

軸方向繊維強化型空気圧ゴム人工筋肉の開発

1. はじめに

空気圧ゴム人工筋は、ゴムをはじめとした弾性媒体材に空気等の流体を注入して動力を得るアクチュエータのひとつである。このアクチュエータは、他のアクチュエータに比べて、軽量で出力密度が高く、メンテナンスが容易で、柔軟であるという特性をもつ。したがって、リハビリテーションロボットやウェアラブルパワーアシスト等、人間に直接接触する機会の多い機械システムに適したアクチュエータとして注目されている。

現在、学术界や産業界で広く利用されている空気圧ゴム人工筋肉として、McKibben 型人工筋肉が挙げられる。本人工筋肉は、1961年に Joseph McKibben によって開発され、当初リハビリテーション用アクチュエータとして利用された。現在では、空気圧ゴム人工筋肉といえば、McKibben 型を思い起こさせるほど一般的になった。しかしながら、本人工筋肉は、収縮率が20%程度と人間の筋肉の収縮率に比べて若干小さく、またゴムチューブとスリーブが擦れることによってゴム自体が磨耗することから寿命が短い等の欠点があった。

そこで、著者らの研究室では、これらの欠点を克服するため、軸方向繊維強化型空気圧ゴム人工筋肉を開発した。本解説では、開発された人工筋肉の詳細な構造やMcKibben 型人工筋肉との比較を通して、本人工筋肉の有効性を解説していく。

2. 軸方向繊維強化型ゴム人工筋肉について

図1に開発された軸方向繊維強化型空気圧ゴム人工筋肉の構造と収縮メカニズムについて示す。本人工筋肉は、強化繊維をゴムチューブの軸方向に直接拘束し流体の圧力をダイレクトにアクチュエータの収縮力として伝達することができる。さらに、強化繊維は人工筋肉のゴムチューブの中に内包することに

よって拘束繊維と弾性媒体との磨耗を避けている。また、本人工筋肉の収縮メカニズムは、空気圧の供給によって、チューブの内圧が軸方向ではなく、半径方向のみに伝達される。したがって、ゴムチューブは半径方向に大きく膨張し、その結果、軸方向への収縮が得られる。また、本人工筋肉はチューブに外挿するリングの数によって収縮時の膨張を抑制することができる。

3. McKibben 型人工筋との実験的比較

つぎに、McKibben 型人工筋肉と軸方向繊維強化型人工筋肉の実験的な比較を行う。

3.1 圧力-収縮率特性について

各種人工筋肉の太さ、厚さ、長さ等の形状を一致させた場合の圧力-収縮率特性について実験的な比較を行った。図2に初期長さ l_0 が90mm、チューブ直径10mmのときの圧力-収縮率の関係を示す。この図より同じ圧力で比べると軸方向繊維強化型人工筋肉の方がMcKibben 型人工筋肉よりも高い収縮率を示していることが分かる。さらに最大収縮率は、McKibben 型人工筋肉が25%程度であるのに対して、軸方向繊維強化型人工筋肉は30%を超える値を示している。また、軸方向繊維強化型人工筋肉ではリング0の方がリング1より多少ではあるが

3.2 圧力-収縮力特性について

つぎに、同様の条件下における圧力-収縮力特性について実験的な比較を行った。図3に90mmの時の人工筋肉の違いによる圧力-収縮力関係を示す。この図より、同じ圧力で比べると軸方向繊維強化型人工筋肉の方がMcKibben 型人工筋肉よりも2倍以上高い収縮力を示していることが分かる。軸方向型リング1に関してはMcKibben 型人工筋肉より約2倍高い収縮力を示した。

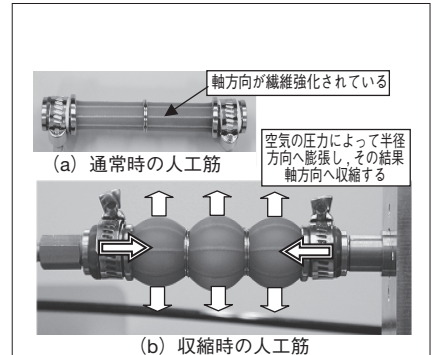


図1 軸方向繊維強化型空気圧ゴム人工筋肉

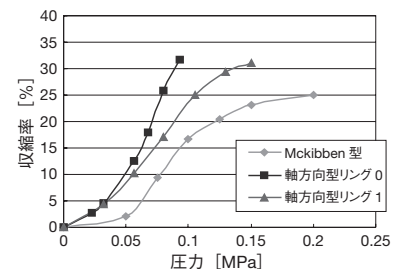


図2 90mmの時の人工筋肉の違いによる圧力-収縮率の関係

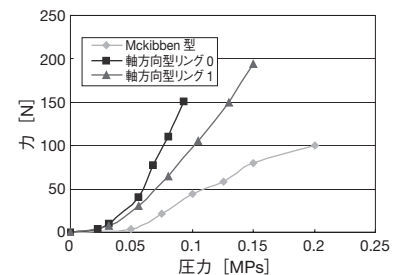


図3 90mmの時の人工筋肉の違いによる圧力-収縮力関係

4. 現在行っていること

現在、本人工筋の非線形性を補償するための数学モデルの導出とコンプライアンス制御の適用を検討しており、十分な制御性能が得られている。さらに、すべての軸に本人工筋を用いた6自由度人工筋肉マニピュレータを開発し、人間の腕と同程度の可動範囲および力が出力できるようなマニピュレータを目指している。

(原稿受付 2007年2月6日)

[中村太郎 中央大学]