

# 人間との機械的親和性を重視した生活支援福祉ロボティクス

## Life Support Welfare Robotics Based on Mechanical Affinity to Human Being

(研究プロジェクト番号：JSPS-RFTF 96P00804)

プロジェクトリーダー

川村 貞夫 立命館大学理工学部・教授

コアメンバー

赤澤 堅造 大阪大学大学院工学研究科・教授

牧川 方昭 立命館大学理工学部・教授

永井 清 立命館大学理工学部・助教授



### 1. 研究の目的

本プロジェクトでは福祉、スポーツ、一般生活、生産活動などで人間の運動能力を機械的に支援する目的で、人間に装着できる機械システムの開発を考える。人間の運動特性を考慮せず、従来の要素を寄せ集め、人間装着型機械システム



図1 装着型機械システム概念

を実現しようとすれば、高重量、低信頼性、低安全性などの問題が生じる。そこで、本プロジェクトでは、(1)人間の運動特性の解析、(2)機械的親和性に優れた新しい要素の開発、(3)全体システムの設計・制御法の3点を連携して、図1のような装着性に優れた機械システムを実現する。

### 2. 研究成果概要

(1) 装着型機械システム実現の観点から、人間の筋肉インピーダンス特性解析、筋運動解析、運動時のトルク計測法などを行い、新しい結果や親和性の高い機器実現のために重要なデータが得られた。

(2) 人間との機械的親和性に優れた要素として、小型、軽量、柔軟なアクチュエータ開発を行った。その中では、空気圧駆動、静電駆動が利用され、装着型機械システム実現の目的に合う新しいメカニズムと制御方法が提案された。また、バイオミメティックなアクチュエータ開発を行った。

(3) 人間の基礎的データに基づき、開発されたアクチュエータを利用して、装着型機械システムを実現した。

### 3. 実現された装着型機械システム

以下では実現されたシステムの代表的なものを紹介する。

#### 3.1 力提示装置(粒子内蔵型可変受動要素利用)



図2 双腕用力提示装置

このシステムでは、空中運動、水中運動、剛体(壁・天井など)への接触力を提示できる。人工現実感、スポーツトレーニングなどに利用可能である。要素の構造は、図3のように、軽量の粒子を袋内に封入する。内部圧力は計算機制御を用いて、状況によって変化させる。これにより望みの粘弾性を実現できる。被覆型として実現した例を図4に示す。

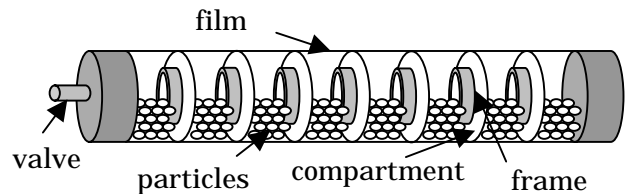


図3 粒子内蔵型可変受動要素例



図4 粒子内蔵型可変受動要素の被覆例

#### 3.2 力提示装置(積層型可変粘弾性要素利用)

図5に示される装具では、積層型可変受動要素を利用して、指先、腕、肩に力を提示する。



図5 積層型可変粘弾性要素を利用した力提示装置

積層型可変受動要素の構造では、図6のように伸縮しないシートを積層する。シート面に法線方向の力が作用しないときは、下図のように、弱い力で変形する。シート面の法線方向の力を与えると、各面が滑らずに固定される場合とクーロン摩擦現象を伴って滑る場合が起こる。法線方向の力は空気圧と静電力を利用する。シートが滑らない場合は、シート枚数 $n$ の2乗のオーダーで曲げ剛性が増加する。摩擦力増加に最適なシート表面形状を決定し、マイクロ加工によって実現した。また、シートが滑る場合には、クーロン摩擦現象となるが、法線力を速度信号によって変化させることで、人工的に粘性を実現する方法を開発した。

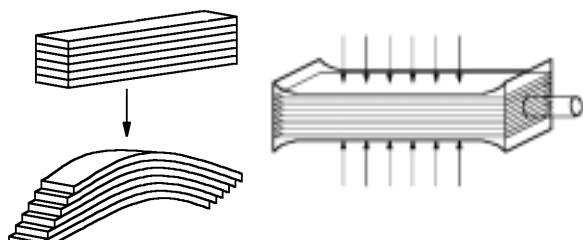


図6 積層型可変受動要素の変形例とシート固定

### 3.3 立ち上がり補助装具

図7のような立ちあがり補助装具を開発した。人間の動作計測から、膝関節に約30[Nm]の補助を行うこととした。空気圧アクチュエータはゴムをプレートとアラミド繊維で覆った構造を提案した。通常の歩行時には、装具は歩行の障害とならないように設計されている。図8に示されるように、足底にペローズ状のポンプが装着されており、約2.5歩程度の歩行で1回に立ちあがる空気圧を再生できることが実験によって確認された。



図7 立ち上がり補助装具

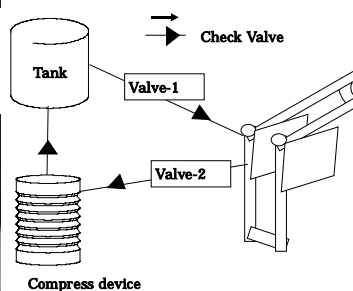


図8 システム概要

### 3.4 ジャンプ補助装具

人間の力と機械の力を融合した運動の実現を目的として、装具の補助によるジャンプ動作を行った。まず、人間のジャンプ動作解析から、人間のジャンプ時の各関節トルクに補助すべきトルクパターンを決定した。補助力によって、ジャンプ高さを通常の1.5倍にすることを目標とした。タンクなどを別置きの全体システムを図9に示す。また、すべての機器をウェアラブルとした場合を図10に示す。現在までの実験では、両方のシステムで1.2倍の高さのジ

ャンプが達成できることが確認された。

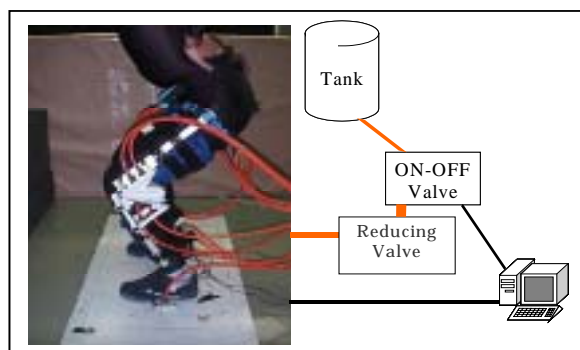


図9 センサとアクチュエータのみウェアラブル



図10 完全ウェアラブルのシステム



図11 筋電制御義手

### 3.5 筋電制御の軽量義手

筋電制御により、柔らかさを制御可能な技術を、軽量なアクチュエータで開発した。(図11)筋電により、物体把持の際に関節の柔らかさが適切に制御される。

### 3.6 足関節可変拘束靴

本プロジェクトで開発した距離拘束要素を用いて、肩麻痺患者用の足関節可変拘束シューズを開発した。人間の歩行運動をエネルギー源としている。(図12)



図12 足関節可変拘束靴

### 参考文献等

<http://www.ritsume.ac.jp/se/rm/ari-kawa/>  
<http://www-aka.ise.eng.osaka-u.ac.jp/jsps/index-j.html>