

GEOTAIL の成果と現状など

宇宙科学研究所 篠原 育

GEOTAIL 衛星が 20 年以上もの長い期間、地球周辺の宇宙空間を観測し続けたことによって生み出された科学成果は膨大なものです。国際的な科学雑誌に掲載された論文数は現在までに 1,100 編を超え、それらの論文の引用総数は 16,000 を超えます。現在でも GEOTAIL の観測データを利用した論文が年間 30 編程度出版されており、その著者は国内だけではなく、世界各国の研究者です。この数字だけからも GEOTAIL が現役で活躍する衛星であり、世界中に広く利用されていることがわかります。GEOTAIL の膨大な科学成果の紹介についてはここで紹介しきれないはずです。過去の ISAS ニュースの記事 (<http://www.isas.jaxa.jp/ISASnews/backnum.html>) や宇宙研の GEOTAIL プロジェクトウェブページ

(<http://sprg.isas.jaxa.jp/researchTeam/spacePlasma/mission/GEOTAIL/GEOTAIL.html>) 等にその一端が紹介されていますので、ご参照ください。

GEOTAIL 衛星は、その注意深く設計された軌道によって磁気圏を探索し、高性能観測機器を組み合わせる宇宙空間の存在する電離したガス（プラズマ）のダイナミクスを、現象が起こっているまさに「その場」で総合的に観測しました。その成果は、地球磁気圏の知見を深めただけでなく、宇宙空間プラズマ現象について将来に繋がる新しい問題意識を生み出しました。GEOTAIL にはじまる新しい問題意識は、ESA の Cluster 衛星、NASA の THEMIS、今年 3 月に打ち上げられる NASA の MMS と世界的な研究の流れとして受け継がれています。また、観測と理論・シミュレーション研究とを融合した研究が促進され、GEOTAIL の観測成果に触発されることでスーパーコンピュータを利用した先端的なシミュレーション研究も花開きました。

GEOTAIL 衛星の軌道は地球周辺で起こる様々な「鍵」となる現象の探索を可能すると同時に、その高性能観測は、「鍵」となる現象の素過程を緻密に解剖し、その本質的理解へと導きました。衝撃波、渦乱流、磁気リコネクションといった宇宙空間プラズマにとって重要となる物理素過程に対して、「その場」観測によってのみ手に入れることのできる情報から物理の本質へ迫る、という研究スタイルは太陽物理、高エネルギー天文学、実験プラズマ物理をはじめとした関連する周辺の科学分野の研究者からも注目をされるようになっていきます。これらの周辺分野との交流の深まりをとおして、「The Plasma Universe」というより普遍的な問題意識がうまれ育ち、太陽－地球系科学（STP）分野の新しい衛星プロジェクトに受け継がれています。

こうした大きな科学成果のみならず GEOTAIL からは多くの人材が輩出されています。国内では 60 件以上の博士論文、200 件以上の修士論文が GEOTAIL に関わるものがうまれました。現在の国内の宇宙プラズマ研究コミュニティでは、多くの GEOTAIL 関係者が研究や衛星プロジェクトでリーダーシップをとっています。GEOTAIL プロジェクトが如何に大きな経験を積むチャンスであったか、その成功が多くの人を育ててくれたかを物語る事実です。

打ち上げ 22 年を越えた現在でも、GEOTAIL 衛星の衛星システムはほぼ健在です。2011 年の 12 月末に 2 つ搭載されているデータレコーダの内の 1 機が故障しデータの記録・再生ができなくなりましたが、それ以外はほとんど問題がありません。科学機器に関しては、残念ながら高エネルギー粒子計測器（HEP）、電場計測器（EFD）の editor-B データが使えなくなりましたが、科学的な価値は落ちておらず、最近取得されたデータまで利用しています。

これだけ長い期間の運用を続けると、むしろ地上系の老朽化が心配されていました。特に GEOTAIL 衛星の地上システムは汎用大型計算機を中心に UNIX 計算機群とで構成されていましたが、これらの計算機群を維持するには様々な問題がありました。プロジェクト共通で維持されてきた汎用大型計算機については GEOTAIL 衛星が最後のユーザとなってしまったために、維持コストの面で GEOTAIL が矢面にたつこととなってしまいました。また、古い計算機はハードウェアを維持する困難もさながら、昨今のセキュリティー問題に対応することができなくなり、ソフトウェアの移行を迫られていました。幸いこれらの環境を最近の PC サーバ系の計算機等に移行する予算をつけていただき、2013 年夏までには全て新しい計算機で衛星運用ができるようになりました。

最後に個人的なお話を。私が GEOTAIL の名前を知ったのは学部生の時、興味を持った研究室を見学させていただいて回っていた際に、國分先生から ISTP 計画と GEOTAIL のお話をうかがったことに遡ります。その後、國分先生を指導教員として修士課程の研究を進める中で、GEOTAIL の MGF の試験のお手伝いで柿岡や宇宙研につれて行っていただいたこと、打ち上げ後のマスト進展の際等に運用室の隅っこで見学をさせていただいたことを今でもはっきり覚えています。その後、GEOTAIL のデータを使って学位論文を提出し、宇宙研に採用していただいた後に担当したのが GEOTAIL の公開用データベースの開発でした。更に向井先生の後を継いで GEOTAIL 衛星の運用責任者として運用を支える役目までさせていただきました。研究者としても職員としても、GEOTAIL に育てていただいたことは本当に幸せなことであったと思っています。

長い間の運用を恙なく行い、研究者に観測データを届け続けるには、とても多くの方々からサポートをしていただきました。私の知る限り、GEOTAIL の OP はずっと途切れることなく更新され、20 年以上にわたって連続した観測を行うことができましたが、これは関係者皆さんの努力の賜であったと感謝するとともに、誇りに思っています。臼田局の S 帯送信機が利用できなくなった今年、内之浦局が台風で運用できなくなったために、とうとう途切れることのなかった OP を途切れさせてしまい、まる 1 日程度のデータ欠損を生じさせてしまったことは、天候のこととは言え本当に残念なことでした。GEOTAIL の長期間の運用を支えてくださっている全ての方々にこの場をおかりしてお礼を申し上げたいと思います。

GEOTAIL 衛星は、今年 3 月打ち上げの NASA の MMS 衛星との共同観測、あるいは 2016 年に打ち上げが予定されている日本の ERG 衛星との共同観測、等、まだまだ科学的な期待が高い衛星です。引き続き新たな科学成果に繋げながら、宇宙プラズマ研究の新しい地平を切り開いて行きたいと思っています。

```
120724-01-01 07.24 14.55.19 FI 1
B 16K 1 X REL A 65K 2 SA OF **
-----<TMS TMX>-----< D
OF ON HI ON HI -RCV- -EXE-
*** MOD TLM TLM IC 01DHU 01DHU
*** RNG B B CD DC 9B OGDC 4C
> OF SEL HGA HGA OP RUN 2 OG 11
OR OF ACH DS DS TIMINT 0 H 4
CI OF NCH NCH ERR COR ENA RECV
-----< P C S >-----
```

GEOTAIL20 歳の誕生日の QL 端末