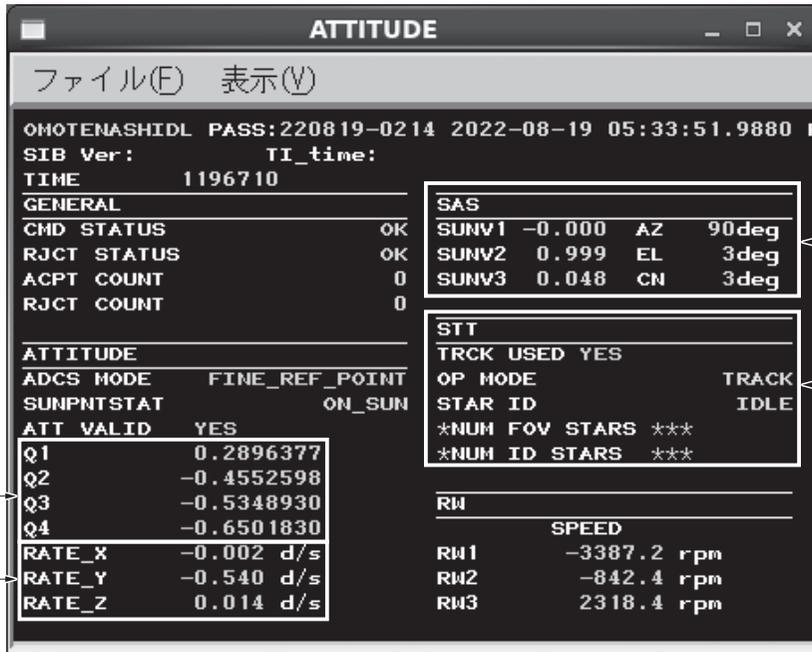
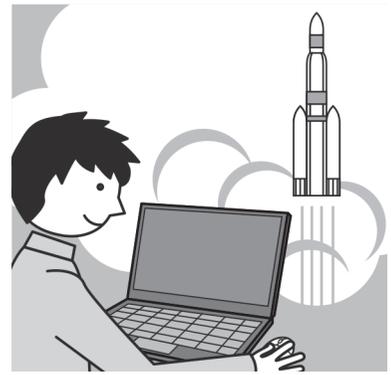


ロケットや人工衛星は  
高校数学&物理で案外飛べる!

# 宇宙の数式

第6回 探査機の姿勢を表現する方法…クォータニオン

橋本 樹明



太陽センサの情報。SUNV1~3が機体座標系での太陽方向ベクトルを示す

スタートラッカの情報。実際の探査機ではカメラに写っている星の数などを表示するが、シミュレータではそこまで再現していないので表示されない

姿勢を表すクォータニオン

姿勢の角速度(回転速度)

写真1<sup>(1)</sup> OMOTENASHI探査機のテレメトリ画面例(©JAXA) シミュレータを使用した試験時のデータ

宇宙空間において探査機の姿勢が制御できないと、太陽電池パネルが太陽を向かなかったり、地球との通信がうまくできなかつたりするので、探査機の姿勢は運用上重要な監視項目です。

本連載の第4回(2022年11月号)では、探査機の姿勢(向き)は、探査機に固定された座標軸と、基準となる座標軸(例えばJ2000地球固定赤道面座標系など)との間の $3 \times 3$ の回転行列(つまり9個の数値)で表現できることを説明しました。座標軸のような3次元空間でのベクトルの大きさを変えずに方向を変えるためには、回転行列と呼ばれる行列を掛け算すれば良いのです。しかし3次元空間での自由度は3ですので、6個も余分な数値を扱う必要があり面倒です。そこで以前から、姿勢を表す方法がいくつか考えられています。

実際の探査機運用では、探査機の姿勢をクォータ

ニオンと呼ばれる4つの数字で表し、モニタ画面で監視しています(写真1)。今回はPythonを使って探査機の姿勢をクォータニオンで表してみます。

## 探査機の姿勢を表現する方法

### ● 直感的方法…軸ごとに回転角を表現

姿勢を表す表現として最も直感的なものは、 $X$ 軸回りに $\bigcirc$ deg回し、次に $Y$ 軸回りに $\triangle$ deg回し、そして最後に $Z$ 軸回りに $\square$ deg回すという表現法です(図1)。必ずしも異なる軸回りに回す必要は無く、 $X$ 軸回り、 $Z$ 軸回り、 $X$ 軸回りという順番で回すことも可能です。この方法をオイラー角表現と呼んでいます。しかし問題点が2つあります。次に説明します。

▶問題点1…回す軸の順番で違う姿勢になってしまう  
回転角が同じでも、回す軸の順番が異なると、違う

