

## N0. D04 乳児の季節別着衣の着衣熱抵抗に関する研究

蔵澄研究室（建築・住居分野） A18AB015 今泉花菜 A18AB052 酒井美玖 A18AB104 羽切萌

### 1. はじめに

温熱環境の計画や設計をする場合には、その空間に相応した設計基準値が必要となる。温熱環境の設計基準値は温熱環境刺激に該当する物理的要因とそれに対する人体反応との関連付けをおこなった数値であることが不可欠である。物理的な要因は多くあるが、通常は、体感温度を考慮した人体の熱収支より導かれる温熱環境評価指標を環境刺激の代表値として用いている。これら代表値の構成要素の多くは裸体を対象にしている。しかし、現実の空間では衣服を着用した状態であるので、着衣を対象とした研究が必要である。

温熱環境評価指標を代表値として環境の設計や評価をするにしても、被験者実験により温熱環境評価指標を構成している人体の係数値や被験者実験が必要となる。しかし、特定の群に対しては、倫理的に被験者実験をおこなうことができないこともある。その際には、人体熱モデルとなるサーマルマネキンが有用な実験手段となる。サーマルマネキンの制御には、表面温一定や発熱量一定、熱収支による方法がある。

人体の熱収支を考える場合には、裸体を基準として衣服の熱的な効果を着衣熱伝達係数として取扱っている。通常、着衣は人体と周囲環境との間の断熱層となり、着衣熱抵抗として取扱われている。この着衣熱抵抗は、着衣外表面と皮膚表面との間に存在する空気層の熱抵抗も含めている。必然的に、体表面どうしが接触する部分や体表面と椅子面・床面などが接触する姿勢では、圧迫による衣服内空間の空気層が非接触面とは大きく異なるので、着衣熱抵抗も姿勢別に把握することが要求される。花田[1,2]や Olesen et al. [3]、西村ら[4]、大和ら[5,6]、蔵澄ら[7]は姿勢が異なると着衣熱抵抗にも違いが生じることを明確にしている。そして、蔵澄ら[8,9,10]は、物理的な温熱環境刺激が同一でも、姿勢が異なると温熱環境評価指標の数値が異なることを明確にしている。着衣熱抵抗は、皮膚表面よりも着衣表面の伝熱面積が大きくなる影響と、着衣の組み合わせや着衣の折りや重なりといった着装の違いなどの影響、その着装の違いが及ぼす皮膚面と着衣との間に生じる空気層の影響を受ける。したがって、滞在する空間での姿勢を想定して、着衣熱抵抗を示すことが必要となる。

温熱環境を評価する度に着衣熱抵抗を測定することは困難である。したがって、典型的な着衣熱抵抗の算出式が

提案されている[11,12,13]。

しかし、従前の着衣熱抵抗の研究では、成人を対象としたもので、乳児を対象とした研究は極めて少ない。乳児の身体は暑熱環境では温まりやすく、寒冷環境では冷えやすいという特徴を持っている[14]。健康者や成人と比べて、乳児は、環境から受ける熱的な適応力が低い。夏季の屋外環境は、体温調節の観点からは厳しい環境条件となり、温熱環境に対する防御対策が必要と考えられる。乳児には、成人とは異なった熱的な影響を考慮することが不可欠であり、よりいっそうの配慮が必要である。

乳児を対象とした熱収支に基づいた温熱環境に関する被験者実験は倫理的におこなうことができない。したがって、乳児に対する温熱環境の検討には、乳児の人体係数値を明らかにし、人体熱モデルを用いた実験やシミュレーションが考えられる。この観点から、Kurazumi et al. [15]は、伝熱面積を根拠とした乳児のサーマルマネキンを開発している。乳児サーマルマネキンの熱収支による制御においては、人体係数値の蓄積が不可欠である。しかし、未だ、充分な解析と対応策が見いだされていない。

乳児の伝熱面積に着目すると、基準となる乳児人体の体表面積、日射投射面積率、着衣面積増加率が実測されている。乳児の着衣熱抵抗に着目すると、深沢ら[16]により実測された程度で、乳児の温熱環境を検討するには極めて不十分といえる。特に、乳児の着衣熱抵抗については、充分な研究の蓄積がされているとはいえない。したがって、乳児の基礎データが欠如している状態では、着衣熱抵抗を実測により明らかにすることが不可欠となる。

人体の温熱環境の評価に人体の熱収支が組み込まれているが、サーマルマネキンを用いた乳児の温熱環境の評価や乳児人体の熱収支に基づいたサーマルマネキンの制御には、着衣熱抵抗が不可欠な制御要素の一つとなっている。そこで、本研究では乳児の着衣熱抵抗を明らかにすることを目的とした。

### 2. 実験計画

典型的な季節の着衣の組み合わせに応じた乳児の着衣熱抵抗を実測により明らかにする実験をおこなった。着衣熱抵抗は、着衣熱抵抗は Seppanenn et al. [17]の理論に基づいた蔵澄ら[7]の算出方法にて算定した。

実験は図1に示す環境実験室を用いておこなった。環境実験室はコンベンショナル式の空調機が設置しており、壁面から吸排気がおこなわれる。壁表面温が気温と等しい平

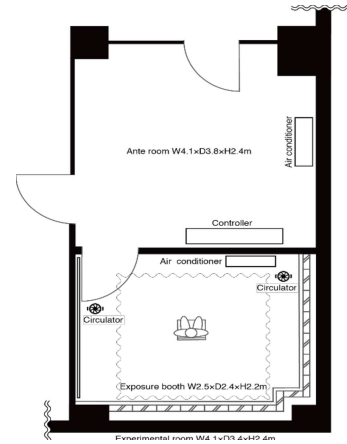


図1 実験室平面図

均放射温度が気温と均質な温熱環境条件となるように、壁と天井には薄手のカーテンが設置されている。

実測の対象は健康な乳児とすべきであるが、倫理的に実測をおこなうことができない。

そこで、実験は、着衣面積増加率の実測で用いられた乳児人体モデルの Nurse Training Baby[18]を模擬して開発された Kurazumi et al. [15]の乳児サーマルマネキンを用いておこなった。

本研究で用いた乳児人体モデル[15]の身長は 50-60cm 程度である。厚生労働省の乳児の発育調査[20]より、月齢で 1-2 箇月程度の 50%パーセンタイル値データを抽出すると、身長は 55.6cm で体重は 4.79kg となる。この身長と体重のデータより算定された体表面積[20,21]と実測された Kurazumi et al. [15]の乳児サーマルマネキンの体表面積を比較して、乳児のサーマルマネキンとしての妥当性が明らかにされている。実験に用いた着衣は、着衣面積増加率の測定と同じ典型的な季節の着衣の組み合わせとした。

季節別の乳児の着衣の組み合わせを図2-4に示す。そして、季節別着衣の特性を表1-3に示す。乳児サーマルマネキンへの衣服の着装には、表面にしわによる折れや重なりが偏って分布しないように十分に留意した。乳児サーマルマネキンを設定姿勢に移動させる際に発生する着衣のしわや折れ、重なりなどは成り行きとした。

実験は、図5.6に示す姿勢にておこなった。設定姿勢は、着衣面積増加率の実測と同じ姿勢とした。乳児サーマルマネキン[15]と乳児人体モデル[18]が形状と伝熱



図2 夏の着衣



図3 春秋の着衣



図4 冬の着衣

面積の観点より同一と見做せると検証されている[15]。したがって、着衣熱抵抗の算出に不可欠な着衣面積増加率は、典型的な季節の着衣の組み合わせに応じた

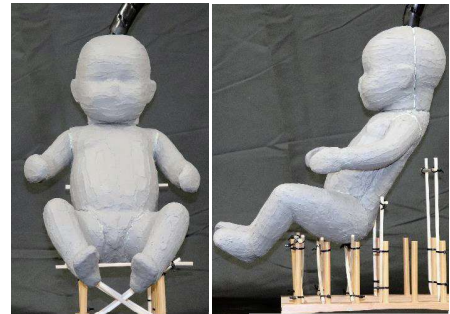


図5 姿勢正面

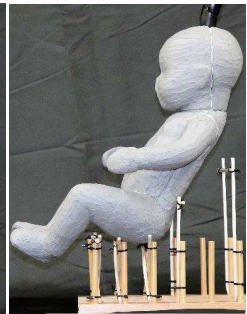


図6 姿勢真横

| 説明          | 詳細             | 素材 (%)  | 重さ (g) | 備考                        |
|-------------|----------------|---------|--------|---------------------------|
| (夏)         |                |         |        |                           |
| おむつ         |                |         | 25     | Pampers swaddlers, 0-3 ヶ月 |
| 肌着          | 袖なしロンパース       | 綿 (100) | 31     | miki house, 0-3 ヶ月, 60cm  |
| ショートオーバーオール | 半袖 T シャツとロンパース | 綿 (100) | 73     | miki house, 0-3 ヶ月, 60cm  |

| 説明           | 詳細      | 素材 (%)     | 重さ (g) | 備考                          |
|--------------|---------|------------|--------|-----------------------------|
| (春秋)         |         |            |        |                             |
| おむつ          |         |            | 25     | Pampers swaddlers, 0-3 ヶ月   |
| 肌着           | 半袖ロンパース | 綿 (100)    | 43     | miki house, 0-3 ヶ月, 60cm    |
| ツーウェイオーバーオール | 長袖ロンパース | 綿 (100)    | 92     | miki house, 0-3 ヶ月, 50-60cm |
| 靴下           |         | 綿 (83)     | 13     | miki house, 0-3 ヶ月, 9-10cm  |
|              |         | ナイロン (16)  |        |                             |
|              |         | ポリウレタン (1) |        |                             |

| 説明           | 詳細      | 素材 (%)            | 重さ (g) | 備考                          |
|--------------|---------|-------------------|--------|-----------------------------|
| (冬)          |         |                   |        |                             |
| おむつ          |         |                   | 25     | Pampers swaddlers, 0-3 ヶ月   |
| 肌着           | 長袖ロンパース | 綿 (100)           | 48     | miki house, 0-3 ヶ月, 60cm    |
| ツーウェイオーバーオール | 長袖ロンパース | 綿 (100)           | 133    | miki house, 0-3 ヶ月, 50-60cm |
| オーバーオール      | 長袖ロンパース | 前面生地：ポリエステル (100) | 431    | miki house, 0-3 ヶ月, 60-80cm |
|              |         | 後面生地: 綿 (100)     |        |                             |
| 靴下           |         | アクリル (75)         | 19     | miki house, 0-3 ヶ月, 9-10cm  |
|              |         | ポリエステル (18)       |        |                             |
|              |         | ナイロン (5)          |        |                             |
|              |         | ポリウレタン (2)        |        |                             |

乳児の着衣面積増加率を用いることが可能と考えられる。

姿勢の維持には、曝露空間の床面から 0.9m の位置に、乳児サーマルマネキンの表面どうしの接触を除き、全ての表面を気流に開放できるように、通気性のよい 5mm 程度の竹材で支持架台を組んだ木製の架台に直接姿勢をとった。支持架台は熱容量が小さく、乳児サーマルマネキンに接触する部分が少ないので、サーマルマネキンの表面は大気に開放されていると見做した。

蔵澄ら[7] は、着衣熱抵抗は姿勢や気温の影響を受けることを明確にしている。本研究は、典型的な乳児の着衣熱

抵抗を明らかにする探索的で基礎的なものと位置付けている。設定温熱環境条件は気温が 20℃と 22℃、24℃の 3 段階の周囲壁の表面温と気温が等しい平均放射温度が気温と同一となる均質な温熱環境条件とした。いずれの条件とも風速 (0.2m/s 以下の静穏な気流) と相対湿度 (50%RH) は一定とした。温熱環境条件として気温と湿度、鉛直方向の気温分布、風速、室内構成各面の表面温度を測定した。気温と湿度はアスマン通風乾湿度計、風速は無指向性の熱球式風速計、鉛直方向の気温分布と室内構成各面の表面温度とは 0.2mm φ T 型熱電対で測定間隔 5 秒にて測定した。なお鉛直方向の気温分布は床表面から 0.0、0.1、

0.3、0.6、0.9、1.2、1.5、1.7、2.0、2.2m の高さで測定した。

乳児サーマルマネキン側の条件として、乳児サーマルマネキンの表面温度と熱損失量を測定した。表面温度と熱損失量は消費電力量を測定間隔 5 秒にて測定した。曝露空間が定常状態となるように、2 時間以上設定温熱環境を維持した。その後に、サーマルマネキンが定常状態となるように、1 時間以上表面温度が一定となるように電力量を制御した。ISO 9920[13] は、着衣量の実験条件として、サーマルマネキンの平均皮膚温は 32 ～ 34℃としている。樋谷、登倉[22] は、大人と比較して乳児の皮膚温は高いとしている。大人と比較して乳児の皮膚の厚さは 1/2-1/3 であり、皮膚の薄い乳児の皮膚温は高くなる。そこで、乳児サーマルマネキンの表面温度は 34℃とした。乳児サーマルマネキンと周囲環境との間に熱平衡が成立し、設定温熱環境条件と乳児サーマルマネキンからの熱損失が定常状態であることを確認した後、乳児サーマルマネキンを設定温熱環境条件下に 70 分間曝露した。実験開始後 5 分以降から終了前 5 分までの 60 分のデータを解析の対象とした。

本研究では、有意確率を 5% として考察をした。なお、統計解析には JMP14.3 (SAS Institute Japan) を用いた。

### 3. 実測結果および考察

温熱環境条件の測定結果より各実験条件中の気温は 0.2℃程度の偏差があるが、±0.1℃の範囲内で制御された。相対湿度は 8%程度の偏差があるが、±1.5%の範囲内で制御された。周囲壁面の表面温度は、床表面温度が 1℃程度の偏差があるが、気温とほぼ同一であった。乳児の形態係数が明らかにされていないので、正確な平均放射温度を求めることはできないが、面積重みの平均放射温度はほぼ気温と同一となっていた。気温と床・天井表面温を含めた垂直方向の気温分布を図 7 に示す。

気温の較差は 1℃程度の範囲内であった。風速については実験を通じて 0.2m/s 以下であった。各実験中の温熱環境は設定条件をほぼ満足していた。ISO 9920 [13] は、着衣量の実験条件として、気温と平均放射温度の差が 5℃以内、気流速度が静穏な気流、相対湿度が実験中に変動がなく 10-70 % となっている。したがって、本実験結果より着衣熱抵抗を算出することの妥当性が検証されたといえる。裸体時の熱抵抗  $I_{a}$  と着衣時の熱抵抗  $I_{t}$ 、着衣熱抵抗  $I_{cl}$  を図 8 に示す。

裸体時の熱抵抗  $I_{a}$  は、作用温度が 20.14℃のときは 0.51 clo であった。22.12℃のときは 0.50 clo であった。24.16℃のときは 0.51 clo であった。作用温度による大きな較差は認められなかった。Kurazumi et al. [7] は、作用

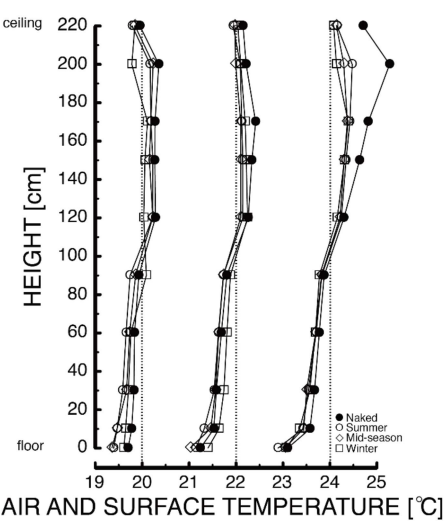


図 7 実験室内の空気温度垂直分布

温度が高くなるとサーマルマネキンの表面温度との差が小さくなり、自然対流の駆動力が小さくなる影響があるとされている。すなわち、自然対流の駆動力が小さくなると、サーマルマネキン表面を沿う上昇気流の流れが遅くなり、温度境界層が厚くなることが影響するとしている。しかし、本研究の温度範囲では、裸体時の熱抵抗に温度依存性は認められない結果となっている。回帰式の回帰係数の有意性を ANOVA により検定した結果 (p=0.73) は p>0.05 となり、回帰式の傾きは有効ではないと判断できた。したがって、裸体の熱抵抗は平均値の 0.51 clo で表現できる。

着衣時の熱抵抗  $I_{t}$  は、夏季の着衣の作用温度が 20.01℃のときは 0.72 clo であった。22.06℃のときは 0.71 clo であった。24.14℃のときは 0.73 clo であった。作用温度による大きな較差は認められなかった。裸体時の場合と同様に、着衣時の熱抵抗に温度依存性は認められない結果となっている。回帰式の回帰係数の有意性を ANOVA により検定した結果 (p=0.42) は p>0.05 となり、回帰式の傾きは有効ではないと判断できた。したがって、着衣時の熱抵抗値は平均値の 0.72 clo で表現できる。中間期の着衣の作用温度が 20.10℃のときは 0.92 clo であった。22.04℃のときは 0.92 clo であった。24.13℃のときは 0.92 clo であった。作用温度による大きな較差は認められなかった。裸体時の場合と同様に、着衣時の熱抵抗に温度依存性は認められない結果となっている。回帰式の回帰係数の有意性を ANOVA により検定した結果 (p=0.35) は

$p>0.05$  となり、回帰式の傾きは有効ではないと判断できた。したがって、着衣時の熱抵抗は平均値の  $0.92 \text{ clo}$  で表現できる。冬季の着衣の作用温度が  $19.98^\circ\text{C}$  のときは  $1.28 \text{ clo}$  であった。 $22.13^\circ\text{C}$  のときは  $1.32 \text{ clo}$  であった。 $24.15^\circ\text{C}$  のときは  $1.26 \text{ clo}$  であった。作用温度による大きな較差は認められなかった。裸体時の場合と同様に、着衣時の熱抵抗に温度依存性は認められない結果となっている。回帰式の回帰係数の有意性を ANOVA により検定した結果 ( $p=0.80$ ) は  $p>0.05$  となり、回帰式の傾きは有効ではないと判断できた。したがって、着衣時の熱抵抗は平均値の  $1.29 \text{ clo}$  で表現できる。

着衣熱抵抗  $I_{cl}$  は、夏季の着衣の作用温度が  $20.07^\circ\text{C}$  のときは  $0.30 \text{ clo}$  であった。 $22.09^\circ\text{C}$  のときは  $0.30 \text{ clo}$  であった。 $24.15^\circ\text{C}$  のときは  $0.31 \text{ clo}$  であった。作用温度による大きな較差は認められなかった。中間期の着衣の作用温度が  $20.12^\circ\text{C}$  のときは  $0.57 \text{ clo}$  であった。 $22.08^\circ\text{C}$  のときは  $0.57 \text{ clo}$  であった。 $24.14^\circ\text{C}$  のときは  $0.56 \text{ clo}$  であった。作用温度による大きな較差は認められなかった。冬季の着衣の作用温度が  $20.06^\circ\text{C}$  のときは  $1.12 \text{ clo}$  であった。 $22.12^\circ\text{C}$  のときは  $1.05 \text{ clo}$  であった。 $24.15^\circ\text{C}$  のときは  $0.99 \text{ clo}$  であった。作用温度による大きな較差は認められなかった。いずれの着衣条件とも、温度依存性は認められない結果となっている。着衣熱抵抗  $I_{cl}$  の回帰式の回帰係数の有意性を ANOVA により検定した結果は、夏季の着衣が  $p=0.37$ 、中間期の着衣が  $p=0.22$ 、冬季の着衣が  $p=0.79$  となり、いずれも  $p>0.05$  となり、回帰式の傾きは有効ではないと判断できた。したがって、着衣熱抵抗  $I_{cl}$  は、夏季の着衣が  $0.30$ 、中間期の着衣が  $0.57$ 、冬季の着衣が  $1.02$  となった。

サーマルマネキンを用いた着衣熱抵抗の実験は、着衣外表面の表面温度を正確に求め、着衣外表面の表面温度が裸体表面の表面温度よりも低いことを考慮する必要がある。しかし、本研究の範囲では、裸体表面熱抵抗と着衣外表面熱抵抗との違いを正確には把握できない。サーマルマネキンを用いた実験にて、物理的な着衣熱抵抗の真値を求めるには、着衣外表面の温度を正確に求めることが不可欠である。しかし、本研究では、熱的な環境条件は全く同一のために、裸体表面熱抵抗と着衣外表面熱抵抗との違いを検討しなくても、着衣熱抵抗  $I_{cl}$  の相対的な比較をすることにより、一定の範囲内で着衣の差を検討することが可能であると判断した。

月齢 0–12 箇月の乳児の着衣熱抵抗  $I_{cl}$  を実験により明らかにしたものは、月齢が 6–12 箇月程度の乳児を対象とした深沢ら [16] の立位姿勢のサーマルマネキンを用い

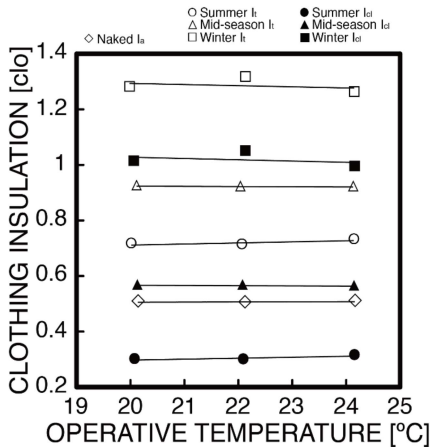


図8 着衣熱抵抗

た研究がある。夏季の半袖とTシャツ、半ズボン、おむつの組み合わせの着衣熱抵抗  $I_{cl}$  は  $0.46 \text{ clo}$  となっている。中間期のアンダーシャツと靴下、スウェットシャツ、ズボン、おむつの組み合わせの着衣熱抵抗  $I_{cl}$  は  $0.52 \text{ clo}$  となっている。冬季のアンダーシャツと靴下、長袖シャツ、ベスト、上着、ズボン、おむつの組み合わせの着衣熱抵抗  $I_{cl}$  は  $2.22 \text{ clo}$  となっている。深沢ら [16] は調査地域に応じた着衣の組み合わせで実験を計画したが、過剰な着衣状態であったと考察をしている。

本研究の乳児の着衣熱抵抗  $I_{cl}$  は、深沢ら [16] の夏季と中間期の着衣熱抵抗  $I_{cl}$  との差は大きくないが、冬季の着衣では顕著な差が認められる。本研究の冬季の着衣の組み合わせと比較して、深沢ら [16] の冬季の着衣の組み合わせは、上着が1枚程度多い組み合わせとなっている。深沢ら [16] の研究で用いた着衣の着衣面積増加率  $f_{cl}$  が顕著に小さくなっている影響があると考えられる。加えて、姿勢の違いや着衣のフィット度合いの影響があると考えられる。大人を対象とした Olesen et al. [3] や西村ら [4] は、椅座姿勢の着衣熱抵抗  $I_{cl}$  は立位姿勢の着衣熱抵抗  $I_{cl}$  と比較して 15%程度低くなくとしている。また、同様に大人を対象とした蔵澄ら [7] は、その減少率が 28%程度となすとしている。すなわち、着衣の素材の違いや着衣の組み合わせの違いもあるが、姿勢の影響が顕著にあると推察される。したがって、温熱環境の設計や評価をする場合には、姿勢の違いを考慮して着衣条件を検討し、着衣熱抵抗  $I_{cl}$  を定めることが不可欠であるといえる。通常、乳児の着衣は若干大きめでゆとり量の多い組み合わせとなると考えられる。本研究で求めた季節別の着衣は乳児の温

熱環境などを検討する際の有用なデータといえる。

#### 4. おわりに

乳児の典型的な着衣の組み合わせの着衣熱抵抗  $I_{cl}$  を明らかにすることを目的として、夏季と中間期、冬季の着衣を対象に、乳児サーマルマネキンを用いた方法により着衣熱抵抗  $I_{cl}$  を求める実測をおこなった。各季節の典型的な着衣の組み合わせの着衣熱抵抗  $I_{cl}$  は、夏季の着衣が  $0.30 \text{ clo}$ 、中間期の着衣が  $0.57 \text{ clo}$ 、冬季の着衣が  $1.02 \text{ clo}$  となった。温熱環境の設計や評価をする場合には、姿勢の違いを考慮して着衣条件を検討し、着衣熱抵抗  $I_{cl}$  を定めることが不可欠であることを明確にした。乳児の温熱環境の設計や評価をする場合には、乳児のデータを用いて検討することが不可欠といえる。

#### 参考文献

- [1] 花田嘉代子 (1979a) 着衣局所別熱抵抗に関する研究 (第一報), -スポーツウェアについて-, 日本繊維製品消費科学会誌, 20 (7), 273–279.
- [2] 花田嘉代子 (1979b) 着衣の局所別熱抵抗に関する研究 (第二報), -ワンピースウェアについて-, 日本繊維製品消費科学会誌, 20 (8), 305–310.
- [3] Olesen, B.W., Silwinska, E., Madsen, T.L., Fanger, P.O. (1982) Effect of body posture and activity on the thermal insulation of clothing ; Measurements by a movable thermal manikin. ASHRAE Transactions, 88 (2), 791–805.
- [4] 西村美加, 田辺新一, 長谷部ヤエ (1994b) 姿勢による着衣熱抵抗の変化, The Annals of Physiological
- [5] 大和義昭, 蔵澄美仁, 橋田美奈, 鳥居孝行, 松原斎樹 (2003) 姿勢の違いと着衣熱抵抗に関する研究. 人間と生活環境, 10 (2), 108–116.
- [6] 大和義昭, 蔵澄美仁, 石井仁, 深川健太, 飛田国人, 松原斎樹, 柴田祥江 (2010) 着衣のゆとりの違いが着衣熱抵抗に及ぼす影響. 一女性用の着衣についての実測研究一. 日本繊維製品消費科学会誌, 51 (4), 281–292.
- [7] 蔵澄美仁, 堀口明子, 坂本英彦, 松原斎樹 (2006) 姿勢が着衣熱抵抗に及ぼす影響に関する研究. 日本建築学会環境系論文集, 605, 63–70.
- [8] 蔵澄美仁, 松原斎樹, 鳴海大典, 長野和雄, 土川忠浩, 堀越哲夫 (1998) 姿勢の違いが体感温度に与える影響に関する研究. 日本生気象学会雑誌, 35 (1), 35–44.
- [9] 蔵澄美仁, 松原斎樹, 長井秀樹, 古川倫子, 藤原三和子, 上麻美, 植木弥生, 山本志津恵 (1999a) 温熱環境評価と熱伝

導に関する研究. 空気調和・衛生工学会論文集, 72, 25–36.

[10] 蔵澄美仁, 松原斎樹, 植木弥生, 上麻美, 長井秀樹, 山本志津恵, 古川倫子, 藤原三和子 (1999b) 床加温環境における姿勢の違いが人体へ及ぼす影響. 日本生気象学会雑誌, 36 (1), 3–19.

[11] ASHRAE (2017) 2017 ASHRAE Handbook Fundamentals, Chapter 8 Thermal Comfort. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, US.

[12] Olesen, B.W. (1985) A new simpler method for estimating the thermal insulation of a clothing ensemble. ASHRAE Transactions, 91 (2), 478–492.

[13] ISO (2007) ISO 9920:2007 Ergonomics of thermal environment—Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

[14] 入来正躬 (1995) 体温調節のしくみ. 文光堂, 東京, 日本.

[15] Kurazumi, Y., Sakoi, T., Yamashita, K., Fukagawa, K., Kondo, E., Tsuchikawa, T. (2019) Thermal manikin of infant. Engineering, 11 (11), 735–754.

[16] 深沢太香子, 池田幸世, 金聖淑, 枌原裕 (2009) 九州地域における乳幼児着衣状態の季節変動とその衣服熱抵抗. 日本家政学会誌, 60 (7), 635–643.

[17] Seppanen, O., McNall, P.E., Munson, D.M. (1972) Thermal insulating for typical indoor clothing ensembles. ASHRAE Transactions, 78 (1), 120–130.

[18] Nihon 3B Scientific Inc. (2021) Nurse Training Baby, Asian Body Care Model male, W17002. <https://www.3bs.jp/simulator/child/w17002-w17003.htm>

[19] 厚生労働省 (2021) 乳幼児身体発育調査 <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/73-22-01.pdf>

[20] 大谷國吉 (1907) 日本小児ノ體表面積測定. 東京醫學會雑誌, 21, 89–117.

[21] Klein, A.D., Scammon, R.E. (1930) The regional growth in surface area of the human body in prenatal life. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 27, 463–466.

[22] 樋谷陽子, 登倉尋実 (1979) 乳児の体温と皮膚温の日周リズム. 家政学雑誌, 30 (6), 568–570