

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	低圧駆動可能かつ極軽量なシート状収縮型ソフトアクチュエータの開発
Title(English)	
著者(和文)	平光立拓, 西岡靖貴, 安田寿彦
Authors(English)	Tatsuhiro Hiramitsu, Yasutaka Nishioka, Toshihiko Yasuda
出典(和文)	第32回日本ロボット学会学術講演会予稿集, , , RSJ2014AC1M1-01
Citation(English)	Proceedings of the 34th Annual Conference of the Robotics Society of Japan, , , RSJ2014AC1M1-01
発行日 / Pub. date	2014, 9
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

低圧駆動可能かつ極軽量な シート状収縮型ソフトアクチュエータの開発

○平光立拓(滋賀県立大学) 西岡靖貴(滋賀県立大学) 安田寿彦(滋賀県立大学)

1. 緒言

近年、家庭などの生活環境への機械システムの導入が増加しており、より日常生活空間での運用に適した機械の研究・開発が進められている。多くのロボットは剛性の高いアクチュエータを使用しており、コンプライアンス制御や動作速度・使用空間の制限によって安全性を確保する。

一方で、構造自体が柔軟で本質的に安全なアクチュエータの研究もされている[1]。素材の伸縮性および作動流体の圧縮性により高い柔軟性を有しており、突発的な負荷に対しても柔軟さを発揮することが期待される。代表的なものではゴム材料で出来た空圧駆動型のソフトアクチュエータ[2]があるが、ゴム材料で出来ているために構造の弾性力が強く、極低圧での駆動が難しい。生活環境で扱う機械システムに求められる重要な要素として、安全性に並び、携行性の高さや小型軽量化が可能であることが挙げられ、McKibben 型アクチュエータなどのゴム製ソフトアクチュエータにおいては動力源の小型・軽量化が課題となっている[3][4]。

我々は非弾性かつ軽量柔軟なプラスチックフィルムを用いることによって、低圧駆動可能な様々な極軽量ソフトアクチュエータの開発している[5]。

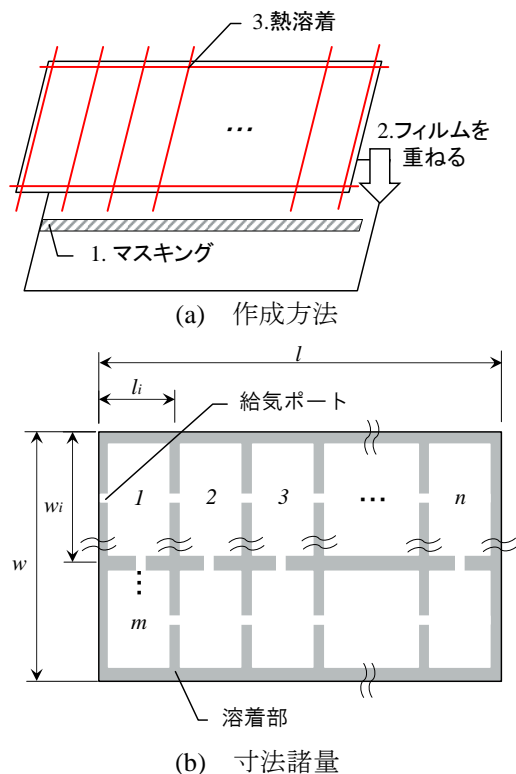


図1 アクチュエータの構造

本稿では多数の袋状要素を直列に配置することで実現した、小型で低圧駆動可能かつ極軽量な収縮型ソフトアクチュエータについて述べるとともに、実験的に確認したその力特性について説明する。

2. シート状収縮型ソフトアクチュエータ

2.1 設計概念と基本構成

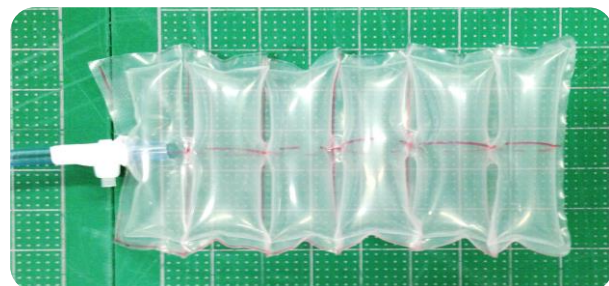
本論で述べる極軽量ソフトアクチュエータは、図1に示すように2枚のプラスチックフィルムの縁を溶着することで製作した袋状要素を長さ方向及び幅方向に直列配置することで、単純な構造変形でありながらより小型で大きな変位を生成する構造になっている。各寸法パラメータを下記に示す。このうち l, w は l_i, w_i, m, n によって決まる従属パラメータである。

- $m[-]$: 幅方向の要素数
- $n[-]$: 長さ方向の要素数
- $w_i[\text{mm}]$: 要素空気室の幅
- $l_i[\text{mm}]$: 要素空気室の長さ
- $w[\text{mm}]$: アクチュエータ全幅
- $l[\text{mm}]$: アクチュエータ全長

図2に示すアクチュエータは $(m, n, w_i, l_i) = (1, 5, 50, 20)$ のもので、供給配管を除いた駆動部質量で約 1.3[g] を実現している。無加圧時は厚みも剛性もほとんどなく、加圧時も厚さは最大 10[mm] 程度と平坦化を実現している。



(a) 非加圧時



(b) 加圧時

図2 駆動の様子

2.2 駆動原理

一つの袋状要素の圧力印加前と印加後の様子を図3に示す。要素一つあたりのフィルムの長さは l_i であり、非弾性材料であるため伸縮しない。このため圧力を印加し要素が膨張する時、溶着部である始点と終点の直線距離は曲線 l_i よりも短くなる。このような膨張構造による収縮変形は収縮量が小さいが、本研究ではこの要素を複数直列に繋ぐことでその変位量を増大させている。

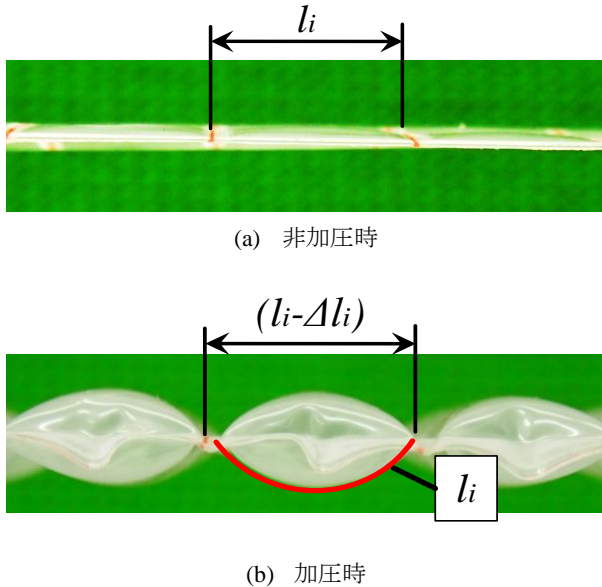


図3 膨張構造の収縮の原理

表1 実験に使用したアクチュエータ

	m [-]	n [-]	w_i [mm]	l_i [mm]
Actuator 1	1	10	20	20
Actuator 2	1	10	40	20
Actuator 3	1	10	60	20

3. 実験的特性評価

3.1 実験方法

各設計パラメータのアクチュエータに圧力を印加した際の収縮力と収縮量の実験的に確認した。表1に実験で用いたアクチュエータの寸法パラメータを示す。

実験に用いた装置を図4に示す。フォースゲージを介して一定の長さ l_p に距離拘束した各アクチュエータ Actuator i ($i=1, 2, 3$) に手動レギュレータと圧力センサを用いて圧力 p を印加する。アクチュエータの収縮方向に直列に設置したデジタルフォースゲージを用いて各条件におけるアクチュエータの収縮力 F_c を測定した。

3.2 アクチュエータの収縮特性

印加圧力 $p=18$ [kPa]および 50 [kPa]における、収縮率 l_p/l に対する収縮力 F_c の変化を図5に示す。図5からわかるように収縮量が小さいほど急激に大きな収縮力を発生する。また、どのアクチュエータにおいても収縮量は最大でも全長の3割程度までである様子が伺える。

収縮率 $l_p/l=0.83$ [-]および 1.00 [-]において、アクチュエータ印加圧力 p を約 50 [kPa]まで変化させたときの収縮率 F_c の実験値を図6に示す。図6の(a)からわかるように収縮率が低い時、このアクチュエータには不感帯があるが、約 5 [kPa]までと極めて低圧かつ狭い範囲である。また圧力 p に対して比例線形的に力が増加していることがわかる。また収縮率が高い時ほど不感帯は小さく、収縮力の増加は圧力の増加に対して小さくなっていく。

どちらの結果からもアクチュエータの形状および、収縮状態によって大きく性能の差があることが読み取れる。実験に用いたアクチュエータのうち最大の性能を示した Actuator 3 では最大印加圧力約 50 [kPa]において、最大収縮力 50.6 [N]を測定した。

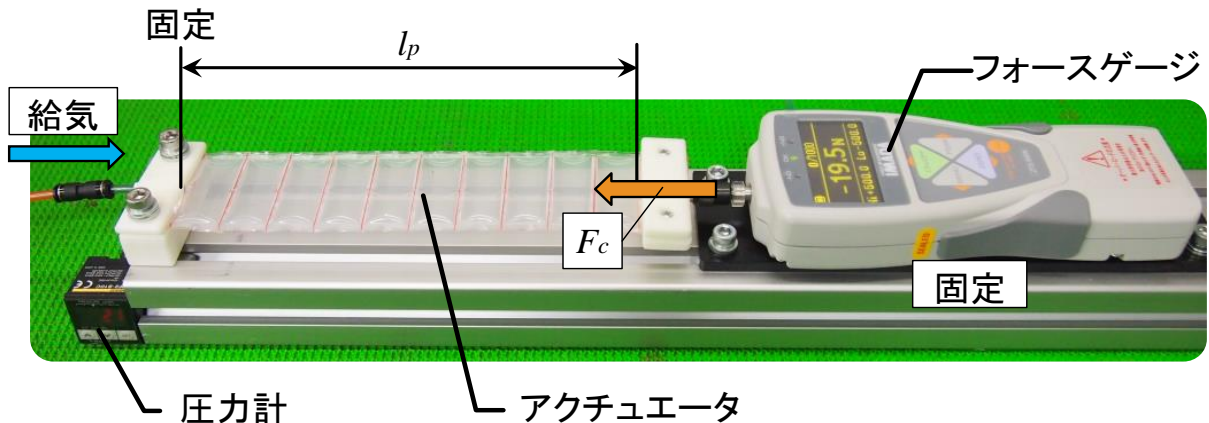
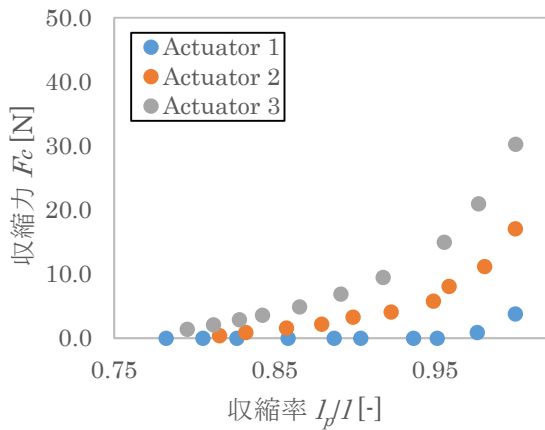
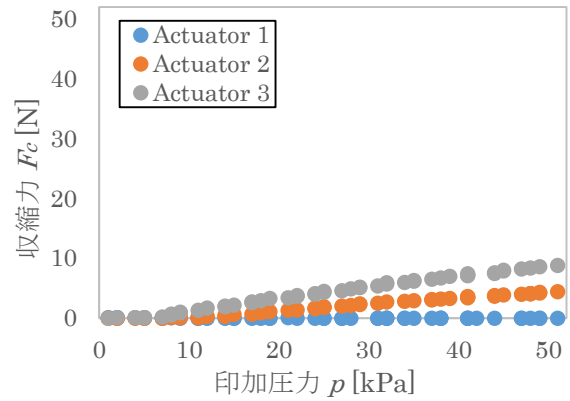


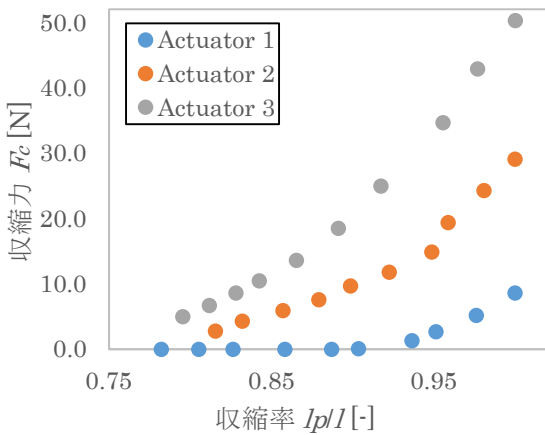
図4 実験装置



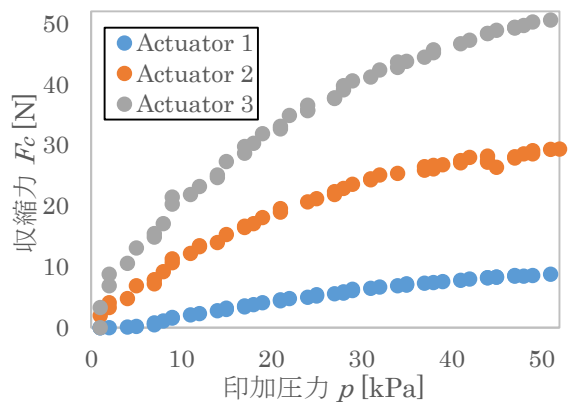
(a) $p=18[\text{kPa}]$



(a) $l_p/l=0.83[-]$



(b) $p=50[\text{kPa}]$



(b) $l_p/l=1.00[-]$

図5 収縮率に対する力特性

図6 印加圧力に対する力特性

4. 結言

本稿では日常生活空間で使用する機械システムに必要な安全性・携行性に関わる重要な要素である、軽量性・柔軟性及び低圧駆動可能性を高いレベルで満たすソフトアクチュエータを提案するとともに、その力特性を実験的に確認した。今回のサンプルのうち、質量 2.5[g], 幅 60[mm]のアクチュエータに圧力約 50[kPa]を印加することで厚さ 6.05[mm], 最大収縮力 50.6[N]を実現した。今後は収縮率と共にアクチュエータの性能に大きく影響を与える要素である、設計パラメータと発生力との関係を明らかにしていく必要がある。

参考文献

- [1] 中村ら：“図解 人工筋肉 -ソフトアクチュエータが拓く世界-”，日刊工業新聞社，初版，2011.
- [2] 鈴木ら：“フレキシブルマイクロアクチュエータに関する研究”，日本機械学会論文集(C編)，55巻518号(1989-10)
- [3] 佐藤ら：“ラバーレス人工筋の開発”，ロボティクス・メカトロニクス講演会2010, 1A1-F08, 2010.
- [4] 辻内ら：“低圧駆動型空気圧アクチュエータの開発と制御性能”，日本機械学会論文集(C編)，73巻732号，(2007-8).
- [5] Y.NISHIOKA *et al.*: “Proposal of an Extremely Lightweight Soft Actuator using Plastic Films with a Pleated Structure”, *19th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice*, pp.491-496, 2012