

## IIIIII 巻頭言 IIIIII

## 我が国の航空機による微小重力実験飛行

景山 大郎



我が国で本格的に航空機による微小重力実験飛行が開始されたのが、平成 2 年（1990 年）である。当時は日本の宇宙ステーション計画参加で、有人宇宙活動及び宇宙実験に向けての本格的な準備を行っている最中であった。毛利宇宙飛行士がスペースシャトルに日本人として初めて乗り込み、宇宙実験を行う計画（FMPT）がチャレンジャー号の事故等により遅延したものの、1992 年に「ふわっと 92」として実施された。引き続き、IML-2 ミッションで向井宇宙飛行士がシャトルに乗り込み実験を行ったのが 1994 年であった。

また、この時期に相次いで地上における微小重力実験の施設が運用を開始した。その 1 つが前述した航空機による微小重力実験飛行で、その他に 1991 年から運用を開始した地下無重力センター（JAMIC）があり、1 回の落下で 10 秒の微小重力環境が作れる世界でも類を見ない大型施設であった。また、1995 年からは岐阜県土岐市で日本無重量総合研究所（MGLAB）が 4.5 秒の微小重力落下施設の運用を開始した。これに加え、JAXA では TR-1A 小型ロケットを 1991～1998 年の間に 7 回打ち上げた。本ロケットは打ち上げ後、弾道飛行により約 6 分間の微小重力環境が得られ、その後海上落下し実験装置を回収するというものであった。

これらの実験施設を有効に利用し、維持するために JAXA では共通実験技術の開発、フロンティア共同研究、地上公募研究と次々とプロジェクトを立ち上げ、宇宙実験の予備実験、宇宙実験テーマの創出、研究者の裾野拡大等に大きく寄与した。施設側もこの JAXA のファンドにより多くの実験機会が確保され、良好な？経営状態で維持できた。

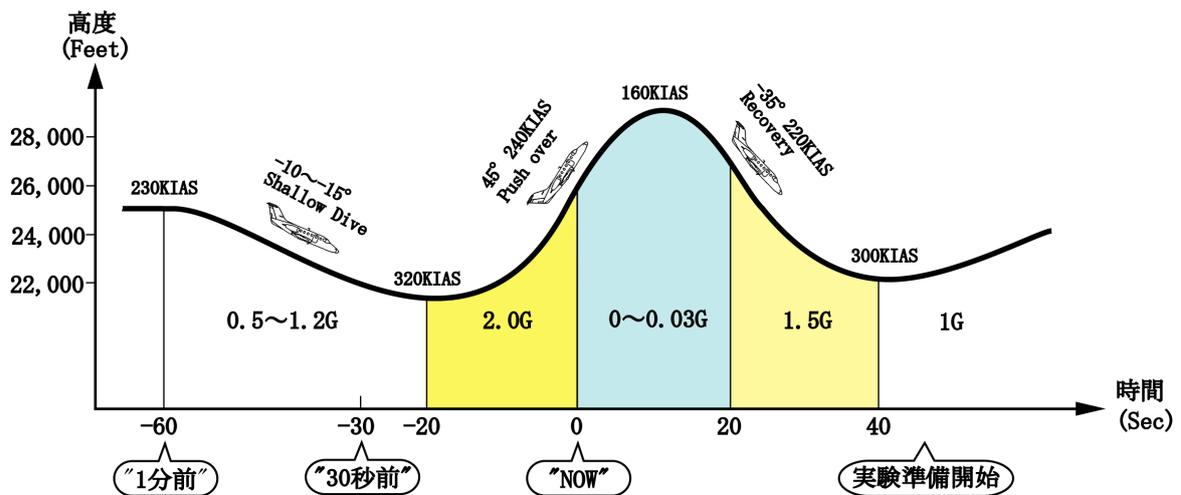
その後、十分な準備期間を経て国際宇宙ステーションの日本モジュール（JEM）“きぼう”が 2008 年から運用を開始した。この頃になると地上施設の運用は当初とかなり異なってきた。当然のことではあるが、JAXA のファンドが JEM 実験へと移行し地上施設への実験機会確保が困難になってきた。その煽りで、施設維持に大きな資金が必要な JAMIC が 2003 年に、MGLAB が 2010 年にそれぞれ閉鎖となり、現在までに生き残っているのが、航空機実験を行うダイヤモンドエアサービス㈱（DAS）のみと

なった。1990 年代には、世界でも誇れるほどの微小重力実験用の地上施設があったのに、現在では航空機のみとなり寂しい限りだ。

さて、航空機実験の話に移る。私は航空機実験開始当初から航空機の操縦を担当し、現在までに約 25 年間微小重力飛行、所謂パラボリックフライト（放物線飛行）を実施してきた。当初はパイロット 3 名で行っており、その中では私が一番若く、他の 2 人の先輩パイロットは既に引退している。その後新しいパイロットの養成を行い、現在では 7 名のパイロットで MU-300（三菱式 MU-300 型機）と G-2（グラマン式 Gulfstream-II 型機）の 2 機種でパラボリックフライトを行っている。2013 年末現在で延べ 825 テーマの実験、17,211 回のパラボリックフライトを行っている。

少し操縦技術的な話をする。微小重力環境の開始点から 1 分前に最大速度を得るため、パワーを MAX にし、降下を始める。次に約 25 秒前、最大速度から機首を急激に引き上げ（約 2G の機首上げレート）、機首が 45～50 度になった時に操縦桿を大きく押して、 $\mu\text{G}$  近くに持って行く。この時同時に副操縦士はパワーを約 50%まで引き X 軸（前後方向）の重力を  $\mu\text{G}$  にする。これらは共に G メーターを見ながらの操作となる。ここが開始点であるが、2G から  $\mu\text{G}$  に急激に遷移し、 $\mu\text{G}$  でピタッと止めるのが難しい。大きな舵と微妙な舵が要求される一番の難所だ。その後機首は徐々に下がっていくが、パイロットは G メーターに釘付け、微妙な舵で  $\mu\text{G}$  状態を維持する。パイロット自身も浮いているはずだが、感じている余裕はない。機首が +20～-20°の間は比較的楽である。飛行機が慣性で放物線を描くように自然と運動するようである。ところが機首が -20°を過ぎた頃、飛行機はリカバリー（機首を上げ、水平に戻す）しようとする。この力に打ち勝ち、操縦桿を強い力で押し、且つ細かい舵で  $\mu\text{G}$  を機首が -35°になるまで維持する。この間約 20 秒である。その後リカバリーのため、1.5G で操縦桿を引き、機首が水平になった時に終了となる。このように、大きな操舵と微妙な操舵、大きな力が短い間に段階的に必要なため、操縦技術としてはかなりのテクニックを要する。研究者サイドからみれば、約 20 秒の微小重力状態の中で最初と最後は操縦が難しいため、 $\mu\text{G}$  環境があまり良くない可能性があり、比較的安定しているのは真中付近であることを知っておくと役に立つかもしれない。

ダイヤモンドエアサービス㈱ 運航部長  
(E-mail: kageyama@das.co.jp)



パラボリックフライトパターン図

さて、最後に日本の航空機実験の特長を述べる。航空機による微小重力実験は米国、ロシアでは 1950 年代から行われていた。また、フランスでも DAS の運用と前後してカラベル機（現在では A-300 機）を使用して運用を開始した。これらと日本で運用を開始した DAS と大きく異なるのは、航空機のサイズと運用形態だ。米露仏は、大型のジェット機を使い、宇宙局又は軍が運航を担当している。これに比べ DAS は小型のジェット機を使い、民間会社として運航している。言うまでもなく、民間の方が運用のフレキシビリティが高いことに加え、小型の航空機のため、研究者（利用者）の相乗り数が少ないことから、一つ一つの実験要望を聞くことができ、実験成功率の向上に寄与している。例えば、微小重力環境の前の 2G 環境が実験に悪影響を及ぼす場合がある。この場合、例えば 1.3G くらいに抑えて実験するとその影響は少ない。ただこの場合、微小重力環境の時間が短くなるのに対し、大多数の実験者は長時間微小重力時間が欲しいので、外国ではこの要望は

受け入れられない。

DAS では 1.3G 要望を単独実験とするか、または同じ要望の実験者と組み合わせることができるので、実験者の要望通りの実験ができる。航空機実験の特長である、任意の G 環境（月の G や火星の G）での実験も比較的簡便にできる。また、パラボリックフライト間の準備時間も外国では自由に設定できないが、DAS では実験者の要望とおり設定できる。このように小さいことは良いことだと言う点が多いということを研究者に知って頂きたい。

日本で地上の微小重力実験施設としては最後の砦となった航空機実験の火が消えないように、研究者はこの分野での研究コミュニティの活性化、若手研究者の育成を行い、科学的成果、産業への寄与を目指して、これからも航空機実験を有効活用されることを切に願いたい。これとともに、施設側としては、今までにも増して微小重力環境提供施設としての質の向上、飛行安全の取り組み強化を実施の上、引続き航空機実験を実施して行きたいと考える。