jh200007-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　東京電機大学・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
○滝沢　寛之　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
○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
太陽光ばく露評価並列化
○小寺　紗千子　　名古屋工業大学
計算コードの並列化
○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
熱ばく露解析の実施とデータ処理
○上松　涼太 名古屋工業大学
熱ばく露解析の実施とデータ処理
○三浦　郁亮 名古屋工業大学
熱ばく露解析の実施とデータ処理

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）との連携による個々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

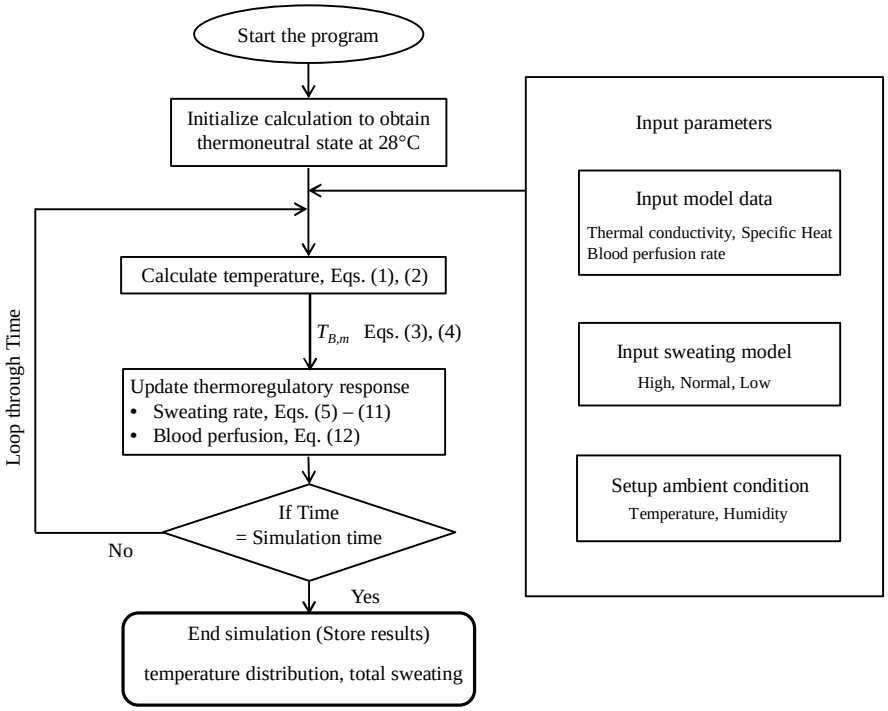

図 1．体温上昇解析のフローチャート

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

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 ℃）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など、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あ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。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、条件分岐に代わるマスク配列を導入、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、プロセスごとの計算量のインバランスを解消し、さらに温度推定手法の高精度化に成功した。

計算量のインバランス改善前により、従来プロセス数 160 で加速率 48 倍、並列化率 30%であった計算コードを、加速率 102 倍、並列化率 64%と大幅に改善出来た。

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。

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℃, 湿度 50%）を図 2 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が確認できる。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。

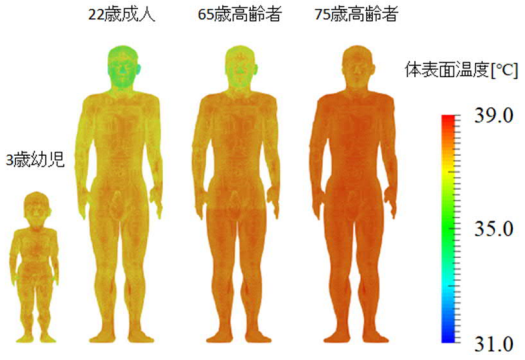

図 2．体表面温度の分布

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 ºC 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の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 [W/ºC]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. 太陽光・暑熱の複合ばく露の体温変化に与える影響

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 1－0.1 mm）、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、太陽光の吸収量に与える影響について検討した。

電磁界解析で用いている FDTD 法(Finite-Difference Time-Domain method)の安定性を確保するためには、周波数に応じたモデルの高分解能化が必要となる。特に，電波の浸透深さから太陽光吸収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、0.5 mm から 2.0 mm 程度である。一方で、従来モデルでは分解能 2 mm を基準としているため、皮膚厚みは 2 mm 以上となる。そのため、既存の人体数値モデルを改良し、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が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。その結果、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ることを確認した。これらの結果より、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。

4.6. 長期間暑熱ばく露解析

スーパーコンピュータによる解析の応用展開として、熱中症搬送者数などの統計データ、気温や湿度、暑さ指数 WBGT などの気象データ、解析で得られた深部体温上昇、発汗量などの各種パラメータとの関連性について調査している。これまでの基礎検討で、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があることがわかった。

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

副代表者の江川を中心に、2020 年度 11 月より導入されたスーパーコンピュータシステム SX-Aurora TSUBASA への温度解析コードおよび電磁界解析コードに対し、移植を行った。その結果、前機種である SX-ACE におい

て 40 ノード・160 コアを用いた 160MPI 並列実行時の性能と比較して、SX-Aurora TSUBASA の 20 ノード(VE)・160 コアを用いて実行では，約 6 倍の性能向上を確認することができた。現在、キャッシュの最適化と新システムより採用された FMA 命令の効率的利用によるさらなる高速化を試みている。

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

前年度までに、全身において等価な皮膚厚みを持つスムージングモデルを開発、その皮膚厚みが太陽光吸収に影響を及ぼすことを明らかにした。今年度は、さらにボクセルスムージングアルゴリズムを改良することで、測定値に基づいた部位ごとに異なる皮膚厚みをもつボクセルモデルを作成した。基本的なアルゴリズムは 4.5 節と同様である。皮膚厚みは、従来の人体数値モデルから皮膚組織を取り除いたボクセルモデルを作成、そのボクセルモデルから、表面ポリゴンモデルを生成した。この表面ポリゴンモデルを基準として、(1)表面法線方向へ任意の皮膚厚みだけ移動させた皮膚表面（外側）ポリゴンモデル、(2)表面ポリゴンモデルを裏返した皮膚裏面（内側）ポリゴンモデルを生成、最後に、(1)と(2)を合成することで、皮膚ボクセルモデルを生成した。各部位における皮膚厚みを表 1 に示す。

表 1　各部位における皮膚厚み

Parts	Epidermis+Dermis (μm)
Head	Divided into 31 regions (Essam et al. 2019))
Thorax, anterior	1726.50
Abdomen, anterior	2204.00
Back	2396.00
Arm, medial	1268.50
Arm, lateral	1668.50
Forearm	1171.00
Finger	1753.50
Pubis	1059.00
Thigh, medial and posterior	1267.75
Thigh, lateral	1540.00
Leg	1393.17
Sole	2692.50

また、電磁界解析においては、Courant 条件を満たす分解能が求められるが、温度上昇解析においては、分解能に応じてより小さいタイムステップが求められるため、計算時間が増大する。そこで、電磁界解析で得られた電力吸収分布の低分解能化に伴う適切な平均化処理の検討が重要となる。本年度では、単純平均、スムージングを介した平均によりその基礎検討を行った。その結果、単純平均低分解能化を用いた場合、分解能を 4 倍にした場合でも深部体温における影響は 1%以下となることを確認した。今後、より多様な条件においてさらに検討を重ねる。

5.3. 熱中症搬送者数をはじめとする統計データと解析結果の連携

前年度までの基礎検討で、熱中症発症には発汗量と関連性が高く、連続した過去数日間の暑熱ばく露の影響が大きいことを明らかにした。2020 年度では、大規模解析結果と統計データを連携することで、熱中症搬送者数予測技術を構築した。熱中症搬送者予測技術に使用する深部体温上昇、発汗量をデータベース化するため、東京・大阪・愛知における 2013－2019 年 7－8 月の実際の気象データを入力し、当該の暑熱ばく露解析を行い、それぞれ日最大深部体温上昇、1 日あたりの総発汗量を推定した。なお、予測対象は、運動・活動条件などの影響を受けにくい、非労作性熱中症が大部分を占める高齢者とした。解析で得られた 1 日の総発汗量と日平均気温を用いた場合の予測結果を比較する。入力変数は、連続した過去 3 日間の発汗量と日平均気温とした。図 5 に、東京都・大阪府・愛知県における高齢者の熱中症搬送者数の実測値と予測値の 7 年平均値の比較を示す。予測精度について、相関の強さを示す決定係数 R^2 と 1 日当たりの平均絶対誤差（MAE: Mean absolute error）

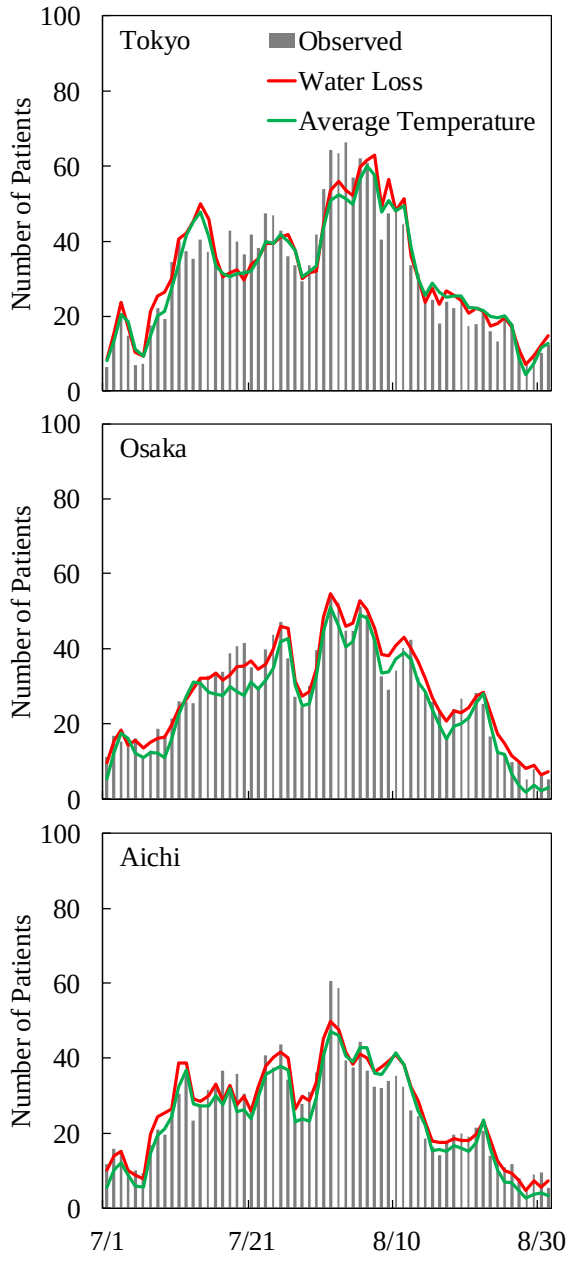

図 5 東京都・大阪府・愛知県における
高齢者の熱中症搬送者数予測

[人/日]をそれぞれ表 1, 2 に示す。表 1, 2 より、どの都府県においても、発汗量を用いた場合に決定係数が高く、MAE が小さいことを確認した。よって、生理応答を考慮した解析値の汎用性を示した。

今後は、小児・成人も含めた熱中症搬送者予測への展開、日本主要 8 都市（北海道・宮城県・東京都・新潟県・愛知県・大阪府・広島県・福岡県）において、暑熱ばく露解析を行い、データ数を増加することによって、熱中症搬送者数予測の高精度化を目指す。

表 1 各都道府県における決定係数の 7 年平均値 (2013－2019 年)

	Water loss	Average temperature
Tokyo	0.86	0.81
Osaka	0.82	0.79
Aichi	0.79	0.76
Average	0.82	0.78

表 2 各都道府県における 1 日当たりの予測誤差 [人/日]の 7 年平均値 (2013－2019 年)

	Water loss	Average temperature
Tokyo	10.9	12.2
Osaka	8.42	9.75
Aichi	7.54	8.17
Average	8.96	10.0

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、新たに導入された SX-Aurora TSUBASA への最適化を主体に取り組んでおり、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、副代表である江川との協力により解決を目指している。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。研究は概ね順調に進んでおり、中間報告時の新システム移行に伴う進捗の遅れは解消している。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（通年）**

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ている。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。今年度は、10 月より運用が開始された SX-Aurora TSUBASA への最適化を中心にチューニングを行っている。現在、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むとともに、高分解能化に伴うファイル入出力のコード改良を行っている。

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（2020 年 4 月～9 月）

前年度に引き続き、北見工大を中心に、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、皮膚の厚みが太陽光ばく露分布に与える影響について検討を行った。今年度は、より現実に即したモデル化を目的に、実測値に基づき、部位ごとに異なる皮膚厚みを考慮した解剖学的人体数値モデルを再構築し、その太陽光吸収に与える影響について考察した。また、高分解能化に伴う、太陽光ばく露解析と熱解析間のデータ受け渡しに最適な、プログラムチューニング、特に分解能の再構成について基礎検討を行った。現在、他のモデルでも得られた知見が有効か検証計算を行っている。

③ 熱中症搬送者数などの統計データと解析結果の連携（2020 年 10 月～2021 年 3 月）

前年度までに得られた、熱中症発症には発汗量と関連性が高く、連続した過去数日間の暑熱ばく露の影響が大きいという知見に基づき、今年度は、東京都・大阪府・愛知県において、解析結果を利用した熱中症の搬送者数予測の汎用性を確認した。現在、予測対象を高齢者から成人までに拡大し、さらなる高精度化および社会実装を目指し、取り組んでいる。

7． 研究業績一覧（発表予定も含む．投稿中・投稿予定は含まない）

(1) 国内会議発表 （査読なし）

a) 西村卓, 小寺紗千子, 滝沢寛之, 江川隆輔, 平田晃正, ”短期暑熱順化を考慮した高齢者の熱中症搬送人員数予測,” 電子情報通信学会ソサエティ大会 C-15-13, Sep.2020

b) 小寺紗千子, 田口健治, 平田晃正, “ 30GHz 帯における人体全身ばく露の温度上昇特性, ” 信学技報, EST2020-53, Jan. 2021.

(2) その他（特許，プレスリリース，著書等）

<プレスリリース>

A) 共同通信社配信 2020 年 6 月 5 日，夏場のマスク、熱中症より酸欠に

B) 中日新聞 2020 年 6 月 9 日 21 面，新型コロナ 夏マスク 意外と体温上昇わずか 名工大が試算

C) 朝日新聞 2020 年 6 月 28 日，29 面，マスク 悩む夏

D) 日経新聞 2020 年 7 月 22 日，37 面，名古屋の熱中症救急搬送者数 名工大・市消防が技術開発

E) 朝日新聞 2020 年 7 月 22 日，26 面，熱中症搬送数 区ごとに予測 名工大・名古屋市消防局

F) 読売新聞 2020 年 7 月 23 日，25 面，熱中症搬送数予測 区単位で 名工大教授ら開発

G) 読売新聞 2020 年 7 月 30 日，25 面，マスク適宜外して対策

H) 中日新聞 2020 年 8 月 1 日，夕 1 面，熱中症搬送数を高精度予測

I) 仙台放送（ニュースセンター）暑熱順化について，2020 年 6 月 11 日（宮城県）

J) TBS（グッとラック！）熱中症搬送者数の予測について，2020 年 6 月 16 日（全国）技術協力

K) TBS（グッとラック！）熱中症搬送者数の予測について，2020 年 6 月 17 日（全国）技術協力

L) NHK（ニュース）高齢者の熱中症メカニズム，2020 年 6 月 17 日（東海地区）
M) TBS（グッとラック！）熱中症搬送者数の予測について，2020 年 6 月 18 日（全国）技術協力
N) NHK（ニュース） 名工大が区ごとの熱中症予測開発，2020 年 7 月 21 日（東海）
O) TBS（グッとラック！）熱中症搬送者数の予測について，2020 年 7 月 27 日（東京）技術協力
P) TBS（グッとラック！）熱中症搬送者数の予測：福岡を中心に，2020 年 7 月 31 日（全国）技術協力
Q) ＣＢＣ（チャント！）コロナ禍の熱中症リスクについて，2020 年 8 月 3 日（東海地区）
R) 仙台放送（ニュースセンター）梅雨明け直後の熱中症について，2020 年 8 月 3 日（宮城県）
S) TBS（グッとラック！）熱中症搬送者数の予測について，2020 年 8 月 4 日（全国）技術協力
T) ＣＢＣ（チャント！）コロナ禍の熱中症リスクについて，2020 年 8 月 4 日（東海地区）データ利用
U) TBS（グッとラック！）熱中症搬送者数の予測について，2020 年 8 月 5 日（全国）技術協力　　他 24 件