

機関番号：82626

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2006～2009

課題番号：18300191

研究課題名（和文） 水素吸蔵合金アクチュエータを利用した関節可動域訓練システムに関する生体工学的研究

研究課題名（英文） Bioengineering study of a motor rehabilitation system using a metal hydride actuator

研究代表者

井野 秀一（INO SHUICHI）

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・研究グループ長

研究者番号：70250511

研究成果の概要（和文）：高齢化が急速に進んでいる国内のみならず，欧米やアジア諸国などでも QOL（Quality of Life）の維持とその向上を目的とする健康・福祉技術に対する人々の関心は年々高まっている。本研究課題では，脳卒中や転倒による骨折から加齢等による運動機能低下，いわゆる廃用症候群から関節運動障害を抱えてしまう人たちのホームヘルスケアのための関節可動域訓練システムの開発を目指し，生体工学的な基礎研究によるリハビリ運動や転倒予防の指標探索，および水素吸蔵合金を利用した生体適合性の高いソフトアクチュエータシステムの応用研究を医工連携で横断的に行った。

研究成果の概要（英文）： In an aging society, there is concern that the population of bedridden elderly people will increase due to diseases and injuries such as cerebral strokes and bone fractures. From this social background, we have been developing a motor rehabilitation system using a soft metal hydride actuator for home health care and joint rehabilitation to help prevent disuse syndromes. To address the above concerns, we studied the effect of passive joint exercise and the evaluation index of fall risk for elderly people based on biomedical experiments, and developed a human-friendly soft actuator using an MH alloy for the compact source of a driving force, many of which were undertaken in collaboration between medicine and engineering.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2007年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2008年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2009年度	3,200,000	960,000	4,160,000
総計	135,000,000	4,050,000	17,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学，リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：アクチュエータ，水素吸蔵合金，リハビリテーション，生物・生体工学

1. 研究開始当初の背景

近年，日本では，急速な人口構造の変化とともに，高齢者を対象とするリハビリテーションや在宅・通所ケアについての在り方が問われている。例えば，元気に活躍していた高齢者を突然襲う脳血管障害（総患者数137.4万人，65歳以上の高齢者医療費項目で第1位（1.38兆円），身体障害者の疾病別状況で第

1位／平成14年厚生労働省患者調査等より）の場合，手術に成功しても身体に何らかの麻痺障害を残す恐れがあり，それを原因として「寝たきり」にならないようにするためには，急性期から回復期にかけてのリハビリが重要になる。

なかでも，運動機能障害に関しては，関節可動域訓練（他動運動）を早期から行うこと

により、筋肉の拘縮や関節の癒着から生じる二次的障害（能力障害）を減少させることができる。また、ADL（日常生活動作）の低下防止や三次的障害と言われる社会的不利への進行防止にも役立つ。同様のことは、骨粗鬆症と転倒が原因による大腿骨頸部骨折による「寝たきり」予防にもあてはまる。

しかし、リハビリに携わる現場で理学療法士や作業療法士がひとりの患者にかかわることのできる時間は、おおよそ1日に15～30分であり、これは運動機能回復訓練にとって、質的・量的に十分とはいえないものである。さらに、脳卒中の発症率の高い北海道や東北地方のような寒冷地においては、回復が進んで在宅療養になったとしても、冬期間に積雪等で通院リハビリが難しくなり、その間に再び機能低下してしまう事例も多い。

このような脳血管障害のみならず、事故による骨折や健康増進でのスポーツ活動等で関節運動障害を抱えてしまう人たちの増加が予測できる現代社会では、いつでもどこでも患者自身が手軽に医師や理学療法士・作業療法士の指導のもとで、科学的な根拠に基づく客観的なEBM（Evidence-Based Medicine）の運動機能治療を行えるポータブルな在宅や施設向けの関節可動域訓練システムに対する期待は大きい。そして、このような機器開発は、健康寿命の延伸という、元気で長生きというサクセスフルエイジングにも貢献できる。

2. 研究の目的

これまでに市販のモータを利用した単純な回転機構の可動域訓練装置はいくつか開発されているが、ヒトの関節でみられる独特な柔らかな動きや身体への装着性を十分に考慮した生体適合性に優れたソフトな機構の関節運動リハビリ装置は、残念ながら未開発の状況である。

そこで、このような社会的な背景とリハビリ機器の現状を踏まえ、生活環境や生体機能との適合性を本質的に備える新しいコンセプトの関節可動域訓練システムを実現するために、まず、ロボット等の機械とは異なるヒト独特の関節運動に関わる特性などを生体工学の立場から総合的に調べ、そこで得られた知見に基づき、ベットサイドでの運動リハビリ向けの新しいアクチュエータを水素吸蔵合金などの新素材を利用して独自設計することを主な目的とする。

3. 研究の方法

本課題のような人間と機械の係わりに関する研究では、常に、ヒトの仕組みに学ぶ姿勢が不可欠である。そこで、本研究では、関節リハビリ機器のための設計仕様を得るための生体計測を中心とする基礎研究を軸に

研究開発をスタートする。特に高齢者の場合、身体のアクティビティの低下は寝たきりにつながる可能性が高く（例えば、廃用症候群やロコモティブシンドローム）、安静時におけるベットサイドでの関節可動域訓練（他動運動）システムの利用は、関節拘縮と褥瘡との双方の予防を兼ねた軽運動環境として、身体機能の維持を無理なく改善するリハビリ運動に繋がるのが推測される。そこで、その一事例として、下肢の足趾関節部に着目し、足趾関節の他動的な軽運動時の血流量計測からその運動効果（褥瘡予防）について検討した。次に、足趾の他動運動システムに求められる可動範囲と屈伸力を実際の関節リハビリを理学療法士の協力の下で再現して測定した。また、これらに関連して、虚弱高齢者の転倒予防のための定量的下肢筋力評価の基礎研究も行った。これらは、ヒトの身体運動機能に関する親和性を熟慮した、人間中心指向の関節可動域訓練システムの技術構築をしていく上で欠かせない生体工学的な基礎資料となるものである。

さらに、これらの人間サイドの基礎研究と臨床研究と同時並行して、関節リハビリや身体接触動作をサポートするためのウェアラブルなアクチュエータの要素技術およびシステム開発の応用研究を進めた。特に、身体装着タイプの他動運動システムには、身体と生活環境との親和性が重要視される。そこで、柔軟性と静音性に優れたソフトアクチュエータを機能性金属の一種である水素吸蔵合金を駆動源に活用して設計した。また、そのソフトな水素吸蔵合金アクチュエータを用いた足趾部向けのシンプルな関節可動域訓練装置を試作した。

以上のような横断的研究の推進のために、工学系と保健医療系、および企業協力を得た産学官連携の複合的な研究体制を組織した。

4. 研究成果

(1) 関節運動による皮下組織の血流変化

ベッド等での仰臥位の姿勢で可能な軽運動として、足趾関節の屈伸運動に着目し、褥瘡好発部位である皮下組織の他動運動時の血流変化を調べた。血流量の計測部位は、第一中足骨骨頭（以下、母趾の付け根）、外果、足首前面（距骨頭上面、以下、足首）の計3箇所とした。図1には、対象者10名の母趾の付け根と外果における皮下組織の血流量の計測結果（運動前・運動中・運動後）を示した。この図より、母趾の付け根において、他動による運動前と運動中の血流量の間に有意差が認められた（ $p < 0.02$, Friedman 検定）。同様に、外果においても、他動運動前と他動運動中の血流量の間に有意差が認められた（ $p < 0.02$, Friedman 検定）。一方、足首においては他動運動前と他動運動中の血流量の

間に有意差は見られなかった。

一般的に褥瘡は、組織内の血行不全状態が引き起こされることによって発症するといわれている。そのため、血流量の増加は褥瘡の予防に対し有効に働くことが予想される。よって、骨突出部であり褥瘡の好発部位と考えられる足の各部位において、これらの実験結果が示すように、他動運動中は血流量が有意に増加したことから、足趾の他動運動機器を継続的に用いることが虚血による褥瘡に対し有効である可能性が示唆された。

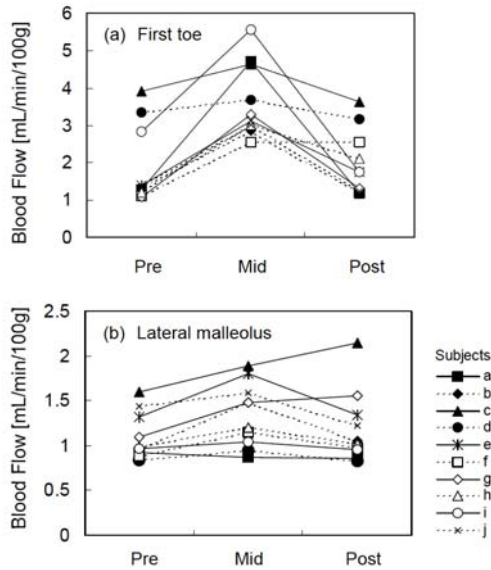


図1 他動運動による皮下組織の血流量の推移

(2) 他動運動のための関節可動域と外力

次に、足趾関節の他動運動システムをデザインするため、足趾関節の他動的な屈伸運動に必要な関節可動域と外力を同時計測した。計測システムを図2に示す。本計測では、仰臥位で脱力している対象者の足趾（母趾のMP関節）に関節角度計を装着し、臨床経験の豊富な理学療法士が小型力センサを組み込んだ治具を用いて対象者の足趾関節を最大可動域までゆっくりと繰り返し屈曲および伸展させた。計測は各対象者に対し10回ずつ実施した。計測データから各対象者の屈曲と伸展時の最大荷重と最大可動域の平均値を求めた。本実験の対象者は20～60歳代の下肢に障害を持たない成人10名とした。

測定結果より、最大荷重は、屈曲時（約11 N）の方が伸展時（約14 N）よりも小さい傾向のあることがわかった。逆に、関節の最大可動域に関しては、屈曲時（約35°）の方が伸展時（約29°）よりも大きかった。一般の機械設計（Human-Machine Interface）では人間工学的な平均値が重要であるが、福祉機器などの設計では個人差にも留意する必要がある。

ある。そこで、おのおのの対象者の測定結果を詳しく検討してみた。例えば、最大荷重は、屈曲時に最大14 N、最小7.6 Nであり、伸展時に最大20 N、最小が9.2 Nであった。また、関節可動域に関しても、屈曲時に最大47°、最小24°、伸展時に最大40°、最小16°となった。よって、どれも2倍前後の差異があり、足趾の他動運動システムにおいて、動作のための出力および屈曲・伸展の可動範囲は、対象者の身体特性に合わせて大きく変えられるフレキシブルな機構を必要とすることがわかった。

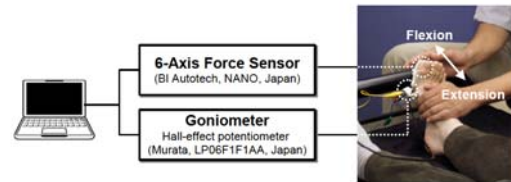


図2 関節可動域と外力の計測システム

(3) 転倒リスクと膝間力の関係性

廃用症候群のための関節リハビリに関する知見と同時に、日常生活の中で高齢者が廃用症候群に陥らないための転倒予防も大切である。そこで、高齢者の転倒リスク評価の簡易手法を探る基礎実験を行った。その結果、膝間力計測器を用いて中年群、健常高齢者群、虚弱高齢者群に分けて膝間力を調べたところ、中年群に比べ、健常高齢者群は16%、特定高齢者と要介護高齢者である虚弱高齢者群は34%低下していることがわかった。また、膝間力と歩行能力（文科省実施要領に基づく10m障害物歩行）の関係を健常高齢者に関して調べた。その結果、膝間力と歩行能力の間には、図3に示すように、逆相関性が認められ（ $r=-0.57$ ）、膝間力が小さいほど、歩行速度が遅い（歩行時間が長い）ことが示唆された。転倒リスクは歩行能力と関係があることが先行研究で報告されていることから、膝間力が転倒リスクの評価パラメータとして有効であることが示唆された。

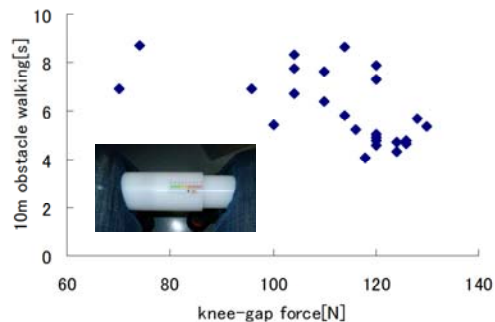


図3 高齢者の膝間力と歩行能力の関係

(4) 水素吸蔵合金アクチュエータの特徴

本研究課題で利用するアクチュエータの動作原理を図4に示す。主な構成要素は、MH合金とその温度をコントロールするデバイスが一体化したMHモジュールが入った容器（駆動源）、水素圧を外部駆動力に変換する伸縮性の効果器（作動部）、および電源（合金の温度制御を電氣的に行う場合）である。通常の電動モータや空気圧コンプレッサと異なり、機械的な摺動や振動が生じない仕組みであるため、アクチュエータから騒音は全く生じない。また、圧力の伝達媒体は気体であるため、アクチュエータ自体に受動的な柔軟性を備えており、本質的にヒトとの接触課題に対して安全性の高いアクチュエータになっている。

さらに、伸縮応答の特性改善を目的として、数種類の常温負圧タイプのMH合金（La-Ni系合金にCoおよびMnを添加・調整）を製造して、従来の常温常圧タイプと動作パターンを比較したところ、伸張時と収縮時の時間的な対称性に基づく動作性の向上を確認した。また、無負荷時や自然冷却時において、駆動媒体である水素の吸収速度を大きく改善できることを明らかにした。

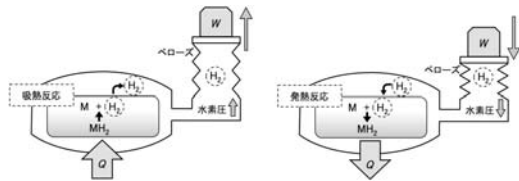


図4 水素吸蔵合金アクチュエータの動作原理

(5) アクチュエータの身体装着性の向上

水素吸蔵合金アクチュエータのリハビリ機器などへの適用を考えたときに、金属材料を中心とした構造設計では、軽量性や柔軟性などの観点から見た身体装着時の親和性に欠けてしまう。そこで、動作支援のための身体との親和性を保ちつつ、水素透過性が低いという要求を満たすため、無延伸ポリプロピレン（CPP）、アルミニウム（Al）、ポリエステル（PET）の3層から成る厚さ0.1 mmの高分子複合材料を用いた特殊なソフトベローズを金属製伸縮部品の代替として試作した。基本的に薄いフィルム形状であるために、多段のベローズ構造としたときも軽量さが損なわれず、例えば、直径10 cmで20段の場合でも、40g程度であり、金属ベローズに比べて格段に軽量であった。また、多種多様な身体形状にフィットする可憐性にも富み、適度な水素バリア性も確保されていた。

さらに、ヒトとの接触を想定した力学的な適合性を調べるために、上記のソフトベローズを組み込んだ水素吸蔵合金アクチュエータの機械インピーダンス特性を求めた。結果

を図5に示す。これより、剛性（Stiffness）は、およそ1~10 N/mmであり、初期圧が高いほど大きくなっている。また、ひずみの増加に対する剛性の増加率は、初期圧が高いほど少ない傾向にあり、アクチュエータにはステイフネス調節機能のあることも確認できた。また、生体筋の機械インピーダンス特性と比較検討すると、ソフトベローズを用いた水素吸蔵合金アクチュエータは、ヒトの筋肉が最大出力を保持している場合のステイフネスに比べて十分に低かった。ゆえに、安全面で有益な柔らかさを確保できていることがわかった。

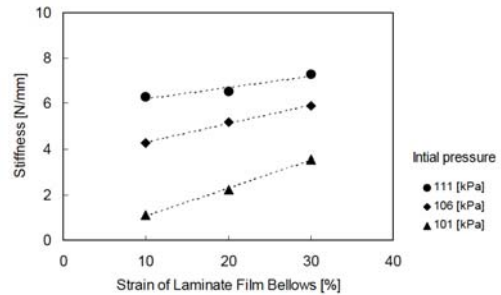


図5 試作したアクチュエータのステイフネス特性

(6) 関節可動域訓練システムの試作

これらの実験等から得られた知見や要素技術開発の成果に基づき、ソフトベローズを用いた拮抗タイプの水素吸蔵合金アクチュエータを利用して、足趾の持続的他動運動による関節可動域訓練システムのプロトタイプを試作した。本システムのブロック図および外観を図6に示す。

足趾関節の屈曲および伸展動作は、拮抗型に配置し、扇型に伸縮する一対のソフトベローズによって行う仕組みとした。足趾は、このソフトベローズによって両側から柔らかく挟まれ、幾分の空間的な自由度を持って保持される。この他動運動システムによる足趾の動きは、ゆっくりとした屈伸運動であり、皮下組織の血行を促進するのに適した動きが可能であった。また、素材の可憐性から個人差の大きな足趾形状や関節可動範囲にもアダプティブにフィットさせながら、システムを駆動させることができた。また、関節の他動運動パターン（位置と柔らかさ）は、拮抗型水素吸蔵合金アクチュエータの各圧力値の組み合わせによって調整可能である。例えば、位置制御は左右に配置した各々のMHモジュールから発生する内圧の差によって、ステイフネス（柔らかさ）制御は各MHモジュールの内圧の和によって実現することが可能である。ベットサイドでの利用に欠かせない静音性や軽量性も十分に保たれていた。ただし、可憐性に優れるソフトベローズを対向かつ扇型に屈曲させて配置させる構造の

ため、駆動時に時々座屈を生じ、滑らかな動きが阻害される場合のあることが確認された。この座屈の解消は円滑な運動制御に向けた今後の課題となった。

今後は、これらの成果と試作器の現場での実践応用を念頭に改良し、臨床評価を行いつつ、廃用症候群やロコモティブシンドロームを回避する残存機能および QOL の維持向上に資する総合的な関節運動支援システムに発展させていきたいと考えている。

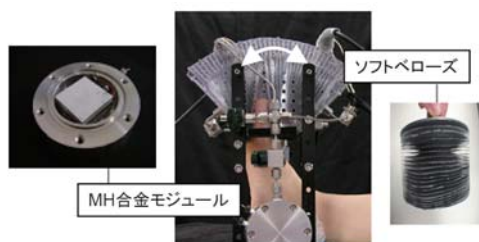


図 6 足趾関節可動域訓練システムの試作器

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 43 件)

- ① M. Sato, M. Hosono, K. Yamashita, S. Nakajima, S. Ino, Solar or surplus heat-driven actuators using metal hydride alloys, *Sensors and Actuators: B*, vol. B-156, 2011, pp. 108-113. (査読有)
- ② S. Shirogane, T. Tanaka, T. Izumi, Y. Maeda, Y. Oyama, N. Yoshida, S. Ino, T. Ifukube, A feasibility study of an integrated system using a force plate and a plantar vibrotactile stimulator for fostering postural control in the elderly, *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics*, vol. 28, 2010, pp. 22-32. (査読有)
- ③ 山下和彦, 今泉一哉, 岩上優美, 佐藤満, 中島佐和子, 井野秀一, 小山裕徳, 川澄正史, 伊福部達, 高齢者の定量的下肢筋力評価のための膝間力計測器の開発, *電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌)*, vol. 130, 2010, pp. 267-274. (査読有)
- ④ 井野秀一, ヒトへの親和性を考慮したウェアラブルなアクチュエータ, *BIO INDUSTRY*, vol. 27, 2010, pp. 8-15. (査読無／解説)
- ⑤ 井野秀一, 触覚ディスプレイ, *Journal of Clinical Rehabilitation*, vol. 19, 2010, pp. 710-714. (査読無／解説)
- ⑥ 佐藤満, 井野秀一, 水素吸蔵合金アクチュエータとその応用, *油空圧技術*, vol. 49, 2010, pp. 28-32. (査読無／解説)
- ⑦ S. Ino, M. Sato, M. Hosono, T. Izumi, Development of a Soft Metal Hydride Actuator

Using a Laminate Bellows for Rehabilitation Systems, *Sensors and Actuators: B*, vol. B-136, 2009, pp. 86-91. (査読有)

- ⑧ 佐藤満, 井野秀一, 水素吸蔵合金アクチュエータの基礎と応用—ヒトへの親和性に富んだ動力源としての福祉機器への応用—, *日本バーチャルリアリティ学会誌*, vol. 13, 2008, pp. 91-95. (査読無／解説)
- ⑨ 吉田直樹, 白銀暁, 井野秀一, 伊福部達, 手先位置と上肢肢位範囲の関係: 手先位置制御型訓練装置を用いたリハビリテーションへの応用を目指した数理的検討, *日本生体医工学会誌*, vol. 45, 2007, pp. 242-255. (査読有)
- ⑩ 田川和義, 広田光一, 力覚インタラクションのための動的変形モデル, *電子情報通信学会論文誌*, vol. J90-D(9), 2007, pp. 2615-2623. (査読有)
- ⑪ M. Sato, S. Ino, N. Yoshida, T. Izumi, T. Ifukube, Portable pneumatic actuator system using MH alloys, employed as an assistive device, *Journal of Robotics and Mechatronics*, vol. 19, 2007, pp. 612-618. (査読有)

[学会発表] (計 66 件)

- ① S. Ino, M. Hosono, M. Sato, S. Nakajima, K. Yamashita, T. Izumi, Preliminary Design of a Simple Passive Toe Exercise Apparatus with a Flexible Metal Hydride Actuator for Pressure Ulcer Prevention, The 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2010), 2010/09/01, Buenos Aires (Argentina)
- ② 井野秀一, 佐藤満, 細野美奈子, 山下和彦, 中島佐和子, 泉隆, Potential Applications of a Novel Actuator Using a Metal Hydride Alloy in Healthcare and Welfare Services, 第 49 回日本生体医工学会大会, 2010/06/25, 大阪.
- ③ 井野秀一, 健康・福祉機器のための人間親和型ソフトアクチュエータの研究開発と QOL テクノロジーの拡がり, 第 10 回次世代医療システム産業化フォーラム 2009, 2010/01/26, 神戸.
- ④ S. Ino, M. Hosono, M. Sato, S. Nakajima, K. Yamashita, T. Izumi, A Preliminary Study of a Power Assist System for Toe Exercise using a Metal Hydride Actuator, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering (WC2009), 2009/09/09, Munich (Germany)
- ⑤ 井野秀一, 佐藤満, 細野美奈子, 山下和彦, 中島佐和子, 泉隆, 運動リハビリテーションを支援する柔らかい構造の水素吸蔵合金アクチュエータの開発, 第 9 回日本 VR 医学会学術大会, 2009/08/29, 東京.
- ⑥ S. Ino, M. Sato, M. Hosono, S. Nakajima, K. Yamashita, T. Izumi, A Soft Metal Hydride

Actuator Using LaNi5 Alloy and a Laminate Film Bellows, The 2009 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT2009), 2009/02/11, Melbourne (Australia)

- ⑦ S. Ino, T. Homma, T. Izumi, Psychophysical Measurement of Multiple Tactile Sensations Using a Broadband Vibrotactile Display, The 2nd International Symposium on Universal Communication (ISUC2008), 2008/12/16, Osaka (Japan)
- ⑧ S. Ino, M. Sato, M. Hosono, S. Nakajima, K. Yamashita, T. Tanaka, T. Izumi, Prototype Design of a Wearable Metal Hydride Actuator Using a Soft Bellows for Motor Rehabilitation, The 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2008), 2008/08/22, Vancouver (Canada)
- ⑨ M. Hosono, S. Ino, M. Sato, K. Yamashita, T. Izumi, T. Ifukube, Design of a Rehabilitation Device using a Metal Hydride Actuator to Assist Movement of Toe Joints, The 3rd Asia International Symposium on Mechatronics (AISM2008), 2008/08/29, Sapporo (Japan)
- ⑩ K. Hirota, S. Sasaki, Y. Sekiguchi, Presentation of force-motion relationship by inertial force display, EuroHaptics 2008, 2008/06/10, Madrid (Spain)

[図書] (計 5 件)

- ① S. Ino, M. Sato, IGI Global, Human-centered metal hydride actuator systems for rehabilitation and assistive technology (In: Handbook of Research on Personal Autonomy Technologies and Disability Informatics), 2011, pp. 154-170.
- ② S. Ino, M. Sato, In-Tech, A novel soft actuator using metal hydride materials and its applications in quality-of-life technology (In: New Developments in Biomedical Engineering), 2010, pp. 499-516.
- ③ 井野秀一, サイエンス&テクノロジー社, 福祉機器への応用 (In: 触覚認識メカニズムと応用技術—触覚センサ・触覚ディスプレイ—), 2010, pp. 461-481.
- ④ 井野秀一, コロナ社, 人工筋肉の原理と技術 (In: 医用機器Ⅱ), 2006, pp. 120-124.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 水素吸蔵合金を利用した動力発生装置

発明者: 井野秀一, 佐藤満

権利者: 独立行政法人産業技術総合研究所

種類: 特許

番号: 特願 2010-110047

出願年月日: 2010年5月12日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://researchmap.jp/human/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井野 秀一 (INO SHUICHI)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・研究グループ長

研究者番号: 70250511

(2) 研究分担者

山下 和彦 (YAMASHITA KAZUHIKO)

東京医療保健大学・医療保健学部・准教授
研究者番号: 00370198

広田 光一 (HIROTA KOHICHI)

東京大学・新領域創成科学研究科・准教授
研究者番号: 80273332

佐藤 満 (SATO MITSURU)

昭和大学・保健医療学部・准教授
研究者番号: 10300047

(H19-21)

中島 佐和子 (NAKAJIMA SAWAKO)

慶應義塾大学・理工学部・助教
研究者番号: 40453542

(H20-21)

伊福部 達 (IFUKUBE TOHRU)

東京大学・先端研・教授
研究者番号: 70002102

(H18-20)

田中 敏明 (TANAKA TOSHIAKI)

東京大学・先端研・特任教授
研究者番号: 40248670

(H18-20)

(3) 連携研究者

和田 親宗 (WADA CHIKAMUNE)

九州工業大学・生命体工学研究科・准教授
研究者番号: 50281837

(4) 研究協力者

伊藤 秀明 (ITO HIDEAKI)

株式会社日本製鋼所・室蘭研究所・所長
吉田 直樹 (YOSHIDA NAOKI)

医療法人篤友会関西リハビリテーション病院・リハビリテーション総合科学研究所・主任研究員

白銀 暁 (SHIROGANE SATOSHI)

医療法人篤友会関西リハビリテーション病院・リハビリテーション総合科学研究所・研究員