

月面探査ローバの走行性に関する実験

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○下岡 幸司

呉工業高等専門学校 正会員 重松 尚久

1. はじめに ローバは将来の月面探査における重要な機器の一つであり、月の起源と進化に関する様々なデータを取得する際に大きな役割を果たすと期待されている。しかしながら、月面は粉塵のような非常に細かい砂で覆われており、それに加えて重力が地球上の1/6という環境にあることから、ローバのスムーズな走行が困難な場合が予想される。そこで本研究では、シミュラント（模擬月面砂）地盤上を2軸2輪式車両が走行する際に、斜面の傾斜角や車両の種類、前輪の速度比を変化させた場合の、車両の走行性を明らかにすることを目的とし、実験を行った。

2. 実験方法 月面の地盤状態を模擬するために、試料としてシミュラントを使用した。今回使用したシミュラントの粒子密度は 2.90g/cm^3 、粘着力 c は約 8.0kPa 、内部摩擦角 ϕ は 37.2° である。そのシミュラントを傾斜させることが可能な土壌容器の中に厚さ約 100mm で敷き詰め、これを供試地盤とした。図-1 に実験装置の概略図を示す。車輪のトレッドの間隔には、昨年の研究結果¹⁾より求めたトレッド高さートレッドピッチ比 1.38 をもとにし、トレッド高さートレッドピッチを $13\text{mm} - 18\text{mm}$ 、 $21\text{mm} - 29\text{mm}$ 、 $30\text{mm} - 41\text{mm}$ とした3種類の車輪を作成した。図-2 に、車輪形状の概略図を示す。便宜上、トレッド長さが 13mm の車輪を SMALL、 21mm の車輪を MIDDLE、 30mm の車輪を BIG と定義する。車輪の回転速度は、後輪を 1.00cm/s で一定とし、前輪の速度比を 0 、 ± 5 、 ± 10 、 $\pm 15\%$ と、7種類に変化させた。SMALL、BIG の車輪では、走行地盤の傾斜角度を $-10^\circ \sim 10^\circ$ まで 5° おきに5種類に変化させ、MIDDLE の車輪では、傾斜角を $-15^\circ \sim 15^\circ$ まで 5° おきに7種類に変化させた。このとき、傾斜角 0° の際を平地走行、傾斜角がプラスの際を登坂走行、マイナスの際を下降走行と定義する。前・後輪に作用するモーメントを、8角形リングにより測定した。また、前・後輪に作用するトルクをロータリエンコーダにより、車両の水平移動距離をレーザ変位計により、それぞれ測定した。なお、定常走行状態でのデータを有効なデータとして扱った。

3. 実験結果と考察 図-3 に、ベーンせん断トルクと地盤の密度の関係を示す。ここでは、過去の経験から得られたベーンせん断トルクと地盤の密度の関係をもとに、簡

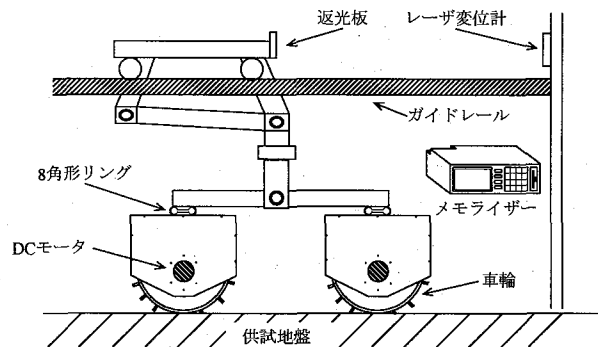


図-1 実験装置の概略図

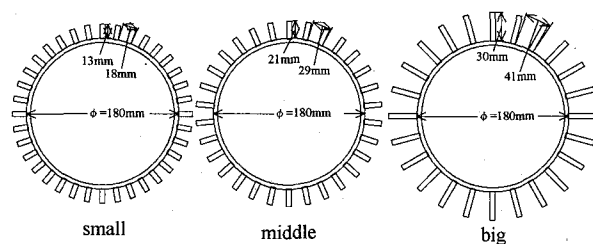


図-2 車輪形状

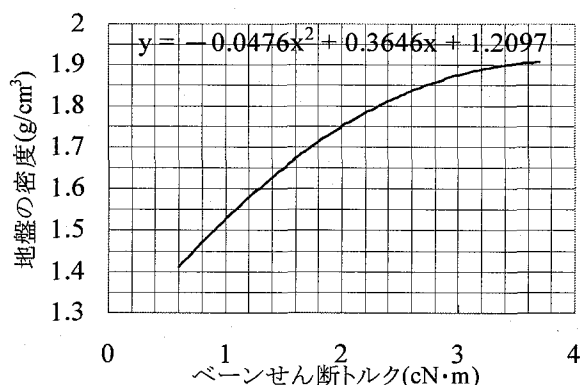


図-3 整地後の地盤の密度

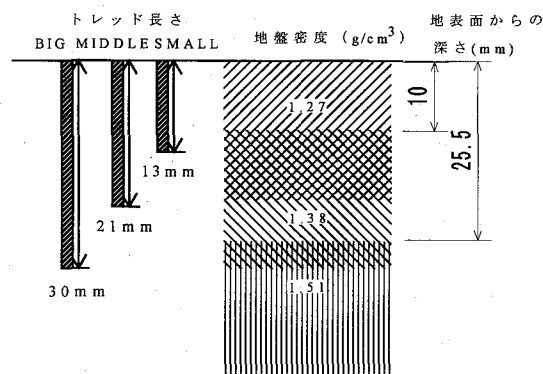


図-4 整地後の地盤の密度

易式ベーン試験器によって測定したベーンせん断抵抗トルクを用いて地盤の密度を求めた。図-4 に、耕運装置で整地した後の地盤の密度を示す。なお地盤の密度は、整地を行うごとに測定した値の平均値である。簡易式ベーンせん断試験器の刃の高さは 20mm で、それが地盤の表面にすべて隠れる深さを 1 層目、表面から 10mm 差し込んだ深さを 2 層目、表面から 25.5mm 差し込んだ深さを 3 層目とした。また、1 層目の密度は 1.27g/cm^3 、2 層目の密度は 1.38g/cm^3 、3 層目の密度は 1.51g/cm^3 となった。このように、浅いところでは地盤が非常にゆるく、表面から 2~3cm ほど深いところでは急激に締固まっている。また、車輪トレッドの長い車輪になるほど、トレッドが地盤の締め固まった部分に達していることが分かる。

図-5 に、車輪形状 MIDDLE における前輪の速度比と前輪のスリップ率の関係を示す。図-6 に、車輪形状 MIDDLE における前輪の速度比と後輪のスリップ率の関係を示す。すべての車輪形状において、前輪の速度比の増加にともなって前輪のスリップ率は増加し、後輪のスリップ率は減少した。また、登坂走行において、傾斜角度が大きくなるにしたがって、前・後輪ともにスリップ率は増加した。これは、車輪直下に鉛直下向きの力として作用している車両の自重の地盤と平行な成分が、斜面の下向きに働いているためであると考えられる。

図-7 に、前輪の速度比 0%における傾斜角と前輪のスリップ率の関係を示す。また、図-8 に、前輪の速度比 0%における傾斜角と後輪のスリップ率の関係を示す。下降走行・平地走行の場合は、車輪形状が変化しても前・後輪のスリップ率には影響が無いことがわかる。また、登坂走行では、トレッドの小さい車輪ほどスリップ率が大きくなった。これは、トレッドが大きい車輪になるほど、トレッドが地盤の密度の大きい部分に達することが可能になり、それによって地盤をしっかりと締固めることができるからである。

4. 結論 スリップ率は、登坂走行では、トレッドの小さい車輪ほど大きくなり、平地走行・下降走行では、トレッドによる影響は小さい。

参考文献

- 1) 大知剛・下岡幸司・重松尚久:月面探査ローバに最適なトレッド形状の検討,平成 17 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集,pp.179-182,2005.
- 2) 金森洋史・横山隆明・藤井勇人・中嶋洋・笈田昭・建山和由:月面ローバの走行性に及ぼす車輪形状の影響に関する実験研究,テラメカニクス第 23 号,pp.75-80,2003.

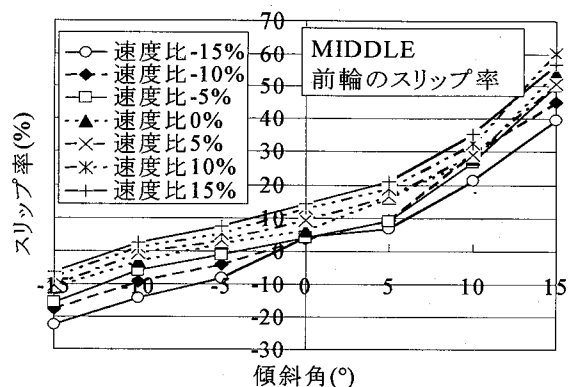


図-5 前輪の速度比と前輪のスリップ率の関係

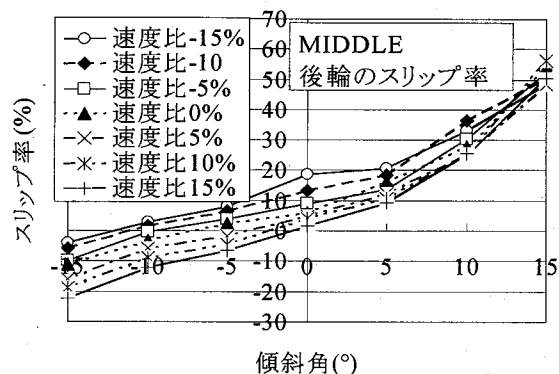


図-6 前輪の速度比と後輪のスリップ率の関係

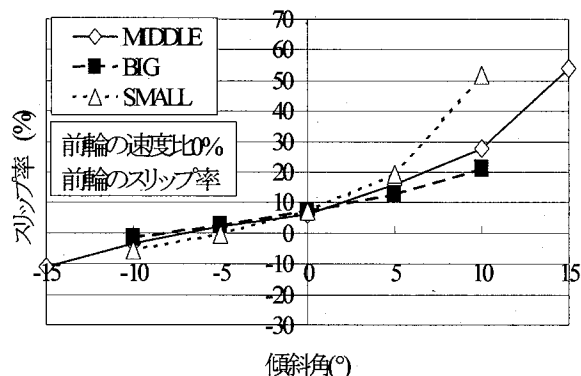


図-7 傾斜角と前輪のスリップ率の関係

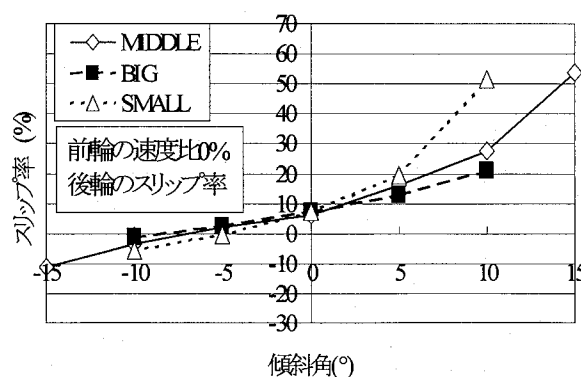


図-8 傾斜角と後輪のスリップ率の関係