ISTS
情報科学テクノシステム
INFORMATION SCIENCE TECHNO SYSTEM

DATA SCIENCE FOR A SAFER TOMORROW

オービタルダイナミクス
Orbital Dynamics

── 軌道を理解し、宇宙の安全と持続可能な利用を支える ──

Predict Orbits. Prevent Collisions. Enable a Sustainable Space Future.

- 軌道解析・予測
- 軌道設計・運用支援
- 近接解析・衝突リスク評価
- 宇宙環境の把握
- 持続可能な宇宙利用

Orbit Analysis & Prediction
Mission Design & Operational Support
Conjunction Analysis & Collision Risk Assessment
Space Environment Monitoring
Sustainable Space Operations

軌道解析 Orbit Analysis | 軌道設計 Mission Design | 衝突リスク評価 Collision Risk Assesssment | 宇宙環境 Space Environment | 持続可能な宇宙利用 Sustainable Space Operations

SPACE × DATA × ANALYSIS × SOLUTIONS

宇宙機とスペースデブリの衝突回避を支える7つの技術要素

― 見つける・正しく予測する・意思決定して回避する・共有する・備える ―

安全な宇宙利用を、
次の世代へ
― Space for a Safer Future ―

1 見つける（検知・発見）

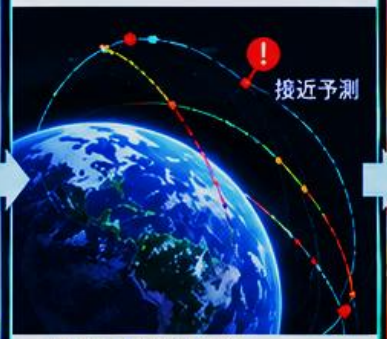
デブリを見つけ、軌道を把握する

- 地上レーダー・光学観測
- 宇宙機の追跡データ
- TLE/カタログの収集・更新
- 未カタログデブリの検出
- AIによる自動検出

見えないものを見える化する

2 正しく予測する（軌道予測・接近解析）

将来の位置を高精度に予測し、接近の可能性を評価する

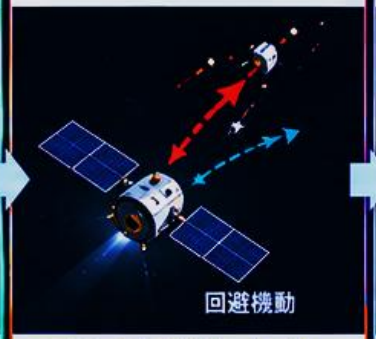


- 高精度な軌道伝搬（摂動：J2/J3/J4・大気抵抗・月・太陽・SRPなど）
- 軌道の不確かさ（共分散）評価
- 接近解析（Conjunction Analysis）
- 衝突確率（Pc）の計算

未来のリスクを定量的に把握する

3 意思決定して回避する（回避計画）

リスクに基づき、最適な回避策を立案・実行する



- 回避の要否判断（しきい値）
- 回避軌道の設計（Δv最適化）
- 運用制約（燃料・ミッション）
- シミュレーション・検証
- コマンド生成・実行支援

リスクから行動へ安全を確実にする

4 共有する（データ・情報連携）

関係者と情報を共有し協調して対応する

- CDM（接近予測情報）の受信・送信
- フォーマット標準化（CCSDS 等）
- 関係者間の情報共有・調整
- 運用手順の標準化
- 国内外の連携・協力

つながることでより安全に

5 備える（監視・継続運用）

継続的に監視し、早期に対応できる体制を整える

- 継続的な軌道監視
- 定期的なリスク評価
- アラート・通知システム
- 運用訓練・手順の維持
- 燃料・寿命管理

日々の備えが確かな安心につながる

6 学び、改善する（事後評価・知見蓄積）

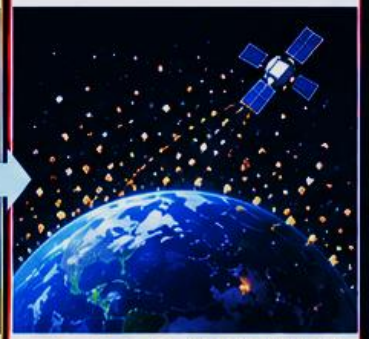
対応結果を分析し、運用・モデル・手順を改善する

- 回避結果の検証
- モデル・パラメータの更新
- 運用手順の改善
- AIによる知見抽出
- ナレッジの共有・継承

経験を次の安全につなげる

7 宇宙環境を守る（持続可能な利用）

デブリの発生を抑制し持続可能な宇宙利用を実現する



- ミッション終了後の適切な処置（デオービット・墓場軌道 等）
- デブリ発生防止設計
- 宇宙交通管理（STM）への貢献
- 国際ルール・ガイドライン遵守
- 次世代への安全な宇宙環境

いまの選択が未来の宇宙を守る

7つの技術が連携し、安全で持続可能な宇宙利用を実現します。

- 宇宙機の安全確保
- ミッションの継続とビジネス価値の最大化
- 国際協調と信頼の強化
- 持続可能な宇宙環境の実現

From Awareness
to a Safer Tomorrow
― Space for People and the Future ―

From Precise Orbits
to a Safer Tomorrow

見えない軌道を、未来の安心につなぐ

― 正確な軌道計算と確かなリスク解析で、持続可能な宇宙利用を ―

宇宙を、
もっと安全に
もっと持続的に
次の世代へ

ISTS
Orbital Dynamics Lab, ISTS

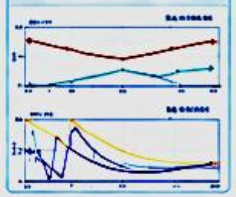
Orbital Dynamics Simulator (ODS)
軌道生成システム（独立製品）

高精度な力学モデルで、衛星・デブリの軌道を生成する

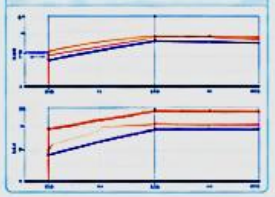
- 多摂動軌道計算
  (J2/J3/J4・月・太陽・SRP・空力)
- 共分散伝搬
- 時刻付き位置・速度の出力
- 期間距離帯の生成（S2）
- 計算条件の記録・可視化
  (6領域のカラー画面・PNG出力)

軌道の3次元図

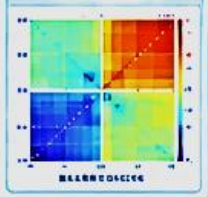
軌道要素の変化



位置・速度の標準偏差



共分散行列



役割を分け
確かにつなぐ

軌道情報パッケージ
(共通フォーマット)

- 時刻付き位置・速度
- 共分散（6×6）
- 期間距離帯（区間別）
- 初期軌離情報
- 計算条件・モデル情報
- メタデータ・版情報

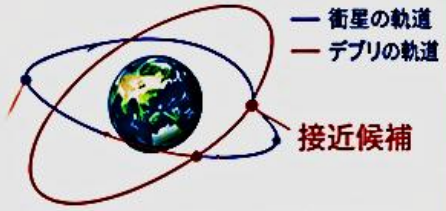
標準形式
(JSON / CSV / バイナリ)

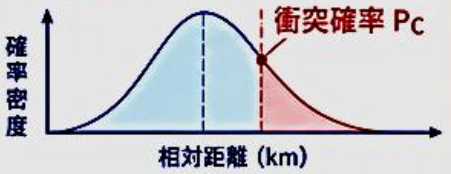
必要に応じて
追加生成を依頼
(軌道計算はシミュレーターの責務)

デブリ衝突確率解析システム（独立製品）
Debris Collision Risk Analysis System (DCRAS)

受領した軌道情報を使い、接近・衝突の可能性を解析し、結果をレポートする

1. **スクリーニング（S1）**
   軌道要素・期間距離帯の比較で
   接近候補を抽出
2. **近接解析**
   最接近時刻・距離・相対速度を評価
3. **衝突確率解析**
   共分散・物体寸法を用いて
   衝突確率 Pc を計算
4. **結果のレポート**
   一覧・グラフ・図表で
   分かりやすく出力





結果レポートの例

ID	判定	最接近時刻 (UTC)	最接近距離 (km)	Pc	備考
D-001	候補	2025-04-12 12:34	0.89	2.3×10^{-5}	要詳細解析
D-002	対象外	–	> 50	–	高度差が離れている
D-003	要確認	–	–	–	データ不足

この構成の主な利点

責務の明確化
各製品の役割が明確で、
計算条件の混在を防止

高い信頼性
同じ軌道を前提に、
一貫した解析が可能

柔軟な運用
独立運用・データ受渡しで
多様な運用環境に対応

継続的な発展
それぞれの製品を独立に
改善・拡張できる

透明なレポート
前提・方法・限界を明示し、
運用判断を支援

スローガン（ミッション）

- 見えない軌道を、未来の安心につなぐ
  ― 計算が支える、持続可能な宇宙 ―
- 軌道を知り、リスクを見極め、
  安全な宇宙をともに創る
- 宇宙の今を計算し、
  明日の安心をつくる
- データで守る、
  宇宙の未来
- 軌道から、
  持続する宇宙利用へ

軌道と共分散行列の30日間伝搬シミュレーション

カラー版
16:9 / 3840 x 2160

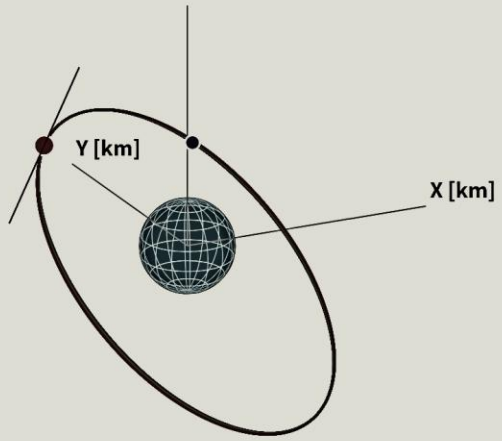
1 解析条件

解析期間	30 日 / 実到達 30 日
出力間隔	300 秒 / 8641 時刻
初期6要素	a = 26,560.00 km e = 0.2 i = 45° Ω = 40° ω = 30° M = 0°
力学モデル	中心 + J2 + J3 + J4 月 / 太陽 : ON / ON SRP / 食 : ON / ON
大気抵抗	OFF : 不使用 空力による変化は含めません
積分法	RKF78 / rtol=1e-11
初期共分散	提供共分散を使用 6×6 / 相関保持 / Q=0

基準TDB: 841752069 + 0.184 s

2 軌道の3次元図

地球中心 SPICE J2000 | 全軸等縮尺



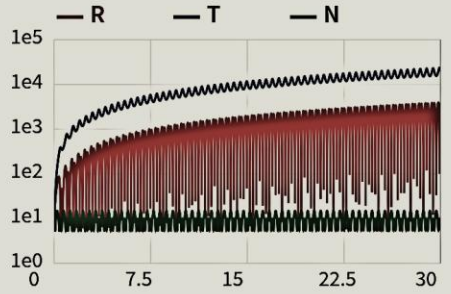
青：初期位置 / 赤：選択位置 30 日
軌道線：全出力点 / 青→赤：経過時間
誤差楕円体：全主軸 1000 倍（軸比保持）

3 軌道要素の変化

	初期 / 選択時刻
長半径 a [km]	26560 26557.65
離心率 e	0.2 0.2000299
軌道傾斜角 i [°]	45 45.03468
昇交点赤経 Ω [°]	40 38.38848

4 位置の標準偏差 1σ

[m] 位置誤差のRTN投影



選択時刻の 1σ

R : 3889.05

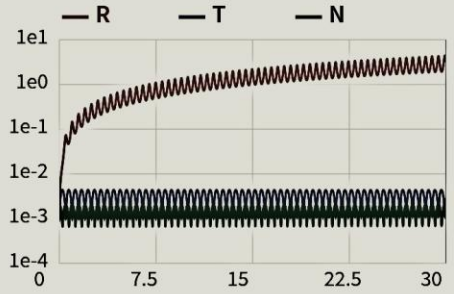
T : 19869

N : 5.43555

対数目盛 / 経過日数 [日]

5 速度の標準偏差 1σ

[m/s] 慣性速度誤差のRTN投影



選択時刻の 1σ

R : 3.12437

T : 0.00293205

N : 0.00192689

対数目盛 / 経過日数 [日]

6 位置共分散の変化

位置部分 3×3 / J2000 / 共通色尺度 [m²]

初期時刻 Prr(0)

	X	Y	Z
X	100	0	0
Y	0	100	0
Z	0	0	100

選択時刻 Prr(t)

	X	Y	Z
X	1.59e+08	1.93e+08	5.24e+07
Y	1.93e+08	2.34e+08	6.35e+07
Z	5.24e+07	6.35e+07	1.72e+07

青：負 / 白：0 / 赤：正 | 色範囲 ±2.336e+08 m²

Moshier暦（TT≒TDB / JPLではない） | Q=0：初期不確かさのみ | 予測精度・共分散現実性：未評価
共分散の数値境界: 3269 / 8641 時刻（行列の修正なし） | 設計利用: 未審査 | 楕円体半軸√λは3次元の68%包含域ではありません
Run: run.e0af4e14f0c9724d5929ba9d99ed618b.0b6d4fa56f49939e67ee1381ef221657 | 選択 30 日 | 実計算結果を描画

Orbital Dynamics Lab, ISTS