



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3回】3次元モデルの運動方程式とマイコン実装
已谷 真司 Shinji Mitani 宇宙航空研究機構(JAXA)

● ここまでのストーリー

本連載では、点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(JAXA 開発, 写真1)」の運動メカニズムを解説しています。

この立方体は、体操選手みたいに横たわった状態からエッジで倒立し、さらにコーナでも倒立します(写真2)。一連の動きは、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>

本連載の第1回は、本機をシンプル化した1次元モデルを使って、プラントを安定に倒立させるためのトルクの与え方(ホイールの制御方法)の基本原則とボディの状態(姿勢と角速度)をIMUセンサ計測値(加速度と角速度)から推定する方法を解説しました。

第2回は、引き続き1次元モデルを取り扱い、ホイールのモータがトルクを出したときプラントがどのような運動特性を示すのかを数式(非線形の運動方程式)で表しました。さらに、この運動方程式を倒立点周りの動作範囲で線形化近似し、マイコンでデジタル処理できるように離散化した式を導出しました。マイコンはこの力学モデルに基づき、IMUセンサとモータ・ホール・センサから得られる時々刻々の状態量(ボデ

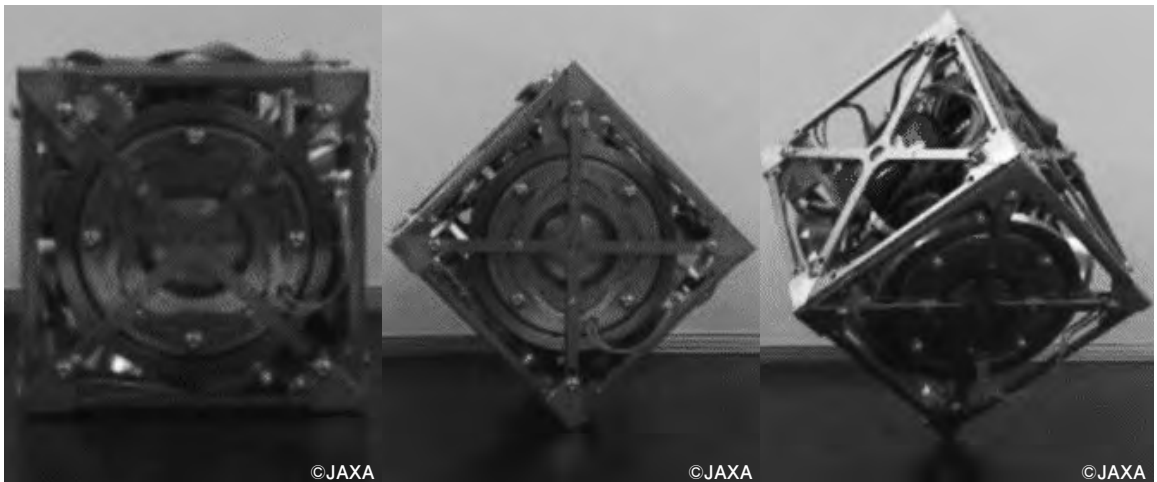


写真1 コーナ立ちして静かに倒立し安定する1辺が10 cmの立方体「3軸姿勢制御モジュール」の制御メカニズムを考察

ィの姿勢と角速度、ホイールの角速度)をフィードバックし、常に倒立平衡点で安定した姿勢を保てるような制御信号(モータの駆動信号)を出力します。

● 今回のテーマ

最終回の今回は、プラントを1次元から3次元に拡張します。ホイールの反作用トルクでボディを倒立状態に保つ原理はまったく同じですが、取り扱う次数の拡大に伴い、1次元からの拡張として説明しておかな



(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