

申請者	学科名	スポーツシステム	職名	准教授	氏名	井上貴浩	印
調査研究課題	生体運動制御における神経パルス信号を模倣したロボット制御システムの構築						
交付決定額	400,000円						
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		
	分担者	該当者なし					
調査研究実績の概要	<p>人との衝突を想定した衝撃力緩和を目的とした研究は比較的少ない。柔らかいチューブが衝撃力を受けたときに発生する内部圧力の変化を計測し衝突を検知するセンサを用いたシステムや、ロボットリンクに装着可能なポリウレタン樹脂で製作された空気圧緩衝材とER流体クラッチの組み合わせによる衝撃力緩和装置の開発が挙げられる。しかし、これらの研究は衝撃力を緩和するための力検出センサシステムの基礎特性を検証するものであったり、アクチュエータのない受動関節に緩和装置を取り付けた場合の振動抑制効果の検証が目的となっている。また、人に傷害を与えない安全基準に基づいて、リンクを覆う緩衝カバーの厚みの設計やリンク重量及び動作速度に上限を設ける試みもある。</p> <p>本課題では、我々の先行研究において提案したロボットの手先位置制御則を利用して、仮想目標角を生成する積分コントローラを休止することによって、ロボットの手先に衝突が発生したときの衝撃力を緩和し吸収する制御手法を提案した。本手法では、従来の非常停止や生成トルクをゼロにすることは不要で、衝撃力解放後のロボットの復帰動作まで制御の流れを止めることなく連続動作を実現できる。また、衝撃力の解放直後に復帰動作を要求しない場合においても本手法は対応でき、人とロボットとの接触が想定される共存社会や協調作業においてロボットを完全停止させない有用な制御手法と考える。</p> <p>また、提案手法は各関節周りにワイヤを拮抗的に配した駆動系を有するロボット機構に加えて(図1参照)、電動モータを各関節に配置した駆動系を有する従来のロボット機構にも適用可能であることを明らかにした。最後に、重力を無視した水平面内でのワイヤ拮抗駆動系の手先位置決め制御においても、仮想目標角を生成する制御則がうまく機能し、重力の有無を問わない統一した制御方法であることを明らかにした。</p>						

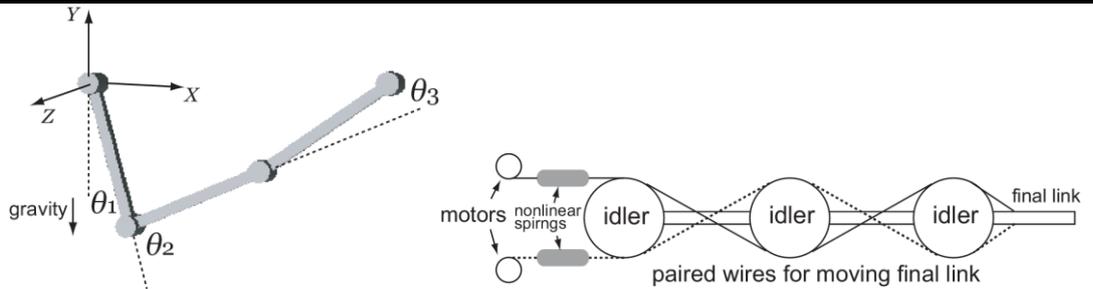


図 1. 上肢ロボットと拮抗型腱駆動機構

本課題に従って行ったシミュレーションと結果は以下の通りである(図2参照). ロボットを垂下姿勢から手先を水平位置まで移動した後, その手先に $-x$ 方向と $-y$ 方向にそれぞれ 40N の衝突が生じた場合の, 積分コントローラ休止によるロボットの応答を検証した. ここで利用するのはワイヤ拮抗駆動系となる. 各時間ごとに与えたタスクは, 手先が目標値に収束した 2s の時点(振り上げ期)で上記の外力を加える(衝突発生期). 次に, 4s の時点で外力を解放し(外力解放期), 6s の時点で元の振り上げ姿勢になるように復帰動作を行う(復帰動作期).

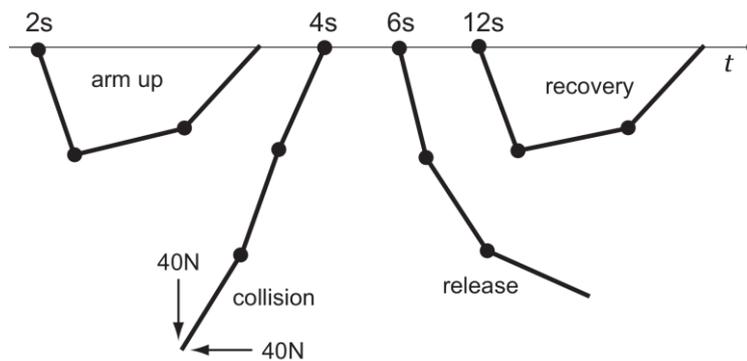


図 2. 上肢ロボットの手先位置制御のスナップショット

振り上げ動作後の衝突時において手先のいずれの方向についても外力を吸収していることが確認できた. 制御則は衝突の前後で変更はないが, 衝突を検知した時点で誤差に対する積分計算を停止している. このような手法を採らない場合衝突後も徐々に目標値に向かって動き出すことになる. 他方, PD 制御部を直接停止することはそれまでの生成トルクを制御をかけないまま維持することに相当するため, 反動的挙動が生じ外力が加わったまま大きな戻り動作を誘発し危険となり得る. また, 非常停止の場合衝突時のロボットの姿勢を維持するようにブレーキをかけるか, すべての関節トルクをゼロにするなどの手法が考えられる. 前者の場合衝撃力の緩和や吸収が困難となり, 後者の場合ロボットに自由振動を生じさせることになり, ロボットの周囲への接触や衝突の危険が残る. このようなことから, 「積分コントローラ休止」による衝撃力の緩和吸収が有効であると考えられる.

(成果資料等があれば添付すること。)

調査研究実績
の概要

成果資料目録

- [1] 井上, 平井, “仮想目標軌道を整形する積分コントローラの休止による手先衝撃力の緩和手法”, 日本ロボット学会誌, 投稿中
- [2] 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 (2014年5月開催予定) に4編投稿中 (口頭発表予定)