

# 段差対応型電動車いすの試作

大川将矢\*<sup>1</sup>, 山下 進\*<sup>2</sup>

## Experimental Production of Step Correspondence Type Electric Wheelchairs

Masaya OKAWA and Susumu YAMASHITA

Much of a wheelchair can't do getting of a high step. In this study, to solve such a problem, the 1/2 scale model of the electric wheelchair using locker bogie mechanism was produced experimentally. As a result of performance test, a step of up to 36mm was shown to get over it safely.

KEYWORDS : Wheelchairs, Rocker Bogie Mecanism, Step Correspondence

### 1. はじめに

車いすは、自力での移動が困難な人の移動を助ける代表的な福祉用具である。車いすには手動タイプと電動タイプがある。手動車いすは、安価でかつ軽量であるが、登坂での使用は労力を要し、また段差乗り越えには限界がある。一方、電動車いすは、移動に要する労力を低減させることはできるが、段差乗り越えには限界があり、また高価である。

最近では多くの機能、例えばパワーアシスト機能や段差乗り越え機能が考案されており、実用化した製品も多い。しかし、その機構が使える状況は限定的な場合が少なくない。また複雑な機構を装備した車いすは高価であり、故障が多いなどのトラブルのもとである。高齢化社会が進む現在、車いすの利用者は、さらに増えていくことが予想される。そのためには、より高い安全性を有する車いすの開発が望まれる。

### 2. 研究の目的

現在市場に存在する車いすは、平地以外の走破性能や段差の乗り越え、旋回性能に課題を持つものが多数である。そこで、本研究では火星探査機に使用されているロッカー・ボギー機構<sup>1),2)</sup>を採用した、今までにはない新たな車いすの設計・試作・機構や性能の評価を目的とし、スケールモデルを使用した実験を行った。また、得られたデータを基に、実機での運用における課題の考察や製作の検討を行った。

### 3. ロッカー・ボギー機構について

ロッカー・ボギー機構は、キュリオシティやソジャーナなどのような火星探査機に使われており、不整地走行に適している。そのおもな特徴は、通常の4輪、6輪に比べ、段差や傾斜における走行安定性が高い。その理由は、自由関節によって6

\*1 機械工学科 2017 年度卒業生

\*2 機械工学科(Dept. of Mechanical Engineering), E-mail: syama@oyama-ct.ac.jp

輪が連結されていることによって、すべての車輪が接地するように動作することと、トルクを伝えやすい構造であることである。さらに6輪駆動にすることで、中央の車輪を軸として、その場で旋回ができる、いわゆる超信地旋回を可能としており、狭い場所での移動も容易に行える機構になっている。以上のことから、この機構を使用することで、高い安定性と走破性が期待できる。

図1はロッカー・ボギー機構の概略図である。Aで示したボギー・リンクと、Bで示したロッカーリンクがCで示した自由関節で繋がっており、座面を支える。さらにDで示したシーソーと背もたれが繋がれ、姿勢が安定する。

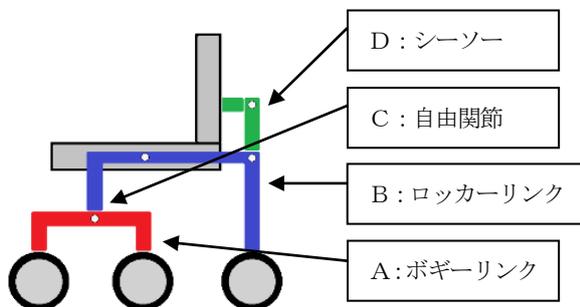


図1 ロッカー・ボギー機構

図2は、本機構の段差乗り越えの時の動きを示した図である。図に示すように、6輪が常に接地しており、安定した段差乗り越えを実現していることがわかる。また電動であれば、車輪の径以上の高さの段差乗り越えも可能である。

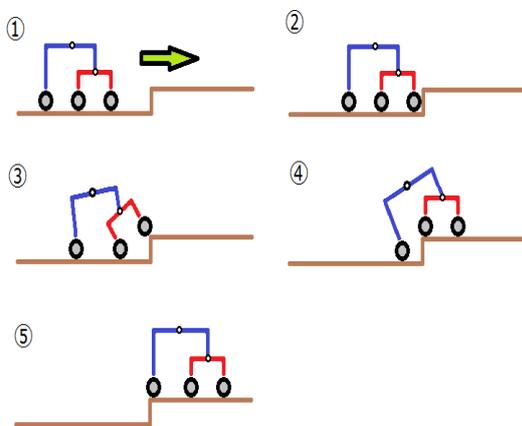


図2 段差乗り越えのメカニズム

## 4. 試作した電動車いす模型

### 4. 1 仕様と外観

本研究では、ロッカー・ボギー機構を使用した段差対応型電動車いすを1/2スケールで試作した。表1におもな仕様を、図3に試作した模型の外観を示す。

表1 車いす模型のおもな仕様

寸法	L580mm W445mm H475mm
重量	8.8kg
駆動輪	100mmホイール
駆動方式	6輪駆動
駆動モータ	各30W程度のギアードモータ
バッテリー	7.2V ニッケル水素バッテリー
制御方式	PWM <sup>③</sup>
制御方法	2本の操作レバーによる左右独立制御
制動方式	ショートブレーキ
最高速度	2.83km/h
最小旋回半径	70cm
目標段差 乗り越え性能	50mm



(a)斜め方向 (b)側面

図3 車いす模型の外観

### 4. 2 コントローラと制御回路

図4は、市販の弁当箱を利用したコントローラを示す。また図5は、模型内部に搭載された制御回路を示す。これは、車いす模型用に設計した自作回路である。おもに3枚の基板で構成されている。本回路には、演算回路やモータドライブなどを内包しており、適切なバッテリーとコントローラを接続するだけで使用できるように設計されている。

図6は、回路の大まかな流れを示している。各

ブロックは大まかな機能であり、矢印は電流や信号の流れを表す。

ブロックAは、必要な電源を得るためのブロックで、バッテリーの7.2Vからゲートドライバとリレーの駆動に必要な12Vを、昇圧回路を用いて生成している。また、演算回路は±2.5Vの両電源で動くため、LDOを用いて5Vを生成し、レールスプリッタICで中点を生成している。

ブロックBは、ユーザの意図したとおりにモータを動かすために重要なブロックである。複数のオペアンプなどを用い、アナログ演算により実現している。PWM<sup>3)</sup>用の発振回路やリレー等の遅延回路、ゲートドライバ等を含む。

ブロックCは、実際にモータを回転させるための機能であり、大電流が流れるため特に注意が必要な箇所である。本回路では低電圧大電流であるため、スイッチング素子は、MOS-FETを想定して設計した。これは故障時に短絡するため注意が必要となる。なお短絡保護回路等はない。

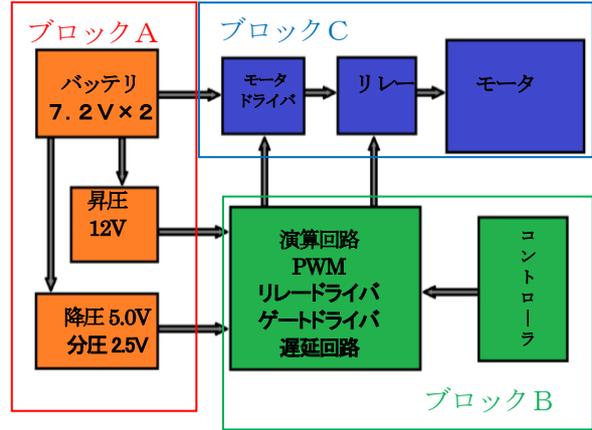


図6 回路の流れ

## 5. 性能評価実験

### 5.1 実験方法

機構の有用性や安全性、性能評価を行うため、ベニヤ板で図7に示すような段差を製作した。



図4 コントローラ

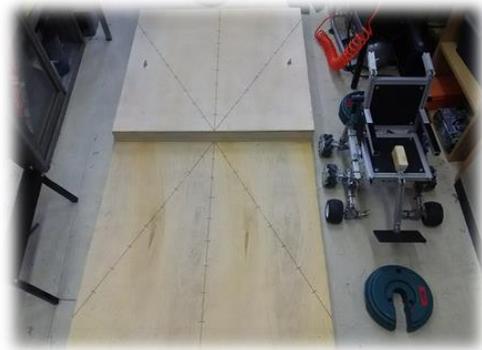


図7 段差実験装置



図5 制御回路

段差の高さは12mm~72mmの範囲で、12mm間隔で変化させ、以下のような条件で実験を行った。

- (1)最高速度とその半分速度で段差に突入するときの挙動を観察する。
- (2)進入方法は正面と左右30°の計3通りで行う。
- (3)登りと下りのそれぞれで行う。
- (4)段差の直前および20cm手前から発進させたときの2通りで行う。
- (5)人に見立てた10kgの重りを載せた場合と載せない場合の2通りで行う。

## 5. 2 実験結果

表2と表3は、座面に質量10kgの重りを載せ、段差の乗り越えおよび下りる性能を、次の3段階で評価した結果を示している。なおこれらの結果は、最高速度・助走ありの実験結果である。

- ：問題なく乗り越えた・下りた
- △：時々乗り越えられない・安定はしないが下りることはできた
- ×：乗り越えられなかった・フットレストが地面に接触した

表2 段差乗り越え性能

段差高さ [mm]	進入の向き		
	正面	右	左
12	○	○	○
24	○	○	○
36	○	○	○
48	○	△	△
60	×	×	×
72	×	×	×

表3 段差下り性能

段差高さ [mm]	進入の向き		
	正面	右	左
12	○	○	○
24	○	○	○
36	○	○	○
48	○	○	○
60	×	○	○
72	×	△	△

正面からの進入の場合は、段差48mmでは、問題なく乗り降りができた。

なお、後退で下りるときは、前進で下りるときのように進行方向に傾くことはなく、72mmまでの段差は問題なく通過できた。

次に、性能を表4のように点数化して評価を行った。

図8は乗り越え時、図9は下るときの評価を点数化した結果を示したものである。進入方向は、正面および斜め方向とし、それぞれの進入方向に対して、高速および低速とした。また座面には10kgの重りを載せた。

表4 評価基準 (点数化)

乗り越え		下り	
登れる	4点	安定して下れる	3点
中輪まで	3点	車輪が浮く	2点
前輪まで	2点	地面に接触	1点
車輪が持ち上がる	1点	下れない	0点
登れない	0点		

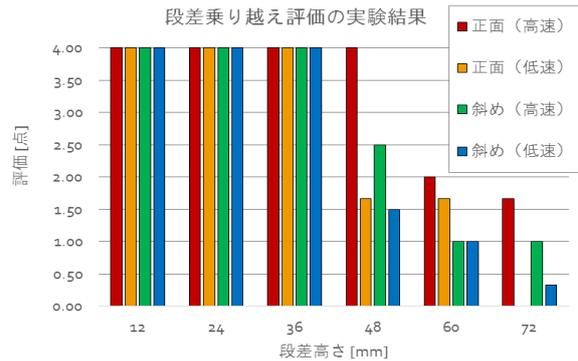


図8 段差乗り越え性能

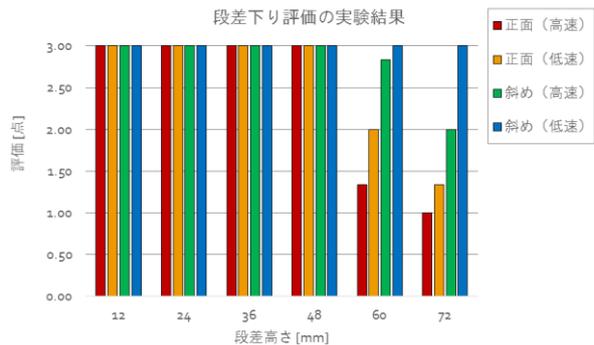


図9 段差下り性能

図8から明らかなように、登りについては36mmまでの段差であれば、問題なく乗り越えられるが、48mm以上になると課題が残る結果となった。特に低速では、性能が著しく低下する。また重り無しの結果と比較したとき、その性能の低下が見られた。段差に対して、斜めに進入する場合は、図10に示すように、モータが段差に干渉し、動力をうまく伝えられない場面が複数回あった。

図9から明らかなように、下りの場合は、60mm以上の段差では前のめりになる傾向が見られたが、低くなれば、この現象は発生しなかった。

後退で段差を下る場合は、すべての場合において、不安定な挙動は発生しなかった。



図10 モータと段差の接触

## 6. 考察

段差を乗り越え性能については、重りを積載しないほうが、性能が高かった。これはモータの出力の限界が考えられるが、タイヤが滑ることで、乗り越えができない場合が多く、タイヤの性能の問題が大きい。

段差を下る性能については、既存の車いすとは大きく異なる結果を示した。大きな段差に斜めに進入したとき、一般的な4輪の車いすであれば、車輪が浮き、不安定になり転倒の危険がある。しかし、本機構であれば、左右それぞれの車輪がジョイントにより自由に動き、常に地面に接地し追従し続ける。このことによって、車輪は浮かず、常に安定した状態を保たれるので転倒しにくいことがわかる。しかし正面から下る場合は、段差が大きいとき前のめりになる。フットレストがあるので、転倒はしないものの、搭乗者に大きな恐怖感を与えることになる。原因は、前輪が段差を下るとボギーリンクが斜めに傾き、ジョイント位置が少し下がる。車いすの速度エネルギーが、ジョイントにより回転エネルギーに変換されるため、前のめりになると考えられる。

後退時の挙動が安定しているのは、前後で機構の動き方が変わるという理由以外に、重心がやや前方へずれている可能性を示唆しているかもしれない。

## 7. おわりに

ロッカー・ボギー機構は、既存の車いすとは明らかに違う特性を示した。具体的には、登れる段差の限界は前輪の半径と同程度であり、それ以上

では前輪が持ち上がることなく空回りするだけだった。また、段差を下るときも、前輪の半径程度の段差までならば問題ない結果となった。

旋回性能向上については、今回触れていないが、車輪をメカナムホイールにすることで、小回りが良くなることは予想できる。本研究でも、前輪と後輪に使用して性能評価を試みているが、段差を乗り越える能力に乏しいことも明らかになった。

今後は、安定した段差乗り越え、旋回性能の向上を目的に、さらなる実験を重ね、安心して使用できる電動車いすの開発に取り組んでいく予定である。

なお、本研究は平成29年度卒業研究の内容を一部編集、加筆したものである。

## 参考文献

- 1) 笠井慎平, “ロッカーボギー機構における最適形状の研究”, 慶應義塾大学理工学部機械工学科, 創造演習, (2014), 3班.  
(<http://www.mech.keio.ac.jp/ja/souzou/proceedings2014/pdf/3-5.pdf>), 参照日(2018年1月19日)
- 2) 磯田 颯, 市川 瑞, 植松 千春, 及川 雄也, 山口 正勝, “ロッカーボギー機構を用いた無人探査ロボット”, 日本惑星科学会誌, Vol. 21, No. 2. (2012) pp. 148-154.  
(<https://www.wakusei.jp/book/pp/2012/2012-2/2012-2-148.pdf>), 参照日(2018年1月19日)
- 3) 東芝デバイス&ストレージ株式会社, 東芝メモリ株式会社, “PWMとは”, 第3章.  
([https://toshiba.semicon-storage.com/jp/design-support/e-learning/brushless\\_motor/chap3/1274512.html](https://toshiba.semicon-storage.com/jp/design-support/e-learning/brushless_motor/chap3/1274512.html)), 参照日(2017年12月22日)

【受理年月日 2018年 9月14日】