

## Ⅲ 宇宙マニピュレータ

今年6月、ISS(国際宇宙ステーション)に日本の実験棟「きぼう」が取り付けられた。星出彰彦宇宙飛行士らは「きぼう」のロボットアームを船内実験室内部の操作卓から操作し、全関節のひとつひとつの動きを確認した上で、保存姿勢にセットした。このアームは親と子のアームからなり、親アームは長さ10m、重さ780kg。未だ打ち上げられていないその先の子アームも、長さ2.2m、重さ190kgもある(写真16)。ISS本体のロボットアーム「デクスター」(カナダ宇宙庁)はさらに大きく、1.7t近くもある。このように軌道上での作業支援を目的とするロボットアームは、一般に図体はかなり大きい。



写真16 中央に見えるのがきぼう。下の小さな方のマニピュレータが日本製(JAXAにて)

### 超音波モータを使ったマニピュレータ

一方、ローバに搭載され、天体地表面にある石などのサンプル採取を行う目的のマニピュレータは所望の作業さえ、遂行できるならば、できるだけ小型軽量であることが望ましい。國井さんは各関節に超音波モータ(写真17)を使い、軽く、消費電力の少ないスマート・マニピュレータ(全長920mm、全重量1.45kg、可搬重量300g(地球)、自由度は5)を試作した。

消費電力を下げる方法としては、関節部にクラッチを使う方法や、ギヤ比を上げる



写真17 マニピュレータに用いている超音波モータ

方法もあるが、機構の複雑化、重量化、制御系への負担などの点で、探査ミッションには向かない。超音波モータの利点は「電源を切っても、関節を固定できること」と國井さん。実作業では多くの時間、マニピュレータは「待ち」の状態にある。一般のDCモータ駆動などとは異なり、この間の姿勢保持の電力が不要であることも探査ミッションでは大きなメリットになる。

アームを動かすときも、各関節をひとつひとつの制御回路で高速に切り替え、動かせば(時分割)、あたかも全関節を「同時に」動かしたかのように見える。最大電力値を落とせるのも、月面での熱対策には有利に働く。ただし、アームが軽いと振動が発生し、低重力、高真空の月では振動抑制に特別な工夫が必要だ。國井研ではこの課題にも現在、取り組んでいる。

ちなみに、スマート・マニピュレータに使用している超音波モータは、最大トルク、保持トルクともに0.1N・mで、定格出力はわずか1.3W、重さは20gである。真空テストや温度試験など、宇宙環境で使えるかどうかの多種の試験も施行した。「ほぼ問題ない結果が得られた」と國井さん。

### ★ 影画像を使ったステレオ視

6月末に國井研究室の実験室で、この試作マニピュレータを使ったサンプル採取の模擬実験を見せてもらった。マニピュレータには2つのカメラが設置されている。砂場に並べられた石群をステレオ視し、3次元復元図をオペレータに示す。どの石を採取するかオペレータが指示すると、マニピュレータは各関節を適正な角度に動かし、所望の石を取り上げ、マニピュレータ腹部にあるケースに落とすと、終了(写真18)。

國井研ではマニピュレータの影の帯状の部分画像処理する方法や、棒状の影のエッジの部分を用いて、3次元復元する方法を開発し、状況によって使い分けている。従来のステレオ法の欠点である、左右の画像の対応づけのあいまいさを影情報で補おうというものだ。マニピュレータの移動に伴って、投影される影の変化の情報が対応点の同定に利用される。欠点はエッジ

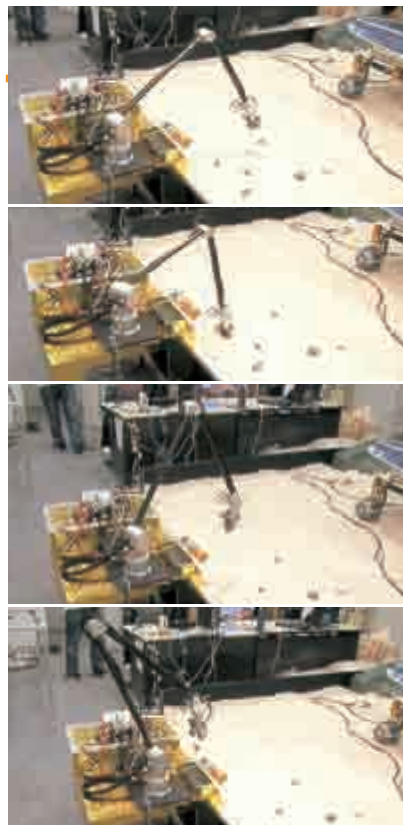


写真18 超音波マニピュレータを使ったサンプル採取の実験

部分の影がにじむ場合があり、これが精度に影響してしまうことだ。この影のエッジ判定についても、高速なアルゴリズムを開発中だ。

### SELENE-2用ローバのマニピュレータ

ここで、既存の技術をいかにうまく運用するかという観点から、今後のマニピュレータ開発についてみていきたい。

そもそも、ローバが天体で収集する種々のサンプル、画像、計測データは、太陽系の起源と進化の解明や地球外生命や地球外資源の探査に役立てられる。ローバミッションの作業は石・土壌などのサンプル採取や観測機器の設置、地下掘削や探査など、多岐にわたっており、実際のミッション遂行時には要求度の高いものから順番に選択される。したがって、その作業を担うマニピュレータとハンド(エンドエフェクタ)には、選択された作業内容に適した機能をもつことが求められる。

こういう意味ではどこが作っても、似たり寄ったりになりそうなマニピュレータだが、「どこまで汎用的なハンドを用意する