

卒業研究概要

提出年月日 2016 年 1 月 31 日

卒業研究課題

スイングバイを行う惑星探査機軌道の再現

学生番号 B12-006

氏名 上杉耕玄

概要 (1000字程度)

指導教員 真貝寿明

印

スイングバイとは、惑星の万有引力と公転運動を利用して惑星探査機（以下探査機）の運動方向を変更し、加速・減速する技術である。本研究は、太陽系の惑星シミュレータを作成し、そこで探査機も動かすことで、実際の探査機のデータと比較した。本研究では1972年3月3日に打ち上げられ、1973年12月4日に木星とスイングバイをしたパイオニア10号のデータを用いた。

シミュレータでは、万有引力による運動を各惑星と探査機についてルンゲクッタ法で解いた。精度チェックには、力学的エネルギーの保存(最大誤差率0.0003%)とケプラーの第三法則の確認を用いた。また、プログラミング言語はc言語である。

各惑星と探査機の初期条件はNASAのデータベースHORIZONS System (<http://ssd.jpl.nasa.gov/?horizons>)を用いた。図1は、探査機の初期データを打ち上げの1ヶ月後(※1)、6ヶ月後(※2)、スイングバイの10日前(※3)としたときの軌道である。※1では、探査機が木星の公転方向の前を通り、減速したため太陽系を脱出せず、※2ではスイングバイに3日の差異があり、後の軌道が実際のデータから外れた。※3は実際の軌道との差はほとんど見られない。これらの原因は探査機自身が、目的地に正確に辿り着くように燃料を使って軌道コントロールがされているからだと考えられる。

スイングバイのための軌道コントロールにどれ程精度を要求されるかについても考えた。表1は※3の初期速度の方向をわずかに内向きに傾けたときの軌道との差異を示す。おおよそであるが、角度を10分の1にすると※3のデータとの差異も10分の1になっている。また、1度傾くだけで5年後には、地球の約2314周分(地球1周約40,000km)の差異になる。1年後の差異を1km以下にしようとする、角度は、約 1.0×10^{-7} 度以内に調整が必要であることがわかった。

スイングバイによる探査機制御は、惑星間飛行に必須の技術であるが、高い精度で制御しないといけないことがわかった。また、パイオニア10号の軌道については、太陽系の外側で「アノマリー」現象が知られているが、本研究では確認出来なかった。

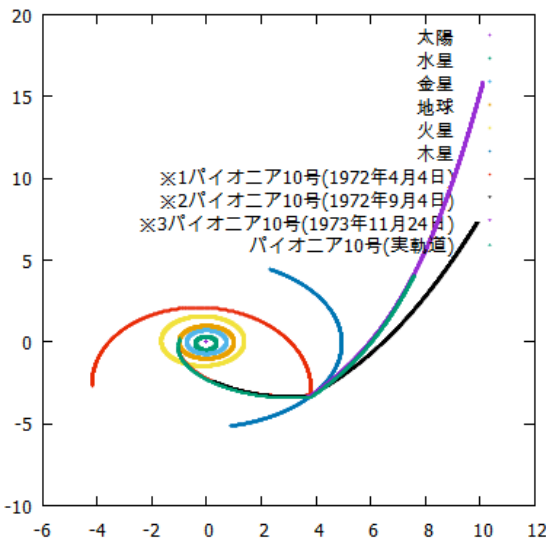


図1 パイオニア10号の軌道(軸は天文単位)

表1 □3の初期速度を傾けたときの軌道の差異(km)

	1度	0.1度	0.01度	0.001度	0.0000001度
1年後	15,231,135	1,580,436	158,612	15,867	1.6064
2年後	33,474,239	3,458,140	346,901	34,701	3.5189
3年後	52,957,343	5,448,946	546,388	54,654	5.5502
4年後	72,747,635	7,462,996	748,123	74,831	7.6077
5年後	92,579,686	9,476,259	949,730	94,994	9.6660

