

第9章 ミッション運用概要

この章のまとめ

このミッションの観測軌道としては、「太陽 - 地球」系のラグランジュ点のうちのL2 (以下 S-E L2) の周りのハロー軌道を想定している。この軌道は、天体観測、特に赤外線天体観測にとっては、放射冷却が効率的であることと、観測効率が高いという理由から、大変に有利な軌道である。

軌道投入、軌道保持については、SPICA が冷却望遠鏡であるための制約に考慮しながら、具対案を検討している。

SPICA は天文台型の衛星である。すなわち、無条件に全天をサーベイすることは行わず、特定の (ただし全天に分布する) 天体の詳細観測を中心に行う。5 年間以上の観測運用を想定している。

SPICA は、運用途中での修理等は不可能である。したがって、まず衛星本体としては、故障をおこしにくい高い信頼性が要求される。さらに、想定される事故、ミスに対して、万全の備えが必要である。特に、初期の軌道投入には、長い時間が必要であるので、十分な信頼性確保が必要である。

9.1 運用期間

SPICA Mission は、国際的天文台となり、数多くの画期的な観測を行うことが期待されている。また、近い将来に SPICA を全面的に上回る Mission が打ち上げられる可能性も低い。したがって、SPICA の観測運用は、できる限り長期間行いたい。

現在の検討では、初期の軌道投入時期を除いて、観測期間として最低5年間、できれば10年間を確保することを目標とする。したがって、寿命に限りのある要素は、冗長系等を採用することにより、システム全体で、上記の寿命を達成することを目標とする。

9.2 軌道

9.2.1 S-E L2 概要

このミッションの観測軌道としては、「太陽 - 地球」系のラグランジュ点のうちのL2 (以下 S-E L2) を想定している。

S-E L2 点は、天体観測、特に赤外線天体観測にとっては、以下の理由から、大変に有利な軌道である。

1. 赤外線衛星の大敵であった地球の見かけの大きさが、非常に小さくなり、かつ太陽とほぼ同じ方向になるため、衛星への熱入力が大幅に減少し、放射冷却が有効に働く。
2. ある時点における観測不能天域が「太陽 - 地球」方向を中心とする特定の方向のみに限られ

るため、観測可能な天空の領域が広く、かつ長時間の積分が可能である。

一方、この軌道にはいくつかの留意すべき点もあるが、以下のように、大きな問題とはならない。

1. S-E L2 は摂動に対して不安定であるが、この周りに衛星を維持しておくために必要な制御量は極く小量である。具体的には、一年間あたりの制御量は、静止軌道の南北制御に必要な量の約 1/10 である。
2. S-E L2 は、地球から 150 万 km と遠方にあるが、比較的大きな重量が投入できる。同じ能力のロケットでも、投入方法によっては、静止軌道に投入するよりも重い衛星を S-E L2 に投入することが可能である。

実際の観測軌道は、S-E L2 点そのものではなく、そのまわりのリサージュ軌道またはハロー軌道とする。その理由は以下である。

1. 常時電力確保
2. 通信系の太陽電波との干渉の回避

9.2.2 観測軌道への投入

観測軌道への投入方法は、以下の観点から選択されねばならない。

- 衛星本体に、過度の負担 (構造的、電力的、熱的、機能的) を強いけないこと。
- 軌道投入が確実に行われること。
- 上記の条件を満たしながら、観測軌道にできる限り重い重量を運搬できること。

観測軌道への投入 sequence は、現時点では、以下を想定している。

1. H-IIA ロケットにより、衛星をパーキング軌道 に投入する。
2. パーキング軌道から H-IIA の 2 段めの再着火により、S-E L2 への Transfer 軌道に移行。この過程において、有効であれば、月による swing-by 等も利用。
3. 衛星搭載推進系により、Transfer 軌道から、観測軌道へと移行。

詳細は、今後の軌道計画検討による。

打ち上げから最終的な観測軌道への到達時間は、一般的には短いほうが好ましい。一方、観測系の放射冷却は、観測軌道に到達する前の Transfer 軌道から始められるが、それにはある程度の期間が必要である。上記の 2 つの条件を考慮し、打ち上げから最終的な観測軌道への到達時間は、2 ヶ月から半年程度の間を想定している。

Transfer 軌道飛行中も、衛星の最低限の電力、機能を維持しなければならない。また、Transfer 軌道飛行中も、観測系の放射冷却ができるよう、適切な衛星姿勢が維持されることが望ましい。

これらのことを考慮して、図 9.1 に打ち上げ後、定常観測までに想定される SOE (Sequence of Events) を示す。なお、姿勢運用の詳細は 8 を参照されたい。

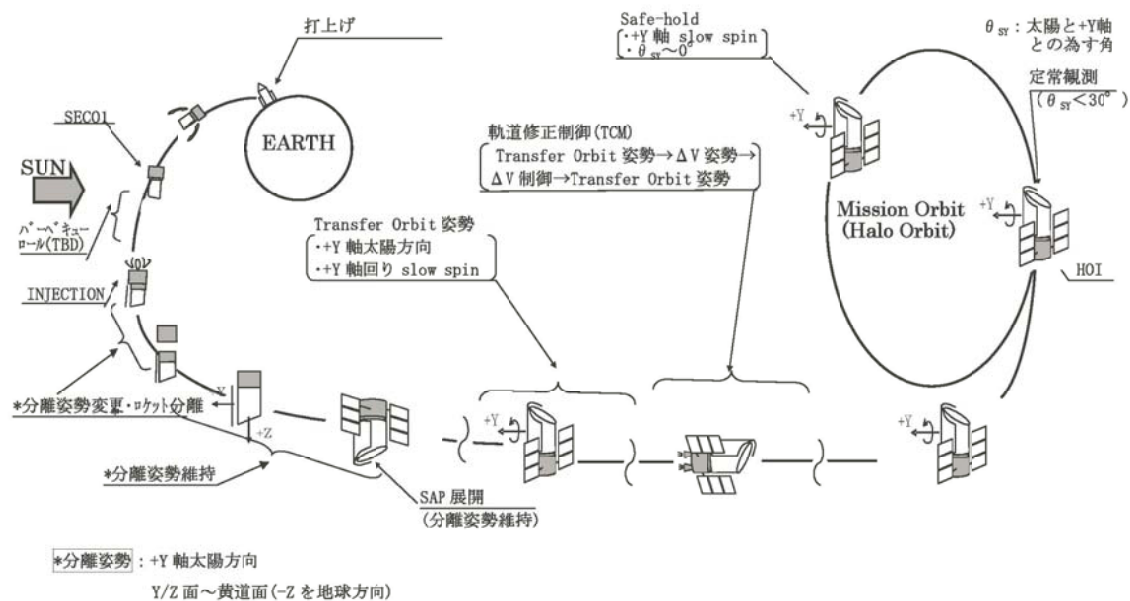


図 7.8-1 Sequence of Event

図 9.1: Sequence of Events

9.2.3 軌道保持

上記のように、実際の観測軌道は、S-E L2 まわりのリサーチ軌道またはハロー軌道となる。しかしながら、上にも記したように、常に通信系の太陽電波との干渉を回避するためには、軌道保持の必要がある。そのためには、5m/s/year 程度の軌道制御が必要になる。

軌道制御は、衛星に搭載された推進系によって行う。ただし、それには以下の条件を考慮する必要がある。

- ミッション光学系は、極低温に冷却されている。したがって、一般的な化学推進システムの場合には、吹き出したガスにより、光学系が汚染される可能性がある。これをどのように回避するか。
 - － 汚染がおきない、推進系-観測系構成をとることができるか。
 - － 汚染がおきるとすると、光学系を暖め、再冷却する必要がある。それによる観測時間の損失を、いかに最小にするか。
 - － 電気推進などを用いることにより、汚染を最小にできないか。
- 軌道制御の際には、姿勢を変更させる必要があるか。それにより、衛星全体、特に観測系の熱バランスが崩れる可能性はないか。もし熱バランスが崩れるとすると、回復に過度の時間が必要にならないか。

9.3 観測運用

SPICA は天文台型の衛星である。すなわち、無条件に全天をサーベイすることは行わず、特定の (ただし全天に分布する) 天体の詳細観測を中心に行う。

発生電力の確保、および観測系への熱負荷の軽減のため、SPICA がある時期に観測可能な天体は、太陽方向に直交した大円を中心として、 $\pm 30^\circ$ 程度の領域に含まれる天体に限られる。実際には、この観測可能領域のなかの特定天体の指向観測を行うことになる。ひとつの天体の観測は、1 時間から数日続く。すなわち、望遠鏡は、ひとつの方向を、これだけの期間見つづけることになる。

観測軌道に到達した後の観測期間中の基本的な運用形態は以下の通り。

- 地上局: 臼田 (64m ϕ アンテナ) 局を使用。
可視時間は一日 8-10 時間程度。
毎日または 2 日に 1 度の運用を想定。
適度に経度の離れた海外局があれば 24 時間受信可能。
- 使用周波数帯: コマンド、テレメトリともに X 帯を使用
- ダウンリンク・ビットレート: ミッションデータ 11/5.5 Mbps
HK テレメトリ 512/1024/2048 bps
- ハイゲインアンテナが 2 軸駆動の場合 (nominal) は、可視時間中も観測を継続し、リアルタイムデータと再生データの両者をダウンリンクする。ハイゲインアンテナが固定の場合 (option) の場合は、可視時間中は観測をせず、再生データのダウンリンクのみ行なう。

9.4 contingency

SPICA が投入される S-E L2 軌道では、HST のような Space Shuttle による修理は不可能であり、衛星設計・運用には高い信頼性が要求される。想定される contingency cases や、その場合の運用 (対処法) は、基本設計と並行して、フェーズ A から詳細な解析を行なう必要がある。

当面は、ミッション・サクセスレベルの基本的な考え方をまとめるとともに、以下のような大きな項目を見当しておく必要がある。

- 軌道投入の失敗により、地球周回衛星となった場合。または、L2 点周りの軌道にとどめておけなくなった場合。これらの場合の観測可能性、あるいは最低限の観測を行なうための条件。
- 太陽電池パドル展開の失敗、電源系の故障等により、電力の使用が制限される場合の運用。ミッション系としては、電力が不足する場合は、冷凍機の運用に制限を加えざるを得ないが、その際の冷凍機運転の方針 (優先度) の検討。
- ハイゲインアンテナの駆動部故障などによるダウンリンクレートの制約がうまれた場合の運用。