

スライドボックス式アクチュエータを用いた パワードスーツの開発

山本圭治郎¹・兵頭和人¹・今井正行¹

¹ 機械工学科

Development of Powered Suit Employing Sliding Boxes Actuators

Keijirou YAMAMOTO¹⁾, Kazuhito HYODO¹⁾, Masayuki IMAI¹⁾

Abstract

In order to lighten hard physical labor of a nurse carrying a patient in her arm, a powered suit which supports the muscular force of the nurse was developed. The powered suit consists of shoulders, arms, waist and legs, made of aluminum, and is fitted on the nurse. The powered suit was originated with the concept of master and slave system in one body. The arms, waist and legs have pneumatic rotary actuators. The pneumatic actuators consist of cocentric round boxes sliding each other with infinitesimal clearance. The slight movements of the arms and legs of the nurse are detected by the strain sensors utilizing conducting rubber.

This paper gives a design and the characteristics of the powered arm, leg and waist using the slide boxes type pneumatic actuators verifying its practicality.

Key Words: Powered assisting suit, Pneumatic rotary actuator, Master and slave system in one body, Conductive rubber strain sensor

1. はじめに

近年、我が国においては、欧米諸国も経験したことのない急激なテンポでの高齢化が進み、2010年頃には65歳以上の高齢者の数が現在の2倍の5人に1になると予想されている。これに伴い、高齢者のニーズにあった福祉機器の早期開発が重要な課題となっている。

特に、寝たきり患者をはじめとする、日常生活に必要な基本動作ができない人々の介護は、自立型ロボットに任せることは危険だけでなく、患者に不快感、警戒感を与え、病状の改善に資する事はなく、将来も、看護婦や家族、あるいは介護士など、優しく老人に接する人々による介護が求められているに相違ない。これを可能にするためには、現在既に問題となっている、抱き起こし・移動・抱き下ろしの一連の介護動作に伴う、介護人に加わる肉体的負担の軽減対策を早期に実現しなければならない。

我々は、介護人が体に装着することによって、簡便

に肉体的負担を大幅に軽減することのできる、パワーアシスト装置を開発することを最終目標として、マスタとスレーブが一体となったパワードスーツの開発を進めてきている。一連の開発において重要な問題は、第1に、人体の滑らかな動作を損なうことなく、柔らかくに力を添えることのできるアクチュエータの開発であり、第2に、介護人の手、足、腰の微妙な動きを検出し、これに応じた操作量をアクチュエータに供給するセンシングシステムの開発である。初期の開発段階において、第1の問題は、ラバーチューブを利用して、空気圧によりこれを膨張・収縮させる単純な構造を持ち、小型で大出力を発生できるアクチュエータを開発し(1)、(2)、第2の問題は血圧測定用カフによる検出法、及び、ストレイン・ゲージによる検出法を開発し、カフ利用法が優れていることを確認した(3)~(5)。

本報は、より優れたものを目差して、新たに開発したスライドボックスロータリアクチュエータとアーム、レッグ、ウエスト部およびこれらを組み合わせたパワ

ードスーツ及び導電性ゴムを利用した感圧センサを用いたトータルシステムの動作特性を報告する。

2. 構造

パワードスーツの組立図をFig. 1に示す。介護人の身長が170[cm]と想定した。アーム部、ウエスト部及びレッグ部からなり、肘関節、腰関節及び膝関節にそれぞれロータリアクチュエータを取り付けてある。

2. 1 アーム部

Fig. 2に示すように、肩部には前後方向と横方向の2つの関節を備え、片持ち構造の弱点を補うためにガイドレールを設けている。肘部関節には可動角度に制限は付けず、したがってアクチュエータの可動角度に従うことになる。材料は軸受けを除いて、全てアルミである。

2. 2 ウエスト部

介護者が肩で担ぐように着込む構造とし、Fig. 3に示すようにアクチュエータの出力を4節リンク機構により本体に伝える構造とした。可動角度範囲は60度である。

2. 3 レッグ部

レッグ部は患者の抱き上げ動作と、歩行動作との観点から設計した。Fig. 4に示すように、股関節部は前後方向と開方向に可動であり、可動範囲はそれぞれ30

度である。片持ち構造であるため、ガイドレールを設けて補強し、動きを滑らかにした。膝関節部の可動角度範囲はアクチュエータのそれにより決まり、60度である。

足首関節部は前後方向と開脚方向に可動であり、可動角度範囲はそれぞれ30度及び40度である。

2. 4 アクチュエータ

従来用いてきたゴムチューブ式アクチュエータはゴムの膨張、収縮特性を持つ強い非線形性により、所期の性能を得ることが困難であったので、ゴムチューブを除いたスライドボックス式アクチュエータを試作した。Fig. 5に構造を示す。寸法がわずかに異なる2つの扇形の箱（同図A, B）を組み合わせて、内部に空気圧を供給することによって固定側ボックスAに対して、ボックスBが回転運動をし、回転力を発生するものである。ボックスBの外径及びボックスAの内径の寸法差（クリアランス）は、摩擦が少なく、かつ空気漏れが少なくなるよう製作した。材料は試作の容易さからアクリル樹脂を用いた。

2. 5 センシング

Fig. 6の動作システム図に示すように、導電性ゴムの感圧センサ（同図A, B, C）をそれぞれ、手首、足の裏、首の後ろに装着する。感圧センサは導電性ゴムを2枚の電極ではさんだ構造をしており、加重に応じた電圧を出力する。センサAに加重がかかった時にはアーム部に、センサBへの加重に対してはレッグ部に、センサCへの加重に対してはウエスト部にそれぞれのセンサ出

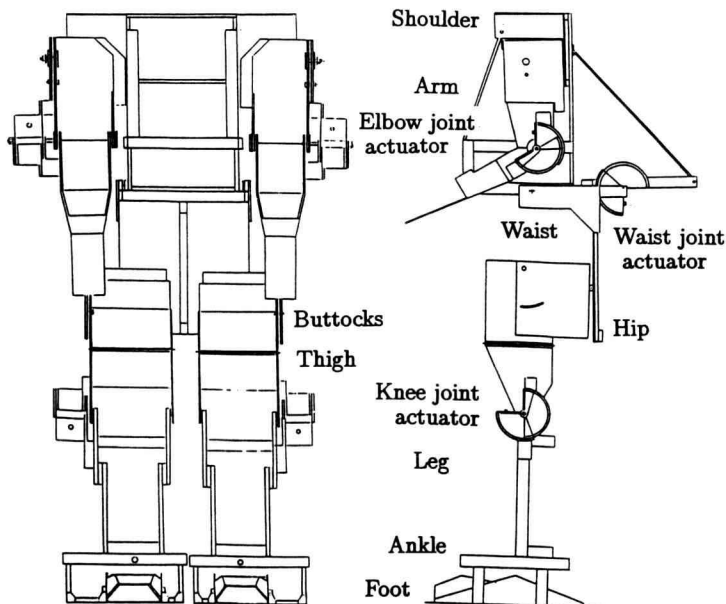


Fig.1 Powered Suit

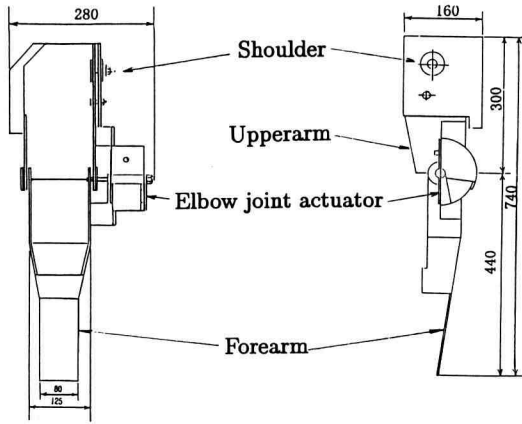


Fig.2 Powered Arm

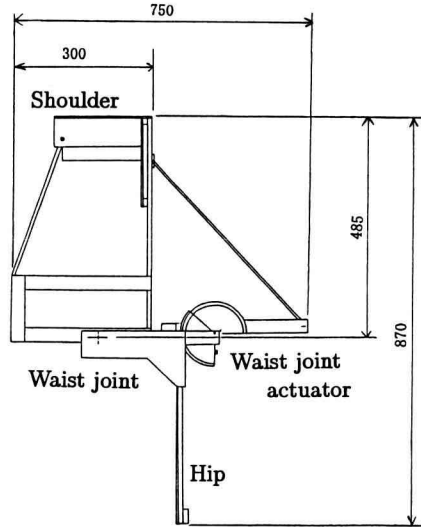


Fig.3 Powered waist

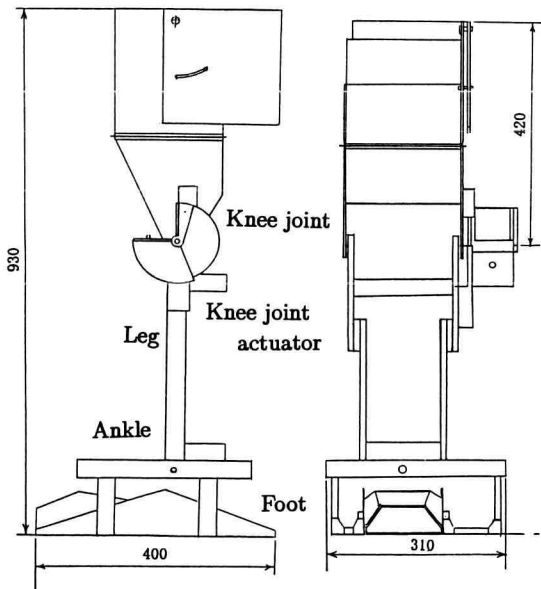


Fig.4 Powered leg

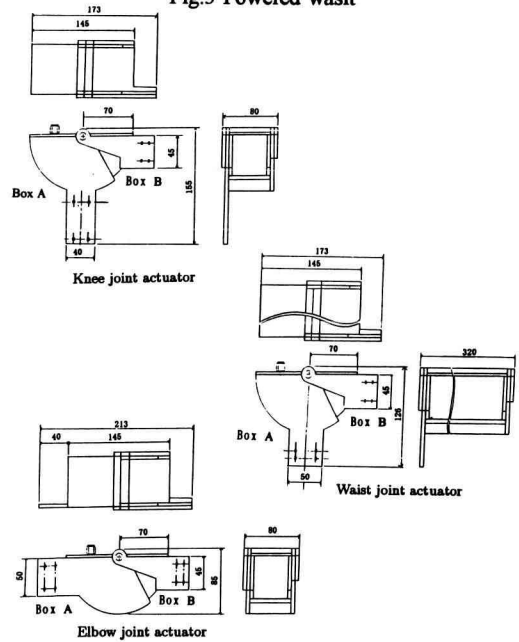


Fig.5 Pneumatic rotary actuators

力に応じた圧力供給がなされ、介護動作の補助を行うようにパワードスーツを制御している。

3. 実験結果

パワードスーツを体に装着し、一連の抱き上げ、抱き下ろし動作を行った。

3.1 アクチュエータの出力-供給圧力特性

肘関節用と膝関節用のロータリアクチュエータは同様の特性を持つ。Fig.7に肘関節用アクチュエータの特

性を示す。直線性は十分であったが、ヒステリシスが残った。

腰部用ロータリアクチュエータの特性をFig.8に示す。アクチュエータのスライド部からの空気漏れが多く、十分な供給圧力が維持できず、十分な出力が得られず、ヒステリシスがみられた。直線性は肘、膝関節用アクチュエータに比べて劣った。

3.2 動作特性

Fig.9,10,11にそれぞれ腕部、腰部、脚部の動作特性実験のレイアウトを示している。いずれも導電ゴムを

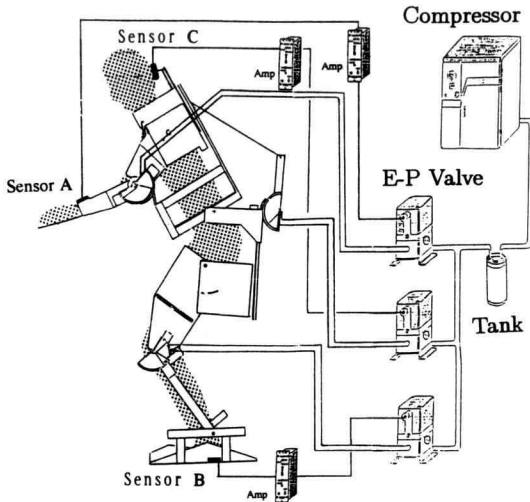


Fig.6 Sensing and control system of powered suit

用いた圧感センサにより各部位の動きを検出し、これに応じて電空比例弁からロータリアクチュエータに空気を供給し、各関節に回転力を与える。回転角度はポテンショメータにより検出した。

i) アーム部の動作特性

介護者の腕にパワードアームを装着し、一連の抱き上げ動作を行った時の、感圧センサ出力に比例したアクチュエータへの供給空気圧力と、肘関節の回転角度の経時変化をFig. 12に示す。腕の動きを感圧センサが俊敏にとらえ、肘関節アクチュエータの立ち上がりは多少急であるが、肘関節の回転は比較的スムーズに行われている。

ii) ウエスト部の動作特性

パワードウエスト装着時の動作特性はFig. 13に示すように、感圧センサが介護者の姿勢をよく検出し、これに応じてアクチュエータへの供給圧力がスムーズに変化し、腰の回転力を補助している。

iii) レッグ部の動作特性

パワードレッグ装着時の動作特性は、Fig. 14に示すように、感圧センサにより介護者の膝の動きを良く検出し、これに応じたアクチュエータへの供給圧力変化が得られ、膝関節の回転がスムーズに行われている。

iv) パワードスーツの動作特性

全てを統合したパワードスーツを体に装着し、Fig. 6に示した患者抱き上げ、抱き下ろしの一連の動作を行った動作特性をFig. 15に示す。導電性ゴムセンサが検出した電気信号に比例した各関節アクチュエータへの供給圧力と、各関節の回転角度の経時変化を示している。センサにより検出された一連の動作信号に応じて、各関節が回転し一連の抱き上げ、抱き下ろし動作が行われた。

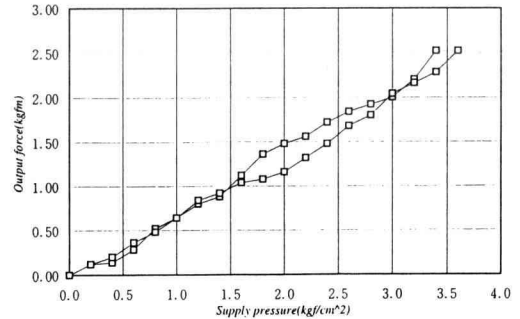


Fig.7 Characteristics of elbow actuator

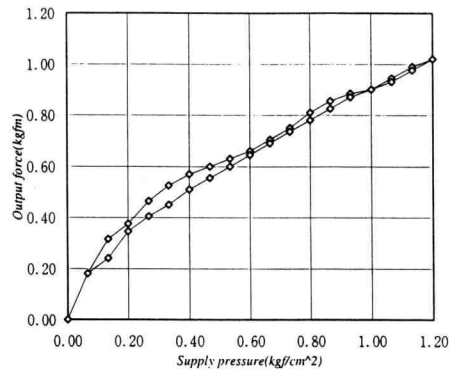


Fig.8 Characteristics of waist actuator

4. おわりに

本論文では、パワードスーツ機能改善のためにスライド式ロータリアクチュエータを開発を行い、パワードスーツの介護動作における性能試験を行った。

今後の問題点としては、アクチュエータの圧力損失の低減、システムの小型・軽量化、より介護者の動きを的確に検出するためのセンシングシステムの開発などが挙げられる。

5. 参考文献

- (1) 山本圭治郎 他：パワードアーム用空気圧アクチュエータの開発，平成3年秋期油空圧講演会論文集（JHPS），1991
- (2) 山本圭治郎 他：介護用パワードアームの開発—空気圧アクチュエータ，JSME, D&D'92講演論文集，1992
- (3) 山本圭治郎 他：介護用パワードアーム，第8回流体制御シンポジウム講演論文集（SICE），1993
- (4) Yamamoto, K.: Powered Arm and Leg for Assisting Nurse Labor, Proc. 1st Asian Control Conference (SICE), 1994
- (5) 山本圭治郎 他：介護用パワードスーツの開発，第9回流体制御シンポジウム講演論文集（SICE），1994
- (6) 山本圭治郎、兵頭和人、今井正行：ゴム式アクチュエータを用いたパワードスーツの開発、神奈川工科大学研究報告B理工学編、20号、1996

(7) 山本圭治郎、兵頭和人、松尾崇：介護用パワードスーツの試作、日本機械学会第72期通常総会講演会論文集、1995

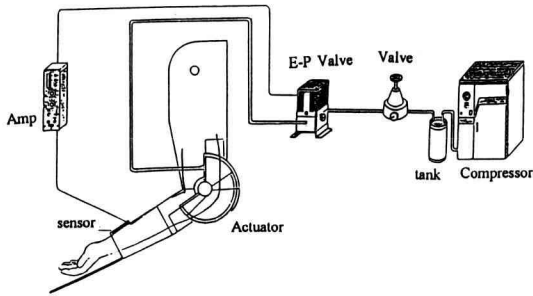


Fig.9 Sensing and control system of powered arm

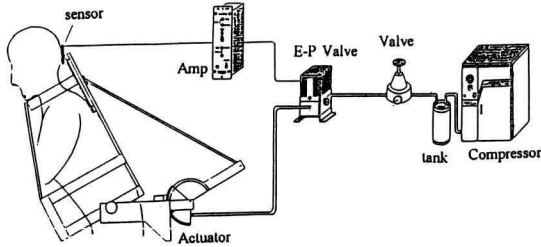


Fig.10 Sensing and control system of powered waist

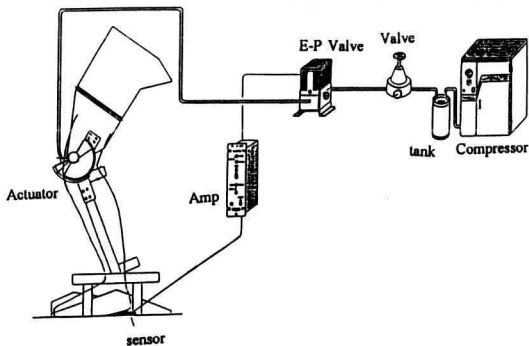


Fig.11 Sensing and control system of powered leg

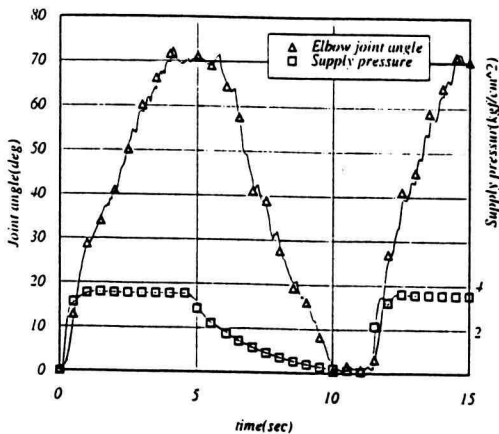


Fig.12 Operation characteristics of powered arm

(8) 山本圭治郎、兵頭和人、松尾崇：介護用パワードスーツの開発、第13回流体計測第10回合同シンポジウム講演論文集 (SICE), 1995

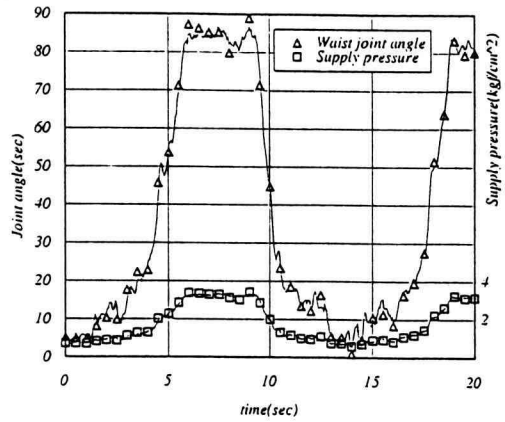


Fig.13 Operation characteristics of powered waist

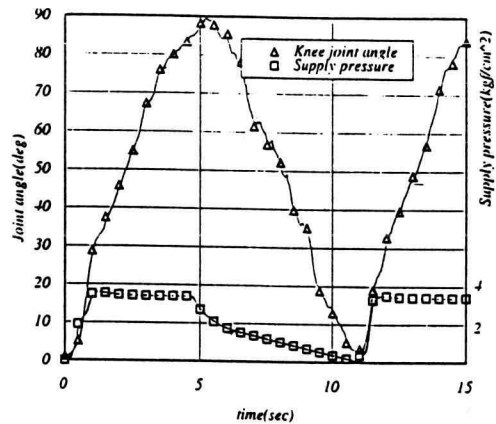


Fig.14 Operation characteristics of powered leg

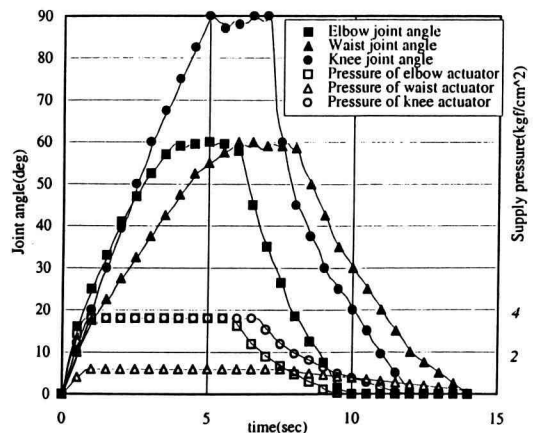


Fig.15 Operation characteristics of powered suit