

jh180017-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、熱帯地域出身者を含む様々な人体モデルに対する基礎データを取得、データベース化し、気象データと連携したシステムを構築した。

### 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
- 超大規模データ処理系応用分野
- 超大容量ネットワーク技術分野
- 超大規模情報システム関連研究分野

#### (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
- 長谷川 一馬 名古屋工業大学  
熱ばく露解析の実施とデータ処理
- 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
- 小寺 紗千子 名古屋工業大学  
コードの並列化

### 2. 研究の目的と意義

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、普及啓発活動に用いるデータの取得を目的とする。特に、シミュレータの高速化および様々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）を行うものとする。

地球温暖化に加え、2011年の大震災以降、節電が叫ばれる中、「熱中症」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。小児については車内放置が社会問題となっており、2011年7月、警察庁はパチンコホール団体へ再発防止対策の徹底を要請している。一方、熱中症で救急搬送された患

者の 40%が高齢者であり、啓発活動が行われているものの高い水準に変化はない。これらのハイリスク群の人々の熱中症に関する知見は、生理学の考察あるいは救急医療に基づく対症療法がほとんどである。換言すれば、年齢による体温上昇、発汗の相違など工学・物理見地からのリスク評価を行い、かつその成果に基づく普及啓発が十分ではなかったといえる。本研究は、高精度かつ視覚化したリスク評価データに基づき、普及啓発に有意な資料を提供するものである。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（2020 年 7 月～8 月東京オリンピックなど）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。

### 3. 当拠点公募型共同研究として実施した意義

当研究グループでは、これまで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の開発を行ってきた。計算解剖人体モデルは、情報通信研究機構が開発したものであり、組織数 51 を考慮し、解像度は 2mm、4500 万点において物理計算を行う。その際、人体を構成するそれぞれの組織に、太陽光ばく露に対しては電気定数を、外気温に伴う温度上昇には熱定数を割り

当てて解析する。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、いわゆる熱調整機能（血流および発汗）が変化する。また、湿度、あるいは発汗量により、体表面の状況は時々刻々と変化し、冷却効果などを含めた精緻な計算がある。この解析手法は、サウナにいた状態の体温変化を概ね模擬できることで有効性を確認してきた。

生体を用いた実験が倫理的側面から限定される本問題に関し、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。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は、16 時間程度の解析時間を要するため、本研究目的である①高速化、②データの蓄積、ともに不適である。そこで、現在、共同研究者（東北大学サイバーサイエンスセンター）と従来のベクトル型スーパーコンピュータ SX-9 における動作確認、さらには新たに導入されるスーパーコンピュータシステム SX-ACE への移植について検討を行っている。この研究の特徴は、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点にある。しかし、高速化を行う上でベクトル化効率の向上が必要不可欠となるため、専門的知識が必要となる。

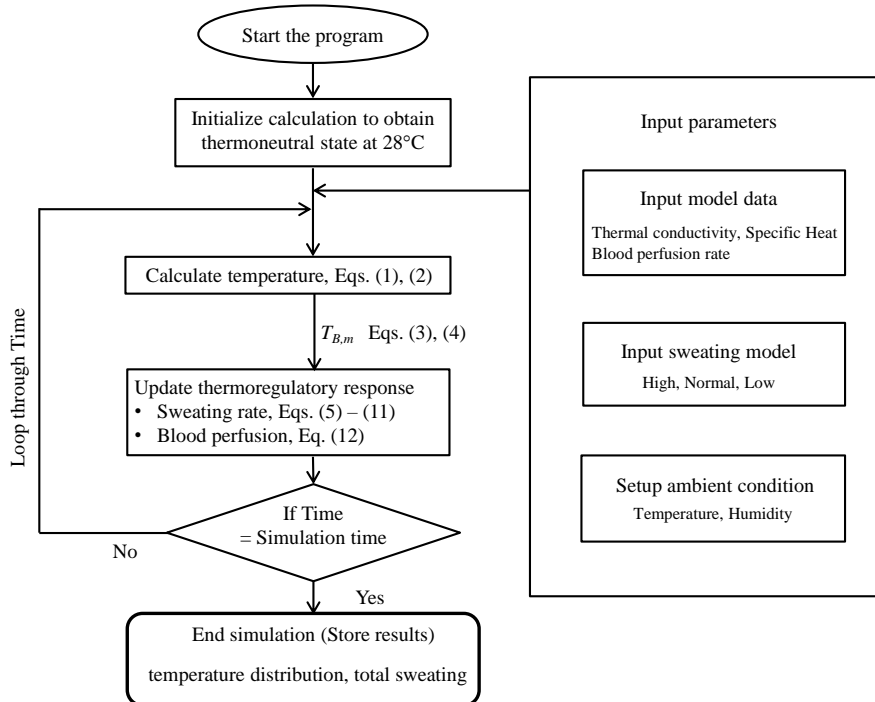


図 1. 体温上昇解析のフローチャート

## 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、始めに温熱中間体（外気温 30 °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

スーパーコンピュータ SX-ACE はベクトル型の計算機であり、1CPU あたり 256GFLOPS という高いベクトル演算性能と、256GB/s という高いメモリバンド幅を有している。解析コードに対して SX-ACE 向け高速化を目的とし、前年度に引き続き、ベクトル化促進のための更なる最適化を行った（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

コードを並列化する際、MPI (Message Passing Interface)を用いて並列化を行った。MPI とは、分散メモリ間のデータ処理分割やデータ転送を担うメッセージパッシングの標準規格であり、コードから呼び出すサブプログラムのライブラリである。MPI を用いて並列化を行った理由として、並列化

手法には、タスク並列用の自動並列化や OpenMP (Open Multi-Processing)、データ並列用の MPI などがある。今回、解析コードを並列化する上で、タスク並列と MPI を併用したハイブリッド MPI、MPI のみを用いたフラット MPI をそれぞれ実装して、実行時間を比較した。その結果、フラット MPI の方が効率よく計算を高速化できたため、フラット MPI を用いた。

温度解析においては、異なる並列プロセス数に対し、並列プロセス数の増加に伴って並列処理効率が顕著に低下することはなく、加速率は上昇した。しかしながら、理論値 64 倍に対して、並列プロセス数が 64 の場合に得られた加速率は、34.6 倍となった。これは主に演算量のインバランスによる並列化率の低下や、ノード間通信時のデータ転送量が増加する際に発生する遅延によるものと考えられる。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、継続的に確認しながら進めている。

電磁界解析コードに対しても MPI を用いて並列化を行った。SX-ACE の性能を十分に発揮するため、電磁界解析においても温度上昇解析と同様にフラット MPI を用いた。更に、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従来コードから 10% の高速化に成功した。本コードでは、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。

#### 4.4. 分解能の影響、ばらつき評価

##### および太陽光の模擬

従来は分解能 2mm のモデルを用いて、3 時間程度の暑熱ばく露を対象に解析をしてきた。しかしながら、高齢者の在宅中に発症する熱中症などを模擬するためには、さらに暑熱ばく露時間を延長する必要がある。また、微細な体温変化まで忠実に再現するために分解能を 1mm とした。また、長時間の暑熱ばく露を模擬できるよう、外気温・湿度の時間変化を考慮し、長期間の暑熱ばく露解析を行った。

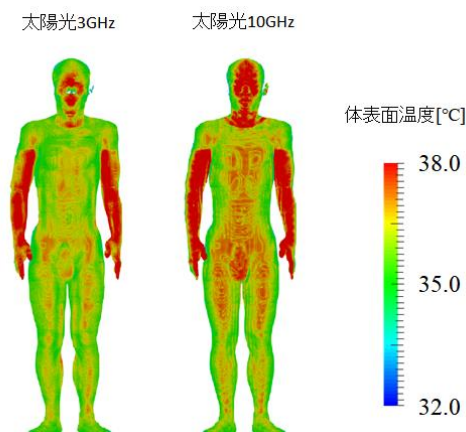


図 2. 太陽光ばく露した際の体表面温度の分布

さらに太陽光ばく露を模擬するため、従来の 2mm の分解能では太陽光を 3GHz としていたが、太陽光の影響をより正確に考慮するために分解能を 1mm とし、並列化、ベクトル化を行ったコードを用い、屋外を想定した暑熱ばく露解析を行った。外気温 28°C、湿度 60% とし、基礎検討として、太陽光は 3GHz、10GHz 平面波とした。図 2 に体表面温度分布を示す。図より、全身平均の体表面温度上昇は、3GHz で 0.72°C、10GHz で 0.88°C となった。それに対し、体内深部温度上昇は 3GHz で 0.28°C、10GHz で 0.22°C となった。これは、周波数が高くなると、電波吸収が皮膚表面に集中するためである。

太陽光の影響を正確に考慮するには少なくとも 0.5mm 以上の分解能が必要であり、今後、更なる検討を進める。

#### 5. 今年度の研究成果の詳細

##### 5.1. 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。

本年度は、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

表 1. 向流係数の値 (温帯生育者)

Part	$h_x$ [W/°C]
Body, Head	0.000
Upper arms	0.700
Lower arms	1.895
Hands	0.600
Upper legs	25.000
Lower legs	33.000
Feet	23.000

装することで、全身の血液温度の細分化を行った。

また、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。成人モデルにおける 3 時間暑熱ばく露の計算時間は 29 秒であった。

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。比較のため、従来の血液計算手法を用いた場合も合わせて示す。なお、従来の計算手法では、血液温度を図 2 に示すように全身を 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/°C] を用いている。これは部位における向流係数であり、表 1 に示す値を用いた。

Dufour らの実験は、90 分間の暑熱ばく露実験である。外気温を初めの 4 分間で 28 °C から 40 °C まで線形に上昇させ、その後 86 分間 40 °C を維持した。なお、湿度は 42% で一定とした。Dufour らの実験の実測値を用いて、パラメータを抽出する。実測値と血液温度計算法変更前後の舌下温度解析値を図 4 に示す。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。これは、血液温度の計算法を変更したことで、四肢に輸送する熱量が変更前より大きくなったため温度上昇値が小さくなったものだと考えられる。また、図 5 から下半身の皮膚温度分布が大きく異なるこ

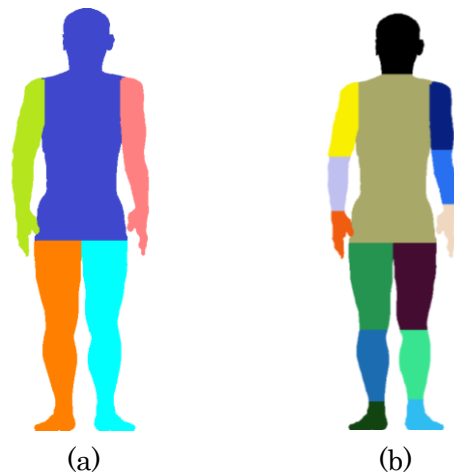


図 3.5 分割モデル(a)と 14 分割モデル(b)の定義

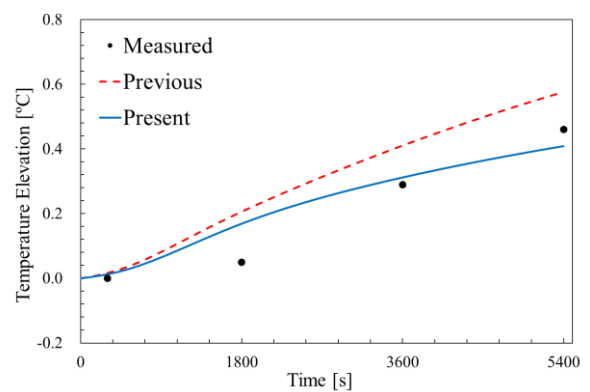


図 4. 舌下温度の時間変化

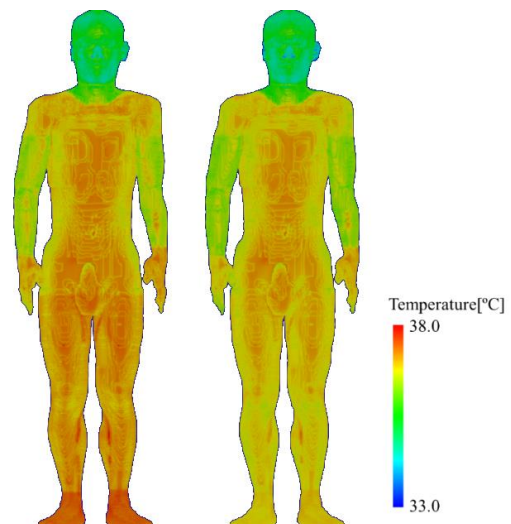
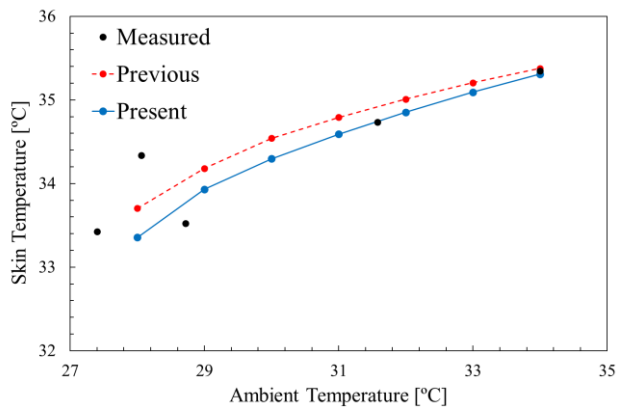
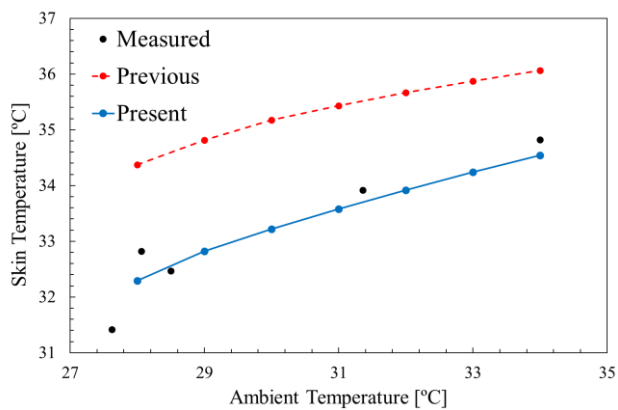


図 5. 体表面温度分布 (左:従来手法, 右:提案手法)

とがわかる。これは、血液温度の計算法を変更したことで、模擬できる血液温度分布モデルを 5 分割から 14 分割にできたためである。従来の計算法では、胴体と四肢の血液温度のみ定義されており、



(a) 手の皮膚温度の変化



(b) 足の皮膚温度の変化

図 6. 外気温による皮膚温度の変化

足全体を同一の血液温度として扱っていた。提案手法では、各部位の血液温度を向流係数によって定義しているため、部位分割数を増やすことができ、より高精度化ができたと考える。

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する。外気温を 28°C から 34°C の範囲の計 7 条件 (1°C 刻み) とし、各暑熱環境下での 60 分後の手・足における皮膚温度を実測値と比較する。なお、湿度は 60% で一定とした。実測値および血液温度計算法変更前後の手と足の皮膚温度の解析値を図 6 にそれぞれ示す。図 6 より、変更前に比べて足の皮膚温度の精度が 2.7% 向上した。従来の計算法では、上腕から手、大腿から足を含めた平均血液温度を用いて手足の皮膚温度を算出していた。しかし、分割数を増やしたことで、血液温度が末端に向かうにつれて下がるという、実際の人体に近

い血液温度分布が模擬できたためだと考える。

## 5.2. 熱帯生育者の長期暑熱順化モデル

前述の通り、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。暑熱順化とは、暑熱による生体への負荷を軽減させる適応変化であり、順化後は順化前と比較してより低い皮膚温度、発汗の早さ、低い心拍数などの特徴が広く認められている。暑熱順化は、長期暑熱順化と短期暑熱順化に分類され、前者は熱帯暑熱環境で生活する人に発生するもので、後者は暑熱環境に繰り返しばく露されることにより発生する。

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。そこで本節では、5.1 節で示した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する。はじめに、マレーシア人 10 人を対象にした 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。解析条件は、外気温 28°C、湿度 50% 一定の環境下で 70 分間の静止状態である。

表 2. 向流係数の値 (熱帯生育者)

Part	$h_x$ [W/°C]
Body, Head	0.000
Upper arms	2.300
Lower arms	6.195
Hands	2.550
Upper legs	55.00
Lower legs	70.70
Feet	110.00

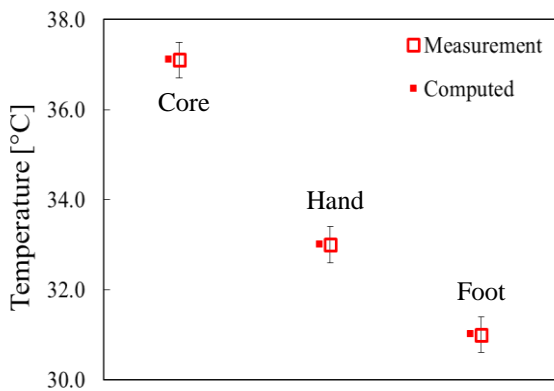


図 7. 体内深部温度と手・足の皮膚平均温度における実測値と計算値の比較

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  $0.3^{\circ}\text{C}$  程度高く、手皮膚温度が  $1.5^{\circ}\text{C}$ 、足の皮膚温度が  $2.0^{\circ}\text{C}$  程度低いと報告されている。そこで、温帯生育者の向流係数  $h_x$  を熱帯生育者の身体的特徴を模擬できるようにパラメータを決定した。決定した部位ごとの  $h_x$  を表 2 に示す。提案した  $h_x$  を適用した場合の体内深部温度、手・足における皮膚温度と Lee らの実測値とを比較した結果を図 7 に示す。なお、エラーバーは実測値を示す。

図より、深部温度・手足の平均皮膚温度に関して実測値はそれぞれ  $37.1^{\circ}\text{C}$ 、 $33.0^{\circ}\text{C}$ 、 $31.0^{\circ}\text{C}$ 、解析結果は  $37.06^{\circ}\text{C}$ 、 $32.95^{\circ}\text{C}$ 、 $31.17^{\circ}\text{C}$  となった。また、温帯生育者が同条件で実験を行った実測値がそれぞれ  $36.8^{\circ}\text{C}$ 、 $34.5^{\circ}\text{C}$ 、 $33.3^{\circ}\text{C}$  であり、温帯生育者と比較して手足の皮膚温度が低い状態を模擬することが可能となった。

### 5.3. データベースの拡充

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。

今年度は、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。

## 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、暑さ慣れする前の真夏日の温熱生理モデル化、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（通年）

年度最終目標であるデータベースの構築に加え、気象データとのより緊密な連携を視野に、準リアルタイム熱中症リスクを目指し、可能な限りの高速化を行った。温度解析における主担当は、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。同時に、平田が生理現象の定式化を改良する。項目①以降も、随時、チューニングを行う。電磁界解析における主担当は、副代表者の柏、田口が中心となって行なった。熱ソルバーについては、従来の計算速度は  $1\text{mm}$  の分解能のモデルを用いた 60 分の解析で 143.4 秒であったが、上記詳細なモデル化を実装したため、298.9 秒に低下したが、その際の実装方法については東北大センターと協力しながら進めた。

### 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 (2018 年 4 月～8 月)

前年度に引き続き、解析の高精度化を行うに従い、随時様々な状況下における解析のパラメータを確認し、これまで報告されている実測例と比較、項目①の有効性を確認する。

今年度は特に、動脈血、静脈血温度をモデル化に取組み、更なる熱解析の高精度化に取り組んだ。申請書に記載したように、7～8 月にかけてマスメディアによる取材対応を行い、暑熱日、ピンポイントの環境を模擬した解析を行うことで、ニーズの抽出および普及啓発に役立てた。

### ③ 日本の気候における暑さ慣れ解析 (2018 年 9 月～継続中)

同じ気温・湿度においても 7 月初旬と 8 月では熱中症リスクが異なることが報告されている。これは、人体の短期暑熱順化によるものである。また、連続した暑熱環境下における発汗量の蓄積を考慮することで、より現実に即した熱中症リスクの低減が可能となる。特に、前日および前々日の気温変化を考慮に入れた長期間の解析を行うことで、より現実に即した暑熱順化を再現することを試みる。成人男性については、パイロットスタディとして発汗モデルの改良を行った。今後、実測値と比較することで有効性の検討を行っていく。また、幼児 (3 歳)、成人女性、妊娠女性、前期高齢者、後期高齢者についても成人男性と同様に、異なる気象環境での解析試算 (湿度 40-85% で 5% 刻み、温度 32-38 度で 0.5 度刻み) を実施する。

### ④ 訪日外国人に対する様々な気象環境における解析試算およびデータベースの構築 (2019 年 1 月～継続中)

今年度は、提案した血液細分化手法を適用し、温帯生育者、熱帯生育者の温度上昇の相違を推定可能な長期暑熱順化モデルを提案した。しかしながら、熱帯地域出身者と温帯地域出身者の温熱反応の比較した報告も数えるほどしかないのが現状であるため、文献値を参考に今後も更なる高精度化、有用性の検討を引き続き行っていく。

また、冷帯、寒帯地域における研究機関では、サウナなどの特殊な状況を除き、暑熱負荷に対する体温変化、発汗などを調査、検討した報告はほとんどない。そこで、文献等の調査を進め、最終的には、冷帯、温帯、熱帯出身者の暑熱順化モデルの確立を目指す。

## 7. 研究成果リスト

### (1) 学術論文

a) 平田 晃正, 長谷川 一馬, 小寺 紗千子, Ilkka Laakso, 江川 隆輔, 堀江 祐圭, 矢崎 菜名子, 田口 健治, 柏 達也, “複合物理解析に基づく熱中症リスク評価と応用”電気学会論文誌(A), vol.138, no.6, pp.288-294, 2018.

b) T. Kamiya, K. Hasegawa, S. Kodera, R. Egawa, H. Sasaki, A. Hirata, “Different Thermoregulatory Responses of People from Tropical and Temperate Zones: A Computational Study” Building and Environment (条件付き採録)

### (2) 国際会議プロシーディングス

該当なし

### (3) 国際会議発表

該当なし

### (4) 国内会議発表

a) 長谷川一馬, 齋藤友真, 平田晃正, “物理解析を用いた熱中症搬送人員数予測に関する検討,” 電子情報通信学会総合大会 C-15-2, March 2018.

b) 神谷俊樹, ゴメスタメスホセ, 小寺紗千子, 平田晃正, “動脈および静脈温度を考慮した体内温度解析手法の開発,” 信学技報, EST2018-40, Jul. 2018.

c) 長谷川一馬, 神谷俊樹, 小寺紗千子, 平田晃正, “ヒトの暑熱順化に関する温熱生理応答モデルのモデル化と体温上昇解析への応用,” 信学技報, EST2018-44, Sep. 2018.

d) 長谷川一馬, 小寺紗千子, 平田晃正, 江川隆輔,



“物理解析に基づく熱中症搬送人員数予測における地域のばらつきに関する検討,” 電子情報通信学会総合大会 C-15-19, Sep. 2018.

e) 神谷俊樹, 村田幸栄, 西村卓, 平田晃正, “物理解析の機械学習による熱中症搬送人員数予測,” 電子情報通信学会総合大会 C-15-13, March 2019.

#### (5) その他 (特許, プレス発表, 著書等)

##### <受賞>

長谷川一馬, エレクトロニクスソサイエティ学生奨励賞 電磁波理論およびマイクロ波分野 受賞, 2018.9.

##### <プレス発表>

- A) テレビ朝日 (スーパーJチャンネル) 熱中症セルフチェック, 2018 年 4 月 21 日 (全国): システム紹介
- B) テレビ朝日 (サンデーステーション) 暑熱順化と熱中症リスクについて, 2018 年 4 月 22 日 (全国): 資料提供
- C) TBS (あさチャン!) 暑熱順化と熱中症リスク, 2018 年 5 月 15 日 (全国): 資料提供
- D) TBS (N スタ!) 暑熱順化と熱中症リスク, 2018 年 5 月 15 日 (全国): 資料提供
- E) 毎日放送 (ちちんぷいぷい) 訪日外国人の熱中症リスク, 2018 年 6 月 5 日 (関西地区他)
- F) NHK (ニュース シブ 5 時) 熱中症セルフチェック, 2018 年 6 月 13 日 (全国): システム紹介
- G) 仙台放送 (プライムニュース) 暑熱順化と熱中症リスク, 2018 年 6 月 22 日 (宮城県)
- H) CBC/TBS (ゴゴスマ) 暑熱順化と高齢者の熱中症リスク, 2018 年 6 月 26 日 (全国): 資料提供
- I) CBC/TBS (ゴゴスマ) 暑熱順化と熱中症リスク, 2018 年 6 月 29 日 (全国): 資料提供
- J) 毎日放送 (VOICE) 訪日外国人の熱中症リスク, 2018 年 6 月 5 日 (関西地区他)
- K) 名古屋テレビ (ドデスカ!) 梅雨明けの熱中症, 2018 年 7 月 12 日 (東海)

- L) 名古屋テレビ (デルサタ 1 1) 梅雨明けの熱中症, 2018 年 7 月 14 日 (東海)
- M) テレビ朝日 (羽鳥慎一モーニングショー) 外国人の熱中症リスクについて, 2018 年 7 月 17 日 (全国): 音声
- N) CBC (イッポウ) 子供の熱中症, 2018 年 7 月 18 日 (東海地区): 音声
- O) 仙台放送 (プライムニュース) 子供の熱中症リスク, 2018 年 7 月 18 日 (宮城県): 成果、コメント引用
- P) CBC/TBS (ゴゴスマ) 暑熱順化と高齢者の熱中症リスク, 2018 年 7 月 19 日 (全国): 資料提供
- Q) NHK (まるっと) 高齢者の熱中症, 2017 年 7 月 24 日 (東海)
- R) 中京テレビ (ストライク!) 東京五輪における熱中症, 2018 年 7 月 30 日 (東海)
- S) NHK 静岡 (たっぷり静岡) 熱中症の対策について, 2018 年 8 月 3 日 (静岡)
- T) チーム森田の天気で斬る (ウェザーマップ), 暑熱順化前の熱中症リスク, 2018 年 6 月 27 日
- U) JST サイエンスクリップ, 熱中症は暑さに慣れる前が特に危険! コンピューターモデルでリスク予測に成功, 2018 年 7 月 5 日
- V) エキレビ!, 訪日外国人の 4 人に 3 人が熱中症にかかる衝撃の事実、日本気象協会が実施する和傘レンタルについて聞いた, 2018 年 7 月 10 日
- W) J-CAST ニュース, 暑い国ブラジル、メキシコから来た観光客もネを上げるニッポンの猛暑 2 年後の東京五輪が心配だ, 2018 年 7 月 17 日
- X) 朝日新聞 2018 年 6 月 4 日 2 面, 気温急上昇 熱中症に注意 名工大など調査 慣れぬ暑さにリスク
- Y) 朝日新聞 (大阪) 2018 年 6 月 4 日 5 面, 夏の前でも熱中症ご注意 急な気温上昇体慣れず
- Z) 日刊工業新聞 2018 年 6 月 4 日 5 面, 次世代 BUSINESS 防災=「熱中症ゼロへ」プロジェクト 予報技術核に情報発信
- AA) 中日新聞 2018 年 6 月 7 日 1 面, 暑さ慣れぬ

体、熱中症リスク 名工大チーム「低気温でも警戒を」

BB) 読売新聞 2018 年 7 月 29 日 26 面 (サイエンス view), 五輪 敵は猛暑 2020 年へ熱中症対策強化