

ミッション・軌道設計標準

平成 20年 9月 3日 制定

宇宙航空研究開発機構

免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部

JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)

目次

1. 総則.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 範囲.....	1
1.3 関連文書.....	1
1.3.1 文書体系.....	1
1.3.2 適用文書.....	1
1.3.3 参考文書.....	1
1.4 用語・略号.....	2
1.4.1 用語.....	2
1.4.2 略号.....	2
1.5 単位.....	2
2. ミッション・軌道設計の進め方.....	3
2.1 ミッション・軌道設計の対象.....	3
2.2 ミッション・軌道設計プロセス.....	3
2.3 ミッション・軌道設計プロセスとプロジェクトフェーズ.....	3
3. ミッション・軌道設計プロセスに対する要求事項.....	4
3.1 ミッション・軌道設計システムズエンジニアリング管理.....	4
3.2 要求分析プロセス.....	5
3.2.1 全般.....	5
3.2.2 要求項目の識別.....	5
3.2.3 要求の具体化.....	5
3.2.4 要求の管理.....	6
3.3 設計プロセス.....	7
3.3.1 全般.....	7
3.3.2 設計項目の識別.....	7
3.3.3 設計.....	10
3.3.4 設計の管理.....	10
3.4 検証プロセス.....	11
3.4.1 全般.....	11
3.4.2 検証項目の識別.....	11
3.4.3 検証.....	11
3.4.4 検証の管理.....	12
3.5 解析プロセス.....	13
3.5.1 全般.....	13
3.5.2 解析項目の識別.....	13
3.5.3 解析.....	13
3.5.4 解析の管理.....	13

1. 総則

1.1 目的

ミッション・軌道設計は、宇宙機によるミッションの成否に直接関わる重要な設計項目である。本標準は、宇宙機のミッション・軌道設計、およびそのプロセスに対する要求を具体的に規定するものである。

1.2 範囲

ミッション・軌道設計は、宇宙機システムだけでなく、地上システム、打上システム等、ミッションを構成する他のシステムにも関わる設計項目である。また、この標準は、設計作業そのものだけでなく、要求分析から設計、検証に至るプロセス全体に対する要求を規定の対象とする。したがって、この標準を特定のプロジェクトに適用する場合には、対象とするシステムやプロジェクトのフェーズ、当該プロジェクトにおける各要求の重要性についての認識・判断に鑑みて、テーラリングする必要がある。

1.3 関連文書

1.3.1 文書体系

この標準は、「システム設計標準(TBD)」の下位文書に位置づけられる。関連する文書体系を図 1-1 に示す。

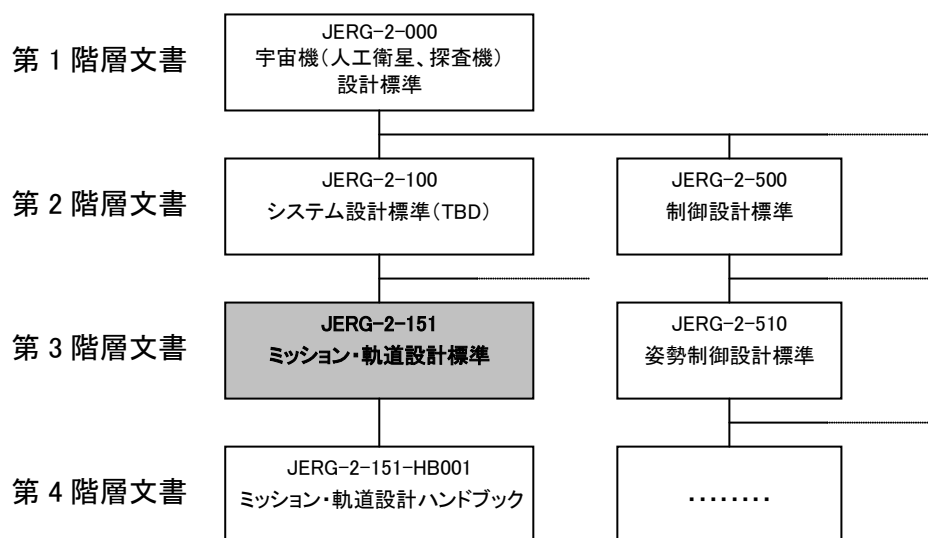


図 1-1 本標準に関する設計標準文書体系

1.3.2 適用文書

本標準の適用文書は以下のとおりである。

- (1) JERG-2-000 宇宙機（人工衛星・探査機）設計標準
- (2) JERG-2-100 システム設計標準（制定予定）
- (3) BDB-06007 システムズエンジニアリングの基本的な考え方

1.3.3 参考文書

本標準の参考文書は以下のとおりである。

- (1) JERG-2-151-HB001 ミッション・軌道設計ハンドブック
- (2) JMR-003B スペースデブリ発生防止標準

1.4 用語・略号

1.4.1 用語

この標準では、以下に定義する用語を使用する。

(1) 軌道

一般には、宇宙機の位置・速度の時間履歴をあらわす。設計目的に応じて、主要な軌道要素のみを定める場合や、より高次の軌道関連情報を設定する場合もある。

(2) 軌道運用

ミッション・軌道に関連する運用。軌道決定、軌道制御（変更・維持・離脱）等がこれにあたる。

(3) 打上・ロンチウィンドウ

目的の軌道、あるいは軌道運用を達成するための地上からの輸送手段、およびその機会。

(4) 増速要求

目的の軌道、あるいは軌道運用を達成するために宇宙機搭載の推進系により実現されるべき速度増分。

1.4.2 略号

適用せず。

1.5 単位

国際単位系（SI）を使用する（慣用的に SI によりがたい場合は慣用的な単位を併記する）。

2. ミッション・軌道設計の進め方

2.1 ミッション・軌道設計の対象

ミッション・軌道設計の対象（設計項目）には以下の項目を含む。

- (1) 軌道（遷移・定常・運用終了後）
- (2) 軌道運用計画（決定、遷移・維持・離脱）
- (3) 打上・ロンチウィンドウ
- (4) 増速要求

2.2 ミッション・軌道設計プロセス

本標準で取り扱うミッション・軌道設計プロセスの流れを図 2-1 に示す。ミッション・軌道設計プロセスの目的は、ミッション・軌道に関連する要求にもとづいて、その要求を満足する軌道を設計し、その設計結果の妥当性を示すことである。

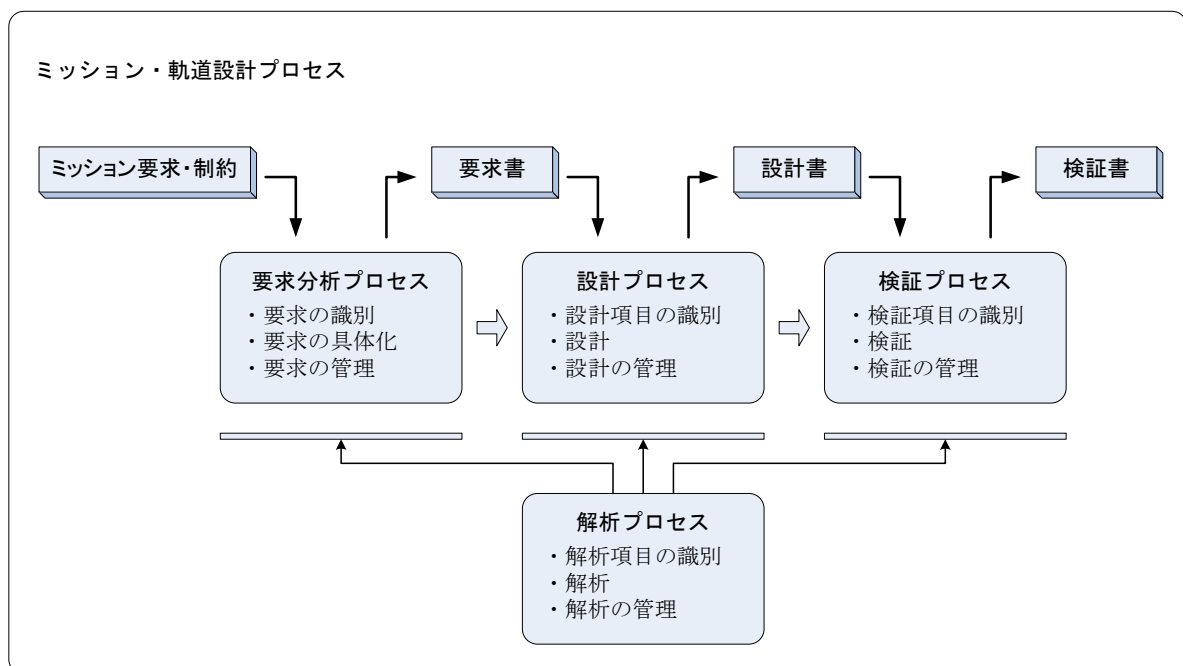


図 2-1 ミッション・軌道設計プロセス

2.3 ミッション・軌道設計プロセスとプロジェクトフェーズ

前出のミッション・軌道設計プロセスは、プロジェクトの各フェーズ（基本設計、詳細設計、・・・）において繰り返し遂行されることになる。ミッション・軌道設計の対象となる設計項目、設計の内容はプロジェクトフェーズに応じて設定され、プロジェクトの進捗にともない、詳細化・深化されていくことになる。

3. ミッション・軌道設計プロセスに対する要求事項

ミッション・軌道設計プロセスが、上位システム（宇宙機システム等）の開発プロセスの一環として遂行される場合には、本項の要求事項が上位システムの開発プロセスに対する要求事項の一部をなすことになる。

3.1 ミッション・軌道設計システムズエンジニアリング管理

ミッション・軌道設計システムズエンジニアリング管理は、「BDB-06007 システムズエンジニアリングの基本的な考え方」に準拠して実施する。ミッション・軌道設計システムズエンジニアリング管理は、関連するシステムの管理計画・活動・要求と整合している必要があり、また、必要に応じて、上位システムの管理活動を支援する。

ミッション・軌道設計システムズエンジニアリング管理を構成する作業項目は以下のとおり。

- (1) ミッション・軌道設計プロセス計画管理
- (2) 技術データ管理
- (3) 他システムとのインタフェース管理
- (4) ミッション・軌道設計方針の設定
- (5) ミッション・軌道設計に関連するコストの評価
- (6) リスク管理
- (7) 関連調達業務の技術支援
- (8) コンフィギュレーション管理
- (9) ミッション・軌道設計に関する能力及び資源に関する評価
- (10) 品質保証

3.2 要求分析プロセス

3.2.1 全般

要求項目の識別、具体化及びその管理に関わる業務を要求分析プロセスと定義する。本節ではミッション・軌道設計に関わる要求分析プロセスについて規定する。

要求分析プロセスを構成する作業項目は以下のとおり。

- (1) 要求項目の識別
- (2) 要求の具体化
- (3) 要求の管理

以下、各項目について詳述する。

3.2.2 要求項目の識別

ミッション・軌道設計の範囲・条件を明らかにすることを目的として、ミッション・軌道設計に関わる要求・制約を、可能な限り網羅的に識別する。

ミッション・軌道設計に関わる要求・制約は、たとえば以下のように分類することができる。

- (1) 宇宙機の機能に関する要求
 - ・観測視野
 - ・観測精度
 - ・日照条件
 - ・カバレッジ
 - ・データ伝送
- (2) 宇宙機の運用に関する要求
 - ・打上時期
 - ・軌道投入
 - ・軌道精度
 - ・軌道寿命
- (3) ミッション特有の制約
 - ・打上時衝突回避
 - ・デオービット
 - ・日陰条件
- (4) 一般的な制約
 - ・物理的制約

当該ミッションにおいて、これらの項目のひとつひとつについて吟味しながら、該当する要求を抽出していくことで、要求を識別することができる。なお、要求項目の識別にあたっては「ミッション・軌道設計ハンドブック」の3.2章も参照のこと。

3.2.3 要求の具体化

後続する設計作業との関係を明確にするために、前項で識別された要求項目を分析し、ミッション・軌道設計に対する要求を具体化する。

前項で識別された要求事項には、設計項目を直接規定するものもあるが、設計項目との関係が簡明でなかったり、あるいはシステム設計を構成する他の要素にまたがる要求条件となっている場合がある。そこで、識別された要求を分析し、要求となる設計対象を明らかにし、設計対象に対する具体的な要求に落とし込む。

なお、要求の具体化のために必要な解析（技術検討）に関わる業務については、3.5章に示す。

3.2.4 要求の管理

設計段階への入力文書として、要求事項を要求書（他の名称で呼ばれることもある）の形にまとめ、維持・管理する。

また、システム設計の詳細化、プロジェクトの進捗にともなう要求事項の変更を反映するため、要求トレーサビリティを維持する（要求の発生元、関連する他要素の変更を適切に反映する）。

なお、要求設定過程の管理という観点から必要となる、要求の分析のために必要な解析（技術検討）に関わる管理については、3.5章に示す。

3.3 設計プロセス

3.3.1 全般

設計項目の識別、設計及びその管理に関わる業務を設計プロセスと定義する。本節ではミッション・軌道設計に関わる設計プロセスについて規定する。

設計プロセスを構成する作業項目は以下のとおり。

- (1) 設計項目の識別
- (2) 設計
- (3) 設計の管理

以下、各項目について詳述する。

3.3.2 設計項目の識別

ミッション・軌道設計の設計作業の範囲・内容を明らかにするために、要求およびプロジェクトフェーズを考慮しながら設計項目を識別する。

設計項目には、以下の項目を含む。

- (1) 軌道（遷移・定常・運用終了後）
- (2) 軌道運用計画（決定、遷移・維持・離脱）
- (3) 打上・ロンチウィンドウ
- (4) 増速要求

以下に各項目について詳述するが、当該ミッションにおいて、これらの項目のひとつひとつについて吟味しながら、該当する設計項目を抽出・識別していくことができる。

3.3.2.1 軌道（遷移・定常・運用終了後）

ミッション・軌道設計プロセスの主要な設計項目である。一般には、宇宙機の位置・速度の時間履歴をあらわすが、設計目的に応じて、主要な軌道要素のみを定める場合や、より高次の軌道関連情報を設定する場合もある。以下、個別に述べる。

(1) 定常軌道

ミッションを遂行する主たる軌道である。一般に、

- ・軌道要素

が設計項目となるが、ミッションに応じて以下に示す特有の設計項目がある。

地球観測衛星

- ・太陽同期条件（高度・軌道傾斜角、地方時など）
- ・回帰日数

静止衛星

- ・直下点経度

コンステレーション

- ・コンステレーション構成（機数、軌道面など）

フォーメーションフライト

- ・衛星間相対位置・運動

(2) 遷移軌道

定常軌道にいたる遷移軌道、あるいは目標への接近軌道（ランデブー）であり

- ・タイミング
- ・軌道要素
- ・誘導制御ロジック

が設計項目となる。深宇宙探査ミッションなど、ミッションによっては定常軌道に到達するまでに複数の遷移軌道を経る場合もある。

(3) 運用終了後軌道

ミッション終了後に探査機が配置される軌道であり、

- ・軌道要素

が設計項目となる。地球近傍ミッションの運用終了後軌道については「JMR-003B スペースデブリ発生防止標準」を参照のこと。

3.3.2.2 軌道運用計画（決定、遷移・維持・離脱）

ミッション・軌道に関連する運用に関わる設計項目である。前出の「軌道」の設計にもなって決まっていく要素もあるが、設計目的に応じて、より高次の情報を設定する場合もある。以下、個別に述べる。

(1) 軌道決定運用計画

軌道決定運用の計画であり、

- ・軌道決定手法（観測手段、演算場所・方法）
- ・タイミング
- ・頻度
- ・精度

が設計項目となる。

(2) 軌道制御運用計画

軌道制御運用の計画であり、運用フェーズに応じて以下の設計項目がある。

(a) 軌道変更制御

打上げから定常軌道にいたる、あるいは定常軌道から別の定常軌道にいたる軌道遷移で必要となる軌道制御であり、

- ・誘導制御ロジック
- ・タイミング
- ・制御量
- ・精度

が設計項目となる。

(b) 軌道維持制御

定常軌道の維持に必要となる軌道制御であり

- ・誘導制御ロジック
- ・頻度
- ・1回あたりの制御量
- ・精度

が設計項目となる。

(c) 軌道離脱制御

定常軌道から運用終了後軌道にいたる軌道遷移で必要となる軌道制御であり

- ・誘導制御ロジック
- ・タイミング
- ・制御量
- ・精度

が設計項目となる。

3.3.2.3 打上・ロンチウィンドウ

前出の「軌道」「軌道運用計画」を実現するための打上運用に関連し、

- ・ 打上手段・射点
- ・ 打上期間・ロンチウィンドウ

が設計項目となる。

3.3.2.4 増速要求

前出の「軌道制御運用」を実現するために必要な

- ・ 増速量

が設計項目となる。「軌道制御運用」の設計にともなって決まっていく要素もあるが、種々の誤差を修正するための制御量や、複数の推進系（たとえば大推力二液系と、一液系など）を使い分ける場合の「配分」を設定する場合もある。

3.3.3 設計

3.2 で識別された要求を満足しミッションを達成するために、あるいは他のシステム設計のための基本情報を提供するために、前項で識別された設計項目を確定し、ミッション・軌道を具体化する。

ミッション・軌道の設計に際して必要となる種々の手法については、「ミッション・軌道設計ハンドブック」の4章を参照のこと。

なお、設計項目の確定のために必要な解析（技術検討）に関わる業務については、3.5章に示す。

3.3.4 設計の管理

設計段階の出力文書として、設計書（他の名称で呼ばれることもある）をまとめ、維持・管理する。設計書には、確定した設計項目や、他のシステム設計のための基本情報として提供される加工情報をまとめる。

また、システム設計の詳細化、プロジェクトの進捗にともなう、要求項目や設計項目、設計条件の変更を反映するため、トレーサビリティを維持する。

なお、設計過程の管理という観点から必要となる、設計項目の確定のために必要な解析（技術検討）に関わる管理については、3.5章に示す。

3.4 検証プロセス

3.4.1 全般

検証項目の識別、検証及びその管理に関わる業務を検証プロセスと定義する。本節ではミッション・軌道設計に関わる検証プロセスについて規定する。

検証サブプロセスを構成する作業項目は以下のとおり。

- (1)検証項目の識別
- (2)検証
- (3)検証の管理

以下、各項目について詳述する。

3.4.2 検証項目の識別

設計方法・結果の妥当性を確認するための検証作業の範囲を明らかにすることを目的として、ミッション・軌道設計に関わる検証項目を識別する。

設計結果の妥当性（要求への適合性）の確認という観点からは、3.2.2 項で示した要求項目に対応する形で、以下のような検証項目（ミッション解析と呼ばれる）が挙げられる。

- (1)宇宙機の機能に関する解析
 - ・視野解析
 - ・指向解析
 - ・日照・日陰解析
 - ・観測カバレッジ解析
 - ・通信カバレッジ解析
 - ・可視解析
- (2)宇宙機の運用に関する解析
 - ・ロンチウィンドウ解析
 - ・軌道解析
 - ・軌道精度解析
- (3)ミッション特有の制約に関する解析
 - ・打上時衝突回避解析

（注）ミッション・軌道設計の検証においては、検証手段の四類型（類似性、解析、試験、検査）のうちの「解析」が一般的に用いられるためミッション「解析」の呼称が使われている。3.5 章で述べる、要求分析・設計・検証の各作業にともなう技術検討作業一般の呼称としての「解析」と同じなので注意する。

当該ミッションにおける要求項目と対比しながら、この中から該当する項目を抽出していくことで、検証項目を識別することができる。なお、ミッション解析については「ミッション・軌道設計ハンドブック」の3.3 章も参照のこと。

また、設計方法や解析方法の妥当性の確認という観点から、打上後の運用結果と、設計段階での計画を比較することもある（打上後検証）。打上後検証における検証項目は、3.3.2 項で示された設計項目の中から、適宜、抽出することになる。

3.4.3 検証

設計結果の妥当性（要求への適合性）を確認するために、前項で識別された検証項目について、設計結果に対応するアウトプットを準備し、対応する要求条件と照合する。

なお、検証のために必要な解析（技術検討）に関わる業務については、3.5 章に示す。

3.4.4 検証の管理

検証段階の出力文書として、検証書（他の名称で呼ばれることもある）をまとめ、維持・管理する。検証書には、確認した検証項目をまとめる。

また、システム設計の詳細化、プロジェクトの進捗にともなう、要求・設計・検証項目や各種条件の変更を反映するため、トレーサビリティを維持する。

なお、検証過程の管理という観点から必要となる、検証のために必要な解析（技術検討）に関わる管理については、3.5章に示す。

3.5 解析プロセス

3.5.1 全般

解析とは、ミッション・軌道設計プロセスを構成する各プロセス（要求分析、設計、検証）で必要となる技術検討一般を指す。ミッション・軌道設計プロセスの様々な場面において解析が実施されることになるが、それに関わる管理業務・作業項目は共通するものがあり、ここで解析プロセスとして規定するものである。

解析項目の識別、解析及びその管理に関わる業務を解析プロセスと定義する。本節ではミッション・軌道設計に関わる解析プロセスについて規定する。

解析プロセスを構成する作業項目は以下のとおり。

- (1)解析項目の識別
- (2)解析
- (3)解析の管理

以下、各項目について詳述する。

3.5.2 解析項目の識別

解析作業の範囲を明らかにするために、対応する解析要求作業（要求分析、設計、および検証）の作業項目にもとづき、解析項目を識別する。

3.5.3 解析

前項で識別された解析項目を分析・解決するために、必要な技術検討をおこなう。

ミッション・軌道の解析に際して必要となる種々の手法については、「ミッション・軌道設計ハンドブック」を参照のこと。

3.5.4 解析の管理

要求の分析・設計項目の確定・検証のためにとくに重要な解析（技術検討）については、実施した解析の結果とともに、その過程を維持する。ここには、解析過程の管理という観点から、解析に用いたモデル、ツールについても含まれる。

また、システム設計の詳細化、プロジェクトの進捗にともなう、各種条件の変更を反映するため、トレーサビリティを維持する。