

令和 6 年 9 月 10 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H00797

研究課題名（和文）多様性を考慮した温熱快適性評価手法に関する研究

研究課題名（英文）Research on thermal comfort evaluation method considering diversity

研究代表者

田邊 新一（Tanabe, Shin-ichi）

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：30188362

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 23,390,000円

研究成果の概要（和文）：近年、多様性を考慮した温熱快適性・健康性を評価する手法の必要性が高まっている。これを実現するには、体躯、年齢、性別、体質などの個人差や季節差の考慮、睡眠環境、屋外環境、入浴環境などへの適用範囲の拡張、生理量のみではなく、総合的な温熱快適性・健康性を評価する手法の確立などの課題の解決が必要になる。これらの課題に対し、本研究では、1) 詳細な生理量調査・測定、2) 着衣モデルの開発、3) 新たな温熱快適性シミュレータの開発、4) 被検者実験データベースの構築、5) 非定常環境への応用、の5つの研究項目を進めることで、体温調節数値計算モデルを用いた、総合的な温熱快適性・健康性評価手法を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

オープンソースとして新人体モデルJOS-3公開した。建築環境設備分野以外での活用が行われ、学際的な貢献ができています。Githubで公開後にカリフォルニア大学バークレーのライブラリーに収録された。世界的に利用者が増加した。Google Scholarを利用して、JOS-3を引用している論文を調べると(2024.05.25現在)、64本の論文がある。屋外歩行者、非定常環境評価、パーソナル空調、人体への日射影響を計算、着衣内換気の検証、CFDと連成、ステップ温度変化、スポーツアスリート、熱中症評価、複数の体温調節モデルの精度検証などに使用されていることが分かった。

研究成果の概要（英文）：The need for methods to evaluate thermal comfort and health considering diversity has been increasing. To achieve this, it is necessary to address the following challenges:

considering individual differences such as body shape, age, gender, and constitution, as well as seasonal variations; expanding the scope of application to include sleep environments, outdoor environments, and bathing environments; and establishing methods to evaluate not only physiological quantities but also comprehensive thermal comfort and well-being. To address these challenges, this study aimed to establish comprehensive evaluation methods for thermal comfort and health using thermoregulation numerical calculation models by advancing five research topics: 1) detailed physiological quantity investigation and measurement, 2) development of clothing models, 3) development of a new thermal comfort simulator, 4) construction of a database of subject experiment data, and 5) application to non-steady environments.

研究分野：建築環境・設備

キーワード：温熱環境 熱的快適性 人体熱モデル 生理量 心理量 波長特性

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

快適な温熱環境を創出するためには、利用者がその環境をどのように感じるかを定量的に把握することが重要である。一般的な建築空間における温熱快適性については、これまで多くの研究がなされてきた。広く用いられている温熱環境指標としては、PMV (予測平均温冷感申告、デンマーク工科大学の Fanger が開発) や SET* (標準新有効温度、Yale 大学の Gagge らが開発) がある。しかし、これらの指標は、均一かつ定常な温熱環境を対象としているため、半屋外空間やパーソナル空調空間、自動車の車室内など、温熱環境が分布している空間では評価が難しい。快適で健康的な空間を実現するためには、初期段階で居住者の生理量や心理量を予測し、それを計画や設計に反映させることが重要である。この際、人体部位ごとの評価が可能な数値計算モデルを用いることが有効である。

これを受けて、我々の研究グループは、複雑な温熱環境下で人体各部位の生理量を予測する体温調節数値計算モデル (65MN や JOS など) を開発してきた。我々が開発したモデルは、数値流体解析 (CFD) プログラムとの連携により、建築環境や車室内環境の評価手法として世界的に広く利用されている。さらに、現在は得られた生理量の予測値から温冷感や快不快感、血圧を予測する手法の確立に取り組んでいる。

2. 研究の目的

本研究では、個人差や季節差を考慮し、パーソナル空調、半屋外・屋外、寢床内環境、浴室などの複雑な温熱環境において人体の生理量を精度高く予測するモデルを開発する。その後、プログラム開発を行い、温冷感・快不快感や血圧の予測を統合し、人体を取り巻く様々な温熱環境における温熱快適性や健康性の評価を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

1) 詳細な生理量の調査・測定

体躯、年齢、性別、体質などの個人差が生理量に与える影響を明らかにするため、代謝量や発汗分布など、従来のモデルでは詳細に検討されていなかった項目について調査・測定を行った。個人差に関する基本的なデータは文献調査によって収集し、不足しているデータについては被験者実験を実施し、シミュレータに入力可能な形式で整理・分析を行った。

2) 着衣モデルの開発

着衣の透湿性や着衣内換気を考慮した着衣モデルを開発する。発汗サーマルマネキンを用いて、部位別の透湿係数 (透湿の程度を示す指数) を測定する。着衣のモデル化を行うことで、着衣内の換気や潜熱移動の予測が可能となり、特に夏季屋外のように発汗しやすい環境でのシミュレータの予測精度を向上させることを目指す。

3) 新たな温熱快適性シミュレータの開発

本研究の中心となるのは、新たな温熱快適性シミュレータの開発である。個人差や季節差を考慮したシミュレータを開発し、1) と 2) で得られたデータを基に、既存の体温調節数値計算モデル (JOS-2) と新たに開発する着衣モデルを連携させる。これにより、幅広い環境下で体躯、年齢、性別、体質などの個人差や季節差を考慮した生理量の予測が可能になる。また、JOS-2 を基盤とし、温冷感・快不快感の予測、血圧予測、熱中症のリスク評価を行う手法を確立し、総合的な温熱快適性評価と健康性評価が可能となる。これらを統合した JOS-3 を公開する予定である。

4) 被験者実験データベースの構築

被験者実験データベースを構築し、モデルの精度検証用の比較データとして活用する。近年、倫理委員会などへの対応により、新たな被験者実験の実施が困難になっているため、我々の研究グループで行った既存の被験者実験データや、他の研究グループによる既存のデータを基にデータベースを構築する。

5) 非定常環境への応用

開発したシミュレータを用いて、屋外環境や浴室、寢床内などの複雑な温熱環境における快適性や健康性の評価を行う。従来の手法では予測が困難だった屋外日射環境や寢床内環境での生理量や温冷感・快不快感の予測、暑熱環境における熱中症リスク評価、浴室環境における血圧予測が可能となる。これにより、様々な環境における温熱快適性の向上と健康リスクの低減を目指した提案を行う。

4. 研究成果

研究成果に関しては、個々の査読論文として Open Access 化して公表しているため、本稿ではそ

の概要のみを紹介する。

1) 詳細な生理量調査・測定

Akihisa Nomoto, Ryo Hisayama, Shu Yoda, Mizuho Akimoto, Masayuki Ogata, Hitomi Tsutsumi, Shin-ichi Tanabe による「Indirect Calorimetry of Metabolic Rate in College-Age Japanese Subjects During Various Office Activities」(Building and Environment, Vol. 199, July 2021, doi: 10.1016/j.buildenv.2021.107909)において、代謝量の詳細な測定結果を公表した。室内環境の基準は、1960年代に開発された実験的な熱的快適性モデルに基づいており、その基本的なパラメータの一つである代謝量の標準値は、当時測定されたヨーロッパおよび北アメリカの男性データに基づいている。これにより、現代の日本人、特に女性に対しては代謝率が過大評価される可能性がある。現代の日本人にこの標準値を適用した場合、熱的快適性の評価が不適切となる可能性があるため、本研究は、日本人のオフィス活動における代謝量を、正確な体表面積データを用いて測定し、その標準値との違いを確認することを目的としている。体表面積の3次元測定と間接熱量測定を適用して代謝量を正確に測定した。45人の大学生世代の日本人被験者について、椅座静位、座ってタイピング中、静立位、立ってタイピング中の代謝量をそれぞれ0.9メットおよび0.8メット、時速4.0kmで歩行中の代謝量を2.6メットと測定した。これらの値は、いずれの活動レベルでも国際標準の指定値よりも大幅に低い結果であった。また、女性は男性よりも低い代謝量を示し、歩行を除く全ての活動レベルで男女間に有意な差が見られた。既存の熱的快適性基準に指定された代謝量を日本人、特に女性に適用した場合、建物の居住者の熱的快適性評価やCO₂生成率の推定が不正確となることが明らかになった。

2) 着衣モデルの開発

この項目に関しては、野元彬久、高橋好斗、依田柊、尾方壮行、田辺新一、伊藤駿、青野友紀、山本佳嗣、水谷国男による「発汗サーマルマネキンを用いた部位別着衣蒸発熱抵抗の測定」(日本建築学会環境系論文集, No.761, pp. 653-660, July 2019, doi: 10.3130/aije.84.653)および、Akihisa Nomoto, Yoshito Takahashi, Shu Yoda, Masayuki Ogata, Shin-ichi Tanabe, Shun Ito, Yuki Aono, Yoshihide Yamamoto, Kunio Mizutaniによる「Measurement of Local Evaporative Resistance of a Typical Clothing Ensemble Using a Sweating Thermal Manikin」(Japan Architectural Review, July 2019, doi: 10.1002/2475-8876.12124)において、発汗サーマルマネキンを用いた部位別着衣蒸発熱抵抗の測定結果を報告した。さらに、伊藤らとともに人体周辺のパーソナル環境に関する測定を行った。人体の3D形状の計測とともに、風速4条件下での人体部位別着衣熱抵抗・蒸発熱抵抗の測定を実施した。成果は、Chong Wang, Sung-Jun Yoo, Shin-ichi Tanabe, Kazuhide Itoによる「Investigation of Transient and Heterogeneous Micro-Climature Around a Human Body in an Enclosed Personalized Work Environment」(Energy and Environment, Vol. 1, pp. 423-431, April 2020, doi: 10.1016/j.enbenv.2020.04.011)や、Kei Murota, Yujin Kang, Sena Hyodo, Sung-Jun Yoo, Kazuki Takenouchi, Shin-ichi Tanabe, Kazuhide Itoによる「Hygro-Thermo-Chemical Transfer Analysis of Clothing Microclimate Using Three-Dimensional Digital Clothing Model and Computer-Simulated Person」(Indoor and Built Environment, Vol. 31, pp. 1493-1510, January 2022, doi: 10.1177/1420326X211059449) 依田柊、野元彬久、久山遼、小川裕太郎、秋元瑞穂、藤井香菜子、田辺新一、山本佳嗣、水谷国男による「風速4条件下における人体部位別着衣熱抵抗・蒸発熱抵抗の測定」(日本建築学会環境系論文集, Vol. 88, No. 806, pp. 276-287, April 2023, doi: 10.3130/aije.88.276)として公開している。夏季着用を想定した2種類の着衣に対し、気流速度0.15、0.4、1.0、2.0 m/sの環境で人体部位別着衣熱抵抗、蒸発熱抵抗を測定した。着衣外表面における熱抵抗Iaは、強制対流条件下では人体後面に位置する頭部、肩部、背部において他の部位より大きい傾向がみられた。気流による着衣外表面での蒸発熱抵抗Reaの減少は、体幹部で顕著であった。これらの部位別測定値を示した。

3) 新たな温熱快適性シミュレータの開発

研究成果であるJOS-3は、Yoshito Takahashi, Akihisa Nomoto, Shu Yoda, Ryo Hisayama, Masayuki Ogata, Yoshiichi Ozeki, Shin-ichi Tanabeによる「Thermoregulation Model JOS-3 with New Open Source Code」(Energy and Buildings, Vol. 231, No. 15, pp. 1-15, February 2021, doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110575)として公開した。本研究成果の中核をなすものである。JOS-3はオープンソースとして公開され、建築環境設備分野以外での利用も進み、学際的な貢献が実現している。

GitHub(<https://github.com/TanabeLab>)に公開した後、カリフォルニア大学バークレー校のライブラリーに収録され、世界的に利用者が増加している。また、Shin-ichi Tanabe, Akihisa Nomoto, Yoshito Takahashi, Yutaro Ogawaによる「Human Thermal Comfort Modeling」(Personal Comfort Systems for Improving Indoor Thermal Comfort and Air Quality, Springer, 2023, doi: 10.1007/978-981-99-0718-2)においても、成果が一章として収録されている。Google Scholarを利用して、JOS-3を引用している論文を調査したところ、2024年5月25日時点で64本の論文が確認された。屋外歩行者、非定常環境評価、パーソナル空調、人体への日射影響の計

算、着衣内換気の検証、CFD との連成、ステップ温度変化、スポーツアスリート、熱中症評価、複数の体温調節モデルの精度検証など、多様な分野で利用されていることが確認された。2023 年に発表された論文 (doi: 10.1016/j.buildenv.2023.110667) では、JOS-3 がスイスで開発された ThermoSEM と比較され、その精度の高さが評価されている。一方で、様々な環境下での被験者データが不足していること、また深部体温に対する各部位の予測精度の改良が必要であると指摘されている。国際的なイニシアティブを確保するため、今後も科研費の支援を受けて研究を進展させる必要があると考えている。

4) 被験者実験データベースの構築

被験者実験結果のオープンデータ化に関しては、米国暖房冷凍空調学会 (ASHRAE) 委員会やカリフォルニア大学バークレー校、デンマーク工科大学、シドニー大学などと共同で構築したが、倫理委員会への対応や個人情報保護の問題により、公開には至っていない。今後も課題解決に向けた検討が必要である。

5) 非定常環境への応用

半屋外での温熱環境に関する許容域は、Junta Nakano、Shin-ichi Tanabe による「Thermal Adaptation and Comfortable Zones in Urban Semi-Outdoor Environments」(Frontiers in Built Environment, Vol. 6, pp. 1-13, March 2020, doi: 10.3389/fbuil.2020.00034) で示されている。また、半屋外空間における異なる環境グレードが滞在者の熱的快適性に与える影響を把握するため、物理環境測定やアンケート調査、リアルタイム申告調査を実施した。主成分分析により、立面と天面の「総合的な開放性」を示す主成分が「屋外度合い」の評価に最も影響を与えていたことが明らかになった。夏季条件におけるテラス・中庭の気流感申告の平均値は、適度な気流が存在することで熱的快適性の向上に寄与した可能性がある。また、木陰のテラスや中庭では天面の重量感が低減したことで、温熱環境に対する期待感が緩和され、熱的快適域が拡張されたと考えられる。リアルタイム申告システムにより、被験者の快・不快感の発生状況を即時に取得し、階層ベイズモデル (HBM) を用いた分析を行った。その結果、気流速度とリアルタイム申告指数 (RPV) の間に強い相関がみられた。これにより、気流速度に対する期待感が熱的快適性に大きく影響することが示唆された。

さらに、深和佑太、渡邊侑々子、小川裕太郎、久山遼、野元彬久、中野淳太、中川純、田辺新一による「半屋外空間における環境グレードが熱的快適性に与える影響」(日本建築学会環境系論文集, Vol. 88, No. 808, pp. 489-500, June 2023, doi: 10.3130/aije.88.489) でも、半屋外空間の環境グレードが熱的快適性に与える影響について成果が公表されている。放射環境に関する波長特性については、Akihisa Nomoto、Yoshiichi Ozeki、Miyoko Oiwake、Ryo Hisayama、Yutaro Ogawa、Mizuho Akimoto、Shin-ichi Tanabe による「Quantitative analysis of wavelength dependence of thermal perception」(Indoor Environments, Vol. 1, 2024, doi: 10.1016/j.indenv.2023.100003) で報告している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Nomoto Akihisa, Hisayama Ryo, Yoda Shu, Akimoto Mizuho, Ogata Masayuki, Tsutsumi Hitomi, Tanabe Shin-ichi	4. 巻 199
2. 論文標題 Indirect calorimetry of metabolic rate in college-age Japanese subjects during various office activities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Building and Environment	6. 最初と最後の頁 107909 ~ 107909
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.buildenv.2021.107909	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Takahashi Yoshito, Nomoto Akihisa, Yoda Shu, Hisayama Ryo, Ogata Masayuki, Ozeki Yoshiichi, Tanabe Shin-ichi	4. 巻 231
2. 論文標題 Thermoregulation model JOS-3 with new open source code	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Energy and Buildings	6. 最初と最後の頁 110575 ~ 110575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.enbuild.2020.110575	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Akihisa Nomoto, Yoshito Takahashi, Shu Yoda, Masayuki Ogata, Shin-ichi Tanabe, Shun Ito, Yuki Aono, Yoshihide Yamamoto, Kunio Mizutani	4. 巻 3
2. 論文標題 Measurement of Local Evaporative Resistance of a Typical Clothing Ensemble Using a Sweating Thermal Manikin	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japan Architectural Review	6. 最初と最後の頁 113 ~ 120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/2475-8876.12124	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 野元彬久、高橋好斗、依田柁、尾方壮行、田辺新一、伊藤駿、青野友紀、山本佳嗣、水谷国男	4. 巻 84
2. 論文標題 発汗サーマルマネキンを用いた部位別着衣蒸発熱抵抗の測定	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本建築学会環境系論文集	6. 最初と最後の頁 653 ~ 660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aije.84.653	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakano Junta, Tanabe Shin-ichi	4. 巻 6
2. 論文標題 Thermal Adaptation and Comfort Zones in Urban Semi-Outdoor Environments	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Built Environment	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fbuil.2020.00034	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Wang Chong, Yoo Sung-Jun, Tanabe Shin-ichi, Ito Kazuhide	4. 巻 1
2. 論文標題 Investigation of transient and heterogeneous micro-climate around a human body in an enclosed personalized work environment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Energy and Built Environment	6. 最初と最後の頁 423 ~ 431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.enbenv.2020.04.011	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Murota Kei, Kang Yujin, Hyodo Sena, Yoo Sung-Jun, Takenouchi Kazuki, Tanabe Shin-ichi, Ito Kazuhide	4. 巻 31
2. 論文標題 Hygro-thermo-chemical transfer analysis of clothing microclimate using three-dimensional digital clothing model and computer-simulated person	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Indoor and Built Environment	6. 最初と最後の頁 1493 ~ 1510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/1420326X211059449	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 YODA Shu, NOMOTO Akihisa, HISAYAMA Ryo, OGAWA Yutaro, AKIMOTO Mizuho, FUJII Kanako, TANABE Shin-ichi, YAMAMOTO Yoshihide, MIZUTANI Kunio	4. 巻 88
2. 論文標題 MEASUREMENT OF LOCAL CLOTHING INSULATION AND EVAPORATIVE RESISTANCE OF THE HUMAN BODY UNDER FOUR AIR VELOCITY CONDITIONS	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 276 ~ 287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aije.88.276	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 FUKAWA Yuta, WATANABE Yuyuko, OGAWA Yutaro, HISAYAMA Ryo, NOMOTO Akihisa, NAKANO Junta, NAKAGAWA Jun, TANABE Shin-ichi	4. 巻 88
2. 論文標題 半屋外空間における環境グレードが熱的快適性に与える影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 489 ~ 500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3130/aije.88.489	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nomoto Akihisa, Ozeki Yoshiichi, Oiwake Miyoko, Hisayama Ryo, Ogawa Yutaro, Akimoto Mizuho, Tanabe Shin-ichi	4. 巻 1
2. 論文標題 Quantitative analysis of wavelength dependence of thermal perception	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Indoor Environments	6. 最初と最後の頁 100003 ~ 100003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.indenv.2023.100003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shin-ichi Tanabe, Akihisa Nomoto, Yoshito Takahashi, Yutaro Ogawa	4. 巻 1
2. 論文標題 Personal Comfort Systems for Improving Indoor Thermal Comfort and Air Quality	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Springer	6. 最初と最後の頁 61-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-99-0718-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計40件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Akihisa Nomoto, Yoshiichi Ozeki, Miyoko Oiwake, Ryo Hisayama, Yutaro Ogawa, Mizuho Akimoto, Shin-ichi Tanabe
2. 発表標題 Development of Prediction Model for Thermal Sensation Effected by Radiations of Different Wavelengths
3. 学会等名 Indoor Ai (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaro Ogawa, Ryo Hisayama, Akihisa Nomoto, Shin-ichi Tanabe
2. 発表標題 Indoor Thermal Comfort Evaluation Based on Physiology Considering Thermal History
3. 学会等名 Indoor Air (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊 侑々子、久山 遼、小川 裕太郎、野元 彬久、秋元 瑞穂、飯原 康介、松尾 和弥、深和 佑太、中野 淳太、田辺 新一
2. 発表標題 建築空間における異なる環境グレードが熱的快適性に与える影響
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 尾関 義一、野元 彬久、小川 裕太郎、追分 美代子、秋元 瑞穂、渡邊 侑々子、田辺 新一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究(その26) 被験者実験による異なる波長帯赤外放射に対する人体各部位の温熱感覚の検討
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊 侑々子、深和 佑太、小川 裕太郎、野元 彬久、秋元 瑞穂、飯原 康介、松尾 和弥、中野 淳太、中川 純、田辺 新一
2. 発表標題 半屋外環境における空間特性を考慮した熱的快適性調査(第1報)空間の印象評価を用いた環境グレード分類
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深和 佑太、渡邊 侑々子、小川 裕太郎、野元 彬久、秋元 瑞穂、飯原 康介、松尾 和弥、中野 淳太、中川 純、田辺 新一
2. 発表標題 半屋外環境における空間特性を考慮した熱的快適性調査（第2報）リアルタイム申告を用いた気流速度が及ぼす快・不快感への影響度の空間別比較
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryo Hisayama, Akihisa Nomoto, Shu Yoda, Mizuho Akimoto, Masayuki Ogata, Hitomi Tsutsumi, Shin-ichi Tanabe, Yoshiichi Ozeki
2. 発表標題 Estimation Method of Metabolic Rate for Thermal Comfort Considering Individual Attributes
3. 学会等名 Healthy Building (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 依田 柊、野元 彬久、久山 遼、小川 裕太郎、秋元 瑞穂、藤井 香菜子、田辺 新一
2. 発表標題 人間 - 熱環境系快適性数値シミュレータ（その70）姿勢の違いが人体部位別着衣熱抵抗・蒸発熱抵抗に与える影響
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川 裕太郎、依田 柊、久山 遼、野元 彬久、秋元 瑞穂、藤井 香菜子、新藤 幹、中川 純、田辺 新一
2. 発表標題 人間 - 熱環境系快適性数値シミュレータ（その71）3D-CAD上における体温調節モデルJOS-3と環境シミュレーションの連成手法の開発
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久山 遼、小川 裕太郎、依田 柊、野元 彬久、秋元 瑞穂、藤井 香菜子、中川 純、田辺 新一
2. 発表標題 人間 - 熱環境系快適性数値シミュレータ (その72) 人体生理シミュレーションに基づいた熱的快適性評価を目的とした連成モデルの精度検証
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野元 彬久、尾関義一、久山 遼、小川 裕太郎、秋元 瑞穂、藤井 香菜子、依田 柊、田辺 新一
2. 発表標題 人間 - 熱環境系快適性数値シミュレータ (その73) 波長別赤外放射に対する皮膚温熱感に関する被験者実験
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾関義一、野元 彬久、久山 遼、小川 裕太郎、秋元 瑞穂、藤井 香菜子、依田 柊、田辺 新一
2. 発表標題 人間 - 熱環境系快適性数値シミュレータ (その74) 感覚量数値モデルを用いた波長別皮膚温熱感に関する理論的考察
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久山 遼、野元 彬久、小川 裕太郎、依田 柊、田辺 新一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究 (その22) 個人属性に応じた代謝量推定手法が熱的快適性評価に与える影響
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川 裕太郎、依田 柊、久山 遼、野元 彬久、秋元 瑞穂、藤井 香菜子、新藤 幹、高橋好斗、中川 純、田辺 新一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究(その23) 3D-CAD上における体温調節モデルJOS-3と環境シミュレーションの連成手法の開発
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野元彬久、尾関義一、久山遼、小川裕太郎、秋元瑞穂、藤井香菜子、依田柊、追分美代子、田辺新一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究(その24) 異なる波長帯赤外放射に対する手背の皮膚温熱感覚
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 尾関義一、野元彬久、追分美代子、久山遼、小川裕太郎、秋元瑞穂、藤井香菜子、依田柊、田辺新一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究(その25) 皮膚光学特性を考慮した感覚量数値モデルによる波長別皮膚温熱感の理論的考察
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akihisa Nomoto, Ryo Hisayama, Yoshito Takahashi, Shu Yoda, Mizuho Akimoto, Masayuki Ogata, Shin-ichi Tanabe, Hitomi Tsutsumi
2. 発表標題 Measurement of Metabolic Rate in Japanese Subjects for Different Activities using Indirect Calorimetry
3. 学会等名 Roomvent 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shu Yoda, Akihisa Nomoto, Yoshito Takahashi, Masayuki Ogata, Shin-ichi Tanabe
2. 発表標題 Heatstroke Risk Evaluation using Thermoregulation Model JOS-2
3. 学会等名 Roomvent 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 依田 柊、田辺 新一
2. 発表標題 人体暑熱ストレス・ストレイン評価に関するISO評価のレビューと人体生理シミュレーションの活用
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久山 遼、野元 彬久、依田 柊、秋元 瑞穂、尾方 壮行、田辺 新一
2. 発表標題 人間 - 熱環境系快適性数値シミュレータ (その68) 体表面積推定式の選定が代謝量に与える影響
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田辺 新一、尾関 義一、久山 遼、依田 柊、野元 彬久、尾方 壮行
2. 発表標題 人間 - 熱環境系快適性数値シミュレータ (その69) 体温調節モデルJOS-3の開発
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 依田 柊、野元 彬久、久山 遼、尾方 壮行、田辺 新一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究(その19)人体体温調節モデルJOS-2を用いたWBGT指標の特性把握
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久山 遼、野元 彬久、依田 柊、秋元 瑞穂、尾方 壮行、田辺 新一、堤 仁美、尾関 義一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究(その20)個人属性を考慮した代謝量推定式の精度検証
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 尾関 義一、依田 柊、野元 彬久、久山 遼、尾方 壮行、田辺 新一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究(その21)人体体温調節モデルJOS-3の開発および予測精度の検証
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshito Takahashi, Masayuki Ogata, Jun-ichi Asaka, Akihisa Nomoto, Shin-ichi Tanabe
2. 発表標題 Coupling of a Cardiovascular Model with a Thermoregulation Model to Predict Human Blood Pressure under Unsteady Environmental Conditions
3. 学会等名 CLIMA 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihisa Nomoto, Yoshito Takahashi, Yoshiichi Ozeki , Masayuki Ogata , Shin-ichi Tanabe
2. 発表標題 Prediction of Physiological Exertion in Hot Environments Using the JOS-2 Thermoregulation Model
3. 学会等名 CLIMA 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihisa Nomoto, Yoshito Takahashi, Shu Yoda, Masayuki Ogata, Shin-ichi Tanabe, Shun Ito, Yuki Aono, Yoshihide Yamamoto, Kunio Mizutani
2. 発表標題 Measurement of Local Clothing Properties for Human Thermal Comfort Evaluation
3. 学会等名 ISES ISIAQ 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野元 彬久、高橋 好斗、依田 柁、尾方 壮行、田辺 新一、石井 雅久
2. 発表標題 人間 熱環境系快適性数値シミュレータ (その 64) 間接熱量計を用いた季節別・性別・活動量別代謝量の測定
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 好斗、野元 彬久、依田 柁、尾方 壮行、田辺 新一、伊藤 空駿、青野 友紀、山本 佳嗣、水谷 国男
2. 発表標題 人体 - 熱環境系快適性数値シミュレータ (その 65) 部位別着衣蒸発熱抵抗および透湿係数の測定
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾関 義一、野元 彬久、高橋 好斗、依田 柊、尾方 壮行、田辺 新一
2. 発表標題 人間 熱環境系快適性数値シミュレータ (その 66) 代謝量および着衣透湿係数が体温調節モデルJOS-2の予測値に与える影響
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 依田 柊、野元 彬久、高橋 好斗、尾方 壮行、田辺 新一
2. 発表標題 人体 - 熱環境系快適性数値シミュレータ (その 67) 屋外放射環境が人体生理量に与える影響分析のための被験者実験
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野元彬久、高橋好斗、依田柊、尾方壮行、田辺新一、石井雅久
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究 (その 15) 間接熱量計による日本人の活動量別代謝量の測定
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋好斗、野元彬久、依田柊、尾方壮行、田辺新一、伊藤駿、青野友紀、山本佳嗣、水谷国男
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究 (その 16) 部位別着衣蒸発熱抵抗および透湿係数の分析
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾関義一、野元彬久、高橋好斗、依田柊、尾方壮行、田辺新一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究(その17)代謝量および着衣透湿係数が体温調節モデルJOS-2および定常温冷感予測モデルOTnの予測値に与える影響
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 依田柊、野元彬久、高橋好斗、尾方壮行、田辺新一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究(その18)人体体温調節モデルJOS-2を用いた暑熱環境適応策による熱中症リスク低減効果の検討
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 龍崎輝、小川裕太郎、渡邊侑々子、深和佑太、竹原大暉、青野和輝、仲西 亮、田辺新一
2. 発表標題 夏季半屋外空間における温悦・視環境が熱的快適性に与える影響
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 尾関義一、渡邊侑々子、龍崎輝、野元彬久、追分美代子、田辺新一
2. 発表標題 人体温冷感・快適感予測モデルに関する研究(その27)波長別感覚量数値モデルの拡張に向けた人体各部位の温冷感に関する検討
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 樋口佳歩、新藤幹、松村遼太、青野和輝、仲西亮、平間香菜理、田辺新一
2. 発表標題 体温調節モデルを用いたクールスポット設計手法の検討
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 龍崎輝、小川裕太郎、渡邊侑々子、深和佑太、青野和輝、仲西亮、田辺新一
2. 発表標題 半屋外空間における温熱・視環境が熱的快適性に与える複合的影響
3. 学会等名 空気調和・衛生工学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 12.Yuyuko Watanabe, Yuta Fukawa, Yutaro Ogawa, Ryo Hisayama, Akihisa Nomoto, Mizuho Akimoto, Junta Nakano, Shin-ichi Tanabe
2. 発表標題 Evaluation of Thermal Comfort Considering Spatial Characteristics in Semi-Outdoor Environments
3. 学会等名 Healthy Buildings 2023
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>Joint system thermoregulation model (JOS-3) https://pythermalcomfort.readthedocs.io/en/latest/reference/pythermalcomfort.html#joint-system-thermoregulation-model-jos-3</p>

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
研究分担者	中川 純 (Nakagawa Jun) (60875293)	早稲田大学・理工学術院・講師(任期付) (32689)	当時
研究分担者	對馬 聖菜 (Tsushima Sayana) (10801251)	早稲田大学・理工学術院・講師(任期付) (32689)	当時
研究分担者	尾方 壮行 (Ogata Masayuki) (90778002)	早稲田大学・理工学術院・次席研究員 (32689)	当時

	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
研究協力者	水谷 国男 (Mizutani Kunio)		
研究協力者	山本 佳嗣 (Yamamoto Yoshitsugu)		
研究協力者	中野 淳太 (Nakano Junta)		
研究協力者	深和 佑太 (Fukawa Yuta)		

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	野元 彬久 (Nomoto Akihisa)		
研究協力者	新藤 幹 (Shindo Kan)		
研究協力者	伊藤 一秀 (Ito Kazuhide)		
研究協力者	鵜飼 真成 (Ukai Masanari)		
研究協力者	尾関 義一 (Ozeki Yoshiichi)		

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		
米国	カリフォルニア大学バークレー校		