

D2-29

ペルチェ素子を用いた車いすに搭載できる抜熱システムの開発

Body heat removal system mounted on a wheelchair utilizing Peltier devices

○藤本 翔¹, 硯川 潤², 城内 博³, 井上 剛伸²*Sho Fujimoto¹, Jun Suzurikawa², Hiroshi Jonai³, Takenobu Inoue²

Abstract: Most of persons with spinal cord injury (SCI) have lost their autonomic nervous system function as well as ones of sensory and motor nervous systems, resulting in the loss of thermoregulatory capacity. Consequently, persons with SCI face the risk of heat stress in everyday life. The purpose of this study is to develop a heat removal system mountable on a wheelchair. in order to prevent hyperthermia from persons with SCI. In this report, we developed a prototype of the heat removal system utilizing Peltier devices and characterized its basic performances. The observation with a thermistor and thermographic camera showed that the backrest temperature reached 11.3°C after 10-minute cooling in the power consumption of 150 W. This result suggests that present system has a sufficient performance to realize a “stand-alone” implementation with batteries on a wheelchair.

1. はじめに

脊髄損傷者（以下、脊損者と呼ぶ）の多くは自律神経系にも損傷を受けており、発汗や血流調節といった体温調節に必須の機能が失われている場合が多い。この体温調節機能障害は、うつ熱と呼ばれる体内への熱の異常蓄積の原因となる。近年では脊損者のリハビリテーションやスポーツ参加も増加しており、うつ熱による問題解決の必要性が高まっている。現在では、保冷剤による、一時的な対応がとられている状態で、今後抜本的な予防策が求められている。これまでも、脊損者を含む肢体不自由者の体温上昇と冷却手法に関する研究は数多く報告されている。しかし、そのほとんどが、例えば車いすスポーツに伴う体温上昇時など、限られた状況での急性的な対症療法に関する報告であり、うつ熱の発症自体を予防するという観点からの技術開発は例がない。

そこで本研究では、脊損者のうつ熱予防のために、日常的に利用される電動車いすに搭載できる接触式の抜熱システムの開発を目的とする。電動車いすのバックレストに、連続的な熱移動が可能な熱電素子（ペルチェ素子）を搭載することで、接触面から恒常的な抜熱によるうつ熱予防を実現する。

2. 提案する抜熱システム

Fig1に本研究で提案する抜熱システムの簡略図を示す。同システムは、電動車いすのバックレスト背面に搭載されたペルチェ素子と、身体との接触面に貼付された熱伝導性ゲルシートからなる。柔軟性の高いシリコーンゲル中に金属酸化物フィラーを分散させた熱伝導性ゲルシートは、接触圧力を均一に分散することで、身体と冷却面の真実接触面積を増加させる。

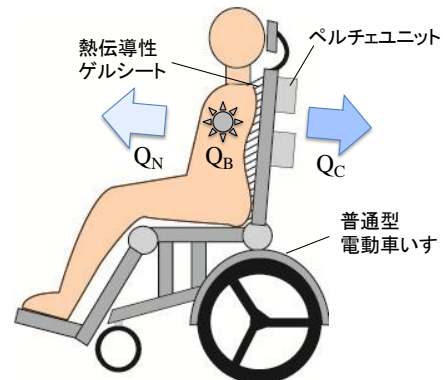


Fig. 1 Simplified schematic of proposed heat removal system

3. 研究計画

本研究では、i) 試作した抜熱システムの熱的特性の確認、ii) 健康者実験による体温調節効果の確認と熱交換モデルの構築、iii) 同モデルの障害当事者への適用、の3段階を経て達成する。まず i) では、試作したシステムの有用性を評価するために、熱分布・接触圧力分布測定し、到達温度や分布の均一性を確認する。また、電動車いすのバッテリーを利用した駆動（スタンドアロン化）に十分な性能を持っていることを検証するために、素子駆動電力と接触面温度の関係を評価する。ii) では健康者を被験者として、環境温度一定下での、接触面温度・ペルチェ素子温度・素子駆動電力及び深部温度・皮膚温度を計測・分析し、熱収支モデルを構築する。iii) では 障害当事者を被験者として、構築したモデルの妥当性を検証し、障害特性に応じた冷却アルゴリズムを検討する。

4. 研究報告

現時点では、基本性能の検証として本システムが電動車いすのバッテリーを使用したスタンドアロン化を実現するために、十分な基本性能を持っているか検証する。

4.1. 検証方法

バックレスト部分の熱伝導状態を確認するために、サーミスタ温度センサ及びサーモグラフィを用いてペルチェユニット周辺の温度分布を計測した。又、素子駆動電力を確認するために、ペルチェユニットの電流及び電圧を計測した。実験系の概要を Fig2 に示す。サーミスタ温度センサでの測定点は、ペルチェユニットからバックレストへの熱伝導、バックレスト内での熱伝導をそれぞれ確認するために、Fig3 に示したように設置した。なお、金属部分での熱伝導を把握するために、今回は熱伝導性ゲルを装着しない状態で、温度分布を計測した。

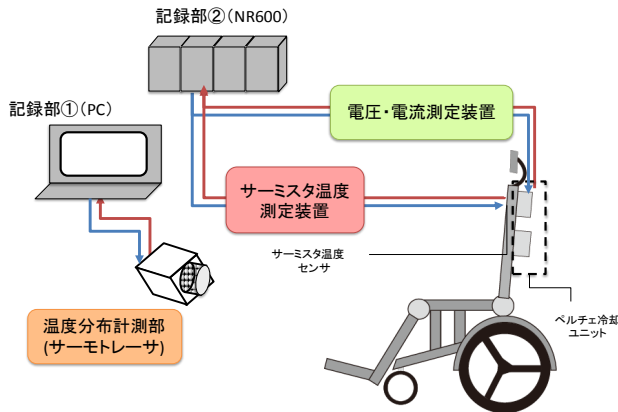


Fig. 2 Schematic diagram of the experimental system

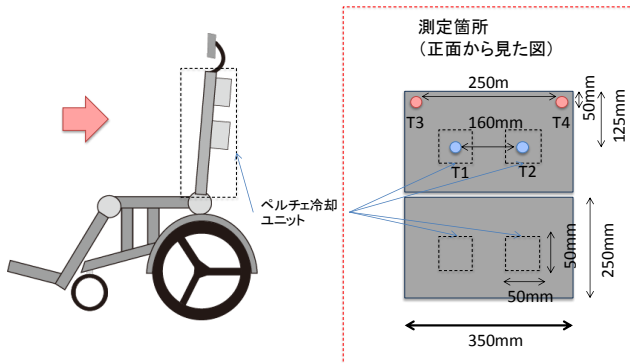


Fig. 3 Measurement points of the thermistor probes

4.2. 結果と検討

素子駆動電力 150 W に対し、10 分 (600 s) 後の表面温度は、T1・T2 では約 11.3 °C、T3・T4 では約 18.2 °C に達した。Fig4 に Fig3 に示した測定点 (T1~T4) での表面温度と時間の関係、Fig5 にサーモグラフィによる熱画像を示す。

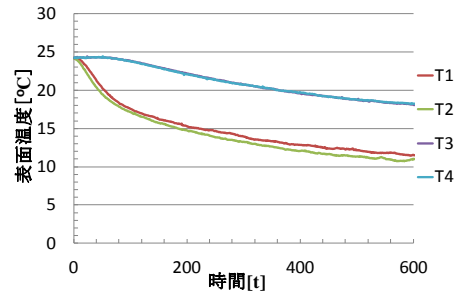


Fig. 4 Surface temperature transients

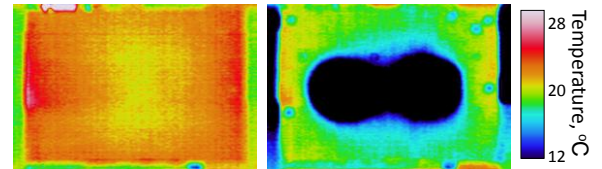


Fig. 5 Thermographic images of the backrest (left: 0 s ; right: 600 s)

Fig4 に示した、T1・T2 より、ペルチェユニットからバックレストへ、十分な熱流束が存在することが確認できた。Fig.4 の T3・T4 と Fig5 からは、バックレスト内の熱伝導で、ペルチェユニットへの熱流束が十分に分散されていることが確認できる。素子駆動電力 150 W では、例として電動車いすで使用されるバッテリー (MK Battery 社の M24 SLD G FT: 公称電圧 12 V, 20 時間率容量 73.6 Ah) で使用した場合、駆動時間は約 3.5 時間となる。

5. おわりに

以上の検証結果から、本システムがスタンドアロン化を実現するために、十分な基本性能を持っていることが示された。今後は熱伝導性ゲルを用いたバックレストの成形を行い、接触インターフェイス全体での熱的特性の検証を行っていく。

6. 参考文献

[1]全国頸髄損傷連絡会:「頸髄損傷者の自立生活と社会参加に関する実態調査」
 [2]TODD A. HAGOBIAN *et al.* : “Hyperthermia in Men with Spinal Cords injury”, *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 36, No. 3, pp. 411–417, 2004
 [3]N. Webborn *et al.* : “Effect of two cooling strategies on thermoregulatory responses of tetraplegic athletes during repeated intermittent exercise in the heat”, *J Appl Physiol* 98:101–2107,2005
 [4]三上功生, 青木和夫, 蜂巢浩生, 武田仁:「頸髄損傷者の生理的体温調節反応の特徴」, 日本建築学会環境系論文集, 第 73 巻, 第 633 号, 1233-1239, 2008