

# 論 文 要 旨

2017 年 9 月 11 日

※報告番号	甲 第 215号	氏 名	中本秀一
主論文題名 人と共存するロボットのためのアーム機構と安全性評価手法の研究			
内容の要旨 <p>本研究では、生活空間で用いることのできるアームの安全性を高め、実用化していくための機構要素の提案および、それらを搭載したアームの安全性に関する質量特性を統一的に評価できる手法の提案を行った。</p> <p>まず、アームの安全性評価手法の提案においては、ロボットアームの安全に関する国際規格の動向を整理し、ISO/TS15066 で提案されている手法を応用した接触エネルギーの評価手法を提案した。これは、アームの質量特性を元に接触点における仮想質量を算出し、接触部位を考慮した換算質量に変換、接触伝達エネルギーを求め、各部位毎の許容エネルギーを超えるかどうかを基準とするものである。アーム手先位置による仮想質量の分布から、接触時の危険度の分布がわかり、その位置で出せる手先最大速度も算出できる。さらに、関節速度と伝達エネルギーの関係も求めることができる。</p> <p>次に、機構要素の提案においては、アーム基本設計に関わる部分が比較的大きい、質量系の軽減アクチュエータの低出力化および構造の小型化を目的とした機構を提案、評価を行なった。また、サービスロボットへの適用を考えて、実際に我々が開発した生活空間内で動く移動ロボットにも搭載できるアーム、机の上等にある物を持ち上げる、置くことのできるアームをコンセプトとした機構とした。機構提案においてはまず、新規アーム機構提案のための基準とする、標準的なタイプであるモータ関節配置型アームの開発および評価を行い、人の傍でピックアンドプレイス作業を行うための問題点を定量的に把握し、3種類のアーム機構提案の設計方針を策定した。</p> <p>1つ目のワイヤ駆動アーム開発においては、アクチュエータを基部に配置し、ワイヤ経路の工夫、独自のテンショナー機構等の独自機構による、質量の低減と構造の小型化を実現し、さらに、オフセット関節によるリンク長減による構造の小型化を独自の機構で実現した。2つ目の重力補償アームの開発においては、パンタグラフ機構を用いた3次元の重力補償を実現できる機構を提案し、これを実現するためのリンク長や重心位置等の関係を導出した。設計製作したアームの関節トルクシミュレーションおよび実験結果から、従来の重力補償なしのアームに対して15%から25%の関節トルクでアームを構成できることを確認した。3つ目の下面支持ハンド搭載アームは、テーブル配膳片付け作業を行うロボットの開発を目指し、食器類を安定把持することのできるハンド機構、およびアームシステムの開発を行った。把持対象の下に板を滑り込ませることによって、様々な形状の物体を安定に把持できることを解析および実験により確認した。</p> <p>最後に、提案したアームの機構と安全性に関する機構的対策（質量の低減、モータ低出力</p>			

化、構造の小型化) についての評価をまとめ、ワイヤ駆動アームは、可動部質量-70%を達成し、質量の低減効果が最大であり、重力補償アームは、静止時に必要な最大トルク-90%を達成し、モータの低出力化効果が最大であった。下面支持ハンド搭載アームについては、トレイなどの大型把持対象物を把持するために双腕化せずに単腕での把持を可能としたことにより、構造の小型化の効果があった。さらに、各アーム機構の安全に関する質量特性を2章の方法で評価し、可動範囲における接触時の伝達エネルギーの分布および安全な速度について検証した。そして、基準アームと比較して、ワイヤ駆動アームでは顔基準の接触許容速度が速度約1.7倍となり、目標である、0.25 m/s を上回る速度とすることができた。また、重力補償アームでは顔基準の接触許容速度が速度約1.7倍となり、目標である、0.25 m/s を上回る速度とすることができた。下面支持機構搭載アームについては、従来のモータ関節配置型アームとほぼ同じ仮想質量、接触許容速度速度であることを確認した。しかし様々な形状の食器が持てるように機構を工夫しており、それにも関わらず同程度の質量特性となっているのは価値があると考えられる。このように提案した安全性に関する質量特性の評価は、質量分布さえ分かれば様々な新しいアーム機構に適用でき、汎用性が高い手法である。

※印欄記入不要