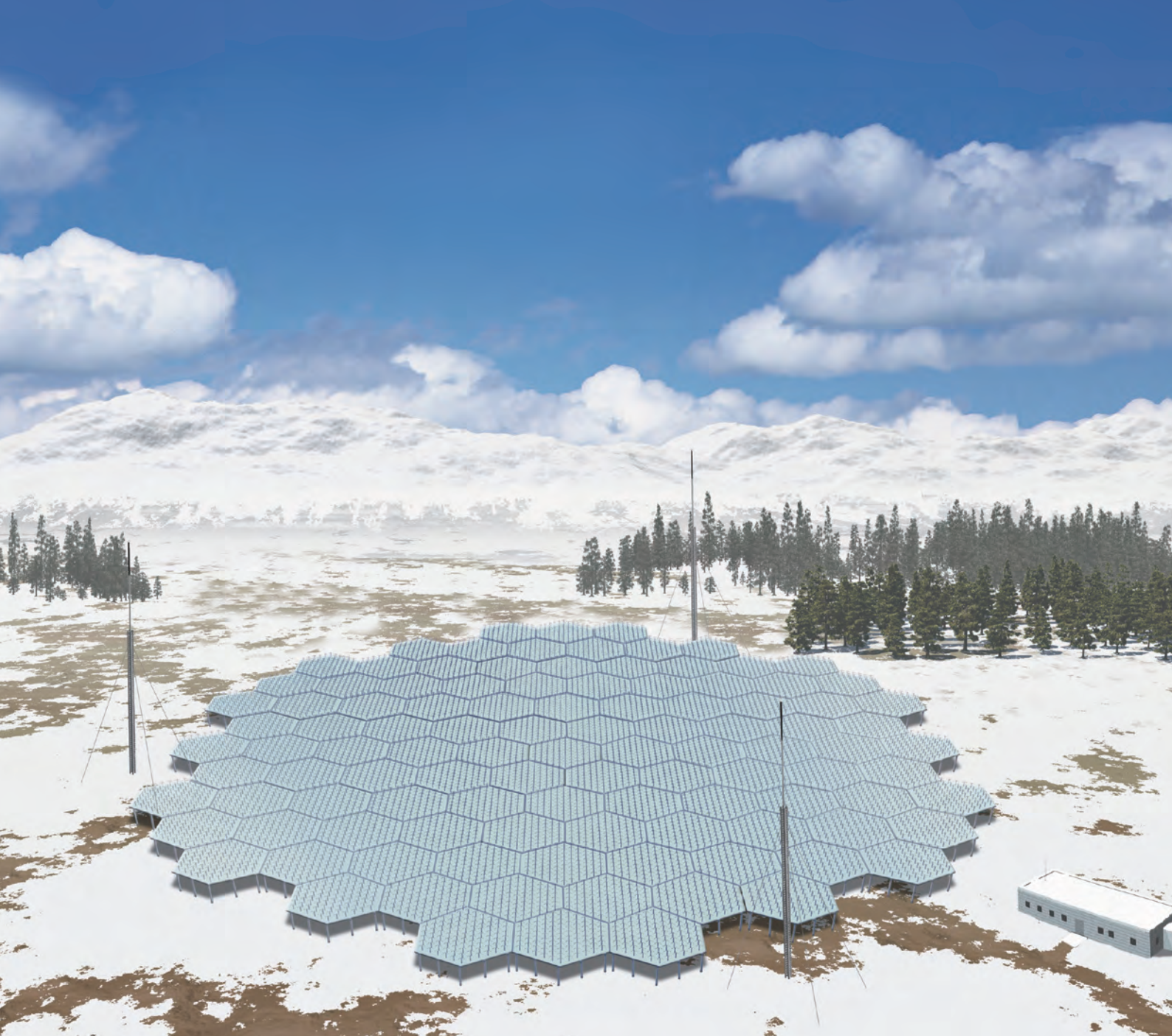


3D EISCAT

EISCAT_3D

(アイスキャット・スリーディー)

地球大気とジオスペース環境の理解に向けて
— 極域エネルギー流入・変換過程の全容解明 —



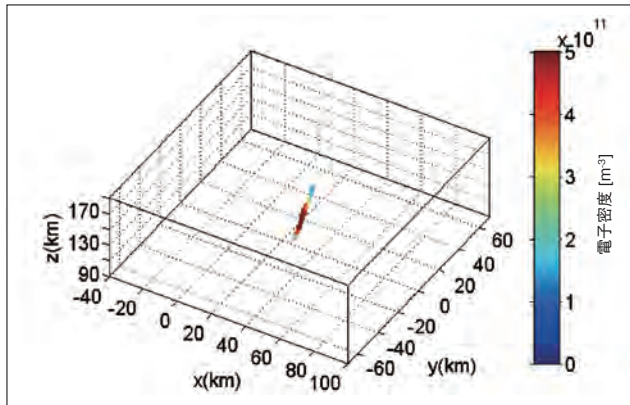
EISCAT_3D計画とは？

スカンジナビア半島北部に最先端のフェーズドアレイ式レーダーを設置する新しい国際共同プロジェクトです。

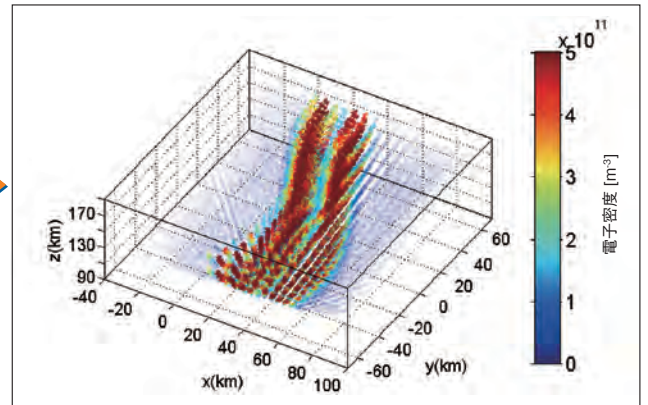
世界で初めての多点イメージングレーダー観測を実現することにより、環境モニタリング・宇宙プラズマ物理学・太陽系科学を推進し、宇宙天気と地球気候の予測精度の向上を目指しています。0.1秒の時間分解能や50mの空間分解能は、世界中の大型レーダーでトップであり、時間的・空間的に激しく変動する「太陽活動の影響」を測定可能になります。

本プロジェクトは2008年12月にESFRI(欧州研究インフラ戦略フォーラム)のロードマップに採択され、さらに国内ではマスタープラン2014及びロードマップ2014の重点大型研究計画の1つである「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」の重要な観測装置として、EISCAT_3Dレーダーは位置づけられています。

このEISCAT_3Dレーダーを用いて、2020年から約45年間の観測を実現するための準備を、EISCAT(欧州非干渉散乱)科学協会加盟国(日本、ノルウェー、スウェーデン、フィンランド、英国、中国)による国際共同で進めています。



現行のEISCATレーダーによる線観測
(通常1分間の積分時間で電子密度などの物理量を導出)



EISCAT_3Dレーダーによる立体観測
(約3分間のビームスキャンを想定)

EISCAT_3Dの研究課題

EISCAT_3Dレーダーの主目的は、太陽風エネルギーの流入とその影響の全容を解明することです。

このレーダーを用いて、右図に記載した多岐にわたる研究対象について、日本の研究者による主体的な国際共同観測・研究の実現を目指しています。特に中心課題と想定している内容は以下の通りです。

■ オーロラの3次元構造とその生成機構

- オーロラ微細構造の解明
- 脈動オーロラの生成機構の解明

■ オーロラエネルギーの変換プロセス

- 全球規模のエネルギー再配分と物質輸送理解
- イオン流出の生成機構の解明

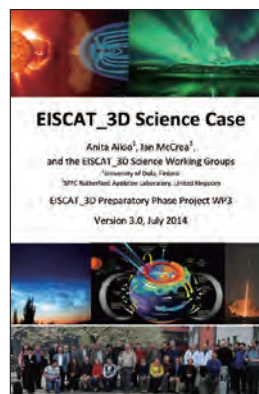
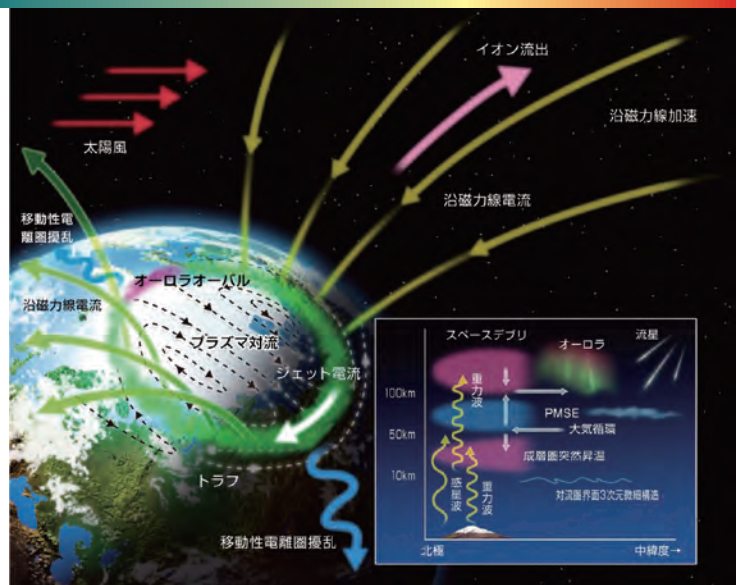
■ 下層大気と超高層大気の下結合

- 中間圏・電離圏D領域の微細構造の理解
- 中層・超高層大気の寒冷化の解明

■ 宇宙天気研究及び様々な研究分野への応用

- 宇宙デブリの詳細把握
- 惑星科学や太陽風研究

EISCAT_3Dレーダーを中心とした拠点観測に加え、飛翔体観測やシミュレーション研究を相補的に組み合わせることにより、これらの未解明問題の理解に取り組みます。



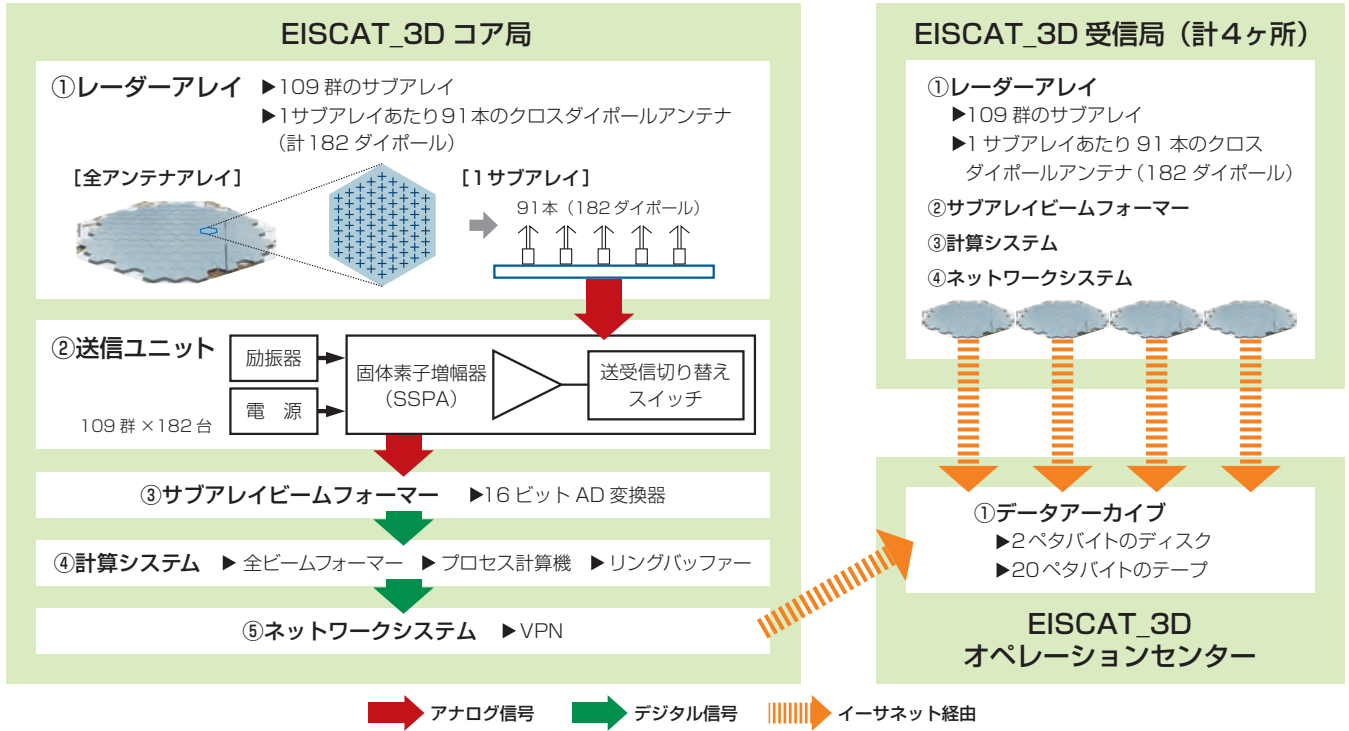
国際的には、各国の研究者が協力し、EISCAT_3Dサイエンスケースの完成版を2014年7月にリリースしました。

<https://www.eiscat3d.se/project/fp7/science-case>

EISCAT_3Dレーダーの諸元

- システム アクティブ・フェイズド・アレイ方式
- アンテナ コア局(Skibotn)と4ヶ所の受信局のそれぞれに約1万本の直交アンテナ
- 観測可能天頂角 最大60度
- 送受信機 109個の送受信モジュール
- 送信ピーク出力 5MW(第1段階)、10MW(第2段階) Duty比最大25%
- 空間分解能 干渉法により最高約50m

EISCAT_3Dシステム構成図



EISCAT国内共同利用

日本は1996年4月にEISCAT(欧州非干渉散乱)科学協会に加盟後、スヴァールバル諸島ロングイアピン及びスカンジナビア半島北部のトロンソ、キルナ、ソダンキラに設置された複数の大型レーダーと電離圏加熱装置を用いて、極域中間圏-熱圏-電離圏-磁気圏領域における国際共同観測・研究を積極的に推進してきました。全国公募によるEISCATレーダー実験を毎年行い、その観測・研究成果を学術論文として継続して発表してきています。

年度	申請数	共同研究者数	観測時間
2006	13	45	144
2007	14	55	281
2008	14	45	254
2009	12	35	170
2010	17	46	219
2011	15	36	232
2012	15	41	216
2013	17	48	198
2014	15	49	145

これまでのEISCAT実験代表者及び共同研究者の所属する研究機関名

- 北海道大学
- 東北大学
- 茨城大学
- 理化学研究所
- 国立極地研究所
- 成蹊大学
- 立教大学
- 東京大学
- 情報通信研究機構
- 電気通信大学
- 宇宙科学研究所
- 信州大学
- 名古屋大学
- 京都大学
- 京都女子大学
- 大阪市立大学
- 九州大学



世界全体では、EISCATを用いた約2600編もの数の学術論文が出版されています。うち日本人筆頭著者の論文は約120編です。EISCATレーダーのデータは、日本の大学/大学院教育にも有効に活用されてきました。(これまで10編の博士論文と約50編の修士論文にEISCATデータを利用)

EISCAT / EISCAT_3D計画の流れ

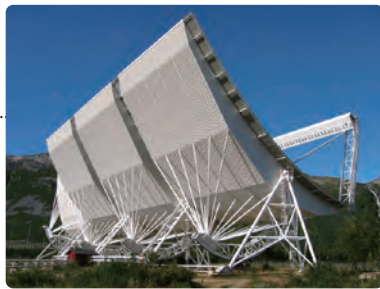
1980年

1990年

2000年



EISCAT UHFレーダー稼働開始
1981年



EISCAT VHFレーダー稼働開始
1985年



EISCATスパールバルレーダー稼働開始

第1アンテナ:1996年
第2アンテナ:1999年

日本(極地研・名大STE研)がEISCAT科学協会に加盟
1996年

EISCATレーダーサイト敷地内に、各種の光学観測装置や小型レーダーを展開し、拠点観測を開始

日本が主体となる国内外の大型レーダー計画



MULレーダー稼働開始
1984年

太陽活動度 (F10.7 指数) の変化

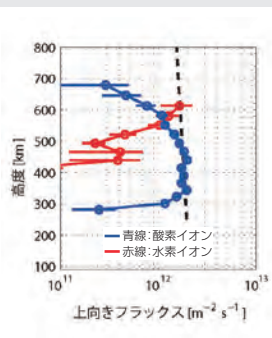
EISCATのサイエンス成果(1)

■ 地球大気の流出現象の解明

極域の電離圏イオンが上昇する量を、イオンの種類毎に初めて明らかにしました。

この成果は、**地球大気が流出するメカニズムの解明や、長期的な大気組成の変遷の理解**に貢献します。

図: EISCATレーダー観測による極域イオンが上昇する量の高さ分布。まず酸素イオンが高さ400km付近から上昇し始めます。その上空の高さ600kmでは、水素イオンの上昇に切り替わる様子が初めて明らかになりました。



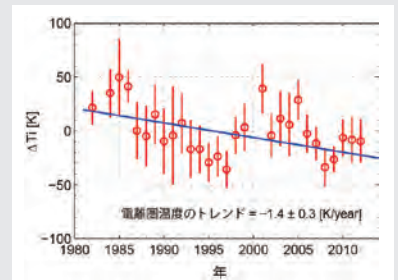
EISCATのサイエンス成果(2)

■ 超高層大気の長期変動の解明

極域の超高層大気(高度300km)が、10年でマイナス14度の割合で冷えていることを初めて明らかにしました。

この成果は、**超高層大気中を飛翔する人工衛星軌道への影響の理解や、気候変動の理解**に貢献します。

図: 太陽活動の影響を取り除くことで明らかになったイオン温度の長期変化。極域の超高層大気が33年間に渡って冷えてきていることが分かります。



2010年

EISCAT協会全体の活動

EISCAT将来構想(E-Prime)の検討開始
2003年~

EISCAT_3Dデザインスタディ(FP6)、
EUから 2.0Mユーロ(約2.5億円)
2005~2009年

- 試験用アレイアンテナ設置(キルナ) 2007年
- EISCAT_3Dデザインの報告書作成

**欧州研究インフラ戦略
フォーラム(ESFRI)採択** 2008年

EISCAT評議会による推進決定
2008年

EISCAT_3D実現のための
40研究機関からのサポートレター
2009年

EISCAT_3D準備フェーズ(FP7)、
EUから 4.5Mユーロ(約5億円)

- EISCAT_3Dプロジェクトマネージャー着任 2010~2014年
- 国際サイエンスワーキンググループを結成し、サイエンスケース執筆 2011年8月
- 2012年~2014年

[フィンランド]
プロトタイプ受信局建設



0.4Mユーロ(約0.5億円)
2010年~

[ノルウェー]
建設予算申請
2012年~

[スウェーデン]
準備予算承認
7MSEK(約1億円)
2012年~2014年

EISCAT_3D
Implementationフェーズ
(INFRADEV-3、2年間計画)
への申請

2015年1月

[フィンランド]
建設予算申請
2014年~

他国の建設
予算獲得の
条件付きで
内定
2015年

[スウェーデン]
建設予算申請
2013年

他国の建設
予算獲得の
条件付きで
内定
2014年

国内活動

国内研究集会等で将来計画の意見集約
2003年~

EISCAT_3D国内WG立ち上げ
2009年

学術の大型研究計画(マスター
プラン2011)に応募
「大型大気レーダー(EISCAT
_3D及びPANSY)を用いた
南北両極の大気科学の推進」
2010年

統合計画案の作成&ヒア
リング
「極域科学のフロンティア」
2011年

マスタープラン2014に応募
「太陽地球系結合過程の研究
基盤形成」
2013年

EISCAT_3Dで用いる
送信機モジュールの
設計と性能評価
2014年~

EISCAT_3Dレーダーと、赤道MUレーダー、
広域ネットワーク観測を組み合わせた計画

- 「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」が重点大型研究計画マスタープラン2014の27課題の1つに選出 2014年
- 学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想「ロードマップ」新規10課題の1つに選出 2014年



赤道大気レーダー稼働開始
2001年



南極PANSYレーダー稼働開始
2011年

EISCATのサイエンス成果(3)

■ 極域超高層大気で生じる突風現象の発見

この突風の加速源を探ることにより、太陽風から地球大気へのエネルギー過程を究明しました。
この研究は、**太陽から地球へのエネルギー流入過程の理解**に貢献します。

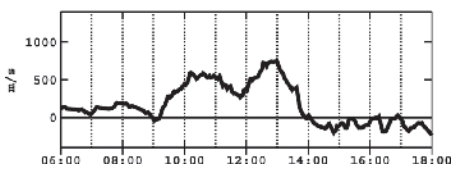


図: EISCATレーダーを用いて観測した高度118kmの風速変動(北向き成分)。1時間(09:00-10:00 世界標準時)の間に風速が500m/s変化しています。この風速変動のエネルギー源は、太陽風であることを明らかにしました。

EISCAT_3Dで期待される成果

太陽からの太陽風エネルギー流入によって極域に発生する特異現象の観測

- オーロラに代表される**地球周辺プラズマ現象**の生成と消滅
- **地球大気が宇宙空間へ流出**する仕組みや量、組成。
- **大気成分の鉛直下方向への輸送**
(特に、オゾン破壊にも繋がる大気微量成分の輸送)
- 極地から**低緯度へのエネルギー伝達**
(超高層大気の乱れが水平方向に伝搬)

宇宙飛翔体の直接観測

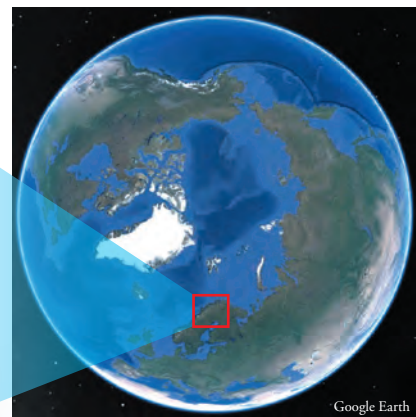
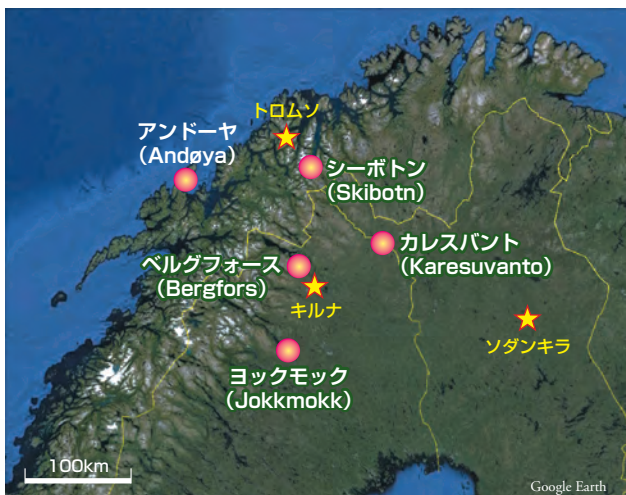
- 太陽活動が全球システムに及ぼす影響とその仕組みの全容解明
- 極軌道衛星の運用やGPS測位に影響する宇宙天気の監視
- スペースデブリ、落下衛星などのリスク検知

EISCAT_3D整備計画

2015年6月現在

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
整備計画フェーズ	第1段階							第2段階	第3段階	第4段階	
	<技術実証>期間			<本格整備>期間							
技術実証システム(トロムソ)											
主局(Skibotn)整備											
受信局1(Bergfors)整備											
受信局2(Karesuvanto)整備											
オペレーションセンター整備											
送信出力5MW→10MW											
受信局3(Andøya)整備											
受信局4(Jokkmokk)整備											
日本の貢献内容	<ul style="list-style-type: none"> 送信機モジュール開発 技術実証用モジュール 電源ユニット 装置筐体設計製作 			<ul style="list-style-type: none"> 送信機モジュール(第1段階用) 装置筐体(第1段階用) 実証試験システム 							

EISCAT_3Dレーダー(5局)の建設予定地



- は EISCAT_3D サイト
- ★ は 現行の EISCAT サイト

問い合わせ先

EISCAT 国内事務局

- email eiscat3d@nipr.ac.jp
- URL <http://eiscat.nipr.ac.jp/>
- URL <http://eiscat.nipr.ac.jp/eiscat3d/>



国立極地研究所
大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構



名古屋大学
太陽地球環境研究所

EISCAT 科学協会

- URL <http://www.eiscat.se>
- URL <http://www.eiscat3d.se/>



EISCAT