

段差乗り上げ機構付き車椅子

三 川 智 行*・栗 原 伸 夫**

A Wheelchair with the Lift-rise Mechanism

Tomoyuki MIKAWA* and Nobuo KURIHARA**

Abstract

A new auxiliary mechanism of the wheelchair was investigated for making it easy to use in the outdoor field. It enable a wheelchair to drive the road with level differences smoothly. The sophisticated simulation method using the structural analysis program, "DADS (The Dynamic Analysis and Design System)", is applied to make a design of mechanisms. From the simulation result, the front wheel structured with three small wheels and the third rear wheels driven by the planetary gears were proposed.

Key words: Dynamic simulation, System Design, Lift-rise Mechanism, Wheelchair

1. はじめに

高齢者が健康的かつ創造的な社会生活あるいは家庭生活を営むうえで、体力的な衰えを補ってくれる何らかの動力支援機器が望まれる。また歩行が不自由な高齢者にとって、日常での生活においてより広範囲な空間で活動するためには、屋内・移動車両・フィールドのそれぞれの場所における移動支援機器が必要である。しかし現行の車椅子は屋内向けに設計されており、フィールドでの使い勝手に劣る面がある。

本研究は従来の車椅子をベースに簡単な装着が可能な機構を想定して、段差のあるフィールドでの動力支援を円滑に行う機構を提案することを目的とする。

2. 車椅子について

車椅子の構造を Fig. 1 に示す。フレームに主

輪と前輪を取り付け、前輪はフレームにキャストで接続された小輪である。また、主輪として左右に大車輪を1個ずつ設け、この主輪に動力を伝えることにより前進・後進ならびに左・右旋回を行っている。段差のある道路を円滑に進む場合、高さが小輪直径（通常は7インチ）の1/2以内となる。公園等のフィールドでの活動に支障をきたす。

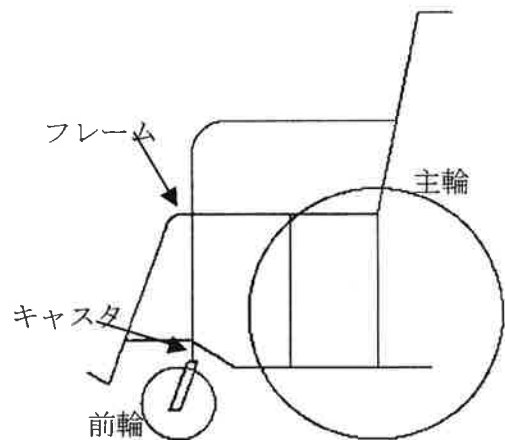


Fig. 1 Structure of Conventional Wheelchair

平成 14 年 12 月 26 日受理

* 大学院工学研究科機械システム工学専攻博士前期課程・2 年

** 機械情報技術学科・教授



Phot.1 Trial Wheel Chair with Tree Front-Wheels



Phot.2 Improved Front-Wheels

3. 前輪機構の試作検討

3.1 前輪機構について

段差乗り上げを検討するに先立ち、フィールドにおける通常の段差を調査した結果、目標高さを 15 cm とすることにした。従来の車椅子が持つ問題点として挙げられるのがまず前輪である。前輪の直径を大きくすることは車椅子の操作性を損なうため、前輪の回転に平地用の小回転と段差を乗り越える大回転の機能を持たせることにする。試作した前輪を Phot.1 で示す。3つの小輪をその回転中心部で三角プレートを用いて連結し、この三角プレートの中心軸と上部にキャスタを取りつけたフレームで結合して車椅子を支える構造とした。ここで、小輪は互いに接すると平地で回転しにくくなり、また空け過ぎると段差乗り上げが円滑に行かなくなるため、間隙を適切に設定することが大切である。

3.2 前輪機構の性能試験

試作した 3 輪式の前輪を車椅子に取りつけて乗り上げ性能を試験した結果、170 mm の段差を円滑に走行することができた。これは従来の車椅子では 50 mm を超える段差には対応できないことから、3 輪式の前輪が有効であると言

える。ただし、この試作評価により、平地での走行で小輪を 2 つ接地させるとキャスタを用いても旋回し難いことが分かった。

上述の旋回性能を回復させるために、平地走行時には小輪 1 つのみが接地するように改良した。ワイヤレバーを用いた制御機構を付加して、Phot.2 で示すように小輪 2 つを浮かせる方法である。これにより平地で従来の車椅子と同等の走行性能を保つことが出来た。

4. 後輪機構のシミュレーション検討

4.1 後輪機構について

後輪機構については、段差を乗り越える際の空転を防ぐための構造が要求される。つまり、主輪中心の前方にある重心位置が前傾姿勢となるためにさらに前方へ移動して、主輪と地面との間に摩擦力が低減することによる。今回、次の 2 つの考え方でシミュレーション検討することにした。

- (1) 駆動力の法線方向に接触面を作る(くさび式機構)。
- (2) 駆動力の法線方向に接触面を近づける(補助輪式機構)。

4.2 くさび式機構の検討

段差乗り上げシステムの概要を検討し車椅子の下部にくさびを装備し、段差乗り上げ時にく

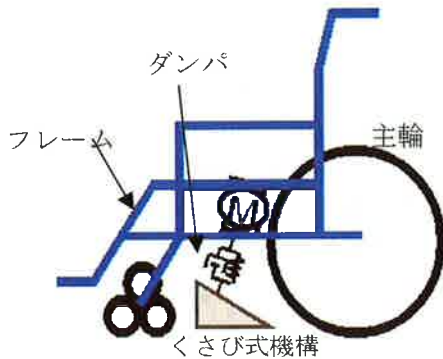


Fig. 2 Wheelchair with Wedge Mechanism

くさびをモータ、ダンパを用いて上下し接地させ、くさびをスロープの代わりにした段差乗り上げるくさび式機構を考案した。Fig. 2 にくさび式機構を示す。

くさび式機構の性能評価をシミュレーションで実施した。くさびとして、勾配が15度のものと20度のものを用いることにした。また、くさびは車椅子に装備することを前提としたため、キャストと車輪の間に収納できるサイズにした。くさびを真横から見たときの底辺の長さは200 mmが限界だったため、くさびの底辺は200 mmとした。このときのくさびの高さは、勾配が15度のものでは53 mm、20度のものでは73 mmとなる。この2種類のくさびを用いて行った。

乗り上げ目標段差を150 mm、100 mmと設定した。

くさび式機構の性能は150 mm、100 mmの段差ともに乗り上げることができないものであった。原因として、今回使用したくさびでは、走行可能な距離が極端に短く、スロープとしての役割を果たさなかったためと考察される。また、くさびの角度も急勾配だったことも原因であると考察される。そこで段差を乗り上げるために適したスロープ角度を調べた結果、角度7度以下のスロープが適していることがわかった。これにより、150 mmの段差を乗り上げるためにはスロープ角度が7度のときでスロープ距離は

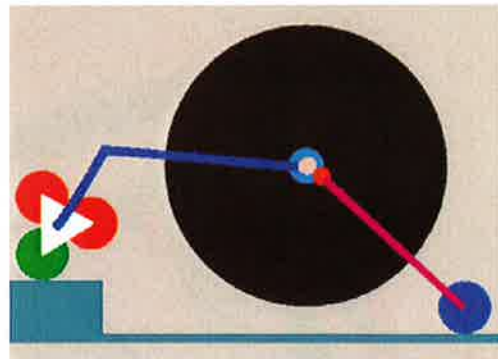


Fig. 3 Auxiliary Wheel Mechanism

1230 mm必要となる。スロープ距離が1230 mmでは、車椅子に収納可能という条件から遠いため、くさび式機構を断念することにした。

4.3 補助輪式機構の検討

新たな段差乗り上げ機構として補助輪を設け車椅子をリフトアップさせる機構を考案した。これは、主輪の後方に補助輪を1輪ずつ設け、モータにより補助輪を上下させることで、車椅子の後部を安定した状態で持ち上げる。リフトアップ用補助輪をFig. 3として示す。

車椅子をリフトアップするための補助輪機構をシミュレーションで検討するため、構造解析プログラム、DADS (The Dynamic Analysis and Design System)、を導入した。このソフトウェアは、動作メカニズムを3次元でモデル化して動作特性を解析するものである。本研究では補助輪機構が複雑になるため試作する前にその基本的な構造を決めるうえで適用することにした。

段差乗り上げ機構を持つ車椅子シミュレーションモデルをDADSのもとで作成した。補助輪機構だけでなく、3輪式前輪も装着させた。平地走行時に後部から見た姿勢をFig. 4に示す。この場合、補助輪は接地させない。

この補助輪機構モデルには、それぞれにDCモータと減速機構を装着した。これにより段差乗り上げ時に低速度・高トルクで補助輪を下降

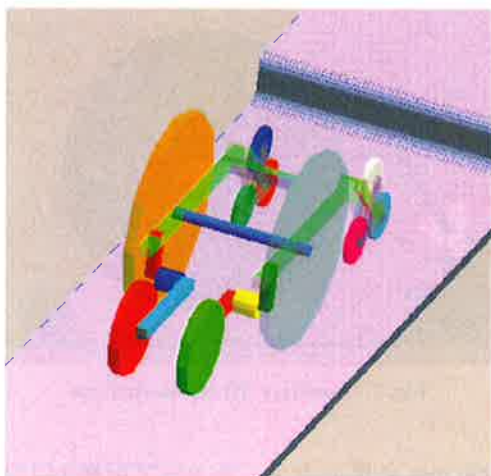


Fig. 4 Drive by Main Wheel

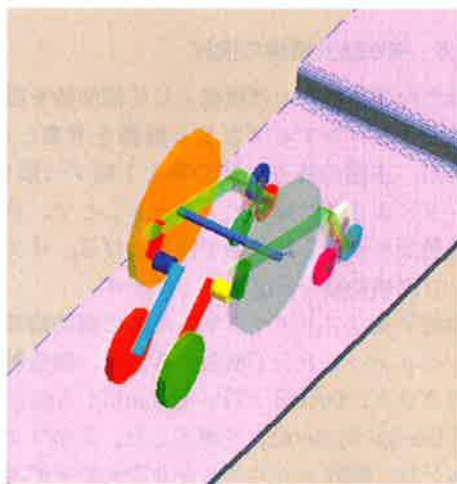


Fig. 5 Drive by Auxiliary Wheel

させて車椅子をリフトアップさせる。Fig. 5で段差乗り上げ時の車椅子姿勢を示す。

3次元シミュレーションにより。アームやリンクなどの応力や動力あるいは、これら様々な角度からその挙動を確認できる。

4.4 シミュレーション結果

4.1における段差乗り上げ機構を持つ車椅子によるシミュレーションの結果、円滑に移動できることが分った。しかしこのモデルを用いた

場合、車椅子をリフトアップするタイミングと走行速度を段差の大きさにより微妙に調整する必要があることが判明した。すなわち、段差の上部に車椅子の重心が移動する前に駆動輪が地面から浮いて空転する恐れがあるためである。さらに使い勝手の良いものとするには、リフトアップの期間には補助輪に駆動機能を持たせることが良いといえる。

5. 動力支援機構の提案

補助輪に駆動用動力源を別途用いることは事実上に困難であることから、駆動輪からの動力伝達機構が必要となる。ここで技術的な課題として、動力伝達のためには補助輪が移動する軌道が駆動輪の中心から一定距離であることが要件となる。以上のように、今回のシミュレーション結果から補助輪の基本的な機構の要件として、

- (1) 補助輪動力伝達機構：補助輪を駆動輪と同方向に加速して回転させること。
- (2) 補助輪制御機構：補助輪を駆動輪と同一面内で逆方向に回転させ、かつ充分にトルクを増幅させること

が得られた。これらを実現する機構として動力伝達機構にはチェーンもしくはVベルト連結する方法、制御機構には駆動輪に所定の大きさの遊星歯車を直結させる方法を提案する。Fig. 6に動力支援機構を示す。

6. ま と め

屋外フィールドにおいて車椅子用動力補助機構を検討した。遊歩道や公園等における100～150 mmの段差のある道路を、高齢者など筋力に頼れない利用者が進行方向へそのまま円滑に進めることを目標にした。

- (1) 3輪式前輪を考案して車椅子に装着した試作評価を実施したところ、170 mmの段差にまで対応できた。また平地走行

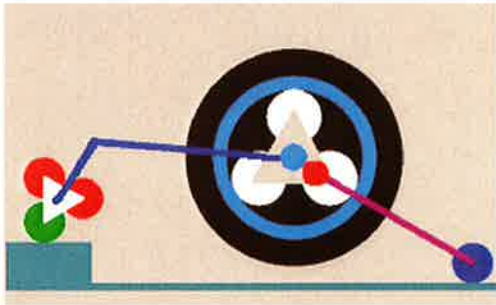


Fig.6 Tree Front-Wheels and Auxiliary Wheel with Transmission

時には1輪のみを使用する構造に改良を行った。

- (2) 段差を乗り上げるために補助輪を設ける方式を考案し、シミュレーションで検

討し、良好な段差乗り上げ性能を得た。

- (3) 補助輪動力伝達機構、補助輪制御機構を考案し、シミュレーションで検討し、良好な段差乗り上げ性能を得た。

今後は引き続いて Fig.6 に提案する動力支援機構の試作評価を進めていく。

文 献

- 1) 吉澤武男ら著：新編 JIS 機械製図第2版，森北出版
- 2) 蓮見善久著：機械設計製図演習，理工学社
- 3) E.J.ハウグ著（松井邦人/樫村幸辰/井浦雅司訳）：コンピュータを利用した機構解析の基本（DADS 理論マニュアル），大河出版