



惑星間空間シンチレーション観測の高精度化

小島正宜（太陽圏環境部門）

太陽風は陽子と電子を主成分とするプラズマ流で、百万度を超える高温の太陽コロナが太陽重力を振り切り惑星間空間へと吹き出したものである。この太陽風観測のために多くの探査機が打ち上げられてきたが、1990年に打ち上げられた太陽極軌道探査機ユリシーズの1機を除き、他の探査機の軌道は惑星公転面付近に限られ、また太陽からの距離で見ると、ヘリオス1, 2の2機が太陽半径の60倍の距離まで近づいたに過ぎない。このように、広大な惑星間空間を吹く太

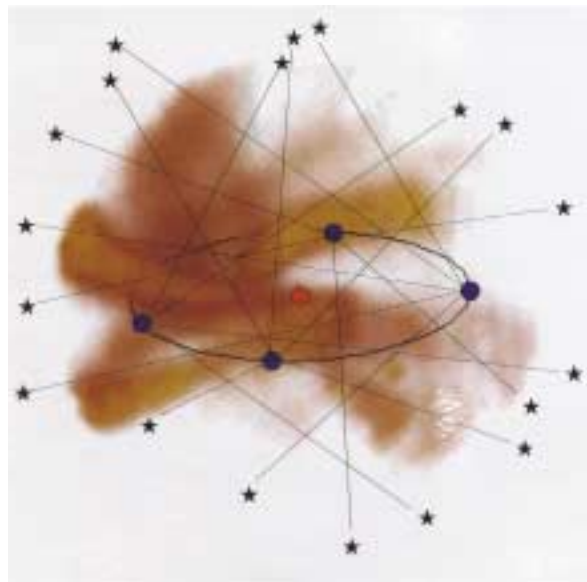


図1 トモグラフィー法の原理。太陽の自転を止め、相対的に地球が太陽の周りを27日で回転し、あらゆる方向からの電波を観測する。本図に利用した三次元の太陽風構造は、カリフォルニア大学サン・ディエゴ校のDr. B. Jacksonがトモグラフィー法を利用してケンブリッジ大学のIPSデータから作成した太陽風電子密度の揺らぎの構造である。
(<http://casswww.ucsd.edu/personal/bjackson/ipstomo.htm>)

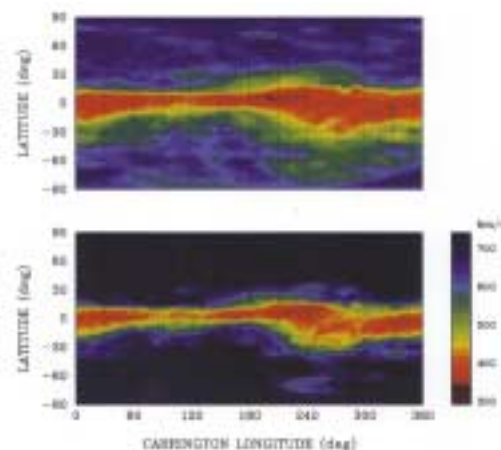


図2 1996年8月の頃の太陽風速度分布。上図は、従来の「P点近似」で求めたもので、下図はトモグラフィー解析を行った結果である。

陽風の全貌をとらえるには、打ち上げられた探査機の軌道があまりにも限られている。

太陽コロナが超音速流に加速され惑星間空間に吹き出ていく様子を調べるためには、探査機ヘリオスよりもさらに太陽に近づいた観測が必要である。フレアなどの太陽面爆発現象に伴い惑星間空間を吹き抜けていく衝撃波の様子を三次元的にとらえ、宇宙天気予報などに役立てるには、惑星公転軌道面内のみでなく、広い緯度、経度空間に、同時に多くの探査機を必要とする。多くの探査機を用いずにこのような観測を可能とするのが、天体電波を利用したリモートセンシング、すなわち惑星間空間シンチレーション（IPS）である。

惑星間空間を伝播する電波は、太陽風プラズマにより屈折・散乱され、電波強度が変動する。

この現象は、太陽風プラズマにより電波回折像が地上にできると考えてもよく、太陽風の動きと共にこの回折像も地上を動いていくので、複数のアンテナを配してこの現象を観測すれば、太陽風の速度やプラズマ擾乱の空間構造について知ることができる。このようなシンチレーション現象を起こす天体電波源は、天球のあらゆる方向に存在するので、太陽の近くを伝搬してくる電波を使えば、太陽近傍の太陽風が観測でき、また惑星公転面から高く離れた所を伝搬してくる電波を使えば、太陽の高緯度から吹き出した太陽風を観測できる。STE研が有しているIPS観測装置は、20太陽半径まで近づいて太陽風を観測でき、1日に数十個以上の電波源を惑星間空間の様々な方向で観測している。このため、広大な惑星間空間を吹く太陽風の三次元構造を、短時間で観測することができる。

このように、宇宙空間探査機にはない特長を活かして、IPS観測は活用されている。しかし、このIPS観測には、空間分解能と観測の精度に深刻な問題がある。IPSで観測されるものは、地球と電波源を結ぶ視線に沿い分布する太陽風の速度を荷重積分したものであるために、観測値はバイアスを受けており、またどの辺りを吹いている太陽風を観測しているのかについての曖昧さがある。荷重関数は、一般には、視線上の太陽風密度のもっとも濃い辺りで最大となる傾向があるので、地球と電波源を結ぶ視線上の太陽に一番近い点（P点）の辺りをIPSは観測していると近似できる（P点近似）。IPSのデータ解析は、この「P点近似」で行われてきた。しかし、ユリシーズが、これまでIPSでのみ可能だった太陽の高緯度帯から吹き出す太陽風の直接観測を始めた。太陽風加速機構の研究において、IPS観測と理論研究が共同し始めたりすると、視線積分によりバイアスを受けた観測値では役に立たなくなってきた。そこで、最近米国とSTE研の二つのIPSグループによって、視線積分の影響を除去する方法が、それぞれ独自に開発された。

米国カリフォルニア大学サン・ディエゴ校のIPSグループが開発した方法は、長基線シンチレーション観測法と呼ばれるもので、電波回折像の大きさ（約100 km 以下）よりも何倍も長い距離を離して設置された二つのアンテナを用いて観測する方法である。二つのアンテナで受信されたIPS信号の間の時間差を求めると、二つのア

ンテナの遙か上空の宇宙空間を吹いた太陽風の速度を測ることができる。視線上に、遅い太陽風と速い太陽風が同時に吹いていた場合を考える。それぞれの速さの太陽風が作り出すIPS信号は、二つのアンテナ間で異なる時間差で受信される。すなわち高速風は短い時間差で、低速風は大きな時間差で観測される。この時間差の違いは、2台のアンテナの間隔が長ければ長いほど大きくなり、高速風と低速風の速度の分離が可能となる。これが、長基線シンチレーション観測法の原理である。この方法は、米国のグループがEISCATのアンテナを用いてIPS観測中、いつも用いていた短い基線のアンテナ対が故障で使えなかったために、やむなく長基線のアンテナ対で観測せねばならなかった時に編み出された。

長基線シンチレーション観測法が利用できるのは、太陽風の吹く方向がアンテナ基線にほぼ平行な時に限られる。また、アンテナ対の距離にも制限があり、STE研で行っている観測に長基線シンチレーション観測法を用いることができない。そこで我々は、CTスキンの略称で、医学分野で人体の断面写真をとるために広く利用されている計算機トモグラフィー法を利用する方法を開発した。トモグラフィー解析法では、太陽風構造の初期モデルを作り、そのモデル太陽風で観測をシミュレートして、シミュレーション結果と観測値とを比較しながら、両者が一致するようにモデルを改良していく。曖昧性の少ない結果を得るためには、異なる方向からの複数の視線が、観測対象の中で交差することが必要である。この方法を太陽風のIPS観測に適用するには、三次元構造を持つ太陽風を、できるだけ多くの異なる方向から観測することが必要である。しかし、一日の観測データからだけでトモグラフィー解析を行うことはできない。それは、三次元空間を覆い尽くすほどの視線が得られないだけでなく、太陽風を一方から見たデータしか得られないためである。しかし、太陽が、地球から見て27日で自転することを利用すれば、様々な方向からの情報を得ることができる。それは、図1のように太陽の自転を止め、相対的に地球が太陽の周りを27日で一回りすると考えれば、太陽風をあらゆる方向から観測することができるからである。また、太陽風が太陽から惑星間空間に放射状に広がっていくこと

を利用すれば、限られた数の視線データで太陽からの異なる距離での情報も得ることができる。この解析のためには、太陽の自転に伴い太陽風の三次元構造は変化しないと仮定する必要があるが、太陽黒点活動が静かな時には太陽自転の数周期にわたって太陽風の大局的な構造は安定している。

図2の上段は、従来のP点近似で求めた太陽活動極小期の1996年8月の頃の太陽風の速度構造で、太陽面のどこからどのような速さの太陽風が吹き出しているかを示している。この速度分布図をもとに、トモグラフィー解析を行った結果を下段に示してある。この二つの図の比較から、トモグラフィー解析では、非常に鮮明な太陽風構造を求めることができるのが分かる。トモグラフィーの結果では、太陽赤道帯に沿って400 km/s以下の低速風が細い帯状に分布し、中緯度辺りで大きな速度勾配を持って700 km/s以上の高速風と接している。このように、太陽風が高速風と低速風に明瞭に分離された構造を持つのは、太陽活動極小期の特徴で、次に示すようにユリシーズの観測とも極めてよく一致する。このような構造をbimodal構造といい、なぜ太陽活動静穏期の太陽風は高速風と低速風のみからなり、500 - 600 km/sの中間速度の太陽風が希なのかは大きな謎である。太陽活動が活発になると低速風領域が高緯度に拡大し、高速風領域が縮小することは分かっているが、静穏期以外でもbimodal構造を成しているのか、また、太陽活動極大期において高速太陽風領域は消滅するのか、消滅しないなら高速風領域はどこにあるのかななどの問題は今後の研究課題である。

経度240度辺りに低速風の微細構造が現れている。このような小さな構造については、これまでのP点近似解析では自信を持てなかったが、トモグラフィーの結果に現れた速度構造とコロナ磁場の構造と比較すると非常によい一致が得られることが分かり、我々は低速風の新しいモデルを論文に発表することができた。この低速風モデルについては、別のニュースで紹介したい。

図3は、ユリシーズの観測した太陽風速度の緯度構造（実線）と、IPSトモグラフィー解析から得られた緯度構造（破線）の比較である。IPS観測が冬季には休止されるため、両者の観測時期は、半年ほど異なっている。ユリシーズは南極域から北極域までを、1994年9月から1995年7月

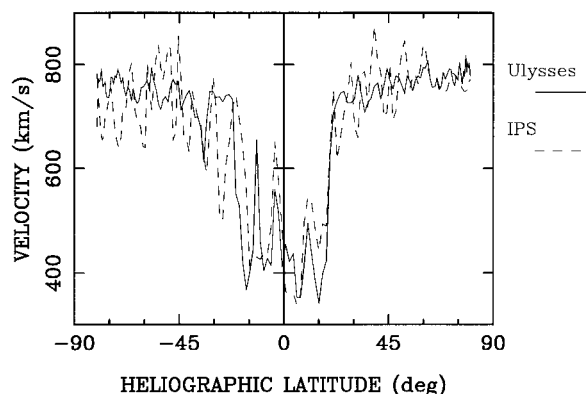


図3 太陽風速度の緯度構造。実線はユリシーズの観測データを、破線はIPSトモグラフィー解析で得られた速度図からユリシーズの軌道に沿って取り出してきた速度を示す。

まで、10ヶ月以上かけて観測しているが、IPSは、1995年4月から6月までの3ヶ月間のデータから緯度構造を求めている。図中の破線は、IPSトモグラフィー解析から求めた太陽風構造を、ユリシーズの軌道に沿って観測したと想定して求めたものである。観測時期が異なっているにもかかわらず、南半球の高緯度を除き、次のような微細構造までよく一致しているのが分かる。(1) 低速風と高速風の速度、(2) 低緯度の所々で見られるスパイク状の高速ストリームの現れ方、(3) 中緯度で、低速風から高速風へと移り変わる急激な速度勾配、(4) 北半球で、中緯度から高緯度にかけて速度がわずかに上昇する傾向、(5) 中緯度から高緯度における速度のわずかな南北半球非対称性。

このように、IPSトモグラフィー解析は、探査機と互角に勝負できる空間分解能と観測精度を持っているだけでなく、次のような利点がある。まず第一に、ユリシーズでは10ヶ月もかかった観測を、数ヶ月以内で行うことができることである。このため、ユリシーズが観測した中緯度から高緯度にかけての速度の南北非対称は、10ヶ月の間に太陽風構造が時間的に変化した結果ではないことが分かる。さらに、ユリシーズが到達した最高緯度は、80度までであり、太陽の極域から吹き出している太陽風速度については未知であるが、IPSトモグラフィー解析は、その観測を可能にする。

高速太陽風の加速がどの辺りで行われているのかを観測的に明らかにすることは、加速機構の解明に重要である。探査機ヘリオスの観測から、高速風は0.3 AUまでに加速は完了している

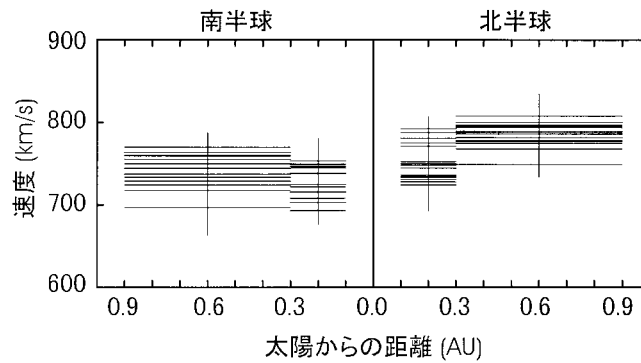


図4 太陽の南北両半球の高緯度から吹き出す高速太陽風の加速の様子。横線は、16のデータセットの各々から求めた高速風の平均速度を示し、各横線に付された縦棒は、誤差棒である。

ことが報告されている。また、米国のIPSグループは、最近の観測から、太陽風が10太陽半径以内で急激に加速されていることを報告し、これまでの太陽風加速理論に大きな衝撃を与えた。しかし、観測値のばらつきや誤差が大きく、詳細な加速の様子はまだ明確でない。そこで、我々は、IPSデータを0.3 AU以遠で観測されたものと、0.1 - 0.3 AUで観測されたものに二分し、トモグラフィ法を用いて解析を行った。1995 - 1996年の2年間のデータから、トモグラフィ解析で得た16枚の速度分布図の高速風領域の速度を平均し距離依存性を求め、図4に示した。この図は、高速風は0.1 AUまでに、700 km/s以上の高速に加速されているが、加速は完全には終了していないことを物語っている。また、解析を行った2年間にわたり、北半球の速度が南半球より高かったことも分かる。

トモグラフィ法を用いて、太陽風のダイナミクスや地球への影響の予報などを研究する日米科学協力事業共同研究が、本年より3年計画で、学术交流協定を結んでいる米国カリフォルニア大学サン・ディエゴ校、天体物理宇宙空間科学研究センターのDr. B. Jacksonのグループとの間で始まった (<http://casswww.ucsd.edu/personal/bjackson/forecast/index.html>)。本計画は、2001年末にDr. B. Jacksonらにより打ち上げ予定の人工衛星、SMEI (Solar Mass Ejection Imager: 太陽質量放出現象撮像衛星) との共同観測へと発展していく (<http://www-vsbs.plh.af.mil/projects/smei/smei.html>)。SMEIは、惑星間空間における密度分布の三次元構造を、太陽白色光の太陽風電子によるトムソン散乱を利用して観測し、我々はIPSで太陽風速度の三次元構造を観測する。また、NASAのSTEREO (Solar-TErrestrial

RElations Observatory) 計画に、Dr. B. Jacksonらは、ASHI (All-Sky Heliospheric Imager) を我々と共同提案しているが (<http://casswww.ucsd.edu/personal/bjackson/ashi.htm>)、この計画の決定は、NASAの厳しい予算事情で遅れている。

トモグラフィ解析の精度は、短期間にいかに多くの電波源が観測できるかに依存している。そこで我々は、電波受信能力が現有のアンテナの数倍を有する新しい装置、太陽圏イメージング装置の建設を計画している。本装置は、周波数327 MHzで観測できる二次元フェーズドアレイで、東西64素子、南北256素子の半波長ダイポールアレイで構成される。合計16,384本もの多数のダイポールアンテナからの信号をいかに安価な信号回路で合成するかが大問題で、我々は信号合成方法に工夫を凝らし、コネクタも安価なものを開発することから始めている。また、周辺からの電波干渉を防ぐために、アンテナ高を極力低くし、アンテナ周辺を電波シールドフェンスで囲う構造となっている。本装置が完成すれば、1ヶ月間の観測から、精度の高い太陽風構造が求められるようになる。そして、回帰性の太陽風の地球への影響を予測したり、惑星間空間を吹き抜ける衝撃波の様子を回帰性構造と分離してとらえやすくなる。

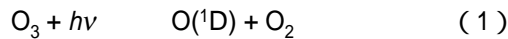
惑星間空間シンチレーションの現象が、1964年に英国ケンブリッジ大学のDr. Hewishらにより発見されてから今年で35年経つ。この間、惑星間空間シンチレーションは、探査機が観測できない領域を観測してきた。今、新たな解析法の開発により、IPSは、太陽風三次元構造を短時間に精度よく観測できるより強力な観測手段となったということである。

航空機搭載OH計測装置の開発

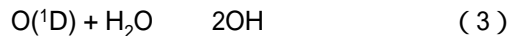
河野光彦（大気圏環境部門）

1. はじめに

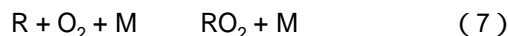
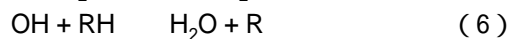
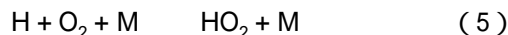
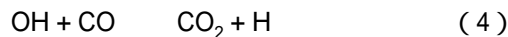
HO_xラジカル（OH, HO₂）は、対流圏の光化学で非常に重要な役割を果たしている化学種である。対流圏化学反応を捉える上で、これらの化学種の光分解や生成・消滅反応過程を定量的に把握することは不可欠である。オゾンの太陽光による光分解で、励起一重項酸素原子O(¹D)が生成する。



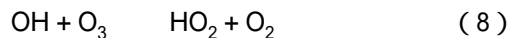
(1)の過程で生成したO(¹D)は大気中の水蒸気(H₂O)と反応し、水酸基ラジカルOHを生成する。



OHはメタン(CH₄)などの炭化水素(RH)および一酸化炭素(CO)と反応する。



また、次の反応が起る。



これらの反応により、OHはHO₂とRO₂に変換される。地球温暖化ガスであるCH₄の大気中での寿命は、(6)の反応によって決定される。HO₂およびRO₂はまた一酸化窒素(NO)、O₃、O₂と反応してOHに戻る。このように、HO_xラジカルの生成・反応過程は、対流圏光化学過程の根幹を成している。

OH, HO₂は反応活性であるがゆえに大気中の寿命が短く、OHで1秒以下、HO₂で数分のオーダーである。したがってOH, HO₂の大気中の定常濃度は非常に低く、測定が困難である。この大気中のOH, HO₂の検出装置の開発は世界でいくつか

のグループが取り組んでいるが、ようやく確からしい対流圏での測定値が出始めているところである。本研究ではレーザー誘起蛍光法を測定原理としたOH, HO₂の計測装置で、特に航空機に搭載可能な比較的コンパクトなものを目指して開発している。航空機に搭載して、他の大気成分(NO_x, NO_y, O₃, CO, H₂O, エアロソルなど)との同時観測を行うことで対流圏光化学過程を定量的に検討することができ、不均一反応や航空機排ガス、バイオマス燃焼、雷などが大気に与える影響を解明することができる。

2. 測定原理

対流圏では、OHの濃度は1 cm³あたり10⁶個のオーダーである。したがって、先に述べたような対流圏の光化学過程の解明の研究に用いるためには、60秒程度の積算時間で、1 cm³あたり10⁵個のOHラジカル濃度を測定できる性能が必要である。これは0.003 pptvに相当する。大気中のOHラジカルの測定法としてイオンアシスト質量分析法、長光路吸収法、レーザー誘起蛍光法、放射性的¹⁴COの酸化速度を測定する方法などが提案されている。本研究では、このうち感度が高く、直接OHを測定できるレーザー誘起蛍光法を採用した。大気成分測定にレーザー光源を利用すると、次のような性能が発揮される。

- ・指向性がよく、高強度である。
- ・単色光である。
- ・短パルス光である。

OHラジカルの検出には、紫外波長域のOHの電子遷移A²Σ⁻ X²Πの一つの回転線に高分解能の波長可変レーザー光を同調してOHを電子励起



実験の様子。レーザー（左）と蛍光セル（手前）。

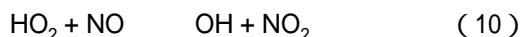
し、OHの励起状態からの蛍光を光電子増倍管で検出し、その蛍光強度からOHの濃度を求める。この蛍光の自然寿命は700 ns程度である。OHの単一の回転遷移線を効率よく励起するために、レーザー光の波長分解能はOHの常温でのドップラー幅 (0.1 cm^{-1} 程度) が必要である。

OHラジカルの測定限界 $[\text{OH}]_{\text{min}}$ は以下の式で表される。

$$[\text{OH}]_{\text{min}} = \frac{S/N}{2\sqrt{t}} \times \frac{\sqrt{S_{\text{BG}}^0}}{C_{\text{OH}}^0 \sqrt{I_L}} \quad (9)$$

ここで I_L はレーザー光強度で単位はmWを用いる。 C_{OH}^0 は、単位レーザー光強度の時、単位濃度のOHに対して、単位時間に光電子増倍管で検出されるOHの蛍光の光子数である。単位は $(\text{count s}^{-1}) \text{ mW}^{-1} (\text{OH cm}^{-3})^{-1}$ である。 S/N は信号とノイズの比 ($= 2$)、 t は積算時間 ($= 60 \text{ sec}$)、 S_{BG}^0 は単位レーザー光強度の時の背景光 (background) 強度、単位は $(\text{count s}^{-1}) \text{ mW}^{-1}$ である。背景光にはセル内の壁による散乱、試料気体によるレーザー散乱が考えられる。

大気中のHO₂ラジカルの検出には、NOを添加して次の反応でOHラジカルに変換し、レーザー誘起蛍光法で検出する。



HO₂ラジカルの大気中の濃度はOHの10 - 100倍ほど高いので、この方法で測定できる。

3. 装置の概要

我々が製作した試験装置の概略を図1に示す。波長可変レーザー光源として、半導体レーザー励起のYAGレーザーで励起した色素レーザーを用いた。この色素レーザーの波長616 nmの出力光を倍波発生結晶 (BBO) に通し、第二高調波の308 nmを得た。励起レーザーの候補として銅蒸気レーザーもあるが保守性に問題があるので、全固体の半導体レーザー励起YAGレーザーを選択した。レーザー光を蛍光セルに導き、ピンホールを通してセル内に導入した大気試料に照射する。蛍光セルは、メカニカルブースターポンプとロータリーポンプの組み合わせで排気している。ピンホールの内径が1 mmで、セル内の圧力は2 Torrである。蛍光を集光して光電子増倍管で検出し、光子計数器で光電子パルスを計数し

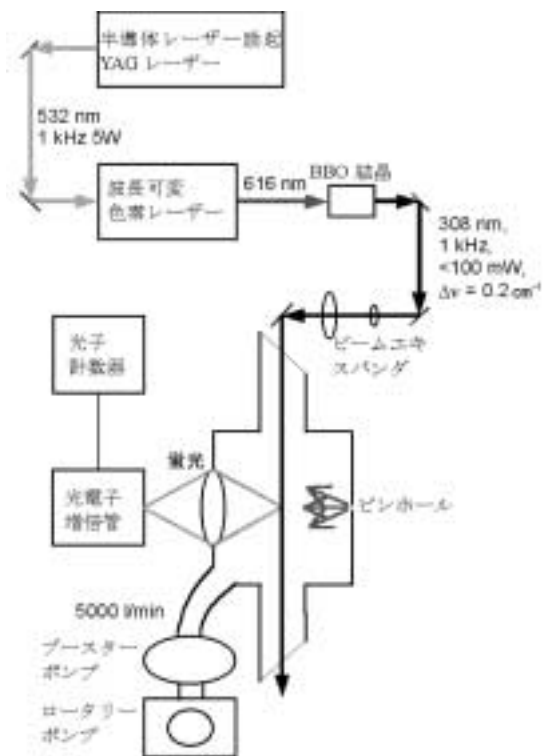


図1 OH測定装置の概略図

ている。

White型光学系の長光路吸収測定装置を製作し、装置の感度を校正した。OHの絶対濃度を吸収法で測定し、同時にレーザー誘起蛍光強度を測定することにより感度校正を行った。水蒸気を含む高純度窒素ガス (1気圧) に水銀灯の185 nmの光を照射して、OHラジカルを発生させた。レーザー光の一部を分けて、多重反射セルに導入した。ミラーの間隔は1 mで、多重反射は50往復で実効光路長は100 mである。多重反射セルに入る前と後のレーザー光強度をフォトダイオードで測定して、OHの吸収強度を測定した。この光路長では、OHの濃度を1 cm³あたり10¹⁰ - 10¹¹ 個まで上げないと吸収が測定できない。吸収を測定している領域の1気圧の気体が、ピンホールを通してレーザー誘起蛍光セル (LIF cell) へ流入するようにした。

4. 結果

図2に吸収と蛍光の同時測定を行ったスペクトルの一例を示す。上が多重反射セルの透過率スペクトルで、下がレーザー誘起蛍光のスペクトルである。横軸は掃引したレーザー波長である。図2に現われている強いピークはOHのA²Σ(v = 0) - X²Σ(v = 0)のQ₁(2)の回転遷移であり、弱いピ

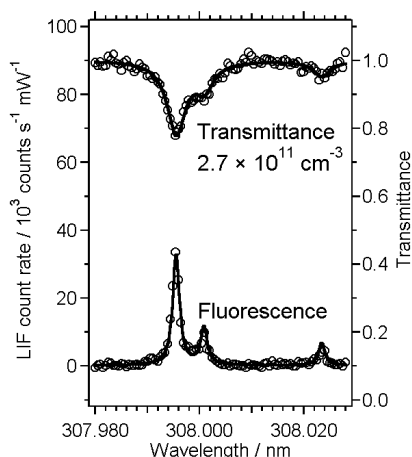


図2 開発しているOH計測装置の測定結果横軸はレーザー波長。上のスペクトルは多重反射で得られたOHの吸収スペクトル。これからOHの絶対濃度が 2.7×10^{11} 分子/cm³と算出される。下はレーザー誘起蛍光スペクトル。

ークは $Q_{21}(2)$ の回転遷移である。OHの回転線の吸収断面積は分かっているので、吸収強度から絶対濃度を求めた。その結果、図2の場合は 2.7×10^{11} 個 cm⁻³と求められた。レーザー誘起蛍光

測定ではOHの濃度が高いので、レーザー光強度を減光フィルターで1000分の1程度に落として測定して、光子計数のパイルアップを防いでいる。この装置ではレーザー光強度1 mWあたりの感度計数は、 $1.2 \times 10^{-7} (\text{count s}^{-1}) (\text{mW}^{-1} (\text{OH cm}^{-3})^{-1})$ と計算される。レーザー光強度を5 mWにしたときの感度計数は、 $6 \times 10^{-7} (\text{count s}^{-1}) (\text{OH cm}^{-3})^{-1}$ となる。また、背景光の強さは $4.8 (\text{count s}^{-1}) (\text{mW}^{-1})$ であった。これらの実測値から計算したOHラジカルの測定限界 $[\text{OH}]_{\text{min}}$ は60秒積算でレーザー光強度が5 mWの時、 $[\text{OH}]_{\text{min}} = 3 \times 10^6$ 個 cm⁻³である。現在、感度をさらに上げるため装置の改良を行っている。

5. おわりに

現在は、同じ原理の装置でNO₂濃度測定装置の開発も行っている。詳細は、松見研究室のホームページをご覧ください。(<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/ste-www1/div1/matsumi/>)

A Memorable Visit to Solar-Terrestrial Environment Laboratory

C. Z. Cheng, the Division for Visiting Scientists

With the kind assistance of Prof. Tatsuki Ogino I arrived in Toyokawa on March 31, 1999 to begin my visit to the Solar-Terrestrial Environment Laboratory (STEL), Nagoya University as a visiting professor. My stay at STEL has been very enjoyable, particularly with regard to the many memorable and lively interactions with the STEL staff and students. Nishitani-san and the secretaries (Noda-san, Okada-san, and Yamada-san) were all very helpful in helping me settled comfortably in Toyokawa. Moreover, this longer visit has given me the time and opportunity to learn Japanese and experience the culture more deeply, and it has provided me a great opportunity to get acquainted with the Japanese space physicists. Time has passed quickly, and it seems that just as I was becoming accustomed to life in Japan. It is now time for me to go.

One of my research projects involves the study of the mechanisms responsible for the onset of the substorm expansion phase. There are two divergent theories in the space plasma physics community regarding this important issue: one theory is based on a model of kinetic ballooning instability and subsequent plasma turbulence which cause the current disruption and

substorm expansion of the near-earth plasma sheet; the other is based on the near-earth neutral line model and postulates that the substorm expansion phase is caused by magnetic reconnection in the near-earth plasma sheet.

The AMPTE/CCE observations of magnetic field data during substorms help to identify a low frequency instability which is excited before substorm onset and continues to evolve and develop into a plasma turbulence phase during the expansion phase. The AMPTE/CCE data of the low frequency instability is best explained in terms of the kinetic ballooning instability which requires the kinetic effects of finite Larmor radii and trapped electron dynamics. On the other hand, the magnetic reconnection process in the near-earth plasma sheet region must produce observable high-speed earthward plasma flows perpendicular to the field lines both before and during the substorm expansion phase. The near-earth neutral line model advocates have been arguing that the existence of high speed flows is confirmed by the bursty bulk flows (BBFs). My discussions of these issues with the Japanese physicists working with GEOTAIL data lead me to conclude that the evidence

does not support the theory of perpendicular earthward flows within 30 earth radii from the earth in the night side region. A more detailed analysis indicates that earthward flows consist of either field-aligned ion beams or some other type of MHD perturbation without significant B_z flux.

Another research topic of mine involves the improvement of a previously developed 3-D magnetospheric equilibrium code (MAG-3D) by

employing boundary conditions and plasma pressure profiles based on satellite observations, the Tsyganenko magnetic field model, and/or MHD simulations. In addition to my collaboration with Mukai-san of ISAS on the plasma pressure profile based on GEOTAIL observations, I was also aided by the many useful discussions I had with Ogino-san on this research topic. I expect to continue this collaboration after I return to Princeton Plasma Physics Laboratory.

ROSTOKER-SENSEI ARRIVES at STEL

Gordon Rostoker, the Division of Integrated Studies

At the end of September, I arrived in Toyokawa where I will be a Professor and Head of the Division of Integrated Studies for the next few years. I have fond memories of my stay at STEL during the summer of 1996 and I am very happy to have the opportunity to come back here and work as a colleague and a teacher with members of this laboratory. I know that, as a senior member of the Japanese community, it will be my job to help facilitate space research involving colleagues in many institutions across the country and I look forward to this challenging task.

Like many of the researchers who come to work at STEL, I am interested in the study of magnetospheric substorms. As the Principal Investigator of the Canadian Space Agency's CANOPUS Program, I have been able to help in making CANOPUS data available in near real time to researchers around the world. Many of you may enjoy going to the World Wide Web and connecting to:

<http://www.space.ualberta.ca/canopus.html>

where you can see the development of substorm activity in near real time along with a prediction of the risk of large activity in the immediate future. It is wonderful to be in this local time zone where, in the middle of the afternoon, you can sign on to the CANOPUS web site and see the development of substorm activity in the midnight sector.

My initial research at STEL will concentrate on the very controversial issue of the importance of bursty bulk flows (BBF's) in providing the energy for substorm expansive phase activity. A major question in my mind is whether BBF's represent temporal or spatial features. Are they sudden bursts of earthward convective flow whose lifetime informs us of how

long the source was turned on? Or, are they spatially localized flows which are there almost all the time and are swept past the observing satellite during times of substorms? I hope that a combination of Geotail and ground based magnetometer array data will help to answer that question during my early months at STEL.

A second problem which has interested me greatly in recent years is the question of being able to predict times of strong magnetospheric activity. The ability to predict "space weather" is also the primary goal of the Geospace Environment Data Analysis System (GEDAS) which has been developed recently by the research staff at STEL. I hope to be able to contribute my experience in space weather studies to help develop GEDAS further in terms of its capability to contribute to the overall world wide effort in trying to predict episodes of strong activity. If this effort is successful, it will provide a wonderful example of basic research results being translated into technological benefits for society.

In my capacity as Head of the Division of Integrated Studies, I hope to be able to lead a research effort which will maintain the strong reputation of STEL around the world. While I have only just begun my tenure at STEL, I have had the experience of many visits to Japan since my first trip in 1973. Over the 26 years since that first visit, I have had working relationships with many Japanese researchers that will permit me to better lead a research operation in this country. I will do my best to learn your language, but you can expect "Nihongo wakarimasen" for at least the first while. In the meantime, I am happy to be here in your community.

1999年6月14日から20日にかけて米国コロラド州ボルダーでSHINE99ワークショップと、それに関連する研究会が開催された。これらに参加してきたので、ここでその報告をしたい。

SHINEとは（もちろん「日光、照り」という意味の英単語なんだけど）、Solar, Heliospheric & INterplanetary Environemntを略したもので、そのワークショップの目指すところは宇宙天気予報（Space Weather Predictions）その中でも特に太陽から惑星間空間までに焦点をおき予報精度の向上につながるような研究を奨励することにある。今回のSHINEワークショップは、その初回である。

SHINE99ワークショップのことを聞いたのは、1998年10月、米国ナンタケット島で開催された第9回太陽風会議に参加している時のことだった。丁度、STE研にきてから始めたIPS観測による太陽風擾乱の研究に関して結果が出始めた頃だったし、その年、客員教授としてSTE研に着任されたProf. Ananthakrishnanの影響もあって、このSHINE99ワークショップに興味を持った。また開催地がボルダーであることも、私にとって魅力を感じた。というのも、かつて郵政省通信総合研究所（CRL）で宇宙天気予報プロジェクトに従事していたとき、ボルダーという地名はよく耳にした地名であるが、まだ一度も行ったことがなかったからである。しかし、先立つ物（旅費）との相談もあるので、当初は「いけるといいな」程度であった。それが現実味を帯びてきたのは、今年度から私たちの研究室を中心に日米（STE研-カリフォルニア大学サン・ディエゴ校：UCSD）の共同研究がスタートすることが確定したからであった。

SHINE99ワークショップ研究会への参加を決めている準備を始めたが、一番困ったのは会議の詳細なプログラムの通知が遅かったことである。したがって航空券の手配の際、大ざっぱな会議の情報に頼らざるを得ず、名古屋出発を6月14日としたが、これは本当は前日にした方がよかった。つまり、事前に手にしていた情報では、14日の夕方に現地に着すればいいだろうと思っていたが、詳細なプログラムが届くと、

到着前にいくつかの重要なイベントがあることが判った。幸いだったのは、National Oceanic and Atmospheric Administration（NOAA）のDr. Murray Dryerが私の到着が遅れる事を聞いて、ポスターを貼っておいてやろうと言ってくれたことである。その好意に甘えて出発前にポスターのPSファイルを彼にe-mailで送っておいた。

さて前置きが長くなったが、14日、新装オープンして間もない名古屋空港の国際線ターミナルから、一路米国へ旅立つことになった。私が乗ったのはDelta航空で、名古屋からまずポートランドへ行って、入国審査後、ソルトレイクを経由してデンバーまで飛んだ。名古屋 - ポートランドは、6月なので若いカップルで満席状態。ポートランド - ソルトレイクの機内では、となりの席にいた年輩の日系男性が英語混じりの日本語で話しかけてきた。孫が高校卒業なので会いに行くとのこと。ご本人は、日本語を忘れてしまった、と嘆いていたが、どうして流暢なものであった。最終のデンバー空港へ到着したときは、もう夕方の6時過ぎであり、すぐさまボルダー行きのSuper-Shuttleに乗って、SHINE99ワークショップが開催されるリーガル・ハーベスト・ハウス・ホテルへ急いだ（Super-Shuttleの情報も、事前にDr. Dryerが教えてくれた）。ホテルへ着くまで1時間ぐらいたったが、その途中、ずっと雷がピカピカ光っていて、時折激しい雨が降った。同じShuttleに乗り合わせたワークショップ参加者によると、その雷雨のためデンバー空港への着陸に、随分時間がかかったそうである。

ホテルチェックイン後、早速ポスターセッション会場に行って、既に自分のポスターが貼られているのを見つけ、一安心。その場にいたDr. Dryerに礼を言ったあと、持参したポスター（直前にちょっと改訂した）に貼り替えた。安心すると腹が空いてきた。ところが、会場にはもうほとんど食事が残っておらず、そのため会場にいる人はまばらである。昨年、STE研に滞在し、現在はHigh Altitude Observatory（HAO）にいるDr. Balaもワークショップに参加していたので、彼女に近所のマクドナルドを教えてもらい、そこで空腹を満たすことができた。

一晩寝て、15日からはワークショップ本番である。ワークショップは、次の四つのセッション；1) CME (コロナ質量放出現象) Genesis, 2) CMEs: Solar Signatures and Geoeffectiveness, 3) Solar Wind Propagation, 4) Energetic Particlesから成っていた。15 - 16日に1)と2)のセッションがジョイントで行われ、16 - 17日は3)と4)のセッションが平行で行われた (Tutorial talkは合同)。参加人数は80名ぐらいであろうか。当然ながらほとんどが米国からの参加者で、わざわざこのために海外から参加した者は少なかった。日本人参加者は私一人。講演会場はさほど広くなく、最前列のテーブルと講演者は接するほどである。当然、席は満杯で、熱気ムンムンといった状況だった。が、気温の上ではちっとも暑苦しくない。むしろエアコンが効きすぎて、室内は肌寒く感じるほどだった。というのも、当時のボルダーはずっと天候が悪く、低温だったからである。このことはコロラドの抜けるような青空を期待していた私にとって、とても意外なことだった。しかし寒いと思っていたのは、もしかして私を含めてごく少数かもしれない。何故なら、多くの参加者は半袖シャツを着て、氷の入った水をガブガブ飲んでいたのである。

話をサイエンスに戻そう。SHINE99ワークショップでの講演を聞いていて感じたのは、CMEの観測や太陽風擾乱の数値計算について以前よりかなり進んできたことで、かつては絵空事に思えた太陽 - 惑星間空間の予報も近い将来には不可能でもないと思わせる (錯覚?) ほどだった。また、手前味噌で恐縮だが、我々のIPS観測の利点を理解している研究者が増えたのも、最近感じることである。宇宙天気予報のための太陽風モデルを改良するには、短時間で太陽圏のさまざまな点での観測が必要である。ある研究者は、そのために米国は将来、数十個のマイクロ衛星を太陽圏に同時に打ち上げるミッションを考えるべきだと言っていた。IPS観測は得られるパラメータは限られるが、短時間での三次元観測能力はマイクロ衛星計画に匹敵する。この点を活かして、興味を持っている研究者と共同で何かできるのでは、との期待を抱くこともできた。

SHINE99におけるポスター発表の他に重要な仕事として、UCSDのDr. B. Jacksonと共同研究の打ち合せをすることになっていた。彼は2日目午後によろやく姿を現し、IPSデータを準リアルタイムでUCSDへ送って処理する計画などについて

話をする事ができた。STEREO計画などで多忙な彼は、3日目の夜にはUCSDへ帰ってしまった。

SHINE99の会議でユーモラスだったのは、Summaryの際、Energetic ParticlesのセッションのChairperson, Dr. J. Feynmanが額にテープを貼って出てきたことである。「私たちのセッションでは、まとめをするにあたって激しい議論があった」とのこと。テープはその時の傷(?)らしい。当然、ジョークである。

18日には、場所をコロラド大学に移して、SHINE99-Coupling, Energetics, and Dynamics of Atmospheric Region (CEDAR)-Geospace Environment Modeling (GEM) のジョイントワークショップが開催された。コロラド大学までは、徒歩で15分ぐらい。この頃になると天気もよくなり、青空の下、コロラド大のきれいなキャンパスを見ながら快適な散歩を楽しんだ。会場に行ってみると、どこかで見た人がいる。それは、STE研の野澤さんだった。CEDARワークショップに参加していたそうで、他にも日本からの参加者は5人ぐらいいるという (SHINEとは、エライ違い)。ジョイントワークショップの講演は、太陽圏関係は最初の一つのみ。それ以降、磁気圏-電離圏-熱圏結合の話が夕方まで続いた。午後3時頃、さすがに退屈になったので話を聞くのをやめて、HAOを見学することにした。HAOまでの道のりは、Dr. Balaが案内してくれた。太陽関係の研究室 (3階) をちらりと拝見したが、整然としているのが印象的だった。HAOの図書室では、かねてから探していた二つの論文を見つけ、コピーをとらせてもらった。

一連の会議の最終日 (19日) は、NOAAの宇宙環境センター (SEC) で行われた。18日同様、SHINE-CEDAR-GEMのジョイントであるが、参加者はぐっと減って約30名ぐらい、日本人では私の他CRLの石井さんが参加していた。ワークショップのタイトルは、“ Killer Electrons: Solar-Heliospheric Connections. ” したがって、SHINEからの参加者が多い。会議では、高エネルギー粒子 (プロトン現象) と太陽風の関係などが議論された。SECの建物は、最近、新築されたそうで、引っ越して間もないとのこと。会議が始まるまでの短い時間を使って、新装成った予報センターを見学させてもらった。

午後は、会議もすべて終わったので、Dr. H. Coffeyにロッキーへ車で連れて行ってもらった。途中、Boulder Creekを経由したので片道2時間半、

往復で5時間の長いドライブとなった。ずっと運転をしていたDr. H. Coffeyは、とても疲れたらうと思う。ただただ、感謝あるのみ。おかげで、ロッキーの大自然を満喫することができた。標高3595 mの山頂には残雪があり、空気の薄さを感じた（私はユングフラウにも登ったので、残るはヒマラヤだ）。ドライブの途中見た景色は以前私が住んでいた北海道にどこことなく似ていた。ボルダーに帰ってきてDr. H. Coffeyに礼を言って別れた後、夕食を済ませたときには、すっかり夜遅くなっていた。

このようにボルダーの6日間は、あっという間に終わった。その間、サイエンスの上でいろいろな刺激を受けることができた（たまには、時差による眠気に負けて居眠りをする事もあったが）。少し残念だったのは、ボルダーの街の中をじっくりと見て廻る時間がなかったこと。これは次の楽しみにとっておこう。今回の旅で、もう一つよかったことは、いろいろな国の料理を味わえたこと。インド、メキシコ、イタリア、タイなど。Dr. Balaのおかげである。

20日早朝、ホテルを離れ、Super-Shuttleでデンバー空港へ、そこからソルトレイク、ポートランド、名古屋と、来た時と逆に飛行機を乗り継いで帰る。そこで一つハプニングが起きた。それはデンバーからソルトレイクへ向かう飛行機が着陸体勢に入った頃である。突然、スチュワーデスが頭を低くして、手を前のシートの背につけると乗客全員に言ってまわり始めた（いわゆる耐衝撃姿勢）。言われるままに待つことしばし。着陸には特に変わったことはなかったが、飛行機は滑走路に降りるなりエンジンを切って止まってしまった。そのうち消防車や救急車がやってきた。機長のアナウンスによるとエンジンの火災ランプが点灯したらしい。後で、これは計器の誤動作と判ったが、着陸時には機内では歓声が上がり、中には涙を浮かべて抱き合う人もいた。とにかく緊張の一瞬であった。

長いフライトを終えて名古屋空港へ到着したのは21日午後4時頃。今回の旅では多くの人にお世話になったが、その人たちに感謝しつつ、豊川へ向かうバスに乗った。

▶ STELニュースダイジェスト

第1回 アジアエアロソル会議（AAC）盛況に終わる

第1回アジアエアロソル会議が、第16回エアロソル科学・技術研究討論会と同時にルブラ王山（名古屋市千種区）で7月27日から29日まで開催されました。この国際会議では、韓国・中国・台湾・タイなど、東アジア地域やヨーロッパ・アメリカからも「エアロソル」をキーワードに研究者が集い、活発な研究交流が展開されました。国内学会の参加者なども含めると300人近くが集まり、このうち約7割が国際会議にも参加していました。最近の東アジアでの研究情勢を知る上で非常に有益な会議でした。

ノルウエー北極観測基地での保守作業

1999年7月に、ノルウエー極地研究所の観測棟の新設にともない、観測装置の移動と、屋外に設置している二次元アレーアンテナの保守とケーブルを整理する作業が行われました。ノルウエー極地研究所は、北極スバルバル地域域のニールスン（地理緯度79度、地磁気緯度76度）にあり、太陽地球系エネルギー国際共同研究（STEP）プロジェクトの地上観測の一環として、1991年よりイメージングリオメータ観測が続けられています。この観測による電離層吸収現象や、ISTP

衛星、HFレーダデータの解析を通した、太陽風エネルギーの磁気圏への流入と、これに伴う電磁氣的ダイナミクスの解明が期待されています。

ブラジル磁気異常帯でのエネルギー粒子降下観測

1999年7月に、ブラジル磁気異常帯でのエネルギー粒子の降下を観測しました。それは、ブラジルのサンタマリア大学サンマルチーノ観測所に設置している、リオメータ、ELF/VLF、光学観測装置を用いて行われたものです。得られたELF/VLF観測データから、ブラジル特有の粒子降下と思われる現象が見られ、現在、関連データを集めたり、サンタマリア大学共同研究者と活発な議論がなされています。

太陽風観測施設一般公開

8月7日、当研究所の木曾観測施設（太陽放射粒子観測装置）と、東京大学木曾天文台の一般公開が行なわれました。夏休みで家族連れが多く、約100人の見学者がありました。環境問題に興味があっても、太陽地球系の「環境」の話聞くのは初めてという方が多く、たくさんの方に興味を持ってもらえたと思っています。

夜間大気光観測キャンペーン

東北大学、新潟大学、京都大学、郵政省通信総合研究所と共同で、夜間大気光の国内集中観測が8月に2回実施され、当研究所は超高層大気イメージングシステム (OMTI) を用いて観測に参加しました。1回目のFRONTキャンペーン (8月4日 - 15日) では、熱圏の大規模大気波動の伝搬過程を明らかにする目的で、北海道陸別町、滋賀県信楽町、沖縄県国頭村に設置した630 nm大気光イメージャーで連続観測を行いました。2回目の集中観測 (8月16日 - 19日) では、京都大学MUレーダーでスプラディックE層に伴う電子密度不規則構造を観測するとともに、この構造の成因と考えられている短周期大気重力波を、信楽に設置した557.7 nmとOH大気光イメージャーで観測しました。両集中観測ともあまり天候に恵まれませんでした。興味深い現象がいくつか観測され、今後の詳細な解析が待たれています。

BIBLE-B航空機観測を実施

8月30日から9月14日まで、BIBLE-B (Biomass Burning and Lightning Experiment phase B) 航空機観測が実施されました。BIBLEは、熱帯アジアにおけるバイオマス燃焼や雷活動がオゾンへ与える影響を評価することを目的としています。今回のBIBLE-Bでは、オーストラリアのバイオマス燃焼の影響と、南半球熱帯域の大気成分の分布を明らかとするための観測が行われ、多くの興味深い結果が得られました。このプロジェクトで、当研究所はサイエンスの統括と窒素酸化物等の測定を担当しています。なおBIBLEは、宇宙開発事業団を中心として実施されている国際観測プロジェクトです。ご関心のある方は、BIBLEホームページ <http://www.eorc.nasda.go.jp/AtmChem/GLACE/bible/BIBLE.html> をご覧ください。

スペースシミュレーション研究会開催

今年も、当研究所主催のスペースシミュレーション研究会を、8月30日、31日の2日間、名古屋大学大型計算機センターで開催しました。全国からスペースプラズマのシミュレーションを行っている研究者約40名が集まり、太陽・原始星フレア、水星ミッション、宇宙飛翔体のプラズマ環境および磁気リコネクションに関するトピックスを招待講演として取り上げて議論を深めたのを始め、非線形波動やサブストームなどの理論・シミュレーションに関する研究発表と活発な討論が行われました。今回特に注目されたのは、スペースプラズマの大問題である磁気リコネクションのメカニズムと粒子の挙動に関して、最新のシミュレーション結果と、Geotailなどの衛星のデータの比較に基づいた議論が行われたことです。スペースプラズマの分野に

においても、理論モデルの観測面からの検証が着実に進んでいます。名古屋大学大型計算機センターでは今年末に、新しいスーパーコンピュータ、Fujitsu VPP5000/56の導入が予定されていて、来年からはさらに大規模なスペースシミュレーションが可能となるものと期待されます。

異動

[招聘客員研究員]

1999.4.1 - 2000.3.31	客員教授 (併任)	渡部重十 (北海道大学 教授)
1999.9.1 - 12.31	客員教授	Chashei, Igor, V. (レベデフ物理研究所プシナ電波天文観測所 部門主任)
1999.9.7 - 12.31	客員教授	B歡hner, J嗽g (マックスプランク超高層大気物理研究所 部門主任)
1999.9.24 - 12.31	客員教授	Scholer, Manfred (マックスプランク外圏大気物理研究所 部門主任)
1999.10.12 - 2000.1.15	客員教授	Fabian, Peter (ミュンヘン大学 教授)

[教官]

1999.7.31	退職	助手	趙 永浄
1999.8.16	採用	COE研究員	金 禧晶
1999.9.1	採用	助手	大塚雄一
1999.10.1	採用	教授	Rostoker, Gordon

[事務官]

1999.4.1	配置換	事務長	木澤幸男 (大気水圏科学研究所へ)
1999.4.1	配置換	事務長	古田牧男 (名大工学部工学研究科から)
1999.4.1	配置換	庶務掛長	片岡憲治 (名大総務部研究協力課へ)
1999.4.1	昇任	庶務掛長	浅井克彦 (名大病院企画室から)

編集後記

先日、鹿児島県出張中に台風の直撃を受け、TVもコンピュータも使えないという情報から遮断された状態で、不安な一夜を過ごすはめになってしまいました。初めて経験した風速50 m/sは、頑丈な建物の中にも恐ろしいものです。

(K. F.)