



若田光一宇宙飛行士インタビュー ロングバージョン

——今回の ISS 長期滞在に関して『JAXA's』では 2012 年 7 月号でインタビューしましたが、その後の訓練の状況は。

若田 それまでの訓練はアメリカのヒューストンが中心でしたが、その後はモスクワの星の街、ドイツのケルンにあるヨーロッパ宇宙機関の訓練所、そして日本の有人宇宙活動の拠点である筑波宇宙センターで一緒に飛ぶ仲間とともに訓練を行ってきました。2013 年 5 月には第 36 次 / 第 37 次長期滞在クルーがソユーズ宇宙船で打ち上がりました。私たち第 38 次 / 第 39 次長期滞在クルーは、このクルーのバックアップ要員でしたから、モスクワ郊外のガガーリン宇宙飛行士訓練センターで彼らが受けるのと同じ ISS 滞在およびソユーズ搭乗の最終試験を受けて無事にパスし、バックアップの任務を終了しました。今はもう打ち上げが迫ってきていますので、最終的な訓練に入っています。また、自分が被験者となって参加する医学生理学実験では、打ち上げ前の自分のデータを取得するセッションも数多くこなしています。

最終的な統合訓練も行いました。その中で非常に重要なのが緊急時の対応訓練でした。ISS の急減圧、火災、アンモニアなどの有毒物質が船内に漏れた時の緊急時対応訓練で、これはクルー 6 人全員で行うものと、一緒にソユーズに搭乗する 3 人で行うものの両方のケースがありました。ISS の長期滞在クルーは 3 人ずつ交代します。ですから 6 人での緊急時対応の訓練も、私たちのソユーズが ISS に到着する前から滞在している 3 人の仲間と私たちのソユーズクルー 3 人で一緒に行うもの、そして、私がコマンダーを担当する期間の 6 人の訓練

も行いました。これらのシナリオに加え、私がコマンダーを担当する ISS に 3 人が滞在している期間を想定したケースの訓練もあり、クルーの緊急時対応訓練は、私にとってリーダーシップの力量が問われる重要な訓練でした。



——緊急時の訓練で、コマンダーはどのような行動を取らなくてはいけないのでしょうか。

若田 ISS のコマンダーは、通常はクルーのチーム中での調整役、それからヒューストンをはじめ、世界各国のミッション・コントロール・センターや ISS のプログラム管理部門との調整役のような仕事が多いのです。

しかし、一刻の猶予も許されない緊急事態においては、強いリーダーシップが必要になります。

緊急事態発生時には手順書に従って対応していきますが、緊急手順ではカバーされない想定外の事態なども含め、コマンダーとしての臨機応変なトップダウンの判断やクルー全員の能力をうまく使うことが必要になります。その際にはヒューストンの管制センターを中心にモスクワや筑波、ミュンヘンの管制センターとも調整しながら対応していきます。そこがまさにコマンダーとして力量を問われるところです。私を含めて、過去の ISS コマンダーが多く時間を割いて訓練を行っているのがこの緊急時対応です。

——手順書はあるとしても、緊急時には各モジュールの状態がどうなっているのか、どこに誰がいるかを即座に把握しなければなりませんね。

若田 ISS 内の与圧された空間がどんなものかという、バスが 7 台も 8 台も連なっている状態を思い浮かべていただくとよいと思います。朝食後にみんなが実験などの作業を始めてしまうと、お昼まで顔を合わせない仲間もいます。そんな時でも隕石などが衝突する可能性はあるわけですから、緊急事態にも適切に対応するため、常にクルー全員がどこにいるか把握してはなりません。

例えば ISS システムの冷却用のアンモニアが船内に漏れた場合には、所定のモジュールのハッチを直ちに閉めなければいけません。急減圧発生時にも空気漏れを発生しているモジュールを発見し、遮蔽するために手順書に従ってハッチを閉めていきます。その時には、クルーの仲間がいる場所を正しく把握し、酸素マスクや消火器、救急医療セット、飲料水、船外活動服など、クルーの安全と ISS の機能維持に必要な機器がどこにあるかを確認し、船内に残っている空気圧の値とそれがクルーの減圧症を発生させてしまう状態に低下するまでの残された時間を把握しながら対応していきます。

クルーは、日本の「きぼう」実験棟にいたり、ヨーロッパの「コロンバス」実験棟、米国の「デスティニー」実験棟、ロシアの「ズヴェズダ」居住棟、あるいは、ソユーズ宇宙船にいたりする可能性がありますから、まず目視確認や ISS の船内通信機能をフルに使ってクルーの安全を確認する必要があります。緊急事態発生時の初動は、直ちにクルー全員が緊急事態発生を認識するための措置、安全マスクを装着したり、必要なハッチを閉じたり、有毒物質の濃度を検知するセンサーの起動など、的確な指示をするためにコマンダーとして必要なアクションを頭の中に叩き込んでおかなければなりません。手順書を見ながら、どのボタンを押せばいいかと確認している余裕はありませんので。

——緊急時のコミュニケーションではどんなことが問題になりますか。

若田 緊急事態が発生し、制御コンピューターからの信号で警告表示と警告音が出たとき、この警告表示を認知するボタンを押して警告音をリセットしないと、ロシア側モジュールからアメリカ側モジュールへの音声通信が遮断されてしまい、クルー間のコミュニケーションやロシアモジュールから通信衛星経由で地上管制局に通信することもできなくなってしまいます。

チーム全体の持つ総合力を結集して緊急事態に対応すべく、訓練の時から、こういう状態になったら、これだけは忘れずに実行しようといった意識合わせをクルーの仲間、そして地上管制局のフライトディレクターと行っています。さまざまな緊急事態のケースに対応するための訓練をきちんとこなしていくことによって、実際に緊急事態になっても、慌てずに作業を実行できるのです。クルーも地上管制局のチームも皆高い志と能力を持った人たちですから、意識合わせをきちんとしておけば、そのチーム全体の力は倍増すると思います。

——誰がどこにいるかを確認するのが大変なときもあるでしょうね。

若田 そうですね。ISSの軸になるモジュールの部分は一直線になっていますから、誰がどこにいるかだいたい見えます。しかし「きぼう」や「コロンバス」、「ノード3」、「ジョイント・エアロック」といった横に取りつけてあるモジュールの中にクルーが入ると、他のモジュールからは見えないですね。ISSシステムの冷却用のアンモニアが船内に漏れたりした場合には、瞬時にハッチを閉めなければいけないのですが、ハッチを閉める時に、向こう側に仲間がいたら大変ですから、誰がどこにいるかという状況把握が不可欠です。もしかしたらそのクルーは意識を失っている可能性もありますから。

アンモニアが漏れると、致死量に達する時間はかなり短いので、直ちに酸素マスクを付けて、米国モジュールの一番後方のハッチを早急に閉め、アンモニアに汚染された衣服を脱いで、次のロシア側のハッチを閉めた上でロシア側のモジュールに避難する必要があります。

急減圧発生時の訓練では、宇宙デブリなどの衝突で空気漏れを起しているモジュールを遮蔽する作業を開始する段階で、クルーの1人が見当たらず、実は頭をぶつけて意識を失っていたというケースを教官チームが設定した訓練もありました。この時は、誰がどこにいるかという状況把握により、欠員がいることを発見し、急減圧対応に当たっていた医師の資格を持っているクルーに怪我人の対応をしてもらうよう担当者を急遽変更し、別のクルーに急減圧対応を指示するなどの方法で対処しました。



——コマンダーのもう1つの役割であるいろいろな調整や、クルーをまとめていく仕事についてはどうでしょうか。

若田 コマンダーとしての仕事のほとんどは、それぞれのクルーに宇宙での担当任務を適切に分担し、チーム全体が高い士気を維持しながら訓練として軌道上ミッションをこなしていけるような舵取りをしていくことです。これは飛行の約2年半前に搭乗クルーが決まった段階から始まります。チーム全員が訓練開始時点から互いをよく理解してチームワークを作りやすくできるよう、野外での集団行動訓練をNASA宇宙飛行士室や訓

練計画管理部門と調整して計画したり、訓練負荷が一部のクルーにかかり過ぎないように配慮します。訓練担当チームはそれぞれ訓練のひな型を持っていますが、クルーそれぞれの希望もあります。そういったものも考慮しながら関係部署との調整をしていくのもコマンダーの役割です。

それから「スリープシフティング」もあります。打ち上げが真夜中だったりすると、打ち上げの1週間ないし2週間前から必要に応じて昼夜を逆転させるような生活をしなければなりません。その方法ですが、1日に1時間ぐらいつつ徐々にずらしていくのを好むクルーもいますし、前々日まで普通の生活をして、前日ぐらいでバタッと時間を変えてミッションに臨みたいというクルーもいます。医学担当やISS管理部門などとの調整を行いながら、安全な運用を行うための最適なスリープシフティングを決めていくこともコマンダーとしての任務の1つです。

——若田さんたちのクルーの打ち上げでは、スリープシフティングは必要になりますか。

若田 私たちの打ち上げは朝10時ぐらいになる予定ですので、スリープシフトはなしで、打ち上げ前日のみ、通常とは異なる追加の睡眠時間を取ることで対応する予定です。

——何時に起きないといけないのですか。

若田 打ち上げの日は、前日の午後5時半から約7時間の睡眠の後、夜中の午前1時半頃起きる事になります。バックアップクルーを務めた5月のソユーズの打ち上げは午前2時31分だったので、打ち上げ前にスリープシフトを行わずに追加の睡眠時間を取るによる対応に関して、米露の関係部署ととことん議論する機会があったこともあり、今回の我々のソユーズの打ち上げ時については事前に関係部署との調整を綿密に行っているので問題はありません。



——ISSに行った後のクルーのスケジュール管理も、今から行っているわけですね。

若田 私たちがISSで仕事をする最も重要な目的は、ISSを最大限に利用して成果を出していくということです。そのためには、メンテナンス作業を効率化することが重要です。それによって、実験・観測などのISS利用を行う時間をたくさん確保することができるからです。尿や汗から水を再生するシステムのフィルター交換や、ISS全体の水供給システムの水質検査といった定期的なメンテナンスがありますが、これらをクルー全員が同じような頻度で分担すると、かえって非効率です。作業に慣れた同じクルーに同じ作業を毎回やってもらう方が、効率良く確実に作業できることがあるので、「私がトイレ掃除を担当するから君は水再生装置のフィルター交換を毎回やってくれ」というように、クルーの希望も含めて、地上管制局側との調整を事前に行っています。当然ですが、あるクルーが大がかりな実験作業を担当する際には、メンテナンス作業が我々クルーの希望通りの分担でできないことも十分承知しています。運用チームや実験担当のチームからの要求もあるので、クルーの代表として打ち上げ前にできる調整は地上管制局側の支援を受けながら実施しておきます。

●

——長期滞在中に若田さんが行う実験について聞かせてください。

若田 例えば JAXA の実験の一例として、植物が重力を感じ、反応する仕組みを探り、地球上そして宇宙での効率的な植物生育にも寄与するデータを取得する実験や、氷の結晶をコントロールするタンパク質の秘密に迫り、結晶成長メカニズムを解明し、おいしい冷凍食品の開発や、臓器を低温で凍らせずに保存する臓器移植技術の開発へも寄与する実験があります。

また、電気刺激を利用した運動効率のよい「ハイブリッドトレーニング」装置による筋力トレーニング法が、微小重力下でうまく効果を発揮するかを調べる JAXA の実験も行うことになっています。このトレーニング法は宇宙での有人活動に限らず、地上においても高齢化社会や医療への貢献が期待できます。さらに、NASA やヨーロッパ、カナダなどの実験も行います。

それから、私が宇宙に行っている間にアイソン彗星の太陽接近という大きな天文イベントがあり、宇宙用の超高感度 4K カメラシステムでその撮影を行うことになっています。NASA の実験では、ロボノートや船内小型衛星などの工学実験、微小重量下での燃焼試験、物質科学に関する実験、微小重量下での視力変化の研究など、さまざまな実験・研究に参加することになっています。さらにヨーロッパやカナダの生理学の実験なども行います。

——自分が実験台になる医学実験にはどんなものがありますか。

若田 例えば、NASA のスプリントという新しい運動処方を試します。このスプリントの処方を使うと、宇宙での運動時間がこれまでよりも短くて済むのです。微小重力環境に長く滞在すると下肢の筋肉や骨量が減少します。これを防ぐため、ISS では医学運用要求として、トレッドミル、自転車エルゴメータ、抵抗運動器の 3 種類の運動器具を使って、毎日 2 時間の運動をするよう定めています。従来の運動処方より負荷荷重を高くし、かつ繰り返し回数を少なくした筋力トレーニングとインターバルによる負荷を高めた有酸素運動を導入したスプリント運動処方を使うと、従来の約半分の時間で同様な運動効果が期待できます。

また、最近宇宙飛行士の健康管理上の大きな問題としてクローズアップされているのが宇宙飛行に伴う視力の低下にも繋がる「視神経乳頭浮腫」です。微小重力下で体液が上半身にシフトする事により、頭蓋骨内部の圧力が増加することが分かっていますが、視力低下の症状との因果関係に関する詳細なメカニズムはまだ分かっていません。私は今回、宇宙での視力の変化に関する研究にも被験者として参加し、軌道上での血圧と心電図データの取得とともに、超音波による画像取得装置を使って自分の眼球の状態の変化などを検査します。

それから、約半年の無重量環境での宇宙飛行後に火星に降り立った時に直ちに火星ローバを問題なく操縦できるかという NASA の実験にも被験者として参加します。火星に行くには ISS 長期滞在と同程度の約半年がかかりますので、宇宙に行く前と帰ってきた後に火星ローバのシミュレーターを操縦し、半年間の無重量状態での飛行が操縦能力にどのような影響を与えるかのデータを取得します。

——若田さんが滞在中に ISS に来る補給船は。

若田 今のところ私が滞在中に予定されているのはオービタル社のシグナスの1号機と2号機、それからスペースX社のドラゴンの3号機と4号機、さらにロシアのプログレス補給船3機です。また、ロシアのMLMという多目的実験モジュールもドッキングすることになっていますが、先日のプロトンロケットの打ち上げ失敗のため、打ち上げスケジュールは変わってくると思います。ソユーズ宇宙船も今後通常は4周回ドッキングを行うことになると思います。ISSにやってくる宇宙機の点からも忙しい滞在になると思います。

——シグナスには日本の技術が使われていますね。

若田 そうですね。近接運用におけるランデブーの装置がPROXという「こうのとりの」と同じシステムを使っています。これは「こうのとりの」ですでに確立された技術なので、NASAも信頼してくれています。「こうのとりの」の技術がアメリカの商業宇宙機にも使われているということは、日本の宇宙飛行士として誇らしく感じることであり、その宇宙機がISSにやって来る時に、ロボットアームによるキャプチャーやISSへの取り付け、搭載貨物の移動、ISSからの離脱といった作業に参加できることをとてもうれしく思っています。

——今回の滞在中に船外活動の予定はありますか。

若田 現時点で計画されている船外活動はありません。私は船外活動をこれまで1度もしたことがないのでぜひやってみたいと思っていますし、そのための訓練と準備も万端です。船外活動用手袋2セットなど、私が使用する船外活動用装備品も私が乗るソユーズ宇宙船で打ち上げられる予定です。

——ロボットアームの操作についてはどうでしょうか。

若田 シグナスとドラゴンのキャプチャーを誰が担当するかはこれから決まりますが、それぞれの宇宙機のキャプチャーや軌道上放出のためのカナダアーム2の操作訓練も受けています。「きぼう」のロボットアームについては、基本的に地上からの遠隔コマンドで操作できるようになっています。今までクルーが軌道上のワークステーションで操作していた作業を筑波の運用管制チームが遠隔操作で実施してくれるので、軌道上のクルーはその分、実験やシステムのメンテナンス、船外活動など、軌道上の手作業が必要となる作業にも時間を効率的に費やせるようになりました。



——日本はISS計画をどのように進めていくべきと考えますか。

若田 「きぼう」や「こうのとりの」で培った技術、人材、ノウハウを生かし、宇宙開発という分野で日本がより主体的に役割を果たしていけるよう、得意なところを伸ばしていくことが重要ではないかと思っています。「こうのとりの」のランデブー技術や、「きぼう」のロボティクス技術、「きぼう」、「こうのとりの」の開発・運用を通して確立した安全性・信頼性管理技術、ISS各モジュールで使われているカメラなどの技術などは、世界的

に見ても他の国ではなかなか真似ができない日本が誇るべき高い水準の技術です。

そういった技術を有するからこそ、有人宇宙活動の同じ土俵に上がることによって国際協力もできるし、その技術を持って有人宇宙計画の開発に参加することでその分野の技術をさらに高めることができる。ひいては人類がISSの成果を享受できることにつながっていくと思うのです。

ISSの成果の中には、宇宙実験により得られる日常の生活や産業振興にも役立てられる利用成果もかなりありますが、有人宇宙活動から得られる成果は、物理的に目に見えるものだけではありません。安全性・信頼性管理技術もその好例と言えるでしょう。有人宇宙活動には高い安全性が要求されます。過酷で危険を伴う環境で物を安全に動かすのは非常に難しい。日本は宇宙という過酷で危険を伴う環境下で、人間が介在するための操作ミスをも想定した冗長系などのシステムの安全設計と運用を通して「人命第一」の安全確保能力の技術を獲得してきました。これは「きぼう」や「こうのとり」の開発と運用など、膨大な技術蓄積があって初めて得られるもので、日本の国力にそのまま直結するものだと思います。

急速に電子化が進んで大規模・複雑化した自動車、情報処理、家電などの業界では、ユーザーの想定外の行動やハザードに対して、従来の個々のハードウェアの信頼性を高める信頼性工学（故障しない仕組み）だけではシステム全体の安全性に直接つながらなくなってきています。安全確保のアプローチが、「きぼう」の運用で獲得したシステム安全（事故の影響を抑える）のアプローチにより、システム全体で眺めてハザードを検出する方向に移ってきており、広く活用されはじめています。

ロシア宇宙庁の長官も「日本の品質管理技術を学びたい」と言っていました。日本にいとあまり気が付かないのですが、外国の仲間と仕事していると、宇宙の分野でも日本のものづくりに対する評価は非常に高いことが分かります。

ISS計画に参加することで、日本にはさまざまな技術やノウハウが蓄積され、人材が育ってきました。ISSの運用を成功させ、地球低軌道以遠への国際協力による有人宇宙活動においても、科学技術立国としての日本がより主体的な役割を果たして貢献していくべき目標を掲げ、技術そしてそれを生み出し進化させていく人材の能力を高めていくことが必要だと思います。

有人宇宙飛行の究極の目的は「人類が『種』として存続するための危機管理」だと思います。地球環境の大変動を起こしうる大隕石衝突を避ける取り組みなどもその中に含まれるでしょう。有人宇宙技術は人類の存続する限り避けて通る事ができない根幹技術であり、その技術開発を通して世界に貢献することは日本を含めた科学技術立国の使命だと思います。日本はそれができる国であり、宇宙開発を通して豊かな社会の実現や世界平和につながる貢献をこれからも継続していけることを期待しています。



——最後に2回目の長期滞在への抱負を。

若田 今回の半年間の長期滞在の後半は、コマンダーを担当させていただくことになりました。これは私一人でできたことではなく、宇宙開発、特に有人宇宙開発において、日本がやってきたことが世界に認められ、信頼されていることの裏付けに他ならないと思います。日本の素晴らしい技術に支えられて仕事をさせていただ

くことを、本当に光榮に思います。ISS コマンダーとしての任務を通して日本への期待や信頼感がより高められるよう行動していきたいと思います。

有人宇宙飛行ではチームワークが不可欠です。宇宙飛行士のクルーはもちろん、24 時間体制で「きぼう」を運用している筑波の運用管制チームと「こうのとり」の運用管制チーム、ヒューストン、ハンツビル、ミュンヘン、モスクワにある各国の運用管制局、宇宙飛行士の健康管理を担当する医学運用関係者、そして各国のISS の管理部門など、ISS の運用を支える世界各国の大きなチームの方々とのコミュニケーションをきちんと取りながら、ISS 利用の成果を最大限出していけるよう、任務を全うしたいと思います。