宇宙飛行士の訓練に関する一考察^{*1}

土 井 隆 雄^{*2}・上 垣 内 茂 樹^{*2}
長 谷 川 義 幸^{*3}

Key Words: Astronaut Training, Spacelab Japan Mission, Space Station

1. は じ め に

宇宙開発事業団は現在4名の宇宙飛行士を有し、日本の有人宇宙開発を本格的に展開しようとしている。有人宇宙開発では、有人打ち上げシステム・有人ステーション及びその運用システムの開発が考えられる。現在のところ有人打ち上げシステムとしてはNASAのスペースシャトルを用い、アメリカ・ヨーロッパ・カナダと共同で運用する宇宙ステーションの開発を通

して有人運用システムの確立を目指している。西暦2000年に入り宇宙ステーションが定常運用の時代になると、日本でも数十人に及ぶ宇宙飛行士が活動を行うことになろう。諸外国の宇宙飛行士とチームを組み、数カ月にわたる宇宙ミッションを遂行する日本人宇宙飛行士を育てることは非常に大きな課題である。

1992年9月、スペースラブを用いた日本で初めての宇宙実験ミッション Spacelab-Japan (SL-J) が成功の内に終了した。約7年に及んだSL-J搭乗員の訓練を通して我々は宇宙飛行士の訓練について非常に多くの経験を積み知見を得ることができた。ここでは、SL-J搭乗員の訓練及び訓練中に出てきたいろいろな問題を紹介しながら、我々がどのように問題を解決したか、またするべきだったかを考え、宇宙ステーション時代の宇宙飛行士の訓練のありかたを探ることにしたい。

2. SL-J 訓 練

2.1 SL-J 概論 SL-Jは宇宙実験ミッションであり、日本側34テーマ、アメリカ側7テーマの宇宙実験が1992年9月12日から8日間にわたってスペースシャトル・エンデバー号を使って実施された。宇宙実験は大きく、材料科学実験と生命科学実験に分けることができる。すべての実験はスペースシャトルに搭載されたスペースラブリングモジュール内で行われた。日本側の計画名は第一次材料実験 (FMPT: First Material Processing Test) または「ふわっと'92」である。日本が製作した実験装置類は3台のダブルラックに搭載され、スペースラブの約1/3の容積を占有した。

宇宙開発事業団は1985年11月に3人の日本人搭乗員を選抜し、訓練を開始した。第1図に訓練の経過を示す。日本人搭乗員は宇宙実験の遂行がその主要な職務である。エンデバー号には日本人搭乗員1名が搭乗し、他の2名はアラバマ州ハンツビルにあるマーシャル宇宙飛行センターで地上支援を行った。

著 者 紹 介

土井 隆雄 (正会員)

昭和29年生。東京都出身。昭和53年東京大学工学部航空学科卒業。昭和58年東京大学大学院工学系博士課程修了。同年文部省宇宙科学研究所研究生。昭和60年NASAルース研究所研究員。同年宇宙開発事業団入社。現在、有人宇宙活動推進室搭乗部員。宇宙実験の研究及び有人宇宙開発に従事。AIAA 会員。

上垣内茂樹

昭和32年生。広島県出身。昭和57年東京大学大学院工学系専門課程機械工学専攻修士修了。同年宇宙開発事業団入社。衛星、ロケットの推進系の開発の後、昭和60年の宇宙飛行士の採用以来、平成6年末まで、ふわっと'92およびIML-2計画の訓練/実験運用に従事。現在、人事課課長代理。

長谷川義幸

昭和25年生。新潟県出身。昭和51年芝浦工業大学大学院修士課程修了。同年宇宙開発事業団入社。宇宙環境利用推進部に所属。現在、有人宇宙システム(株)に出向中、利用運用部次長。JEM利用・運用システムの開発を担当。

^{*1} 平成6年3月18日原稿受理 An Analysis of Astronaut Training Program

^{*2} 宇宙開発事業団 Takao DOI and Shigeki KAMIGAICHI

^{*3} 有人宇宙システム(株) Yoshiyuki HASEGAWA

1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
▼採用	▼渡米	▼帰国	▼渡米			打上げ▼
一般教育訓練	英語訓練					
実験教育訓練		同左				
			実験操作訓練、国内	実験操作訓練、NASA実験訓練、米国		
		ポテンシャル向上訓練				
				飛行準備訓練		
						環境適応訓練

第1図 SL-J 搭乗員訓練スケジュール

第2図 SL-J 搭乗員訓練ダイアグラム

2.2 SL-J 訓練概論 SL-J 日本人搭乗員の訓練がどのように進められたかを示すため、第2図の訓練ダイアグラムを考えることにする。この図の特徴は、縦軸が搭乗員の能力を示しており、訓練要素を時間の経過ではなく能力の進展で分類している点である。Mission Independent Training (MIT) は、ミッションの内容に関係なく共通に行われる訓練であり、宇宙飛行士として必要とされる基本技能を身につけることを目標とする。Mission Dependent Training (MDT) は、ミッション固有の訓練である。MIT 及び MDT は、それぞれ基礎 (Basic) 訓練と上級 (Advanced) 訓練とに分けることができる。Integrated Training (IT) は統合訓練であり、MIT 及び MDT

第1表 SL-J Mission Independent Training (MIT)

基礎 (Basic) 訓練	上級 (Advanced) 訓練
(1) 一般教育訓練 a. FMPT 計画 b. 宇宙概論 c. 英語訓練	(1) 飛行準備 (STS) 訓練 a. Shuttle Systems Training b. 安全訓練 (2) 環境適応訓練 a. 無重力環境 (KC-135) b. 高速・高重力環境 (T-38) c. 低圧環境 (3) ポテンシャル向上訓練

で身につけた知識・技能を有機的に結合させる場である。宇宙飛行士は、MIT, MDT, IT を経て実際のミッションに臨むことになる。以下で我々は訓練ブロック毎に訓練内容を紹介・検討することにしよう。

2.3 Mission Independent Training (MIT) SL-J の訓練項目のうち MIT に相当するものをまとめたものを第1表に示す。基礎訓練は SL-J (FMPT) における一般教育訓練に該当する。ここでは専門分野のそれぞれ異なる搭乗員候補者が MIT の上級訓練及び MDT の基礎訓練に入るために必要最低限の基礎的知識・技能を修得することを目的としている。

FMPT 計画及び宇宙概論では、FMPT 計画の背景・現状・予定が説明され、宇宙工学・宇宙科学が講義された。英語訓練は、英語能力向上のため日常的な訓練が必要であり、かなりの時間を必要とする。結果として第1図に示されているように、英語訓練は打ち上げ直前まで続けられた。他の訓練時間との調整が常に問題となったが、英語講師を確保することは比較的容易であるので、他の訓練のスケジュールを埋める形で実施された。実際のミッション中に英語によるコミュニケーションに起因した誤操作は発生していないが、国際ミッションを遂行するうえでコミュニケーション能力は非常に重要であり、日本人宇宙飛行士はできる限り高い英語力を身につける必要があろう。

上級訓練のうち飛行準備 (Space Transportation System) 訓練及び環境適応訓練は NASA が実施した訓練であり、スペースシャトルに搭乗する宇宙飛行士はすべてこの訓練を受けなければならない。訓練は、主にテキサス州ジョンソン宇宙センターで行われた。Shuttle Systems Training はシャトルの各システムを理解し、操作法を修得することを目的とする。訓練法は確立されており、宇宙飛行士は自分のペースで訓練を進めることができる。訓練はワークブックと各種シミュレーター (CST: Computer System Trainer, SST: Single System Trainer, SMS: Shuttle Mission Simulator) からなり、宇宙飛行士はインストラクターと1対1で訓練を受ける。日本人搭乗員の訓練

は、その責任が実験装置の運用にあるため、シャトルシステムの運用に責任を持つアメリカ人搭乗員が受ける訓練に比べるとマルファンクション訓練などが省略され簡単なものになっている。ただし搭乗員が望めば訓練内容を深めることが可能であった。安全訓練は、ミッション中の緊急事態にどのように対応するかを学ぶ訓練である。その内訳は、海上に脱出した時のサバイバル法を習う Water Survival Training、火災の発生を仮定した消火訓練、及びシャトルからの緊急脱出訓練などである。通常飛行準備訓練は打ち上げ約1年前から開始されるが、今回は訓練開始後スペースシャトルメインエンジン部からの水素漏れにより打ち上げが約1年延期されたため、倍の2年かけることになった。飛行準備訓練は訓練を行う時期が規定されているため、いくつかの訓練は重複して行われた。

スペースシャトルのシステムは非常に複雑なため、インストラクターの知っている知識はそのシステムの操作運用法が主体であり、技術的なところまで立ち入っていない。従って何故そうなのかという質問に関して答えられないことが多い。あるシステムを理解するうえで、そのシステムが働く原理を知ることによって、理解しやすくなることを考えると、インストラクターの知識もまたできる限り深い方が良いと言える。また訓練の達成の判定はインストラクターによって行われるので、優れたインストラクターを養成することが重要である。

環境適応訓練は、宇宙という新しい環境で効率よく仕事を行うために、前もってその環境を良く理解し慣れるために行うものである。訓練項目は無重力環境、高速・高重力環境、及び低圧環境訓練である。無重力環境訓練では、KC-135（改造ボーイング707）を使用し、1回のパラボリック飛行で約20～30秒の無重力状態を経験することができる。パラボリック飛行を何回も繰り返すことによって、実験操作の訓練や実験装置の作動確認に利用することも可能である。また自分の身体が無重力状態にどのように反応するかを知る唯一の機会であり、無重力環境訓練は環境適応訓練の中でもっとも重要なものと言えよう。高速・高重力環境訓練は、打ち上げ及び帰還時の環境を模擬した訓練であり、T-38 ジェット練習機を使用して行われた。訓練内容は、アクロバット飛行による高重力・空間識変化の体験、超音速飛行による高速環境の体験、及びシャトル着陸シミュレーションである。低圧環境訓練は、酸素マスクを付け低圧チャンパーで行われた。気圧が高度約40,000フィートに相当する圧力（約0.2気圧）のところで下げられる。この状態で低圧が自分の身体に及ぼす影響を自覚することがこの訓練の目的

である。酸素マスクがあればこの状態でも十分活動可能であることがわかる。万が一シャトルの気密が破れ、その程度の圧力になったとしても酸素マスクを付けていれば安全である。

ポテンシャル向上訓練は、チャレンジャー事故により予定されていた実験訓練が延期されたため急ぎで導入された訓練であるが、その重要性は高く認識されている。SL-Jではポテンシャル向上訓練として、各搭乗員の専門分野の能力をさらに高め、研究者としての技能・資質の向上を目的として、各専門分野において研究活動に従事した。何がおこるか予想のつかない宇宙実験では、未知の現象に対して柔軟に対応できる資質が日本人搭乗員に求められていたからである。

2.4 Mission Dependent Training (MDT) SL-Jの訓練項目のうちMDTに相当するものをまとめたものを第2表に示す。基礎訓練は実験教育訓練と実験操作訓練（単体操作）に該当する。基礎訓練の目的は宇宙実験に対する基本的知識を身に付け、実験装置の基本的操作ができるようになることである。第2図に示された訓練ブロックの中でMDT基礎訓練はMIT上級訓練と同位置にあるが、時間的には実験教育訓練は飛行準備訓練よりもはるかに早く始まっている。

実験教育訓練でもっとも問題になったのは、分野の異なる34種類に及ぶ実験テーマをいかに効率良くかつ実験遂行に必要な十分深く搭乗員に理解させるにはどうしたらよいかということであった。しかも実験は各分野の先端的研究であり、専門分野の異なる搭乗員はその分野の初歩も知らないのである。我々が採用した方法は、実験提案者の研究室を最低一日は訪問することである。実験に関する講義を受け、地上実験のデモンストレーションを見学し、十分に討論する時間をもつことによって、実験内容ばかりでなく搭乗員と実験提案者がお互いによく知り合うことをめざしたのである。結果としてこの方法は時間はかかったけれども非常に有効であった。搭乗員と実験提案者に太いパイプができるほど、お互いのやろうとしていることを理解し、信頼関係を強化できたからである。

基礎実験実習は、搭乗員が実験を遂行するうえで特

第2表 SL-J Mission Dependent Training (MDT)

基礎 (Basic) 訓練	上級 (Advanced) 訓練
(1) 実験教育訓練	(1) 実験操作訓練 (PCTC)
a. 実験テーマ講義	a. タイムライン操作
b. 実験装置講義	b. マルファンクション操作
c. 基礎実験実習	c. シミュレーション
(2) 実験操作訓練 (国内)	(2) ミッションシーケンステスト
a. 単体操作	a. フライトモデル操作

に実験技能や専門的な判断が必要とされる実験に対して、より深い理解と正確な実験技術を身に付けるために、搭乗員の提案に基づいて実行された訓練である。ここでは、細胞培養実習、一般高温実験炉での材料溶融実習、及びイメージ炉による半導体単結晶成長実習を行った。これにより実験操作や実験結果に対して幅の広い対応ができるようになったと思われる。しかしこの訓練は、比較的じっくり時間をとって行う必要があり、必要な実験要素を適切に抽出することが重要である。実験教育訓練の総訓練日数は、131日に及んだ²⁾。

各実験毎の基本実験操作を修得することも基礎訓練の一環として行った。この段階では実験計画自体が確定しておらず、実験操作手順も訓練をしながら決めていく状態であったため、実験操作訓練に81日を費やすことになった。このような訓練のあり方は、搭乗員が手順を決めるという点ではよいが、訓練時間が限られている場合ではあまり好ましくない。また上級訓練における実験操作訓練において、かなり操作手順が変更されたことを考えると、基礎訓練の段階でひとつの手順の確立・修得をめざした今回の訓練はネガティブ訓練になっていたようである。ネガティブ訓練とは、フライト状態と似て否なる状態で訓練することによって搭乗員がかえって混乱してしまう訓練のことをいう。基礎訓練における実験操作訓練は、搭乗員が実験を理解し基本的な実験の流れを把握し、実験装置の使い方に慣れることを目標にするべきである。この時期にひとつの手順に熟達してもあまり意味がなく、逆に間違った手順を覚えた場合には、後の上級訓練に悪影響を及ぼすことになる。

上級訓練に入ると、フライト手順及びフライトタイムラインに沿った実験操作訓練が本格化する。第3図にフライト1年前からどのような訓練が行われたかを示す。この時点での訓練場所はアメリカアラバマ州にあるマーシャル宇宙飛行センターが主体になる。ここには、スペースラブモックアップを持つ Payload Crew Training Center (PCTC) があり、搭乗員はフライトとほぼ似たような環境で訓練を行うことができる。フライト約1年前になると、タイムラインが確定してくるので、どの実験がどのような順番で行われるのか明確になり、今までバラバラに行ってきた実験操作がお互いに関連を持つようになる。またフライトでは、同時に進行する実験がいくつもあるので、いわゆるパラレルオペレーションの訓練もふたりの搭乗員を使って行われる。この段階でまた、実験用の小物、たとえば材料実験の試料とか細胞培養実験のシリンジなどの収納場所が明確になってくる。これらの実験に使

われる小物は大量にあるため、実験操作ごとに必要な小物を取り出し使用後直ちに収納するという操作は非常にわずらわしいが、これは宇宙実験操作の基本である。宇宙では、小物をそのまま放置しておく循環する空気流によって漂い出し、すぐに紛失してしまうからだ。この段階でフライト実験操作手順は、ほぼ確定してくるが、その改良はフライト直前まで続けられる。フライト手順書の改良は、実験操作の簡略化、誤操作を起りにくくするため、地上とのデータ転送時の制限、実験条件の変更などいろいろな理由で行われたが、最も重要なことは訓練に関与するすべての人が手順の変更を熟知することである。

マルファンクション操作訓練とは、実験装置に異常が発生した時にそれにどう対処するかを学ぶ訓練である。異常が発生する事象は、電気回路の異常、機械系の異常、搭乗員の誤操作など数え上げればきりがなく、どの異常事態に対する対応を準備するかが一番の問題であった。実験装置がうまくはたらいとして、何が起るかわからないのが宇宙実験であり、予想もしない現象のために計画した実験が100%できない可能性もある。このような異常事態(サイエンスマルファンクションと呼ぶ)の対処方も考えなければならない。我々が搭乗員の訓練として採用した方法は、搭乗員がスペースラブ内で異常事態発生を感知した場合自分の判断だけで処置できるマルファンクション手順のみを訓練するという方法であった。こうすることによって、搭乗員は自分のできる処置をした後、異常原因の追求や異常事態からの完全な復帰法を捜す役割を地上の運用支援グループにまかせることができる。さらにマルファンクション訓練がノミナル訓練よりも長い時間が必要になってしまうというばかげた状況に陥らずにすんだのである。このためマルファンクション訓練は、搭乗員よりも地上運用支援グループの方が真剣に取り組まねばならない訓練であった。

シミュレーションは、フライトタイムラインから1日または2日程度のタイムスライスを切り出してきて、搭乗員と地上運用支援グループがフライトとまったく同じに行動する模擬訓練である。この場合、マーシャル宇宙飛行センターにある Payload Operation Control Center (POCC) と日本人チームが所属する Science Operation Area (SOA) のグループが地上運用支援グループとして参加した。シミュレーションの目的は、搭乗員にとっては実験操作の熟達であり、地上運用支援グループにとってはチームワークの確立である。また両者にとっては、如何にマルファンクションをスムーズに解決していくかである。NASA には、シミュレーションを計画運用するシミュレーションエ

第3図 SL-Jにおける打ち上げ1年前からの訓練
(MDT・IT)

エンジニアがいる。彼らは非常に優秀であり、ありとあらゆるマルファンクションをシミュレーション中に投げ込んでくる。SL-J ミッション中に発生した日本材料実験ラック10の水漏れ以外の異常事態はほとんどシミュレーション中に訓練していたものばかりである。水漏れのマルファンクションも訓練していたが、それはスペースラブの機器からのものであり、誰もラック10からの水漏れは予期していなかった。

実験装置がスペースラブに組み込まれた段階で最後の装置の作動チェックを行う。これがミッションシーケンステストで、フロリダ州ケネディ宇宙センターで1992年6月（第3図参照）に行われた。装置の操作は搭乗員が行うことになっており、搭乗員にとってはこれがフライト前最後のフライトモデルを使った訓練となった。

2.5 Integrated Training (IT) 統合訓練は、それまで行ってきたMITとMDTの成果を融合し、ミッション達成のために総合力を養う訓練である。SL-J訓練では、Joint Integrated Simulation (JIS)とTerminal Count Down Training (TCDT)が相当する。JIS及びTCDTにはミッション運用にかかわる全員が参加する。すなわち実験運用に責任を持つマーシャル宇宙飛行センター、スペースシャトルの運航に責任を持つジョンソン宇宙センター、及び打ち上げに責任を持つケネディ宇宙センターである。

JISは、MDT上級訓練のシミュレーションと同様にフライトタイムラインから3日程度のタイムスライスを切り出してきて、搭乗員と地上運用支援グループがフライトとまったく同じに行動する模擬訓練であ

る。JIS #1（第3図参照）では打ち上げを含むミッション前半部、JIS #2ではミッション後半部を模擬した。スペースラブミッションの期間は通常1週間から2週間であり、実験計画は分刻みで決められている。そのため異常事態発生に際し如何に的確にかつ早急に問題を解決できるかがミッション成功の鍵と言っても良いであろう。JISの最大の目的は、搭乗員と地上支援グループの連携プレーに磨きをかけることである。

TCDTは、フライト約2週間前に打ち上げ準備の進むエンデバー号を使い、打ち上げ直前の手順の最終確認を目的として行われた。搭乗員はLaunch & Entry Suit (LES)に身をかためエンデバー号に乗り込み、最後の打ち上げリハーサルを行うのである。また同時に射場からの緊急脱出訓練も行う。安全地帯に避難するために使う装甲車の運転を習うのもこの時である。

3. 宇宙ステーション訓練

3.1 宇宙ステーション概論 国際宇宙ステーションは、NASA、ESA、及びNASDAの各実験モジュールが3つとNASAが提供する居住モジュール1つから基本的に構成されるが、現在ロシアの宇宙ステーションミールを結合する可能性が検討されている。宇宙ステーションプログラムは、組み立て段階の初期フェーズ、有人支援能力フェーズ（MTC: Man Tended Capability）、恒久有人能力フェーズ（PMC: Permanent Manned Capability）の3種類に分けることができる。初期フェーズは、スペースシャトルを用い各構成モジュールを打ち上げ、軌道上で組み立て及び実験

第4図 スペースラブと宇宙ステーションの搭乗員訓練の差異

装置を含めたモジュール機器の動作検証を行う。MTCでは、短期間の実験装置の運用を主体としているが、実験装置の数はスペースラブの約4倍程度になる。PMCでは、3カ月～6カ月の滞在が可能となる。搭乗員の作業は実験装置の運用が主体であるが、その他に搭載機器の保全、食料、燃料及び実験機器の物資輸送作業等がある。

宇宙ステーションの要員は、Station Scientist (SS), Station Operator (SO), Station-Payload Specialist (S-PS) である。SSとSOはステーションのシステム機器の運用と実験の遂行に責任を持つが、SSのほうは実験の遂行の方の比重が高い。S-PSは実験の運用だけに責任を持つことになる。

3.2 宇宙ステーション訓練概論 宇宙ステーション搭乗員の訓練内容は現在国際間で議論されており確定していないが、ここではSL-J訓練の経験を基にして、訓練のあり方・進め方を検討したいと思う。ただし以下の議論はPMCを仮定している。スペースラブと宇宙ステーションの最大の違いは、ミッションの期間であり、またシステムの複雑さである。3カ月以上に及ぶステーションミッションで、スペースラブと同様な訓練をしたならば、ステーション搭乗員の訓練は10年以上にも及びとても現実的ではない。従って第4図に示すような訓練配分が適当であると考えられる。スペースラブでは実験手順の訓練とタイムライン訓練の比重が非常に大きい。これは、スペースラブミッションの期間が短いために実験を効率よく実施しなければならないためである。これに対し宇宙ステーションでは、ミッション期間が長いために実験を分刻みでかたづけなければならない必要性は小さい。むしろじっくり実験に取り組み掘り下げた研究をするのが望ましい。従って、宇宙ステーション搭乗員の訓練で

第5図 宇宙ステーション搭乗員訓練ダイアグラム

は、手順及びタイムライン訓練の比重を下げ、実験及び実験装置の理解を深めるために、科学的基礎知識、背景理解、判断能力など実験研究者としての能力を高める訓練が重要である。同時にステーションシステムは非常に複雑なために、システムの理解及び習熟訓練の比重も上げなければならない。

第5図に宇宙ステーション搭乗員の予想される訓練ダイアグラムを示す。基本的な訓練の形態は、先に述べた差異にもかかわらず第2図に示したSL-J搭乗員ダイアグラムと似ている。しかし細部に注目するとかなり異なってくる。

MIT基礎訓練は、スペースラブの場合と同様に一般教育訓練が主体となるが、そのほかに特殊技能訓練として潜水訓練、飛行機操縦訓練、及び環境適応訓練等を含む。潜水訓練は、Extra Vehicular Activity (EVA) 訓練の予備訓練として、また飛行機操縦訓練は特殊環境におけるマルチタスク訓練として行う。環境適応訓練を基礎訓練のときから始めるのは、早い時期から宇宙の特殊環境を認識した方がよいからである。MIT上級訓練としては、飛行準備訓練に付け加えて、宇宙ステーションシステム訓練とペイロード一般訓練が追加される。宇宙ステーションシステム訓練は、宇宙ステーション各システムの機能を理解しその操作法を修得することを目指す。現在のところ各国で

製作されるモジュールのシステムの訓練はその国の訓練施設を使って行われることになっているので、搭乗員は世界を巡ることになる。ペイロード一般訓練は、ペイロードに関する一般知識を得ると同時にペイロード支援器具及び支援設備の操作を修得する。以上述べたように MIT 上級訓練の内容は、スペースラブ MIT 上級訓練の内容に比べて非常に濃く、通常で2年以上の訓練期間が必要となろう。

MDT 基礎訓練は、実験教育訓練が主体である。第4図で説明した通り、この訓練にはかなり時間をかけ実験に対する理解を深めなければならない。このことは特に SS 及び S-PS に対して成り立つ。MDT 上級訓練に入ると、SS、SO、S-PS で訓練内容がかなり異なってくることが予想される。ミッション毎に改良・変更されるシステムの運用に関して SS 及び SO が責任を持つことになるが、SO のそのシステムに関する訓練の比率は高くなる。この段階でどの程度のマルフункциオン訓練を行うかは現在のところはっきりと規定できない。

IT は、システム・ペイロード統合訓練と JIS である。システム・ペイロード統合訓練は、宇宙ステーションの完全モックアップが設置されるジョンソン宇宙センターで行われる訓練であり、それまで各国の訓練施設で行われてきた MIT 及び MDT の成果を統合するのがその目的である。JIS の目的はスペースラブミッションの JIS とやや異なり、搭乗員及び地上支援グループのチームワークの形成がその主な目的となろう。

ミッション期間が長くなるにつれて必要になると考えられるのが、Onboard Training (OBT) である。地上で全ミッション期間の仕事の修得するための訓練を完全に実施しようとするに訓練期間が長くなりすぎる。それを防ぐためフライト前は基本的な訓練をするのにとどめ、詳細な手順の訓練をステーション上で行いながらミッションを進めようとするのが OBT である。この場合、実験装置自体が訓練のための運転モードを走らせることができるように設計される必要がある。

3.3 考察 宇宙飛行士の訓練において重要な要因のひとつに訓練装置のフィデリティ（Fidelity：訓練装置が如何によくフライトモデルに似ているかということ）がある。理想的にはフライトモデルと同じものを訓練に使用するのが望ましいが、それができない場合には訓練装置が高いフィデリティを持つ必要がある。訓練装置とフライト装置に違いがある場合は、訓練が大変繁雑になるばかりか、ネガティブ訓練になる恐れがある。SL-J ミッションでラック 10 の水漏れ

が起こった時、水漏れをおこしたバルブと同じものを PCTC の訓練で使っていたため、そのバルブを調べることによってスムーズに対策がたてられたということも特記しておきたい。宇宙ステーションではフライトモデルが軌道上にあるために、フライトモデルを使った事前訓練は不可能である。改修等が生じた場合には比較することも難しい。搭乗員は軌道上で初めてフライトモデルに接することになるので、訓練装置のフィデリティはできる限り高めることが重要である。

スペースラブ搭乗員が軌道上で使う実験手順書は非常に簡潔に書かれている。これは、スペースラブミッションが短期間のため搭乗員が詳細な手順を覚えてしまっているためであり、また覚えてなければ分刻みのスケジュールをこなすことができない。これに対し宇宙ステーションでは、ミッション期間が長くまた実験量も非常に多いため、搭乗員が詳細な実験手順を覚えるということは不可能に近い。従って搭乗員の訓練は実験や実験装置及び各システムの基本的な理解に重点をおくことが重要であり、詳細な手順は手順書に記述するのが良いであろう。

現在のスペースラブミッションでは実験装置が各国から提供されていることもあり、操作パネルの設計思想はまちまちである。これは操作手順を複雑化し、訓練期間を長くせざるをえなかった原因のひとつである。宇宙ステーションでは長期にわたり数多くの実験を行うので、搭乗員の負担を軽くしかつ訓練期間をできる限り短くするためにも、実験装置システムのマン・マシンインターフェースが標準化されていることが重要であろう。搭乗員は装置の起動、機能確認、終了操作などの基本操作に訓練時間をさく必要がなくなり、前述したように実験内容や実験システムをより深く理解することにより多くの訓練時間を使うことができる。

宇宙ステーションミッションは完全な国際ミッションであるので、日本人搭乗員も他の国の搭乗員達といっしょに国際搭乗員プールに入ることが検討されている。この時日本人搭乗員のアイデンティティ（個性）をどう保つかということも問題となろう。ミッションに指名されるために、搭乗員間でかなりの競争が起こることが予想される。従って搭乗員としてのセールスポイントを持つことが重要である。そのために SL-J 搭乗員が行ったようなポテンシャル向上訓練的なものも考えたほうが良いであろう。

4. おわりに

我々は宇宙飛行士の能力進展度で分類した訓練ダイアグラムを導入し SL-J 搭乗員訓練を再定義した。訓

練ブロック毎に訓練内容を紹介し、かつ問題点について議論を行った。続いて宇宙ステーション搭乗員の訓練を同様な訓練ダイアグラムで表すことができることを示し、SL-J 訓練と比較しながらステーション訓練の問題を探った。

スペースラブのミッション期間を長くし、かつシステムを複雑化したものがステーションミッションと考えられるが、搭乗員の訓練法に関してはその基本的考え方をかなり変える必要がある。宇宙ステーション搭乗員の訓練では、手順・タイムライン訓練の比重を小さくし、ステーションシステムや実験内容の基本的理解を深めることに重点をおかなければならない。そう

することによって手順の変更やマルファンクションの発生に柔軟に対処できる搭乗員を養成することができよう。また OBT などを導入することによって、フライト前訓練が長くなりすぎないようにすることが非常に大切である。

参考文献

- 1) Payload Specialist Flight Preparation Plan, NASA JSC-23194, June, 1989.
- 2) 毛利 衛, 上垣内茂樹: ふわっと '92 (第一次材料実験) における搭乗員訓練, 第6回宇宙開発事業団技術成果発表会, 1991.