

リハビリ支援ロボットの開発

酒井昌夫*¹、牧 俊一*¹、山本光男*¹

Development of Rehabilitation Robot

Masao SAKAI*¹, Syunichi MAKI*¹ and Mitsuo YAMAMOTO*¹

Industrial Technology Division, AITEC*¹

これまで患者に機械的な負荷をかけるリハビリテーション機器の代表に CPM(Continuous Passive Move) 装置が存在した。しかし、これらの機器は簡易な位置制御によるものが多く、患者に対するきめ細かな力の調整を行う方式は無かった。そのため、リハビリテーションを行ううえで、理学療法士の負担と人手不足を軽減する方法として、より効果的な装置への発展が望まれている。本研究ではこの問題に対し、ロボット技術の導入による機能の高度化を目的とし、本年度は主に試験用機体の試作を実施した。

1. はじめに

従来のロボット研究は製造業向けの産業用ロボットに主眼が置かれてきた。しかし、ロボットの要素技術であるセンサ、コンピュータ、制御技術等の発展に伴い、医療・福祉、生活全般等の非製造業分野への展開が期待されている。こうした非製造業向けロボットは一般的な消費者を対象とするものが多く、将来は巨大な市場へ成長することが見込まれることから、今後一層研究が盛んになると思われる。本研究ではロボットの進出が期待される福祉分野でのロボット研究開発を目指し、リハビリテーションの支援を行うロボットの研究を行った。

本年度、研究に着手する段階で理学療法の専門家から従来型リハビリ機器の課題点として様々な意見を頂いたが、その中でも重要な項目として、理学療法の動作は単純な曲げ伸ばしだけではないため、患者に合わせた動きを理学療法士が実際に行い、それをロボットがリピートするシステム(ティーチング&プレイバック)患者に危害を及ぼさない安全領域内で、リハビリ継続中に生じる負荷の緩和に追従して負荷を調整するシステム、との要望があった。これを受け、肘のリハビリをターゲットとして肘の屈伸及び旋回の動作を合成して行う2自由度のロボットの機体試作を行った。

2. ロボットの概要

2.1 ロボットの機能

今回、肘をターゲットとしたリハビリ用機器を試作するにあたり、前述の要望を満たすため、次の～の流れでリハビリを行うシステムの開発を検討した。

理学療法士が、運動軌道及び負荷を直接教示でき

る教示機能

教示された軌道を再現する複数のアクチュエータによる協調動作

患者の状況を測定しながら行う負荷調節

の教示機能は、患者に作用する負荷を力覚センサにより測定する必要があるため、患者と駆動機構の間を分離しなければならない。患者の負荷を測定せずに軌道だけの教示を行う方式も考えられ、この場合は患者と駆動機構の分離は不要となる。しかし、現時点ではどちらの手法が有効であるか判断できないため、患者と駆動機構を分離可能な構造とした。次にの協調動作では2本の直線運動を行うリニアアクチュエータの動作をリンクを介して患者が装着する装具に伝達する機構により、屈伸(曲げ伸ばし)動作と旋回(捻り)動作に変換した。の負荷調節については人工知能系の研究であり、機体本体の試作及び運用試験後の課題であるため、次年度以降の目標とした。

2.2 ロボットの駆動方法

次に試作機の初期イメージを図1に示す。本システムは図中の2本のリニアアクチュエータの出力を、リンクを介して患者用装具に連結する。リンクを介して動力を伝えられた装具は、図2に示すようにアクチュエータが同一方向に動作すると屈伸運動を、図3に示すようにアクチュエータが逆方向に差動すると旋回運動を行う。次に患者が装着する装具を図4に示す。

患者用装具には6軸力覚センサが組み込まれ、患者に作用する力とトルクを常時測定する。また装具には屈伸と旋回の2軸の変位を測定する為のロータリーエンコーダをそれぞれ配置している。このリンク機構はアクチュ

*1 工業技術部 機械電子室

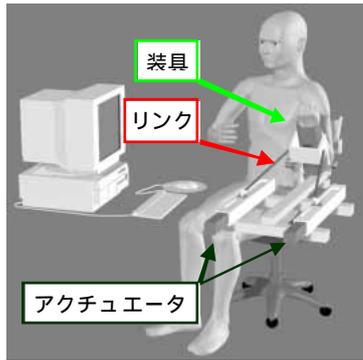


図1 システム概念図

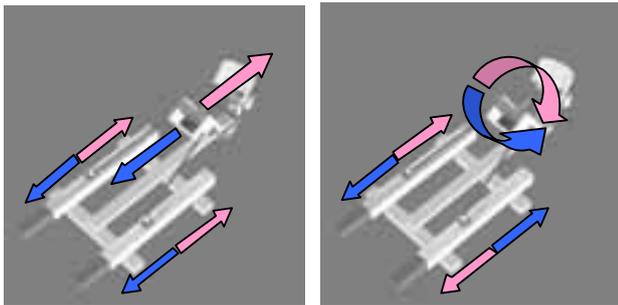


図2 同方向動作=屈伸

図3 差動動作=旋回

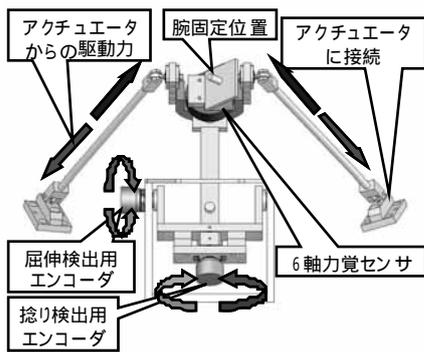


図4 患者用装具

エータによるリハビリ時のみ患者用装具にネジで固定されるが、軌道教示中はこれを外し、代わりに理学療法士が持ち易いようにハンドルを装着した。

これらの各機構を固定するボディには、実験過程での仕様の変更に柔軟に対応するために汎用性の高いアルミフレームを採用した。

次に制御システムは開発環境を安価なものにするため、汎用のデスクトップパソコンに Interface 社製モータ制御カード PCI-7414V および 株式会社ニッタ 製センサボードを増設したものを使用した。また、OS は制御のリアルタイム性を確保するため、国産リアルタイム OS である ART-Linux を採用した。ART-Linux を採用した理由は 無料配布 他の Linux で必要とされる専用ドライバ作製の手間が不要 プログラムのミスが有っても Linux のシステムそのものを破壊しない、等の制御システム用リアルタイム OS として優れた点を有するためである。

3. 試作機

表1 に試作機の仕様を、図5、6 に試作機全体と試運転中の様子を示す。現時点では試作及び可動領域の干涉確認等基本的な試運転を行った段階であるため、詳細な評価には至っていないが、部品間の干涉および連続運転でのトラブルは発生していない。しかし、患者用装具の質量が 2.5kg になり、健常者に対しては違和感を与えないが、リハビリ患者には相当な負荷であり、悪い印象を与える可能性があるため、軽量化対策が必要である。

表1 リハビリ支援ロボット仕様

項目	仕様
駆動機構	IAI 社製 DS-SA6×2 基
出力	30W×2
最大速度	200mm/sec
定格推力	98N×2
可動領域	屈伸: 水平~80° 旋回: 0~±30°
6軸力覚センサ	(株)ニッタ製 IFS-67M25A25-I40
装具重量	2.5kg
制御システム	パソコン CPU Pentium4 3.0GHz モータ制御カード PCI-7414V
OS	ART-Linux
安全対策	緊急遮断スイッチ 2系統 緊急停止ブレーキ 2箇所

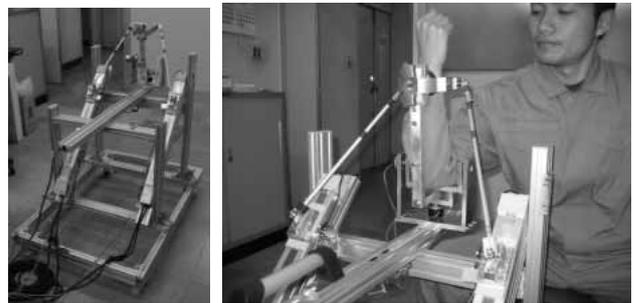


図5 試作機全体図

図6 試運転

4. 結び

本年度はリハビリ支援ロボットの研究開発の中で、試験用機体の試作を実施した。

今回の試作機では機体本体の試作を中心に進めたので、今後は制御用ソフトウェアの開発に研究の中心をシフトするとともに、患者への使用を行う前段階として、健常者による試験運転を実施して安全を確保する予定である。更に現時点で改善が必要と思われる機体の軽量化、可動領域の拡大等機構面の改善を図る必要がある。