

Title	宇宙飛行士・国際宇宙ステーションを支える「きぼう」運用管制官の仕事
Sub Title	
Author	中野, 優理香(Nakano, Yurika)
Publisher	慶應義塾大学工学部
Publication year	2016
Jtitle	人間教育講座：社会を知る自分を知る自分を育てる (2016.) ,p.39- 66
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Book
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001001-20160000-0039

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

宇宙飛行士・国際宇宙ステーションを
支える「きぼう」運用管制官の仕事

宇宙航空研究開発機構（JAXA）有人宇宙技術部門
有人宇宙技術センター・フライトディレクタ

中野 優理香



なかの・ゆりか 栃木県宇都宮市出身。慶應義塾湘南藤沢中・高等部から慶應義塾
大学理工学部へ進学し、二〇一二年理工学部機械工学科を卒業。同年、宇宙航空研
究開発機構（JAXA）へ入社し、「きぼう」日本実験棟の運用管制官の中で排熱・
環境制御を担当するFLAT（熱環境制御グループ）チームへ配属され、訓練開始。
二〇一三年にFLATとして認定され一年間従事した後、二〇一四年一月からJ-
FLIGHT（JAXAフライトディレクタ）の訓練を開始し、二〇一四年八月に
認定。二〇一六年六月九月はインクリメント48担当フライトディレクタとして、大
西卓哉飛行士長期滞在の前半にあたる第48次滞在の計画調整・実験ミッションへの
運用準備を統括した。

自己紹介と経歴

JAXAフライトディレクターの中野です。本日はよろしくお願います。

私は慶應義塾湘南藤沢キャンパス（SFC）の中学・高校出身です。二〇〇八年四月に慶應義塾大 学理工学部に入學し、学門1を選びました。翌年、機械工学科を選び、二〇一一年に松尾研究室に入り、ここで極超音速旅客機のノズル形状に関する数値解析の研究をしていました。そして学部四年で卒業後、同年四月にJAXA（宇宙航空研究開発機構）に入社。もともと宇宙飛行士になりたいという夢もあったこともあり、有人宇宙の部署を希望し、有人宇宙技術部門に配属されました。五月からは排熱・環境制御を担当するFLAT（熱環境制御グループ）管制官のチームへ配属され、ここで訓練を始めました。翌年二〇一三年三月にFLATの運用管制官として認定されて経験を積みまます。二〇一四年一月には、チーム全体を統括するJ-FLIGHT（フライトディレクター）チームに入り、訓練を重ねた後八月にフライトディレクターとして認定され、現在はチームのリーダーとして仕事をしています。

先日（二〇一六年一〇月末）、JAXA宇宙飛行士・大西卓哉さんが地球に帰還しましたが、大西さんの長期滞在ミッションの前半にあたるインクリメント48担当フライトディレクターとして、私も仕事をしました。宇宙ステーションのプログラムはものすごく長いので、それをうまく区切る意味でも、「インクリメント」という期間の区切り方を使います。滞在する宇宙飛行士の組み合わせで番号がどんどん変わっていき、「インクリメントXX」（XX次滞在）という呼び方をしています。インクリメント48では、運用準備（手順書・ルール作成、計画調整など）を統括するリーダーに任命されて、大西さんの長期滞

在の前半をサポートしました。

今日の講演では、まず「国際宇宙ステーションとは」として、今私が仕事をしている「きぼう」日本実験棟についての説明を、二つ目に宇宙飛行士の宇宙での生活、三つ目に二〇一六年一月に打ち上がる「こうのとりの紹介、四つ目に私の仕事である運用管制官について、最後に宇宙で必要なスキルについて、お話したいと思います。

国際宇宙ステーション (ISS) とは？

現在、国際宇宙ステーション (ISS = International Space Station) のプロジェクトに参加しているのは、日本・アメリカ・ロシア・カナダ、欧州各国を合わせて、計一五カ国です。いまだかつてこんなにたくさんの方々の世界が集まり、同じ目標を持って、同じ宇宙プロジェクトを手がけることはありませんでした。そういう意味でもかなり大きなプロジェクトです。

ISS全体を統括しているのは、アメリカのNASA (National Aeronautics and Space Administration、アメリカ航空宇宙局) なので、ISSは体積的にはほぼNASAが占めています。そして、その中に「きぼう」日本実験棟があり、ロシアのモジュール (部屋) があります。カナダは実は宇宙ステーションの中には自分たちの部屋を持つてはならず、実験もしていません、ではなぜこのプロジェクトに入っているのかというと、カナダはロボットアームの技術が高く、そこを買われ、「ぜひ貢献してください」と、この宇宙ステーションのプロジェクトに参加しています。さらに、ESA (European Space Agency、欧

州宇宙機関）は、イギリス、イタリア、フランス、ドイツなど一カ国と、国の数はかなり多いのですが、実際のモジュールはかなり小さいです。

ISSは大きさとしてはサッカー場一面分ぐらい。太陽電池パネルを広げて、そのぐらいの大きさです。宇宙飛行士が使用する主なスペースは、実験や研究を行うためのいわば仕事場となる「実験モジュール」と、生活の場となる「居住モジュール」などがあり、実際に人が生活できる空間はその横を通っている部分なので、かなりせまく感じるかなと思います。

皆さんはISS計画がいつ始まったか、ご存知でしょうか。建設が始まったのは一九九八年です。それ以前は冷戦で、ロシアとアメリカは宇宙開発においてお互いをライバルとして競争してきましたが、初めて手を取り合い、一九九八年二月一日に、ZARYA（ザリヤ）というロシア側のモジュールと、アメリカ側のUNITY（ユニティ）というモジュールがドッキングしました。これは宇宙業界の歴史においてはとても大きなイベントでした。そこから建設が続けられ、二〇一一年に完成しました。ちなみに、日本の実験棟「きぼう」は二〇〇八年と二〇〇九年の二年間をかけて建設しました。

二つの部屋から始まったISSですが、現在はたくさんのモジュールがくっついており、バラバラにすると、かなり多くのパーツに分けることができます。もともとスペースシャトルはこのISSの部屋を運搬するために作られたもので、その組み立てすべてを行いました。短くて二週間ぐらいのミッションを繰り返し、常に七人の宇宙飛行士を送って、建設を行いました。

スペースシャトルは、現在はもう引退しましたので、現在、宇宙飛行士を送ることができ、人間を宇宙に送れる機体として唯一あるのが、ロシアのソユーズロケットに搭載され打上げられるソユーズ

宙船です。ソユーズ宇宙船は三人乗りなので、宇宙飛行士は三人ずつしか送れません。

人間を宇宙に送ることはできませんが、ISSに物資を調達する補給船と呼ばれるものがあります。例えば実験関連品、食料、飲料水や宇宙飛行士の生活用品を運ぶ補給船には、JAXAが開発している宇宙ステーション補給機「こうのとりのとり」(HTV)、アメリカの民間企業Orbital社が開発しているシグナス補給船、SPACEX社が開発しているドラゴン補給船があります。ニュースなどで皆さんご存知かもしれませんが、シグナス、ドラゴンともに、昨年(二〇一五年)事故がありました、「こうのとりのとり」5号機を飛ばすときには、物資補給の期待が高く、大きなプレッシャーがあつたため、調整が大変でした。「こうのとりのとり」は今のところ、五機ともすべて無事に飛んでいます。

この宇宙ステーションが飛んでいる高度はどのくらいだと思いますか？ ちなみに飛行機が飛んでいるのがおよそ地上から一〇キロメートルぐらいのところですが、ここが宇宙だと言われているのは、だいたい地上から一〇〇キロメートルのところから。そこから手前のところを飛んでいるものを飛行機と呼び、そこから先を宇宙機と呼んで、分けています。宇宙ステーションが飛んでいるのは高度四〇〇キロメートルのところですが、けっこう遠いと思うかもしれませんが、実は東京・大阪間の直線距離をそのままにあげた距離です。ですから、案外近いかなとも思っています。

「きぼう」日本実験棟

図1は「きぼう」日本実験棟です。宇宙ステーションの中では一番大きなモジュールで、かなりのス

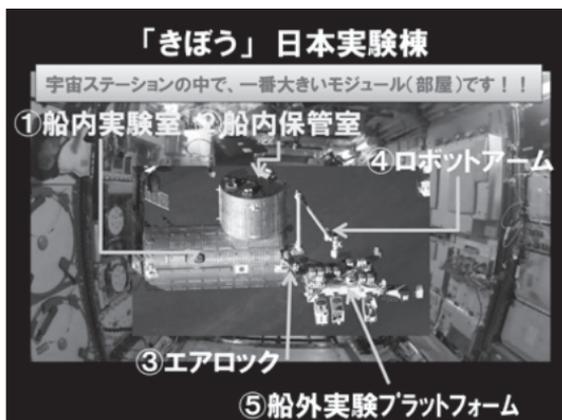


図 1

ペースがあります。

「きぼう」を見ていただくと、横についている空き缶状の構造と、上に縦についている空き缶状の構造と、大きく分けて二部構成になっているのですが、横についている空き缶のような部分が船内実験室と違って、ここで実験を行っています(①)。上についている空き缶のような部分は船内保管室です(②)。

船内実験室で実際に実験しているので、イメージ的には研究室やラボに当たるのが船内実験室。それに必要な物品を積んでいるのが船内保管室になります。

最近需要が増えているのが、エアロック(③)とロボットアーム(④)です。何か物を船外に搬出したいときに、「きぼう」のドアをそのまま開けると、船内の空気が全部漏れてしまいます。空気は、宇宙ではかなり大事なもので、その空気の漏れをなるべく最小限におさえて、しかも物を外に出すために、エアロックという小部屋を設けています。エアロックには手前と外側の両方にドアがあるので、そこからシューっとなるべく空気を戻して、エアロックの中だけを真空にして、それから外側の扉を開けて物の出し入れをするわけです。その物の出し入れのときに役立つのがロボットアームです。巨大な腕みたいなアームで物をつかんで、しか

も外に出して物をくつつけるという運用ができます。

このエアロックとロボットアームの二つを併せ持っているのが、実は日本の「きぼう」だけで、最近「きぼう」を利用したいという需要がかなり増えてきています。船外実験プラットフォームという外の宇宙空間にさらした実験を行うときに、エアロックとロボットアームの合わせ技を使うことで、そこに実験機器を付けて、短期間置いて戻すといったことができます。

もうひとつ需要が増えている理由は、小型衛星放出ミッションで使うからです。小型衛星放出ミッションとは、エアロックで衛星を搭載した小型衛星放出機構を出して、それをロボットアームで掴み、衛星搭載ケースという箱状のケースに入った複数の衛星をまるでところてんを押しだすように放出するという運用で、これが最近多く行われています。小型衛星はこれまで通常ロケットの上のフェアリング（貨物を搭載する部分）に載せて打上げていました。そうすると、ロケット打上げ時の振動に耐える必要があるため、そのための振動試験をしなければならなかったり、梱包を緩衝剤でギュウギュウにしなければならなかったりするなど、さまざま手間もかかります。でも、他の物資と一緒にして確実に梱包したうえで補給船で宇宙に送ってしまえば、振動試験もやらなくていいし、低コストだということで、ベトナムやフィリピンといった、まだ宇宙開発が進んでいない国や大学などの教育機関も手を出しやすい分野なので、そういったところからの需要が大きくなっています。

DIWATA-1衛星というフィリピンの衛星を放出するときに、私はフライトディレクターのシフトに入っていました。放出のときには毎回ハラハラします。昔はロボットアームの操縦もUFOキャッチャーのような操作アームで宇宙飛行士にやってもらっていたのですが、今は完全にコマンドで地上か

らロボットアームが操作できます。座標軸を指定してあげると、ロボットアームも的確に動かせ、最後の放出のコマンドも地上から打ちます。放出は、宇宙空間に物体を放つ、という少し危ないコマンドでもあるので、安全性を確認したうえでフライトディレクターが最後にポチッと押します。

宇宙飛行士の宇宙での生活

宇宙飛行士の宇宙での生活はかなり規則正しく送られています。標準的な一日を見てみましょう。睡眠時間は約八・五時間です。寝袋で、なるべくスペースを使わないように縦になって寝るのですが、朝六時に起きて、顔を洗ったり、朝食を取ったりして、七時三五分から朝礼が始まります。皆さん、小学校のときなどに校長先生と一緒に集まって朝礼をやったと思うのですが、まったくそんなイメージと同じで、「今日はこういうことに注意してください」「今日はこういうふうに計画が変わっているので、気をつけてね」など日々伝達します。あとは運動ですね。宇宙に行つてからは必ず毎日二時間運動することが義務づけられています。宇宙に行くと、約二〇〜三〇倍、老化が進むと言われていて、帰還すると宇宙にいた期間の何倍かの期間がリハビリにかかると言われるぐらい筋肉も衰えてしまうので、なるべく帰つてきたときに楽なように、宇宙でも運動を続けています。

そして、仕事です。仕事は一日約六・五時間。いろいろな実験のタスクや宇宙ステーションのメンテナンス作業を行っています。宇宙ステーションもどんどん老化が進んでいますので、例えばファンを交換したり、煙検知器を交換したり、そういうことも仕事としてやっています。

実際のタイムライン(計画)はこんな感じ…

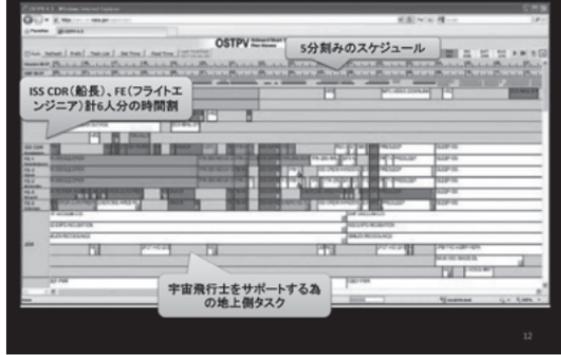


図 2

最後に夕礼があって、夕食をとり、自由時間となります。実際に、宇宙飛行士たちがこんなに規則正しく起きて寝ているのかはちょっとわかりませんが、こんな感じで一日が終わっています。

実際には私たちが「タイムライン」と呼ばれる宇宙飛行士の計画をどんどん作っていきます。その本当のタイムラインは図2のような感じですよ。見てわかるように、一日五分刻みでスケジュールが決まっています。なので、「はい、朝起きてください」「はい、ここから実験」「はい、ご飯食べて」「はい、実験」「はい、運動」というように、毎日やる決まっています。

このタイムラインの見方ですが、縦軸にISS CDR (船長)、FE (フライトエンジニア) 1、2、3、4、5と、六人の人別になっていて、それぞれを横に見ていくと、例えば「自分は今日の時間にこの実験をやるんだ」というように、自分がいつ何をやるかがわかります。また、宇宙飛行士をサポートするために、例えば上流の電源を入れたり、安全化措置として電流を切ったりといったこともすべて地上からやるので、地上のタスクもすべてこのタイムラインに入っています。宇宙飛行士との共同作業なので、地上と宇宙で常に連携をとって実験を進める必要があります。

「ジャンプ」(HTV = H-II Transfer Vehicle) の紹介

「こうのとりのとり」は宇宙ステーション補給機といい、JAXAはISSに物資を運ぶために「こうのとりのとり」を打ち上げています。「こうのとりのとり」は何かというと、ISSへの宅配便です。ISSに必要な物資を運ぶ無人の宇宙船です。

「こうのとりのとり」はISSが補給物資を必要とするかぎり、だいたい年に一回のペースで打上げており、最初の1号機が二〇〇九年九月に、二〇一五年八月には5号機が打上げられました。6号機は二〇一六年一月九日に打上げられる予定です。JAXAの実験関連品などをたくさん積んで行き、これからまたISSで新しい実験が始められようとしているところです。

宇宙に物資を運ぶことは、やはりものすごくたいへんです。しかも今、この「こうのとりのとり」とシグナス補給船とドラゴン補給船とプログレス補給船の四つしか、宇宙に物を運ぶ手立てがないんですね。例えば水などの生活必需品を運ぶのもこの四つしかないのです、今はかなり需要が高くなっています。

「こうのとりのとり」の概要ですが、全長は約9・8メートル、「こうのとりのとり」の入り口部分のドアであるハッチの大きさは1・3メートルとなっています。この開口部がどの補給船よりも大きく、しかも搭載量も6トンと世界最大なので、かなり大きい実験装置などが全部「こうのとりのとり」に回されるといいます。そういう意味でも需要は高いです。

「こうのとりのとり」の大きさですが、イメージとしては大型バスと同じぐらいの大きさです。ISSは先ほど説明した通り、サッカー場一面分ぐらいの大きさで、地球を九〇分で一周しているんですね。これ

を秒速に計算すると、毎秒八〜九キロメートル。かなりのハイスピードで飛んでいるわけです。「このとり」など無人補給船はどんどんこのISSに近づいていきます。追いついていって、最後に相対的に見てどちらがまったく動いていないくらいぴったりISSにくっついて、ぐるぐる回ったところで、宇宙飛行士が、一番クリティカルな運用としてロボットアームで補給船をガチッとつかみます。そのスピードを考えると、イメージとしては秒速九キロメートルで走っている新幹線の隣に大型のバスを同じスピードで並走させて、新幹線の窓から手を出して、リングを受け渡すみたいな感じですよ。ランデブー飛行といつて、一緒に飛行する技術力が高まっています。ランデブー飛行と補給船をロボットアームで掴まえる方法は、「このとり」が初めて実現しました。

「このとり」はさまざまなものを運びます。船内の荷物としては、飲料水・食料品（レトルト品・乾燥食品・菓子類・日本食など）。食料品はかなり大事です。せまい空間に住んでいる宇宙飛行士にとって食事はとても楽しみなので、オレンジやリングといった生鮮食品やアイスクリームのようなものも打ち上げられます。あとは衣類や日用品、システム補給品、実験関連機器もたくさん載せて打ち上げています。

来週（二〇一六年一月九日）打ち上げる6号機ですが、主な荷物としてISS用の新型バッテリーがあります。この新型バッテリーは日本の企業が開発しました。これがなぜ今注目を浴びているかというと、宇宙ステーションは太陽電池パネルで発電した電気を電池に蓄電しているのですが、ずっとそれを一回も交換せずに使っているので、いくら充電電を繰り返して使っても劣化が進んでいて、もうそろそろ交換しなければいけなくなっているからです。そうなったときに、このバッテリーを積んで運んでいけ

るのは「こうのとり」だけだということで、今回初めて交換作業を行うことになりました。劣化が進んだニッケル水素電池を日本製のリチウムイオン電池を使用した新型のバッテリーに換えるという作業が発生します。現在、ISSの計画は二〇二四年までと宣言されているのですが、このバッテリー交換によって延命も図れるということで、実際にバッテリーを交換するときは、宇宙飛行士が、みなさんがよく見たことがある船外宇宙服を着て外に出て、最終的に取り付け作業を行います。

運用管制官とは？

次は、私の仕事である運用管制官についてお話したいと思います。

まずは世界各国の運用管制センターですが、有名なところとして、この中にも行ったことがある方もいらっしゃるかもしれませんが、ヒューストンとハンツビルにNASAの管制室があります。これはどうして二つに分かれているかというと、ヒューストンがシステム系で、電力や通信、ベースの環境整備など宇宙ステーション側を見ています。ハンツビルは完全に実験だけを担当している管制室です。そういうふうに役割が分かれています。

そしてカナダのセント・ヒューバートにカナダ宇宙庁があり、ロシアのモスクワにはロシア連邦宇宙局があります。ESAの欧州宇宙機関はドイツのオーパーファーフエンホッフエンにあり、あとはつくばにJAXAの管制室があります。これら各国の運用管制センターと私たちは調整をして実験を行っているわけです。特につくばの運用管制センターのメリットは、実験のための管制室も、ISS側を見る

管制室も、「こうのとりの運用をする管制室も、すべてつくばの敷地の中にあり、かなり密にコミュニケーションがとれることです。

運用管制官の役割とチームについてお話したいと思います。

私たち運用管制官は三六五日二四時間の体制でシフトに入っています。正月の年越しにも誰かがシフトに入っているし、クリスマスも誰かがシフトに入っているし、今この瞬間も誰かがシフトに入っています。ちなみにわたしは二〇一六年の年越しは管制室で過ごしました。

この管制チームを取りまとめているのが、J-FLIGHT（フライトディレクター）のチームです。その下に通信・電力系機器担当であるCANSEI（Control and Network Systems, Electrical Power, and ICS Communication Officer、カンセイ）がいます。今、どのぐらいの電力の消費があるのかなどをずっと管理しているチームです。そして、環境・熱制御系機器担当であるFLAT（Fluid and Thermal Officer、KIBOTT）がいます。地上でこのコンピュータを置いたら、空気の循環でどんどん勝手に排熱されますが、宇宙では重力がないので、強制的に排熱しなければなりません。そのために細かい水の管をたくさん機器の間に通していて、能動的排熱を行っています。水で排熱した後、さらに宇宙ステーションの外では液体アンモニアをぐるぐる回して、排熱を行っています。すべての宇宙ステーションの熱が外に逃げていくような仕組みになっていますが、その排熱を見て管理しているのがフラットというチームです。

そして、船内活動支援担当のARRIES（Astronaut Related IVA and Equipment Support、アリーズ）

がいます。ARRIESは、例えば何かメンテナンスのタスクがあるときなどだけ、シフトに入ります。また物品管理も行ってくれています。小さなネジから膨大なガジェットまですべて、宇宙ステーションのどこの引き出しのどこに入っているかも管理してくれている、かなり大事なチームです。

KIBO-T (Kibo Robotics Team、キボット) はその名前のままですね。「きぼう」のロボットチームの担当です。このチームがロボットアームを遠隔で操作しています。後は実験運営を担当しているチームである Rack Officer (ラックオフィサー) チームや、計画担当の J-PLAN (ジェイプラン)。この J-PLAN が先ほどの分刻みのタイムスケジュールを作ってくれています。

Tsukuba GC (Tsukuba Ground Controller、ツクバジーシー) は地上システムを管理するチームです。この地上システムもかなり大切で、NASAとJAXAの音声がどのようにつながっているかというところ、電話回線につながっているのですが、その回線は海底を通っています。その海底の回線から宇宙に行くコマンドや監視しているテレメトリの通信ラインなど全部を見てくれるのがこのチームです。

J-COM (JEM Communicator、ジェイコム) については後ほど詳しく説明しますが、交信担当チームです。実際に宇宙飛行士と喋ることができる唯一のチームがこの J-COM チームです。J-COM チーム不在時には J-FLIGHT が交信を担当します。実行者は常に英語で喋るので、英語力ももちろん必要ですが、それ以外に、身振り手振りなしで、いかに簡潔に物事を言葉だけ伝えるか、という能力が必要なチームです。

シフトをどういうふうに戻しているかといいますと、シフト1が16時〜24時、シフト2が0時〜8時、シフト3が8時〜16時となっています。シフト3が日勤シフトで、これが一番人間的なシフトです。シ

フト1は大学生シフトと呼んでいて、大学生と同じような生活シフトです(笑)。一番辛いのがシフト2で、夜勤シフトと呼んでいます。宇宙飛行士はグリニッジ標準時に合わせた生活をしているので、日本時間よりも9時間遅れているんですね。ですから、私たちが一番活動しているシフト3には宇宙飛行士は寝ています。シフト1のときに起きてきて、シフト2の間に眠るので、管制官として宇宙飛行士の実験サポートが一番忙しいのはシフト1とシフト2ということになります。シフト3はその後起きてくる宇宙飛行士向けの計画を最終的に固める大切なシフトです。このように、寝る暇もない感じで、運用をやっています。

シフトは変則的で、いつも同じシフトに入っているわけではありません。個人差はありますが、私にとって一番辛いのは時差調整が多くなることで、夜勤をやるなら続けてやりたいタイプです。月に約一〇シフト入っているうちに夜勤は三、四回。それをいつもできるだけ連続するように、まとめてもらっています。逆に、夜勤が連続すると、眠れなくなつて辛くなつていく人もいます。夜勤に入る、つまり0時にシフトに入るためには夕方寝てなければいけないんですね。そこで時差調整をして、夜勤を終える。その翌日に日常生活をするのは辛いから、また一日時差調整にあてます。そうすると、けっこう時間的にロスしてしまうことになりました。そういうバランスが難しいと思いますが、みんな、それぞれに工夫をしながら、眠れるように頑張っています。

シフト中には基本的に休憩はありません。宇宙ステーションと地球が直接交信をしているわけではない、その間にはデータをリレーしてくれる中継衛星が置かれています。今はNASAのものが三機あります。位置関係的に地球の裏側にその中継衛星が行ったときには、交信が途切れてしまいます。なるべ



図 3

くその時間がないように、三機でカバーしているのですが、衛星から別の衛星へのハンドオーバーの間など、1シフトに交信が途切れるタイミングが約一〇分×五回ぐらいあります。基本的に、テレメトリが見えているときは原則的に卓に座っていないけれども暗黙のルールがあるのですが、その交信が途切れたL O S (Loss of Signal) のときには宇宙飛行士の様子もわからないし、情報がまったく

見えなくなるので、そのときにトイレに行ったり、お弁当をレンジでチンしに行ったりなどしています。ご飯は基本的に席で食べることが多いです。

フライトディレクターの管制卓

最近、筑波宇宙センターの「きぼう」管制室がリニューアルされました。ぜひ遊びにきてください。その新しい管制室にあるフライトディレクターの管制卓はどんな感じかというところ、図3のようになっていきます。奥に三画面ありますが、一番左がISSのカメラ映像で、リアルタイムの船外の映像や宇宙飛行士の様子などを見えています。真ん中がISSの通信状態と異常の有無を見ます。この画面が、何かが起きると一番怖い画面なのですが、異常事態が起ると黄色や赤色の警報が

出ます。その警報を起点にして、私たち管制官は異常措置などを行っていきます。右の画面はNASAの管制室です。向こうが今、どういう状況で、混乱が起きているか、話しかけやすいタイミングかなどを見るためです。

実際の卓上にも画面が複数あります。一番左がタイムラインで、先ほどの五分刻みの計画を見ています。次が手順書です。例えば料理をするときに、ステップ1…胡椒を入れる、ステップ2…練るといように料理の手順書があると思うのですが、そういうふうに宇宙飛行士に対しても手順書を用意して、誰でも実験の準備ができるようにしています。その手順書をこの画面で見て、指示を出しています。その右側にあるのが「きぼう」システムの監視モニター。何千何万の温度の情報や電流値の情報などが常に地上に降りてきていますので、それを私たちが見て、異常がないかを確認しています。

卓上には電話もあります。「電話なんて使うの？」という感じですよ。宇宙飛行士とフライトディレクターは全世界が聞いている回線で公に話すことが基本ですが、そうではなく宇宙飛行士が直接電話で話したいなということもあります。そういうときのために私たちフライトディレクターの卓上の電話番号を教えてありますので、電話がかかってきたりもします。

そしてメールがあり、卓の真ん中には運用記録の画面があります。八時間運用して、自分のシフトが終わり、次の人のシフトになったときに、その人に私のシフトで起きた情報をきちんと伝えられていないことが一番怖いのです。ですから、常に「私のシフトではこういうことが起きて、こういう指示を出して、こういうことをしました」という記録を残すために、ログ形式で運用記録を残しています。二〇〇八年に運用が始まってから二〇一六年までの八年間の毎日の運用記録がここに残っています。

その横で宇宙ステーションのカメラの映像を見ています。音声端末がその隣にあり、緑のボタンが回線のひとつひとつを表しています。回線自体は1〇〇以上あるのですが、一気に聞ける回線は4×4＝16回線です。まあ、聖徳太子ではないので、その16回線を一気に聞いて理解できるかというと、そうではなくて、管制官は「あ、今はこちらの会話のほうが大事だ」というように耳を切り替える訓練をしていて、そんなふうに耳を切り替えながら情報を得て、相手と話をしています。

宇宙飛行士とフライトディレクターのやり取り

実際に宇宙飛行士と運用管制官がどういうやり取りをしているのか。大西卓哉さんが宇宙に行ったときに、宇宙ステーションの外に出て、今宇宙空間に展開しているアンモニアの物品を中に収納するというタスクがありました。大西さんはそれを船内でサポートする役割で、ロボットアームの先に一人の宇宙飛行士を乗せて、大西さんがロボットアームをコントロールしていました。その中で、地上との間でやり取りがありました。大西さんが何か問いかけてきた後、地上からの返事があるまでかなり長い間があります。これは時間差ではなく、地上でバタバタと調べている時間です。そして、私たちからは宇宙飛行士の映像を見ることはできるのですが、向こうからは私たちの映像は見えていないということをポイントとして覚えておいてください。

実際の宇宙飛行士とのやり取りをちょっと紹介しましょう。若田さんが宇宙ステーションに行つて、新しい実験器具をセットするときの様子です。若田さんから「次にどの作業からやりますか？」という

質問が来たので、電力・通信担当のCANSEIが「地上の準備ができたので、三番目の作業からお願います」と提案します。それを受けて私たちフライトディレクターは「了解。ではステップ3から始めよう」と決断します。その後、通信担当であり、実際に宇宙飛行士と話すポジションであるJICOMが「ステップ3からお願います」と、ここで初めて宇宙飛行士に話すんですね。「了解しました」と若田さんが言います。こんなふうに地上でのやり取りが多いわけです。このためにちよつとタイムラグが発生しています。

もうひとつ例を見てみましょう。

若田さんから「この機械はどっち向きに取り付けなければならないの？」という質問が来たとします。するとCANSEIが「向きは合っているけれど、表裏が逆なんだよな。機械を回転させてほしいです」と言います。そしてフライトディレクターが「了解。正しい向きを伝えてあげて」という決断をした後、通信担当のJICOMが「向きは合っているけれど、表裏が逆です。そのまま回転させてください」という指示をします。ここで重要なのがJICOMのコミュニケーション能力です。例えば対面している同士なら「こっちの向きは合ってるけど、本当は裏表が逆なんだよ」と、手のひらや物をひっくり返すなどして実際に示せば、簡単に伝えることができます。でも宇宙飛行士は地上の様子を見ることができません。宇宙飛行士に、映像もなく、言葉で、しかも英語で伝えるというのはかなり技術が問われるところです。

音声はほぼタイムラグはなくて、だいたい一秒遅れぐらいなのですが、映像はけっこうタイムラグがあります。指示が遅れるのはそのせいです。こういうやり取りが常日頃あります。

運用管制官になるための道のり

宇宙飛行士も訓練していますが、私たち運用管制官も負けないくらい訓練をしています。

まず候補として「この人はこのポジションとしてよさそうなので推薦します」という推薦が来ます。続いて専門知識の習得と英語の試験があります。かなり勉強をするのですが、「はい、これ読んでね」というリストをものすごくたくさんもらうので、それに沿って教科書を読んでいきます。

そしてトレーナ訓練というものがあり、講義を受講します。これは本当に塾の夏期講習のような感じで、各ポジションの新人が一つの部屋に集められて、朝から晩まで講義を受けるという訓練です。

私が一番苦労したのはその後のシミュレーション訓練です。先ほどの管制室とまったく同じ管制室が同じ建物の四階にあり、そこでシミュレーション訓練を受けます。訓練にあたる専用の訓練チームがあり、私たちにどんな問題を出してくるんですね。問題が出たら、手順書を見て、どういつ対応をしなければいけないのかを議論していくのですが、最初は簡単な問題が出ます。例えば「この通信がおかしくなりました」という問題だったら、手順書に書いてあって、その通りにやればいいのですが、それが回を重ねるごとに難しくなると、どんどん不具合が増えていきます。「ファンが詰まりました」「火災が起きました」などどんどん問題が山積みになっていくなかで、本当に宇宙ステーションを守る、いや一番は宇宙飛行士を守るためには、どの不具合を優先的に対処すればいいか、そしてどういう順番で対処していけば時間内に終わるかということを判断する。それを訓練するのがこのシミュレーション訓練

です。

その後、それまでにやったことについての筆記・実技試験があり、その後には口頭試問と面接があります。管制官という仕事はかなりコミュニケーション能力が必要なチームでの仕事なので、どれだけ説明する力があり、自分以外の人に意見を出すことができるかということが重要になってきます。ですから、いくら頭の中で内容は理解していても、コミュニケーション能力がなければということ、ここで口頭の試問があるわけです。

そして、認定シミュレーション。今思い出してもちよつとぞつとしますが、これは八時間の実技のテストです。どうして八時間かという点、1シフト八時間だからです。完全に一人で該当するポジションの卓に座って、不具合措置をしなければなりません。ここで、この人は本当に管制官としてOKかどうかの結論が出されます。

最後に最終審査として、今までのテストの結果やシミュレーション訓練の結果をすべて総合して、この人が本当に管制官として認定し、シフト勤務をして大丈夫かを判断されます。

宇宙で必要なスキル

運用管制官の心得として、ジーン・克蘭ツ (Gene Kranz) の一〇カ条というものがあります。このなかで『アポロ13』という映画を見たことがある方はいらつしゃいますか? (会場から手が挙がる) 結構いますね。アポロ13はかなりたくさんさんの危機を乗り越えたのですが、その危機を救うための判断を

きちんと出したのがフライトディレクターのジーン・クラントツという人です。その結果、宇宙飛行士全員が無事に地球に帰還しました。

そのジーン・クラントツが信条としていた一〇カ条が、今でも運用管制官の基本的な心得として受け継がれています。それぞれかなり深いことが書いてあります。

【ジーン・クラントツの一〇カ条】

- 1 Be Proactive (先を見越して動け)
- 2 Take Responsibility (自分の担当は自ら責任を持って)
- 3 Play Flat-out (やるときは徹底的にやれ)
- 4 Ask Questions (不確実なものはその場で質問して把握せよ)
- 5 Test and Validate All Assumption (考えられることはすべて試し、検証せよ)
- 6 Write it Down (連絡も記録もすべて書き出せ)
- 7 Don't hide mistakes (ミスを隠すな)
- 8 Know your system thoroughly (システム全体を掌握せよ)
- 9 Think ahead (常に先を意識せよ)
- 10 Respect your Teammates (仲間を尊重し、信頼せよ)

この中で私が特に重要だなと思う二つについて説明したいと思います。

(1) Take Responsibility (自分の担当は自ら責任を持つ)

強大なISSを守るために、管制官はかなり分業にもなりますし、たくさんの役割が分担されています。そのうちの一人でも欠けてしまうと、ミッションの成功は果たせません。

まずはチームでの自分の役割を理解することが大切です。あるチームのリーダーがすごく優れていて、なんでも知っていたとしても、それがいいチームかというと、そうとは限りません。リーダーも重要ですが、そのリーダーをフォローするチームメートのやる気やサポートがいいチームを作っていきます。リーダーシップとフォローシップがあり、フォローシップもかなり重要です。

そして自分の担当は自分で責任を持つ。これは「自分に任せる」という強い気持ちで、受けた仕事の責任を持つ。各自がスペシャリストとしての強い意識を持つことが大切です。

例えば私は今フライトディレクターとして最終決定をしていますが、その前は熱・環境整備グループにいました。排熱もちろん見ているのですが、宇宙飛行士に対しての空気が十分かどうかということも見ているチームです。「火災が起きた!」「急減圧!」「デブリが宇宙ステーションに当たってしまった、穴が開いて、空気がもれた!」というような緊急事態が起きたときの対処はきちんとできているのですが、それだけでなく、リードしてチーム全体に「今こういう状況なので、こういうことをやりたい」という提案をしなければいけないのが、その熱・環境整備グループでした。そういう意味でも、各チームの一人ひとりの責任が重いのです。

例えば、電力・通信担当の人が、電力の不具合が起きて、どんどん電力を落とさなければならぬと

なったのに、「あー、もうパニックになっちゃいました。お手上げです。わかりません」と言ったとしたら、何もできなくなってしまう。そういう意味でも、私たちは厳しい訓練を乗り越えています。一人ひとりの意識がかなり高くないといけません。各自がスペシャリストとして、強い意識を各チームが持つて、宇宙飛行士を守っています。ですから、一人ひとりがチームの一員だという責任感を持つてというのがひとつです。

(2) Play Flat-out (やるときは徹底的にやれ)

ISSのチームとしての目標はただひとつで、ミッションを成功させることです。一人ひとりが協力して、一つの目標に向かって進んでいくイメージであり、ここで大事なのは、チームで向かう最終目標を明確にすることです。みんなが向いている方向を合わせることで、じゃあその目標を決定したけれど、どうやってそこにたどり着きますか、という道のりを組むことも大事です。何か不具合が起きたとき、宇宙飛行士を守るという目標ですね。その目標のためには、ではどういう手順を踏んで、何をしようというステップを踏んで、最終的にそこまで持つていくかということを話さなくてはならない。ですから、チーム全体で徹底的に意識合わせをすることが大事です。

ここで重要なのが「Plan Do Check Act」のサイクルです。頭文字をとって、よく「PDCA」と言うのですが、このサイクルも徹底しています。情報交換のためだけでなく、各チームともよく意見交換を行っていますが、変更すべき点があれば、すぐに手順書に反映しています。Plan Do Check Act についてそのままなのですが、何かを計画して (plan)、それをやって (do)、チェックする (check)。でもそれ

はうまくできたか、何か落としているところはないか、見落としてはないかをチェックして、最後の Act が大事なわけです。例えば、宇宙飛行士も人間ですし、私たち管制官も人間なので、もちろんヒューマンエラーはあります。そのヒューマンエラーが起きたときに、「じゃあ、何がいけなかったのか」「ああ、あそこをもっと大事にしてやってほしかったね」「そうだね」で終わってしまうと、次にまた同じミスを起こす可能性がありますよね。

なので、じゃあ、そのミスを起こさないためには何をしておけばよかったのだろう。例えば、「事前に情報を朝礼のときに伝えればよかったね」「手順書に一言あれば違ったね」といった文言を識別して、最後に手順をちゃんと直すというところも今徹底しています。

もうひとつ重要なのが「What if...」です。この言葉のままなのですが、「もしも〜が起きたら」という検討を徹底しています。何か実験器具を入れるときに、もちろんそれを入れるときの手順はありますが、「もしもこのステップでおかしくなったら、どうする?」「これが入らなかつたらどうする?」「じゃあ、こっちのサンプルだつたらいけるかな」というように、What if... のシナリオ作成もかなり綿密にチェックします。これが一番チェックすることかもしれないですね。なので、実際に計画から実施まで、そしてもしも何かが起きたときの準備もぬかりなく行っておくことが必要です。

(c) Respect your Teammates (仲間を尊重し、信頼せよ)

これは「基本のキ」ですね。ISS のプロジェクトは、管制官だけではなく、宇宙飛行士もいれば、運用管制官もいれば、技術者もいれば、研究者もいればというように、いろいろな立場に立ち、さまざま

まな意見を持った人が集まって、みんなでミッションに臨んでいます。しかも国をまたいでいますから、文化が違って衝突することももちろんあります。

その中で大事なものは、相手が置かれている状況を正しく理解することです。相手の立場に立って考えて、話を最後まで聞くこと。「そんなこと、基本じゃないか」と思うかもしれませんが、案外ここが落とし穴だったりもします。相手が何を大切にしているかを理解しようとすることも大切です。例えば研究者の方々はもちろん、自分の研究を成功させるという目標を持っています。でも、その研究はひとつではない。私たちJAXAの中でも何百件という研究を終わらせなくてはいけません。かつ各国みんながそれを抱えているわけです。その研究全部を宇宙飛行士六人に一気にやらせる。五分刻みのスケジュールの中に落とし込まなくてはいけないとなると、やはり当然衝突します。そのときに、「どういう優先順位でやりますか」という話も理解する必要があります。相手の実験の方がサンプルの寿命が短い場合には、「じゃあ、先にやったほうがいいですね」と言う。そういう話もちろん大事です。

それがさらに、「交渉の妥協点を準備しておく」というところにつながります。自分の実験とリソースが大切なのは当たり前です。ですが、私たちJAXAとしては、この実験を成功させたいという強い気持ちがあるので、まずはそれを主張します。でも主張したとしても、一方で、お互いに満足できそうな本場の妥協点かなというコマも準備しています。なので、交渉で打ち破られたとしても、「二人とも妥協できるんだったら、ここかな」というのを持って交渉にあたることごとくても大事なかなと思っています。大学生活でもですが、社会人になっても、すべての仕事の基本は仲間を尊重することなので、これも大切です。

最後に宣伝ですが、次回の「こうのとり」の打上げを一二月九日の夜一〇時半頃に予定しています。私は今、「きぼう」のフライトディレクターですが、「こうのとり」の管制官もやっています、シフトに入ります。打上げまであと九日と迫っていて、今は貨物の積み込みが佳境です。種子島から打ち上がりますので、皆さん、打上げを応援してください。ありがとうございます。