

# HTV搭載型回収カプセルの検討

Concept Study of HTV Loading Re-entry Capsule

将来宇宙輸送系研究センター 藤井謙司

Future Space Transportation Research Center Kenji Fujii

情報技術開発共同センター 野田篤司

Information Technology Center Atsushi Noda

事業推進部 平岩徹夫

Program Management and Integration Department Tetsuo Hiraiwa

HTV プロジェクトチーム 山中浩二

HTV Project Team Koji Yamanaka

## Abstract

Retirement of the space shuttle in 2010 was already decided and there will be some difficulties in transportation from ISS (the International Space Station) from 2010 until the next generation new transportation system CEV (Crew Exploration Vehicle) will be operative. JAXA started concept studies of re-entry systems that will be loaded in HTV (H-II Transfer Vehicle) and will be ejected after its deorbit. A minimum but affordable capsule with the capability of carrying 50 kg payload was selected from various kinds of concept. System study was conducted and it showed that the capsule is feasible but has some technical problems to be solved.

## 1. はじめに

平成 16 年 1 月の米国宇宙新政策発表にて 2010 年にシャトルが退役することが決まったため、2010 年から次の再突入システムが運用を開始するまでの間の ISS (国際宇宙ステーション) からの回収手段の不足が大きな課題になっている。

これを受け、平成 16 年に HTV (宇宙ステーション補給機) 搭載型回収システムの検討を JAXA 内部で実施した。また平行して、回収需要の調査も実施した。検討作業は総合技術研究本部将来宇宙輸送系研究センターを中心に、総合技術研究本部プロジェクト研究協力室他 2 センターと 4 グループが宇宙基幹システム本部 HTV プロジェクトチームと協力し総勢 25 名余りで実施した。

## 2. 研究の概要

平成 16 年度の検討にあたっては、信頼性・安全性の確保と経費の最小化を方針とした。検討の当初は、複数の候補を検討したが、小型の与圧キャリア搭載型が最も需要が見込めるとの判断から、後半は候補を絞って検討を実施し、成立性を確認した。また平行して、回収需要の調査も実施した。

検討の前提として、以下の条件を設定した。

### (1) HTV で運搬

打上げ・軌道離脱を HTV に依存することでカプセル設計の自由度は減少するが、開発要素数を削減し、また NASA との安全審査上の調整を減らす。

## (2) ISS 安全基準に準拠

ISS 内部あるいはその近辺で使用できるカプセルを検討する。

## (3) HTV の改修を少なく

カプセルを搭載するにあたり、HTV の改修点を少なくするため、搭載位置は与圧部あるいは暴露部とする。ただし、本来の HTV 与圧部ハッチの代わりにカプセルで蓋をするなどの手段は許容される。

## 3. 成果の概要

### (1) JAXA 0 次案

0 次検討において検討されたカプセルは、A,B,C の 3 タイプに分類させる。それぞれの位置付けを Table 1 に示す。概要をまとめると以下のようになる。

A 案：与圧部搭載型・小型カプセル。簡素なシステムで短期の開発を行う。この中でさらに A0、A1、A2 の 3 種類が検討された。

B 案：暴露部搭載型・大型カプセル。大量回収が可能であり、揚力飛行を行い荷重衝撃や落下分散域などの特性を改善する。

C 案：暴露部搭載型・大型カプセル。大型ではあるが、回収環境は悪い。

Table 1 Initial Candidate Systems of the Study

搭載場所 キーポイント	与圧部			曝露部	
	超小型・シンプル・超低コスト ミニOREX型	小型・低コスト ミニ・ボストーク型	小型 ラドガ型	高性能・将来性・大型 ミニ・アポロ型	大型・簡易タイプ USERS拡大型
イメージ図					
ペイロード質量[kg]	10	50	150	600	600
全質量[kg]	20	150	500	1800	1800
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>打上げ時HTV与圧部搭載</li> <li>帰還時に与圧ハッチ外側取付</li> <li>弾道飛行</li> <li>パラシュートなし着水</li> <li>着水衝撃でペイロード部のみ分離・水に潜って減速</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HTV与圧部搭載</li> <li>弾道飛行</li> <li>大気圏内姿勢制御なし</li> <li>パラシュートで減速</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HTV与圧部搭載</li> <li>弾道飛行</li> <li>大気圏内姿勢制御なし</li> <li>パラシュートで減速</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HTV曝露部搭載</li> <li>揚力飛行</li> <li>大気圏内姿勢制御あり</li> <li>パラシュートで減速</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HTV曝露部搭載</li> <li>弾道飛行</li> <li>大気圏内姿勢制御なし</li> <li>パラシュートで減速</li> </ul>
利点	<ul style="list-style-type: none"> <li>HTVへの改修要求が少ない</li> <li>軌道上運用性が高い</li> <li>簡素なシステムであるため、開発期間・コスト小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>再突入時の姿勢を気にしなくてよい</li> <li>軌道上の運用性が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>軌道上の運用性が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低荷重・低衝撃</li> <li>落下分散域が狭い</li> <li>有人にも対応可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型物資の運搬が可能</li> </ul>
欠点	<ul style="list-style-type: none"> <li>着水衝撃が大きい</li> <li>ペイロード重量が小さい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高荷重・高衝撃</li> <li>搭載・放出機構開発と有人安全関連によるコスト増</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高荷重・高衝撃</li> <li>搭載・放出機構開発と有人安全関連によるコスト増</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発期間・コスト大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高荷重</li> </ul>

## (2) 需要調査

平成 16 年度に需要調査を行った結果、JEM 与圧部での実験では、細胞、蛋白質、さらには小型魚類などが使用される予定であり、これらの試料を生きたままタイムリーに地上に持ち帰ることが最も重要な判断し、Mid-Deck Locker (MDL) あるいは GN2 デュワーの回収をベースラインミッションとした。

### (3) ベースラインカプセル

上記需要調査を踏まえ、(1)項およびTable 1に示すA1案とA2案の中間に当たる新しいA1.5案を検討することとした。以下の仕様をA1.5案のベースラインとし、詳細検討を行い、問題点、改良点の検討を実施した。

- ・サイズ： $\phi 800 * 880[\text{mm}]$
- ・形状：Bluntcone型
- ・全備質量：250[kg]（含、ペイロード 50[kg]）
- ・パラシュート、フロート、シーマーカを装備
- ・GPS レシーバーと送信機を搭載し、大気圏突入後現在位置を送信

カプセルの概要をFig. 1に示す。左側にはMDLを搭載した状態を、右側にはGN2デュワーを搭載した状態を示す。アブレータの厚さは最大27.5mm、総質量50kg、主構造と断熱材の総質量は35kgとした。パラシュートはメインとバックアップの二重系とし、メインパラシュートが開傘するとCdSが40m<sup>2</sup>で着水速度は10m/s、着水衝撃は5.7G (55.9m/s<sup>2</sup>)となるが、バックアップのパラシュートだけだとCdSが20m<sup>2</sup>で着水速度は14.1m/s、着水衝撃は11.4G (111.7m/s<sup>2</sup>)となる。

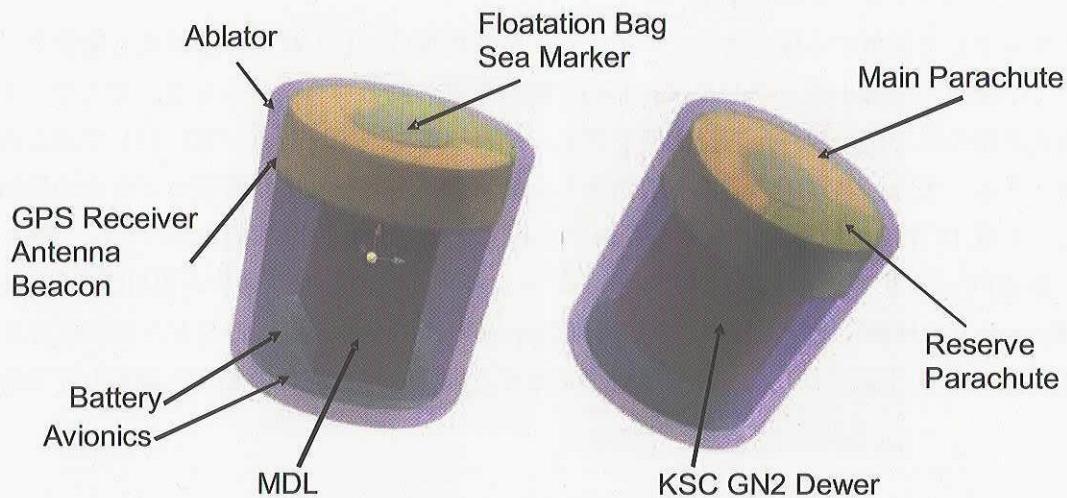


Figure 1 Outline of Capsules

### (4) カプセル運用システム

カプセル本体はFig. 2に示すように、収納・射出用キャニスターと共にHTVと圧部に格納され打上げられる。HTVがISSに結合された後、クルーの手作業でペイロードをカプセルに収納する。カプセルはさらにキャニスターに収納され、HTVのハッチ部に固定される。

HTVがISSを離脱し、再突入マヌーバを終了した後、HTVより分離信号が送出され、Fig. 3のようにカプセルが放出される。以降はカプセル単体で大気圏に再突入する。減速後、パラシュートを開傘し十分に速度を落とす。着水後、周辺に待機している船舶に回収される。

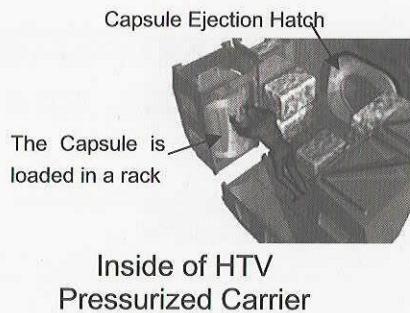


Figure 2 Loading of the Capsule

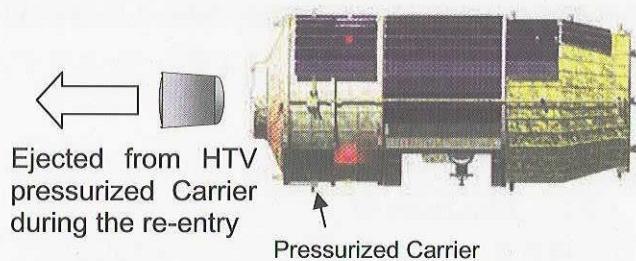


Figure 3 Ejection of the Capsule

#### 4. まとめ

時間の制約もあり下記の課題を残したが、初期の検討作業としては、搭載性・運用性を含め、小型の与圧キャリア搭載型回収システムとしての成立性は確認したと考える。

- ・ 減速回収系の二重化に伴う質量超過
- ・ 受動姿勢制御方式の採用に伴う空力安定性の確認
- ・ 内部温度
- ・ 開発コスト・スケジュールの精細化

実用システムとして運用する場合には、ペイロード単位重量当たりの輸送単価が最も重要なパラメータであり、この観点からは小型カプセルはきわめて輸送単価の高いシステムとなる。そこで、平成 17 年度は、輸送単価の最小化の観点から、大型カプセルや再使用型のオプション案に対して成立性の検討を行うものとする。また、非与圧の需要も依然あるため、非与圧キャリア搭載型カプセルの検討も合わせて実施し、平成 18 年度の絞込みに備えるものとする。なお、米国以外の国においても、ESA (欧州宇宙機関) が ATV (アリアン・トランスファー・ビークル) からの回収システム PARES (Payload Retrieval System) の検討に着手し、ロシアでも Clipper の検討が進められるなど、さまざまな動きがある。今後、JAXA で回収システムの研究開発を実施する場合には、海外の動向も勘案して実施する必要がある。

#### [参考文献]

- > 宇宙基幹システム本部、総合技術研究本部, “平成 16 年度 HTV 搭載型回収カプセルシステム検討成果報告書”, 宇宙航空研究開発機構研究開発資料, JAXA-RM-04-016, 2005 年 1 月
- > S. VOEGT, “Payload Retrieval System (PARES) - System Concept and Shape Selection of a Small Payload Capsule”, 4th International Symposium on Atmospheric Re-entry Vehicles and Systems, Arcachon, France, 21-23 March 2005.