

手術支援ロボットの要素技術の研究開発（第3報）

— 水素吸蔵合金アクチュエータによる力分散システムの開発 —

機械電子科

工業技術研究所電子科

国立研究開発法人産業技術総合研究所

細野美奈子* 鬼久保郁雄** 本多正計

竹居 翼

井野秀一 榊 浩司

Development of base technology for medical robotic device (3rd Report)

— Development of the force distribution system using the actuator incorporating hydrogen absorbing alloys —

Minako HOSONO, Ikuo ONIKUBO, Masakazu HONDA, Tasuku TAKEI, Shuichi INO and Kouji SAKAKI

In order to promote the Pharma Valley Project, we have been working on research for elemental technology which can be applied to robots to be used in the operating room. Based on needs of the medical field, we aimed to develop a system to prevent wounds caused by being pressed hard against medical devices.

In a previous paper, we reported the study of an actuator using hydrogen storage alloys, which is applicable as elemental technology for building the system. Hydrogen storage alloys have an ability to reversibly absorb and release significant amounts of hydrogen gas by being cooled or heated.

In fiscal 2015, we created modules by integrating the actuator and force sensing technology using a MEMS three-axis sensor. A force distribution system consisting of four modules was developed and evaluated. It was confirmed that the pressure and the shear forces could be dispersed by the system.

Keywords : Soft actuator, hydrogen storage alloy, medical robotic device, device for nursing care.

キーワード：ソフトアクチュエータ、水素吸蔵合金、医療・介護用機器。

1 はじめに

ファルマバレープロジェクトを推進するため、手術室・病室のロボット化に応用できる要素技術の研究開発をすべく、平成25年度に県内外医療機関のロボット化に対する要望を調べたところ、手術中の体位固定に起因する「医療関連機器圧迫創傷（身体の同一箇所が長時間圧迫されて発生する創傷）」の発生を予防する技術開発のニーズがあった。そこで、当センターでは医療現場等で利用できる圧迫創傷予防システムへ応用可能な要素技術として、水素吸蔵合金¹⁾（MH合金）を利用したアクチュエータの開発を目指した。

MH合金は冷却・加熱により体積比にして約千倍の水素を吸蔵・放出する金属である。よって、MH合金を密閉空間に封止し温度制御すれば、無音・少量で大きな圧力変化を生み出すことができる。このMH合金の特性を活かし、無騒音・無振動かつ省スペースで

利用可能なMH合金を用いたソフトアクチュエータ（MHアクチュエータ）を開発した。さらに、開発したMHアクチュエータを複数個組み合わせ、力分散を実現するシステムモジュールを開発した。

2 方法

2.1 MHアクチュエータの開発

(1) MH合金の選定

開発するMHアクチュエータを医療関連機器圧迫創傷予防システムに応用するにあたり、想定する使用温度範囲を、使用時の安全性を考慮して10(℃)から40(℃)程度とした。国立研究開発法人産業技術総合研究所の協力を得て、Ti-Zr系とLa-Ni₅系の2種類のMH合金を用いて、組成の違いによる性能比較実験として、上記温度範囲の25℃における圧力-組成等温線を調べた。

*) 現 国立研究開発法人産業技術総合研究所 **) 現 企画調整部

(2) ベローズのリーク実験

駆動部として用いるソフトベローズの水素ガスに対するリーク試験を行い、アクチュエータ駆動部としての実用化に向けた耐久性能を確認した。

2.2 システムモジュールの試作と実用性の評価

(1) セルモジュールの製作と駆動実験

セルモジュールを医療関連機器圧迫創傷予防システムに応用した場合、ベローズには体位固定した患者からの負荷に対応して最大約20(N)の出力が必要と考えられる。ベローズ出力を目標設定値として、MH合金封入容器の加熱・冷却を行うペルチェ素子への入力電圧を制御するPI制御プログラムを構築した。さらに、平成26年度までに開発したMEMS3軸力センシングシステムをMHアクチュエータに搭載してセルモジュールを開発した。ベローズに加わった負荷をフィードバックし、MH合金を加熱・冷却することでベローズの出力制御を行う駆動実験を行った。

(2) システムモジュールの評価実験

セルモジュールを4個組み合わせたシステムモジュールを構築し、圧力及びせん断力分散制御実験により、身体表面への垂直圧迫及び皮膚のズレを緩和できることに対する実用性を評価した。

3 結果および考察

3.1 MHアクチュエータの開発

(1) MH合金の選定

Ti-Zr系とLa-Ni₅系の2種類のMH合金の性能比較実験として25℃における圧力-組成等温線を調べた。その結果、温度・圧力特性はほとんど差が見られず、どちらも想定使用温度範囲において安定した平衡圧が得られることが分かった(図1)。よって、Ti-Zr系合金よりも合金活性化の安定性が高いLa-Ni₅系合金(写真1)をMHアクチュエータの動力源とすることにした。

(2) ベローズのリーク試験

駆動部とするソフトベローズは、想定約3倍の68(N)の荷重を24時間加え続けても、水素ガスのリークはなかった。

3.2 システムモジュールの試作と実用性の評価

(1) セルモジュールの製作と駆動実験

製作したセルモジュール(写真2)は、約15(℃)～40(℃)の範囲で、目標とする20(N)に出力制御できることを確認した(図2)。市販の圧力分散マットレス等の分散周期が10分程度であることから、開発したMHアクチュエータは医療関連機器圧迫創傷の予防システムに

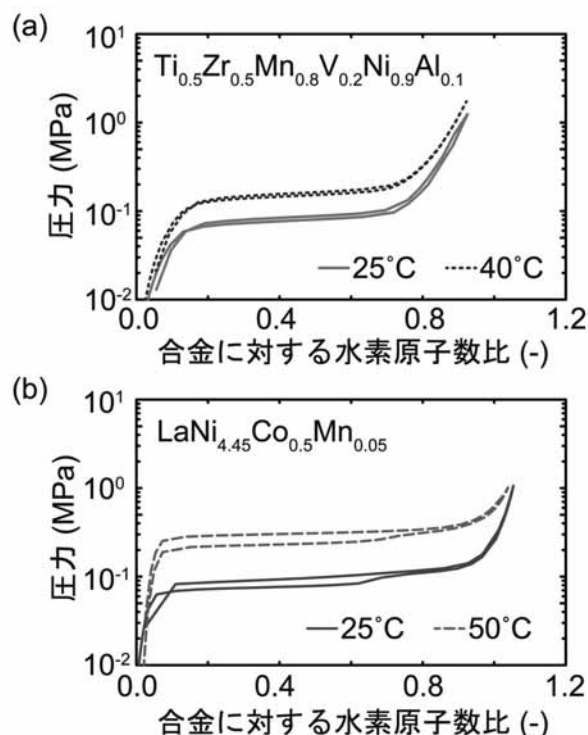


図1 水素吸蔵合金の圧力-組成等温線図
(a)TiZr系合金、(b)LaNi₅系合金

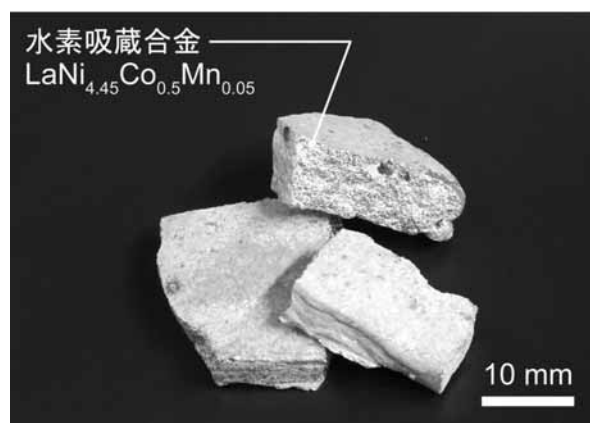


写真1 水素吸蔵合金

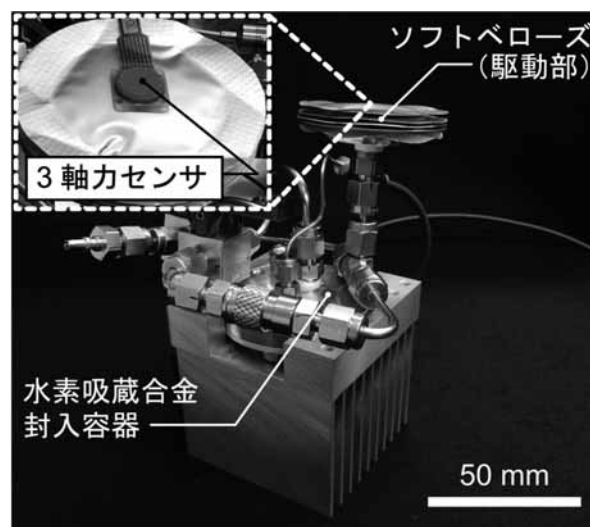


写真2 開発したセルモジュール

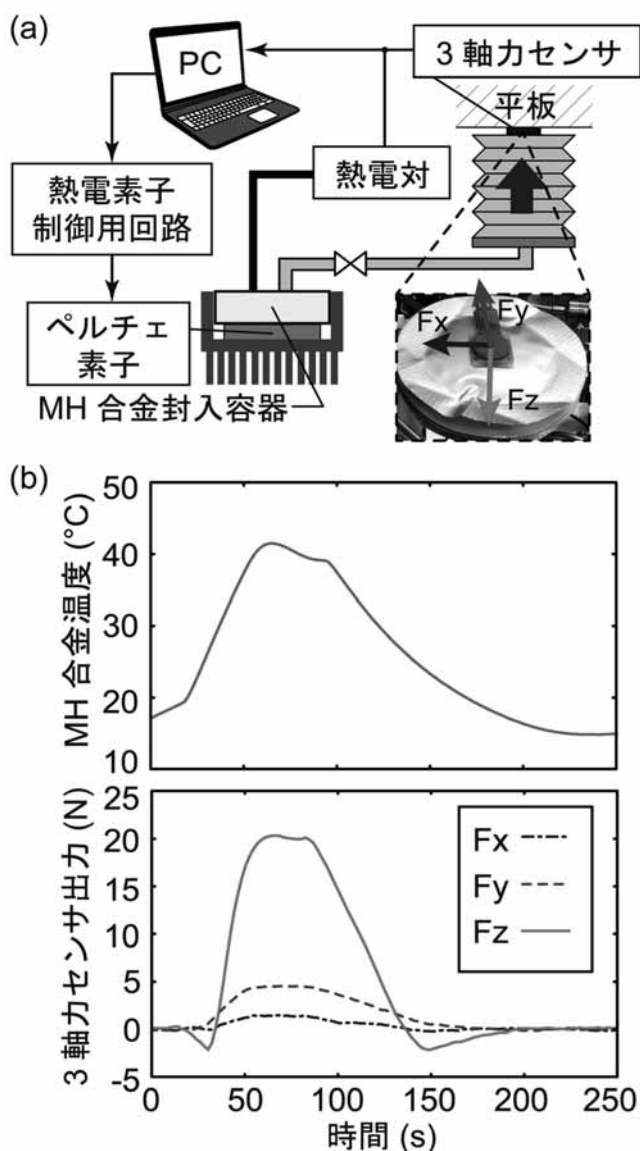


図2 (a)実験セットアップ
(b)ペローズ出力と合金温度の変化

利用する上で必要とする速度を実現可能であることが分かった。

(2) システムモジュールの評価実験

1つのセルモジュールのペローズ表面にかかるせん断力が規定値を超えた時、制御プログラムによってそのセルモジュールのペローズを収縮させると共に別のセルモジュールを伸長することで、圧力を分散させせん断力を減少させることができた(図3)。

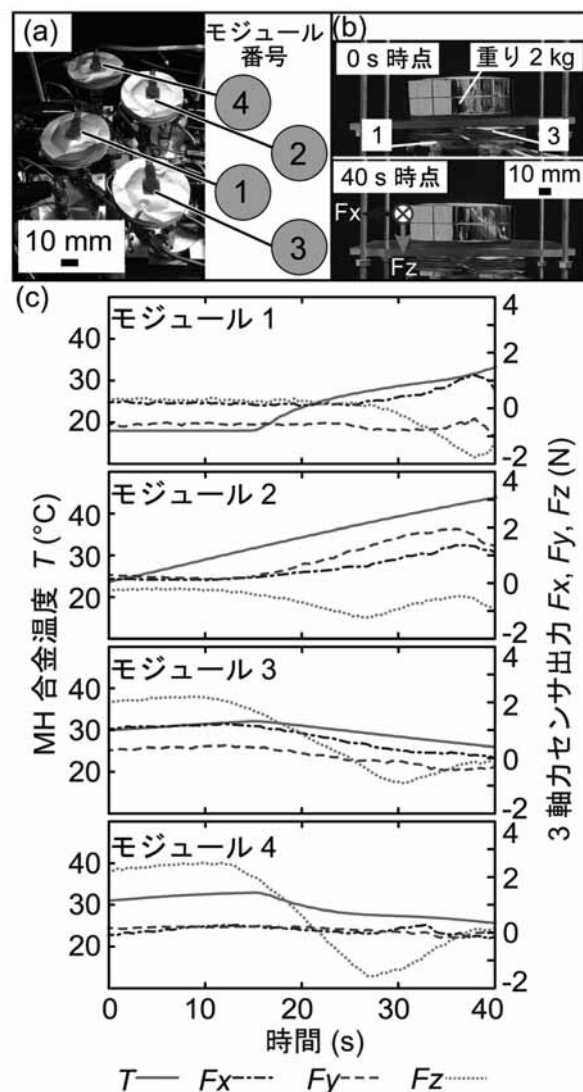


図3 (a)4つのセルモジュールを組み合わせたシステムモジュール。(b)(c)重りの支持制御とその時の合金温度、3軸力センサの出力。0秒時点ではモジュール3および4によって重りを支持していたものを、40秒時点ではモジュール4つで重りを支持することで、各モジュールにかかる力を分散した。

4 まとめ

MH合金を利用した無騒音・無振動で柔らかな出力が可能なMHアクチュエータを試作し、その動作特性を計測した。その結果、構築したセルモジュールは約15(°C)~40(°C)の範囲で目標とする20(N)に出力制御できることを確認し、医療関連機器圧迫創傷予防システムへの応用可能性を示した。この技術は、医療現場のみならず、介護・福祉等への応用展開も期待でき、今後、アクチュエータの動作性能を更に高める研究を進めていく。

参考文献

- 1) 大角泰章：水素吸蔵合金 - その物性と応用 - , 新版(株東京技術協会), pp.14-19 (2008).