



# 運動時の体温調節反応 - 環境の湿度と衣服の材料特性 -

神戸大学大学院人間発達環境学研究科  
井上 真理 ・ 近藤 徳彦

# 運動中に着用する衣服の役割

運動を快適に行うために、

- 外部環境の変化から身体を保護
- 内部環境(身体内部で発生する熱など)の変化に対して身体内部の環境をある範囲に保つ

# 衣服内環境をできる限りある範囲内に保つための要因

- 1) 皮膚表面の皮膚血流量や発汗量などの体温調節反応
- 2) 衣服の通気性・吸湿性・放湿性
- 3) 外部環境条件(温度,湿度および気流)

# 目的

- 運動時における衣服内環境や体温調節反応は外部湿度に影響を受け、その影響程度は衣服の素材によって異なるのではないか。
- 異なる2種類の湿度環境下において、素材の違う衣服を着用したときの運動時の体温調節反応を検討する。

# 方法

被験者：健康な男子6名

- 年齢 $28.7 \pm 8.2$ 才、身長 $178.3 \pm 3.8$ cm  
体重 $67.8 \pm 4.5$ kg

環境温湿度

- 環境温度：26
- 相対湿度：30%(LH)、70%(HH)の2条件

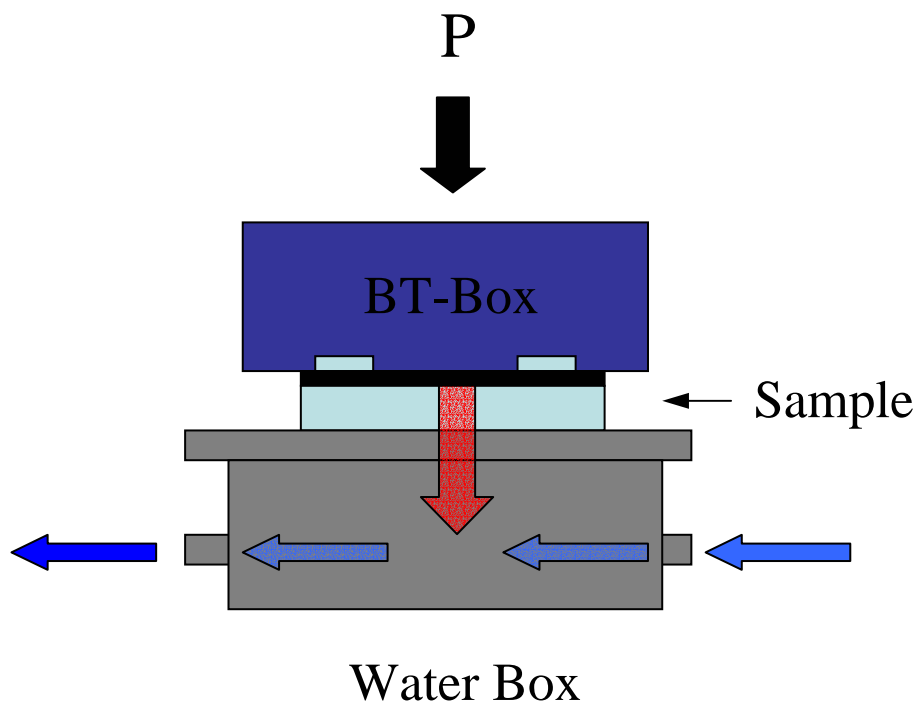
衣服試料

- 同デザインの平編 半袖 Tシャツを作成
- 素材：綿100%布  
綿35%ポリエステル65%混紡布

# 試料の詳細，熱水分空気の特徴

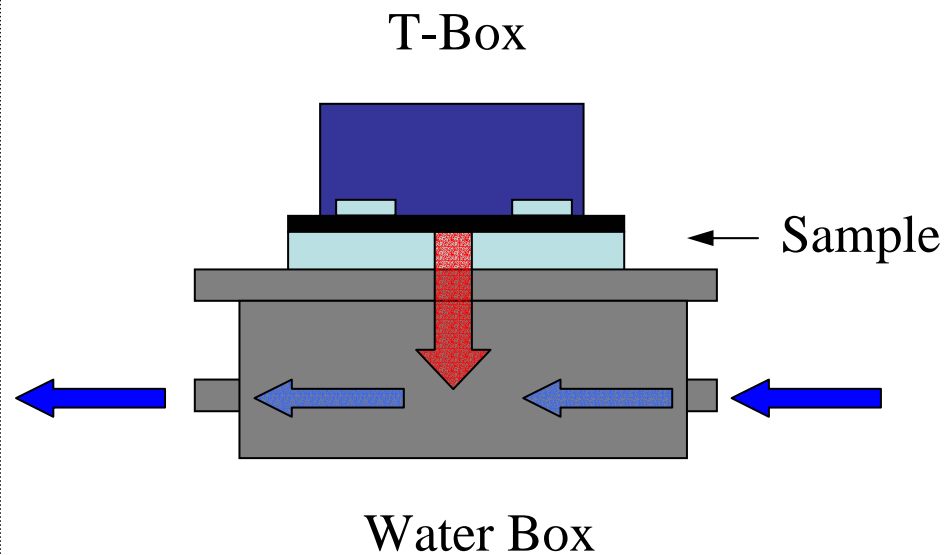
特性		単位	100C	35C65P
繊維組成			綿100%	綿35%
				ポリエステル65%
編密度	段数	wale/cm	24.5	29.8
	ループ数	course/cm	18.2	22
構造	厚さ	mm	0.98	0.94
	重量	mg/cm <sup>2</sup>	14.59	15.83
熱伝導特性	$K$	W/m <sup>2</sup> ·K	90.2	90.5
接触冷温感	$q_{max}$	W/m <sup>2</sup>	0.119	0.115
熱損失 (乾燥条件)	$Q_d$	W/m <sup>2</sup> ·K	8.2	8.9
(湿潤条件)	$Q_w$	W/m <sup>2</sup> ·K	24.2	26.7
水分移動速度	$m$	g/m <sup>2</sup> ·sec	0.00661	0.00735
通気抵抗	$AR$	kPa·sec/m	0.249	0.154
吸水率	$WA$	%	383	279

# 熱コンダクタンス ( $K$ )

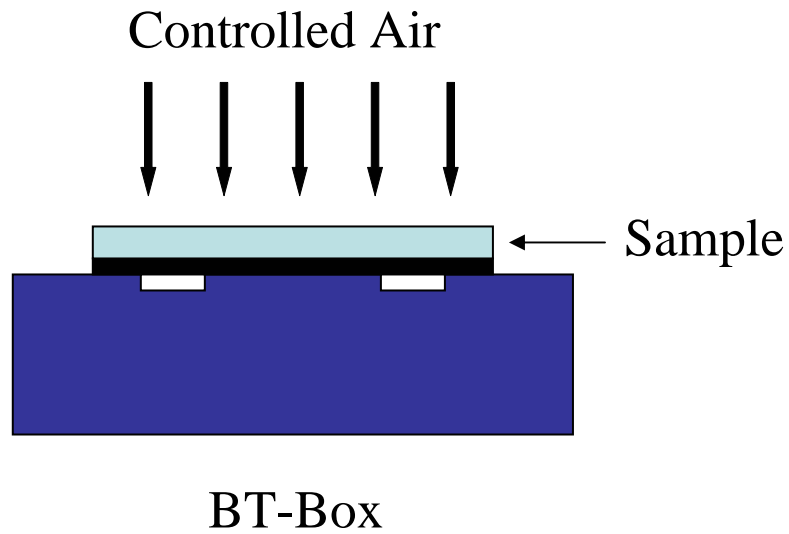


# 接触冷温感

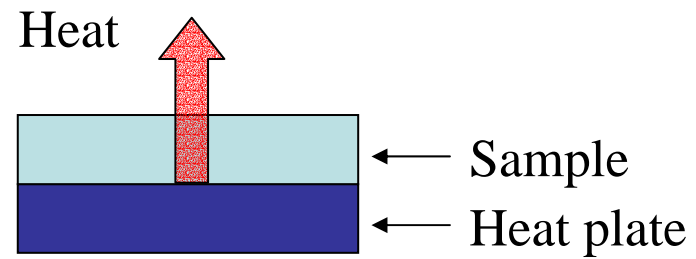
( $q_{max}$ )



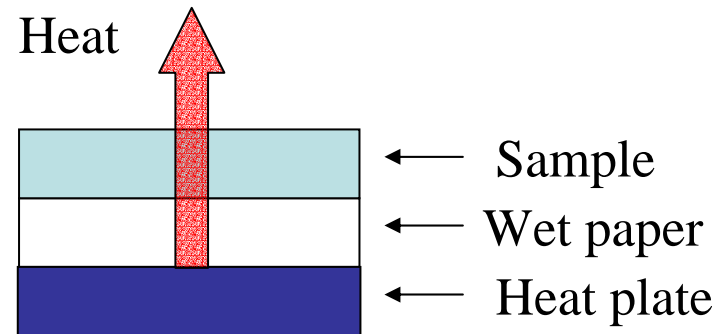
# 熱損失( $Q_d$ 、 $Q_w$ )



## Dry Method



## Wet Method





# 着用実験

- 着用4条件
  - (LH65C35P) 30%RHの環境下で綿65%ポリエステル35%の半袖着用
  - (LH100C) 30%RHの環境下で綿100%の半袖着用
  - (HH65C35P) 70%RHの環境下で綿65% ポリエステル35%の半袖着用
  - (HH100C) 70%RHの環境下で綿100%の半袖着用
- 環境制御室 (精度: 室温  $\pm 0.3$  , 相対湿度  $\pm 3\%$  , 室内気流  $0.1 \sim 0.3\text{m/sec}$ )

# プロトコール

1. 安静約50分間(その間に測定機器や電極などの装着)
2. ベースラインのデータを3分間測定
3. 運動50分間(心拍数(HR)が約130拍/分になる運動負荷の自転車運動自転車運動)
4. 安静10分間

生体パラメータへの日内変動の影響を避けるため、各実験(4回)は別の日の同一時間帯に実施

# 測定項目

- 生理反応

心拍数(HR)      自覚的運動強度(RPE)

平均血圧(MAP)

深部体温(食道温;Tes, 舌下温;Tor)

皮膚温(T<sub>sk</sub>; 胸, 背, 腹, 上腕, 前腕, 大腿  
および下腿)

発汗量(SR; 胸, 背および前腕)

皮膚血流量(SkBF)

衣服内温度および湿度(背部)

衣服表面温度(胸と背)

# 測定項目

- 感覚評価

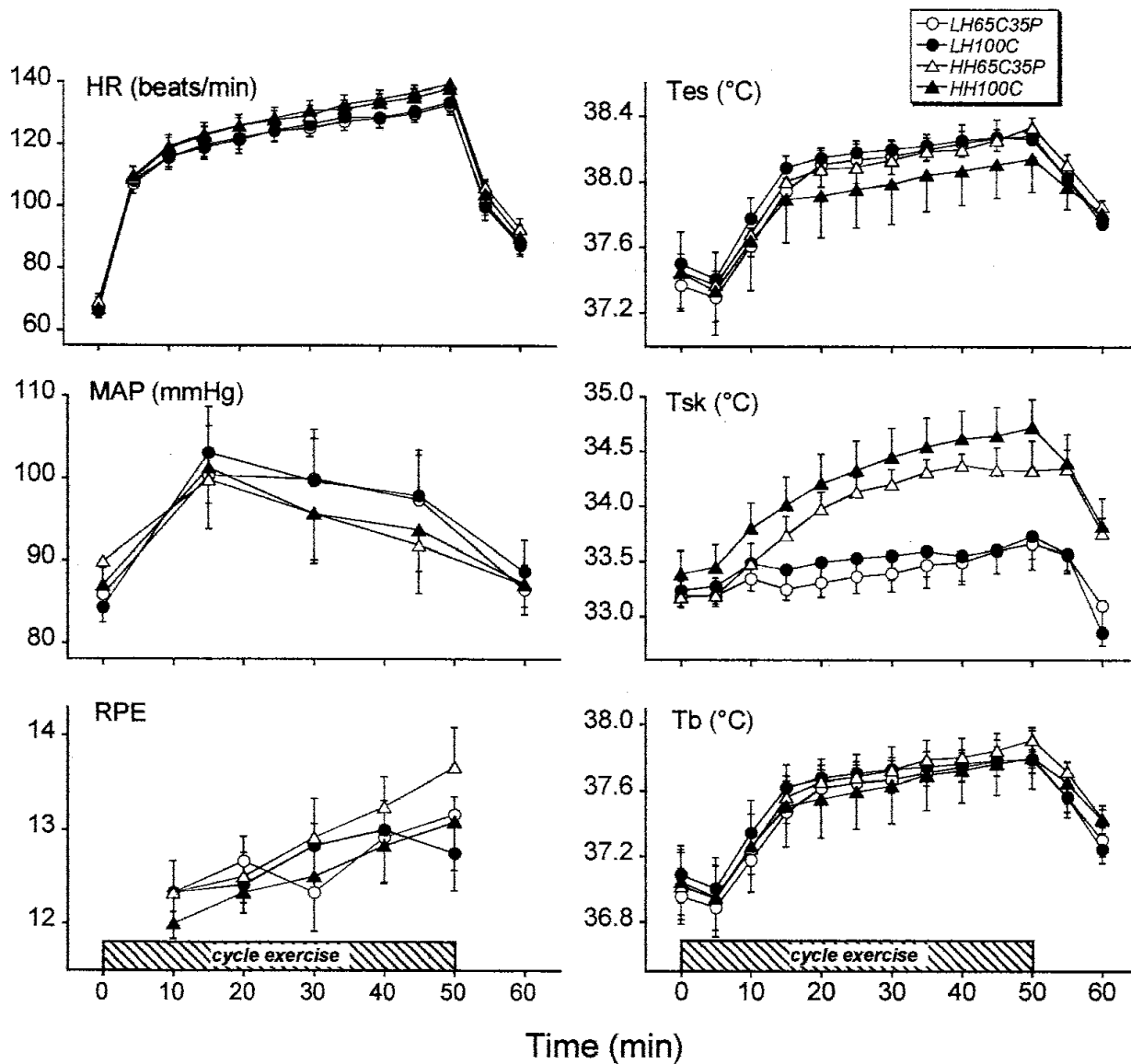
快適感(4スケール;1快適,2やや不快,  
3不快,4非常に不快)

温冷感(9スケール;1非常に暑い,2暑い,  
3暖かい,4やや暖かい,  
5どちらともいえない,  
6やや涼しい,7涼しい,  
8寒い,9非常に寒い)

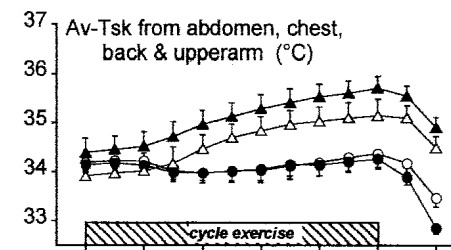
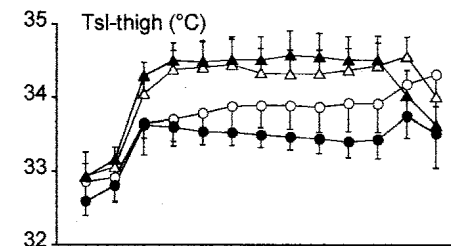
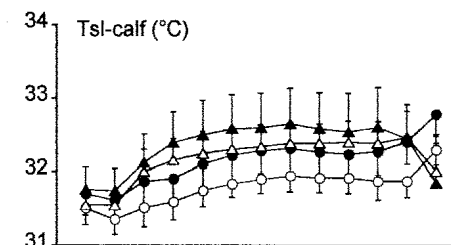
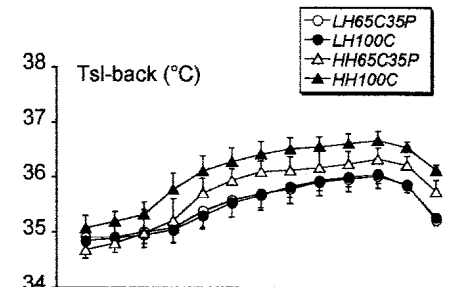
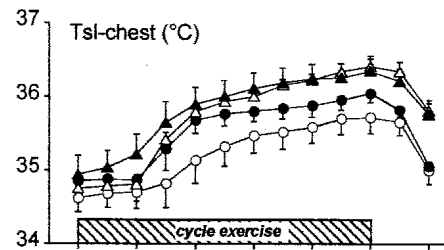
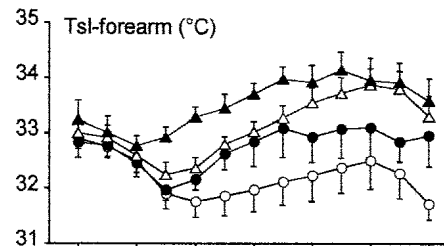
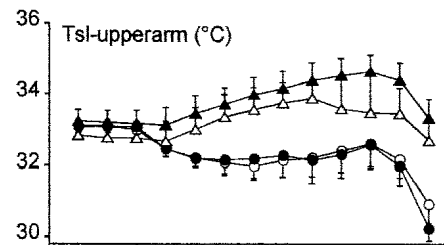
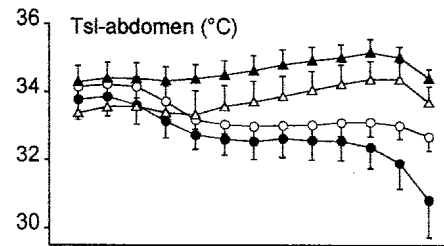
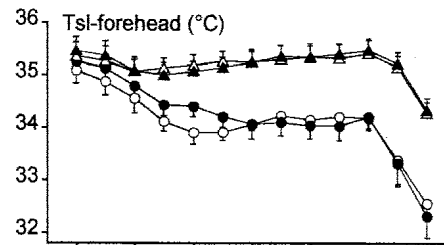
湿感(4スケール;1大変湿っている,2湿っている,  
3少し湿っている,4乾燥している)

# 結果と考察

# 心拍数・平均血圧・自覚的運動強度・食道温・ 平均皮膚温・平均体温の経時変化

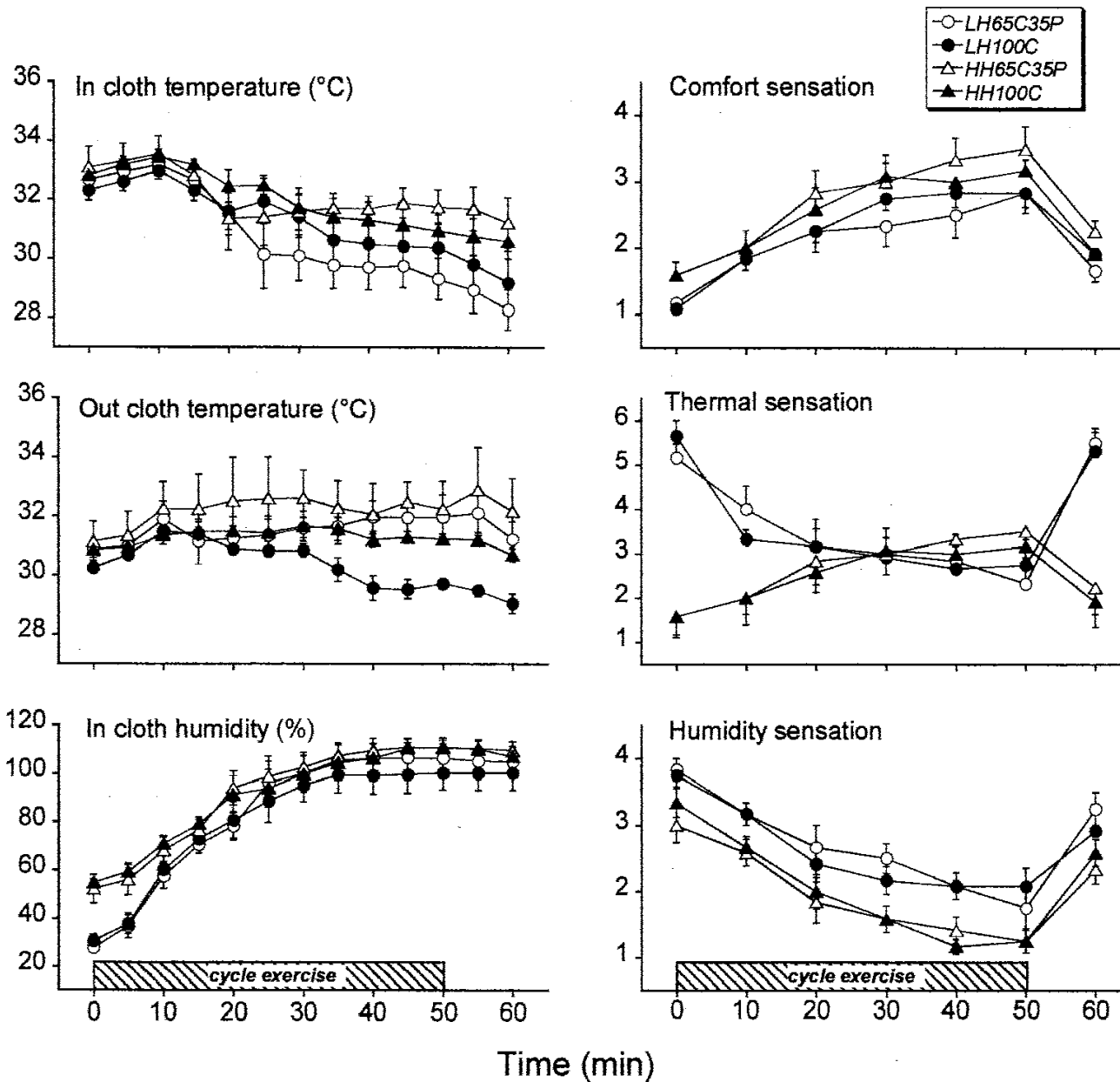


# 各部位の局所皮膚温(前額部・腹部・上腕部・前腕部・胸部・背部・下腿部・大腿部)および衣服内皮膚温の平均値の経時変化



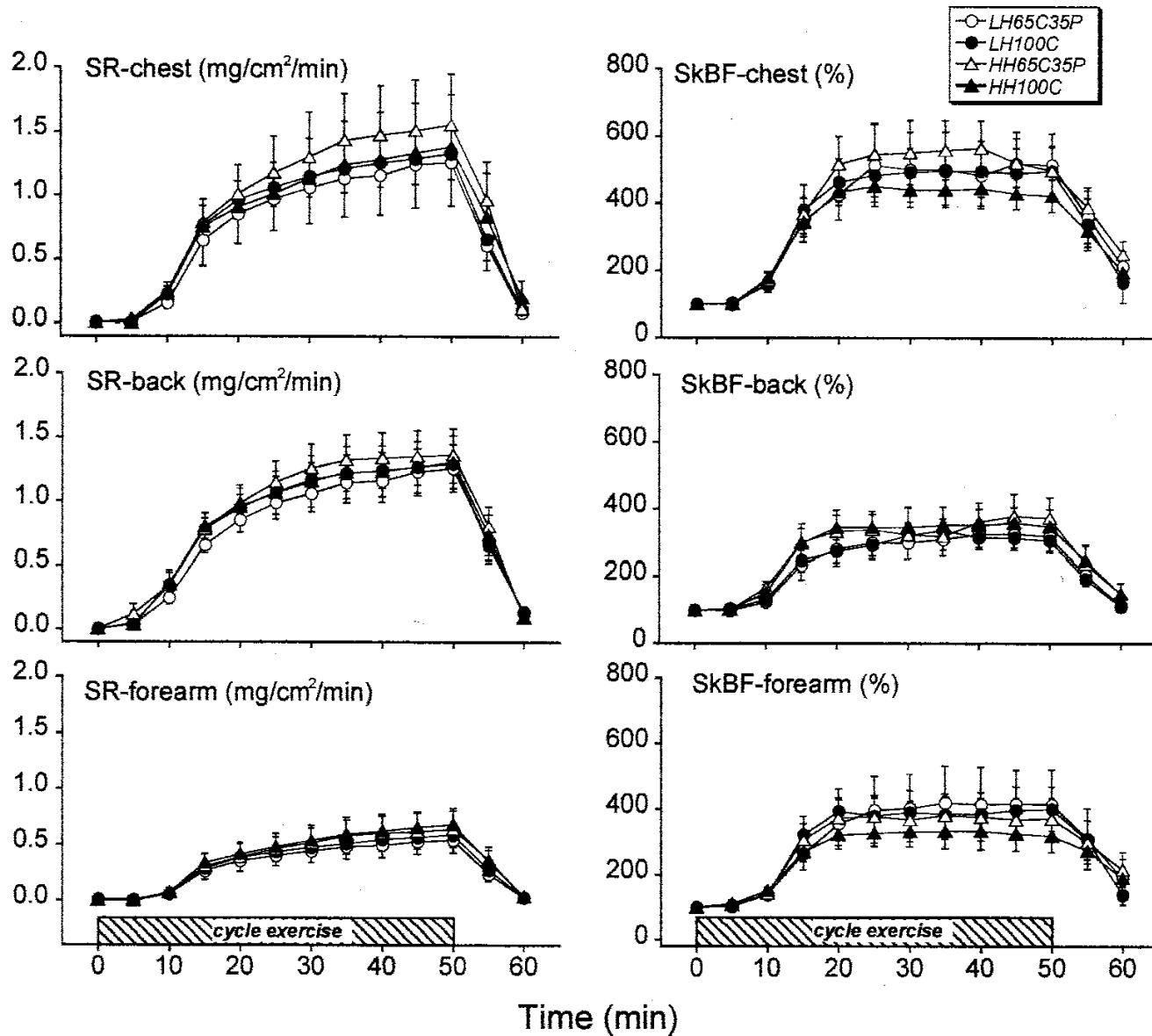
Time (min)

# 衣服内温度・衣服表面温度・衣服内湿度・ 不快感・温冷感・質感の経過時変化

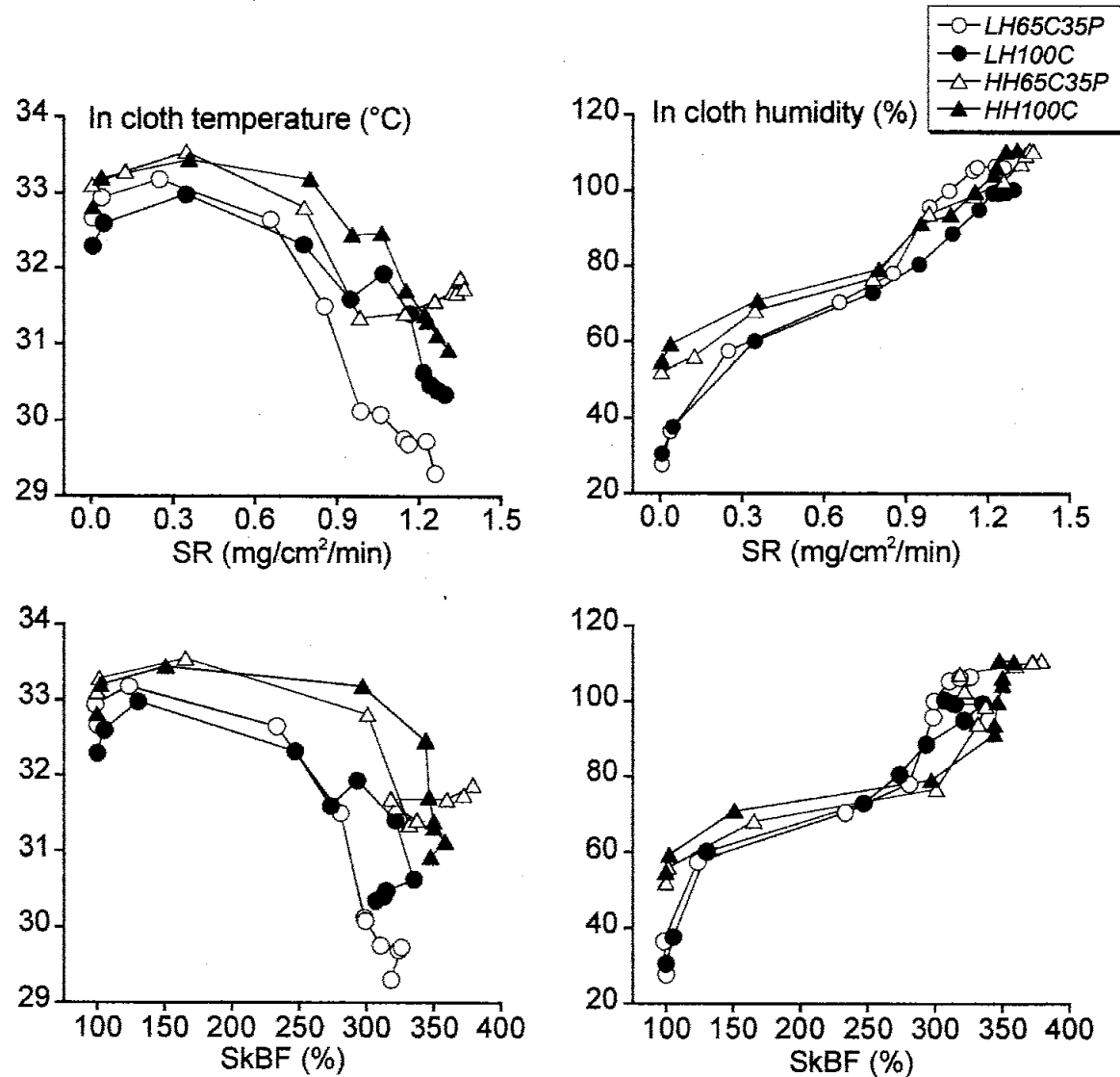




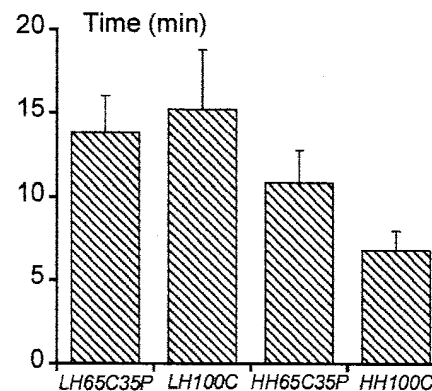
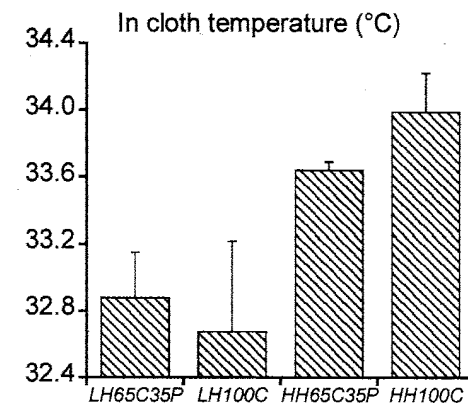
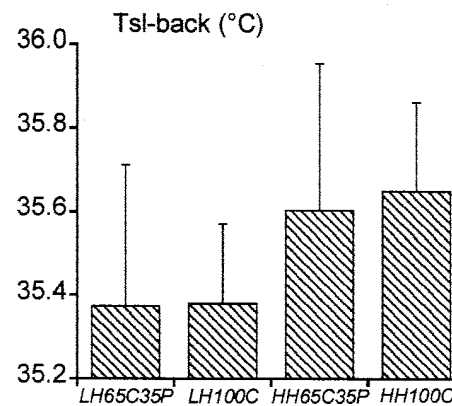
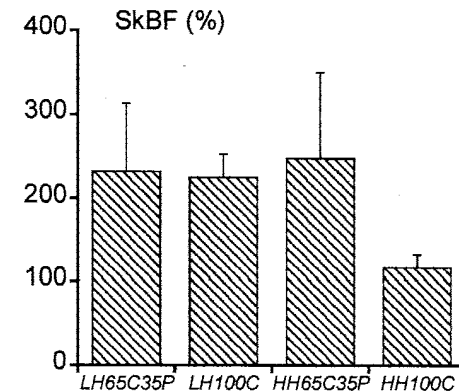
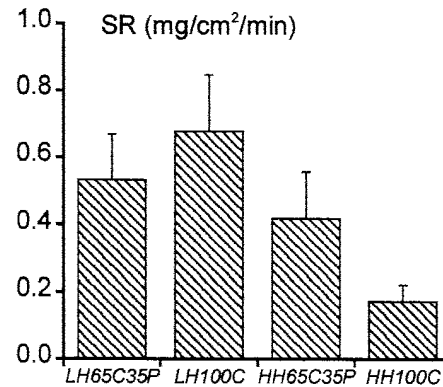
# 胸部・背部・前腕部の発汗量・皮膚血流量の経時変化



# 衣服内温度・衣服内湿度と 背部の発汗量・背部の皮膚血流量との関係



衣服内湿度が  
70%に達した時の  
背部の発汗量・皮  
膚血流量・背部皮  
膚温・衣服内温度  
および時間



# 安静時

- 環境湿度が高いほど衣服内湿度が高くなる。
- 衣服の種類の違いは認められない。

LHの場合:衣服内湿度 環境湿度

HHの場合:衣服内湿度が環境湿度より  
20%低い

衣服材料の吸湿性により外部の  
湿度より低く保たれている

# 運動時(湿度変化の影響)

- 心拍数 LH < HH、 血圧 LH > HH
- 皮膚温 LH < HH 血流貯留の増加  
静脈還流量の低下 心拍数の上昇
- 総体重減少量 LH < HH  
脱水量の上昇 心拍数の上昇
- 皮膚温 LH < HH  
熱放散: 乾性熱放散 LH HH  
湿性熱放散 LH > HH  
皮膚温が高くなると推察される

# 運動時(湿度変化の影響)

- 発汗量、総体重減少量、皮膚血流量  
LH < HH 皮膚温が高いためと推察
- 衣服内湿度が70%に達するまでの時間、発汗量、  
皮膚血流量 LH > HH
- 衣服内湿度が70%に達するまでの背部皮膚温、  
衣服内温度 LH < HH  
HHでは少ない発汗量で衣服内湿度が70%に  
達し、達する時間も短い

# 運動時(湿度変化の影響)

- 発汗量、皮膚血流量が低い場合には、これらの値が同一でもHHの方が衣服内温湿度が高い 衣服の水分移動は外気の湿度が高いほど減少するため、運動中の体温調節パラメータや衣服内温湿度に影響

# 運動時 ( 繊維素材の影響 )

- LH条件では顕著な違いはみられない
  - HH条件では、
    - 衣服着用部位の皮膚温  $C100 > 35C65P$
    - 衣服内湿度が70%に到達するまでの発汗量、  
皮膚血流量および時間  $C100 < 35C65P$
    - 実験後の衣服重量  $C100 > 35C65P$
- C100着用時の方が35C65P着用時よりも生体に対する負荷が大きい



# まとめ

- 環境湿度の違いは衣服着用時の体温調節反応に影響を及ぼし、特にその影響はHH条件で顕著な皮膚温の上昇をもたらした。
- LHでは繊維素材の違いによる影響は認められないが、HHでは綿100%布よりポリエステル混紡布の方が体温調節パラメータや衣服内環境の変化を小さくすることが示された。

ご清聴、ありがとうございました。

運動時の体温調節反応  
- 環境の湿度と衣服の材料特性 -

神戸大学大学院人間発達環境学研究科  
人間環境学専攻 環境形成論講座  
生活環境論コース 衣環境学研究室  
[inouema@kobe-u.ac.jp](mailto:inouema@kobe-u.ac.jp)

井上 真理

