

宇宙ステーション補給機（HTV）に関する  
安全評価  
質問に対する回答

平成 2 1 年 6 月 4 日

宇宙航空研究開発機構

**【本資料の位置付け】**

本資料は、平成21年5月18日に開催された第1回宇宙開発委員会安全部会における宇宙ステーション補給機（HTV）に係る安全評価についての報告に対して同部会構成員から提出された質問等に対し、独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）が回答をまとめたものである。

● 2. 適用範囲に関連する質問

2-1	今回の審査範囲	3 ページ
-----	---------	-------

● 3. 基本的な考え方に関連する質問

3-1	フェーズ III 審査でのハザードレポートのクローズ状況	4 ページ
-----	------------------------------	-------

● 4. 宇宙環境対策に関連する質問

4-1	電磁環境レベルについて	5 ページ
4-2	許容外表面温度	6 ページ
4-3	スペースガードセンター	7 ページ

● 6. 推進に関連する質問

6-1	推進薬等の漏洩について	8 ページ
-----	-------------	-------

● 7. 誘導・制御に関連する質問

7-1	誘導制御系のブロック図	9 ページ
7-2	CPU構成の切り替え時間について	11 ページ

● 9. 安全・開発保証に関連する質問

9-1	配線、配管等の独立性について	12 ページ
-----	----------------	--------

● 12. 安全確保体制に関連する質問

12-1	フェーズ III における NASA パネル	13 ページ
------	------------------------	--------

(注) 質問番号の項番は、「宇宙ステーション補給機 (HTV) に係る安全評価のための基本指針」の項番に対応しています。

## ● 2. 適用範囲に関する質問

【質問番号 2-1】 今回の審査範囲

【質問内容】

今回の審査は打ち上げと再突入を除外した範囲としている。NASA が関与する範囲のみを取り出しての審査はわかりやすいが、SAC での審査はこのプログラムの全ライフサイクルを通してのものであるべきである。こんなやり方だと除外部分との接続部分での見落としがないか懸念される。例えば、再突入前の残余推薬投棄やバッテリーデアクティベーション（しないのかもしれないが）などの H/W 関連に加えて再突入にあたっての S/W 準備がどうなっているのかは今回の審査では分からない。恐らく、除外部分についても部会での審査も近いのではないかとと思われるが、過去のフェーズ II でも同様に除外した審査を行ってきていて、本当に最後に持って来て大丈夫なのだろうか？

また、NHB1700 では「NASA は安全要求に合致していることを保証する一方、故障が生じてペイロードのミッション失敗の危険があれば助言することができる」となっているはずで、再突入に豊富な経験を持つ NASA に再突入についても助言を求めることが期待できるのではないかとと思われるが、今までの経緯を見るとそんな様子は見えない。

【資料の該当箇所】 安全 1-2-3 P 2

【回答者】 事務局/JAXA

【回答内容】

(事務局回答)

宇宙ステーション補給機 (HTV) の宇宙ステーションへの接近・係留・離脱に係る安全確保は、「宇宙ステーション補給機 (HTV) に係る安全評価のための基本指針 (平成 17 年 9 月 28 日)」に基づき、打上げ・再突入については、「ロケットによる人工衛星等の打上げに係る安全評価基準 (平成 16 年 12 月 13 日)」に基づいて評価を行うこととしています。

今後、H-II B ロケット試験機による宇宙ステーション補給機 (HTV) 技術実証機の打上げ及び HTV 技術実証機の再突入に係る安全評価についてご審議いただく際、打上げと再突入についてもご審議いただく計画であり、全ライフサイクルを通して、安全対策について評価いただく予定です。

(JAXA 回答)

再突入フェーズの安全を審議いただくにあたっては、再突入前の HTV の安全に係るシステムの健全性を確認した結果を審査いただきます。いただいたコメントを反映し、切れ目を作らないような資料にします。

ISS から離脱した以降のフェーズとなる HTV の再突入に関しては、NASA からの審査を受審いたしません。しかし、再突入に重要な機能である誘導制御系については、ISS への接近時に使用する機能との違いはなく、これらについては NASA の審査を受審しています。

### ● 3. 基本的な考え方に関する質問

【質問番号 3-1】 フェーズ III 審査でのハザードレポートのクローズ状況

【質問内容】

HTVに関するハザードレポートの発行件数、クローズ件数、Tracking Logに回されているオープン件数（主なものはP38に示されているようだが）を示してください。

【資料の該当箇所】 安全 1-2-3 P39

【回答者】 JAXA

【回答内容】

ハザードレポートが原因単位で 107 件あり、全てクローズしています。運用（射場整備作業）の中で確認する項目については、追跡検証ログに整理しており、その件数が 143 件です。そのうち 73 件については確認が終了しており、今後射場整備作業の進捗にしたがって 70 件を随時確認していきます。

## ● 4. 宇宙環境対策に関する質問

【質問番号 4-1】 電磁環境レベルについて

【質問内容】

P15の7.3項⑪の電磁干渉に関するハザードへの対応で、発生する放射・伝導による電磁波が、ISS或いは他装置が許容できる電磁環境レベルより十分に低くなる設計とするとあるが、この許容できる電磁環境レベルとは、ISS共通のレベルか？また、その他のプログレスやATVも同じ設計思想か？

【資料の該当箇所】 安全1-2-3 P15

【回答者】 JAXA

【回答内容】

ISS共通の電磁環境レベルの要求を満たすようにHTVの機器も開発を行っています。加えて、NASAは輸送機ごとに通信機器のISSとの電磁干渉について解析を行っています。

【質問番号 4 - 2】許容外表面温度

【質問内容】

標記については最高温度 112 度まで許容することになっている。モデルを用いての解析結果と要求値以内であるとする結果は妥当と思うが、110 度にも達する場所はそう多くはないと考える。具体的にはどの場所でどのくらいの期間、この温度付近になるのだろうか？

【資料の該当箇所】安全 1 - 2 - 3 P 1 7

【回答者】JAXA

【回答内容】

HTV でも他の宇宙機と同様軌道上で遭遇する最大温度範囲を考慮した熱設計を実施しています。HTV (ISS 全般として) の衛星との違いとして単独飛行中の条件だけではなく ISS と結合した状態の解析が必要になります。ISS 結合時には、ISS の他のモジュールや太陽電池などの影響を考える必要があります。

高温状態を考慮するときには軌道高度 (アルベドの影響) と太陽の当たり方が重要です。即ち、軌道高度が低く、太陽光が当たる場合が高温状態ということになり、この状態で解析すると HTV を覆う多層断熱材の表面では太陽光が当たるところはほとんど 100 度を超えます。また、露出する金属面でも 100 度を超えることがあります。

当然のことながら機器は断熱材により保護されているため、機器の許容温度内に制御されており、機能上の問題は生じませんが、ここでは EVA (船外活動) クルーへの安全性の評価が対象となります。HTV では EVA クルーは表面を通過するだけで、この温度では問題になりません。宇宙服や生命維持装置の温度耐性も余裕があり、問題ありません。

【質問番号 4-3】スペースガードセンター

【質問内容】

HTV の安全設計結果で「スペースガードセンターで観測の取り組みが行われている」と記載されているが、具体的に安全設計にはどのような役割を果たしているのだろうか？

【資料の該当箇所】安全 1-2-3 付-8

【回答者】JAXA

【回答内容】

「きぼう」及び今回の HTV 安全検証結果報告書でも示されている通り、直径 10cm 以上のデブリに対しては、軌道変更により避難する計画です。現在は米国のデブリ監視情報に基づき運用しています。この記述は我が国におけるデブリ監視の取り組みの一つとして記載したものです。

## ● 6. 推進に関する質問

【質問番号 6-1】 推進薬等の漏洩について

【質問内容】

安全 1-2-3 に関して、

- 7.4 項 (1) 推進薬等の漏洩に関する質問  
推進薬等の漏洩が「大量」と表示されているが、HTV に推進薬等の量の計測系が搭載されているのか。どの様に漏洩を判断するのか。
- 同 (1) で、推進系は漏洩も重大故障ですが、同時に噴射しない場合も重大故障ではないのでしょうか。両方をどう解析しているのでしょうか。
- 同 (1) で、冗長系が採用されていますが、この系は本当に独立であることは検証されていますか。

【資料の該当箇所】 安全 1-2-3

【回答者】 JAXA

【回答内容】

1. 推進薬タンクには複数の圧力センサと温度センサが搭載されており、大量の推進薬の漏洩は温度変化による影響を加味した上で、圧力変化によって判断します。
2. 大量リークによる推薬の付着ハザードは推進系の漏えいにより発生しますので、噴射しないほうは問題となりませんが、ご指摘の通り推進系が作動しない（噴射しない場合）ことがハザードとなるケースが衝突ハザードにて識別されています。ランデブー飛行中は誘導制御計算機の指示によりバルブ制御装置により必要な RCS（姿勢制御）スラスタを作動させます。このとき作動しなければいけない時にスラスタが作動しない、または、作動してしまうことが、想定外の動きとなり、衝突のリスクとなります。加えて、スラスタの自体の機械的な故障（シールの損傷）などにより、予期せぬ漏えいにより推力が発生することは衝突のハザードになります。誤噴射の制御としては、姿勢データを誘導制御計算機にて監視し推進系の誤噴射と判定した場合には冗長系へシステムの切り替えを行います。その検証として電気モジュールと組み合わせた機能試験にて切り替え性能を確認しています。また機械故障に対してはバルブの健全性を単体の時点で確認後、全機組立試験を実施し気密性能の確認を行うことで検証しています。
3. (1) のハザードに関連する部分には、2個の遮断弁と1個の推進薬弁が直列に合計3つ付いており、1個でも正常に閉まっていれば漏えいを防止することができます。各々の遮断弁はバルブ駆動装置の独立したドライバ回路によって駆動され、推進薬弁を含めて駆動回路自体は独立に3系統あり、電氣的に独立した系統となっています。それぞれの電気系統が適切に設計されていることは製造図面による確認と電気モジュールと組み合わせた機能試験で検証されています。また、バルブ自体の性能も耐圧・気密試験、作動試験で検証されています。

## ● 7. 誘導・制御に関する質問

【質問番号 7-1】 誘導制御系のブロック図

【質問内容】

安全 1-2-3 P 2 2 のブロック図は何回か説明を受けた気がしますが、この制御計算機の信頼性解析結果が理解できません。2 out of 3 で信頼度の計算は理論的には説明されまじょうが、フライトの時間経過に伴い異常をどう判断し、信号処理していくのか説明を受けたいように思います。最後のアボートは緊急計算機で退避すると思いますので、そこに至る判断の経緯を図示いただけませんか。昨年説明されたようにも思いますが。よろしくお願いします。

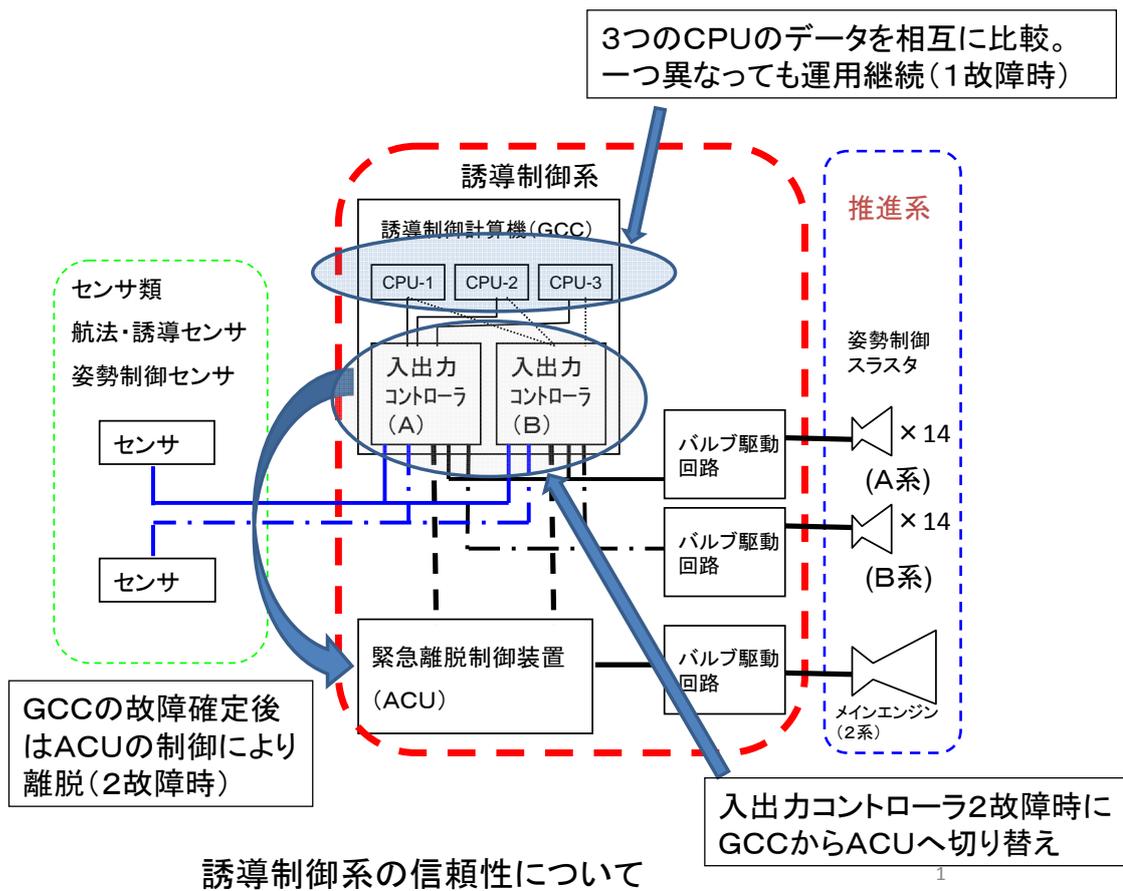
【資料の該当箇所】 安全 1-2-3 P 2 2

【回答者】 J A X A

【回答内容】

誘導制御計算機 (GCC) は 3 つの CPU が各センサ、情報をもとに HTV の制御情報を算出し、推進系の駆動を行う指令を出す機能を持っています。3 つの CPU は多数決によりその計算結果の信頼性を保ちます。すなわち 1 つの CPU だけ情報が異なる場合には他の 2 つの情報を正として制御を継続します (1 故障状態)。次にさらに 1 つの CPU が異常を示す、ないしはすべての CPU が異なる情報を示す場合には 2 故障状態となりますので、入出力コントローラ (IOC) が持つ離脱制御機能により退避します。

なお、CPU が正常であるにも関わらず、入出力コントローラの異常で (1 故障状態で) ただちに緊急離脱制御装置 (ACU) に切り替わることが無いように入出力コントローラも冗長化されています。すなわち、入出力コントローラの 2 故障時には ACU に切り替えて退避する 2 故障許容となっています。



【質問番号 7-2】 CPU構成の切り替え時間について

【質問内容】

安全 1-2-3 P 2 2 で、2-out-of-3 構成の CPU から 2-out-of-2 構成の CPU のソフトウェアの切替にどの程度時間がかかるか。

【資料の該当箇所】 安全 1-2-3 P 2 2

【回答者】 J A X A

【回答内容】

CPUの故障検知は125msで行われ、故障として確定するまでには500msをかけています。センサ・バルブなどと誘導制御計算機(GCC)との情報入出力制御を行う入出力コントローラも冗長化されており、この切り替えに要する時間は最大2秒程度です。(このコントローラはCPUの異常時に緊急離脱制御装置(ACU)への切り替えを行う機能を有していますが、このコントローラの不具合でCPUが正常であるにもかかわらず切り替わる故障を防ぐため、冗長化されています。)

## ● 9. 安全・開発保証に関する質問

【質問番号 9-1】 配線、配管等の独立性について

【質問内容】

P22のセンサ類への配線、P27の電力ラインや推進薬供給配管など、それぞれ完全独立となっているか。

【資料の該当箇所】 安全1-2-3 P22、P27

【回答者】 JAXA

【回答内容】

P22のセンサ類や、制御機器の電源は電源主バスから直接分岐されており、完全独立となっています。P27のヒータへの電力供給についても、3つのヒータはそれぞれヒータ制御器の1A、1B、2という独立したボックスから供給されています。

推進薬供給配管については、推進薬タンク下流フィルタの下で直接分岐されており、配管内機器（バルブ等）の故障は他の系統に影響を及ぼすことはありません。（推進系統図P19を参照ください）

## ● 12. 安全確保体制に関する質問

【質問番号 12-1】 フェーズ III における NASA パネル

【質問内容】

標記審査は 20 年 12 月と 21 年 3 月の二回実施されている。それぞれのパネルでの審査内容はどのようになっているか？ P4 では NASA パネルで未承認があった場合には有人安全審査会で再審査することとなっているが、後者は 20 年 10 月に一度だけ開催されていて、これには当たらないと思われるが、確認したい。

【資料の該当箇所】 安全 1-2-3 P7

【回答者】 JAXA

【回答内容】

HTV フェーズ III NASA 審査で JAXA 審査に差し戻された案件はありません。

12 月の審査で 9 件のレポートについて検証文書の追加提示等の依頼を受けたため、3 月の審査までに NASA に提示可能なフォーマットに加工（英文化等）を行って追加審議を行ない、問題なく NASA 審査を完了しました。

なお、NASA の指摘に対応した追加評価結果や追加データ提示に当たり、事前（3 月 17 日）に JAXA のデルタ審査を実施しております。（本情報が 5 項の表に抜けておりましたので追記させていただきます）