

ロボット表面に圧力分布センサを搭載した 多関節装着型ロボットによる体幹部アシスト

佐藤 飛鳥[†] 内山 直哉[†] 舟洞 佑記[†] 道木 慎二[†] 道木 加絵^{††}
[†] 名古屋大学大学院工学研究科 ^{††} 愛知工業大学工学部

1. はじめに

腰から首にかけての体幹部全体をアシストする多関節装着型ロボットの実現を目指す。人体に直接接触れる装着型ロボットでは安全性確保が重要である。多数の関節で構成される体幹部では、人体と同様の関節配置を持つロボットの製作は現実的ではない。構造の差異に起因した動きの差異が生じ、ロボットが人体に加える力(接触力)に偏りが生じる可能性がある。体幹部の安全なアシストには、接触力を直接制御できることが望ましい。我々は接触力を圧力分布として計測する新たな制御系の構築、評価用試作機の製作に取り組んできた[1]。本稿では試作機に制御法を実装し、前屈・後屈・直立の3姿勢で制御効果を検証する。

2. ロボットの試作と実装した制御法

検証に用いた4関節シリアルリンク型ロボットの試作機、及び、体幹部への装着イメージを図1に示す。各リンク長は腰側から順に40,320,120,320[mm]とした。関節部にはDCモータを用いた。ロボットの表面には緩衝材を介して圧力分布センサを取り付けた。圧力分布に基づく制御法(圧力法)[1]と、関節トルクに基づく制御法(トルク法)[2]を実装した。接触力を圧力分布として計測する圧力法では、リンク上の最大圧力を低減する関節指令値を計算し、関節ごとに独立に制御する。一方、接触力を関節部のトルクで計測するトルク法は、関節部ごとにトルクを低減する関節指令値を計算して独立に制御する。接触力を直接計測する圧力法では、人体とロボットの構造の差異に起因した接触力の偏りが計測でき、局所的な力の抑制、及び、均一な力での押し付けが可能になると期待できる。

3. 実機実験

体幹部模型に対する押し付け実験を行い、圧力法の有効性を検証する。全4リンクが一定範囲の力で体幹部模型を押し付けた状態になるように圧力法とトルク法で制御し、収束状態の接触力分布を比較する。制御量(圧力値・トルク値)が接触力の目標範囲(0.52~0.77N)を実現する状態を収束状態とした。なお、評価に用いた接触力分布は圧力分布センサの計測値とセンサセル面積から計算した。

前屈・後屈・直立の3姿勢における収束時の接触力分布を図2に示す。図2(a)~(c)と(d)~(f)が各々圧力法とトルク法で制御した結果である。縦軸はリンク上の接触位置であり、腰側のリンクから順に接触位置1~2,3~13,14~16,17~23が対応する。横軸は接触力の大きさ



図1.装着イメージ

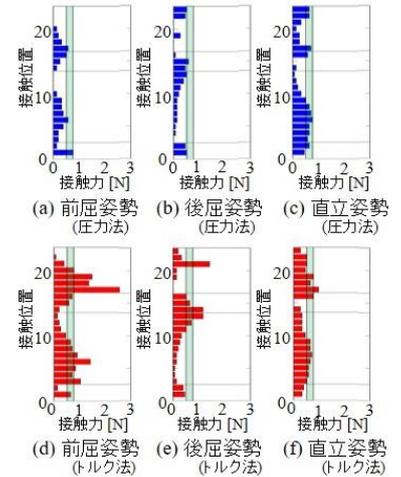


図2.収束時の接触力分布

であり、緑の網掛けが接触力の目標範囲である。圧力法では、3姿勢ともに最大接触力が目標範囲に収まった。一方、トルク法では、幾つかの接触位置で接触力が目標範囲を超えた。図2(d)では、接触位置17~19(第4リンクの根元)で接触力が大きい。根元付近の力はトルクに十分反映されず、トルク法では大きな接触力が残存した。図2(e)では接触位置21での接触力が大きい。隣接する接触位置20・22は比較的小さな接触力に留まっており、局所的な力が発生した。局所的な力もトルクとして十分反映されず、トルク法では解消されなかった。圧力法では、根元付近の力、局所的な力ともに目標範囲に収まっており、トルク法では原理的に解消が難しい大きな接触力を抑制できた。加えて、接触力の分布が比較的均一になっており、構造の差異があっても、ある程度接触力を制御できたと考えられる。

4. まとめ

前屈・後屈・直立の3姿勢で試作機による実機実験を行い、収束時の接触力分布から圧力法とトルク法を比較した。限定的な条件下ではあるものの、トルク法で原理的に発生した根元付近の大きな力と局所的な力を圧力法では抑制できた。加えて、構造の差異に起因する接触力の偏りを低減できた。今後は、検証に用いる姿勢を増やすとともに、過渡的な接触力を比較し、圧力法の有効性を検証する。

参考文献

- [1] 佐藤飛鳥 et al. “多関節装着型ロボットにおける人体との接触状態を考慮した制御法の実機実装”
- [2] K.Kong et al. “Control of rotary series elastic actuator for ideal force-mode actuation in human-robot interaction applications”