

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：83807

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560281

研究課題名(和文)褥瘡予防のためのセンシングとアクチュエーションに関する福祉工学的研究

研究課題名(英文)Research on sensing and actuation technology for pressure ulcer prevention

研究代表者

細野 美奈子 (HOSONO, Minako)

静岡県工業技術研究所・沼津工業技術支援センター・機械電子科・研究員

研究者番号：70647974

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、身体表面に働く負荷の軽減や再分配を行う褥瘡予防システムを開発した。システムでは、力の再分配を行うアクチュエータ部として、水素吸蔵合金を駆動源としたアクチュエータを試作した。身体とシステムの接触面に働く力を計測するモニタリング部には3軸力センサを設置し、アクチュエータ駆動部表面にかかる力を計測するシステムとした。これによって、圧力やずれを検知して出力調整可能な褥瘡予防システムを構築した。

研究成果の概要(英文)：A pressure ulcer prevention system was developed in this study. Metal hydride (MH) actuator, utilizing the properties of a hydrogen storage alloy which can reversibly absorb and release a large amount of hydrogen gas, was applied as a part of the system. The MH actuator consists of a bellows and a container of the hydrogen storage alloy as a source of bellows motion. The MH actuator derives mechanical power from the internal pressure changes, due to thermal control of the state of metal hydride i.e. heating for increasing pressure by releasing hydrogen from the hydride, and cooling for decreasing pressure by absorption of hydrogen. Triaxial force sensor was applied to measure pressure and shear forces working on the interface of the system and human body. By controlling temperature of the alloy from 293 K to 313 K according to the force sensor feedback, the system achieved cyclic movement of bellows expansion and contraction.

研究分野：リハビリテーション工学、機械工学

キーワード：褥瘡予防システム開発 水素吸蔵合金アクチュエータ 力センシング

1. 研究開始当初の背景

褥瘡とは、血流障害によって生じる創傷のことである。血流障害のおきる要因の一つに、身体に持続的に働く力が挙げられる。特に、安静や不活発のため長時間同じ体勢を保持することで、椅子やベッド等と身体との接触面に働く力が原因となり褥瘡が発生することが多い。褥瘡予防のため、働く外力の軽減や再分配の方法として、医療や介護の現場では2時間以内の体位変換とともに、シリコンゴムやポリウレタンゲルのシートを好発部位に貼付することが行われている[1]。また、座位保持や負荷軽減のための適切なクッションの選定が重要視されている[2]。

しかし、身体表面にかかる負荷の程度を決定する要素には対象となる人それぞれの骨突出の度合いや皮膚の状態など運動能力以外のものも多く[3]、このような受動的予防方法の画一的な適用では、褥瘡の予防に有効的に働かない問題点がある。そのため、身体に働く力を計測すると同時に、負荷の軽減や再分配を可能とする褥瘡予防システムが必要とされる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、緩衝性を持つソフトアクチュエータを用いて負荷の軽減、再分配を行う褥瘡予防システムを開発し、評価することである。褥瘡予防システムは、力の再分配を行うアクチュエータ部(以下、力再分配ユニット)と、リアルタイムに身体表面に働く3軸方向の力をセンシングするモニタリング部から構成されるものとする。開発したシステムを利用すれば、せん断力を考慮した姿勢や部位別の褥瘡発生リスクに関する検討、および力の再分配が可能となり、今後、褥瘡予防策や危険因子について新たに定量的な指針を与えることが出来る。

3. 研究の方法

(1) 力再分配ユニット開発のためのアクチュエータの試作

ユニットに用いるアクチュエータは、身体への安全性とともに、システム適用者を含めた周辺環境へのストレスを軽減するため静音性を考慮する必要があるため、本研究では水素吸蔵合金(以下、MH合金)を駆動源とした水素吸蔵合金アクチュエータ(以下、MHアクチュエータ)を適用することとした。MH合金は加熱・冷却により可逆的に水素を放出・吸収する性質を持つ。図1に示すようにこの反応は化学反応であり、MHアクチュエータはMH合金の水素放出・吸収による系内

部の圧力変化を利用して出力を得る。MHアクチュエータの特性はMH合金の圧力温度特性によって決定されるため、褥瘡予防システムにMHアクチュエータを応用する上で、どのMH合金を選択するかは大変重要である。本研究では、はじめに、MHアクチュエータに用いるMH合金の種類を加熱冷却温度範囲と水素吸蔵量の観点から選定する。続いて、アクチュエータの駆動部に用いるペローズの設計および試作を行う。

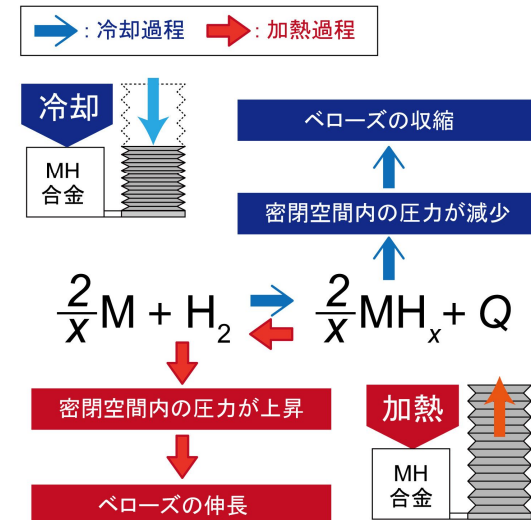


図1 MHアクチュエータの動作原理

(2) モニタリング部と力再分配ユニットからなる褥瘡予防システムの開発

モニタリング部として、アクチュエータの駆動部のペローズに3軸力センサを設置し、ペローズ表面にかかる力の計測を行う。また、モニタリング部からの出力をフィードバックしてアクチュエータ動作をコントロールするよう、制御用プログラムを構築する。最終的に、MHアクチュエータによって構成される力再分配ユニットと3軸力センサを組み合わせ、褥瘡予防システムを開発する。

4. 研究成果

(1) 水素吸蔵合金を用いたソフトアクチュエータによる力再分配ユニットの試作

はじめに、MHアクチュエータに用いるMH合金の種類を、加熱冷却温度範囲と水素吸蔵量の観点から選定した。この結果、常温25℃で水素平衡圧が大気圧0.1MPa程度に調整されたMH合金(LaNi_{4.45}Co_{0.5}Mn_{0.05})を使用することとした。図2に選定したMH合金の水素吸蔵量と圧力の温度毎の特性を示す。

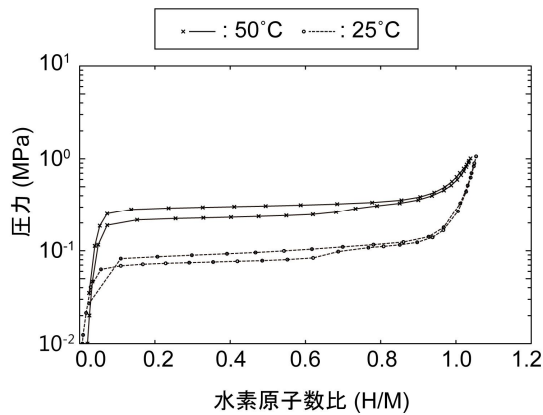


図 2 MH 合金の圧力，温度，吸蔵量特性

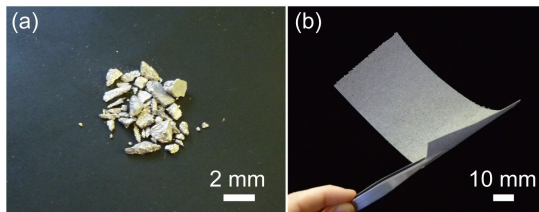


図 3 (a) 粉末状 MH 合金，(b) 紙状 MH 合金

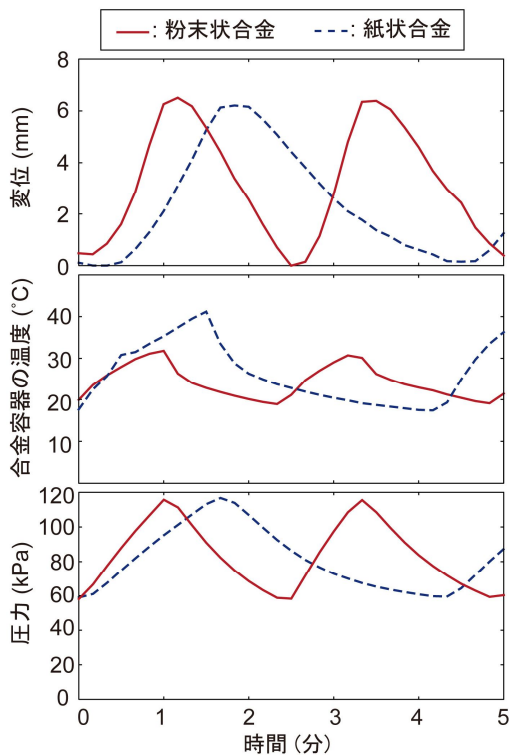


図 4 各 MH 合金の形態における金属ペローズの伸縮および MH 合金温度，MH アクチュエータの内圧（ゲージ圧）。

選定した MH 合金は，図 3 に示す粉末状と紙状の 2 つの形態どちらにおいても水素の吸収・放出反応を示す．続いて，開発する褥瘡予防システムへの応用に適した MH 合金形態について検討するため，粉末状と紙状の異なる二つの形態を持つ同一組成の MH 合金を用いて金属ペローズの制御実験を行い，それらの出力特性を計測，評価した．実験では，各形態の MH 合金をステンレス製容器に封入し

（これを MH モジュールとする），ステンレス管を用いて金属ペローズと接続した．シリコンラバーヒータと恒温槽によって各 MH モジュールを加熱・冷却し，水素の放出・吸収による系の内圧，温度，金属ペローズの伸縮の変化を計測した．各 MH 合金の加熱・冷却サイクルにおける金属ペローズの伸縮応答および合金温度，管内圧力の計測結果をそれぞれ図 4 に示す．実験の結果，紙状の MH 合金は粉末状と同等量の水素ガスが吸蔵でき，紙状の MH 合金を用いたアクチュエータ開発の可能性を示した．また，粉末状の MH 合金は紙状より出力体積比がすぐれ，コンパクトかつ軽量化が求められる場面で有効な動力源となることが分かった．以上の結果は，電子情報通信学会福祉情報工学研究部会にて発表した（学会発表）．続いて，アクチュエータの駆動部に用いるペローズの設計および試作を行った．アクチュエータの緩衝性を活かすため，先の実験で用いた金属ペローズではなく，厚さ 0.1 mm のアルミラミネートフィルムをペローズ構成材料として使い，フィルムを構成する高分子材料の融点差を利用することで，直径 50 mm のソフトペローズ構造を実現した．ソフトペローズの水素バリア性を検討するため，室温下でリークチェックを行った結果，図 5 に示すように，72 時間後の圧力低下はわずか 0.2% であった．このソフトペローズと先に評価を行った粉末状 MH 合金を用いてソフト MH アクチュエータを構築し，システムの力再分配ユニットを試作した．以上の結果は 14th International Symposium on Metal-Hydrogen Systems にて発表した（学会発表）．

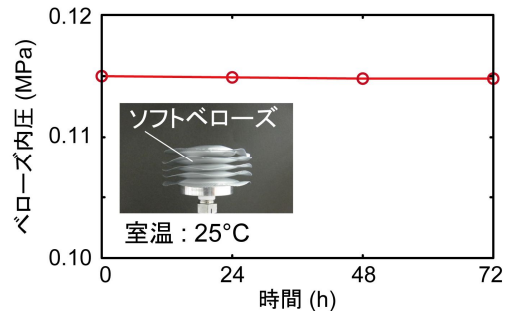


図 5 ソフトペローズのリークチェック

(2) 力センサと力再分配ユニットの統合による褥瘡予防システムの開発

身体表面にかかる力を計測するための褥瘡予防システムのモニタリング部として，直交 3 軸方向の力が計測可能な 3 軸力センサ（ショックチップ，Touchence）を用いた．この力センサと先に試作した力再分配ユニットを用いて，最終的に褥瘡予防システムを構築した．構築した褥瘡予防システムの動作は，力センサによってソフトペローズ表面にかかる力をフィードバックし，ペルチェ素子を用いて力再分配ユニットの MH 合金温度を調整することによって制御することとした．力再分配ユニットの目標出力は，従来研究[4]

をもとに 20 N とした。図 6 に構築した褥瘡予防システムのペローズ出力（圧力方向）とそのときの MH 合金温度，アクチュエータ内圧を示す。図 6 に示す結果より，20 から 40 の温度範囲内で，力センサからのデータをフィードバックすることにより，目標値であるペローズ出力 20 N を得ることができた。以上，本研究では，直交 3 軸方向の力のモニタリングにより制御が可能な褥瘡予防システムを開発し，その出力を評価した。

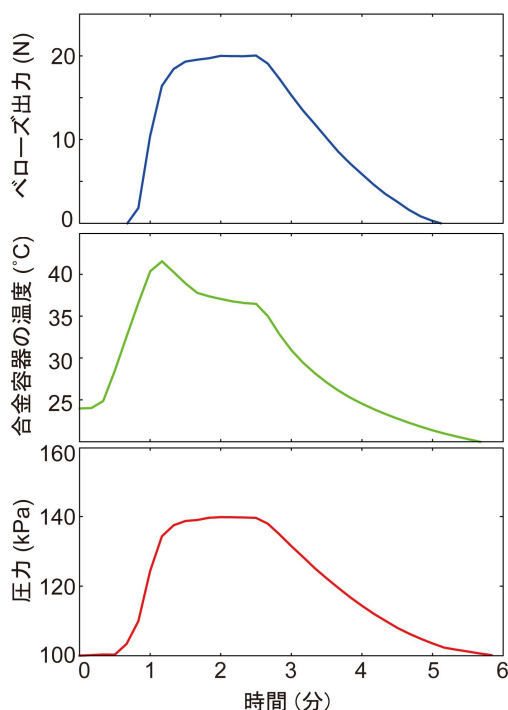


図 6 開発した褥瘡予防システムのペローズ出力および MH 合金温度，MH アクチュエータの内圧（ゲージ圧）。

< 引用文献 >

- [1] Heyneman A., et al., J. Clinical Nursing, Vol. 17, No. 9, pp. 1164-1173, 2008.
- [2] Hirose H., MB Med Reha, Vol. 75, pp. 21-27, 2007.
- [3] Sprigle S., et al., JRRD, Vol. 48, No. 3, pp. 203-214, 2011.
- [4] 新妻淳子，MB Med Reha, No.38, pp.17-23, 2004.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

細野美奈子，榊浩司，井野秀一，“水素吸蔵合金を用いたアクチュエータの出力特性に関する検討”，電子情報通信学会技術研究報告，査読無，113 巻，pp.71-74, 2014.

[学会発表] (計 3 件)

Minako Hosono, “Pilot study of a soft metal hydride actuator for a wearable rehabilitation system,” the World Congress on Medical

Physics and Biomedical Engineering (WC 2015), June 7th-12nd, 2015, Toronto(Canada).

Minako Hosono, “Development of a Hand-Size Soft Actuator Utilizing Hydrogen Storage Alloy,” 14th International Symposium on Metal-Hydrogen Systems, July 20th-25th, 2014, Manchester (England).

細野美奈子，“水素吸蔵合金を用いたアクチュエータの出力特性に関する検討”，第 72 回電子情報通信学会福祉情報工学研究会，3 月 7 日～8 日，2014，筑波技術大学（茨城県つくば市）。

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

細野 美奈子 (HOSONO, Minako)

静岡県工業技術研究所・沼津工業技術支援センター・研究員

研究者番号：70647974