

## 電場プローブシステムとの関わりを振り返ってみると

富山県立大学 岡田敏美

IMS (1976-1979)の頃、ホイスラのダクト伝搬論がトピックとなっておりました。中緯度ダクトのドリフト現象を説明するには  $1\text{mV/m}$  弱の北向き電場が必要であるなどと論じていましたが、その確認には衛星観測による現場観測しかないとしばらくこの研究を中断していました。そんな折、鶴田先生から EDOS-D 衛星および GEOTAIL 衛星の電場計測メンバーにとお誘いをいただきました。鶴田研究室では、すでに欧米で実績あるプローブ法の調査は完了しており、どのように電氣的・機構的に仕上げるかという詳細設計の段階にあったと思われます。更に GEOTAIL 衛星では、いわゆるブーメラン方式を新規開発して高精度観測を計画されており非常に忙しかったようです。そんな事情からか工学系の私にプローブ法の分担をするようにとお声がかかったものと思います。初めの頃はシンポジウムなどで上京した時に駒場の鶴田研究室に伺っていたのですが、プレハブの建物で夏場、さすがに大変熱かったことを覚えています。相模原の現 JAXA 宇宙科学研究所に移ってからは、西田研究室の方々との合同の検討会もあり議論が盛り上がっていました。写真1は鶴田研究室でのスナップですが、松岡院生(当時)、中川院生(当時)らと一緒に勉強することになりました。

電場プローブは dc 電場センサーであるとともに波動センサーでもあります。その設計の勘所は、プローブおよび衛星本体から放出される光電子の影響をいかに小さくするかであり様々な対策が考案されてきました。ハードウェア構成においても、微弱な磁気圏波動を広帯域(EDOS-D: pc レンジ~10MHz; GEOTAIL: pc レンジ~1MHz)観測するという波動観測の目的に対して電磁的干渉など悪影響を与えないようにすることが求められます。このために電場チームでの検討経過は、あけぼの VLF (PI: 木村磐根先生)、PWS(PI: 大家寛先生)、ジオテイル PWI (PI: 松本紘先生) のチームに随時報告するなど、リエゾン係としてチーム間の相互理解に努めてきました。特に、ジオテイルの構造と運用環境を考えると、プローブ先端の球殻内にアンプを入れる方式ではなく、プローブアンテナという構造にすることがベストであると考え、これらを議論するために U.C. Berkeley の Mozer 先生を訪れ、直接、ご教示いただいたこともあります(写真2)。その結果、日米の電場及び波動の共同研究者間で了解が得られました。これまで両衛星ともプローブシステムの運用において設計通りの性能を示しており安堵の念でいっぱいです。

あけぼの (EXOS-D) プローブシステムが正常に磁気圏電場を計測できることが確認され、本格的な観測に入った 1989 年 3 月の運用時のこと、Quick Look(QL)チャート上に 10 分程度、非常に強い盛り上がりが見られ、似たような現象が数日間続きました。これが有名な“1989 March Giant magnetic Storm”のシグナルであり、3月13日~17日の間、中緯度まで後退したプラズマポーズ外縁に  $50\text{mV/m}$  を超える電場が発生していたのです(論文1参照)。この現象の発見に役立った QL システムは早川先生と松岡院生が作成されたものであり、いち早く研究に着手できたことは幸いです。

1991年6月、カナダ British Columbia 大学におけるシンポジウムには、ワシントン経由で参加しました。ワシントンでは Mario Acuna 先生の研究所にてジオテイルの磁場観測装置 MGF の較正を行うことが目的です。山本達人先生、塩川和夫先生らと MGF を梱包したトランクを手荷物として持っていったのですが(写真3)、ワシントン空港にてトラブル発生。国内線への通関において検査

官がX線検査および開梱して目視検査するという。NASA 認定の精密電子機器なので応じられない、などと押し問答しているうちに搭乗時刻が過ぎ、移動式のタラップが動き始めたのです。驚いて搭乗カウンターに行き事情を説明したところ、開梱するが最後のカバーは外さないでチェックしたとすることで折り合いが付き、タラップも戻ってくるなど冷や汗ものでした。

ジオテイルの運用観測においては、磁気圏境界や太陽風中の dc 電場、90V にも達する衛星電位、MHD 波、LHD 波、BEN, ESW をはじめとするほとんどの磁気圏波動の観測に役立ったと思います。このプローブアンテナと電場計測システムの概要は電子情報通信学会等で公表されております（技術資料 1、2）。JAXA で進行中の E R G 衛星や日欧で進行中の MMO 衛星にも、ジオテイルで開発されたプローブシステムの改良版が採用されていますが、プロジェクトの成功を祈っております。最後に、観測装置の開発から運用、データ解析、論文発表まで通して研究する機会を与えていただきました関係の皆様へ深く感謝しお礼を申し上げます。

(論文 1) T. Okada, H. Hayakawa, K. Tsuruda, A. Nishida, and A. Matsuoka, EXOS-D observations of enhanced electric fields during the Giant magnetic Storm in March 1989, J. Geophys. Res., Vol.98, No. A9,15,417-15,424,1993

(技術資料 1) 岡田敏美, 早川 基, 松岡彩子, 石坂圭吾, “2-3 電界計測”, S4 群 宇宙・環境・社会, 5 編 宇宙エレクトロニクス, 電子情報通信学会知識ベース  $\beta$  版, URL <http://member.ieice-hbkb.org/portal/>, 2011.

(技術資料 2) 岡田敏美 招待講演 “衛星搭載プローブシステムの開発による磁気圏波動の広帯域観測”, 電磁界理論研究会資料, EMT-11-139, pp.69-81, 電気学会, 2011.



鶴田研究室(相模原)にて



U.C.Berkeleyにて



ワシントン空港にて