

## ビオンカプセル

山田 陽志郎

2013年(平成25年)7月13日(土)から9月1日(日)まで相模原市立博物館特別展示室で開催された『はやぶさ2応援企画展:片道から往復へ』~新たな宇宙時代の到来~では、45日間の会期中に33,675人のかたにご来場いただいた。会場に足を踏む入ると、まっさきに目に留まるのが大きな球形の物体「ビオンカプセル」であった。(写真1) JAXA 筑波宇宙センターから借用したこのカプセルについては、筆者が調査したかぎり、日本語で書かれた詳しい文献がないようで、この場を借りて解説しておきたい。なお、ビオン(Бион)ということばは、ロシア語で生物個体のことを意味している。



写真1:「ビオンカプセル」  
『はやぶさ2応援企画展:片道から往復へ』の会場。  
展示用にカプセル内部が見えるようになっています。

### はじめに

このカプセルは、ロシア(打上げ当時はソ連)の生物科学衛星「ビオン9号」の再突入カプセルの実物である。直径約2.2m、重量約2.4トンのこのカプセルは、1989年に実際に宇宙へ行き、14日間地球をまわって地上に帰還した。[1]いかにも頑丈そうなカプセルで、1992年打上げの「ビオン10号」でも再利用されている。[3]さまざまな種類の生物をカプセルに入れ、無重量状態や放射線など、宇宙での環境が生物に与える影響が調べられた。そうしたデータは、人間が宇宙で生活するうえで重要であるだけでなく、生物の各器官の働きに関する理解も深

まり、人間の病気やけがの治療にも役立てられている。[2]

### 歴史

宇宙環境が生物に与える影響の調査は戦後まもなく始まった。アメリカはヨーロッパから持ち帰ったV-2ロケット(ナチスドイツの兵器)を使い、1948年からアカゲザルやネズミを使って(地球を1周以上回るような軌道ではなく)弾道飛行実験を始めている。ソ連も、1951年からイヌを使って同様な実験を行っていた。[2]

ビオンカプセルは、1961年に世界初の有人宇宙飛行を行ったユーリ・ガガーリン少佐が乗ったヴォストーク宇宙船のカプセルをベースにして作られた。打ち上げに使用されたロケットもヴォストーク打上げに使われたものがベースになっている。[2][4]ソユーズ-Uロケット(全長約43m、約305t)で打上げられ、上昇中の最大加速度は4.4g(比較のためスペースシャトルの上昇中では最大で3g)になる。[3][6]

ビオン1号は1973年に打ち上げられた。1996年の11号まで歴代のビオンカプセルに入れられた生物には、アカゲザル、ネズミ、ヤモリ、トカゲ、アレチネズミ、カタツムリ、トリのたまご、カメ、オタマジャクシ、カエル、魚、昆虫、昆虫のたまご、毛虫、キノコ(マッシュルーム)、植物、植物の種、ミバエ、バクテリア、培養細胞など、20種以上を数える。[3]

ビオン計画を1970年代当初から科学面で担当しているのが、モスクワの生物医学研究所(IBMP)である。その研究は世界的に注目され、ソ連時代から、アメリカやフランスを含む西側諸国からの参加を受け入れてきた。ところが、1996年のビオン11号を最後に、ビオン衛星の打ち上げは途絶えていた。これは動物保護の運動が盛んになり、霊長類を使った実験ができなくなったことも原因であるといわれている。その後、2013年4月19日には、改良型であるビオンM衛星が打上げられるようになったが、霊長類を使わないようになり、他の生き物の扱いについても倫理的なルールが設けられたようである。[5]

### カプセルの詳細

地球周囲をまわっているときには、カプセルの前方にバッテリーパック（直径 1.8 m。銀・亜鉛電池で平均出力 400 W）を、後方には推進系、姿勢制御、通信系統などを収めたサービスモジュール（全長 3.2 m、直径 2.5 m）が接続した状態になっている。（全長 6.2 m、質量 6.5 t。写真 2 参照）大気圏再突入の直前には、これらが分離し、バッテリーパックとサービスモジュールは大気圏で分解する。

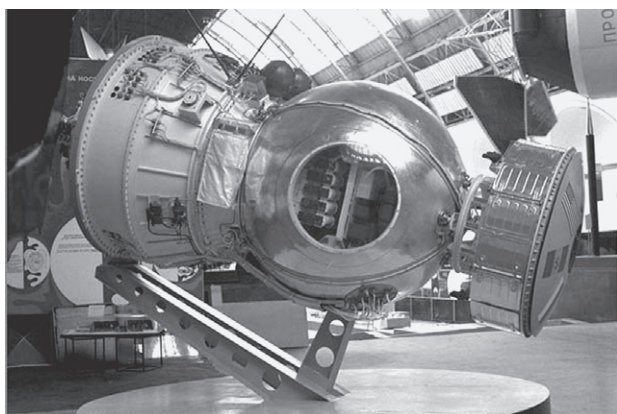


写真 2：モスクワ宇宙飛行士記念博物館の「ビオン衛星」  
（出典：[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bion\\_spacecraft\\_original.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bion_spacecraft_original.jpg)）

カプセルには 3 つのハッチがある。2 つのハッチは互いに向き合う位置にあり、機器や生き物の出し入れに使用される。[3] もうひとつのハッチは、写真 3 に示されているパラシュート・トランクで、高度 2.5 km でメインパラシュートがここから展開する。地上 2, 3 m でパラシュートの紐に接続された軟着陸用ロケットに点火し（8.4 g の加速度が加わる）、着地の瞬間には秒速 3 m 以下に減速する。[3]

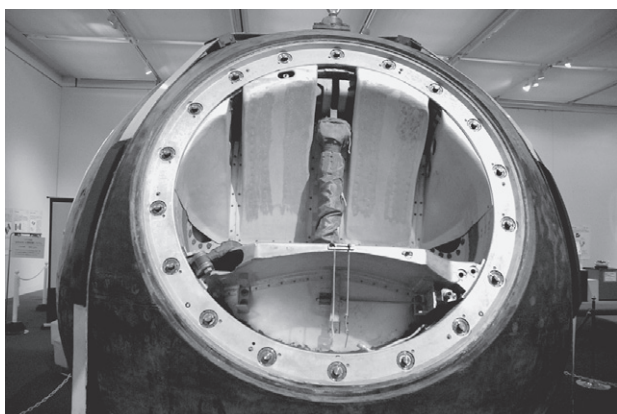


写真 3：「ビオンカプセル」のパラシュート・トランク

カプセルそのものはアルミ合金製である。再突入時の

高熱からカプセルを守るため、アブレターという樹脂製耐熱材でカプセルの表面がおおわれている。アブレターが高熱で気体になるときに、熱を吸収してくれる。また、気体になったアブレターがカプセルを包むことで、高熱にカプセルが直接さらされなくなる。[11] [12] [13] とくに高熱となる底の部分はアブレターが厚く塗られる。さらにアブレターの上には、アルミ塗料やアルミ箔が施され、太陽放射による温度上昇からカプセルを守るようになっている。カプセル内には 700kg までの実験装置を搭載でき、カプセル外部にも、200kg までの試料を設置する設備がある。帰還したこのカプセルを見ると、高熱を受け、表面が黒く焼けこげたようすがわかる。[1][2]

### エピソード

1989 年 9 月 15 日に打ち上げられた「ビオン 9 号」には、2 匹のオスのアカゲザルとネズミ 10 匹、グッピー（魚）、ホラガイ、プラナリア、昆虫などが乗せられていた。飛行 2 日目、一匹のアカゲザルの給餌装置にトラブルが発生した。飛行中止か続行かということで、結局続行になり、餌の代わりにジュースの量を増やすことになる。高度 216 ~ 294km を 2 週間飛行した後、同月 29 日に帰還したのだが、このときにもトラブルが発生した。予定通りの時間になっても逆推進ロケットが点火せず、着陸地点がカザフスタンの予定地点から大きく東に外れ、シベリアのミールヌイ（ダイヤモンド鉱山で有名）付近の針葉樹林の中に着地した。氷点下 25 度という厳しい寒さからカプセルを守るため、同地域周辺の医療担当者や軍関係者が現場に向かった。森林を切り開きカプセル周囲で焚火をたいたり、兵士用防寒着をかぶせるなどの対処がとられた。回収チームが到着したのは、カプセルの着地から 20 時間も経ったあとであった。さいわい、（魚の）グッピー以外はすべて生存していた。カプセル内が氷点下 12 度に下がったため、グッピーは温度変化に耐えられなかったとみられる。強制的にダイエットさせられていたアカゲザルはさすがに衰弱していたが、医療班によって救助された。[1]

ビオン 10 号でも再利用されたカプセルであるが、10 号の飛行では 9 日目に内部の温度が通常の上限值 28℃ を超えてしまい、なおも温度は上昇し 30℃ を超えたため、飛行は中止され、予定より 2 日早く回収された。[3]

### ビオン衛星の打ち上げ再開

ビオン衛星は、1973 年から 1996 年まで 11 機が打上げられ、その後しばらく打上げが止まっていた。動物保護

運動の高まりを受け、ビオン計画に参加していたNASAに霊長類を使う実験を中止するよう圧力がかかったことや予算不足が原因とされている。1999年には、新たなビオン計画が発足し、飛行期間も従来3週間止まりだったのが、半年まで延長することが予定され、太陽電池パネルなど、電力供給系の改良が図られた。太陽に対する機体の向きを維持できる機能も加わり、軌道高度も従来の200～400 kmから600 km近くまで達することができるようになった。高度を上げることにより、カプセルが受ける放射線量を増やすことができる。さらに、飛行中の科学データをリアルタイムで地上の管制ネットワークに送信することもできるようになり、カプセルのバッテリーは着地後、すべての生物実験装置のために24時間以上はもつようになった。

実際の打ち上げはだいぶ遅れたが、搭載生物の扱いに関するルール作りもなされ、2013年4月19日には、ビオン衛星（ビオン-M1）の打ち上げが再開された。カプセル内には45匹のハツカネズミ、8匹のスナネズミ、15匹のヤモリ、エスカルゴ20匹のほか、魚、植物、種、微生物などが積まれていた。例えば、45匹のハツカネズミを使った実験では、ネズミの体内にセンサーを埋め込み、筋肉や血管系、神経系をモニターしていた。シリアルにビタミン、ミネラル、多量の水分を混ぜたペースト状のものが、1日6回に分けて与えられた。照明のあるなしも12時間毎に切り替えられ、照明時には2時間毎に映像記録が取られた。モスクワの生物医学研究所（IBMP）によれば、広範な生物科学実験を含むビオン計画では、将来の惑星間有人飛行に役立てることも念頭に置いているということである。

打ち上げから30日後、5月19日にロシアのオレンブルク地方で回収されたが、完璧な成功とは言えず、スナネズミと魚はすべて死亡していた。（機械のトラブルが原因。スナネズミの死亡は飛行中のデータからすでに判明していた）ハツカネズミも給餌装置の故障で、45匹のうち15匹が死亡（他の技術的問題で結局生き残ったのは16匹）。問題は、個々の実験装置のレベルで、カプセルそのものに関しては何ら問題はなかったということである。資料(7)にも関連画像が多数見つかるが、インターネットの動画サイトYouTube (<http://www.youtube.com>)でも、Bion-Mで検索すると、関連する興味深い映像がいくつも見つかる。[5][7][8]

#### おわりに

企画展会場のビオンカプセルを覗き込みながら、5m<sup>3</sup>ほどのせまい空間 [1] に入れられ、数週間もの飛行に耐え

た生き物たちのことを思うと、どうにも複雑な気持ちになったものである。宇宙開発・探査の歴史を調べていくと、人間以外の『宇宙飛行士』の存在に気づかされる。機器の改良が進み、小さな命の犠牲が出ない形で研究が進むことを願うばかりである。[9][10]

#### 参考資料

- (1) Bion (12KS) satellite (by Anatoly Zak)  
[http://www.russianspaceweb.com/bion\\_origin.html](http://www.russianspaceweb.com/bion_origin.html)
- (2) Experimentation with Animal Models in Space, Vol 10. Advances in Space Biology and Medicine, 2005, Elsevier
- (3) Biological Experiments on the BION-10 Satellites, SP-1208, May 2002, ESA
- (4) Bion 11 (NASA Johnson Space Center)  
[http://lsda.jsc.nasa.gov/scripts/mission/miss.aspx?mis\\_index=135](http://lsda.jsc.nasa.gov/scripts/mission/miss.aspx?mis_index=135)
- (5) Bion (12KSM) satellite (by Anatoly Zak)  
[http://www.russianspaceweb.com/bion\\_m.html](http://www.russianspaceweb.com/bion_m.html)
- (6) Space Launch Report: Soyuz Data Sheet  
<http://www.spacelaunchreport.com/soyuz.html>
- (7) Bion-M1 Mission Updates  
<http://www.spaceflight101.com/bion-m1-mission-updates.html>
- (8) Bion-M No.1  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Bion-M\\_No.1](http://en.wikipedia.org/wiki/Bion-M_No.1)
- (9) 栄光なき宇宙飛行士 ～或るライカ犬の旅～  
[http://www.geocities.co.jp/Milkyway-Lynx/1347/dev\\_fall01.html](http://www.geocities.co.jp/Milkyway-Lynx/1347/dev_fall01.html)
- (10) 伝説の犬 ～ライカ～  
[http://spacesite.biz/ussrspace.dog\\_raika.htm](http://spacesite.biz/ussrspace.dog_raika.htm)
- (11) 「はやぶさ」カプセルの地球大気再突入時におけるプラズマ現象とその周辺  
(山田哲哉, 安部隆士)  
[http://www.jspfor.jp/Journal/PDF\\_JSPF/jspf2006\\_06/jspf2006\\_06-368.pdf](http://www.jspfor.jp/Journal/PDF_JSPF/jspf2006_06/jspf2006_06-368.pdf)
- (12) アブレタ (JAXA 宇宙輸送用語集)  
[http://www.rocket.jaxa.jp/fstrc/wrd\\_h/a05.html](http://www.rocket.jaxa.jp/fstrc/wrd_h/a05.html)
- (13) 小惑星探査機「はやぶさ」の超技術 (「はやぶさ」プロジェクトチーム編) 講談社