

熱圏データ同化システムの開発と宇宙機軌道解析ツールとの連携

加藤 博司 [1]; 日南川 英明 [1]; 秋山 祐貴 [2]; 中村 信一 [1]; 中野 将弥 [3]; 杉本 理英 [4]; 陣 英克 [5]; 藤原 均 [6]; 三好 勉 信 [7]

[1] JAXA; [2] JAXA 追跡 NW 技術センター; [3] 富士通; [4] LSAS Tec; [5] 情報通信研究機構; [6] 成蹊大・理工; [7] 九大・理・地球惑星

Development of thermospheric data assimilation system and linkage with spacecraft orbit analysis tool

Hiroshi Kato[1]; Hideaki Hinagawa[1]; Yuki Akiyama[2]; Shinichi Nakamura[1]; Masaya Nakano[3]; Yoshihide Sugimoto[4]; Hidekatsu Jin[5]; Hitoshi Fujiwara[6]; Yasunobu Miyoshi[7]

[1] JAXA; [2] STCC, JAXA; [3] Fujitsu; [4] LSAS Tec; [5] NICT; [6] Faculty of Science and Technology, Seikei University; [7] Dept. Earth & Planetary Sci, Kyushu Univ.

As the background of the satellite constellation plan by private companies in low earth orbit environment and the problem of increasing space debris in recent years, JAXA aims to improve the accuracy of spacecraft's orbit prediction in low earth orbit environment. Since a spacecraft in a low earth orbit receives drag from the atmosphere (atmospheric drag) which exists slightly in low earth orbit environment, it is important to improve the accuracy of atmospheric drag prediction in order to improve the accuracy of spacecraft's orbit prediction in low earth orbit environment. In order to predict atmospheric drag, information on five factors is required: the mass of the spacecraft, the relative velocity, the cross-sectional area, the drag coefficient, and the atmospheric density. However, there is uncertainty in each factor, and in the field of space flight dynamics, the uncertainty in atmospheric density is considered to be particularly large.

Observation is important for improving the accuracy of atmospheric density in low earth orbit environments. Indeed, many of the currently proposed atmospheric density models are developed from observation. In order to improve the accuracy of atmospheric density models, it will be necessary to expand observation. However, the methods of observation are limited, and only a few (sparse) observation is currently available.

JAXA is focusing on data assimilation that realizes state estimation based on sparse observation information and model information, and is aiming to develop an atmospheric density estimation system for low earth orbit environments using data assimilation. We call this system SUBARU (SUPER ensemble BASED Reanalysis for UPPER Atmosphere). In SUBARU, the time-averaged atmospheric density on the satellite trajectory is used as the observation information, and 3 atmospheric density models (NRLMSISE00, Jacchia-Bowman 2008, and GAIA models) are currently available as the model information.

Similar works for estimating low earth orbit atmospheric density is being developed primarily in the United States. As far as we know, there is a research activity called IMPACT at Los Alamos National Laboratory and a system called Dragster at NOAA, UCAR, etc. One of the features of our SUBARU is that it uses a GAIA model that can take into account ionospheric variations that is closely related to atmospheric density variations in low earth orbit environments. The GAIA model is a coupled physics model between the thermosphere and the ionosphere, and is being developed by NICT, Kyushu University, and Seikei University in Japan. We expect that using this GAIA model for data assimilation will enable more accurate estimation and prediction of atmospheric density.

In this presentation, I would like to show the current development status of SUBARU and share the current status of development of a spacecraft trajectory analysis tool using SUBARU, which is currently under development.

近年の民間事業者による低軌道環境での衛星コンステレーション計画や、スペースデブリ増加の問題を背景として、JAXA では、低軌道環境下の宇宙飛行体の軌道予測精度向上を目指している。低軌道環境の宇宙飛行体は、わずかに存在する大気から抵抗（大気抵抗）を受け、大気抵抗予測の高精度化が、低軌道環境の宇宙飛行体の軌道予測精度向上にとって重要となる。大気抵抗予測のためには、宇宙飛行体の質量、相対速度、進行方向断面積、抵抗係数、そして、大気密度の5つの因子の情報が必要となる。しかし、それぞれの因子に不確かさが存在し、軌道力学分野では、特に、大気密度情報の不確かさが大きいとされている。

低軌道環境の大気密度情報の高精度化にとっては、観測情報が重要となる。実際、現在、提案されている大気密度モデルの多くは、観測情報に基づき構築されている。今後、大気密度モデルの高精度化にとっては、観測情報の拡充が必要となるが、観測方法が限られ、わずかな（疎）観測情報しか入手できないのが現状である。

JAXA では、疎観測情報とモデル情報に基づき状態推定を実現するデータ同化技術に注目し、データ同化技術を活用した低軌道環境の大気密度推定システムの開発を目指している。我々は、このシステムを、SUBARU (SUPER ensemble BASED Reanalysis for UPPER atmosphere) と呼んでいる。SUBARU の中では、観測情報として、衛星軌跡上の大気密度時間平均値を用い、モデル情報としては、現在、3つの大気密度モデル (NRLMSISE00 モデル、Jacchia-Bowman2008 モデル、GAIA モデル) を利用できるようになっている。

同様な低軌道環境の大気密度推定システムは、米国を中心に開発されている。我々が知る限り、Los Alamos 国立研究所における IMPACT と呼ばれる研究活動や、NOAA、UCAR 等における Dragster と呼ばれるシステムが存在している。

我々の SUBARU の特徴の 1 つは、低軌道環境の大气密度変動と密接な関係があるとされる電離圏変動も考慮に入れることが可能な GAIA モデルを利用している点である。GAIA モデルは、熱圏—電離圏の結合物理モデルであり、NICT、九州大学、成蹊大学を中心として精力的に開発が進められている。我々は、この GAIA モデルをデータ同化に利用することで、より高精度な大气密度推定・予測ができるのではないかと期待をしている。

本発表では、SUBARU の現在の開発状況を報告するとともに、並行して進めている SUBARU を利用する軌道解析ツールの開発状況についても共有させていただきたい。