

B02

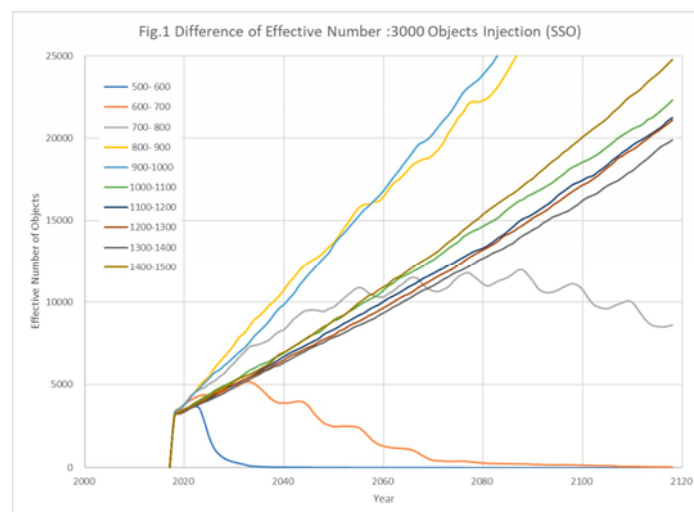
推移モデルを用いた宇宙機の軌道投入許容量の検討

Study of the Environmental Capacity Tolerance of Insertions Using the Orbital Debris Evolutionary Model

○長岡 信明, 河本 聡美, 北川 康弘(JAXA), 花田 俊也(九州大学)
○NAGAOKA Nobuaki, KAWAMOTO Satomi, KITAGAWA Yasuhiro (JAXA),
HANADA Toshiya (Kyushu Univ.)

軌道環境の有効活用を目的に、宇宙機の軌道投入可能数の許容レベルの検討を、九州大学と共同開発したデブリ推移モデルを用いて行った。特定軌道に複数の宇宙機を投入し、軌道上環境への影響を見ることで、軌道投入可能物体数(軌道投入許容量)を評価する。本講演では投入軌道、投入機数等の差異による軌道投入許容量の検討結果を示す。図1には凡例に示す各高度に 3000 機の宇宙機の投入の有無による LEO (Low Earth Orbit: 高度 200~2000km) を通過する物体の個数 (Effective Number) の差異を示している。高度 800km までは大気抵抗の影響で投入物体(および生成されたデブリ)が落下することで長期間の影響は抑制されるが、軌道上残存物が多い高度 800~1000km では顕著な物体の増加が見られる。

For the purpose of effective utilization of the orbital environment, the environmental capacity tolerance of insertions is studied using an orbital debris evolutionary model, developed in collaboration with Kyushu University. By inserting multiple spacecraft into a specific orbit regime and observing the impact on the orbital environment, the number of spacecraft that can be inserted into orbit (orbit insertion capacity tolerance) is evaluated. In this presentation, the results of studying the orbit insertion capacity tolerance due to differences in orbital regime, the number of inserted spacecraft, etc. Fig.1 demonstrates the difference in Effective Number of objects in LEO (Low Earth Orbit: altitude 200 to 2000 km) with and without 3000 spacecraft inserted into various orbital regimes. At altitudes below 800 km, natural decay due to the atmosphere may suppress the impact of insertions (and the generated debris). At altitudes between 800 and 1000 km, however, a remarkable increase in objects can be observed because of the many orbital residuals.



第9回スペースデブリワークショップ
9th JAXA Space Debris Workshop



BO2.推移モデルを用いた宇宙機の軌道投入許容量の検討

Study of the environmental capacity tolerance of insertions using
the orbital debris evolutionary model

○長岡 信明、河本 聡美、北川 康弘（JAXA）
花田 俊也（九州大学）

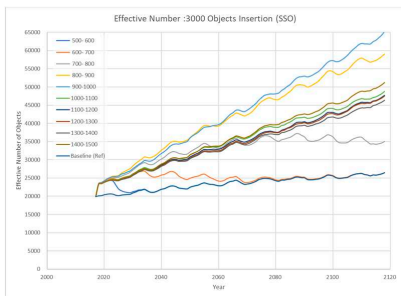
NAGAOKA Nobuaki, KAWAMOTO Satomi, KITAGAWA Yasuhiro (JAXA)
HANADA Toshiya (Kyushu Univ.)

目的・手法（Purpose and Method）

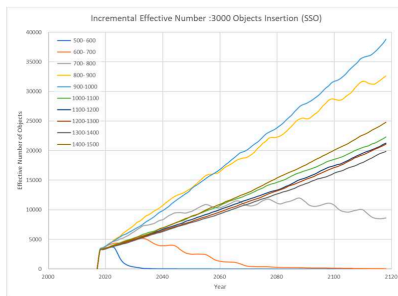
- 目的（Purpose）
 - 今後の軌道環境の有効的活用を目的に、軌道上推移モデルを用いて特定軌道に物体（宇宙機）を投入し、軌道上環境への影響を見ることで、軌道投入可能物体数（軌道投入許容量）を予測する。
 - For the purpose of effective utilization of the orbital environment, the environmental capacity tolerance of orbital insertions (launch objects) is studied using an orbital debris evolutionary model (NEODEEM), developed in collaboration with Kyushu University.
- 手法（Method）
 - 特定高度ごとに物体を投入、投入しない場合との比較から軌道環境への影響を調べる。
 - EN、衝突率による軌道環境への影響の評価
 - 投入高度、投入機数、軌道環境の差異（PMD、軌道タイプ）の影響の評価
 - Investigate the impact on the orbital environment by comparing with and without inserting objects at specific altitudes
 - Evaluation of the impact of orbital environment by Effective Number and collision rate.
 - Evaluation of the effects of insertion altitude, number of insertion objects, and differences in orbital environment (orbit type, PMD)

軌道投入キャパシティの評価 (Evaluation)

- ベースライン：IADC2018の初期軌道上分布による推移結果
- 対象軌道に多数（300～6000機）の衛星を投入
 - 軌道高度：100km幅（500～1500km）
 - 離心率：0.001 ± 0.0005
 - 軌道傾斜角：目標±0.25度
 - 昇交点赤経：60度毎の6面±1度
- EN、衝突率等で評価
 - Baseline: Evolutional results by initial orbital population of IADC 2018
 - Insert 300 to 6000 objects into the target orbit
 - Altitude: 100km width (500~1500km)
 - Eccentricity: 0.001 ± 0.0005
 - Inclination: Target ± 0.25 degrees
 - RAAN: 6 planes every 60 degrees ± 1 degree
 - Evaluate the impact of orbital environment by Effective Number and collision rate



Effective Number after 3000 objects insertion in each altitude.

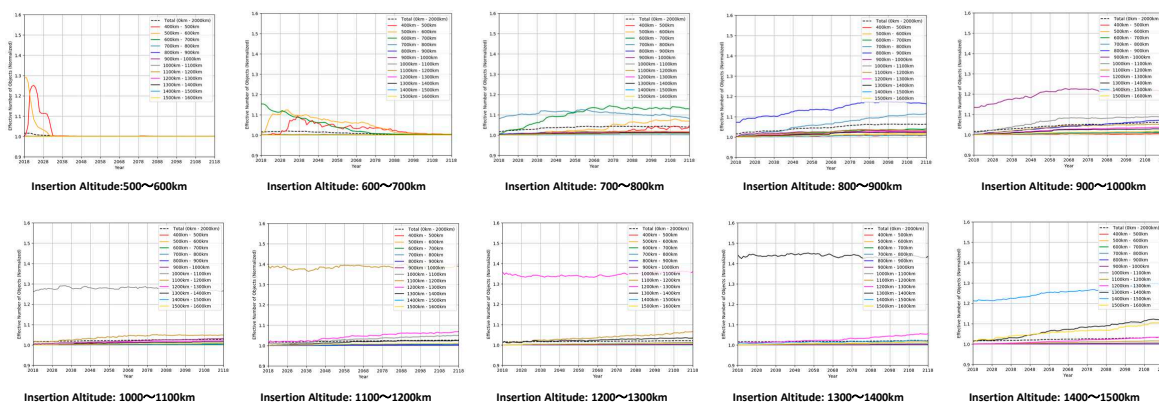


Incremental Effective Number

Acknowledgement: Initial population are provided by ESA for IADC studies

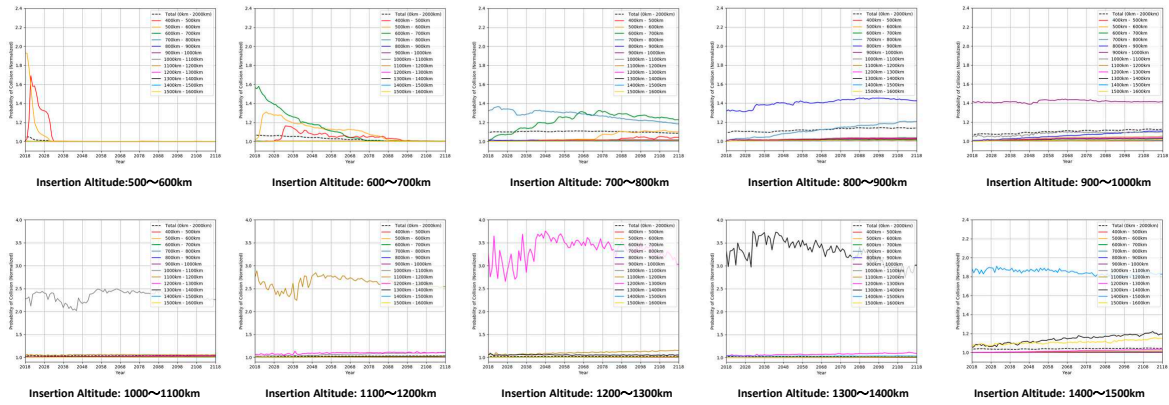
投入高度の比較 (Comparison of Insertion Altitude)

- 300機投入時の各高度の正規化EN比較
- Comparison of normalized EN at each insertion altitude (300 objects)



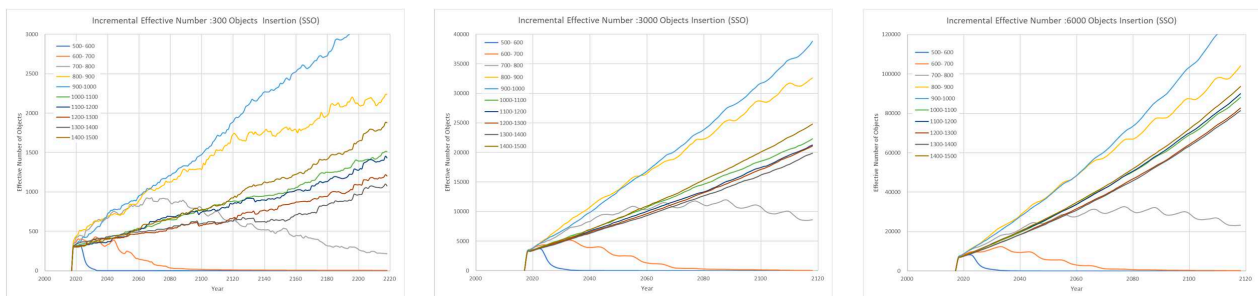
投入高度の比較 (Comparison of Insertion Altitude)

- 300機投入時の各高度の正規化衝突率比較
- Comparison of normalized collision rate at each insertion altitude (300 objects)



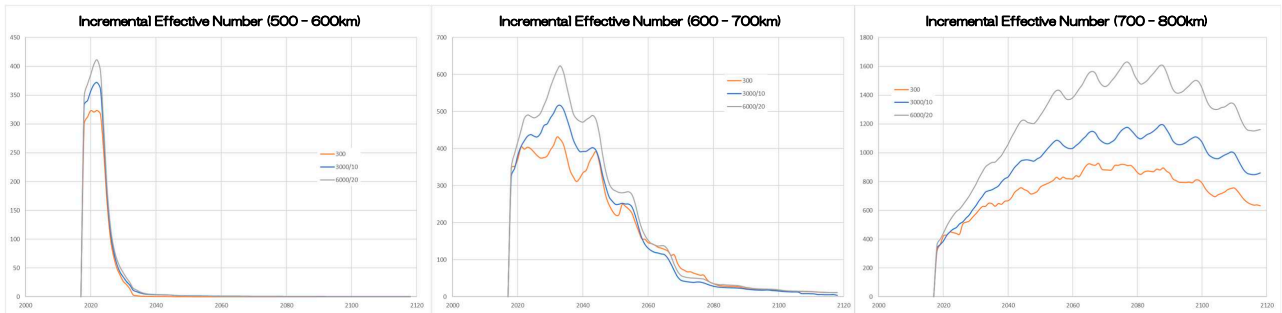
投入機数の効果 (Comparison of the Number of Insertion Objects)

- 300、3000、6000機投入時のEN比較
- Comparison of EN at 300, 3000, 6000 objects insertion



投入機数の高度別比較 (Comparison of the Number of Insertion Objects in each Altitude)

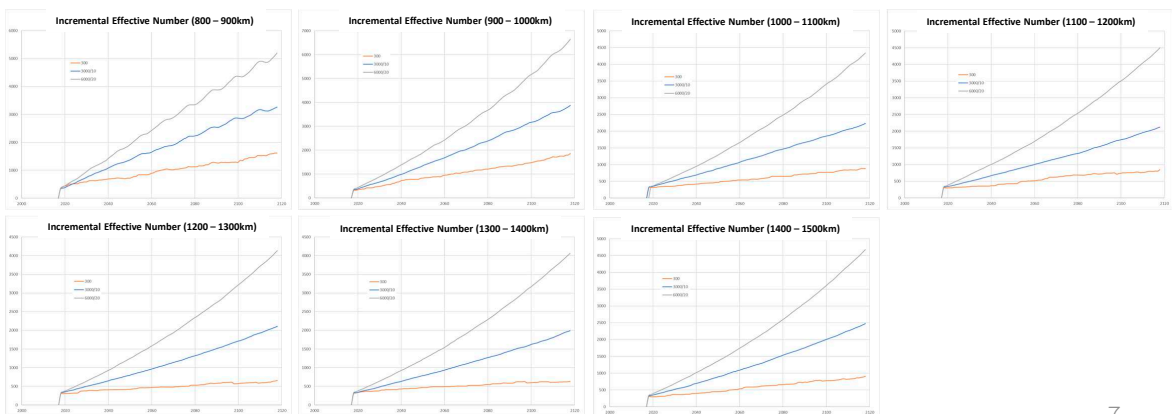
- 300~6000機投入の効果をも300機相当の値で評価
 - 投入高度：500~800km
- Evaluate the effect of inserting 300 to 6000 objects by EN equivalent to 300 objects
 - Insertion Altitude：500~800km



注：凡例の6000/20は6000機投入時の値を1/20していることを示している。
 Remark: "6000/20" at the legend shows the value of the graph is 1/20 of real one.

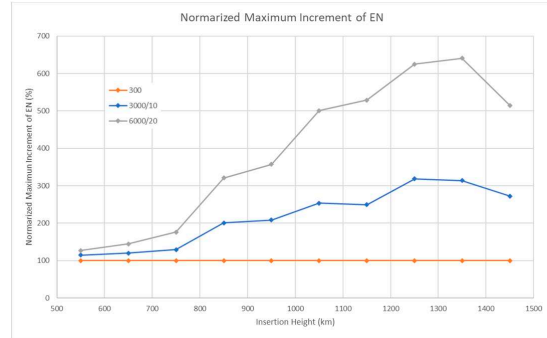
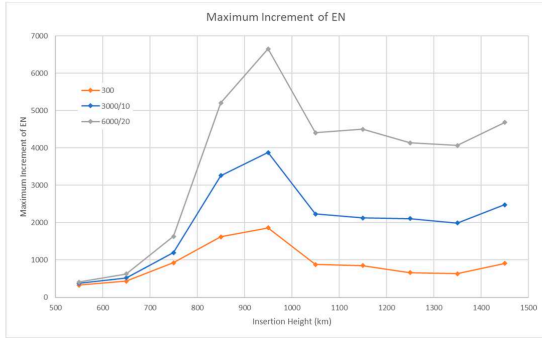
投入機数の高度別比較 (Comparison of the Number of Insertion Objects in each Altitude)

- 300~6000機投入の効果をも300機相当の値で評価
 - 投入高度：800~1500km
- Evaluate the effect of inserting 300 to 6000 objects by EN equivalent to 300 objects
 - Insertion Altitude：800~1500km



キャパシティ評価 (Evaluation of the Capacity Tolerance of Insertions)

- EN増加の最大数での比較
 - ENの絶対数と300機投入時の値で正規化した値で比較
- Comparison at maximum increment of EN
 - Comparison both the absolute number of EN and the normalized value by EN of 300 objects insertion

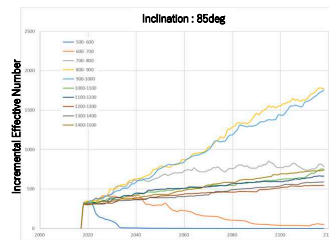
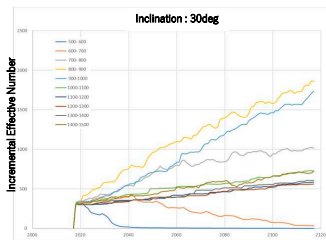
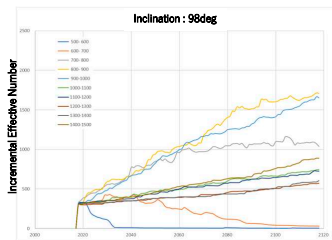


8

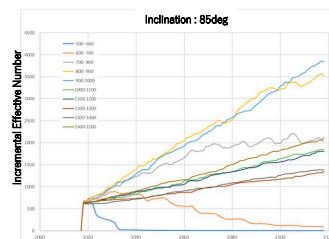
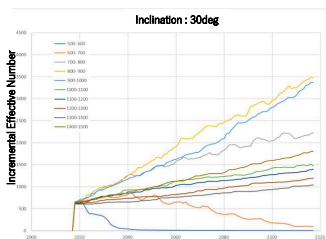
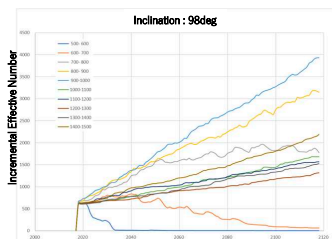
軌道傾斜角依存性 (Dependency of Inclination)

- 軌道傾斜角：30度、85度、98度での比較
 - Inclination for comparison : 30, 85, 98deg

300 Objects Insertion



600 Objects Insertion

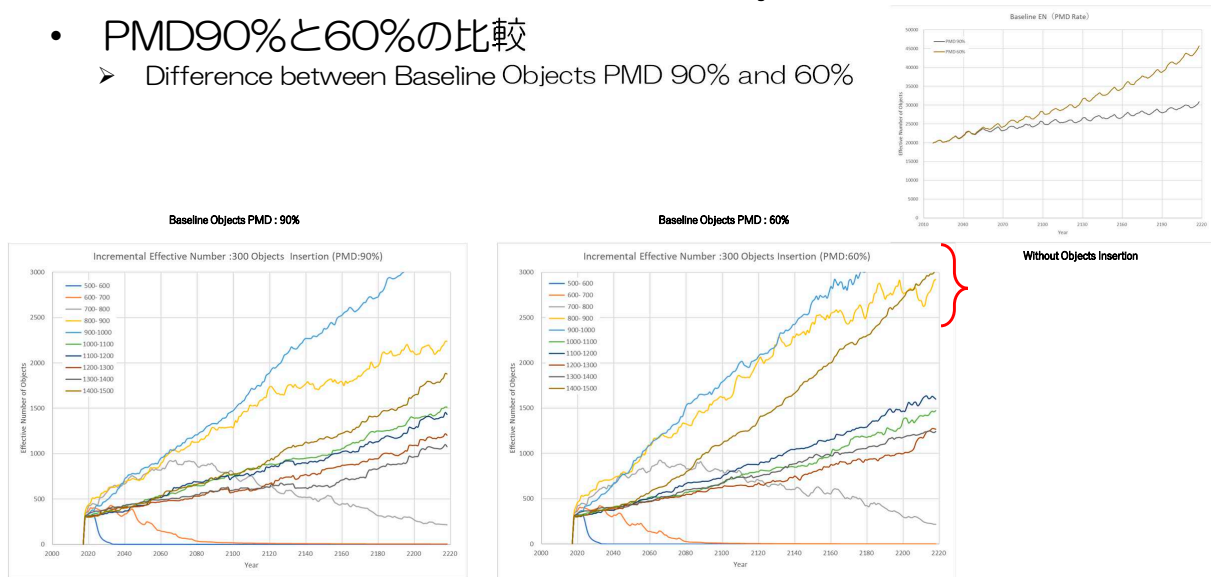


9

PMD率の影響 (Effect of Baseline Objects PMD)

- PMD90%と60%の比較

- Difference between Baseline Objects PMD 90% and 60%



10

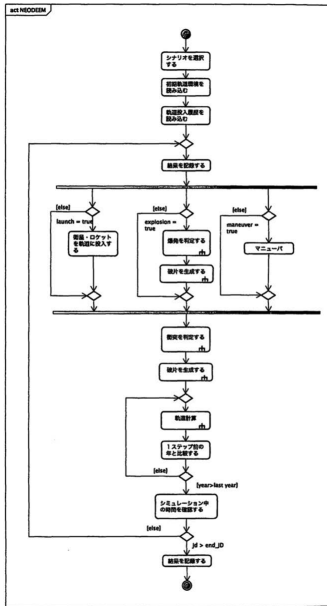
まとめ Summary

- 特定の軌道への宇宙機の投入許容量を、推移モデルにより予測する一手法を示した。
- 軌道上物体数 (Effective Number) による評価
 - 高度700km以下では、投入物体が短期で落下するため、投入許容量への影響は小さい。
 - 高度800~1000kmでは顕著な増加が見られる。
 - 現状の軌道で物体分布の多い高度では、投入物体が軌道上物体の増加を引き起こしている。
 - 投入軌道の選定や高度のPMD遵守率が必須になる。
- The method for evaluate the orbit insertion capacity tolerance by checking the impact on the orbital environment using the orbital debris evolutionary model is shown.
- Evaluation by Effective Number
 - At an altitude of less than 700 km, insertion objects fall in a short period, at 800 - 1000km, they cause a significant increase of Effective Number.
 - Suitable selection of insertion orbit and high PMD compliance rate are important.

11

Backup sheet

Debris evolutionary model (NEODEEM)



Initial Input :
Set the scenario
Initial population

Population Transfer: (Selectable)
Traffic Model: New Launch (8-year cycle)
Explosion: Anz-Meador Model(MC)
Maneuver: PMD(MC), ADR(MC)

Collision: Anz-Meador Model(MC)
Collision avoidance

Propagation:
Earth Gravity (Zonal:4th/Tesseral)
Air Drag (Jacchia-Roberts/Jacchia-Bowman)
Solar • Lunar attraction
Solar Pressure

