

2.15 電磁波センシング技術

NICTにおける電磁波センシング技術の研究開発は、高周波電磁波センシング技術、環境計測技術、宇宙環境関連研究等が進められてきた。

高周波電磁波センシング技術の研究開発では、ライダー観測装置の開発とそれによる大気観測、また、ミリ波サブミリ波分光観測装置の開発と、国際宇宙ステーションからの観測を含む大気観測実験を進めてきた。

環境計測技術の研究開発では、環境観測を目的とした衛星 (TRMM、GPM、EarthCARE) 搭載、航空機搭載 (Pi-SAR、Pi-SAR2)、地上設置のレーダ (ウインドプロファイラ、COBRA、海洋レーダ、フェーズドアレイレーダ等) の開発、さらにパッシブレーダの開発に取り組んだ。

宇宙環境関連の研究では、研究の大きな柱として、定常観測及び観測技術開発、シミュレーションコード開発が挙げられる一方、第3期中期計画ではインフォマティクス技術の宇宙天気への応用が進められた。

2.15.1 高周波電磁波センシング技術の研究開発

(1) 光アクティブセンシング技術の研究開発

a) 地上からの観測

レーザー光を使ったアクティブセンシングであるライダー (レーザーレーダとも言う) 技術の研究開発では、アジア地域やアラスカの研究機関と協力して観測装置の開発と開発したライダー装置による大気観測を行った。アラスカ大学フェアバンクス校と協力し、ポーカーフラット実験場のライダー棟に多波長ライダー、レイリー



図2.15.1 アラスカのポーカーフラット実験場のライダー棟

ライダー、レイリードップラーライダーを設置した (図2.15.1)。

レイリーライダーは極域中層大気の温度分布を平成9年以来測定してきており、大気重力波や極域中間圏にできる夜光雲の観測などに使われている。平成15年に設置した多波長ライダーではエアロゾルや雲だけでなく、窒素や水蒸気分子からのラマン散乱も計測した。レイリードップラーライダーは中層大気の風観測のため開発され、平成17年にアラスカに設置された。

中国、インド、インドネシア等のアジア諸国にライダー観測技術の移転を行った。中国では平成6年から寧夏回族自治区の沙坡頭にライダーを設置し、砂漠上空の砂塵分布を測定 (図2.15.2) した。平成12年から16年の間は科学技術振興調整費「風送ダストの大気中への供給量評価と気候への影響に関する研究」に参加し、風送ダストの長距離輸送過程の解明に寄与した。インドやインドネシアでは、赤道域の成層圏エアロゾルや成層圏から中間圏の気温分布を観測するシステムを開発・設置し、その運用を通じ技術移転を行った。

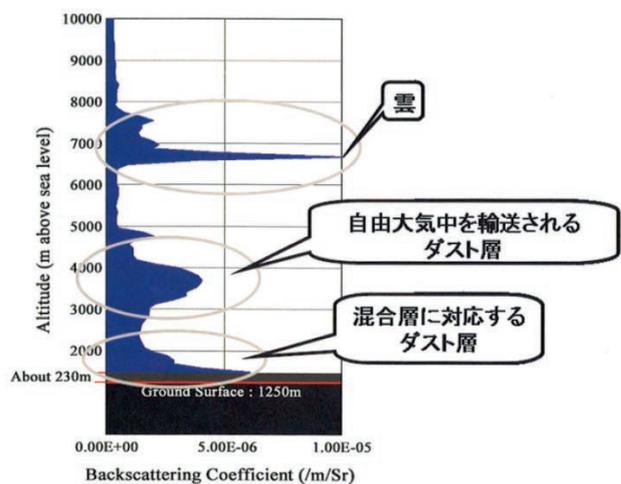


図2.15.2 沙坡頭で観測された浮遊ダスト

b) コヒーレントライダーの開発

目に安全な2μm レーザを送信光源とし、ヘテロダイン検出を行うコヒーレントライダーによる風計測及びCO₂検出技術の開発を行った。

天気予報の高精度化や気象現象の解明のために風の分

布を知ることは非常に重要である。風を計測するためのコヒーレントドップラーライダーでは送信レーザー光が大気中のエアロゾルに反射される時に生じるドップラー効果による周波数偏移を測定する。

NICTでは、小型ドップラーライダーによる地上実験・航空機実験(図2.15.3)による風観測方法と解析法の研究を行った。平成16年6月の航空機実験では航空機速度を補償し風分布を導出することができた。また、NICT本部や稚内電波観測施設、沖縄亜熱帯計測技術センターでの風計測実験、庄内平野に吹く清川ダシ観測、仙台空港での実験等を通じ、コヒーレントドップラーライダーによる風分布計測の有効性を示した。



図2.15.3 小型ドップラーライダーを搭載した航空機

将来の衛星搭載を目指して $2\mu\text{m}$ で発振する高出力伝導冷却型レーザーの開発を行った。平成20年7月には開発したレーザーを使いスキャナー付コンテナに入れた風分布と CO_2 分布が計測できる CO_2 差分吸収・ドップラーライダーを開発(図2.15.4)し、風計測実験を行った(図2.15.5)。 CO_2 は温室効果ガスの中で最も影響の大きなガスであ



図2.15.4 NICT屋上に置いた CO_2 差分吸収・ドップラーライダー

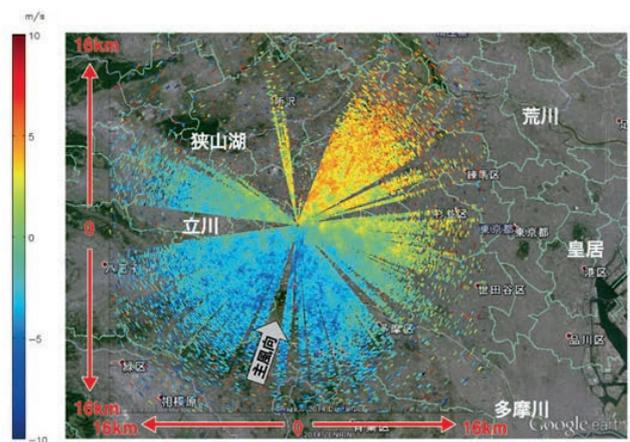


図2.15.5 CO_2 差分吸収・ドップラーライダーで観測した風分布

り、その正確な計測は地球温暖化対策のために必須である。NICTで開発した $2\mu\text{m}$ レーザーの波長はちょうど CO_2 分子の吸収線の波長帯にあり、吸収のある波長と無い波長の2波長で観測を行うことで、 CO_2 差分吸収ライダーとして動作させることができる。実際に CO_2 分布を5km程度先まで測ることができている。

(2) ミリ波サブミリ波センシング技術の研究開発

a) 地上・気球からの観測

ミリ波サブミリ波分光観測による大気リモートセンシングの研究を平成元年頃から開始した。国立天文台等と協力しながら、200GHz以上のミリ波やサブミリ波の超伝導受信機を開発した。大気微量物質を観測するための地上設置のミリ波ラジオメータ、高高度気球搭載のサブミリ波リムサウンダをNICT内で開発し、観測システムとして完成させた。平成10年から16年頃まで、アラスカのポーカーフラット実験場で地上設置ミリ波ラジオメータによる観測等を実施した(図2.15.6)。640GHz



図2.15.6 アラスカに設置したミリ波ラジオメータ(写真中央)と周辺の山火事(平成16年6月)

帯を使用した高高度気球搭載超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (BSMILES) は、平成15年8月、16年9月、18年9月に、JAXA と協力して三陸沖の高度30 km 以上の上空から観測を行い、3回ともデータ取得に成功した (図2.15.7)。これら観測で成層圏のオゾンや一酸化塩素 (ClO) の分光データ等が得られ、超伝導受信機による観測の有効性を実証した。



図2.15.7 三陸で放球準備をする BSMILES (平成15年8月)

b) JEM/SMILES の開発

国際宇宙ステーション「きぼう」曝露部搭載超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (JEM/SMILES、以下 SMILES) は、JAXA と NICT の共同ミッションとして、平成9年に JAXA による曝露部初期利用ミッションのひとつに選定された。NICT では、平成10年度以降、SMILES のコンポーネント等のうち、サブミリ波局部発振器系、冷却光学系、常温光学系、サブミリ波受信機バイアス電源、中間周波変換増幅系、常温増幅系の開発を行った (図2.15.8)。その他に NICT では、冷却受信部の BBM 開発、地上データ処理施設の一部の整備を実施

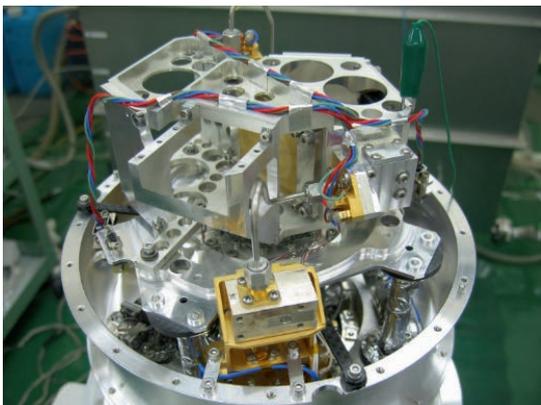


図2.15.8 SMILES の冷却光学系と冷却受信部の一部 (平成19年)

するとともに、JAXA と協力しながら SMILES の設計、開発、試験、運用、較正、検証、データ処理・解析等を実施した。

SMILES の開発は、JAXA と NICT が共同した SMILES ミッションチームを中心とした体制で進められた。SMILES ミッションチームによる開発の結果、アンテナ光学系における不要反射等による分光観測データの劣化が実用的に全く見られない、非常に高品質なデータを軌道上で得ることに成功した。計画は、国際宇宙ステーション計画の遅れにより当初予定より数年遅れたが、平成21年9月11日に、宇宙ステーション補給機 (HTV) 技術実証機に載せて、H-IIB 試験機 (1号機) により打ち上げられ、10月中旬に SMILES は観測を開始した (図2.15.9)。宇宙での超伝導受信機 (SIS receiver) 利用は、欧州の天文衛星に4か月ほど遅れたものの、地球観測に用いたのは SMILES が世界初で、従来衛星より1桁以上高い感度でのサブミリ波大気観測に成功し、一酸化臭素 (BrO) を始めとした同位体を含む11種類以上の分子等について広い高度範囲の分布をほぼ全球にわたって測定した。それらのデータは内外の研究者による大気科学研究に貢献した。



図2.15.9 打ち上げを待つ SMILES (平成21年5月)

平成22年4月21日に SMILES のサブミリ波局部発振器系に不具合が発生した。代替のサブミリ波局部発振器を国際宇宙ステーション上で取りつける方法が検討されたが、その後 SMILES の4K 冷凍機にも不具合が生じたため、SMILES 観測の復活は断念された。

c) THz リモートセンシング技術等の開発

平成23年度には、更に高い周波数のセンシング技術として、ホットエレクトロンボロメータ (HEB) ミキサ

と量子カスケードレーザ (THz-QCL) による高感度受信機の開発を開始した。平成25年10月には3 THzのQCLのフェーズロックに成功した。また、平成23年2月から外部資金等により、将来の小型サブミリ波衛星を目指したアンテナや光学系部品等の開発を進めた。平成25年7月からJAXAと協力して、CFRPによるサブミリ波反射鏡の国際宇宙ステーションきぼう曝露部を利用した宇宙環境影響評価の準備を開始した。

2.15.2 環境計測技術の研究開発

(1) 航空機搭載合成開口レーダ (Pi-SAR、Pi-SAR2) の研究開発

a) 第1期中期計画

① Pi-SAR 研究公募

平成5年度に開発を始め、平成12年には北海道有珠山及び伊豆諸島三宅島の火山観測で社会的にも合成開口レーダ (SAR) が災害監視等に有用であることを示した航空機搭載 SAR (Pi-SAR) は、1.5mの分解能と偏波を用いたカラー画像化を含む判読性の向上機能、地面の高さも同時に計測できるインターフェロメトリの機能を有する世界的にトップクラスの航空機 SAR システムである。

このPi-SARのより広い応用分野の開拓と実証を目指して、研究公募をJAXAと共同で実施した。これは、大学、国立研究機関、民間等からの研究提案に対してPi-SARによる観測機会を提供し成果を取りまとめるもので、32課題について観測を実施した。観測は平成16年2月から平成17年2月までの4シーズンに分けて実施し、この成果は、学術論文として各分野の学協会の報告のほかにワークショップ報告書としてまとめた。また、平成18年にPi-SARの成果集「地球の目撃者」として一般向けの冊子にもまとめた。

② 平成16年新潟県中越地震観測

平成16年10月23日に新潟県長岡市を震源として発生した新潟県中越地震は、大規模かつ多数の土砂崩壊による広範囲の災害を発生させた。NICTでは、翌日(24日)にPi-SARによる緊急観測の実施を決定し、地震発生から3日後の10月26日と10日後の11月3日に、震源を中心とする半径10kmの地域を中心いくつかの方向からの観測を実施した。両日とも雨であり、上空からの空撮による状況観測は困難であったが、Pi-SARにより画像

を得ることができた。

図2.15.10は、10月26日の観測によって得られた被災地の画像の一例を示す。長岡市内のがけ崩れ場所を含む2km×1.4kmの領域である。図の白い丸が大規模な土砂崩落部分で、地震発生から4日後に人命救助が行われた場所である。



図2.15.10 Pi-SARで観測した大規模な土砂崩壊。○が崩壊した部分。

このように、Pi-SARは悪天下でも、ある程度の地震被害の把握に役立つことは示したが、この地震で多数発生した小規模の土砂崩壊や道路、河川の被害の判読には1.5mという画像の分解能では不十分と判断された。

観測の初動が人命救助の限界に当たる72時間以内には間に合わなかったこと、さらに交通機関・通信手段の障害のほか、処理に時間がかかったこともあり、データ提供までに相当の時間を要したことが課題となった。また、データさえ現地に早期に届いていれば、先に述べた画像の分解能が不十分でも現地の生活者には異変が見いだせるということも分かり、データをいかに迅速に現地に届けるかが、災害時での実用化のカギとなることが明らかになった。

b) 第2期中期計画以降

① Pi-SAR2の開発

災害時に役に立つ航空機搭載 SAR を目指して、第2世代の航空機搭載 SAR となる Pi-SAR2の開発を行った。新潟県中越地震での Pi-SAR 観測における反省から、Pi-SAR2開発のコンセプトは、Pi-SAR に比べて高分解能を実現することと観測データを現地に迅速に届けることの2点に絞った。ここから Pi-SAR2の目標は1m以下の分解能で Pi-SAR の機能性能を発展的に引き継ぐこととした。平成20年に初飛行を行った Pi-SAR2は当

初の目標を大きく超える30 cm 分解能を達成し、さらに、平成22年には機上で高速に処理する装置を開発した。

機上処理装置は2 km 四方のフル分解能画像(ただしモノクロ)を約15分で処理できる。一般にSARのデータ量は大きいので、生のデータを飛行機から地上に伝送できる通信手段が無いが、機上処理装置で画像化することにより衛星通信を用いた伝送が可能となり、平成22年度末には、ETS-VIIIを用いて画像データを地上へ伝送するデータ伝送実験を実施した。

② 新燃岳火山噴火及び東日本大震災

平成23年3月11日14時46分頃に発生した東日本大震災では、震災翌日の朝7時にはPi-SAR2観測を開始した。図2.15.11はこの時観測した仙台空港の周辺の画像である。画面の大半を黒く覆っているのは津波で冠水した領域を示している。観測データの一部は機上で画像化して、着陸後に地上回線を用いて災害発生後24時間以内に関係機関に伝送し、またNICTのWebサイトから公開した。地上到着後のデータ処理はNICT内で順次処理を行い、1週間程度かけてカラー画像としたデータを公開した。また、この地震に先立って発生していた九州の霧島・新燃岳の火山噴火災害についても、逐次観測を行い、火口内の変動をその日のうちに火山噴火予知連絡会等に送付して、土石流や泥流等による災害の予測に役立てた。

データ伝送の高速化についてはグラフィックプロセッサを用いた高速化装置を開発し、平成25年8月の桜島観測において3偏波カラー画像を観測後約10分で機上から



図2.15.11 東日本大震災の翌日の仙台空港周辺(5km × 5km)航空機搭載SAR(Pi-SAR2)により観測したもの。図の中央部に空港滑走路、右側は太平洋。

商用衛星を介して配信することに成功した。

(2) 大気のリモートセンシング技術開発

NICT発足後の3期にわたる中期計画における電波による大気のリモートセンシング技術研究開発は、以下に示すセンサ開発プロジェクトに集約される。衛星プロジェクトである熱帯降雨観測衛星(TRMM)とその後継ミッションである全球降水観測(GPM)ミッションにおける降雨(降水)レーダの開発及び雲プロファイリングレーダ開発を行っているEarthCAREプロジェクトが挙げられる。地上レーダでは、日本初のCバンドのマルチパラメータバイスタティックレーダであるCOBRAや近年開発されたフェーズドアレイレーダ、小金井及び沖縄で開発を行ったウインドプロファイラ、遠距離海洋レーダ、そして第3期中期計画からスタートしたパッシブレーダ開発がある。それぞれの機器開発プロジェクトごとに研究成果を振り返る。

TRMMに関しては、NICTは計画の段階からこのミッションに参加し、その主要センサである降雨レーダ(PR)の基礎研究を実施した。平成9年に打ち上げられたTRMMは軌道維持用の燃料が尽きたことにより平成27年4月に運用を終了したが、それまでの17年間、世界で唯一の、衛星からのレーダによる精度のよい降雨観測データを提供してきており、現業予報、気象・気候学研究等に役立てられている。NICTでは、継続して降水プロファイリングアルゴリズムの、維持・改訂を実施したほか、地上検証・アルゴリズム検証等の研究を実施してきた。

TRMMの技術はその後継であるGPMへ受け継がれ、新規開発であるKa帯(35.5 GHz)のレーダについては、電気エンジニアリングモデルまで開発を行い、TRMMと同様にアルゴリズム開発においても指導的な役割を果たした。Ka帯レーダの開発は第1期中期計画に開始し、第3期中の平成26年2月28日にGPM主衛星搭載の二周波降水レーダ(図2.15.12、JAXAとの共同開発)として打ち上げられた。

もう一つの衛星ミッションであるEarthCAREのW帯の雲レーダ開発の背景には、平成9年に開発した航空機搭載雲レーダ(SPIDER)の開発がある。SPIDERは航空機観測のみならず、地上や船舶での長期にわたる観測でその有用性と技術を実証した。そのような背景のもと、JAXAと共同で欧州宇宙機関(ESA)のEarth

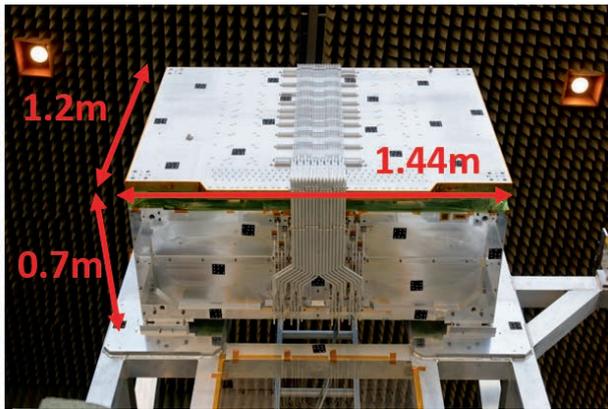


図2.15.12 GPM二周波降水レーダのKa帯降水レーダの電気エンジニアリングモデル

Explorerに提案し、第1期中期計画期間中の平成16年にEarthCAREが採択された。第2期中期計画期間では、平成20年の開発プロジェクト発足までの間、フィジビリティ研究としてアンテナ、送受信器、給電部等の基礎研究を実施した。衛星機器開発では、送受信器及び準光学給電部(送受切替部)のエンジニアリングモデル(図2.15.13)の開発まで実施した。EarthCARE搭載の雲レーダは平成27年度完成予定であり、ESAへの引き渡し後平成29年度に打ち上げ予定である。

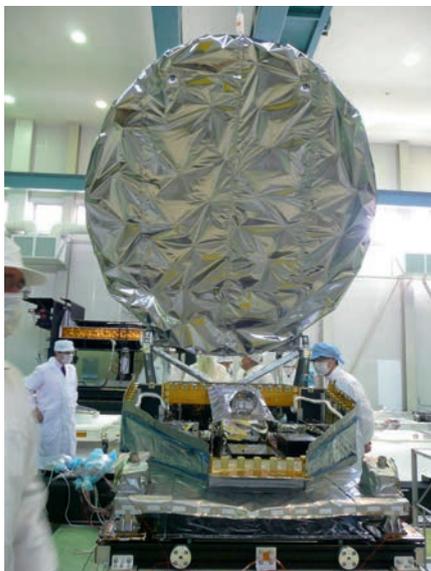


図2.15.13 EarthCARE衛星搭載雲プロファイリングレーダ(CPR)のエンジニアリングモデル
大きな主反射鏡の下にNICTが開発した準光学給電部と送受信器が配置されている。

地上レーダに目を向けると、まず、沖縄に整備したCOBRAについては、第1期中期計画期間中の平成14年に開発を完了した。COBRAは自由度の高い偏波パラメータ設定と受信専用機を複数設置することにより、

レーダ波の側方散乱波を受信できるバイスタティック観測機能をもつ世界にもあまり類を見ないレーダである。COBRAは沖縄県名護市に設置され、台風の観測や前述のTRMM/PRによる降雨観測データの検証等にも利用されている。またCOBRAはGPMによる観測データの検証や後述のフェーズドアレイ気象レーダの評価等への利用が期待されている。

フェーズドアレイ気象レーダは平成20年度からのNICT委託研究として国立大学法人大阪大学と株式会社東芝によって開発され、平成24年に完成した。このレーダの開発の基にあるのはTRMM/PRでのフェーズドアレイシステムであり、これをベースに高速で3次元データを取得できる地上設置の気象レーダが開発された。フェーズドアレイ気象レーダのターゲットはゲリラ豪雨に代表される突発的な気象現象の予測である。フェーズドアレイ気象レーダの初期観測においても積乱雲内の上空で大量の雨が生成され、それが落ちてくるところを間断なくとらえることができている(図2.15.14)、従来型のレーダでは不可能であったゲリラ豪雨の早期探知などに役立つものと期待されている。

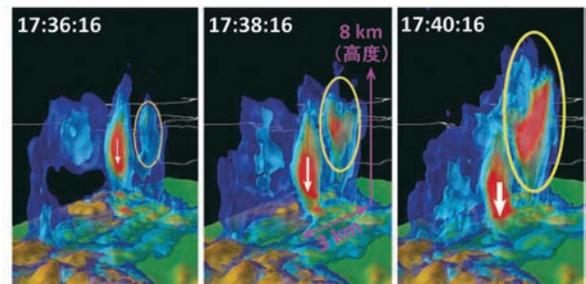


図2.15.14 フェーズドアレイ気象レーダにより観測された積乱雲の3次元構造の時間変化
上空で形成された降水コア(赤い部分)の落下や上空で新たな降水コアの形成プロセスが明瞭にとらえられている。

大気風速(3成分)の鉛直プロファイルを測定するウインドプロファイラについては、沖縄県大宜味村に設置されている400 MHz及び1.3 GHzのレーダは平成11年から開発を開始し、平成13年に完成している。特に400 MHzのウインドプロファイラは高高度(約16 km)までの風観測が可能であり、そのデータはリアルタイムで気象庁に送られている。第2期中期計画では、ウインドプロファイラにRASSを導入して、電波と音波を用いて上空の大気温度を計測する研究も実施した。また、NICT本部においてもウインドプロファイラの高度化の研究を第2期中

期計画から実施し、多重化システムによる高感度化及びイメージング化の研究を実施し、気象庁 WINDAS の更新にかかるとの基盤技術開発を行った(図2.15.15)。



図2.15.15 多重化システムによるウインドプロファイラ(LQ13)

石垣島、与那国島の遠距離海洋レーダの整備は平成11年に開始し平成13年から稼働している。石垣島、与那国島の2島を選定したのは、東シナ海における黒潮を直接観測するためであり、黒潮潮流場の変動とエルニーニョ／ラニーニャ現象等との関連性を調べることも念頭に置いて10年程度を目途に観測を継続した。遠距離海洋レーダを2基用いることにより、2次元観測(デュアルドップラー観測)が可能となり、東シナ海における表層流速場を推定することに成功した(図2.15.16)。第2期中期計画以降では、バイスタティック観測技術開発を行い、送信を1局、受信を2局にして海流場の推定の可能性の研究を実施した。さらに第3期中期計画においては、バイスタティックの観測に加えて、受信アンテナの分散

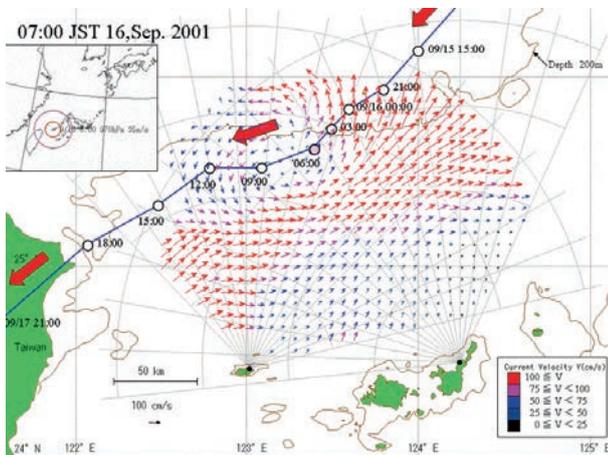


図2.15.16 石垣・与那国の海洋レーダによる平成13年台風16号通過時の表層流速場

化の研究・開発を実施し、用地が限られた場所における海洋レーダ設置を目指している。

電波の有効利用の観点から、自らの送信源を持たずに他の送信源からの電波を利用するパッシブレーダに関する研究を第3期中期計画からスタートした。パッシブレーダは送信源からの直達波の受信や降水粒子などからの側方散乱波などをターゲットとしているが、最初に取り上げたのは地上デジタル放送波の伝播遅延測定による水蒸気量の推定である。これまでに地上デジタル放送波の連続受信とその遅延プロファイルを生成することに成功し、基線上に2局の受信器を配置することにより水蒸気量推定のめどが立っている。

2.15.3 宇宙環境研究

(1) 概要及び沿革

NICTにおける宇宙環境研究の動向は、それまで宇宙天気予報業務を主に行う平磯支所と、その予報精度の向上を目的とした研究を行う本部(小金井市)にある複数の研究室が有機的・効率的に結合していった歴史と言える。特に、平磯太陽観測センターが平成21年4月に組織として終焉し、無人施設となったのは研究組織の統合としての大きな流れであり、また南極観測の発足時から続けてきた越冬観測を、機器の自動化により夏隊に移行したのは効率化の象徴である。また、CRL時代の平成5年から開始されたアラスカプロジェクトのうち、高高度観測のサブテーマがその後合流し、電離圏における機器開発が強化された。

さらに、各領域でのモデルやシミュレーションコードの開発により、世界に伍するレベルの技術が育ってきていること、また近年のハードウェアの発達により可視化等インフォマティクスの要素が付加され、アウトリーチ的な活動とともにNICT内外の共同研究にも大きく寄与してきている。

(2) 組織の変遷

平成13年4月の独立行政法人化の際には、宇宙環境関連のグループとして、本部に4つの研究グループ(宇宙天気システムグループ、シミュレーターグループ、電離圏・超高層グループ、北極域国際共同研究グループ)、平磯太陽観測センターに1つの研究室(太陽・太陽風研究

室)があったが、平成18年の第2期中期計画に宇宙環境計測グループとして1つに統合された。その後平成23年4月に宇宙環境インフォマティクス研究室と改称し今に至る。

また、NICTが昭和32年(1957年)の第1回南極観測以来継続してきた南極昭和基地における電離層観測は、システムの多重化、省電力化等観測装置の遠隔運用のための整備を行ったことから、越冬隊から夏隊への移行の検討を行い、平成21年に完了した(図2.15.17)。

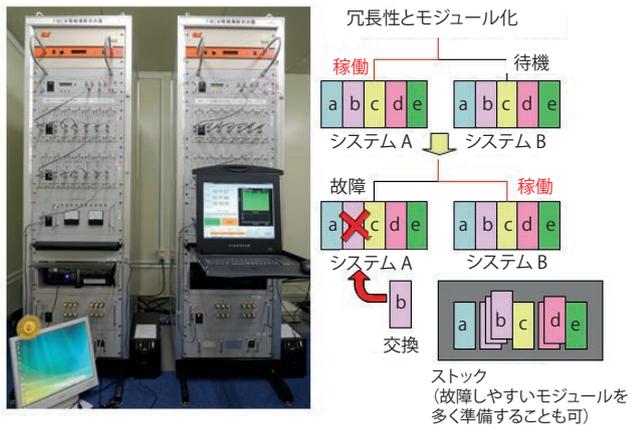


図2.15.17 省電力化・省力化を実現したFMCW型電離層観測装置1、2号機(左)、南極FM-CWの概念図(右)システムのモジュール化により専門知識のない者でも短時間で修理可能となっている。

(3) 観測技術の動向

平磯太陽観測施設の太陽電波観測システム(HIRAS)は、宇宙天気現象の源である太陽活動、特に太陽表面爆発現象を迅速に検出することを目的として運用してきたが、建設以来30年が経過し装置が老朽化し、また周辺の電波環境も悪化し十分な観測が困難となってきたことから、平成26年に山川電波観測施設に新規装置を新設し、テスト運用を開始した(図2.15.18)。

また、太陽から地球に向かってきた太陽風の詳細な情報



図2.15.18 平成26年3月に山川電波観測施設に完成した太陽電波観測システム

を地球到達前に知るために、太陽と地球の重力の釣り合う点(ラグランジュ点)に浮かぶ探査機“ACE”からのデータを受信するシステムの運用を平成9年より国際協力のもと本部にて行ってきた。このアンテナについても平成24年より改修を進め、平成26年3月に完成し、運用を開始した。

国際地球観測年(IGY、昭和32年)以来50年以上の歴史を持つNICTの電離層定常観測では、稚内・国分寺・山川・沖縄の4か所で15分毎の定常観測を継続している。平成20年に、周辺が市街地化された稚内電波観測施設を郊外の豊富町サロベツに移転し、観測を継続した。また、観測装置として平成13年に10C型を導入し観測してきたが、平成26年に後継機としてVIPIR2を選定し、導入を進めているところである(図2.15.19、図2.15.20)。



図2.15.19 VIPIR2の受信システム(小金井局)

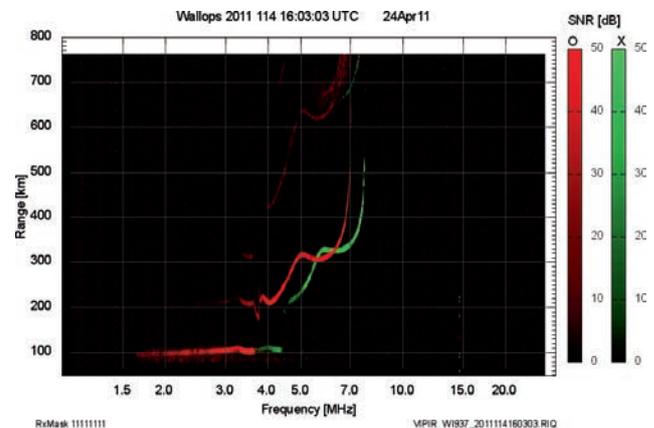


図2.15.20 VIPIR2で得られるイオノグラム Xモード(赤)とOモード(緑)の信号が別々に識別されているのが特徴

また、東南アジア電離圏ネットワーク (SEALION) は平成16年4月にインドネシア・コトタバン、9月にベトナム・バクリウに設置し、第1期の整備を終えた。その後もベトナム・フーツイ、中国・ハイナン、フィリピン・セブ、タイ・プーケットへの整備を進め、赤道域に特有の電離圏現象、特にプラズマバブルの観測を行い、その成因や伝播、GPSをはじめとする機器への影響を研究するプロジェクトを推進した。SEALION は京都大学が整備した EAR レーダーを始め、名古屋大学の全天イメージャ等の観測とも共同し、一大観測プラットフォームとして機能し現在に至る (図2.15.21)。

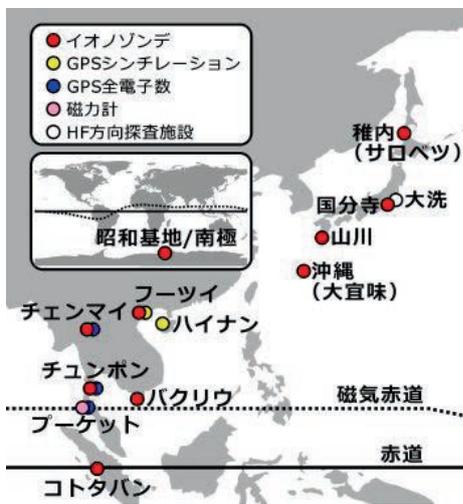


図2.15.21 国内定常観測及び SEALION 観測網

また、NICT は平成5年より、米国アラスカ大学等と共同で電磁波を利用した地球大気計測機器を開発し、アラスカ等において米国側と共同で地球環境問題において重要な北極大気変動を明らかにするプロジェクトを推進してきた。本プロジェクトは平成17年まで継続され、イメージングリオメータやミリ波ラジオメータ等9種類の観測装置の開発・観測及びその解析による数々の研究成果を始め、データ転送・蓄積・公開システム“SALMON”による大規模データアーカイブなどの開発を行った。

さらに、宇宙天気の実況を把握するために重要な極域の磁場データの取得として、ロシア・米国・日本による国際プロジェクト RapidMAG に参画した。これは、ロシアの6地点の地磁気データをリアルタイム伝送し、オーロラ活動の指標となる AE 指数をリアルタイムに導出することを目的としたものである。NICT は、極域の地磁気活動やオーロラ嵐に伴う静止軌道へのプラズマ粒子注

入の監視等を目的として、各観測所から AE 指数を算出する京都大学地磁気世界資料センターへの静止衛星経由のデータ伝送を担当した (平成23年度以降は、ロシアが自らデータ伝送のための回線を確保)。

(4) モデル・シミュレーション技術の動向

NICT では宇宙天気予報の数値予報化への道筋として、太陽風・磁気圏・電離圏結合系のシミュレーションコードの開発を続けてきた。特に、平成16年にはリアルタイムシミュレーションを完成させ、宇宙天気予報に資する定常運用を開始したが、平成23年に一旦リアルタイムシミュレーションを休止し、空間分解能をより精緻にするとともにコードのロバスト性の向上を図った。特に「極端現象」に対応し、巨大太陽フレア発生時の社会への影響推定等にも耐え得るコードの開発を続けている (図2.15.22)。

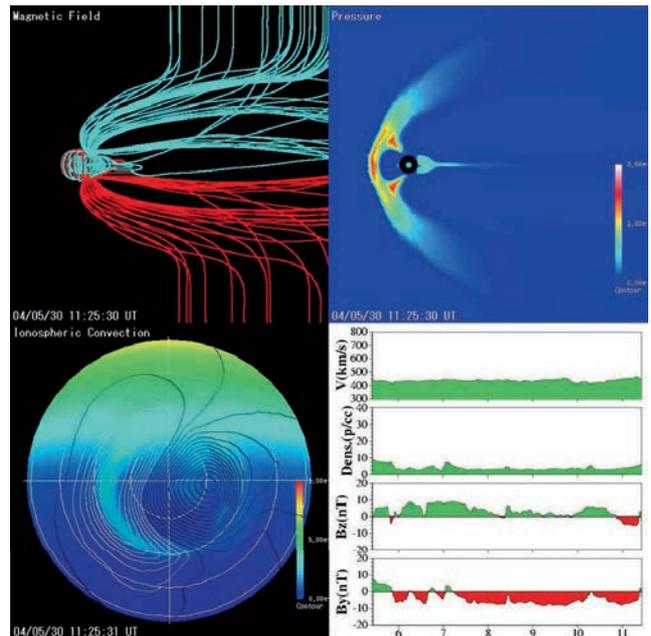


図2.15.22 リアルタイムの磁気圏及び電離圏シミュレーション結果の例

また、静止軌道の衛星障害の一因である放射線帯電子フラックス変動を、太陽風速度や密度、磁場など複数のパラメータから予測するモデルを開発し、ACE 衛星からのリアルタイムデータを用いて実際に予測し、Web で情報を公開するシステムの運用を開始している。現在、予測領域を GPS 衛星軌道まで拡大するための研究開発や、地磁気や HF レーダー観測データを用いて磁気圏内

部の擾乱による変動の効果を検討したモデルの研究開発を推進している(図2.15.23)。



図2.15.23 放射線帯モデルの結果を表示する外部公開用Webページ

地上から高度500kmを超える電離圏に至る空間変動を1つのモデルの中で再現するプロジェクトを平成19年に開始した。GAIAと呼ばれるこのモデルは、現在では地上付近の気象の客観解析データを入力し、対流圏から電離圏までの繋がりをシミュレーションで示すことが可能となり、成層圏突然昇温などのイベントが現実に近い形で再現されることが示されている(図2.15.24)。

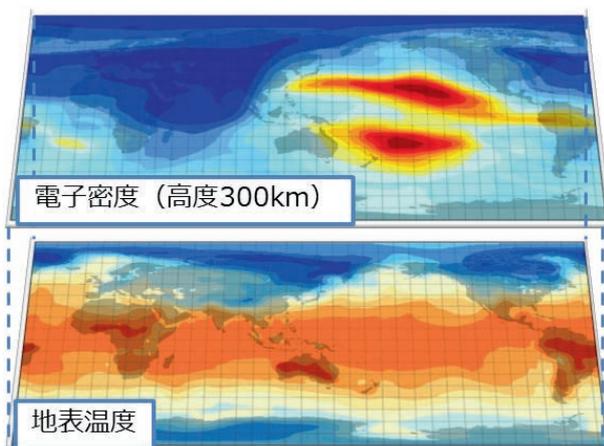


図2.15.24 GAIA の概念図
地表温度パラメータと高度300kmの電子密度を1つのシミュレーションコードで再現可能

(5) インフォマティクス技術の動向

NICTで継続してきた国内電離圏定常観測について、前世紀中の観測データはフィルムに記録されていたが、近年その劣化が問題となってきていた。これに対し、データのデジタル化を順次進め国内観測データについてはほ

ぼ完了するとともに、海外との交換データについてはフィルムロール1本を1つの画像として保存する新たな手法を用い、データ欠損の恐れがなくかつ安価なデジタル化を実現させた。

また、観測データを専門家以外にも分かりやすく提供しその成果を社会に還元することを主な目的として、サイエンスデータ可視化プロジェクトを平成21年より開始し、自動CG化アプリケーションの開発やタイルディスプレイを用いたコンテンツ開発を進めた。

平成22年頃から検討されたOneSpaceNet構想(後にScienceCloudと改称)は、観測データ、シミュレーションコード、解析環境等を1つのクラウド上に展開し、NICT内外からシームレスにアクセス可能にしたものであり、これまで個々の研究者が行ってきた研究活動をチーム化する原動力となっている。

(6) 宇宙天気情報の利用拡大・国際動向

宇宙天気情報のユーザーニーズを知るために、NICTでは平成15年より太陽地球環境情報サービスユーザーズフォーラム(後に宇宙天気ユーザーズフォーラムと改称)を開催し、現在までに9回開催している。近年の宇宙天気の動向やデータの使い方の講演を行うほか、関連する外部研究者や代表的ユーザーによる講演会を中心として行ってきた。

また、これまで欧米に比べ研究協力体制が乏しかったアジア・オセアニア域において、電離圏・ジオスペース観測及びデータ交換の基盤を構築することを目的として、平成24年にアジア・オセアニア宇宙天気アライアンス(AOSWA)を立ち上げた。第1回AOSWAワークショップは平成24年2月にタイ・チェンマイで開催され、8か国14組織が参加した。第2回は平成25年11月に中国・昆明で開催され、11か国29組織から99名が参加した。