

平成21年6月15日現在

研究種目：特定領域研究
研究期間：2004～2008
課題番号：16078210
研究課題名（和文） 空気圧ソフトアクチュエータの開発と人間親和メカニズムへの応用

研究課題名（英文） Pneumatic Soft Actuator for Human Friendly Mechanism

研究代表者

則次 俊郎 (NORITSUGU TOSHIROU)
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：70043726

研究成果の概要：

本研究では、人間の身近で作業を行うロボットや各種デバイスを実現するためのアクチュエータとしてゴムなどの弾性体を素材とし、圧縮空気を駆動源とする空気圧ゴム人工筋の開発を行った。また、開発した種々の動作を行う空気圧ゴム人工筋を応用し、把持支援や立ち上がり動作支援など身体の動作を補助するウェアラブルパワーアシスト装置を開発した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2004年度	13,200,000	0	13,200,000
2005年度	12,500,000	0	12,500,000
2006年度	19,800,000	0	19,800,000
2007年度	14,700,000	0	14,700,000
2008年度	7,100,000	0	7,100,000
総計	67,300,000	0	67,300,000

研究分野：ロボティクス・メカトロニクス、制御工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：ロボティクス、メカトロニクス、ソフトメカニクス、人間機械システム

1. 研究開始当初の背景

高齢化社会を迎えて様々な分野で若年労働者不足が問題となっている。特に介護・福祉分野において介護の担い手である労働者の不足はすでに深刻な問題であり、山間部などの過疎地域では高齢者が高齢者を介護する老々介護が深刻化していることから、都市部においても老々介護が深刻化するのも時間の問題である。このような老々介護の解決には介護制度の見直しなど社会基盤の整備が必要であ

るが、それと同時に実際の介護従事者の肉体的負担の軽減、被介護者の動作を支援し自立を助ける手段の確立も急務である。

2. 研究の目的

前述のような社会背景から、近年ロボット技術の介護現場への導入が注目を浴びている。そこで本研究では、ロボットが介護者、被介護者の動作、作業を補助することで介護支援、生活支援を行うことを目的に、人間への安全

性の高いアクチュエータ、開発したアクチュエータを応用した人間親和メカニズムの開発を行う。

3. 研究の方法

人間親和メカニズムを駆動するアクチュエータには、小型・軽量かつ柔軟なことが要求される。そこで、このような要件を満足するアクチュエータとして、ゴムなどの弾性体を素材とし、圧縮空気を駆動源とする空気圧ゴム人工筋に着目し下記について研究を行う。

- (1) 種々の動作を実現する空気圧ゴム人工筋の開発
- (2) ウェアラブルパワーアシスト装置の開発
- (3) 制御手法の確立

4. 研究成果

- (1) シート状湾曲型空気圧ゴム人工筋の開発とパワーアシストグローブへの応用

老化や身体の障害によって手指の機能が低下した場合、食事や整容など多くの日常生活が制限されてしまう。そこでシート状湾曲型空気圧ゴム人工筋を開発し、低下した手指機能の補助を行うためのパワーアシストグローブへ応用した。

①シート状湾曲型空気圧ゴム人工筋

手指の屈伸を支援するパワーアシストグローブを実現するためには、アクチュエータである人工筋は屈曲、伸展方向への動作が要求される。屈伸方向への動作を行う人工筋として図1のように外径8.4[mm]、内径6[mm]のゴムチューブとゴム風船から構成されるシート状湾曲型空気圧ゴム人工筋を開発した。

ゴムチューブとゴム風船を紙面左右方向にのみ伸長するゴムバンドならびに布で覆い、加圧時の径方向への膨張を抑制する。また、ゴムバンドと布の長さ方向への剛性が異なることを利用することで、加圧時に軸方向への伸長と同時に湾曲動作を行う。また、ゴムチ

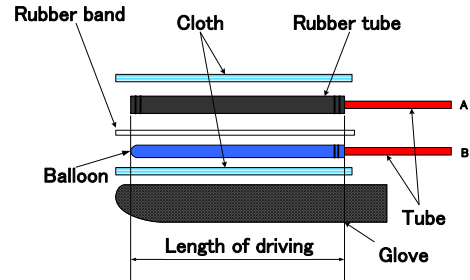


図1 湾曲型空気圧ゴム人工筋の構造



(a) 初期状態

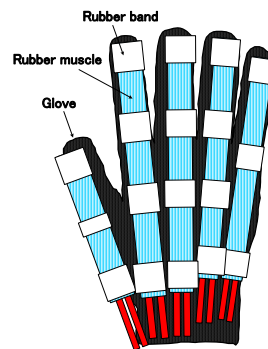


(b) 湾曲状態
(ゴムチューブ)



(c) 湾曲状態
(ゴム風船)

図2 人工筋の外観



(a) 構造



(b) 外観

図3 パワーアシストグローブ

ューブと風船の内圧を独立に制御することで図2(b)(c)のように要求された2方向への湾曲動作を実現できる。

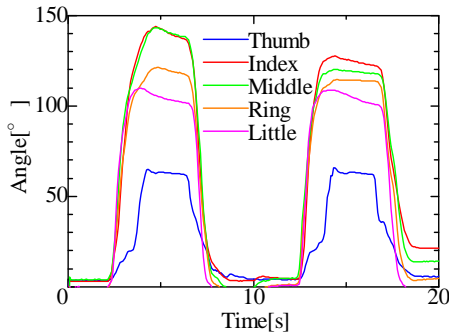
②パワーアシストグローブ

開発したシート状湾曲型空気圧ゴム人工筋を使用したパワーアシストグローブの外観を図3に示す。図1に示すようにゴムチューブにより手指の屈曲、ゴム風船により伸展を補助するよう人工筋は風船が配置された面を手の甲側に接するよう配置している。人工筋を合

皮製のグローブに固定することで着脱が容易な構造となっている。

③ティーチング制御

グローブの背面に指の屈曲角度を測定するセンサを配置し、目標角度を教示しそれを再現するティーチングプレイバック制御を行う



(a) にぎり動作の実験結果



(b) 教示時

(c) 再現時

図4 ティーチング制御

た。

にぎり動作を行った時の実験結果ならびに外観を図4に示す。

人工筋の可動域に限界があるため人差指、中指は目標角度を完全には再現できていないものの、教示動作に対してほぼ同様の動作が実現できている。

(2) 立ち上がり動作支援装置の開発

立ち上がり動作は日常生活において頻度の高い動作であり、筋力が低下するとその実現が困難となる。そこで立ち上がり動作に着目し高齢者や身障者の自立支援を目的とした装着型の立ち上がり動作支援装置を開発した。開発した装置の外観と構造を図5に示す。

長下肢装具と体幹装具を組み合わせたものに



(a) 外観

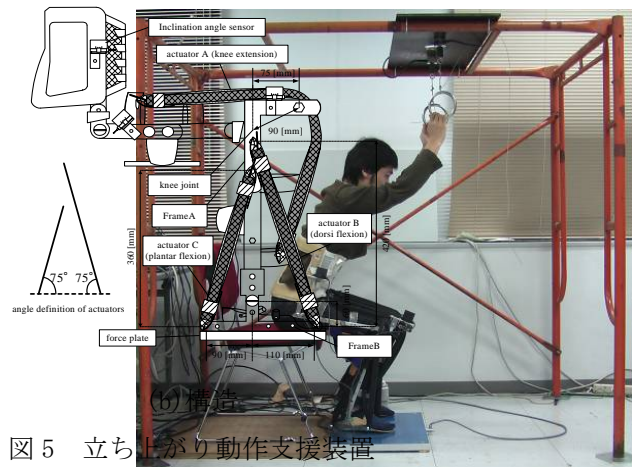


図5 立ち上がり動作支援装置

直動型空気圧

ゴム人工筋

(McKibben型空気圧ゴム人工筋)を取り付けたものであり膝関節の伸展動作と足関節の背屈・底屈動作を支援する。

支援効果を検証するために図6に示すように着席状態からの立ち上がり動作を行った。実験では装着者上面の力センサを取り付けたつり革を支持し立ち上がった。また足底面にはフォースプレートを配置し、床反力を測定した。支援効果を調べるために、支援を行わない場合には腕力のみで立ち上がった。また、装置による支援は、膝関節のみおよび膝関節ならびに足首関節を支援する2種類の実験を行った。図7に示す実験結果からわかるように床反力は実験開始10[s]以降の起立後ではほぼ同程度の値を示している。しかしながら(a)に示す力センサの値が減少していることから

図6 実験の外観

わかるように立ち上がりに必要な腕力は、支援を行わない場合と比べて膝関節のみ支援の場合で約30[%]、膝、足首関節支援の場合で約10[%]と大きく軽減されていることから本装置は立ち上がり支援に有効であることが確認できる。

(3) パワーアシストウェアの開発

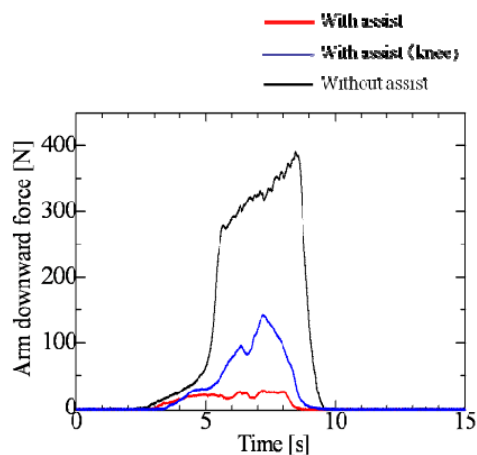
① ツイスト型空気圧ゴム人工筋の開発

手首の回内・回外動作を支援する装置を実現するためにひねり動作を行うツイスト型空

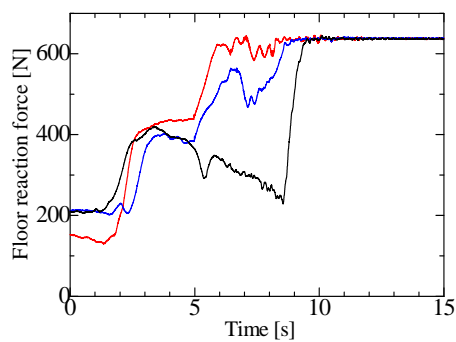
ドを挟んで螺旋状に繊維コードを巻き付けた構造である。螺旋状に繊維強化されたゴムチューブは、(a)のように加圧すると繊維コードとゴムチューブの成す角度 θ が減少する方向にゴムチューブの中心を軸に回転する。繊維コードの巻き方向を変えることで回転方向を変えることができる。このツイスト型空気圧ゴム人工筋を図9のように手首の周囲に4本配置することで、装具を使用することなく回外・回内動作の支援が可能で手首用パワーアシストウェアを実現した。

② 上肢パワーアシストウェアの開発

湾曲型空気圧ゴム人工筋を手首、肘の動作を支援する衣服状のパワーアシスト装置（パワーアシストウェア）を開発した。開発したパワーアシストウェアは上記手首用パワーアシストウェアと同様に装具を用いることなく図11のように手首の屈曲、背屈、回外、回内、肘の屈曲を支援可能である。柔軟性に優れ軽量の空気圧ゴム人工筋を使用することで、衣服状のパワーアシスト装置の実現が期待でき



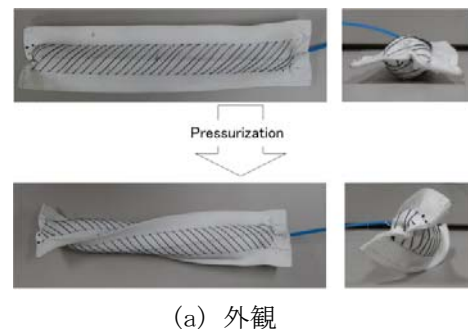
(a) カセンサにより計測した腕力



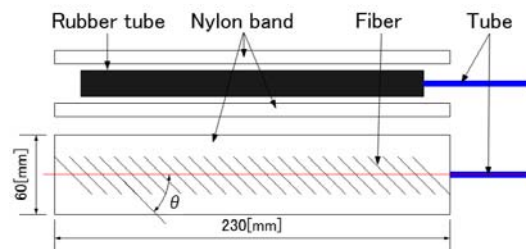
(b) 床反力

図7 装置支援効果

気圧ゴム人工筋を開発した。開発したゴム人工筋の構造と外観を図8に示す。ツイスト型空気圧ゴム人工筋はゴムチューブをナイロンバンドで覆い、チューブの周囲をナイロンバン

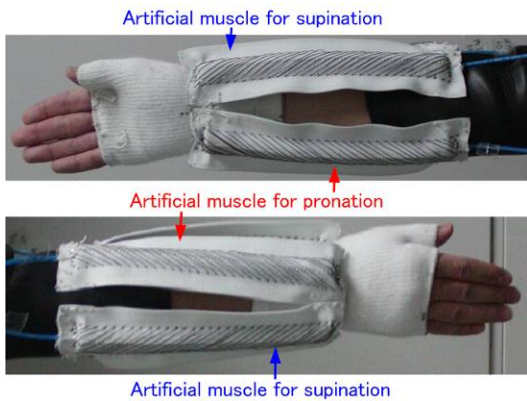


(a) 外観



(b) 構造

図8 ツイスト型空気圧ゴム人工筋



(a) 外観



(b) 回外・回内動作

図9 手首用パワーアシストウェア



図10 上肢用パワーアシストウェア

る。

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)

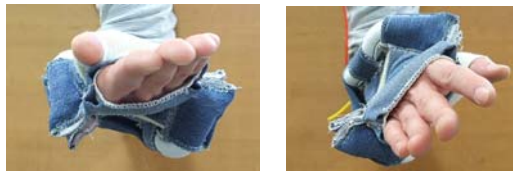
〔雑誌論文〕(計5件)

① Daisuke Sasaki, Toshiro Noritsugu, Masahiro Takaiwa, Wearable Master-Slave Training Device for Lower Limb Constructed with Pneumatic Rubber Artificial Muscles、Journal of Robotics and Mechatronics、Vol.20, No.3, pp.466-472、2008、査読有



屈曲

背屈



回外

回内

(a) 手首動作の支援



(b) 肘屈曲動作の支援

図11 手首・肘の動作支援の様子

② 荒金正哉、則次俊郎、高岩昌弘、佐々木大輔、猶本真司、シート状湾曲型空気圧ゴム人工筋の開発と肘部パワーアシストウェアへの応用、日本ロボット学会誌、Vol.26, No.6, pp.674-682、2008、査読有

③ 則次俊郎、空気圧ゴム人工筋の開発と人間支援ロボットへの応用、日本AEM学会誌、Vol.14, No.3, pp.186-190、2006、査読有

④ 佐々木大輔、則次俊郎、山本裕司、高岩昌弘、空気圧ゴム人工筋を用いたパワーアシストグローブの開発、日本ロボット学会誌、Vol.24, No.5、2006、査読有

⑤ 則次俊郎、高雷、湾曲型空気圧ゴム人工筋を用いた腰部パワーアシスト装置の開発、日本フルードパワーシステム学会論文集、Vol.36, No.6, pp.143-151、2005、査読有
〔学会発表〕(計8件)

① Toshiro Noritsugu, Masahiro Takaiwa and Daisuke Sasaki, Power Assist Wear Driven

with Pneumatic Rubber Artificial Muscles
、Proc. of 15th International Symposium on
Mechatronics and Machine Vision In
Practice、2008.12.4、ニュージーランド

②Masaya ARAGANE, Toshiro NORITSUGU、
Masahiro TAKAIWA、Daisuke SASAKI、POWER
ASSIST WEAR FOR UPPER LIMB DRIVEN BY
SHEET-LIKE PNEUMATIC RUBBER MUSCLE、Proc.
of The 7th JFPS International Symposium on
Fluid Power TOYAMA2008、P2-36、2008.9.18、
富山

③Toshiro Noritsugu、Pneumatic Soft
Actuator for Human Friendly Mechanism
2nd International Symposium on
Next-Generation Actuators Leading
Breakthroughs APA Hotel & Resort Tokyo Bay
Makuhari、2008.4.17、千葉

④荒金正哉、則次俊郎、高岩昌弘、佐々木大
輔、ソフトアクチュエータを用いたパワーア
シストウェアの開発、平成20年春季フルー
ドパワーシステム講演会、2008.5.29、東京

⑤高田潤、則次俊郎、高岩昌弘、佐々木大輔、
空気圧ゴム人工筋を用いた装着型歩行訓練
装置、日本機械学会ロボティクス・メカトロ
ニクス部門 ロボティクス・メカトロニクス
講演会 2008、2008.6.6、長野

⑥藤原啓輔、則次俊郎、高岩昌弘、佐々木大
輔、末長大輔、空気圧ゴム人工筋と膝装具を
用いた立ち上がり動作支援装置の開発、日本
機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門
ロボティクス・メカトロニクス講演会 2008、
2008.6.7、長野

⑦則次俊郎、間嶋隼平、守本崇昭、佐々木大
輔、高岩昌弘、シート状湾曲型空気圧ゴム人
工筋を用いたパワーアシストグローブの開
発、日本機械学会 2008 年度年次大会、
2008.8.4、神奈川

⑧石野裕文、則次俊郎、高岩昌弘、佐々木大

輔、ツイスト型空気圧人工筋を用いたひねり
動作支援、第26回日本ロボット学会学術講
演会、2008.9.9、兵庫

〔図書〕(計1件)

日本機械学会、機械工学便覧 応用システム
編 77 メカトロニクス・ロボティクス、
2008、pp.62-71、75-77

〔産業財産権〕

○出願状況 (計2件)

①流体アクチュエータ及びこの流体アクチ
ュエータを備えた立ち上がり動作支援装置
並びに動作支援装置、則次俊郎、国立大学法
人岡山大学、特許権、特願 2005-334947、
2005.11.18、国内

②流体アクチュエータ、流体アクチュエータ
の製造方法、流体アクチュエータを備えた筋
力補助装置、及び流体アクチュエータで構成
した拘束具、則次俊郎、国立大学法人岡山大
学、特許権、特願 2005-259988、2005.9.7、
国内

〔その他〕

「人工筋肉」試験に成功、山陽新聞
2008.1.27

6. 研究組織

(1) 研究代表者

則次 俊郎 (NORITSUGU TOSHIROU)

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：70043726

(2) 研究分担者

高岩 昌弘 (TAKAIWA MASAHIRO)

岡山大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号：60243490

佐々木 大輔 (SASAKI DAISUKE)

岡山大学・大学院自然科学研究科・助教
研究者番号：50372686