

# 宇宙飛行士及び運用管制要員の CRM 訓練

## Crew Resource Management Training for Astronauts and Flight Controllers

大濱 有美  
Yumi OHHAMA

西澤 智  
Satoru NISHIZAWA

### 概 要

地上約 400km 上空にある国際宇宙ステーション（以下、ISS: International Space Station）はアメリカ、ロシア、欧州、カナダ、日本を含めた、宇宙機関に参加している全 15 カ国の国際協力のもと 2008 年より運用されている。日本は国際宇宙ステーションの一部である日本実験棟「きぼう」（以下、JEM: Japanese Experiment Module）の訓練、運用、利用を担っている。本資料では、国際宇宙ステーションに搭乗する宇宙飛行士、及び地上から支援を行う運用管制要員の Crew Resource Management 訓練（以下、CRM 訓練）について紹介する。

## 1. はじめに

ISS（図 1）は地上約 400km 上空に建設された、大きさはサッカー場程度、質量約 420 トンの巨大有人施設である。ISS は、アメリカ、ロシア、カナダ、欧州、日本を含めた、宇宙機関に参加している全 15 カ国の国際協力のもと建設、運用されている。ISS は地球を時速 28,000km、約 90 分で周回しており、微小重力、宇宙放射線、高真空、太陽エネルギーなどの特殊環境を利用して、実験、研究、地球・天体の観測などが行われている。各宇宙機関は ISS 運用に係る共通経費（人・物の輸送経費や地上経費等）を利用資源の配分割合に応じて分担しているが、12.8%を負担している日本は、政府間協定（以下、IGA: Inter-Governmental Agreement）に基づき約 1～1.5 年に 1 名の日本人宇宙飛行士を ISS に滞在させる権利を有している。ISS には過去 7 名の日本人宇宙飛行士が滞在しており、2017 年 12 月からは金井宣茂宇宙飛行士が約半年間の滞在を開始する予定である。

有人宇宙システム株式会社（以下、JAMSS: Japan Manned Space Systems Corporation）では、宇宙航空研究開発機構（以下、JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency）の請負業務として、ISS に滞在する各宇宙

機関の宇宙飛行士、そして地上から宇宙飛行士の支援及び JEM の運用・利用を行う運用管制要員に対して訓練を提供している。本資料では、主に宇宙飛行士、及び運用管制要員に対する CRM 訓練について紹介する。

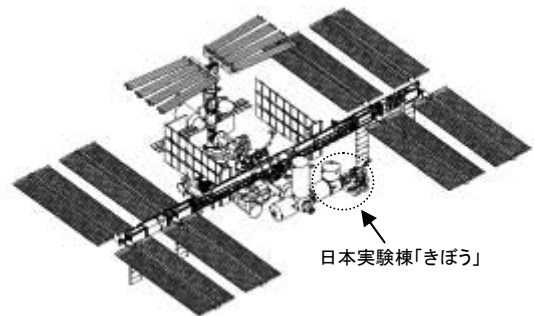


図 1 国際宇宙ステーション (©NASA)

## 2. 背景

### 2.1 国際宇宙ステーション (ISS)

ISS は 1984 年、当時のアメリカ大統領レーガンが、人間が生活可能な宇宙基地の建造を宣言し、国際協力を呼びかけ実現することとなった巨大プロジェクトである。1998 年以降、40 回以上にわたるスペースシャトル、プロトンロケット、ソユーズロケットの打上げにより物資を運び、宇宙飛行士によ

るロボットアーム操作や船外活動（以下、EVA：Extravehicular Activity）によりISSが建造された。この巨大な施設は、IGAに基づきアメリカ航空宇宙局（以下、NASA：National Aeronautics and Space Administration）が取りまとめ、ロシア国営宇宙公社ロスコスモス（以下、Roscosmos）、カナダ宇宙庁（以下、CSA：Canadian Space Agency）、欧州宇宙機関（以下、ESA：European Space Agency）、JAXAが運用・利用を行っている。

ISSの面積は太陽電池が大きな割合を占めるが、与圧部は大型旅客機2機分程度の空間を有している。与圧部は1気圧、20℃程度の環境が保たれており、宇宙飛行士が宇宙服の着用なしで活動可能な環境である。ISSは、居住モジュール、実験モジュール、補給モジュールと呼ばれる複数の構造要素の結合体であり、常時3～6名の宇宙飛行士が約半年交代で滞在する。各宇宙機関は、自ら開発・提供したシステムや装置を運用・維持する責任を有しており、独自に運用管制室、及び運用管制要員を整備している。JAMSSはJAXAの業務を請負い、社員が運用管制要員として取りまとめを一部実施している。また各宇宙機関は、独自開発したシステムや装置に関する訓練を提供する責任を負っているため、JAMSSはこれら訓練を各宇宙機関の宇宙飛行士、及び自らの運用管制要員に提供している。

## 2.2 日本実験棟「きぼう」(JEM)

Japan Experiment Module（以下、JEM）は、ISSの中でも最大の実験モジュールで、日本初の有人宇宙実験施設であり、日本実験棟「きぼう」と呼ばれる（図2）。JEMは、船内実験室、船内保管室、船外実験プラットフォームと呼ばれる宇宙空間に曝露された実験施設、ロボットアームの4要素で構成されており、宇宙飛行士は通常、1気圧に与圧された船内実験室において普段着で作業を実施する。

船内実験室内には、JEMシステム機器（管制・通信・電力系、環境・熱制御系、ロボットアーム・機構系機器）、JEM実験機器（物質・物理科学、生命科学実験機器）等が配備されており、宇宙飛行士が機器の操作・メンテナンス・実験作業を行っている。JEM内における宇宙飛行士の活動についてはJEM運用管制要員がJAXA筑波宇宙センターのJEM運用管制室（図3）から支援を行っている。

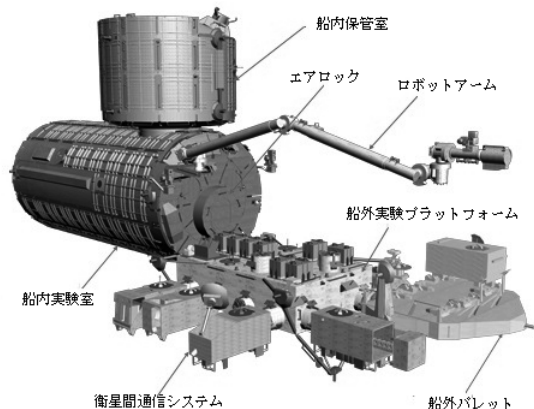


図2 日本実験棟「きぼう」(©JAXA)

## 2.3 JEMの運用管制

JEMは80名以上から成る運用管制要員が24時間3交代で運用を行っている。初期のJEM運用管制要員はNASAにより養成され運用を行っていたがベテランが後継者を育成できるレベルまで成熟したことを受け、現在はJAXAが独自に運用管制要員の養成・認定を行うようになった。



図3 筑波宇宙センター JEM 運用管制室 (©JAXA)

運用管制要員チームは、総指揮を取るフライトディレクターとJEMの各システムや実験の専門知識を持つ運用管制要員から成る。運用管制要員はJEM運用管制室においてJEMシステム（電源系、熱制御系等）機器や実験装置の状態監視、制御コマンド送信、運用計画の進行管理、宇宙飛行士との通信、他国の運用管制要員との連携、不具合対処などを行う。JEM運用管制室には、JEMの各機器の状態を監視・制御するための端末、音声通信装置、運用状況を監視するための大型スクリーンなどが整備されている。またユーザー運用エリアと呼ばれるバックルームでは、JEMで実施される実験装置や計測データが配信され、実験運用担当者や研究者が

軌道上実験の監視・制御・解析などを支援する。

### 3. 宇宙飛行士の CRM 訓練

#### 3.1 JAXA の宇宙飛行士訓練

NASDA (National Space Development Agency of Japan, 現 JAXA) では、1999 年に選抜した日本人宇宙飛行士候補者 3 名 (古川, 星出, 角野) に対して初めて NASDA 宇宙飛行士 CRM (Crew Resource Management) 訓練が提供された。宇宙飛行士は、図 4 に示す訓練プロセスを経て国際宇宙ステーションに搭乗することが可能となるが、本訓練は「基礎訓練」と呼ばれる訓練の一環で提供されたものである。訓練内容は ISS 訓練関連の国際会議で規定されたガイドラインに従い作成されたものであり、航空会社で提供されている CRM 訓練と同等の訓練が提供された。2009 年以降に選抜された日本人宇宙飛行士は訓練拠点がヒューストンとなった為、CRM 訓練を含む主な基礎訓練を NASA で受けている。

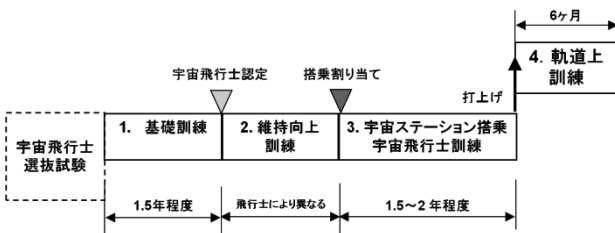


図 4 宇宙飛行士訓練プロセス

#### 3.2 NASA の宇宙飛行士訓練

宇宙飛行士の CRM 訓練の歴史は、1990 年代のスペースシャトルの時代に遡る。1997 年の NASA スペースシャトルコロンビア号のミッション STS-87 (Space Transportation System-87) において衛星が起動されずに放出された事象を分析し、幾つかのヒューマンエラーが重なった結果であることを突き止めた。これを受け、NASA Space Flight Training Division は、民間または米軍において CRM を教えた経験のあるインストラクタを採用し宇宙飛行士への CRM 訓練提供を開始した<sup>1)</sup>。NASA はこの CRM 訓練を SFRM (以下、Space Flight Resource Management)<sup>2)</sup> 訓練と呼び、現在に至るまで本訓練を改良しながら、宇宙飛行士に様々なプログラムを提供している。NASA SFRM の訓練要素<sup>3)</sup> は図 5 に示す 8 要素 (1) Communication (2) Situation Awareness (3) Conflict Management (4) Leadership, Followership (5) Team

Care (6) Decision Making (7) Teamwork (8) Cross Cultural である。

NASA は上記訓練要素を講義、シミュレーション、Analog Mission と呼ばれる極限環境を想定した CRM という形で宇宙飛行士に訓練を提供している。シミュレーション訓練ではミッションを想定した不具合対応をチームで行い、最後の Debrief と呼ばれる振り返りで SFRM 要素について評価を行う。



図 5 NASA SFRM Model

SFRM 要素向上を目的とした NASA の代表的な Analog Mission 訓練としては、次の 3 訓練が挙げられる。NOLS (National Outdoor Leadership School) 訓練では、チームで山岳・渓谷の徒歩移動やシーカヤック移動などを行う。NEEMO (NASA Extreme Environment Mission Operations) 訓練では、即時脱出不能で微小重力という宇宙環境を模擬し、フロリダ沖海底及び海底施設「アクエリアス」にて将来ミッションに向けたツール試験や船外活動をチームで行う。Human Exploration Research Analog (HERA) 訓練では、NASA ジョンソンスペースセンターの閉鎖環境施設を用いて軌道上の活動スケジュールを想定し、チームで隔離訓練やヒューマンファクター研究を行う (図 6)。

#### 3.3 その他の国の宇宙飛行士訓練

ロシアはソユーズ着陸モジュールが海上または冬季の森林地帯に不時着したことを想定し、サバイバル訓練を実施している。訓練では救助まで生き延びる術や装備品の活用方法、他の宇宙飛行士、捜索隊・救助隊との連携・協調活動の訓練を行う。

欧州は CAVES (Cooperative Adventure for Valuing and Exercising human behavior and performance Skills) と呼ばれるチーム連携訓練をイタリアのサルディニア島の洞窟で実施している。宇宙環境を模擬した閉

鎖隔離環境において、異文化理解、自己管理、チームワーク、コミュニケーション能力等の向上を図る。将来の有人宇宙探査も見据え、生物サンプル採取や洞窟の地図作成なども行っている。



図6 アクエリアス(上)とHERA(下)(©NASA)

他国では宇宙飛行士のCRM訓練に一部運用管制要員が参加しているが、現在、日本では宇宙飛行士のCRM訓練とは別に、JEM運用管制要員向けCRM訓練を開発し、過去9年間にわたり提供している。

#### 4. 運用管制要員のCRM訓練

JEM運用管制要員は1.5年～2年間のテクニカルスキル訓練を経てJAXAから認定を受けた後、OJTで経験を積みながらJEMの専門知識とスキルを継続的に磨いている。運用管制要員は、JEM運用開始当初は安全に関する意識はあるものの、その実現方法が明確ではなく「墓石安全」<sup>4)</sup>(犠牲者が出て初めて安全対策が施されること)になる懸念があった。そこでJAXA内外のCRM専門家により「人間は必ずミスを冒すものである」という考えのもと「予防安全」の醸成を目指し、JEM運用管制要員向けのノンテクニカルスキルの訓練としてJAXA CRM訓練が誕生した。JAXA CRM訓練が2008年に誕生して以来9年間のうち7年間はJAMSSが

JEM運用管制要員のCRM訓練を改良・提供してきた実績がある(表1)。

表1 JAXAにおける運用管制要員に対するCRM訓練の変遷

Phase	年度	座学	シミュレーション	成果	実施担当
Phase #1	2008	・CRM訓練(基礎編)	—	・CRM訓練 基礎編立上げ	JAXA
	2009	・CRM訓練(応用編)	—	・CRM訓練 応用編立上げ	JAXA
Phase #2	2010	・CRM訓練 ・ANA研修	・JEM不具合	・現場向けにカスタマイズ訓練開発開始 ・ANAチームマネジメントディスカッション導入	JAXA/JAMSS
	2011	・CRM訓練	—	・自己評価シート作成 ・ヒューマンエラー7割減	JAXA/JAMSS
Phase #3	2012	・JEM事例	・JEM不具合	・他業界の事故事例シナリオ導入 ・JEM事例に置き換え開始	JAMSS
	2013	・落風事故	—		JAMSS
	2014	・他業種関連事故	—		JAMSS
	2015	・航空機事故	—		JAMSS
	2016	・アポロ11号	・JEM不具合	・成功要因と喜劇開始 ・レジリエンス概念導入	JAMSS

以下にJEM運用管制要員向けCRM訓練の変遷を示す。

##### 4.1 CRM訓練Phase#1(2008～2009年)

JEM運用が開始された2008年に、JAXA内外のCRM専門家によりJAXA CRM訓練が開発された。2008年、2009年の2年間は、JAXA外部CRM専門家によるCRMの基礎編・応用編と題した講義をJEM運用管制要員に提供した。約1日/年の講義であったが、運用管制の現場には安全文化が全員に浸透していなかったため参加者の6～7割がCRM訓練受講に必ずしも積極的ではなかった。ただし航空分野やNASAで、CRM訓練の有効性が認められていたため<sup>5)</sup>、運用管制の現場に適合するよう訓練内容をカスタマイズして継続提供する判断がなされた。

##### 4.2 CRM訓練Phase#2(2010～2011年)

2010年、2011年には現場が受け入れ易い訓練の構築を図るために、JEMの想定不具合事例を用いたディスカッション訓練を開発した。不具合事例のシナリオからエラーチェーンを作成し、3～4名で構成されるチームでの議論により要因分析と対策立案を行った。

ディスカッション訓練後には、CRM要素を加えたシミュレーション訓練を実施した。CRM要素の観点で不具合をシミュレータに入れチームで対処する訓練を実施し、シミュレーション後は「振り返り」(自己評価)を行った。振り返りを行うことで運用における自身の欠点を自覚することが可能となり、意識的に改善に努める姿が見られるようになった。

た。したがって Phase#2 の 2 年目にはほぼ全ての参加者の自己評価向上が確認出来た。自己評価の際には、運用取りまとめ担当者、JAXA 内外の CRM 専門家、訓練担当、ヒューマンエラー担当で作成した評価シートを用いた。また自己の振り返りのみならずチームとして何が出来るか、チームにどのように貢献できるか等、検討した上で実運用に向けた目標を立ててもらい、次の訓練時に目標を達成しているか確認を行った。

また ANA（全日空）グループの ANA ラーニング株式会社（現 ANA ビジネスソリューション株式会社）が提供するチームマネジメントディスカッション訓練<sup>5)</sup>を各チーム取りまとめ担当者に受講してもらうことで、「安全」と CRM 訓練の重要性についてより理解を深めてもらうことが出来た。

2008 年～ 2010 年頃までは、運用管制要員の中で総指揮を取るフライトディレクタと他ポジションの管制要員との権威勾配が不適切なケースが度々見られたが、Phase#2 における取組みの結果、2011 年から 2012 年にかけて権威勾配の改善や CRM 要素の強化が見られ、JEM 運用における運用管制要員のヒューマンエラー件数が 7 割削減されたというデータが得られた。

### 4.3 CRM 訓練 Phase#3 (2012 ～現在)

Phase#1, Phase#2 では各管制要員の意識改革と安全文化の確実な醸成が主な課題であったが、4 年をかけ組織的にも顕著な意識改善が見られ、運用管制の主要なポジションについては、年に一度 CRM 訓練を受講することが義務付けられるようになった。

2012 年以降は CRM 訓練から Team Management (TM) 訓練<sup>6)</sup>という名前に変更し、「管制要員個々の能力を最大限に引き出し相乗効果によりチームとしてのパフォーマンスを向上することで、JEM 運用におけるヒューマンエラーを防止し確実な運用に繋げること」を目的とした、よりチームパフォーマンス強化に重点を置いた訓練を開発し、毎年改良を重ね提供し効果を挙げている。

## 5. 訓練の成果

CRM 訓練を開発・提供する過程で得られた 5 つの成果を以下に示す。

### 5.1 JAXA CRM 5 大要素の開発

CRM 訓練開発にあたり運用管制要員業務に必要な CRM 要素を識別し、図 7 に示す「JAXA の CRM 5 大要素」<sup>7)</sup>を開発した。これら要素は業界や国により異なるため、現場に則した要素を独自に開発する必要がある。したがって JAXA 内外の CRM 専門家、運用管制要員、訓練担当、CRM 担当が関わり、本要素の開発を行った。過去 9 年にわたり、これら 5 大要素について継続的に強化を図っている。

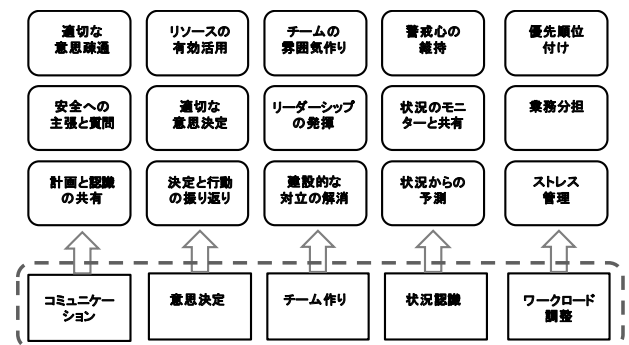


図 7 JAXA における運用管制要員の訓練の CRM 5 大要素

### 5.2 座学訓練とシミュレーション訓練の開発

CRM 訓練 Phase#2 以降は、講義をディスカッション形式の座学訓練とし、更にチームで不具合対応を行うシミュレーション訓練を追加した。座学訓練では JEM で発生する可能性がある不具合（火災、急減圧、空気汚染等）のシナリオからチームで不具合要因を抽出し、その要因に対する恒久対策を検討させた。その後、類似の不具合をシミュレータで発生させ、チームで解決に向けて対応する訓練を行っている。

不具合シナリオで JEM 事象を扱うと議論が技術的な内容に流れ CRM 要素に関する議論が浅くなる傾向が見られたため、2013 年以降は他業界の事故事例で訓練を実施することにより、CRM 要素に関する議論が活発になった。他業界事例を用いることで議論に業務経験の差が出にくいため、ベテラン、新人によらず対等な立場での議論が可能となった。その結果、訓練開始当初に見られていた厳しすぎる権威勾配が複数年をかけて緩和され、チームメンバーの関係改善に有効であることが認められた。

### 5.3 CRM 訓練評価の作成

訓練効果を定量的に評価するツールを作成するた

めに、JAXA 内外の CRM 専門家指導のもと被訓練者自身が振り返りを行う自己評価シートを作成した。CRM では「気付き」が重要であり、自己評価を行うことにより弱点に気付き、自覚し、改善する、という3つのステップを経て初めて自身の能力を向上させることが出来る。また ISS 計画の予算縮小に伴い、CRM 訓練を維持するために、関係者へ訓練効果を示すツールとしても活用された。

#### 5.4 ヒューマンエラー対策会議の立上げ

CRM 訓練開発と併行して、組織的な問題を解決するためにヒューマンエラー対策会議を立上げた。JEM プロジェクトの各種専門（計画、運用管制、装置開発、医学、訓練、保全補給等）で情報の横通しが図られておらず各署で類似のヒューマンエラーが発生していた。発生したエラーに対し応急措置が取られるのみであったが、ヒューマンエラー対策会議を立上げ各署の代表者が情報共有を図ることで同様のエラーを防ぎ、多角的な観点で恒久対策を検討・実践するための仕組み作りを行うことが出来た。会議で得られた恒久対策の一部は NASA でも評価され、取組みが行われた。ただし現在はこの活動が定常運用に入ったため、本会議は別会議に吸収される形態をとっている。

#### 5.5 ヒューマンエラー調査報告書の作成

ヒューマンエラーが2010年まで多発していたことを受け、CRM 訓練開発、ヒューマンエラー対策会議立上げと併行して2011年にはJEM 運用におけるヒューマンエラーについて調査、報告を行うシステム作りを行った。国土交通省の事故調査委員会が作成している調査報告書に倣い、調査した結果を調査報告書としてまとめた。本報告書はエラー再発防止のためにエラー要因を分析し、その結果に基づく再発防止対策及び未然防止の提案をまとめたものである。したがってエラー分析は今後の運用において類似する事象発生の防止であり、エラーの責任を問うものではない。

報告書の構成は、調査の経過、事実情報、口述聴取、分析（M-SHEL モデル<sup>8)</sup>、いきさつダイアグラム<sup>9)</sup>、Fault Tree Analysis (FTA)<sup>10)</sup>、Variation Tree Analysis (VTA)<sup>11)</sup>、なぜなぜ分析<sup>12)</sup>等使用)、エラー要因、再発防止策、未然防止策の7章から成り、各報告書とも100頁を超える資料となっている。「きぼう」運用におけるヒューマンエラーは、

日々 ALFEE と呼ばれる不具合情報データシステムに蓄積されているが、調査対象は以下の観点で選別され1~2ヶ月程度かけて調査し背後要因をつきとめ、報告書としてまとめられる。

[調査対象案件の観点]

- 宇宙飛行士の怪我や生命の危機につながる不具合
- リカバリーが利かない不具合
- 実験ロスになる不具合
- 再発の可能性がある不具合

## 6. 考察

2008年のJEM 運用開始から現在に至るまでのCRM 訓練導入の成功に伴い、組織的な安全文化の醸成を図ってきた。以下に訓練導入成功と安全文化醸成に寄与した要因について行った考察を示す。

### 6.1 CRM 訓練導入の成功要因

以下に CRM 訓練導入の成功要因を6件示す。

CRM 訓練への参加に積極的ではない現場関係者に、提供時間の長さ、形式、頻度、問題点、その他要望などのヒアリングを行うことにより、現場の状況を正確に把握しニーズに対応する CRM 訓練を作り上げた。

ディスカッション訓練とシミュレーション訓練のシナリオを現場関係者との議論を基に作成した。通常発生する可能性が低い不具合については、シナリオとして扱うことに現場の抵抗感が大きかった為、現場が納得出来る、発生頻度の高い不具合を扱うこととした。これにより、すぐに現場で訓練効果を実感してもらえるようになった。

現場のシナリオやツール（シミュレータ）、実運用の音声記録などを使用することで、より実業務に有効な訓練として認識されるようになった。

訓練実施前に被訓練者に対して動機づけを行った。受講するとどんなメリットがあるのか、また受講しないことによりどんなデメリットが想定されるのか、強い動機づけを行った。

ディスカッション訓練のファシリテータを、外部講師だけでなく一部を現場関係者リードに担当させることで「自分たちが主導で行う訓練」という意識を植え付けた。

評価ツールを作成し定量的に訓練効果が見られるようにしたことにより、視覚的にも効果を実感出来るようにした。また自己改善点も自覚出来るように

なった。

## 6.2 安全文化醸成の成功要因

以下に安全文化醸成の成功要因を6件示す。

高学歴、ベテランほど、ノンテクニカルな内容のCRM訓練への参加が積極的ではない傾向が見受けられた。ヒアリングにより、「現場については現場が一番良く知っている。これまでに大きな問題も発生していないのに何故貴重な時間を割いてまで、現場を知らない人間の作ったノンテクニカルな訓練を受けなければならないのか」という意見が多数聞かれた。したがって、CRM訓練の効果に懐疑的な人、安全文化への意識がやや不足している人を対象にヒアリングや話し合いの場を複数回設け、彼らの要望を訓練に反映させた。訓練実施までに現場担当者が納得出来る内容になるまで何度も話し合いの場を設け、改良を重ねた。その結果、「自分たちで作った訓練」という意識が生まれ、彼らが主導的な立場でディスカッションやシミュレーションをリードするようになった。彼らの訓練に対する態度の変化により、他の関係者も影響され積極的に質問や改善点の提案を行うといった相乗効果が見られ、自分たちの意見で訓練を改善する文化がこれまで以上に醸成されていった。

ヒューマンエラー対策会議を立ち上げるまで、運用でのヒューマンエラーは当事者の責任を追求する傾向があったが、背後要因をつきとめ、組織的、恒久的な対策を検討・施行することで、根本的な問題を解決し同様事象の再発を防止することが出来た。

ベテラン、新人を組み合わせさせたディスカッション訓練により権威勾配が緩和され、コミュニケーションの改善を実運用の場で実感してもらえたことで、積極的に訓練に取り組む姿勢が見られるようになった。運用管制室外での人間関係についても改善されたという声を多数聞くことが出来た。また、問題解決に向けたチームの連携向上がシミュレーションでも認められた。

ディスカッション訓練では、シナリオからエラー要因を抽出していたが、2016年度からエラーではなく成功要因を抽出する手法を施行した。その結果、エラーにばかり目を向けるのではなく、成功した要因に目を向けることにより互いに褒めあう言葉がシミュレーションでも認められるようになった。また月間表彰制度を設けるチームも現れ、ミッション成功に貢献した人物に表彰する文化が醸成され始

めた。

「ヒューマンエラー」、「権威勾配」、「状況認識」、「アサーション」、「ワークロード調整」という9年前には聞くことのなかった言葉が、各所で当たり前のように聞かれるようになった。運用関係者の中で予防安全の考え方が浸透してきたことが伺える。

ヒューマンエラー調査報告書や予防安全活動がJAXA 有人部門の特出すべき成果として認められ、JAXA 著書で外部に向けて発表されている。また安全に関する取組みについても外部発表が行われていることにより、JAXA の積極的な安全対策への取組みが内外にアピール出来た<sup>13)</sup>。

## 6.3 安全文化を根付かせるポイント

CRM訓練導入、及び予防安全文化の醸成が成功した要因の考察から、現場に安全文化を根付かせる為に効果的なポイントを以下に示す。

- (1) 現場責任者の理解を得た上で訓練や活動の導入を開始する。理解が得られるまで、意見、要望のヒアリングを重ね、正確に状況を把握しニーズを見極める。
- (2) 開始前に、CRM 専門家、導入担当マネジメント、導入担当者、訓練開発担当者、現場担当者の最低5名でチームを結成し、話し合いのもと開発を進める。
- (3) 訓練結果は定量的に評価可能な仕組み作りを行う。現場での表彰制度もモチベーション向上に有効。
- (4) 継続的な関係者へのヒアリングから改良を重ね、より現場に受け入れられやすい形態で実施する。

## 7. おわりに

ISS 及び JEM のミッション達成のために CRM 訓練を実施してきたが、今後は 2030 年代後半の有人月面探査、2040 年代後半の有人火星探査を見据え、次の段階のヒューマンファクター訓練の必要性が議論されている。例えば火星有人探査では往復約 40 分の通信遅れが発生し宇宙飛行士は運用管制要員の即時支援が期待できないため、自律的な運用が必要となる。その為には、安全マネジメントにおける Safety I レベルの現行の訓練から、Safety II レベルの訓練に引き上げる必要がある。今後の展望として、まずは、より困難な状況に対処できる宇宙飛行

士を育成する「レジリエンス訓練」の開発を目指し、検討を進めていく予定である。

(おおはま ゆみ, にしざわ さとる/  
有人宇宙システム株式会社)

## 参考文献

- 1) David G. Rogers : Crew Resource Management, Chapter 11 Crew Resource Management: Space Flight Resource Management, Second Edition, Elsevier (2010)
- 2) David G. Rogers : NASA's Space Flight Resource Management Program : A Successful Human Performance Error Management Program, The SoL Journal (2002)
- 3) Evelyn Baldwin : Integrating Space Flight Resource Management Skills Into Technical Lessons for International Space Station Flight Controller Training, IAASS Conference (2008)
- 4) 石橋明 : 航空分野のリスクマネジメント手法に基づいた「ヒヤリハット報告制度」の開発, 日本プラント・ヒューマンファクター学会論文誌, ヒューマンファクターズ Vol.14, No.1, pp.16-23 (2009)
- 5) ANA ビジネスソリューション : ANA の口ぐせ, 株式会社 KADOKAWA (2014)
- 6) 村上耕一, 斎藤貞夫, 機長のマネジメント : 産業能率大学出版部刊 (2005)
- 7) 石橋明, SED 宇宙環境グループ CRM チーム : JAXA CRM Training, JAXA 有人宇宙技術部 (2008)
- 8) 石橋明 : 事故は, なぜ繰り返されるのかーヒューマンファクターの分析ー, 中央労働災害防止協会 (2006)
- 9) 行待武生 : ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ, テクノシステム (2004)
- 10) Vesely, Goldberg, Roberts, and Haasl : Fault Tree Handbook, U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington DC (1981)
- 11) Leplat, Jacques, and Duncan : New technology and human error, J. Wiley (1987)
- 12) 小倉仁志 : なぜなぜ分析 10 則, 日科技連出版社 (2009)
- 13) 宇宙航空研究開発機構 : 宇宙に挑む JAXA の仕事術, 日本能率協会マネジメントセンター (2014)



大濱 有美

日本大学大学院理工学研究科・航空宇宙工学専攻修士課程修了後, 有人宇宙システム株式会社 (JAMSS) 入社. 3 年間, 日本人宇宙飛行士の訓練を担当. 2005 年から 5 年間 JAXA に出向し, ヒューマンファクター訓練, 日本人宇宙飛行士スペースシャトルミッション (STS-131) 地上支援, NASA 極限環境ミッション (NEEMO) 訓練地上支援を担当. 2011 年 JAMSS に復職し, 現在, 宇宙飛行士訓練インストラクタ, 運用管制要員のチームビルディング訓練担当を務める. 筑波大学大学院システム情報工学研究科リスク工学専攻認知システムデザイン研究室博士後期課程 1 年に在籍.



西澤 智

ノースダコタ大学大学院・航空宇宙科学センター修士課程修了後, 有人宇宙システム株式会社 (JAMSS) 入社. 日本人宇宙飛行士技術支援 (STS-114) を担当し, 2005 年にスペースシャトル飛行再開に向けた貢献が評価され NASA から Space Flight Awareness 賞を受賞. 現在, JAXA 認定・宇宙飛行士訓練インストラクタ, シミュレーションリード, 運用管制要員 (宇宙飛行士交信担当), JAMSS 有人宇宙技術部グループリーダーを務める.