

「あかつき」の現状と金星再会合に向けた 軌道制御運用について

宇宙航空研究開発機構
宇宙科学研究所

2011年10月26日

1. 経緯(1/2)

1. 金星探査機「あかつき」は平成22年5月21日にH-IIAロケット17号機で打ち上げられ、計画通り金星に到達。
2. 平成22年12月7日に金星周回軌道への軌道投入マヌーバ(VOI-1)を実施。軌道制御用エンジン(OME)の燃焼開始後約152秒後に大きな姿勢変動が発生し、約158秒で燃焼を停止(計画燃焼時間約720秒)。金星周回軌道投入に失敗し太陽周回軌道を飛行中。
3. 平成22年12月8日の宇宙開発委員会において、金星周回軌道投入失敗の原因究明並びにそれらの対策等に必要な技術的事項について調査部会において調査審議することを決定。
4. 平成22年12月17日、27日および、平成23年6月30日の3回にわたる調査部会において、金星周回軌道投入失敗原因の究明と、今後の対応についての検討や実証のための一連の地上試験について報告を行い、投入失敗の直接原因は燃料側高圧ガス供給逆止バルブの動作不良によるものと判断。それに伴って推進薬供給が減少した結果、OME燃焼器はスロート付近で破損していると推定。

1. 経緯(2/2)

5. 平成23年4月17日には太陽周回軌道の近日点を通過。設計条件を上回る熱入力による機器への影響を最小にする運用を実施。
6. OMEの使用可否のデータ取得のため、平成23年9月7日及び14日に軌道上での試験噴射を実施。その結果、試験噴射においてOMEの破損は進行したと推測され、今後の軌道制御に有効な比推力が得られないと判断。
7. 今後の金星再会合・再投入の軌道制御は姿勢制御用スラスタ(RCS)を用いて行う方針を策定し、平成23年9月30日の調査部会において報告。

2. あかつきの状況

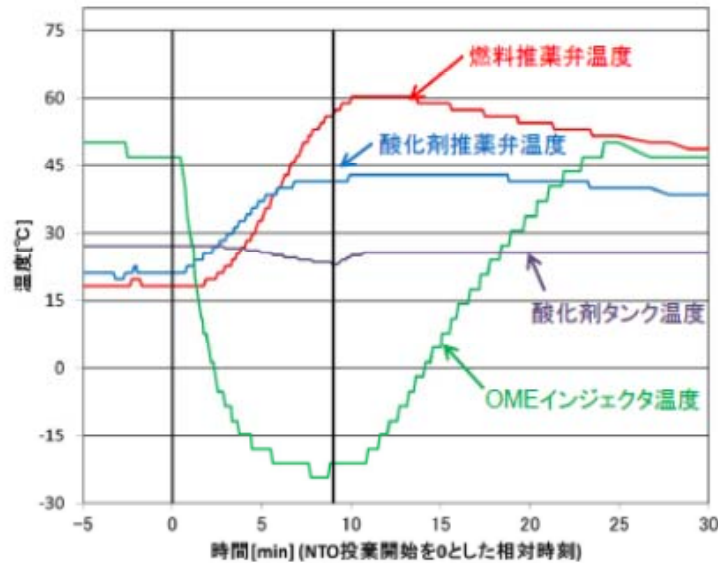
1. VOI-1後にノズルスロート付近で破損していたと推定されるOME燃焼器は、軌道上試験噴射にて破損がさらに進行したと推測され、今後の軌道制御に有効な比推力は得られないと判断。今後の軌道制御は姿勢制御用スラスタ(RCS)で実施する。



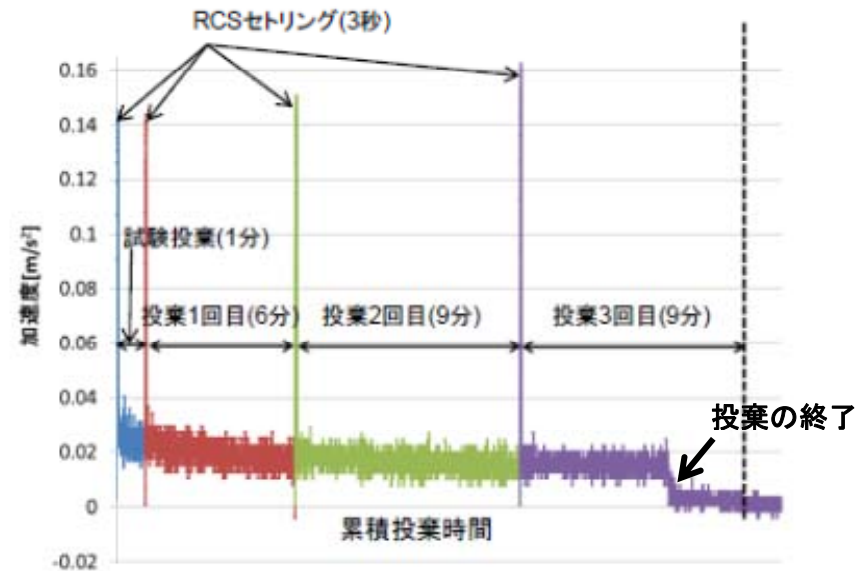
2. OMEは2液式エンジン(燃料と酸化剤を混合燃焼させて推力を得る)であるのに対し、RCSは1液式スラスタ(燃料を触媒反応で分解させて推力を得る)であり、今後の運用において酸化剤は不要かつ無駄な重量であるため、探査機の重量を削減することを目的に酸化剤投棄運用を実施。
3. 現在11月上旬の近日点軌道制御の準備を実施中。その他の探査機システムおよび搭載機器は健全な状態。近日点付近での太陽からの熱入力による温度上昇を抑制しつつ、軌道制御のための姿勢運用を行う。

3. 酸化剤投棄運用の実施

平成23年10月6日, 12日, 13日に各々6分, 9分, 9分の酸化剤投棄運用を実施.



2回目酸化剤投棄における温度履歴



加速度計測値

酸化剤投棄運用中には燃料側の推薬弁にも通電されるが、燃料による冷却が無いため、燃料側推薬弁温度が許容範囲を逸脱することが懸念された。また、酸化剤投棄による OMEインジェクタの凍結の可能性も指摘されたが、地上試験や解析結果から投棄を分割して行うことで運用が可能と判断。3回の軌道上投棄運用においては許容温度条件の範囲で計画通り投棄できたことを確認。

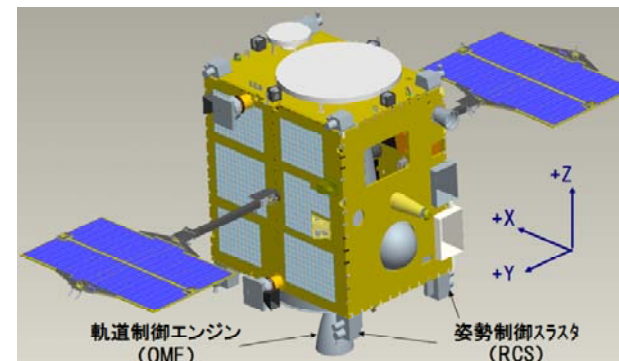
3回目の酸化剤投棄中に探査機に加わる加速度が急減したことにより、加圧用ヘリウム₄ガスが吹き抜け、酸化剤投棄運用は計画通り終了したと判断。

4. RCSによる軌道制御に関する検討状況

RCSの連続噴射成立性における主要懸念事項及び検討状況は以下の通り。

1. 連続噴射におけるスラスタ触媒層の熱バランス確保。

軌道制御姿勢(+X太陽指向)をとることで+X側スラスタが熱的に厳しい状態になるが、解析により燃焼中の触媒層温度は平衡状態を維持することを確認。



2. 連続噴射後のヒートソークバック※による推薬弁温度上昇。

連続噴射後はヒートソークバックによりスラスタ推薬弁温度は上昇するが、解析により許容温度の制約範囲内で温度は低下・収束していくことを確認。

※ 連続噴射停止(燃料供給停止)後の高温燃焼器からの熱戻りで燃料供給により冷却されていた推薬弁温度が上昇する現象。

3. 連続噴射時の軌道制御姿勢保持による探査機各部の温度上昇。

軌道制御姿勢(+X太陽指向)をとることで探査機各部の温度は上昇するが、連続噴射後に+Z太陽指向に姿勢を戻すことから、探査機各部の許容温度範囲を下回ることを解析により確認。

本年9月30日の調査部会にて報告したRCSの認定試験における連続噴射実績、過去衛星の軌道上連続噴射実績及び上記検討結果を総合判断し、本年11月の近日点においてRCSによる軌道制御を実施する。

5. 近日点における軌道制御計画

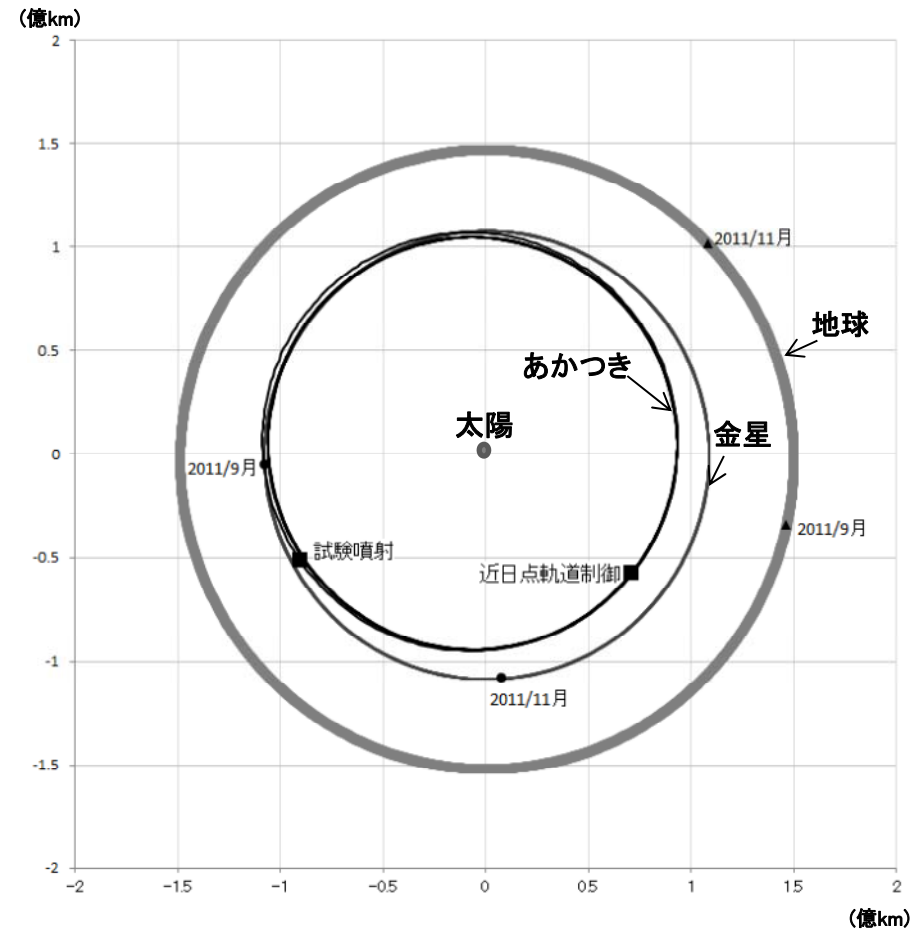
近日点における姿勢制御用エンジン(RCS)による軌道制御

- (1回目 11/1) ΔV 90m/s
- (2回目 11/10) ΔV 90m/s
- (3回目 11/21) ΔV 約70m/s

3回目の運用は1, 2回目の精密軌道決定結果を反映して必要な制御加速度を修正する予定。(噴射方向や大きさは1, 2回目の誤差に依存)

※今回行う軌道変更は、2015年以降の金星再会合のために実施するもの。

※今後の検討結果によっては軌道制御計画を変更する可能性あり。



「あかつき」軌道制御時の探査機と金星、地球の位置関係

6. 今回の報告まとめ

1. あかつきの状態と今後の運用方針

- 探査機の各種搭載機器は健全で、太陽周回軌道を飛行中.
- 本年9月に実施したOMEの軌道上試験噴射により、OMEでは今後の軌道制御に有効な推進性能が得られないと判断し、今後の軌道制御はRCSで行う.
- 探査機重量軽減のため、RCS噴射に不要な酸化剤の投棄を本年10月に実施. 各部許容温度などの制約条件の範囲内で酸化剤投棄を実施したことを確認.

2. 近日点軌道制御

- 本年11月の近日点においてRCSによる軌道制御を実施予定.
- RCSによる軌道制御を行う上でのリスクを評価し、安全に実施可能な見込みであることを確認.
- 近日点付近での軌道制御は11月1日、10日及び21日の3回を計画. 今後の検討や実施結果によっては、軌道制御計画を変更する可能性がある.