

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価
第 24 号科学衛星 (PLANET-C)
プロジェクトの事前評価結果 (案)

平成 18 年 8 月 31 日
宇宙開発委員会 推進部会

目 次

1. 評価の経緯	1
2. 評価方法	1
3. PLANET-C プロジェクトの概要	2
4. PLANET-C プロジェクトの事前評価結果	3
参考 1 宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について	8
参考 2 第 24 号科学衛星 (PLANET-C) プロジェクトの評価実施要領	10
参考 3 第 24 号科学衛星 (PLANET-C) プロジェクトの事前評価に係る推進部会の開催状況	19
付録 1 第 24 号科学衛星 (PLANET-C) プロジェクトの評価票の集計及び意見	
付録 2 第 24 号科学衛星 (PLANET-C) プロジェクトの事前評価について【改訂版】(略)	

1. 評価の経緯

宇宙開発を効率的かつ効果的に推進するため、宇宙開発委員会においては、「宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について」(参考 1) に基づき、重要な研究開発の評価を行い、その結果を公開するとともに、宇宙開発委員会として独立行政法人宇宙航空研究開発機構 (以下「JAXA」という。) が実施するプロジェクトの実施内容や実施体制等に係る助言を与えることとしている。

第 24 号科学衛星プロジェクト (以下「PLANET-C プロジェクト」という。) については、JAXA が平成 19 年度から「開発」に移行することを予定しているため、平成 19 年度概算要求に向けて、宇宙開発委員会推進部会において事前評価を行った。推進部会の構成員は、参考 1 の別紙のとおりである。

2. 評価方法

評価は、PLANET-C プロジェクトを対象とし、推進部会が定めた評価実施要領 (参考 2) に即して実施した。

今回の評価は、「開発」への移行のための評価であり、以下の項目について評価を行った。

- (1) プロジェクトの目的 (プロジェクトの意義の確認)
- (2) プロジェクトの目標
- (3) 開発方針
- (4) システム選定及び基本設計要求
- (5) 開発計画 (スケジュール、資金計画、設備の整備計画等)
- (6) リスク管理

なお、平成 13 年度に実施した「開発研究」移行時の評価及び平成 15 年度に実施した進捗状況確認において評価・確認した項

目は、その結果を踏まえて評価した。また、プロジェクトの目的及び目標については、宇宙科学研究のコミュニティの合意を経てプロジェクトを選定してきたことを念頭において評価を行った。

評価の進め方は、まず、JAXA から PLANET-C プロジェクトについて説明を受け、各構成員に評価票（参考 2 の別紙 1）により、評価項目ごとに意見、判定を求めた。各評価項目に対する判定は 3 段階表示として集計した。

本報告は、各構成員の意見、判定を集約して、事前評価結果としてとりまとめたものである。本評価に係る推進部会の開催状況は、参考 3 のとおりである。

なお、本報告の末尾に構成員から提出された全意見及び JAXA の説明資料を付録として添付した。

3. PLANET-C プロジェクトの概要

PLANET-C プロジェクトは、金星の大気現象を観測し、世界に先駆けて金星の大気力学を解明することを目指した金星探査計画である。

金星は、地球の公転軌道の内側を回る内惑星であり、太陽からの平均距離が地球に近いばかりでなく、直径や密度も地球とほぼ同じであることから、金星と地球は似た過程で形成されたと考えられている。しかしながら、これまでの探査によると、金星の環境は、地球とは大きく異なっている。金星の大気は主に二酸化炭素からなり、惑星全体を濃硫酸の雲が覆っている。その雲の下では、大気が金星の自転速度よりもはるかに速い速度で循環している。

このような金星の大気力学のメカニズムを解明するため、

PLANET-C プロジェクトでは、赤外線観測装置等を搭載した探査機により金星周回軌道上から観測を行い、高分解能の 3 次元気象データを取得することを計画している。JAXA においては、平成 22 年度の打上げを目指して、平成 19 年度から「開発」に移行することを予定している。

4. PLANET-C プロジェクトの事前評価結果

(1) プロジェクトの目的（プロジェクトの意義の確認）

PLANET-C プロジェクトは、惑星を取り巻く大気の運動のしくみを本格的に調べる世界初のミッションとして、金星の雲の下に隠された気象現象を、新開発の赤外線観測装置を用いて金星周回軌道上から精密観測することにより、従来の気象学では説明できない金星の大気力学（惑星規模の高速風等）のメカニズムを解明し、惑星における気象現象の包括的な理解を得ることを目的としている。このように金星の気象現象を把握することは、多様な環境に適用できる普遍的な気象学の構築につながると期待できる。

また、海外においては、欧州宇宙機関（ESA）が金星探査計画 Venus Express により金星の大気組成の観測を行う計画を進めているが、金星の大気循環に焦点を当てた観測は PLANET-C プロジェクトが世界で初めてであり、我が国独自の着眼として評価できる。PLANET-C プロジェクトは、世界の金星探査計画においても、Venus Express と相補的な観測を行う探査計画として適切に位置付けられており、計画の有効性が認められる。

以上により、PLANET-C プロジェクトの目的は、太陽系の起源に関する普遍的な知識・知見を獲得するものとみなす

ことができ、「我が国における宇宙開発利用の基本戦略」及び「宇宙開発に関する長期的な計画」に規定された宇宙開発利用の意義、目標及び方針等を踏まえ、的確に具体化されている。

判定：妥当

(2) プロジェクトの目標

PLANET-C プロジェクトは、金星周回軌道上から2地球年にわたり継続的に気象観測を行うことを目標として、明確に設定している。これは、前項のプロジェクトの目的に照らして十分に意欲的であり、目的に応じた要求条件を満たしていると判断できる。

成功基準については、観測の具体的な目標がミニマムサクセス、フルサクセス、エクストラサクセスとして段階的に記述され、目標とする観測期間が、金星の大気構造の変化の時間スケールとの関連で設定されており、プロジェクトの達成度を客観的に判断できるものとなっている。なお、成功基準はより高いレベルを確実に達成することが求められることから、プロジェクトチームとしてはエクストラサクセスまでのすべての目標を達成するべく高い意識で取り組むことが望まれる。

以上により、プロジェクトの目標は、設定された目的に照らし的確であると判断する。

判定：妥当

(3) 開発方針

PLANET-C プロジェクトの開発方針については、我が国初の内惑星ミッションとしての確実な開発、過去の開発経験を継承した信頼性の向上、世界最高レベルの観測装置の開発、研究者とメーカーが緊密に協力する旧宇宙科学研究所の伝統的な開発方式の維持等が示されており、開発に当たっての基本的な事項をまとめたものとなっている。

探査機的设计及び試験については、PLANET-C プロジェクトが我が国初の内惑星ミッションであることにかんがみ、その観点から特に入念な検討を行うことが肝要である。また、第20号科学衛星「はやぶさ」及び第18号科学衛星「のぞみ」で開発した技術を継承することは適切であるが、これらの探査機において発生した不具合の原因究明及び対策が徹底して行われていることが前提となることに留意する必要がある。

以上により、開発方針は、「衛星の信頼性を向上するための今後の対策について」で示された考え方を考慮しているが、本プロジェクトが我が国初の内惑星探査計画であり、多くの潜在的リスクが考えられること及び過去の探査機の不具合を踏まえた十分な対策が求められることから、概ね妥当であると判断する。

なお、今後に向けた助言は、以下のとおりである。

- 「はやぶさ」及び「のぞみ」において発生した不具合の原因究明及び対策を徹底して行い、信頼性及び寿命等の向上に取り組むことを期待する。

判定：概ね妥当

(4) システム選定及び設計要求

PLANET-C プロジェクトにおいては、平成 13 年度の事前評価結果を踏まえ、システム選定及び基本設計を実施しており、要求されるシステム要件をすべて満足する見込みが得られている。

システム選定及び基本設計に当たっては、技術の成熟度の分析を踏まえ、「はやぶさ」及び「のぞみ」で開発した技術を継承することを基本としている。ただし、PLANET-C プロジェクトのミッションが、熱環境の厳しい金星周回軌道からの観測を行うものであることを考えると、熱設計は特に留意すべき課題であると考えられる。また、軌道制御用アポジエンジンについては、金星周回軌道への投入時のみならず、軌道投入誤差の修正等においても使用する計画であるため、このような複数回使用の条件下における信頼性の確保に対し、十分な確認が必要である。

新規開発項目は、観測系、通信系、電源系に絞られており、いずれも金星周回軌道における環境に適合するために、既存技術をベースとした開発を行うものである。これらの新規開発部分には、ミッション達成のために重要な役割を果たすものが含まれていることから、入念な試験を行うことが求められる。現時点の開発状況は、一部評価試験を実施中であるものの、概ね詳細設計に移行できる状態となっている。

また、打上げが平成 22 年度に遅れ、金星への到着に必要なエネルギーが増大したことに伴い、地球離脱のためのエネルギーをロケットでまかなう新たな軌道計画を採用し、探査機の搭載燃料を大幅に削減しているが、このことは、探査機

としては好ましい方向への変更であり、妥当である。

打上げロケットが M- ロケットから H- A ロケットに変更されたことについては、衛星側の基本設計は変更不要であること及びロケットとのインターフェースには問題がないことが確認されているが、射場での試験等、衛星側として引き続き十分な注意を払う必要がある。

以上により、システム選定及び設計要求については、目標の達成が期待できるものとなっており、概ね妥当である。

なお、今後に向けた助言は、以下のとおりである。

- 熱設計及び軌道制御用アポジエンジンは、既存技術を継承することとしているが、異なる環境条件及び使用条件における信頼性の確保には、特に留意すべきである。

判定：概ね妥当

(5) 開発計画(スケジュール、資金計画、実施体制及び設備の整備計画等)

開発スケジュールについては、ロケットの信頼性対策や予算計画等の理由により、プロジェクトの開始が 2 年遅れたため、打上げ年度を当初計画の平成 18 年度から平成 22 年度に変更している。しかしながら、金星への到着が平成 22 年度末の到着と 1 年遅れにとどまっている点は評価できる。平成 24 年まで観測予定の Venus Express との共同観測を実現することは、金星を力学・化学の両面から精密に観測するために重要と考えられるため、PLANET-C プロジェクトの打上げ時期が更に延期されることのないように、入念なスケジュール管理を行うことが必要である。ただし、Venus

Express との共同観測を優先したスケジュールを立てることにより、本来必要な取組みがおろそかになることのないようにするべきである。

資金計画については、開発費の総計が 250 億円（打上げ費用を含む）であり、打上げロケットの変更による増額を除くと、当初の資金計画に沿ったものとなっている。諸外国の惑星探査機との資金計画の比較からも、資金計画は概ね妥当といえる。

実施体制については、プロジェクトマネージャを中心とした責任体制と JAXA 内の技術支援体制、国内の大学及び研究機関の研究者の参加、Venus Express を計画する欧州宇宙機関（ESA）との協力等が示されており、明確な体制が構築されている。

以上により、開発計画については、特段の問題は認められず、スケジュール、資金計画、実施体制等は概ね妥当であると判断する。

なお、今後に向けた助言は、以下のとおりである。

- Venus Express との共同観測については、ミッションの達成に必要な取組みがおろそかになることのないように明確な判断基準を設定した上で、実現に向けて推進するべきである。

判定：概ね妥当

（6）リスク管理

PLANET-C プロジェクトにおいては、「のぞみ」及び「はやぶさ」において発生した不具合を踏まえ、搭載機器の技術

の成熟度に合わせて質量及び電力のマージンを設定するとともに、想定される単一故障点については可能な限り冗長構成としている。

また、Venus Express との共同観測を実現するため、リスク管理の一つとしてスケジュール管理を行うこととしている。

リアクションホイールについては、「はやぶさ」に用いた M- ロケットの振動条件に対応した改修ホイールではなく、実績のある標準ホイールを実績のある仕様範囲内で使用することを基本に、製造メーカーにおける標準品ホイールを使用することとしているが、今後の振動環境の低減の検討結果等を踏まえて最終的に判断することとしている。また、「はやぶさ」では、重量の制約と観測ミッションではないことから 2 台のホイールでも姿勢制御要求をみたせるよう、3 台構成としたが、PLANET-C プロジェクトにおいては、1 台故障しても 3 軸制御が行える、標準仕様の 4 台構成を採用している。さらに、万一全てのリアクションホイールが故障してもミッション喪失に直結しないように、姿勢制御用スラストによるバックアップが可能な設計としている。JAXA においては、「はやぶさ」のリアクションホイールの故障を契機に、JAXA 全体としてリアクションホイールの信頼性確保の対処方針を検討しているところであるが、PLANET-C プロジェクトにおいては、上に述べた諸点から、今回の製造メーカーにおける標準品を使用しようとしている判断には、特に問題があるとは認められない。

なお、振動環境の低減の方策等、信頼性確保の方策について引き続き慎重な検討が求められる。

また、内惑星探査においては、熱環境や放射線環境が厳しくなることから、この点についても入念なリスク管理を実施するべきである。

以上により、リスク管理については、リアクションホイールの信頼性確保の方策について引き続き慎重な検討が求められること、及び内惑星探査に伴う新たな設計条件に対する具体的なリスク管理が必要なことから、概ね妥当とする。

なお、今後に向けた助言は、以下のとおりである。

- リアクションホイールについては、PLANET-C プロジェクトとして、実績のある標準ホイールを実績のある仕様範囲内で使用することを基本として対処しようとしているが、信頼性確保の方策について引き続き慎重な検討が求められる。
- 内惑星探査に伴う新たな設計条件に対する具体的なリスク管理が必要である。

判定：概ね妥当

(7) 総合評価

PLANET-C プロジェクトは、我が国初の内惑星探査計画として、金星の雲の下に隠された気象現象を観測し、世界に先駆けて金星の大気力学を解明することを目指した極めて意欲的な計画である。本プロジェクトの成果を様々な環境に適用できる惑星気象学の構築につなげることは、太陽系に関する根源的な知識・知見を獲得するとともに、地球上の環境変動のメカニズムの解明の糸口を与えるものであり、知の創造に大きく貢献するものである。

推進部会は、今回の PLANET-C プロジェクトの「開発」への移行のための評価において、プロジェクトの目的、目標、開発方針、システム選定及び設計要求、開発計画及びリスク管理について審議を行い、現段階までの計画は、具体的かつ的確であると判断した。

以上を踏まえ、推進部会としては、PLANET-C プロジェクトが平成 19 年度から「開発」に移行することは妥当であると評価する。

なお、今回の評価においては、「はやぶさ」及び「のぞみ」からの改善点を踏まえた信頼性及び寿命等の向上、熱設計及び軌道制御用アポジエンジンの信頼性の確保、Venus Express との共同開発の実現に向けたスケジュールに関する判断基準の明確化、リアクションホイールに関する信頼性確保の方策、内惑星探査に伴う新たな設計条件に対する具体的なリスク管理等について、意見が提出された。JAXA においては、これらの助言について今後適切な対応をとり、**しかるべき時期に宇宙開発委員会に報告¹**することとする。

¹ 井口委員長から指摘された部分。

(参考1)

宇宙開発に関する重要な研究開発の評価について

平成 18 年 4 月 19 日
宇宙開発委員会

何度も配布された資料なので、詳細な記載を省略する。下記の各項目が示され、委員、特別委員を記したものが添付されている。例えば、第 2 回推進部会の参考資料 2-1

- 1 . 目的
- 2 . 評価方法
- 3 . 評価の対象
- 4 . 日程
- 5 . 推進部会の構成員
- 6 . 会議の公開

(参考2)

第 24 号科学衛星 (PLANET-C) プロジェクトの 評価実施要領

平成 18 年 8 月 22 日
推進部会

これも第 5 回推進部会で 5-1-1 として配布された資料なので、詳細な記載を省略する。本文に続き、別紙 1 で評価表が示され、別紙 2 で関連文書の抜粋が示され、別紙 3 で「第 24 号科学衛星 (PLANET-C) に関する宇宙開発委員会における過去の評価結果 (抜粋)」が示されている。

また続いて (参考3) として、第 5 回と第 6 回の推進部会の議事次第が示されている。本プロジェクトの事前審査を行った 2 回の推進部会の全てを表示したことになる。

第 24 号科学衛星 (PLANET-C) プロジェクトの
評価票の集計及び意見

評価結果

	妥当	概ね妥当	疑問がある
1 プロジェクトの目的 (プロジェクトの意義の確認)	11	1	0
2 プロジェクトの目標	9	3	0
3 開発方針	5	7	0
4 システム選定及び設計要求	3	8	1
5 開発計画	5	7	0
6 リスク管理	1	10	1

1 プロジェクトの目的 (プロジェクトの意義の確認)

第 24 号科学衛星 (PLANET-C) プロジェクトの目的が、「我が国における宇宙開発利用の基本戦略」(総合科学技術会議)及び「宇宙開発に関する長期的な計画」(以下「長期計画」という。)において規定されている我が国における宇宙開発利用全体の意義、目標及び方針等を踏まえ、長期計画のプログラムに規定されているところに照らし、的確に詳細化、具体化されているかについて評価して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
1 プロジェクトの目的 (プロジェクトの意義の確認)	11	1	0

評価根拠のコメント

【妥当】

- 金星大気の力学に着目したミッションは、世界初であり、非常に貴重なものと思われる。少ない予算の中でよくがんばっていると思う。
- 平成 13 年の計画評価部会による開発研究移行時の事前評価から 5 年が経過しているが、ESA が打ち上げた金星探査機との共同観測の実現が可能になるなど、本プロジェクトの意義および期待される効果は増すことはあっても減少してはいないと判断される。

なお、次の「プロジェクトの目標」の記述とのつながりを考えると、「部会での評価対象」は「プロジェクト目的のうち観測データを得るところまで」であることがわかるようにし

ておいた方が良いでしょう。

- 3 気象については地球環境に直接影響を与える、または地球環境から影響を受けるものとして注目されており、地球の気象に関する知見を得る目的で金星の大気データを得ることは重要な意義を持つものと考えられる。
- 4 金星の大気観測は国際的にも初めてのミッションであり、我が国の独自性を発揮出来る国際水準のミッションであると評価出来る。また、従来から地球大気をより正確に理解するためには、他惑星の大気観測が有効と言われており、その点からも PLANET-C のミッションは、今後の地球環境維持のためにも有意義である。更に金星探査、金星大気観測は、子供、若者及び若い科学者の知的刺激を与えるものであり、我が国の科学技術の振興にも有効であると考えられる。
- 5 金星の雲の下に隠された気象現象を新開発の赤外線観測装置等を用いて周回軌道から三次元的に観測し、それにより、高速大気循環の仕組み等、金星大気の力学のメカニズムを解明し、地球との比較等を含めた惑星における気象現象の包括的な理解を得ることを目指す、とする本プロジェクトの目的は、明確、かつ具体的であり、「我が国における宇宙開発利用の基本戦略」、「長期計画」等に照らして妥当である。
- 6 プロジェクトは太陽系天文学にとって大変意義深いものであると思うが、一層のスピードアップを望みたい。
- 7 金星の大気力学を解明する本プロジェクトは、地球を含む固体惑星環境にも適用できる普遍的気象学の構築に資する知識や・知見を獲得し、太陽系に関する新しい価値観や新たな文化の創造にもつながる。我が国の「宇宙計画に関する長期的な計画」指摘されている太陽系探査の意義に充分かなっ

たものである。

- 8 面白いとおもいますし、目標も妥当と思います。また意味のあることと考えます。
準備状況からの判断では、私も会議で発言させていただきましたことを参考にしてください。
ただ、そのとき発言しなかったことですが、このプロジェクト全体として、基本的に、特にアジアの研究者を中心に、海外からの研究者、また特に engineers (関連している企業にも) も入れてほしいです。まず、はじめの 1、2 年は 5 - 10% 程度でもいいですが、もっと (10 - 20% 以上に) 増やすべきです。今は、どの程度ですか？
「学術月報」平成 18 年 7 月号の「私の論文「Science As A Foreign Policy」」、「IDE」同じく 5 月号等、参照してください。
これは次世代の人材を育てる日本の貢献という側面もありますがそれとともに、日本国内の「たて社会」の弱点を補う意味もあるのです。下からの意見が言いにくいとか、オープンな議論でしにくいとか。
また、国予算の設定の仕方にも問題があることは承知していますが、予算取るために、無理を承知で計画、活動するという視点はなくしたいです。
総合科学術会議でもそのような発言はしていますが、日本国家の問題ですね。
- 9 地球を含む多様な環境に適用できる普遍的気象学確立と今後の地球環境観測衛星への観測装置の応用に貢献でき、また我が国の独自性を発揮し、国際計画を考慮した計画となっている。

10 雲に隠された金星の気象現象を観測し、大気運動のメカニズムを世界に先駆けて解明しようとする試みは、「宇宙の起源、地球の諸現象などに関する普遍的な知識・知見を獲得する」という長期計画における太陽系探査の意義に照らして妥当。また惑星気象学なる言葉も魅力的。

【概ね妥当】

11 全般的には概ね妥当である。金星の大気力学の解明とその結果の地球環境への適応性を明確にしていく必要があると思われる。

2 プロジェクトの目標

）PLANET-C プロジェクトにおいて設定された目標が具体的に（何を、何時までに、可能な限り数値目標を付してどの程度まで）明確となっているか、（ ）設定された目標が設定された目的に照らし、要求条件を満たしているかを含め的確であるか、（ ）その目標に対する成功基準が的確であるか、について評価して下さい。

目標が複数設定される場合にはそれらの優先順位及びウェイトの配分が的確であるかを評価して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
2 プロジェクトの目標	9	3	0

評価根拠のコメント

【妥当】

1 目標は、非常に意欲的なものと思う。特に、雲画像から風

を出すというところは、金星大気の力学を詳細に研究する点で、非常に貴重なものである。ESA の化学ミッションと協力するという点も重要と思われる。

2 金星の気象観測に関して具体的な成功基準が示されていると判断される。

3 掲げられた目的の実現に向けて、金星周回軌道上から、2地球年にわたって継続的に気象観測を行う、ことを目標としており、成功基準において、観測の具体的な達成目標が、段階的に、記述されている。これらの目標は、プロジェクトの目的から見て、的確、かつ妥当である。

4 掲げられた目標に異論はないが、「ミニマムサクセス」は、いかにも目標が低すぎると思われる。

5 目標は目的に応じた要求条件を満たし、具体的に設定され、成功基準についてもそれぞれの的確に設定されている。

6 p.11、15「2010年に遅れたことで、」については、もっとわかりやすく説明を入れる必要がある。これは発言しましたね。

7 目標とする観測期間が大気構造変化の時間スケールとの関連で述べられており、明確である。

【概ね妥当】

8 成功基準はより高いレベルを確実に達成することが求められる。プロジェクトに関わる者全てがエクストラサクセスまで達成すべく意識を高める努力をしていただきたい。

9 この分野は極めて専門的な分野であり、部外者には正確な内容は理解しがたいが、金星大気の運動を観測するための具体的目標が示されており、また目標の設定は概ね妥当である

と考える。一般市民に対する PR 活動も積極的に実施しているようであるが、もう少し具体的な説明を要望したい。例えば 1 μ m カメラにより金星の地表面物性或いは火山活動に関するデータを得ることにどのような意義があり、また、それが何故エキストラサクセスか等は、具体的説明が無い限り理解が困難である。このような分野は知的な興味をかき立てるものであり、今後とも広い範囲での積極的 PR 活動を期待したい。

10 継続的観測の中で複数の達成目標が設定されており、目標の設定としては概ね妥当と考える。今後、優先順位を細分化するなど、目標の重み付けが必要であると考えます。

3 開発方針

PLANET-C プロジェクトの開発活動全体を律する基本的な考え方や方針が設定された目標の達成に対する確実性を評価して下さい。

評価に当たっては、「衛星の信頼性を向上するための今後の対策について」で示された考え方を考慮して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
3 開発方針	5	7	0

評価根拠のコメント

【妥当】

1 研究者がメーカー技術者と緊密な共同作業で開発を進めていく旧 ISAS の伝統的な開発方式は貴重なものであると

思う。本プロジェクトを通じてその良い点が JAXA 全体でさらに広く共有されていくことを期待したい。

2 科学ミッションでは観測機器は研究者の**手作りであるべき**²であり、またバス系に関するもミッション毎に新たな研究開発的な要素が多いと思われる。従って、「はやぶさ」の開発等、これまで宇宙科学本部で培ってきた経験と実績を基に、JAXA が実質的な開発作業を行い、更なる改善を加えて新たなミッションを開発する方法は妥当であると考えます。

3 提示された開発方針は、確実な開発、信頼性の向上、観測装置開発への取り組み、ならびに開発における体制、等の重点事項をまとめたものとなっており、本プロジェクトの目標達成に対し、妥当なものと認められる。第一項目として挙げられていることであるが、PLANET-C はわが国最初の内惑星探査機であり、その観点からの十分な設計検討、ならびに出来る限りの試験が行われることが肝要である。

4 「はやぶさ」の開発方針・運用資産を継承し、必要な改善を加え、開発リスク・コストを低減し、信頼度を高め、観測装置の性能を世界最高レベルに維持して新たな知見を得るという方針には期待できる。

5 提示された開発方針は、いずれも常識を踏まえたものであり、妥当。

² 「べき」は一寸違うのではないかと。「妥協して既存の機器を使うのでは大した成果は期待できない。まだ世の中に存在していないものに挑戦するくらいの気概が欲しい。」といえれば良い。多分そういう気持ちで仰ったのであろう。

【概ね妥当】

6 「はやぶさ」の技術を継承し、特に基本構成を「はやぶさ」の技術をベースにするなど信頼性向上、リスク軽減に努めている点は評価できる。

ただし、「はやぶさ」の「のぞみ」は満点の成果を得た訳ではなく、その原因究明、対策を行うことを前提としての評価である。

7 基本的には妥当であるが、全般に曖昧な表現になっているように感じられる。たとえ開発方針であっても、もう少し具体的な内容の表現がほしい。

8 過去、多くの不具合が発生しているホイールの信頼性・寿命等に対する取組が不十分。

9 以下の、「4.システム選定及び設計要求」以下にコメントしています。

10 「はやぶさ」のヘリテージ・運用実績を継承し、これに改善を加えて信頼性を高める基本的考えは概ね妥当と考える。

4 システム選定及び設計要求

システム（衛星を実現する技術的な方式）の選定及び基本設計の結果を踏まえた設計要求（詳細設計を固めるに当たったの骨格的な諸条件）が設定された目標の達成に対する的確であるかを評価して下さい。

評価に当たっては、特に次の点に着目して下さい。

- ）関係する技術の成熟度の分析が行われ、その結果が踏まえられているか
- ）コストも含めて複数のオプションが比較検討されているか

）システムレベル及びサブシステムレベルで、どの技術は新規に自主開発を行い、どの技術は既存の成熟したもの（外国から調達するものに関しては、信頼性確保の方法も含めて）に依存するか、という方針が的確であるか

なお、上記諸点の検討においては、国内で実現可能な技術のみでなく、海外で開発中の技術をも検討の対象に含みます。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
4 システム選定及び設計要求	3	8	1

評価根拠のコメント

【妥当】

1 打上げロケット変更に伴って、開発予算計画の額が増大しているものの、その変更と地球離脱エネルギーを打上げロケットに負担させる軌道計画採用でもって、2010年の打上げが可能となっていることを考慮して、妥当とした。

2 基本設計に基づいて設定されたシステム要求は、目標とする観測を遂行する上で妥当なものと認められる。

提案時に比べて探査機総質量が大きく低減されているが、これは、打ち上げ時、地球離脱に当たって、離脱のためのエネルギーをロケット側でまかなう新たな軌道計画を採用した結果で、探査機としては好ましい方向の変更であったと見なされる。

新規開発項目として、観測系、通信系、および電源系においてそれぞれ該当するものが挙げられており、一部に評価試

験中のものがあるが、全てについてFM（フライトモデル）開発フェーズに進みうる段階にあるとされている。深宇宙探査機では、深宇宙という制約の大きな条件のもとで高度なミッションを実現するために探査機全体に関して新たな技術の取り込みを行っていくのが常であり、その意味で、通信系や電源系における新規開発項目は理解できるものである。製作するFMに関しては、新規開発であることを踏まえて、十分な確認試験（系としてのend-to-end試験を含めて）を行なうことが肝要である。

打ち上げロケットがM- からH- Aに変更されるが、衛星側の基本設計には変更不要、ロケット搭載インターフェースには問題はない、とされている。ロケットとのインターフェース、ならびに射場での試験に関しては、衛星側として、抜けの無いように十分な配慮を払っていくべきであろう。

金星周回軌道での熱環境は、太陽光の入射フラックスが大きいために、地球周辺に比べて厳しいものであり、熱設計は、探査機概観図（p.9）の大きな熱放射面にも見えるように、探査機設計上、十分配慮されている事柄とみなされるが、今回の提示資料において、熱設計が一つの課題であるとの言及があってもよかったと思われる。探査機システム機能ブロック図（p.10）において、熱制御系が「はやぶさ」の技術を継承する部分に含まれているが、熱制御系の中の熱計装の部分は別と思われ、その点をコメントしておく必要がある。

- 3 打ち上げロケットがM- からH- Aに変更になった点に対する十分なる検討をお願いしたい。

【概ね妥当】

- 4 これだけの報告の中での的確な判断は難しいが、おおよそ、妥当と思われる。
- 5 新規開発カメラ（5台中2台）ならびに太陽電池セルについてはミッション遂行上のクリティカルなコンポーネントとなることから、十分な信頼性評価が必要である。
- 6 技術の達成度の分析は行われている。基本設計は設定された目標の達成に対し概ね的確である。しかし、コストについての詳細な分析結果をもっと明確に示すべきである。
- 7 増速能力をロケットに分担させて、その分だけ衛星のマージンを増加させる方式、即ち打ち上げロケットをH- Aに変更することは妥当な選定である。衛星システムの冗長構成は、ミッション期間及び通常の衛星の実績に照らし合わせて、概ね妥当である。ただし、アポジーモータに関しては、通常の衛星の場合は数日間のミッションであるのに対し1年間、場合によっては3年間に亘るミッションとなり、通常の使用条件と異なるので、信頼性に関する評価と、場合によっては対策が必要ではないかと考える。

衛星のシステム設計に関しては、開発研究の成果を基に計画されていることから概ね妥当とは思われるが、何故極軌道に近い長楕円軌道を選定したのか、またバス系に関しては何故新たな開発が必要なのか、ミッション系に関しては開発研究に於ける成果等、もう一步突っ込んだ説明が無いと、成熟度、選定の妥当性等の詳細評価は困難である。新開発機器に関しては、どの部分の新規開発が必要であり、また既存技術との連続性・改善内容、更にその開発の今後の宇宙開発及び我が国の産業に対する波及効果等の説明があると更に良い。

- 8 基本設計においてシステム要件が全て満足できる見込みを得た点は評価できる。打ち上げロケットの変更に伴う衛星側の基本設計の変更不要、ロケット搭載インターフェイスに問題が無い点などの確認がされているが、我が国の科学衛星の打ち上げでは初めての試みだけに注目される課題である。
- 9 今回のシステム構成に至ったトレードオフ結果の整理を今後早い時期に行い、システム構成を最終決定する。なお、打上ロケット変更に伴うロケット搭載インターフェイスの妥当性確認は最重点項目のひとつと考える。
- 10 いわゆるバス機器についてもミッション固有の性格から新規要素が加わるのは止むを得ないと考える。ホイールについては「はやぶさ」固有の問題は解明されているようであり、残るは試験法を含めたホイール一般についての懸念である。このことについて、現在進行中の検討によって、明確な方針が出るのが条件。

【疑問がある】

- 11 発言したとおりです。

p.22 : 「はやぶさ」、2/3 で故障、RCS スラスタによる Back-up で OK なのでしょうか？理解しにくいです。

P.25 : 「まとめ」で「信頼度を満足している」となぜいえるのでしょうか？³

³ JAXA の資料は書き直されており、この指摘は修正前の資料の該当部分を指摘している。多分、評価は「概ね妥当」に変わると思われる。

5 開発計画

スケジュール、資金計画、実施体制及び設備の整備計画等の開発計画が、設定された目標の達成に対する確度であるかを評価して下さい。

特に、共同開発機関や関係企業との責任分担関係及び JAXA のプロジェクトチームに付与される権限と責任の範囲が明確になっているかについて評価して下さい。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
5 開発計画	5	7	0

評価根拠のコメント

【妥当】

- 1 打ち上げロケット信頼性対策や予算計画等の理由でプロジェクトスタートが 2 年遅れ、開発フェーズ期間が 1 年延長されたにもかかわらず、金星到着が 1 年遅れで済む開発スケジュールが得られている点を評価したい。
JAXA の総合力、特に信頼性管理に関する経験を活かして、上記の開発スケジュールを実現していただきたい。
- 2 開発スケジュール的には余裕があるようであり、また、資金的にも外国の例、及び我が国に於ける開発実績と比較しても妥当なレベルであると考えられる。開発体制に関しても、JAXA 内の責任体制と技術支援体制、国内及び国際協力体制が明確となっており、問題は無い。
- 3 打ち上げが当初計画に対して 3 年遅れる(プロジェクト以外の原因による)に拘わらず、金星到着が 1 年遅れで済むス

スケジュールで開発が進むことは評価できることであり、2010年打ち上げ、2010年末に金星に到着、という提案スケジュールのもとに開発が確実に進むことを期待する。バックアップ案では金星到達がさらに2年遅れ、また、ESAのVenus Expressとの共同観測は本ミッションの価値をさらに高めるもの⁴であり、このスケジュールを守っていくことはきわめて重要と言える。

開発体制に関しては、特に、国内の大学・研究機関の研究者の参加、ならびに国際協力の体制が明確に示されており、科学衛星プロジェクトとしての基本的要件ではあるが、評価できるものである。

- 4 2010年に延期された打ち上げが更に遅れる事のないよう、プロジェクトの進捗管理をやっていただきたい。
- 5 せっかくの機会であるから Venus Express との共同観測を実施し、本計画の意義をより高らしめることを期待。

【概ね妥当】

- 6 ここに出てくる説明図が、JAXAのプロジェクトでほとんど同じである。もう少し、具体的な説明がほしい。言い換えると、同じセクションが、多くの課題を抱えて仕事をしていることになり、大丈夫か？という不安が残る。
- 7 打ち上げ遅延に伴うスケジュール変更の影響は考慮されている。開発予算やその諸外国との比較はもう少し詳細な記

載が必要である。

- 8 開発スケジュール変更の影響処理は適確である。開発体制に関して JAXA 内、国内・国際協力関係を踏まえて、設定された目標の達成に的確なものとなっていると思われる。
- 9 「Venus Express」に時間的な目標を合わせることは、できれば望ましいが、といて無理をすることへの判断基準が課題ですね。これは発言しました。第一義的目標は時間的な目標をあわせることではないと考えます。できればうれしいですけどね。
- 10 搭載する新規開発項目の地上実証計画の具体的計画の策定、実施が肝要。

6 リスク管理

プロジェクトの可能な限り定量的なリスク評価（リスクの抽出・同定とそれがどの程度のものかの評価、リスク低減のためのコストと成功基準との相対関係に基づく許容するリスクの範囲の評価）とその結果に基づくリスク管理について、採られた評価の手法及び評価の過程で抽出された課題への対処の方向性が明確であるかを評価して下さい。

なお、リスクを低減するための方法として、全てのリスクをそのプロジェクトで負うのではなく、プログラムレベルで、他のプロジェクトに分散し、吸収することも考慮して評価して下さい。

⁴ Venous Express との共同観測を高く評価する委員が多い。しかし、「事前評価」としての纏めは、後にある9番の意見が重く取り上げられているように見える。

	妥当	概ね妥当	疑問がある
6 リスク管理	1	10	1

評価根拠のコメント

【妥当】

- 1 機能冗長の考え方を最大限取り入れていく方向は評価でき、またプロジェクト横断的なチェック機構の発揮、他プログラムとの水平交流などリスク管理体制に踏み込んだ点で概ね妥当と考える。

【概ね妥当】

- 2 今までの経験に基づき行っているので、おそらく、大丈夫と思いたい。しかし、メーカーの実力の低下の可能性など不安要因は多くあり、慎重にも慎重な対応が求められよう。
- 3 多角的なリスク管理対策が計画されているが、設計分野だけでなく、メーカーでの製造プロセスにおけるリスクについても意識して目を配っていただき、製造がスケジュールの足を引っ張ることのないように対処されることを望む。
なお、議論になったリアクションホイールについては、今後の検討方針が明確にされ、かつ機能上のバックアップの準備もなされているので、詳細設計への移行に差し支えないと判断される。
- 4 リアクションホイールの採用については、PLANET-C プロジェクト単独で検討するのではなく、代替技術の開発要否、等、他のプロジェクトも含め採用方針を考慮すべきと考える。
PLANET-C 単独の問題でないことから「概ね妥当」とした。
- 5 考えられる全てのリスクに関して、事前に徹底的に考察を行い、その項目と程度を数値化し的確に把握しておく必要が

ある。

- 6 リスク管理に関する作業体制は問題ないと考えるが、今回の説明は一般論に留まっている。新しいミッションでは、具体的な技術上のリスクを洗い出してそれに対する対策を事前に評価しておくことが必要であり、その活動状況或いは計画の説明が欲しかった。実際に作業に携わっているメンバーに取っては課題及びアプローチの方法が既に分っていることであったとしても、プロジェクトとして初めて経験する事項に関しては、それらの点を明確にしてプロジェクト全体として認識し、且つフォローして行くことがリスク管理活動であると考え。例えば長期間に亘って太陽により近い場所に滞留するミッションであるので、当然放射線環境及び熱環境は厳しくなる。その対策は具体的にどのようにするか、更にその環境に対する実証試験はどのように行うのか等、新たな設計条件に対するリスク管理の具体的な内容が重要である。
- 7 2010年打ち上げ、2010年末に金星に到着、という提案スケジュールは、科学的意義から、本プロジェクトとして厳守することが望ましい要件であり、その点からも、スケジュール管理を、リスク管理項目の一つとして挙げておくべきであろう。
探査機の信頼性確保のためには、設計面での評価とともに、探査機システムの試験、特に end-to-end の観点からの試験を、出来る限り深いレベルで行うことが肝要である。
リアクションホイールの問題は、全 JAXA として検討中とのことである。プロジェクトとしては、現段階において、そこでの検討の状況に基づいて判断していく立場にあることは理解できるが、対処方針に関して、FM フェーズのスケ

ジュールとの関わりも含めて、プロジェクトとしての基本的な考え方をより明確にして、次段階へ進むことが望ましい。

- 8 リアクションホイールの対策、プロジェクト総点検結果概要などをみる限り、リスク管理の進め方は的確であり、リスク管理体制についても明確化されている。
- 9 「はやぶさは3台中2台が故障したので4台構成とする」というような認識で信頼性問題に取り組むのでは駄目である⁵。
- 10 M- から H- A への変更がコスト、スケジュールに関してリスク要因にならないように。

【疑問がある】

- 11 主として、上の「4.システム選定及び設計要求」のコメントのためです。⁶

⁵ 改訂前の JAXA 資料に基づく意見である。改訂された JAXA の説明によると、「リアクションホイールを4台搭載するのは、任意の一台が故障しても3軸制御が成り立つ、標準的な搭載仕様である。「はやぶさ」は4台搭載できる余裕がなく、2軸制御でも許容できたことから、3台搭載することにした。」と云うことである。それでも、「はやぶさ」の場合のように、2台目が故障すれば3軸制御はできない。RCS がバックアップとして使われることになる。

⁶ 第4項評価項目のところで脚注に示したように、改訂前の JAXA 説明資料に基づく意見である。