1P1-B5 階段昇降可能な電動車椅子の開発（3号機のコセプトと試作）

Development of Wheelchair with Ability of Stairclimbing -3rd trial production-

橋野賢（東京工科大学バイオニクス学部）

Satoshi HASHINO, (Tokyo University of Technology)

Key Words: *crawl-type mechanism, stair-climbing powered wheelchair, automatic docking.*

論文要旨

Trial production of a prototype of stair-climbing powered wheelchair and an improved design under its proving test are presented in this paper. During the past few years, 2 prototypes have been developed for handicapped or elderly to move up and down along the stairs by customizing a commercially available powered wheelchair. After making reviews on these prototypes, new prototype 3rd has been planned and produced with a particular emphasis on torque transmission mechanism from powered wheelchair to reduction gear and an automatic docking mechanism of wheelchair and hoist carrier plate.

1. はじめに

世の中のバリアフリー促進の動きに合わせて、駅など公共建築物におけるエレベータなどの設置が進んでいる。しかし、現在の計画では乗降客の少ないローカル線の駅での設置予定はなく、また小さな駅にエレベータのような大きな設備の設置は合理的ではなく、エレベータに替わる小振りな代替手段の開発が望まれている。また、一般家庭においては、室内のみならず山手地区の家庭では門から玄関までの坂道など対応すべき幾何形状は千差万別であり、開発に当たってはきめ細かな対応が必要である。

本テーマは電動車イスの動力を階段昇降に使用する手段の提案である。昨年度3号機の試作を行い、評価テストを行っ

た。今回評価結果とそれに基づく改良点について述べるなお、我々が開発しているクローラ型移動機構の特長は参考文献1,2)に詳しく述べられている。

2. システムの概要

2-1 開発の歴史

図1に示す1号機は電動車イスのパワーで階段を昇降するというコセプトが実現可能を確認するために試作したものである。電動車イス駆動輪の側面円盤に6個のローラを取り付け、ラックと噛み合わせることによって階段を昇降するのである。電動車イスのモータ減速機部に階段昇降用の減速機を追加し、クラッチで切り替えられるようにしたもので、階段昇降に成功した。減速機部の改造はコスト高を招くことおよびこの方式では駆動輪にトルク伝達部がくるためラックが下部になる欠点が指摘された。歯面が上を向く方式は、健常歩行者が万が一転倒した場合怪我をする可能性があるため歯面は下にした方がよい。さらに歯面を下にするとホコリが蓄積しないメリットもある。

図2は上記のことを考慮した試作2号機である。階段昇降に必要な減速機部を独立させ、階段の近くに保管することによって平地走行時は通常の車いすとして使用し、昇降の必要ときに保管していた減速機部を介助者等の助力を借りて電

fig.1 Demonstration by prototype 1

fig.2 Demonstration by prototype 2

fig.3 Overview of prototype 3

電動車いすに接続し、介助者に押してもらって階段側面に設置されたガイド部へ乗り込む方式である。車いすの改造は、減速機部を接続するための2カ所のクランプ取り付けと、駆動輪中心に回転自在なクランプを勘合するメス部の取り付けである。さらに、駆動輪には側面に6個の回転自在なローラを設置し、減速機部の入力歯車とかみ合うようにした。この歯車はサイクロイド歯車であるがモジュールが極めて大きいので、数ミリの軸間距離の誤差は吸収されスムーズな力の伝達が実現された。

2-2 3号機的设计

2号機の操作実験では、減速機の手いす本体への接続と走行ガイドへの挿入時間の短縮と手軽さの改善が要望された。3号機(図3参照)は、車いす利用者が介助者の手助けなしに一人で移動本体に車いすごと乗りいれ、車いすのジョイスティックを操作しての階段昇降を可能とした。そのためシステムは、階段に設置されたガイド部、ガイド上を走行する移動本体、移動本体にドッキングする電動車いすから構成される。ガイド部は2号機と同じく2本の平行な金属パイプからなる走行ガイドと、走行ガイドの中間に設置される駆動ガイドから構成された。走行ガイドは移動本体がその上をローラを介して摺動走行し、移動本体の姿勢を垂直に保つためのものである。駆動ガイドは、電動車いすのモータの回転力を移動本体内部の減速機を介してトルク増幅し、6個のローラ付き円盤を介して移動本体の走行のための力を反力として生み出すためのものである。さらに、駆動ガイドの歯面は歩行者の安全のため下向きとした。また、走行安定性を増すために駆動ガイドは走行ガイドに対して前方に約5センチシフトしている。

移動本体の設計が3号機開発の主な作業である。移動本体は、走行ガイドを挟む形式の走行ガイドローラを上下に2個、減速機部、電動車いすをモータで持ち上げる持ち上げ部、から構成される。減速機部は電動車いすの駆動輪からトルクを受け取るピン付き円盤、この円盤からのトルクを増幅する減速機部、減速機部の出力を駆動ガイドに伝えるためのローラ付き円盤から構成される。上下の走行ガイドローラは姿勢を安定させるために平行リンクで接続された。

電動車いすを持ち上げるプレート表面には電動車いすを片持ちに持ち上げるためのフック受けが3個取り付けられ、電動車いすと同乗者を10秒間5センチのスピードで持ち上げる。

2-3 3号機の評価

試作機の評価によって次の問題点が明らかとなった。下記以外の問題は対症療法的に対策できたが、以下は大幅な改造を必要とする。

Fig.4 Concept design of improved prototype 3

- 1) 車いすと人の重量によって移動本体の減速機部に発生する歪みを安直な方法で対策したため重量が当初予定の約2倍の91Kgとなった。
- 2) ガイド類の製造精度が良くないため、摩擦ロスが大きくスムーズな走行が困難であった。
- 3) 後ろ向きに上る方式としたが、電動車いすの後進時の出力トルクは前進の半分であったため、前2項の効果も重なり昇りが困難であった。
- 4) 重心位置の見積もり誤差が大きく、回転トルクが壁に向かって左回りに働き、降りるとき前のめり状態となった。

Fig.5 Parallelism between Traction guide and Drive guide

2-4 改善方法

- 1) 1枚の厚手のアルミ板をベースとしたため、車いすと同乗者の荷重がベースの歪みとして減速機部に伝達したと考えられる。図4に示すように移動本体全体を荷重方向に対して歪みの少ない梁構造とする。また、歪みの影響を受けやすい減速機部(図では中央から右下斜めに延びている部分)は独立して梁構造とし、本体とはネジ止めとし、本体の歪みが歯車部に伝達しない構造とする。
- 2) 図5はガイド類の製造精度をノギスで計測したものである。計測のためノギスを固定する特製の治具を製作した。3本の線は階段上中下の駆動ガイドと走行ガイドの間隔を計測したものである。3本の線は少なくとも誤差1.2ミリの直線に修正する必要がある。走行ガイドの平行度の調整も含めて、ガイド類を固定しているフランジの調整が必要である。
- 3) 車いすコントローラの配線を前後進逆に接続することによって対応する。
- 4) 実測による重心は走行ガイドローラの回転中心を結ぶ直線上にあった。駆動ガイド円盤の中心を上記直線上におき、上下の走行ガイドローラを軽量平行リンクで接続し、移動本体の姿勢を強制する方式を採用してピッチング(前のめり)運動を抑制する。

3 今後の作業

本体の設計はFEM解析によって歪みを確認しながら進めている。また、ガイド部の機械加工も平行して進め、年度末には完成させる。

参考文献

- 1) 橋野, 回転円盤の壁に対して平行なクローラ型移動機構の開発(直線移動方式の場合), 日本機械学会論文集(C編), Vol. 66, 643号, pp801-906, 2000
- 2) 橋野, クローラ型移動機構を用いた階段昇降可能な電動車椅子の開発, 計測自動制御学会論文集, Vol.38, No.12, pp1030-1037, 2002