

局部加温刺激を実現するマッサージ用デバイス

Massaging Device for Providing Local Thermal Stimulation to Human Body

長野 正樹* · 湯川 隆志** · 小川 哲史*** · 西尾 文宏**** · 中村 潤二***** · 池部 宗清****
Masaki Nagano Takashi Yukawa Tetsushi Ogawa Fumihiro Nishio Junji Nakamura Munekiyo Ikebe

椅子式マッサージ機において、円筒形弾性体を回転支持する二つの金属ディスクの間に熱源を内蔵したデバイスを開発することにより、身体背部の任意な部位に対して機械的刺激と加温刺激を同時に、かつ局部的に与えることを実現した。この熱源には PTC ヒータを採用しており、伝熱部であるディスク温度が自然収束するため、温度制御用のコントローラを用いることなく目標温度を維持できる。

また提案するマッサージ法は、ディスク温度を 65 ℃に、昇温時間を 120 秒に設定しているが、従来の機械的刺激のみの場合と比較して官能的に優位であるとの効果が得られている。

Development of a device consisting of a cylindrical elastic body supported for rotation by two metal discs and a heat source embedded between the two discs achieves simultaneous mechanical and thermal stimulation on any part of the surface of a human back. The PTC heater in the heat source naturally converges the temperature of the discs and maintains the target temperature without requiring a temperature controller.

The proposed massage method, with a disc temperature set at 65 ℃, and temperature rise time of 120 seconds, provides superior sensory effects to the previous method only by mechanical stimulation.

1. ま え が き

体に何らかの不調を自覚している人は、国内で年々増加傾向にあり、平成 16 年度国民生活基礎調査（厚生労働省）によると、男性の場合は 1 位が腰痛で 2 位が肩凝り、女性の場合は 1 位が肩凝りで 2 位が腰痛と、男女とも肩凝りと腰痛が上位を占めている。またマッサージに関する国内市場の推移を見ても、1997 年度から 2002 年度までの 5 年間で市場成長率は平均値で約 8 % に達し、2003 年度以降は市場規模が 2000 億円を突破したという報告事例もある。これらの調査結果から、リラクゼーション効果が高いと考えられているマッサージの需要は、今後も拡大することが予想される¹⁾。

当社は、1970 年代からマッサージ機器の開発に取り組んでおり、マッサージ師の動作や押圧力の再現を試みた椅子式マッサージ機を多数創出している。また近年では、複数モータの協調制御やエア機器を応用することによ

り、複合マッサージ動作を実現した高機能型製品も開発している²⁾。

一方、椅子式マッサージ機の機械独特の触感に対する不満の声も聞かれ、人手によるマッサージを好む顧客層が多いことも事実である。その根拠として、国内マッサージ市場の内訳を挙げるができる。マッサージの国内市場規模は前述のとおり約 2000 億円であるが、そのうちマッサージ機器に関するものは約 500 億円であり、残りの 1500 億円は人手によるマッサージが占めている。金額を基準として比較した場合、人手のマッサージを好む顧客層が国内マッサージ市場を牽引しているといえる。

筆者らは、椅子式マッサージ機において、人手によるマッサージ感覚を実現するための方法を探究しており³⁾、今回その一つとして人肌の温度に着眼する。

一般に椅子式マッサージ機では、図 1 に示すような回転機能を有する円筒形弾性体を身体に接触させる。その主たる理由は、身体背部における任意の部位に弾性体を移動

* R & D企画室 Corporate R & D Planning Office

** 先行技術開発研究所 Advanced Technologies Development Laboratory

*** パナソニック電工解析センター（株） Panasonic Electric Works Analysis Center Co., Ltd.

**** 電器事業本部 ヘルシー・ライフ事業推進部 Health Care Products Promotion Division, Home Appliances Manufacturing Business Unit

***** 電器事業本部 Home Appliances Manufacturing Business Unit

させるためである。なぜなら回転機能がない場合、身体と弾性体の間に発生する摩擦力によって著しく弾性体の耐久性を損なうからである。このように弾性体が回転するため、内部に熱源を搭載することは困難であると考えられている。

そこで筆者らは、加温機能と回転機能を両立させたハイブリッド構造の弾性体を考案し、マッサージ用デバイス（以下、デバイスと記す）を開発した。また、主観評価によって大多数の被験者数が心地よさを実感できる温度（以下、目標温度と記す）をモニタ試験により導出するとともに、温度制御用コントローラを用いることなくデバイスの温度を目標温度に制御できる伝熱システムを開発した。

本稿では、このデバイスの技術開発内容と、加温刺激を付加したマッサージ方法について述べる。

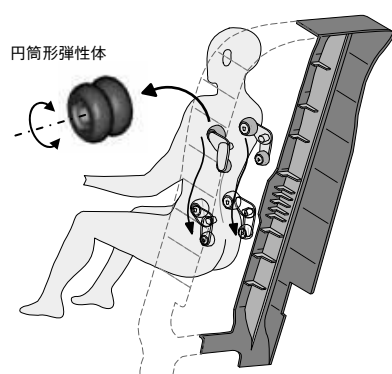


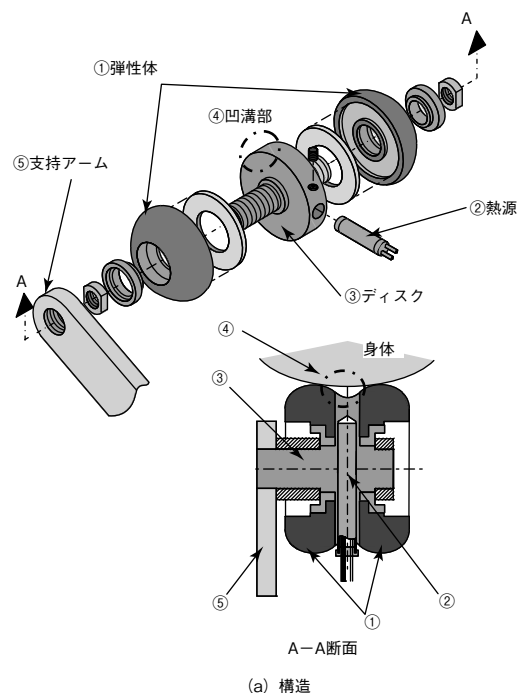
図1 椅子式マッサージ機の円筒形弾性体

2. 目標温度と昇温時間

デバイスのプロトタイプを作製し、目標温度と昇温時間について検討を行う。

プロトタイプは図2に示すように熱源を内蔵した金属製ディスクを固定軸とし、両側の弾性体を回転支持する構成としている。ディスクに接触圧力が集中して被験者が痛みを感じることを防ぐため、ディスク外周部に凹溝を設けて接触圧力が弾性体に分散するようにしている。なお、皮膚や皮下脂肪がこの凹溝に沿って変形するため、身体との間に生じる空隙も、熱損失の影響を無視できるレベルとなっている。

設定温度は40～70℃の範囲であり、1℃単位で変更可能である。また実測値との差は約±2℃であるが、皮膚の温度弁別閾値が約3.5℃であるという先行研究事例⁴⁾や、目標温度の決定を10℃単位で実施するという前提から、この差は以下の評価の実施に問題ないレベルと判断する。



(a) 構造



(b) 外観

図2 デバイスのプロトタイプ

2.1 目標温度

評価を行うデバイスの表面温度を40℃、50℃、60℃、70℃の4水準に設定する。設定温度ごとに心地よさを実感できるか否かを被験者にヒアリングするとともに、VAS法によるアンケート評価を実施し、心地よさを定量化した官能評価点（5点満点）の平均値とばらつきを分析する。心地よさを実感できた被験者数を全被験者数で除した値を満足者割合と定義し、これがもっとも高い温度を目標温度とする。満足者割合がもっとも高い温度を目標温度に設定した根拠は次のとおりである。

図3は、当社従業員10名（年齢：40.0 ± SD5.9歳）を対象とし、プロトタイプを使って10分間のマッサージを行った後に実施した主観評価の結果である。図3から、官能評価点の平均値がもっとも高くなるディスク表面温度は70℃の場合であるが、全体の20%の被験者は心地よさに対して満足感を得ていない。つまり、過剰な温度であることを示唆している。

一方、60℃の場合は、70℃の場合に対して官能評価点

の平均値では0.9点劣るが、100%の被験者が心地よさを感じていることがわかる。これらの結果から、ディスク表面の目標温度は60℃とするともに、温度調節機能は不要と判断する。

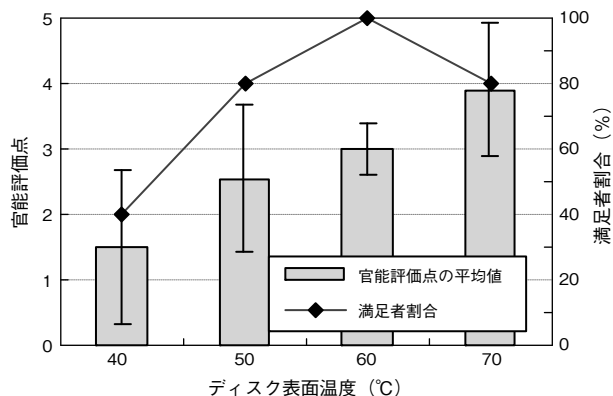


図3 目標温度決定のための主観評価結果

2.2 昇温時間

ディスク表面温度を初期温度（常温）から加温感覚を体感できる温度（50～55℃）まで上昇させる際に要する時間（以下、到達時間と記す）は、使用者が許容できる時間（以下、許容時間と記す）内であればならないので、これを明らかにしておく必要がある。そこで、プロトタイプを体感したことがある当社従業員17名（年齢：35.9 ± SD8.3歳）から許容時間のヒアリングを行う。なお、このヒアリングにおいては、加温機能のないものを使用し、被験者にはそれを伝えずに実施する。図4はその結果で、ここに示す推奨値と許容値の定義は、以下のとおりである。

- (1) 推奨値：そろそろ温かくなってほしいと感じる時間
- (2) 許容値：これ以上待たされると不満だと感じる時間

図4から、到達時間は66秒以内であることが望ましいが、140秒以内であれば半数の使用者が不満を感じずに許容できるということがわかる。そこで、目標到達時間は許容値である140秒以内とする。

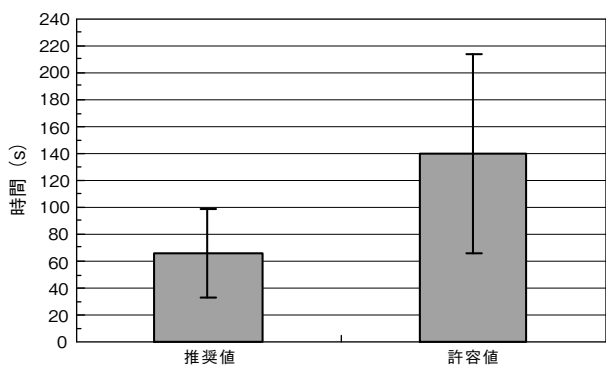


図4 到達時間評価の結果

3. デバイスの開発

2章で述べた目標温度と目標到達時間を満たすデバイスの開発内容を以下に述べる。

3.1 構成

これまでの検討結果から、140秒以内にデバイスのディスク表面温度を60℃に制御しなければならない。また、異常発熱や発火などの防止とコスト低減のため、温度自然収束型の熱源であるPTC（Positive temperature coefficient）ヒータを採用する。

図5はPTCヒータを応用して開発したデバイスで、セラミックスであるPTC素子を電極で挟み込むとともに、さらにこれらを金属製ディスクで挟み込む構成となっている。

しかしPTCヒータの場合は、目標温度に到達するまでの時間がさきわめて長くなる。そのため、図5に示す構造において目標到達時間である140秒以内を達成するためには伝熱機構の効率化が必要となる。

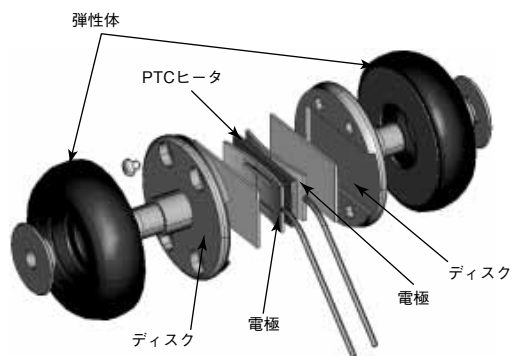


図5 PTCヒータを用いたデバイス構成

3.2 熱伝導解析

PTCヒータを用いたデバイス構造の課題は、昇温時間の短縮である。昇温時間にもっとも影響する設計パラメータは、ディスクと熱源の間に生じる空隙であることが容易に予想される。そこで伝導解析ソフトSCRYU/Tetraを用いて空隙値が昇温時間にどの程度影響を及ぼすかの検討を行い、目標到達時間を満たす値を決定する。

3.2.1 解析条件

図6は解析における境界条件を図式化したものである。図中の記号は、おのおの次のとおりである。

- Q：熱源から発せられる熱量 (W)
- λ ：空気の熱伝導率 (W/mK)
- A：熱源の表面積 (m²)
- L：空隙値 (m)
- Δt ：温度差 (K)

また、解析に用いるメッシュモデルと温度コンタ図を図

7に示す。メッシュタイプはポリゴンメッシュとし、メッシュ数は80324である。

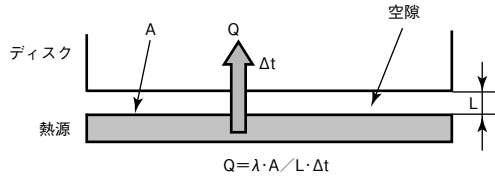


図6 PTCヒータを用いたデバイスの熱解析モデル

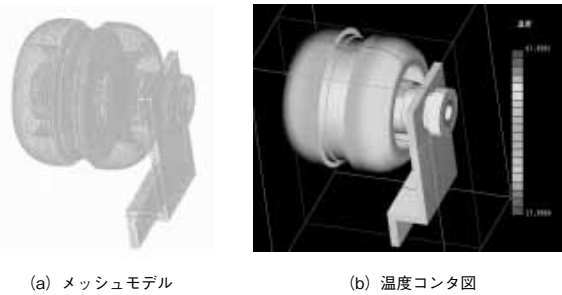


図7 メッシュモデルと温度コンタ図

3.2.2 解析結果

表1は、空隙値Lを10 μm, 30 μm, 50 μmの3水準に設定した場合の、ディスク表面温度が60℃に到達する時間を解析した結果である。この表から、到達時間の推奨値である66秒を達成するためには空隙値を10 μm以下に、目標到達時間140秒以内を達成するためには30 μm以下にすればよいことがわかる。

表1 60℃への昇温時間の解析結果

空隙値 L	目標温度到達までに要する時間
10 μm	55 s
30 μm	130 s
50 μm	145 s

3.3 高効率伝熱構造

空隙値を30 μm以下に設定するには、図5に示したディスクに熱源のPTCヒータを挿入する寸法と熱源の外形寸法の双方に対して、厳しい寸法精度が要求される。

そこで、高い精度を不要とするために考案した構造が図8である。ここでは、ディスクの分割面に熱伝導率が0.9 W/mKの弾性体（伝熱パッド）を設け、組立時にこれが圧縮変形しながら熱源に密着するように構成されている。これにより組立後の伝熱経路に空隙部がなくなり、挿入穴と熱源に対する高い寸法精度は不要となる。

図9は、そのディスク表面温度を実測した結果である。60℃への到達時間が約120秒であることから、このデバイスは2.3節で述べた目標到達時間140秒以内を満たすとともに実用性にも優れた構造であるといえる。

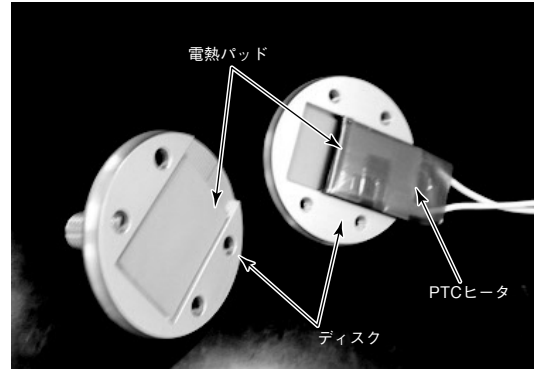


図8 開発品のディスク構造

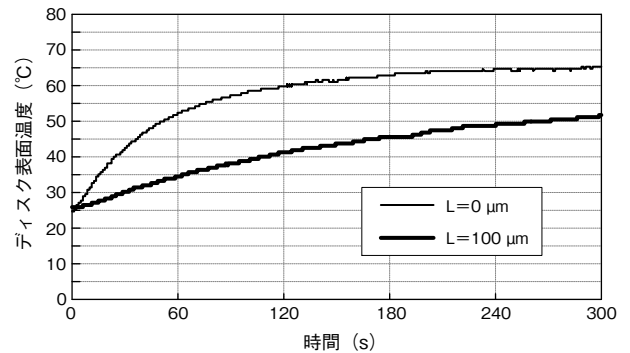


図9 ディスク表面温度の実測結果

4. 主観評価による加温刺激の優位性検証

次に、開発したデバイスを用いて加温刺激を付加したマッサージ方法と、現行の機械的刺激のみのマッサージ方法を比較した主観評価の結果について報告する。図10は、当社従業員16名（年齢：40.4 ± SD7.3歳）を対象にした主観評価の結果であり、それぞれのマッサージを別々に15分間体感した後、ヒアリングを実施したものである。

この結果から、現行の機械的刺激のみのマッサージ方法に対して、提案するマッサージ方法は、官能的评价において優位であるといえる。

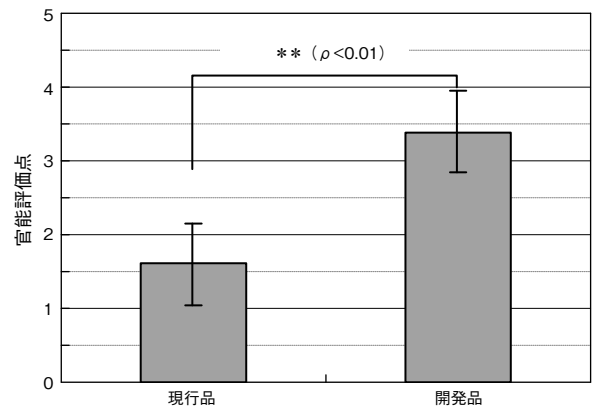


図10 主観評価の結果

5. あとがき

椅子式マッサージ機において、円筒形弾性体を回転支持する二つの金属ディスクの間に熱源を内蔵したデバイスを開発することにより、身体背部の任意な部位に対して機械的刺激と加温刺激を同時に、かつ局部的に与えることを実現した。この熱源には PTC ヒータを採用しており、伝熱部であるディスク温度が自然収束するため、温度制御用のコントローラを用いることなく目標温度を維持できた。

また提案するマッサージ法は、ディスク温度を 60℃に、昇温時間を 120 秒に設定しているが、従来の機械的刺激のみの場合と比較して官能的に優位であるとの効果が得られた。

今後は、慢性的な肩凝りや腰痛に悩む人が長期的にマッサージ効果を実感できるレベルに発展させていくため、現在の主観評価に対する優位性評価に加え、筋肉の弛緩効果や筋血流の増加など、生体効果の有無についても検証を行っていく予定である。

最後に、本研究開発に関して多くの助言をいただいた鈴鹿医療科学大学 鍼灸学科 佐々木 学科長に謝意を表します。

*参考文献

- 1) 矢野経済研究所編：2004 年度版セルフケア健康機器の市場実態と将来展望，p. 77-96
- 2) 武藤 元治：正弦波駆動 IPM ブラシレスモータによるマッサージ機の静音化，松下電工技報，Vol. 53, No. 3, p. 48-53 (2007)
- 3) Tetsushi Ogawa：Study on comfortable massage method of massage chair considering professional masseur's technique, Int. J. Biomedical Engineering and Technology, Vol. 2, No. 3, p. 217-233 (2009)
- 4) 田辺 実：ヒトの皮膚温度弁別閾に関する研究：部位差，初期皮膚温度，上昇・下降閾値について，体力科学，49 (6)，p. 680 (2000)

◆執筆者紹介



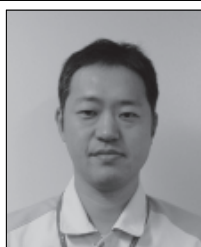
長野 正樹

R & D 企画室
機械製図 1 級技能士



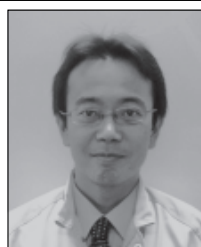
湯川 隆志

先行技術開発研究所



小川 哲史

パナソニック電工解析センター(株)
人間工学会認定人間工学専門家



西尾 文宏

ヘルシー・ライフ事業推進部



中村 潤二

電器事業本部



池部 宗清

ヘルシー・ライフ事業推進部