

平成 27 年度修士論文

椅子が人体に与える熱的影響に関する実験およびシミュレーション

首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 建築学域

14886411 北澤 賢

指導教授 永田 明寛

目次	
第一章 序論	1
1.1 研究背景	2
1.2 研究目的	
第2章「着座時における腰部、大腿部の熱伝達率」	3
2.1 実験概要	4～5
2.2 サーマルマネキン実験	7
2.2.1 プレ実験	
2.2.2 実験概要	8
2.2.3 実験方法	
2.2.4 測定点	9～10
2.2.5 実験結果	11～16
2.2.6 実験結果（腰部）	17～19
2.2 サーマルマネキン実験のまとめと考察	20
2.3 被験者実験	21
2.3.1 実験概要	
2.3.2 実験方法	
2.3.3 実験結果（腰部）	22～30
2.3.4 実験結果（大腿部）	31～39
2.3.5 被験者の比較	40
2.3.6 被験者平均	41
2.3 被験者実験のまとめと考察	42
第2章結論	43
第3章「模擬臀部による熱コンダクタンスの測定」	44
3.1 臀部、大腿部の測定について	45
3.2 模擬臀部実験	46
3.2.1 椅子の種類	
3.2.2 模擬臀部Ⅱ概要	47～48
3.2.3 実験概要	49
3.2.4 座圧分布測定	
3.2.5 接触部の熱コンダクタンス測定	50
3.2.6 大腿部、臀部の熱的影響	51～53
3.2.7 模擬臀部Ⅱまとめ	54
3.3 模擬臀部Ⅲ	55～56

3.3.1 座面接触面積測定	57
3.3.2 熱コンダクタンス、表面温度測定	58～59
3.3.3 被験者実験との比較	60
3.4 まとめと課題	61
第4章 「CFDによる解析」	62
4.1 モデルの作成	63～65
4.2 CFDによる解析	66
4.3 解析概要	67
4.4 椅子の大腿部、臀部への熱的影響	68～79
4.5 椅子の熱抵抗値	80
4.6 65MNモデルによる人体の放熱量の算出	81
4.6.1 65MNモデル概要	82
4.6.2 65MNモデルでの計算結果	83～91
4.6.3 CFD解析（65MNモデル発熱量適用）	92～104
4.6.4 椅子毎のCFD解析結果	105～107
4.6.5 実験結果とCFD解析結果との比較	108
4.6.6 部位毎の熱伝達率の比較	109～110
4.6.7 表面温度の比較	111～112
4.6.8 CFDによる椅子の大腿部、臀部への熱影響	113
4.6.9 椅子の熱的影響について実験とCFDの比較（大腿部）	114
4.6.10 椅子の熱的影響について実験とCFDの比較（臀部）	115
4.6.11 椅子の熱的影響について実験とCFDの比較結果	116
第4章 まとめ	117
第5章 総括	118
参考文献	119

第一章

序論

1.1 研究背景

1970年代から、オフィスの室内環境が仕事の能率に影響するという認識がされ、知的生産性を向上させる為に、快適性の確保に取り組んできた。オフィス空間のOA機器が増加し、女性労働者が増加したことで、快適な環境に対して個人差が生まれた。その為、個人の快適性の確保が重要になってきた。近年では、室内全体の空調制御は緩和し、個別に区切られたパーソナル空調を詳細に制御する事で、環境負荷の低減や、温冷感の個人差を解消する事が出来るタスク・アンビエント空調の提案が増加してきている。そのような背景のもと、椅座位姿勢について多くの温熱環境に関する研究がされてきた。また、人体への快適性を考えるうえで、長い時間デスクワークをするオフィス空間では、椅子による熱的影響は大きいと考えられる。

これまでに温熱環境に関する研究については立位姿勢をはじめ、椅座位姿勢、床座位姿勢、胡座姿勢、仰向け姿勢など様々な姿勢について行われてきた。藏登らは居住空間での姿勢に着目し、人体の熱収支や温熱刺激に、姿勢による明確な差がある事を明らかにしている。その中でも、人間の生活の大半は、立位姿勢もしくは座位姿勢で過ごすと考えられているために立位姿勢・座位姿勢における研究は数多く行われてきた。その中で、椅子に座った場合の人体に対する温熱環境評価の研究がある。土川らの研究では車いす乗車時の、サーマルマネキンと人体の対流熱伝達率と放射熱伝達率を実測により明らかにしている。堀越ら¹⁾の研究では、測定点を周径方向に45℃間隔で測定し、車椅子乗車時の部位毎に熱伝達率分布を明らかにしている。しかし、椅子との接触面を考慮している研究は少ない。接触面では人体と椅子での熱移動だけでなく、人体と椅子との熱収支は、放射や対流による影響があると考えられる。従って、実験とCFDソフトによるシミュレーションにより、着座時の人体への熱的影響を評価する必要がある。

1.2 研究目的

本研究では、材質や形状の異なる椅子を使用し、総合熱伝達率分布を求め、腰部、大腿部への影響が大きい事を確かめた。また、サーマルマネキンと、人体の椅子との接触面積の違いにおいて、正確に接触部の再現が出来ていなかった。接触面積を再現した模擬臀部を使用する事で、人体への正確な熱的影響を明らかにした。そして、それらの結果とシミュレーション結果との整合性を確かめた。

第2章

「着座時における腰部、大腿部の熱伝達率」

2.1 実験装置概要

この節では各実験に用いたサーマルマネキン及び人工気候室の概要、さらに実験で用いた器具について述べる。

(1) サーマルマネキン

サーマルマネキン(以下マネキン)は人体を模した発熱体で、元々、衣服の熱抵抗値(クロ値)を測定するために用いられた。現代では空調設備の評価や人体の熱伝達率、人体表面の気流など人体に関する温熱環境の様々な測定のために用いられている。

本研究で使用したマネキンは(株)京都電子工業社製THM-117sである。マネキンは一般男子体系をしており、17部位に分割され肩、股関節、膝が可動で立位及び椅座位姿勢をとることができる。内部にヒーターが組み込まれており、17部位毎に発熱量を設定し、発熱量及びマネキンの表面温度を測定することが可能である。表面の放射率は0.9以上で人体の皮膚に近い値となっている。各部位の名称を図に、その他の仕様や各部位の表面積を表にて示した。

・マネキン・人体の姿勢

これまでの研究で姿勢の違いは着衣熱抵抗に影響を与えることが明らかになっている。本研究では、題目の通り、サーマルマネキン実験及び被験者実験において、椅子に座った姿勢の椅座位姿勢を用いる。一般的に用いられる言葉だが、本研究では椅座位姿勢を「椅子・ソファ等に深く腰掛け、背もたれに軽くもたれる。足は軽く投げ出し裸体状態」と定義する。サーマルマネキン実験や被験者実験での姿勢はこの定義に従うようにする。



図1. マネキン装置

表1. 表面積

	部位	表面積[m ²]	割合	%
1	頭部	0.119	0.078	7.8
2	胸部前	0.166	0.109	10.9
3	胸部後	0.19	0.125	12.5
4	腰部前	0.062	0.041	4.1
5	腰部後	0.093	0.061	6.1
6,9	上腕	0.148	0.097	9.7
7,10	前腕	0.103	0.068	6.8
8,11	手先	0.073	0.048	4.8
12,15	大腿	0.215	0.141	14.1
13,16	下腿	0.23	0.151	15.1
14,17	足先	0.123	0.081	8.1
	全体	1.523	1	100

表2. 発熱量

	部位	発熱量[W/m ²]
1	頭部	70
2	胸部前	40
3	胸部後	40
4	腰部前	45
5	腰部後	45
6,9	上腕	25
7,10	前腕	37
8,11	手先	32
12,15	大腿	35
13,16	下腿	23
14,17	足先	16

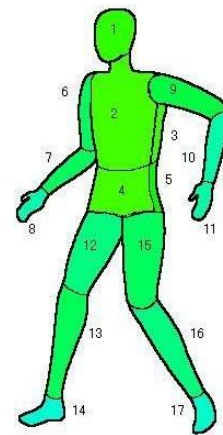
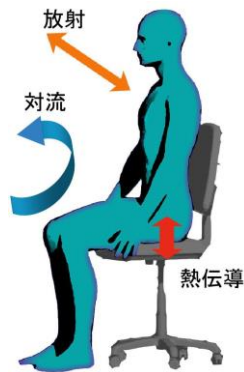


図2. マネキン部位

・ 発熱量設定

マネキンを用いた実験を行うにあたって、適切な発熱方法をせっている必要がある。発熱方法としては、以下の3通りの方法が挙げられる。

- ① 一定気温下で、発熱量を一定に制御し、その時のマネキン表面温度を測定する定発熱量制御。
- ② 一定気温下で、マネキン各部の表面温度を一定に制御し、その時の発熱量を測定する定温度発熱制御。
- ③ 一定気温下で、発熱量とマネキン表面温度がある一定の条件 ($\theta = 36.4 - 0.054Q$ 発熱量: Q , 表面温度: θ) を満たすように制御するコンフォート発熱制御。

このようないくつかの発熱方法があるが、使用するマネキンや研究目的によって、用いられる発熱方法が異なる。

本研究では、椅座位姿勢時の表面温度の変化を見ることが重要となるため、1つ目の定発熱制御を用いることとする。熱的中立時の快適皮膚温度になる様に表2に部位毎の発熱量を記した。

(2) 人工気候室

人工気候室は任意の室温・湿度に設定の設定によって、あらゆる温湿度環境を作り出すことが可能で、様々な環境実験や材料実験に用いられる。本学に設置されている人工気候室は、ESPEC 社製ビルドインチャンバーTBR 型で温度・湿度は自動制御され、室内の気流も均質・静穏で常に安定した実験環境を作り出す。温湿度の制御には、入力した温湿度で制御する定値運転と、経過時間で温湿度を変える制御のプログラム運転の2通りの運転方法がある。また、設定可能な温度・湿度の範囲は表3にて示す。室内は4.5[m]×2.5[m]、高さ2.5[m]で住居約一室の広さがあり(図3)、ある程度大きな実験も行うことが可能である。

表 3. 設定範囲

温度[°C]	湿度[%]
-10～80	10～95

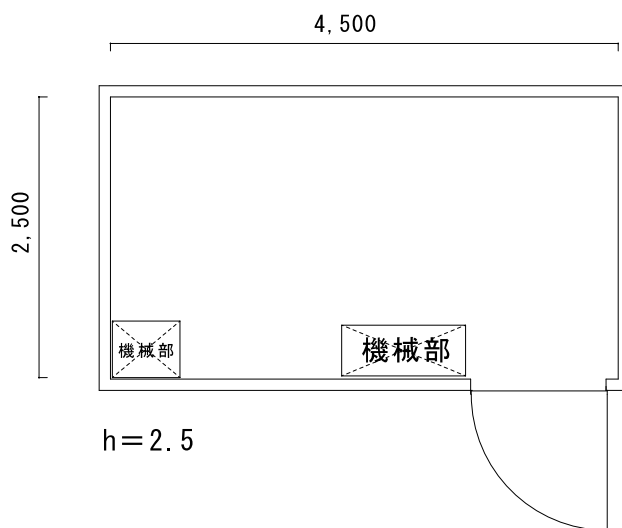


図 3. 平面図



図 4. 人工気候室制御画面

(3) 熱流センサー（江藤電気 S11A, 10mm×10mm, 厚さ 0.4 mm）

熱流センサーとは、熱の流れが横切ることによって板状の熱抵抗の両面に生じる温度差を測定する仕組みである。面に垂直の方向に伝わる伝導熱を計測する。

本来の熱流に対する影響を避けるために薄いプラスチック板の両面に数多くの熱電対を直列に接続したサーモパイルを構成し、表裏の温度差が 0.001℃以下でも熱流計測が可能になっている。熱流センサーを使用することで、材料の熱伝導率と温度差から熱流値を求める方法に比べて、より正確な計測が行える。



図 5. 熱流センサー



図 6. ロガーGL450

2.2 サーマルマネキン実験

2.2.1 プレ実験

本研究でサーマルマネキンを使用方法的確認、熱流センサーの接着の仕方により、測定値が変わるため、熱流センサーの予備実験が必要であった。皮膚温の測定には、接触法と非接触法がある。接触法で皮膚温を測定するには、感温部を接触させ、皮膚からの水分蒸発を遮らないサージカルテープなどの透湿性テープで貼り付ける方法で行う。マネキンの発熱量は一定で、表面温度は表 4 のようになった。表面温度が定常状態に落ち着くまで、2 時間かかった。微妙な差が出ないようにするためには、2 時間以上かけることが必要であることがわかった。

部位	表面温度[℃]
頭部	33.4
胸部前	31.8
胸部後	32.4
腰部前	32.8
腰部後	32
右上腕	30.3
右前腕部	31
右手先部	30.1
左上腕	30.8
左前腕部	30.6
左手先部	30
右大腿部	30.7
右下腿部	29.4
右足先部	28.8
左大腿部	31.3
左下腿部	29
左足先部	29

表 4. 部位別表面温度

2.2.2 実験概要

椅座位姿勢のマネキン（京都電子工業 THM-117s）を人工気候室に設置した。室内環境は表にて示す。マネキンを3種類の椅子に座らせ、それぞれの総合熱伝達率を算出する。

表5. 室内環境

設定温度[°C]	湿度[%RH]	平均放射温度[°C]
26°C	50%	26.8°C

表6. 各椅子概要

椅子No.	Mc	Oc	Sv
椅子名称	メッシュチェア	オフィスチェア	ソファ
写真			
材質	座面背面メッシュ	ウレタン40mm	ウレタン150mm

2.2.3 実験方法

実験装置を設置した人工気候室において、軽装を着衣させたマネキンを各椅子にしっかりと座らせる。このとき、マネキンが椅座位姿勢を保ち、臀部や大腿部、背中が座面と背面均等に接触しているか確認する。また、肘掛けがある椅子については、肘掛けにマネキンの腕が上がらないようにセッティングをした。

マネキンを快適発熱量で温度が安定するまで2～4時間程度発熱させ、測定を開始する。測定間隔は30秒間で30分間、熱流と表面温度を測定する。

2.2.4 測定点

Hardy-DuBois 7 点法で用いられる代表点を測定点とする。

- Hardy-DuBois 7 点法について

部位別に差異のある皮膚表面温度の平均値を求めようとする時、部位毎に測定した皮膚表面温度に何らかの重みを乗じ、その積の総和をとる方法がとられてきた。平均化式の中でも、皮膚面積率を重みとする平均皮膚温の算出には、主に、Hardy&DuBois の 7 点法が用いられることが多い。

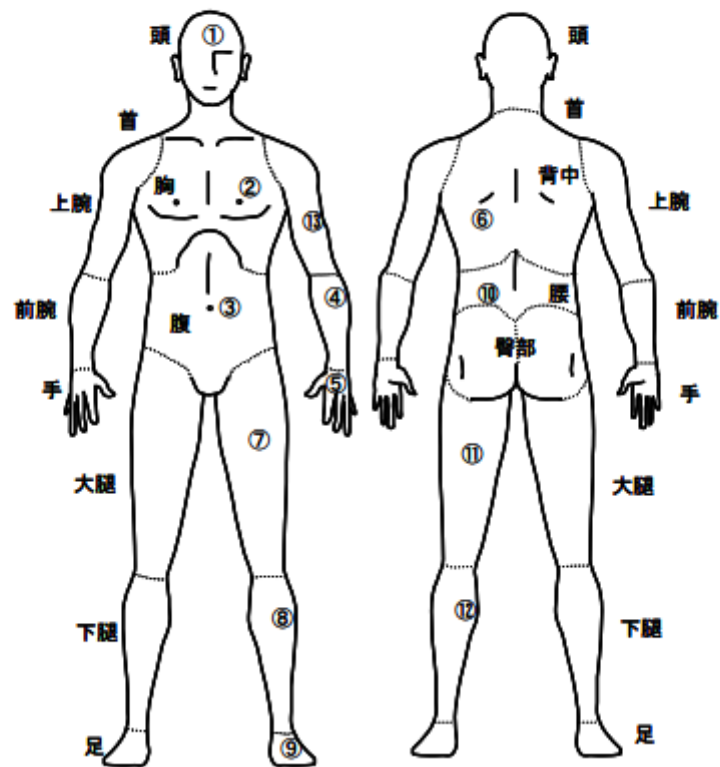


図 7. Hardy-DuBois の測定点

・詳細な測定

椅子の影響の大きいと思われる腰部、大腿部を詳細に測定する。

椅子の熱抵抗が大きい部位（腰部）は、図の測定点に熱流センサーを貼り付け、熱流と表面温度を測定する。目安として、堀越らの測定点を参考にし、周径方向に45度間隔で熱流センサーを貼り付けた。（図10）

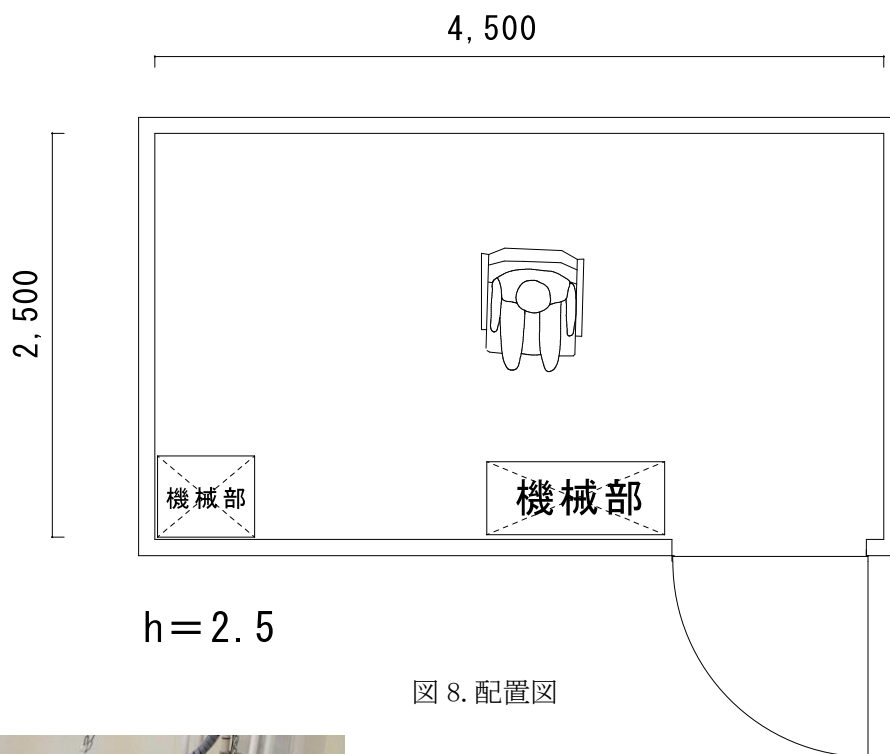


図 8. 配置図



図 9. 実験様子

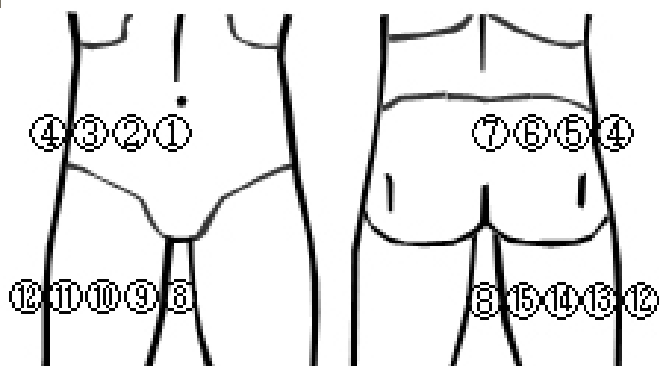


図 10. 測定点

2.2.5 実験結果

表 7. 椅座位姿勢（椅子無し）

	頭部	胸腹	背中	腰部	上腕	前腕
Tsk[degC]	33.4	32.0	32.8	32.5	31.0	30.8
Tsk-ta[degC]	6.69	5.29	6.13	5.77	4.29	4.13
Qi[W/m2]	70.0	45.0	44.9	45.2	29.9	40.1
Qi[W/m2]	72.4	43.4	51.4	46.1	33.2	40.9
hi[W/m2K]	10.8	8.2	8.4	8.0	7.7	9.9

手先	大腿	下腿	足先	全身
30.0	31.5	30.0	29.7	31.4
3.28	4.84	3.30	3.02	4.74
34.9	40.0	30.2	25.1	40.1
35.5	36.0	31.0	21.4	40.7
10.8	7.4	9.4	7.1	8.6

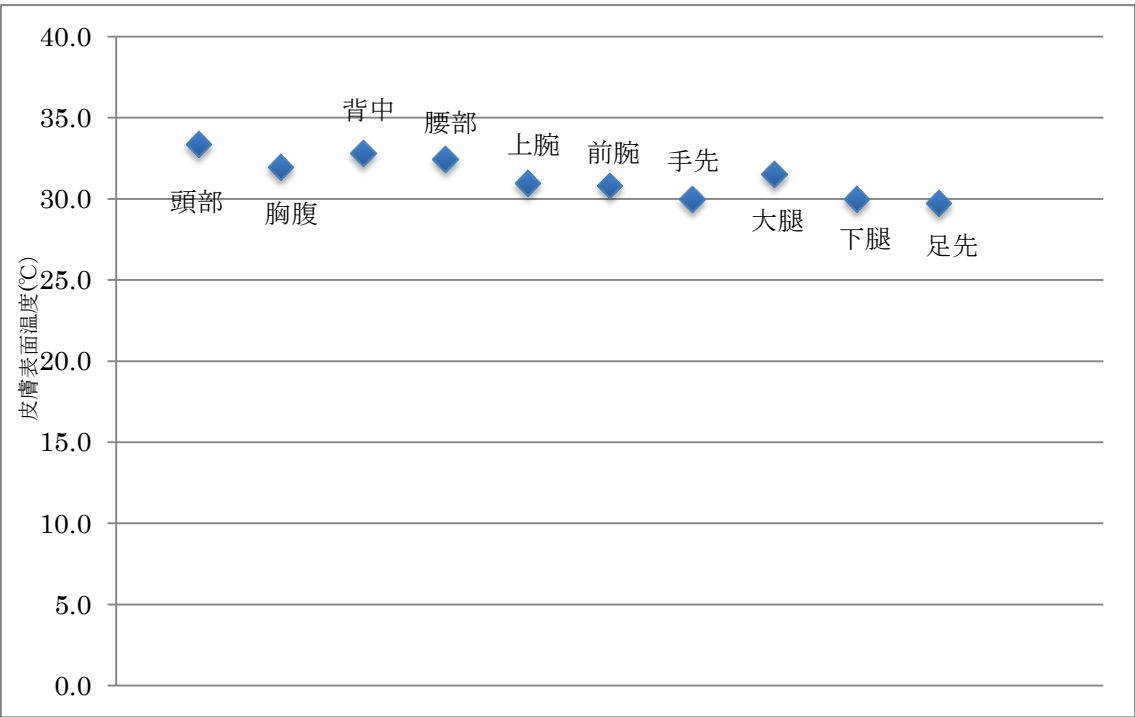


図 11. 表面温度

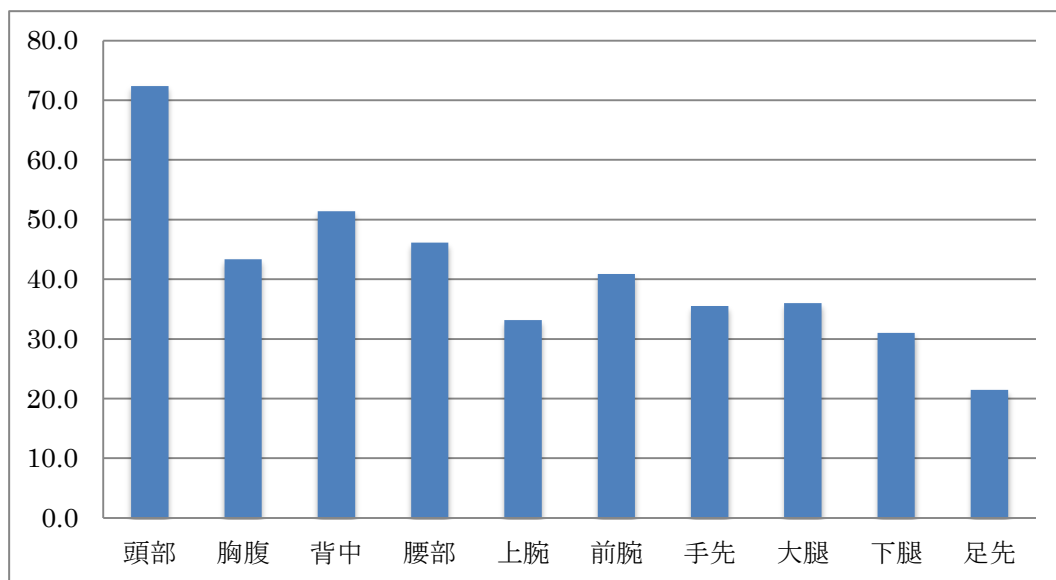


図 12. 総合熱伝達量

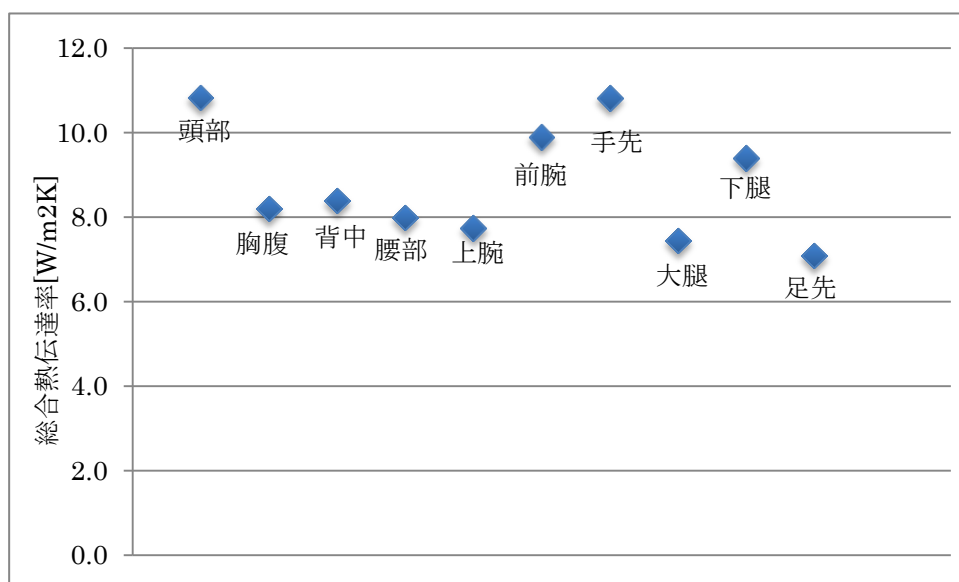


図 13. 総合熱伝達率

表 8. メッシュチェア

	頭部	胸腹	背中	腰部	上腕	前腕
Tsk[degC]	33.5	32.1	33.2	32.8	30.9	30.7
Tsk-ta[degC]	6.78	5.34	6.38	6.07	4.11	3.93
Qi[W/m2]	70.0	45.0	44.9	45.2	29.9	40.1
Qi[W/m2]	70.9	43.0	52.4	44.2	32.7	40.6
hi[W/m2K]	10.5	8.1	8.2	7.3	8.0	10.3

手先	大腿	下腿	足先	全身
30.0	32.1	29.9	29.7	31.6
3.20	5.30	3.15	2.97	4.80
34.9	40.0	30.2	25.1	40.1
34.8	34.6	29.2	21.5	39.9
10.9	6.5	9.3	7.2	8.3

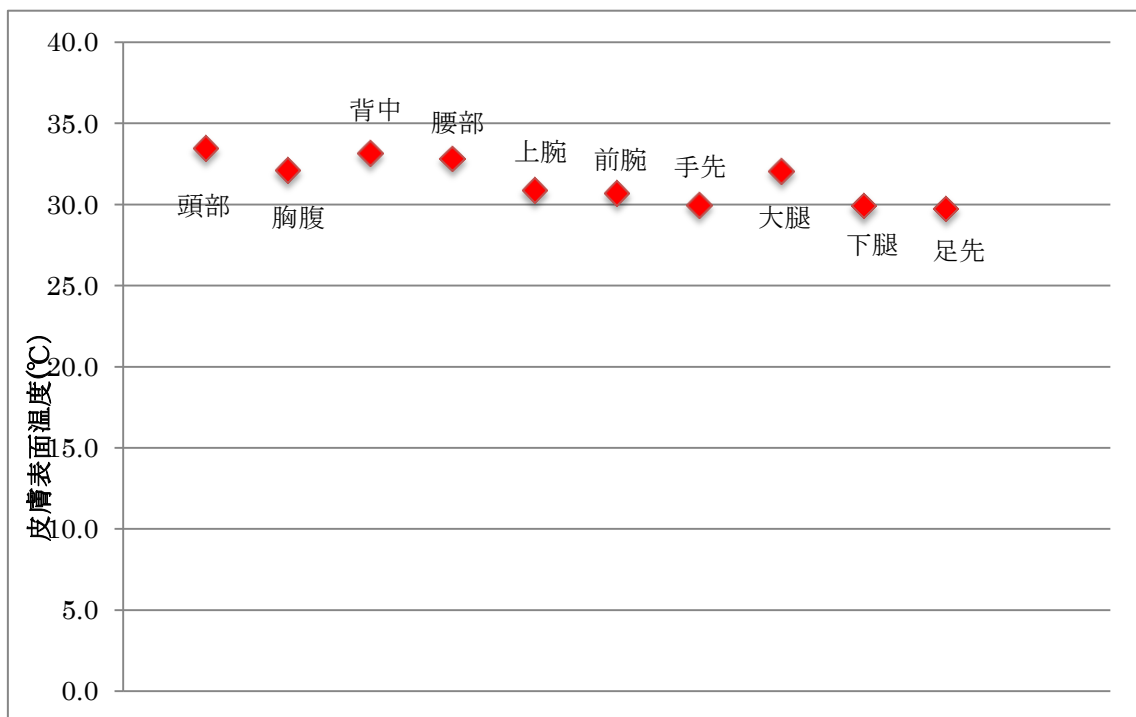


図 14. 皮膚表面温度

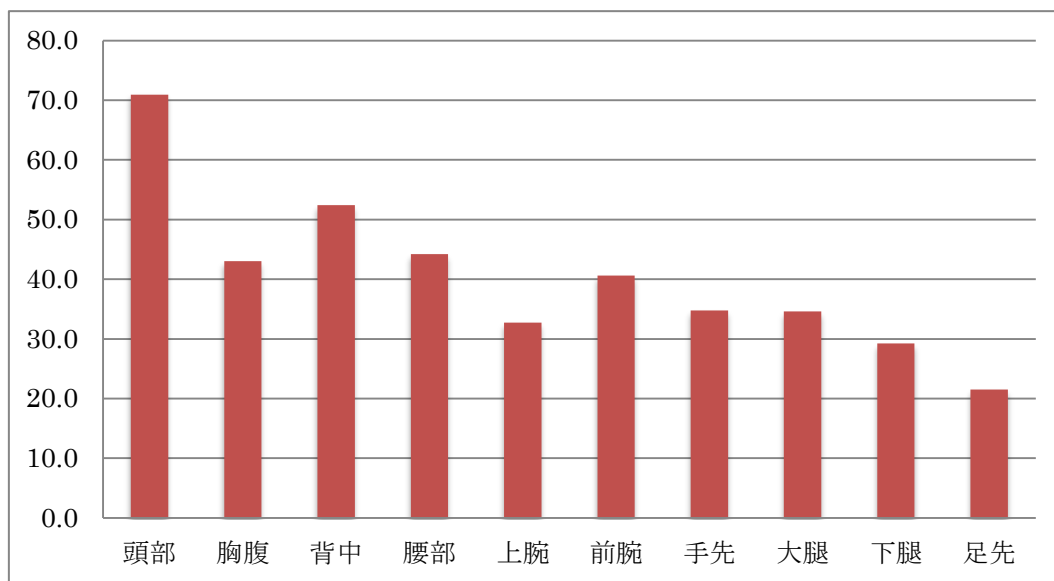


図 15. 総合熱伝達量

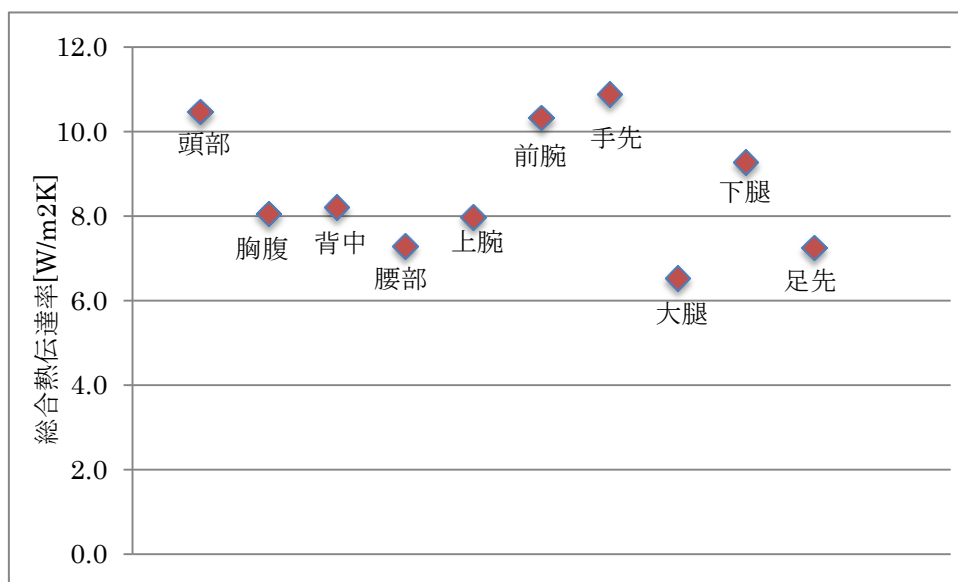


図 16. 総合熱伝達率

表 9. ソファー

	頭部	胸腹	背中	腰部	上腕	前腕
Tsk[degC]	33.6	32.4	33.4	35.3	30.834	30.8
Tsk-ta[degC]	6.82	5.65	6.63	8.51	4.03	4.04
Qi[W/m2]	70.0	45.0	44.9	45.2	29.9	40.1
Qi[W/m2]	69.8	46.0	50.0	44.2	33.7	40.2
hi[W/m2K]	10.2	8.1	7.5	5.7	8.3	9.9

手先	大腿	下腿	足先	全身
29.9	34.92104	29.680133	29.31732	32.2
3.10	8.12	2.88	2.52	5.44
34.9	40.0	30.2	25.1	40.1
34.9	26.7	27.8	20.4	38.5
11.3	3.3	9.7	8.1	7.1

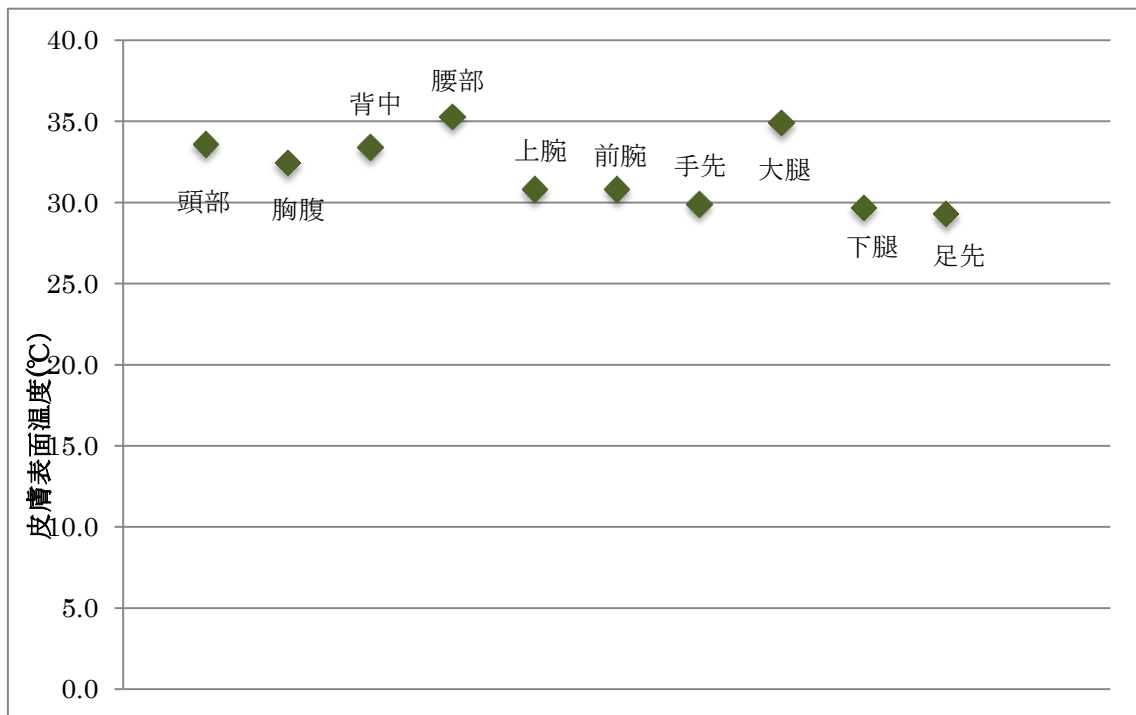


図 17. 皮膚表面温度

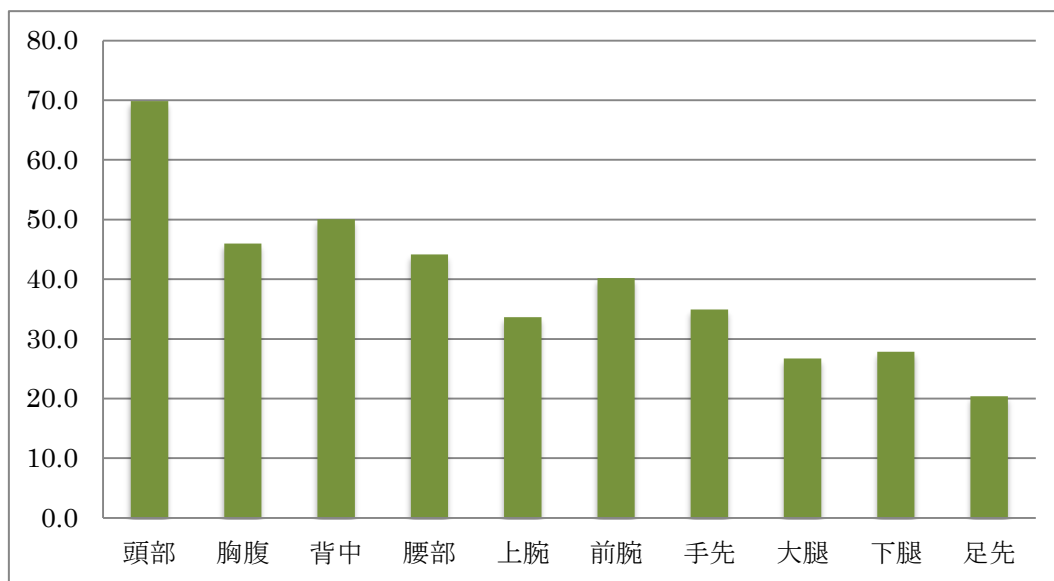


図 18. 総合熱伝達量

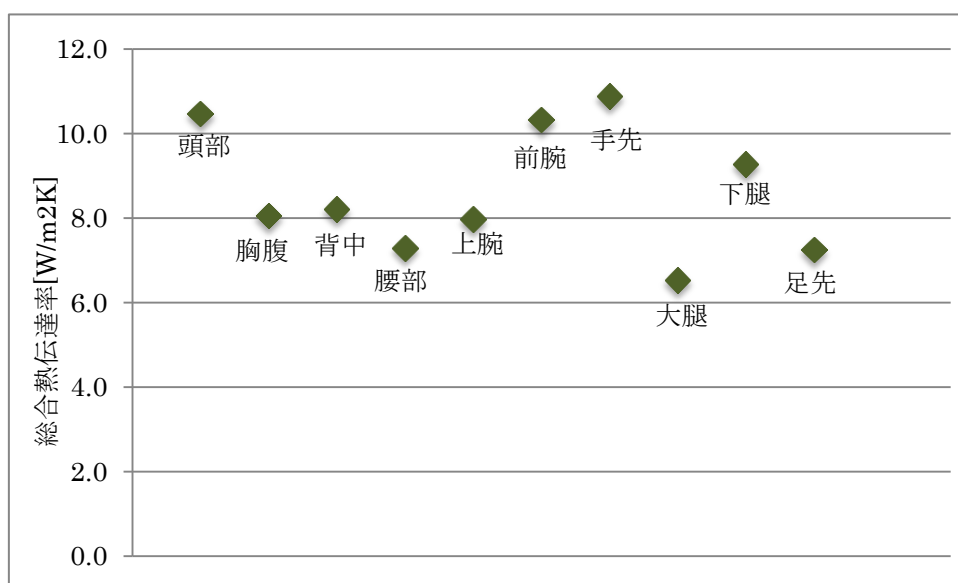


図 19. 総合熱伝達率

2.2.6 実験結果（腰部）

表 10. 椅座位姿勢（椅子無し）

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	33.1	33.1	33.1	32.1	32.1	32.1	32.1
Tsk-ta[degC]	6.38	5.36	6.38	5.36	5.36	5.36	5.36
Qi[W/m ²]	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2
Qi[W/m ²]	45	49.1	57.5	43.9	42.9	42.1	42.3
hi[W/m ² K]	7.0	9.2	9.0	8.2	8.0	7.9	7.9

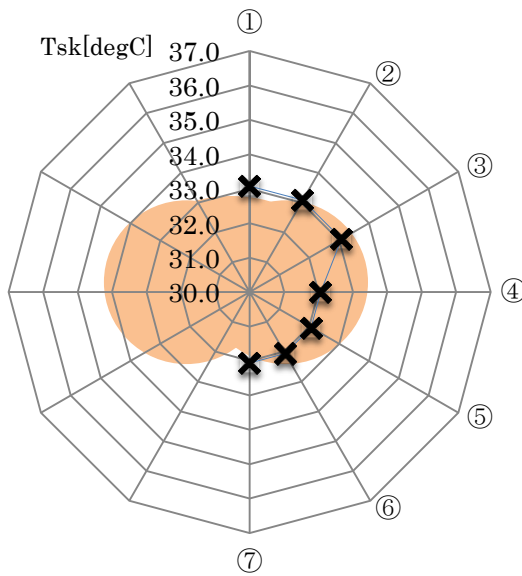


図 20. 皮膚表面温度

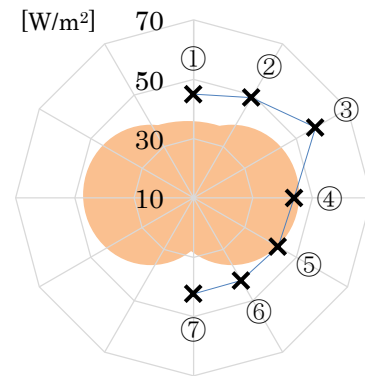


図 21. 総合熱伝達量

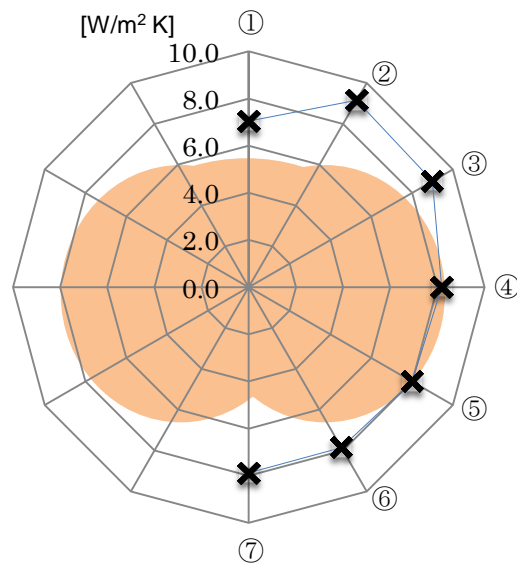


図 22. 総合熱伝達率

表 11. メッシュチェア

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	32.9	32.9	32.9	32.5	32.5	32.5	32.5
Tsk-ta[degC]	6.20	5.80	6.20	5.80	5.80	5.80	5.80
Qi[W/m2]	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2
Q _i [W/m2]	48.2	48.2	56.7	41.4	34.6	41.2	39.9
hi[W/m2K]	7.8	8.3	9.1	7.1	6.0	7.1	6.9

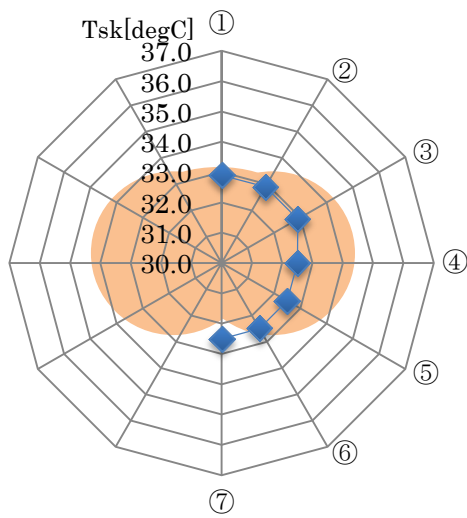


図 23. 皮膚表面温度

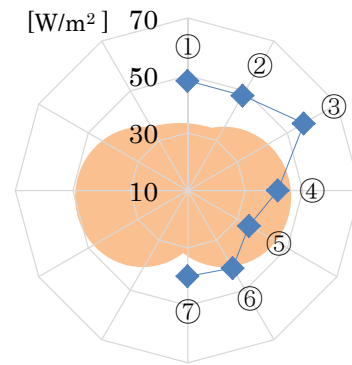


図 24. 総合熱伝達量

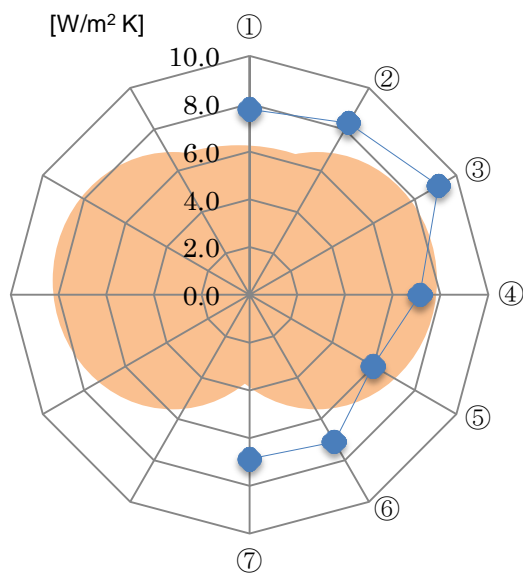


図 25. 総合熱伝達率

表 12. ソファー

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	34.5	34.5	34.5	36.1	36.1	36.1	36.1
Tsk-ta[degC]	7.80	9.40	7.80	9.40	9.40	9.40	9.40
Qi[W/m ²]	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2	45.2
Q _i [W/m ²]	54.5	52.5	59.2	45.8	44.8	8.17	42.5
hi[W/m ² K]	7.0	5.6	7.6	4.9	4.8	0.9	4.5

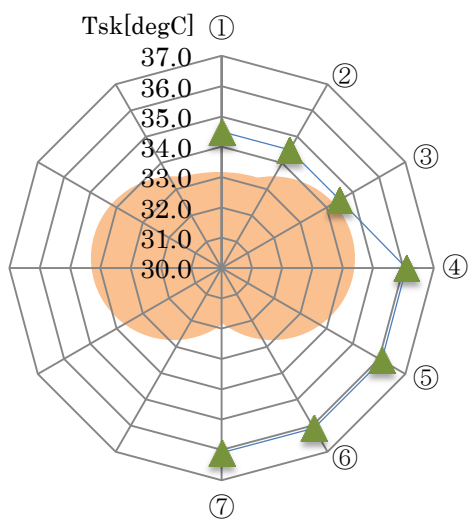


図 26. 皮膚表面温度

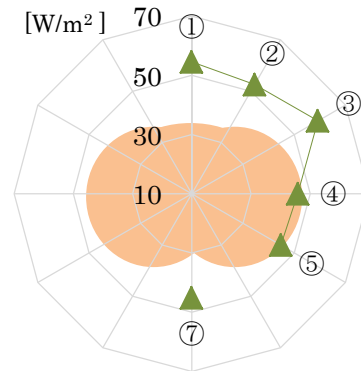


図 27. 総合熱伝達量

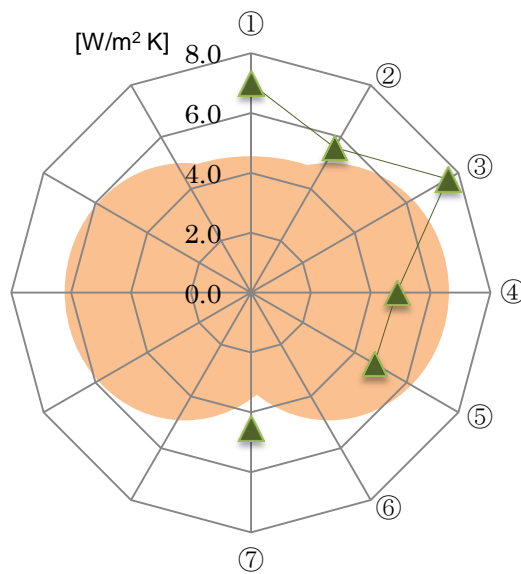


図 28. 総合熱伝達率

2.2 サーマルマネキン実験のまとめと考察

総合熱伝達率(図 3)は、椅座位姿勢(椅子無し)で、既往研究¹⁾の値とほぼ等しい値を示した。熱抵抗の少ない Mc では、腰部と大腿で椅子の影響でわずかに熱伝達率が低い値を示したがほぼ等しい値となった。Sv は抵抗が大きいので、背中、腰部、大腿で熱伝達率が低い値になった。椅座位姿勢(椅子無し)での総合熱伝達率分布(図 4)では、ほぼ同程度の分布である。Mc では、後方部において椅座位姿勢(椅子無し)よりもやや低い値を示している。椅子の背もたれが多少なり影響していると思われるが、Mc の熱伝達率は椅座位姿勢(椅子無し)とほぼ等しいと考えられる。

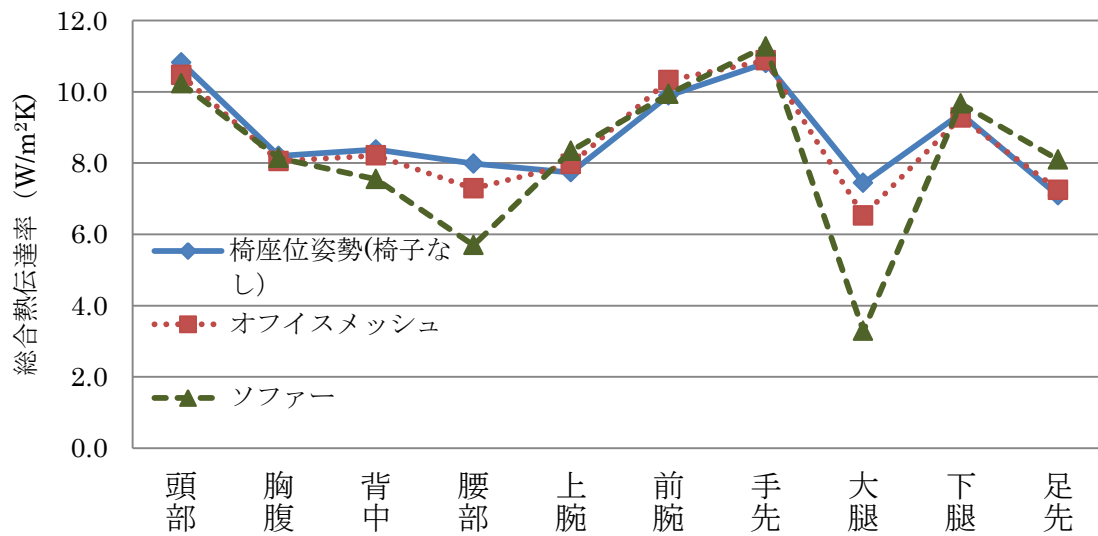


図. 部位別総合熱伝達率

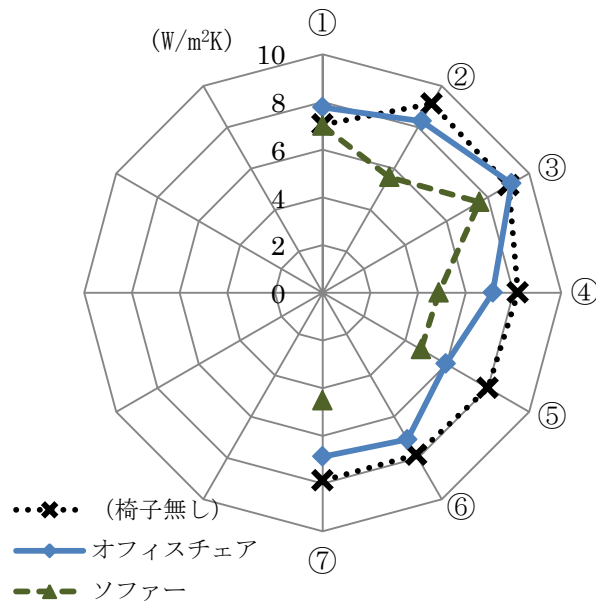


図 27. 総合熱伝達率 (腰部)

2.3 被験者実験

2.3.1 実験概要

2013 年 11 月 13～15 日にかけて、本学の人工気候室にて被験者実験を行った。今回の被験者は、マネキンとの比較のため、男子学生を対象に実験を行った。今回の実験に参加した 3 名の属性を表 13 にて示す。

本研究では、裸体状態の条件と同等にするために、薄い素材のスパッツを履き、その上からセンサーをサージカルテープで貼り付けた。

表 13. 被験者属性

	身長	体重
被験者 A	178	67
被験者 B	174	72
被験者 C	172	71



図 28. 実験で用いたスパッツ

2.3.2 実験方法

前章において行った詳細な測定を被験者実験でも同様に腰部、大腿部の測定を行う。

2.3.3 実験結果(腰部)

被験者 A 腰部

表 14. メッシュチェア

メッシュチェア	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	33.8	33.6	33.3	33.1	33.3	33.5	33.4
Tsk-ta[degC]	7	6.9	6.6	6.4	6.6	6.8	6.7
mV	0.093	0.104	0.092	0.093	0.098	0.1	0.095
Qi[W/m2]	54.03835	53.9699	52.93441	49.44179	50.96204	50.76142	50.77499
hi[W/m2K]	7.719764	7.821725	8.020365	7.725279	7.721521	7.464915	7.578356

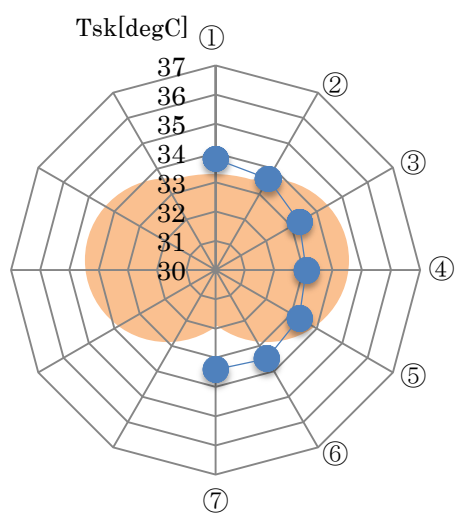


図 29. 皮膚表面温度

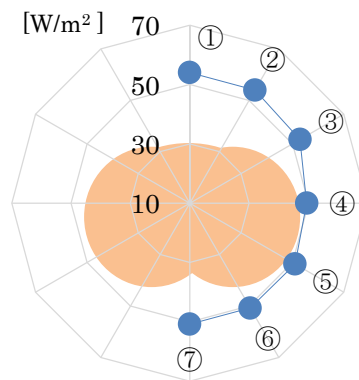


図 30. 総合熱伝達量

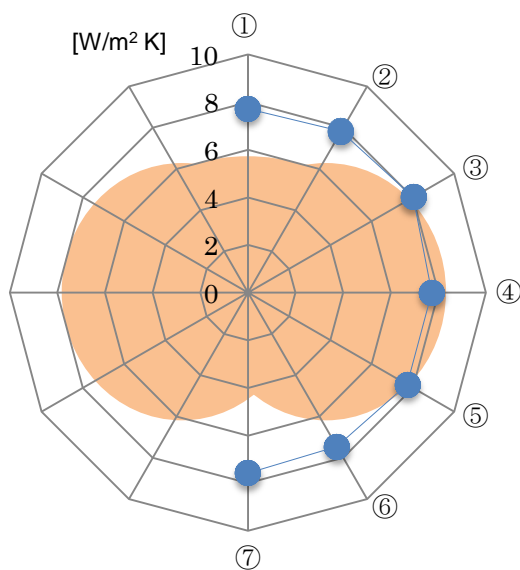


図 31. 総合熱伝達率

被験者 A 腰部

表 15. オフィスチェア

オフィスチェア	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	34.3	34.2	33.9	32.8	33.1	33.4	33.4
Tsk-ta[degC]	7.5	7.4	7.2	6.1	6.4	6.7	6.7
mV	0.078	0.083	0.082	0.091	0.1	0.11	0.094
Qi[W/m2]	45.32249	43.07213	47.18067	48.37852	52.35602	55.83756	50.24051
hi[W/m2K]	6.042998	5.820558	6.55287	7.930905	8.180628	8.333965	7.498584

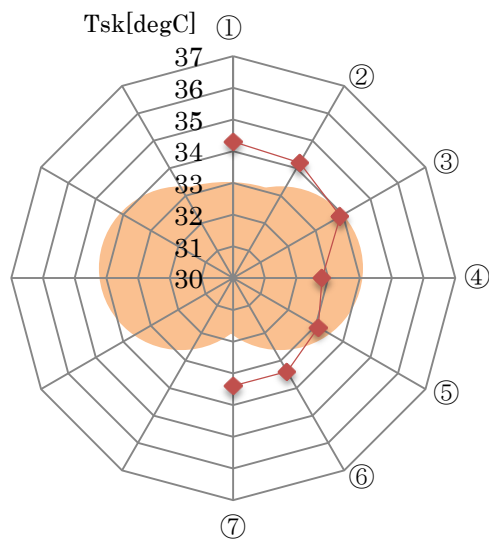


図 32. 皮膚表面温度

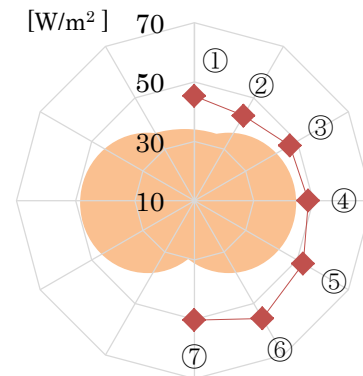


図 33. 総合熱伝達量

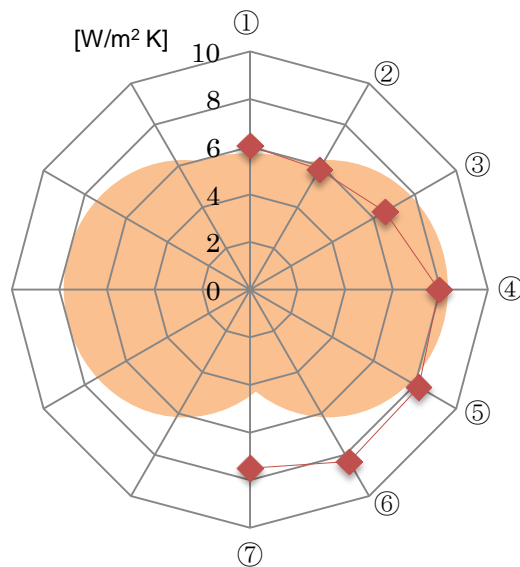


図 34. 総合熱伝達率

被験者 A 腰部

表 16. ソファー

ソファー	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	35.1	34.9	34.3	33.6	33.1	33.4	33.2
Tsk-ta[degC]	8.3	8.1	7.6	6.9	6.4	6.7	6.5
mV	0.059	0.066	0.062	0.074	0.099	0.096	0.096
Qi[W/m ²]	34.28239	34.25013	35.67319	39.34078	51.83246	48.73096	51.30946
hi[W/m ² K]	4.130409	4.228411	4.69384	5.701562	8.098822	7.273278	7.893763

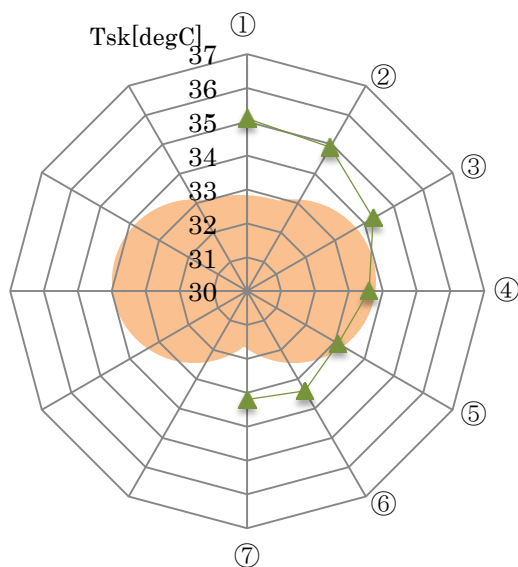


図 35. 皮膚表面温度

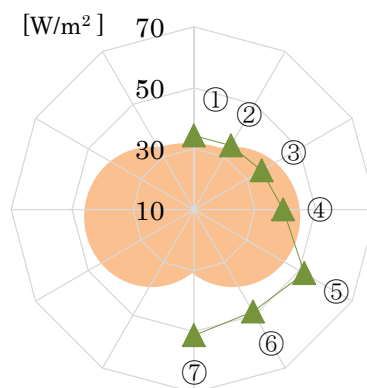


図 36. 総合熱伝達量

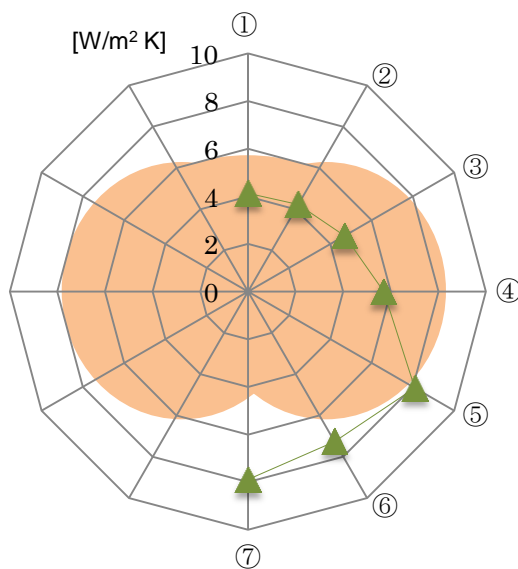


図 37. 総合熱伝達率

被験者 B 腰部

表 17. メッシュチェア

メッシュチェア	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	33.2	33.2	33.2	33.1	33.4	33.5	33.6
Tsk-ta[degC]	6.4	6.5	6.5	6.4	6.7	6.8	6.9
mV	0.078	0.1	0.09	0.101	0.12	0.1	0.096
Qi[W/m2]	45.32249	51.89414	51.78366	53.69484	62.4025	50.76142	51.30946
hi[W/m2K]	7.081639	7.983713	7.966717	8.389819	9.313805	7.464915	7.436154

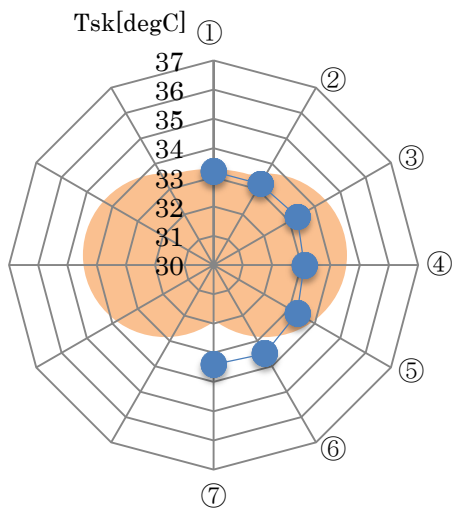


図 38. 皮膚表面温度

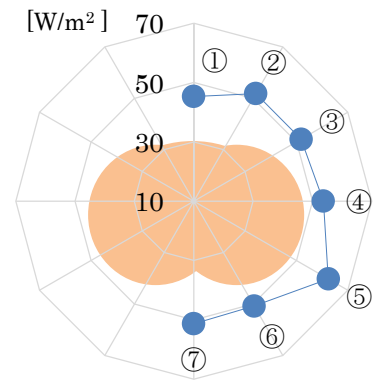


図 39. 総合熱伝達量

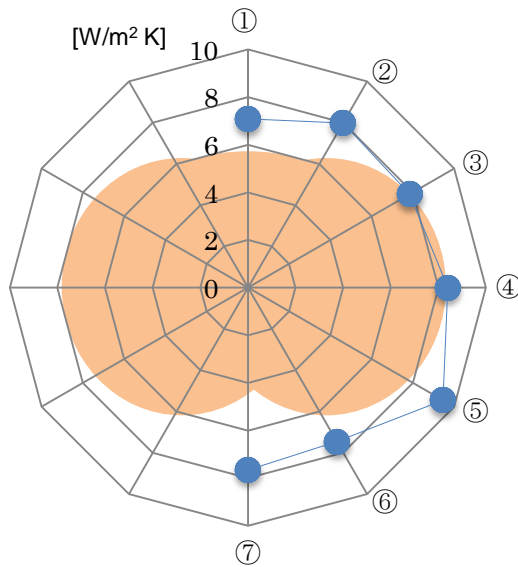


図 40. 総合熱伝達率

被験者 B 腰部

表 18. オフィスチェア

オフィスチェア	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	34.5	34.3	34	33.1	33.3	33.6	33.5
Tsk-ta[degC]	7.7	7.5	7.3	6.4	6.6	6.9	6.8
mV	0.08	0.09	0.1	0.089	0.11	0.097	0.086
Qi[W/m2]	46.4846	46.70472	57.5374	47.31526	57.59162	49.23858	45.96472
hi[W/m2K]	6.036961	6.227296	7.881836	7.393009	8.726003	7.136026	6.759518

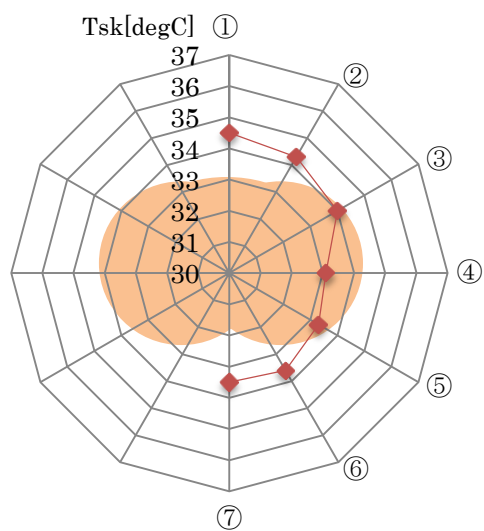


図 48. 皮膚表面温度

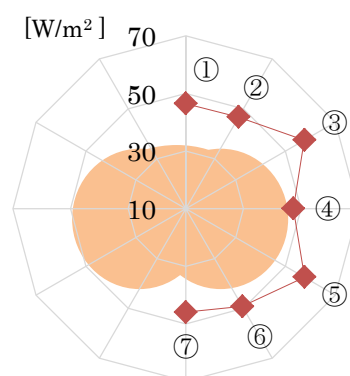


図 49. 総合熱伝達量

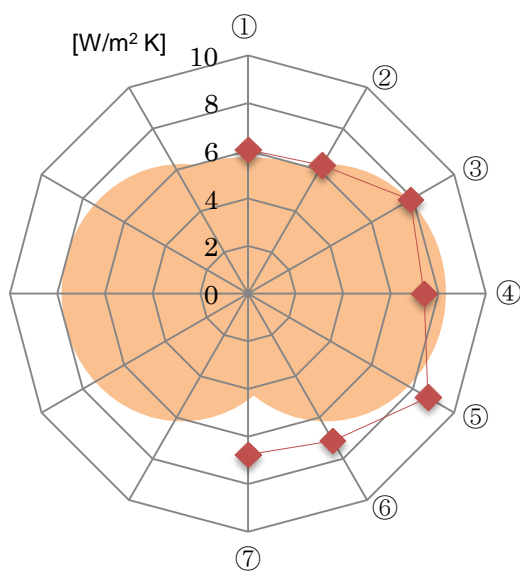


図 50. 総合熱伝達率

被験者 B 腰部

表 19. ソファー

ソファー	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	34.8	34.8	34.2	33.5	33.3	33.5	33.4
Tsk-ta[degC]	8	8	7.5	6.8	6.6	6.8	6.7
mV	0.056	0.076	0.075	0.096	0.12	0.1	0.096
Qi[W/m2]	32.53922	39.43954	43.15305	51.03668	62.82723	50.76142	51.30946
hi[W/m2K]	4.067403	4.929943	5.75374	7.505395	9.519277	7.464915	7.658128

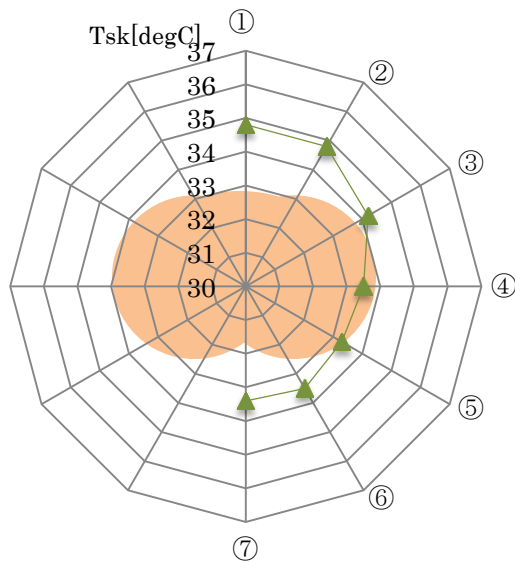


図 51. 皮膚表面温度

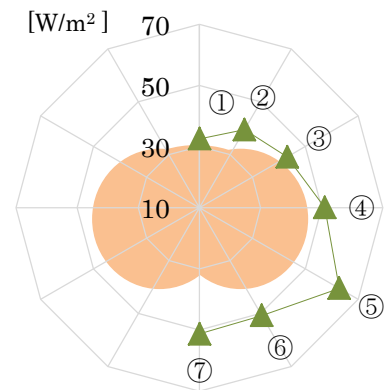


図 52. 総合熱伝達量

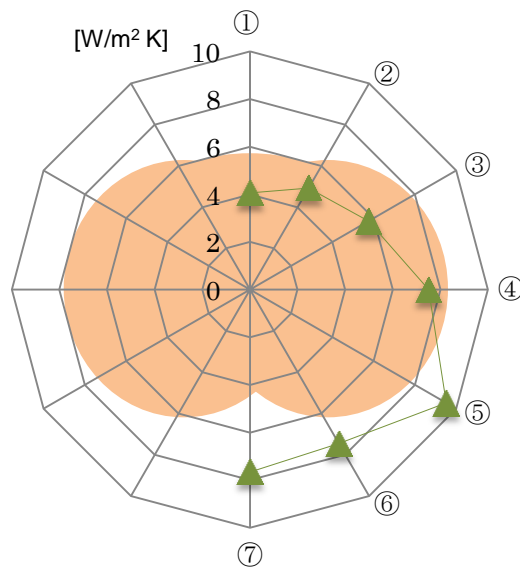


図 53. 総合熱伝達率

被験者 C 腰部

表 20. メッシュチェア

メッシュチェア	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	32.2	32.1	32.1	32	31.8	31.9	32
Tsk-ta[degC]	5.4	5.4	5.4	5.3	5.1	5.2	5.3
mV	0.07	0.065	0.057	0.068	0.078	0.08	0.085
Qi[W/m2]	40.67403	33.73119	32.79632	36.15098	40.56162	40.60914	45.43025
hi[W/m2K]	7.532227	6.246516	6.073392	6.82094	7.953259	7.809449	8.571746

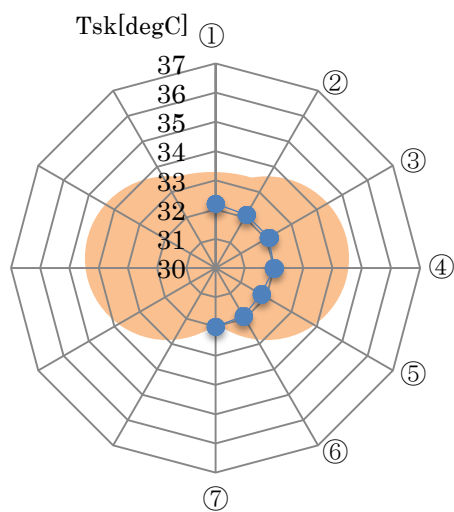


図 54. 皮膚表面温度

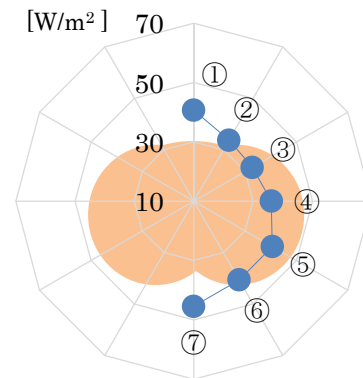


図 55. 総合熱伝達量

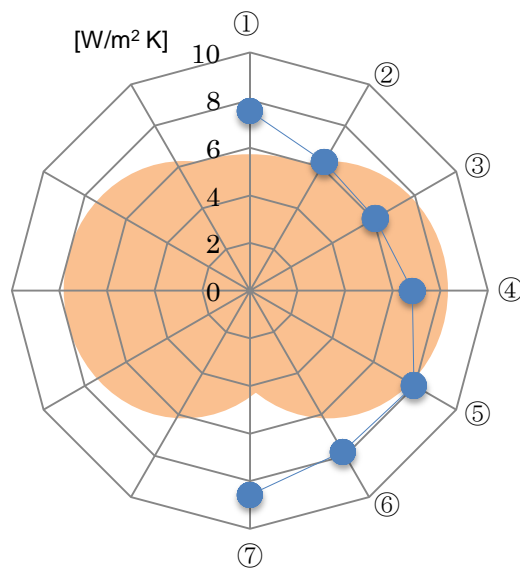


図 56. 総合熱伝達率

被験者 C 腰部

表 21. オフィスチェア

オフィスチェア	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	32.8	32.6	32.4	32.6	32.5	32.6	32.4
Tsk-ta[degC]	6	5.8	5.7	5.9	5.8	5.9	5.7
mV	0.07	0.05	0.05	0.069	0.076	0.08	0.082
Qi[W/m2]	40.67403	25.94707	28.7687	36.68262	39.79058	40.60914	43.82683
hi[W/m2K]	6.779004	4.473632	5.04714	6.217392	6.860444	6.882905	7.688918

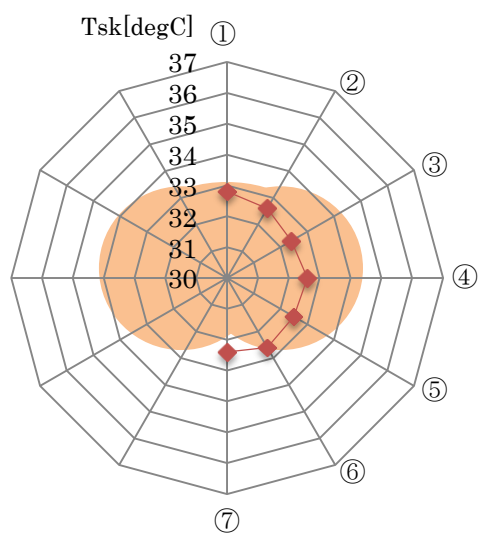


図 57. 皮膚表面温度

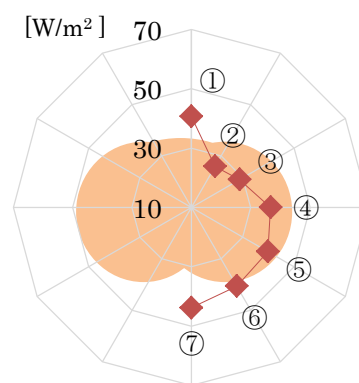


図 58. 総合熱伝達量

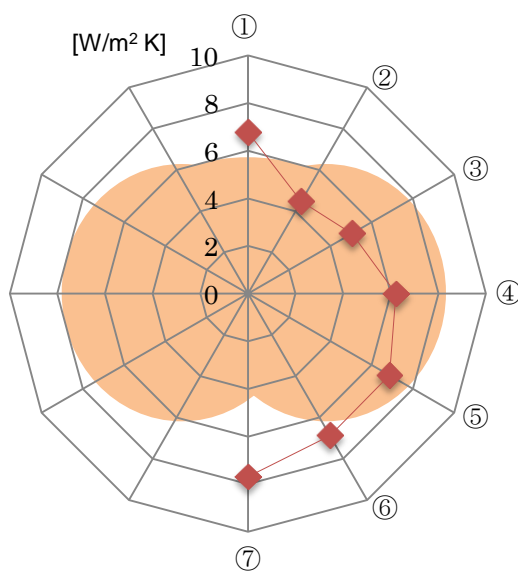


図 59. 総合熱伝達率

被験者 C 腰部

表 22. ソファー

ソファー	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
Tsk[degC]	34.6	34.7	34	32.9	33.4	32.9	32.9
Tsk-ta[degC]	7.8	7.9	7.3	6.2	6.7	6.2	6.2
mV	0.065	0.061	0.053	0.067	0.082	0.083	0.086
Qi[W/m2]	37.76874	31.65542	30.49482	35.61935	42.93194	42.13198	45.96472
hi[W/m2K]	4.842146	4.007016	4.177373	5.745057	6.407752	6.795481	7.413665

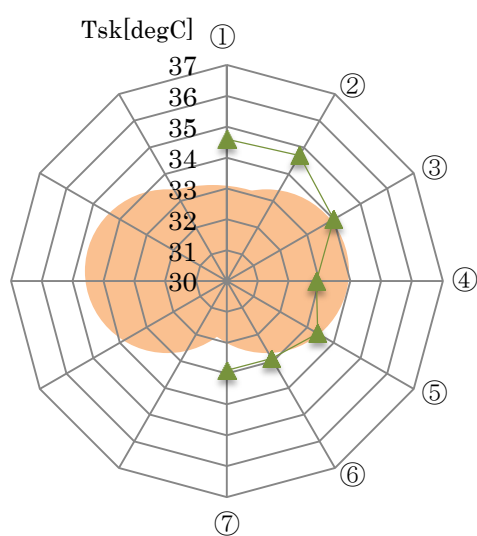


図 60. 皮膚表面温度

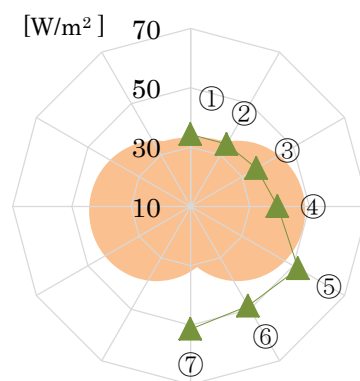


図 61. 総合熱伝達量

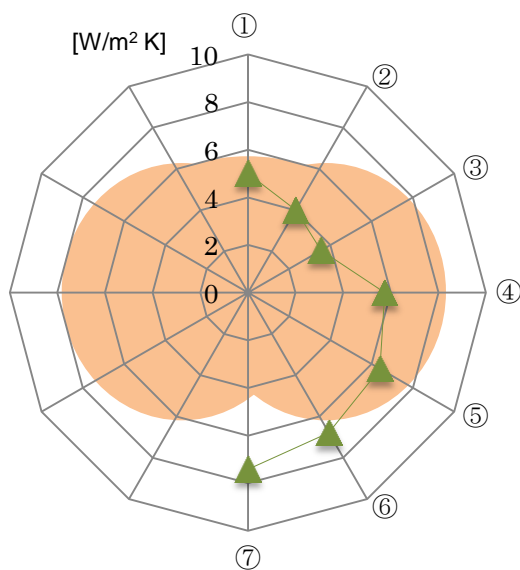


図 62. 総合熱伝達率

4.4 実験結果（大腿部）

被験者 A 大腿部

表 23. メッシュチェア

メッシュチェア	⑬	⑫	⑪	⑩	⑨	⑧	⑭	⑮
Tsk[degC]	33.1	33.1	33.2	33	33.4	33	32.8	32.6
Tsk-ta[degC]	6.4	6.4	6.5	6.3	6.7	6.3	6.1	5.9
mV	0.074	0.074	0.085	0.082	0.073	0.088	0.078	0.0769
Qi[W/m2]	40.81633	40.04329	42.43635	40.05862	36.17443	43.80289	41.75589	41.29968
hi[W/m2K]	6.377551	6.256764	6.528669	6.358511	5.399169	6.952839	6.845228	6.999945

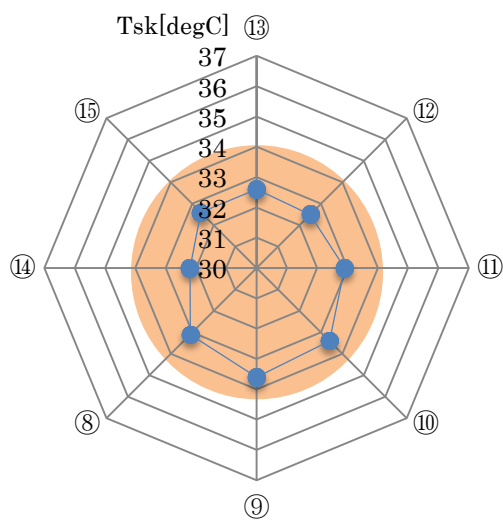


図 63. 皮膚表面温度

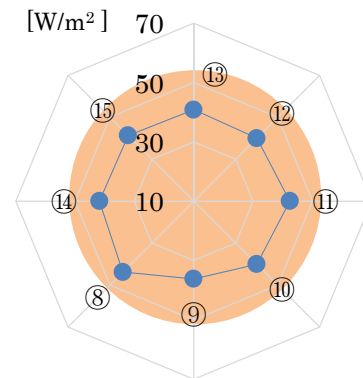


図 64. 総合熱伝達量

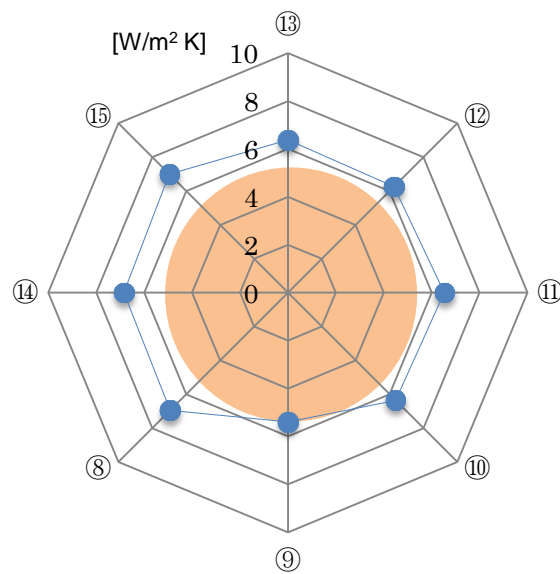


図 65. 総合熱伝達率

被験者 A 大腿部

表 24. オフィスチェア

オフィスチェア	⑬	⑫	⑪	⑩	⑨	⑧	⑭	⑮
Tsk[degC]	33	33.2	33.2	33.6	33.7	33.4	33.2	33.2
Tsk-ta[degC]	6.3	6.5	6.5	6.9	7	6.7	6.5	6.5
mV	0.061	0.0735	0.077	0.056	0.055	0.0598	0.077	0.087
Qi[W/m2]	33.64589	39.77273	38.44234	27.35711	27.25471	29.76605	41.22056	46.72395
hi[W/m2K]	5.340618	6.118881	5.914206	3.964798	3.89353	4.442694	6.341624	7.1883

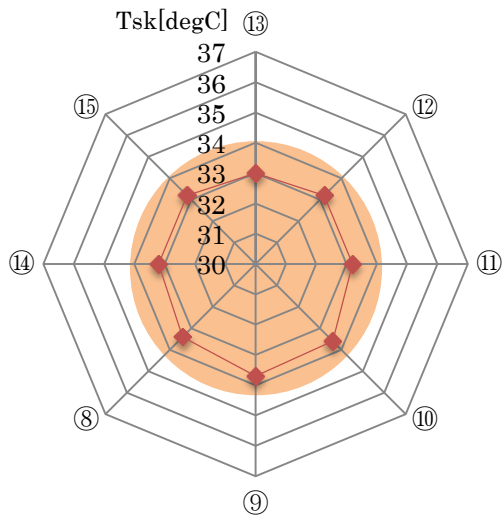


図 66. 皮膚表面温度

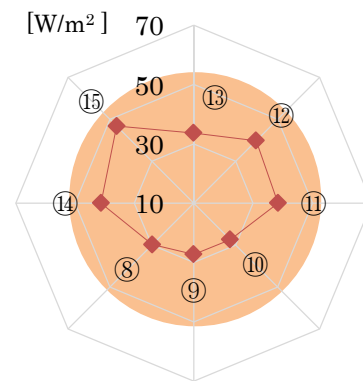


図 67. 総合熱伝達量

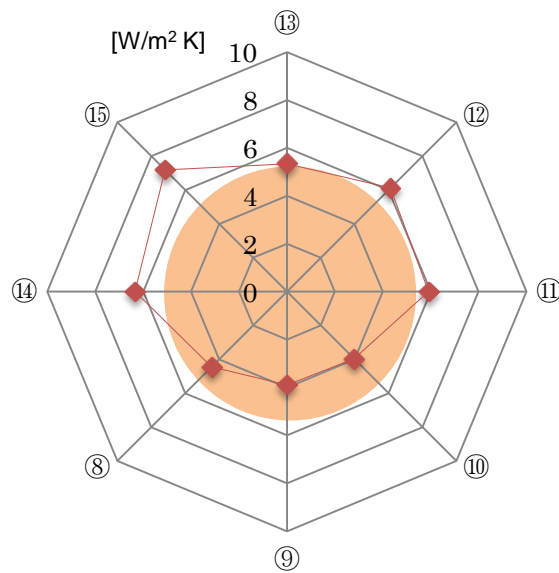


図 68. 総合熱伝達率

被験者 A 大腿部

表 25. ソファー

ソファー	⑬	⑫	⑪	⑩	⑨	⑧	⑭	⑮
Tsk[degC]	32.8	33.3	33.7	36.1	36.2	35.6	33.4	33.2
Tsk-ta[degC]	6.1	6.6	7	9.4	9.5	8.9	6.7	6.5
mV	0.054	0.069	0.056	0.048	0.045	0.053	0.063	0.079
Qi[W/m2]	29.78489	37.33766	27.95806	23.44895	22.29931	26.38128	33.72591	42.4275
hi[W/m2K]	4.882768	5.657222	3.994009	2.494569	2.347295	2.964189	5.033718	6.527307

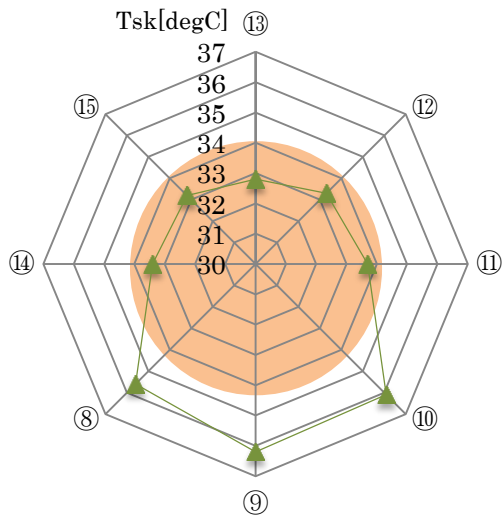


図 69. 皮膚表面温度

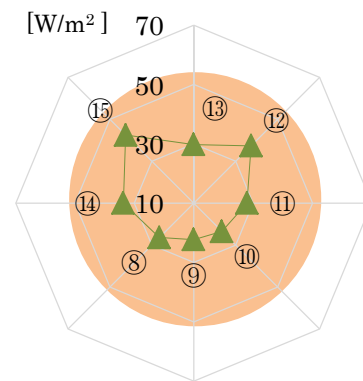


図 70. 総合熱伝達量

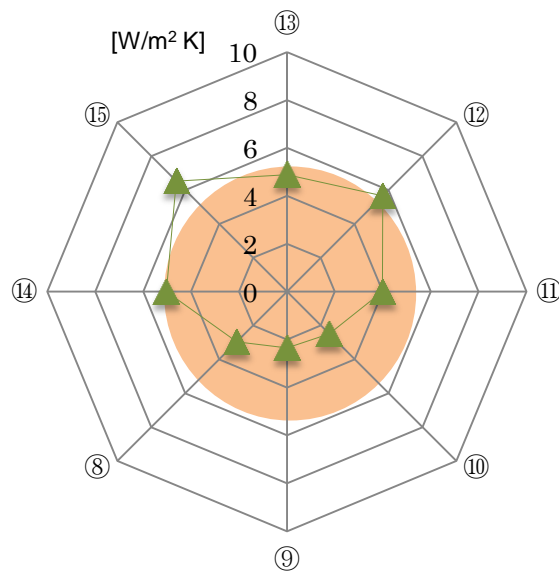


図 71. 総合熱伝達率

被験者 B 大腿部

表 26. メッシュウェア

メッシュウェア	⑬	⑫	⑪	⑩	⑨	⑧	⑭	⑮
Tsk[degC]	32.4	33	33.01	33.1	33.1	32.6	32.3	32
Tsk-ta[degC]	5.7	6.3	6.31	6.4	6.4	5.9	5.6	5.3
mV	0.065	0.072	0.077	0.065	0.0601	0.074	0.076	0.075
Qi[W/m2]	35.85218	38.96104	38.44234	31.75379	29.78196	36.83425	40.68522	40.27927
hi[W/m2K]	6.289856	6.184292	6.092288	4.961529	4.653432	6.243093	7.265219	7.599862

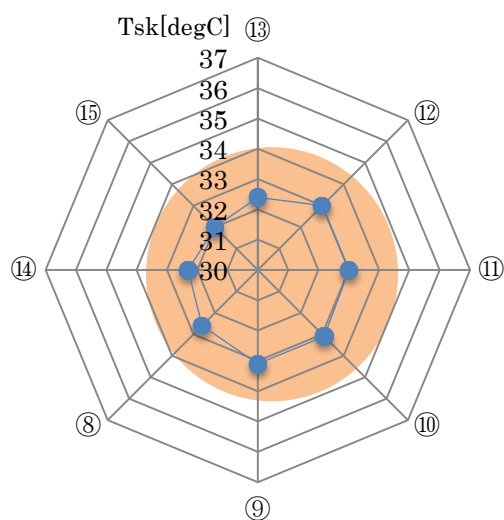


図 72. 皮膚表面温度

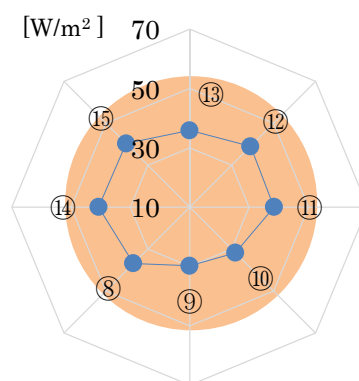


図 73. 総合熱伝達量

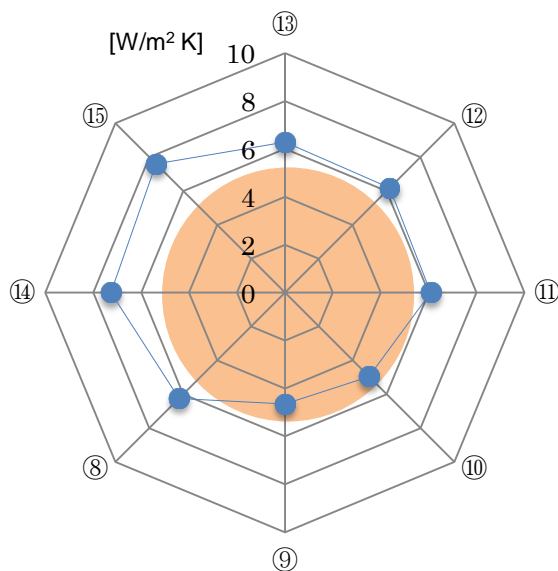


図 74. 総合熱伝達率

被験者 B 大腿部

表 27. オフィスチェア

オフィスチェア	⑬	⑫	⑪	⑩	⑨	⑧	⑭	⑮
Tsk[degC]	33.2	33.5	33.4	33.8	33.9	33.7	33.3	33
Tsk-ta[degC]	6.5	6.8	6.7	7.1	7.2	7	6.6	6.3
mV	0.068	0.081	0.065	0.056	0.052	0.057	0.077	0.079
Qi[W/m2]	37.50689	43.83117	32.45132	27.35711	25.76809	28.37232	41.22056	42.4275
hi[W/m2K]	5.770291	6.44576	4.843481	3.853114	3.578901	4.053189	6.245539	6.734523

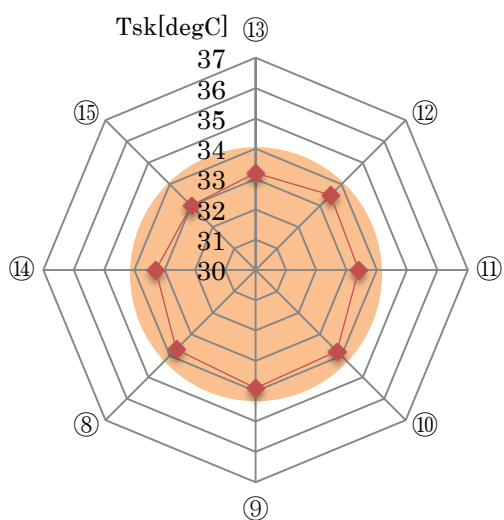


図 75. 皮膚表面温度

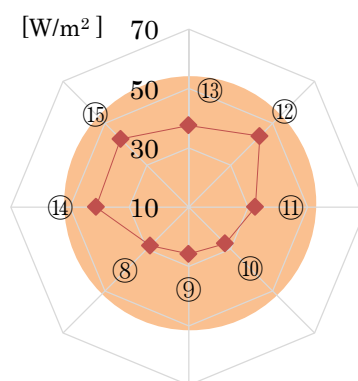


図 76. 総合熱伝達量

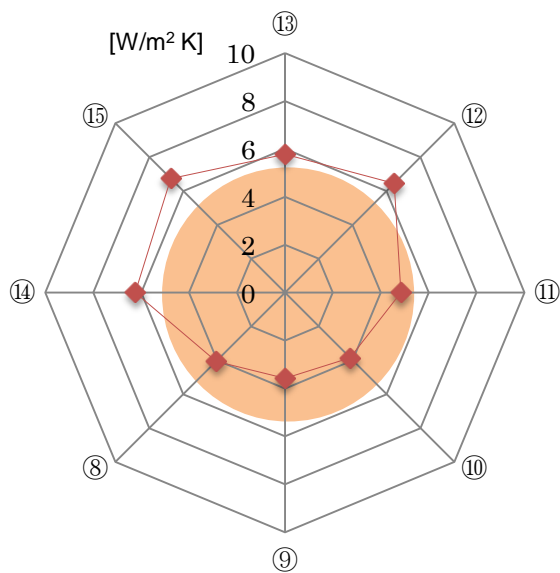


図 77. 総合熱伝達率

被験者 B 大腿部

表 28. ソファー

ソファー	⑬	⑫	⑪	⑩	⑨	⑧	⑭	⑮
Tsk[degC]	33.2	33.5	34.3	34.6	34.6	34.7	33.1	33.2
Tsk-ta[degC]	6.5	6.8	7.6	7.9	7.9	8	6.4	6.5
mV	0.073	0.063	0.071	0.056	0.052	0.057	0.056	0.082
Qi[W/m2]	40.26475	34.09091	35.44683	27.35711	25.76809	28.37232	29.97859	44.03867
hi[W/m2K]	6.194578	5.013369	4.664057	3.462925	3.261783	3.546541	4.684154	6.77518

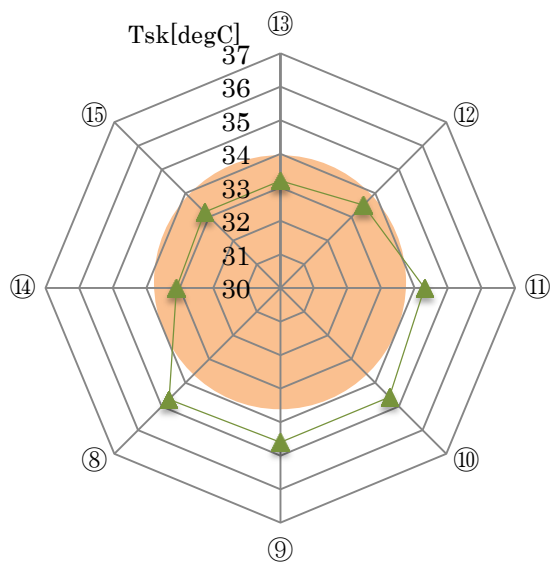


図 78. 皮膚表面温度

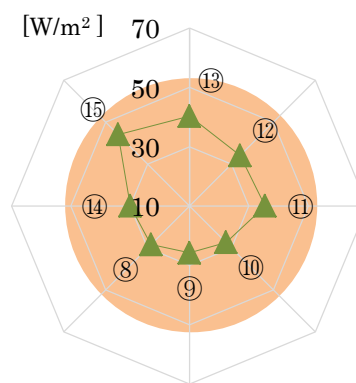


図 79. 総合熱伝達量

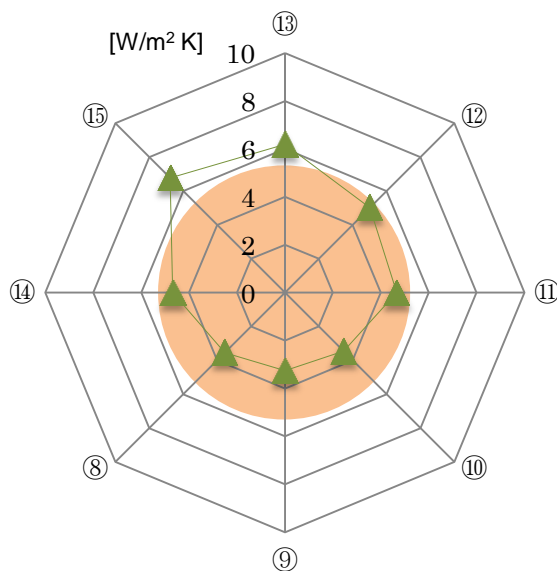


図 80. 総合熱伝達率

被験者 C 大腿部

表 29. メッシュウェア

メッシュウェア	(13)	(12)	(11)	(10)	(9)	(8)	(14)	(15)
Tsk[degC]	32.1	32.4	32.6	32.5	32.7	32	31.8	31.9
Tsk-ta[degC]	5.4	5.7	5.9	5.8	6	5.3	5.1	5.2
mV	0.066	0.07	0.069	0.074	0.0721	0.07	0.071	0.069
Qi[W/m2]	36.40375	37.87879	34.44833	36.15046	35.72844	34.84321	38.00857	37.05693
hi[W/m2K]	6.741435	6.645401	5.8387	6.232839	5.954741	6.57419	7.45266	7.126332

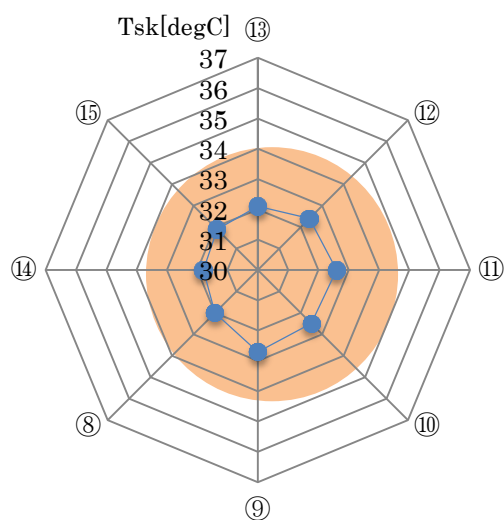


図 81. 皮膚表面温度

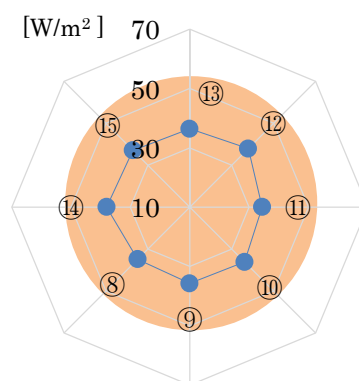


図 82. 総合熱伝達量

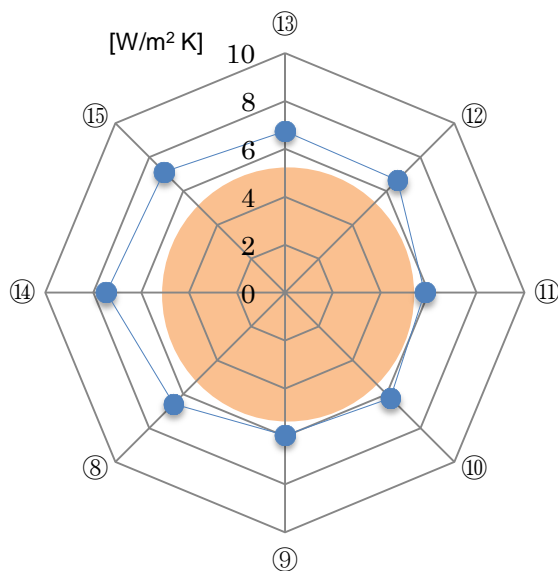


図 83. 総合熱伝達率

被験者 C 大腿部

表 30. オフィスチェア

オフィスチェア	⑬	⑫	⑪	⑩	⑨	⑧	⑭	⑮
Tsk[degC]	32.5	32.6	32.8	33	32.7	32.7	32.1	32.3
Tsk-ta[degC]	5.8	5.9	6.1	6.3	6	6	5.4	5.6
mV	0.061	0.061	0.065	0.056	0.055	0.061	0.067	0.069
Qi[W/m2]	33.64589	33.00866	32.45132	27.35711	27.25471	30.36336	35.86724	37.05693
hi[W/m2K]	5.801016	5.594688	5.319889	4.342398	4.542451	5.060561	6.642081	6.617309

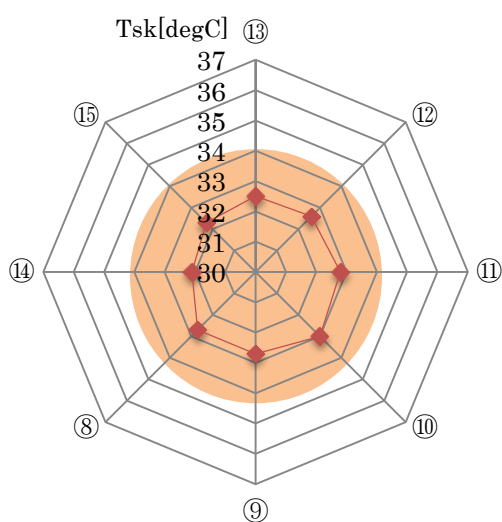


図 84. 皮膚表面温度

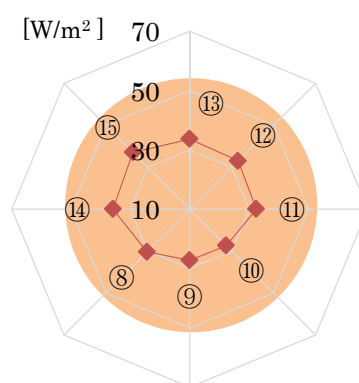


図 85. 総合熱伝達量

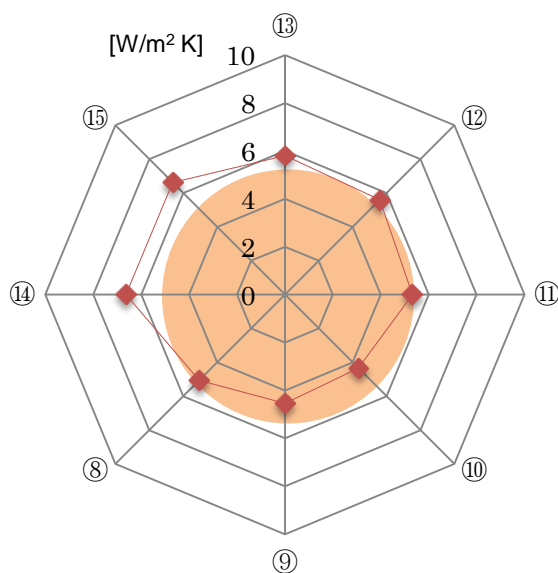


図 86. 総合熱伝達率

被験者 C 大腿部

表 31. ソファー

ソファー	⑬	⑫	⑪	⑩	⑨	⑧	⑭	⑮
Tsk[degC]	32.6	32.5	32.9	33.4	33.6	33.1	32.2	32.6
Tsk-ta[degC]	5.9	5.8	6.2	6.7	6.9	6.4	5.5	5.9
mV	0.063	0.053	0.061	0.038	0.035	0.047	0.063	0.062
Qi[W/m2]	34.74903	28.67965	30.45432	18.56375	17.3439	23.39472	33.72591	33.29753
hi[W/m2K]	5.889667	4.944768	4.911987	2.770709	2.513609	3.655426	6.131984	5.643649

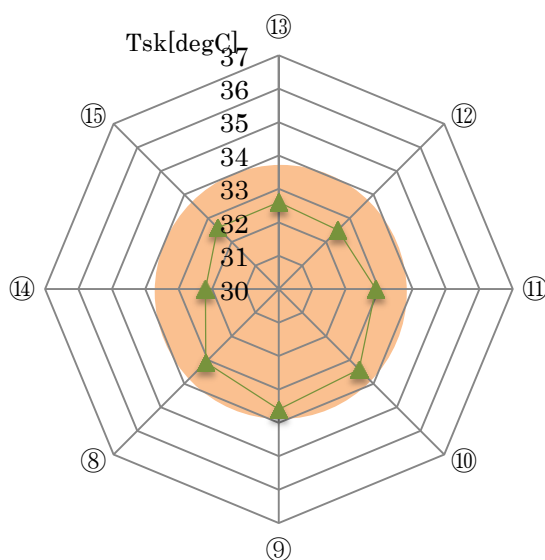


図 87. 皮膚表面温度

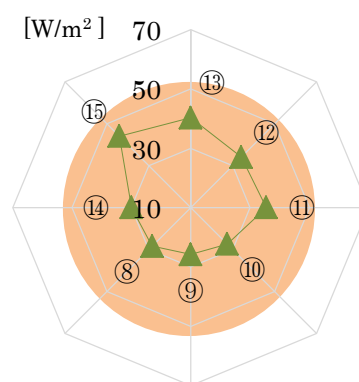


図 88. 総合熱伝達量

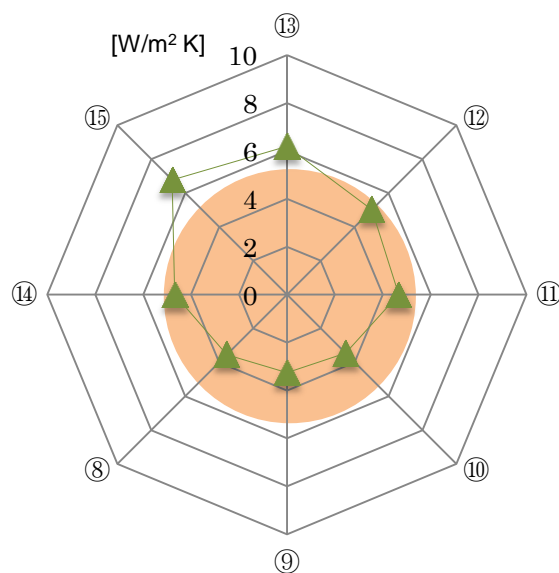


図 89. 総合熱伝達率

2.3.5 被験者の比較

腰部において A は、椅座位姿勢（椅子無し）の時温度分布は一様であった。0c では接触面付近の温度がやや上昇し、Sv 時に①の点では 1.3℃も表面温度が上がっている。3 人を比較してみても①、②、③が一番温度変化が大きい。被験者 C はやや平均皮膚温が低めであるが、Sv の③では、2.7℃もの上昇をしている。温度分布を比較してみると、同じ様な分布をしており、温度上昇の傾向も似ていた。総合熱伝達率は 3 人とも接触面で低くなるが、Mc ではほぼ変わらない。接触面以外では、椅子の影響がほとんどないことも共通している。しかし、総合熱伝達率の値は同じ様であるが、分布図として見ると微妙に形が違う。大腿部でも腰部と同じように接触面で総合熱伝達率が下がる。被験者の 3 人共、⑮、⑭、⑧でやや高い熱伝達率であるが、表面温度で見ると、それらの点は比較的低い。人によって分布が異なるが、総合熱伝達率の変化率はほぼ同じであるといえる。

2.3.6 被験者平均

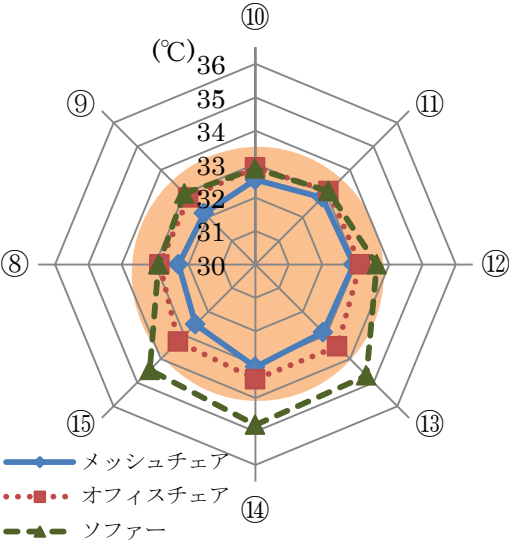


図 90. 皮膚表面温度

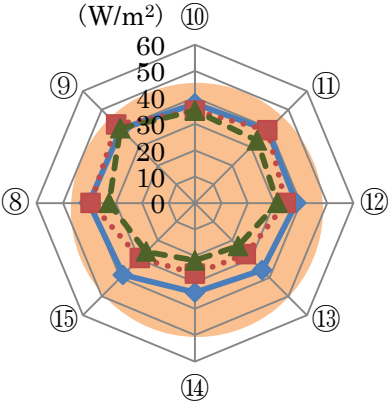


図 91. 総合熱伝達量

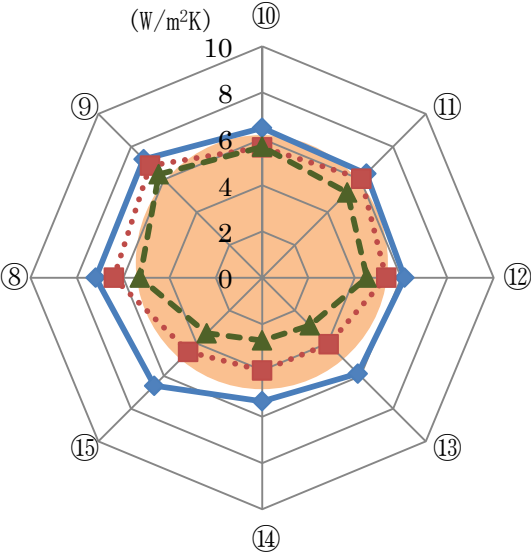


図 92. 総合熱伝達率

2.3 被験者実験のまとめと考察

・ マネキン実験と被験者実験の比較

マネキンの総合熱伝達率分布(図 4)は、被験者平均(図 5)と比べて④, ⑤, ⑥, ⑦でやや低めになったがほぼ等しい。しかし、Sv の②, ③は低くなり違いが出た。腰部、大腿部の部位平均での総合熱伝達率は、大腿部の Sv 以外は一致した。被験者実験の Sv はマネキン実験よりもやや高めの値を示した。原因は姿勢の違いで、被験者の姿勢は大腿部に体重をかける程、密着していなかったためだと考えられる。

・ 総合熱伝達率分布

腰部の熱伝達率(図5)は、0mにおいては、ほぼ一定の熱伝達率で分布は見られなかった。0cでは、⑤, ⑥, ⑦でやや低い値を示した。Svでは、④, ⑤, ⑥, ⑦で徐々に小さくなった。大腿部の総合熱伝達率(図 8)では、⑧, ⑨, ⑩で小さい値を示した。腰部と同様に0m, 0c, Svの順で熱伝達率は小さくなる。

・ 温度分布

温度分布(図6, 9)は既往研究と同じ様な値を示した。腰部、大腿部の温度分布は両方共、接触面での温度上昇をしており、Svの時では顕著に出ていた。周径方向では、温度分布はほぼないと言っても良いが、0mの温度分布は、⑧, ⑦で周りよりやや低い値を示している事がわかる。

・ 総合熱伝達量

総合熱伝達量(図7, 10)においては、既往研究¹⁾よりもやや低めの値であるが、それは室内の風速条件の違いであると考えられる。熱伝達率がやや低くなったと考えられる。総合熱伝達率においても同様の事が言える。

第2章 結論

椅子との接触面は通常よりも総合熱伝達率が低くなり、材質によって総合熱伝達率が変化することがわかった。接触面積に影響されるため、人体の接触面を再現できていないサーマルマネキンでは正確に接触面付近を測定できないと考えられる。さらに熱伝達を詳細に調べるために対流と放射の割合を測定する必要がある。また、椅子と人体との熱収支をCFDにより解析することが今後の課題である。

第3章「模擬臀部による熱コンダクタンスの測定」

3.1 臀部、大腿部の測定について

これまでに多くの姿勢（立位姿勢、椅座位姿勢、床座姿勢等）についての温熱環境に関する研究が行われてきた。しかし、椅座位姿勢において、椅子の条件を考慮した研究は少ない。椅子の熱的影響を評価する上で、サーマルマネキンと、人体の椅子との接触面積の違いにおいて、正確に接触部の再現が出来ていなかった。これまで、床暖房などを評価する上で、足部を再現した模擬足¹⁾などによって測定されてきた。同様の考えで星野⁷⁾は、人体の大腿部・臀部を模擬した模擬臀部を製作した。模擬臀部と椅子との接触面積、座圧分布において正確に再現出来ていなかった。それらの問題を解決する為、新たな模擬臀部を製作し、椅子の熱性能・接触部温度の再現を試みた。

1) 松井 勇：模擬足による床の接触温熱感の評価方法







学術講演会論文集(平成 3 年), 1991,10

3.2 模擬臀部Ⅱ実験

着座時の簡易的な熱的性質の測定について述べている。測定に際して、サーマルマネキンと同様に発熱する、人体の臀部・大腿部の一部を模擬した実験装置を用いた。この装置は、模擬足と同様の考えで、作られており、接触面積、座圧分布、人体の表面温度と同等に発熱させることで、人体を再現出来る。

3.2.1 椅子の種類

表 3-1

椅子	Oc	Cp	Ps	Om	OI	Sv
写真						
座面材質	布張り	プラスチック	布張り	メッシュ	合皮	ビニル張り
クッション	ウレタンフォーム50mm	-	ウレタンフォーム15mm	メッシュ	ウレタンフォーム75mm	ウレタンフォーム150mm
座面堅さ [tone]	46.2	99.3	71	50.2	61.2	55.8

3.2.2 模擬臀部Ⅱ概要

模擬臀部Ⅱは、星野が製作した模擬臀部を参考に製作し、人体着座時の臀部・大腿部の接触側半面を模擬したものである。

①形状

臀部・大腿部の接触側半面を模擬している。サイズは、2.4 で測定した座圧分布の女性平均をもとに製作した、女性人体を模擬した模擬臀部である。

②材質

模擬臀部Ⅱは、断熱材（押出ポリスチレンフォーム A）・スポンジ（メラミンスポンジ）・アルミ（アルミテープ）の層で構成されている。荷重がかかることにより、スポンジが潰れ、接触部を再現する。

③発熱層

発熱層には、シリコンコードヒーター（線状、 25Ω 、坂口電熱）を巻き付けている。ヒーターは温調機、SSR(solid State Relay)、CCU(Cycle Control Unite)に接続され、PID 制御によって温度制御される。



図 3-1 模擬臀部Ⅱ写真



図 3-2 模擬臀部Ⅱ背面

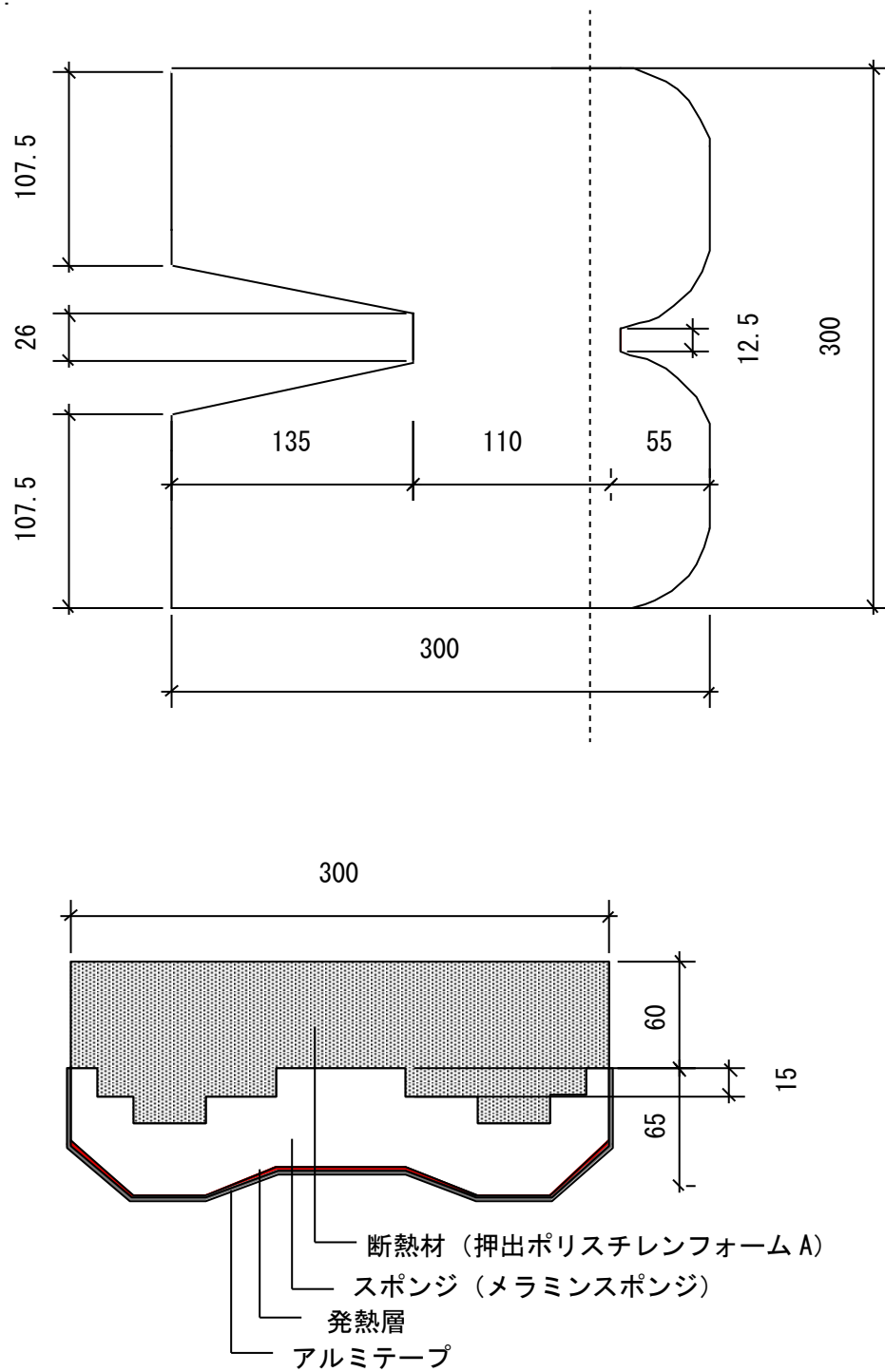


図 3-3 模擬臀部Ⅱ詳細

3.2.3 接触面積の実験概要

・ 座面接触面積の測定

椅子の上に 375×300 (mm) の薄い紙を固定し、その上に女性の臀部を模擬して製作した模擬臀部 (重り 20kg) もしくは人を座らせ、椅子との接触部の輪郭をサインペンでなぞった。その輪郭線に沿って切り取り、切り取った部分の重さを電子天秤 (SHIMADZU 製 TW323N, 精度: 0.001[g]) で計測し、紙の単位面積あたりの重さ ($64.67[\text{g}/\text{m}^2]$) と比較することで、座面接触面積を算出する。このとき被験者 (男女 6 名) は膝を 90° に保ち、こぶし一つ分開けた状態で測定した。座面接触面積の測定結果を表 2 に示す。

表 3-2

表2. 接触面積						
椅子	Oc	Cp	Ps	Om	Ol	Sv
男平均(m^2)	0.094	0.077	0.084	0.097	0.106	0.106
女平均(m^2)	0.0865	0.0765	0.0753	0.0838	0.0896	0.1013
模擬臀部(m^2)	0.088	0.0774	0.0765	0.0666	0.0913	0.101

表3. 最大圧力値 ($\text{N}/12.5\text{mm}^2$)						
椅子	Oc	Cp	Ps	Om	Ol	Sv
最大圧力値	26.5	33.0	32.0	28.4	26.8	28.8

3.2.4 座圧分布測定

・ 測定概要

圧力分布センサー (Xiroku 社製, LL センサー $375 \times 300[\text{mm}]$) を椅子の上に固定し、座面接触面積測定時と同様に 20kg の重りを乗せた模擬臀部 (図 2) を置き、座圧分布を測定した。

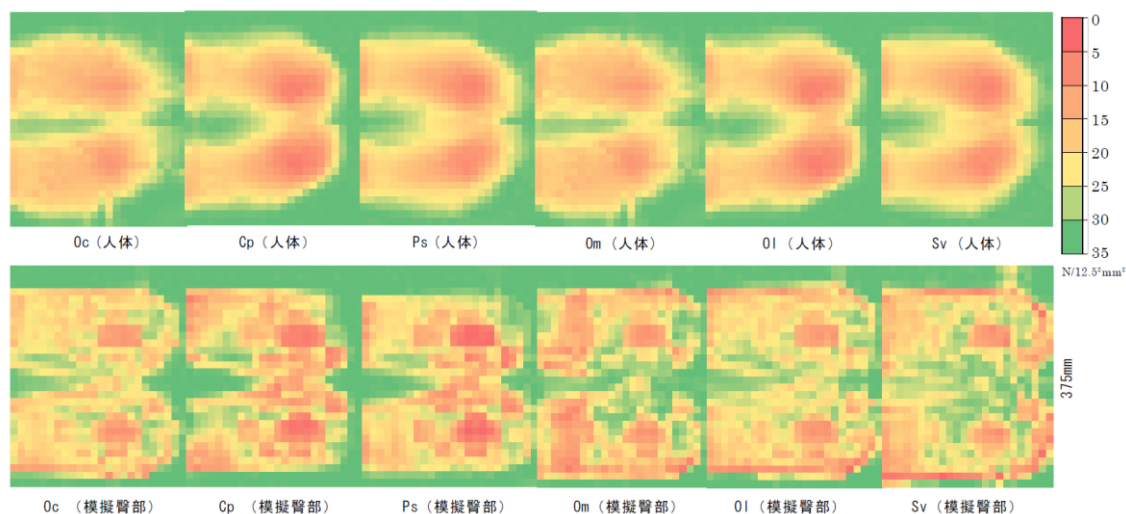


図 3-4. 座圧分布

・測定結果

図 1 に、人体と椅子の座圧分布図、模擬臀部と椅子の座圧分布図の比較を示す。クッション性のある椅子 Sv の分布図は、大腿部の方まで広く分布していることが確認された。表 3 より、最大圧力値には差が表れた。座面接触面積が大きいと、最大圧力値は小さく、座面接触面積が小さいと、最大圧力値が大きくなった。

3.2.5 接触部の熱コンダクタンス測定

表 4 のように設定された人工気候室内において、模擬臀部を人体表面温度と同等の表面温度 32[°C]程度になるように発熱させた。その後、椅子に置き（重り 20kg）、30 分間 1 秒間隔で、図 5 に示した測定点の表面温度と熱流を測定した。図 9 より測定点による値にばらつきが大きくないため、測定点毎に面積比は考慮せず、単純平均した。Om においては、前回発表した研究 2)の椅子無し椅座位姿勢時と同様な値となり、Om の熱抵抗が小さいことがわかる。Sv や Ol など断熱性が高い素材の椅子では低い値を示した。

2) 北澤 賢：着座時における腰部、大腿部の熱伝達に関する研究学術講演梗概集
2014(環境工学 II), 2014,9

表 3-3. 熱コンダクタンス

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ps		2.264758497	2.883977901	2.264758497	2.513145966	2.74186551	2.093023256	2.649033571	2.788813886	3.100030039
Oc		1.399538106	2.210909091	1.857142857	1.998843262	1.831410825	2.094545455	1.79655901	1.731389102	2.170040486
Om		6.105263158	5.813559322	5.827586207	5.881355932	5.896551724	6.01754386	5.508474576	5.929824561	5.928571429
Sv		1.164120225	1.346783479	1.230526523	1.013587305	0.903361748	1.016583417	1.526539988	1.286497462	0.507238181
Cp		4.086838535	4.737662338	4.135685208	4.572296015	4.795737123	3.647218453	4.949587534	4.217142857	4.251428571
Ol		0.960662526	0.971707317	0.872325742	1.201517067	1.238866397	1.540106952	1.656451198	1.201750122	1.25708502

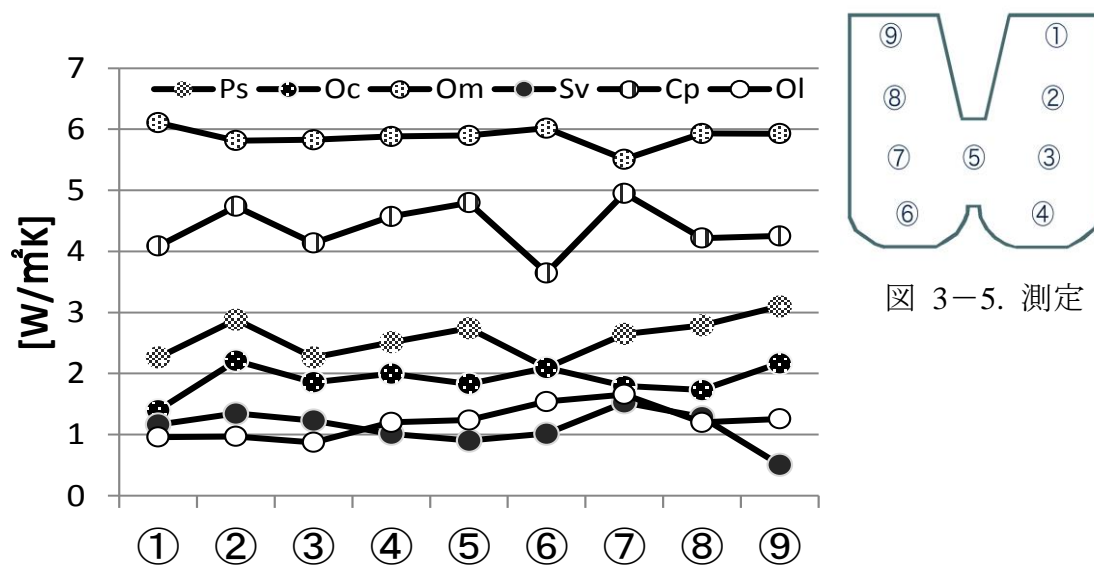







図 3-5. 測定

図 3-6. 熱コンダクタンス

3.2.6 大腿部、臀部の熱的影響

16 部位に分割された 65MN モデル 3)の臀部(Pelvis)、大腿部(Thigh)の領域と面積を参考に、それぞれの部位での接触面の比率を CF(接触面積/部位面積)とし、それ以外の非接触面部分を 1-CF と定義した(表)。熱コンダクタンスを接触部(Λ_c)と非接触部(h_b)を求め、それぞれ面積による重み付けした $\Lambda_c \cdot CF$, $h_b(1-CF)$ を算出した。

表 3-4

椅子	Oc	Cp	Ps	Om	OI	Sv
写真						
座面材質	布張り	プラスチック	布張り	メッシュ	合皮	ビニル張り
クッション	ウレタンフォーム50mm	-	ウレタンフォーム15mm	メッシュ	ウレタンフォーム75mm	ウレタンフォーム150mm
座面堅さ [tone]	46.2	99.3	71	50.2	61.2	55.8

$Q_c(\text{W/m}^2)$... 接触部熱流量

$Q_b(\text{W/m}^2)$... 非接触部熱流量

$T_c(^{\circ}\text{C})$... 接触面人体表面温度 (T_c)

$T_b(^{\circ}\text{C})$... 非接触面人体表面温度 (T_b)

$T_e(^{\circ}\text{C})$... 環境温度

$\Lambda_c (\text{W/m}^2 \text{ K})$... 接触部熱コンダクタンス

$$\Lambda_c = Q_c / (T_c - T_e)$$

$h_b (\text{W/m}^2 \text{ K})$... 非接触部熱コンダクタンス

$$h_b = Q_b / (T_b - T_e)$$

$\Lambda_c \cdot CF (\text{W/m}^2 \text{ K})$... 面積重み付け接触部熱コンダクタンス

$h_b \cdot (1 - CF) (\text{W/m}^2 \text{ K})$... 面積重み付け非接触部熱コンダクタンス

表 3-5. 大腿部への熱的影響

椅子	Oc	Cp	Ps	Om	Ol	Sv
女平均(m ²)	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10
模擬臀部(m ²)	0.09	0.08	0.08	0.07	0.09	0.10
非接触面積	0.34	0.35	0.35	0.36	0.34	0.33
面積比(着座時/非着座時)	1.47	1.29	1.27	1.11	1.52	1.68
大腿部接触面積 (Ac)	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
大腿部非接触面積(Ab)	0.19	0.19	0.19	0.20	0.19	0.19
CF(コンタクトファクター)(Ac/A)	0.08	0.07	0.07	0.06	0.08	0.09
(1-Cf)	0.92	0.93	0.93	0.94	0.92	0.91
大腿部 接触面人体表面温度 (Tc)	33.80	32.56	35.19	32.43	35.30	37.75
大腿部 非接触面人体表面温度 (Tb)	31.70	31.60	31.60	31.10	32.70	33.30
Tc-Te (°C)	7.80	6.56	9.19	6.43	9.30	11.75
Tb-Te (°C)	5.70	5.60	5.60	5.10	6.70	7.30
接触部(1,2,8,9) Qc(W/m ²)	10.56	20.22	18.56	27.22	7.53	9.48
接触部 Qc(W/m ²)星野	12.00	30.00	21.40	14.10	12.70	7.10
非接触面Qb(W/m ²)(大腿部)	34.80	34.90	30.40	34.80	40.40	42.80
$\Lambda_c = Qc \cdot Ac / Ac \cdot (Tc - Te)$ (W/m ² K)	1.35	3.08	2.02	4.24	0.81	0.81
$hb = Qb \cdot Ab / Ab \cdot (Tb - Te)$ (W/m ² K)	6.11	6.23	5.43	6.82	6.03	5.86
$Qc \cdot Ac + Qb \cdot Ab$ (W)	6.88	7.09	6.19	7.18	7.89	8.33
$Q = Qc \cdot CF + Qb \cdot (1 - CF)$ (W/m ²)	32.93	33.90	29.61	34.36	37.77	39.85
$\Lambda_c \cdot CF$	0.10	0.21	0.14	0.25	0.06	0.07
$hb \cdot (1 - CF)$	5.63	5.81	5.06	6.43	5.55	5.34
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + hb \cdot (1 - CF)$ (W/m ² K)	5.74	6.02	5.20	6.67	5.61	5.42
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot Tc / \Lambda + hb \cdot (1 - CF) \cdot Tb / \Lambda) - Te)$	32.93	33.90	29.61	34.36	37.77	39.85

設定室内温度 (°C)	26
壁面放射温度 (°C)	26.7
設定湿度 (%)	50

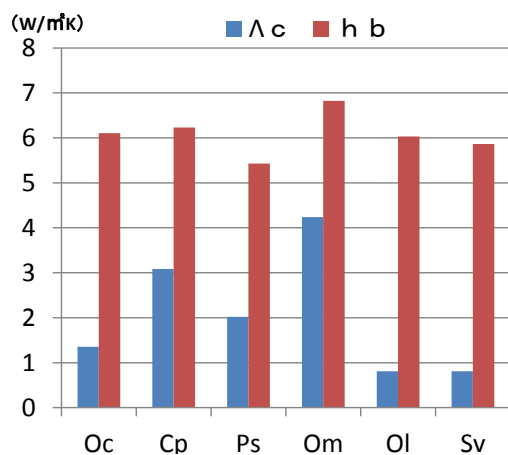


図 3-7. 大腿部 熱コンダクタンス

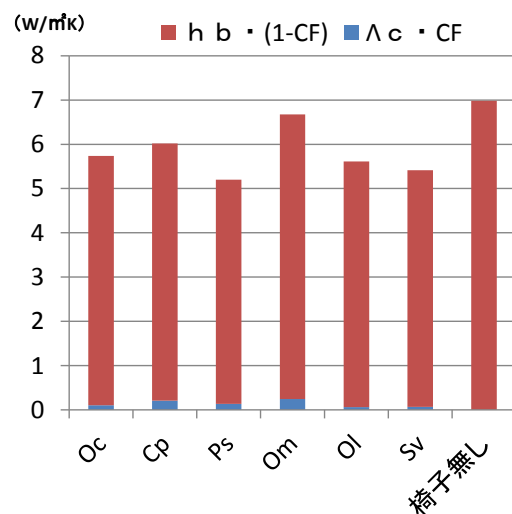


図 3-8. 大腿部 重み付け熱コンダクタンス

表 3-6. 臀部への熱的影響

椅子	Oc	Cp	Ps	Om	Ol	Sv
女平均(m ²)	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10
模擬臀部(m ²)	0.09	0.08	0.08	0.07	0.09	0.10
非接触面積	0.34	0.35	0.35	0.36	0.34	0.33
面積比(着座時/非着座時)	1.39	1.23	1.21	1.06	1.45	1.60
臀部接触面積 (Ac)	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06
臀部非接触面積(Ab)	0.17	0.17	0.17	0.18	0.16	0.16
CF(コンタクトファクター)(Ac/A)	0.25	0.22	0.22	0.19	0.26	0.29
(1-Cf)	0.75	0.78	0.78	0.81	0.74	0.71
臀部 接触面人体表面温度 (Tc)	33.57	32.10	35.63	32.52	35.14	37.09
臀部 非接触面人体表面温度 (Tb)	33.60	33.00	33.10	32.60	34.40	35.30
Tc-Te (°C)	7.57	6.10	9.63	6.52	9.14	11.09
Tb-Te (°C)	7.60	7.00	7.10	6.60	8.40	9.30
接触部(3,4,5,6,7) Qc(W/m ²)	13.16	23.58	21.82	33.90	10.92	11.83
総合熱伝達率	1.74	3.86	2.27	5.20	1.20	1.07
接触部 Qc(W/m ²)星野	12.00	30.00	21.40	14.10	12.70	7.10
非接触面Qb(W/m ²)(臀部)	49.10	45.30	47.10	49.40	50.40	54.20
$\Lambda_c = Qc \cdot Ac / Ac \cdot (Tc - Te)$ (W/m ² K)	1.74	3.86	2.27	5.20	1.20	1.07
$h_b = Qb \cdot Ab / Ab \cdot (Tb - Te)$ (W/m ² K)	6.46	6.47	6.63	7.48	6.00	5.83
$Qc \cdot Ac + Qb \cdot Ab$ (W)	8.85	8.95	9.18	10.26	8.85	9.27
$Q = Qc \cdot CF + Qb \cdot (1 - CF)$ (W/m ²)	40.03	40.48	41.55	46.44	40.06	41.93
$\Lambda_c \cdot CF$	0.44	0.86	0.50	0.99	0.31	0.31
$h_b \cdot (1 - CF)$	4.83	5.04	5.18	6.06	4.43	4.14
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + h_b \cdot (1 - CF)$ (W/m ² K)	5.27	5.89	5.68	7.05	4.74	4.45
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot Tc / \Lambda + h_b \cdot (1 - CF) \cdot Tb / \Lambda) - Te)$	40.03	40.48	41.55	46.44	40.06	41.93

設定室内温度 (°C)	26
壁面放射温度 (°C)	26.7
設定湿度 (%)	50

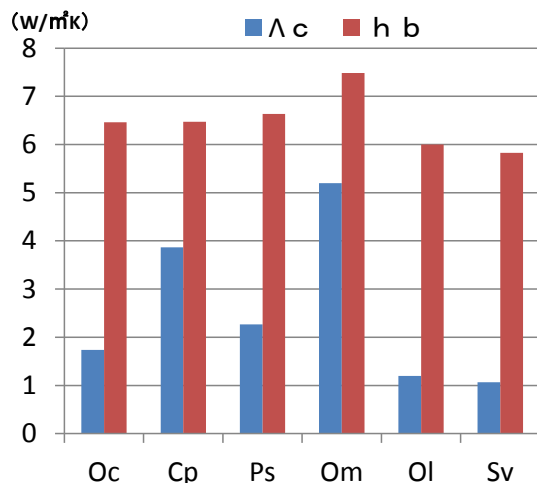


図 3-9. 臀部 熱コンダクタンス

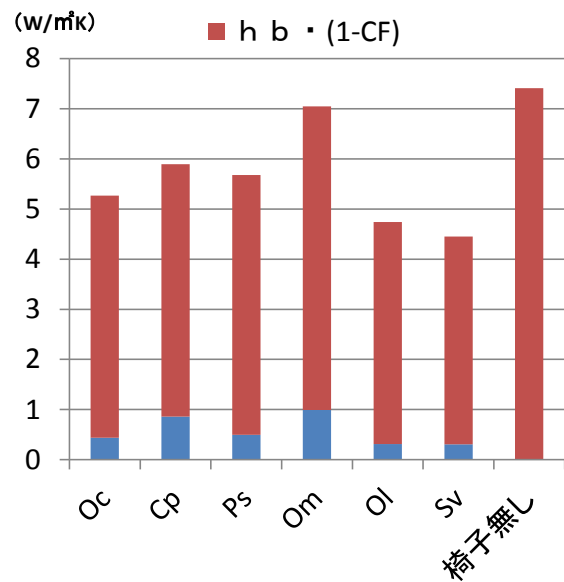


図 3-10. 臀部 重み付け熱コンダクタンス

3.2.7 模擬臀部Ⅱまとめ

・考察

非接触面の表面温度、熱流量は、大腿部と腰部を周径方向に 45 度で測定した結果を用いた。接触部に着目すると、熱抵抗値が大きくなる事がわかる。特に、Sv、Oc、Ol といった、ウレタンフォーム材による熱抵抗値が大きいと考えられる

・まとめと課題

模擬臀部を作成し、人体と同等の座面接触面積をもち、発熱することが確認された。また、模擬臀部着座時には、椅子によって、熱流量が異なり、着座時の接触部に着目した熱コンダクタンスを算出した。接触部の熱抵抗値はウレタンフォーム系のクッション材を用いた椅子で著しく高い値となった。

今後さらに、接触面積と座圧分布の精度を上げるため新たな模擬臀部を作成した。

3.3 模擬臀部Ⅲ

概要

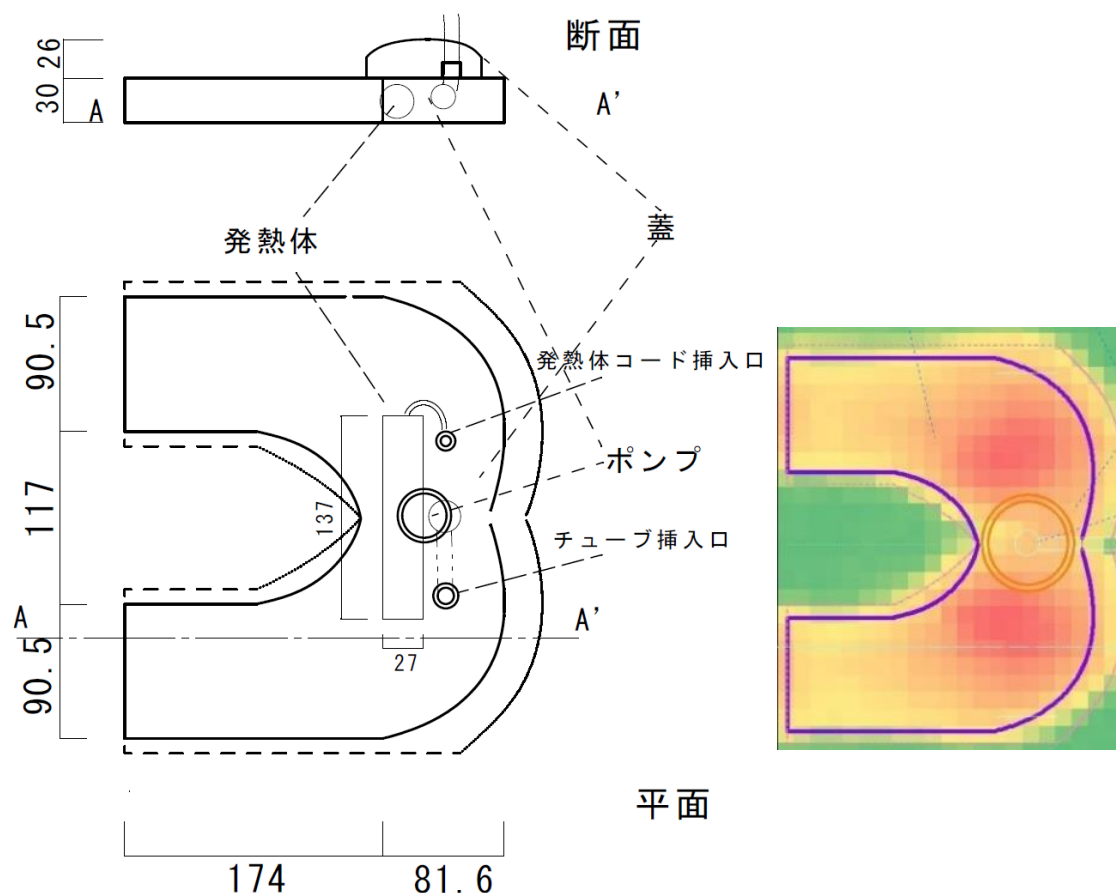


図 3-11. 模擬臀部図面

問題点を解決するために新たに模擬臀部Ⅲを製作した。人体の接触面積、座圧分布の結果からわかるように、椅子の固さや形状により、大腿部、臀部での接触面の広がりがある。現実の接触面の柔らかさを再現するために、模擬臀部の内部を水にする事にした。

製作は、ヘルメット潜水株式会社に協力していただき製作した。ヘルメット潜水株式会社は、オーダーの湯たんぽが製作可能である。サイズ、形状、カラーをオーダー出来るため、内部が水の模擬臀部を製作して頂いた。

模擬臀部が椅子の形状や形により、人体の着座した時の座圧分布を参考にし、圧力のかかった部分を臀部とし、外形を型取り、模擬臀部の形状を決定した。中が水であるため接触面が広がるため、広がりを見越して、外周から 1~2 cm 小さめに製作した。中は、水であるため、コードヒーターを埋め込み、臀部の温度を再現する。ヒーター部分での熱の偏りをなくすためにポンプを仕込み、水を循環させる。また、エアーポンプを仕込み圧力を調整する。

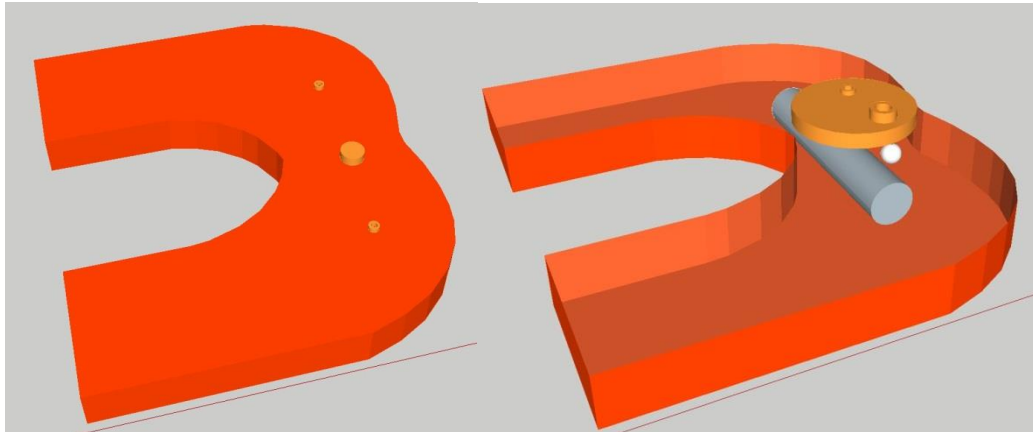


図 3-12. 模擬臀部俯瞰図

図 3-13. ポンプ、ヒーター位置

・ヒーター

サーモ&ヒーター(テトラ IC サーモヒーター 200W IH-200 熱帯魚水槽用ヒーター)

表 3-7. ヒーター仕様

仕様	定格電圧／周波数: AC100V 50／60Hz 定格消費電力: 79W 通電遮断機能: サーマルプロテクター・温度ヒューズ 制御温度範囲: 15～32℃(温度設定精度±1℃) 使用可能周囲温度: 0～35℃ 使用可能周囲湿度: 10～85%(結露なき事)
寸法	サーモスタット本体: 幅5.7×奥行4.2×高さ11.7cm(吊り下げ用フック含まず) 電源コード: 約0.9m ヒーター部: 外径2.7×長さ13.7×高さ4.4cm ヒーターコード: 約0.8m

模擬臀部の形状は酒井³⁾が測定した女性の座圧分布図をもとに人体の臀部と大腿部の接触面積を再現した実験装置であり、模擬臀部内に水を注入し、内蔵する温度制御機能を備えたヒーター(テトラ IC サーモヒーター200W IH-200)でその水を温めることによって人体の表面温度と同等に発熱させることが可能である。素材はウェットスーツと同様のものを使用し、防水加工を施している。また重りを乗せることによって接触面積を再現した。

3.3.1 座面接触面積測定

椅子の上に 297×420 (mm) の薄い紙を固定し、その上に 20 (kg) の重りを乗せた状態の模擬臀部と椅子との接触部の輪郭をペンでなぞった。その輪郭線に沿って切り取り、切り取った部分の重さを電子天秤 (SHIMADZU 製 TW323N, 精度 : 0.001 [g]) で計測し、紙の単位面積あたりの重さ (62.01 [g/m²]) と比較することで、座面接触面積を算出する。

3.2 座面接触面積測定結果

座面接触面積の測定結果を図 3 に示す。図 3 の人体 (女性) の接触面積は酒井の計測結果を参考にした。人体 (女性) の接触面積に比べて、模擬臀部の接触面積が全体的に小さい値になったが、椅子ごとの接触面積の大小関係の傾向は、Ps 以外似たものになった。

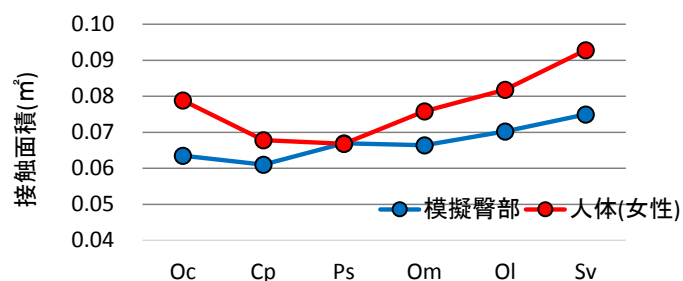


図 3-14. 表面積

3.3.2 熱コンダクタンス、表面温度測定

表 2 のように設定された人工気候室内において、模擬臀部を人体表面温度と同等の 32[°C]程度に発熱させ、30 分間 1 秒間隔で、図 4 に示した測定点の表面温度と熱流を測定する。Om においては、大腿部、臀部の熱的影響 16 部位に分割された 65MN モデル 3)の臀部、大腿部の領域と面積を参考に、それぞれの部位での接触面の比率を CF(接触面積/部位面積)とし、その他の非接触面部分を 1-CF と定義した。熱コンダクタンスを接触部(Δc)と非接触部(hb)で求め、それぞれ面積による重み付けした ΔcCF , $hb(1-CF)$ を算出した。非接触部の値は星野の研究を参考にした。

4.2 熱コンダクタンス測定結果

熱コンダクタンスの測定結果を図 6 から図 9 に示す。臀部、大腿部で共通して Oc や Ol、Sv では接触部の熱コンダクタンスが低い値になり、Om は接触部と非接触部とでほとんど変わらないという結果になった。Cp が接触部の熱コンダクタンスが非接触部の熱コンダクタンスよりも高くなるという結果になったのは測定に問題があった可能性がある。

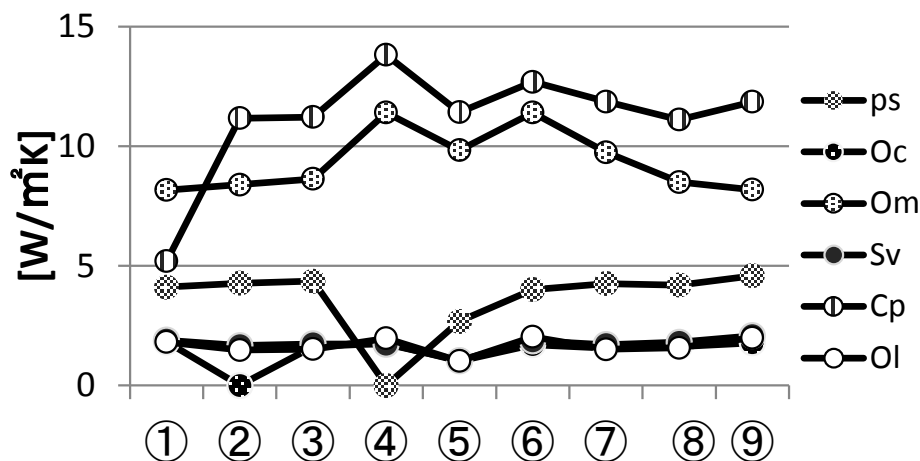


図 3-15. 熱コンダクタンス

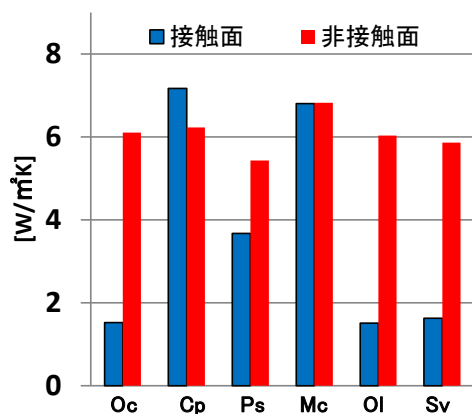


図 3-16.大腿部
熱コンダクタンス

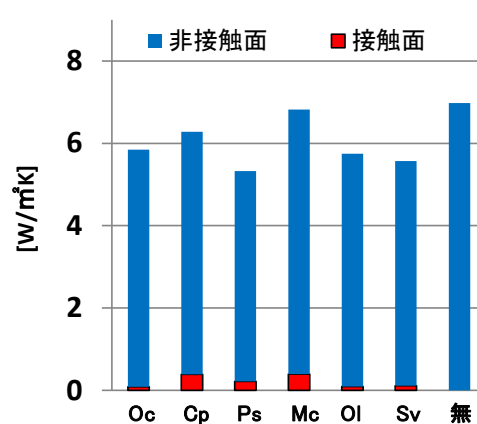


図 3-17.大腿部
重み付け熱コンダクタンス

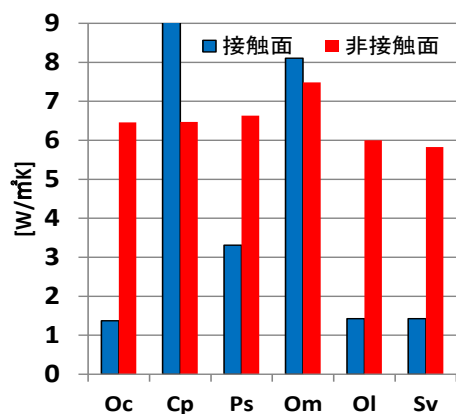


図 3-18.臀部
熱コンダクタンス

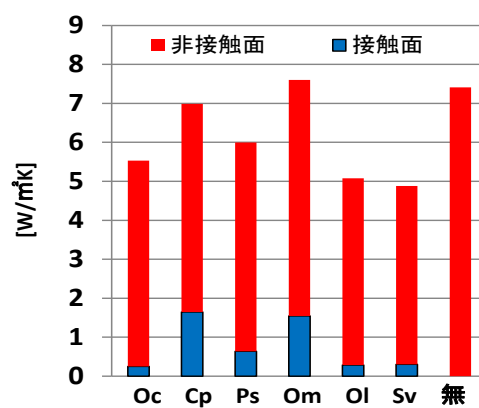


図 3-19.臀部
重み付け熱コンダクタンス

・表面温度測定結果

図 10 に測定結果を示す。柔らかい椅子 Ol、Sv の値は高く、硬い椅子 Cp の値は小さくなった。また、全体として表面温度が低くなった。模擬臀部に内蔵されているヒーターが設定温度以上だと作動しない制御機能を備えていたためだと考えられる。Om は座面材質がメッシュであるために熱が逃げやすく、固い椅子ではないが温度が低くなったと考えられる。

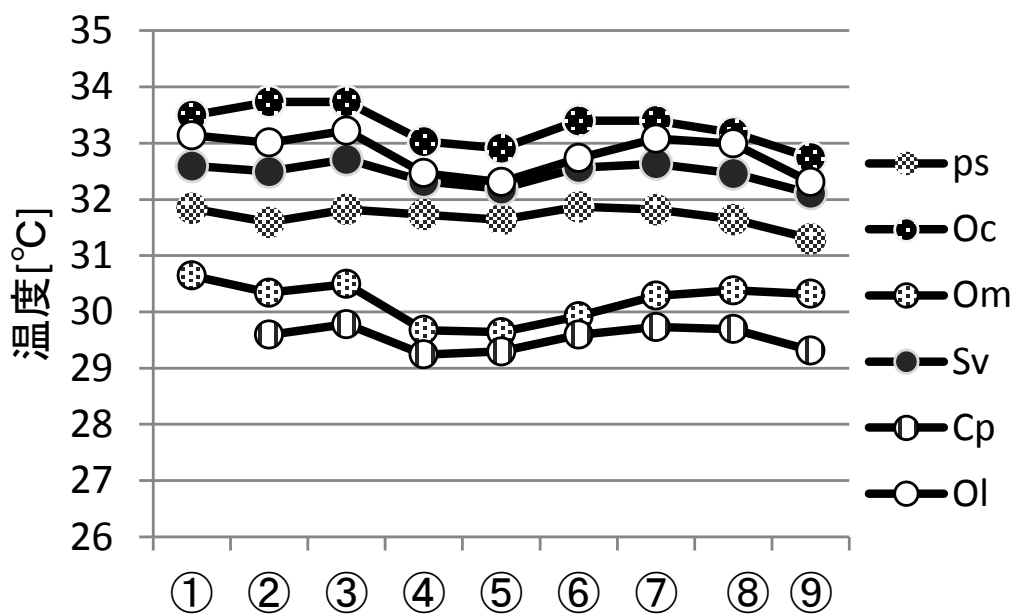


図 3-20.表面温度

3.3.3 被験者実験との比較

図 12 から図 15 に比較したグラフを示す。臀部、大腿部ともに表面温度と熱コンダクタンスの値は被験者実験のものとは異なるが傾向は近いものとなった。

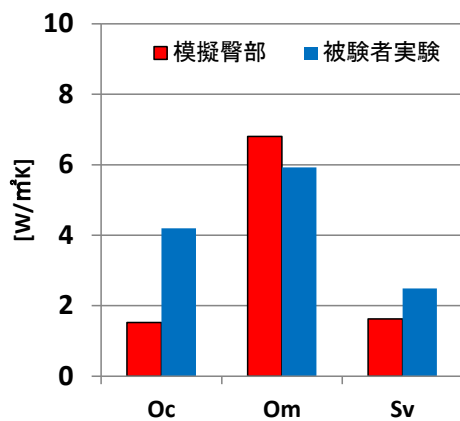


図 3-21.大腿部
熱コンダクタンス比較

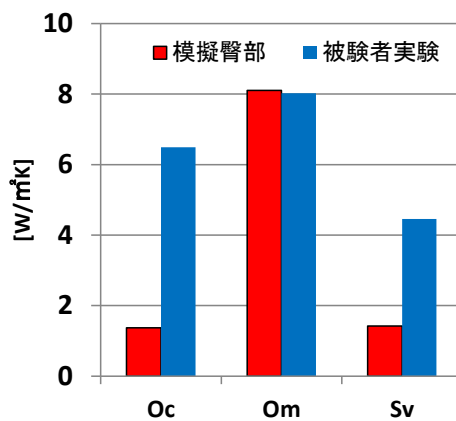


図 3-22.臀部
熱コンダクタンス比較

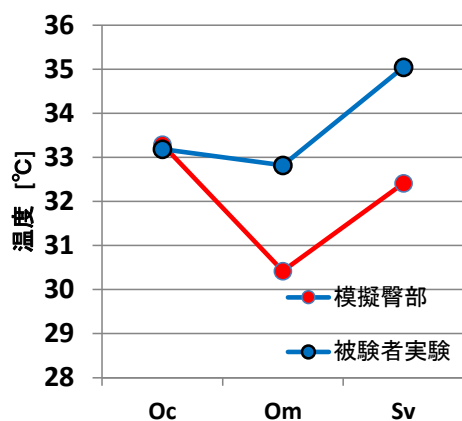


図 3-23.大腿部
表面温度比較

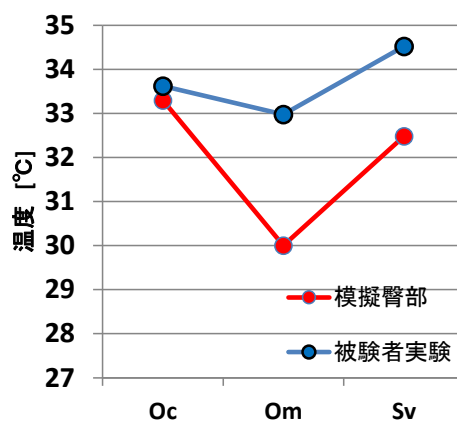


図 3-24.臀部
表面温度比較

3.4 まとめと課題

新たな模擬臀部の接触面積や熱流、表面温度などを計測した結果、人体の計測値に近い値は出せなかったが、似たような傾向がみられた。模擬臀部の大きさの微調整や使用するヒーターの変更、正確な実験などによって改善できる可能性がある。

第 4 章 「CFD による解析」

4.1 モデルの作成

実験で用いたサーマルマネキンと人工気候室をモデル化するために、Autodesk が無償で提供している 123DCatch というソフトを使用する。123DCatch は、40 枚の様々な方向から撮られた写真から 3D モデルを作成する事が出来る。これにより、サーマルマネキンのモデルを作成する。3D 化したモデルを Autodesk の Maya というモデリングが出来るソフトを使い、モデリングと微妙なずれの修正を行った。人工気候室のモデルも Maya にて作成した。マネキンモデルは部位毎に発熱設定が出来るように、実際のマネキンと同様にそれぞれの部位をパッチで分ける。



図 4-1. 撮影風景

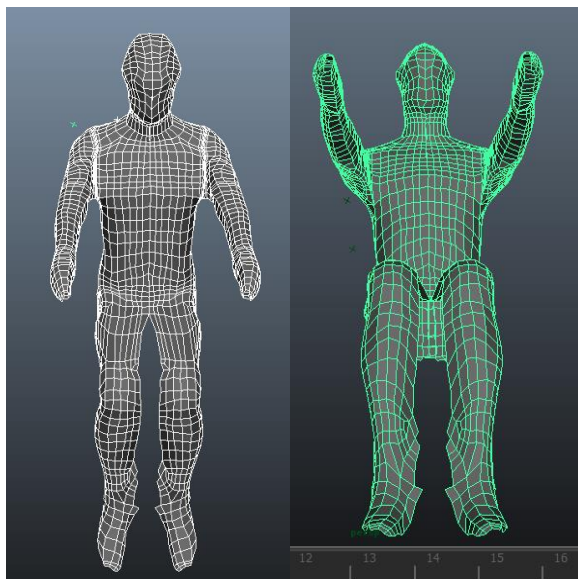


図 4-2. モデリング

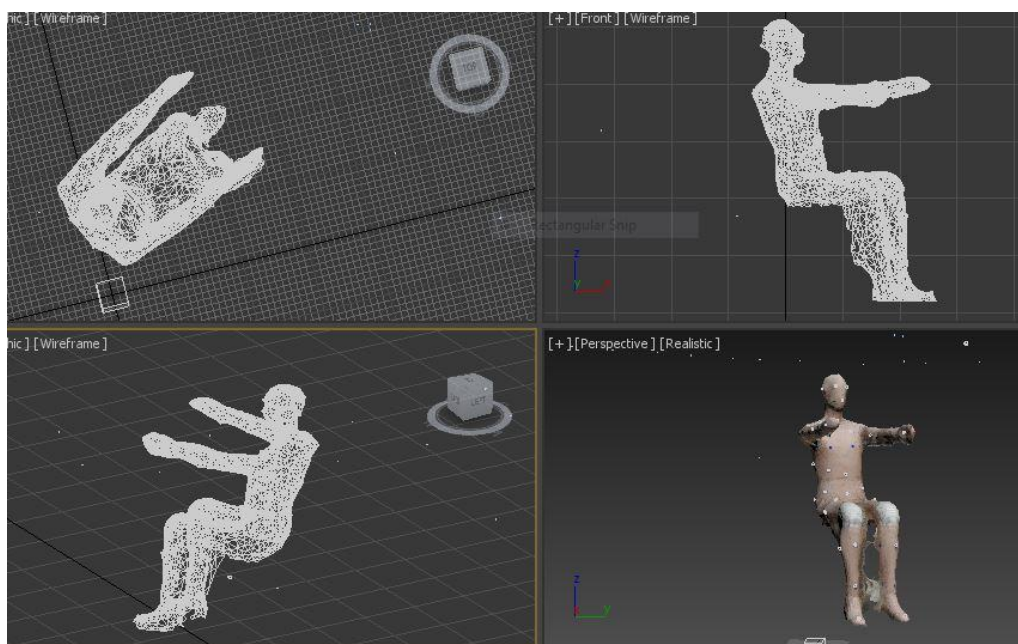


図 4-3. 3D モデル化

- ・椅子のモデル化

実験で使用した椅子の 3D モデル化を行った。

まず、実験で使用した椅子をスキャンするために Autodesk が無償で提供している 123dCatch と 3D モデリングソフトで、モデル化を行った。



図 4-4. プラスチック



図 4-5. 123d Catch

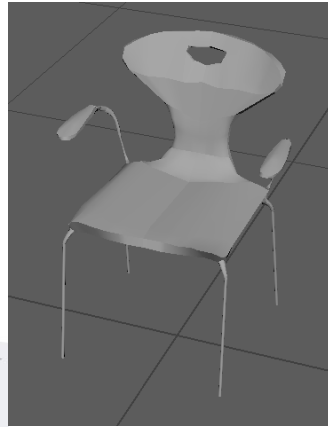


図 4-6. 修正モデル

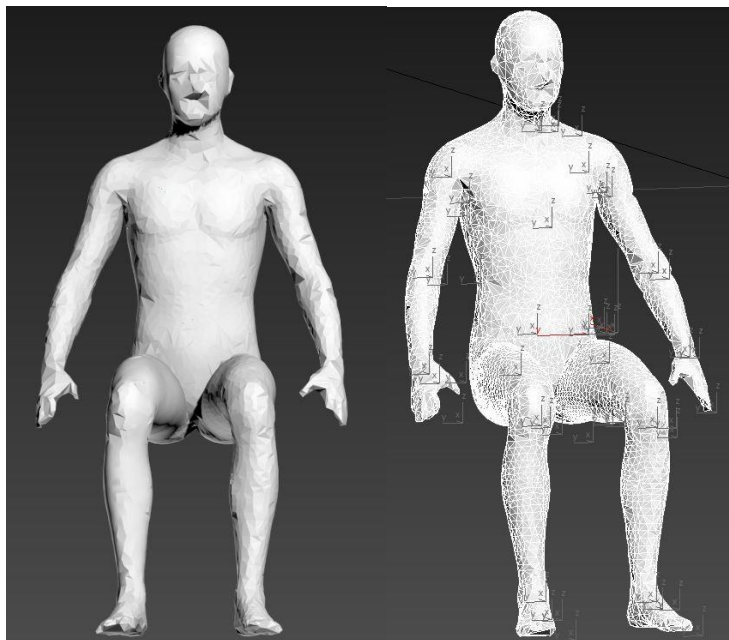


図 4-7. 人体モデル

3D モデリングソフトで人体モデルを作成した。作成した人体モデルは、65MN モデルの表面積を参考に、部位分割した。椅子のリアルな形状を再現するために、実験で使用した椅子をスキャンし、作成した 3D モデルを表に示す。

表 4-1 椅子のモデル化

Oc オフィスチェア		Sv ソファ	
			
ウレタン40mm		ウレタン150mm	
Ol プレジデントチェア		Cp カジュアルチェア	
			
ウレタン75mm		プラスチック	
Ps パイプ椅子		Wc 木製スツール	
			
ウレタン15mm		木	

4.2 CFD による解析

実験と同様に8種類の椅子と人体をモデル化し、CFD ソフトで、実験と同様の環境のもと、椅子の熱的影響をシミュレーションし実験結果との比較を行った。

まず表に示したマネキンの発熱量を用いて Stream で解析を行った。また、解析条件、在室の設定を表に示す。

表 4-2 発熱量

発熱量(W)	発熱量(W)	
	部位	マネキン
	頭部	8.3
	胸部前	6.6
	胸部後	7.6
	腰部	7.0
	左上腕部	3.7
	右上腕部	3.7
	左前腕部	3.8
	右前腕部	3.8
	左手先	2.3
	右手先部	2.3
	左大腿部	7.5
	右大腿部	7.5
	左下腿部	5.3
	右下腿部	5.3
	左足先部	2.0
	右足先部	2.0

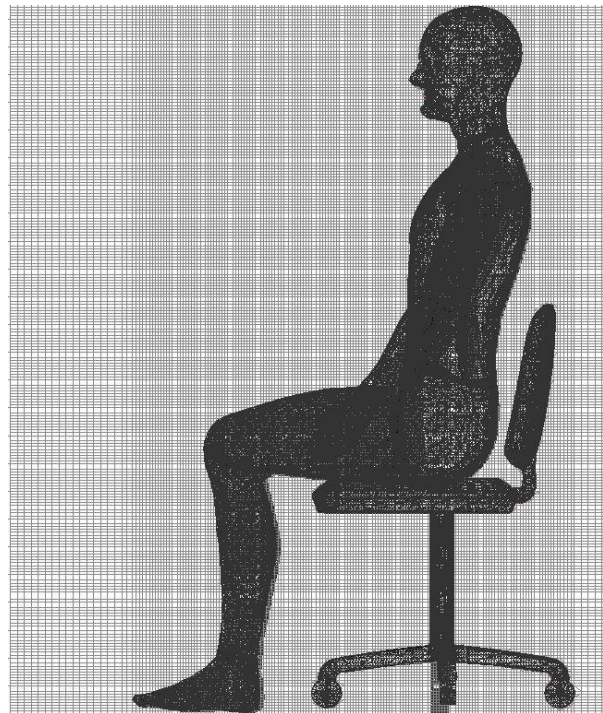


図 4-8. メッシュ

表 4-3.解析条件

壁面境界条件	床・壁	熱伝導 外部温度26℃
	天井	熱伝導 外部温度26℃
放射率	床・壁	0.9
	天井	0.9
	人体	0.9
温度	人体	32度(固定)

表 4-4. 椅子の材質条件

材質	人体	臀部、大腿部	椅子		
			木	プラスチック	軟質ウレタン
密度(kg/m ³)	998.07	998.07	300	1400	38
比熱(J/(kg・K))	4183	4183	1300	950	1250
熱伝導率(W/(m・K))	0.5991	2	0.069	0.16	0.042

4.3 解析概要

CFD 解析は、ソフトウェアクレイドルの **Stream** を使用した。

ルは、低レイノルズ型 $k-\epsilon$ モデルを用いた。計算は定常計算で行った。

・解析方法

人工気候室を再現した $X=2500$ 、 $Y=4500$ 、 $Z=2500$ の空間内に椅子に座った人体モデルを配置し、天井吹き出し方式とする。図に解析領域を示す。また、解析に使用した椅子は、これまでの実験で使用してきた椅子にウッドチェアを新たに加えて解析を行った。

・境界条件

壁面は、外部温度 26°C 、熱伝導率を与え、天井は一面吹き出しの風速 0.1m/s で、実験時の環境条件(表 6)と同等の条件とした。

・Stream 解析一回目

サーマルマネキンの放熱量を用いて、解析を行い椅子の熱抵抗値を求めた。

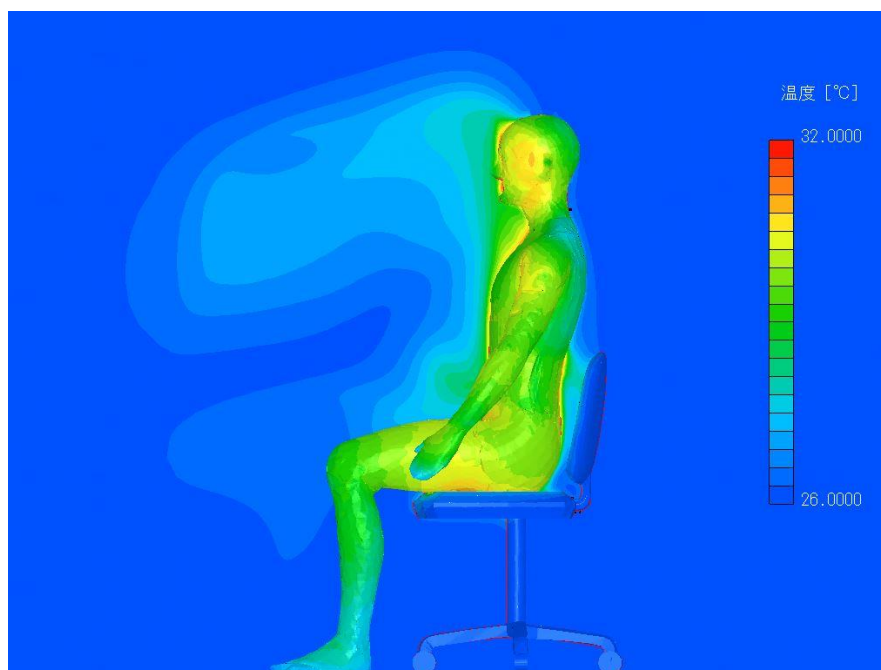


図 4-9. 温度ブルーム

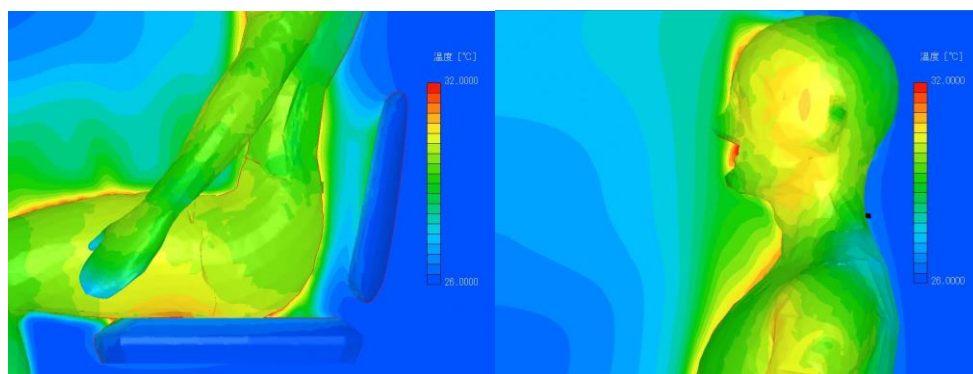


図 4-10. 大腿部周辺温度

図 4-11. 頭部周辺温度

4.4 椅子の大腿部、臀部への熱的影響

● Oc (オフィスチェア)

Stream の解析結果から椅子の clo 値を算出し、腰部、大腿部の clo 値を 65MN モデルに組み込み計算を行った。

$$Rt: \text{熱抵抗値}(\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}) \quad Rt = \frac{(Tt-Ta) \times A}{W}$$

$$It: \text{熱抵抗値}(\text{clo}) \quad It = \frac{Rt}{0.155}$$



図 4-12. 椅子

	人体	椅子
材質	水	軟質ウレタン
密度	998.07	38
比熱	4183	1250
熱伝導率	0.5991	0.042

表 4-5. 大腿部計算過程

大腿部面積 (m ²)	0.41
非接触面積	0.39
面積比(着座時/非着座時)	1.68
大腿部接触面積 (Ac)	0.02
大腿部非接触面積(Ab)	0.38
CF(コンタクトファクター)(Ac/A)	0.04
(1-Cf)	0.96
大腿部 接触面人体表面温度 (Tc)	39.00
大腿部 非接触面人体表面温度 (Tb)	34.83
Tc-Te (°C)	12.30
Tb-Te (°C)	8.13
接触部(1,2,8,9) Qc(W/m2)	11.56
非接触面Qb(W/m2)(大腿部)	42.25
Λ c =Qc・Ac/Ac・(Tc-Te) (W/m2K)	0.94
hb =Qb・Ab/Ab・(Tb-Te) (W/m2K)	5.19
Qc・Ac+Qb・Ab (W)	16.33
Q=Qc・CF+Qb・(1-CF) (W/m2)	40.87
Λ c・CF	0.04
hb・(1-CF)	4.96
Λ =Λ c・CF+hb・(1-CF) (W/m2K)	5.00
Q=Λ・((Λ c・CF・Tc/Λ +hb・(1-CF)・Tb/Λ)-Te)	44.37

表 4-6. 臀部計算過程

臀部面積 (m ²)	0.20
非接触面積	0.17
面積比(着座時/非着座時)	0.66
臀部接触面積 (Ac)	0.03
臀部非接触面積(Ab)	0.19
CF(コンタクトファクター)(Ac/A)	0.17
(1-Cf)	0.83
臀部 接触面人体表面温度 (Tc)	38.98
臀部 非接触面人体表面温度 (Tb)	35.79
Tc-Te (°C)	12.18
Tb-Te (°C)	8.99
接触部(3,4,5,6,7) Qc(W/m2)	9.51
非接触面Qb(W/m2)(臀部)	40.24
Λ c =Qc・Ac/Ac・(Tc-Te) (W/m2K)	0.78
hb =Qb・Ab/Ab・(Tb-Te) (W/m2K)	4.48
Qc・Ac+Qb・Ab (W)	7.90
Q=Qc・CF+Qb・(1-CF) (W/m2)	34.97
Λ c・CF	0.13
hb・(1-CF)	3.71
Λ =Λ c・CF+hb・(1-CF) (W/m2K)	3.84
Q=Λ・((Λ c・CF・Tc/Λ +hb・(1-CF)・Tb/Λ)-Te)	38.05

表 4-7. 大腿部（熱抵抗値）

椅子	Oc
接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	23.7177715
非接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.20158724
面積重み付け 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.1998883

表 4-8. 臀部（熱抵抗値）

椅子	Oc
接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	7.54
非接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.272515
面積重み付け 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.263004

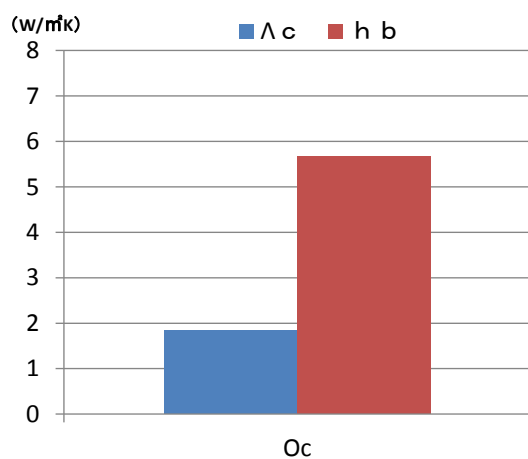


図 4-13. 大腿部

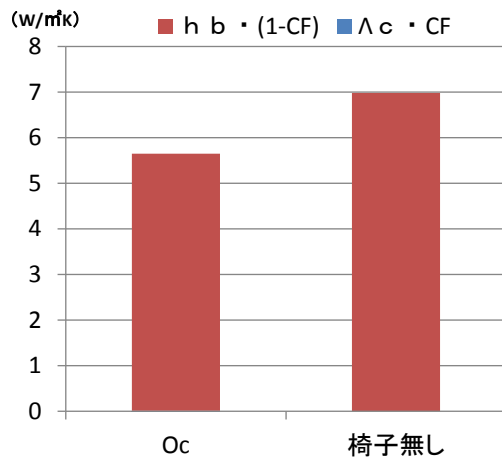


図 4-14. 大腿部（面積重みづけ）

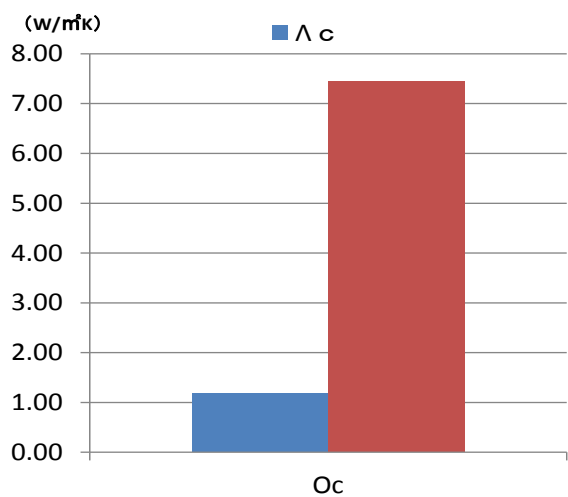


図 4-15. 臀部

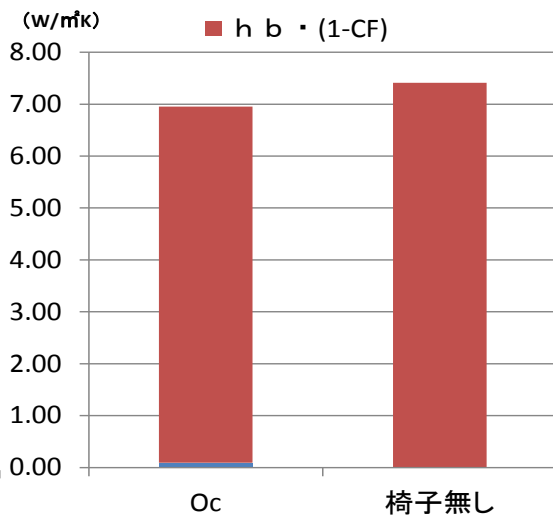


図 4-16. 臀部（面積重みづけ）

・Wc (ウッドチェア)

	椅子
材質	木
密度(kg/m³)	300
比熱(J/(kg・K))	1300
熱伝導率(W/(m・K))	0.069

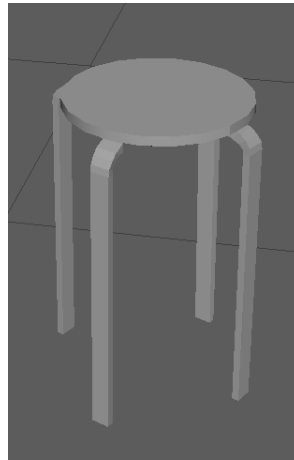


表 4-9. 大腿部 (熱抵抗値)

椅子	Wc
接触面 抵抗値(K・m²/W)	9.59974652
非接触面 抵抗値(K・m²/W)	0.1769337
面積重み付け 抵抗値(K・m²/W)	0.17373164

表 4-11. 大腿部計算過程

大腿部面積(m²)	0.41
非接触面積	0.40
面積比(着座時/非着座時)	1.53
大腿部接触面積 (Ac)	0.02
大腿部非接触面積(Ab)	0.38
CF(コンタクトファクター)(Ac/A)	0.04
(1-Cf)	0.96
大腿部 接触面人体表面温度(Tc)	36.26
大腿部 非接触面人体表面温度(Tb)	33.03
Tc-Te (°C)	9.56
Tb-Te (°C)	6.33
接触部(1,2,8,9) Qc(W/m2)	24.39
非接触面Qb(W/m2)(大腿部)	37.29
$\Lambda_c = Qc \cdot Ac / Ac \cdot (Tc - Te)$ (W/m2K)	2.55
$h_b = Qb \cdot Ab / Ab \cdot (Tb - Te)$ (W/m2K)	5.89
$Qc \cdot Ac + Qb \cdot Ab$ (W)	14.55
$Q = Qc \cdot CF + Qb \cdot (1 - CF)$ (W/m2)	36.76
$\Lambda_c \cdot CF$	0.10
$h_b \cdot (1 - CF)$	5.65
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + h_b \cdot (1 - CF)$ (W/m2K)	5.76
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot Tc / \Lambda + h_b \cdot (1 - CF) \cdot Tb / \Lambda) - Te)$	40.79

表 4-10. 臀部 (熱抵抗値)

椅子	Wc
接触面 抵抗値(K・m²/W)	2.98
非接触面 抵抗値(K・m²/W)	0.205868
面積重み付け 抵抗値(K・m²/W)	0.192554

表 4-12. 臀部計算過程

臀部面積(m²)	0.20
非接触面積	0.18
面積比(着座時/非着座時)	0.49
臀部接触面積 (Ac)	0.02
臀部非接触面積(Ab)	0.18
CF(コンタクトファクター)(Ac/A)	0.13
(1-Cf)	0.87
臀部 接触面人体表面温度(Tc)	36.18
臀部 非接触面人体表面温度(Tb)	33.10
Tc-Te (°C)	9.48
Tb-Te (°C)	6.40
接触部(3,4,5,6,7) Qc(W/m2)	25.05
非接触面Qb(W/m2)(臀部)	35.60
$\Lambda_c = Qc \cdot Ac / Ac \cdot (Tc - Te)$ (W/m2K)	2.64
$h_b = Qb \cdot Ab / Ab \cdot (Tb - Te)$ (W/m2K)	5.56
$Qc \cdot Ac + Qb \cdot Ab$ (W)	6.89
$Q = Qc \cdot CF + Qb \cdot (1 - CF)$ (W/m2)	34.26
$\Lambda_c \cdot CF$	0.34
$h_b \cdot (1 - CF)$	4.86
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + h_b \cdot (1 - CF)$ (W/m2K)	5.19
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot Tc / \Lambda + h_b \cdot (1 - CF) \cdot Tb / \Lambda) - Te)$	37.89

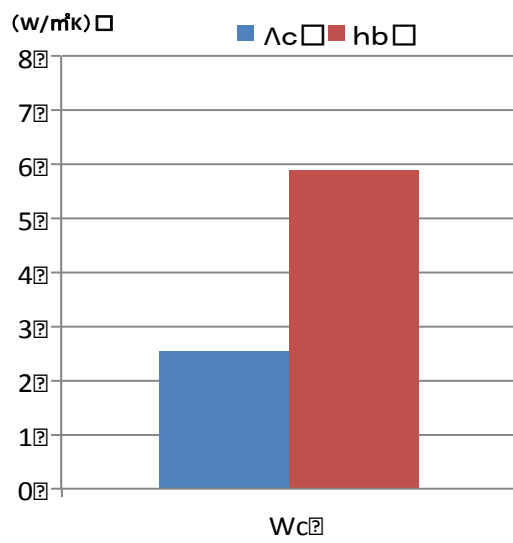


図 4-17. 大腿部

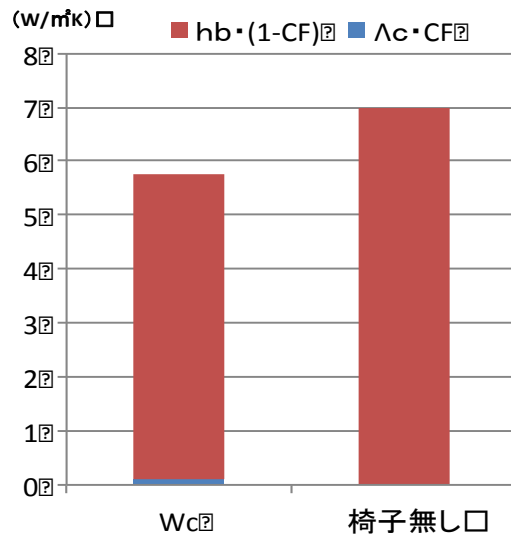


図 4-18. 大腿部 (面積重みづけ)

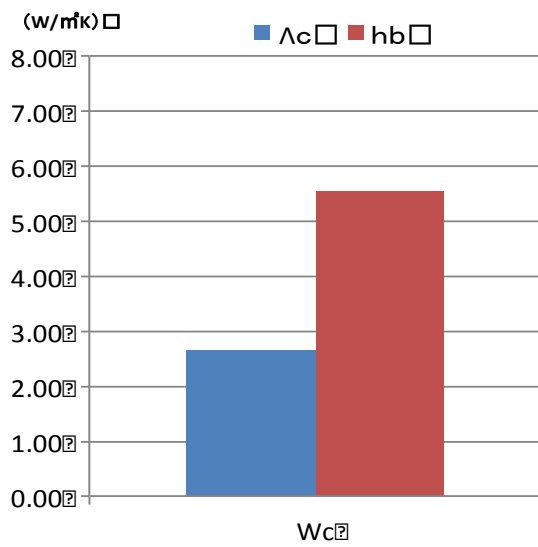


図 4-19. 臀部

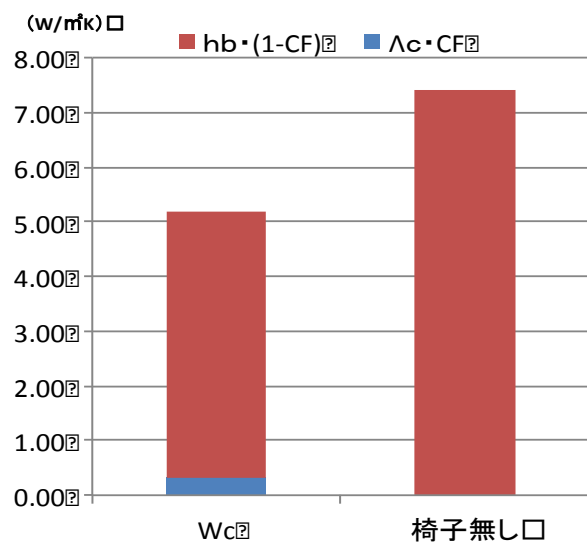


図 4-20. 臀部 (面積重みづけ)

・OI(プレジデントチェア)

	人体	椅子
材質		軟質ウレタン
密度	998.07	38
比熱	4183	1250
熱伝導率	0.5991	0.042



Stream 計算結果 1 回目

・OI の熱抵抗値

表 4-13. 大腿部 (熱抵抗値)

椅子(Icl)	OI
接触面 抵抗値(K・m ² /W)	459.273292
非接触面 抵抗値(K・m ² /W)	0.18890847
面積重み付け 抵抗値(K・m ² /W)	0.1888308

表 4-14. 臀部 (熱抵抗値)

椅子(Icl)	OI
接触面 抵抗値(K・m ² /W)	25.11
非接触面 抵抗値(K・m ² /W)	0.244767
面積重み付け 抵抗値(K・m ² /W)	0.242405

表 4-15. 大腿部計算過程

Stream(m ²)	0.41
非接触面積	0.41
面積比(着座時/非着座時)	0.12
大腿部接触面積 (Ac)	0.00
大腿部非接触面積(Ab)	0.40
CF(コンタクトファクター)(Ac/A)	0.00
(1-Cf)	1.00
大腿部 接触面人体表面温度 (Tc)	36.89
大腿部 非接触面人体表面温度 (Tb)	33.69
Tc-Te (°C)	10.19
Tb-Te (°C)	6.99
接触部(1,2,8,9) Qc(W/m2)	6.76
非接触面Qb(W/m2)(大腿部)	37.14
$\Lambda_c = Qc \cdot Ac / Ac \cdot (Tc - Te)$ (W/m2K)	0.66
$hb = Qb \cdot Ab / Ab \cdot (Tb - Te)$ (W/m2K)	5.31
$Qc \cdot Ac + Qb \cdot Ab$ (W)	14.83
$Q = Qc \cdot CF + Qb \cdot (1 - CF)$ (W/m2)	37.04
$\Lambda_c \cdot CF$	0.00
$hb \cdot (1 - CF)$	5.29
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + hb \cdot (1 - CF)$ (W/m2K)	5.30
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot Tc / \Lambda + hb \cdot (1 - CF) \cdot Tb / \Lambda) - Te)$	40.75

表 4-16. 臀部計算過程

Stream(m ²)	0.20
非接触面積	0.19
面積比(着座時/非着座時)	0.30
臀部接触面積 (Ac)	0.01
臀部非接触面積(Ab)	0.20
CF(コンタクトファクター)(Ac/A)	0.08
(1-Cf)	0.92
臀部 接触面人体表面温度 (Tc)	36.89
臀部 非接触面人体表面温度 (Tb)	34.19
Tc-Te (°C)	10.19
Tb-Te (°C)	7.49
接触部(3,4,5,6,7) Qc(W/m2)	5.25
総合熱伝達率	0.52
非接触面Qb(W/m2)(臀部)	33.17
$\Lambda_c = Qc \cdot Ac / Ac \cdot (Tc - Te)$ (W/m2K)	0.52
$hb = Qb \cdot Ab / Ab \cdot (Tb - Te)$ (W/m2K)	4.43
$Qc \cdot Ac + Qb \cdot Ab$ (W)	6.85
$Q = Qc \cdot CF + Qb \cdot (1 - CF)$ (W/m2)	31.02
$\Lambda_c \cdot CF$	0.04
$hb \cdot (1 - CF)$	4.09
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + hb \cdot (1 - CF)$ (W/m2K)	4.13
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot Tc / \Lambda + hb \cdot (1 - CF) \cdot Tb / \Lambda) - Te)$	33.90

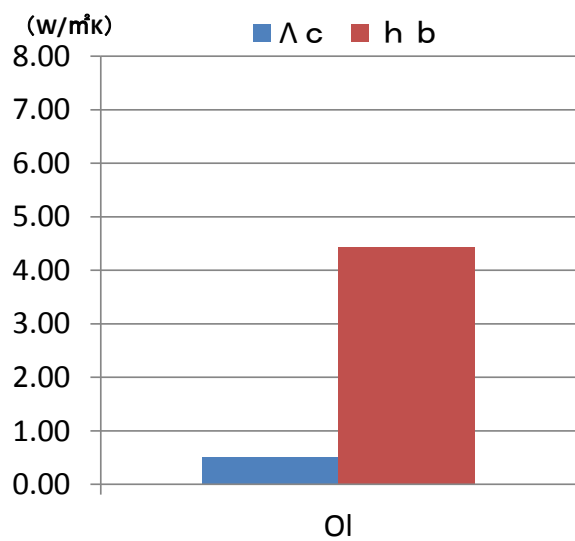


図 4-21. 熱コンダクタンス (臀部)

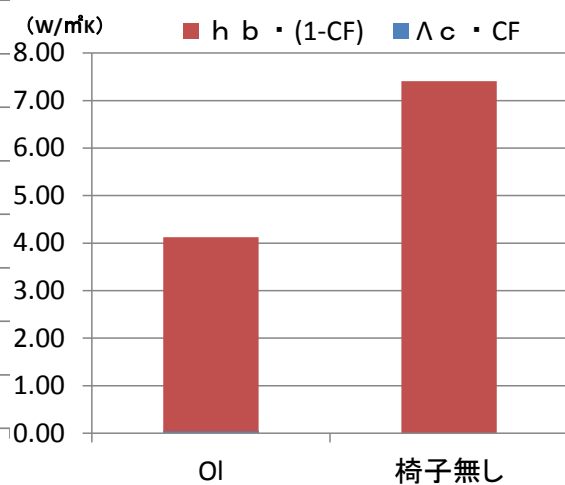


図 4-22. 重み付け熱コンダクタンス (臀部)

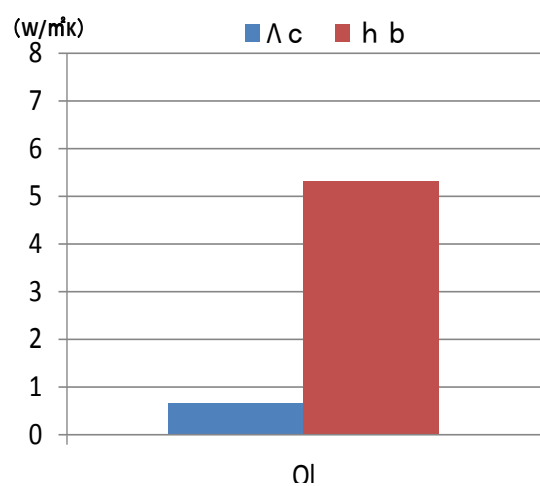


図 4-23. 熱コンダクタンス (大腿部)

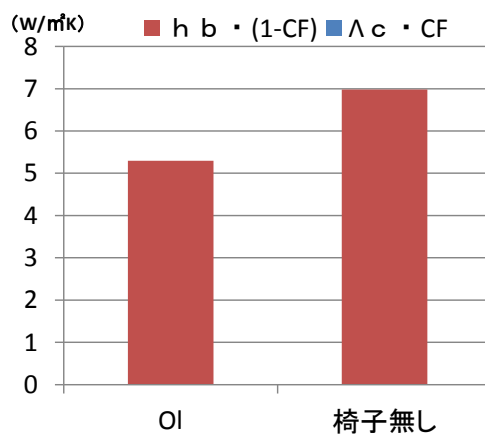


図 4-24. 重み付け熱コンダクタンス (大腿部)

・Ps(パイプチェア)解析結果

	人体	椅子
材質		軟質ウレタン
密度	998.07	38
比熱	4183	1250
熱伝導率	0.5991	0.042



表 4-17. 大腿部 (熱抵抗値)

椅子	Ps
接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	8.46490156
非接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.19707375
面積重み付け 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.19259001

表 4-19. 大腿部計算過程

大腿部面積(m^2)	0.41
非接触面積	0.40
面積比(着座時/非着座時)	1.25
大腿部接触面積 (A_c)	0.01
大腿部非接触面積(A_b)	0.38
CF(コンタクトファクター)(A_c/A)	0.03
(1-Cf)	0.97
大腿部 接触面人体表面温度 (T_c)	36.81
大腿部 非接触面人体表面温度 (T_b)	33.70
$T_c - T_e$ ($^{\circ}C$)	10.11
$T_b - T_e$ ($^{\circ}C$)	7.00
接触部(1,2,8,9) $Q_c(W/m^2)$	35.96
非接触面 $Q_b(W/m^2)$ (大腿部)	36.74
$\Lambda_c = Q_c \cdot A_c / A_c \cdot (T_c - T_e)$ (W/m^2K)	3.56
$h_b = Q_b \cdot A_b / A_b \cdot (T_b - T_e)$ (W/m^2K)	5.25
$Q_c \cdot A_c + Q_b \cdot A_b$ (W)	14.59
$Q = Q_c \cdot CF + Q_b \cdot (1 - CF)$ (W/m^2)	36.72
$\Lambda_c \cdot CF$	0.12
$h_b \cdot (1 - CF)$	5.07
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + h_b \cdot (1 - CF)$ (W/m^2K)	5.19
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot T_c / \Lambda + h_b \cdot (1 - CF) \cdot T_b / \Lambda) - T_e)$	40.35

表 4-18. 臀部 (熱抵抗値)

椅子	Ps
接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	2.34
非接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.252027
面積重み付け 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.227525

表 4-20. 臀部計算過程

臀部面積(m^2)	0.20
非接触面積	0.18
面積比(着座時/非着座時)	0.54
臀部接触面積 (A_c)	0.02
臀部非接触面積(A_b)	0.18
CF(コンタクトファクター)(A_c/A)	0.14
(1-Cf)	0.86
臀部 接触面人体表面温度 (T_c)	36.81
臀部 非接触面人体表面温度 (T_b)	34.09
$T_c - T_e$ ($^{\circ}C$)	10.11
$T_b - T_e$ ($^{\circ}C$)	7.39
接触部(3,4,5,6,7) $Q_c(W/m^2)$	31.04
非接触面 $Q_b(W/m^2)$ (臀部)	34.08
$\Lambda_c = Q_c \cdot A_c / A_c \cdot (T_c - T_e)$ (W/m^2K)	3.07
$h_b = Q_b \cdot A_b / A_b \cdot (T_b - T_e)$ (W/m^2K)	4.61
$Q_c \cdot A_c + Q_b \cdot A_b$ (W)	6.87
$Q = Q_c \cdot CF + Q_b \cdot (1 - CF)$ (W/m^2)	33.66
$\Lambda_c \cdot CF$	0.43
$h_b \cdot (1 - CF)$	3.97
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + h_b \cdot (1 - CF)$ (W/m^2K)	4.40
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot T_c / \Lambda + h_b \cdot (1 - CF) \cdot T_b / \Lambda) - T_e)$	36.73

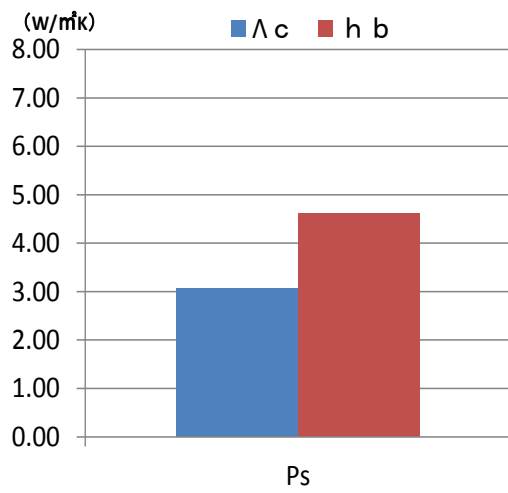


図 4-25. 熱コンダクタンス (臀部)

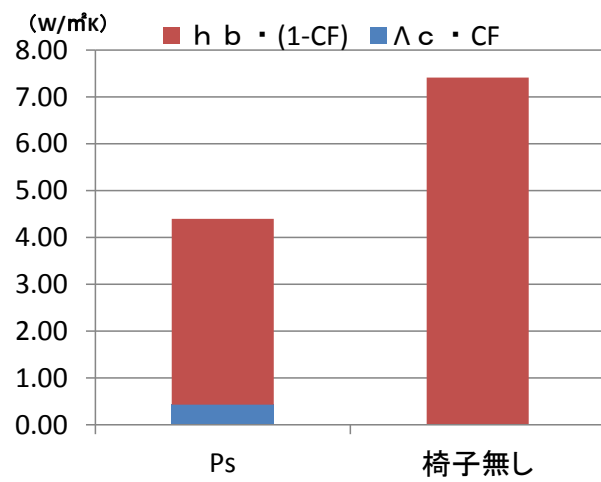


図 4-26. 重み付け熱コンダクタンス (臀部)

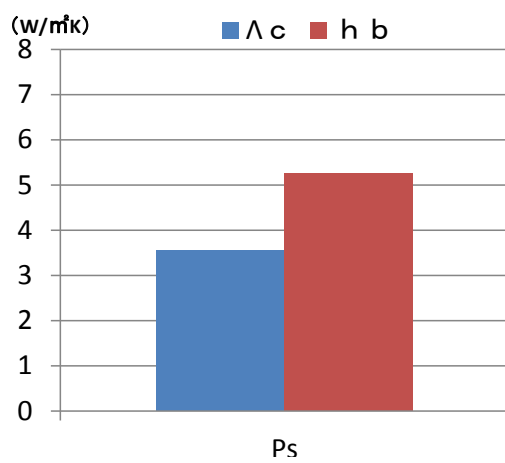


図 4-27. 熱コンダクタンス (大腿部)

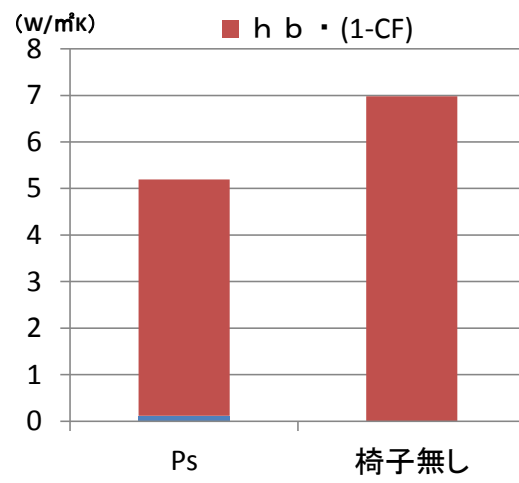


図 4-28. 重み付け熱コンダクタンス (大腿部)

・Sv（ソファ）解析結果

	人体	椅子
材質		軟質ウレタン
密度	998.07	38
比熱	4183	1250
熱伝導率	0.5991	0.042

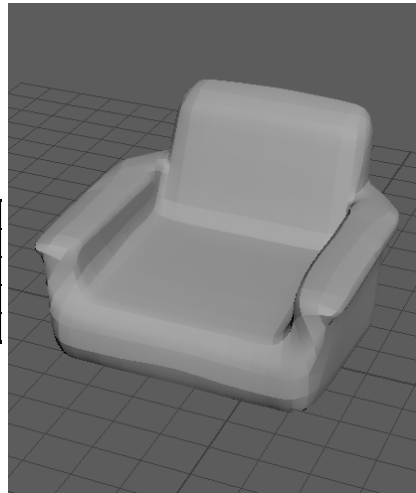


表 4-21. 大腿部（熱抵抗値）

椅子	Sv
接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	44.2205227
非接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.22766077
面積重み付け 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.22649471

表 4-22. 臀部（熱抵抗値）

椅子	Sv
接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	8.39
非接触面 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.314625
面積重み付け 抵抗値($K \cdot m^2/W$)	0.303253

表 4-23. 大腿部計算過程

大腿部面積(m^2)	0.41
非接触面積	0.40
面積比(着座時/非着座時)	1.26
大腿部接触面積 (A_c)	0.01
大腿部非接触面積(A_b)	0.39
CF(コンタクトファクター)(A_c/A)	0.03
(1-Cf)	0.97
大腿部 接触面人体表面温度 (T_c)	37.53
大腿部 非接触面人体表面温度 (T_b)	35.35
$T_c - T_e$ ($^{\circ}C$)	10.83
$T_b - T_e$ ($^{\circ}C$)	8.65
接触部(1,2,8,9) $Q_c(W/m^2)$	7.28
非接触面 $Q_b(W/m^2)$ (大腿部)	39.31
$\Lambda_c = Q_c \cdot A_c / A_c \cdot (T_c - T_e)$ (W/m^2K)	0.67
$h_b = Q_b \cdot A_b / A_b \cdot (T_b - T_e)$ (W/m^2K)	4.55
$Q_c \cdot A_c + Q_b \cdot A_b$ (W)	15.29
$Q = Q_c \cdot CF + Q_b \cdot (1 - CF)$ (W/m^2)	38.23
$\Lambda_c \cdot CF$	0.02
$h_b \cdot (1 - CF)$	4.39
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + h_b \cdot (1 - CF)$ (W/m^2K)	4.42
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot T_c / \Lambda + h_b \cdot (1 - CF) \cdot T_b / \Lambda) - T_e)$	41.33

表 4-24. 臀部計算過程

臀部面積(m^2)	0.20
非接触面積	0.17
面積比(着座時/非着座時)	0.81
臀部接触面積 (A_c)	0.03
臀部非接触面積(A_b)	0.18
CF(コンタクトファクター)(A_c/A)	0.21
(1-Cf)	0.79
臀部 接触面人体表面温度 (T_c)	37.39
臀部 非接触面人体表面温度 (T_b)	35.18
$T_c - T_e$ ($^{\circ}C$)	10.69
$T_b - T_e$ ($^{\circ}C$)	8.48
接触部(3,4,5,6,7) $Q_c(W/m^2)$	6.08
非接触面 $Q_b(W/m^2)$ (臀部)	34.11
$\Lambda_c = Q_c \cdot A_c / A_c \cdot (T_c - T_e)$ (W/m^2K)	0.57
$h_b = Q_b \cdot A_b / A_b \cdot (T_b - T_e)$ (W/m^2K)	4.02
$Q_c \cdot A_c + Q_b \cdot A_b$ (W)	6.48
$Q = Q_c \cdot CF + Q_b \cdot (1 - CF)$ (W/m^2)	28.24
$\Lambda_c \cdot CF$	0.12
$h_b \cdot (1 - CF)$	3.18
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + h_b \cdot (1 - CF)$ (W/m^2K)	3.30
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot T_c / \Lambda + h_b \cdot (1 - CF) \cdot T_b / \Lambda) - T_e)$	30.55

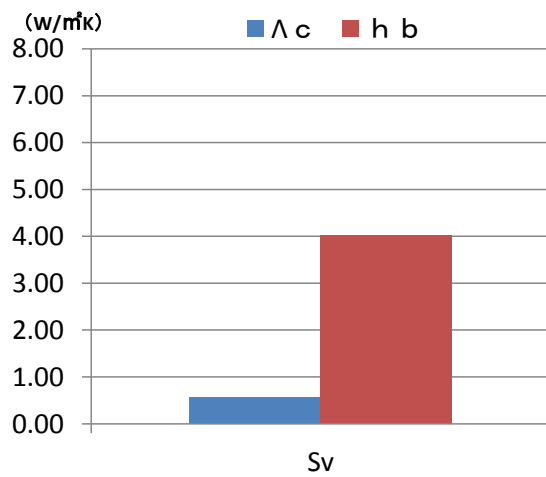


図 4-29. 熱コンダクタンス (臀部)

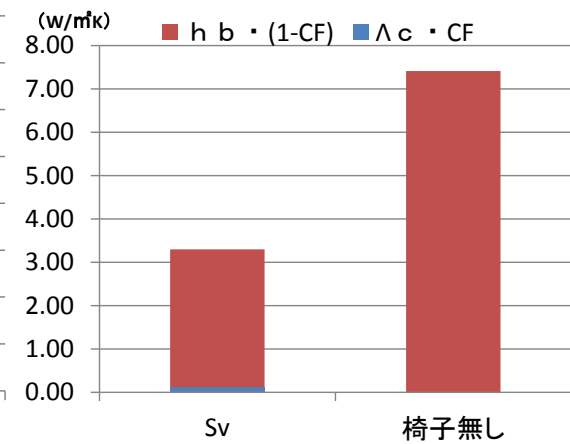


図 4-30. 重み付け熱コンダクタンス (臀部)

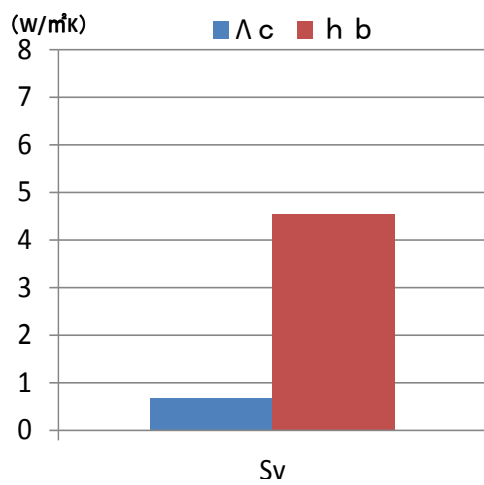


図 4-31. 熱コンダクタンス (大腿部)

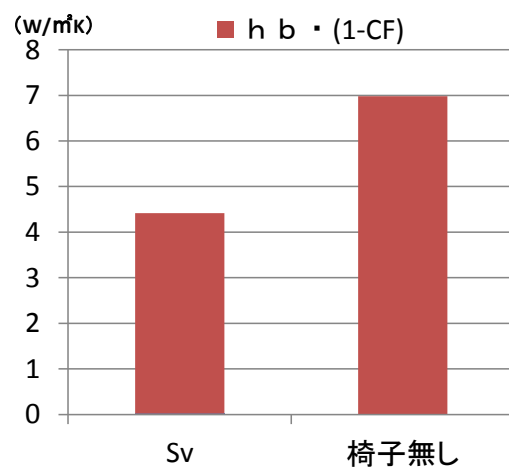


図 4-32. 重み付け熱コンダクタンス (大腿部)

・Ps(プラスチックチェア)解析結果



	人体	椅子
材質		軟質ウレタン
密度	998.07	38
比熱	4183	1250
熱伝導率	0.5991	0.042

表 4-25. 大腿部 (熱抵抗値)

椅子	Cp
接触面 抵抗値(K・m ² /W)	5.2020856
非接触面 抵抗値(K・m ² /W)	0.1777801
面積重み付け 抵抗値(K・m ² /W)	0.1719053

表 4-26. 臀部 (熱抵抗値)

椅子	Cp
接触面 抵抗値(K・m ² /W)	1.98
非接触面 抵抗値(K・m ² /W)	0.21179
面積重み付け 抵抗値(K・m ² /W)	0.19132

表 4-27. 大腿部計算過程

椅子	Cp
大腿部面積(m ²)	0.41
非接触面積	0.40
面積比(着座時/非着座時)	1.61
大腿部接触面積 (Ac)	0.02
大腿部非接触面積(Ab)	0.38
CF(コンタクトファクター)(Ac/A)	0.04
(1-Cf)	0.96
大腿部 接触面人体表面温度 (Tc)	34.55
大腿部 非接触面人体表面温度 (Tb)	33.10
Tc-Te (°C)	7.85
Tb-Te (°C)	6.40
接触部 (1,2,8,9) Qc(W/m2)	35.25
非接触面Qb(W/m2)(大腿部)	37.60
$\Lambda_c = Qc \cdot Ac / Ac \cdot (Tc - Te)$ (W/m2K)	4.49
$hb = Qb \cdot Ab / Ab \cdot (Tb - Te)$ (W/m2K)	5.88
$Qc \cdot Ac + Qb \cdot Ab$ (W)	14.90
$Q = Qc \cdot CF + Qb \cdot (1 - CF)$ (W/m2)	37.50
$\Lambda_c \cdot CF$	0.19
$hb \cdot (1 - CF)$	5.62
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + hb \cdot (1 - CF)$ (W/m2K)	5.82
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot Tc / \Lambda + hb \cdot (1 - CF) \cdot Tb / \Lambda) - Te)$	41.57

表 4-28. 臀部計算過程

椅子	Cp
臀部面積(m ²)	0.20
非接触面積	0.18
面積比(着座時/非着座時)	0.45
臀部接触面積 (Ac)	0.02
臀部非接触面積(Ab)	0.19
CF(コンタクトファクター)(Ac/A)	0.12
(1-Cf)	0.88
臀部 接触面人体表面温度 (Tc)	34.63
臀部 非接触面人体表面温度 (Tb)	33.11
Tc-Te (°C)	7.93
Tb-Te (°C)	6.41
接触部 (3,4,5,6,7) Qc(W/m2)	34.62
非接触面Qb(W/m2)(臀部)	34.22
$\Lambda_c = Qc \cdot Ac / Ac \cdot (Tc - Te)$ (W/m2K)	4.37
$hb = Qb \cdot Ab / Ab \cdot (Tb - Te)$ (W/m2K)	5.34
$Qc \cdot Ac + Qb \cdot Ab$ (W)	7.15
$Q = Qc \cdot CF + Qb \cdot (1 - CF)$ (W/m2)	34.26
$\Lambda_c \cdot CF$	0.51
$hb \cdot (1 - CF)$	4.72
$\Lambda = \Lambda_c \cdot CF + hb \cdot (1 - CF)$ (W/m2K)	5.23
$Q = \Lambda \cdot ((\Lambda_c \cdot CF \cdot Tc / \Lambda + hb \cdot (1 - CF) \cdot Tb / \Lambda) - Te)$	37.92

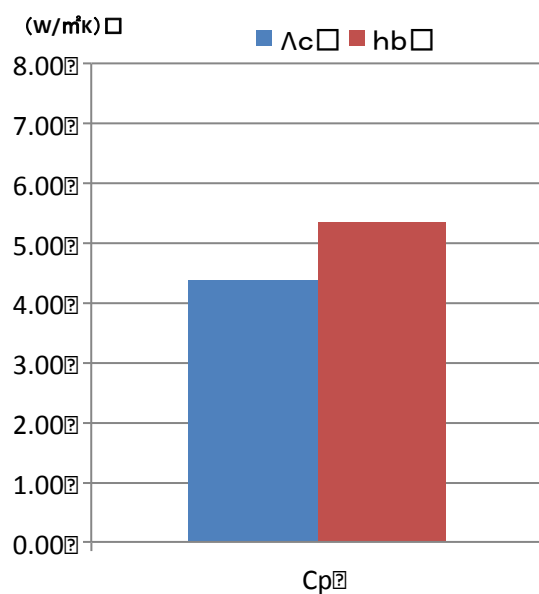


図 4-33. 熱コンダクタンス（臀部）

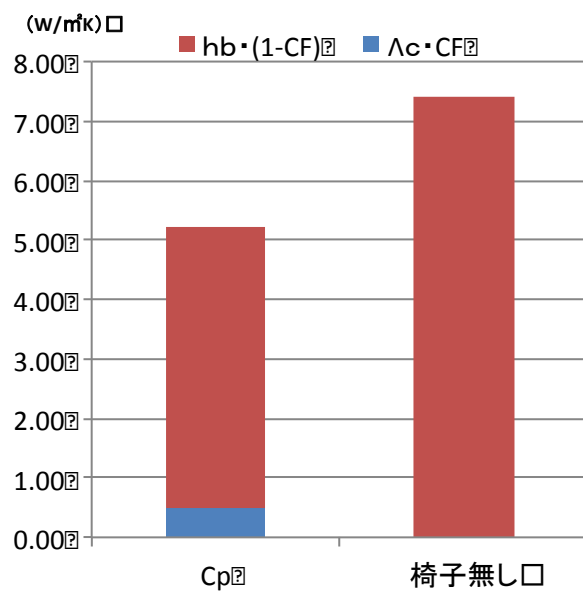


図 4-34. 重み付け熱コンダクタンス（臀部）

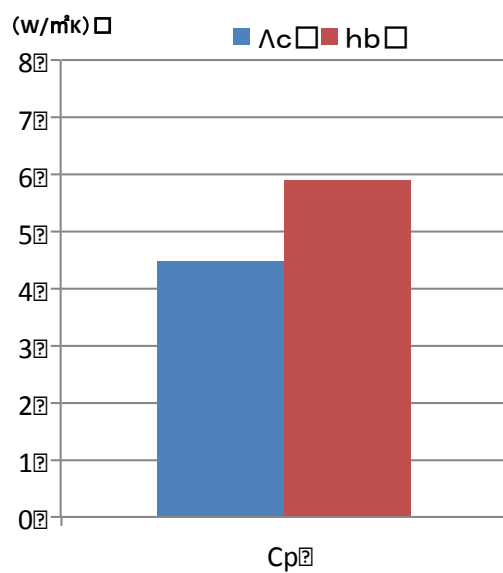


図 4-35. 熱コンダクタンス（大腿部）

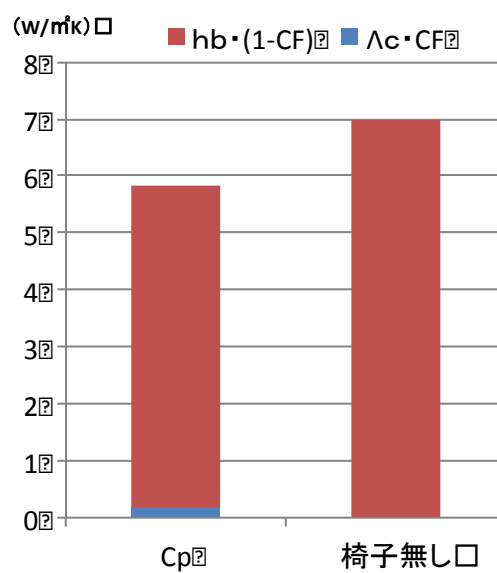


図 4-36. 重み付け熱コンダクタンス（大腿部）

4.5 椅子の熱抵抗値

65MN モデルに組み込むために、椅子の熱抵抗値を求める事を行った。着座時に接触している大腿部、腰部の接触面、非接触面の熱コンダクタンスをそれぞれの椅子毎に模擬臀部実験と同様の方法で求め、図 24 と図 26 に示す。また、大腿部、腰部の接触面、非接触面の面積重み付けした熱コンダクタンスを図 25 と図 27 に示し、椅子と接触部の熱抵抗値を図 29 に示す。図 29 で、熱抵抗値が大きい椅子ほど、図 24、図 26 に示した接触面での熱コンダクタンスは小さくなり、模擬臀部実験の結果(図 13,図 15)と同じ様な結果となった。面積で重み付けした熱コンダクタンス(図 14,図 16,図 26,図 27)と比較しても同様な結果が得られ、模擬臀部の面積の再現と、熱コンダクタンスの測定が正確に行えたと言える。また、接触部の熱抵抗値を図 29 に示す。熱抵抗値は、大腿部より、臀部の方がやや高く、臀部の方が、椅子の熱的影響が大きい事が確認された。次に、シミュレーションから求めた対流熱伝達率、放射熱伝達率、環境温度、熱抵抗値を 65MN モデルに組み込む事で、椅子毎の人体の放熱量を求めた。それらの椅子毎に求めた放熱量を表 9 に示す。熱抵抗値が高い椅子程、腰部、大腿部で、放熱量がやや低くなる結果となった。

4.6 65MN モデルによる人体の放熱量の算出

4.6.1 65MN モデル概要

65 分割体温調節モデル(65-Node Thermoregulation Model、以下 65MN モデル)PMV や SET は温熱指標として広く使用されているが、いずれも人体・着衣熱抵抗を均一なものとしてモデル化されており、それらの適用は均一または均一に近い環境に限られている。しかし、人体の各部位は、それぞれ形態的・生態的に部位特性を持ち、着衣の熱抵抗も部位によって異なる。さらに、人間が曝露される温熱環境は不均一であることが多く、不均一を考慮できる体温調節モデルとして、田辺らによって開発された。65MN モデルは、皮膚可変型サーマルマネキンと同様な 16 部位分割 (Head、Chest、Back、Pelvis、Left Shoulder、Right shoulder、Left Arm、Left Hand、Right Hand、Left Thigh、Left Thigh、Right Thigh、Left Leg、Right Leg、Left Foot、Right Foot) となっており、さらに各部位を Core、Muscle、Fat、Skin の 4 層に分割した計 64Node と中央血液溜まりの計 65Node として考える。部位別に環境条件・着衣条件・曝露時間を入力することによって、各 Node の温度等生理量や PMV、SET などの計算結果を出力することが出来る。

本研究において、椅子着座時の環境条件・各部位の着衣量についてはサーマルマネキンを用いた実験によって得られた結果を基に設定している。ただしこの場合、夏季条件のみ設定が可能であるため、65 分割モデルによる評価は夏季条件でのみ行っている。また、環境条件は人工気候室内の空気温度・周壁表面温度が均一であったと仮定し設定している。環境条件を表に、各部位 clo 値、着衣表面積比、透湿抵抗値を表に示す。また、Stream で計算した結果から、椅子の熱抵抗値を求め、65MN モデルに椅子の熱抵抗値を組み込み、椅子の放熱量を求め、表に示す。

実験で使用したサーマルマネキンと、65MN
毎の表面積を示す。

	夏期
空気温度: Ta[°C]	26.0
放射温度: Tr[°C]	26.0
相対湿度: Rh[%]	50.0
相対気流: va[m/s]	0.1
活動量: M[met]	1.0
曝露時間: t[min]	30,60

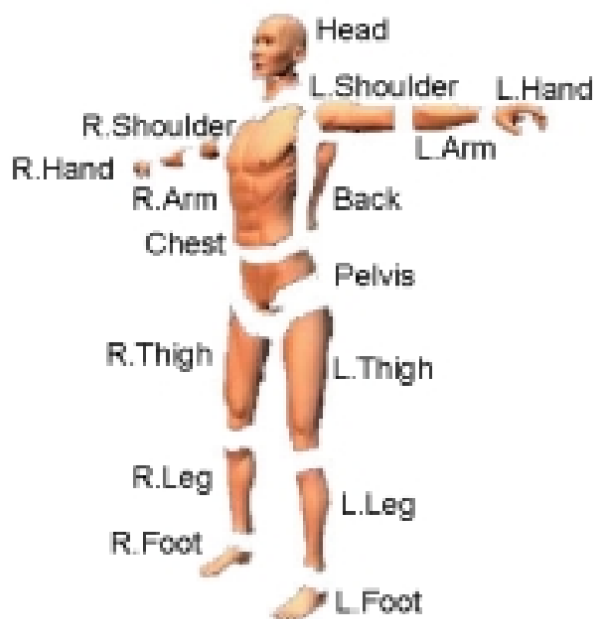


図 4-37. 65MN モデル部位分割

表 4-29. 各 Node 熱容量 [kJ/K] 表 4-30. 各 Node 基礎血流量 [mL/s]

部位	Core	Muscle	Fat	Skin
Head	9.275	1.391	0.927	1.015
Chest	10.494	20.408	5.387	1.503
Back	8.895	18.078	4.761	1.391
Pelvis	21.661	28.789	7.567	2.18
L-Shoulder	1.811	3.881	0.745	0.545
R-Shoulder	1.811	3.881	0.745	0.545
L-Arm	1.156	2.452	0.47	0.357
R-Arm	1.156	2.452	0.47	0.357
L-Hand	0.296	0.132	0.188	0.357
R-Hand	0.296	0.132	0.188	0.357
L-Thigh	5.993	12.976	2.017	1.522
R-Thigh	5.993	12.976	2.017	1.522
L-Leg	2.856	6.173	0.965	0.733
R-Leg	2.856	6.173	0.965	0.733
L-Foot	0.499	0.132	0.276	0.451
R-Foot	0.499	0.132	0.276	0.451
中央血液溜り				9.396

部位	Core	Muscle	Fat	Skin
Head	12.5	0.242	0.094	0.622
Chest	21.625	2.128	0.372	0.5
Back	21.206	2.128	0.372	0.375
Pelvis	5.053	3.411	0.6	0.578
L-Shoulder	0.089	0.356	0.044	0.239
R-Shoulder	0.089	0.356	0.044	0.239
L-Arm	0.044	0.186	0.024	0.125
R-Arm	0.044	0.186	0.024	0.125
L-Hand	0.025	0.022	0.012	0.253
R-Hand	0.025	0.022	0.012	0.253
L-Thigh	0.101	0.238	0.042	0.106
R-Thigh	0.101	0.238	0.042	0.106
L-Leg	0.02	0.019	0.005	0.031
R-Leg	0.02	0.019	0.005	0.031
L-Foot	0.014	0.003	0.005	0.125
R-Foot	0.014	0.003	0.005	0.125
				76.057

表 4-31 各 Node 基礎代謝量[W]と各部位の Metf 値[-] 表 4-32 静穏気流下 (0.13m/s 以下の hc(i) と hr(i))

部位	Core	Muscle	Fat	Skin	Metf(i)
Head	16.843	0.217	0.109	0.131	0
Chest	21.182	2.537	0.568	0.179	0.091
Back	18.699	2.537	0.501	0.158	0.08
Pelvis	8.05	4.067	0.804	0.254	0.129
L-Shoulder	0.181	0.423	0.61	0.05	0.026
R-Shoulder	0.181	0.423	0.61	0.05	0.026
L-Arm	0.094	0.22	0.031	0.026	0.014
R-Arm	0.094	0.22	0.031	0.026	0.014
L-Hand	0.045	0.022	0.023	0.05	0.005
R-Hand	0.045	0.022	0.023	0.05	0.005
L-Thigh	0.343	0.824	0.151	0.122	0.201
R-Thigh	0.343	0.824	0.151	0.122	0.201
L-Leg	0.102	0.22	0.035	0.023	0.099
R-Leg	0.102	0.22	0.035	0.023	0.099
L-Foot	0.122	0.035	0.056	0.1	0.005
R-Foot	0.122	0.035	0.056	0.1	0.005
				84.652	1

部位	hc(i)[W/m ² °C]	hr(i)[W/m ² °C]
Head	4.5	4.9
Chest	3	4.3
Back	2.9	4.1
Pelvis	0.379	1.276
L-Shoulder	3.6	4.5
R-Shoulder	3.6	4.5
L-Arm	3.6	4.4
R-Arm	3.6	4.4
L-Hand	3.7	4.2
R-Hand	3.7	4.2
L-Thigh	2.8	4.8
R-Thigh	2.8	4.8
L-Leg	2	5.3
R-Leg	2	5.3
L-Foot	2	6.1
R-Foot	2	6.1

表 4-33 各 Node 間の熱コンダクタンス [W/°C]

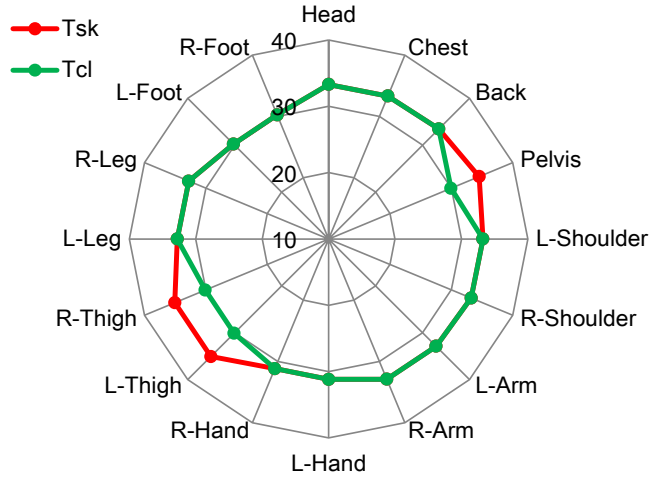
部位	Core-Muscle	Muscle-Fat	Fat-Skin
Head	1.61	13.224	16.008
Chest	0.616	2.1	9.164
Back	0.594	2.018	8.7
Pelvis	0.379	1.276	5.104
L-Shoulder	0.441	2.946	7.308
R-Shoulder	0.089	0.356	0.044
L-Arm	0.244	2.227	7.888
R-Arm	0.044	0.186	0.024
L-Hand	2.181	6.484	5.858
R-Hand	0.025	0.022	0.012
L-Thigh	2.401	4.536	30.16
R-Thigh	0.101	0.238	0.042
L-Leg	1.891	2.656	7.54
R-Leg	0.02	0.019	0.005
L-Foot	8.12	10.266	8.178
R-Foot	0.014	0.003	0.005

表 4-34 表面積

	サーマル マネキン	65MNモデル	Stream 人体モデル
部位	表面積[m ²]		
頭部	0.119	0.14	0.147
胸部前	0.166	0.175	0.174
胸部後	0.19	0.161	0.168
腰部	0.155	0.221	0.216
左上腕部	0.074	0.096	0.096
右上腕部	0.074	0.096	0.104
左前腕部	0.0515	0.063	0.061
右前腕部	0.0515	0.063	0.061
左手先部	0.0365	0.05	0.041
右手先部	0.0365	0.05	0.038
左大腿部	0.1075	0.209	0.193
右大腿部	0.1075	0.209	0.208
左下腿部	0.115	0.112	0.136
右下腿部	0.115	0.112	0.139
左足先部	0.0615	0.056	0.064
右足先部	0.0615	0.056	0.059

4.6.2 65MN モデルでの計算結果

Oc



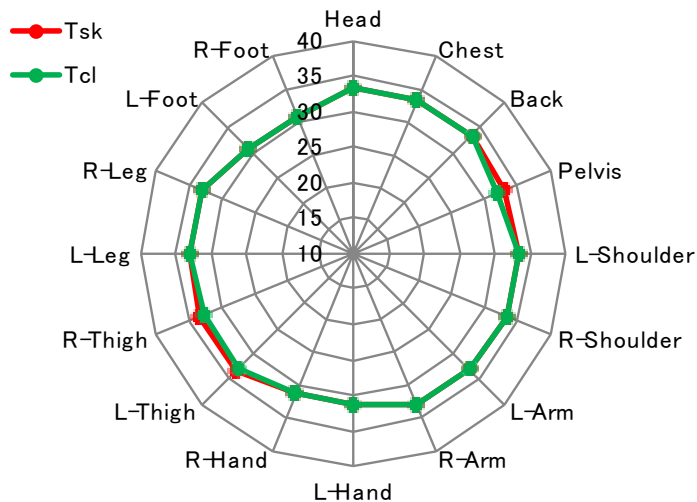
環境条件	Ta [°C]	26.00	
	Tr [°C]	26.00	
	va [m/s]	0.05	0.10
	RH [-]	0.50	0.50
met [met]		1.00	1.00
clothing		nude	std
lcl [clo]		0.37	0.67
fcl [-]		1.00	1.17
hc [W/m²K]		3.80	3.00
hr [W/m²K]		3.52	4.70
ht [W/m²K]		5.74	4.66
he [W/m²kPa]		50.12	34.57

No.	Part	体表面熱収支関連														
		To	pa	psks	hc	hr	Rst	Rse	ht	he	Qt4	Emax	Esw	Eb	E	w
		[° C]	[kPa]	[kPa]	[W/m²K]	[W/m²K]	[m²K/W]	[m²kPa/W]	[W/m²K]	[W/m²kPa]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[-]
1	Head	26.0	1.7	5.1	5.7	3.7	0.1	0.0	9.4	94.1	9.5	45.2	0.0	2.7	2.7	0.1
2	Chest	26.0	1.7	5.1	3.8	3.2	0.1	0.0	7.0	62.8	9.0	37.8	0.0	2.3	2.3	0.1
3	Back	26.0	1.7	5.2	3.7	3.1	0.1	0.0	6.7	60.7	8.1	34.0	0.0	2.0	2.0	0.1
4	Pelvis	26.0	1.7	5.5	3.7	3.2	0.1	0.0	3.2	25.4	6.0	21.4	0.0	1.3	1.3	0.1
5	L-Shoulder	26.0	1.7	5.1	4.6	3.4	0.1	0.0	7.9	75.3	5.5	24.7	0.0	1.5	1.5	0.1
6	R-Shoulder	26.0	1.7	5.1	4.6	3.4	0.1	0.0	7.9	75.3	5.5	24.7	0.0	1.5	1.5	0.1
7	L-Arm	26.0	1.7	5.0	4.6	3.3	0.1	0.0	7.9	75.3	3.4	15.7	0.0	0.9	0.9	0.1
8	R-Arm	26.0	1.7	5.0	4.6	3.3	0.1	0.0	7.9	75.3	3.4	15.7	0.0	0.9	0.9	0.1
9	L-Hand	26.0	1.7	4.5	4.7	3.1	0.1	0.0	7.8	77.4	2.0	11.1	0.0	0.7	0.7	0.1
10	R-Hand	26.0	1.7	4.5	4.7	3.1	0.1	0.0	7.8	77.4	2.0	11.1	0.0	0.7	0.7	0.1
11	L-Thigh	26.0	1.7	5.6	3.6	3.6	0.1	0.0	3.2	25.2	6.2	20.9	0.0	1.3	1.3	0.1
12	R-Thigh	26.0	1.7	5.6	3.6	3.6	0.1	0.0	3.2	25.2	6.2	20.9	0.0	1.3	1.3	0.1
13	L-Leg	26.0	1.7	5.0	2.5	4.0	0.2	0.0	6.5	41.8	5.0	15.4	0.0	0.9	0.9	0.1
14	R-Leg	26.0	1.7	5.0	2.5	4.0	0.2	0.0	6.5	41.8	5.0	15.4	0.0	0.9	0.9	0.1
15	L-Foot	26.0	1.7	4.3	2.5	4.6	0.1	0.0	7.1	41.8	1.7	6.1	0.0	0.4	0.4	0.1
16	R-Foot	26.0	1.7	4.3	2.5	4.6	0.1	0.0	7.1	41.8	1.7	6.1	0.0	0.4	0.4	0.1
Total		26.0	1.7	5.2	3.8	3.5			6.0	51.3	80.1	326.2	0.0	19.6	19.6	0.1

No.	Part	各部位温度 Tnew				各部位温度 Told				センサーシグナル				
		T1*	T2*	T3*	T4*	T1	T2	T3	T4(Tsk)	T5(Tcl)	Err4	Wrm	Cld	km
		[° C]	[° C]	[° C]	[° C]	[° C]	[° C]	[° C]	[° C]	[° C]	[K]	[K]	[K]	[-]
1	Head	37.1	34.3	33.8	33.3	37.1	34.3	33.8	33.3	33.3	-3.6	0.0	3.6	0.8
2	Chest	37.0	36.8	34.3	33.3	37.0	36.8	34.3	33.3	33.3	-3.2	0.0	3.2	0.8
3	Back	37.0	36.8	34.4	33.4	37.0	36.8	34.4	33.4	33.4	-3.1	0.0	3.1	0.8
4	Pelvis	37.2	37.2	35.6	34.5	37.2	37.2	35.6	34.5	29.9	-1.8	0.0	1.8	0.9
5	L-Shoulder	36.2	35.4	34.0	33.2	36.2	35.4	34.0	33.2	33.2	-2.6	0.0	2.6	0.8
6	R-Shoulder	36.2	35.4	34.0	33.2	36.2	35.4	34.0	33.2	33.2	-2.6	0.0	2.6	0.8
7	L-Arm	35.8	34.7	33.3	32.9	35.8	34.7	33.3	32.9	32.9	-2.6	0.0	2.6	0.8
8	R-Arm	35.8	34.7	33.3	32.9	35.8	34.7	33.3	32.9	32.9	-2.6	0.0	2.6	0.8
9	L-Hand	32.0	31.7	31.5	31.2	32.0	31.7	31.5	31.2	31.2	-4.2	0.0	4.2	0.7
10	R-Hand	32.0	31.7	31.5	31.2	32.0	31.7	31.5	31.2	31.2	-4.2	0.0	4.2	0.7
11	L-Thigh	36.9	36.7	35.3	35.1	36.9	36.7	35.3	35.1	30.1	-0.7	0.0	0.7	1.0
12	R-Thigh	36.9	36.7	35.3	35.1	36.9	36.7	35.3	35.1	30.1	-0.7	0.0	0.7	1.0
13	L-Leg	35.7	35.6	33.5	32.8	35.7	35.6	33.5	32.8	32.8	-2.8	0.0	2.8	0.8
14	R-Leg	35.7	35.6	33.5	32.8	35.7	35.6	33.5	32.8	32.8	-2.8	0.0	2.8	0.8
15	L-Foot	30.6	30.6	30.4	30.2	30.6	30.6	30.4	30.2	30.2	-4.9	0.0	4.9	0.7
16	R-Foot	30.6	30.6	30.4	30.2	30.6	30.6	30.4	30.2	30.2	-4.9	0.0	4.9	0.7
Total					36.8				36.8					

No.	Part	仕事熱	震え熱	呼吸	熱産出				皮膚血				血液による熱輸送				熱伝導		
		W2	Ch2	Res1	Q1	Q2	Q3	Q4	BF4	B1	B2	B3	B4	D1	D2	D3			
		[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[mL/s]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]			
1	Head	0	0.00	0	16.84	0.22	0.11	0.13	0.29	12.41	-2.33	-1.10	-3.94	4.43	6.98	8.19			
2	Chest	2.20	0.00	8.96	21.18	4.73	0.57	0.18	0.13	12.11	-0.33	-3.56	-1.81	0.11	5.16	9.28			
3	Back	1.93	0.00	0	18.70	4.47	0.50	0.16	0.10	18.55	-0.16	-3.40	-1.32	0.14	4.76	8.66			
4	Pelvis	3.11	0.00	0	8.05	7.18	0.80	0.25	0.17	8.01	5.24	-2.77	-1.50	0.03	1.95	5.53			
5	L-Shoulder	0.63	0.00	0	0.18	1.05	0.61	0.05	0.12	-0.20	-2.78	-0.48	-1.65	0.38	4.21	5.30			
6	R-Shoulder	0.63	0.00	0	0.18	1.05	0.61	0.05	0.12	-0.20	-2.78	-0.48	-1.65	0.38	4.21	5.30			
7	L-Arm	0.34	0.00	0	0.09	0.56	0.03	0.03	0.06	-0.18	-2.20	-0.32	-0.94	0.27	3.03	3.38			
8	R-Arm	0.34	0.00	0	0.09	0.56	0.03	0.03	0.06	-0.18	-2.20	-0.32	-0.94	0.27	3.03	3.38			
9	L-Hand	0.12	0	0	0.05	0.14	0.02	0.05	0.03	-0.47	-0.99	-0.25	-0.73	0.51	1.64	1.91			
10	R-Hand	0.12	0	0	0.05	0.14	0.02	0.05	0.03	-0.47	-0.99	-0.25	-0.73	0.51	1.64	1.91			
11	L-Thigh	4.85	0.00	0	0.34	5.67	0.15	0.12	0.06	0.02	-0.49	-0.25	-0.40	0.32	6.48	6.88			
12	R-Thigh	4.85	0.00	0	0.34	5.67	0.15	0.12	0.06	0.02	-0.49	-0.25	-0.40	0.32	6.48	6.88			
13	L-Leg	2.39	0.00	0	0.10	2.61	0.04	0.02	0.02	-0.09	-2.73	-0.06	-0.24	0.19	5.52	5.62			
14	R-Leg	2.39	0.00	0	0.10	2.61	0.04	0.02	0.02	-0.09	-2.73	-0.06	-0.24	0.19	5.52	5.62			
15	L-Foot	0.12	0	0	0.12	0.16	0.06	0.10	0.02	-0.33	-0.77	-0.12	-0.40	0.46	1.38	1.56			
16	R-Foot	0.12	0	0	0.12	0.16	0.06	0.10	0.02	-0.33	-0.77	-0.12	-0.40	0.46	1.38	1.56			
Total		24.12	0					Q=	108.78				B65=	0.0047					

Wc



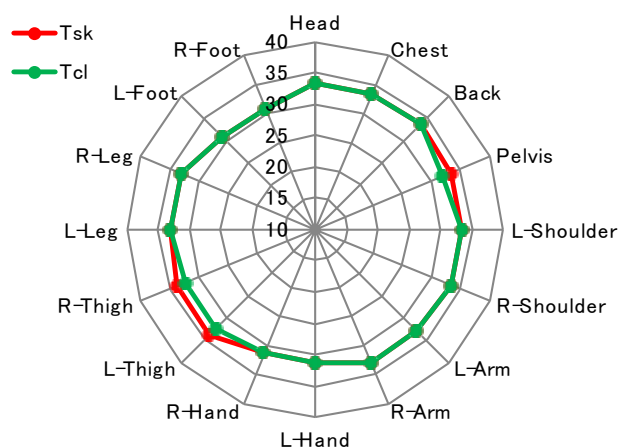
環境条件	Ta [°C]	26.00	
	Tr [°C]	27.80	
	va [m/s]	0.05	0.10
	RH [-]	0.50	0.50
met [met]		1.00	1.00
clothing		nude	std
Icl [clo]		0.06	0.67
fcl [-]		1.00	1.17
hc [W/m²K]		3.80	3.00
hr [W/m²K]		3.50	4.70
ht [W/m²K]		6.93	4.66
he [W/m²kPa]		59.56	34.57

No.	Part	体表面熱収支関連														
		To [°C]	pa [kPa]	psks [kPa]	hc [W/m²K]	hr [W/m²K]	Rst [m²K/W]	Rse [m²kPa/W]	ht [W/m²K]	he [W/m²kPa]	Qt4 [W]	Emax [W]	Esw [W]	Eb [W]	E [W]	w [-]
1	Head	26.70	1.68	5.11	5.70	3.65	0.11	0.01	9.35	94.05	8.62	45.18	0.00	2.71	2.71	0.060
2	Chest	26.82	1.68	5.14	3.80	3.20	0.14	0.02	7.00	62.70	8.04	37.96	0.00	2.28	2.28	0.060
3	Back	26.82	1.68	5.18	3.67	3.05	0.15	0.02	6.73	60.61	7.25	34.11	0.00	2.05	2.05	0.060
4	Pelvis	26.84	1.68	5.06	3.67	3.20	0.15	0.02	5.70	48.74	7.91	36.43	0.00	2.19	2.19	0.060
5	L-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.95	24.78	0.00	1.49	1.49	0.060
6	R-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.95	24.78	0.00	1.49	1.49	0.060
7	L-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.10	15.92	0.00	0.96	0.96	0.060
8	R-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.10	15.92	0.00	0.96	0.96	0.060
9	L-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.14	0.00	0.67	0.67	0.060
10	R-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.14	0.00	0.67	0.67	0.060
11	L-Thigh	26.90	1.68	5.20	3.55	3.57	0.14	0.02	6.13	49.64	8.55	36.47	0.00	2.19	2.19	0.060
12	R-Thigh	26.90	1.68	5.20	3.55	3.57	0.14	0.02	6.13	49.64	8.55	36.47	0.00	2.19	2.19	0.060
13	L-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.80	0.00	0.95	0.95	0.060
14	R-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.80	0.00	0.95	0.95	0.060
15	L-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.43	6.45	0.00	0.39	0.39	0.060
16	R-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.43	6.45	0.00	0.39	0.39	0.060
Total		26.87	1.68	5.05	3.81	3.49			6.94	59.46	80.13	####	0.00	22.49	22.49	0.060

No.	Part	体表面熱収支関連														
		To	pa	psks	hc	hr	Rst	Rse	ht	he	Qt4	E _{max}	E _{sw}	E _b	E	w
		[°C]	[kPa]	[kPa]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[m ² K/W]	[m ² kPa/W]	[W/m ² K]	[W/m ² kPa]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[-]
1	Head	26.70	1.68	5.11	5.70	3.65	0.11	0.01	9.35	94.05	8.62	45.18	0.00	2.71	2.71	0.060
2	Chest	26.82	1.68	5.14	3.80	3.20	0.14	0.02	7.00	62.70	8.04	37.96	0.00	2.28	2.28	0.060
3	Back	26.82	1.68	5.18	3.67	3.05	0.15	0.02	6.73	60.61	7.25	34.11	0.00	2.05	2.05	0.060
4	Pelvis	26.84	1.68	5.06	3.67	3.20	0.15	0.02	5.70	48.74	7.91	36.43	0.00	2.19	2.19	0.060
5	L-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.95	24.78	0.00	1.49	1.49	0.060
6	R-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.95	24.78	0.00	1.49	1.49	0.060
7	L-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.10	15.92	0.00	0.96	0.96	0.060
8	R-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.10	15.92	0.00	0.96	0.96	0.060
9	L-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.14	0.00	0.67	0.67	0.060
10	R-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.14	0.00	0.67	0.67	0.060
11	L-Thigh	26.90	1.68	5.20	3.55	3.57	0.14	0.02	6.13	49.64	8.55	36.47	0.00	2.19	2.19	0.060
12	R-Thigh	26.90	1.68	5.20	3.55	3.57	0.14	0.02	6.13	49.64	8.55	36.47	0.00	2.19	2.19	0.060
13	L-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.80	0.00	0.95	0.95	0.060
14	R-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.80	0.00	0.95	0.95	0.060
15	L-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.43	6.45	0.00	0.39	0.39	0.060
16	R-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.43	6.45	0.00	0.39	0.39	0.060
Total		26.87	1.68	5.05	3.81	3.49			6.94	59.46	80.13	####	0.00	22.49	22.49	0.060

No.	Part	仕事熱産出	震え熱産出	呼吸	熱産出				皮膚血流量	血液による熱輸送				熱伝導		
		W2	Ch2	Res1	Q1	Q2	Q3	Q4	BF4	B1	B2	B3	B4	D1	D2	D3
		[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[mL/s]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]
1	Head	0.00	0.06	0.00	16.84	0.28	0.11	0.13	0.265	12.71	-2.29	-1.02	-3.37	4.13	6.70	7.82
2	Chest	2.20	0.83	9.23	21.18	5.56	0.57	0.18	0.117	11.90	0.73	-3.23	-1.45	0.05	4.89	8.69
3	Back	1.93	0.73	0.00	18.70	5.20	0.50	0.16	0.089	18.60	0.79	-3.08	-1.05	0.09	4.50	8.08
4	Pelvis	3.11	1.18	0.00	8.05	8.36	0.80	0.25	0.135	8.00	5.54	-4.39	-1.80	0.03	2.85	8.04
5	L-Shoulder	0.63	0.01	0.00	0.18	1.06	0.61	0.05	0.110	-0.17	-2.53	-0.44	-1.40	0.35	3.94	4.99
6	R-Shoulder	0.63	0.01	0.00	0.18	1.06	0.61	0.05	0.110	-0.17	-2.53	-0.44	-1.40	0.35	3.94	4.99
7	L-Arm	0.34	0.08	0.00	0.09	0.64	0.03	0.03	0.058	-0.14	-2.03	-0.29	-0.79	0.24	2.92	3.24
8	R-Arm	0.34	0.08	0.00	0.09	0.64	0.03	0.03	0.058	-0.14	-2.03	-0.29	-0.79	0.24	2.92	3.24
9	L-Hand	0.12	0.00	0.00	0.05	0.14	0.02	0.05	0.028	-0.44	-0.93	-0.23	-0.58	0.48	1.56	1.81
10	R-Hand	0.12	0.00	0.00	0.05	0.14	0.02	0.05	0.028	-0.44	-0.93	-0.23	-0.58	0.48	1.56	1.81
11	L-Thigh	4.85	0.07	0.00	0.34	5.75	0.15	0.12	0.050	-0.15	-3.25	-0.43	-0.58	0.48	9.46	10.04
12	R-Thigh	4.85	0.07	0.00	0.34	5.75	0.15	0.12	0.050	-0.15	-3.25	-0.43	-0.58	0.48	9.46	10.04
13	L-Leg	2.39	0.04	0.00	0.10	2.65	0.04	0.02	0.014	-0.07	-2.20	-0.05	-0.19	0.16	4.99	5.08
14	R-Leg	2.39	0.04	0.00	0.10	2.65	0.04	0.02	0.014	-0.07	-2.20	-0.05	-0.19	0.16	4.99	5.08
15	L-Foot	0.12	0.00	0.00	0.12	0.16	0.06	0.10	0.014	-0.29	-0.68	-0.11	-0.31	0.42	1.25	1.41
16	R-Foot	0.12	0.00	0.00	0.12	0.16	0.06	0.10	0.014	-0.29	-0.68	-0.11	-0.31	0.42	1.25	1.41
CB, Total		24.1	3.2				Q=	112				B65=	0.00			

01



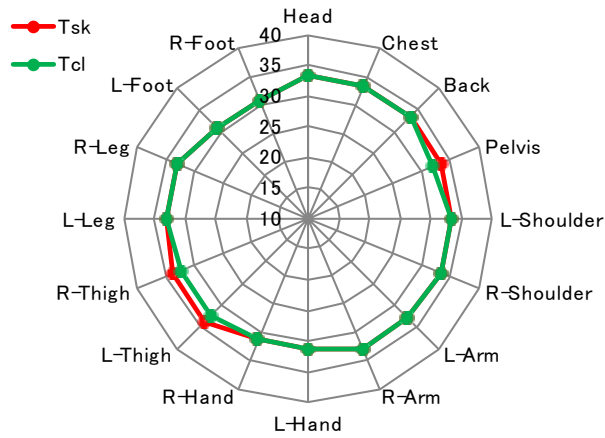
環境条件	Ta [°C]	26.00	
	Tr [°C]	27.80	
	va [m/s]	0.05	0.10
	RH [-]	0.50	0.50
met [met]		1.00	1.00
clothing		nude	std
Icl [clo]		0.06	0.67
fcl [-]		1.00	1.17
hc [W/m ² K]		3.80	3.00
hr [W/m ² K]		3.50	4.70
ht [W/m ² K]		6.93	4.66
he [W/m ² kPa]		59.56	34.57

No.	Part	体表面熱収支関連														
		To [°C]	pa [kPa]	psks [kPa]	hc [W/m²K]	hr [W/m²K]	Rst [m²K/W]	Rse [m²kPa/W]	ht [W/m²K]	he [W/m²kPa]	Qt4 [W]	E _{max} [W]	E _{sw} [W]	E _b [W]	E [W]	w [-]
1	Head	26.70	1.68	5.11	5.70	3.65	0.11	0.01	9.35	94.05	8.62	45.20	0.00	2.71	2.71	0.060
2	Chest	26.82	1.68	5.14	3.80	3.20	0.14	0.02	7.00	62.70	8.05	37.98	0.00	2.28	2.28	0.060
3	Back	26.82	1.68	5.18	3.67	3.05	0.15	0.02	6.73	60.61	7.25	34.13	0.00	2.05	2.05	0.060
4	Pelvis	26.84	1.68	5.10	3.67	3.20	0.15	0.02	5.46	46.38	7.73	35.04	0.00	2.10	2.10	0.060
5	L-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.96	24.81	0.00	1.49	1.49	0.060
6	R-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.96	24.81	0.00	1.49	1.49	0.060
7	L-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.09	15.90	0.00	0.95	0.95	0.060
8	R-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.09	15.90	0.00	0.95	0.95	0.060
9	L-Hand	26.72	1.68	4.57	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.15	0.00	0.67	0.67	0.060
10	R-Hand	26.72	1.68	4.57	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.15	0.00	0.67	0.67	0.060
11	L-Thigh	26.90	1.68	5.23	3.55	3.57	0.14	0.02	5.89	47.55	8.36	35.27	0.00	2.12	2.12	0.060
12	R-Thigh	26.90	1.68	5.23	3.55	3.57	0.14	0.02	5.89	47.55	8.36	35.27	0.00	2.12	2.12	0.060
13	L-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.81	0.00	0.95	0.95	0.060
14	R-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.81	0.00	0.95	0.95	0.060
15	L-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
16	R-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
Total		26.87	1.68	5.06	3.81	3.49			6.86	58.71	79.63	####	0.00	22.27	22.27	0.060

No.	Part	体表面熱収支関連														
		To [°C]	pa [kPa]	psks [kPa]	hc [W/m²K]	hr [W/m²K]	Rst [m²K/W]	Rse [m²kPa/W]	ht [W/m²K]	he [W/m²kPa]	Qt4 [W]	E _{max} [W]	E _{sw} [W]	E _b [W]	E [W]	w [-]
1	Head	26.70	1.68	5.11	5.70	3.65	0.11	0.01	9.35	94.05	8.62	45.20	0.00	2.71	2.71	0.060
2	Chest	26.82	1.68	5.14	3.80	3.20	0.14	0.02	7.00	62.70	8.05	37.98	0.00	2.28	2.28	0.060
3	Back	26.82	1.68	5.18	3.67	3.05	0.15	0.02	6.73	60.61	7.25	34.13	0.00	2.05	2.05	0.060
4	Pelvis	26.84	1.68	5.10	3.67	3.20	0.15	0.02	5.46	46.38	7.73	35.04	0.00	2.10	2.10	0.060
5	L-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.96	24.81	0.00	1.49	1.49	0.060
6	R-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.96	24.81	0.00	1.49	1.49	0.060
7	L-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.09	15.90	0.00	0.95	0.95	0.060
8	R-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.09	15.90	0.00	0.95	0.95	0.060
9	L-Hand	26.72	1.68	4.57	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.15	0.00	0.67	0.67	0.060
10	R-Hand	26.72	1.68	4.57	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.15	0.00	0.67	0.67	0.060
11	L-Thigh	26.90	1.68	5.23	3.55	3.57	0.14	0.02	5.89	47.55	8.36	35.27	0.00	2.12	2.12	0.060
12	R-Thigh	26.90	1.68	5.23	3.55	3.57	0.14	0.02	5.89	47.55	8.36	35.27	0.00	2.12	2.12	0.060
13	L-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.81	0.00	0.95	0.95	0.060
14	R-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.81	0.00	0.95	0.95	0.060
15	L-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
16	R-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
Total		26.87	1.68	5.06	3.81	3.49			6.86	58.71	79.63	####	0.00	22.27	22.27	0.060

No.	Part	仕事熱産出	露元熱産出	呼吸	熱産出				皮膚血流量	血液による熱輸送				熱伝導		
		W2 [W]	Ch2 [W]	Res1 [W]	Q1 [W]	Q2 [W]	Q3 [W]	Q4 [W]	BF4 [mL/s]	B1 [W]	B2 [W]	B3 [W]	B4 [W]	D1 [W]	D2 [W]	D3 [W]
1	Head	0.00	0.05	0.00	16.84	0.26	0.11	0.13	0.267	12.70	-2.26	-1.02	-3.41	4.14	6.67	7.80
2	Chest	2.20	0.59	9.15	21.18	5.32	0.57	0.18	0.119	11.97	0.51	-3.24	-1.47	0.06	4.87	8.68
3	Back	1.93	0.52	0.00	18.70	4.98	0.50	0.16	0.090	18.60	0.60	-3.09	-1.07	0.10	4.48	8.08
4	Pelvis	3.11	0.83	0.00	8.05	8.01	0.80	0.25	0.138	8.01	5.30	-4.24	-1.78	0.04	2.75	7.80
5	L-Shoulder	0.63	0.01	0.00	0.18	1.06	0.61	0.05	0.111	-0.17	-2.52	-0.44	-1.41	0.35	3.93	4.99
6	R-Shoulder	0.63	0.01	0.00	0.18	1.06	0.61	0.05	0.111	-0.17	-2.52	-0.44	-1.41	0.35	3.93	4.99
7	L-Arm	0.34	0.06	0.00	0.09	0.62	0.03	0.03	0.058	-0.15	-2.03	-0.29	-0.80	0.24	2.89	3.22
8	R-Arm	0.34	0.06	0.00	0.09	0.62	0.03	0.03	0.058	-0.15	-2.03	-0.29	-0.80	0.24	2.89	3.22
9	L-Hand	0.12	0.00	0.00	0.05	0.14	0.02	0.05	0.029	-0.44	-0.93	-0.23	-0.59	0.48	1.56	1.81
10	R-Hand	0.12	0.00	0.00	0.05	0.14	0.02	0.05	0.029	-0.44	-0.93	-0.23	-0.59	0.48	1.56	1.81
11	L-Thigh	4.85	0.05	0.00	0.34	5.73	0.15	0.12	0.051	-0.14	-3.02	-0.42	-0.57	0.48	9.22	9.79
12	R-Thigh	4.85	0.05	0.00	0.34	5.73	0.15	0.12	0.051	-0.14	-3.02	-0.42	-0.57	0.48	9.22	9.79
13	L-Leg	2.39	0.03	0.00	0.10	2.64	0.04	0.02	0.014	-0.07	-2.19	-0.05	-0.19	0.17	5.00	5.08
14	R-Leg	2.39	0.03	0.00	0.10	2.64	0.04	0.02	0.014	-0.07	-2.19	-0.05	-0.19	0.17	5.00	5.08
15	L-Foot	0.12	0.00	0.00	0.12	0.16	0.06	0.10	0.014	-0.29	-0.68	-0.11	-0.31	0.42	1.25	1.41
16	R-Foot	0.12	0.00	0.00	0.12	0.16	0.06	0.10	0.014	-0.29	-0.68	-0.11	-0.31	0.42	1.25	1.41
CB, Total		24.1	2.3				Q=	111				B65=	0.00			

Ps



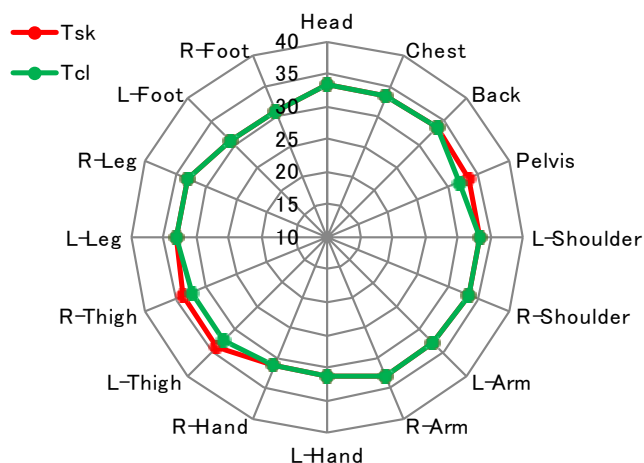
環境条件	Ta [°C]	26.00	
	Tr [°C]	27.80	
	va [m/s]	0.05	0.10
	RH [-]	0.50	0.50
met [met]		1.00	1.00
clothing		nude	std
Icl [clo]		0.06	0.67
fcl [-]		1.00	1.17
hc [W/m²K]		3.80	3.00
hr [W/m²K]		3.50	4.70
ht [W/m²K]		6.93	4.66
he [W/m²kPa]		59.56	34.57

		体表面熱収支関連														
No.	Part	To [Y°C]	pa [kPa]	psks [kPa]	hc [W/m²K]	hr [W/m²K]	Rst [m²K/W]	Rse [m²kPa/W]	ht [W/m²K]	he [W/m²kPa]	Qt4 [W]	E _{max} [W]	E _{sw} [W]	E _b [W]	E [W]	w [-]
1	Head	26.70	1.68	5.11	5.71	3.67	0.11	0.01	9.38	94.15	8.64	45.22	0.00	2.71	2.71	0.060
2	Chest	26.83	1.68	5.14	3.80	3.22	0.14	0.02	7.03	62.76	8.06	37.99	0.00	2.28	2.28	0.060
3	Back	26.82	1.68	5.18	3.68	3.07	0.15	0.02	6.75	60.67	7.27	34.14	0.00	2.05	2.05	0.060
4	Pelvis	26.84	1.68	5.09	3.68	3.22	0.14	0.02	5.55	47.10	7.80	35.46	0.00	2.13	2.13	0.060
5	L-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.37	0.13	0.01	7.94	75.32	4.97	24.81	0.00	1.49	1.49	0.060
6	R-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.37	0.13	0.01	7.94	75.32	4.97	24.81	0.00	1.49	1.49	0.060
7	L-Arm	26.75	1.68	5.03	4.56	3.30	0.13	0.01	7.86	75.32	3.10	15.91	0.00	0.95	0.95	0.060
8	R-Arm	26.75	1.68	5.03	4.56	3.30	0.13	0.01	7.86	75.32	3.10	15.91	0.00	0.95	0.95	0.060
9	L-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.15	0.13	0.01	7.84	77.41	1.78	11.16	0.00	0.67	0.67	0.060
10	R-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.15	0.13	0.01	7.84	77.41	1.78	11.16	0.00	0.67	0.67	0.060
11	L-Thigh	26.91	1.68	5.23	3.55	3.60	0.14	0.02	5.89	47.41	8.36	35.17	0.00	2.11	2.11	0.060
12	R-Thigh	26.91	1.68	5.23	3.55	3.60	0.14	0.02	5.89	47.41	8.36	35.17	0.00	2.11	2.11	0.060
13	L-Leg	27.10	1.68	5.05	2.54	3.97	0.15	0.02	6.51	41.84	4.36	15.81	0.00	0.95	0.95	0.060
14	R-Leg	27.10	1.68	5.05	2.54	3.97	0.15	0.02	6.51	41.84	4.36	15.81	0.00	0.95	0.95	0.060
15	L-Foot	27.16	1.68	4.44	2.54	4.57	0.14	0.02	7.11	41.84	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
16	R-Foot	27.16	1.68	4.44	2.54	4.57	0.14	0.02	7.11	41.84	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
Total		26.87	1.68	5.06	3.81	3.51			6.89	58.81	79.78	####	0.00	22.29	22.29	0.060

		体表面熱収支関連														
No.	Part	To [Y°C]	pa [kPa]	psks [kPa]	hc [W/m²K]	hr [W/m²K]	Rst [m²K/W]	Rse [m²kPa/W]	ht [W/m²K]	he [W/m²kPa]	Qt4 [W]	E _{max} [W]	E _{sw} [W]	E _b [W]	E [W]	w [-]
1	Head	26.70	1.68	5.11	5.71	3.67	0.11	0.01	9.38	94.15	8.64	45.22	0.00	2.71	2.71	0.060
2	Chest	26.83	1.68	5.14	3.80	3.22	0.14	0.02	7.03	62.76	8.06	37.99	0.00	2.28	2.28	0.060
3	Back	26.82	1.68	5.18	3.68	3.07	0.15	0.02	6.75	60.67	7.27	34.14	0.00	2.05	2.05	0.060
4	Pelvis	26.84	1.68	5.09	3.68	3.22	0.14	0.02	5.55	47.10	7.80	35.46	0.00	2.13	2.13	0.060
5	L-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.37	0.13	0.01	7.94	75.32	4.97	24.81	0.00	1.49	1.49	0.060
6	R-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.37	0.13	0.01	7.94	75.32	4.97	24.81	0.00	1.49	1.49	0.060
7	L-Arm	26.75	1.68	5.03	4.56	3.30	0.13	0.01	7.86	75.32	3.10	15.91	0.00	0.95	0.95	0.060
8	R-Arm	26.75	1.68	5.03	4.56	3.30	0.13	0.01	7.86	75.32	3.10	15.91	0.00	0.95	0.95	0.060
9	L-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.15	0.13	0.01	7.84	77.41	1.78	11.16	0.00	0.67	0.67	0.060
10	R-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.15	0.13	0.01	7.84	77.41	1.78	11.16	0.00	0.67	0.67	0.060
11	L-Thigh	26.91	1.68	5.23	3.55	3.60	0.14	0.02	5.89	47.41	8.36	35.17	0.00	2.11	2.11	0.060
12	R-Thigh	26.91	1.68	5.23	3.55	3.60	0.14	0.02	5.89	47.41	8.36	35.17	0.00	2.11	2.11	0.060
13	L-Leg	27.10	1.68	5.05	2.54	3.97	0.15	0.02	6.51	41.84	4.36	15.81	0.00	0.95	0.95	0.060
14	R-Leg	27.10	1.68	5.05	2.54	3.97	0.15	0.02	6.51	41.84	4.36	15.81	0.00	0.95	0.95	0.060
15	L-Foot	27.16	1.68	4.44	2.54	4.57	0.14	0.02	7.11	41.84	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
16	R-Foot	27.16	1.68	4.44	2.54	4.57	0.14	0.02	7.11	41.84	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
Total		26.87	1.68	5.06	3.81	3.51			6.89	58.81	79.78	####	0.00	22.29	22.29	0.060

No.	Part	仕事熱産出	震元熱産出	呼吸	熱産出				皮膚血流量	血液による熱輸送				熱伝導		
		W2 [W]	Ch2 [W]	Res1 [W]	Q1 [W]	Q2 [W]	Q3 [W]	Q4 [W]	BF4 [mL/s]	B1 [W]	B2 [W]	B3 [W]	B4 [W]	D1 [W]	D2 [W]	D3 [W]
1	Head	0.00	0.05	0.00	16.84	0.27	0.11	0.13	0.267	12.69	-2.27	-1.02	-3.40	4.15	6.68	7.82
2	Chest	2.20	0.64	9.16	21.18	5.37	0.57	0.18	0.118	11.96	0.54	-3.25	-1.46	0.06	4.88	8.70
3	Back	1.93	0.56	0.00	18.70	5.03	0.50	0.16	0.089	18.60	0.63	-3.10	-1.06	0.10	4.49	8.09
4	Pelvis	3.11	0.90	0.00	8.05	8.08	0.80	0.25	0.137	8.01	5.33	-4.29	-1.79	0.04	2.78	7.88
5	L-Shoulder	0.63	0.01	0.00	0.18	1.06	0.61	0.05	0.111	-0.17	-2.53	-0.45	-1.41	0.35	3.94	5.00
6	R-Shoulder	0.63	0.01	0.00	0.18	1.06	0.61	0.05	0.111	-0.17	-2.53	-0.45	-1.41	0.35	3.94	5.00
7	L-Arm	0.34	0.06	0.00	0.09	0.62	0.03	0.03	0.058	-0.15	-2.04	-0.29	-0.80	0.24	2.90	3.23
8	R-Arm	0.34	0.06	0.00	0.09	0.62	0.03	0.03	0.058	-0.15	-2.04	-0.29	-0.80	0.24	2.90	3.23
9	L-Hand	0.12	0.00	0.00	0.05	0.14	0.02	0.05	0.029	-0.44	-0.93	-0.23	-0.59	0.48	1.56	1.81
10	R-Hand	0.12	0.00	0.00	0.05	0.14	0.02	0.05	0.029	-0.44	-0.93	-0.23	-0.59	0.48	1.56	1.81
11	L-Thigh	4.85	0.06	0.00	0.34	5.73	0.15	0.12	0.050	-0.14	-3.01	-0.42	-0.56	0.48	9.21	9.78
12	R-Thigh	4.85	0.06	0.00	0.34	5.73	0.15	0.12	0.050	-0.14	-3.01	-0.42	-0.56	0.48	9.21	9.78
13	L-Leg	2.39	0.03	0.00	0.10	2.64	0.04	0.02	0.014	-0.07	-2.20	-0.05	-0.19	0.17	5.00	5.09
14	R-Leg	2.39	0.03	0.00	0.10	2.64	0.04	0.02	0.014	-0.07	-2.20	-0.05	-0.19	0.17	5.00	5.09
15	L-Foot	0.12	0.00	0.00	0.12	0.16	0.06	0.10	0.014	-0.29	-0.68	-0.11	-0.31	0.42	1.25	1.41
16	R-Foot	0.12	0.00	0.00	0.12	0.16	0.06	0.10	0.014	-0.29	-0.68	-0.11	-0.31	0.42	1.25	1.41
CB,Total		24.1	2.5				Q=	111				B65=	0.00			

Sv



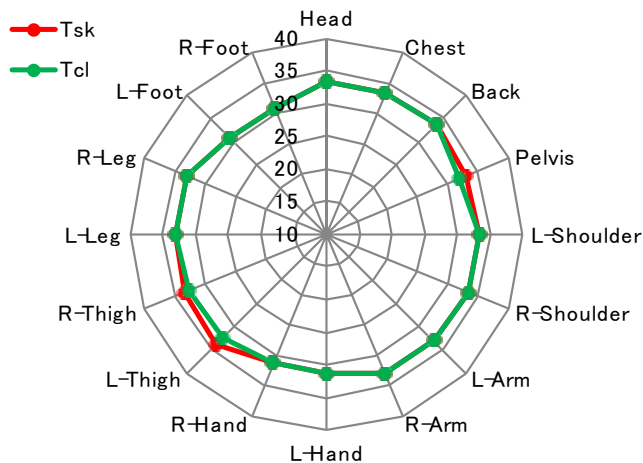
環境条件	Ta [°C]	26.00	
	Tr [°C]	27.80	
	va [m/s]	0.05	0.10
	RH [-]	0.50	0.50
met [met]		1.00	1.00
clothing		nude	std
		lcl [clo]	0.06 0.67
		fcl [-]	1.00 1.17
hc [W/m²K]		3.80	3.00
hr [W/m²K]		3.50	4.70
ht [W/m²K]		6.93	4.66
he [W/m²kPa]		59.56	34.57

No.	Part	体表面熱収支関連														
		To [Y°C]	pa [kPa]	psks [kPa]	hc [W/m²K]	hr [W/m²K]	Rst [m²K/W]	Rse [m²kPa/W]	ht [W/m²K]	he [W/m²kPa]	Qt4 [W]	E _{max} [W]	E _{sw} [W]	E _b [W]	E [W]	w [-]
1	Head	26.70	1.68	5.11	5.71	3.67	0.11	0.01	9.38	94.15	8.64	45.24	0.00	2.71	2.71	0.060
2	Chest	26.83	1.68	5.14	3.80	3.22	0.14	0.02	7.03	62.76	8.07	38.01	0.00	2.28	2.28	0.060
3	Back	26.82	1.68	5.18	3.68	3.07	0.15	0.02	6.75	60.67	7.27	34.16	0.00	2.05	2.05	0.060
4	Pelvis	26.84	1.68	5.14	3.68	3.22	0.14	0.02	5.21	43.84	7.52	33.49	0.00	2.01	2.01	0.060
5	L-Shoulder	26.76	1.68	5.12	4.56	3.37	0.13	0.01	7.94	75.32	4.98	24.83	0.00	1.49	1.49	0.060
6	R-Shoulder	26.76	1.68	5.12	4.56	3.37	0.13	0.01	7.94	75.32	4.98	24.83	0.00	1.49	1.49	0.060
7	L-Arm	26.75	1.68	5.03	4.56	3.30	0.13	0.01	7.86	75.32	3.09	15.90	0.00	0.95	0.95	0.060
8	R-Arm	26.75	1.68	5.03	4.56	3.30	0.13	0.01	7.86	75.32	3.09	15.90	0.00	0.95	0.95	0.060
9	L-Hand	26.72	1.68	4.57	4.69	3.15	0.13	0.01	7.84	77.41	1.79	11.17	0.00	0.67	0.67	0.060
10	R-Hand	26.72	1.68	4.57	4.69	3.15	0.13	0.01	7.84	77.41	1.79	11.17	0.00	0.67	0.67	0.060
11	L-Thigh	26.91	1.68	5.26	3.55	3.60	0.14	0.02	5.71	45.87	8.21	34.27	0.00	2.06	2.06	0.060
12	R-Thigh	26.91	1.68	5.26	3.55	3.60	0.14	0.02	5.71	45.87	8.21	34.27	0.00	2.06	2.06	0.060
13	L-Leg	27.10	1.68	5.06	2.54	3.97	0.15	0.02	6.51	41.84	4.36	15.82	0.00	0.95	0.95	0.060
14	R-Leg	27.10	1.68	5.06	2.54	3.97	0.15	0.02	6.51	41.84	4.36	15.82	0.00	0.95	0.95	0.060
15	L-Foot	27.16	1.68	4.44	2.54	4.57	0.14	0.02	7.11	41.84	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
16	R-Foot	27.16	1.68	4.44	2.54	4.57	0.14	0.02	7.11	41.84	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
Total		26.87	1.68	5.07	3.81	3.51			6.81	58.08	79.26	####	0.00	22.07	22.07	0.060

No.	Part	体表面熱収支関連														
		To [Y°C]	pa [kPa]	psks [kPa]	hc [W/m²K]	hr [W/m²K]	Rst [m²K/W]	Rse [m²kPa/W]	ht [W/m²K]	he [W/m²kPa]	Qt4 [W]	E _{max} [W]	E _{sw} [W]	E _b [W]	E [W]	w [-]
1	Head	26.70	1.68	5.11	5.71	3.67	0.11	0.01	9.38	94.15	8.64	45.24	0.00	2.71	2.71	0.060
2	Chest	26.83	1.68	5.14	3.80	3.22	0.14	0.02	7.03	62.76	8.07	38.01	0.00	2.28	2.28	0.060
3	Back	26.82	1.68	5.18	3.68	3.07	0.15	0.02	6.75	60.67	7.27	34.16	0.00	2.05	2.05	0.060
4	Pelvis	26.84	1.68	5.14	3.68	3.22	0.14	0.02	5.21	43.84	7.52	33.49	0.00	2.01	2.01	0.060
5	L-Shoulder	26.76	1.68	5.12	4.56	3.37	0.13	0.01	7.94	75.32	4.98	24.83	0.00	1.49	1.49	0.060
6	R-Shoulder	26.76	1.68	5.12	4.56	3.37	0.13	0.01	7.94	75.32	4.98	24.83	0.00	1.49	1.49	0.060
7	L-Arm	26.75	1.68	5.03	4.56	3.30	0.13	0.01	7.86	75.32	3.09	15.90	0.00	0.95	0.95	0.060
8	R-Arm	26.75	1.68	5.03	4.56	3.30	0.13	0.01	7.86	75.32	3.09	15.90	0.00	0.95	0.95	0.060
9	L-Hand	26.72	1.68	4.57	4.69	3.15	0.13	0.01	7.84	77.41	1.79	11.17	0.00	0.67	0.67	0.060
10	R-Hand	26.72	1.68	4.57	4.69	3.15	0.13	0.01	7.84	77.41	1.79	11.17	0.00	0.67	0.67	0.060
11	L-Thigh	26.91	1.68	5.26	3.55	3.60	0.14	0.02	5.71	45.87	8.21	34.27	0.00	2.06	2.06	0.060
12	R-Thigh	26.91	1.68	5.26	3.55	3.60	0.14	0.02	5.71	45.87	8.21	34.27	0.00	2.06	2.06	0.060
13	L-Leg	27.10	1.68	5.06	2.54	3.97	0.15	0.02	6.51	41.84	4.36	15.82	0.00	0.95	0.95	0.060
14	R-Leg	27.10	1.68	5.06	2.54	3.97	0.15	0.02	6.51	41.84	4.36	15.82	0.00	0.95	0.95	0.060
15	L-Foot	27.16	1.68	4.44	2.54	4.57	0.14	0.02	7.11	41.84	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
16	R-Foot	27.16	1.68	4.44	2.54	4.57	0.14	0.02	7.11	41.84	1.44	6.46	0.00	0.39	0.39	0.060
Total		26.87	1.68	5.07	3.81	3.51			6.81	58.08	79.26	####	0.00	22.07	22.07	0.060

No.	Part	仕事熱産出	震元熱産出	呼吸	熱産出				皮膚血流量	血液による熱輸送				熱伝導		
		W2 [W]	Ch2 [W]	Res1 [W]	Q1 [W]	Q2 [W]	Q3 [W]	Q4 [W]	BF4 [mL/s]	B1 [W]	B2 [W]	B3 [W]	B4 [W]	D1 [W]	D2 [W]	D3 [W]
1	Head	0.00	0.03	0.00	16.84	0.25	0.11	0.13	0.269	12.68	-2.24	-1.03	-3.44	4.16	6.65	7.79
2	Chest	2.20	0.43	9.10	21.18	5.16	0.57	0.18	0.120	12.02	0.37	-3.26	-1.49	0.07	4.86	8.68
3	Back	1.93	0.38	0.00	18.70	4.84	0.50	0.16	0.091	18.59	0.47	-3.11	-1.08	0.11	4.48	8.08
4	Pelvis	3.11	0.60	0.00	8.05	7.78	0.80	0.25	0.140	8.01	5.17	-4.07	-1.75	0.04	2.65	7.53
5	L-Shoulder	0.63	0.01	0.00	0.18	1.06	0.61	0.05	0.112	-0.17	-2.53	-0.45	-1.42	0.35	3.94	4.99
6	R-Shoulder	0.63	0.01	0.00	0.18	1.06	0.61	0.05	0.112	-0.17	-2.53	-0.45	-1.42	0.35	3.94	4.99
7	L-Arm	0.34	0.04	0.00	0.09	0.60	0.03	0.03	0.058	-0.15	-2.04	-0.30	-0.81	0.25	2.88	3.21
8	R-Arm	0.34	0.04	0.00	0.09	0.60	0.03	0.03	0.058	-0.15	-2.04	-0.30	-0.81	0.25	2.88	3.21
9	L-Hand	0.12	0.00	0.00	0.05	0.14	0.02	0.05	0.029	-0.44	-0.93	-0.23	-0.60	0.48	1.56	1.81
10	R-Hand	0.12	0.00	0.00	0.05	0.14	0.02	0.05	0.029	-0.44	-0.93	-0.23	-0.60	0.48	1.56	1.81
11	L-Thigh	4.85	0.04	0.00	0.34	5.71	0.15	0.12	0.051	-0.13	-2.85	-0.41	-0.56	0.47	9.03	9.58
12	R-Thigh	4.85	0.04	0.00	0.34	5.71	0.15	0.12	0.051	-0.13	-2.85	-0.41	-0.56	0.47	9.03	9.58
13	L-Leg	2.39	0.02	0.00	0.10	2.63	0.04	0.02	0.014	-0.07	-2.21	-0.05	-0.20	0.17	5.00	5.09
14	R-Leg	2.39	0.02	0.00	0.10	2.63	0.04	0.02	0.014	-0.07	-2.21	-0.05	-0.20	0.17	5.00	5.09
15	L-Foot	0.12	0.00	0.00	0.12	0.16	0.06	0.10	0.014	-0.29	-0.68	-0.11	-0.32	0.42	1.25	1.41
16	R-Foot	0.12	0.00	0.00	0.12	0.16	0.06	0.10	0.014	-0.29	-0.68	-0.11	-0.32	0.42	1.25	1.41
CB,Total		24.1	1.7					Q=	110			B65=	0.00			

Cp



環境条件	Ta [°C]	26.00	
	Tr [°C]	27.80	
	va [m/s]	0.05	0.10
	RH [-]	0.50	0.50
met [met]		1.00	1.00
clothing		nude	std
Icl [clo]		0.06	0.67
fcl [-]		1.00	1.17
hc [W/m²K]		3.80	3.00
hr [W/m²K]		3.50	4.70
ht [W/m²K]		6.93	4.66
he [W/m²kPa]		59.56	34.57

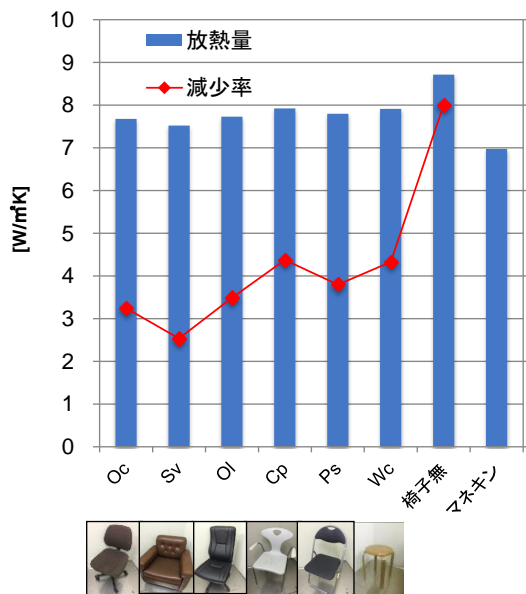
No.	Part	体表面熱収支関連														
		To [Y°C]	pa [kPa]	psks [kPa]	hc [W/m ² K]	hr [W/m ² K]	Rst [m ² K/W]	Rse [m ² kPa/W]	ht [W/m ² K]	he [W/m ² kPa]	Qt4 [W]	E _{max} [W]	E _{sw} [W]	E _b [W]	E [W]	w [-]
1	Head	26.70	1.68	5.11	5.70	3.65	0.11	0.01	9.35	94.05	8.62	45.19	0.00	2.71	2.71	0.060
2	Chest	26.82	1.68	5.14	3.80	3.20	0.14	0.02	7.00	62.70	8.04	37.97	0.00	2.28	2.28	0.060
3	Back	26.82	1.68	5.18	3.67	3.05	0.15	0.02	6.73	60.61	7.25	34.12	0.00	2.05	2.05	0.060
4	Pelvis	26.84	1.68	5.06	3.67	3.20	0.15	0.02	5.71	48.80	7.92	36.48	0.00	2.19	2.19	0.060
5	L-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.96	24.79	0.00	1.49	1.49	0.060
6	R-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.96	24.79	0.00	1.49	1.49	0.060
7	L-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.10	15.91	0.00	0.95	0.95	0.060
8	R-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.10	15.91	0.00	0.95	0.95	0.060
9	L-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.14	0.00	0.67	0.67	0.060
10	R-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.14	0.00	0.67	0.67	0.060
11	L-Thigh	26.90	1.68	5.22	3.55	3.57	0.14	0.02	5.99	48.36	8.43	35.74	0.00	2.14	2.14	0.060
12	R-Thigh	26.90	1.68	5.22	3.55	3.57	0.14	0.02	5.99	48.36	8.43	35.74	0.00	2.14	2.14	0.060
13	L-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.80	0.00	0.95	0.95	0.060
14	R-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.80	0.00	0.95	0.95	0.060
15	L-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.44	6.45	0.00	0.39	0.39	0.060
16	R-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.44	6.45	0.00	0.39	0.39	0.060
Total		26.87	1.68	5.06	3.81	3.49			6.91	59.18	79.93	####	0.00	22.41	22.41	0.060

No.	Part	体表面熱収支関連														
		To [Y°C]	pa [kPa]	psks [kPa]	hc [W/m ² K]	hr [W/m ² K]	Rst [m ² K/W]	Rse [m ² kPa/W]	ht [W/m ² K]	he [W/m ² kPa]	Qt4 [W]	E _{max} [W]	E _{sw} [W]	E _b [W]	E [W]	w [-]
1	Head	26.70	1.68	5.11	5.70	3.65	0.11	0.01	9.35	94.05	8.62	45.19	0.00	2.71	2.71	0.060
2	Chest	26.82	1.68	5.14	3.80	3.20	0.14	0.02	7.00	62.70	8.04	37.97	0.00	2.28	2.28	0.060
3	Back	26.82	1.68	5.18	3.67	3.05	0.15	0.02	6.73	60.61	7.25	34.12	0.00	2.05	2.05	0.060
4	Pelvis	26.84	1.68	5.06	3.67	3.20	0.15	0.02	5.71	48.80	7.92	36.48	0.00	2.19	2.19	0.060
5	L-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.96	24.79	0.00	1.49	1.49	0.060
6	R-Shoulder	26.76	1.68	5.11	4.56	3.35	0.13	0.01	7.91	75.24	4.96	24.79	0.00	1.49	1.49	0.060
7	L-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.10	15.91	0.00	0.95	0.95	0.060
8	R-Arm	26.75	1.68	5.04	4.56	3.28	0.13	0.01	7.84	75.24	3.10	15.91	0.00	0.95	0.95	0.060
9	L-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.14	0.00	0.67	0.67	0.060
10	R-Hand	26.72	1.68	4.56	4.69	3.13	0.13	0.01	7.81	77.33	1.78	11.14	0.00	0.67	0.67	0.060
11	L-Thigh	26.90	1.68	5.22	3.55	3.57	0.14	0.02	5.99	48.36	8.43	35.74	0.00	2.14	2.14	0.060
12	R-Thigh	26.90	1.68	5.22	3.55	3.57	0.14	0.02	5.99	48.36	8.43	35.74	0.00	2.14	2.14	0.060
13	L-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.80	0.00	0.95	0.95	0.060
14	R-Leg	27.10	1.68	5.06	2.53	3.95	0.15	0.02	6.48	41.80	4.35	15.80	0.00	0.95	0.95	0.060
15	L-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.44	6.45	0.00	0.39	0.39	0.060
16	R-Foot	27.16	1.68	4.44	2.53	4.54	0.14	0.02	7.08	41.80	1.44	6.45	0.00	0.39	0.39	0.060
Total		26.87	1.68	5.06	3.81	3.49			6.91	59.18	79.93	####	0.00	22.41	22.41	0.060

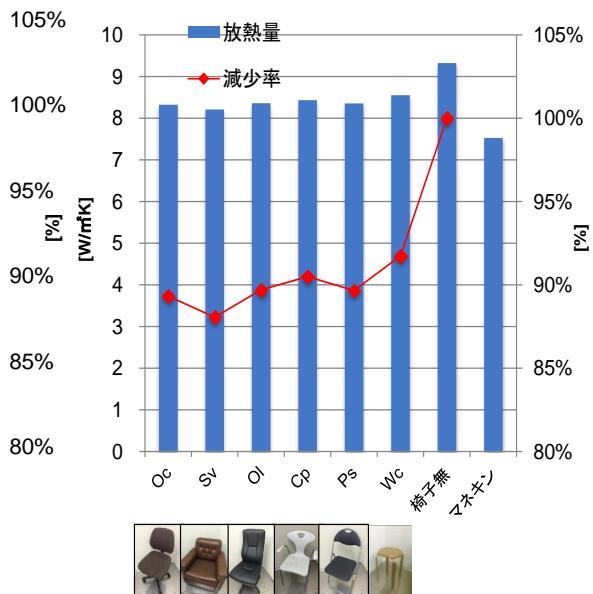
No.	Part	仕事熱産出	震え熱産出	呼吸	熱産出				皮膚血流量	血液による熱輸送				熱伝導		
		W2 [W]	Ch2 [W]	Res1 [W]	Q1 [W]	Q2 [W]	Q3 [W]	Q4 [W]	BF4 [mL/s]	B1 [W]	B2 [W]	B3 [W]	B4 [W]	D1 [W]	D2 [W]	D3 [W]
1	Head	0.00	0.06	0.00	16.84	0.27	0.11	0.13	0.266	12.71	-2.28	-1.02	-3.38	4.14	6.69	7.81
2	Chest	2.20	0.73	9.19	21.18	5.46	0.57	0.18	0.118	11.94	0.63	-3.24	-1.45	0.05	4.88	8.69
3	Back	1.93	0.64	0.00	18.70	5.11	0.50	0.16	0.089	18.60	0.71	-3.09	-1.06	0.10	4.49	8.08
4	Pelvis	3.11	1.03	0.00	8.05	8.21	0.80	0.25	0.135	8.01	5.40	-4.40	-1.81	0.04	2.84	8.05
5	L-Shoulder	0.63	0.01	0.00	0.18	1.06	0.61	0.05	0.110	-0.17	-2.53	-0.44	-1.40	0.35	3.94	4.99
6	R-Shoulder	0.63	0.01	0.00	0.18	1.06	0.61	0.05	0.110	-0.17	-2.53	-0.44	-1.40	0.35	3.94	4.99
7	L-Arm	0.34	0.07	0.00	0.09	0.63	0.03	0.03	0.058	-0.15	-2.03	-0.29	-0.79	0.24	2.91	3.23
8	R-Arm	0.34	0.07	0.00	0.09	0.63	0.03	0.03	0.058	-0.15	-2.03	-0.29	-0.79	0.24	2.91	3.23
9	L-Hand	0.12	0.00	0.00	0.05	0.14	0.02	0.05	0.028	-0.44	-0.93	-0.23	-0.58	0.48	1.56	1.81
10	R-Hand	0.12	0.00	0.00	0.05	0.14	0.02	0.05	0.028	-0.44	-0.93	-0.23	-0.58	0.48	1.56	1.81
11	L-Thigh	4.85	0.06	0.00	0.34	5.74	0.15	0.12	0.050	-0.14	-3.11	-0.42	-0.57	0.48	9.31	9.89
12	R-Thigh	4.85	0.06	0.00	0.34	5.74	0.15	0.12	0.050	-0.14	-3.11	-0.42	-0.57	0.48	9.31	9.89
13	L-Leg	2.39	0.03	0.00	0.10	2.64	0.04	0.02	0.014	-0.07	-2.19	-0.05	-0.19	0.17	4.99	5.08
14	R-Leg	2.39	0.03	0.00	0.10	2.64	0.04	0.02	0.014	-0.07	-2.19	-0.05	-0.19	0.17	4.99	5.08
15	L-Foot	0.12	0.00	0.00	0.12	0.16	0.06	0.10	0.014	-0.29	-0.68	-0.11	-0.31	0.42	1.25	1.41
16	R-Foot	0.12	0.00	0.00	0.12	0.16	0.06	0.10	0.014	-0.29	-0.68	-0.11	-0.31	0.42	1.25	1.41
CB,Total		24.1	2.8				Q=	112				B65=	0.00			

表 4-35. 椅子毎の放熱量

放熱量(W)	65MNモデル							マネキン
部位	Oc	Sv	Ol	Cp	Ps	Wc	椅子無	-
頭部	8.64	8.64	8.62	8.62	8.64	8.62	8.61	8.33
胸部前	8.06	8.07	8.05	8.04	8.06	8.04	8.03	6.64
胸部後	7.27	7.27	7.25	7.25	7.27	7.25	7.24	7.60
腰部	7.67	7.52	7.73	7.92	7.80	7.91	8.71	6.98
左上腕部	4.97	4.98	4.96	4.96	4.97	4.95	4.93	3.70
右上腕部	4.97	4.98	4.96	4.96	4.97	4.95	4.93	3.70
左前腕部	3.10	3.09	3.09	3.10	3.10	3.10	3.13	3.81
右前腕部	3.10	3.09	3.09	3.10	3.10	3.10	3.13	3.81
左手先部	1.78	1.79	1.78	1.78	1.78	1.78	1.75	2.34
右手先部	1.78	1.79	1.78	1.78	1.78	1.78	1.75	2.34
左大腿部	8.32	8.21	8.36	8.43	8.36	8.55	9.32	7.53
右大腿部	8.32	8.21	8.36	8.43	8.36	8.55	9.32	7.53
左下腿部	4.36	4.36	4.35	4.35	4.36	4.35	4.35	5.29
右下腿部	4.36	4.36	4.35	4.35	4.36	4.35	4.35	5.29
左足先部	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.43	1.42	1.97
右足先部	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	1.43	1.42	1.97
合計	79.6	79.3	79.6	79.9	79.8	80.1	82.4	78.8



臀部放熱量比較



大腿部放熱量比較

大腿部、臀部での放熱量の減少率を求めた。熱抵抗値が高い椅子程、腰部、大腿部で、放熱量が 10%以上低くなる結果となった。

4.6.3 CFD 解析（65MN モデル発熱量適用）

65MN モデルで求めた人体の放熱量を表に示す。

それぞれのケースで、求めた放熱量を適用し、再度解析を行い、実験結果と比較した。

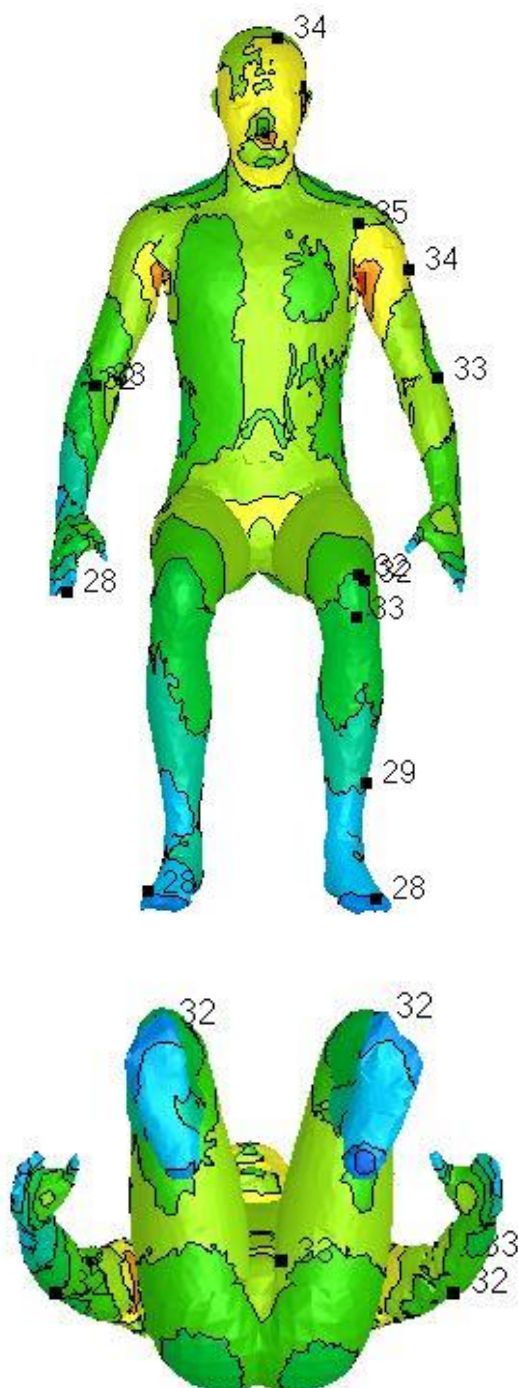


図 4-38. 椅子無し椅座位姿勢

Oc

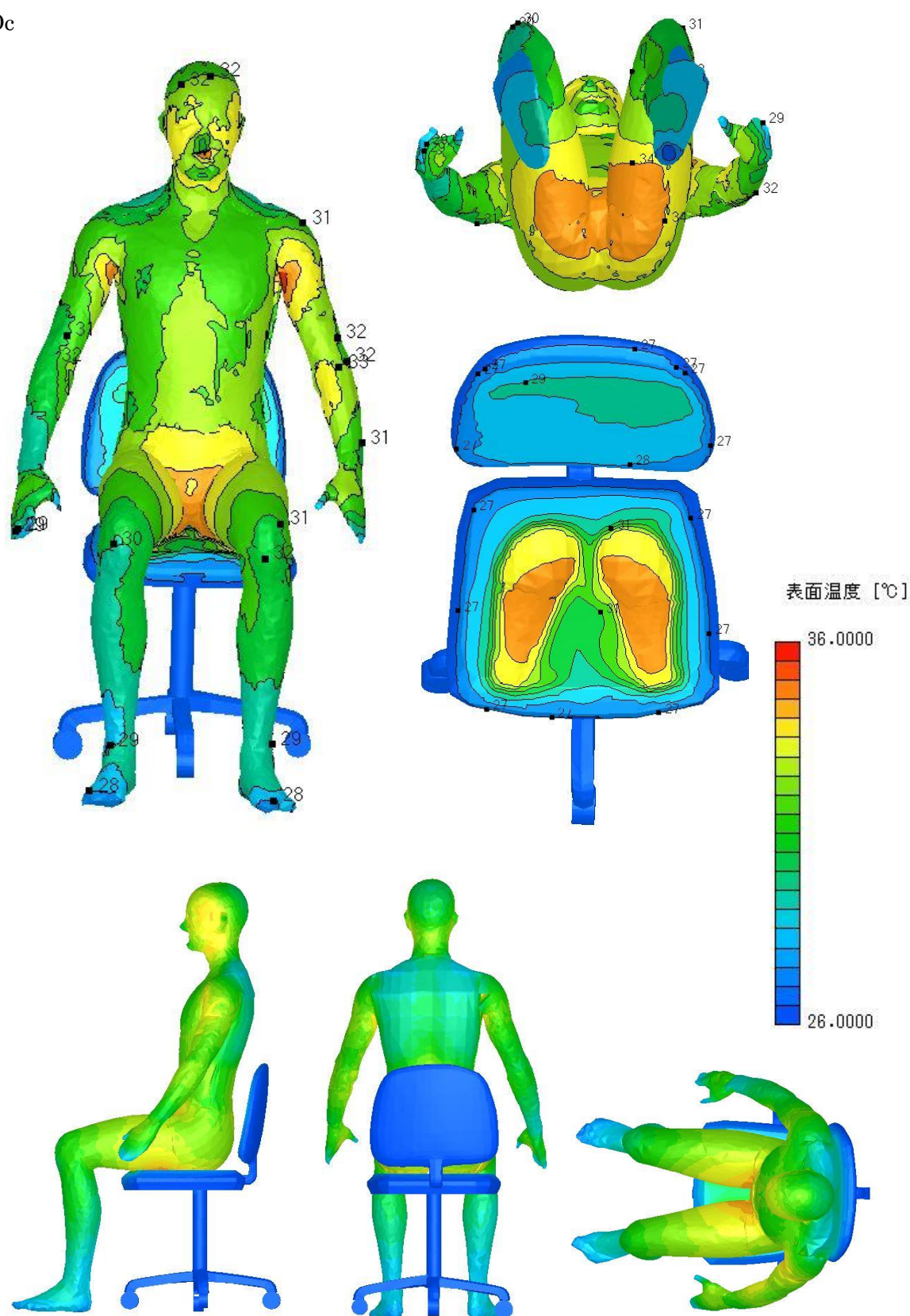


图 4-39. 表面温度

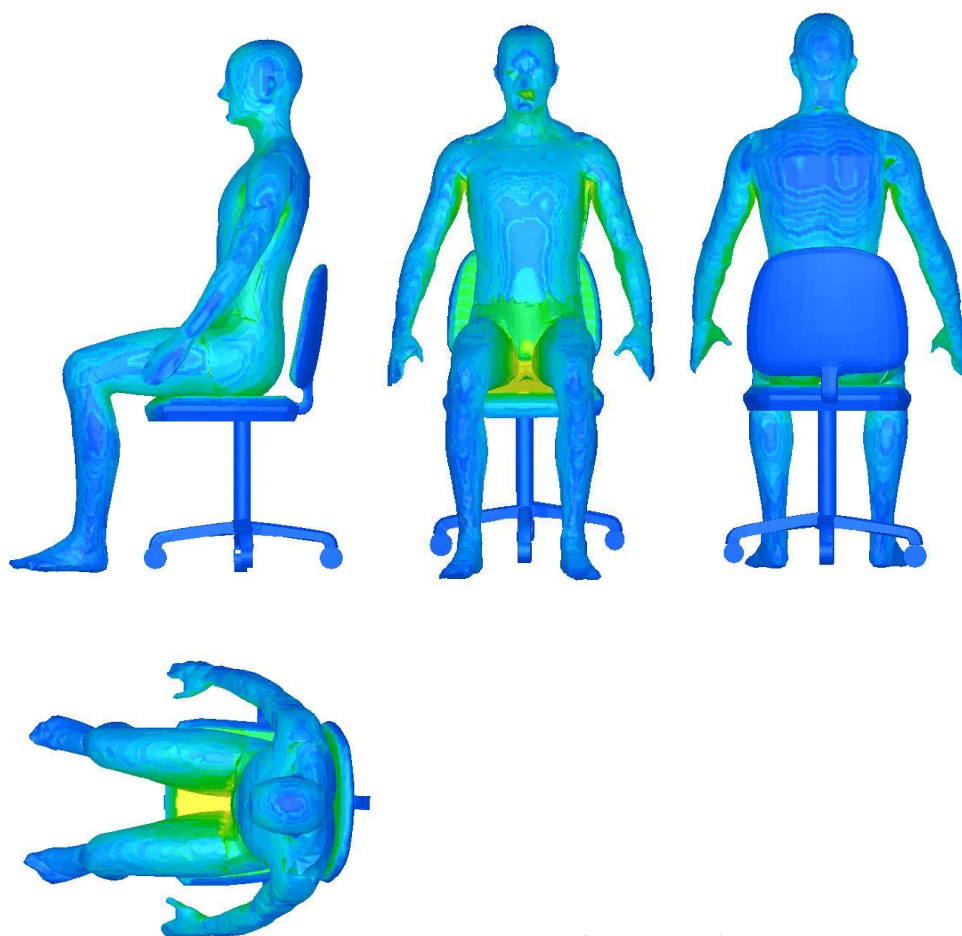


图 4-40 放射平均温度

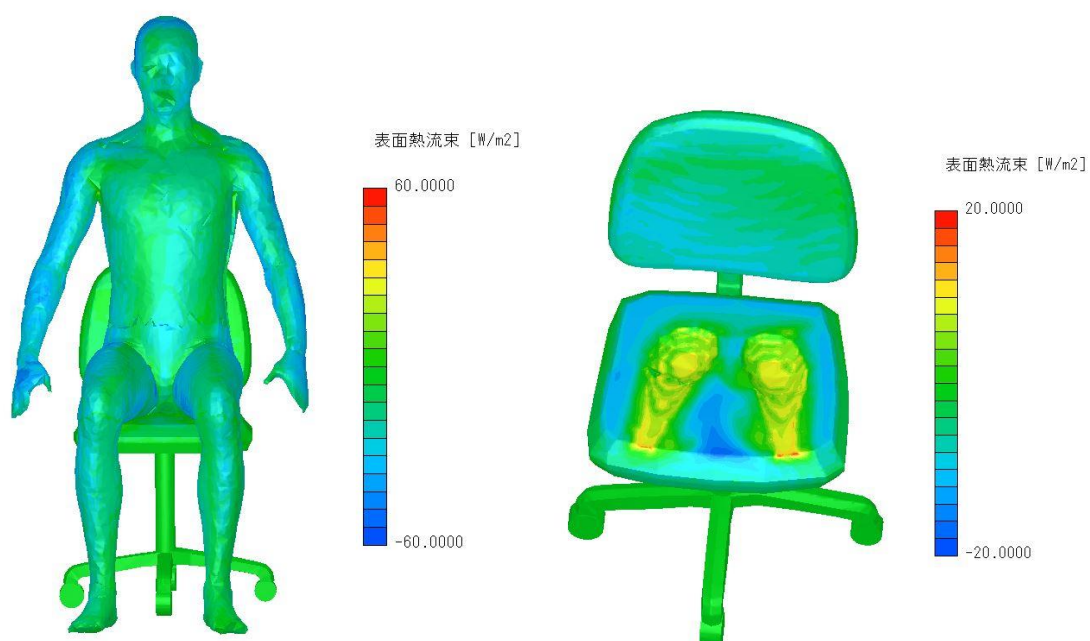


图 4-41 表面热流束

Wc

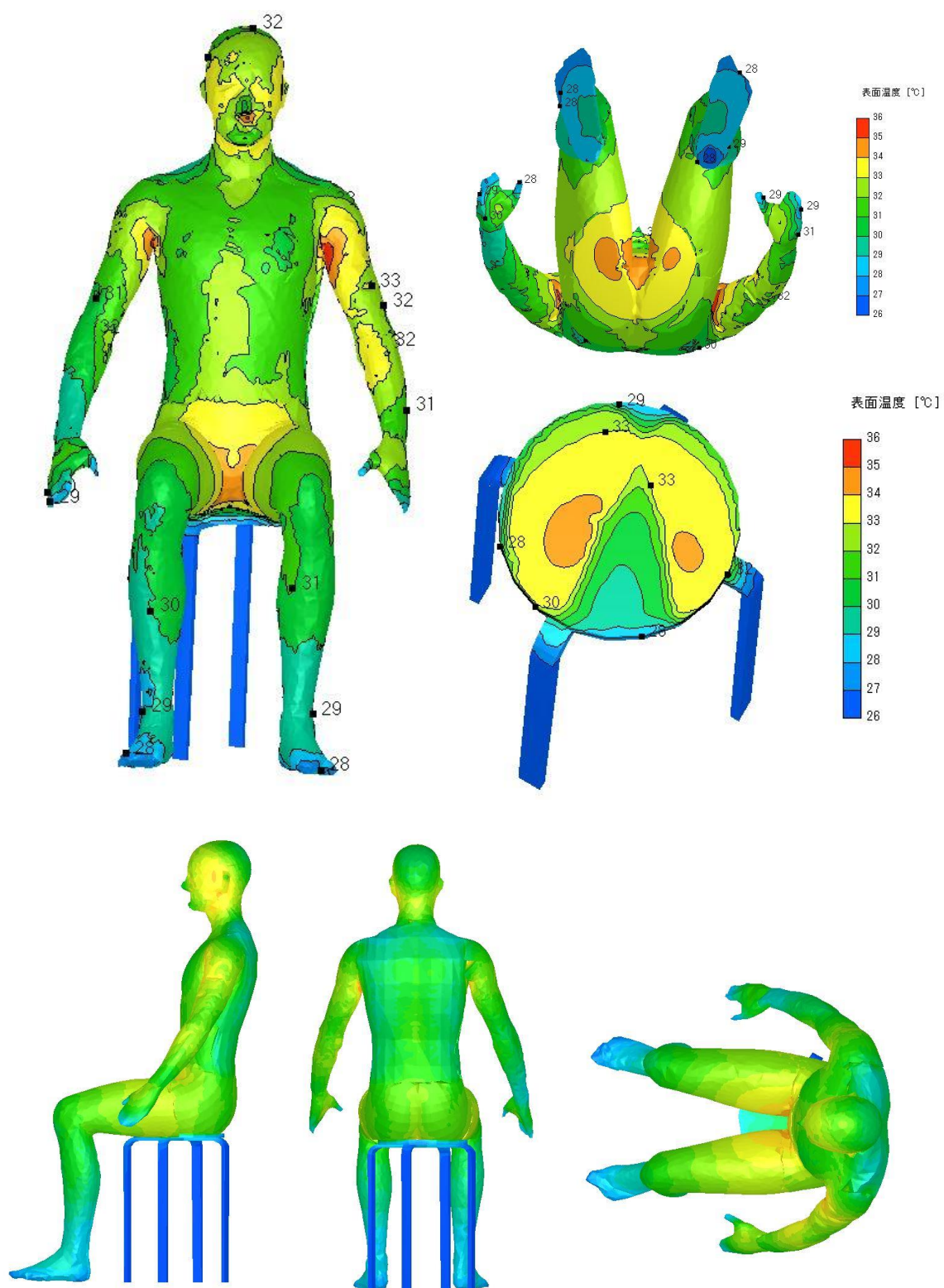


图 4-42. 表面温度

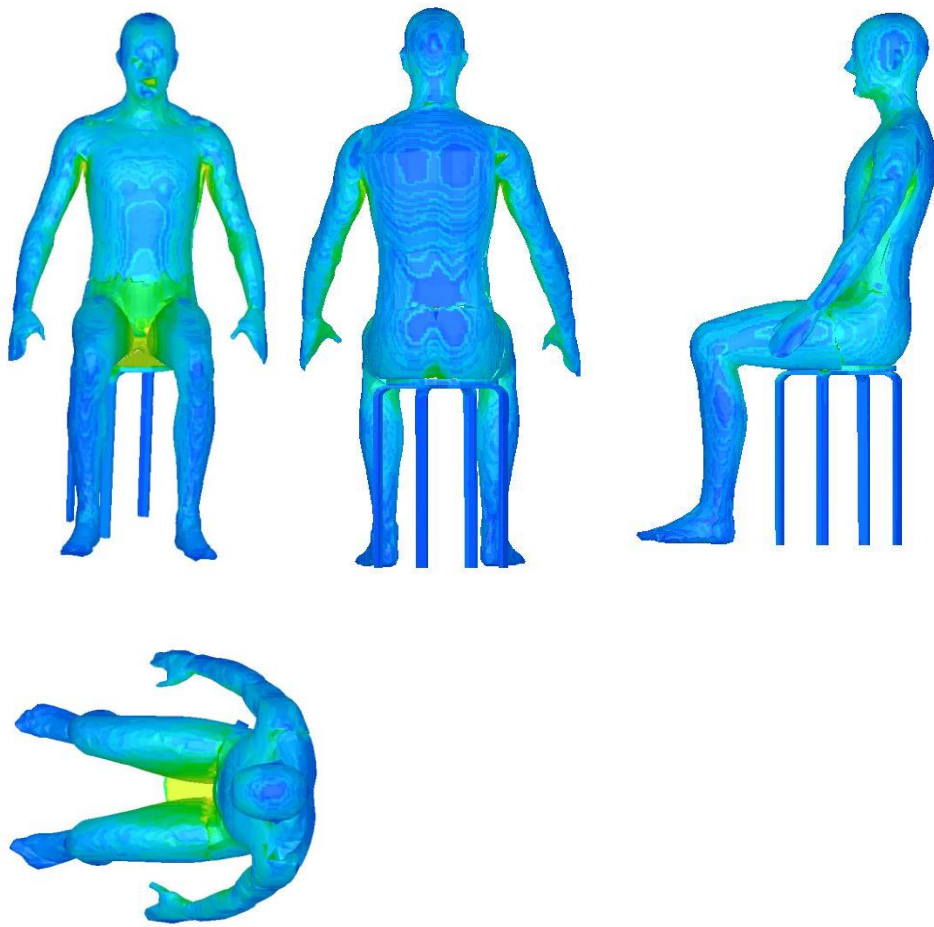


图 4-43 放射平均温度

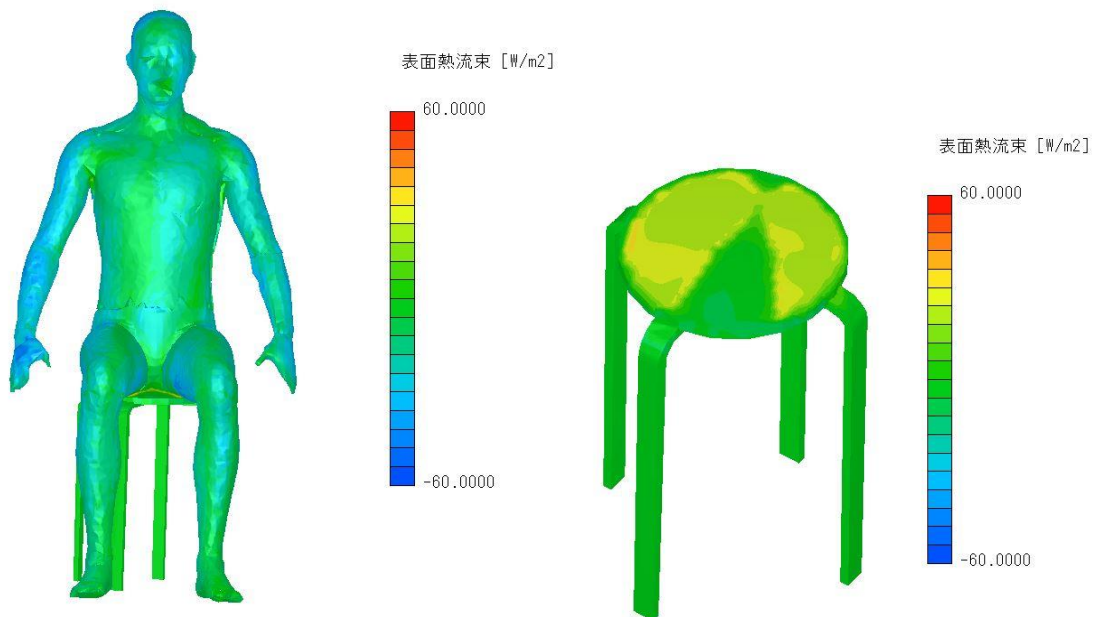


图 4-44 表面热流束

01

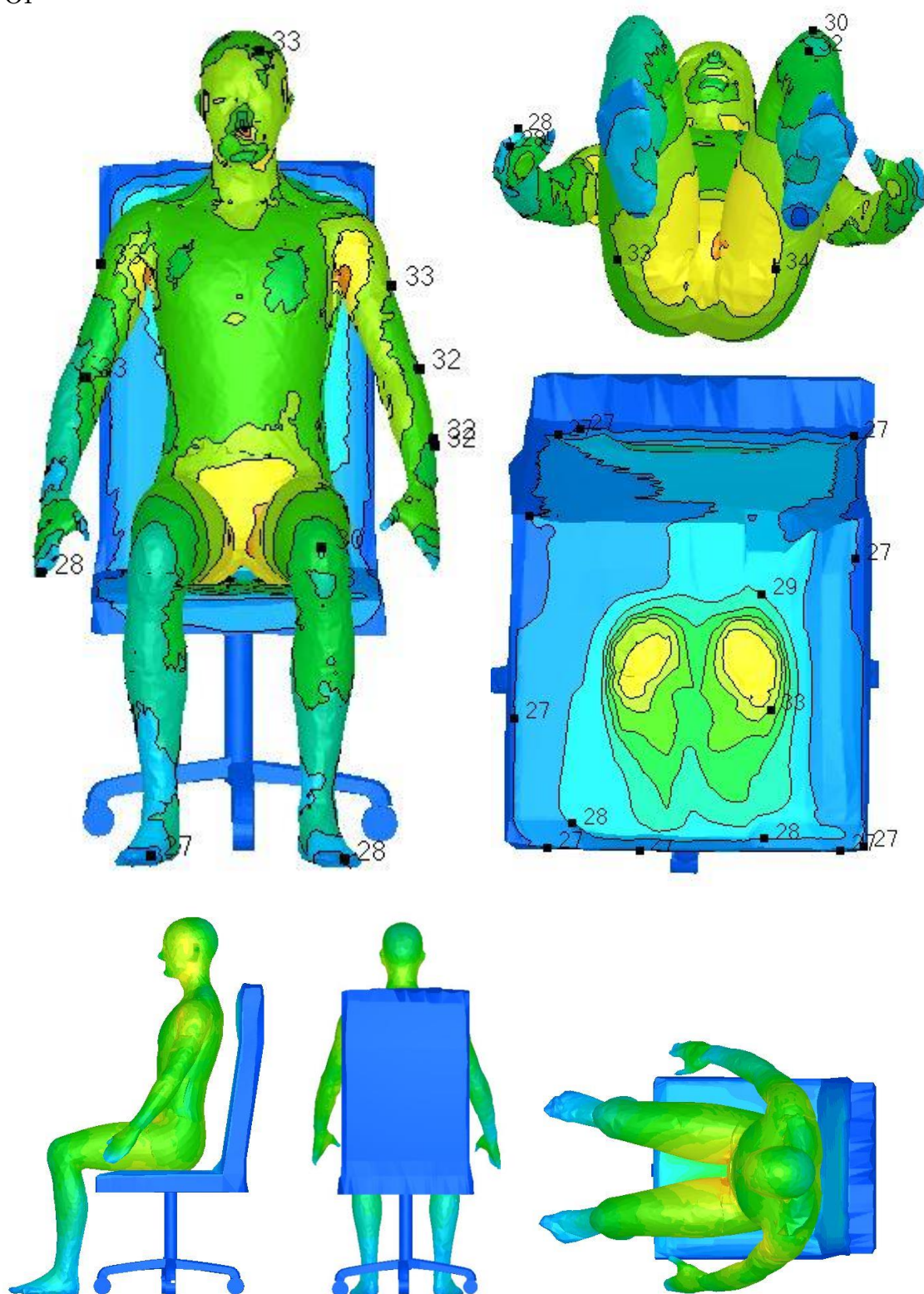


图 4-45. 表面温度

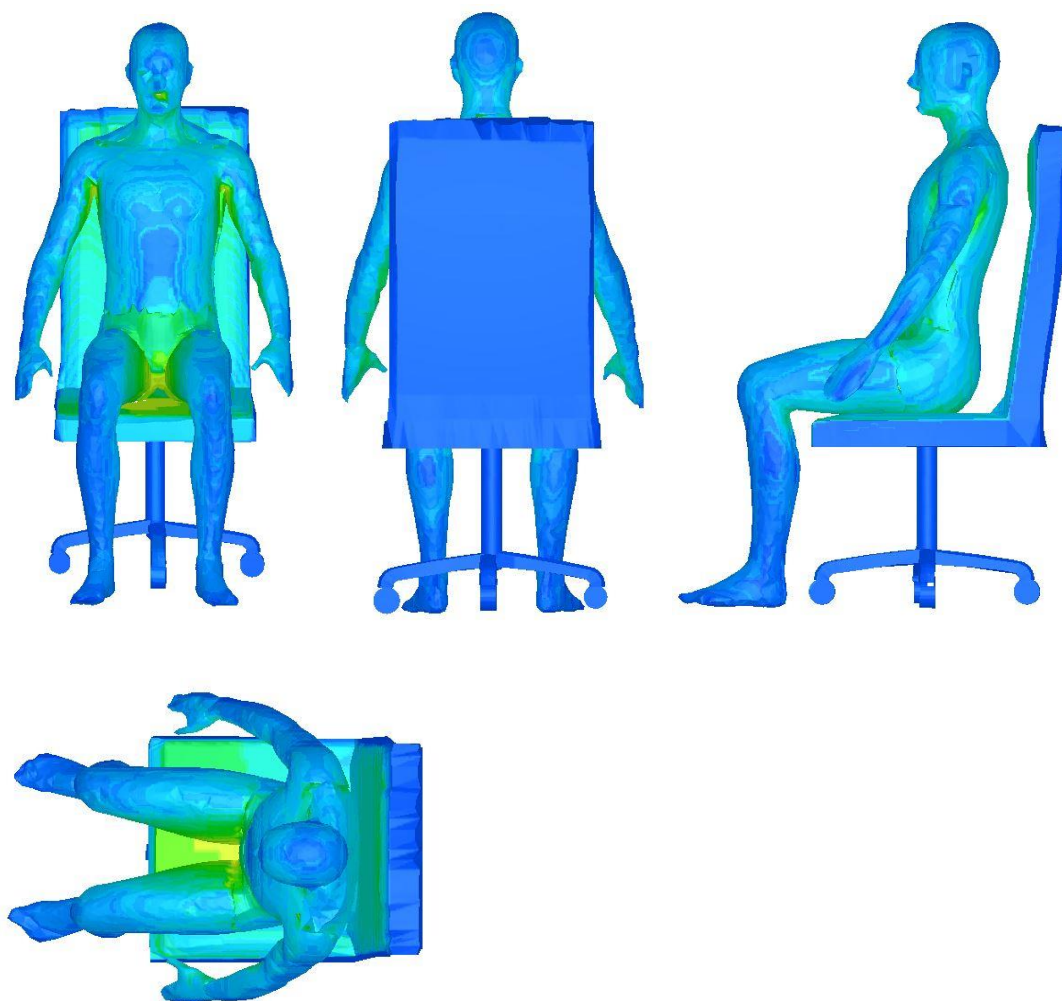


图 4-46 放射平均温度

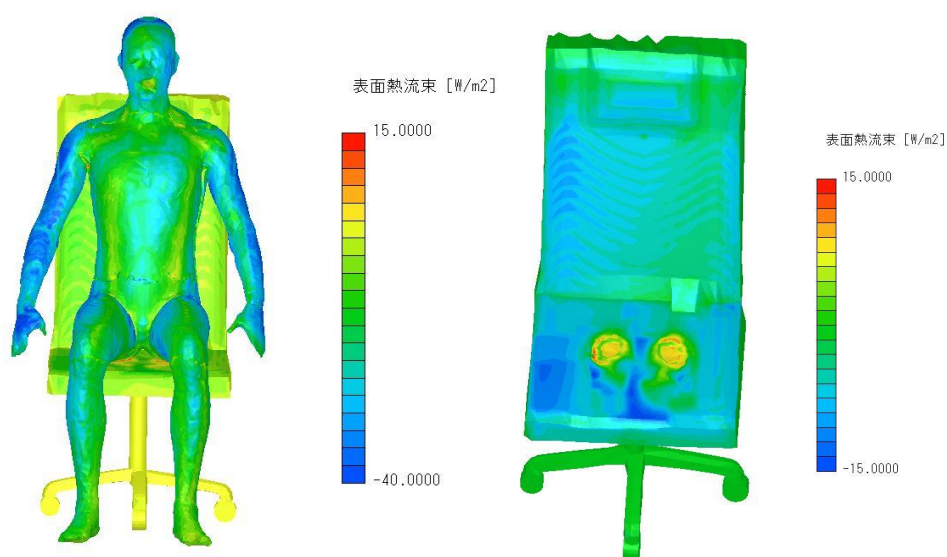


图 4-47 表面热流束

Ps

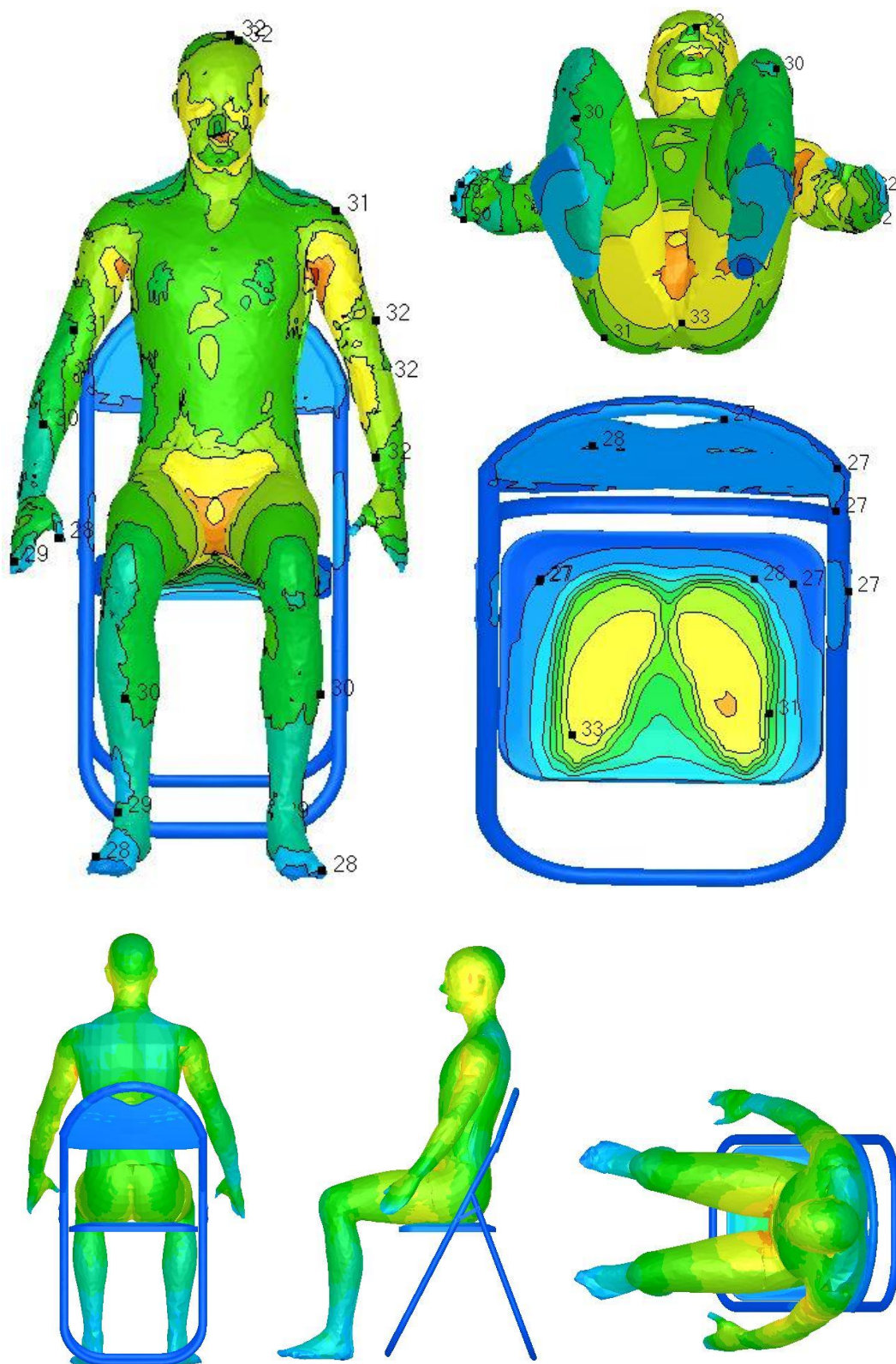


图 4-48. 表面温度

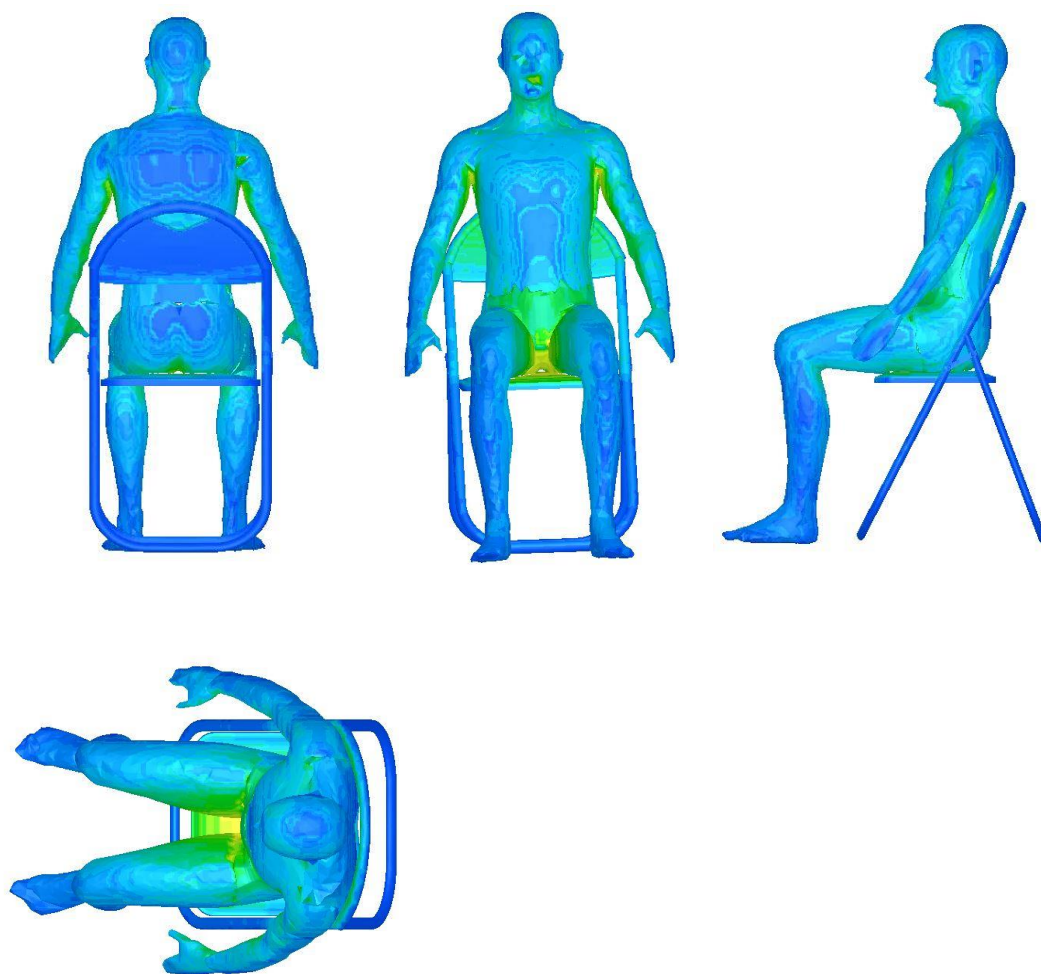


图 4-49 放射平均温度

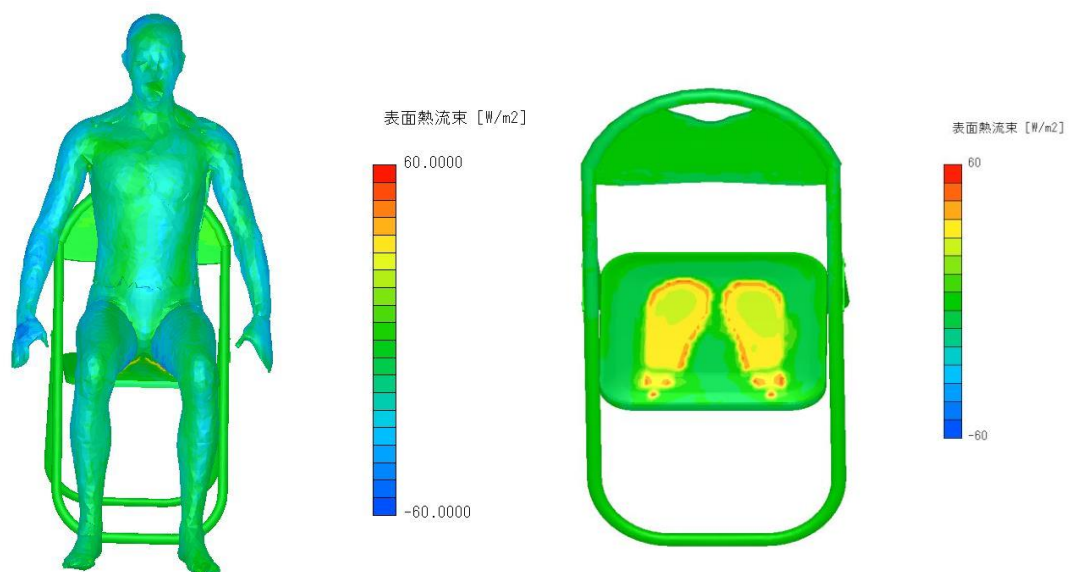


图 4-50 表面热流束

Sv

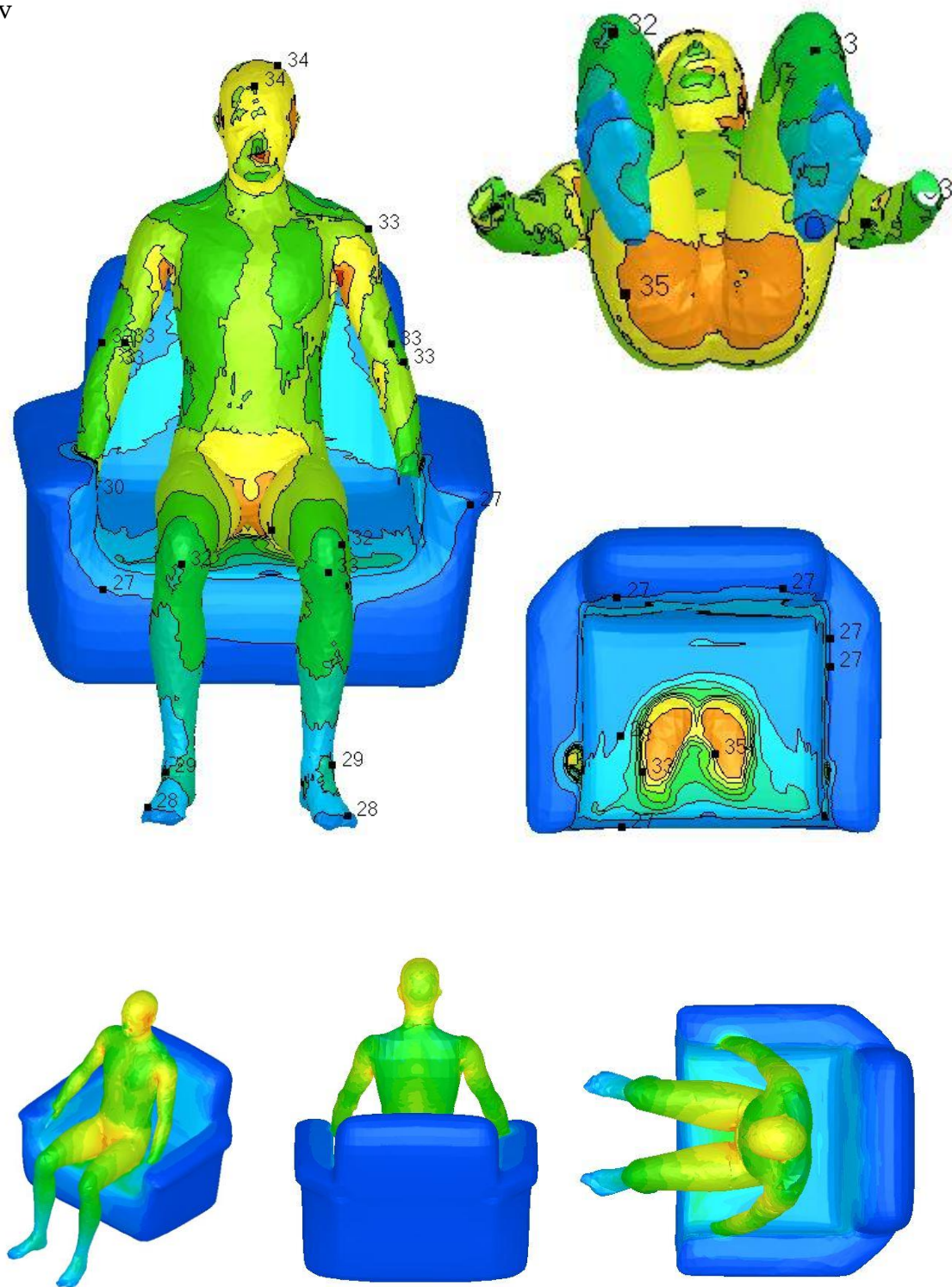


图 4-51. 表面温度

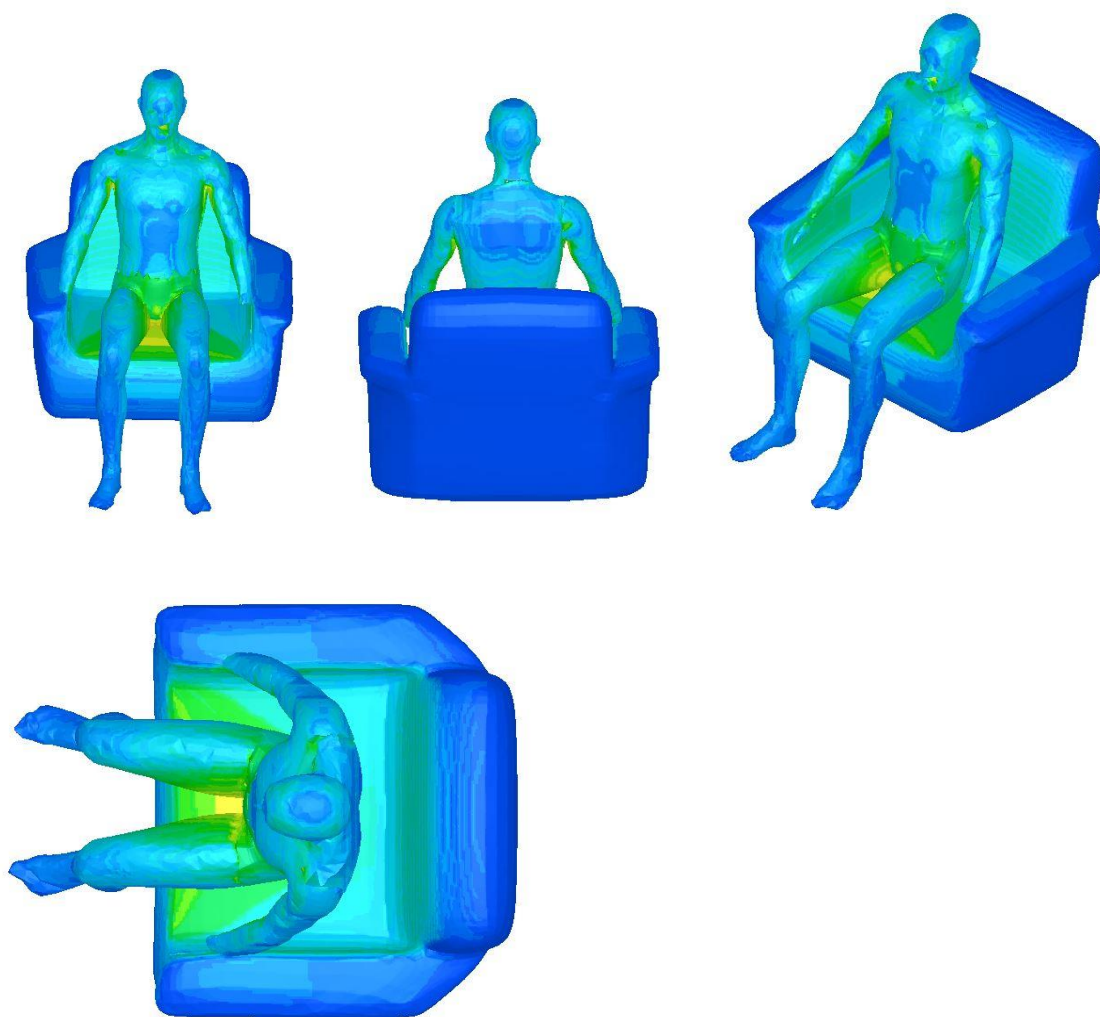


图 4-52. 放射平均温度

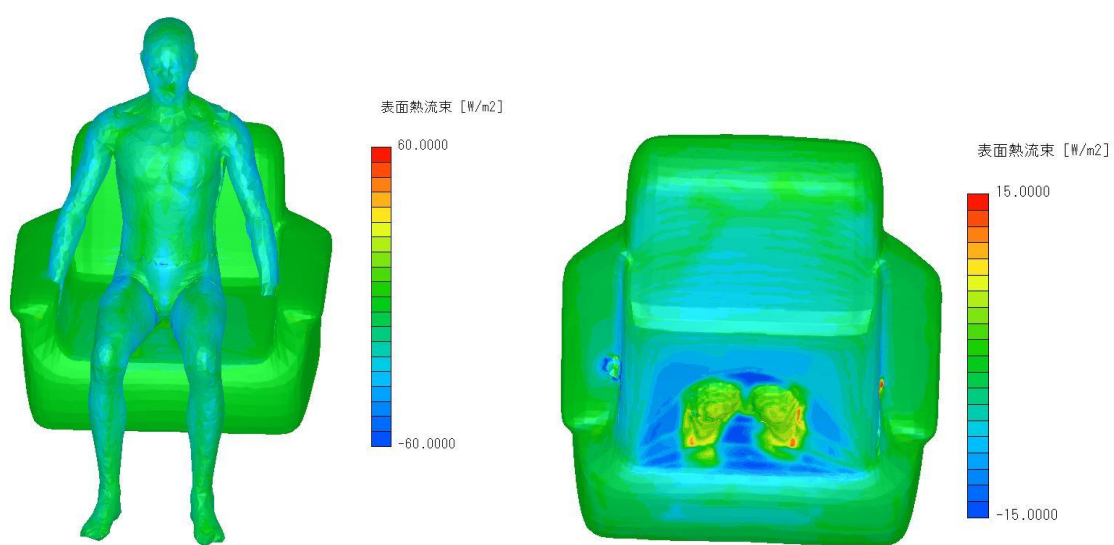


图 4-53. 表面热流束

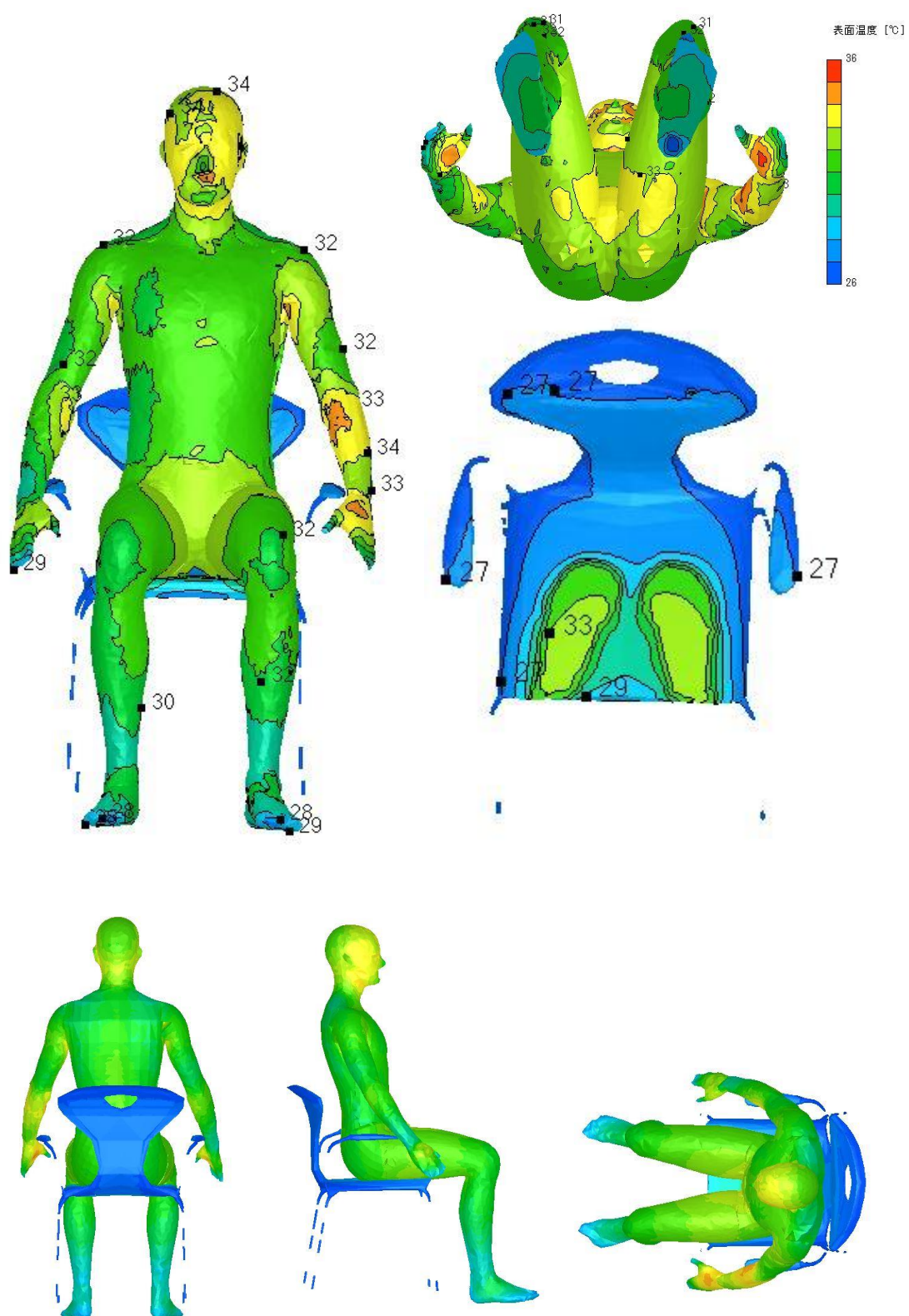
$$P_S$$


図 4-54. 表面温度

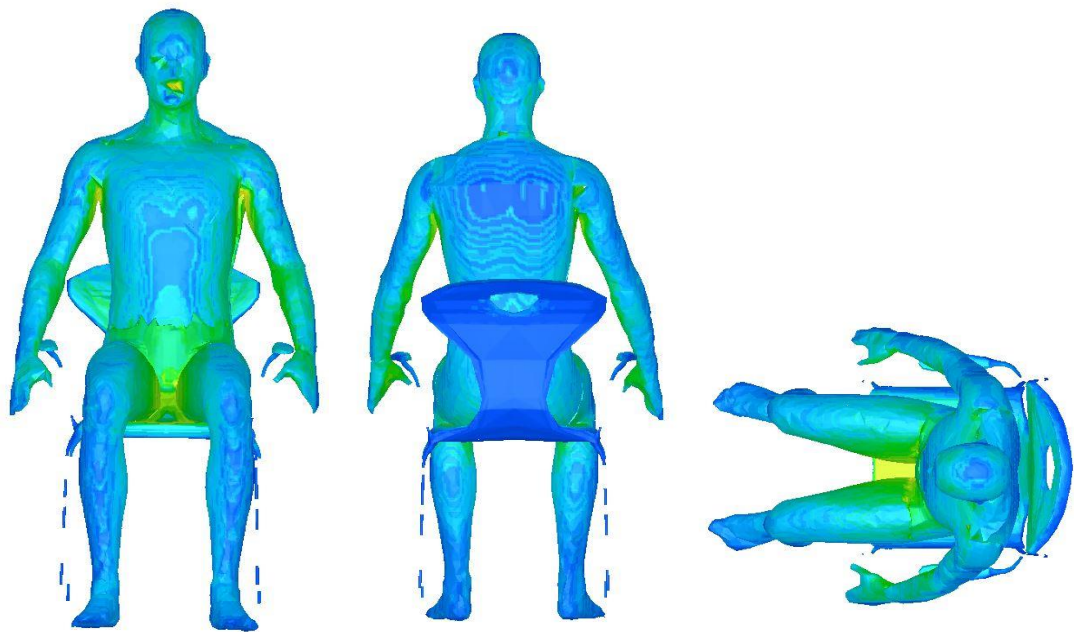


图 4-55. 放射平均温度

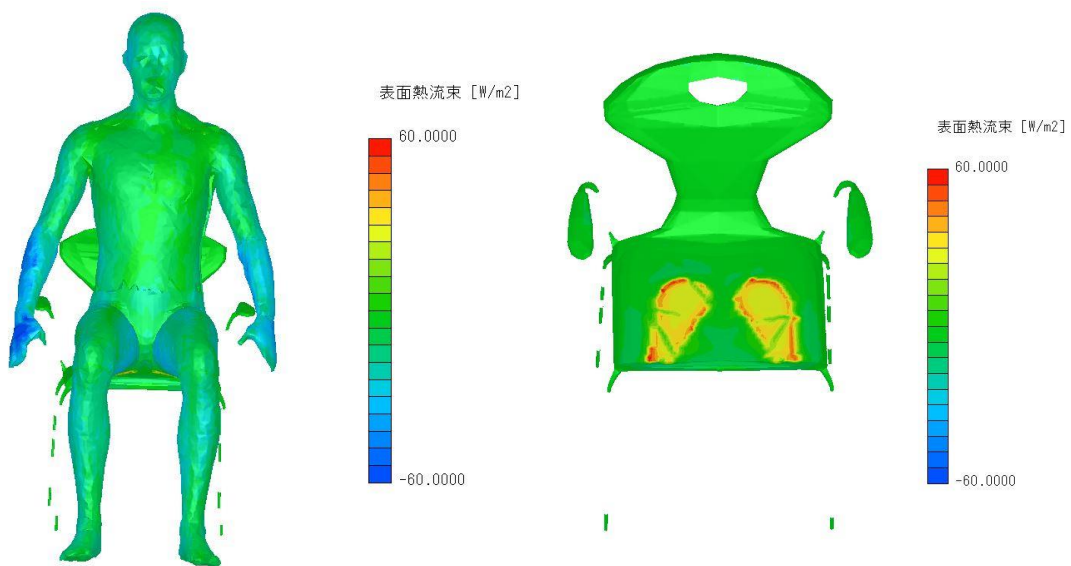


图 4-56. 表面热流束

4.6.4 椅子毎の CFD 解析結果

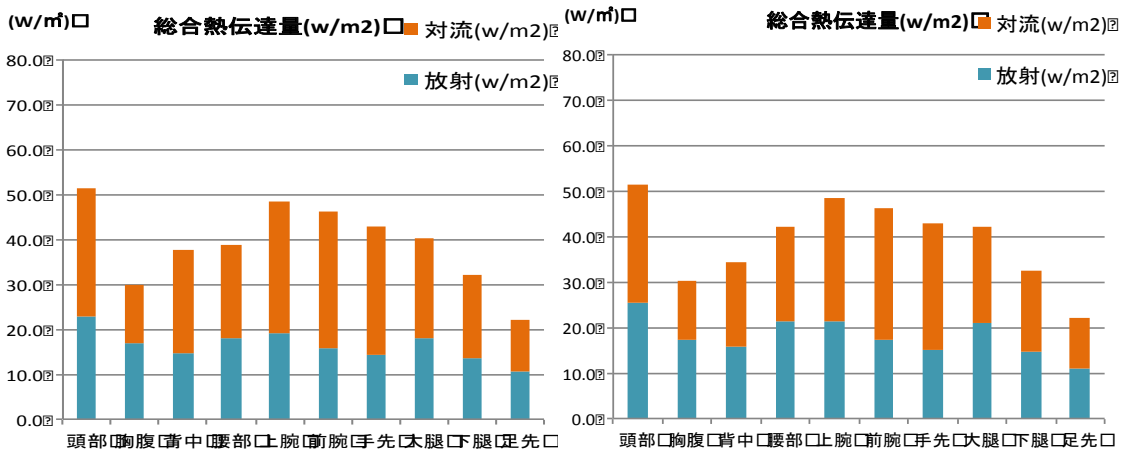


図 4-57.Oc 熱伝達量

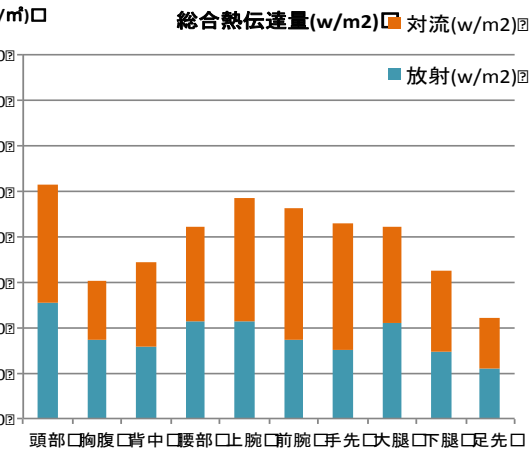


図 4-58.Wc 熱伝達量

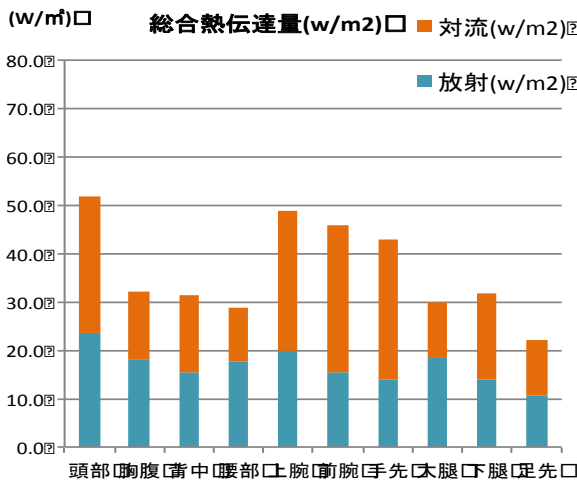


図 4-59.Ol 熱伝達量

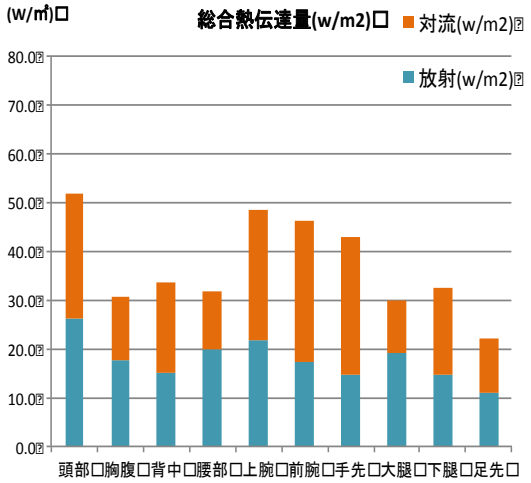


図 4-60.Ps 熱伝達量

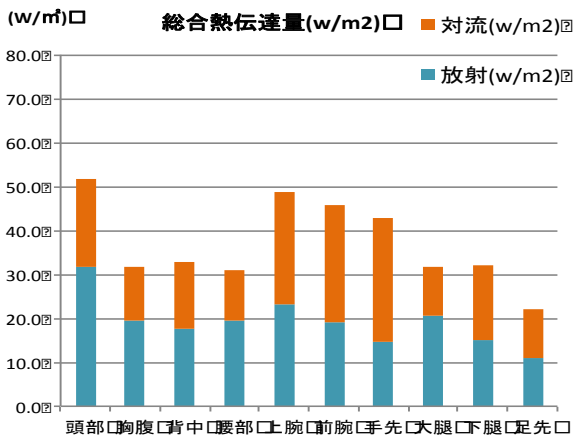


図 4-61.Sv 熱伝達量

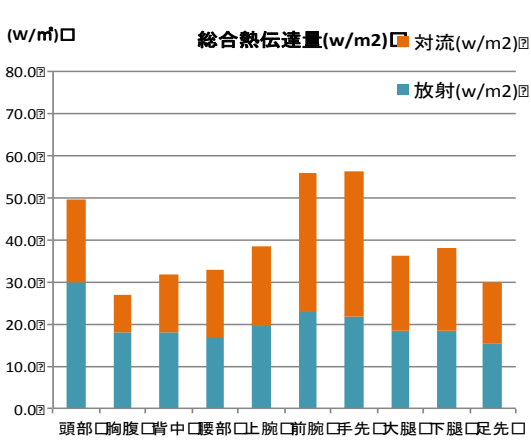


図 4-62.Cp 熱伝達量

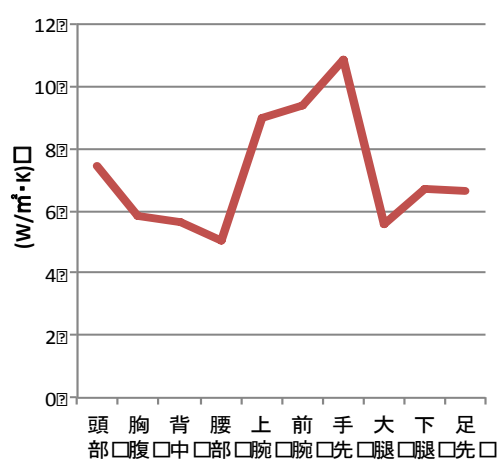


図 4-63.Oc 総合熱伝達率

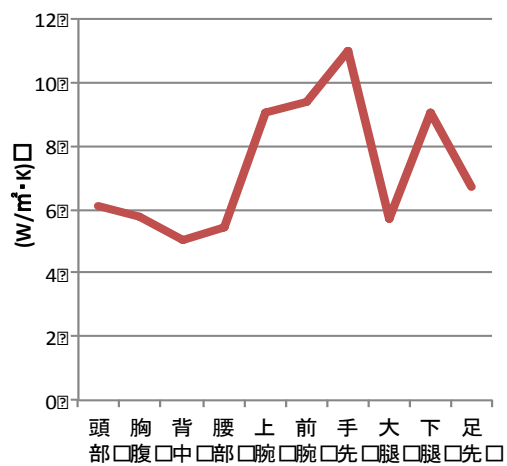


図 4-64.Wc 総合熱伝達率

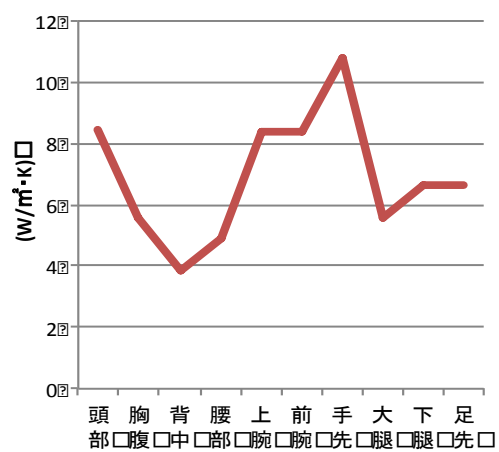


図 4-65.Ol 総合熱伝達率

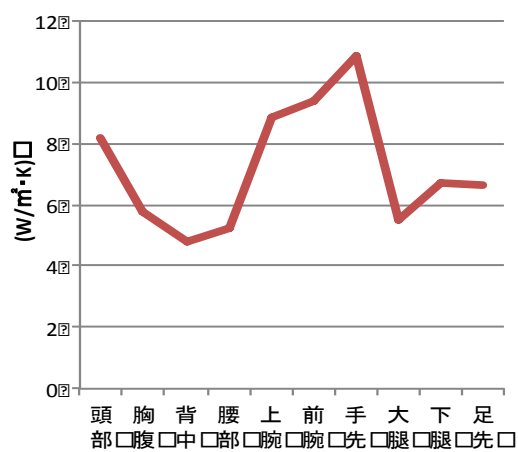


図 4-66.Ps 総合熱伝達率

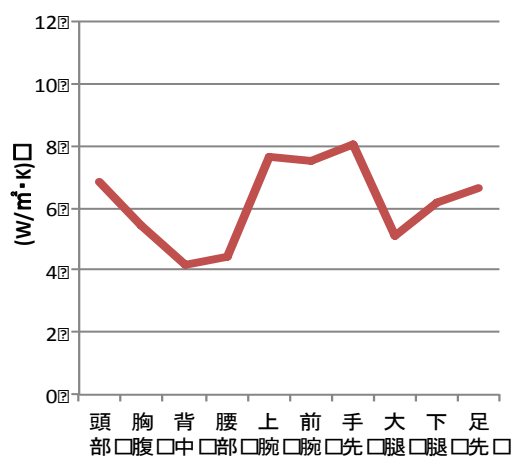


図 4-67.Sv 総合熱伝達率

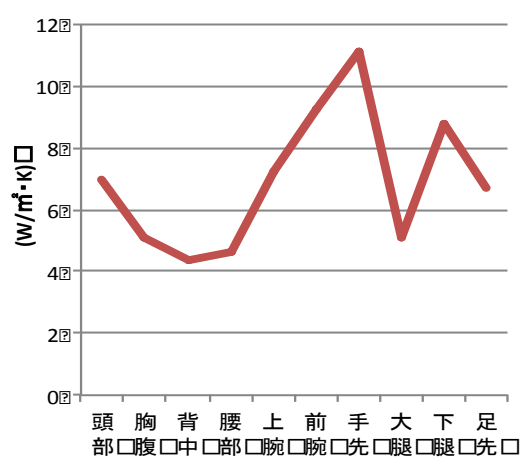


図 4-68.Cp 総合熱伝達率

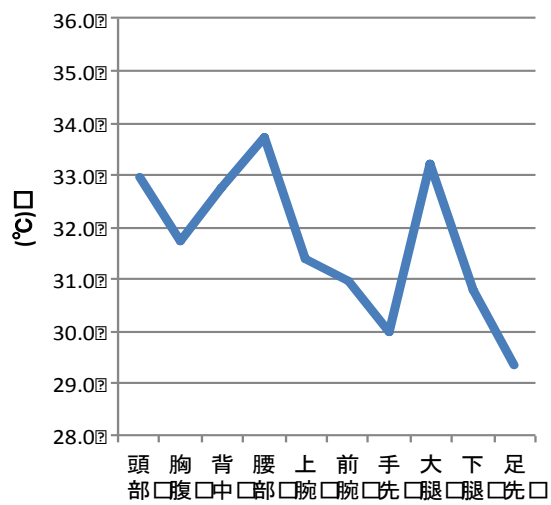


図 4-69.Oc 表面温度

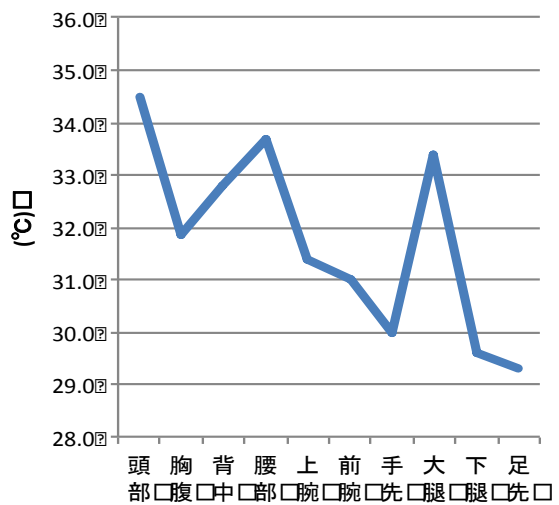


図 4-70.Wc 表面温度

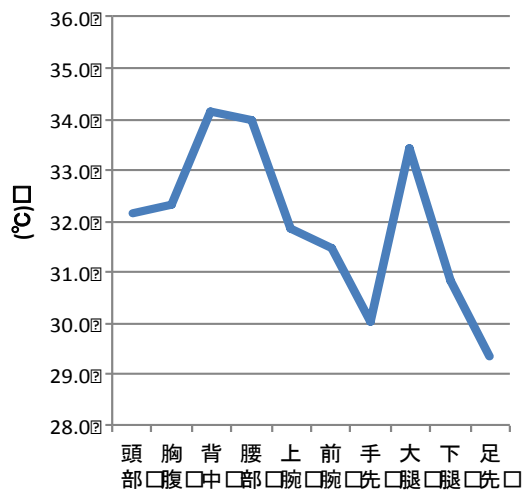


図 4-71.Ol 表面温度

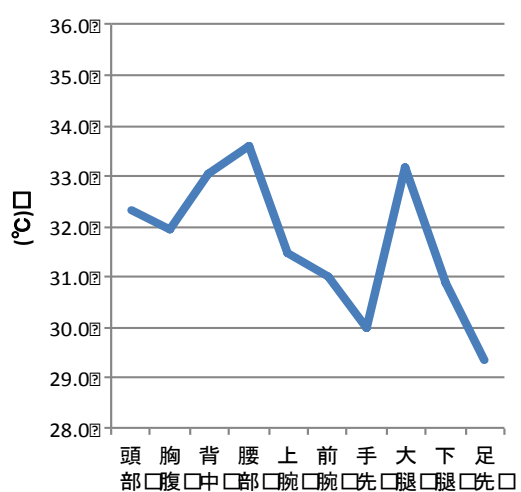


図 4-72.Ps 表面温度

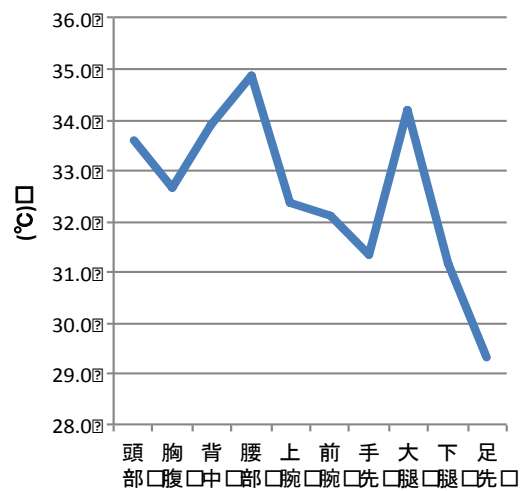


図 4-73.Sv 表面温度

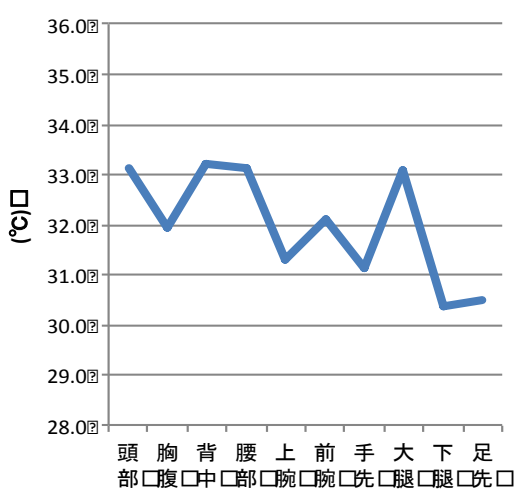


図 4-74.Cp 表面温度

4.6.5 実験結果と CFD 解析結果との比較

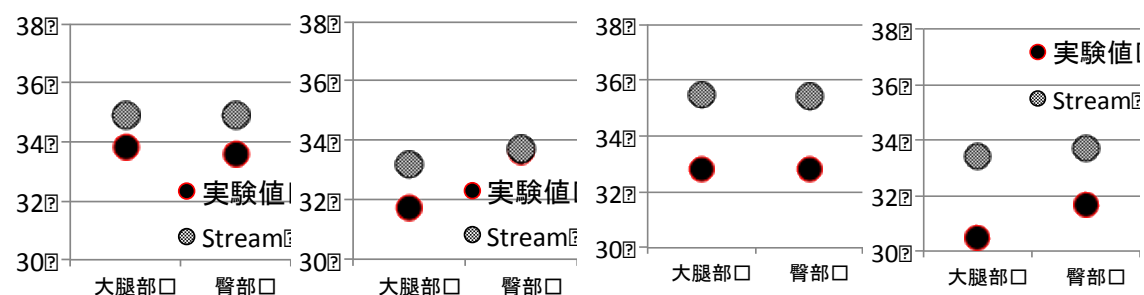


図 4-75 Oc 接触部温度 Oc 非接触部温度

図 4-76 Wc 接触部温度 Wc 非接触部温度

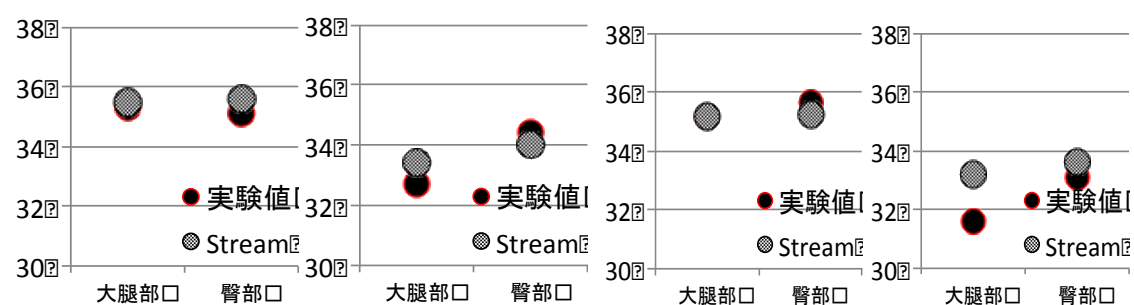


図 4-77 Ol 接触部温度 Ol 非接触部温度

図 4-78 Ps 接触部温度 Ps 非接触部温度

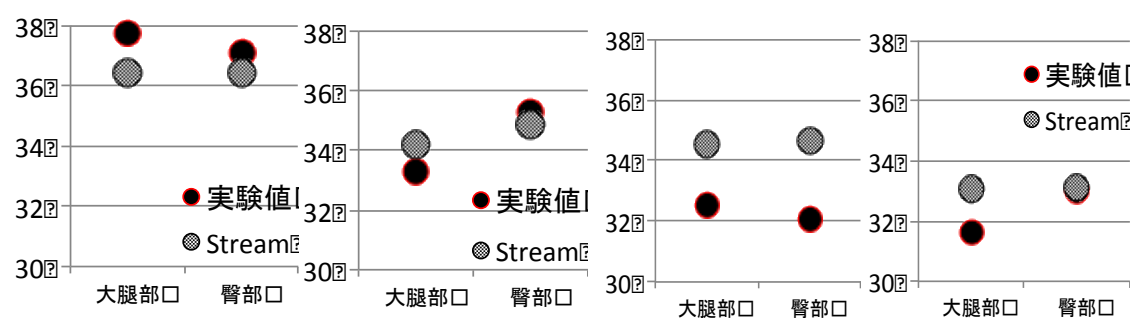


図 4-79 Sv 接触部温度 Sv 非接触部温度

図 4-80 Cp 接触部温度 Cp 非接触部温度

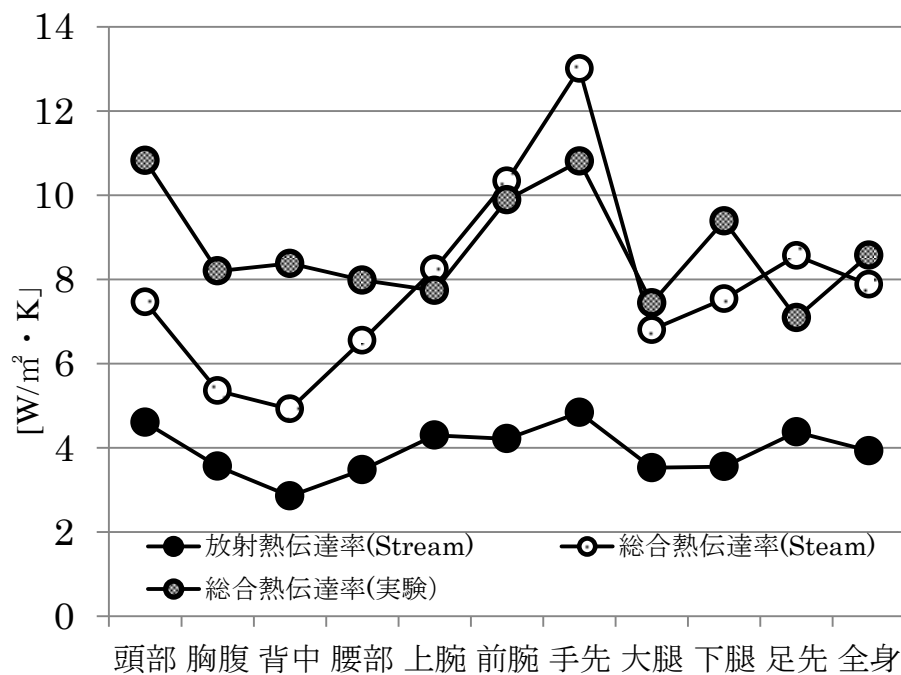


図 4-81. 総合熱伝達率(椅子無)

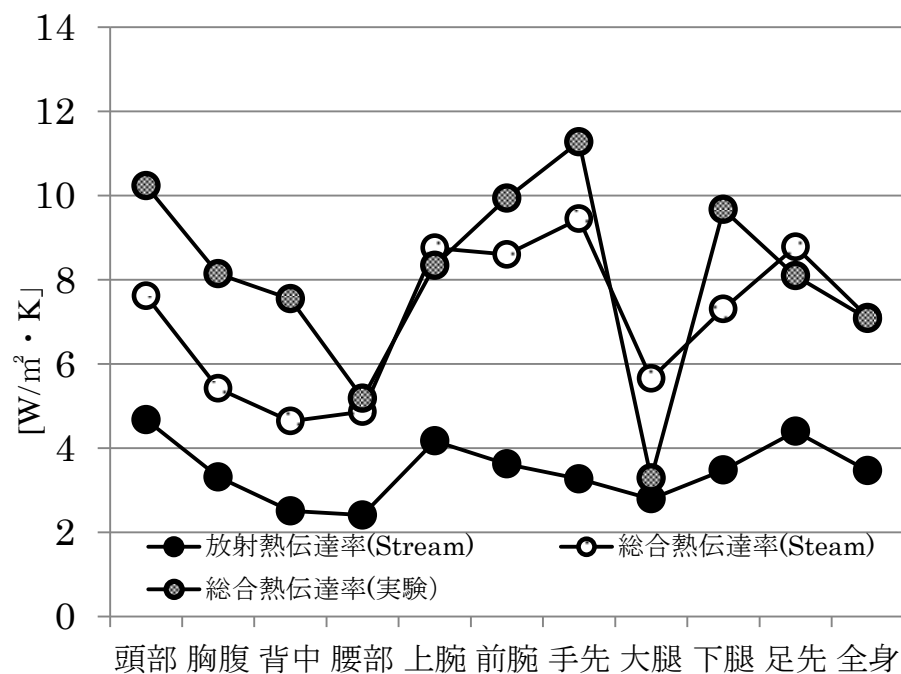


図 4-82. 総合熱伝達率(Sv)

4.6.6 部位毎の熱伝達率の比較

椅子無し椅座位姿勢時と Sv 着座時での、CFD 解析の放射熱伝達率、総合伝達率とマネキン実験の総合熱伝達率の比較を図 4-81, 図 4-82 に示す。手や足先の様な先端部分での対流熱伝達率が高くなる傾向と、Sv の大腿部、腰部で総合熱伝達率が小さくなる傾向は、実験結果と一致した。比較的、実験値よりも低い値となったのは、放熱量の違いだと考えられる。

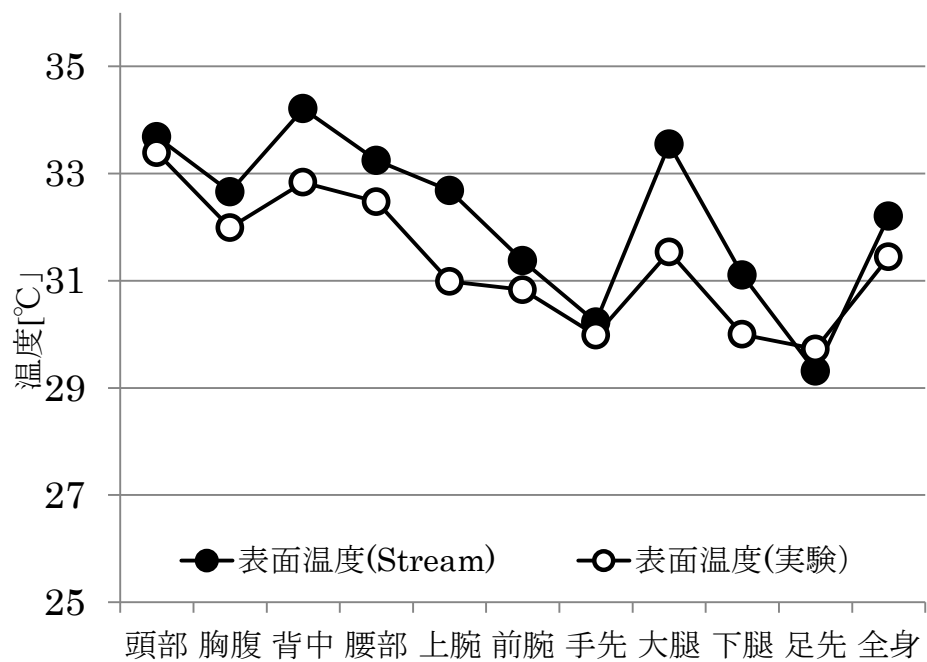


図 4-83. 部位別温度(椅子無)

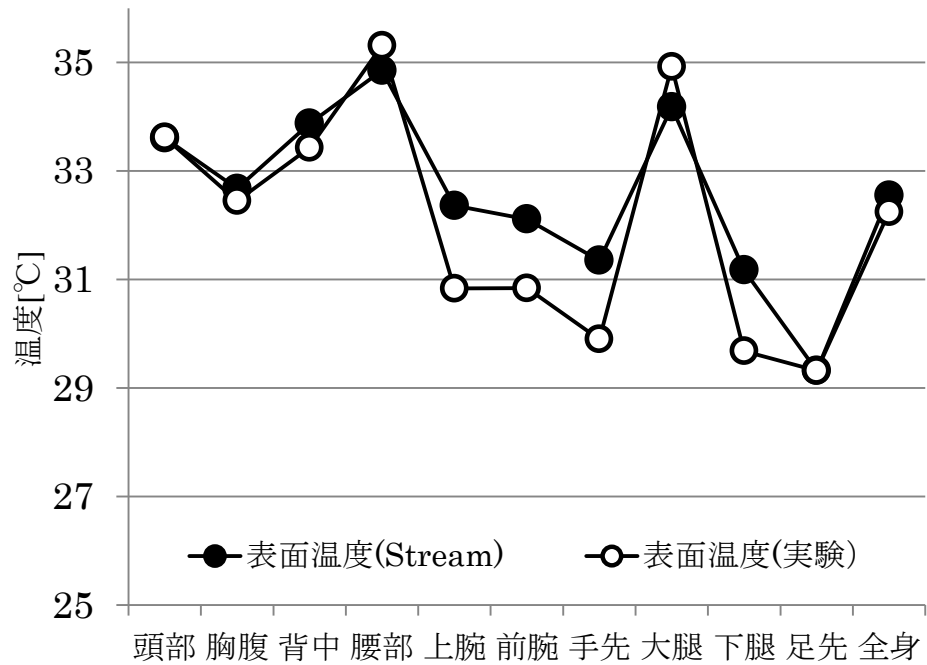


図 4-84. 部位別温度(Sv)

4.6.7 表面温度の比較

大腿部、腰部での接触面と非接触面の平均温度の実験値と比較した図と、それぞれの椅子での温度分布を図 4-38~図 4-56 に示す。実験結果と CFD 解析の結果を比較すると、Sv では、実験結果と合うように熱伝導率を設定した為、実験値と同じ様な表面温度となっており、Sv に近い熱抵抗値の OI でも実験値と結果が一致した。次に熱抵抗値の高い Oc では、実験値よりも約 1℃接触部の温度が高くなった。Wc、Cp といった実験では、比較的接触部の温度上昇が見られなかった椅子でも、CFD 解析では、2~3℃の温度上昇が見られた。椅子無しの椅座位姿勢時でも、実験値より温度が約 1~1.5℃高い。原因として、マネキンの放熱量と 65MN モデルの放熱量の違いであると考えられる。しかし、CFD 解析も実験結果の様に、ウレタン素材の椅子で、温度が高くなる傾向になった。また、椅子無し椅座位姿勢時と Sv の部位毎の表面温度を比較した図 4-83、図 4-84 を見ると、CFD の方がやや高い値であるが、同じ様な傾向の表面温度の結果となった。また、椅子の座面での熱の収支を図 4-85 に示した。ウレタン素材の椅子は、断熱性が高い為、木やプラスチックに比べて、熱収支が小さい値となった。

4.6.8 CFD による椅子の大腿部、臀部への熱影響

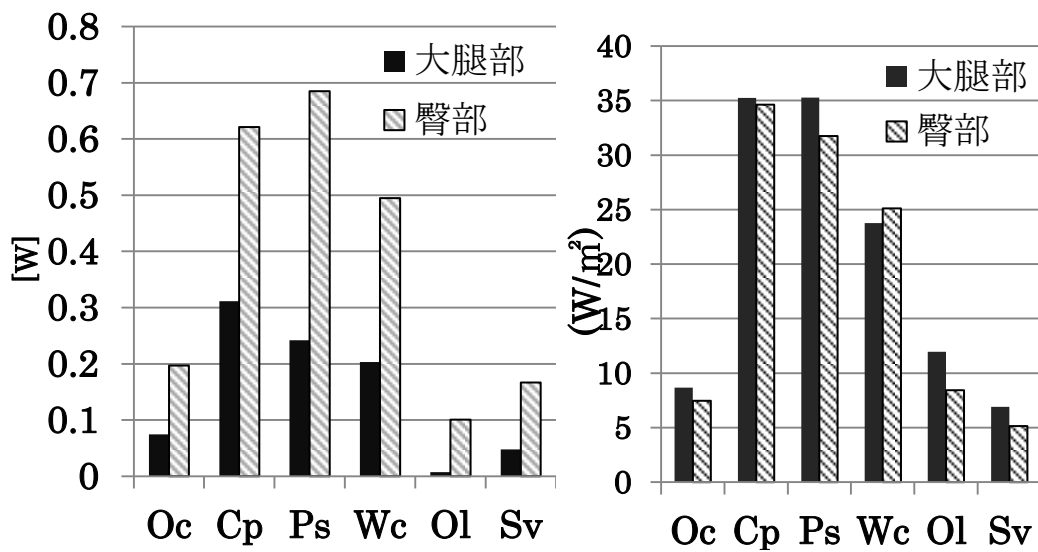


図 4-85.椅子との熱収支

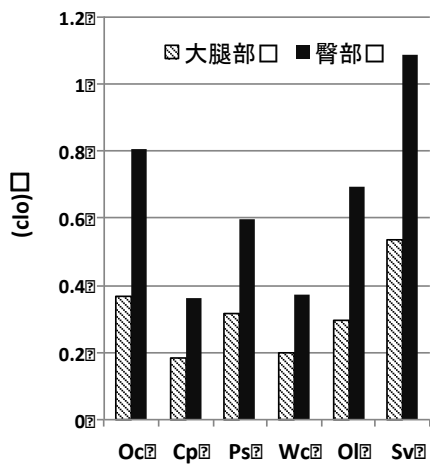


図 4-86.椅子別 clo 値

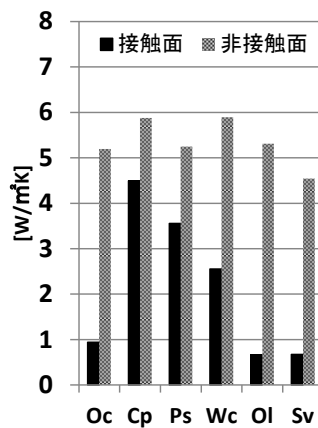


図 4-87.大腿部熱コンダクタンス

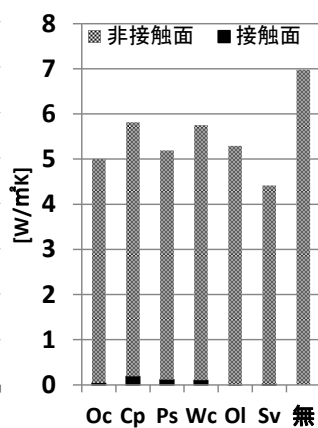


図 4-88.重付け大腿部熱コンダクタンス

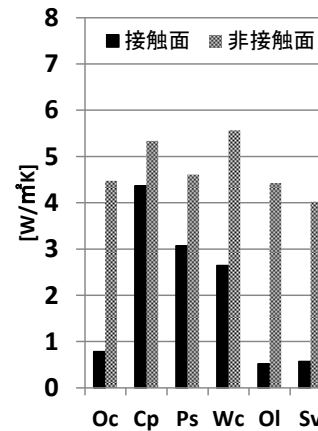


図 4-89.臀部熱コンダクタンス

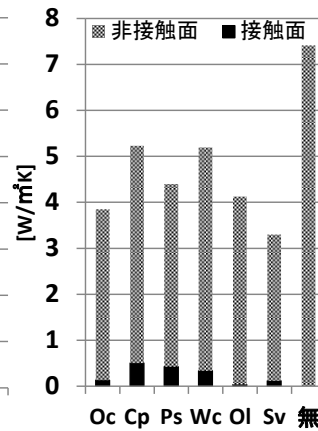


図 4-90.重付け臀部熱コンダクタンス

4.6.9 椅子の熱的影響について実験と CFD の比較（大腿部）

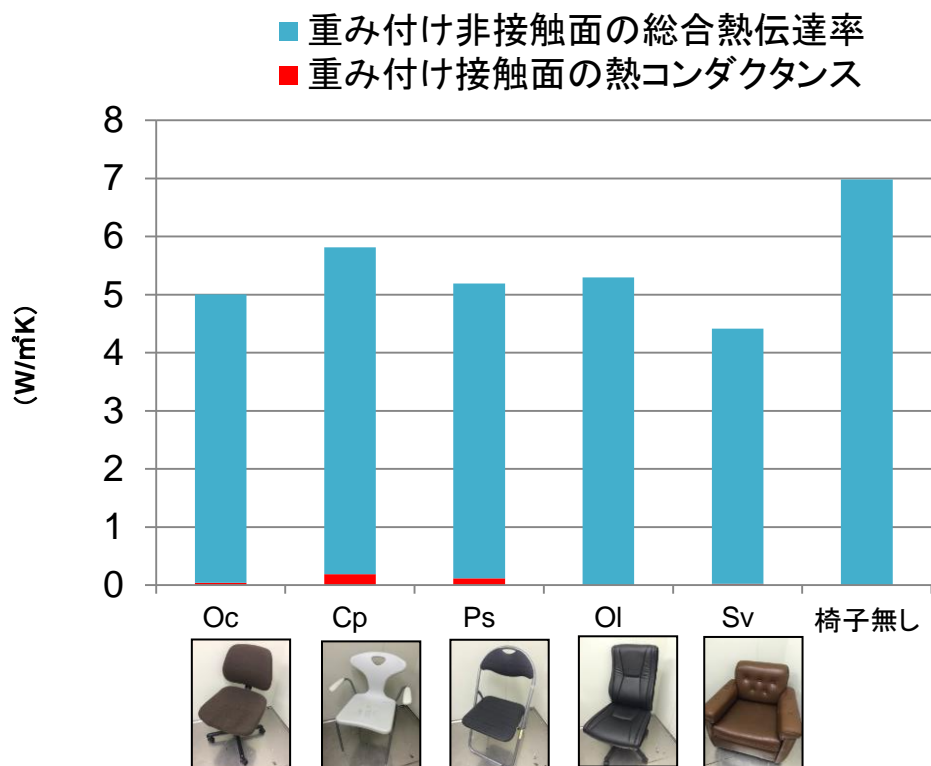


図 4-91 CFD 解析結果



図 4-92 模擬臀部実験結果

4.6.10 椅子の熱的影響について実験と CFD の比較（臀部）

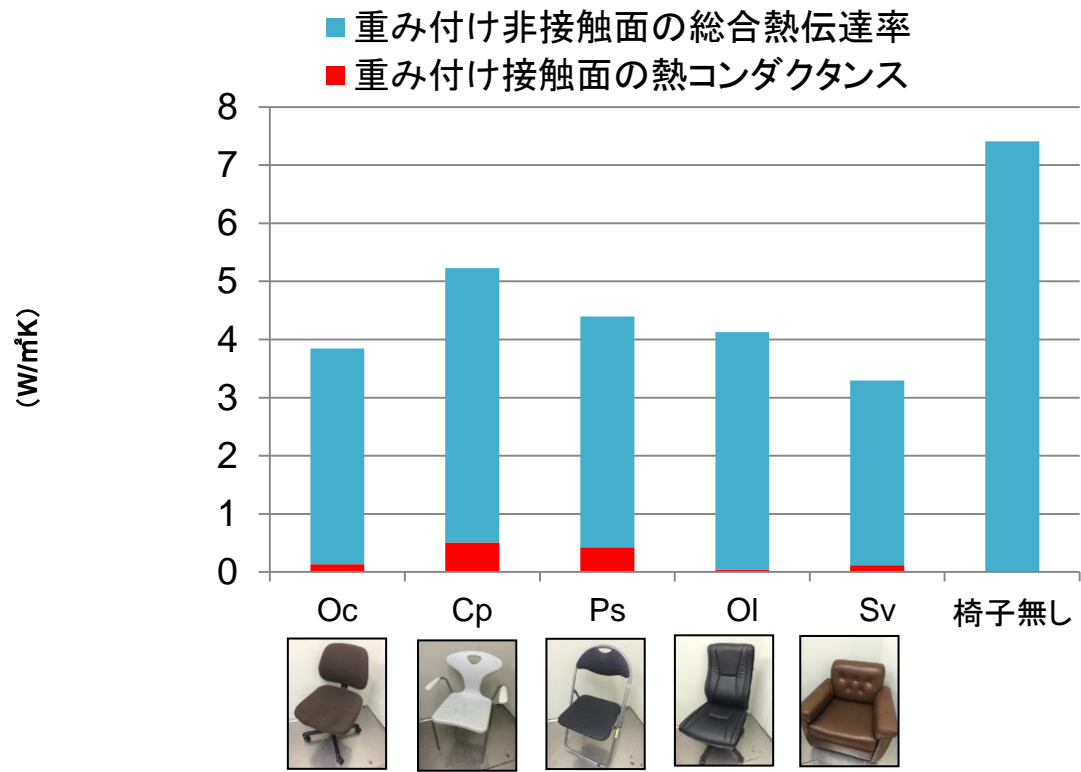


図 4-93 CFD 解析結果

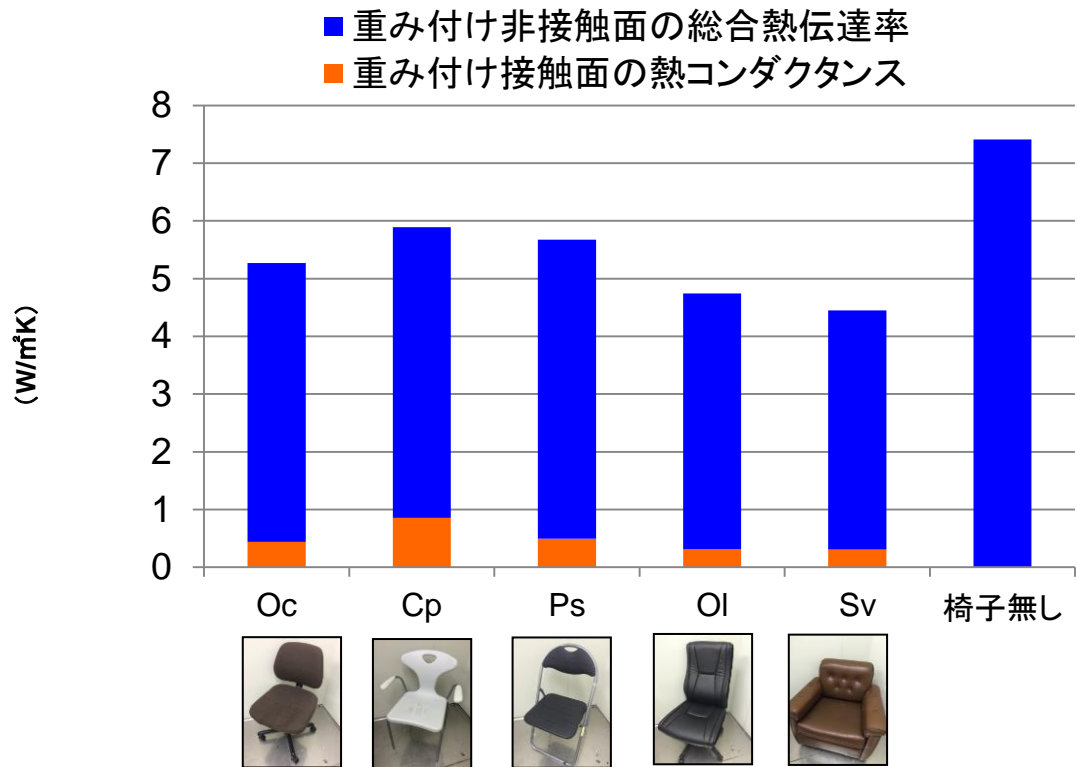


図 4-94 模擬臀部実験結果

4.6.11 椅子の熱的影響について実験と CFD の比較結果

大腿部の面積で重み付けした熱コンダクタンスの解析結果を図 4-91~4-94 に示す。模擬臀部の結果と比較しても同じような結果が得られた。

臀部の面積で重み付けした熱コンダクタンスの解析結果です。模擬臀部の結果と比較して、やや全体的に、低い結果となったが、同じような傾向を示した。

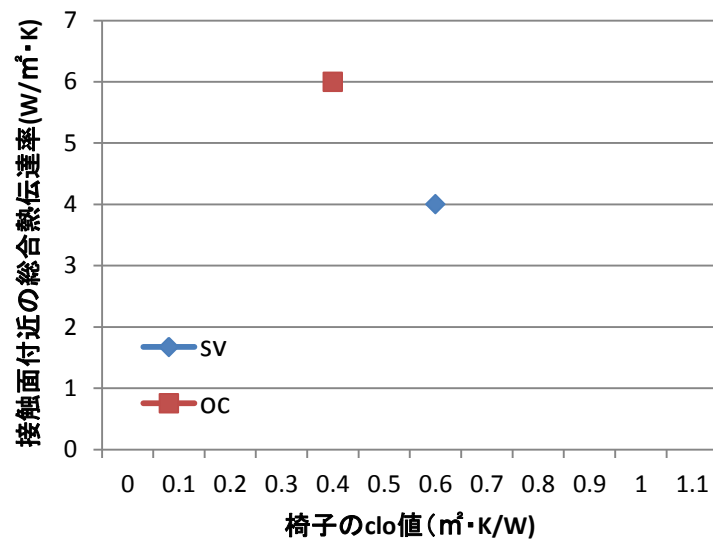


図 4-95 熱抵抗値と熱伝達率の相関図（大腿部）

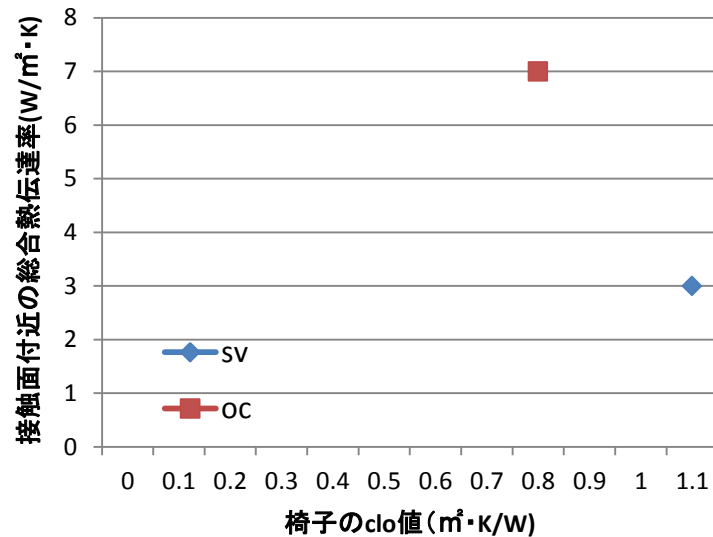


図 4-96 熱抵抗値と熱伝達率の相関図（臀部）

椅子との接触面付近では、総合熱伝達率と椅子の熱抵抗値の関係は反比例の関係にある。

第4章 まとめ

椅子の影響のある腰部、大腿部の総合熱伝達率を明らかにした。また模擬臀部を使い、椅子の大腿部と腰部での熱コンダクタンスを算出した。また、椅子の熱抵抗値を求め、65MN モデルで椅子毎の放熱量を明らかにした。CFD 解析を行い、実験値との比較を行った。椅子と人体の、表面温度、熱抵抗値、放射熱伝達率と対流熱伝達率を詳細に明らかにした。人体とマネキンの放熱量の違いにより CFD 解析と実験値には、結果に多少の差はあったが、同じような傾向となった。

第5章 総括

- 椅子との接触面付近では、総合熱伝達率と椅子の熱抵抗値の関係は反比例の関係にあり、 $\text{総合熱伝達率} = 10 \times \text{椅子の熱抵抗値}$ の式で成り立つ。
- 椅子の材質、形状により、総合熱伝達率が変化する。大腿部、臀部の断面周径方向に 30 度接触面に近づくことで総合熱伝達率は、 $1(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 低くなる。
- 模擬臀部は、座面接触面積および座圧分布の測定結果から、人体のものと近い結果になった。
- 実験結果から正確な臀部、大腿部に対しての熱抵抗値を求められた。
- また、椅子の熱抵抗値を求め、65MN モデルで椅子毎の放熱量を明らかにした。
- CFD 解析を行い、実験値との比較を行った。椅子と人体の、表面温度、熱抵抗値、放射熱伝達率と対流熱伝達率を詳細に明らかにした。人体とマネキンの放熱量の違いにより CFD 解析と実験値には、結果に多少の差はあったが、同じような傾向となった。

参考文献

- 1) 石井仁, 渡邊慎一, 堀越哲美: 強制対流における人体の局所総合熱伝達率分布の実測による推定, 日本建築学会東海支部研究報告集(37), pp549-552
- 2) 土川忠浩, 藏澄 美仁, 坂本英彦, 松原斎樹: 車いす乗車人体との熱交換に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp495-496
- 3) 土川忠浩, 藏澄 美仁, 西塚幸子, 松原斎樹: サーマルマネキンを用いた車いす乗車人体の熱特性の実測, 日本建築会近畿支部, pp185-188
- 4) 向雄基, 伊藤一秀, 林徹夫: VirtualManikin を対象とした人体表面各部位の対流熱伝達率データベース, 日本建築学会九州支部研究報告(47), pp297-300
- 5) 松井 勇, 湯浅 昇: 床の接触温熱感に関する研究 : その1 ヒトの足と模擬足の温度変化及び熱流量の比較学術講演梗概集 1993, p639-640
- 6) 田辺新一, 中野 淳太, 小林 弘造: 温熱環境評価のための 65 分割体温節モデルに関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 541 号, 2001. 3
- 7) 星野 純希, 着席時の温冷感に椅子が与える影響に関する研究 : 学術講演梗概集 2013(環境工学 II), p375-376
絹村 剛士, 佐竹 晃: 椅子吹出し方式のホール空調 CFD 解析における、人体・椅子部の簡易モデルの検討, 学術講演梗概集 2014, 1303-1304