片麻痺者用車いすの設計・開発

Design and development of wheelchair for hemiplegic patient

南後淳・山形大学大学院理工学研究科 三吉洋太・山形大学大学院理工学研究科 田中裕輔・山形大学大学院理工学研究科

Jun Nango, Yamagata University

Yota Miyoshi, Yamagata University

Yusuke Tanaka, Yamagata University

Key Words: Wheelchair, Six-bar Linkage, Angular Displacement, Leg Motion

論文要旨

It is difficult for the hemiplegic patients to move the side of the body paralyzed due to apoplexy. And they need to recover their motor function through a course of rehabilitations. While, the wheelchair is used as a self-supported transfer by the hemiplegic patients. It is likely to driven by the healthy side on their own. However, if the hemiplegic patients continue to drive the wheelchair by limbs on the healthy side, the muscular force of the affected side will be weakened with a risk of a slow recovery. In this paper, we design and manufacture the wheelchair that gives the paralyzed limbs gait training motion for hemiplegic patient. This gait training motion is generated by the healthy side as driving wheelchair. Giving the repeated motion to the affected side, the wheelchair is expected to bring an effective rehabilitation. We measure the angular displacement of hip joint and knee joint and examine the effect of the wheelchair.

1. 緒言

片麻痺者は、脳卒中などによる右半身または左半身の麻痺の影響で患側の運動が困難であり、リハビリテーションによってその運動機能を回復することが望まれている。しかし、特に歩行のリハビリテーションは介助者の力を借りなければ行うことができない場合もあり、介助者に負担がかかるだけに介護を受ける側にとってリハビリテーションに抵抗があるということも事実である。一方、脳卒中片麻痺患者の移動手段の一つとして車いすがあり、自力で駆動する方法として健側による駆動が多くみられる。しかし、日常生活の中で健側のみの使用を続けると、患側に残存している筋力の低下につながり、回復が遅れてしまう問題があり、健側のみではなく患側の運動が必要である。

本研究では、リンク機構を用いた脚部のリハビリテーションを目的とした片麻痺者用脚部駆動車いすの設計・製作を行う。健側駆動の構造とすることで自力での移動が可能となり、リンク機構を用いることにより患側も追従し、患側に反復運動を与えることによるリハビリテーション効果が期待できる。本研究では運動障害が残る可能性が高い左半身麻痺者を対象とした装置の設計を行い、試作した2つの車いすについて、健常者を対象とした実験的な評価を行い、さらに改良についても検討する。

2. 車いすの構造

2-1 試作した2種類の車いす

Fig.1に試作した脚部駆動の平面4節リンク機構を用いた2種類の実験装置を示す。また、Fig.2に機構図を、Fig.3にはそれぞれの装置で計測した角変位のグラフを示す。

Fig.1 Trial device

Fig.2 Kinematic model

(a) Type 1

(b) Type 2

Fig.3 Angular displacement

Type1 は股関節の可動域拡大を目的とした、マッサージの動きを参考にした4節リンク機構の車いす、Type2は大腿部の筋力を刺激する目的とした、スクワットの動きを参考にしたスライダリンク機構の車いすである。Type1 の車いすは装置

を駆動する際、脚部の大腿部が上がりすぎるため、姿勢の安定性に欠け、リンクが露出していることから移乗の不便さが問題点として挙げられる。また Type2 の車いすは股関節の可動域が小さく、漕ぎにくいことが問題となる。

2-2 改良型の機構

前節に示した問題点を解決するため、脚部股関節の可動域を制限し、足関節が前後に動くような機構を新たに採用する。Fig.5 に新しく採用した平面 6 節リンク機構を用いた機構図を、Fig.6 に試作した装置を示す。なお、平面 6 節リンク機構の機構定数決定方法は健康者が車いすに乗り床を蹴って進むときの駆動時の脚部の揺動幅を参考とし、そのときの股関節および膝関節の角変位を測定し、脚部が創成する動きと、装置使用時に創成される動きを一致させるようにし、車いすの座面の下にリンク機構が収まるように決定する。また、片手片足駆動でも旋回や方向転換ができ、かつ患側脚部が健側の脚部に追従して動くようにするために、Fig.7 のように車軸を分離させ、健側である右足で左車輪を、右手で右車輪を駆動する形式とする。このとき、脚部で駆動する機構は左右で出力軸（車軸）を共有することで、健側の脚部運動により、患側にも位相を反転させた運動をさせることが可能となる。

3.改良型の実験的評価

3-1 角変位の測定

Fig.8 はポテンショメータを用いて人体脚部関節角変位を測定した脚部の動きを表している。Fig.8(a)は設計時に参考とした車いす使用時の床を蹴る動作を示し、Fig.8(b)は製作したリンク機構で車いすを駆動する動作を示している。

Fig.5 Kinematic model

Fig.6 Experimental device

Fig.7 Mechanics of shaft

(a) Reference leg motion

(b) Leg motion using linkage

Fig.8 Motion of leg with device

3-2 踏力の測定

ひずみゲージを用いて本研究室で製作した踏力測定装置を片麻痺者用車いすに取り付け、片麻痺者用車いす使用時の踏力の測定実験を行った。Fig.9(a)に健康者通常歩行時の踏力測定結果を、Fig.9(b)に片麻痺者用車いす使用時の踏力測定結果を示す。これらのグラフにおいて、横軸は一周期分の歩行動作の時間を、縦軸は床反力の大きさを示している。なお、図中の x force, y force は床から水平方向・垂直方向に受ける力であり、Fig.9(b)においては装置のペダルを基準とし、水平方向・垂直方向に受ける力である。

4.まとめ

本研究では、股関節の可動域を制限し、かつ座面と床の間の空間に機構を収めるために、スライダを使用した 6 節リンク機構を考案し、空間に制約をかけ機構定数を決定し、成人男性の装置の駆動から各関節の動作とそのときの踏力を検証した。

3 章で参照した各関節の動きと、装置を使用した際の各関節の動きを比較すると、膝関節は参照値に対して変位は小さいものの動作が確認できたが、股関節は参照値では動作が見られないのに対して動作していることがわかる。これは、機構定数を決定する際、座面と床の間の空間にリンク機構を収めることを優先したために、リンク長に制約が生じてしまい、参照値に対応できる十分な長さを確保できなかったためと考えられる。しかし、角変位の測定の結果より、装置を使用することにより健側に追従して動くこととなる患側脚部に反復運動を実現し、脚部にある程度の可動域を確認することができる。

また、踏力の測定結果から、健康者の歩行時と比べると、片麻痺者用車いす使用時のほうが小さい力での駆動が可能ということがわかる。これは、装置使用時の慣性による力の影響も考えられるが、使用可能な健側の腕力も手伝い、片麻痺者の脚部に無理な負担をかけることなく装置の駆動が可能であると言える。しかし、健康者の通常歩行時の踏力と比較しているため、装置使用時の踏力の波形を検証するには至っておらず、今後は、通常車いす使用時の踏力も測定し、装置使用時との比較を行う予定である。また、より安全でかつ有効な可動域が得られるように機構や構造を見直し、装置を使用した際のリハビリテーション効果についても検証する。

(a) Floor reaction force

(b) Pedal force

Fig.9 Force acting on foot