

報告日： 2024年 1月 9日
報告者：滋賀県立大学 先端工学研究院
西岡 靖貴

1. 研究概要

(和文)

(1) 課題名

体位変換作業を支援する空気圧ソフトマットの設計

(2) 研究者氏名、職名

西岡 靖貴, 講師

(3) 研究概要

本研究では、プラスチックフィルム製の軽量・柔軟なソフトアクチュエータを用いた介助システムに着目している。プラスチックフィルム製の空気圧ソフトアクチュエータは、空気圧のクッション性により身体にフィットする利点がある。また、軽量で非加圧時には薄いため、寝具の下に設置して使用することが可能である。さらに、低圧で動かすことができるためシステム全体が小型になり、在宅での使用も容易となることが期待される。

本課題では、マイクロコンピュータと電磁弁を用いて、複数のプラスチックフィルム製のアクチュエータを同時に操作する基盤となるシーケンス制御システムを構築し、仰臥位から側臥位、腹臥位への体位変換を実現する機構を実験的に示した。また、仰臥位から側臥位への体位変換などにおける前段階の工程として行われる水平移動介助に着目し、仰臥位姿勢における水平移動の適切な軌跡の生成方法について検討し、また実現するためのアクチュエータの設計・製作と制御方法を考案した。

(4) キーワード

空気圧, ソフトアクチュエータ, 看護・介護支援

(英文)

(1) Research title

Design of Pneumatic Soft Mat to Support Postural Change Work

(2) Name of researcher with title of position

Yasutaka Nishioka, Assistant Professor

(3) Summary

In this research, we focus on an assistance system using a lightweight and flexible soft actuator made of plastic film. Pneumatic soft actuators made of plastic film have the advantage of fitting to the body due to the cushioning properties of the air pressure. Additionally, it is lightweight and thin when not pressurized, so it can be placed under bedding. Furthermore, since it can be operated at low pressure, the entire system will be smaller, and it is expected that it will be easier to use at home. In this project, we have used a microcomputer and a solenoid valve to construct a sequence control system

that is the basis for simultaneously operating multiple plastic film actuators, and changes the body position from supine to lateral to prone. We experimentally demonstrated the mechanism that realizes this.

In addition, we focused on horizontal movement assistance, which is performed as a preliminary step in changing body position from supine to side, and investigated methods for generating appropriate trajectories for horizontal movement in the supine position, and developed actuators to achieve this. We devised a method for designing, manufacturing, and controlling the system.

(4) Key Words

Pneumatics, Soft Actuator, Nurse assist

2. 本研究の意義、特色

安全にかつ効率的に体位変換を実現するために複数のソフトアクチュエータ群の設計方法・システム構成法、及び制御方法について検討した。現状の大型の体位変換機器に比べ、軽量かつ小型であり、安価に構築可能と考えられる。被介助者一人での操作より、現状の介助の支援につながることを目的とし、独特の柔軟性により人の姿勢に倣いながら駆動できることが特徴である。また、2次元平面のフィルムから3次元の動作を生成するための設計方法が大きな特色である。体位変換介助を支援するソフトアクチュエータにより、介助側・被介助側ともに精神的・身体的な負担を軽減することが期待できる。

3. 実施した研究の具体的内容、結果

近年、高齢者の人口は増加傾向にある。我が国の総人口（2020年9月15日現在推計）は、前年に比べ29万人減少している一方、65歳以上の高齢者人口は、3617万人と、前年（3587万人）に比べ30万人増加し、過去最多となった。そして同様に高齢化による寝たきり状態の要介護者も増えつつある。平成30年3月末に要介護者認定者数が641万人だったのに対し、令和1年では658万人であり、17万人増加している。高齢者や重度の障がいをもった方が長時間ベッドで同じ体勢を取り続けてしまうと、褥瘡（床づれ）が生じる可能性がある。褥瘡が進行すると、皮下組織のみならず、筋肉・骨を冒し、全身衰弱あるいは直接生命にも危機をもたらす重篤な合併症となり、敗血症などにより死に至ることもあるといわれている。そこで、褥瘡を予防するためには、介助者による一定時間ごとの体位変換の補助が必要となる。高橋氏らの調査によると、患者の身体状況に合わせたポジショニングを実施した結果、捻じれや過剰な圧迫による痛みが除去または緩和され、体性一循環促進反射の安定が得られた。体位変換においては基本的に2時間を超えない範囲での介護が望ましく、夜間の睡眠時においても同様の周期で行う必要がある。しかし、介助者が体位変換を補助するのは介助者、被介助者ともに精神的、身体的負担が大きい。

本研究では、プラスチックフィルム製空気圧ソフトアクチュエータを使用し、介助者、被介助者の身体的負担を減らしつつ体位変換可能を可能とする空気圧式ソフトマットを提案する。プラスチックフィルム製ソフトアクチュエータは軽量かつ空気圧独自のクッション性があるという特徴から、人に優しい体位変換を実現できると考えられる。また、低圧で駆動させることが可能なため、ベッドの下部の空間程度のコンプレッサで駆動させることが可能である。さらに、薄くて低剛性なので専用のベッドを用いる必要はなく、マットや布団などの下に敷くことでシステムが構成できるので、設置が容易にできる。本研究の成果について大きく分けて「体位変換機構」と「水平移動機構」の二つに分けて報告する。

「体位変換機構」

本研究のソフトマットは、高齢化による寝たきり状態などの、自分自身で体位変換することが困難な要介助者を対象としている。対象となる動作は、仰臥位(仰向けに寝た状態)から腹臥位(うつ伏せに寝た状態)への体位変換の動作とする。介助者が体位を変換するときには腕体を持ち上げ腰を回転させることで、体位変換させている。そこで本研究では、プラスチックフィルム製の空気圧ソフトアクチュエータを用いて、体を持ち上げて回転させる役割をもつ起き上がり用アクチュエータ、体を受け止めて支える役割を持つ受け止め用アクチュエータ、体位変換する上で、呼吸しやすい体位を維持する役割を持つ上半身支持用の補助アクチュエータの三種類で構成されるソフトマットを実現した。

図 1 に、仰臥位から腹臥位の体位変換を示す。また、起き上がり用アクチュエータの圧力を p_1 、受け止め用アクチュエータの圧力を p_2 、上半身支持用の補助アクチュエータの圧力を p_3 とする。仰臥位から腹臥位への体位変換は、まず初めの状態から、受け止め用アクチュエータを加圧し、体を支える準備をする。その後受け止め用アクチュエータは側臥位から腹臥位への体位変換までの間、空気が漏れないようにする。次に起き上がり用アクチュエータを加圧させ、仰臥位から側臥位へ体位変換させる。その後受け止め用アクチュエータは被介助者の自重によって体を支えながら収縮する。次に、上半身支持用の補助アクチュエータを加圧し、呼吸しやすい体位を保てるようにする。その間起き上がり用アクチュエータから空気が漏れないようにする。そして、起き上がり用アクチュエータをさらに加圧させることで、腹臥位の状態にし、体位変換が完了する。

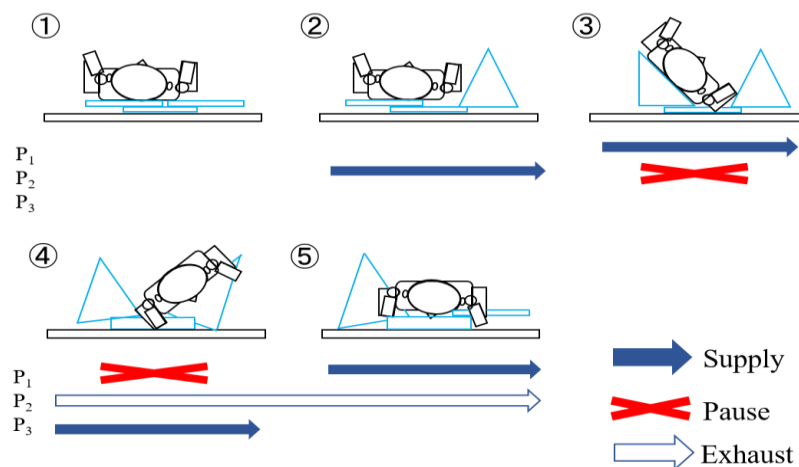


Fig. 1 Image of positions conversion of supine to prone position

仰臥位から伏臥位への体位変換機能を有するソフトアクチュエータ群の駆動の様子を図2に示す。図のように動作シーケンス通りに体位変換を実現した。コンプレッサ、バルブの種類や数について、いくつかの駆動システムにより検討した結果、2分弱程度で一連の動作が実現できることを示した。



Fig.2 Transition of operating soft mat

「水平移動機構」

次に、水平移動機構について報告する。前述した体位変換の実現には、対象者の位置や体型が重要となる。特に、現段階では体位変換の実現には初期の位置が重要となる。本システムを使用しない場合においても、介助における対象者をベッドの位置に対して上下左右に水平移動することは、様々な介助の前工程となる重要な介助動作である。一方で、本動作についても介助側への身体的負担は大きい。本介助動作を支援するシステムを提案した。

プラスチックフィルム製の三角柱型のアクチュエータ 3 つと直方体アクチュエータ 2 つを用いて水平移動を実現する。水平移動の機能を有するソフトアクチュエータ群の動作結果を図 2 に、その原理図を図 3 に示す。三角柱状のアクチュエータと楕円体状のアクチュエータを用いて、人の重力を利用した水平移動となっている。本アクチュエータ群の結果、141 秒で 200mm の水平移動を実現した。

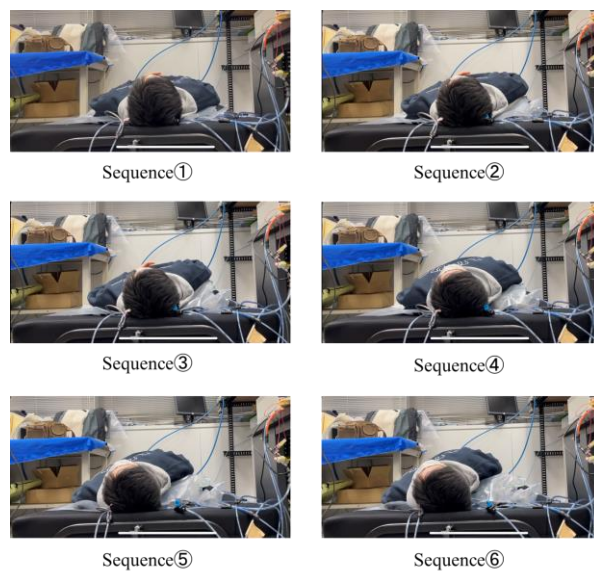


Fig.2 Actual horizontally move

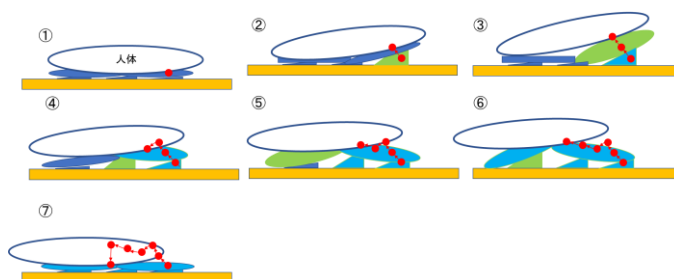


Fig. 3 Operating principle

4. 本研究を実施したグループに属する主な研究者の氏名、職名

西岡靖貴 滋賀県立大学 先端工学研究院 講師

5. 研究実施時期

R3 年 3 月 31 日から R5 年 12 月 31 日まで

6. 本研究に関連して発表した主な論文等

太田 龍之介, 西岡 靖貴, 安田 寿彦, 山野 光裕, “仰臥位姿勢における水平移動支援を目的とした ソフトアクチュエータの開発”, 第 23 回計測自動制御学会システムインテグレ

7. 内外における関連研究の状況

空気圧ソフトアクチュエータを用いた褥瘡予防のマットレスに関する研究例はいくつか見られる。体位変換を促すものも見られるが、大きな変位を有する体位変換・水平移動を実現したソフトアクチュエータは少ないと考えられる。

8. 今後の発展に対する希望

各ソフトアクチュエータの設計パラメータとその特性に関する実験について十分とはいえない。今後は人体に適したアクチュエータ群の設計手法を明らかにする。