

## 第7章

エンジンの傾きと軌道を  
MATLAB/Simulinkで正確に予測する

# 宇宙ロケット開発物語⑤ 姿勢制御シミュレーション

森岡 澄夫 Sumio Morioka

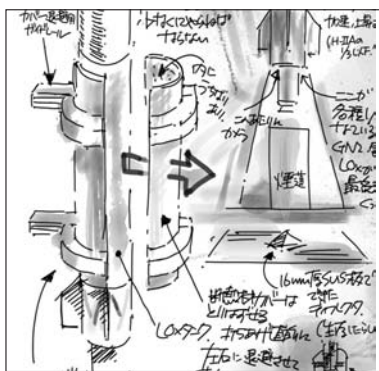


図1(a)に示すのはMOMOの飛行中の姿勢目標です。垂直に上昇するのはほんの数秒で、その後は姿勢を傾けて海へ向かいます [図1(b)]。

ロケットは飛行中、自分の姿勢を測って目標姿勢との誤差を算出し、エンジンの振り角をリアルタイムに調節して姿勢をキープしますが、許される姿勢の誤差は上限が決まっています。姿勢に誤差があると、飛行経路がずれていってしまうからです。飛行シミュレーションで調べると、許される姿勢誤差は最大でも2~3°しかないという結果が得られます。本章では、機体の姿勢制御のシミュレーション技術を紹介します。

### 飛行中のロケットの姿勢を変える原理

#### ● 鉛筆を手のひらに乗せてもち上げるイメージ

写真1は、糸で吊り下げられた水入りのペットボトルです。薄い外壁の筒に大量の水が入っている点が、ロケットとよく似ています。

このボトルを指でつついて力を加えると、重心のまわりに回転します。ロケットがエンジンを振って向きを変える事に対応します。加える力が弱いと、ゆっくりとしか目標の姿勢に近づきません。強すぎると目標

の姿勢をすぐ通り越してしまいます。また、急激に姿勢を変えると、中の水が暴れて姿勢がさらに乱れます(写真2)。この現象をスロッシングといいます。

実際のロケットは、内部の液体燃料を消費しながら飛ぶため、飛行後半ほど機体が軽くなって回転しやすくなり、重心も移動します。加えるべき力の最適値は打ち上げ後、刻一刻と変化します。

MOMOは3軸を同時に制御しています。エンジンの角度の算出は、PID制御アルゴリズムによって行います。アルゴリズムへの入力となるのは目標姿勢との

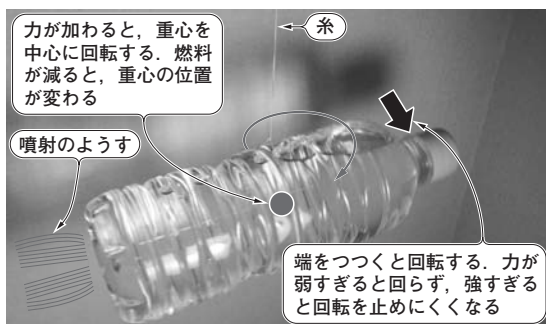
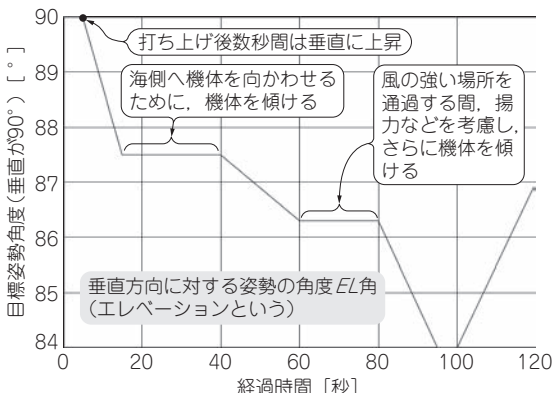


写真1 ロケットの姿勢制御のイメージ

吊り下げられた水入りのペットボトルの向きを制御するのに似ている。中の液体は揺れるし、液体の量によって回りやすさも変わる



(a) 飛行中の機体の傾き



(b) 上から見たロケットの軌跡

図1 ロケットは垂直に上昇させ続けるのではなく、高度や速度に応じて垂直方向の傾きを変える。水平方向の角度も調整する。許される姿勢誤差は2~3°

【セミナー案内】装置におけるシールド/グラウンド設計法 [講師による実験実演付き]

—— ノイズに強い電子装置を開発するための基礎知識と実務への展開

【講師】 斉藤 成一 氏, 1/17(木) 19,000円(税込み) <https://seminar.cqpub.co.jp/>