

生体センシングによる個人に 適応した温冷感計測技術

皮膚温を測って一人ひとりの “暑い”や“寒い”を知る

周囲の温熱環境に対して、人間が感じる“暑い”や“寒い”といった感覚を“温冷感”と言います。

エアコンが原因となる冷房病などを予防するには、個人ごとの温冷感を客観的に計測して、個人の体に合った優しい温度制御をすることが必要です。

東芝が開発した温冷感計測技術は、人の皮膚温を計測し、その変動から体温調節の状態を知り、その人の日常生活の下での温冷感を客観的に推定するものです。従来の方法に比べ、少ない情報で一人ひとりの温冷感を計測できる点が優れています。温冷感に合わせて温熱環境を制御することで、個人に合わせた快適で健康的な空間が実現できます。

部屋単位の温冷感から 個人ごとの温冷感へ

今や、ほとんどの家庭にエアコンが普及し、夏や冬でも過ごしやすくなりました。その一方で、よかれと思って使っているエアコンでも、冷房病などを引き起こして体調を崩す原因となることがあります。これを解決するには、個人ごとの温冷感を客観的に計測して、個人の体に合った優しい温度制御をすることが求められます。

従来用いられている温冷感評価は、オフィスのような静的空間を対象として、部屋全体を一つの単位として扱うものです。代表的な手法としては、PMV(予測平均温冷感申告)がありま

す。この手法では、温度や湿度などの環境側の情報のほかに、活動量、着衣量、皮膚温といったユーザー側の情報など、多くの情報を必要とします。また、部屋全体を一つの単位として、在室者の温冷感を統計的に扱う指標であるため、日常生活で一人ひとりについての温冷感を評価することはできません。つまり、従来の方法ではすべての人の快適を考えることができません。そこで、部屋単位の温冷感ではなく、個人ごとの温冷感を計測することが必要になります。

体温調節機能と皮膚温の“ゆらぎ”

個人単位で温冷感を計測できるようにするため、東芝は、人の体温調節の

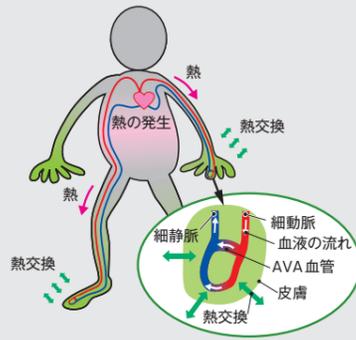


図1. 血管による体温調節の原理 — 体内で発生した熱は、血液の流れに乗って手や足などの末梢に運ばれます。末梢での熱交換量は、AVA血管によって調節されます。

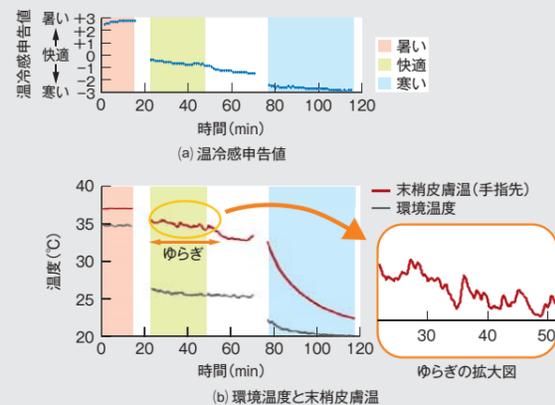


図2. 温冷感快適域と末梢皮膚温のゆらぎの相関 — 温冷感が“快適(-1~+1)”のときに、末梢皮膚温はゆらぎを生じます(約20~50分)が、“暑い(+2~+3)”や“寒い(-3~-2)”のときは、末梢皮膚温はゆらぎを生じません。

機能に着目しました。人は、暑い、寒いと感じた場合には、衣服などを調節して意図的に環境から身を守りますが、これに加えて、人体そのものも体温調節を行います。発汗や鳥肌などがそれです。また、末梢(しょう)皮膚にある血管が、外気と熱交換を行うことでも体温調節を行います。手や足などの末梢皮膚付近の筋細胞を持つ動静脈吻合(ふんごう)血管(AVA血管)が温度を調節する機能を持っています(図1)。

この血管は動脈と静脈を直接結んで、筋を伸縮させます。寒いときは、AVA血管の吻合部にある筋が縮み、皮膚表面に近い毛細血管に血液を流さずに、より指の内側にあるAVA血管

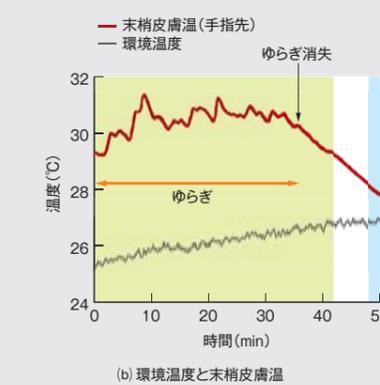
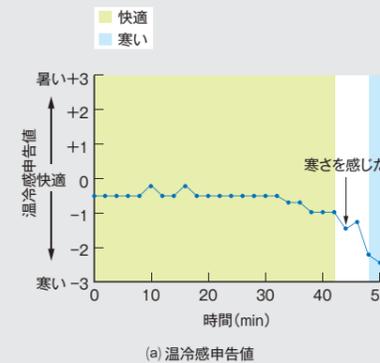


図3. 温度一定状態における温冷感と末梢皮膚温の変化 — 環境の温度はほぼ一定ですが、始めゆらいでいた末梢皮膚温は約35分経過後からゆらぎを失い、低下していきます。同時に、感覚的にも寒さを感じています。

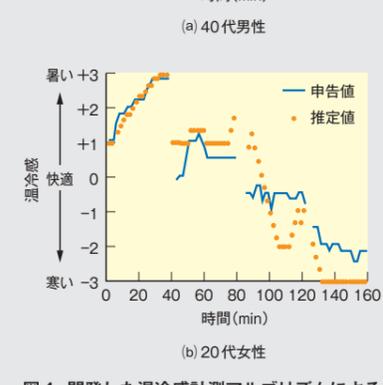
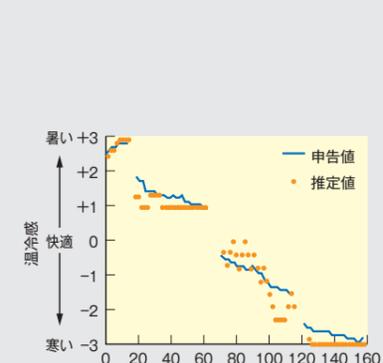


図4. 開発した温冷感計測アルゴリズムによる温冷感の推定結果 — 実験時に被験者が申告した温冷感と、末梢皮膚温を用いたアルゴリズムで温冷感を推定した結果、誤差の少ない推定ができることがわかり、末梢皮膚温を用いた温冷感計測の可能性が示されました。

に血液が流れるようになります。すると、皮膚表面の血管の血液量が減るため、指先は冷たくなります。暑いときはその逆で、筋が緩み末梢血管に血液が流れるようになるので、指先は暖かくなります。また、適温のときは、筋の伸縮を頻繁に行い微妙な体温調節をして、この結果として皮膚温は微少な“ゆらぎ”を生じると考えられます。

末梢皮膚温のゆらぎを用いた 温冷感計測手法

当社は、この末梢皮膚温のゆらぎを利用した温冷感計測手法を考案しました。単純に皮膚温のしきい値を用いた推測は従来でも行われていますが、個人差が大きすぎるのが問題でした。こ

れに対しゆらぎは、個人ごとの適温における体温調節の状態を表しているため、比較的個人差が少なく、個人の快適状態を推測するのに適した指標だと考えられます。

今回当社は、6人の被験者に対し、環境の温度、湿度などを変化させた実験を行い、末梢皮膚温のゆらぎと温熱的な快適さの関係を調べました。その結果、ゆらぎが現れるときに温冷感が快適であることを確認しました(図2)。また、環境が変化せずに個人の状態だけが変化する場合にも、末梢皮膚温のゆらぎと温冷感に相関があることを確認しました。図3に示すように、暑い屋外から冷房の効いた部屋に入ったときに、最初は快適だと感じて

いますが、体温が調節されてゆらぎが消失し、皮膚温が低下すると寒く感じるという現象が確認できました。

実験から得た末梢皮膚温と温冷感の相関に基づき、末梢皮膚温のゆらぎの有無、及び区間内の皮膚温の時間変化率を用いて、温冷感を計測するアルゴリズムを作成しました。図4は、この技術を用いて手の指先末梢皮膚温から温冷感を推定した結果です。(a)は40代男性、(b)は20代女性の皮膚温と温冷感ですが、年齢も性別も異なる二人に対して誤差の少ない推定ができることを確認できました。

更に応用として、冷房運転中に、末梢皮膚温のゆらぎ消失を検知して室温の設定値を制御することにより、“冷え”を防止できることも実験的に確認しました。

今後の展望

被験者の数が少なく、更に検証が必要ですが、末梢皮膚温のゆらぎを用いた温冷感計測の可能性が確認できました。

今後、実用化に向けて、高齢者に適用した場合の有効性などを確認していきます。将来は、個人に合った、体に優しい温熱制御システムを実現し、更に、冷房病や熱中症の予防などにも役だてていきたいと考えています。

文献

- (1) 仲山加奈子,ほか. 末梢皮膚温ゆらぎを用いた温冷感計測. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 10, 2, 2008, p.1-10.

仲山 加奈子

研究開発センター
ヒューマンセントリックラボラトリー