

平成 29 年 8 月 4 日現在

機関番号：51401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350688

研究課題名(和文) 上肢運動訓練のための卓上型リハビリ支援ロボットの開発

研究課題名(英文) Development of the Rehabilitation Robot on the Desk for the Upper Limb Training Support

研究代表者

木澤 悟 (Kizawa, Satoru)

秋田工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：90234202

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中や脊髄損傷、高齢化が原因による運動麻痺者はリハビリにより運動機能の改善が期待できる。そこで本研究では上肢機能の回復を目的とするリハビリロボットを開発した。開発したロボットは、福祉施設や自宅でも持ち運びが可能で、気軽に卓上でリハビリを行うことができるリハビリロボットである。

本研究の特徴は、麻痺患者のリハビリの回復状態を評価するためにWebカメラを用いてAR技術(拡張現実)を導入したことにある。さらに開発したロボットを利用して健常者と麻痺患者の上肢のリーチング運動に対する巧緻性の違いについて検討した。

研究成果の概要(英文)：Restoration of upper limb function is important to improve QOL of hemiplegic patients. Robot systems of the upper limb function exist, but large ones they are not so common. Therefore, in this study, we have developed a rehabilitation robot which can easily rehabilitate on table.

研究分野：制御工学

キーワード：リハビリテーション 福祉工学 福祉介護ロボット バイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

脳卒中や脊髄損傷、高齢化が原因による運動麻痺者は、リハビリによって筋力低下予防や関節拘縮予防、関節可動領域の維持など運動機能の改善が期待できる。しかし、リハビリを行うには療法士の補助が必要であり、リハビリの時間が増大するにつれ療法士にかかる負担も大きくなる。このため長時間のリハビリを人手だけに頼るのは現実的に厳しい。このような問題への対策の一つとしてロボット機器による運動訓練支援が期待されている。実際にリハビリにアーム式や外骨格式などロボットが多く導入されているが、このほとんどは大掛かりで設置や持ち運びに不向きであることが現状である。

2. 研究の目的

本研究で開発するロボットはコンパクトで持ち運びが可能であることをコンセプトに机上でリハビリが可能なロボットの開発を目標とした。しかし、上肢の作用域は広く多彩であるため、これに対応するために机上での二次元平面上で全方向に移動できるロボットを前提に開発した。さらに、リハビリ患者の運動訓練の動作状況を記録、評価するためにリハビリロボットの自己位置を認識できるセンサの導入を検討した。また、開発したリハビリロボットの実用性を検証するために、健常者と麻痺者のリーチング動作を測定し、健常者と麻痺者のリーチング動作の正確性や円滑さなどの運動特性の違いを臨床により検討した。

3. 研究の方法

(1)ロボットの設計

本研究では特別な施設設備等が必要なく卓上でリハビリ運動が可能であるロボットの開発を目的とした。また、上肢の作用域は広く多様であるため、これに対応するには二次元平面上での全方向への移動が求められる。そこで、車輪にはオムニホイールを採用し、四輪駆動方式による全方向移動を実現した。さらに、ロボットの移動制御するための位置センサの役割と被験者の動作評価するためのセンシングの役割を同時に実現させるために、WebカメラとAR(拡張現実)技術による画像処理技術を導入した。そのため自己位置認識を可能にするためにロボットの中心にARマーカを設置した。図1は開発したリハビリロボットを示す。

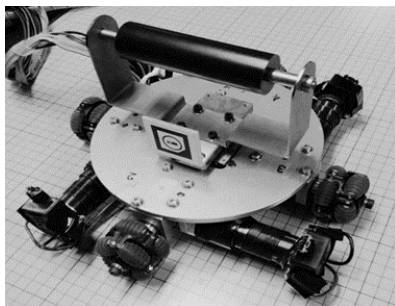


図1 リハビリ装置の全体図

(2)リハビリロボットの制御システム

図2に制御システムの構成を示す。リハビリロボットの操作はノートPC 1台で行っている。このロボットは前腕および上腕の筋力が衰えた患者を対象に水平面上での上肢運動のアシストを目的としている。そのため、保持部(グリップ)の下に6軸力覚センサを埋め込むことで使用者がグリップを握って腕を動かしたときに発生した力の向きや大きさを認識させ、この力の情報をもとに各車輪を駆動させることで仮想的なインピーダンス制御や外力を発生させて負荷を与えることも可能である。また、webカメラとAR(拡張現実)技術を利用することでロボットの自己位置認識を可能としている。

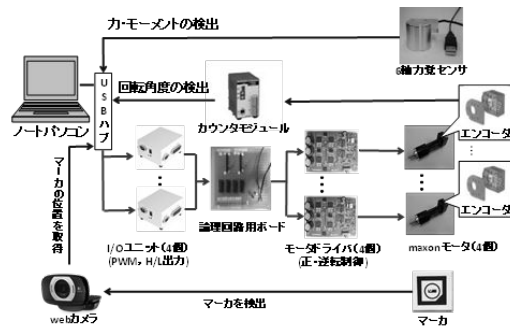


図2 制御システムの構成

(3)AR(拡張現実)技術の利用

AR(拡張現実)技術とは現実世界に、コンピュータによって作り出された情報(バーチャル世界)を重ね合わせることで周囲の情報に付加価値を加える技術である。ARマーカの位置を読み取りカメラの位置と方向をリアルタイムで計算することで対象物の現在位置を習得することができる。webカメラとマーカの位置関係を図3に示す。さらに、リハビリロボットを使ったリハビリ運動の軌道を視覚的に明示するために、モニタ上に目標軌跡と実際に動かした軌跡を描画させるシステムを構築した。利用者は目標軌跡を追いながら実際の軌道とのずれを意識しながらリハビリが可能である。これにより使用者にはバーチャルな感覚とゲーム感覚とで遊戯性を持たせ、リハビリに対するモチベーションも高められると考えられる。モニタの表示画面を図4に示す。

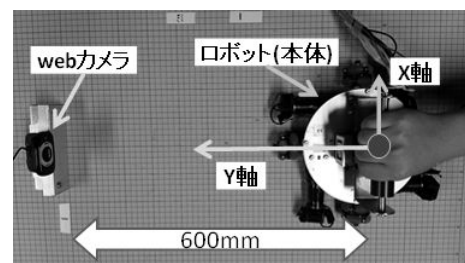


図3. webカメラとマーカの位置関係

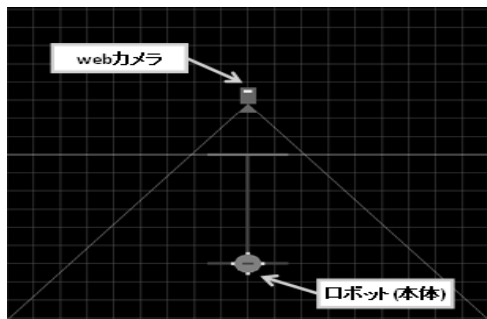


図4 モニタの表示画面

(4) リーチ動作の検討

本研究で開発したりハビリロボットを使用して片麻痺者と健常者におけるリーチ動作の運動特性の違いについて検討を行った。リーチ動作とは目標とする地点に腕を屈曲伸展させる動作である。今回行う実験では上肢の可動範囲を想定して、目標軌道に沿って直線に 300[mm]先へ腕を伸ばすリーチ動作を行った。リーチ動作の様子を図6に示す。また、突発的な外力への適応能力を健常者と比較するために、リーチ動作中に外力を印加した。外乱は開始地点から 100~150[mm]の区間で加えられ、100~125[mm]の区間で移動距離に比例して増加、125~150[mm]の区間で移動距離に比例して減少する。中央部の最大となる外乱の値は 5[N]に設定した。

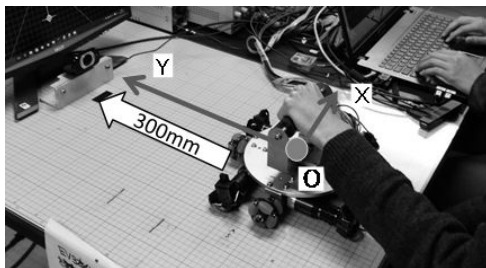


図6. リーチング動作の状態

(5) リーチ動作の評価実験

開発したりハビリロボットを使用して健常者と片麻痺者によるリーチ動作の巧緻性について比較検討した。被験者は健常者4名と片麻痺者18名とした。実験では外乱が加わらない通常のリーチ動作と外乱が右側と左側に加わる3パターンのリーチ動作をランダムに各3回ずつ行った。図7に実験の様子を示す。

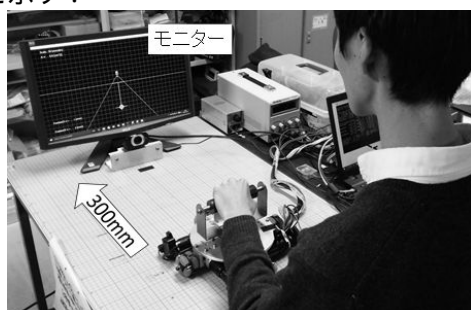


図7に実験の様子

4. 研究成果

実験結果は図8と図9に示す。外乱が印加しないリーチ動作(外乱無し)と外乱が印加するリーチ動作(外乱有り)の二郡に分け、健常者と片麻痺者の平均振れ幅と Jerk cost の平均値を算出し比較した。

図8は健常者と片麻痺者の平均振れ幅を比較したグラフである。図より外乱無しの場合、健常者は平均振れ幅が小さいことから正確なリーチ動作であることが確認できる。対して、片麻痺者は平均振れ幅が大きかったことからリーチ動作の正確性に欠けていることが確認できる。また、外乱有りの場合、健常者は平均振れ幅が小さいことから外乱印加後の軌道修正が容易であったことが確認できる。対して、片麻痺者は平均振れ幅が大きいことから外乱印加後の軌道修正が困難であったことが確認できる。

図9は健常者と片麻痺者の Jerk cost を比較したグラフである。図より外乱無しの場合、健常者のリーチ動作は Jerk cost が小さいため円滑であったことが確認できる。対して麻痺患者は Jerk cost が大きいことよりリーチ動作の円滑性に欠けていることが確認できる。また、外乱有りの場合、健常者は Jerk cost が小さいことより外乱の影響が少なかったことが確認できる。しかし、麻痺患者は Jerk cost は大きくなったことから外乱への適応ができず、円滑なリーチ動作が困難であったことが確認できる。以上より健常者と麻痺患者の間に巧緻性の違いを確認することができた。

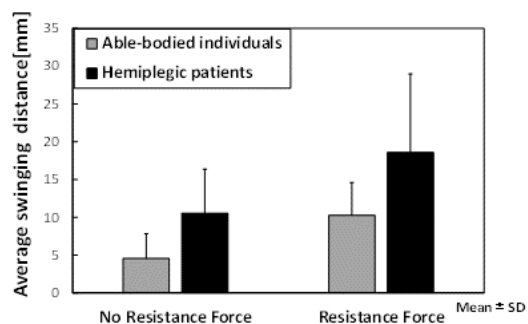


図8 平均振れ幅

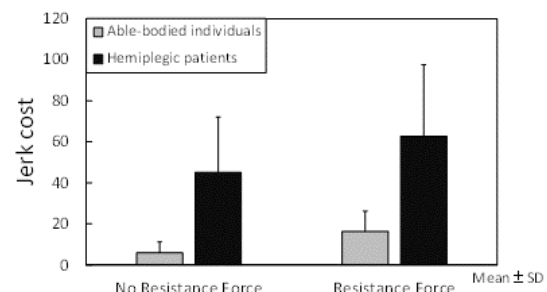


図9 Jerk cost

5. 主な発表論文等

(研究代表者は下線)

[雑誌論文](計 3 件)

長谷川俊幸, 木澤 悟, Kinect を用いた
上肢リハビリ支援装置の開発, 秋田工業
高等専門学校研究紀要, Vol.52, pp.7-12,
2017.3

木澤 悟, 安保俊彦, 水谷嵩, 松永俊樹,
島田洋一, 肢訓練支援のための卓上リハ
ビリロボットの開発, 秋田工業高等
専門学校研究紀要, Vol.51, pp.10-16,
2016.3

木澤 悟, 巖見武裕, 宮脇和人, 松永俊樹,
島田洋一, 学習による FES のための階段
昇降を含んだ歩行周期検出システム, 日
本福祉工学誌, Vol.17, No.1, pp.20-26,
2015.6

[学会発表](計 6 件)

長谷川俊幸(秋田高専), 岡部克利, 木澤
悟, 上肢リハビリテーションのための
Kinect を用いた動作解析システムの開発,
日本機械学会東北学生会第 47 回卒業研
究発表講演会講演論文集, pp.126,
2017.3.6

齊藤 諒(秋田高専), 木澤 悟, 宮脇和人,
大日方五郎(中部大)電動歩行補助車の開
発と評価, 日本機械学会東北学生会第47
回卒業研究発表講演会講演論文集,
pp.126, 2017.3.6

安保俊彦(秋田大), 巖見武裕, 木澤悟
(秋田高専), 水谷 嵩(秋田大医), 島田
洋一>片麻痺患者を対象とした上肢リハ
ビリロボットの開発, 平成 29 年度日本
機械学会 第 29 回バイオエンジニアリ
ング講演会, 2E44, 2017.1.20

長谷川俊幸(秋田高専), 木澤 悟, Kinect
を用いた上肢リハビリ支援システムの構
築, 平成 28 年度東北地区高等専門学校
専攻科産学連携シンポジウム講演論文
集, pp.2, 2016.11.27

長谷川俊幸(秋田高専), 木澤 悟(秋田高
専), 巖見武裕(秋田大), 岡部克利(秋田
高専) Kinect を用いた上肢リハビリ支
援システムの構築, 日本機械学会東北支
部第 52 期秋季講演会, No405, 2016.9.17

安保俊彦(秋田大院), 木澤 悟(秋田高専),
巖見武裕(秋田大), 水谷 嵩(秋田大院医
片麻痺患者のための上肢リハビリ支
援システム, 日本機械学会東北支部 第 52 期
秋季講演会, No404, 2016.9.17

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:

種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木澤 悟(KIZAWA Satoru)
秋田工業高等専門学校・創造システム工学
科・機械系・教授
研究者番号: 90234202