

円制限三体問題におけるラグランジュ点近傍のフォーメーションフライト

Formation flight near the Lagrange point in the circular-restricted-three-body problem

○大瀧瑠偉¹, 内山賢治², 増田開²

*Rui Otaki¹, Kenji Uchiyama², Kai Masuda²

Circular restricted three-body problem has five equilibrium points and called Lagrange point. There is a periodic orbits around Lagrange points. Many mission such as deep Lunar Orbital platform-Gateway and formation flights using the periodic orbit have been proposed by some space agency in the world. In this paper, we describe a periodic orbit for formation flight of spacecrafts.

1. はじめに

円制限三体問題は5つの平衡点を持っておりラグランジュポイントと呼ばれている。二天体の直線上に存在する平衡点 L1, L2, L3 近傍には周期的な軌道が存在している。平面内の周期軌道は Lyapunov 軌道、3次元の周期軌道は halo 軌道と呼ばれている。ハロー軌道などを用いてフォーメーションフライト (FF) と呼ばれる複数の宇宙機が一定の距離や形態を保って飛行するミッションが提案されている。FF とは単機では実現不可能な長い焦点距離の観測や衛星間距離など物理的な制約を打破できる技術である。本研究では円制限三体問題の周期軌道を導出しその軌道を参照軌道とした FF について検討する。

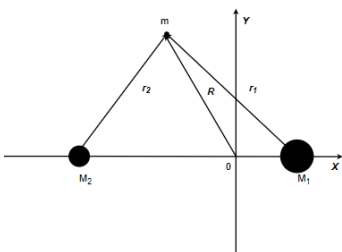


Figure1: Three body proble

2. 宇宙機の運動方程式

円制限三体問題は、円軌道上を運動する二天体から引力を受けて運動する宇宙機の運動を表すものである。ここで L2 を原点とする運動方程式は以下のようなる。

$$\begin{aligned} \ddot{x} - 2\dot{y} - x &= -\frac{1-\rho}{r_1^3}(X+l_2+\rho) - \frac{\rho}{r_2^3}(X-1+\rho)l_2 \\ \ddot{y} + 2\dot{x} - y &= -\frac{1-\rho}{r_1^3}y - \frac{\rho}{r_2^3}y \\ \ddot{z} &= -\frac{1-\rho}{r_1^3}z - \frac{\rho}{r_2^3}z \end{aligned} \tag{1}$$

3. L2 近傍の周期軌道

円制限三体問題の直線解の近傍には複数種の周期軌道が複数の周期軌道が存在している。

3.1 リアプノフ軌道

リアプノフ軌道は二天体の軌道面内に存在しいいて z 方向の成分を持たない安定な周期軌道である。(Figure 2 参照)

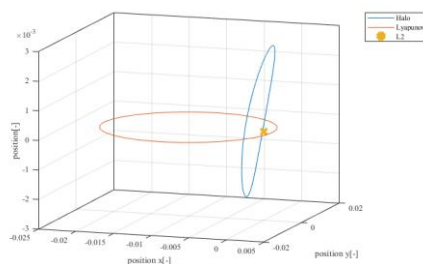


Figure2:periodic orbit

3.2 ハロー軌道

ハロー軌道は z 方向の成分を持たないその運動の周期が面内の運動の周期と一致した時に生じる周期軌道である。(Figure 2 参照)

4. 結論

本稿ではフォーメーションフライトに用いるラグランジュ点近傍の軌道をいくつか紹介した。これらの軌道を用いてフォーメーションフライトの軌道維持のための制御系を付加することが今後の課題である。

5. 参考文献

[1]坂東麻衣, 秋山裕貴, Hamidreza., Nemati, 外本伸治: 「ラグランジュ点近傍における中心多様体の近似計算」, 第58回宇宙航空科学技術連合講演会講演集, 2014
 [2]河野功, 山元透, 巴谷真司: 「フォーメーションフライト技術の宇宙最先端ミッションへの応用」, 電子情報通信学会技術報告, vol109, No101, pp127-132, 2009

1: 日大理工・学部・航宇 2: 日大理工・教員・航宇