

I-B9

テザー衛星システムの振動制御の地上実験

五洋建設	正会員	岩佐 貴史
東京大学大学院工学系研究科	正会員	阿部 雅人
文部省宇宙科学研究所		樋口 健
同上		名取 通弘
東京大学大学院工学系研究科	正会員	堀井 秀之

1. はじめに

テザー衛星の収納時における発散振動の制御に関する研究は注目をあびている。現在までで報告されている姿勢制御法を大別すると次の3つに分けることができ、一つはテザーの張力をコントロールする方法[1]、2つ目は衛星に取り付けられたスラスターを用いることによって振動を抑えようとするもの[2]、そして3つ目にスペースシャトルに据え付けられたブーム自身を動かすことによって振動を制御しようというもの[3]である。中にはこれらを組合わせて制御を行っているものなども最近では見られるようになった[4]。しかしながら姿勢制御に関する研究の現状としては理論結果のみが先行していきっており、地上における実験の手段によりその挙動を検証したものはほとんどない。そこで本研究では、まず最初にテザーの出し入れのみを用いるという実用上単純な制御則を提案した後、実験室規模の実験装置を用いることによってその制御則を検討していく。

2. システムモデルと定式化

システムモデルを図1に示す。テザー衛星システムの運動方程式を導くにあたり次の3つの仮定を設ける。

- (1) テザーは不伸長とし質量は無視する。
- (2) テザー衛星の振動は軌道面内のみとし振幅は微小とする。軌道面外に関しては考慮しない。
- (3) 空気による影響は無視する。

以上の3つの仮定を考慮しラグランジュの方法を用いることによって最終的に得られる運動方程式をさらに振幅 θ で線形化すると式(1)が導かれる。

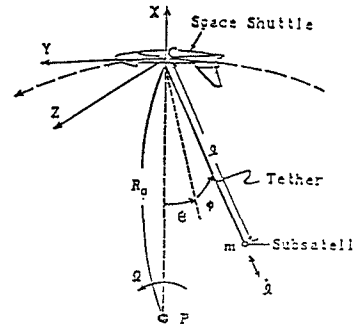


図1 システムモデル

$$\ddot{\theta} + 2\frac{\dot{l}}{l}\dot{\theta} + 3\theta = -2\frac{\dot{l}}{l} \quad (1)$$

ここに θ はテザー衛星の微小振れ角、 l はテザーの長さ、ドットは式(2)

$$\tau = \omega t \quad (2)$$

で示される無次元時間 τ での微分を示す。本研究ではこの式(1)で示される運動方程式を最適レギュレーターを用いて解析を行った。式(1)で示される運動に対しテザーを式(3)で示されるように収納していく。

$$l = ae^{-s\tau} + u \quad (3)$$

ここで u は制御入力を示す。式(3)を式(1)に代入し線形化すると式(4)が導かれる。

$$\ddot{\theta} - 2s\dot{\theta} + 3\theta = 2\left(s - \frac{su}{l} - \frac{\dot{u}}{l}\right) \quad (4)$$

さらに式(4)の右辺を式(5)

$$U = 2s - \frac{2su}{l} - \frac{2\dot{u}}{l} \quad (5)$$

で示されるように U で置き換えマトリックス化された方程式に変換すると、最終的に問題は式(6)

$$J = \int_0^t \left\{ X^T(t) \cdot Q(t) \cdot X(t) + U^T(t) \cdot R(t) \cdot U(t) \right\} dt \quad (6)$$

で示される評価関数 J を最小にする典型的な最適レギュレーター問題へと帰着される。今回の解析では初めに最適制御入力 U を決定した後、その値を式(5)に代入し数値積分を行い実際に使用する制御入力 u を求めている。

