

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	曲折自在な人工筋肉を利用した巻き付き式回転機構の開発
Title(English)	
著者(和文)	平光立拓, 西岡靖貴, 安田寿彦
Authors(English)	Tatsuhiko Hiramitsu, Yasutaka Nishikoka, Toshihiko Yasuda
出典(和文)	第33回日本ロボット学会学術講演会予稿集, , , RSJ2015AC3A3-03
Citation(English)	Proceedings of the 33rd Annual Conference of the Robotics Society of Japan, , , RSJ2015AC3A3-03
発行日 / Pub. date	2015, 9
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

曲折自在な人工筋肉を利用した巻き付き式回転機構の開発

○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、生活空間向けロボットの需要が高まっており、その動力として空圧駆動式の人工筋肉が注目されている。軽量性・柔軟性の確保が比較的容易で、またコンプライアンス性が高いため安全なロボットの開発に有効であると期待されている。

回転関節を実現する場合、コンプライアンス性の確保と運動設計の双方が重要であり、人工筋肉を利用した回転機構の開発も行なわれている[1]。多く取り組まれている関節筋模倣による駆動は、要素配置に強く依存し、要素間の空隙が大きくなる。このためメカニズムが大型化し、狭い生活空間での利用を難しくしている。

我々はプラスチックフィルムを用いて、低圧駆動可能かつ極軽量のソフトアクチュエータを開発している。プラスチック材の使用により 5kPa 程度の低圧から駆動が可能となり、動力源も含めたシステム全体の小型化が期待できる。またフィルムをより薄く軽いものにできるため高い柔軟・軽量性を獲得している。文献[2]に示す収縮型アクチュエータは、幅 w 、長さ l のバッグ状要素空気室が幅・長さ方向に $m \times n$ 個連節した構造で、曲折状態でも駆動可能である。これによりコンパクトな要素配置ができると期待する。

本稿ではこの曲折自在なバッグス構造式人工筋肉(以下、バッグスアクチュエータ)を利用した回転機構を提案するとともに、実験的に確認したその駆動特性を報告する。

2. バッグスアクチュエータを用いた回転機構

2.1 巻き付き式回転機構の概要

提案する回転機構の例を図 1 に示す。ロータとなる軸にバッグスアクチュエータの先端が固定され、巻きついた構造となっている。逆の端はリング状のステータに固定されており、圧力印加時に巻き付き方向へ収縮することでロータを回転させる。アクチュエータを片方向に a 本、周状に均等に配置することで、その収縮力はロータに働く純トルクとなる。バッグスアクチュエータは薄型形状であり、図の機構では半径 90mm のステータの内側に片方向 8 本ものバッグスアクチュエータを並列に配置している。

プラスチックフィルム製のアクチュエータは弾性が低く、初期位置への復元力はとても小さい。本機構では上記の巻き付き構造を正方向のものと逆向きのものと一対とする。これにより低圧駆動での双方向の回転を実現し、各印加圧力を調整することで任意の位置決めも容易に可能である。

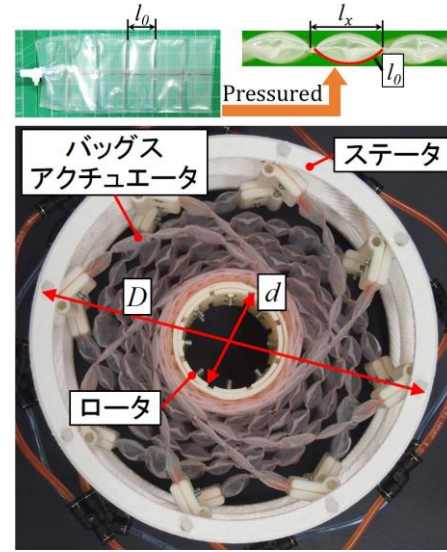


図 1 バッグスアクチュエータを用いた回転機構

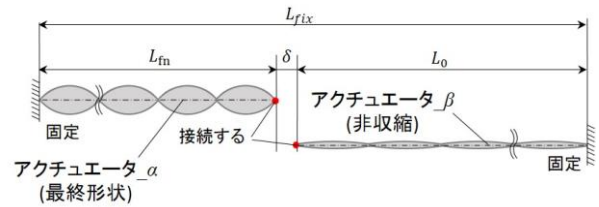


図 2 バッグスアクチュエータの対向配置条件

表 1 実験に用いた回転機構の諸量

	$D[\text{mm}]$	$d[\text{mm}]$	$m[-]$	$n[-]$	$w[\text{mm}]$	$l[\text{mm}]$	$a[-]$
1	190	55	1	15	40	20	8
2	160	40	1	10	40	20	8

3. 巻き付き式回転機構の駆動特性

3.1 対向するアクチュエータの配置条件

上述の通り、本回転機構では正回転のものと逆回転のものを一対とすることが基本となる。二つの構造はそれぞれ対向した方向へ駆動するため、互いに駆動を妨げる関係にある。この配置における駆動角度が最大となる条件を考える。単純化のため図 2 のように対向して固定した 2 本のバッグスアクチュエータ Actuator _{α} , Actuator _{β} を考える。一方のアクチュエータの最終形状時長さ L_{fn} ともう一方のアクチュエータの初期長さ L_0 の和を接続長さ $L_{conn.}$ とするとき、アクチュエータの拘束距離 L_{fix} との差 δ によって、対向したアクチュエータの干渉条件が考えられる。この差 δ を短絡量と呼び、式(1)で定義する。

$$\delta = L_{fix} - (L_{fn} + L_0) \quad (1)$$

$\delta > 0$ の場合、一方のアクチュエータの収縮が完了する前にもう一方のアクチュエータが伸びきった状態になる。バッグスアクチュエータはプラスチック材料を用いており、弾性的に伸長することはないため、最終形状まで収縮することは不可となる。

$\delta < 0$ の場合、一方のアクチュエータの収縮量が $|\delta|$ 以下の時、拘束距離に対して接続長さが長く、張った状態にならないため、収縮力が外部に働かない。また収縮量が $|\delta|$ 以上となったとき、既にアクチュエータは収縮しているため、発生する力は小さくなる。これはバッグスアクチュエータが収縮率によって収縮力が変化する特性によるものである[3]。

$\delta = 0$ の場合、双方のアクチュエータの駆動範囲が一致するため駆動範囲は最大となり、また低収縮率で駆動するため大きな収縮力が発揮される。

3.2 対抗配置条件による駆動性能変化の確認

短絡量 δ を変化させ、回転機構の駆動範囲がどのように変化するかを実験的に確認した。正回転する層と逆回転する層の短絡量を 45[deg.]ずつ変化させ、20[kPa]印加時の最大駆動角度 θ_{max} を測定した。一方への最大回転位置を角度 0[deg.]として、目盛を用いて確認した。用いた回転機構の諸量を表 1 に、短絡量—駆動範囲関係について実験結果を図 3 に示す。 $\delta = 45$ [deg.]にて駆動範囲は最大となり、短絡量 δ の変化に応じて線形に減少することがわかる。 $\delta = 45$ [deg.]短絡させた条件で駆動範囲が最大となるのは、アクチュエータの構造的弾性を考慮した場合に、 $\delta \leq 0$ [deg.]ではトルクが足りず駆動が完了しないためであると考えられる。

3.3 実験による駆動特性の確認

$\delta = 45$ [deg.]に設定し、駆動角度 θ と発揮トルク T の関係について実験的に確認した。回転機構は 3.2 節の実験と同じものを用いた。ステータを固定した回転機構のロータに接線方向となるようにワイヤを取り付け、張力を測定することで発生トルク T を算出した。一方の回転方向に回りきった位置を角度 0[deg.]として、角度 θ の位置で固定し、圧力 20[kPa]を印加した。

角度—トルク関係について実験結果を図 4 に示す。駆動角度の増加に応じて線形的にトルクが低下している。大型の Motor_1 は質量 370[g]で、圧力 20[kPa]印加時に最大駆動角度 210[deg.]、最大トルク 0.96[Nm]を確認した。

4. 結言

本稿ではバッグスアクチュエータの薄型形状および曲折自在な特性を利用して、大きな純トルクを発生するコンパクトな回転機構を提案した。半径

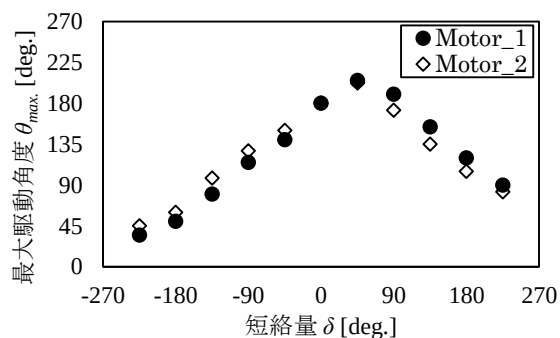


図 3 対向するアクチュエータの最適配置の検討

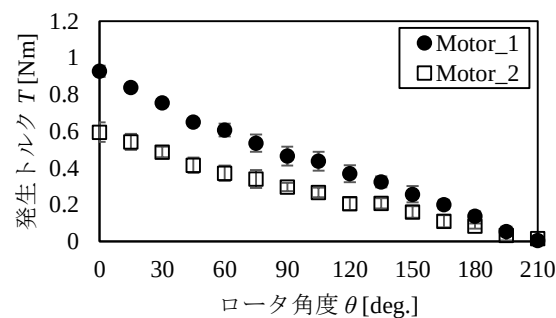


図 4 角度—トルク特性

65mm 程度の円筒空間に 8 本ものバッグスアクチュエータを並列に内蔵しており、その曲折自在な特性を利用することで、コンパクトな回転機構を実現している。これにより人工筋アクチュエータを用いた二関節筋配置のものより小型なアームの実現が期待できる。直径 190[mm]、質量 370[g]の回転機構では圧力 20[kPa]印加時に最大駆動角度 210[deg.]、最大トルク 0.96[Nm]を確認した。

対向する一対のアクチュエータの接続条件を実験的に最適化し、低圧駆動かつ大きな駆動範囲を獲得する条件を導いた。ロータに接線方向力を負荷し、任意角度で固定することで、回転機構の駆動角度—発生トルク関係を実験的に確認した。駆動角度の増加とともに発生トルクは線形的に低下する。

同様のバッグスアクチュエータを用いているのにも関わらず、ステータおよびロータの寸法によって性能が異なることから、内蔵しているアクチュエータの曲折状態による性能変化が影響していると考えられる。今後は内蔵バッグスアクチュエータのパラメータとアクチュエータ配置の最適化を考え、回転機構の小型軽量化ならびに高出力化を図る。

参考文献

- [1] 澤村ら: “空気圧人工筋を用いた多回転可能な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 2015, 1A1-B02, 2015
- [2] 平光ら: “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”, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会, 1M1-01, (2014-9)