

ジオテール衛星とデータセンター

東京大学 星野真弘

ジオテール衛星計画における数々の成功の物語の中で、データ構築および公開について、当時の様子を書き記しておきます。私は、LEP 観測機器のリカバリーの直前に「企画情報解析センター」に助教授として所属することになり、ジオテール計画の末席メンバーとして、データセンターの立ち上げに携わることになりました。しかし、私は学生時代に西田研に所属していたものの理論シミュレーション研究で学位を取得したため、衛星データは実のところ余り良く知らないままにセンターの仕事をするようになったのです。衛星から取得された生データが、どのようにして観測機器のPIによって処理され、その処理されたデータが最終的に科学成果として論文に使われるかは表面的にしか理解してなかったかと思います。こんなデータの素人さんが、宇宙研のX線天文衛星、太陽衛星、そしてジオテールなどの磁気圏衛星データ公開に向けてデータセンターを立ち上げるようになったのですが、その時の様子についてジオテールに関連したところを書き留めておきます。

さてジオテールが成果を挙げる事が出来た理由は、なんとと言ってもLEP粒子計測で取得された速度分布関数を最大限に活用したサイエンスが花開いたからではないでしょうか。特に、磁気圏尾部での磁気リコネクションによるプラズマ加速、磁気圏対流運動やプラズモイド形成、磁気圏境界面における太陽風プラズマと磁気圏プラズマの混合、バウショックや惑星間空間衝撃波での加速や地球の電離大気散逸などについて数多くの研究成果が挙げられました。(たぶん西田先生がジオテール計画を立案されたときには予想もしなかった新しい方向性をもった研究が展開されたのではないかと思います。)磁気圏物理の醍醐味は、無衝突系におけるプラズマの振る舞いであり、太陽風となって惑星間空間に流れ出した太陽大気が、地球磁気圏の磁場やプラズマと相互作用して、オーロラや磁気嵐を生み出すというシステムの理解から始まって、この太陽地球系の理解をもとに広大な宇宙での普遍的プラズマダイナミクスを解明することです。ジオテール衛星では、磁気圏におけるミクロな物理とマクロな物理が競合する様々なプラズマ現象の謎の紐解きがおこなわれましたが、速度分布関数はその謎解きの要の物理量です。

データセンターの仕事としては、宇宙研の衛星データを世界中の研究者に使ってもらうことですが、ジオテールのデータ公開では、ユーザーフレンドリーな形で速度分布関数のデータを世の中に送り出すのが大切で、これが実現すれば磁気圏物理研究に新しい旋風を巻き起こすことになると考えていました。実際ジオテール衛星の成果が出始めると、世界中の研究者から熱い視線がLEPのデータに向けられ、1998年の名古屋でCOSPAR国際会議のビジネス・ミーティングの席で、ジオテール衛星については、従来の磁場やプラズマ密度、速度、温度に加えて速度分布関数も含めてデータ公開をする計画であることも申し上げたら、会場から拍手喝采が沸き起こったことを記憶しています。(太陽物理代表として出席していた故小杉さんが、拍手がおきるなんてすごいなあと言ってくれたのを覚えています)。

しかし速度分布関数のデータ公開には、数多くの問題がありました。まず 1998 年頃は情報テクノロジーが現在とは雲泥の違いがありました。ハードディスクが1ギガバイトあたり10万円程度、ネットワークも SINET の通信速度が 3Mbps 程度の時代です。速度空間 3 次元のデータを媒体で提供するのもネットワーク経由で送るのも至難の業です。宇宙研内でのチームメンバーですら、解析する際には一旦必要なデータを「シリウス」から WS に転送することが必要でした。またもっと厄介な問題は、速度分布関数データの信頼度です。端的にいうと宇宙空間では準中性プラズマであるべきイオンの密度と電子の密度が、単純に速度分布関数を速度空間で積分しても密度が同じではないことです。衛星の帯電などを考慮した生データからサイエンスデータへの処理は、データ処理自体が実験プラズマ物理の研究対象であり、非常に難しいデータ処理が必要です。観測装置の特性を隅々まで熟知した人（実際には向井さんと斎藤さん）しか手を出しにくいものがあり、速度分布関数のデジタルデータを公開することは簡単ではありませんでした（というようなことを知ったのはこの仕事に携わってからでした。速度分布関数のデータ公開では、データの限界を知らずに「新発見」が出ないような細やかな気遣いが必要です。）

またデータ公開にはユーザーフレンドリーな解析ソフトもセットが必要です。速度分布関数の解析ソフトには、メジャーなものとして「寺沢ソフト」とその改良版の「杉山ソフト」がありました。（私も宇宙研に赴任した際の研究準備金で、シリコングラフィックの WS を 500 万円程度で購入し、速度分布関数の 3 次元可視化ソフトを作ったりしましたが、当時はグラフィック WS が高額なこともあり、このツールはまったく普及しませんでした。）寺沢ソフトも杉山ソフトも解析ソフトとしては大変よく出来ているのですが、SUN (Sun Microsystems、当時の WS を席捲していた) の WS 用に開発されており、他の WS に移植するのは工夫が必要でした。また使い始めれば、機能的で良くできているソフトなのですが、使いこなすのに若干の訓練（練習）が必要で、国内研究者でも速度分布関数まで踏み込んだ研究をする人は少数でした。（なんとか簡単に使ってもらえるソフトを開発しようと何人かと相談したのですが、当時のデータセンターの限られたスタッフではとても出来ませんでした。）

こんな状況ですので、海外の研究者から速度分布関数のデータを使いたいとのリクエストに十分に応えることは困難でした。何とかデータは提供できたとしても、それを解析する環境を整えてもらおうとすると二の足を踏まれる方がほとんどでした。そのため、3 次元の速度分布関数をエネルギーは 1 次元・速度空間方向は 4 方向に縮約した E-t (Energy-Time) ダイアグラムを、ジオテール解析チームからリリースすることで利用してもらっていました。3 次元分布関数を詳しく見たいという野心的な研究者には、LEP の PI およびそのチームメンバーが個別にデータを提供したり、または日本に短期滞在したりして解析を進めてもらった方も何人かいたと記憶しています。（私のところにもロシアから JSPS 研究者招聘プログラムを利用して半年ほど滞在して研究を進めた人も居ましたし、フランスの研究者に必要な部分だけデータを送ってあげて共同研究をしたりしました。）だれにでも自由にユーザーフレンドリーに使えるということは出来なかったのですが、それなりに世界中の研究者には使っていたのではないのでしょうか。

さて企画情報解析センターの仕事として振り返ると、当時はデータセンターの黎明期でもあり、

X線天文衛星「あすか」「ぎんが」や太陽衛星「ようこう」のアーカイブは DARTS としてある程度完成することが出来たのですが、磁気圏衛星は特殊事情があり、世界中のすべての研究者に資する公開されたデータセンターという DARTS の目標は十分には達成でなかったように思います。しかし今日の磁気圏衛星においては、高機能化および大容量化するなかで、データセンターおよびデータ公開は日進月歩であり、例えば我が国の内部磁気圏 ERG 衛星(2016 年度打ち上げ予定)は既にデータセンターが名大 STE 研で立ち上がり着々と準備がされているようです。ジオテール衛星でスタートしたプラズマダイナミックスの研究は、米国 NASA の MMS 衛星(2015 年 3 月打ち上げ予定)に引き継がれ、また日本においてもプラズマ宇宙の理解に向けた新しいアイデアが提案されてきています。もう一度ジオテールでのプラズマダイナミックスの輝かしい研究を、世界中の仲間と共有して、(東京オリンピックをもう一度日本でというように、) 出来ると良いかと思えます。