

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	屈曲型インフレータブルフレキシブルアクチュエータの剛性強化構造の提案
Title	The proposal of structures to reinforce rigidity for Bending type Inflatable and Flexible Actuator
著者	平光立拓, 西岡靖貴, 安田寿彦
Author	Tatsuhiro Hiramitsu, Yasutaka Nishioka, Toshihiko Yasuda
掲載誌/書名	ロボティクス・メカトロニクス講演会2014講演論文集, , , 2A2-N01
Journal/Book name	Proceedings of the 2014 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, , , 2A2-N01
発行日 / Issue date	2014, 5
URL	http://www.jsme.or.jp/publish/transact/index.html
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本機械学会に帰属します。
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

屈曲型インフレーターブルフレキシブルアクチュエータの剛性強化構造の提案

The proposal of structures to reinforce rigidity for Bending type Inflatable and Flexible Actuator

○学 平光 立拓 (滋賀県立大) 正 西岡 靖貴 (滋賀県立大)
正 安田 寿彦 (滋賀県立大)

Tatsuhiko HIRAMITSU, University of Shiga Prefecture, thiramitsu0@gmail.com
Yasutaka NISHIOKA, University of Shiga Prefecture
Toshihiko YASUDA, University of Shiga Prefecture

The mass of robots with multi degrees of freedom is inevitably large due to achieve high accuracy or output force. Lightweight of the robots is important factor in order to use in life space. As methods of lightweight for robots several soft actuators made of rubber material have been developed. In our researches, Inflatable and Flexible Actuator (IFA) has been developed. This actuator is a bag shape made of plastic films. This actuator is very lightweight but the rigidity is not sufficient for utilizing as a life support manipulator. This paper describes several structures to reinforce rigidity for the IFA.

Key Words: soft actuator, pneumatic, stiffness, manipulator

1. 緒言

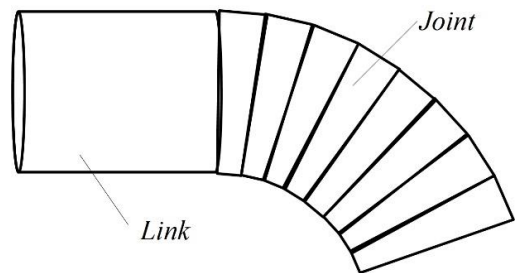
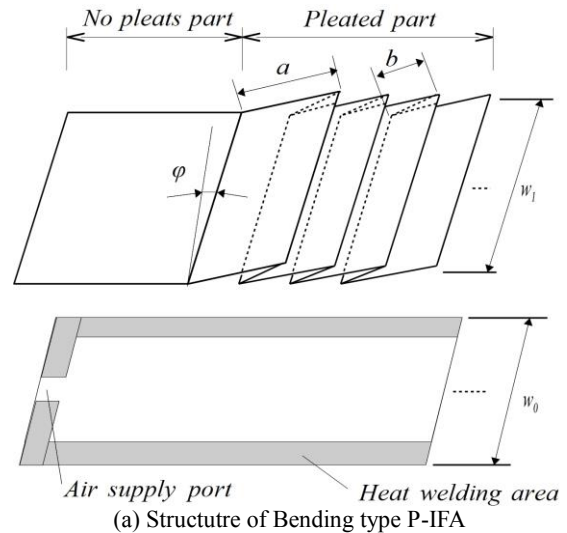
近年、少子・高齢化による職場・家庭への参加人数の減少から個人への期待・負担が増加しており、その緩和のため家庭などの生活空間におけるロボティクス導入が進んでいる。しかしその一方で、自動化された機械が人や生活環境に与える危険性が懸念されている。また、現在利用されている多自由度機械システムでは精度や出力を重視することから大質量になり、生活空間への導入は難しい。そこで昨今では、軽量化・安全性向上への取り組みとして、構造自体が柔軟なソフトアクチュエータの開発が進められている[1, 2].

本研究では、軽量であることが機械の扱いやすさや安全性に関わる重要な要素の一つであることに着目する。我々の開発している IFA(Inflatable and Flexible Actuator)は袋状にしたプラスチックフィルムの内部に圧力を印加することによって構造的な変形を取り出す極軽量ソフトアクチュエータである[3]。高弾性材料の変形に依らないものであるため、低圧での駆動が可能であり、軽量かつ小型なシステムに適していると考えられる。屈曲型 P(Pleated)-IFA の構造を図1に示す。これは上面をプリーツ形状に加工することで材料変形に依らずに大きな屈曲変形を取り出すことが出来る IFA である[4].

本研究では、IFA の課題である低剛性を解決する手段として柔軟・軽量・低圧駆動という特徴を活かしたまま、構造的に強化する構造を提案する。本論では、生活支援用マニピュレータでの利用を目指し、節および関節の各部における強化構造について、実験的にその有効性を評価した。

2. 剛性強化の基本原則

弾性可変の梁に近似される P-IFA に曲げ荷重が加わる時、その表面に軸方向の引張力が生じる。本論では、図2に示すように IFA の内部と外部に弾性構造要素を並列に追加することで、曲げに対する剛性を高めることにした。各要素間を摩擦力によって拘束することで、追加要素の有無を構造的に切り替えることが出来るようにし、柔軟な状態から硬い状態まで、大きく剛性が変化する構造にしている。



(b) Principle model of P-IFA
Fig.1 Example of Bending type P-IFA

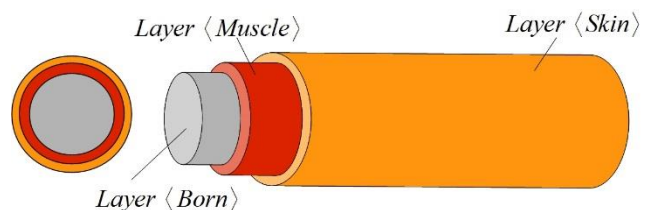
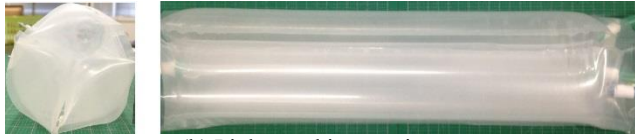


Fig.2 Principle model of reinforced IFA



(a) Schematic model of Link_B

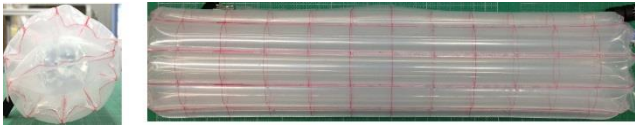


(b) Link_B used in experiment

Fig.3 "Link_B": Reinforced link by inside



(a) Schematic model of Links



(b) Links used in experiment

Fig.4 "Links": Reinforced link by outside

3. 剛性強化構造

3.1 節部分の強化

節部分では、細い梁を複数束ねることで断面二次モーメントが大きな構造にした。提案した内部・外部の構造をそれぞれ図3、図4に示す。内部では、細い梁を細密配置で詰めた構造を提案した。外部では、外周が径方向に膨張しながら周方向に収縮することで内部の要素を締め付ける構造を提案した。

各構造の節を片持ち梁として先端集中荷重を加え、先端のたわみを画像解析によって計測した。各印加圧力における変位と荷重から算出した梁の曲げ剛性 EI を図5に示す。強化していない節 Link_Mと比較すると、内部からの強化を施した節 Link_Bの曲げ剛性が平均1.86倍、外部からの強化を施した節 Linksの曲げ剛性が平均2.61倍に向上した。

3.2 関節部分の強化

関節では、P-IFAの内部に鎖状に連なった小さな可膨張構造を複数詰めた構造を提案した。この構造の概要図を図6に示す。各層がずれることで外部のP-IFAの形状に対して従動的に動く。圧力印加時には内部の要素が膨張することでその流動性が消え、形状を保存する力が働く。屈曲状態における強化要素の圧力印加前後の様子を図7に示す。

強化した関節に曲げモーメントを与え、変化角度を画像解析によって計測した。各印加圧力におけるモーメントと変化角度から算出した関節剛性 k_p を表1に示す。強化構造を適用した関節 Joint_Bが強化していない関節 Joint_Mに比べて平均1.38倍の関節剛性を有していることがわかる。

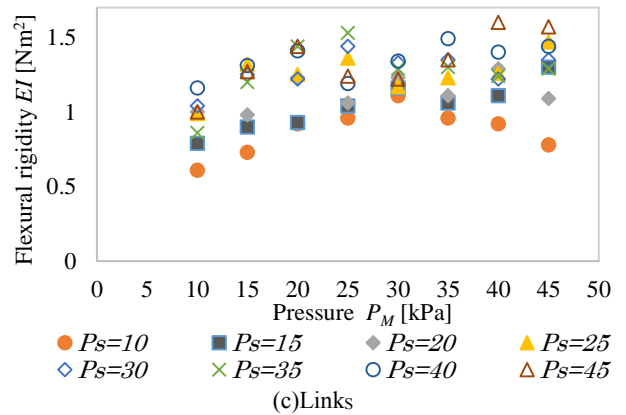
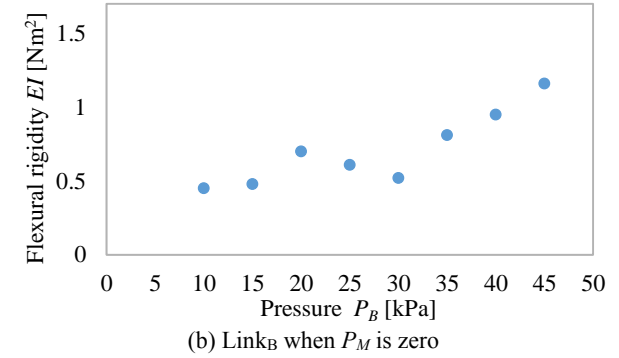
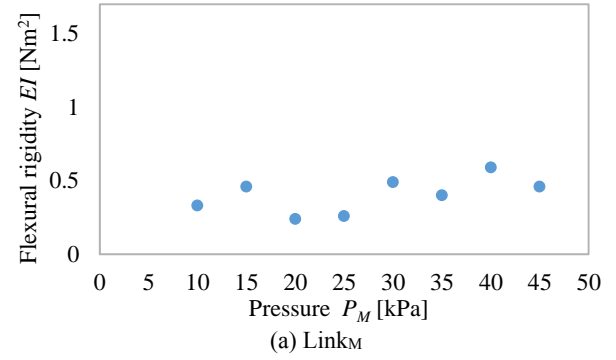


Fig.5 Flexural rigidity of beams

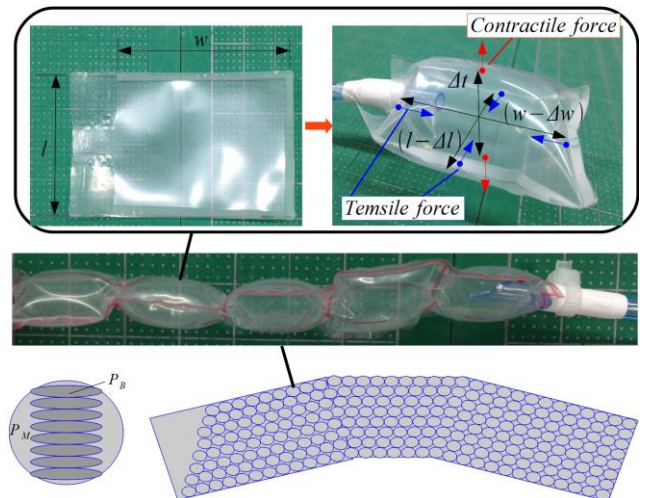
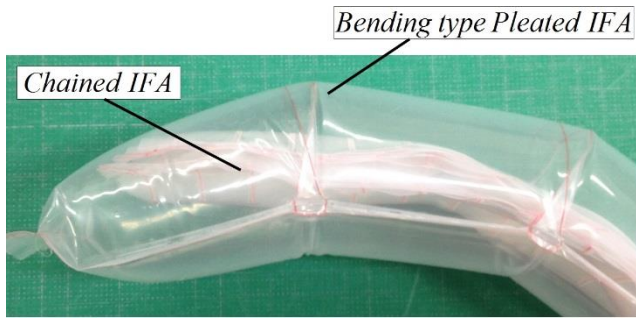
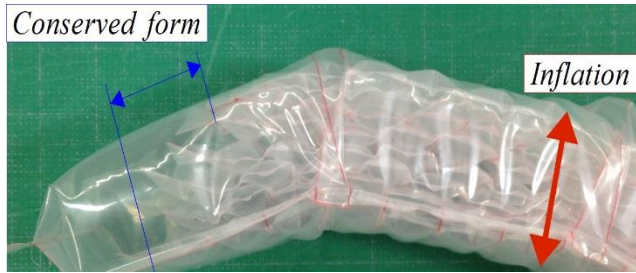


Fig.6 Structures of "Joint_B": Reinforced joint by inside



(a) Applied only P_M



(b) Applied only P_B
Fig.7 Pressurized Joints

Table 1 Experimental results for joint rigidity

Joint _M			Joint _B		
P_M [kPa]	P_B [kPa]	k_p [Nm/rad.]	P_M [kPa]	P_B [kPa]	k_p [Nm/rad.]
		3.395	0	10	3.459
				15	4.554
				20	4.926
10		3.395	10	0	4.289
				10	5.162
				15	6.577
15		4.719	15	20	7.007
				0	6.731
				10	6.999
15		4.719	15	15	7.094
				20	7.172
				0	8.772
20		6.557	20	10	10.138
				15	9.363
				20	9.948

4. 結言

家庭などの一般的な環境で使うことができる安全かつ扱いやすい生活支援マニピュレータの実現を目指し、低圧駆動可能で軽量な IFA の剛性を強化する構造を節と関節の各部位で提案、実験的にその有効性を評価した。

摩擦の利用により、強化の有無を構造的に切り替えることで、IFA の特徴を活かしたまま剛性を大きく変化させた。節部分では、細い梁を束ねた構造にすることで径方向の柔軟性を損なわずに曲げ剛性を最大5.13倍に強化した。関節部分では、小さな可膨張構造を詰めた構造により関節としての駆動を妨げずに関節剛性を最大1.55倍に強化した。

謝 辞

本研究は、学術研究助成基金助成金若手研究(B), 「折紙幾何学設計を用いた空気圧駆動超軽量・柔軟アクチュエータの開発」(課題番号: 24760216) を受けて実施した。

文 献

- [1] 鈴森康一, 前田敏博, 渡辺浩志, 久田俊明, "有限要素法によるファイバレス FMA の最適設計", 日本機械学会論文集(C 編)63 巻609号, pp.204-209, 1997/5
- [2] 三川晃尚, 塚越秀行, 北川能, "任意位置で湾曲可能な繰り出し式チューブアクチュエータの開発", ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集2010, 2A2-C29, 2010
- [3] Yasutaka NISHIOKA, Megumi UESU, Hisae TSUBOI, Sadao KAWAMURA, "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, Auckland, New Zealand, 28-30 November
- [4] 西岡靖貴, 天瀬英之, 平光立拓, 安田寿彦, "折り込み角度の設計による収縮型・巻き付き型超軽量ソフトアクチュエータの試作", 第31回ロボット学会学術講演会, 2013/09, RSJ2013AC3D2-01