



名古屋大学 太陽地球環境研究所

December 2000

Newsletter

No. 22

GPSを使った電離圏研究

大塚雄一（電磁気圏環境部門）

GPS (Global Positioning System: 汎地球測位システム) は、米国が開発した人工衛星による位置決定システムである。地球を半日で周回する複数の衛星からのマイクロ波を受信し、受信点の位置や現在時刻を知ることができる。現時点で、28個の衛星が運用されている。本来は米国軍の航法支援のために開発されたシステムだが、今では、船舶や漁船の位置決定などにも利用され、さらにカーナビゲーションや登山用の小型GPS受信機などによって一般にもかなり普及した。GPSは軍事目的で米国によって開発されたものであり、そのため安全保障の理由から民間に利用される情報の精度は意図的に劣化されていた。精度劣化の方法の1つである Selective Availability (SA) は、これまで民間で利用されているGPSによる位置決定にとってもっとも大きな誤差の

原因であった。しかし、GPSの民間での利用が広がったことから、米国政府は2000年5月2日にSAを解除した。これにより、GPSによる位置決定の精度は10倍近く向上した。一方、学術分野では、地殻変動観測、地震・火山噴火予知、プ

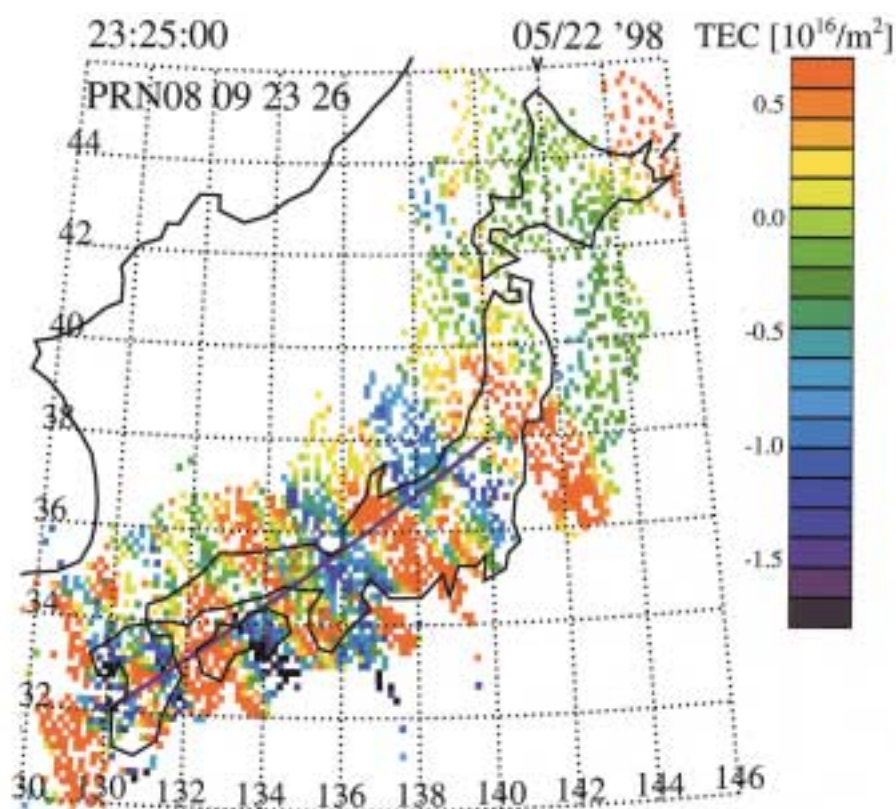


図1 国土地理院GPS観測網によって観測された全電子数の変動を地図上にプロットしたもの。カラーレベルが変動の大きさを示す。4つの衛星 (PRN 08, 09, 23, 26) から得られた全電子数変動の値は、GPS受信機と衛星とを結ぶ視線が電離圏高度300 kmと交わる点にプロットされている。緯度経度を0.15度のグリッドに区切り、その中に入る値は平均している。図中、北西から南東にのびる縞 (全電子数の変動) がはっきり見られる。

レート運動など測位・測地の面で威力を發揮。最近では、有珠山や三宅島の火山活動の予知・研究に活躍しており、ご存じの方も多いと思う。これら固体地球の分野だけでなく、気象の分野でも水蒸気や温度の観測にも広く利用されている。このように、GPSは軍事から民間、学術分野など多岐にわたって利用されている。STE研の研究者が関連する電離圏研究においても、GPSは大きな成果をもたらしつつある。本稿では特に、国土地理院が整備しているGPS観測網を使った電離圏研究について紹介する。

国土地理院は、地殻変動、特に地震前兆現象の検出を目的としてGPS連続観測システムの整備を始めた。1994年には、東海地震が懸念される東海・南関東地域に110点からなる高密度の観測点網の運用を始めている。その後、GPS観測の地殻変動に対する有用性が実証されると、日本全国に観測点が追加され、現在では1,000点を越える観測点が運用されている。このように多数のGPS受信機を密に配置しているのは、世界的に見ても例がない。各観測点ではデータが30秒毎に得られ、電話回線を通じて毎日つくばの国土地理院に集められる。このGPS観測点網は、地殻変動だけでなく、地球科学現象を広く観測するセンサーという意味で、GEONET (GPS Earth Observation NETwork) と名付けられた。

GPS衛星は高度約20,000 kmを周回しており、GPS衛星からの電波が地上に届く途中には、高度100 kmから1,000 kmにわたるプラズマ密度の高い電離圏がある。このためGPSによる距離測定に誤差が生じる。その大きさは数十cmから数mで、大きい時には100 m程にもなる。GPSによる距離測定では、衛星から地上の受信機まで電波が伝わる時間を計り両者の距離を求める。プラズマ中では電波の速度が変わり、伝播時間が変化する(伝播の遅れ)。この時間遅れが電離圏によるGPS測位の誤差となる。地表付近の水蒸気や気温によっても遅れは起きるが、電離圏によるものと比べるとはるかに小さい。したがって、精密な距離測定を行うためには、この電離圏の影響を取り除かなければならない。電離圏による伝播遅れの量は電波の周波数により変わるため、2つの周波数の電波を同時に受信することによってこの遅れを取り除くことができる。国土地理院GPS観測など精密な測位を目的としたGPS受信機では、この方法を用いて電離圏の

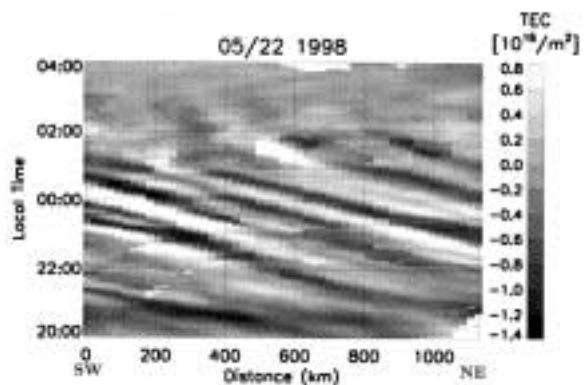


図2 図1に紫色の直線で示した線上の全電子数変動の時間変化。左端が図1直線の南西の端(北緯32度、東経130度)に、右端が北東の端(北緯38度、東経140度)に対応する。時間とともに、全電子数の変動が北東から南西へ向かって伝搬しているのが分かる。

影響を取り除いている。(カーナビなどの安価な受信機は1周波しか受信しておらず、これまでに経験的に分かっている電離圏による伝播遅れの値を使って補正している)。このように、測位システムにとって電離圏の存在は厄介なものであるが、逆に我々は、この伝播遅れの情報を使って電離圏プラズマの量を知ることができるのである。時間遅れの量は、衛星から受信点までの電波の通り道に沿ったプラズマ密度の足し合わせ(積分値)に比例するため、この方法から計算されるプラズマの量は全電子数(Total Electron Content: TEC)と呼ばれる。

GPSによって観測された全電子数のデータを解析すると、電離圏は一様ではなく、場所によって全電子数の濃淡があることが分かった。図1はその例で、日本上空における全電子数分布のスナップショットを示している。GPSデータから得られた全電子数は、GPS受信機と衛星とを結ぶ線が電離圏高度300 kmと交わる点にプロットされている。全電子数の変動の大きさをカラーで表しており、北西から南東にのびる縞が全電子数の濃淡としてはっきり見られる。この全電子数の変動は、全体の数%程度だが、大きい時には10%を越えることもある。さらに図を詳しく見ると、全電子数変動のようすが日本の北と南とで異なっていることが分かる。北では波長が長く変動が小さいのに対し、南にいくほど波長が短く変動が大きくなっているのである。また、縞の傾きを見ると、北西から南東にのびる縞が、南では南北方向に近い傾きをもっている。

図1に直線で示された線上の全電子数の時間変

化を図2に示す。図2の左(右)端が図1直線の南西(北東)の端に対応する。図中、右下から左上にのびる縞が見られるが、これは図1で示された全電子数変動が北東から南西方向に伝搬していることを示している。この縞の傾きから伝搬速度を求めると、それぞれの縞によって伝搬速度が異なるが、90 - 120 m/s の範囲にあることが分かる。また、全電子数の変動は22時以降振幅が大きくなり、2時に一斉に変動がなくなっていることも分かる。

以前から電離圏に伝搬するプラズマ密度の変動があることは知られており、1960年代から盛んにこれらの観測が行われてきた。しかし、これまでの観測手段は地上から電波を使って上空の電離圏を観測する方法(イオノゾンデやHFレーダー)に限られており、これらの観測機を数点設置して観測したものがほとんどであった。したがって、従来の方法では伝搬するプラズマ密度の変動があることは観測できても、その詳細な時間・空間変化を捉えることはできなかった。しかし、国土地理院GPS観測網はGPS受信機を平均間隔約25 kmで日本全国に設置しており、30秒毎にデータが得られるので、全電子数変動を高時間・空間分解能で広範囲にわたって観測することができる。これまでは、プラズマ密度の変動は大気波動が引き起こしていると考えられていたが、上に述べたような全電子数変動の特徴は大気波動だけでは説明ができない。現在では、プラズマと中性大気の相互作用が関わっていると考えられるようになってきたが、まだ解明できない点が多く残っており、今後の課題である。

国土地理院GPS観測データに注目するきっかけになったのは、京都大学のMUレーダーによる電離圏F領域イレギュラリティ(不規則構造)の研究である。このイレギュラリティは、地球の磁力線に直交する方向にプラズマ密度の不均一が起こる現象である。レーダーの送信波長の半分(MUレーダーの場合、約3 m)に相当するプラズマ密度の空間不均一によって電波が散乱されるため、強い散乱電波が観測されるのが特徴である。MUレーダーでは、電離圏観測を始めた1986年からイレギュラリティの観測を行っている。これにより、イレギュラリティの発生は夏

の夜間に多いこと、発生領域が数十kmから100 km程度の広がりをもっており、その領域が南西方向に伝搬していることが分かっていた。しかし、それがどうして発生するのか、またどうして南西方向に伝搬するのかについては未解明のままであった。我々は、イレギュラリティの発生には、その発生領域の大きさに相当する空間スケールをもったプラズマの空間不均一が関わっていると考えていた。しかし、これまでそのような空間スケールのプラズマの分布を観測する手段はなかったのである。

このような時に、当時京都大学に所属していた斉藤昭則さんが国土地理院GPS観測網の存在を知り、このデータを電離圏研究に利用できないかと考えた。国土地理院の宮崎真一さんの協力を得、我々はGPS観測データから電離圏の全電子数を算出した。GPSデータは、気象や地震、火山などの研究者には既に利用されていたが、電離圏研究にとってはこれが初めての利用となった。GPSデータから算出される全電子数は、その変動成分については非常に精密に測れるが、送受信機の性質から、全電子数の値自体は、真の値からのずれ(バイアス)が生じている。しかし、イレギュラリティとの比較のためには、全電子数の変動成分に注目すれば良かったので、バイアスの問題を避けることができた。我々は、イレギュラリティが発生した時間帯のGPSデータを最初に解析し、その時刻に図1に示したような全電子数の変動があることを発見した。GPSで観測される全電子数の変動は常に見られるわけではなく、その発生は季節や時刻によって変化する。GPSによる全電子数の変動が発見されたのは、イレギュラリティの研究が背景にあっただけかと言えらるだろう。

上に述べたように、国土地理院GPS観測網は、高時間・空間分解能で広範囲の観測ができるという点で電離圏研究にとっても非常に強力な観測手段である。しかし、観測量は視線方向の積分値であることから高度分解能が得られないなどの不利もある。日本には、当研究所の超高層大気イメージングシステム(OMTI)や京都大学MUレーダー、通信総合研究所の電離圏レーダー(イオノゾンデ)観測網などが設置されており、現在、これらの観測との比較を行っている。

「STE研将来計画シンポジウム」開催される

創立以来10年間の太陽地球環境研究所の活動を総括し、さらなる発展へ向けた将来計画策定のため、研究所内外からの意見を交換することを目的として、「STE研将来計画シンポジウム」を、11月13 - 14日、名古屋大学シンポジオンで開催しました。全国から100名以上が集まり、当研究所に対する期待と注文が様々な観点から提案されました。

このシンポジウムは、「太陽から地球まで」を総合的かつ量的に理解するための全国共同利用機関として10年前に発足したユニークな当研究所が、昨今の学術/社会環境の大きな変動の中でどのような戦略を立てるかという大事なイベントとして位置づけられています。シンポジウムでは、山下興亜副総長（日本学術会議第6部部长）から、「学術を考える視点」と題して、自然を対象とする学問の発展を多様性というキーワードで話して頂きました。

当研究所からは、まず上出所長から、当研究所設立の経緯、最近の中央省庁再編/大学評価/独法化/大学附置研究所の見直しの動き、さらに研究所の東山キャンパス移転、名古屋大学での環境関係の新部局設立の動きの中で、当研究所の役割（特に、STEという特化されたミッション研究の遂行、全国共同利用、国際協力、若手研究者の育成という観点で）の重要性が述べられました。将来ミッションを策定するに当たり、学問の必要性に加え、これらは境界条件になるわけです。さらに、小島将来計画委員長



山下副総長による講演「学術を考える視点」

からの、将来計画を立てる上でのスキームとSTE学の向かうところについて現在までに所内で議論したことの概要が紹介され、続いて各部門からこれまでの研究活動の自己点検/総括と、研究計画が発表されました。引き続いて、広い分野の研究者から名古屋大学附置でかつ全国共同利用である当研究所のあり方、新しい研究プロジェクトなどについての提言/意見が約50件の講演/コメントとして寄せられました。西田篤弘学術会議会員から、STEの潮流と題し、惑星探査を含む世界の当該分野の進むべき方向が示され、ヨーロッパ宇宙機構評議委員長B. Hultqvist（スウェーデン、当研究所外部評価委員）からは、STE研が今や世界の太陽-地球系環境科学の中心の1つであることを踏まえた上で、太陽風/磁気圏研究で取り組むべき課題が示唆されました。

シンポジウムの中で強調された1つの点は、全国共同利用研としてどのような研究をのばしていくのか、またどのような機能を充実していくかでした。研究所からは超高層大気研究を提案していますが、その他に、太陽、磁気圏ダイナミクス、対流圏、惑星の研究の重要性が指摘されました。機能としては、グローバル観測の企画連携、新しい機器の開発、宇宙天気に向けたシミュレーター、データ連携、情報・交流場の提供などの充実が期待されていることが示されました。また、名古屋大学附置研究所として



シンポジウム会場では活発な議論が行なわれた



休憩時間のdiscussion

は、来年4月に環境学研究科が発足予定であることと関係して、名古屋大学の特徴の1つで広範囲に亘る環境研究を一層進展させるために、研究領域と運営方法を工夫・検討して連携を強めることが望まれるとの意見が、また理学研究科や工学研究科における教育での寄与と研究での連携の重要性が示されました。

今後は、全講演者に講演内容のまとめを執筆してもらい、さらにシンポジウムに参加できなかった方々にも、STE研将来計画への意見と提案を文書でいただき、集録をできるだけ早くまとめることになっています。並行して、所外5名の委員による「STE研将来計画レビュー委員会」を発足させ、広い視野からのレビューと提言のとりまとめを行っていただき、STE研将来計画の立案に反映させていくことになっています。将来計画レビュー委員は、小杉健郎（委員長、宇宙科学研究所）、福西浩（東北大学大学院理学研究科）、秋元肇（地球フロンティア研究システム）、松本紘（京都大学宙空電波科学研究センター）、鶴田浩一郎（宇宙科学研究所）の5人の方々です。

「プログラム」

- ・ 学術を考える視点
山下興亜（名古屋大学副総長）

第1部 STE研の総括とSTE研の将来計画: 研究所からの提案

- ・ STE研の総括とシンポジウムでの検討課題
上出洋介（STE研所長）
- ・ STE研の将来計画の概要
小島正宜
- ・ 太陽圏環境部門の将来計画
村木 紘、徳丸宗利
- ・ 電磁気圏環境部門の将来計画
小川忠彦

- ・ 大気圏環境部門の将来計画
松見 豊
- ・ 総合解析部門の将来計画
上出洋介
- ・ 共同観測情報センターの将来計画
荻野龍樹、阿部文雄

第2部 STE学問の向かうところ（潮流、現在、未来）

- ・ STEの潮流
西田篤弘（日本学術振興会）
- ・ STEと宇宙科学・技術
松本 紘（京都大学宙空電波科学研究センター）
- ・ 大気圏研究の今後の方向
秋元 肇（地球フロンティア研究システム）
- ・ STE研に期待するもの
Hultqvist, B.（Swedish Institute of Space Physics）
- ・ STEとプラズマ物理
寺沢敏夫（東京大学大学院理学系研究科）
- ・ STEと情報化社会
杉浦正久（京都大学名誉教授）

第3部 STEの中で各研究機関との関連とSTE研の役割分担などについて

- ・ 国立研究機関の独法化の現状
富田二三彦（通信総合研究所）
- ・ STE研の惑星大気（電離圏を含む）研究への寄与
小山孝一郎（宇宙科学研究所）
- ・ 海外観測の支援体制について
巻田和男（拓殖大学工学部）
- ・ 新しい研究領域と共同研究システムの必要性
福西 浩（東北大学大学院理学研究科）
- ・ 大気圏の研究課題について
津田敏隆（京都大学宙空電波科学研究センター）
- ・ 太陽地球環境研究と環境研究の接点 - オゾン層研究を例として
中根英昭（国立環境研究所）
- ・ 衛星観測
前沢 洵（宇宙科学研究所）
- ・ 太陽物理
柴田一成（京都大学花山天文台）
- ・ CRL宇宙天気予報
菊池 崇（通信総合研究所）
- ・ STE分野のデータベースとシミュレーション
大村善治（京都大学宙空電波科学研究センター）

第4部 STE研の将来計画: 学内からの提案（STE研に期待するもの、役割）

- ・ 理学研究科から
山下廣順（名古屋大学大学院理学研究科）
- ・ 工学研究科から
後藤俊夫（名古屋大学大学院工学研究科）
- ・ 大気水圏科学研究所との関連
田中 浩（名古屋大学大気水圏科学研究所）

第4部 STE研の将来計画: 所外からの提案 (STE研に期待するもの、役割)

- ・磁気圏衛星観測
長井嗣信 (東京工業大学大学院理工学研究科)
- ・太陽研究からSTE研に期待するもの
黒河宏企 (京都大学花山天文台)
- ・宇宙線・太陽系空間
Flückiger, E. O. (ベルン大学)
- ・宇宙線のモジュレーション研究
宗像一起 (信州大学理学部)
- ・太陽磁気活動と地球気候との関連
伊藤公紀 (横浜国立大学環境科学研究センター)
- ・グローバル観測の必要性とその体制について
湯元清文 (九州大学大学院理学研究院)
- ・連携データセンター構想とSTE研
荒木 徹 (京都大学大学院理学研究科)
- ・大気環境: 観測と室内実験
今村隆史 (国立環境研究所)
- ・短周期MHD現象のモデリング
藤田 茂 (気象大学校)
- ・電離圏・熱圏
渡部重十 (北海道大学大学院理学研究科)

- ・大気圏環境
塩谷雅人 (北海道大学大学院地球環境科学研究科)
- ・これからのSTE研究における計算機シミュレーションの役割
藤本正樹 (東京工業大学大学院理工学研究科)
- ・複雑系としてのSTE研究
羽田 亨 (九州大学総合理工学府)
- ・非一様複合系物理学としての磁気圏・電離圏結合系物理学の発展
吉川顕正 (九州大学大学院理学研究院)
- ・地球惑星科学
小川克郎 (名古屋大学大学院理学研究科)
- ・CRL宇宙天気研究
小原隆博 (通信総合研究所)
- ・SCOSTEP将来計画との対応について
小野高幸 (東北大学大学院理学研究科)
- ・International Collaboration for Space Weather Research and Model Development
Onsager, T. G. (NOAA Space Environment Center)

さいえんすトラヴェラー その1

現地からの報告

村木 綏 (太陽圏環境部門)

チベット編

このメールはラサから書いています。

成都からエアバスA310に乗りラサに到着。非常に美しいと言われている下の景色は雲に覆われほとんど見えず、がっかり。飛行機の上を流れる雲を見て、あの雲は宇宙線が作ったのかな、それとも大気が冷却されたのかな、それにしても雲の核は何だろうと考えながら乗っていました。

飛行機が高度を下ると山が見えてきました。20年前コーカサスに行ったときを思い出します。景色がよく似ています。文化もボリビアとよく似ている。そのためか、お土産物もボリビアの物と類似しています。しかし5年もすれば古いラサは無くなるかもしれません。世界文化遺産に登録されたありがたい釈迦の像を拝観してきました。ごりやくがあつてか、少しずつ頭痛が和らいできました。乗鞍に着いた時と同じくらいの頭痛です。また明日書きます。

9月12日朝 ラサより

名古屋の水害の復旧はもう終わったのでしょうか？新川が決壊し大変だったそうですね。伊勢湾台風以来とか。私が高校生の時、学校からボランティア活動で水に浸かった家の掃除に出掛けたのを思い出します。

こちらのほうは、13日ラサを16時半に出発し、



ジョカン寺から見るポタラ宮殿(中央)。チベットは仏教国であると思った。

21時にヤンパーチンに到着しました。通行止めの道路をコネ?で許可証をもらい走ったのですが、ジープの天井に100回くらい頭を打ちました。途中2箇所ブルヤショベルカーが作業中で、それぞれで20分待たされました。絶対、道を車やバスに開けてくれません。途中まで4車線の拡張工事中でしたが、その後は2車線で来年にはヤンパーチンまで1時間で行けるようになるでしょう。許可証をもらわないと遠回りになり、9時間もかかるそうです。すごい工事のやり方で、ショベルカーで山側の岩を削り取り、川側にポンと捨てるという方法です。ダンプなんて待っていません。日本なら川が汚染されると激しい反対運動が環境保護団体から起こると思いました。

ヤンパーチンは高度が4,300 mなので、ラサで治まった頭痛がまた始まりましたが、頭痛薬を飲んだのでよく眠れました。今は日本からの荷物を降ろすクレーン車を待っています。13時というのにまだ来ません。中国的です。クレーン車は現地責任者の陳さんが調達してくることになっています。イタリアのガンマ線バースト観測用の、大きな青果市場のような建物が近くに作られている最中です。完成まであと1年ばかりそう。イタリアは建物代で予算を使い果たし、装置を置くお金まで残っていないのではないかと噂されています。30 GeVのガンマ線バーストを観測するのが目的だそうです。

8月3日から、中性子望遠鏡がストップしていました。電源も落ちています。日本に連絡をしたそうですが、連絡が日本のどこかで途絶えてしまったらしく、原因はCAMACインターフェースとPCとのやりとりで読み込みができないというエラーでした。あきらめず現地スタッフの中国人が2 - 3回トライしてくれれば、動いたのにと堀田さんや、大西さんが言っています。やはり24時間いつもデータを日本からモニターできないといけないという話が皆の間で出ました。チベット大学の計算機センターまではインターネットが引かれたので、大学内の研究室までさらに拡張されれば、その計算機に日本から入って、ヤンパーチンまでは同じ市内局番を通して、直接データのやりとりができるということです。

今朝は7時に起きて、7,000 mの山に沈む中秋の名月を見ました！とても幻想的で美しかったです。我々の研究スタイルは地道な観測が中心で、



中性子望遠鏡と中性子モニターは右の建物の中に収まっている。後方の雪をいだいた山は6,370 mもある。カイルスに次ぐ聖山、ニャンチェンタンラ峰(7,162 m)もここから見える。

ニュートリノ振動の発見やノーベル賞というような華やかなものではないが、世界の僻地でフィールドワークをするという楽しみがありました。

9月14日16時 ヤンパーチンより

アルメニア編

チベットから帰って1週間も経たないのに、次は外務省からの要請でアルメニアに行くことになった。アルメニアは名大STE研の国際太陽中性子観測の一翼を担っている。アルメニアってどこにあるのと聞かれるが、イランの北、トルコの東にある国で、CISの一員である。コニャックが有名であるが、その他にも世界で最初にキリスト教を国教とした国として知られている。また昔はアルメニア領で、今はトルコ領になったアララット山(5,165 m)は、旧約聖書の中にあるノアの箱舟が漂着した山である。そう聞くと、その山が際だって高いので、水没せずにあったとしても不思議ではない。

今回私は、スイス航空や、英国航空が飛んでいるのをよく知らず、普通アエロフロートを頼ってしまった。成田発パリ行きのアエロフロートはエアバスA310を使っているし、サービスもまあまあなので、他の航空会社と比較してひけをとるものではない。しかし、その後が問題だった。モスクワ空港で、国際線“シエレメチエーボII”から国内線“シエレメチエーボI”に

移動しないとイケないのである。旅行社からタクシーに乗れと言われたが、6 kmしか離れていないのに\$40は高い。どうも本当の料金は\$10なのに、市内までの料金表を見せて\$40と言うらしい。アルメニアの友人のチリングリアンさんは\$20で乗った。“シェレメチェーボII”空港でトランジットオフィスを探しても、もらった地図の場所には見つからない。仕方がないので市バス571番で移動しようと思った。

まさかのためにロシア語でどういうのか、客員教授のアースラノフ先生に書いてもらっていた。バスに乗って、「シェレメチェーボI」に行くのか?と聞いたら「ダー」と言った。ところがこのバスは町の方に向かって走り出したのである。しっかりしたおばさんが「2つ目の停留所で降りて、反対側の停留所に行きなさい」と言ってくれたので、ゴロゴロと旅行鞆を引っ張って、地下道を反対側に向かった。今度乗ったバスは“シェレメチェーボII”に止まった後、確かに“シェレメチェーボI”に行ってくれた。料金は20円(6ルーブル)であったが時間は30分損をした。日本へ帰ってから高エネルギー研の山田所長に聞いたところ、両ターミナル間にはアエロフロートのトランジットバスが走っているそうである。もっと早く聞いておれば苦勞せずに済んだところである。

また、帰路でも問題が起こった。エレバンからの飛行機は朝5時にモスクワに着いた。心配したとおり、“シェレメチェーボI”空港の全ての店は閉まっており、テレフォンカードを持っていなかった私は、ノボテルホテル(帰りの飛行機の19時まで、そこで一眠りしようと思っていた)まで行けないという事態になった。ポリスに聞いても英語が話せない。タクシーに乗れというわけである。タクシーの勧誘者は巧みな英語で「タクシーに乗りなさい」と言ってくる。「いやホテルの迎えの車を待っているのだ」と言ったら、「そんなことをしていたら明日の朝9時まで行けないよ」と憎たらしいことを言う。困ったなと思ってフト目を外にやると、バスが止まっている。近づいてよく見るとアエロフロート・トランジットバスと書いてある。聞いてみると、国際線の方に運んでくれて、しかもノボテルにも連れていってくれるらしい。そのころ朝一番の6時15分発の市バスもやってきた。が、私は帰



エレバン物理研究所所属、高山宇宙線観測所の前で日本側の出席者との記念撮影。左から2人目が所長のChilingalianさん。右端は中性子モニター担当のBabayanさん。後方の山頂は4,100 mある。

る直前アルメニアで食べたものが悪く下痢に苦しんでいた……。今回は、アルメニアでの印象よりも、モスクワ アルメニア間のゴタゴタが印象に残った。

アルメニアのグループには3年前に、名大から回路を送った。彼らはそれを使って、アラガッツ山(3,190 m)にある何年間も止まっていた中性子モニターを稼働させた。ゆっくりではあるが、アルメニア大地震で被害を受けた町も少しづつ復興しているように見える。しかし基本的には、まだまだである。会議では東大の人工物工学研究センターの岩田先生が計算機シミュレーションで、どのような物質が作れるかという話をされた。中でもとりわけ「2000度でも働く高温超合金が理論的には作れる」という話は、古い物質観にとらわれているロシアやアルメニアの学者には青天の霹靂だった。

モスクワ空港ではひどい目にあったが、しかし、アルメニアのエレバン空港では良いこともあった。モスクワからアエロフロートで行った研究者には迎えがあり、税関検査もパスポートコントロールもなく、VIPの部屋で休憩できた。しかし、スイス航空で行った先生には迎えがなかったのである。会議は英語とロシア語が公用語で通訳が付いた。何と!アルメニア人同士もロシア語で話しているのは不思議に思った。独立しても、依然として目はモスクワを向いているようである。アルメニア人はアルメニア語が苦手なのかもしれない。

ワルシャワCOSPAR参加報告

浅井佳子（日本学術振興会特別研究員）

ポーランドのワルシャワで開催された第33回COSPAR総会に出席した。期間は7月16 - 22日であった。COSPAR (Committee on Space Research) は、人工衛星や宇宙空間での観測を利用した様々な分野の研究について、互いに成果を持ち寄り交流を図る場を提供することを目的とした世界的な学術団体で、その本部はパリに置かれている。COSPARはもともと、1957-1958年の国際地球観測年に発足したこともあって、私たち (STE研) の専門とする地球科学分野からの参加が多いが、天文など人工衛星を利用する幅広い分野の人達が参加している。ワルシャワで行われた今回の会議は、COSPARの主催する会議、集会のうちもっとも大きな総会に相当するものである。この総会は2年おきに開催地を変えて開かれているもので、前回 (第32回) は、2年前の7月に名古屋で行われた。私は当時名古屋大学大学院の学生で、ポスターによる研究発表をすると同時に、裏方スタッフとして働いた。

私が、COSPAR総会のような大きな国際学会への出席にとっても魅力を感じるのは、現在の自分の研究対象である磁気圏カスプ領域への降下粒子についての研究が、国内よりむしろ海外の方が盛んで、国際学会の方がより最新の研究成果を聞く機会に恵まれるからである。今回のCOSPAR総会も例に漏れず、興味深い発表を数多く聞くことができた。また、自分の発表に対しては反省点も多いが、「今後がんばるぞ」と意欲の沸く評価を得ることができた。あるアメリ



COSPAR会場 (ワルシャワ工科大学) の正面

カ人は目新しい発表はあまりなかったと感想を述べていたが、日本国内での研究活動が主である私にとっては非常に有意義なものであった。また、COSPAR総会では、普段接することのない地球物理分野以外の研究者と話をする機会があるのも魅力である。細分化された学会ではなかなかそんな機会も得られないが、飛翔体観測という手法を通じて広い範囲で交流ができるものなのだと、前回の名古屋では新鮮に感じたものである。今回のワルシャワCOSPARでも、同様の新鮮さを感じる事ができた。

COSPAR総会は、開催地が毎回変わるため、開催地そのものを楽しむ学会主催のイベントが豊富である。また、このような大規模な国際学会によくあるように、開催地の地方自治体が主催の1つとして協力するので、現地のお国柄を味わうこともできる。2年前の名古屋では、名古屋市の主催する宇宙に関する一般向けのイベントが同時開催されており、COSPAR総会のポスターが松本零士のイラストだったのは、不思議と印象深い。ワルシャワCOSPARでも、漫画のキャラクターと思しきマスコットが会場に掲げられていた。こういった催しの中で私にとってもっとも印象深かったのは、COSPAR主催の教会でのコンサートで、メインの曲目はポーランドが生地のショパン作品だった。私は趣味としてオーケストラ付き合唱に参加しているのだが、思いもかけず、徐々に素晴らしい音響効果の下で演奏を聴くことができたのは、感激極まりない経験だった。

1週間の短い滞在で、それもほとんど学会場に詰めていたが、COSPARのアレンジにより、研究発表のみならず街も楽しむことができたように思う。ポーランド料理もけっこう私の口に合い、特にアイスクリームは絶品であった。帰りの空港に向かうタクシーの中で運転手に「ワルシャワは好きか」と聞かれ、「イエス」と答えた。2年に1度のCOSPAR総会は、様々な意味で貴重な機会だと思う。次回はアメリカのヒューストンで開催が予定されている。今から楽しみにしている。

太陽-大気-生命システムに視点を向けた研究を

秋元 肇 (運営協議員)

地球フロンティア研究システム 大気組成変動予測研究領域長

地球環境問題が人類の生存と現代文明の将来を左右する大きな問題の1つとして、広く認識されるようになってから10年あまりが経過した。どんな問題でも10年経つと当初の新鮮さが失われ、問題の再構築が望まれるようになる。地球環境問題の学問的基礎であるグローバルチェンジ(地球変動)研究においてもしかりである。こうした見直し作業は21世紀の地球研究の方向を模索する上で、大きな意味を持つものと思われる。

地球変動研究が始まったとき、「地球システム」という概念が浮上した。地球環境問題は、大気圏、水圏、生物圏の間の水・エネルギー循環、物質循環に対する人間活動の擾乱から生じているという認識である。このときの大気圏は主として対流圏と成層圏までが意識され、中間圏から上は一応切り放されていたように思う。一方、地球変動研究の中で、古気候と過去の地球における物質循環との関わりに対する関心が深まり、地球誕生以来の生命進化と大気の進化の密接な関わりについても議論されるようになった。そして過去の地球環境の議論の中では、太陽活動の変化に伴う気候変動、物質循環変動が認識され、関心が高まっている。

さて、名古屋大学の太陽地球環境研究所も10周年を迎えられたと聞いている。発足当時どういった経緯で「太陽地球環境」という名前が付いたのか、寡聞にして十分把握していないが、21世紀の地球科学の方向を考える上で極めて示唆的である。太陽活動が生命活動を通じて大気圏に影響を及ぼし、これがまた生物圏にフィードバックするメカニズムの研究は、1つの大きな学問の流れを構成しうるテーマではないかと思う。

こうしたテーマは前々号で福西先生が提言されていたテーマの1つとも合致するもののようにも思われる。太陽地球環境研究所ではこれまで生物圏に関わる研究はされていなかったと思うので、こうした流れに沿った研究プロジェクトを立ち上げるのは、勇気があることかもしれない。特に我が国では私の専門分野の大気化学においてすら生物圏との結合を対象とした研究は極めて弱い。生物・生態学者の多くはミクロな生理現象に関心が留まり、なかなかマクロな地球変動の文脈の中の研究に飛び込んできてくれない。逆に大気化学者の多くも生物圏変動との相互作用をあらわに扱おうとするスケールの大きな研究者もまだ非常に少ない。おそらく太陽圏の研究者で地球生命・生物との相互作用にまで思いを馳せた研究に飛び込む研究者もほとんどいないか、いたとしても決して多くはないのではないかと想像する。

しかし、太陽地球環境研究所は全国共同利用研究所である。このようなプロジェクトを立ち上げる機能は持っている。余所ではできない研究を目指して、研究所の研究者が互いに少しずつ自分のこれまでの専門領域をはみ出した研究に手を染める勇気と覚悟を持つべきではないかと思う。21世紀の科学は複雑系の科学、システム科学の方向へ向かうことが予測されている。上の研究は一例に過ぎないが、こうした新しい研究プロジェクトを成功させることによって、次の10年が経過したときにも、STE研が成功した研究所として高く評価されることを心から願っている。

研究集会「太陽活動現象と地球 - 21世紀のSpace Weather研究を探る - 」開催のお知らせ

共催: 宇宙開発事業団、宇宙科学研究所、環境研究所、京都大学花山天文台、極地研究所、国立天文台、通信総合研究所、名古屋大学太陽地球環境研究所 (50音順)

世話人: 秋岡 (通総研)、江尻 (極地研)、上出 (名大)、小杉 (宇宙研)、五家 (NASDA)、柴田 (京大)、中根 (環境研)、増田 (名大)、渡辺 (鉄) (国立天文台) (50音順)

と き: 2001年1月15日(月) - 17日(水)

と ころ: 女性総合センターあざれあ (静岡駅北口徒歩7分)

講演申し込み締切: 12月22日(金)

近年、人類の宇宙進出につれて、space weather (宇宙天気) 研究の重要性がひろく認識されるようになってきました。米国では、space weather 研究を中心に据えたLiving with a Star プロジェクトが走り出しましたし、ESAでも重要課題として据えています。わが国でも、space weather を本格的に探ろうというL5ミッションプロジェクトが検討されつつあります。国際学界でも、COSPAR、IAGA、SCOSTEPなどで特別パネルやセッションが組まれています。

本研究会は、このような現状に鑑み、地球物理分野の研究者に加えて、これまで space weather にあまり積極的ではなかった太陽物理学者が一同に集まり、地球・太陽両分野の交

流を促し、21世紀の space weather 研究を広い視点から探ることを目的とします。また、最近注目を集めている太陽活動と気候変動の研究を推進する出発点にもしたいと考えております。

[主なトピックス]

- ・太陽フレアにおける粒子加速メカニズム
- ・太陽フレアをトリガーするものは何か?
- ・プロミネンス噴出やCMEをトリガーするものは何か?
- ・最近のCME 観測結果のレビュー: LASCOで何が分かったのか?
- ・対流層からの磁場の浮き上がりが観測できるか?
- ・惑星間空間の太陽高エネルギー粒子の生成原因は?
- ・惑星間空間擾乱の伝播モデルを作る際、今足りないものは何なのか?
- ・太陽活動と気候変動
- ・ASCA衛星が異常をきたした直接の原因は何か?
- ・太陽フレアによる紫外線/X線の急激な増加が電離層に与える影響
- ・静止軌道で観測される高エネルギー粒子の源は?
- ・磁気嵐時のリングカレントを作る粒子はどのように供給されるのか?
- ・磁気嵐でのサブストームの役割は?
- ・磁気嵐予報の最新アルゴリズム

問い合わせ先:

名古屋大学太陽地球環境研究所 総合解析部門
増田 智 (e-mail: masuda@stelab.nagoya-u.ac.jp)

Inside a Space Agency - a very brief visit

Gerry Atkinson, Visiting Professor
(The University of British Columbia, Canada)

Upon being asked to write an article for this newsletter, I decided that I wanted to depart from the tradition of discussing my stay as a visiting scientist at STEL. Instead, perhaps I could produce something that would prepare students for the world outside universities. Since I have spent nearly two decades as the chief scientist in the Canadian Space Science Program, it seemed appropriate to relate some of my experiences with a large agency and to point out some of the difficulties faced by those managing science.

In 1990, the Government of Canada decided to form a Space Agency (CSA) from the sections of the Canadian Government that were involved in space work of all kinds - space science, engineering (the Canadian robotic arm for shuttle dominated this program at that time), communications satellites, the astronaut program, and remote sensing. New bureaucratic groups - management, finance, personnel, publicity and international relations were created to provide services to the groups doing the space work. Each group came in with their own ideas on what projects should have priority, how the agency should operate and their role in the system. This mixing of groups with different cultures and different procedures led to a considerable amount of struggle and reorganization as procedures and structures were developed. Although this is about the CSA, my dealings with other space agencies indicate that most of them are subject to similar problems.

The problems are not generally resolved in the long term and the reorganizations and territorial struggles persist for the life of the agencies. The setting up of boundaries and regions of control was an interesting exercise. The service groups (finance, personnel, publicity, international relations) started with the belief that they should control all participation in their area. This could result in a serious loss of flexibility since the space-work groups, not the bureaucracy, know best what they want and how to do it. International negotiations (for example to fly a Canadian scientific instrument on a Japanese satellite) have to be conducted almost entirely by the space science program and the scientists that will be building and running the instrument. The skills of new personnel are often very specific and are determined by the space-work groups' requirements. Different financial systems are needed for different groups - for example, to build a robotic arm for the shuttle requires a large budgeted amount determined



Speaking at a seminar in STEL

at the beginning of the project, whereas space science requires an ongoing budget so that several new projects of various sizes can be started yearly. These may vary from a small scientific satellite down to the development of a photometer. My personal experience is that more efficient organizations move decision-making authority to the working level since this is where the problems are thoroughly understood. Higher-level decision-making means that the workers spend more time writing documents and making presentations to obtain appropriate decisions.

There is also conflict between the space-work groups. There is always competition for resources - funding, manpower, office and laboratory space. In addition, procedures are different in each group, and may be in conflict. Science nearly always starts with an open competition among scientific teams, followed by the selection of projects, and then the design, build, flight, data collection and analysis phases. Engineering projects (for example robotics), on the other hand, are decided after much debate about industrial capabilities. Remote sensing and communications decisions are based on the needs of the public and the customers for the services. Astronaut programs are usually decided by politicians since this is an activity of great interest to the public.

Conflict arises over procedures when these groups have overlapping projects. Too often, within the CSA, I received proposals initiated by engineers where the desire was to build a piece of equipment which was an engineering challenge. "There will be a crowd of scientists just waiting to use the data," they claimed. The engineers did not understand that a scientific project has to start with a team of scientists who really want to do an experiment. Self-motivation is an invaluable property of a scientist leading to 24-hour workdays and full-time commitment to the job.

1. 経緯

全国共同利用の名古屋大学太陽地球環境研究所が発足する直前、どのような共同研究が期待されるかについて、想定される共同研究者にアンケートした結果、太陽地球系科学に関する総合解析と並んで、スペースシミュレーション研究への期待が高いことが示されました。こうした期待を受けて、当研究所にスーパーコンピュータの導入を計画しましたが、補正予算での導入計画であったためと研究所の規模から、スーパーコンピュータの維持などにおいてリスクが大きすぎるとの判断のために、最終的に導入を断念することになりました。その代わりとして、スペースシミュレーション研究の必要性に応じるため、名古屋大学大型計算機センター（名大大計センター）のスーパーコンピュータを利用した共同研究を研究所としてサポートすることが合意されました。こうして、名大大計センターに働きかけ、研究所も応分の経費負担をする条件で、名大大計センターからも共同研究として協力して頂くことになったのです。

2. 計算機利用共同研究の現状

当研究所は、計算機利用共同研究として「名古屋大学大型計算機センター」を利用する共同研究を1997年度より開始し、本年度は33課題の共同研究が行われています。計算機利用共同研究の内容としては、主にスーパーコンピュータを利用した太陽地球系科学に関するモデリング・シミュレーション研究と大型科学計算です。

名大大計センターでは、スーパーコンピュータが旧システムFujitsu VPP500 /42（理論最大性能67.2 Gflops, 主記憶42 GB）から新システムFujitsu VPP5000/56（理論最大性能537.6 Gflops, 主記憶504 GB）に更新され、平成11年12月1日から使用できるようになりました。通常は料金に応じて区分された8 PE, 16 PE, 32 PEまでのプロセッサ数が利用可能で、1 PEのメモリは9 GB、利用できるディスク容量も大幅に増大しました。長時間計算を中心に実行すれば1課題当たり最大100 - 300時間のCPU時間（並列機の中の最長の1台のCPU時間で計測）が利用可能となります。さらに、平成12年12月の研究所の



1999年12月から稼動している名古屋大学大型計算機センターのスーパーコンピュータFujitsu VPP5000/56。ユーザーは36 PEまで使用できる。

計算機の更新で、スーパーコンピュータの高速LANに1 TBのディスクと5 TBのMSSが接続されますので、ファイルの使用量が格段に増加します。なお、この計算機利用共同研究では計算機使用料のみのサポートとなり、旅費や消耗品費が入用な方は同時に「共同研究」に応募する必要があります。

3. 2000年度の特別プロジェクト

名大大計センターでは、Fujitsu VPP5000/56の運用が軌道に乗り、平成12年度のアカデミック利用では実質的に世界最速最大のスーパーコンピュータだと言われています。この優位性を最大限に生かすために次の2つの特別プロジェクトを実施しておりますので、興味のある方の積極的なご参加をお待ちしております。

(1) Fujitsu VPP5000/56の最大性能を活かしたSTEシミュレーション

第1回目

(1) テストラン

8月7日（月）6時 - 翌朝9時

(2) 本番

8月13日（日）9時 - 翌朝8時

第2回目

9月3日（日）9時 - 翌朝8時

第3回目

9月17日（日）9時 - 翌朝7時

第4回目

11月5日（日）9時 - 翌朝8時

第5回目

12月30日 - 1月1日

(年末年始3日間の予定)

第6回目以降も継続して実施の予定

(II) シミュレーションコードのHPF/JAへの移植と有効性の実証

(I) は、Fujitsu VPP5000/56で、56 PEを用いてジョブを実行させるプロジェクトで、上記のような実施日程になっています。(II) は、HPF/JA (日本仕様拡張版のHigh Performance Fortran) がFujitsu VPP5000/56でこの6月から利用できるようになったので、シミュレーションコードのHPF/JAへの移植と有効性を実証しようとするプロジェクトです。当研究所で行なっている3次元MHDコードでは、VPP FortranからHPF/JAへの書き換えでフルベクトル化とフル並列化を達成し、両者で同等の計算速度(56 PEで最高400 Gflops以上)を得ることができています。

4. STEシミュレーション共同研究の今後

当研究所は、幸か不幸か自前のスーパーコン

ピュータを持たずに、名大大計センターのスーパーコンピュータを利用した計算機利用共同研究をすることになりました。自前の計算機ではないので占有して使うことはできませんが、本当に計算したいことが十分に計算できるように計算資源を確保する計画ですので、世界的なレベルのシミュレーションに挑戦するチャンスであると思います。最大級のスーパーコンピュータを利用したいという共同研究者のニーズが確実にあり、STEコミュニティと研究所の理解が得られて、名大大計センターの協力と理解があれば、現在実施しているレベルの計算機利用共同研究は将来も継続できると思っています。名大大計センターからは、「現在、種を蒔いている段階」とも言われています。共同研究に携わる当研究所内のグループも、プロジェクトの申請など、それなりに努力する必要が常にあることも肝に銘じております。STEシミュレーション共同研究をさらに発展させようと考えておりますので、共同研究者のご理解をお願い申し上げます。

新任スタッフ紹介

Wongyu Choe, COE Researcher

On September 1, I started my term as a COE researcher in the Integrated Studies Division of STEL. Despite the fact that this is my first opportunity to work in Japan, I found myself adapting surprisingly quickly to this new environment. In fact, it shouldn't be a surprise at all, because the people in our Division seem to make every effort to help in the settlement of newcomers like me.



Looking into space beside my favorite PC

My background might be somewhat different from that of other research staff in the lab. I received my Ph. D. in nonlinear dynamics in 1996 at Pohang University of Science and Technology (POSTECH) in Korea. I then spent two years at the Center for Applied Mathematics at Cornell University in the U.S.A., developing numerical algorithm and software. Returning to Korea, I worked as a senior programmer in a start-up company funded by venture capital for a year, after which I moved to the Center for Neurodynamics at Korea University, working on biological time series analysis and modeling. This past summer, I took a course on finance hosted by the Korea Stock Dealers Association.

Indeed, I have been in many different places working in various fields. However, all these fields have one thing in common: "complexity" - they all involve systems which, at first sight, appear quite complicated and

erratic, but turn out to have hidden order and rules. Exploring the order in complex systems and the rules that govern them has been my central research theme. You could say that I enjoy playing with something that looks “dirty” and “noisy” and discovering the order and beauty in it.

There's no doubt that the magnetized plasma of

space comprises a complex system, and a nonlinear dynamics approach could help to solve problems in space physics. This is one of my motivations to start working at STEL. My one-month experience tells me there's another reason: STEL people are nice and kind, and Toyokawa is a pleasant and peaceful town in which to live.



STELニュースダイジェスト

「研究集会: 中間圏・熱圏 / 電離圏相互作用」および「中間圏界面領域研究ワークショップ (PSMOSワークショップ)」開催

これらの集会は、中間圏・熱圏・電離圏における大気ダイナミクス・光化学を議論することを目的として、10月23 - 25日に京都大学宇治キャンパスにおいて行われ、50名を超える参加者がありました。「中間圏・熱圏 / 電離圏相互作用」では、大気潮汐波の理論と観測をトピックの中心におき、平均30分以上の5招待講演とポスター発表というユニークな形態でした。「PSMOSワークショップ」では、平成10年から5年計画で進行しているPSMOS (中間圏界面国際協同観測システム) 計画に関連して得られた中間圏界面付近の大気変動の観測・モデリング情報の交換や、今後の衛星計画と国内地上観測との共同などが話し合われました。さらに両集会の共通セッションとして、平成12年1月に鹿児島県内之浦から打ち上げられた大気重力波観測ロケットと、それに呼応した地上観測 (縞縞2000キャンペーン) の成果が集中的に議論されました。

北海道で赤いオーロラを観測

11月7日午前0 - 5時 (日本時間) 北海道にある当研究所の陸別総合観測室で、赤い低緯度オーロラの観測に成功しました。観測は自動運転を続けている分光測光器、高感度全天カメラ、磁力計によるものです。このオーロラは前日から続く磁気嵐に伴って陸別の北の空に発生し、最大の明るさは午前5時で約2.2 kR (キロレイリー)。肉眼ではほとんど見えません。同様のオーロラは4月6日、7日にも同地に現れており、11



陸別に設置してある高感度全天カメラにより、波長630 nm (酸素原子の発光、色は赤) の光を撮った画像。平成12年11月7日午前3時48分34秒から2分45秒間露出した。魚眼レンズの像で、上が北、左が東、右が西、下が南、画面の中心が天頂。北の地平線 (画面の上の端) に明るい発光が見える。実際に見える色に近い色を付けてある。

年周期の太陽活動が極大になると共に、日本で見られるオーロラの発生頻度も上がってきたと思われる。

STE研計算機更新

平成7年12月以来5年ぶりに、STE研の計算機システムが更新されます。現在のシステムと比較して、処理能力は数倍、大容量記憶装置は約10倍です。この新システムは、平成12年12月から運用を開始する予定で作業が進められています。

異動

[教官]

2000.10.16 転出 助教授 小池 真
〔東京大学大学院理学系研究科へ〕

[招聘客員研究員]

2000.9.1 - 12.31 客員教授 Flückiger, Erwin O.
〔ベルン大学 (スイス) 教授〕

2000.10.1 - 2001.1.31

客員教授 Arslanov, Khikmatoulla A.
〔サンクトペテルスブルグ大学 (ロシア) 教授〕

[COE研究員]

2000.9.1 採用 Choe, Wongyu

編集後記

STE研の客員研究員であった (1996年4 - 6月) John L. Phillipsさんが、2001年NASAスペースシャトルの mission specialist に選ばれた、というビッグニュースが飛び込んできました。それを聞いただけで、昨日までは遠かった宇宙が、ぐっと身近に感じられるのだから不思議です。さあ、いよいよ新世紀。21世紀に宇宙の謎はどこまで解明されるのでしょうか? どんな発見があるのでしょうか? 興味は尽きません。 (渡辺)