



## 自力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4回] (最終回) 起き上がりに必要なホイールの回転速度  
已谷 真司 Shinji Mitani 宇宙航空研究機構 (JAXA)

本連載では、ブレーキ・トルクで横たわった状態から起き上がり、コーナ(頂点)で静かに倒立する立方体「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(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>

今回(最終回)は、運動量保存則とエネルギー保存則に基づき、3次元モデルにおいて、エッジ(辺)倒立から

コーナ倒立へのジャンプに必要なホイール回転数の計算式を導出します。摩擦によるエネルギーの損失があるので、ここで求めるのは、1次元のときと同様、目安となる数式です。

### 起き上がり運動を解析する

図1に示すように、本機は立方体形状の筐体( $h$ )内に3台(3軸)の直交ホイール( $w_1, w_2, w_3$ )を配置しています。

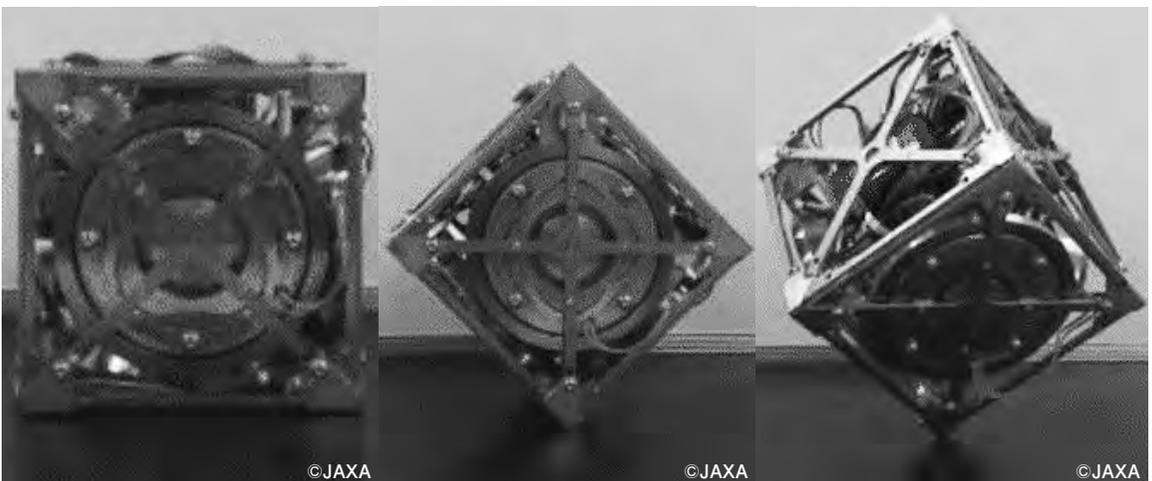
ホイール $w_3$ を下にして横たわった状態[写真1(a)]から立ち上がる時は、まずホイール $w_1$ を回転させます。回転数が一定値に達したら、ブレーキをかけて急速停止させます。すると、ブレーキ・トルクが発生して筐体が起き上がり、エッジで倒立します[写真1(b)]。次に、ホイール $w_2$ とホイール $w_3$ を同じ速度で回転させ、2つを同時に急停止させます。すると、筐体はさらに起き上がってコーナ(頂点)で倒立し、バランスをとります[写真1(c)]。

#### ● ステップ1：横たわった状態からエッジ倒立状態までの運動

本稿では、初期状態(O)からエッジ倒立状態(E)へ



写真1 本連載では、点で静かに倒立する立方体「3軸姿勢制御モジュール」の運動を解析中



(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る