊香賀俊治: 住宅の断熱気密性能が居住者の入浴方法に与える影響の検証, 空気調和・衛生工学会大会学術講演会論文集, 2011



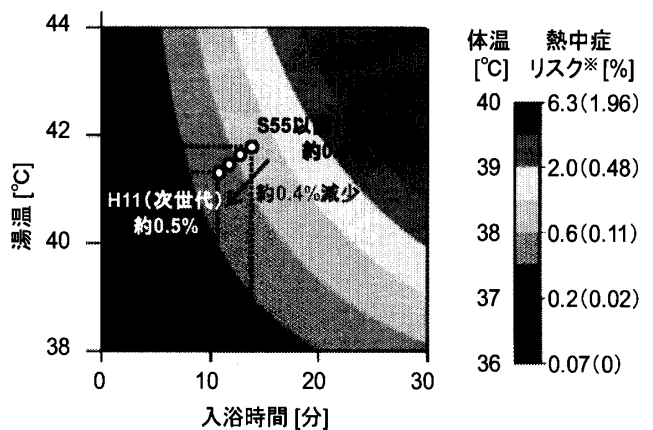
※括弧の中の値は、熱中症リスクのうち死亡リスクを示す

図 8 住宅の断熱性能向上による熱中症リスクの変化 (温暖地: 暖房設備の充実度に拘らない場合)



※括弧の中の値は、熱中症リスクのうち死亡リスクを示す

図 9 住宅の断熱性能向上による熱中症リスクの変化 (温暖地: 居間・寝室に暖房設備がある場合)



※括弧の中の値は、熱中症リスクのうち死亡リスクを示す

図 10 住宅の断熱性能向上による熱中症リスクの変化 (温暖地: 居間・寝室・浴室に暖房設備がある場合)