

研究種目：基盤研究（A）
研究期間：2007～2010
課題番号：19206028
研究課題名（和文） 人間共存ロボットの人間追従制御手法に関する研究
研究課題名（英文） Research on Force-following Control at Human Contact with Human-symbiotic Robots

研究代表者

菅野 重樹（SUGANO SHIGEKI）
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号：00187634

研究代表者の専門分野：知能機械，マン・マシンインタラクション
科研費の分科・細目：機械工学・知識機械学・機械システム
キーワード：人間共存ロボット，安全，システムインテグレーション

1. 研究計画の概要

本研究は，近年注目を浴びている，福祉やサービス分野において人間と作業空間を共有し人間を直接サポートする「人間共存ロボット」を実現するために，人間と安全な協調作業を実現できる人間共存ロボットの接触認知システムの設計論を確立することを目的とする。

また研究のアプローチとして，多自由度人間型ロボットシステムを対象とすること，ロボットの機構と制御を合わせたシステムインテグレーション的なアプローチをとることの2点が特徴である。

具体的な研究内容は，

実験・計測用マニピュレータの設計・試作
分布型センサカバーの試作

接触・衝突状況を推定・認識する方法の導出

受動的に力制御する協調制御方式の導出

インテグレーションされたシステムを用いた対人安全性能評価実験

の5点である。これらのうち，を平成19～20年度，を平成20～21年度，を平成22年度に行う計画である。

2. 研究の進捗状況

H19年度においては，センサカバーを覆う衝突安全被覆の設計論を構築した。この設計論では，頭部傷害基準 HIC と傷害発生確率の関係を表すリスクカーブに着目し，被覆の種類・厚さや各種衝突パラメータと HIC との関係性を明らかにした。また，良好な追従性能を発揮するための関節粘弾性機構の設計を行った。本設計では，受動機構の小型化

と追従性・制振性のトレードオフ問題を解決するため，バネ定数 - 最大ねじり変位平面上でバランス設計する手法を案出した。これらの成果は計画の，に対応する。

H20年度においては，身体各部における接触状態分析・解析ならびに，試作機へのインプリメントを行うことを目的とし，具体的には，ロボット身体の様々な部位で生じ得る人間との接触を人間とほぼ同等に触覚認知するための基本スキームの構築および，身体の形状等に応じて差異が生じ得る接触状態の認知精度の定量化に成功した。これは計画のに対応する。

H21年度においては，全身運動制御手法ならびに二次的な被害を防止する動作制御システムを構築した。全身運動制御手法は，人間共存ロボットの動作制御則に要求される機能を全て力ベクトルとしてロボットの各部位に作用させ順問題として解くことで，様々な状況に簡単なパラメータ調整のみで適応可能である。動作制御システムは，作業拘束条件の一部を段階的に解除することで作業内容や周囲環境に応じて両立形態を調整し，二次的な被害を防止しつつロバストな作業遂行と人間追従の両立を可能とする。これらは計画のに相当する。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

前節で述べたように，これまでの研究成果は計画した内容に合致し，かつ予定通りの進

抄状況であると言える。現在は、最終目的である人間共存ロボットの接触認知システムの設計論に対し、必要な研究要素の検討が概ね終了し、各要素のインテグレーション作業及びインテグレーションされたシステム全体を評価する最終段階に差し掛かっている。

4. 今後の研究の推進方策

これまでの研究成果を導入したインテグレーションされたシステムを用い、対人接触が発生した際の安全性を評価することが今後の主目的となる。

統合されたシステムの実例として、実験を行う上での利便性から、車いす搭載型7自由度マニピュレータを製作することを考える。このマニピュレータに求められる要件は

- ・小型・軽量性
- ・粘弾性機構もしくは低減速比アクチュエータによる高バックドラバリティ関節機構
- ・安全センサカバー

である。本システムを用いて、安全評価実験を行う。加えて、本実験では安全制御と搭乗者による操作入力との干渉問題を取り扱う。

また、自律システム上での実装例として、人間形多指ハンドを搭載したマニピュレータシステムを用い、清拭作業にチャレンジすることを考える。人間形多指ハンドは手指・手掌を用いた対象との全面接触を形成することが可能であり、その面接触の状態を制御するための、力・接触センサ情報を用いた運動制御手法はシステムインテグレーションの好例であるといえよう。すでに開発した全身協調制御手法をベースに接触センサ情報の処理モジュールと統合し、作業が実際に実現できることを確認するとともに安全性の評価実験を行う。

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕(計7件)

T. SUGAIWA, H. IWATA, and S. SUGANO, "Shock Absorbing Skin Design for Human Symbiotic Robot at the Worst Case Collision", Proc. of IEEE-RAS Int. Conf. on Humanoid Robots (Humanoids2008), WP1-28, 2008, 査読有

T. SUGAIWA, H. IWATA, and S. SUGANO, "New Visco-Elastic Mechanism Design for Flexible Joint Manipulator", Proc. of IEEE/ASME Int. Conf. on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2008), pp.235-240, 2008, 査読有

H. IWATA, and S. SUGANO, "Whole-body Coordinated Control for Task Execution and

Human Following", Proc. of CISM-IFTOMM Symp. on the Theory and Practice of Robots and Manipulators (ROMANSY 08), pp.209-216, 2008, 査読有

〔学会発表〕(計13件)

岩田浩康, 山下福太郎, 菅野重樹, "人間共存ロボットの接触適応行動 ~第26報: 作業拘束の段階的解除による人間追従性と作業性の両立手法~", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集 (Robomec09), 2009年, 査読無

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: ロボット装置

発明者: 菅野重樹 他

権利者: 早稲田大学 他

種類: 特許権

番号: 特願2008-230155

出願年月日: 2008年9月8日

国内外の別: 国内

取得状況(計0件)

〔その他〕

なし