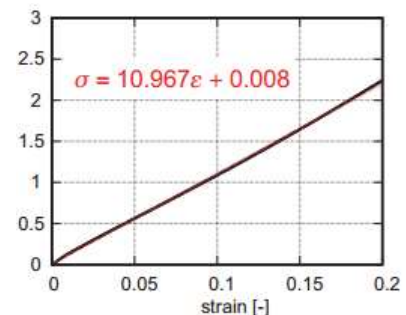
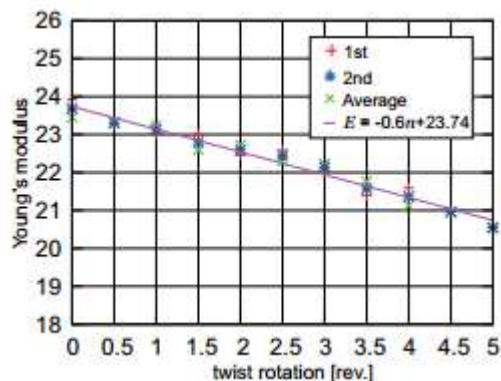


申請者	学科名	人間情報工学科	職名	准教授	氏名	井上貴浩
調査研究課題	非線形性を示す丸ベルト振り収縮力の粘弾性モデルと関節機構への応用					
調査研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	井上貴浩	情報工学部・准教授		ロボティクス	研究遂行と総括のすべて
	分担者	該当者なし				
調査研究実績の概要	<p>ロボットの関節駆動に小径の丸ベルトを用いているが、それが振られると長手方向への収縮力を生じる。したがって、振り数に対する収縮力の関係を導く必要がある。これを実現するために、ベルトをステッピングモータで振り、他端に取り付けたロードセルの計測値から求めた。しかしながら、実際のロボットや機器に本アクチュエータを組み込んだ場合に、ベルトの振りにより他端が縮むことになる。これにより収縮力が下がり導出済みのモデルとの不整合を生じていた。そのようなことから、本研究ではベルトを整数回振りその状態で引張試験機により応力ひずみ曲線を得た。その結果（一例）が右図である。その後、振り状態で収縮力の生じない自然長からの伸び量に対する収縮力の関係を導き、振り弾性力モデルを完成させた。</p> <p>一般的に剛性は力を偏微分することで算出できるとされている。そこで、剛性の基となる収縮力モデルの導出について記述した。我々は先行研究で丸ベルトを振ることで生じる収縮力のモデリングを行ったが、その導出過程を明らかにした。ここでは、1本の輪状の丸ベルトに振りを加える動作と、2本の丸ベルトが互いに巻きつく動作に関して個別にモデル化を行った。前者に関しては、収縮力モデルで使用する丸ベルトの初期状態長さからの伸びは、ベルト自体が振れることによる伸びと、丸ベルト同士が巻きつき合うことによる伸びとに分けて考える。さらに、収縮力モデルではヤング率も用いるが、そのヤング率は実験から導出した。それが次式となる。</p> $F = 2E \frac{\pi r^2 L_0}{L_0 + \Delta L_1 + \Delta L_2} \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2}{L_0}$					

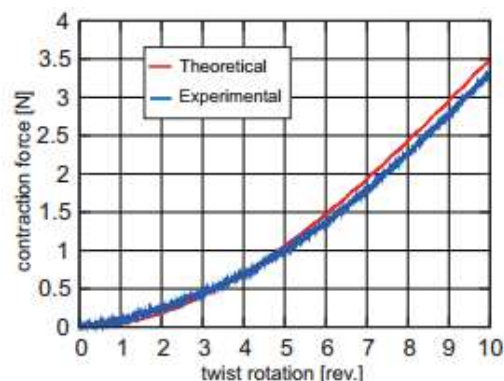


調査研究実績  
の概要

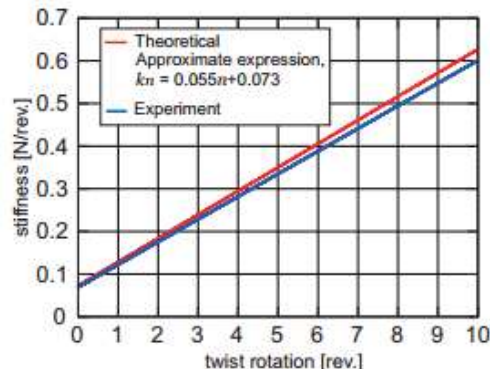
振り収縮力モデルの式に適用するためのヤング率線形近似モデル（以下ヤング率モデル）を導出した。ヤング率は  $E = \sigma/\epsilon$  で表されるため、丸ベルトを用いて引張実験を行うことで得られる応力とひずみから計測した。本実験では、周長 260mm、直径 2mm の丸ベルトを用いた。この丸ベルトに0~5回の振りを加えた状態で引張試験機に取り付け、2mm/sで引張力を与える。また、丸ベルトはいずれの場合も1Nを初期荷重として実験を開始し、引張力が50Nに達したとき実験を終了した。初期振りは 0~5 回までで0.5回ずつ増加させ、各振り数で 2 回ずつの計 22 試行を行った。このとき得られる丸ベルトの収縮力と変位から応力及びひずみを求め、応力-ひずみ曲線を作成したときの傾きを求めることでヤング率を得た。上図に振り数毎のヤング率を示す。



次の追加実験では、周長 600mm、直径2mmの丸ベルトにステッピングモータを用いて 0.5rot./sの速度で振りを加えた。初期荷重は特に決めないが前記の引張実験の初期状態と同等な張り具合になるように調節している。その状態からモータの回転を開始し、10回までの振りを加える間の収縮力をロードセルで計測する。この試行を3回行い、実験値には 3回分の平均値を採用する。また、理論式から導出した数値を採用し、これらの理論値と実験値との比較を行った。比較結果を左図に示す。図において横軸は振り数、縦軸は収縮力を示す。結果から理論値と振り実験から得られた実験値が10回の振り数まで概ね一致していることを明らかにした。



次に、丸ベルトの振り剛性モデルを収縮力モデルより求めた。その結果が右下図である。双方の直線は値と傾きがともにほぼ一致していることが分かる。これらのことから本剛性モデルは非常に精度の高いモデルであることが分かる。



成果資料目録

- 植田尊大, 井上貴浩, “丸ベルト振りアクチュエータにおける振り剛性のモデリング”, 日本ロボット学会学術講演会, AC3E1-05, 2016