

最近の技術から

宇宙実験に随伴する困難な技術的問題

古賀 一男

名古屋大学環境医学研究所宇宙医学実験センター 〒464-01 名古屋市千種区不老町

宇宙空間におけるヒトの行動を行動科学的に考察する時、その特異な環境下における視覚的認知や、作業時の眼と手の協応動作、あるいは眼と頭部・頸部の協応運動などに地上 1G 下の場合と微妙に相違するものがあることが予想される。昨年スペースシャトル・エンデバー号で行われた実験「宇宙空間における視覚安定性の研究」は、ヒトの宇宙空間における順応過程の研究の一環として大局的には位置づけることができる。実施された実験の概略については参考論文^{1,2)}を読んでいただくとして、ここでは遠隔操作によって正確に眼球運動を計測する方法に関する困難な問題について技術的な観点から紹介を兼ねて述べてみたい。

ある特定の領域の科学者が他分野の科学者に、あるいは全く異なった領域の技術者にデータの取得依頼をすることは普通は行われない。うまく実験が進行してデータが入手できるとは思われなからである。何らかの原因で操縦できなくなったパイロットの代りにズブの素人が管制の援助を受けながら操縦桿をにぎり滑走路まで多くの乗客を運ぶというドラマが、多くのヒトを興奮に引き込むのは、高度に専門化された技術を曲がりなりにもこなし終えた者への賞賛もあるかもしれないが、本質的には十分に修練された技術への憧憬が根底にあるものと思われる。「スペースシャトルには誰もが乗って実験を行うわけにはゆかない」これがわれわれの実験室で行う日常の実験と大きく異なる点である。誰もが承知のことだが、特別な訓練を受けるために選抜された者の中からさらに幸運に恵まれた者だけが搭乗可能なのである。このたびのミッションでは7名の乗組員が8日間の宇宙滞在をこなして無事帰還したが、この7名のいわゆる宇宙飛行士達にも厳然とした役割分担があった。コマンダー(船長)、パイロット(操縦士)はスペースシャトル全体のシステムを管理しその運航・運用を任されている。実験室(Lab.)関連では、ペイロードコマンダー、ラブ・システム・スペシャリスト、ミッション・スペシャリスト、ペイロード・スペシャリストとそれぞれ責任分担が異なり、それに伴って呼称も変わる。ペイロードとは積

荷のことであり、今回のミッションではスペースラブ、つまり「宇宙実験室」と呼ばれるユニットがそれにあたるものであった。これはシャトル本体の後部カーゴベイに積まれており、ペーロード関連スタッフの宇宙での最初の仕事はこれらをアクチベートすることであった。ペイロード・コマンダーは積荷全体に責任を持ち、システム・スペシャリストは積荷のシステム運用に責任を持ち、ミッション・スペシャリスト(MS)は実験全体の運用に責任を持つことが責務であった。2人のペイロード・スペシャリスト(PS:毛利衛さんとM.C.ジェミソンさん)は積荷、すなわちスペースラブで行われる実験に対して主に責任を持つ人たちであった。責任の範囲は上に述べた順序で狭くなると考えてよさそうである。このような職務に携わる宇宙飛行士には軍人や工学系出身の人が多く、生命科学にバックグラウンドを置く人達はそう多くないことも事実である。ちなみに毛利さんは理学部出身で工学部・研究所の助教授であったことは良く知られている。バックアップの土井さんもロケットエンジンに関する研究者であった。1994年に予定されている「国際微小重力実験室/2」では向井さんがPSとして予定されているが彼女は医者であって、わが国では初めて生命科学出身のPSが実験に手を下すことになっている。今回のミッションではPSのメイ・ジェミソンさんが医者であり唯一の生命科学の知識をもった人であった。彼女をインターフェースとすることで私の実験に限って言えば多くの困難が事前に回避されたと思われる。

さて、このような状況で大学のすべての自然科学系学部を取混ぜたような多品種、多種目の実験をPSやMSがすべて代行するわけだが、これは実験を行う側にも大きなプレッシャーであることは想像に難くない。しかし実験を依頼せざるを得ない側(主研究者/PI; Primary Investigator)にはもっと大きな不安が生じるのである。私は日常の自分の実験を他人の手に委ねることは無いが、仮にそのような事態になったとしてもそれを専門領域外の研究者に依頼するかと聞かれると、それは「否」としか言えないのである。しかしスペースシャトルで実

験を行うことを計画すると、ほぼ 99% のような事態に立入ってしまうのである。このような事態の解決に至る過程はそれなりに複雑な手続きを必要とする。まず第1には実験担当者（私の場合は毛利さんと MS のマーク・リー）に実験の内容と手続について理解を求める必要があった。次に生理学的指標を取得する実験装置に慣れて貰う必要があった。そして最も困難なことは、それら装置自身はわれわれが通常自分の実験室で使用しているものとは機能も操作も徹底的に異なる点にあった。NASA は装置開発に関して終始とても厳しい条件を付けてきた。それらは常に安全を最優先にしたものであり、その安全基準に沿わないものはスイッチひとつ搭載することができなかった。例えば燃えた時、有害な成分を出す機器は全く搭載できないのだが、この基準は電子部品のなかではガラスコンデンサー以外は使用できないということになり、大部分の市販の増幅器は実験機器として搭載できないことになるのであった。このことは、随分以前に NASA で開発された PMS (Physiological Monitoring System) という装置を使用しなければいかなる生理的指標も記録できないということに帰結するのであった。この装置に関する機能や種々の機能一覧の十分な情報は打ち上げ半年前までには十分に判明しなかった。この打ち上げ半年前という時期はわれわれが実験の管制を行うためにアラバマ州ハンツビルというところにある MSFC (Marshall Space Flight Center) で3度にわたる実験管制訓練を受けた時に初めて明らかになったのであった。これらのことは些細なことのように見えるが、多くの技術的問題のすり合わせは無限にあった。例えば、眼球運動を記録する電極は新しく開発しなければならなかった。塩化ビニールが多く使われている市販の電極は使用できなかった。でき上がったフライトモデルの電極にはピンピン跳ねる硬いテフロンで被覆されたリード線が使用されており使用感は最悪であった。しかしドリフトの小ささ、PMS 内の直流増幅器のダイナミックレンジ逸脱時の瞬時自動 off set 等はずばぬけて秀逸な性能/機能があったこともまた事実である。ちなみに私は実験室では電極はともかくとして、ドリフトの抑制に優れた電極糊を TDK (株) の田淵克彦さんに提供されてから 10 年以上を経過している。私はこの電極糊をフライト中に使用するつもりでいた。それが不可能と



図1 スペースシャトル、エンデバー号で生命科学実験、L-4「宇宙空間における視覚安定性」の実験テーマを実行中の毛利博士とミッションスペシャリスト、M. リーさん

わかった時、実験データの状態がもし不良だった時には宇宙開発事業団に怒鳴り込むつもりでいたのだがそうならなかったのは幸いであった。毛利さんには記録後の直線性補正のための校正手続を理解してもらうことはたやすかった。しかし試行中は瞬目を抑制しなければいけないことを告げることができたのは打ち上げ1カ月前であった。その他多くの手続を説明し訓練し、想定される障害、緊急事態の回避等の訓練をしたにもかかわらず、実際のミッションでは幾つかの問題が生じてしまった。低重力で完全に弛緩しきった首筋の筋放電は、少々首を動かしても全く放電が認められず、その原因が増幅器にあるのか、データの伝送系にあるのか、MSFCでのリアルタイムモニターでは全くわからなかった。この時電極のチェック等で生じた時間のロスは 10~15 分であり、あらかじめ予定していた実験のうち1条件を割愛しなければならなかった。このような幾つかの問題点を抱えながら他人の手に実験そのものをゆだねなければ宇宙での実験ができない、という時代もゆくゆくは単なる苦勞話にすぎないという時代が早く来ることが切望される。

文 献

- 1) 古賀一男, 間野忠明, 木田光郎, 辻敬一郎, 後藤俣男, 宇阪良二: 環研年報, **43** (1993) 69-73.
- 2) K. Koga: "Motion perception and gravity cue," Environ. Med., **36** (1992) 35-41.

(1993年8月18日受理)