



ISSN 1349-113X  
JAXA-SP-06-027

# 宇宙航空研究開発機構特別資料 JAXA Special Publication

---

## 回収衛星利用日中科学協力プロジェクト報告(その2)

夏井坂 誠, 栄 龍, 東端 晃, 山崎 丘,  
石岡 憲昭, 高柳 昌弘

2007年3月

宇宙航空研究開発機構  
Japan Aerospace Exploration Agency



# 回収衛星利用日中科学協力プロジェクト報告（その2）

夏井坂 誠\*<sup>1</sup>, 栄 龍\*<sup>1</sup>, 東端 晃\*<sup>1</sup>, 山崎 丘\*<sup>1</sup>, 石岡 憲昭\*<sup>1</sup>, 高柳 昌弘\*<sup>1</sup>

## Japan–China Science Cooperation Project with the Chinese Recovery Satellites

By

Makoto NATSUISAKA, Long RONG, Akira HIGASHIBATA,  
Takashi YAMAZAKI, Noriaki ISHIOKA, Masahiro TAKAYANAGI<sup>1</sup>

**Abstract** : “Japan–China Science Cooperation Project with Recovery Satellites” is a science collaboration in which researchers in Japan and China perform science researches with the Chinese recovery satellites launched by the Chinese rocket “CZ–2”. “*C. elegans*” Flight Experiment in Chinese Free Flyer” was, as a first project, planned to be flown in the fall of 2006 and had been prepared toward the flight. The project was unfortunately canceled by China in the spring of 2006, but “*C. elegans*” was flown as a Chinese experiment and, through cooperation between the Japanese and Chinese researchers, the flight samples were shared. The design of the experiment equipment to be formerly used for the project was verified in this fiscal year for the future missions to be expected in 2008 and 2010. This article summarizes the outline of the sample sharing and the results of the verification of the experiment equipment.

**Key words** : 宇宙実験, 宇宙生物学, 宇宙生命科学, 回収衛星, 線虫, 宇宙環境, 重力, 国際協力, 中国, Space Experiment, Space Biology, Space Life Science, Recovery Satellite, *C. elegans*, Space Environment, Gravity, International Cooperation, China

### 概 要

回収衛星利用日中科学協力プロジェクトは、長征で打ち上げられる中国の回収型人工衛星を利用して、日本と中国の研究者が協力して、科学研究を行うものである。2005年より第一回プロジェクトとして、「中国の回収衛星を利用した日中科学協力研究としてモデル生物である線虫（*C. elegans*）を用いた宇宙環境ストレス影響の解明」研究を候補テーマとして、2006年秋のフライトを目指して、線虫飼育用の実験装置開発など準備を進めてきた。しかし、2006年春、中国側から日本の実験ならびに日本の装置は搭載できない旨の通達があり、これを見送りとせざるを得なくなったが、中国側研究者との協力を通じて、サンプルシェア実験として、日本が線虫の飼育・解析技術を提供する代わりに、飛行後サンプルの一部を譲り受けることとなった。本報告では、本サンプルシェア実験の概要を報告するとともに、2008、2010年などに継続飛行が予定されている中国回収衛星への日本開発装置の搭載の可能性を鑑み、本年度実施

---

\*1 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部 ISS 科学プロジェクト室

ISS Science Project Office, Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

した実験装置の設計検討を報告する。

## 1. はじめに

回収衛星利用日中科学協力プロジェクトは、長征で打ち上げられる中国の回収型人工衛星（以後「回収衛星」と略す）を利用して、日本と中国の研究者が協力して、科学研究を行うものである。ISS 科学プロジェクト室<sup>\*1</sup>では、微小重力科学研究者へ、より多くの宇宙実験機会を提供するために、中国側から協力の呼びかけがあった。2004年から、本協力の構築に向けた話し合いを行ってきた。その結果、2006年秋に打ち上げが予定されている回収衛星を利用して、第一回プロジェクトを行うこととなった。2005年度より技術調整などを重ね、搭載重量1.5kgで電力供給なし、通信系なしで非与圧部（すなわち軌道上で真空）への搭載の条件で、宇宙環境利用科学委員会「線虫（*C. elegans*）を用いる回収衛星宇宙実験」研究班（石岡教授ら）の提案したテーマを実施することとなった。本研究は線虫（Fig. 1）をモデル生物として軌道上で飼育・継代し、回収後、個体／組織観察などを行うとともに、遺伝子発現や発現タンパク質の網羅的解析を通じて、微小重力などの宇宙環境ストレスが、生物にどのような影響をおよぼすかを解明する研究である。このため、2005年度真空となる軌道上で線虫を飼育するための与圧容器の設計・試作を行った（上記詳細は References [1] を参照）。しかしながら2006年春、中国側から日本の実験ならびに日本の装置は搭載できない旨の通達があり、これを見送りとせざるを得なくなった。

しかし、宇宙環境利用科学委員会「線虫（*C. elegans*）を用いる回収衛星宇宙実験」研究班と北京航空航天大学（庄教授ら）との研究者間協力として、日本側が線虫の飼育・解析技術を提供する代わりに、飛行後サンプルの一部を受け取るというサンプルシェア実験として実施することで合意した。

本報告では、本サンプルシェア実験の概要を報告するとともに、2008、2010年などに継続飛行が予定されている中国回収衛星への日本開発装置の搭載の可能性を鑑み、本年度実施した実験装置の設計検討を報告する。



Fig.1 線虫（*C. elegans*）

写真提供 東北大学 東谷篤志 教授

## 2. サンプルシェア実験の概要

### 2.1. フライト実験概要

回収衛星は9月9日15時に甘粛省にある酒泉衛星発射センターから打ち上げられ、15日後の9月24日10時30分に四川省の砂漠にて回収された。回収されたサンプルは直ちに航空機により北京へ輸送される予定であったが、天候の関係で北京への輸送が遅れ、試料が航天大に引き渡されたのは9月27日の午前中であった。容器を開封後に顕微鏡にて線虫試料を確認したところ、全ての線虫バッグにおいて線虫の生存を確認することができ、線虫の数は約4～5倍に増加していた。フライトした15バッグのうち6バッグを日本のサンプルとして受け取り、－80℃にて凍結保存した。

衛星側から提供予定の温度データを入手次第、地上対照実験を実施し、解析を開始する予定である。なお、当初日本側の実験装置を用いて取得予定だった実験サンプル近傍の温度、圧力、酸素濃度、衝撃加速度などの環境データは、今回のミッションにおいてこれらデータを取得可能なロガーが搭載されなかったため、未取得である。

(上記詳細は References [2] を参照)

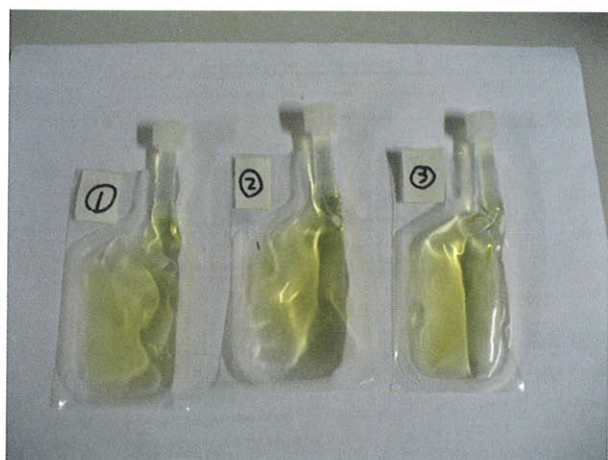


Fig.2 試料バッグ（線虫は液体培地とともに写真のようなバッグに詰められる）



Fig.3 搭載コンフィギュレーション

### 3. 線虫実験装置の設計検証

#### 3.1. 線虫実験装置の設計・試作

昨年度、衛星側制約および実験側要求を満足すべく線虫飼育用実験装置の設計ならびに試作を行った。

衛星側制約は、①機械的インターフェースとして、直径180mm、高さ230mmの円筒状エンベロープに収まること、②重量が1.5kg以下であること、③排熱が10W以下であること、④実験装置を搭載する回収部は気密構造となっていないため軌道上では真空となることなどで、実験側要求は、①150cc程度の線虫試料を搭載して、ミッション期間中その3倍の空気を保持できること、②温度が15～25℃の範囲にあること、③温度、酸素濃度、宇宙放射線が測定できることなどで、これらを満足すべく、Fig.4のような気密容器を設計・試作した。軌道上で真空となる容器外部に対して、内部に1気圧の空気を1.5リットル以上保持しなければならないので、差圧2気圧に対してもシールを保持できるドーム状容器とした。また、全重量を1.5kg以下に抑えなければならないので、容器のカバーには軽量化のため、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）を採用した。本軽量化の結果、調整当初割り当てられた重量、容積を削られたにもかかわらず、調整当初要求のあった試料量の搭載が可能となった。さらに、線虫バッグだけでなく、飼育環境を記録するための温度ロガー、酸素濃度ロガー、宇宙放射線検出素子、打ち上げ、再突入時の振動環境を計測・記録するための衝撃加速度ロガー、シールの健全性を確認するための圧力ロガーなども搭載することが可能となり、これまでほとんどデータの無かった軌道上環境の取得が可能となった。

#### 3.2. 線虫実験装置の設計検証

すでに述べた通り、2006年春、中国側から日本の実験ならびに日本の装置は搭載できない旨の通達があり、上記実験装置の搭載を見送りとせざるを得なくなったが、中国としては2008年、2010年にも同様の回収衛星利用ミッションを予定しており、線虫の継続ミッションが行われる可能性もあることから、線虫実験装置の設計確認

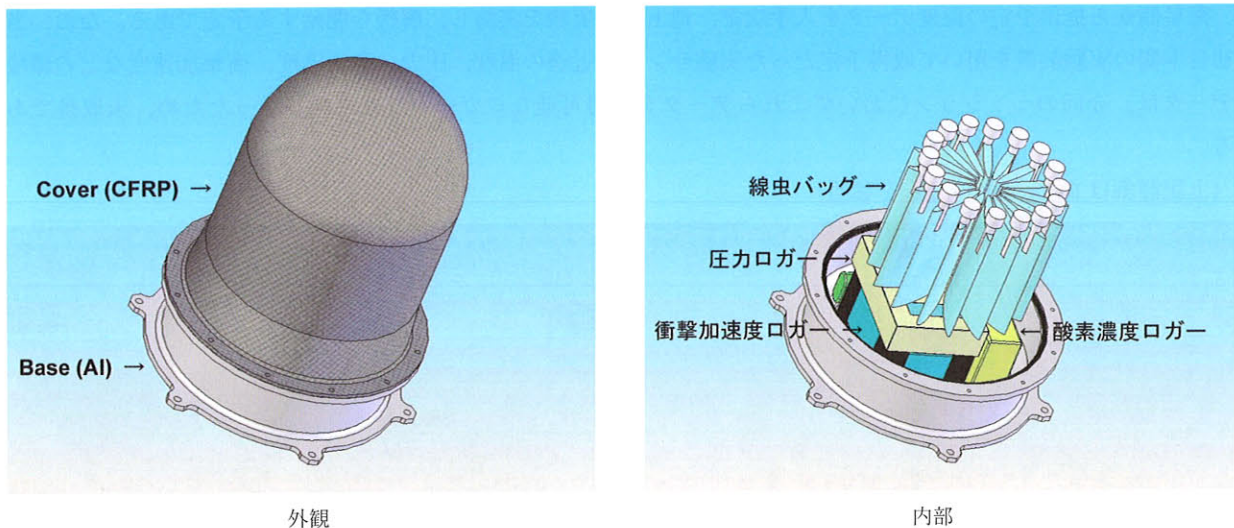


Fig.4 線虫実験装置  
(宇宙放射線検出素子, 温度ロガーも搭載の予定)

まで実施しておくこととし、シール性の確認試験に加え、中国側から検証要求としてあげられていた、モールドサーバイ、ランダム振動、衝撃試験、旋回腕を利用した静加速度試験、バースト試験などのうちバースト試験を除く各試験を実施した。

### 3.2.1. シール性確認試験

ガスポート付ベースを使用、実験装置の内外圧力差が1.5気圧となるように、事前に  $N_2$  ガスを封入して3週間放置、内圧の変化をモニターした。その結果、圧力の変化がほとんど見られず、本装置により線虫の飼育に必要な量の空気をミッション期間中保持できることが確認された。

### 3.2.2. ランダム振動試験

振動試験として、モールドサーバイ、ランダム振動試験を実施した。ランダム振動試験としては、検証レベル、実環境データとも不明であったため、中国のロケット技術がロシアから導入されたものであることを鑑み、プログレスとソユーズのカーゴに適用される検証レベル (References [3]) を適用した。(本試験レベルはソユーズにおける衝撃振動、静荷重を包絡する。)

試験装置自身(装置内に取り付けられる試料搭載部、ロガー取り付け部を含む)の設計強度の確認に加えて、シールの耐振動性も確認するために、シール性確認試験と同様、ガスポート付ベースを使用して、差圧1.5気圧の状態として、内圧をモニターしながら試験を実施した。さらに、線虫自身に対するランダム振動影響を調べるために、実験装置に線虫を搭載した試験もあわせて実施した。

その結果、フライト時のランダム振動、衝撃振動に対して、機械強度の面からもシール性の面からも問題のないことが確認された。なお、ランダム振動を印加した線虫試料は、顕微鏡観察の後、液体窒素で凍結・保存した。来年度解析を実施する予定である。

### 3.2.3. 静荷重試験

静荷重試験として旋回腕試験を実施し、中国側の要求である17Gを印加しても問題のないことを確認した。

試験にはスイングバスケットを使用、実験装置の取り付け方向を変えて、Z+方向(圧縮方向)、Z-方向(引き抜き方向)、X+方向(せん断方向)の三軸について試験を行った。試験条件は、スイングバスケットの取り

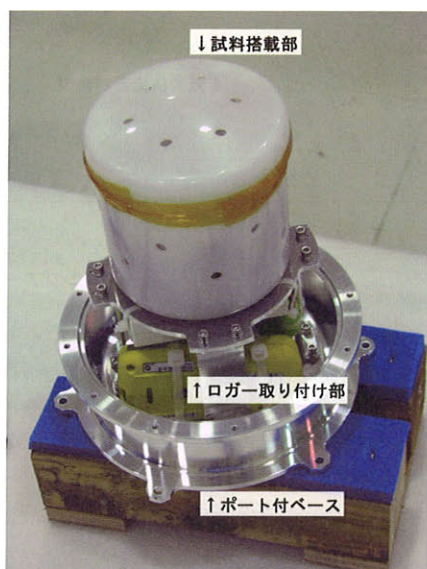


Fig.5 装置内部コンフィギュレーション

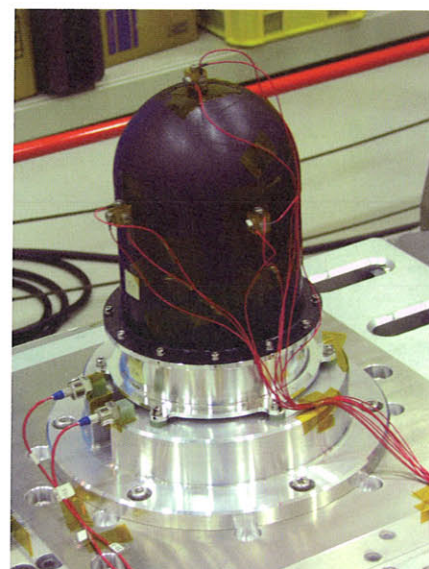


Fig.6 試験コンフィギュレーション

付け面で18G が正味20分間印加されるように旋回した。(いずれの条件においても実験装置には17G 以上の静加速度が印加されている。) なお、実験装置内には試料搭載部、ロガー取り付け部も取り付けおき、これらについても静荷重の影響がないことを確認するとともに、ガスポート付ベースを使用して、差圧1.5気圧の状態として、試験を実施し、試験後の圧力変化を記録し、シールに対しても静荷重の影響がないことを確認することとした。また、線虫自身に対する静荷重影響を調べるために、実験装置に線虫を搭載した試験もあわせて実施した。

その結果、フライト時の静荷重に対して、機械強度の面からもシール性の面からも問題のないことが確認された。なお、静荷重を印加した線虫試料は、顕微鏡観察の後、液体窒素で凍結・保存した。来年度解析を実施する予定である。

#### 4. まとめ

残念ながら、第一回プロジェクトとしての「線虫 (*C. elegans*) を用いた宇宙環境ストレス影響の解明研究」は見送りとなり初期の目的は果たせなかったが、サンプルシェアとして譲り受けたサンプルの解析から、先行宇宙実験の追試が可能となった。また、本年度実施した設計検証により、再度フライトの目処がついた場合は、すみやかにフライトモデルを製作することが可能となった。さらに、線虫に対して行ったランダム振動影響、静荷重影響の試験は、宇宙実験の単なるリファレンスデータにとどまらず、これらストレスに対する生物学的応答を調べたもので、生物学的にも意義をもつデータが得られるものと期待される。

#### 5. 謝辞

振動試験機を使用させていただきました宇宙航空研究開発機構試験センター宇宙実証グループの皆様、旋回腕試験の機会をご提供いただきました宇宙航空研究開発機構宇宙環境利用センターならびに試験センターの皆様に厚くお礼申し上げます。



Fig.7 旋回腕試験装置

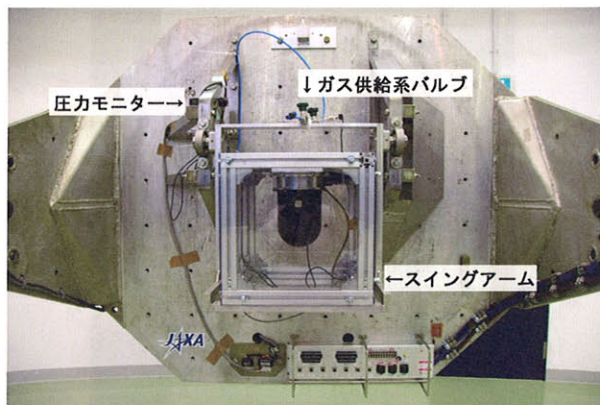


Fig.8 試験コンフィギュレーション  
(写真は Z-方向試験時のもの)

### References

- [1] 夏井坂 誠, 栄 龍, 東端 晃, 山崎 丘, 石岡 憲昭, 高柳 昌弘, “回収衛星利用日中科学協力プロジェクト報告”, 宇宙航空研究開発機構特別資料 JAXA-SP-05-023
- [2] 石岡 憲, 石原昭彦, 宇佐美 真一, 高橋 昭久, 夏井坂 誠, 二川 健, 東谷 篤志, 東端 晃, 藤本 信義, 馬嶋 秀行, 保田 浩志, 山崎 丘, “線虫 (*C. elegans*) を用いる回収衛星宇宙実験研究班 WG 活動報告”, 宇宙利用シンポジウム (第23回) Proceedings (in printing)
- [3] REQUIREMENTS FOR INTERNATIONAL PARTNER CARGO TRANSPORTED ON RUSSIAN PROGRESS AND SOYUZ VEHICLES

宇宙航空研究開発機構特別資料 JAXA-SP-06-027

---

発行日 平成 19 年 3 月 30 日  
編集・発行 宇宙航空研究開発機構  
〒182-8522 東京都調布市深大寺東町 7-44-1  
URL : <http://www.jaxa.jp/>  
印刷・製本 藤原印刷株式会社

---

本書及び内容についてのお問い合わせは、下記にお願いいたします。  
宇宙航空研究開発機構 情報システム部 研究開発情報センター  
〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1  
TEL : 029-868-2079 FAX : 029-868-2956

---

©2007 宇宙航空研究開発機構

※本書の一部または全部を無断複写・転載・電子媒体等加工することを禁じます。

