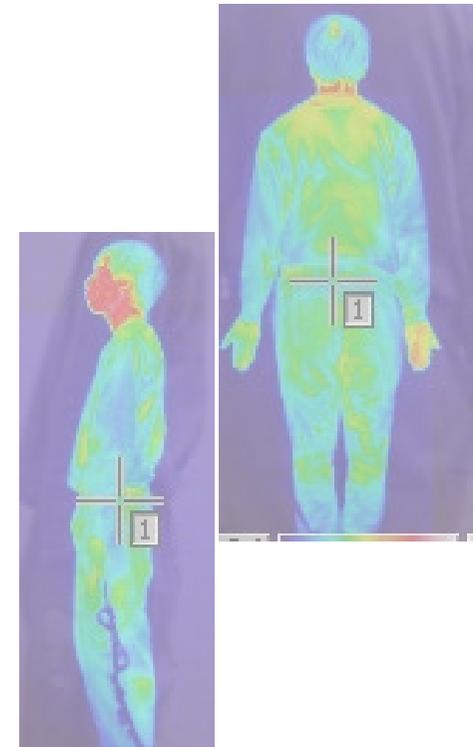
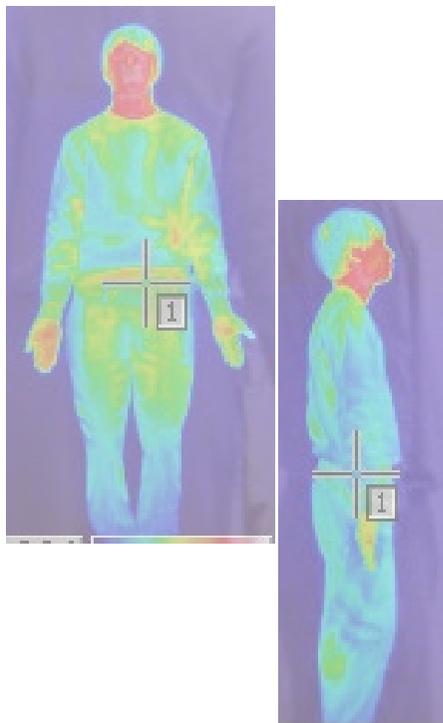


# 温熱生理学に基づく温冷感推定技術の開発

奈良女子大学 研究院工学系

パナソニック株式会社 インダストリアルソリューションズ社



奈良女子大学研究院工学系 久保 博子



# 温熱生理学に基づく温冷感推定技術の開発

## 1. 背景

温熱的快適性の研究と体温調節反応  
生活の実態

## 2. コンセプト

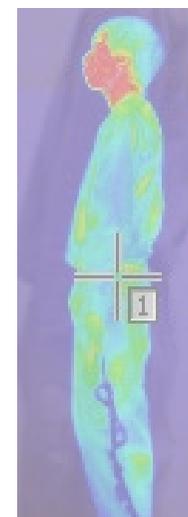
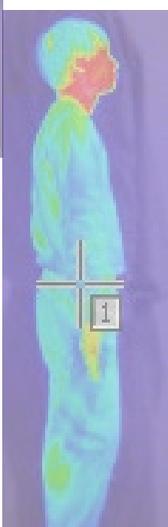
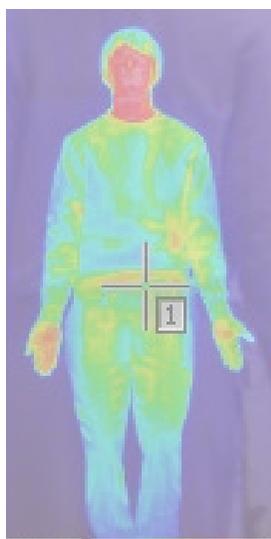
皮膚温と放熱量  
サーモカメラ画像

## 3. 検証のための実証実験

夏、冬、着衣量、活動量、時刻…

## 4. 商品化への技術

## 5. まとめと今後の課題



# 1. 背景 生活の実態（高齢者の自室の温度計測）

健康で快適な  
生活か？

- 実測調査による生活の中での冷暖房の使用と室内温湿度実態

★夏期：30°C以上でも冷房を使わず、通風と扇風機…

冷房は体に良くない、環境に良くないから、省エネルギー…  
夏は暑いのが当たり前、体を鍛えねば…

★冬期：10°C以下でもこたつ、厚着、カイロ、電気毛布使用…

暖房は頭がボーとする、こたつ、布団の中は暖かい…  
冬は寒いのが当たり前、我慢できる…

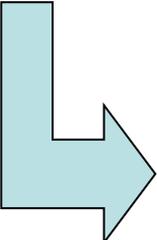
★★夏期は高温、冬期は低温で生活

⇒ 自宅で熱中症、ヒートショックにより倒れる…

健康な環境で生活してもらいたい



温熱環境、冷房・暖房に関する多くの研究により  
至適温熱環境の提案がされている



### 温熱的快適性の解析・検討方法

1. 実験室での直接環境選択実験
2. 実験室での設定環境評価実験
3. 実際の生活環境実測による環境と  
生理心理反応の計測
4. 体温調節反応か数値シミュレーション

**温熱環境 6 要素と熱平衡により説明できる**

**温熱環境、体温調節反応、温冷感、快適感等を計測して検討**

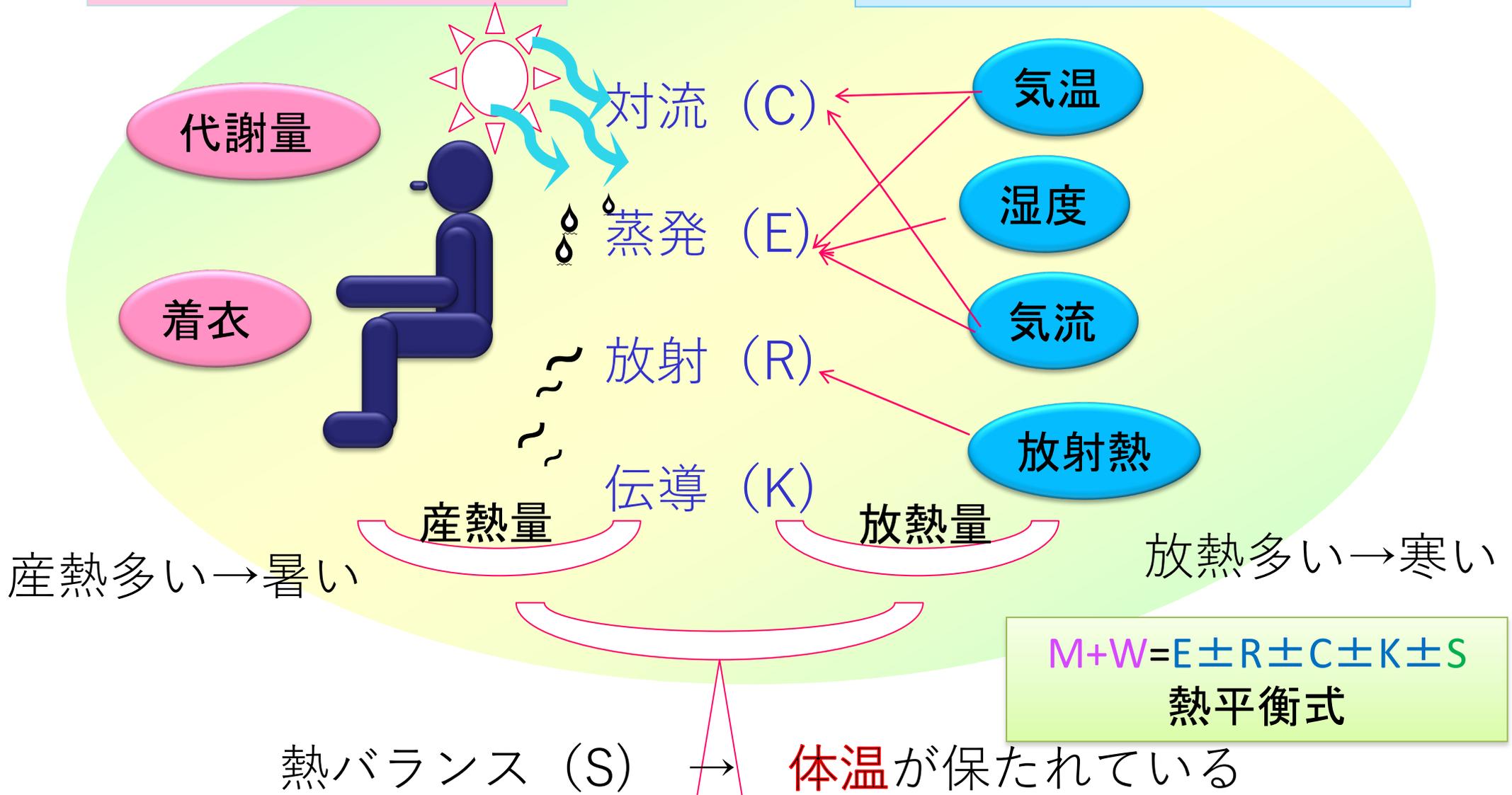
# 1. 背景

温熱的快適性と体温調節反応

- 人体と環境の間での熱の移動が行われている

人体側 2 要素

環境側 4 要素



- ☆環境を計測して、周知の予測式より「暑くも寒くもない丁度良い環境」を予測する方法…  
ex. P M V、S E T\*、サーマルマネキン…
  - 多くの環境計測が必要  
その時の体温調節反応の適応困難  
人間側の着衣量、活動量を計測することが困難

- ☆生体計測による予測する方法  
何処かの皮膚温などを計測して暑さ寒さを予測  
自律神経系の反応を計測して快適感を予測…
  - 動く人体の生理量の計測が困難…  
個人差は考慮されない…  
拘束してしまう…





健康で快適な  
生活を造る！

温熱 6 要素を計測して詳細に室温調節？

→ 周囲環境サーモカメラで計測

人体側 2 要素は自己申告？

→ サーモカメラで推測

個人差を加味できるか？

→ 体温調節反応（皮膚温）を計測して推測

温熱環境

活動量

着衣量

男女差

時刻差

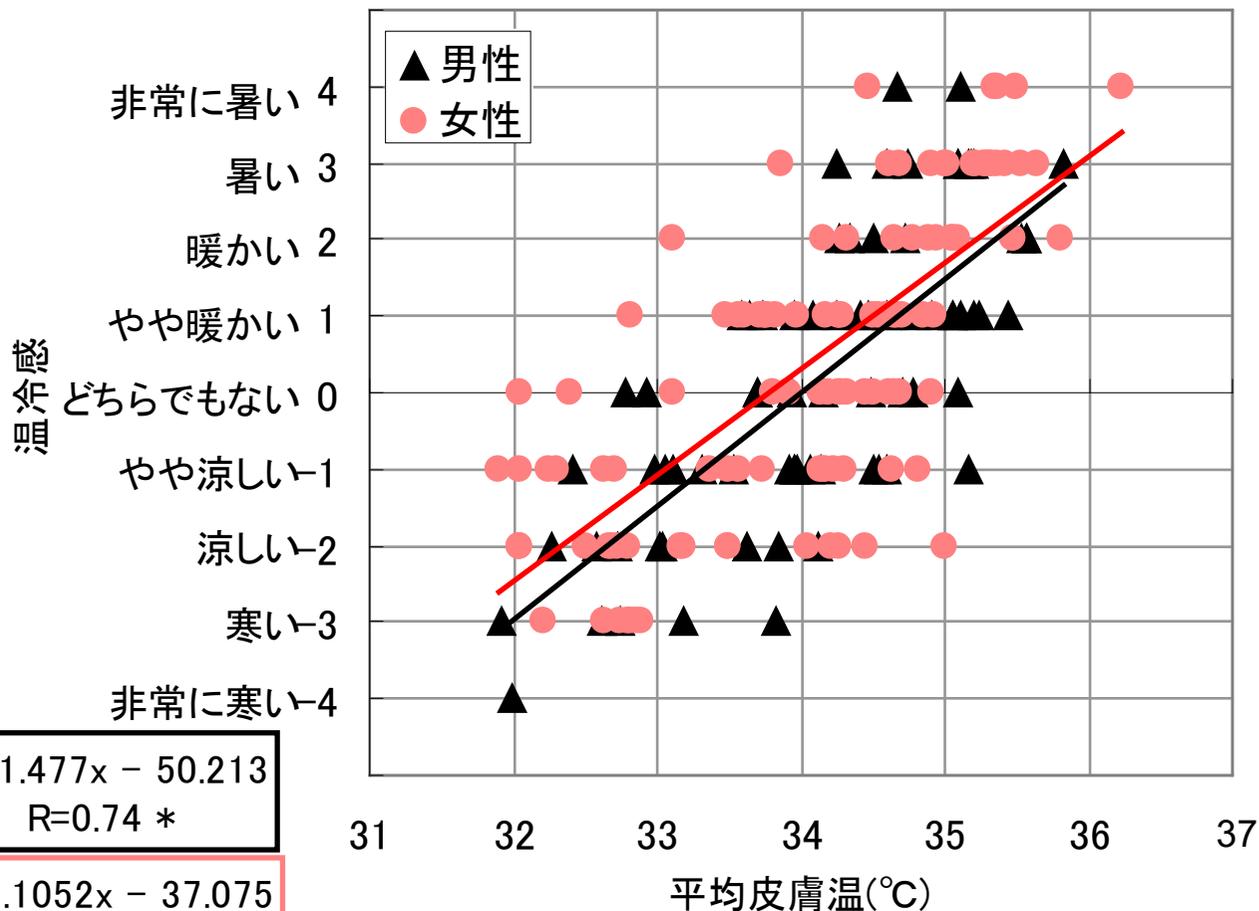
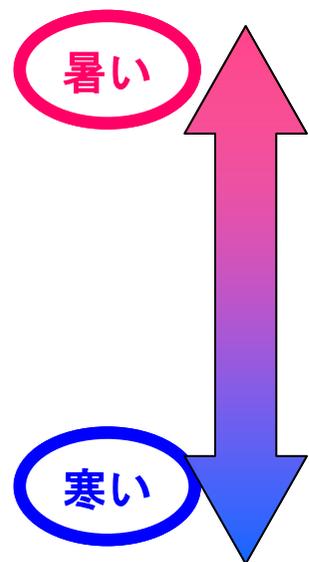
非接触で人の温冷感を推定し、環境を調整



## 2. コンセプト

## 温冷感と平均皮膚温 (実験例)

設定された室温の人工気候室に入室し、快適環境を検討



$$y = 1.477x - 50.213$$

$$R = 0.74 *$$

$$y = 1.1052x - 37.075$$

$$R = 0.61 *$$

平均皮膚温は熱電対(有線)で7点から14点計測し面積平均

平均皮膚温と温冷感は相関する  
→男女差は小さい

平均皮膚温との  
関連が最も高い

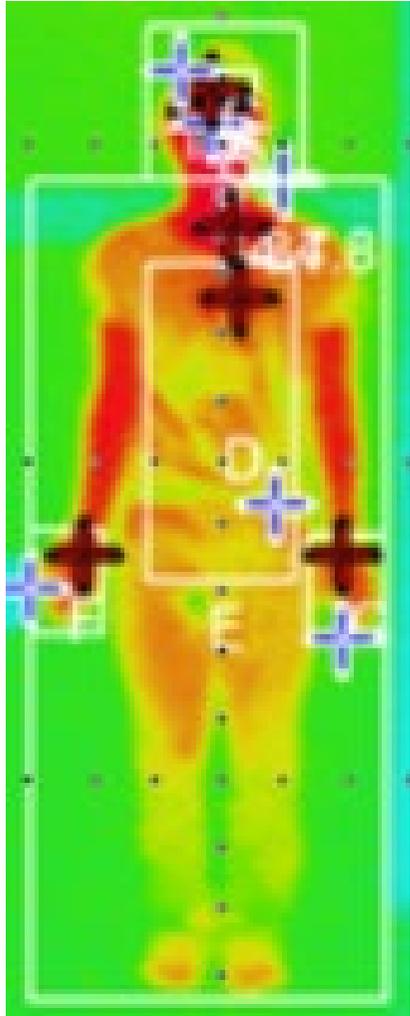


## 2. コンセプト

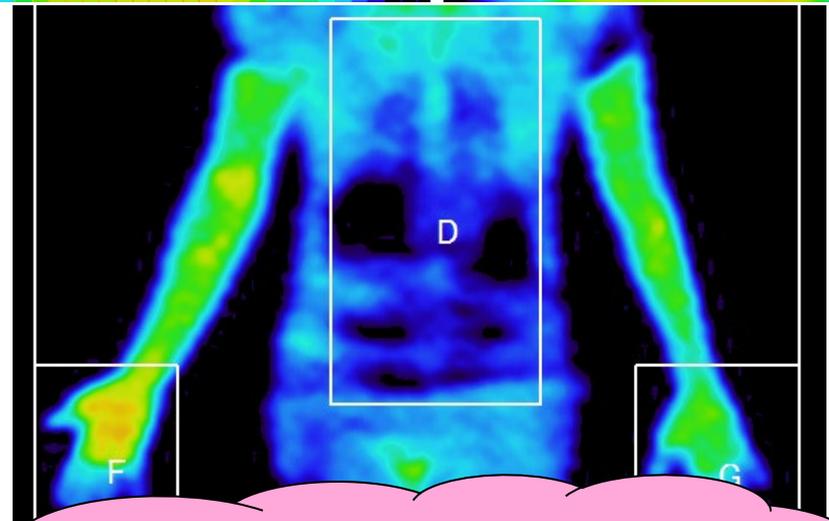
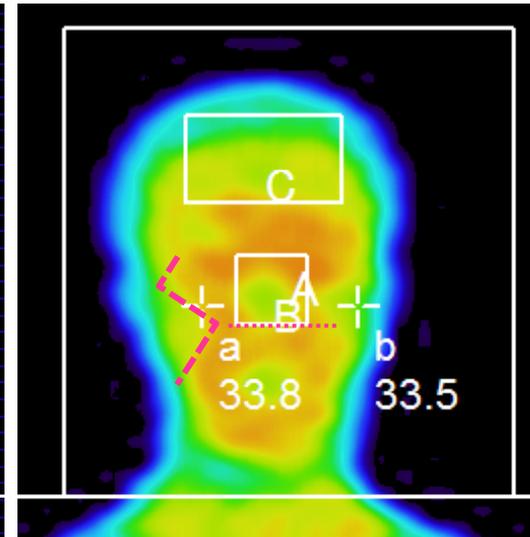
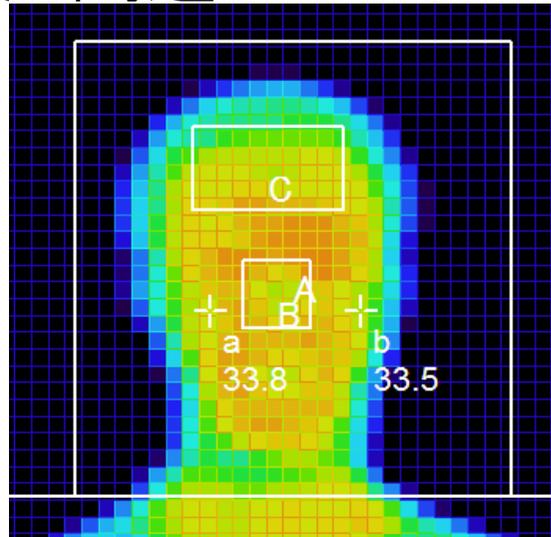
・サーモカメラで計測する皮膚温と温冷感

サーモカメラで計測できる皮膚温

どの部位の皮膚温が温冷感と最も関連しているか??



皮膚温と温冷感関係	
皮膚部位	相関係数
額	0.57
胸	0.31
腕	0.67
手	0.63
大腿	0.62
下腿	0.61
足背	0.55
平均皮膚温	<b>0.70</b>



平均皮膚温との  
関連が最も高い



## 2. コンセプト サーモカメラ画像と放熱量

産熱量と放熱量のバランス → 体温が保たれ、暑さ寒さを感じる

<考え方>

$K$  (熱伝導) が小さく、水分蒸発による放熱が一定の場合、放熱量  $H$  は  $R$  と  $C$  が主な変数

$$H [W/m^2] = R + C + K + Esk + Eres + Cres$$

$$R = hr \times (Tcl - Tr) \quad \text{: 放射による放熱}$$

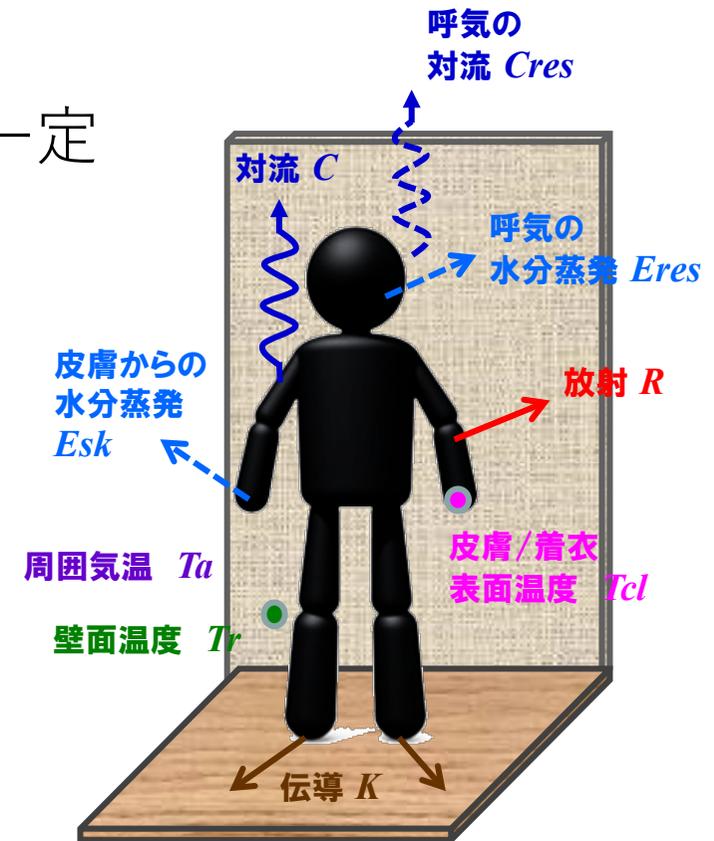
$$C = hc \times (Tcl - Ta) \quad \text{: 対流による放熱}$$

$hr$  : 放射熱伝達率     $hc$  : 対流熱伝達率

壁面温度と周囲気温が同じであれば、

$$R + C = (hr + hc) \times (Tcl - Tr)$$

着衣含めた表面温度 ( $Tcl$ ) と壁面温度 ( $Tr$ ) がサーモグラフィから分かれば、非接触で着衣に依らない温冷感が可能では？



人体からの放熱量 :  $H$

## 2. コンセプト

### ・サーモカメラ画像と放熱量

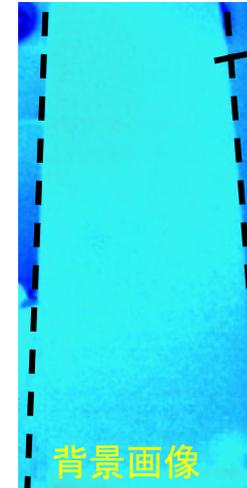
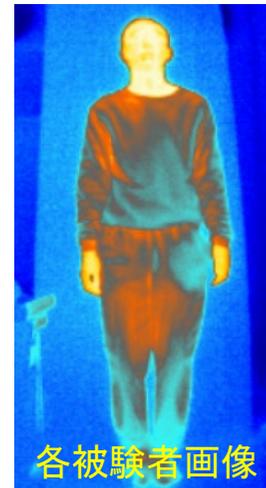
<熱画像の処理方法>

$$R + C = (hr + hc) \times (T_{cl} - T_r)$$

$$= (hr + hc) \times \left( \begin{array}{c} \text{各被験者画像} \\ T_{cl} \end{array} - \begin{array}{c} \text{背景画像} \\ T_r \end{array} \right)$$

$hc$  : 対流熱伝達率 (=3.7[W/m<sup>2</sup>°C])

$hr$  : 放射熱伝達率 (=4.65[W/m<sup>2</sup>°C])



断熱材

人の領域画素の平均値

奈良女子大学人工気候室にて検証実験

周囲気温・着衣・運動量・男女差・午前午後差・季節差・個人差

様々な条件下で放熱量と温冷感申告値を比較



## SET\*と温冷感

## 皮膚温と温冷感

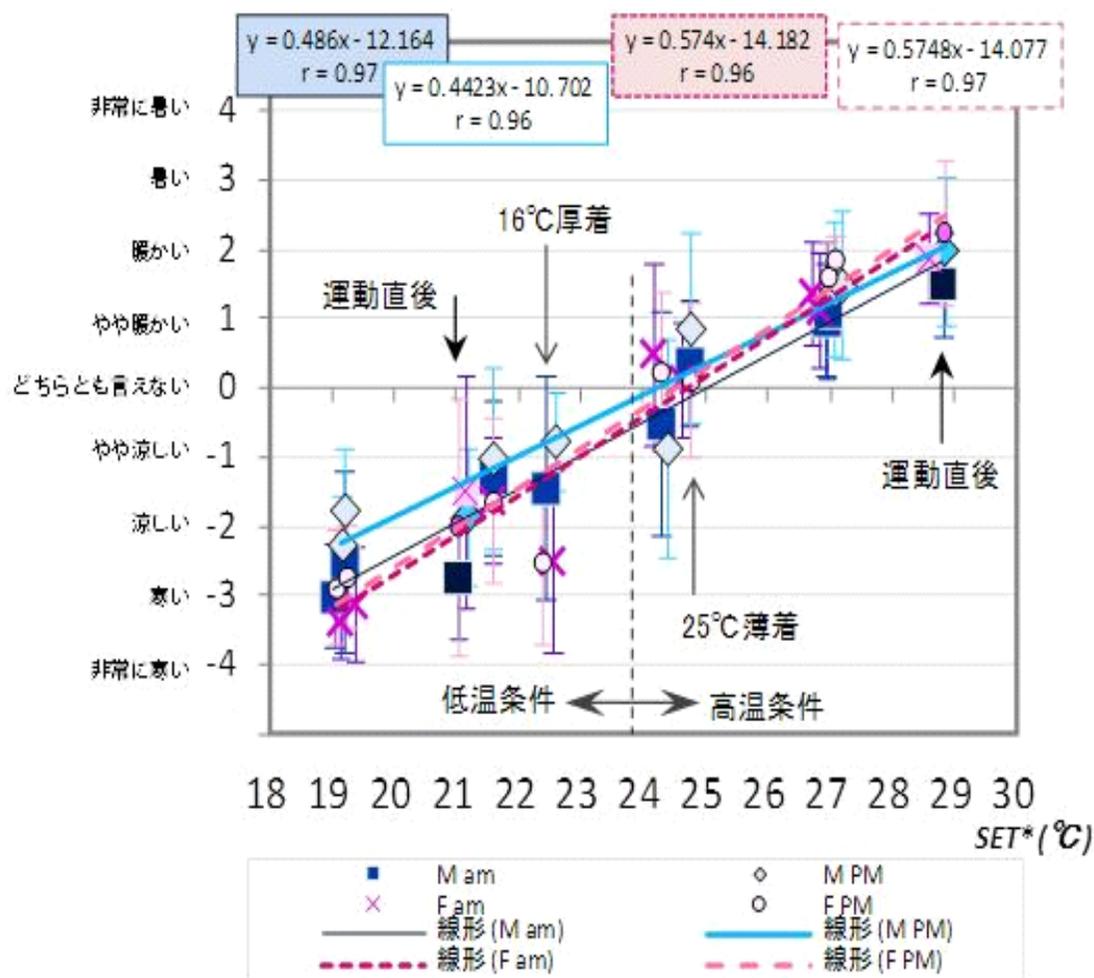


図5 SET\*と温冷感の関係(午前・午後 男女別)<sup>12)</sup>

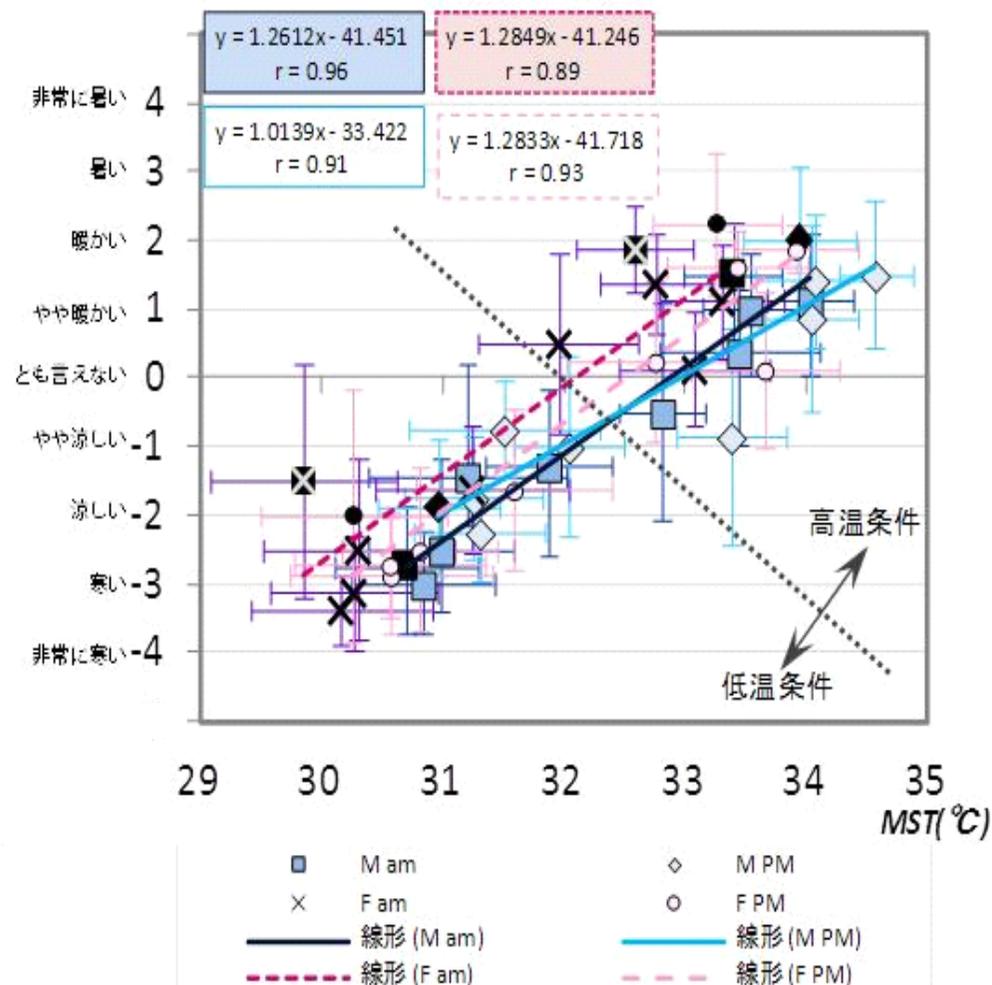


図6 平均皮膚温と温冷感の関係(午前・午後 男女別)<sup>12)</sup>

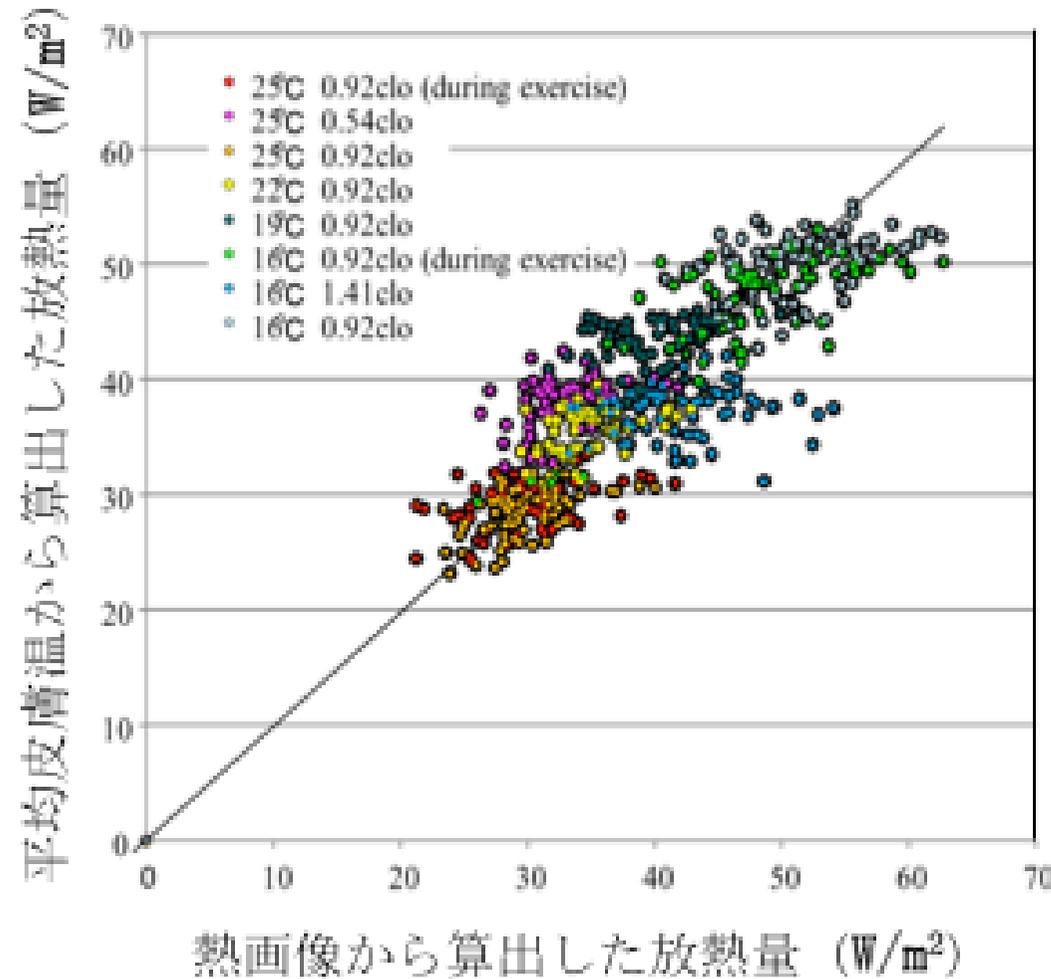
温熱環境と温冷感の関係

平均皮膚温と温冷感の関係



### 3. 検証のための実証実験

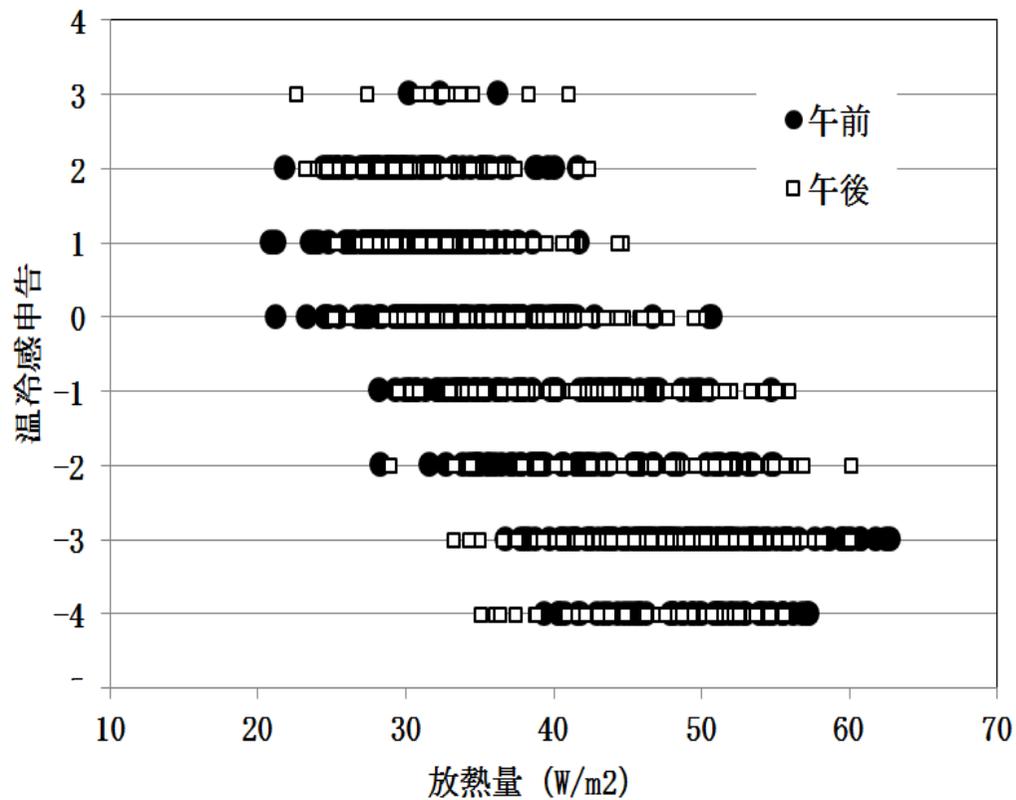
### 放熱量の関連



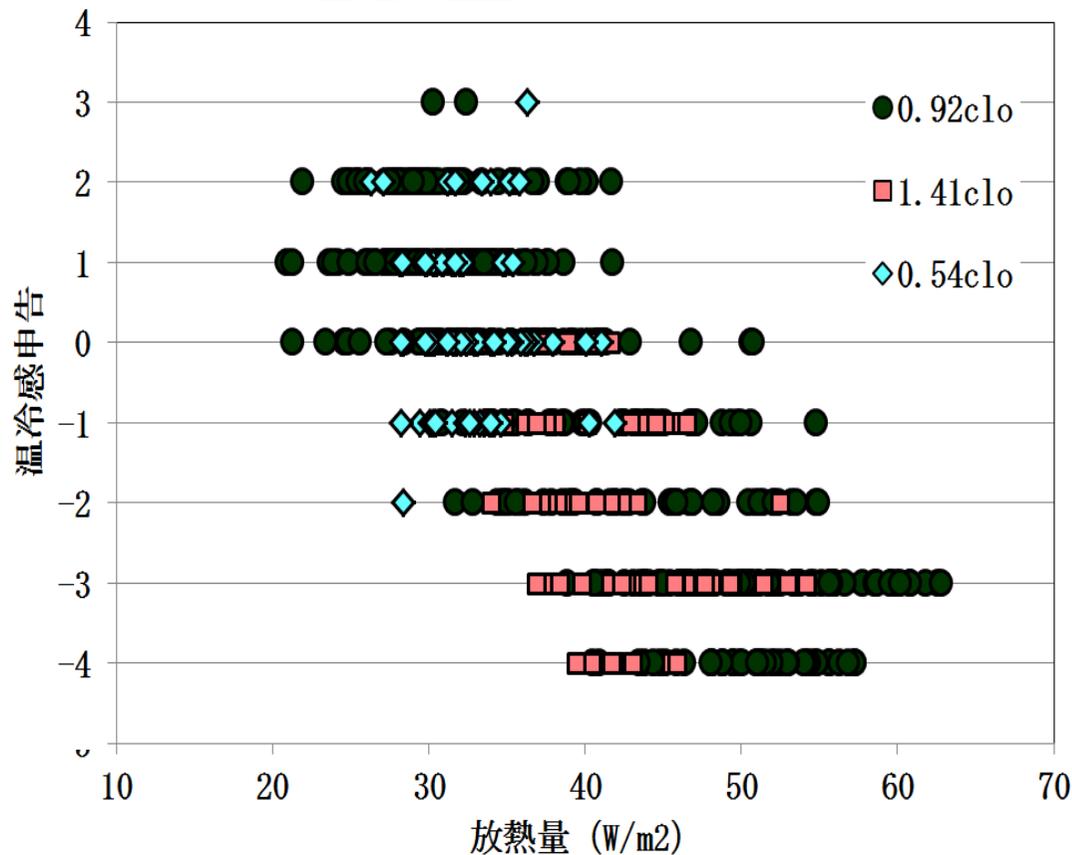
サーモカメラ（表面温度）から求めた放熱量と  
平均皮膚温から求めた従来からの放熱量計算とは**相関**する

どちらを向いていてもOK！

### 午前・午後



### 着衣量

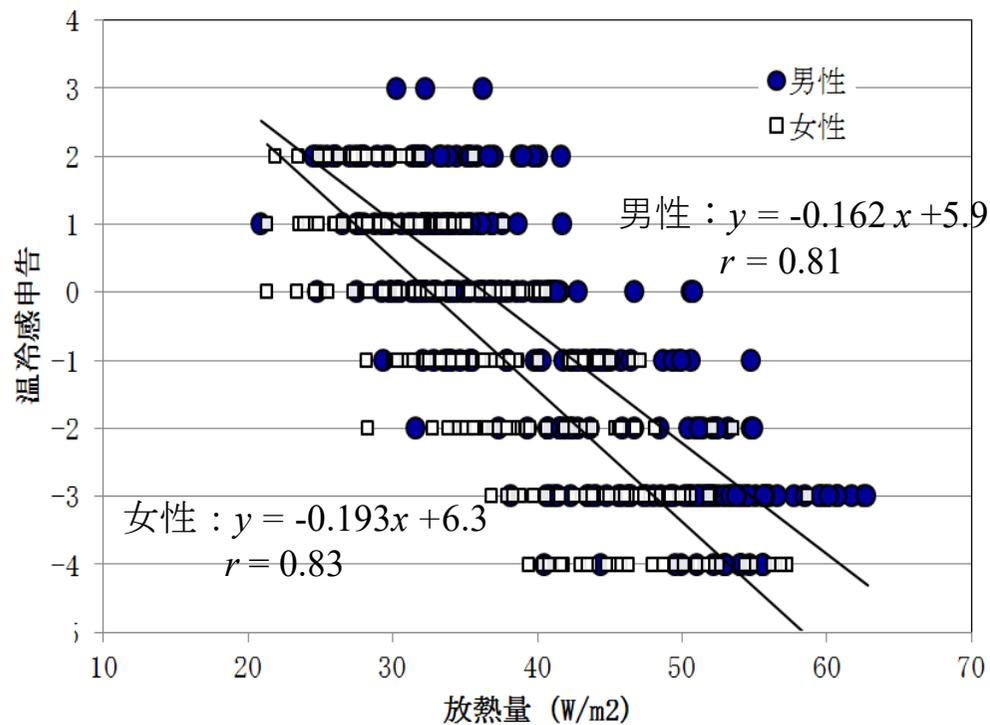


放熱量と温冷感の関係に対する日内差の影響

放熱量と温冷感の関係に対する着衣の影響

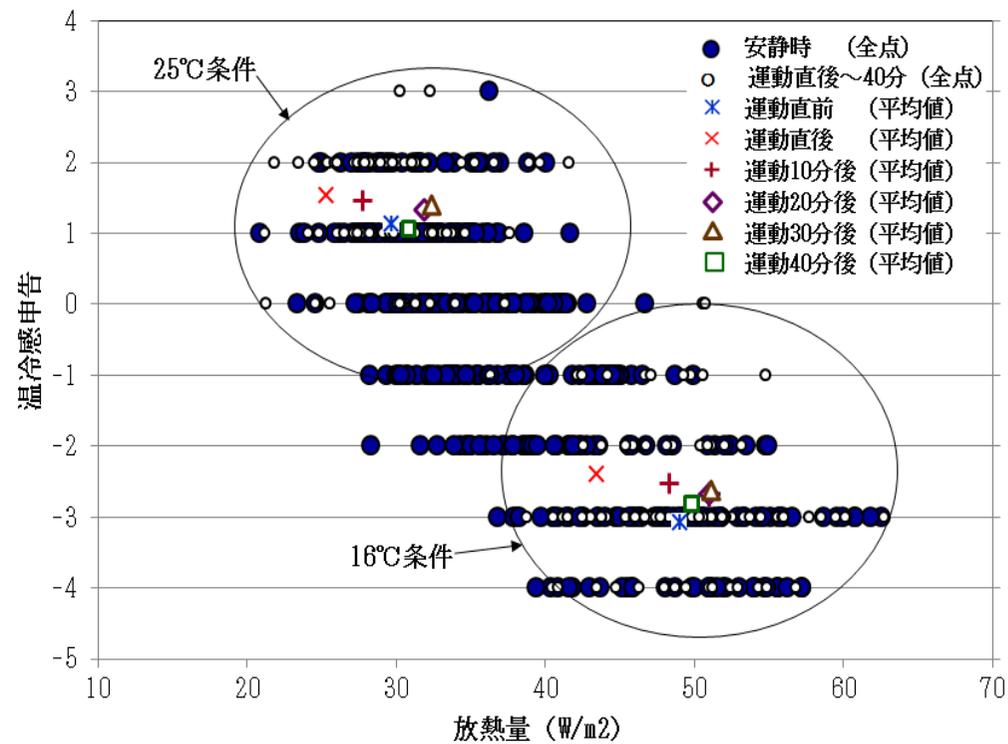


### 男女差



放熱量と温冷感の関係に対する男女差の影響<sup>1</sup>

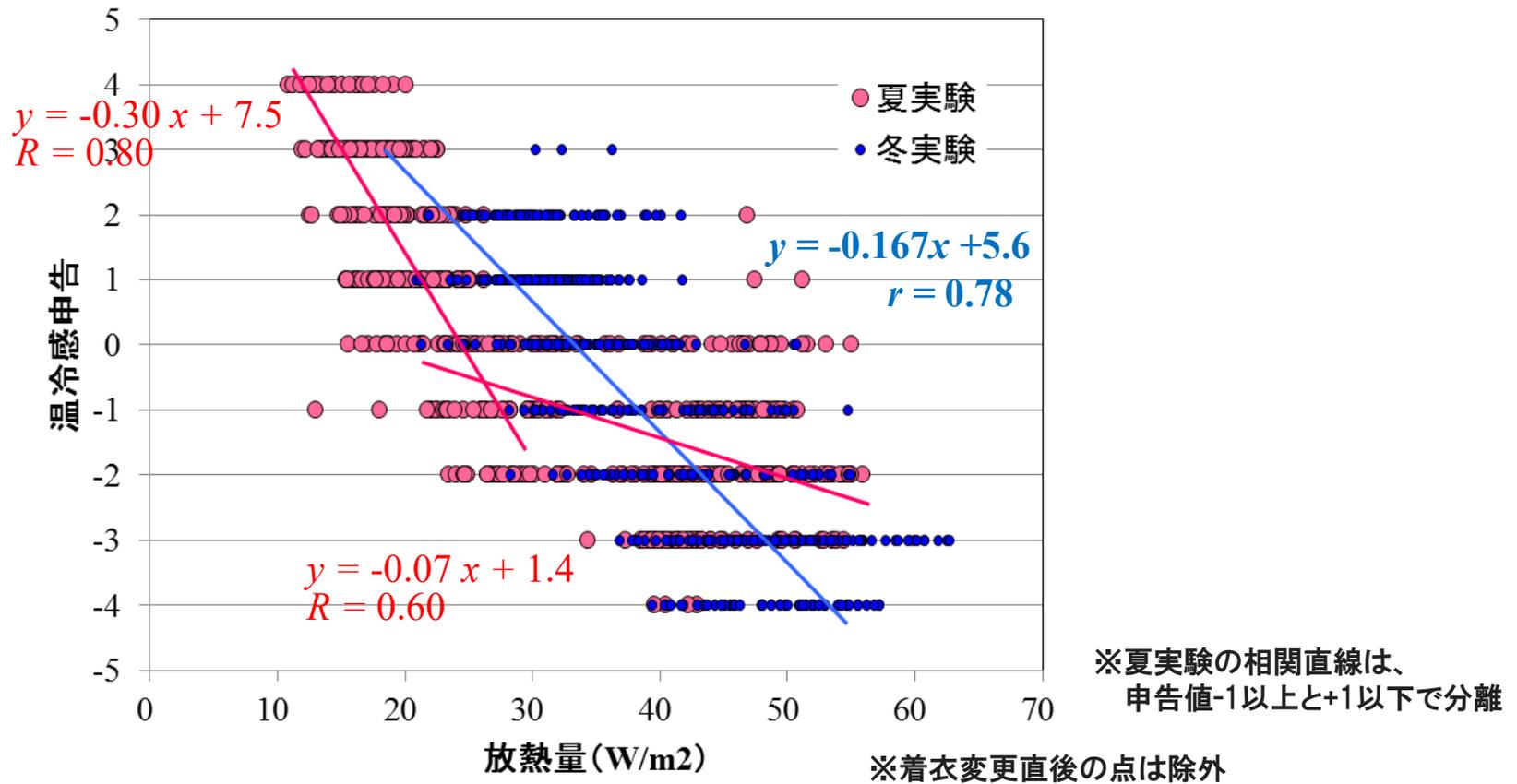
### 運動量



放熱量と温冷感の関係に対する運動量の影響



放熱量と温冷感（夏と冬の比較）



温冷感と放熱量の関係性は安定すれば着衣・活動量による影響は少ない  
 → 着衣量・活動量を入力しなくても温冷感推定が可能  
 季節差があり、夏期は折れ曲がる  
 → 発汗の影響、冷房と暖房で切り分ける

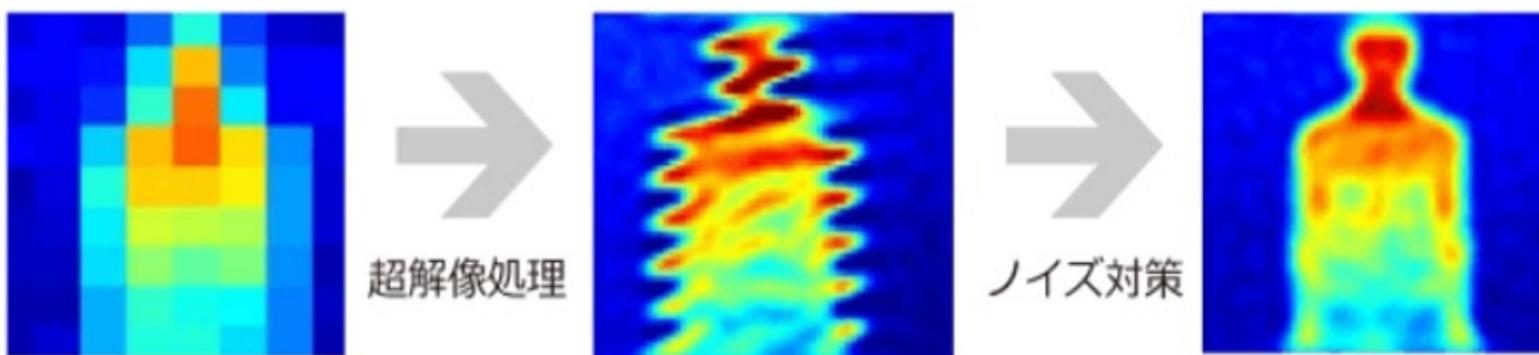


搭載できる安価で軽いモバイルセンサは解像度・絶対温度精度が低い

デバイスの弱点をカバーする実用的な温冷感センシング方式

高解像度化  
アルゴリズム

ノイズ対策  
アルゴリズム



6m先までの検知を可能にする超解像及びノイズ対策技術

搭載できるモバイルセンサでOK  
実用範囲をカバーできる

安価な低解像度熱画像センサで実現可能な温冷感センシングシステムに！

## 4. サーモカメラを用いる商品化

**新製品情報**

★家庭用エアコン、からだからの温度を見て、独自のアルゴリズムで人の「暑い」「寒い」を見分ける新機能、2015年10月27日発表予定。(当社調べ)

**世界初** 「暑い」「寒い」の感覚を見分けて  
一人ひとりを快適にできる、唯一のエアコン  
**誕生。**

暑く感じている  
人には  
ひかえめ暖房

寒く感じている  
人には  
しっかり暖房

節電\*1

保温効果  
最大3℃

パナソニック  
独自技術  
★

**NEW**  
温冷感センサー

「暑い」「寒い」の感覚を  
見分ける唯一\*のセンサー

高解像  
センシング

独自の  
アルゴリズム

見る  
↓  
解析

特許出願中

\*同時に涼みが行われるわけではありません。

### 温冷感センサーを搭載したパナソニックエアコン

- ・一人ひとりを快適にできる世界初のエアコンとして、市場からは高い評価。
- ・冷房時の冷やしすぎ等を自動で削減できることから、快適性のみならず省エネにも有効。
- ・2015年と2016年に2年連続で省エネ大賞を受賞。



## 健康にかかわる住居温熱環境を快適に！

♥**環境**：適切な環境に調節し、省エネルギー

👉 自動制御により過暖房・過冷却しない

センシング技術・調整技術

適正環境調節能力により省エネルギー u p

♥**対象**：温熱的弱者に対して配慮

👉 高齢者、乳幼児、脊椎損傷など障害者、女性、寒がり..

♥**注目すべき状況**：調節出来ない状況の時

👉 睡眠時、作業時、大人数の場合の個人弁別....



### 展開のための今後の課題

- ▶ より広い環境範囲での適応  
不均一環境、気流環境、湿度、発汗...
- ▶ 個人差への配慮が十分と言えない  
好みの環境、暑がり寒がり...
- ▶ 年齢差など人の多様性に対応  
高齢者、子供などでの検証と適用
- ▶ 生活の多様性に対応  
室内での行動・運動など...

