空気式パワーアシストロボットの開発

○佐々木大輔*

Development of Pneumatic Power Assist Robot

Daisuke SASAKI*

The purpose of this study is to develop power assist device, which is easy to use like normal clothes and does not restrict movement, and portable air supply system. User can be assisted by wearing this one on which the pneumatic soft actuator, which has a high power weight ratio and a light weight, is put. The developed air supply system, which can retrieve compressed air from an actuator, is effective to decrease energy consumption. This air supply system is effective to downsize whole system. In addition, the developed valve has features such as small size and light weight, by using pneumatic soft actuator. In this paper, outlines of the developed power assist wear, and portable air supply system, air-operated valve are described.

Key Words : Pneumatic, Wearable robot, Soft actuator, Compressor, Energy saving

１．はじめに

本研究は衣服と同程度の着用性をもつパワーアシストロボットの実現に取り組んでいる．衣服と同程度の着用性を実現するため開発したパワーアシストロボットの駆動には，布材料およびゴム風船から構成される空気圧ソフトアクチュエータを使用している．このソフトアクチュエータを衣服生地内に配置することで，外観や装着性は通常の衣服でありながら使用者の動作補助が可能な内骨格型のパワーアシストウェアを実現している．

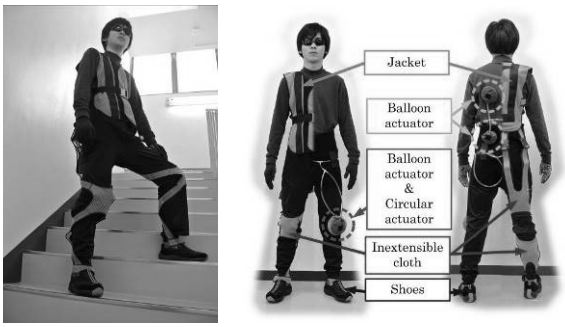
また，空気圧アクチュエータの駆動には，コンプレッサ，ポンプなどの空気源ならびにエアバルブなどで構成される空気圧供給システムが必要である．上記のパワーアシストウェアを日常生活で使用するためには，空気圧供給システムにも携帯性が求められる．携帯性に優れる空気源を実現するため，駆動対象から排気される圧縮空気を回生可能な空気圧供給システムならびに軽量なエアバルブを開発した．

以下では，パワーアシストウェアならびに小型空気圧供給システムおよびエアオペレートバルブについて紹介する．

２．膝・腰関節用パワーアシストウェア

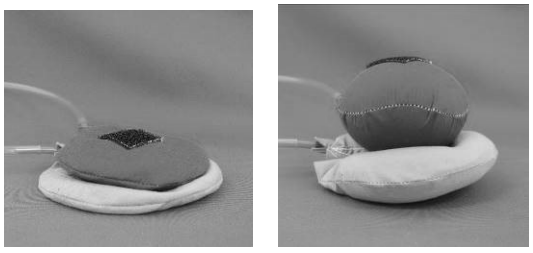
Fig.1 に開発したパワーアシストウェア[1)]の外観を示す．本ウェアは同図(b)の様にアクチュエータ，張力伝達用布材，上着，インナーウェア，アウターウェア，靴から構成されている．靴を除いたウェア全体の重量は約 1800[g]であり，通常の衣類と同程度である．使用した空気圧ソフトアクチュエータの外観を Fig.2 に示す．本アクチュエータはゴム風船を布で覆ったバルーンアクチュエータと円環状アクチュエータから構成される．円環状アクチュエータは，曲面形状の膝関節に同じく曲面形状のバルーンアクチュエータを安定に固定する目的で使用すると同時に，膝とアクチュエータの接触面積を増やすことで，アクチュエータから加わる身体への圧迫力を分散している．

膝関節前面，背中に配置したソフトアクチュエータの膨張力を張力伝達用布材により身体各部に伝達することで，膝関節および股関節，腰関節の負担軽減が可能であることを実験的に確認している[1)]．



(a) Overview (b) Structure

Fig.1 Power assist wear



(a)Initial state (b)Pressurized state

Fig.2 Soft actuator for power assist wear

* 香川大学工学部
(〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20)
(E-mail: daisuke@eng.kagawa-u.ac.jp)
* Faculty of Eng., Kagawa University

３．小型空気圧供給システム

本研究で提案する空気圧供給システム [2) 3)]の構成を Fig.3 に示す．Fig.3 中の太い実線は配管を表している．本システムは，従来の空気圧供給システムにある供給機構に加えて，アクチュエータから排気される圧縮空気を回収して再利用する回生機構を付与したシステムである．そのため，本システムではアクチュエータの上，下流側にそれぞれ供給タンク，回収タンクを 1 台ずつ配置する．開発したシステムの性能を測定した結果，ゴム材料を使用した容積可変タンクを用いることで，従来の固定タンクを使用する場合と比較して大幅に消費エネルギーを低減できることを確認した [2)]．

４．空気圧ソフトアクチュエータを用いたエアオペレートバルブ

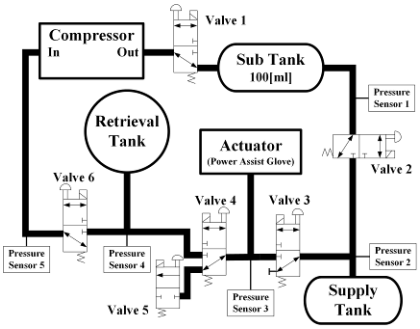
試作したバルブ [4)]の内部構造，外観を Fig.4 に示す．ポリウレタンチューブ（内径 2.5[mm]，外径 4[mm]）を両端に取り付けたシリコーンチューブ（内径 3[mm] 外径 5[mm]），ABS 製固定・駆動パーツ，ソフトアクチュエータ(樹脂ベローズ) によって構成されている．樹脂ベローズの伸縮によりリンク機構を駆動することで，シリコーンチューブを屈曲，伸展させて圧縮空気の流れを切り替える．一本のチューブで管路を構成しているため，有効断面積増大による通過流量を多くすることが期待できる．

４．おわりに

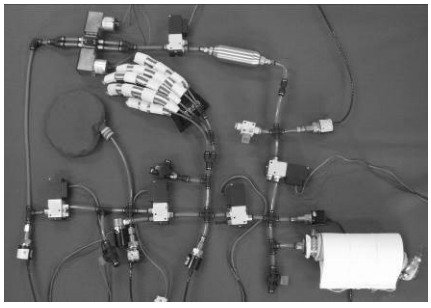
膝・腰関節用パワーアシストウェアならびに小型空気圧供給システム，エアオペレートバルブについて述べた．内骨格型パワーアシストロボットおよびその携帯型空気源の実現可能性は確認できたため，これらの知見を活用し，スタンドアローンで利用可能な空気圧供給システムを内蔵したパワーアシストウェアを実現していきたい．

参考文献

1) Daisuke Sasaki, Masahiro Takaiwa : Development of Pneumatic Power Assist Wear to Reduce Physical Burden, Proc. of the 2014 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, 626/631 (2014)
2) 佐々木大輔，則次俊郎，高岩昌弘，岩脇辰侑：空気圧駆動ウェアラブルデバイスのための小型空気圧供給システムの開発，日本ロボット学会誌，**31**-7, 659/668(2013)
3) 佐々木大輔，高岩昌弘，瀧翔太：空気圧駆動ウェアラブルデバイスのための小型空気圧供給システムの開発−第 2 報 : 空気圧エネルギーの推定と空気圧供給システムの制御−, 日本ロボット学会誌，**33**-7, 490/496(2015)
4) 井上豊，佐々木大輔，高岩昌弘：空気圧ソフトアクチュエータを用いたエアオペレートバルブの開発, 第 17 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2016) 講演論文集, 2302/2304(2016)

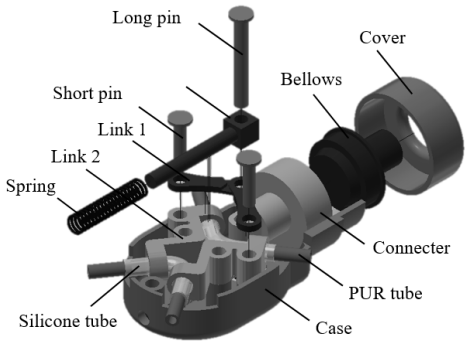


(a) Structure

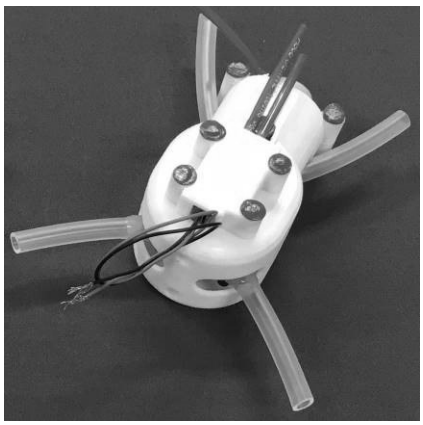


(b) Overview

Fig.3 Air supply system for wearable power assist device



(a) Structure



(b) Overview

Fig.4 Overview of developed valve