

# アクティブリンクを有する菱形配置惑星探査車両の提案

## Suggestion of Rhombus Four Wheel Type Rover with Active Link

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1190050 加藤 草太

### 1. 緒言

現在までに、惑星表面探査を行ったローバーは、NASAの火星探査ミッションで使用された「ソジャーナ」、 「スピリット」、 「オポチュニティー」が挙げられる。「ソジャーナ」は火星表面の移動探査の有用性を証明し、「スピリット」、 「オポチュニティー」は土壌や岩石の組成分析、天体環境の観測等、様々な科学的成果を上げた。しかしながら、これらのローバーは火星を自由に走破することは出来ず、厳しい不整地を避けるために遠回りをし、軟弱地盤に車輪をとられて脱出不能に陥り、ミッションを中止することがあった。以上のことから、今後ローバーには、更なる厳しい不整地に普遍的に適用できる新しい走破機構や、スタック脱出能力が要求される。

上記3つのローバーの走行部には、6つの独立駆動車輪の他、「ロッカーボギー」と呼ばれる、表面の凸凹の衝撃を受動的に吸収し、ローバー本体の姿勢外乱を少なくするサスペンションシステムを有している<sup>(1)</sup>。この受動機構はエネルギー効率と、機構の信頼性の観点から採用された。しかし近年では、電源系、モーター、材料等の技術革新により、走破性の高い能動機構のサスペンションが積極的に研究されている。

本研究では機体の簡素化と軽量化に着目し、アクティブリンクを有する不整地走破性の高いローバーの試作機を製作し、走行実験を行い、不整地において走破可能であることを実験的に検証する。本稿ではその試作機製作と今後の課題について述べる。

### 2. 提案するローバー

#### 2.1 機体の特徴

図1に提案するローバーを示す。このローバーは、ベースに固定される3輪と、後方のアクティブリンクによって繋がる1輪から成る車輪を菱形に配置した4輪ローバーである。4輪ローバーは従来の6輪ローバーに比べ、モーター数が少なく、軽量かつ簡素であり、故障信頼性の高い機構と考えられる。アクティブリンクとは、障害物や斜面に応じてリンクをピッチ方向に回転させる能動的な機構である。アクティブリンクの駆動はアクチュエーター1つで行うため、比較的消費電力が少ない能動機構である。

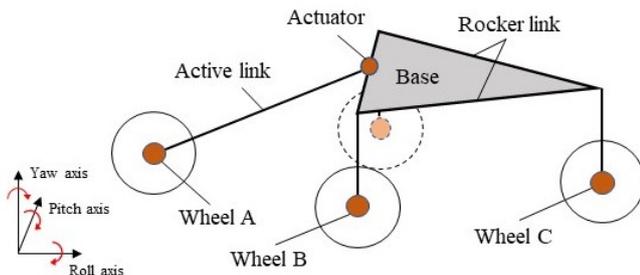


Fig.1 Model of Rover

#### 2.2 提案する走破機構

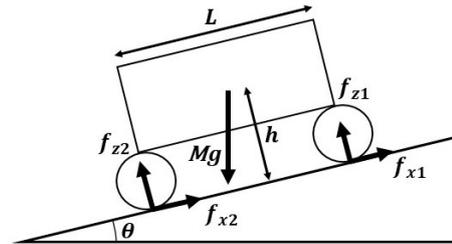


Fig.2 Force acting on rover

図2は、一様な斜面における4輪車両の登坂を側面からみたモデルである。負荷が左右対称となるため、2輪モデルとして考察する。斜面登坂時の前輪の接地荷重 $f_{z1}$ 、後輪の接地荷重 $f_{z2}$ は以下のように表すことができる。

$$f_{z1} = \frac{\frac{1}{2}MgL \cos \theta - Mgh \sin \theta}{L} \quad (1)$$

$$f_{z2} = \frac{\frac{1}{2}MgL \cos \theta + Mgh \sin \theta}{L} \quad (2)$$

式(1)、(2)より

$$f_{z1} \leq f_{z2} \quad (3)$$

以上より、後輪は前輪よりも接地荷重が大きいことが分かる。よって、軟弱地盤での登坂走行では、前輪よりも後輪が大きく沈下し、走行抵抗が増すことから駆動力も後輪が大きくなる。これにより、後輪がスタックする、前輪の接地荷重が弱く駆動力が発揮できない、後輪への負荷が大きいためモーターが停止する、などの問題が生じる可能性がある。

図3にアクティブリンクを有したローバーの登坂走行を示す。本機構ではアクティブリンクで車輪Aを地面に押し付けることによって、車輪B、車輪Cの接地荷重を等しくする。これにより、前述したスタック等の問題点を解決する。

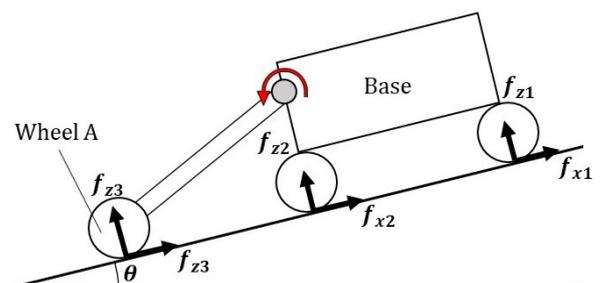


Fig. 3 Force acting on rover

図4に提案する機構の障害物走破プロセスを示す. 斜面登坂走行時, 車輪半径以下の障害物の走破では, 車輪Aを前輪とし, 車輪半径以上の障害物の走破では, 車輪Cを前輪とする. 図5に車輪半径以上の障害物走破の様子を示す. 重心はベース内部にあり, 後輪はアクティブリンクの駆動により浮き上がらせることができる. また, アクティブリンクによって車輪Aを地面に押し付けたり, あるいは浮き上がらせることにより, 車輪Aと車輪Cの力のバランスを変えることができ, 車輪Bを地面に押し付けたりあるいは浮き上がらせたりすることが可能である. 以上の能力は, 段差走破や, スタック脱出の手段として有効であると考ええる.

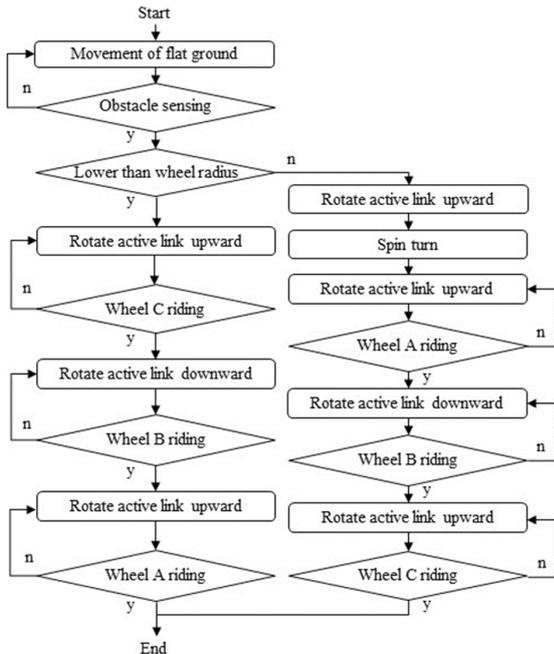


Fig.4 Flowchart of active link at obstacle getting over

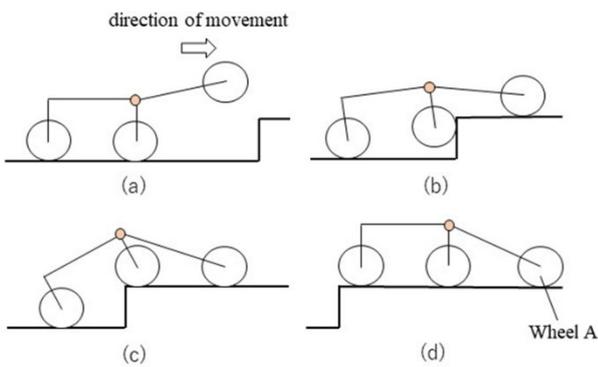


Fig.5 Front A movement process

2.3 小型試作機の製作

本研究で製作した惑星探査ローバの試作機を図6, 仕様を表1に示す. 車輪は4輪独立駆動であり, 車輪の駆動用モーターは十分に走行できるトルクの計算を行い, ギア比300のものを選定した. アクティブリンクの動力部は, モーターの駆動軸に直接的に負荷がかからないように駆動軸から従動軸に樹脂歯車で動力を伝達する. この樹脂歯車は歯面割れが起きないように応力計算を行い, 十分な強度のものを選定した. 部品の製作は3DプリンタやCNCを用いた. 車両のボ

ディフフレームと車輪の材料には軽量化および加工の容易さに着目し, アルミニウムとポリアセタール, ABS, アクリル等の合成樹脂を使用した. ボディフレームに使用したアルミ角パイプは, 強度的にオーバースペックであるため肉抜きを実施し, その結果15%の部品軽量化に成功した. 車輪駆動用モーターの端子には防塵性を高めるため, カバーを取り付けた.

マイコンには Arduino UNO を使用した. Arduino には digital ピンが13本ある. 車輪を独立駆動で速度, 正転, 逆転の制御をすると, 各モーターで3つの digital ピンを使用し, ピンの本数が不足する. そこで, モーター駆動の回路に論理回路である NOT 回路を組み込むことにより1本の信号線でモーターの正転, 逆転を行う回路を設計した.

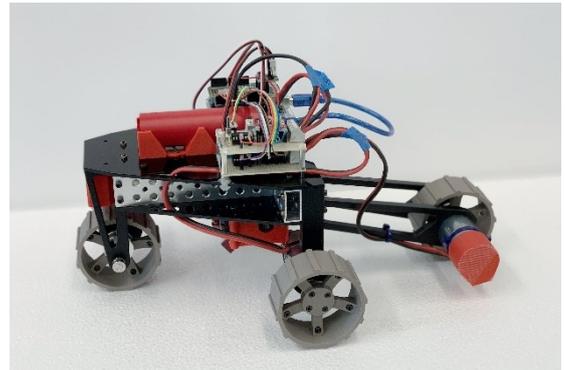


Fig.6 Prototype of Planetary Exploration Rover

Table.1 Dimension and Specification

Item	Specification
Weight	2.4 kg
Dimension	240.0(H)×484.0(L)×294.0(W) mm
Wheel size	φ80 mm
DC motor	TSUKASA TG-05R-SG-300-HA, 12V × 4
Max speed	85.0 mm/s
Servo motor	KONDO KRS-6003HV × 1
Active link max speed	0.44 sec/60°
Active link angle range	135° (min -67.5° ~ max 67.5°)
Motor power	Li-Po 11.1V 1800mAh
Control board	Arduino UNO
Control board power	Mobile battery 5V 6000mAh
Material	Aluminium, POM, ABS, NC nylon

3. 結言

本研究では, アクティブリンクを用いた不整地走破機構を提案し, その小型試験機を製作した. 今後は, 製作した小型試験機を用いて, 不整地における走破性能を実験的に評価し, 本機構の有用性を検証する.

文献

- (1) Steven F.Peters “惑星探査のための移動ロボット探査車” 電気学会誌 2000.12 Vol.120 p762
- (2) 村上遼 “アクティブサスペンションを有した菱形配置車輪型ローバの不整地走破性能” 平成26年度 高知工科大学修士論文