

車いすの動力を利用した段差解消機の開発（第6報）

- 複数ローラーによる駆動 -

金沢大学 小林 裕介, 関 啓明, 神谷 好承, 足津 正利
石川県工業試験場 前川 満良

Lift of a Wheelchair Driven by Its Wheels (6th Report)

- Drive by many rollers -

Kanazawa University Yusuke KOBAYASHI, Hiroaki SEKI, Yoshitsugu KAMIYA and Masatoshi HIKIZU,
Industrial Research Institute of Ishikawa Mitsuyoshi MAEKAWA

The lift to climb up / down doorsteps at entrances is an effective solution for wheelchair users. A light, compact, and non-powered lift has been developed. This lift is driven by wheels of a wheelchair. We propose the new mechanism which enables the wheelchair to go forward into the lift when both ascending and descending. This mechanism consist of four sets of five rollers which are placed in an arc and they are connected by gears and chains. We also use tapered rollers in order to prevent wheels of a wheelchair from moving sideways even if right and left wheels have different velocities.

1. はじめに

車いす使用者が玄関等の段差を乗り越えるための段差解消機が開発されているが、油圧機器や電動モータを使用した大型で高額な物が多い。そこで本研究では電源を使用せずに軽量・コンパクトな無動力段差解消機を開発している[1]。この段差解消機は車いすでタイヤがローラー上にくるように乗り入れ、タイヤを回転させてローラーを摩擦駆動して昇降を行うものである(図1)。ローラーの回転はウォームギアを介してピニオンギアに伝えられ、土台に取り付けられたラックとピニオンの回転により台を昇降させる。最上昇/最下降時にはラックの可動範囲を制限することで自動的にローラーがロックされ、台から出ることができる。つまり、一連の動作に特別なスイッチ操作は行わない。昇降共に車いすの前進で行えるように、小径の前輪通過と後輪によるローラー駆動を切り替える機構を組み込んでいたが複雑であった[1]。また、昇降中に車いすの左右のタイヤ回転速度に差が生じると、一方へ寄っていく、タイヤとローラーのつばとが擦れて抵抗や音が生じるという問題があった。本報告では複数のテーパローラーを配することでこれらの問題を解決した。

2. 複数ローラーによる昇降共に前進で行う機構

昇降共に前進で行え、かつ前輪もローラー部をスムーズに通過できるようにするために図2に示すような複数のローラーを配した機構を考案した。5つのローラーを円弧状に配したローラー列を四組配してある。これらは歯車とチェーンで連結してあり、回転はウォームギアを介してピニオンギアへ伝達される。前進でどちらから乗り込んでも、径の小さい前輪はロー

ラー間に落ちることなくスムーズに通過でき、ローラーは円弧状に配してあるため後輪と十分接触できるので駆動力の伝達を行える。切り替え機構などに比べて機構がシンプルなので誤動作もない。昇降時には後輪の回転に伴って前輪も回転するが、これを利用して洗浄することも考えられる。

3. テーパーローラーによる横方向へのずれの抑制

昇降時に左右のタイヤ回転速度に少しでも差があると、ローラーへ伝達しようとする回転速度に差が生じるため車いすは横方向へずれていく。仮に右タイヤの方が速かった場合、車いすは徐々に左へ寄っていく。使用者の微妙な車いす操作でこの回転速度差は発生してしまう。車いすが寄っていくと、後輪とローラーのつばが接触し抵抗や騒音が生じる。伝達される回転速度はローラーとタイヤの直径比によって決まるため、左右でローラー直径が変わるようにローラーにテーパを付け回転速度をつり合わせることで車いすの横ずれを抑制することを考えた。図3にその概略を示す。最初、車いすは中央にあり、左右でs倍の回転速度差があるとする。滑りがないとすると左右のタイヤがローラーへ伝達しようとするローラー回転速度は(D/d)及び(Ds/d)である。左右のローラーは連結されているためこの速度差により横ずれが発生する。この状態でuずれたとき、左右のローラーの回転速度がつり合うとすると

$$\frac{D}{d-2u \tan \gamma} \omega = \frac{D}{d+2u \tan \gamma} s \omega \quad (1)$$

となる。これより移動量uは次のように与えられる。

$$u = \frac{d}{2 \tan \gamma} \cdot \frac{s-1}{s+1} \quad (2)$$

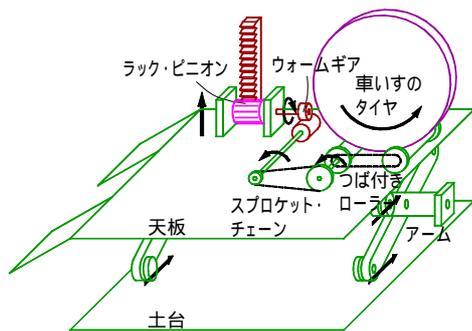


図1 車いすの動力を利用した段差解消機

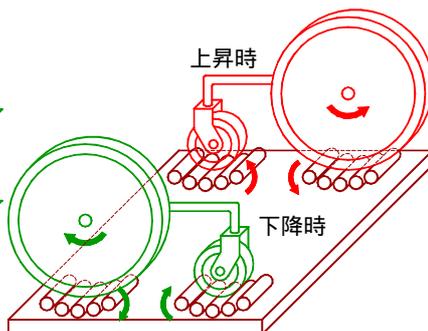


図2 昇降共に前進で行う機構

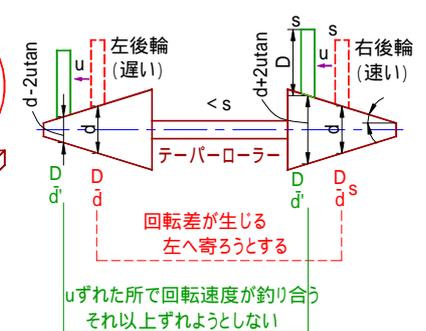


図3 テーパーローラーによる横ずれの抑制

4. タイヤと複数ローラーの滑り・乗り越え解析

駆動に必要なトルクが大きいと、タイヤがローラー部で滑ったり乗り越えたりしてトルクを十分に伝達できない。そこでローラーと後輪のトルクの関係解析した。図4に各パラメータを示す。タイヤがローラーを乗り越える時には、タイヤはローラーIとしか接触していない。従ってローラーIについてのみ考えればよい。タイヤがローラーを乗り越えない条件は

$$T < \mu \beta W_g R \sin \alpha \quad (3)$$

である。タイヤがローラー上で滑る時については、各ローラーの摩擦力を考えなければならないが困難である。そこで各ローラーに働く摩擦力をローラーに働く摩擦力 μW_g と等価と考えた。これより、タイヤがローラー上で滑らない条件は

$$T < \mu \beta W_g R \quad (4)$$

となる。以上の関係に実際に設計値を入れたものを図5に示す。駆動に必要なトルク 3.1Nm に対し、乗り越えは 53Nm、滑りは 61Nm で発生する。即ち滑りも乗り越えも発生せずに駆動可能である。また、 α が小さいと滑る前に乗り越えが、 α が大きいと乗り越えの前に滑りが発生するという傾向がある。

5. 動作検証

実際に複数のローラーを組み込んだ段差解消機を設計、試作した。図6に5ローラーを取り付けた段差解消機を示す。実際に車いすで乗り入れから昇降、乗り出しまでの一連の動作を行った。上昇時も下降時も共に前進で行えた。また、前輪もローラー部分を脱輪することなくスムーズに通過できた。後輪からローラーへの動力伝達も、昇降中に飛び出したり滑ったりすることなく行えた。

テーパローラーの効果を図7のような実験装置により検証した。ローラー上に電動車いすを乗せタイヤを回転し、少しずつ左右で回転速度差をつけていく。ローラー部から横へ脱輪する速度差を調べた。実験は図8のようなテーパローラーとストレートローラーの2種類について行った。また、テ

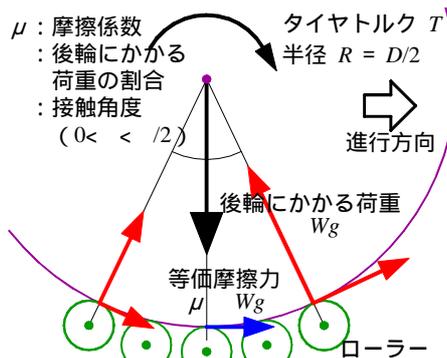


図4 タイヤとローラーの関係

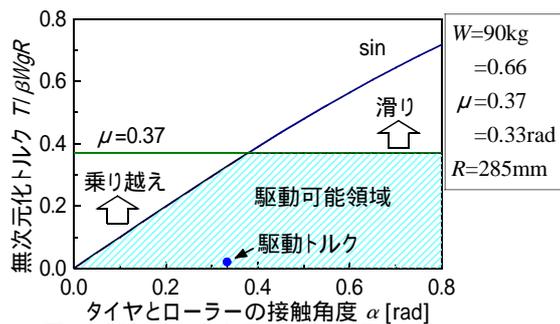


図5 駆動トルクと乗り越え、滑り

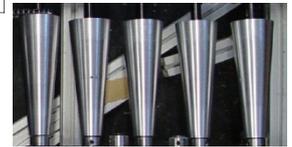


図8 テーパーローラー

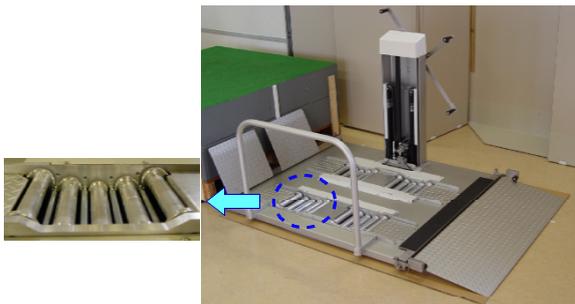


図6 複数ローラーを組み込んだ段差解消機

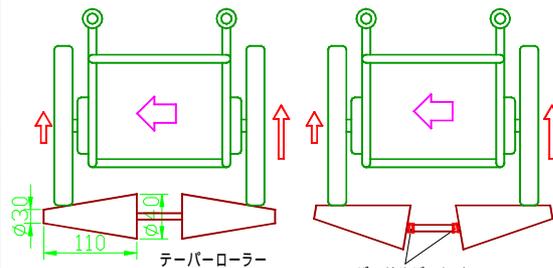


図7 テーパーローラーの効果の検証

表1 ローラーから脱輪しない限界のタイヤ速度の測定結果

ローラー種類	ローラー軸取付方法	左 [rps]	右 [rps]	速度比 s [-]
テーパ	水平	0.408	0.306	1.33
	傾斜	0.420	0.310	1.36
ストレート	水平	0.375	0.367	1.02
	傾斜	0.355	0.343	1.04

パーローラーの軸を水平に取り付けた場合、一方へ寄りすぎると車いすが傾いてさらに横ずれが大きくなるのを防ぐことを考え、ローラー軸が水平の場合と、乗り入れ面が水平になるように回転軸を傾けた場合についても測定した。実験の結果を表1に示す。ローラーがストレートの場合には少しでも回転速度に差があると横ずれが生じ、そのままローラーから横へ脱輪した。テーパローラーの場合、少し寄った後にその位置で安定した。実験で使用したテーパではおよそ35%程度の速度比まで対応できた。図7のテーパローラー形状の場合、理論的には $s=1.36$ の回転速度差まで対応できるが、概ね近い測定値となった。また、テーパローラーにおいて回転軸を傾けた場合、わずかではあるが対応可能な速度差が大きくなった。テーパを大きくすれば効果は大きくなるがその分装置が厚くなる。テーパローラーを乗り入れ面が水平になるように取り付けた段差解消機を試作する予定である。

6. まとめ

複数のローラー列を四組配することで昇降共に前進方向で行える機構を考案した。ローラーを円弧状に配置してあるので前輪はローラー間に落下することなくスムーズに通過でき、後輪はローラーへ駆動力を十分に伝達できる。この機構を試作し、段差解消機に取り付けて動作を確認した。また、テーパローラーを用いることでタイヤの回転速度差から生じる横方向へのずれを抑えることを提案し、実験によりこの効果を確認した。

参考文献

[1]小林他, 車いすの動力を利用した段差解消機の開発(第5報), 精密工学会春季大会講演論文集, pp1225 (2004)