

高压ガスを用いた簡易腰補助装置の開発

○瀬川 雄士朗 (東京理科大学), 小林 宏 (東京理科大学, (株) イノフィス)

Development of the Lower Back Support Device with High-Pressure Gas

○Yushiro SEGAWA(Tokyo Univ. of Science) and
Hiroshi KOBAYASHI (Tokyo Univ. of Science, INNOPHYS Co. Ltd.)

Abstract: Lower back pain is the most serious problem for workers in various fields and therefore sophisticated and simple solution are required. As one solution, we have been developing Muscle Suit using pneumatic artificial muscle though, due to the size of artificial muscle, there is a limit to the miniaturization of Muscle Suit. Therefore this paper shows a new compact device using a gas spring.

1. 緒言

科学技術の発達によって、様々な労働現場において機械化が進み、労働者の肉体的な負担は減少しつつある。しかし、機械化が難しい現場は未だに数多く、業務上疾病は依然として存在している。平成29年度の厚生労働省の調査報告⁽¹⁾によると、休養4日以上を必要とする業務上疾病7,844件のうち、その約65%を占める5,078件が腰痛である。これに対して、厚生労働省は、職場における腰痛予防対策指針⁽²⁾を打ち出している。その中で、重量物の取り扱い、人力による人の抱上げ作業、不自然な姿勢、急激又は不用意な動作を腰痛の動的要因として挙げており、適切な補助器具や道具による自動化・省力化を予防対策として示している。

このような背景のもと、労働者の腰部への負担軽減を目的に、著者らは装着型筋力補助装置：腰補助用マッスルスーツ[®]を開発、販売し、これまでに3,400台以上を出荷してきた⁽³⁾⁻⁽⁷⁾。空気圧駆動のMcKibben型人工筋肉をアクチュエータとして採用しているという特徴があるが、このことにより小型化に限界があった。そこで新たに、ガススプリングを採用することで、よりコンパクトな腰補助装置を開発したので報告する。

2. 簡易腰補助装置の開発

2.1 動力

本装置では、ガススプリングを動力源として使用している。図1に、使用するガススプリングを示す。ガススプリングは、シリンダー、ロッド、及び取付部で構成されており、密閉されたシリンダー内には高压ガスが封入されている。ピストンを動かすことでこのガスが圧縮されて反力を発生する。バネとは違い、初期反力が強く、その後緩やかに反力が強くなる。その変化は、一般的にガススプリングの長さの変化量(ストローク)に比例する。軽くて小さいが、大きな反力を得られること

が特徴である。本装置では、ロッド直径6mm、シリンダー直径15mm、長さ(取付部の軸穴間)218mm、ストローク80mm、質量86gで、ガス反力(最大長-10mm時)400Nのものを2本使用している。

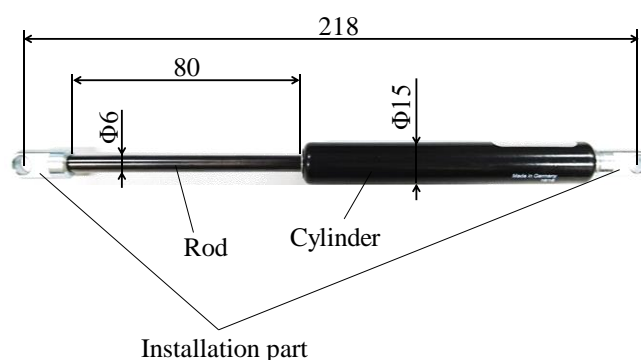


Fig.1 Gas spring

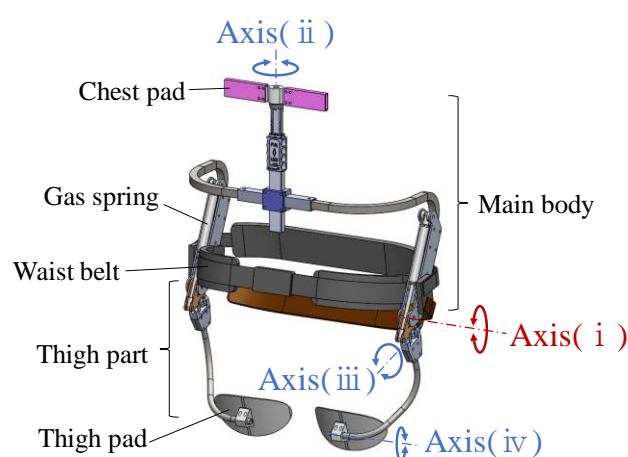


Fig.2 Structure of device

2.2 構成

図2に構造を示す。本装置は、ガススプリング、本体部、腿部、腰ベルトから成り、本体部と腿部の先にはそ

それぞれ、胸パッド、腿パッドがあり、体に接触するため、柔らかい素材を取り付ける。軸(i)は、本体部と腿部を接続する軸で、ガススプリングにより補助トルクを発生する能動回転軸である。軸(ii)は、装着者の体のひねりに応じて、胸パッドの左右回転を実現する受動回転軸である。軸(iii)は、股関節を開くための受動外転軸、軸(iv)は、腿パッドが腿に常に触れるようにするための受動回転軸である。

装着時は、腰ベルトで装置を体に固定する。装置の腰の回転軸と、体の股関節回転軸とを一致させる。この時、胸パッドの高さは、胸の上部、鎖骨のやや下とする。

以上のように本装置は、補助トルクを胸と腿前面で与えるため、体の背面には何もなく、狭い通路の通り抜けや、狭い場所での作業、また、装着したままでのフォークリフトなどの機器の運転も可能になることを想定し、特徴としている。

2.3 動作原理

装置の動作原理について説明する。図3の簡略図において、上図は人が装着した状態での全体の動き、下図は主にガススプリングの動きを示している。装置を装着し、しゃがみこむ動作や上体を前に倒す動作を行うと、腰の回転軸(i)周りに本体部と腿部は近づくように回転し、ガススプリングは収縮する。収縮したガススプリングは反力を発生し、胸パッド及び腿パッドがこの力を装着者の体に伝える。その結果、装着者は、立ち上がり又は上体を起こす動作に対する補助力を得る。

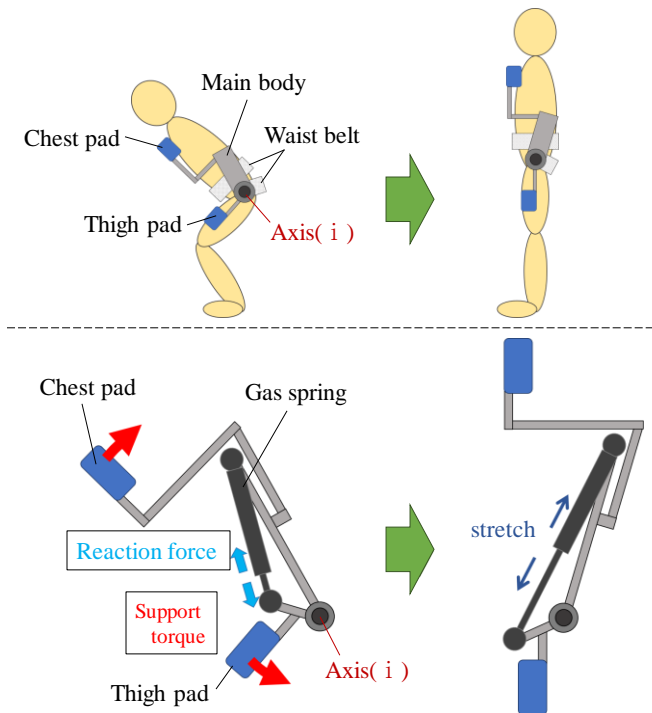


Fig.3 Support mechanism

2.4 補助力変化

本装置の補助力は一定ではなく、軸(i)の回転に伴うガススプリングの収縮量により変化し、補助力 T の変化は、図4に示す4つのパラメータ (x, y, r, t) で(1)式のように設定できる。

$$T = \frac{Flm}{D} \sin(\alpha - \theta) \quad (1)$$

ただし、

$$l = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2)$$

$$m = \sqrt{r^2 + t^2} \quad (3)$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{l^2 + m^2 - D_0^2}{2lm} \right) \quad (4)$$

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{t}{r} \right) \quad (5)$$

$$X = -l \cos(\alpha + \beta - \theta) \quad (6)$$

$$Y = l \sin(\alpha + \beta - \theta) \quad (7)$$

$$D = \sqrt{(X + r)^2 + (Y - t)^2} \quad (8)$$

F はガス反力、 D_0 はガススプリングの自然長、 θ は回転角である。

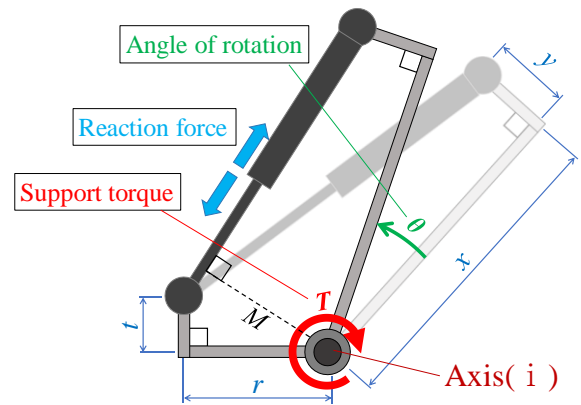


Fig.4 Parameter setting

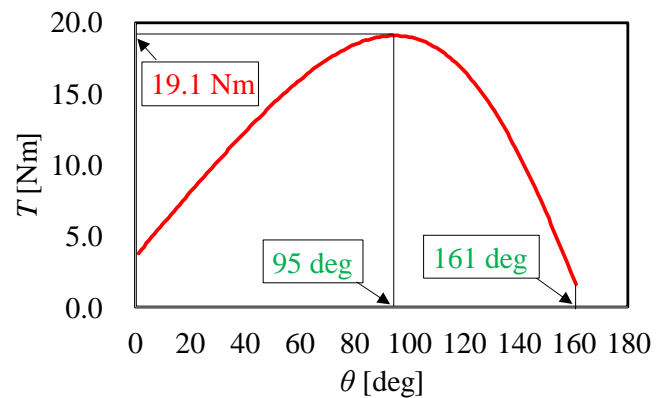


Fig.5 Support torque

本装置ではひとまず、最大 40 Nm（左右各 20 Nm）を、90 度前傾した際に実現する仕様とし、これを実現するために、 $x = 172.7$, $y = 45$, $r = 40.6$, $t = 0$ とした。図 5 に補助力 T [Nm] の回転角 θ [deg] に対する変化のグラフを示す。最大補助力は 19.1 N, 最大回転角は 161 deg となっている。この仕様では、回転角が小さいうち、つまり、しゃがみ始めは補助力が緩やかに増加し、しゃがみづらくなる後半において補助力が減少するようになっている。

この補助力の変化や可動範囲は、4 つのパラメータ (x , y , r , t) により様々に変更可能であり、ニーズに基づき適切な値を選ぶことが可能である。

3. 結言

本研究では、腰への負担を軽減する、高圧ガスを用いたガススプリングによる簡易腰補助装置を開発した。今後は、実際の現場でその効果や装着感を確かめると共に、どのような補助力変化が好ましいかを検証し、早期の実用化を目指す。

文 献

(1) 厚生労働省, 業務上疾病発生状況等調査 (平成 29 年), 第 1 表 業務上疾病発生状況 (業務別・疾病

別) (2017)

- (2) 厚生労働省, 職場における腰痛予防対策指針の改訂の概要等 別添資料, pp1~3 (2013)
- (3) H.Kobayashi, J.Aoki, H.Hosono, T.Matsushita, Y.Ishida, K.Kikuchi and M.Koseki, Concept of Wear-type Muscular Support Apparatus (Muscle Suit), Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp.3236-3241, Washington,DC, (2002-05)
- (4) <https://innophys.jp/>
- (5) 佐藤裕, 何佳欧, 小林寛征, 村松慶紀, 橋本卓弥, 小林 宏, "腰補助用マッスルスーツの開発と定量的評価", 日本機械学会論文集 C 編, Vol.78, No. 792, pp. 2987-2999, 2012.
- (6) 村松慶紀, 所 晃史, 小林 宏, "マッスルスーツの開発と評価 (表面筋電図を用いた補助動作の評価)", 日本機械学会論文集, Vol. 83 (2017) No. 847 p. 16-00078
- (7) 佐藤千恵, 横矢重治, 渡邊博美, 梅原英之, 中村裕紀, 小林宏, "腰補助用マッスルスーツ(R)のフィールドテスト (物流の作業現場への適用)", 日本機械学会論文集 C 編, Vol.79, No.806, pp.3525-3538, 2013