



## 自立で起き上がって静かに倒立する立方体 XYZ 3軸姿勢制御モジュールの 運動方程式とマイコン制御

【第2回】1次元立方体の運動方程式とマイコンへの組み込み

巳谷 真司 Shinji Mitani 宇宙航空研究機構 (JAXA)

本連載では、コーナで立ちして静かに倒立し安定する1辺が10 cmの立方体「3軸姿勢制御モジュール(写真1)」の運動メカニズムを数式で解いています。この立方体は、横たわった状態からエッジで倒立し、さらにコーナで倒立します(写真2)。この動きは、次のJAXA 研究開発部門ホームページで見ることができます。

<http://www.kenkai.jaxa.jp/research/innovation/triaxial.html>

第1回(本誌2020年6月号)は、初め的一步として、ホイールの回転トルクによる倒立制御のメカニズムと、慣性センサを使った姿勢計測やその精度を上げる信号処理について説明しました。考察は、3次元ではなく1次元にシンプル化して行いました。

今回は、マイコンに組み込む制御プログラムの作り方を解説します。内部にもつプラントのモデルの運動方程式と線形化の方法と、安定した制御のためのサンプリング周波数の決め方などを紹介します。今回もシンプルな1次元モデルで考察します。次回はこれを3次元モデルに拡張します。  
(編集部)

前回は、プラントにどのようなトルク(連載第1回の式(1)の制御入力トルク)を加えるかについて考察しました。今回は、そのトルクを受け取るプラントの運



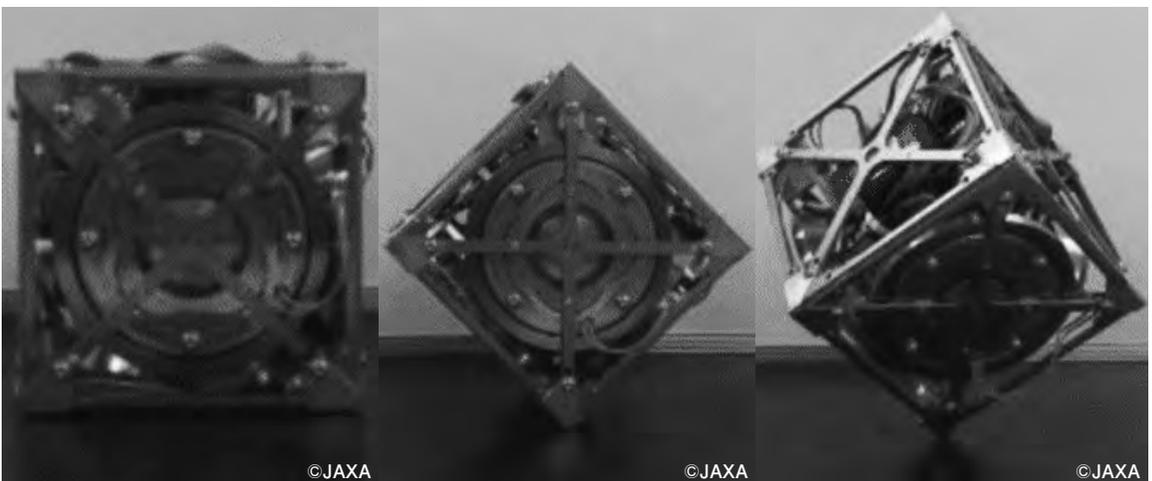
写真1 コーナで立ちして静かに倒立し安定する1辺が10 cmの立方体「3軸姿勢制御モジュールの制御メカニズムを考察

動を数式化し(モデリング)、線形化および離散化をして、マイコンで制御プログラムを作ります。

### マイコンに組み込む 制御プログラムを開発する流れ

図1に示すのは、3軸姿勢制御モジュールのシステム・ブロックです。

状態量推定系フィルタは、センサ(IMUとモータのホール・センサ)の情報から、制御したい状態量(ボテ



(a)  $t=1.00s$

(b)  $t=1.47s$

(c)  $t=1.74s$

写真2 本機は、横たわった状態からモータの回転ブレーキのトルクで自力で起き上がり倒立する