

GEOTAIL 計画の前身である OPEN-J 計画のワーキンググループが発足したのは、今から何と 35 年も前の 1979 年と歴史書には記されています。それは L-4S-5 による日本初の人工衛星「おおすみ」打ち上げ (1970) から 10 年も経っていない頃で、ハレー彗星探査に必須の M-3SII 型ロケットの開発が公式には未だ認められていない時期でした (直径 1.4m までという軀を一部外した M-3SII 開発が宇宙開発委員会に認められたのは 1981 年 3 月)。

そんな或る日、地球磁気圏尾部 (遠地点 20Re、約 13 万 km) の探査をする OPEN-J 衛星を、M-3SII 第 4 段にハレー探査用に開発中のキックモーター KM-P を用いることで打ち上げられないか、との御下問があり、ざっとした計算をして若々しい西田先生の部屋へ伺ったのが、その後の長い長いお付き合いの始まりでした。

計算上衛星重量は 170kg と報告したところ、何とか 250kg くらいまで出来ないか、と言ういつもの通りの理学からの無理なご要求。PLANET-A (後の「すいせい」) の重量オーバー対策だけでも苦しいのに、と愚痴を言いつつ七転八倒していた 1983 年、一挙に重量問題は解決、その代わりにとてつもない計画の面倒を見ることになりました。

OPEN 計画衛星群のひとつ米国 NASA の TAIL 衛星と OPEN-J を統合して、最初の 2 年間は遠地点を約 220Re (140 万 km) の地球夜側に常に持ってきて磁気圏遠尾部を観測、その後遠地点を 20~30Re に下げて、従来の OPEN-J が観測予定だった近尾部を 1 年半にわたりカバーするというのが、NASA の提案でした。シャトルで上げるので衛星重量 1ton でも OK と言いながら、こんな実現不能ともいえる軌道計画を立てたのが旧来の悪友で「軌道の魔術師」と仇名される NASA/GSFC のファーカー先生なればこそ、と唸ったことを思い出します。

さて、遠地点を 220Re の夜側に常に置くのに、衛星搭載の推進系を使っていた日にはいくら燃料があっても足りず、二重月スウィングバイと呼ばれる技術が必要です。ファーカーの描いた軌道図では加速月スウィングバイで遠地点高度を上げ、帰ってきた衛星を減速月スウィングバイによって周期調整、再度加速月スウィングバイで夜側の磁気圏遠尾部に持っていくというオペレーションを二年間にわたり繰り返す様子が見事に示されていました。しかしこれはあくまで机上でのこと。それまで世界中で実際にこんな軌道運用をした例が無い中、我々がいきなりこの技術を実現する自信が持てるはずありません。

従来宇宙研では M ロケット新型初号機には、いきなり正規理学ミッションを載せるのは怖い、ということもあってか、MS-T (Mu Satellite-Test) という試験衛星を搭載するのが常で、M-3SII-1 号機では「さきがけ」が五番目の試験衛星 MS-T5 として、文字通りハレー探査の先駆けを務めました。従ってそのままでは M-3SII 型では試験衛星を上げるチャンスがありません。そこで、新たに工学技術をマスターするための衛星が考えられることになりました。こうして誕生したのが工学実験衛星 MUSES (MU Engineering Satellite) シリーズで、GEOTAIL に先立ち、二重月スウィングバイ技術の修得を主目的にした MUSES-A (後のひてん) がその初号機となりました。

MUSES-A 計画開始は (記憶では) 「さきがけ」「すいせい」を打ち上げた 1985 年で、衛星ハードウェアの開発はもとより、何と言っても苦労したのは軌道計画の基となる軌道決定精度の向上と月スウィングバイを可能にする軌道制御ソフトウェアの開発でした。前者に関しては NASA/JPL で長年軌道決定に携われ、帰国後富士通に席を置いておられた西村敏充先生を三顧の礼をもって宇宙研にお迎えして一安心。後者は川口先生という「日本の軌道の魔術師」の指導の下、NEC の木村雅文さんを始めとする軌道設計グループの活躍で MOONS (Muses Orbit Operation & Navigation System) と称する運用ソフトが完成しました。

ちなみに木村雅文さんは後の「のぞみ」火星周回軌道投入失敗後に一旦地球軌道まで戻し、地球スウィングバイを用いて残ったわずかな燃料で火星周回再挑戦する軌道案を年末年始不眠不休で練り上げた傑物でしたが、2009 年 8 月に 49 歳の若さで急逝されました。惜しむに余りある方でした。

1990 年 1 月 24 日打ち上げられた MUSES-A は「ひてん」と命名され、同年 3 月 19 日の最初の月スウィングバイを始め、最初の 1 年間に予定通り 8 回のスウィングバイを成功させて、GEOTAIL への道を開くことが出来ました。その詳細は ISAS ニュース NO.154 特集号「ひてん」宇宙でスウィングをご参照ください。

「ひてん」と並行して進められた GEOTAIL 計画では、打上げロケットが当初のスペースシャトル

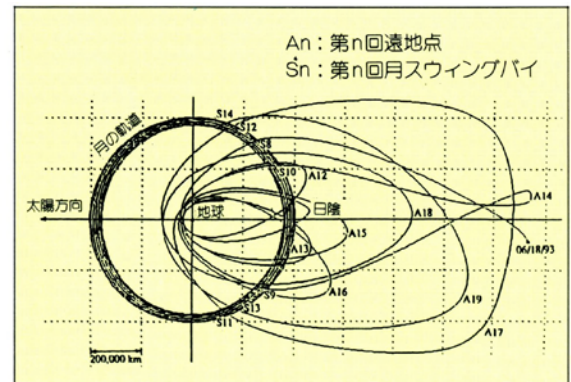
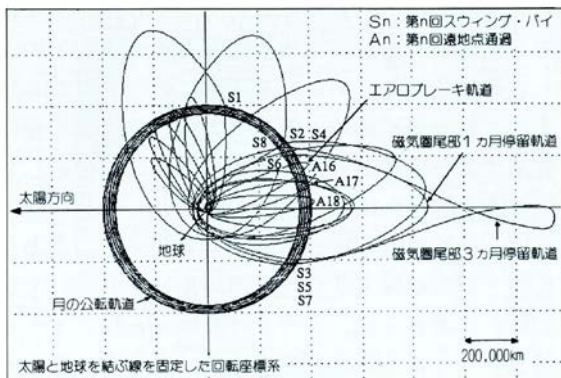
から、チャレンジャー事故の影響で、一時は「シャトルでもデルタでも上げられるような設計に」という要求になり、それは加速度のかかる方向が 90° 変わるので無理ということになり、結局デルタに落ち着くまでのすったもんだや、NASA 式文書管理の煩雑さに音を上げながらも、こと軌道計画については MOONS を GEOTAIL 向けに改良した GOONS (GEOTAIL Orbit Operation & Navigation System) があつたために殆ど苦勞らしい苦勞をせずに、打ち上げ後も淡々と運用できたように記憶します。LEP ラッチアップ対策として月の蔭に衛星を入れて電源オフにするという離れ業を行えたのも、軌道運用に余裕があつたればこそだったと言えるでしょう。

その結果、LEP は無事復活したものの、最大の被害を受けたのは小生担当の RCS のヒーター制御系で、自動温度制御が働かなくなり、その後燃料枯渇に至るまでの数年間、特に日蔭中の凍結予防のためのプログラム作成には苦勞させられました。

「ひてん」は、新たに困難な工学技術を必要とする理学衛星・探査機に先立ってそれを修得する工学実験衛星 MUSES としての真価を發揮した、と言ってよいのではないのでしょうか。後の MUSES-C (はやぶさ) が小惑星からサンプルを持ち帰るといふ無謀とすら言われたミッションに必要な多くの世界初の技術をやり遂げたことが今日の理学ミッション「はやぶさ2」に繋がったことは言うまでもありません。

その時思い出すのは工学実験衛星 2 号機 MUSES-B とその後のミッションのことです。MUSES-B 「はるか」は直径 8m の大型アンテナを地球上の電波天文アンテナとリンクさせて VLBI 技術を修得するもので、このミッションは成功したものの、次の本格的 VLBI ミッションである ASTRO-G では全く違ふ大型アンテナ方式を採用したことが仇となり、計画中止・打上げ断念に追い込まれました。

MUSES シリーズを最初から見守って来た者として、困難な技術に挑戦することが常に必要とされる科学衛星計画を進める後輩たちにこういったことを忘れないでほしいと思っています。



「ひてん」の軌道 (打ち上げから 1 年後まで)

GEOTAIL の軌道 (磁気圏遠尾部探査)

いずれの図も太陽—地球を結ぶ線を固定した回転座標系