

次期月探査ミッション「SELENE-2」のローバ

6月末、東京都調布市にあるJAXAの月・惑星探査プログラムグループ研究開発室を訪ねた。ここの特有ミッション機器グループは現在、次期月探査計画(SELENE(セレーネ:SELEnological and ENgineering Explorer)-2)での運用を目指すローバの開発を行っている。打上げは2015年ごろを予定しており、現在、ローバの試作機を作っている。このグループ長の西田信一郎さんにローバの開発状況について話を聞いた。

現行のSELENE計画では、2007年9月に人工衛星「かぐや」を打ち上げた。現在も月を周回軌道する「かぐや」は月表面の高精度の撮影に成功。アポロ15号の噴射跡とみられる箇所も撮影し、世界の注目を集めた。だが、解像度は10mほどなので、さらに月を詳しく知るために、SELENE-2では月表面に着陸し、着陸機(ランダ)周辺地域をローバで探査することが計画されている。これら一連のSELENE計画はアポロ計画以降の本格的な月面探査として、世界から期待されている。

砂にすくわれないメカニズム

月面上を走行したローバといえば、真先に思い出されるのが、有人のアポロ月面車(LRV、ムーンバギー、1971年)だが、当時、旧ソ連でも「ルノホート(Lunokhod)」という名のローバが月面走行に成功していた(表3)。LRVは30km弱、ルノホートは10km以上走行したが、ともに月表面を被う細かい砂の層(レゴリ

ス層)にすくわれ、車輪がスタックしてしまった。LRVの場合は宇宙飛行士が何とか引き上げた。しかし、これ以降月面上を走るローバは登場していない。

一方、火星では1997年にソジャーナ(Sojourner)、2004年にはスピリット(Spirit)、オポチュニティ(Opportunity)という2台のローバ(合わせてMER(Mars Exploration Rover)と呼ぶ)の走行に成功した。しかし、ソジャーナの走行距離はわずか50m強、オポチュニティも斜面や低い砂丘などで度々スタックした。アポロ、ソジャーナ、MERの移動機構はいずれも車輪型だ。

細かな砂の上では車輪は滑りやすく、地表面の硬軟の変化や斜面、丘、断崖で、スタックや転倒する可能性も少なくない。そこで、車輪型では細かな砂の上を走るのはなかなか難しいと考える研究者もいて、クローラ(キャタピラ)タイプのローバの方を推奨する人もいる。だが、車輪型もクローラ型もそれぞれ長所短所があり、どちらがいいとは一概には決められない(図2)。実際、車輪型だってまんざら捨てたもんじゃないと、車輪型クローラの"使いよう"を極めようとしている研究者もいる(参考:P14宇宙RT最前レポートI)。

支える力が弱い土壌の上をスタックせずに走行するためには、車輪の接地面での圧力を低く押さえずなくてはならない。しかし、低ければ低いほどいいかというと「適度な荷重は必要」だ。というのも、「レゴリスの粒子は尖っていて、踏みしめると硬

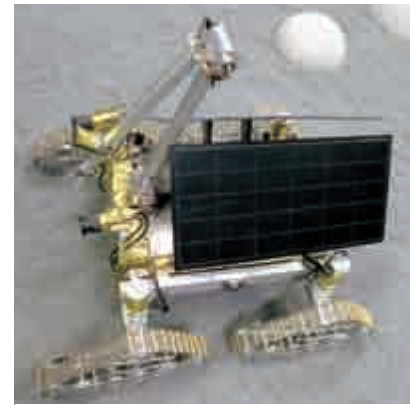


写真1 「SELENE-2」用ローバの車輪型クローラタイプ

くなる。この点、粒子が丸く、踏み固めがきかない地球の砂とは対照的」だ。ちなみに、アポロの車輪は金属製の網で作られている。

西田さんのチームは車輪とクローラを合わせた、言わばハイブリッドタイプの移動機構を考えた(写真1)。NASAや旧ソ連でもかつて試作されたタイプだが、重量や信頼性の面で採用されなかった。西田チームでは低圧走行を行うために、ステンレス製の板バネをふんだんに使い、軽く、柔らかい弾性車輪を作り、それを巻き付けるクローラも同様にしなやかで、軽くした。実際、机上に置いたこのクローラを上から手で押すと、机と接する底部が平らになる。現在の試作機ではこのクローラを4つ使い、各々にステアリングを1個付けた。試作後、雪上車によく似ていることに気づいたと西田さんは語る。

クローラには小さな穴がいっぱい開いているが(写真2)、「この穴から砂(レゴリス)が入りこむことはほとんどなく、押し付けたときに踏み固めます。もし、砂が入っても逆に、穴があるから砂が抜けてくれる」と西田さん。滑りにくいように、クローラにはアルミ製のラグ(突起)が付いている。一般に、クローラ機構では誘導輪

次期月探査	
※走行システム	不整地、レゴリス上走行
※駆動機	電力・熱供給、低温、レゴリス防塵
※操作制御	位置・姿勢・地対計測、軌跡生成
※作業技術	安定制御、傾斜、制動、旋回
質量	40~100kg (100kg未満は20kg以内)
消費電力	10W
寸法	900×900×600mm (COPV/パナソニック/DCX搭載)
走行速度	0.5~1.0m/s (低速走行)
走行距離	100km以上
運用	2015年以降
チーム	可変質量 3kg

図1 次期月探査用ローバ(ただし、この仕様は検討のための仮設定の値)

走行系技術	
走行機構方式	
■低圧走行機構の採用	
—クローラ機構	—低圧車輪(大型車輪、多輪構成)
各方式の課題	
クローラ機構	低圧車輪
・部品数が多く、重い	・大径または多輪が必要
・小石の噛み込みが多い	・直下の接地圧が高い分
・履帯の駆動	・傾斜変形による駆動

図2 クローラ機構と車輪機構