

準天頂軌道への投入法

1. はじめに

NASDA において、準天頂衛星 3 機を用いて、日本全域の移動体ユーザー等に高速データ通信、高精度測位などのサービスを提供する新しいミッションの検討が進められている。これらの 3 衛星は、傾斜角 45 度程度、離心率 0.1 程度の、昇交点赤経が 120 度ずつ異なる 3 つの軌道に投入される必要がある。本資料では、静止衛星の打上げと殆ど同じシーケンスを適用でき、且つ使用燃料の面でも損失の少ない軌道投入法を提案する。

2. 準天頂軌道への投入法

以下に、軌道投入のシーケンスを示す。

[軌道投入シーケンス]

1. 通常の GTO 軌道に打ち上げる。近地点高度 300km、遠地点高度 35788km、傾斜角 28.5 度とする。
2. GTO の遠地点、且つ、昇交点で、傾斜角 45 度の円軌道にするためのアポジエンジン噴射(増速量 ΔV_1)を行なう。
3. 日本の上空にアプシスが来るように考慮して、離心率=0.1 となるように面内制御(ΔV_2 , ΔV_3)を行なう。

次に、3 つの増速量(ΔV_1 , ΔV_2 , ΔV_3)を求める。

GTO の遠地点且つ昇交点における速度ベクトルの三角形を図 1 に示す。 ΔV_1 は(1)式で求められる。

$$\Delta V_1 = \sqrt{V_a^2 + V_c^2 - 2V_a V_c \cos 16.5^\circ} \quad (1)$$

$$= 1599.6 \text{ m/s}$$

$$V_a = 1607.8 \text{ m/s}$$

$$V_c = 3074.6 \text{ m/s}$$

ΔV_1 により、傾斜角 45 度の同期円軌道に投入される。

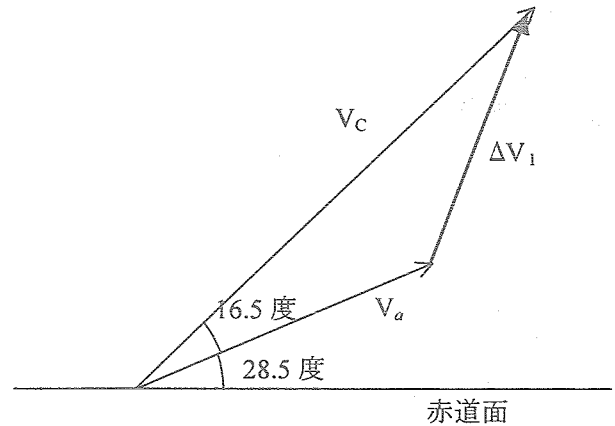


図 1 遠地点(昇交点)での速度三角形

更に、72.4m/s の加速 ΔV_2 を最南端で実施して遠地点高度を静止高度+4216.6km とし、-79.8m/s の減速 ΔV_3 を最北端で実施して近地点高度を静止高度-4216.6km とする。

ΔV_2 , ΔV_3 は、アプシスが日本上空に来るように、実施タイミングを考える。 ΔV_2 を実施した後、およそ -27deg/日のドリフトレートを持つ。従って、 ΔV_2 から 0.5 周後に ΔV_3 を行なうと、アプシス経度は ΔV_1 後の直下点経度から 13.5 度だけ西にずれる。経度の微調整は、 ΔV_2 と ΔV_3 の実施順序を変えたり、これらを何分割かしたりする事で、容易に行なう事ができる。

以上の検討から、この投入法では、1751.8m/s の増速量で済む事が判る。なお、この GTO から静止軌道への投入には、1830.2m/s の増速が必要である。

なお、傾斜角45度のGTOに投入し、上記の ΔV_1 (近地点高度のみ上げる)、 ΔV_2 、 ΔV_3 を行なう事も考えられる。その場合は、以下の増速量となる。

$$\Delta V_1 = 1466.8\text{m/s}$$

$$\Delta V_2 = 72.4\text{m/s}$$

$$\Delta V_3 = -79.8\text{m/s}$$

$$\text{計 } 1619\text{m/s}$$

この増速量は、通常のGTOを使う場合に比べて132.8m/s小さいが、第3章で述べる理由により、通常のGTOを使用する方を提案する。

3. 本投入法の利点と適用限界

3.1 利点

本資料で提案する打上げ法は、以下の利点を有する。

- A. ロケットの投入軌道が通常のGTOと同じであるため、飛行安全も含めて全く問題はない。
ロケットで投入する傾斜角を45度にする、打ち出し方位角を変えるか、ドッグレッグが必要となる他に、外国領土の上空通過を避ける等の飛行安全の問題を新たに検討する必要がある。これらの結果、ロケットのペイロードは減少する。
- B. 必要な ΔV は、1751.8m/sであり、静止軌道に投入するよりも78.4m/s少ない。
- C. 衛星分離後の追跡セクションの運用も、静止衛星の打上げと大きくは変わらない。
- D. 投入軌道が通常のGTOと同じため、他の静止衛星と相乗り打上げも可能となる。

3.2 適用限界

高傾斜角、高離心率の軌道の代表として、モルニア軌道がある。本資料で提案する方法は、要求される離心率が0.1程度と小さいために最後に面内制御を独立に実施しても損失が小さい事から可能となるものである。モルニア軌道のように離心率が大きいミッション軌道への適用は困難である。

4. おわりに

準天頂軌道に衛星を投入する新しい方法を提案した。ロケットには、通常のGTOに投入して貰えば良いため、新たに飛行安全の検討などを行なう必要はなく、他の静止衛星との相乗りも可能である。更に、衛星に必要な増速量は、静止衛星の場合より78.4m/s少ない。