

**3D**  
**EISCAT**

# EISCAT 3D

アイスカット・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 —



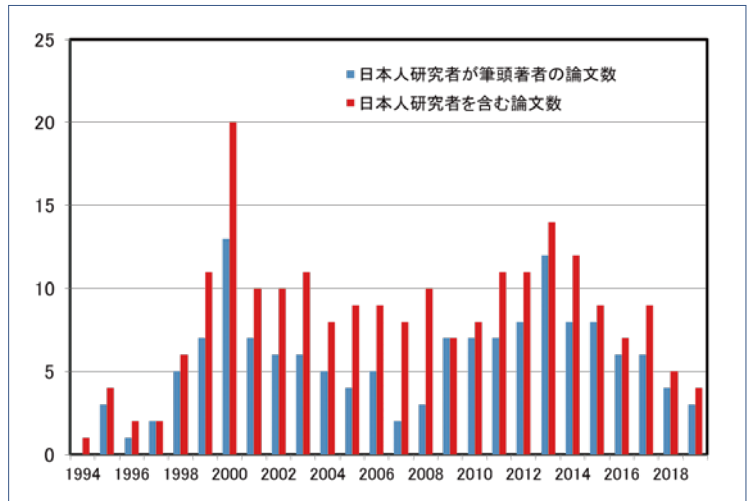
## EISCAT国内共同利用

日本は1996年4月に欧州非干渉散乱 (EISCAT) 科学協会に加盟後、スヴァールバル諸島ロングイアビン及びスカンジナビア半島北部のトロムソ、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
2012	15	41	216
2013	17	48	198
2014	15	49	145
2015	13	51	187
2016	12	73	159
2017	13	74	170
2018	15	85	161
2019	14	79	169

### 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
- 東京大学
- 京都女子大学
- 北海道情報大学
- 情報通信研究機構
- 大阪市立大学
- 東北大学
- 電気通信大学
- 大阪大学
- 茨城大学
- 宇宙科学研究所
- 高知工科大学
- 理化学研究所
- 信州大学
- 九州大学
- 国立極地研究所
- 金沢大学
- 日本文理大学
- 成蹊大学
- 名古屋大学
- 立教大学
- 京都大学



世界全体では、約2700編もの数の学術論文がEISCATを用いて出版されています。そのうち日本人筆頭著者の論文は約140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。これまでに10編の博士論文と約50編の修士論文にEISCATデータが利用されてきています。

## 国際共同

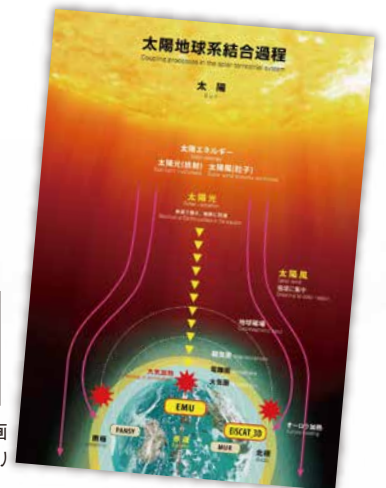
日本のマスタープラン重点大型研究計画「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」では、EISCAT\_3Dレーダーと共に重点観測を実施する赤道MUレーダーや、南極のPANSYレーダーを中心に、世界中の大型大気レーダーとの国際共同観測研究を実施します。

関連して、2017年5月には第18回EISCAT国際シンポジウムと第15回MSTレーダーワークショップを国内(国立極地研究所)で合同開催しました。世界中の大気レーダー研究者(19ヵ国、84機関から計182名)が一同に会し、EISCAT\_3Dレーダーを新たに用いた国際共同研究計画の検討や研究者コミュニティの連携拡大に関する議論を深めてきています。



<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/masterplan2020/>

マスタープラン重点大型研究計画  
「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」パンフレットより



## 問い合わせ先

### EISCAT 国内推進室

- email [eiscat@nipr.ac.jp](mailto:eiscat@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**  
宇宙地球環境研究所

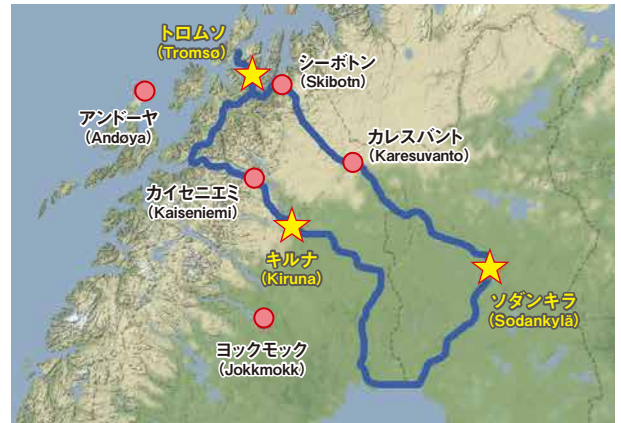
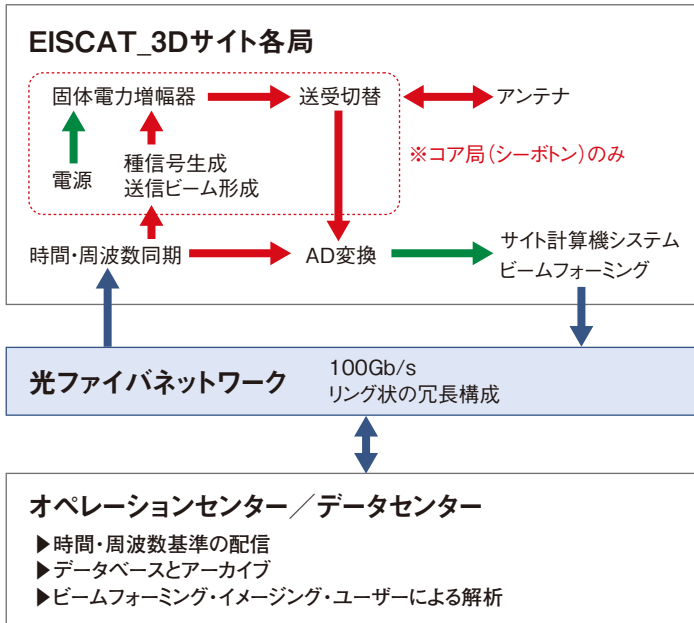
### EISCAT 科学協会

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



**EISCAT**

# EISCAT\_3Dのシステム構成



Leaflet | © Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0.  
Data by OpenStreetMap, under ODbL.

● EISCAT\_3D サイト予定地 — 光ファイバ(第一段階)

★ 現行のEISCAT サイト

→ アナログ信号 → デジタル信号 → 光ファイバネットワーク



EISCAT HQ  
各サイトの外観予想図 ▶109群のサブアレイ

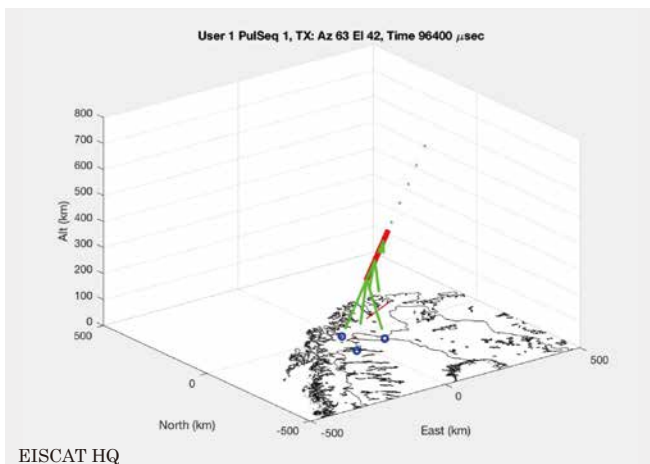


サブアレイ ▶91本の2素子直交八木・宇田アンテナ

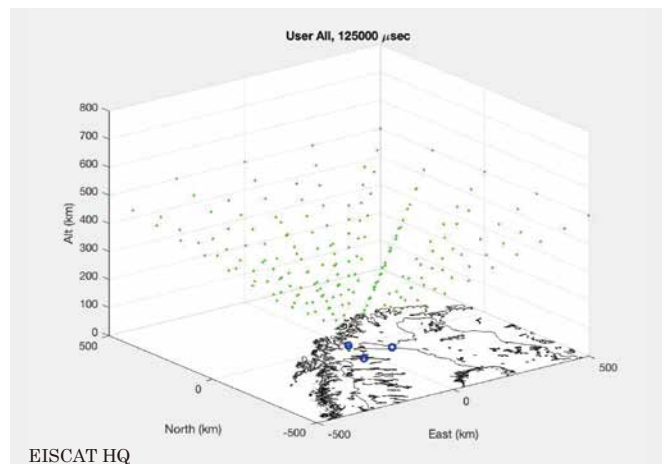
# EISCAT\_3Dレーダーの諸元

- 方式 ..... マルチスタティック／アクティブフェーズドアレイ
- アンテナ ..... ▶コア局と4つの受信局に各9919本の2素子直交八木・宇田アンテナ(直径約80m)  
▶コア局のみ干渉計用の追加サブアレイ10群
- 距離分解能 ..... 鉛直約113m、水平約50m(最小)
- AD変換 ..... 104MHzサンプリング、16ビット

- 送信機 ..... コア局(シーボトン)に9919個の固体電力増幅器(各500W)
- 尖頭電力 ..... 5MW(第一段階)、10MW(第二段階)
- duty比 ..... 最大25%
- 偏波 ..... 水平・垂直の各偏波で独立に受信可能
- 天頂角 ..... 0 ~ 60度



高速なビーム走査により、送信ビーム(赤)に各受信局の受信ビーム(緑)が追従



125ミリ秒で全天の走査が可能

# 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**欧州研究インフラ戦略フォーラム**

**ム(ESFRI)のロードマップ**に採択され、2017年9月から建設を開始しました。実施フェーズに移行した計画として、2018年7月にESFRI-Landmarkに認定されています。さらに国内では、**マスタープラン2014、2017、2020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、2022年から約30年間の先進的な観測研究を実現するための準備を、欧州非干渉散乱(EISCAT)科学協会加盟国(加盟国は、日本、ノルウェー、スウェーデン、フィンランド、英国、中国の6ヶ国)による国際共同で進めています。

# EISCAT\_3Dの研究課題と期待される成果

## 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。EISCAT\_3Dレーダーを用いた中心課題と、EISCAT\_3Dレーダーを用いた研究により期待される成果は以下の通りです。

### オーロラの3次元構造とその生成機構

- 脈動オーロラの生成機構の解明
- オーロラ微細構造の解明
- **オーロラ物理学やスケール間結合研究の発展に寄与**

### 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
- **地球大気全体のエネルギー収支の理解に貢献**
- イオン流出の生成機構の解明
- **地球・惑星大気の進化の理解に貢献**

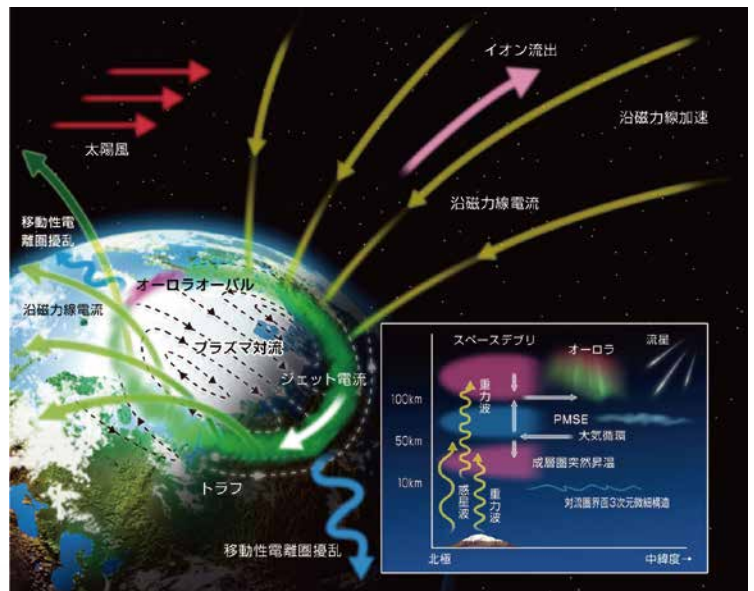
### 下層大気と超高層大気の上下結合

- 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
- **地球大気気候変動の全貌理解に貢献**

### 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
- **宇宙飛翔体を含む人類生存基盤の維持に貢献**
- 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。それにより、地球環境変動の予測精度向上が期待されます。



EISCAT\_3Dレーダーの観測対象

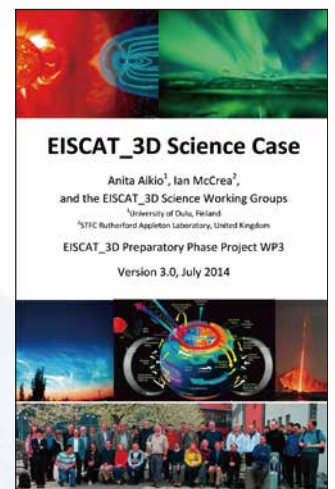
国際的には、各国の研究者が協力し、EISCAT\_3Dサイエンスケースの完成版を2014年7月にリリースしました。

<https://eiscat.se/blog/wp3-science-planning-and-user-engagement/>

このサイエンスケースは、日本地球惑星科学連合が出版する学術誌PEPSにも掲載されています。Ian McCrea et al., The Science Case for the EISCAT\_3D Radar, *Progress in Earth and Planetary Science*, 2:21, July, 2015.



<https://progearthplanetsci.springeropen.com/articles/10.1186/s40645-015-0051-8>



# EISCAT / EISCAT\_3D計画の流れ

1980

1990

2000

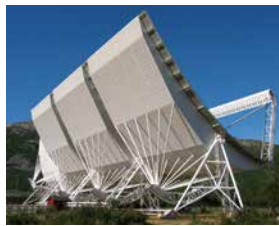
2010



EISCAT UHFレーダー稼働開始(1981年)



EISCATスヴァールバルレーダー (ESR) 稼働開始(第1アンテナ:1996年、第2アンテナ:1999年)



EISCAT VHFレーダー稼働開始(1985年)

日本(極地研・名大STE研)がEISCAT科学協会に加盟(1996年) ESRの建設・整備に貢献。

## 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)**、(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

[フィンランド] プロトタイプ受信局(KAIRA)をキルピスヤルビ(フィンランド)に建設(下写真)、(2010年-)



国際極年(IPY)観測期間中に、ESRによる1年間連続観測(2007年3月-2008年2月)

EU大型研究設備計画(ESFRI)採択(2008年)

EISCAT評議会による推進決定(2008年)

## EISCAT国内活動

国内研究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)

## 国内・赤道域・南極の大型レーダー計画



MURレーダー稼働開始(1984年)



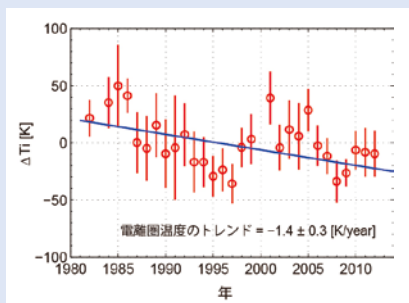
赤道大気レーダー稼働開始(2001年)



## EISCATのサイエンス成果(1)

### ■ 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。

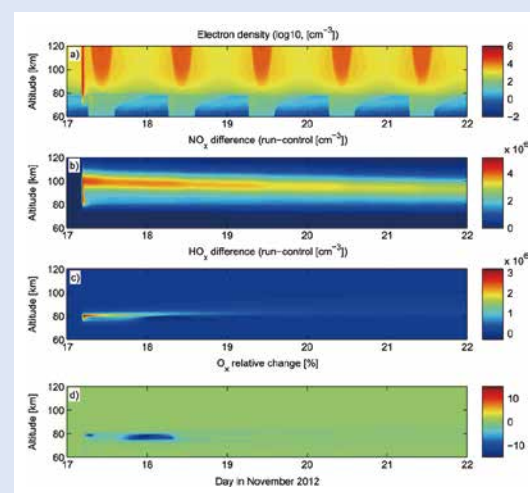


Ogawa et al., Geophys. Res. Lett., 41, 5629-5635, doi: 10.1002/2014GL060591, 2014の図を改訂

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。

## EISCATのサイエンス成果(2)

### ■ 脈動オーロラに伴う高エネルギー降下電子と中間圏オゾン減少



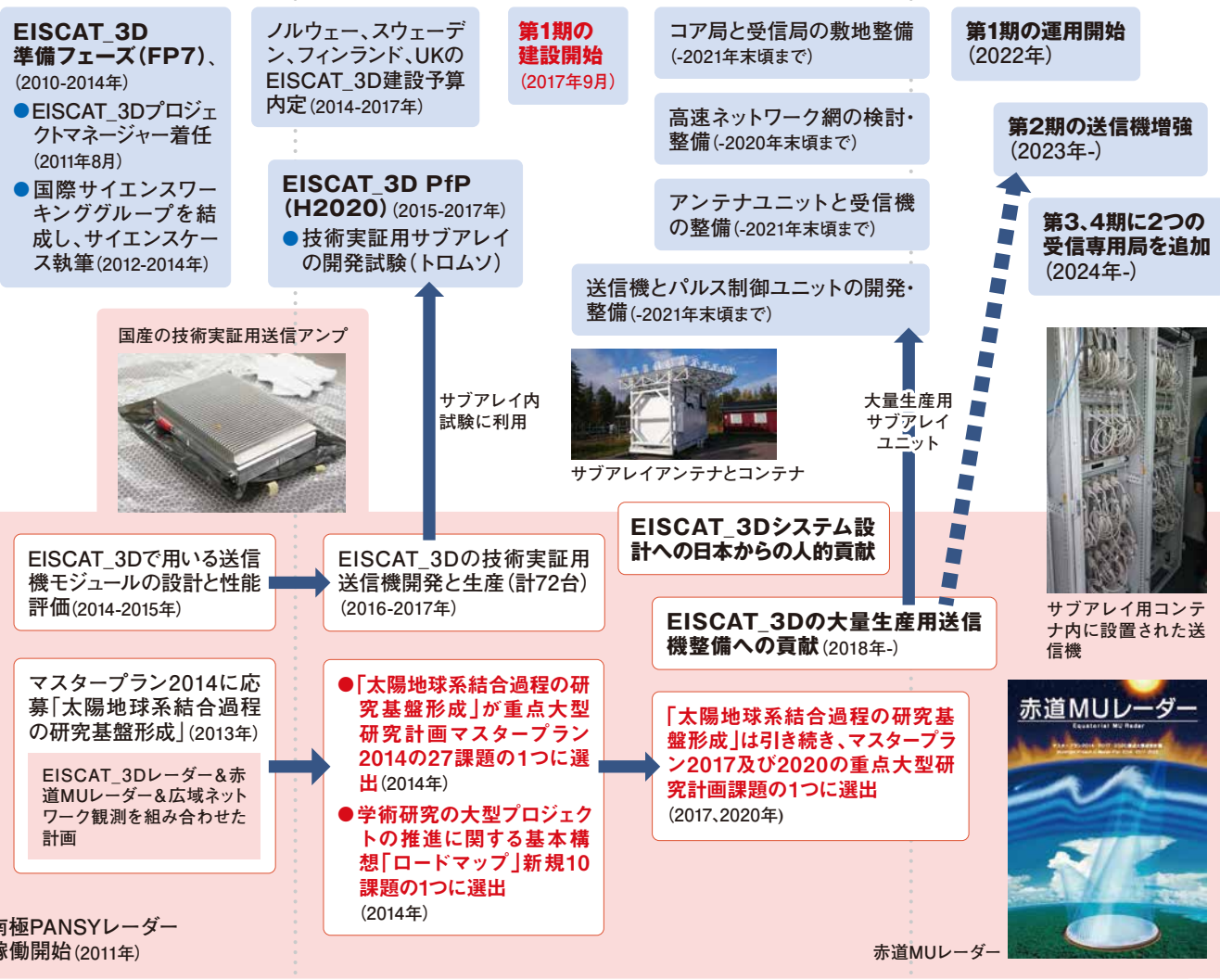
Turunen et al., J. Geophys. Res. Atmos., 121, 11,852–11,861, doi:10.1002/2016JD025015, 2016.

図: (a)連続した5日間の地磁気擾乱状態の電離圏に30分間高エネルギー電子降下を生じた時(2012年12月03UT付近)の電子密度の変化。この電子降下に伴って(b)NOxおよび(c)HOxが長時間増加し、その結果として(d)オゾン密度が高度75km付近を中心に減少することになります。

2015

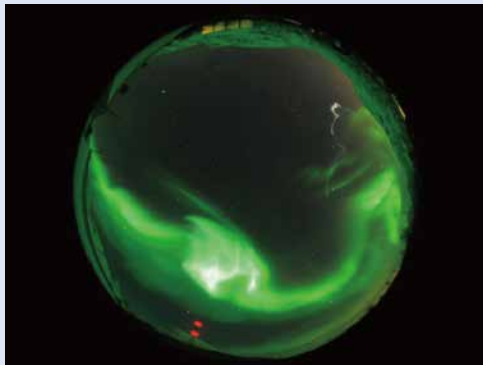
2020

約30年間の長期運用へ



### EISCATのサイエンス成果 (3)

#### ■ オーロラ爆発発生時の下部熱圏変動



トロムソ極地研全天デジカメカメラで観測されたオーロラ画像

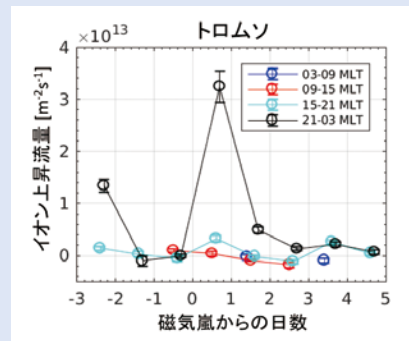
オーロラサブストームのオンセットアーク(画面下部に広がるオーロラ)とロケットから放出された物質が風に吹かれてできた軌跡(画面右上の白い線)。この軌跡を地上から三角測量して熱圏風速を測定しました。オンセットアーク発生時にロケット観測できた世界初の観測例です。

磁気静電場の下を発生する。17日の時間によって密度の結果、5km付とが分

### EISCATのサイエンス成果 (4)

#### ■ 太陽風擾乱に対する極域イオン上昇流の特徴を判明

過去20年間(1996-2015年)のEISCATレーダー観測データを用いて、太陽風擾乱時の極域イオン上昇流の特徴を明らかにしました。



Ogawa et al., J. Geophys. Res., 124, 3637-3649, doi: 10.1029/2018JA025636, 2019の図を改訂

図: 太陽のコロナ質量放出に起因する磁気嵐の初日には、トロムソ・ノルウェーの上空で、平常時の数10倍ものイオン上昇流が夜間(黒線)に発生することが分かりました。