

指先の冷えを軽減させるウェアラブルデバイスの開発

大島 愛 (15813018)

ロペズ研究室

1. はじめに

エアコンやストーブ等の、空気を媒介として体温調節を行う現在主流の空調システムでは、個人間の体感温度の差を埋めることは難しい。そのためオフィスや学校などの共同空間では、空調能力に対する不足感を補うために、夏には扇風機を使用したり、冬には膝掛け毛布を使用したりするなど、個人がそれぞれに対応しているのが普通のこととなっている。この状況下で、空気を介さずに人体を効率よく直接冷却・加熱できるウェアラブル局所冷暖房機能（ネックウェア）が川久保らによって開発された[1]。しかし、ネックウェアは、加熱時に指先や足先などの末端の冷えによる不快感に対応することができない問題がある。この問題を解決するために、末端の冷えによる不快感を解消するバンド型暖房デバイス（PICO-BAND：Personal Intelligent Comfort Control-Band）が開発されてきた[2]。PICO-BAND は手の甲側の手首のみを温めることで腕や身体に温熱感を与えるが、指先の冷えに対する効果は不十分である。そこで本稿では、より温かさを感じやすいデバイスの開発のために手首の加熱位置が身体に与える影響を検証し、手先を温めるのに効果的な加熱位置に対応した個別暖房デバイス（PICO-BAND S: PICO-BAND Selectable heating position）を開発した。

2. 手首の加熱位置による身体への影響の検証

2.1 実験方法

ウォームビズを想定し、20℃の環境下で被験者の左手首に試作機の加熱面を接触させ、先行研究にて温度を周期的に変化させる制御法（波状制御）で3通りの加熱位置を10分間ずつ実験を行った[2]。また、被験者は安静状態の成人男性8名、成人女性12名であった。各パターン終了時に、「指先が温まる感覚の有無」のアンケートを実施した。試作機の加熱面を接触させる位置は下記の3通りの位置を実施した（図1）。

- A) Pattern A: 図1の左に示すように手の甲側の手首を温める従来の温め方。
- B) Pattern B: 図1の中央に示すように手の甲側と手のひら側両方向の手首を温める。
- C) Pattern C: 図1の右に示すように Pattern B から 90° 方向転換した手首の位置を温める。



図1 加熱位置（左から Pattern A, B, C）

2.2 結果と考察

アンケートの結果、Pattern B で 50%の被験者が指先が温まったと回答し、最も効果が出た。

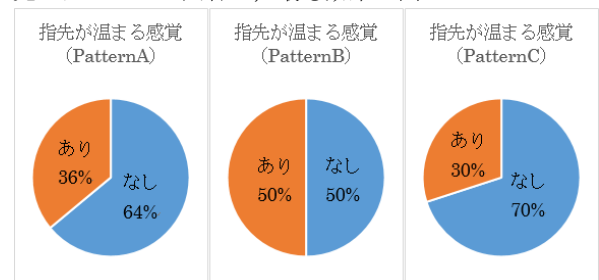


図2 指先が温まる感覚の有無の結果

手首の手のひら側の親指側に橈骨動脈、手のひら側の小指側に尺骨動脈がある[3]。そのため手のひら側を温めている Pattern B が最も動脈を効果的に温められ、指先が温まったと感じた被験者が多かったのだと考えられる。また、Pattern C の加熱位置は橈骨と尺骨に接触するため、手首内側に熱が伝わりにくくなったのだと考えられる。数値上では Pattern B が指先への温熱感を最も付与できると考えられるが、全ての被験者が Pattern B を支持したわけではなく、Pattern A, C のみで指先が温まったと答えた被験者もいた。

3. 加熱位置選定可能なデバイスの開発

2章の結果を基に、被験者が自由に温める位置を決められるデザインのデバイス PICO-BAND S の実装を行った。制御部、インターフェイス部、電源部の3つと加熱部を切り離すデバイス設計にした（図3.2）。

切り離れた加熱部には、コネクタを2か所配置し、接続した位置によって手首を温める位置を変更することができるようにした。その結果、制御部上のトグルスイッチと加熱部のベルトのコネクタ①、②の組み合わせで3通りの加熱方法を実現した。

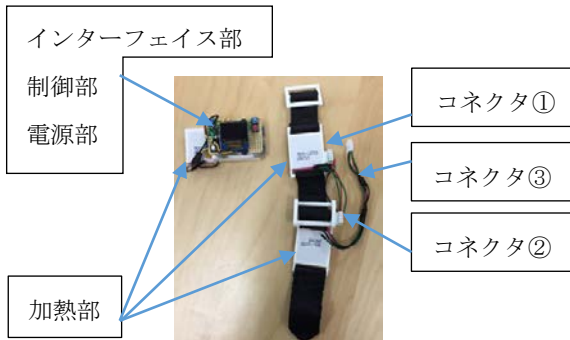


図3 PICO-BAND S のシステム構成

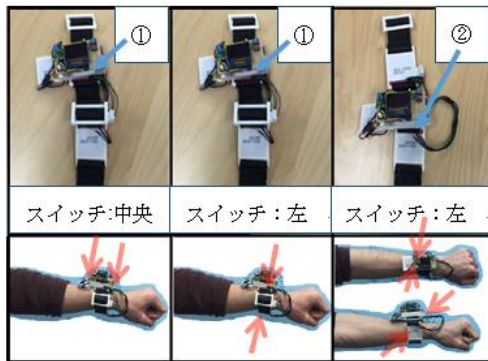


図4 実現可能な加熱位置

4. 指先の体表温度に与える影響の検証

20℃の環境下で、PICO-BAND S を左手に装着し、右手と左手の手のひら側の中指に熱流量センサとサーミスタを接触させて実験を行った。実験手順は被験者ごとに Pattern A, B, C の3つをランダムに実施し、波状制御で10分間ずつ行った。各 Pattern での加熱終了時に「指先の温まる感覚の有無」を調査し、3通り実施した後、温かさを感じた順番を付けてもらった。

指先の温まる感覚の有無についての結果を図5に示す。

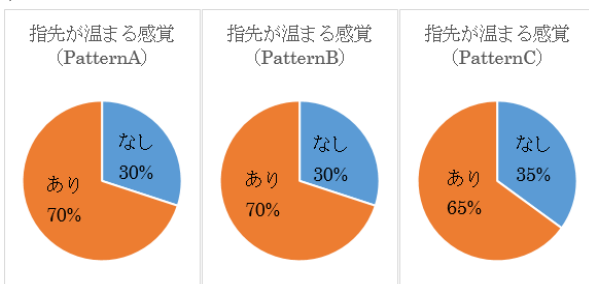


図5 指先の温まる感覚の有無

また、各被験者の指先の温度推移については、左手においては Pattern A よりも Pattern B, C でより高く指先の温度上昇効果が見られた。右手においては、Pattern C で最も指先の温度上昇効果がみられた。

表1 指先の温度が上昇した被験者の割合

	Pattern A	Pattern B	Pattern C
左手	40%	55%	50%
右手	40%	40%	50%

Pattern A, B, C について温かさを感じた順位を付けてもらった結果は、Pattern A : 30%, Pattern B : 45%, Pattern C : 25%であった。

5. おわりに

3通りの加熱位置で手首を温めた際の身体に与える影響の検証を行った結果、Pattern B での加熱手法が、従来の PICO-BAND の加熱手法 (Pattern A) よりも効果的であることがわかった。しかし全被験者が Pattern B を支持したのではなく、Pattern A, C のみで温まったと回答した被験者もいた。この結果を基に、誰でも寒さの不快感を軽減させられるように、加熱位置の選択が可能なデザインの「PICO-BAND S」を実装した。また PICO-BAND S を用いて、手首を温めた際の指先の体温に与える影響の検証を行った結果、指先の温度が上昇した被験者の割合は Pattern B が 55% で最も多かった。またアンケートの結果から、70%の被験者が Pattern A, B において「指先が温まった」と回答し、「指先が温まった」と錯覚させ、着用者の「寒さによる不快感」を軽減させる効果が示唆された。

6. 参考文献

- [1] 川久保 佐記, 川原 靖弘, 板生 清, “ウェアラブル個別冷房システムの開発と節電効果“, 79(9), 532-535 (2012).
- [2] Guillaume LOPEZ, Takahiro TOKUDA, Naoya ISOYAMA, Hiroshi HOSAKA, and Kiyoshi ITAO: Development of a Low-Energy Consumption Wearable Wrist Warming Device – Temperature Control Method for Sustainable Thermal Sensation –, The 16th International Conference on Precision Engineering (ICPE 2016).
- [3] ELAINE N. Marieb, “人体の構造と機能”, 医学書院 (1997).