

jh190008-NAH

熱中症リスク評価シミュレータの開発と応用

平田晃正（名古屋工業大学）

概要 外部の物理的熱負荷（外気温、太陽光）に対し、ヒトの体温は上昇し、熱調整反応が生じる。熱中症を発症する際には、体内において過度の体温上昇、または発汗が生じた状況になっている。このことから、複合物理およびシステムバイオロジーに基づく生理応答を連成させた解析を用い、様々な条件における相違を理解する必要がある。シミュレータの高速化を行うとともに、ミリ波ばく露解析にむけた人体モデルの改良、および、これまでに作成したモデルを用いた有用性の検討を行った。

1. 共同研究に関する情報

(1) 共同研究を実施した拠点名

東北大学

(2) 共同研究分野

■ 超大規模数値計算系応用分野

(3) 参加研究者の役割分担

（代表）平田 晃正 名古屋工業大学
熱中症シミュレーション・ソースコードの改良と研究統括

（副）江川 隆輔 東北大学サイバーサイエンスセンター

ソースコードの最適化、チューニング担当

（副）柏 達也 北見工業大学

太陽光ばく露評価

○堀江 祐圭 日本気象協会

気象データの提供と解析結果の考察

○田口 健治 北見工業大学

気象データの取込コード作成、計算実施補助

○小寺 紗千子 名古屋工業大学

コードの並列化

○神谷 俊樹 名古屋工業大学

熱ばく露解析の実施とデータ処理

○西村 卓 名古屋工業大学

長期間解析による深部温度上昇の計算

2. 研究の目的と意義

近年、熱中症による搬送者数が増加傾向にあ

り、熱中症予防への取り組みが社会的関心事となっている。また、欧米でも熱波による熱中症死者数が増加傾向にある。熱中症患者の中でも、特に、高リスク群である小児および高齢者に対して関心が持たれている。

外部の物理的熱負荷（外気温、太陽光）が存在すると、ヒトの体内温度が上昇し、それに伴い生体の熱調整反応が生じる。熱中症を発症する際には、体内において過度の体温上昇、または発汗が生じた状況になっている。このことから、複合物理およびシステムバイオロジーを連成させた解析を開発すれば、様々な条件において成人（若者）と高リスク群（小児・高齢者）における相違を解明し、普及啓発活動への応用が期待できる。特に、熱中症の発症する周辺環境は、高温多湿などの共通のパラメータもあるものの、服装、労働あるいはスポーツ環境など個人差が大きく、かつ周辺環境は時々刻々と変化する。

本研究では、これらの要因を考慮し、生体内における各種パラメータ変化を時間的に追跡、普及啓発活動に有意な資料、データの取得を目的としており、例えば、以下のような意義が挙げられる。

(1) 高齢化社会の到来に伴って肉体労働者が高齢化しており、職業環境（プラント、建設現場など）における熱中症対策が急務である。例えば、同じ職場においても、日時によって

熱負荷は異なり、年齢によっても体温変化や生理反応は異なる。それを事前に視覚的に示すことは対策につながる。

(2) 職業環境下、あるいは猛暑環境におけるスポーツの実施および観戦においてリスク情報を提供でき、対策を促すことが期待できる。

(3) 熱中症に関する教育は、現在、中学生を対象とした技術家庭の時間で実施されており、一部の教科書では申請代表者らの成果を採用、今後、更なる高信頼性化による若年者を中心とした国民教育へ一層の貢献ができる。

(4) 計算により得られた情報をデータベース化し、気象データと連携、提供することができれば、熱中症リスクに対する新たな対策指標として期待できる。

本課題では、マルチノード利用によるペタフロップス級計算を可能とする電磁界ソルバー、熱ソルバーのアルゴリズム開発と、大規模ベクトル計算基盤における高効率計算を可能にする超並列化およびベクトル化技術の研究開発に取り組み、実用的な大規模解析手法の構築を目指す。

3. 当拠点公募型研究として実施した意義

本申請は、2015 年度より取り組んできた継続課題であり、独自で開発した熱中症リスク評価技術をスーパーコンピュータに導入、計算コードの並列化およびベクトル化による高速化による準リアルタイムでのリスク評価技術に発展、さまざまな人体モデルに対する基礎データの取得（データベース化）、気象データ（日本気象協会と協力）との連携による個人に対応した熱中症予防啓発 Web コンテンツの開発などに取り組んできた。その基盤技術は、時間領域差分法による生体に関わる電磁界および熱シミュレーションコードから成り立つ。計算に用いる解剖学的人体モデルは、情報通信研究機構が開発したものであり、組織数 51 種類、解像度は 1-2 mm を有する。熱

シミュレーションコードは、最大 9000 万点における物理計算を、2 秒間隔の時間サンプリングによる逐次計算から成り立つ。電磁界コードは、その波長によってさらに高分解能計算が必要となる。特に、熱負荷に対する体温変化の解析では、皮膚あるいは体内深部に存在する温度センサーにより、温度上昇を軽減する作用、いわゆる体温調整機能（血流および発汗）を考慮した精緻な計算が必要となる。

生体を用いた実験が倫理的側面から限定される本課題に関し、社会的ニーズとして熱中症データの蓄積に加え、準リアルタイムシミュレータを構築できれば、特殊環境における、リスク評価も実施できる。現在代表者が開発したコードを市販のワークステーションで解析した場合には、8 時間程度の解析時間を要する。一方、共同研究者（東北大学サイバーサイエンスセンター）とスーパーコンピュータシステム[SX-ACE]への移植を実施、さらにループ融合等による手動チューニングを施し、キャッシュ効率を向上させることで、1 プロセスの計算時間を基準として 160 プロセスで約 102 倍の加速率を実現した。このコードの特徴は、ミリメートル、さらにはサブミリメートル程度の分解能を考慮した電磁界・熱の物理計算（4500 万格子点）に加え、（ベクトル化、並列化に工夫を要する）ヒトのシステムバイオロジーを定式化し、高速に複合解析を実施する必要がある。これまでの検討により、準リアルタイム熱中症リスク評価に加えて、より現実的な解析を実施するための、ヒトの暑さなれなど、長時間解析での知見の蓄積が必要であり、更なる高速化に向けて申請代表者が有していない専門的知識が必要となる。

4. 前年度までに得られた研究成果の概要

4.1. 解析の手順

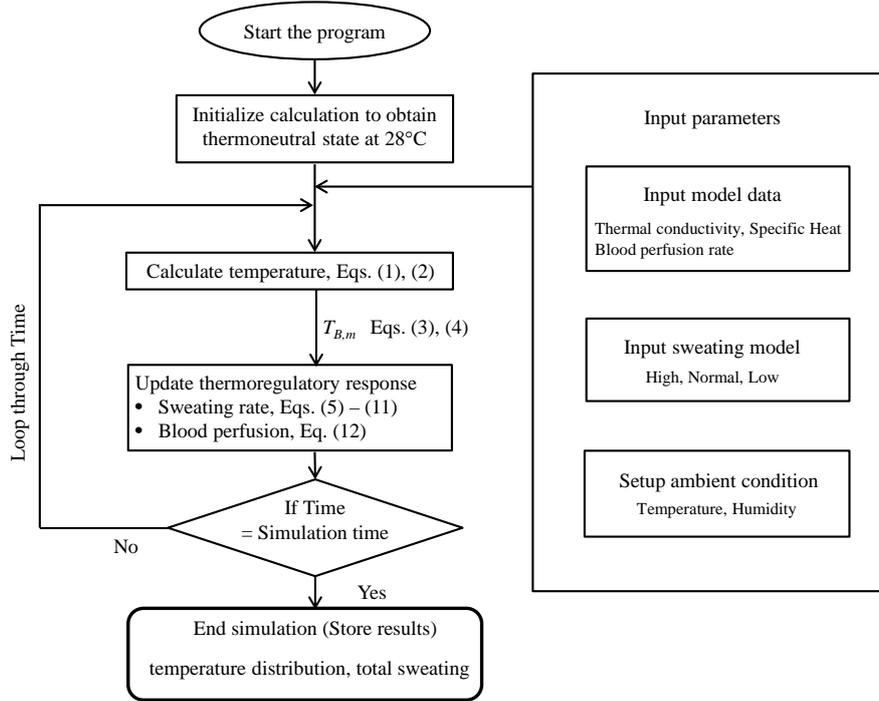


図 1. 体温上昇解析のフローチャート

体温上昇解析のフローチャートを図 1 に示す。図より、解析を実行すると、はじめに温熱中間体（外気温 28 °C）における熱定常状態温度分布を初期値として読み込む。次に、人体モデルや発汗モデルの設定、また外気温などの環境設定を入力する。なお、太陽光による体内吸収電力もあらかじめ解析しておき、入力データと考える。熱の時定数は浅部で数分、深部で 30 分程度であるのに対し、電磁波解析において定常に達するのは瞬時であるため、一度の計算を実施するだけでよい近似となる。最後に、生体熱輸送方程式による温度上昇を計算、またその計算を行う際、発汗率の変化や血流量の変化など、熱調整機能を組み込んだ計算を行う。特に、物理計算と異なり、温熱生理（システムバイオロジー）の部分は条件文などを含み、高速化には適していないアルゴリズムである。そのようなアルゴリズムに対して、mask などを生成させることにより、できるだけベクトル化および並列化に適した形に変更を加えた。以下の節では、その概略を述べる。

4.2. ベクトル化

東北大学が有するスーパーコンピュータ SX-ACE はベクトル処理を活用すると、高い性能を得ることができるため、ベクトル計算に適した計算コードを作成する必要がある。言語は fortran90 にて記載している。最内側のループ長を最長にすることで、ノード当たりの計算要素数を増加させることが可能となる。このように、さまざまなループレベル最適化を施すことで、ベクトル化率とノード当たりの性能を向上させた（図 2 参照）。また、作業配列の導入によるベクトル化の促進、明示的インライン展開によるサブルーチン呼び出しオーバーヘッドの削減、データサイズの大きいインプットデータおよびアウトプットデータをバイナリ化することによるファイル I/O の最適化を施すことで、コアあたりの実効性能を向上させた。

4.3. 並列化

電磁界および熱シミュレーションコードの両者とも、MPI(Message Passing Interface)を

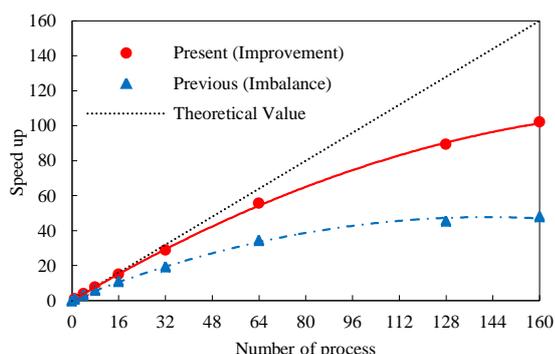


図 2. 並列プロセス数の増加に対する計算時間の加速率

用いて並列化を行っている。2017 年度までは、主に温度上昇解析を対象に、MPI (Message Passing Interface) を用いて解析コードの並列化を行い、ロードインバランスを解消した。特に、条件分岐の多い、温熱調整反応計算コードの最適化に注力した。温熱調整反応計算のひとつである発汗計算は、皮膚組織のみで行っているため、他組織と判別を行う条件分岐 (IF 文) がコードの計算ループ内に存在する。SX-ACE では、この条件分岐に伴う逐次計算がベクトル化率を低下させる要因となる。さらに各平面における皮膚組織の有無により各プロセスの計算量に差が生じ、これがノード間における計算量のインバランスを引き起こしていた。そこで、発汗率を全身に分布化させる計算手法を実装することで、プロセスごとの計算量のインバランスを解消した。さらに、部位に依存する発汗率を解析に組み込むことを提案および実装することで全身の総発汗量を部位ごとに分布化させ、さらなる温度推定手法の高精度化に成功した。

異なるプロセス数の増加に対する計算時間の加速率を図 2 に示す。計算量のインバランス改善前、改善後、それぞれにおける加速率を示している。図より、プロセス数の増加に伴い、それぞれの加速率は上昇しているが、プロセス数 160 の加速率の理論値 160 倍に対して、改善前は、加速率 48 倍となり、並列化

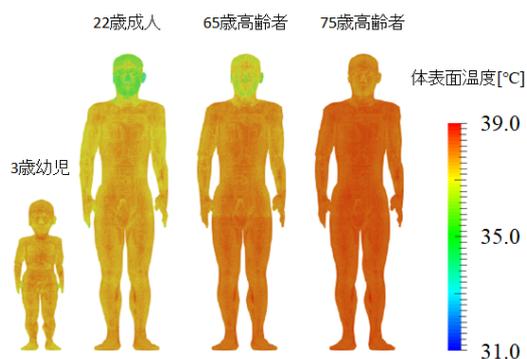


図 3. 体表面温度の分布

率は理論値の 30%であった。一方改善後は、加速率は 102 倍となり、並列化率は理論値の約 64%と大幅に改善出来た。

また、初期値の設定やファイル I/O などの非並列化部分の並列化や、データ通信方法の最適化を行い、更なる並列性能の向上を試みた。但し、このためには並列化に適していない温熱生理モデルの改良が必要であり、今後とも合わせて進めていく予定である。

並列化、ベクトル化を行ったコードを用い、3 時間暑熱ばく露における体表面温度上昇を解析した。解析結果の一例 (外気温: 35°C, 湿度 50%) を図 3 に示す。図より、75 歳男性の温度上昇が最も大きく、次に 3 歳幼児の温度上昇が大きくなることを確認できる。75 歳男性については、発汗機能の相違によるもので、高齢者は若年者よりも発汗量が少なく、発汗の開始が遅れたためである。また、3 歳幼児については、体積が他のモデルよりも小さく、全身に熱が循環しやすいためと考える。上記の解析に要した計算時間は、3 歳幼児、22 歳男性、65 歳男性、75 歳男性それぞれ 6 秒、15 秒、17 秒、17 秒程度となった。それぞれの計算時間の差異は、モデルサイズ (解析領域) の差異によるものと、発汗計算における年齢考慮のためのアルゴリズム追加によるものである。

2019 年度採択課題からは、温度解析コードに加え、電磁界解析コードに対しても、ス

ーパソコンコンピュータシステム SX-ACE への移植およびフラット MPI を用いた並列化、ループ融合等による手動チューニングなどを施し、1 プロセスの計算時間を基準として 160 プロセスで約 102 倍の加速率を実現している。

4.4. 動脈血・静脈血温度のモデル化

従来研究では、血液温度の計算において動脈および静脈温度を近似的に同一として扱ってきた。しかしながら、人体の動脈温度と静脈温度は最大で 3.6°C の差があることが報告されている。この血液温度計算の高精度化を実装できれば、太陽光ばく露などにおける温度上昇推定の更なる高精度化につながるはずである。よって、血液温度計算の高精度化のため、動脈温度および静脈温度を考慮した血液モデルを実装することで、全身の血液温度の細分化を行い、血液温度細分化コード部分について、ベクトル化、並列化を行った。

新たに組み込んだ手法によって温帯生育者の体温分布を再現するために、Dufour らの実験条件を模擬した場合の体温上昇解析を行い、実測値と比較を行った。なお、従来の計算手法では、血液温度を全身で 5 分割して模擬してしたが、提案手法では全身を 14 分割し、より詳細な部位間熱輸送を模擬することが可能である。これは、従来、コンパートメントモデルと呼ばれる簡易計算法概念を詳細な人体モデルに導入、複合的な解析手法を提案するものである。また、14 分割モデルでは向流係数 $h_x[\text{W}/^{\circ}\text{C}]$ を用いた。血液温度計算法の変更に伴い、舌下温度の上昇値の精度が 14.1% 向上した。

また、四肢の温度分布についても同様に検討するため、Hardy ら (1938) の暑熱ばく露実験を模擬し、各暑熱環境下での手・足における皮膚温度を実測値と比較する。その結果、変更前に比べて足の皮膚温度の精度が 2.7% 向上した。

4.5. 熱帯生育者の長期暑熱順化モデル

熱中症発症リスクの評価には体温上昇や発汗量の定量的な評価が有効である。この、体温上昇や発汗の程度に影響を及ぼす要因のひとつとして、暑熱順化が挙げられる。

熱帯生育者は優れた非蒸散性熱放散により、温帯生育者と比較すると、四肢における体温は低く、頭部・胴体では高いことが報告されている。この特徴による深部温度・四肢間の大きな温度勾配が、深部温度から皮膚温度への熱伝達を促進し、効率的な熱放散を実現している可能性も示されている。しかしながら、これらの相違点を考慮し、物理的にモデル化した事例はない。そこで血液温度細分化手法を適用し、実測値と比較することで、熱帯生育者モデルを作成した。

Lee ら(2011)の実験を模擬し、熱帯生育者における深部温度、手・足の皮膚温度の実測値を再現できるような長期暑熱順化モデルを構築する。Lee らの実測値によると、熱帯生育者は温帯生育者と比較し、深部温度が 0.3°C 程度高く、手皮膚温度が 1.5°C 、足の皮膚温度が 2.0°C 程度低いと報告されているため、向流係数 h_x を調整することで、熱帯生育者の身体的特徴を模擬することを可能とした。

4.6. データベース拡充

屋内外での様々な気温や湿度の暑熱環境下における年齢、性別に応じた準リアルタイムでの熱中症リスク評価提供を行うには、高精度な体温変化や発汗量等の解析結果のデータベースが必要となる。また、真夏の屋外での大規模イベント開催など、今後、夏に来日する外国人が増加することが予測される。

前年度は、提案した血液細分化手法を適用し、温帯生育者、熱帯生育者モデルに対して様々な暑熱環境条件における体温変化や発汗量等の解析を行い、これまで蓄積してきた解析結果の高精度化や、熱帯生育者に対するデ

ータベースの拡充を行い、出身地の違いによる熱中症リスクの違いについて考慮することが可能となった。

5. 今年度の研究成果の詳細

5.1. プログラムチューニング

前年度までに、副代表者の江川を中心に、温度解析コードおよび電磁界解析コードに対し、スーパーコンピュータシステム SX-ACE への移植およびフラット MPI を用いた並列化、ループ融合等による手動チューニングなどを施し、1 プロセスの計算時間を基準として 160 プロセスで約 102 倍の加速率を実現している。本年度は、特に前年度新たに組み込んだ血液計算手法の最適化、直交格子の課題である体表面解像度を補うアルゴリズムの改良に取り組んでいる

5.2. 太陽光・暑熱の複合ばく露の体温変化に与える影響評価

前年度に引き続き、北見工大を中心に、太陽光ばく露解析（電磁界解析）に必要な分解能の検討（分解能 1-0.1mm）、および皮膚の厚みが太陽光ばく露分布に与える影響について基礎検討を行った。具体的には、既存の人体数値モデルを改良することで、任意の皮膚厚みを持つ高解像度ボクセルモデルを作成し、皮膚厚みの変化が、太陽光の吸収量（全身平

均 SAR）の周波数特性に与える影響について検討した。

まず、高解像度ボクセルモデルの作成を行う。現在用いている、解剖学的数値人体モデルは、分解能 2mm である。本稿で用いている計算手法である FDTD 法(Finite-Difference Time-Domain method)の安定性を確保するためには、モデルの高分解能化が必要となる。特に 6GHz 以上では電波の浸透深さから SAR の分布は皮膚組織に集中するため、数値モデルの皮膚厚みが重要な因子となる。実際の人体の皮膚厚みは、部位ごとによって異なり、0.5mm から 2.0mm 程度である。一方で、従来モデルでは分解能 2mm を基準としているため、皮膚厚みは 2mm 以上となる。そのため、任意の皮膚厚みを持つボクセルモデルを、(1) 皮膚組織以外の組織に対するボクセルモデルのスムージング、(2)任意の厚みを持つ皮膚ボクセルモデルの生成、(3)(1),(2)を統合することによって任意の皮膚厚みを持つ高解像度ボクセルモデルを作成した。

次に、電磁界解析コードを用いて皮膚厚みを与える太陽光吸収量への影響を調査するため、典型例として、モデル正面から平面波を照射した際の電力吸収分布を計算した。

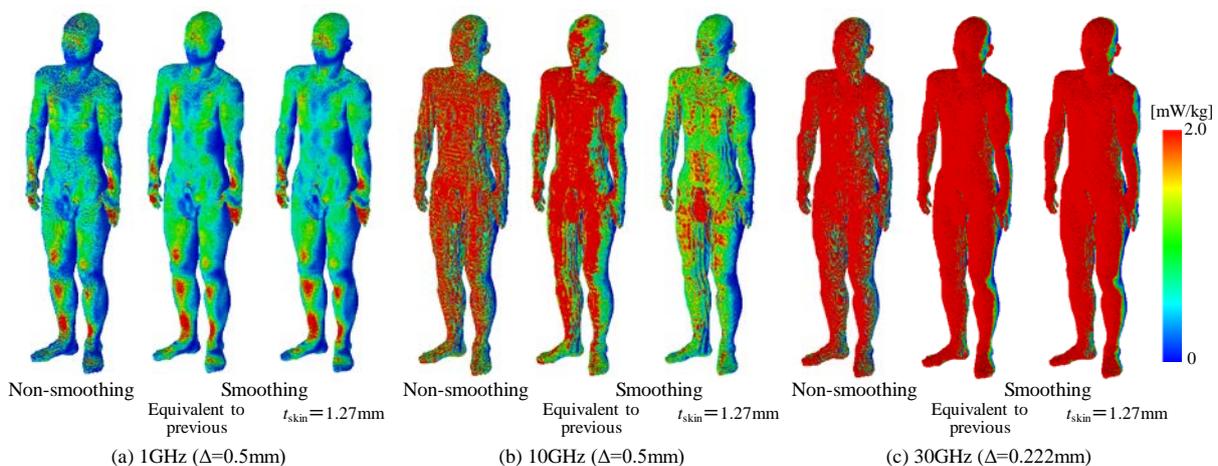


図 4 人体表面電力吸収分布(TARO)

図 4 に、単純分割モデル、スムージングを施した皮膚厚み等価モデル、皮膚総重量から求めた $t_{skin}=1.27\text{mm}$ モデルにおける人体表面電力吸収分布を示す。1GHz においては、表面分布でもモデル間の差異は少なく、いずれも断面積の小さい手首、指先、ひざ、足首等に分布が集中している。モデル間の差異は、10GHz 帯において最も顕著となり、皮膚厚みをコントロールしたモデルで最小となった。30GHz 付近では、スムージングを施した改良モデルで分布が滑らかになっていることが確認できる。これらの結果より、その結果、皮膚厚みが小さくなるほど、全身平均 SAR の極大値が大きくなること、また、その際の周波数が高くなることを確認した。また、25GHz 以上では、スムージングによる影響が大きくなることも確認した（研究業績（4-b））。

太陽光による暑熱ばく露模擬は、赤外線の入射深さとほぼ等しいことから、6GHz を用いて模擬を行っている。この周波数帯では、皮膚の厚みによる影響が表れるため、今後は部位ごとに異なる皮膚厚みを考慮した人体数値モデルを開発し、より現実に即した暑熱ばく露模擬を目指す。

5.3. データベース拡充のための熱帯生育者運動模擬

前年度までに、熱帯生育者の体温調節機能のモデル化のため、血液温度にかかわるパラメータを Lee らの実験をもとに決定し、熱帯生育者モデルを構築した。この熱帯生育者モデルの有効性を検討するため、Wakabayashi ら（2011）の実験を模擬した場合の深部温度を計算し、実測値との比較を行う。

Wakabayashi の実験は 60 分の半側臥位サイクリング運動実験である。解析条件は、外気温・湿度を初めの 10 分間で 28 °C から 32 °C、50% から 70% まで線形に上昇させ、その後、50 分間 32 °C、70% で一定である。

図 5 に実測値と解析値の比較を示す。図よ

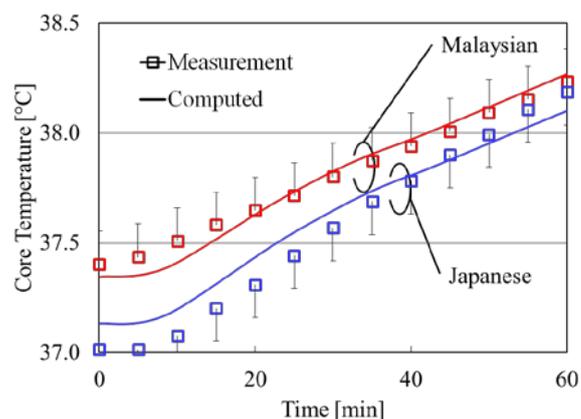


図 5 Wakabayashi の実験における深部体温の変化

り、実際のサイクリング運動時であっても実測値と解析結果により一致が得られた。これは、向流係数を変更したことで、熱帯生育者の四肢と体内深部温度の温度差を模擬することができ、その温度勾配の大きさによって四肢への熱伝達が増加し、深部温度上昇が抑制されたためである（研究業績（1-b））。

5.4. 長期間暑熱ばく露解析

前年度および前節において、訪日外国人を対象とした長期暑熱順化に対するモデル化を実装した。本節では、初夏から晩夏にかけて短期暑熱順化モデル化のための基礎検討として、過去数日間の気温変化を考慮に入れた長期間（2013–2018 年の 7–8 月）の暑熱ばく露解析を行った。

一例を、図 6 に示す。また、熱中症搬送人員数も併せて示す。表 1 に、熱中症搬送人員数との決定係数を示す。図、表より、2 か月間

表 1 熱中症搬送人員数との決定係数

	発汗量	深部体温	平均気温	WBGT
2013	0.611	0.524	0.520	0.482
2014	0.842	0.821	0.733	0.588
2015	0.865	0.777	0.654	0.563
2016	0.761	0.741	0.562	0.444
2017	0.561	0.650	0.582	0.492
2018	0.600	0.473	0.462	0.324

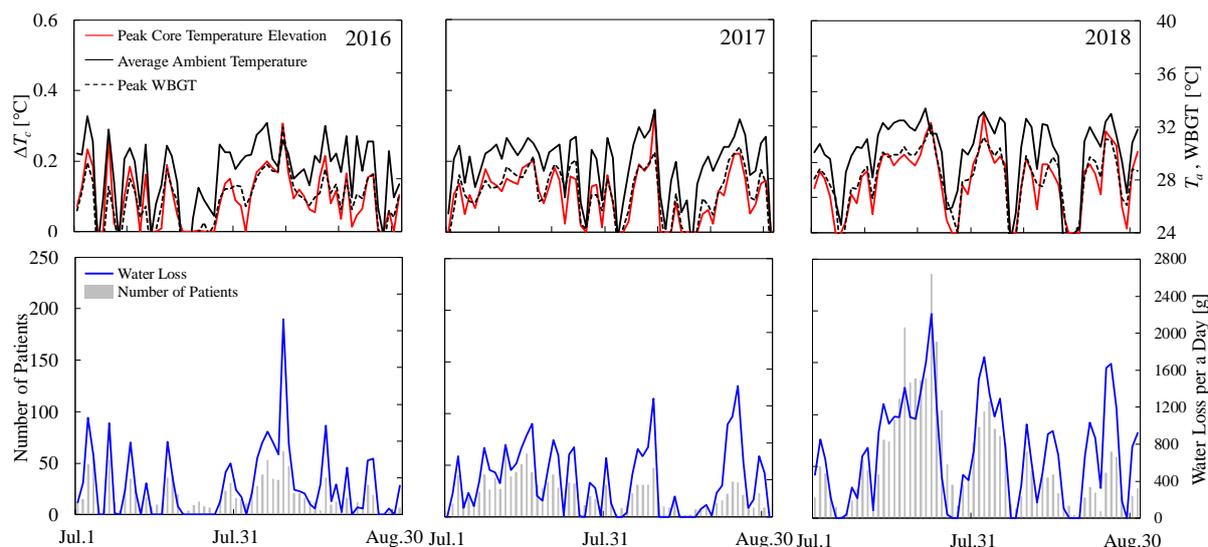


図 6 長期間解析例 (2016-2018 年 7-8 月)

の熱中症搬送人員数との相関は、日平均気温、日最大 WBGT よりも、解析値である最大体内深部温度上昇や発汗量のほうが高いことがわかる (研究業績 1-a)。今後は、さらに統計処理を加えることにより、熱中症搬送人員数の予測といったスーパーコンピュータによる解析の応用展開を行っていく。

6. 今年度の進捗状況と今後の展望

本課題では、熱ソルバーのアルゴリズム開発と、大規模ベクトル計算基盤における高効率計算を可能にする超並列化およびベクトル化技術の研究開発に取り組み、実用的な大規模解析手法の構築を目指した。現在、直交格子の課題である体表面の解像度を補うアルゴリズムの改良、また、ヒトの生理学的モデル化に関わるコードのベクトル化およびその評価を行い、副代表である東北大学サイバーサイエンスセンター・江川との協力により解決を目指してきた。今年度は、長期間解析を用いた熱中症搬送人員数予測、様々な環境をピンポイントで模擬した解析についての取材対応により、複数のマスメディアに取り上げられ、熱中症予防への普及・啓発に貢献した。研究面での具体的実施内容は以下の通りである。

① プログラムチューニングおよび試験計算 (2019 年 4 月~8 月)

データベースの拡充に先立ち、気象データとの連携を視野に、準リアルタイム熱中症リスク評価をめざし、可能な限りの高速化を行った。主担当は、副代表者の江川を中心に、代表者・平田および大学院生が補佐する。同時に、平田が生理現象の定式化を改良し、物理計算との親和性を向上させた形に改良、その影響を評価した。特に、前年度に新たにモデル化した生理モデルおよび動脈・静脈血液温度の実装部分について、東北大学の江川が主担当となり、並列化を実施した。引き続き、直交格子の課題である体表面解像度を補うアルゴリズムの改良に取り組んでいる。

② 太陽光・暑熱の複合ばく露の体温変化に与える影響評価 (2019 年 4 月~8 月)

前年度に引き続き、北見工大を中心に、太陽光ばく露解析 (電磁界解析) に必要な分解能の検討 (分解能 1-0.1mm)、および皮膚の厚みが太陽光ばく露分布に与える影響について基礎検討を行った。その結果、10GHz 帯では皮膚厚みが小さくなるほど吸収量が増加することを明らかにした。また、高分解能化に合わせて、プログラムチューニングを行った。

③ データベースの拡充を目的とした運動の

模擬 (2019 年 9 月～12 月)

前年度の成果である、長期暑熱順化されている熱帯生育者の温熱生理応答のモデル化を、さらに高精度化し、有用性の検討を行った。また、温帯生育者と熱帯生育者の運動模擬を行い、実測値と比較することで、その有用性を検討した。

④ 短期暑熱順化の模擬 (2020 年 1 月～3 月)

より現実に即した短期暑熱純化の模擬を目的に、過去数日間の気温変化を考慮に入れた長期間の解析を行った。また、熱中症発症には 1 日分の日中の暑熱ばく露 (3 時間程度) のみではなく、数日間の連続した暑熱ばく露の関連性が強い場合がある可能性を示した (研究業績 (1-a))。

7. 研究業績一覧 (発表予定も含む)

(1) 学術論文 (査読あり)

a) S. Kodera, T. Nishimura, E. A. Rashed, K. Hasegawa, I. Takeuchi, R. Egawa, A. Hirata, “Estimation of heat-related morbidity from weather data: A computational study in three prefectures of Japan over 2013–2018,” *Environ. Int.*, vol. 130, no. June, p. 104907, 2019.

b) T. Kamiya, S. Kodera, K. Hasegawa, R. Egawa, H. Sasaki, A. Hirata, “Different thermoregulatory responses of people from tropical and temperate zones: A computational study,” *Build. Environ.*, vol. 159, no. 106152, 2019.

(2) 国際会議プロシーディングス (査読あり)

該当なし

(3) 国際会議発表 (査読なし)

該当なし

(4) 国内会議発表 (査読なし)

a) 西村 卓, 長谷川 一馬, 竹内 一郎, 江川 隆輔, 平田 晃正, “3 都府県における熱中症搬送人員数予測式の検討” 信学技報, EST2019-72, Oct. 2019.

b) 小寺紗千子, 平田晃正, 田口健治, 柏 達也, “FDTD 法によるミリ波帯人体全身 SAR 評

価に関する基礎検討” 信学技報, EST2019-50, Oct. 2019.

c) 神谷俊樹, 小寺紗千子, 平田晃正, “熱帯生育者の体温調節機能のモデル化と体温上昇解析への応用”, 電子情報通信学会ソサエティ大会 C-15-9, Sep. 2019

(5) その他 (特許, プレスリリース, 著書等)

<受賞>

a) 一般社団法人電気学会 第 75 回電気学術振興賞 進歩賞, 2019 年 4 月 18 日

<プレスリリース>

A) 朝日新聞 (名古屋) 2019 年 6 月 18 日, 熱中症を防ぐには

B) 日経新聞配信 真夏の祭典まで 1 年 東京五輪 真夏の五輪

C) 岩手日報 2019 年 7 月 11 日 16 面 熱気高まる夢舞台 式典 復興もテーマ

D) 中部経済新聞 2019 年 7 月 15 日 10 面 対策進むか 気象災害や熱中症、馬への準備も

E) 京都新聞 2019 年 7 月 24 日 18 面 暑さ対策 あの手この手

F) 秋田魁新報 2019 年 8 月 18 日 6 面 酷暑対策、あの手この手/喫緊の課題、知恵絞る

G) 時事通信配信 2019 年 7 月 17 日配信, 高齢者、猛暑 3 日で危険増大=熱中症搬送者数を予測-名工大など

H) 日本農業新聞 2019 年 7 月 18 日 2 面, 3 日猛暑 高齢者危険 熱中症リスク蓄積

I) 日本経済新聞 2019 年 7 月 19 日 34 面, 高齢者、猛暑 3 日でリスク 熱中症巡り名工大など 搬送数を予測

J) 中日新聞 2019 年 7 月 18 日 30 面, 熱中症 梅雨明け直後注意 名工大が搬送予測式

K) 毎日新聞 2019 年 7 月 25 日 25 面, 「熱中症」搬送者数予測の仕組み開発 名工大など

- L) 食品新聞 2019 年 7 月 25 日 5 面, 日本気象協会 熱中症プロジェクト 「猛暑対策展」に出展(熱中症セルフチェック)
- M) 読売新聞 2019 年 7 月 27 日 30 面, 高齢者熱中症搬送数予測
- N) 朝日新聞 2019 年 7 月 27 日 30 面, 名工大 搬送数の予測式
- O) 中日新聞 2019 年 7 月 29 日 24 面, 梅雨明け、直後は熱中症に要注意! 猛暑日も予想 小まめな水分補給&休憩を
- P) 日刊工業新聞 2019 年 7 月 30 日 27 面, 海洋機構と名古屋工大、都市の熱中症リスク評価 歩行時の体温上昇予測
- Q) 産経新聞 2019 年 8 月 7 日 24 面, 京成電鉄停電 9 人搬送 エアコン停止 熱中症疑い 立ち往生対策 五輪へ課題
- R) 北海道新聞 2019 年 8 月 12 日 3 面, <2020 東京>五輪 観客にも暑さ対策 *ミスト噴射や保冷剤配布/高齢者や子供は要注意
- S) 日経産業新聞 2019 年 8 月 20 日 6 面 都市部の熱中症リスクを評価
- T) 日刊工業新聞 2019 年 9 月 3 日 11 面 NTT 肌着で熱中症予兆を測定
- U) 日刊工業新聞 2019 年 9 月 30 日 6 面 熱中症リスク評価技術 歩行者の体温変化計算 海洋研究開発機構
- V) TBS (あさチャン!) 暑熱順化と熱中症リスク, 2019 年 4 月 23 日 (全国): 資料提供
- W) TBS (ビビット) 暑熱順化と熱中症リスク, 2019 年 5 月 16 日 (全国): 資料提供
- X) 名古屋テレビ (ドデスカ!) 少年スポーツにおける熱中症, 2019 年 5 月 23 日 (東海)
- Y) テレビ朝日 (サンデーステーション) 熱中症セルフチェック, 2019 年 5 月 26 日 (全国): 資料紹介
- Z) 仙台放送 (Live News It!) 暑熱順化と熱中症リスク, 2019 年 6 月 22 日 (宮城県)
- AA) CBC (チャント!) 熱中症搬送者の予測, 2019 年 7 月 17 日 (東海地区)
- BB) NHK (ニュース東海 845) 熱中症搬送者の予測, 2019 年 7 月 17 日 (東海)
- CC) 中京テレビ (キャッチ!) 梅雨明けの熱中症, 2019 年 7 月 24 日 (東海): 成果紹介
- DD) 名古屋テレビ (ドデスカ!) 梅雨明けの熱中症, 2019 年 7 月 29 日 (東海): 音声
- EE) CBC/TBS (ゴゴスマ~GOGO! Smile! ~) 梅雨明けの熱中症, 2019 年 7 月 29 日 (東海地区): 資料紹介
- FF) CBC (チャント!) 梅雨明けの熱中症, 2019 年 7 月 29 日 (東海地区): 資料紹介
- GG) 名古屋テレビ (UP!) 梅雨明けの熱中症, 2019 年 7 月 29 日 (東海): 音声
- HH) 名古屋テレビ (UP!) 子供の熱中症リスク, 2019 年 7 月 31 日 (東海)
- II) 東海テレビ (ニュース one) 搬送者の予測について, 2019 年 7 月 31 日 (東海)
- JJ) CBC (チャント!) 搬送者の予測について, 2019 年 7 月 31 日 (東海地区): 資料紹介
- KK) 仙台放送 (Live News It!) 搬送者の予測について, 2019 年 8 月 1 日 (宮城県)
- LL) 北海道テレビ (イチオシ!) 北海道、高齢者の熱中症について, 2019 年 8 月 2 日 (北海道)
- MM) CBC (チャント!) 搬送者の予測とリスクについて, 2019 年 9 月 10 日 (東海地区): 資料紹介
- NN) CBC (チャント!) 搬送者の予測とリスクについて, 2019 年 9 月 12 日 (東海地区): 資料紹介