

デブリ推移モデルによる長期軌道上デブリ環境予測

報告書番号：R24JG3105

利用分野：研究開発

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2024/26625/

● 責任者

谷島正信, 研究開発部門第一研究ユニット

● 問い合わせ先

原田 隆佑(harada.ryuusuke@jaxa.jp)

● メンバ

二見 光子, 原田 隆佑, 北川 康弘, 河本 聡美, 中渡瀬 竜二, 小田 寛

● 事業概要

スペースデブリの増加は, 宇宙活動の安全確保のため問題となってきた。JAXA ではスペースデブリの低減と軌道環境維持のためにスペースデブリに関わる技術の研究開発を継続している。本事業では JAXA と九州大学が共同開発した軌道上デブリ環境推移モデル (NEODEEM) による将来の軌道環境の予測に基づいてスペースデブリ対策の有効性等を評価している。

参考 URL: <http://www.kenkai.jaxa.jp/research/debris/debris.html>

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

NEODEEM では, 40000 個を超える要素の 200 年以上に及ぶ軌道伝搬と軌道上事象をモンテカルロ法 (100 回の実行の平均処理) を使って予測する。そのため解析にかかる時間の短縮と大量のデータ処理のため, JSS3 を利用した。PC 版(Linux, WINDOWS)との互換性から TOKI-RURI を用いている。

● 今年度の成果

将来の軌道上環境評価の一環として, 軌道環境の長期的持続性を示す軌道許容量 (Orbital Capacity) に関し, 宇宙機が環境に与える影響を評価する指標 (Debris indices) との相関性評価を行った。評価指標を高度に応じて破片の影響と持続性間の重みを適正に設定することで, 現況及び将来の許容量を評価出来る見込みを得た (図 1)。

またコンステレーションが増加した最新の軌道環境を反映した能動的デブリ除去 (ADR) 対象の再評価を実施した。LC があっても長期的な安定性には高高度の衝突率の高い大型物体が ADR 対象となることが分かった (図 2)。これらの結果に基づきデブリ低減対策の有効性を評価し, 国際ルールを議論するための根拠として活用している。

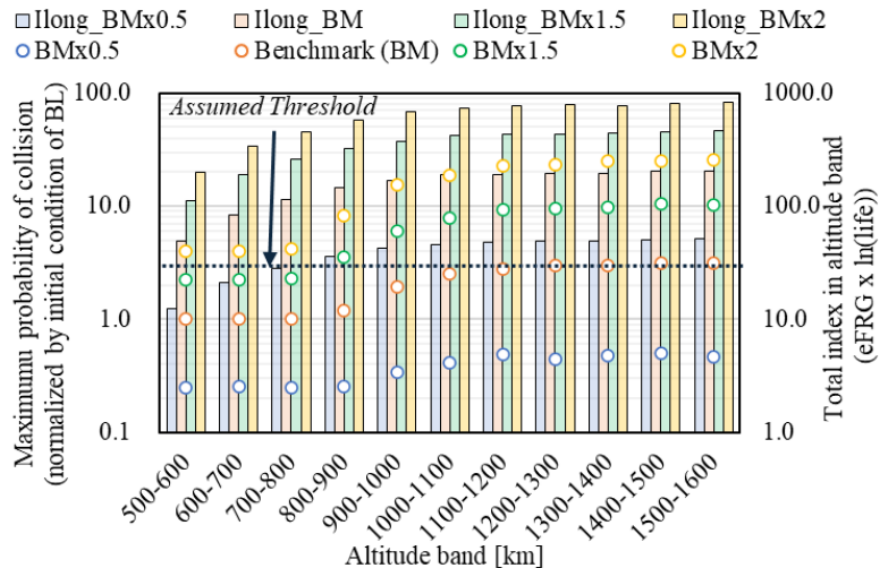


図 1: 初期空間密度を変えた際の各高度における最大累積衝突率 CPc(点) 及び指標値(棒)の比較. CPc の仮定した閾値を超える場合に over capacity とし, 指標で現況及び将来を予測可能か評価した.

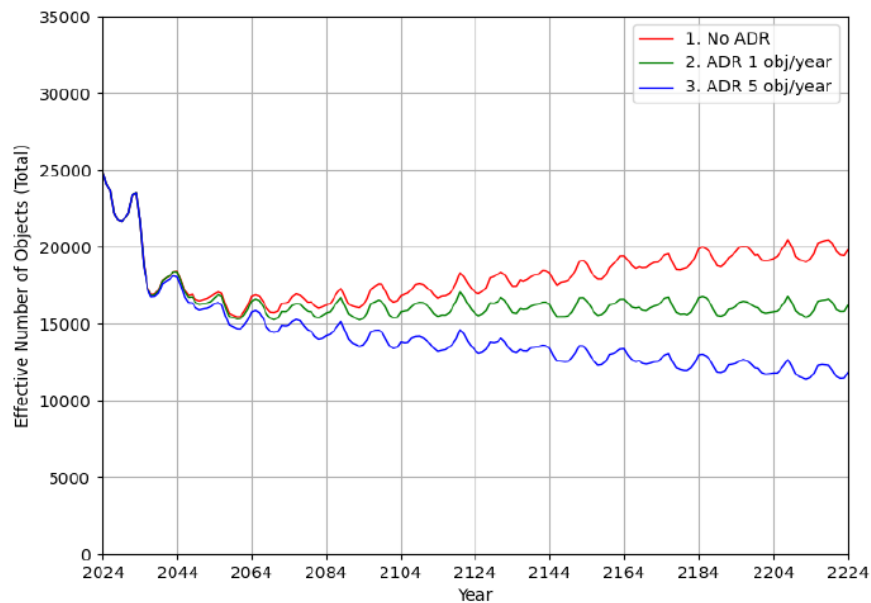


図 2: 1 年あたりの ADR 機数を無し, 1 機及び 5 機と変化させた場合の軌道上物体数推移

● 成果の公表

-査読付き論文

1. Ryusuke Harada, Satomi Kawamoto, and Toshiya Hanada, Establishment of debris index evaluation criteria and comparison of index effects, Acta Astronautica
Volume 222, September 2024, Pages 586-595

2. Ryusuke Harada, Satomi Kawamoto, and Toshiya Hanada, Assessments of the impacts of orbital fragmentations using the Near-Earth Orbital Debris Environment Evolutionary Model (NEODEEM), Journal of Space Safety Engineering, Volume 11, Issue 3, September 2024, Pages 395-402

-査読なし論文

1. Ryusuke Harada, Satomi Kawamoto, and Toshiya Hanada, Verification of correlation between a debris index and orbital environment evolution and considerations of capacity, 75th International Astronautical Congress (IAC), Milan, Italy, 14-18 October 2024.

2. Ryusuke Harada, Satomi Kawamoto, and Toshiya Hanada, Assessment of Correlations Between Debris Indexes and Orbital Capacity, 11th JAXA Space Debris Workshop, Chofu, Japan, 28 – 30 Oct. 2024

3. Satomi Kawamoto, Ryusuke Harada, Yasuhiro Kitagawa, and Toshiya Hanada, Reassessment of target objects and mission requirements for active debris removal due to changes in the on-orbit environment, 75th International Astronautical Congress (IAC), Milan, Italy, 14-18 October 2024.

4. Francesca Letizia, Camilla Colombo, Alessandro Rossi, Andrea Muciaccia, Lorenzo Giudici, Ryusuke Harada, Satomi Kawamoto, Lorenz Böttcher, Vincent Ruch, Christophe Taillan, Mission-based and environment-based approaches for assessing the severity of a space debris evolution scenario from a sustainability perspective, 75th International Astronautical Congress (IAC), Milan, Italy, 14-18 October 2024.

● JSS 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	同一初期条件のモンテカルロ試行を複数コアに割り当て、並列処理
スレッド並列手法	非該当
プロセス並列数	20 - 30
1 ケースあたりの経過時間	72 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.13

内訳

計算資源		
計算システム名	CPU 利用量(コア・時)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	0.00	0.00
TOKI-ST	1,121,669.80	1.15
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	0.00	0.00
TOKI-TST	0.00	0.00
TOKI-TGP	0.00	0.00
TOKI-TLM	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	0.00	0.00
/data 及び/data2	0.00	0.00
/ssd	0.00	0.00

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	44.36	0.14

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合

● ISV 利用量

ISV ソフトウェア資源		
	利用量(時)	資源の利用割合※2 (%)
ISV ソフトウェア(合計)	0.00	0.00

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合