

LEP の復活劇

元 宇宙科学研究所 向井利典

GEOTAIL プロジェクトは幾つか危機的な状況乗り越えたとの思いがあるが、その最たる出来事は、私が主任研究者 (PI) を務めた低エネルギー粒子観測装置 (LEP) が打上げ 1 ヶ月後の初期観測の最中にラッチアップしてしまった事、そして約 1 年後、翌年の 9 月 1 日深夜、月の影に入った衛星のバッテリーを切離すという特殊オペレーションによって復活したことである。

打ち上げの約 1 ヶ月後、LEP の高圧電源の投入チェック直後の初期観測において、いきなり、地球起源と思われる冷たいイオンが地球から遥か離れた磁気圏尾部のローブにまで到達し、反太陽方向に流れているという発見的な結果がもたらされたが、その興奮は翌日深夜の運用で地獄のどん底に落とされてしまった。イオンエネルギー・質量分析器への高圧電源投入が無事終り、磁気圏尾部のプラズマシートを観測している最中、LEP のコマンド受け回路が何の前兆もなく突然ラッチアップしてしまったのである。電流制限用の抵抗が電源ラインに挿入されているので、電源を一旦オフして再度オンすれば回復する可能性があるのだが、常時電源のコマンド受け回路をオフする手段としては衛星全体の電源をオフする、即ち、衛星を仮死状態にする他ないのであった。それには、衛星が日陰中に (すなわち、太陽電池が電力を発生してない時) バッテリーを切り離すという前例のない特殊オペレーションが必要なのであるが、最初の 2 年間の遠尾部軌道では日陰が生じないように軌道設計されていたのであった。

プログラム総括責任者の西田先生とプロジェクトマネージャの上杉先生のリーダーシップのもと、当初の軌道計画を変更して月の影に衛星を入れるための検討が開始された。地球ではなく、月の影にしたのは、半影の時間を短くし、衛星電源の立ち上がりを少しでも早く安定化させるためであった。しかし、日陰でバッテリーを切離した後、日照に出て太陽電池の出力が上昇するとしても衛星が本当に無事回復するのか? 回復したとしても、電子回路の初期設定に使っている Power-on Reset がうまくかかるのか? こうした検討のための様々な試験と侃々諤々の議論が行われ、その結果、衛星は正常に回復するという結論に至った。

最後の決断は、国際協力のパートナーである NASA の承諾を得るため、Science Working Group の決議によって決めることになった。議長はプログラムマネージャの西田先生、投票権を有するのは日本人 5 人と米国人 2 人で構成される PI と木村磐根先生 (京大)、Dr. Mario Acuña (NASA/GSFC) を加えた 9 人とされ、その結果、米国 PI の一人を除く 8 人が賛成票を投じ、実行に移すことになった。なお、Mario Acuña は投票日の朝パリからの直行便で成田に着いたのであるが、米国公務員が米国の航空会社を使わずに来るのは大変なことであった。

1993 年 9 月 1 日深夜、相模原衛星管制センターは一種異様な雰囲気にも包まれていた。衛星はまもなく月の影に入るが、それは打ち上げ後初めての日陰であるが、異様な雰囲気はそれが理由ではない。本影最後の所でバッテリーを切り離す、すなわち、衛星を仮死状態に入れるという特殊オペレーションを正にやろうとしているためである。その後、日照になるので、衛星の太陽電池が働き、衛星は生き返るという目論見であるが、果たしてうまくいくのか、と誰もが固唾を飲んで神経を尖らせていた。臼田、内之浦にも GEOTAIL 衛星や地上系システムを熟知した宇宙研とメーカーのベテランが駆けつけ、万全の体制が敷かれた。以下、実況中継風に再現する。

23 時 35 分半影開始、23 時 43 分いよいよ本影に突入、予め決められた手順に従ってコマ

ンド送信、チェックシートによる衛星状態の監視は順調に進んでいる。0時17分、バッテリー切り離し、電波が途絶える。臼田に管制権を渡し、指令電話を通して内之浦からの経過時間のカウントが聞こえてくるだけである。3分経過、衛星に陽が当たり始める頃だが、何も音沙汰なし。5分経過、そろそろ、電源電圧が上がってくるはずだが？ 8分経ったが、管制室は静まりかえっている。10分経過、ようやく電波が復帰、更に数分おいて安定してきたところでコマンドを送信、PCM テレメータがロック。この間が何と長く感じた事か。直ちに衛星の状態をチェック、目的としていたラッチアップが解消できている事を確認して、ほっと一息。管制室は以前の活気を取り戻し、衛星再立ち上げ手順に入る。翌日から本格的に搭載機器の再立ち上げ作業が始まり、プログラムの再ロード等のために約2週間を要したが、その最後として9月14日、LEPの1年ぶりのデータを目にした途端、一挙に疲労の極に達してしまった。

その後、LEPは当初の予想を遥かに超える成果を出してきたが、この復活オペの成功は西田先生と上杉先生のリーダーシップのもと、宇宙研工学の方々や衛星システムを担当した日本電気、LEPの開発を担当した明星電気など、多くの方々の協力のお蔭である。ここで改めて御礼を申し上げる。また、この特殊な日陰オペレーションを支持していただいた国内・国外の多くの方々、特に、私の事を信頼してくれたNASA/ISTPのプロジェクトサイエンティスト、Mario Acuñaに感謝する。1999年、学術会議の宇宙空間研究連絡委員会が主催した国際協力シンポジウムにおいて彼が述べた事を紹介する。”The GEOTAIL program has been and continues to be an outstanding success. ...the development of a mutual trust relationship between the partners was perhaps the most critical element of all for success.”



筆者（左）と Mario Acuña（中央）

1992年7月フロリダにて

（注）2009年3月5日、Mario Acuñaは永遠の眠りにつかれた。哀悼の意を表する。

Recommendation toward the LEP Recovery Operation in GEOTAIL

In view of the importance of the LEP (Low Energy Particle instrument) real-time observations for achievements of Japan's primary science objectives in GEOTAIL, the GEOTAIL Science Working Group recommends to conduct the LEP recovery operation which involves turning the spacecraft power OFF at the end of the lunar eclipse on 1 September 1993. This recommendation is based on the technical assessment that the risk to the spacecraft and the other instruments in conducting this operation is very little, compared to the scientific benefit.

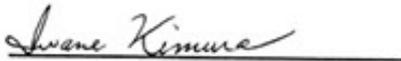
with the exception of one dissenting opinion



T. Mukai
GEOTAIL Project Scientist



M. H. Acuna
ISTP Project Scientist



I. Kimura
GEOTAIL Project Scientist



D. J. Williams
Principal Investigator, EPIC



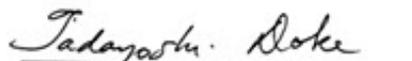
K. Tsuruda
Principal Investigator, EFD



S. Kokubun
Principal Investigator, MGF



H. Matsumoto
Principal Investigator, PWI



T. Doke
Principal Investigator, HEP

Dissenting Opinion

It is recommended that the LEP recovery plan be implemented after the POLAR launch in order to avoid unnecessary risks to the GEOTAIL spacecraft before the global magnetospheric objectives of ISTP are achieved.



L. A. Frank
Principal Investigator, CPI