

## 参考資料 2

### NICT における地球環境のリモートセンシング技術の研究

NICT は電波・光技術を用いた各種の地球環境のリモートセンシング技術の研究開発を実施している。本研究開発は、安心・安全な社会を実現するための ICT の研究開発と位置づけられている。これらの研究課題は、地球環境問題に寄与する地球規模の計測技術から、比較的ローカルでかつ生活空間に密着するような計測まで多種多様である。そこで、計測対象のスケール別に、NICT で行われている研究開発の概要を示す。

#### 1. 地球の安心安全

地球規模の環境変動を観測する主として衛星搭載センサ技術等の研究開発を実施する。

##### (1) 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 計測用ライダーの開発

###### (ア) 目的

CO<sub>2</sub> 濃度をレーザを使ったリモートセンシング技術により計測する技術を開発する。将来的には衛星搭載を実現し、地球規模の観測により、国・地域ごとの CO<sub>2</sub> 排出量測定等へ応用する。

###### (イ) 本研究の優位性

本技術は、2 μm 帯において、CO<sub>2</sub> の吸収線に一致する波長とそうでない波長の 2 波を用いた差分吸収型と呼ばれるライダー（レーザ・レーダ）である。2 μm 帯のレーザ光源は、大出力を得ることができ、LD 励起伝導冷却方式を用いているため将来の衛星搭載に適した方式である。

従来、CO<sub>2</sub> 濃度の計測は、その場計測が中心であり、空間的な分布は測定されていない。リモートセンシング手法でも、太陽光の散乱波を利用する手法が知られているが、この方法では、昼間しか測定できない。ここで開発するレーザによる手法では遠隔測定でかつ空間分布を測定することが可能である。またコヒーレント方式の検出を行っているため感度がよく、昼夜を問わず測定可能であり、CO<sub>2</sub> 濃度とともに、視線方向の風速を測定することができる。さらに 2 μm 帯のレーザは、目に安全であり、水平方向への発射も可能である。

###### (ウ) 目標

##### ① 2013-2015 年までの目標

実験室での試作システムに引き続き、より小型で耐震性に優れた実証システムを開発し、車載及び航空機搭載により、屋外の CO<sub>2</sub> 濃度の観測技術の研究を行う。また、わが国の CO<sub>2</sub> 観測衛星である GOSAT との比較測定等を行う。

## ② 2018-2020年までの目標

リモートセンシングによるCO<sub>2</sub>フラックス推定技術を確立する。また、衛星搭載CO<sub>2</sub>レーザーセンサのための基礎技術の確立を行う。

### (エ) 進捗状況とこれまでの成果

2006年度に開発を開始し、現在までに実験室内で試作システムをくみ上げ、動作の確認及び反射鏡を使って屋外のCO<sub>2</sub>濃度を観測した。測定値は、比較した点において、既存のその場観測センサの結果とよく一致することを確認した。このようなCO<sub>2</sub>の空間分布の測定はこれまで行われたことがないため、どのような科学的意義があるか今後の検証が必要である。今後、地上で行われているCO<sub>2</sub>フラックス観測等の手法を改善することに寄与できるものと思われる。

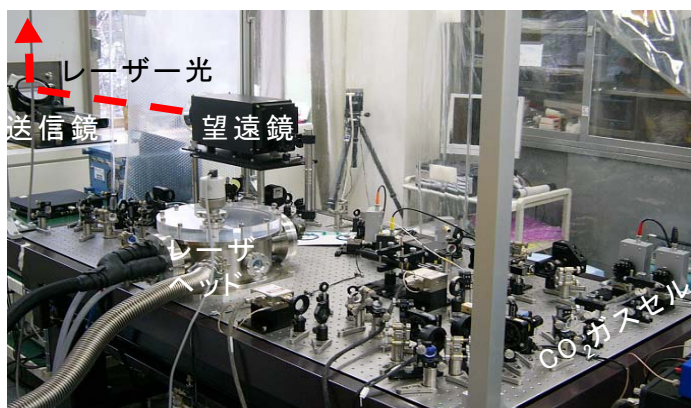


図1：レーザーセンサ試作装置の外観

## (2) 雲レーダ技術

### (ア) 目的

地球温暖化問題を考える上で、気候の冷却要因として、雲・エアロゾルの働きは重要である。このなかで、雲が地球の放射収支に与える影響は、雲の高度により大きく変化するため、雲の3次元分布を知る必要性が指摘されてきた。また、雲・エアロゾルの影響は温暖化予測における最大の誤差要因となっている（IPCC）。このような要請に応え、全球の雲の3次元分布やエアロゾルとの相互作用を知るために、衛星搭載雲レーダを開発し、衛星観測を実現する。また、同時に搭載されるライダー等と組み合わせて、雲粒の運動や雲粒径等を明らかにする。

### (イ) 本研究の優位性

雲レーダは、ミリ波帯を使用する気象レーダであり、雨粒に比べてさらに小さい雲粒を見ることができるレーダである。現在、雲粒の高さ分布を正確に測定する手段は、雲レーダのみである。現在、日欧協力により、欧州宇宙機関（ESA）の計画であるEarthCARE衛星に、日本で雲レーダを開発して搭載する計画が2013年打ち上げを目指して進行中である。欧州

側は、ライダー、可視赤外放射計、放射収支計を搭載予定である。雲レーダは、9.4 GHz帯の周波数で、ドップラー機能を備えている。雲レーダは2006年にNASAにより、CloudSATとして、打ち上げられたが、EarthCARE 搭載雲レーダは、米国のシステムに比べ約10倍高感度であり、かつドップラー計測機能を持つ。

#### (ウ) 目標

##### ① 2010年までの目標

衛星搭載雲レーダ開発において、基本設計及び開発モデルの開発試験を実施し、衛星搭載雲レーダ開発のための技術を確立する。また、衛星観測用のアルゴリズム開発等を実施する。

##### ② 2015年までの目標

EarthCARE 衛星は、2013年に打ち上げ予定であり、衛星観測データ処理用アルゴリズムの改良や運用を行う。他機関と共同して、衛星搭載センサの校正・検証を実施するとともに、データを活用した雲エアロゾル化ベース、気候・気象モデルとの比較等を通じて、気候モデルの改善、放射収支の高精度化を実現し、温暖化予測精度向上のための基礎データを収集する。

#### (エ) 進捗状況とこれまでの成果

これまでに、衛星搭載雲レーダのための基礎技術開発を実施し、アンテナ給電部や送受信部の部分BBMを開発した。また、ミリ波送信管EMの開発に着手した。これまでに、地上及び航空機で使用するミリ波雲レーダを使用して、アルゴリズム開発や、CloudSATを用いた衛星校正のための比較実験等を実施した。



図2 : EarthCARE 衛星外観 (想像図)

### (3) 降水レーダ技術

#### (ア) 目的

衛星搭載降水レーダにより世界で始めて宇宙から降雨の観測を行った TRMM 計画の後継計画として、日米共同で GPM 計画が進行中である。GPM では、降水レーダとマイクロ波放射計を搭載した主衛星とマイクロ波放射計を搭載した多数の衛星を編隊として、データを組み合わせ、全球の3時間毎の降雨分布を得ることが計画されている。本衛星計画では、降雨データは現業の気象予報に用いられるとともに、世界の洪水予報や水資源管理に利用される。GPM 計画の中で、わが国は、搭載用降水レーダを開発する。降水レーダは、降雨強度推定の精度を高めるために、KuバンドとKaバンドの2周波レーダが搭載され、新規性の高いKa帯降水レーダは、NICTで開発され、Ku帯レーダはJAXAで開発される。地球全体での降雨の観測は、今後温暖化に伴い、降雨の分布が現在から変わることが予測されており、その変化の検証にとっても重要である。

#### (イ) 本研究の優位性

世界初で唯一の衛星搭載降水レーダである TRMM の実績を生かして、さらに高度なKa帯の降水レーダの開発を進めている。降水レーダは、従来よりも高感度で0.2 mm/h以上の強度の降雨を観測する。Ka帯降水レーダは、TRMMも降水レーダで開発された、全固体素子からなるアクティブフェイズドアレイレーダ方式が採用された。

#### (ウ) 目標

##### ① 2010年までの目標

搭載用Ka帯降水レーダの開発モデル(EM)の製作が完了し、各種試験により性能の確認が行われた。さらに、二周波レーダ用アルゴリズム開発が進められる。

##### ② 2015年までの目標

GPM衛星は2013年打ち上げが予定されている。二周波降水レーダの運用による全球降水分布の現業数値予報への提供や洪水予報への活用等が始められる。

#### (エ) 進捗状況とこれまでの成果

これまでに、Ka帯の降水レーダ開発モデル(EM)の設計、製作が終了している。各種試験を実施し、概ね、要求資料を満たしていることを実証中である。併せて二周波降水レーダ用アルゴリズム開発を進めている。沖縄にある地上設置降水レーダ(COBRA)を用いて、アルゴリズム検証用のデータ取得を行う。

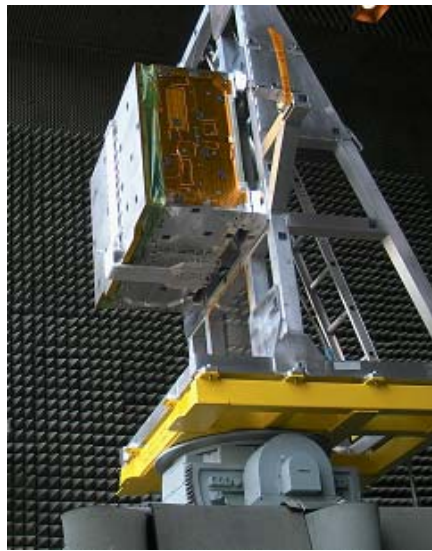


図3：試験中のGPM用Ka帯降水レーダEM

#### (4) テラヘルツセンシング技術

##### (ア) 目的

テラヘルツ帯は、光と電波の間にある未利用の周波数帯である。この周波数帯の大気中の伝搬モデルの作成や、水蒸気、雲等の大気リモートセンシングへの応用を目指した研究を行う。さらに、地球温暖化に関連して、テラヘルツ領域の地球放射はまだ十分な精度で測定されていないため、この領域の高精度測定は、温暖化予測の精度向上に寄与できる。

##### (イ) 本研究の優位性

これまでに、600GHz帯の超伝導受信機による成層圏微量成分の観測のための衛星搭載装置開発及び気球観測を実施し、テラヘルツ帯におけるシステムや観測に関するノウハウを有する。NICT内のテラヘルツデバイス開発や材料等のデータベース構築等の研究と連携して進めている。

##### (ウ) 目標

###### ① 2013-2015年までの目標

テラヘルツ帯大気伝搬モデルの構築及び雲、水蒸気等を含む大気の放射伝達モデルの構築。

###### ② 2018-2020年までの目標

モデル等の成果を生かした実験システムの構築と実証実験

##### (エ) 進捗状況とこれまでの成果

THz域で水蒸気やコンテナムの吸収線の計測を実施し、水蒸気の吸収線の圧力幅の実測に世界で初めて成功した。

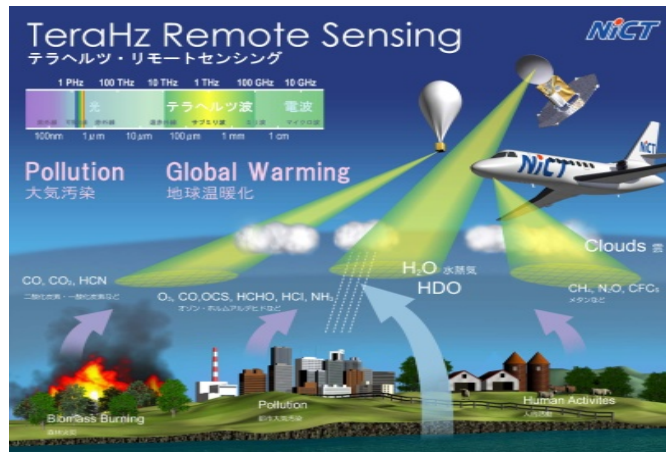


図4：テラヘルツ大気リモートセンシングの概念図

## 2. 国土の安心安全

主として、地震、火山等による災害を対象として、広域の災害把握や、復旧のための対策立案に寄与する情報の取得等を目的とする。

### (1) 航空機搭載合成開口レーダ技術

#### (ア) 目的

天候に左右されずに地震、火山噴火、土砂崩れ等の種々の災害状況を把握し、その情報利用を可能とするために、高精度な合成開口レーダ技術と観測データの処理・分析技術及びデータの高速伝送技術等の地球表面可視化技術の研究開発を行う。これらの技術により、地球表面において1 m以下の対象の識別を可能とする

#### (イ) 本研究の優位性

これまで、災害把握のために観測運用を行った経験を生かし、1 m以下の分解能を実現するための機器開発を実施する。これまでのSAR映像としては、最も高い分解能を持つものと考えられ、そのデータ利用技術に対する期待が大きい。

#### (ウ) 目標

##### ① 2010年までの目標

1 m以下の分解能を持ち、かつ衛星通信経由で迅速な映像配信が可能となる航空機搭載合成開口レーダシステムを実現し、災害時等の観測への適用の可能性を示す。

##### ② 2015年までの目標

1 m以下の分解能と準実時間映像配信が可能なシステムの性能を確認するとともに、実際の災害時等に適用した場合におけるレーダ観測の有効性を実証する。ユーザ期間等と連携し高分解能SARデータのデータ利用技術の開発を行う。

### (エ) 進捗状況とこれまでの成果

これまでに、航空機搭載レーダシステムのハードウェア部についてはほぼ開発終了。2008年度において、試験飛行を行い、性能試験を行う。



図5：航空機搭載合成開口レーダデータ配信の概念図

### 3. 都市生活空間の安心安全

人口稠密な大都市空間における、局所的気象災害や都市環境等を対象に、センサをネットワークで結合したセンシングネットワーク技術やこのための情報通信技術の開発と実証を行う。地方自治体等を想定ユーザとして、気象災害予知や都市環境改善に寄与することを目的とした実証実験を行う。

#### (1) センシングネットワーク技術（都市計測プロジェクト）

##### (ア) 目的

風速や大気汚染物質等の環境情報を都市スケールで詳細に計測するために、地表付近及び上空を約100mの間隔で立体的に計測するセンサ技術と、計測データを用途に応じてネットワーク上でほぼ実時間で処理・配信するシステムの研究開発を行う。

##### (イ) 本研究の優位性

約100m刻みで、風ベクトルの測定を行い、小スケールの気象モデルと組み合わせることにより、従来の気象観測網では捉えることのできなかつた、局所的な気象現象や都市における気象災害を予知することが可能になると考えられる。このような気象予測において、現状では風の測定が最も重要な要因であり、かつ現状では得られていないデータであるため、風の測定をまず重点的に取り組む。

(ウ) 目標

① 2010年までの目標

風等の気象データの高密度3次元計測システムの開発と、有効性の実証

② 2015年までの目標

高密度計測データを下にして、データ収集と処理システムを構築し、気象モデルとの連携による大気汚染、集中豪雨の予測の可能性を実証する。

(エ) 進捗状況とこれまでの成果

風の測定のためのセンサ技術開発として、ドップラーライダーについては、高出力送受信試験を行い、基礎データを取得した。第一世代のドップラーライダーシステムは、平坦地・都市部双方での技術試験を実施した。

ウィンドプロファイラ（気流観測レーダ）については、M符号による電波干渉を受けない試験機の信号処理系動作試験を実施した。都市大気環境センシングデータシステムとして、自動データ取得ならびにデータシステムの試験を実施した。

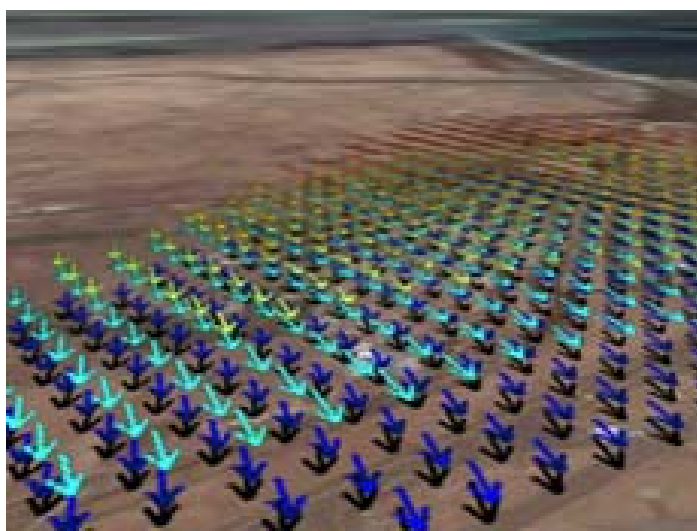


図6：風の高密度計測実験結果を Google Earth 上にプロット