

成人女性の常温と寒冷における体温調節反応の比較

野尻佳代子・齋藤千恵・萩原美由紀・佐藤庸子・山崎和彦

生活環境学科 生理人類学研究室

Comparison of thermoregulatory responses between normal and cold environmental condition in female adults

Kayoko NOJIRI, Chie SAITO, Miyuki HAGIWARA, Yoko SATO and Kazuhiko YAMASAKI
Jissen Women's University Physiology anthropology laboratory

The purpose of this study was to observe the differences of thermoregulatory responses between normal condition (24°C RH 50%) and cold temperature condition (-30°C). Subjects were 18 healthy Japanese adult women (age: 21.5±1.1 yrs, stature: 158.9±3.3 cm, weight: 52.3±8.0 kg, fat% : 25.7±4.4 %). The clothing conditions were 0.18 clo for normal condition and 2.0 clo for cold condition. The exposure time was 40 minutes for the first normal condition, 20 minutes for cold condition and 40 minutes for the second normal condition. The subjects kept a sitting position. Measurement items were rectal temperature, skin temperature, oxygen uptake and subjective sensations. We determined *atsugari* (susceptibility to the heat) and *samugari* (susceptibility to the cold) according to the subjective sensations during the first normal condition exposure. The grouping of *atsugari* and *samugari* did not always agree with the self-reported *atsugari* and *samugari* of each subject. The *atsugari* group had a tendency to show high peripheral skin temperature, low rectal temperature and warmer thermal sensation than *samugari* group. However, it was not significant. Oxygen uptake was significantly higher ($p < 0.05$) in *samugari* group than *atsugari* group.

Key words : thermal sensation 温冷感, skin temperature 皮膚温, cold 寒冷, thermoregulatory response 体温調節反応

1. はじめに

筆者らの研究チームは「暑がり・寒がり」の比較という観点から研究を行っているが(山崎ら、2006 a、2006 b)、今回は寒冷環境を設定して実験を行った。寒冷の生体影響に関する報告は極めて多いが、零下30°Cに女性を暴露し、体温調節機能について観察したものは、筆者が知る限り例がない。

本研究の目的は、常温下(24°C)での主観申告に基づいて分類した「暑がり・寒がり」の体温調節反応には、寒冷下(零下30°C)においてどのような違いがあるのか観察することである。

2. 方法

実験は2005年11月から12月にかけて実施した。人工気候室2種を用いた(共にアッペ科学製)。常温

室は気温24°C、相対湿度50%に、また寒冷室は気温零下30°Cに設定した。相対湿度は成り行きに任せた。なお、寒冷暴露用の人工気候室は、2005年11月、本学の本館331号室内に新設されたものである。

被験者は健康な日本人成人女性18名とし、あらかじめ実験の趣旨について説明し同意を得た。また謝礼を支払った。月経中は実験を行わなかった。各自の月経相について記録したが、結果をまとめる際は高体温期と低体温期の区別は行わなかった。被験者の身体的特徴(平均±sd)は、年齢21.5±1.1歳、身長158.9±3.3 cm、体重52.3±8.0 kg、体脂肪比率25.7±4.4%であった。体重および体脂肪比率の測定には、オムロン製HBF-355を用いた。

服装は、常温室では各自のショーツ、Tシャツ、短パンツ(全て綿100%)とした。ブラジャーは着用さ

せなかった。裸足とし、樹脂製サンダルを履かせた。寒冷室では、先の衣類に加えて、フリース上下（上：ポリエステル100%、下：綿70%、ポリエステル23%）、防寒コート（ポリエステル100%）、帽子（毛100%）、手袋（ポリエステル100%）とした。足部に対しては靴下（綿81%とポリエステル、ナイロン、ポリウレタンの混紡）および防寒靴（内面ボア付、ブーツ型）を着用させた。クロー値はISO 9920 (1991) に準じて算出し、常温室用は約0.18クロ、寒冷室用は約2.0クロであった。

実験の流れについて図1に示す。被験者は実験開始時刻の30分前迄に来室し、温熱ストレスのない室内で安静を保持した。着替えおよびセンサの装着を済ませた後、常温室に入室した。滞在期間は40分とし、その終了間際に寒冷室用衣類への着替えを行った。寒冷室滞在時間は20分とした。再び常温室に移動して着替えを行い、40分にわたり滞在した。移動時を除き、被験者は椅座位安静を保持した。

測定項目は直腸温、皮膚温（額、前腕、下腿、手背、大腿、足背、腹）、酸素摂取量、主観申告値であった。酸素摂取量はダグラスバッグ法により、前期常温室滞在の後半および寒冷室滞在時の後半に求めた。寒冷室の壁には小穴を設けて蛇管を通し、呼気を室外に導いた。呼気ガス分析にはフクダ産業製RV-4000を用いた。温度はグラム社製LT-8を用い30秒毎に記録した。平均皮膚温はHardyとDuBois (1938) に準じて算出した。主観申告値は、常温室では15分毎、寒冷室では5分毎に記録した。

主観申告は、温冷感（全身、体幹、顔面、耳、鼻、手、指先、足、爪先）、ふるえ感、辛さ感とした。表1に感覚スケールを示す。

「暑がり」と「寒がり」の比較には二元配置の分散分析およびt検定を用いた。分散分析の要因Aは暑が

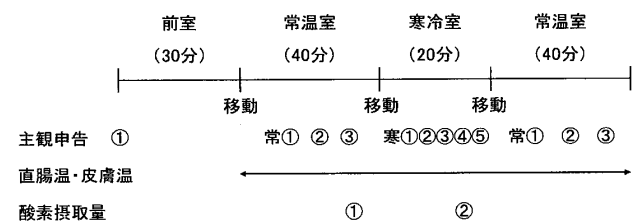


図1 実験の流れ

常①～③、寒①から⑤は図3に対応

表1 主観申告における感覚スケール

	〈全身温冷感・局所温冷感〉	〈ふるえ感〉	〈辛さ感〉
5 暑い・熱い	-1 わずかに涼しい・冷える	5 極度にふるえる	5 極度に辛い
4 やや暑い・やや熱い	-2 やや涼しい・やや冷える	4 強くふるえる	4 非常に辛い
3 暖かい・温かい	-3 涼しい・冷える	3 ふるえる	3 辛い
2 やや暖かい・やや温かい	-4 やや寒い・やや凍える	2 ややふるえる	2 やや辛い
1 わずかに暖かい・温かい	-5 寒い・凍える	1 かすかにふるえる	1 わずかに辛い
0 どちらでもない	-6 極度に寒い・凍える	0 ふるえを感じない	0 辛くない

り寒がり（水準数2）とし、要因Bは全期間における測定値とした。なお、水準数は生理的測定項目では182、主観申告値では11であった。危険率5%未満をもって有意とみなした。

3. 結果

(1) 被験者の区分

前期常温室滞在時最終段階での主観申告に基づき、被験者を「暑がり群」と「寒がり群」に分類した（表2）。表2には、本人の申告に基づく分類結果を併せて示した。両者は必ずしも一致しない。なお、「暑が

表2 被験者の「暑がり」「寒がり」に関する区分

被験者	全身	体幹	ふるえ	足	爪先	手	指先	耳	総合	申告
A	暑	暑	中	暑	暑	暑	暑	暑	暑がり群	中間
B	暑	暑	中	暑	暑	暑	暑	暑	暑がり群	寒がり
C	暑	暑	中	寒	寒	暑	暑	暑	暑がり群	中間
D	暑	暑	中	暑	暑	暑	暑	暑	暑がり群	寒がり
E	暑	暑	中	寒	寒	中	寒	暑	暑がり群	寒がり
F	暑	暑	中	中	中	暑	暑	中	暑がり群	寒がり
G	中	暑	中	寒	寒	暑	暑	中	暑がり群	寒がり
H	中	中	中	中	中	中	暑	中	暑がり群	寒がり
I	中	中	中	中	中	中	中	中	暑がり群	寒がり
J	中	中	中	中	中	中	中	中	暑がり群	やや寒
K	暑	暑	寒	寒	寒	寒	寒	寒	暑がり群	寒がり
L	中	中	中	寒	寒	中	中	中	暑がり群	暑がり
M	寒	寒	寒	暑	暑	暑	暑	中	暑がり群	寒がり
N	寒	寒	中	寒	寒	中	中	中	暑がり群	寒がり
O	寒	寒	中	寒	寒	中	中	中	暑がり群	やや寒
P	寒	寒	中	中	中	寒	寒	寒	暑がり群	暑がり
Q	寒	寒	中	暑	暑	中	中	寒	暑がり群	中間
R	寒	寒	寒	寒	寒	寒	寒	寒	暑がり群	寒がり

注) 「暑」「中」「寒」は、前期常温室滞在最終段階での温冷感申告値に対応する。1以上の場合「暑」、0の場合「中」、-1以下の場合「寒」とした。「暑がり」「寒がり」の区分では、全身温冷感を最も重視し、さらに他の項目を加味した。

り・寒がり」各群の体脂肪率の平均 (\pm sd) は、各々 26.7 (\pm 4.9) %、および 24.3 (\pm 3.1) %であり、両群間に有意差は認められなかった。

(2) 直腸温および皮膚温

図2は直腸温 (Tr)、平均皮膚温 (Tsk)、および身体各部位の皮膚温の推移について、「暑がり群」と「寒がり群」を比較したものである。全暴露期間について二元配置の分散分析を行った結果、「暑がり群」は「寒がり群」より末梢部皮膚温は高くなった ($p < 0.05$)。なお直腸温は有意ではないが低くなる傾向が認められた。

(3) 主観申告値

図3は、主な主観申告値について、「暑がり群」と「寒がり群」を比較したものである。「辛さ感」を除き、「暑がり・寒がり」に合致する推移を示し、両群の差異は常温室では拡大、寒冷室では縮小する傾向にあった。前記と同様に検定した結果、「辛さ感」を除く全申告値において有意差が認められた（「鼻」のみ

$p < 0.05$ 、他は $p < 0.01$)。

(4) 代謝量

図4に「暑がり・寒がり」各群の比較を示す。t (両側) 検定の結果、寒冷室滞在時において、両群間に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。

4. 考察

「冷え性」については、自己申告と生理的測定値は合致する (Nagashima ら、2002)。一方、筆者らは主観申告による「暑がり・寒がり」は所定の環境に暴露して得た主観申告値に基づいて区分する「暑がり・寒がり」とは必ずしも一致しないことを指摘しており (山崎ら、2006 a, 2006 b)、このことは今回も同様であった (表2)。つまり「冷え性・非冷え症」に比べ、「暑がり・寒がり」の区分は極めて相対的であるといえる。

山崎ら (2006 a, 2006 b) は、同一環境への暴露時において「暑がり群」は「寒がり群」より直腸温は低

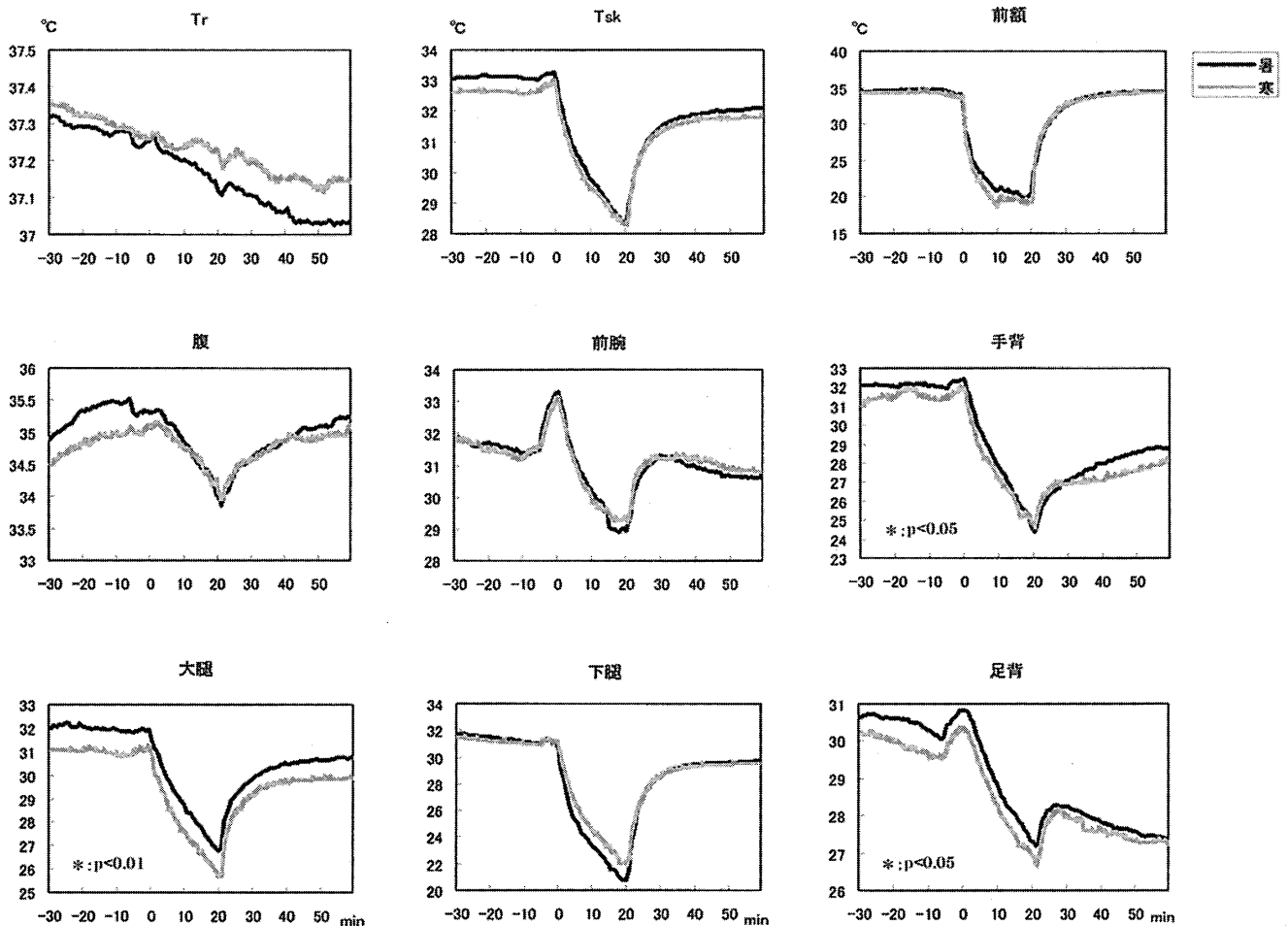


図2 身体各部位の温度の推移 (各群の平均)

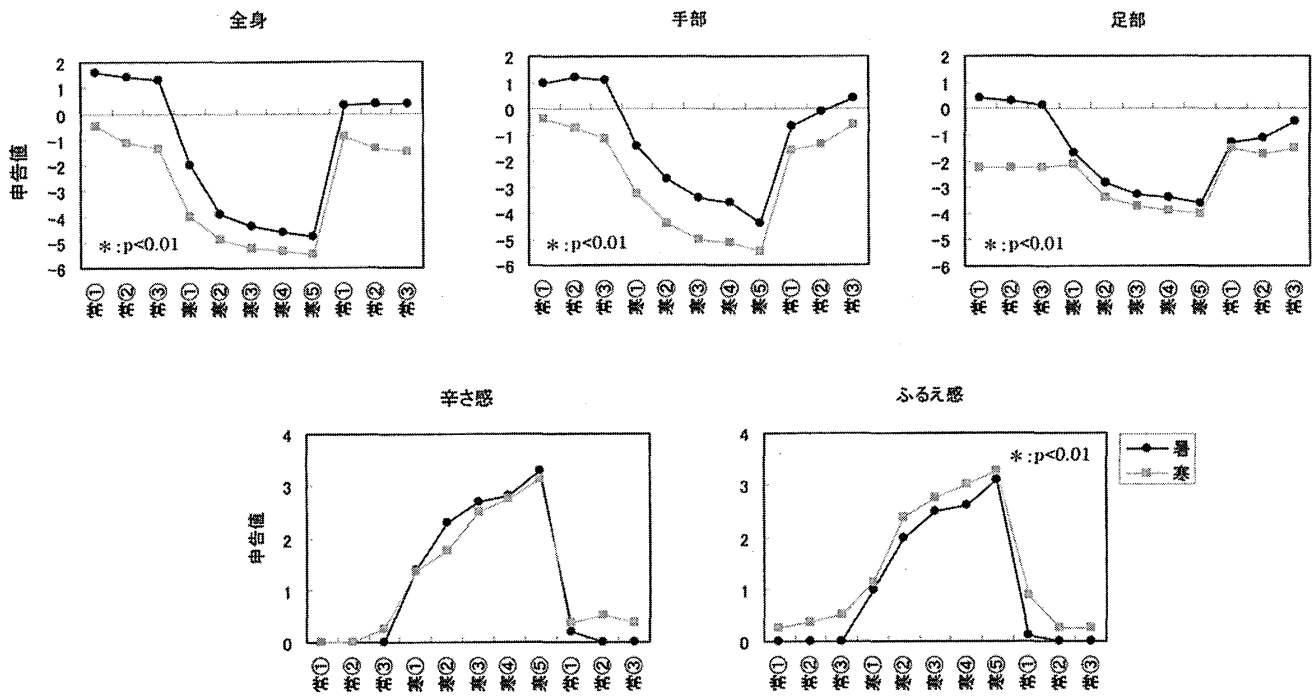


図3 主観申告値の推移 (各群の平均)

く、末梢部皮膚温は高くなる傾向にあることを示している。本研究においても、これに類似する結果となった(図2)。つまり「暑がり群」は、末梢部からの放熱を抑制するために同部位の皮膚温を低下せしめ、これにより強い寒冷ストレスがもたらされていると解釈できる。

「暑がり・寒がり」両群の違いは、主観申告値(図3)の方が身体各部の温度(図2)より明確である。「暑がり・寒がり」という区分そのものが、主観申告値に基づいたためであろう。

主観申告値における「暑がり・寒がり」各群の違いは、概して常温室では大きく、寒冷室では小さい。これは、零下30°Cという強刺激によって、全員の感覚が集束したためであろう。さらに、被験者の多くは寒冷室に初めて入室したことから、精神面における個体差も関与していると判断される。

垣鏑ら(2004)によれば、寄与率において、「暑がり群」では肥満度が、「寒がり群」では食生活の健康度が高い。また、耐寒性には体組成の影響があることが指摘されている(例えば Buskirk ら、1963; 安河内ら、1983)。しかしながら本研究では、「暑がり・寒がり」両群間において代謝量に有意差が認められたものの(図4)、体脂肪率には違いがなかった。本研究における被験者の体格はおしなべて類似しており、こ

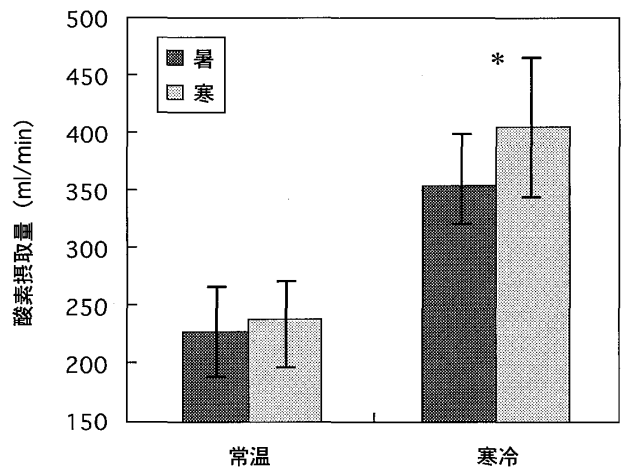


図4 代謝量の比較 (両群に平均±sd)

* : p < 0.05

のことが関与したものであろう。

以上より、本研究における測定値の推移については次のように考えることができる。すなわち「寒がり群」は「暑がり群」に比して寒さに対する感受性が相対的に高く、それは末梢部皮膚温の低さと関連している。これには体組成の関与は乏しく、感受性の違いのみが根底にある。そのため零下30°C暴露においては敏感に応答し、高い代謝量もたらされた。

5. 要約

健康な日本人成人女子18名を常温下(24°C RH 50%)と寒冷下(-30°C)に暴露し、体温調節反応の違いについて観察した。服装は常温室では0.18クロ、寒冷室では2.0クロであった。暴露時間は初期常温室40分、寒冷室20分、後期常温室40分とした。測定項目は直腸温、皮膚温、酸素摂取量、主観申告値であった。前期常温室での温冷感申告値に基づき「暑がり・寒がり」の区分を行った。この区分は自己申告による「暑がり・寒がり」とは必ずしも一致しなかった。末梢部皮膚温は、「暑がり群」の方が高く、酸素摂取量は、「寒がり群」の方が高かった。

謝辞

本研究を行うにあたり、ご協力頂いた被験者の皆様に厚く御礼申し上げます。

なお、本研究は文部科学省科学研究費補助金における基盤S(課題番号15107006)の助成を受けて行った。

引用文献

- Buskirk, E. R.ら (1963): J. Appl. Physiol. 18(3), 603-612
Hardy, D. J.ら (1938): J. Nutr., 15, 461-475
ISO 9920 (1991): Ergonomics of the thermal environment-estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble.
垣鏑直ら (2004): 日生氣誌, 40(s), 303-316
Nagashima, k.ら (2002): J. Appl. Physiol., 92, 1029-1035
山崎和彦ら (2006 a): 日本生理人類誌, 11(1), 13-20
山崎和彦ら (2006 b): 日本生理人類誌, 11(1), 21-28
安河内朗ら (1983): Ann. Physiol. Anthropol. 2(1), 39-44