

デブリ除去を目的としたエレクトロダイナミクステザーの電力収支評価

九州工業大学 工学部 電気電子工学科 学部4年 豊田研究室 上妻健太郎

1. 研究背景と目的

近年、低地球軌道中心に宇宙デブリの増加が問題になっている。このままデブリが増え続けると更なる宇宙開発が困難になるため、EDT(Electro dynamics tether)システムにより除去しようという研究が行われている。EDTは地球磁場と宇宙プラズマによるテザー電流を利用したローレンツ力で宇宙ゴミの軌道降下を行うので、推進機、推進剤が必要無いというメリットがある。

しかし地球磁場は場所によって大きさのバラつきがあるため、常に同じ推進力や電力が得られる訳ではない。今回は常にEDTシステムにある通信や計測を動かすために、得られる電力から余剰分をバッテリーに充電する。そしてバスシステムへの電力が発電出来ない際、バッテリーに貯めた電力だけで賄えるかシミュレーションを行った。

2. EDT 動作原理

EDTシステムはテザー(導電性の紐)を地球磁場を高速で移動することにより誘導起電力が発生する。また収集された電子を放出することによりテザーに電流が流れ、電流と磁場でローレンツ力を発生させる。このローレンツ力により宇宙機を減速、加速させることが可能となる。なお、減速モードの際、テザー電流と起電力により発電することができる。

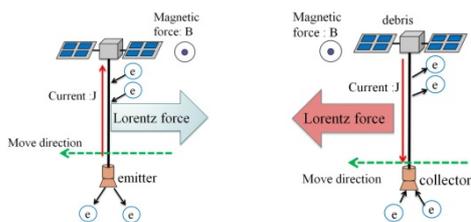


図1 EDTの減速モード、加速モード

3. 研究手法

今回は軌道周回中にテザーに生じる電力を算出し、そこから電子放出器やバスシステムに必要な電力を差し引いた余剰分の電力をバッテリーに蓄えると仮定し、磁場の影響で発電が出来ない間バスシステムを常に動かせる条件をシミュレーションにより検討する。今回は特にテザー長さや発電電圧を変えて検討を行った。

4. 電力収支評価

今回シミュレーションを行った軌道は軌道高度1000km、軌道傾斜角83degで最もデブリが多いと言われている軌道である。

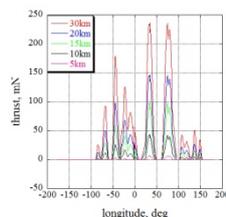


図2 発生する推進力

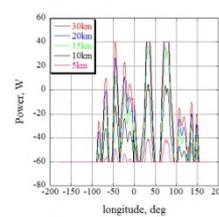


図3 余剰電力

デブリ除去ガイドラインによれば7.4mNの推進力が発生すれば2t級のデブリが1年間で1000kmから650kmまで軌道降下する。よって左図から15km以上の長さがあれば、デブリ除去として妥当であると判断した。しかし現在JAXAが開発している電子放出器が1Aの電流を流す際100W消費するもので、これとバスシステム用に10Wとして発電電力から差し引いた場合余剰電力は無かった。そこで電子放出器の消費電力が50Wだった場合(図3)を検討してみたところ発電電圧100V、テザー長さ30kmあれば電力収支が成り立つことが分かった。

5. 総括

今回シミュレーションで検討した結果、電子放出器が100W消費するという条件があり、当初の条件では発電電圧200V、テザー長さ40km無ければ電力収支が成り立たなかった。今まで軌道上での実証試験が行われたテザー長さはNASAのTSS-1Rの20kmが最大であるため、テザー長さ40kmが妥当な長さであるか判断するのは難しい。著者としては電子放出器の性能の向上することが望ましい。また電力収支評価とは別にテザーサンプルの性能評価試験も行った。正バイアス試験では電流収集性能を、負バイアス試験では負放電閾値を検討した。

6. 課題

今回行った電力収支のシミュレーションでは地球磁場が2015年正月の時点で固定されていた。実際の磁場は日照や季節によって磁場が変わるので、これからはそれも考慮した検討が必要。