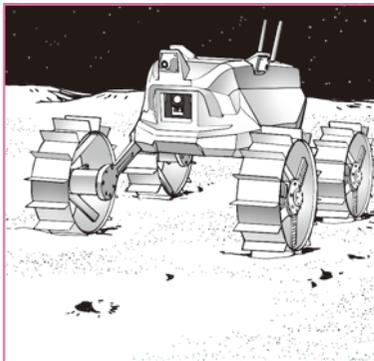


## 第2部 月面探査に学ぶ! ローバの制御技術



### 第1章 農業分野への応用に期待!

# 軟弱な地面を移動する! ローバの機構

飯塚 浩二郎 Kojiro Iizuka

月面探査で有名なNASA(National Aeronautics and Space Administration)の従来のアポロ計画では、実際に月面上に人類が降り立ち、貴重な情報を獲得してきています。そして、昨今、米国に始まり各国がこぞって月面を目指しています。

つい先日にも日本の宇宙機関で宇宙航空研究開発機構(以降、JAXA)による小型月着陸実証機SLIMが月面に着陸し、話題を呼びました。さらに小さなロボットSORA-Qも搭載され、その小さなロボットからSLIMの映像が撮られ、多くのメディアで取り上げられました。

近いようで遠い月ですが、本稿では月面に多く覆われている軟弱地盤を移動する技術に注目してみます。

### 軟弱な地面を移動するには

#### ● 車輪で移動させる難しさ

月面のような軟弱地盤に、車輪のような人工物を接触させると、軟弱地盤との接触面はせん断破壊が起き、車輪は大きく滑り、かつ、軟弱地盤中に埋没していきます。写真1に車輪が軟弱地盤中に埋没しているようすを示します。

実際に、NASA/JPLが火星に送った探査機MERは、

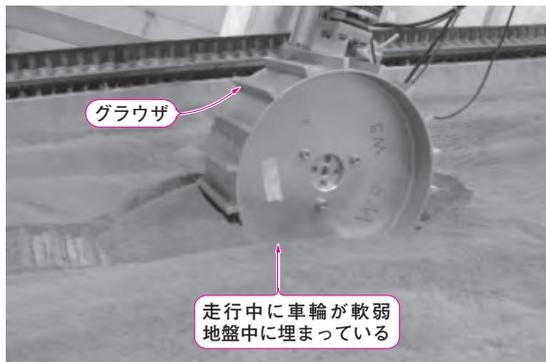


写真1 軟弱な地盤では車輪が滑って埋没してしまう問題

火星上の軟弱地盤に車輪が埋まり動けなくなりました(MERは長期間運用され、火星上の多くの有益な情報を獲得している)。

軟弱地盤の斜面上に車輪を置いてみます。まず、車輪の重量で、砂中に沈下します。これは自動車のような硬い路面を移動しているいわゆるタイヤとは異なり、車輪の多くの表面が砂面と設置しており、摩擦現象で表現するのは難しくなります。

そして、その状態で車輪の回転運動が始まると、車輪は斜面下方向に働く重力の影響で滑り出します。その際、車輪の表面に搭載しているグラウザ(推力を得るためのパドルのような形状)が、車輪の下の砂を車輪後方へとかき出してしまいます。これは、車輪が初期状態と比べてさらに沈下していることを意味しています。

また、グラウザが砂をかき出していることは砂中のせん断によって、砂が移動させられていることも意味しています。車輪がさらに沈下すると、初期の状態と比べて、車輪が登らなければならない斜面が上昇していきます。これは重量の影響が増加していることも同時に発生しています。これによりさらに滑り、砂がかきだされ、斜面が上昇という繰り返しが起き、最終的には車輪はその場から動けなくなります。これが軟弱地盤走行中に車輪が動けなくなるメカニズムです。このような人工物と軟弱地盤の関係を扱っている学問分野をテラメカニクスといいます。テラメカニクスの中で、軟弱地盤中を走行する車輪の駆動力を表現した物理モデルがありますが、そこでは車輪が滑っている量、スリップ率を組み込んだ式となっています。

### 「軟弱な地面を車輪で走る」を マジメに掘り下げてみる

土壌や地下の環境を調査・監視するための技術や方法論を研究するテラメカニクスという学問領域があります。特に、地中に埋まった物体や地下構造物、地層の性質、地下水の挙動などの調査などにテラメカニクスという分野が有効です。