

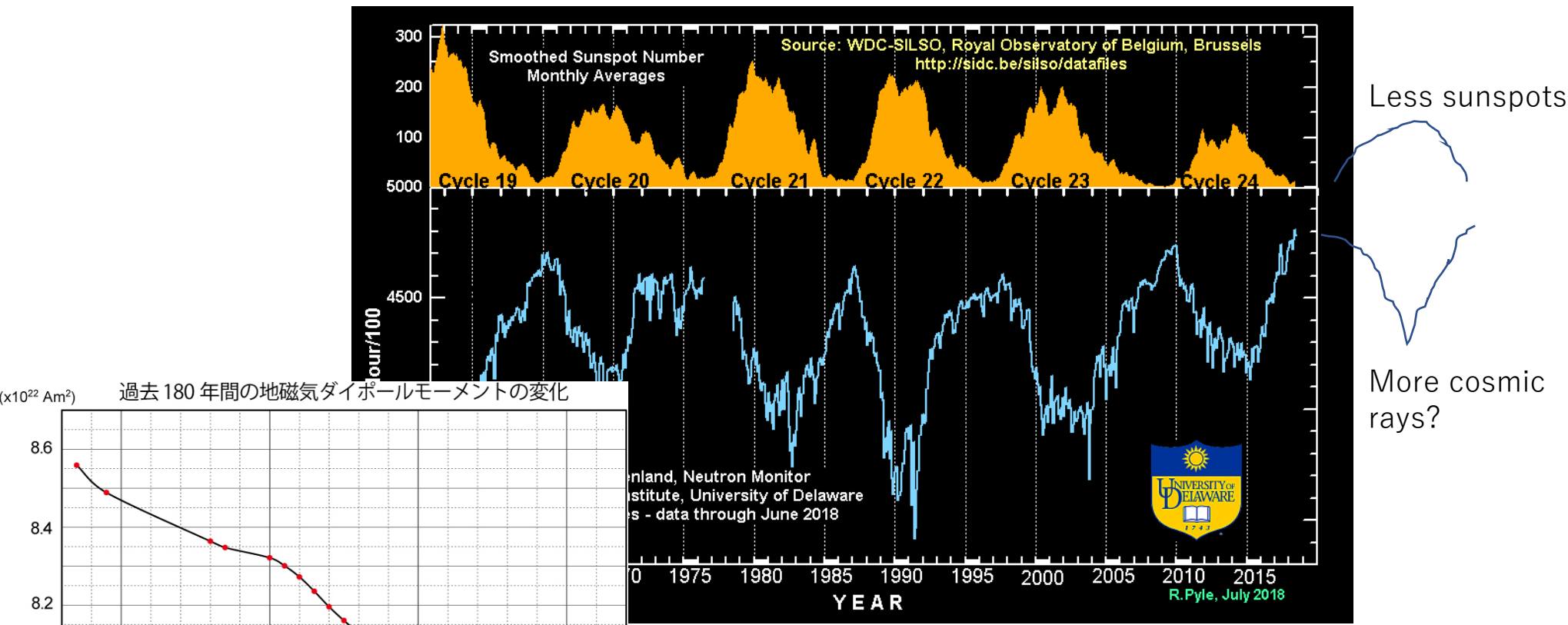
「極冠域から探る宇宙 環境変動と地球大気 への影響」の概要説明

南極X期重点・課題3－2代表：片岡龍峰

2021年3月5日, SuperDARN研究集会 online

宇宙天気・宇宙気候が、これからの南極の重点テーマの一つになります

なぜX期はチャンスか？経験したことのない宇宙環境が始まりつつある＋月・火星へ向けた「国際宇宙探査時代」



Unprecedented age is coming

Weaker geomagnetic field?

経緯と、あらまし

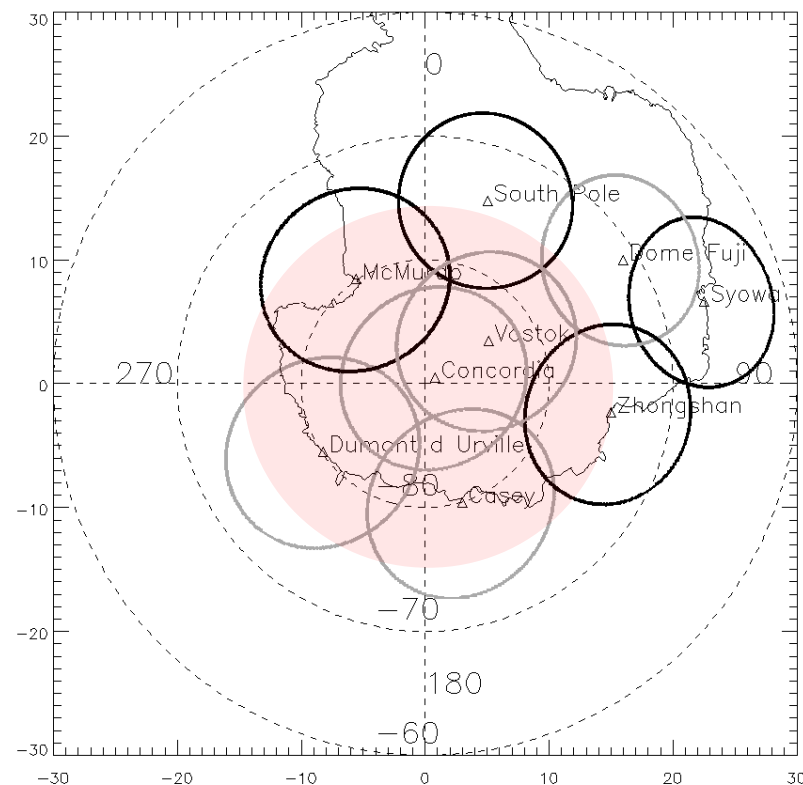
- 「地球環境システム」の最も外側を担当する重点・課題3-2
 - 「極冠域から探る宇宙環境変動と地球大気への影響」
- あらせとPANSYの共同研究（宇宙から大気への影響）の発展
 - IX期の重点サブサブ（ミリ波、高速カメラ）
 - IX期の一般（宇宙線、無人観測、南極点）と萌芽（多周波リオメタ）
- X期ではサブテーマ間の連携を促進する重点サブテーマ課題3-2
 - 極冠という空白域に、新たに国際展開する「カメラネットワーク」
 - シミュレーション（REPPU）・データベース（IUGONET）との連携による「宇宙天気再解析データ」という新しい切り口

課題名：極冠域から探る宇宙環境変動と地球大気への影響**研究目的：**

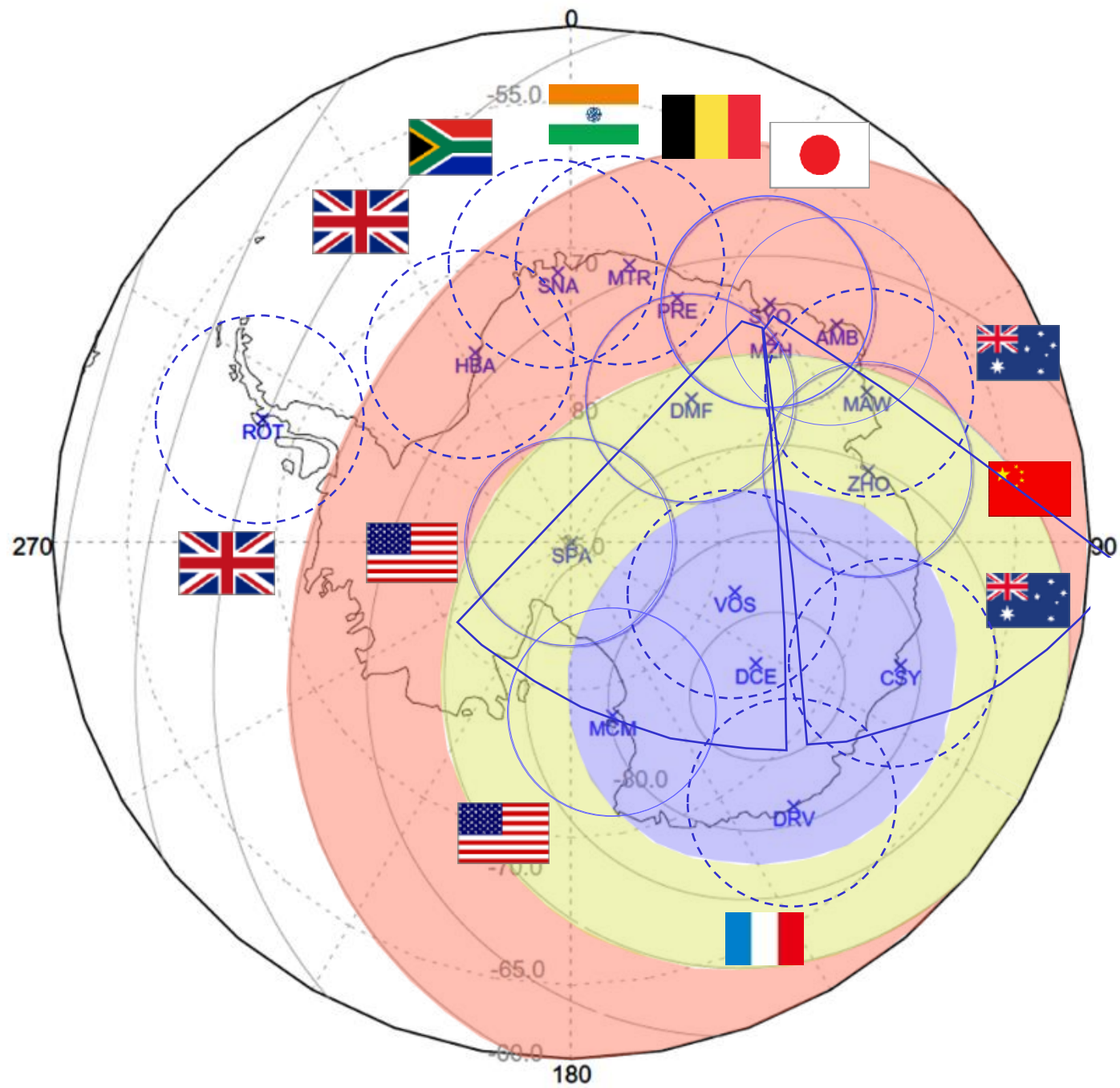
第X期は太陽活動が長期的に弱体化しつつある流れの中にある。また、2019年12月から開始した新たな太陽活動周期の極大期が2025年頃に弱いピークを迎えることが予測されており、未知の宇宙天気・宇宙気候を探ることのできる好機でもある。

地球環境が、どう宇宙にオープンなシステムかを理解し、予測するために最重要のカギとなる観測として、これまで空白域となってきた極冠域に新たにオーロラ撮像ネットワーク観測を展開する。また、世界唯一となるミュオン計と中性子計を統合した宇宙線の精密測定を可能とするため、昭和基地の宇宙線観測をフルシステム化する。

このほか、新たな切り口として、既存の観測はもちろん、先端的なシミュレーションやデータ科学と密に連携して、いわゆる「再解析データ」の観点で研究を進めることで、太陽プロトン現象やオーロラ活動など宇宙天気現象の物理メカニズムを解明しつつ、より長期的で学際的な宇宙気候の諸問題の解明にも貢献する。



図：全天カメラの視野を示す磁気緯度・経度マップ。黒線の視野は既存の観測で、グレーの視野が第X期で国際協力による新規展開となる。赤いゾーンが極冠域。



課題名：極冠域から探る宇宙環境変動と地球大気への影響



UAO = 無人オーロラ観測

SD = SuperDARN

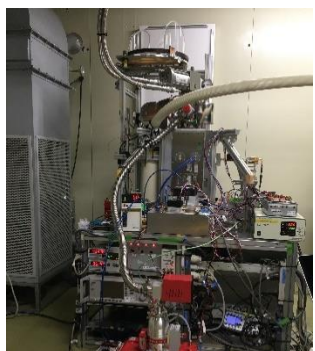
年次計画の概要：



オーロラ撮像の極冠展開



宇宙線観測フルシステム化



ミリ波による微量大気観測

年度 (隊次)	内容の概要	主要な観測項目	観測域
2022 R4(64次)	極冠オーロラ撮像システム(カメラ)開発	オーロラ関連観測 (含:ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地
2023 R5(65次)	アムンゼン湾機器保守 ケーシー基地カメラ導入	オーロラ関連観測 (含:ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地 アムンゼン湾 ケーシー基地
2024 R6(66次)	宇宙線フルシステム化 コンコルディア基地カメラ導入 ボストーク基地カメラ導入	オーロラ関連観測 (含:ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地 コンコルディア基地 ボストーク基地
2025 R7(67次)	デュモンデュルビル基地カメラ導入 新ドームふじ基地カメラ導入1	オーロラ関連観測 (含:ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地 デュモンデュルビル基地 新ドームふじ基地
2026 R8(68次)	アムンゼン湾機器保守 新ドームふじ基地カメラ導入2	オーロラ関連観測 (含:ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地 アムンゼン湾 新ドームふじ基地
2027 R9(69次)	新ドームふじ基地カメラ導入3	オーロラ関連観測 (含:ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地 新ドームふじ基地

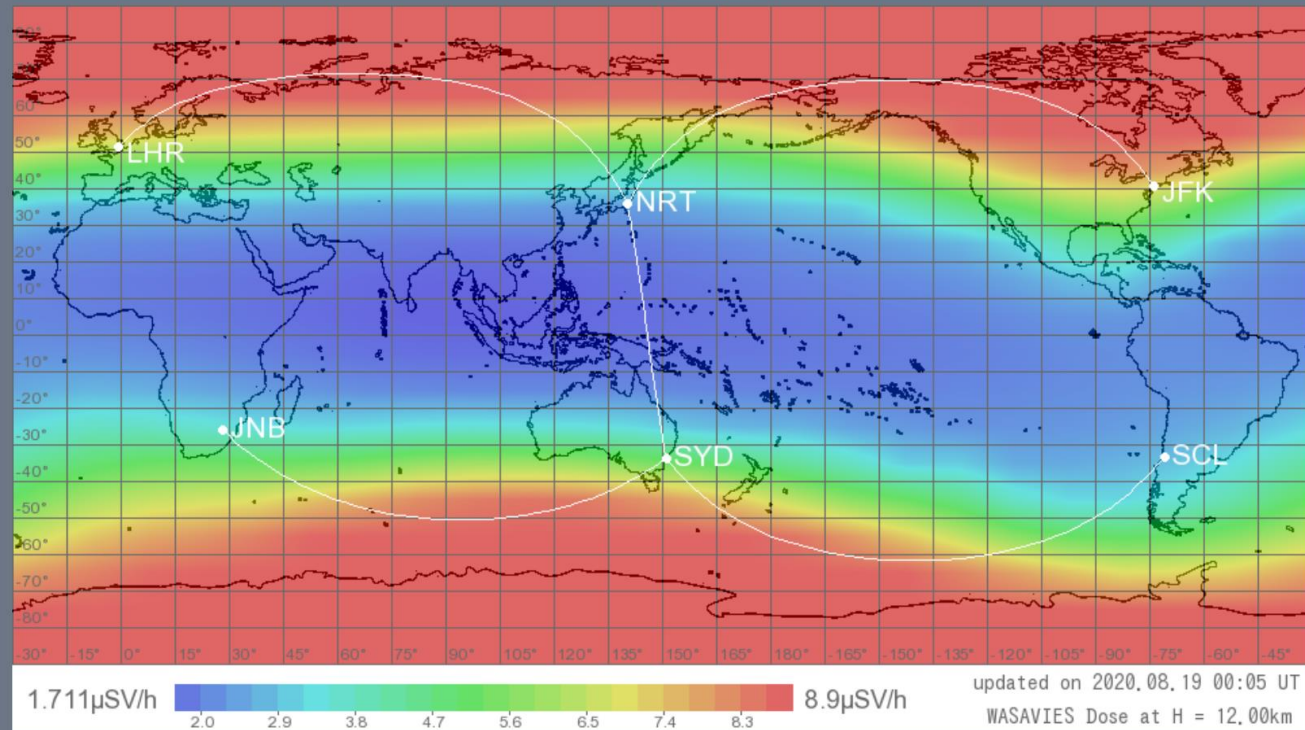
新学術(2020/3まで)

背景：PSTEPの成果例：航空機での被ばく予測

wasavies.nict.go.jp



高度12km (39,400feet) における現在の被ばく線量率マップ

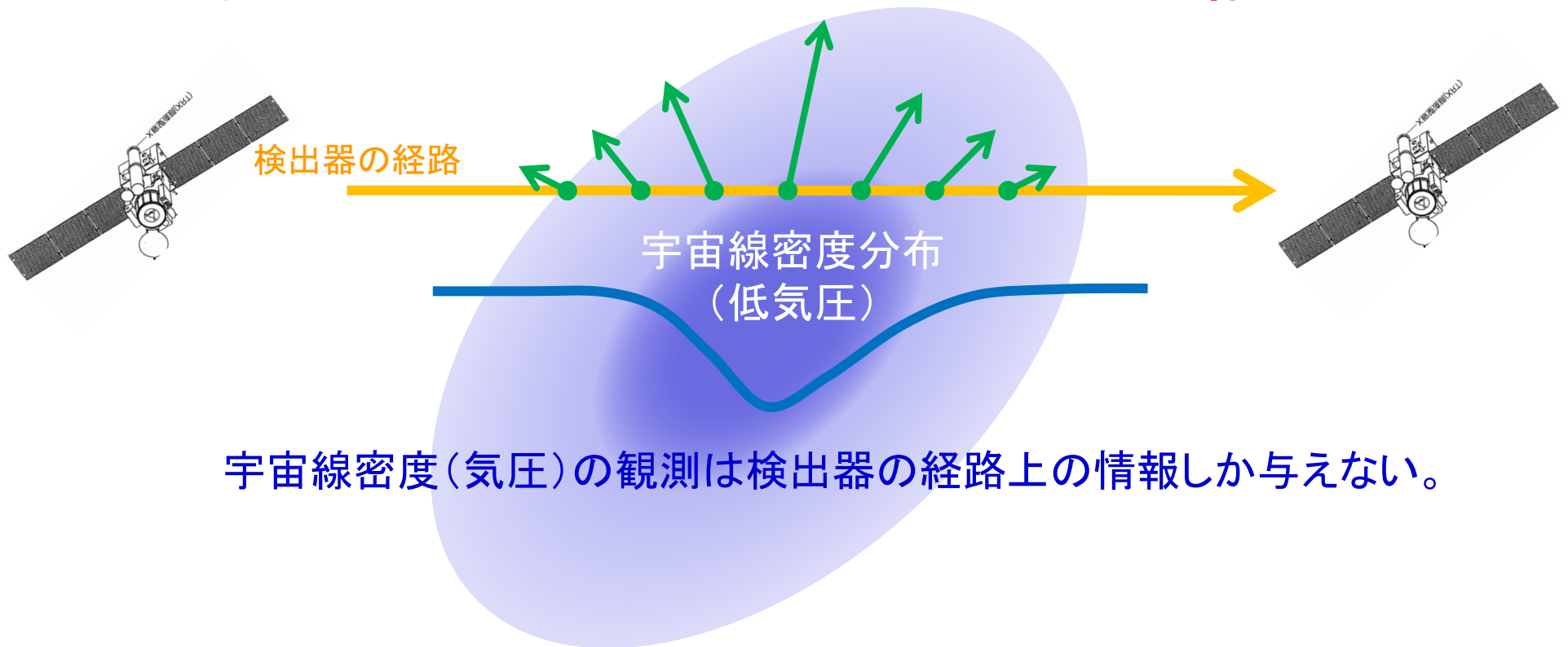


Kataoka et al. (2018)

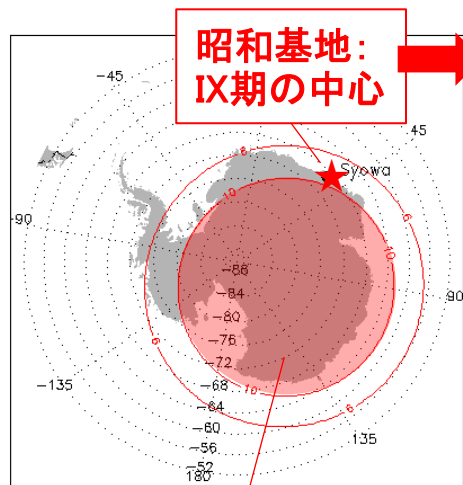
→post-PSTEPへ。地球・月班代表：片岡

Kihara et al. (2021), Kato et al. (2021)

宇宙線の風を測れば・・・
密度勾配から磁気ロープの3次元構造が判る。



背景:IX期中の研究成果(PANSYとの連携) =昭和基地での高エネルギー粒子観測



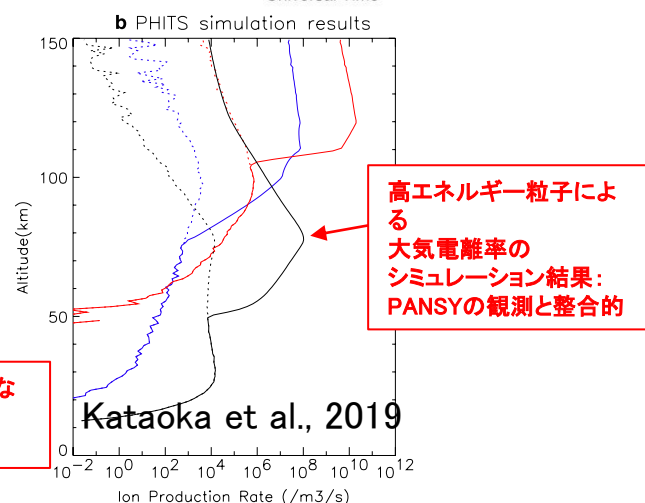
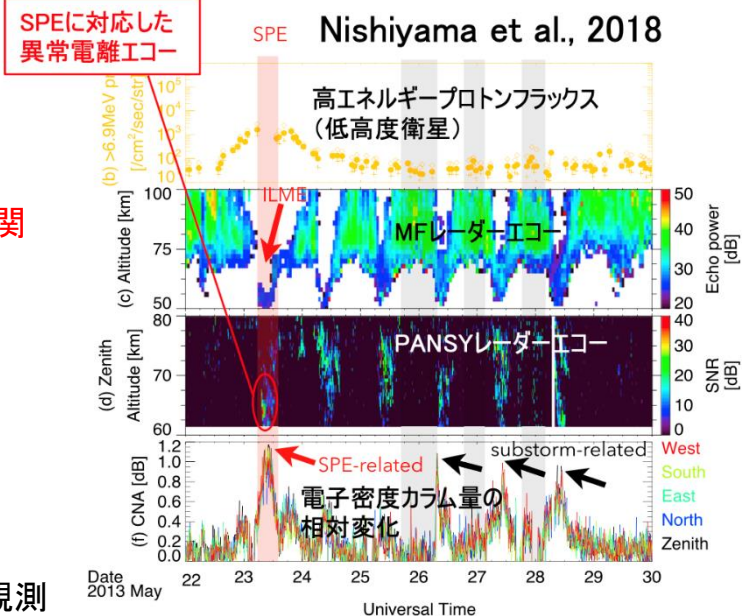
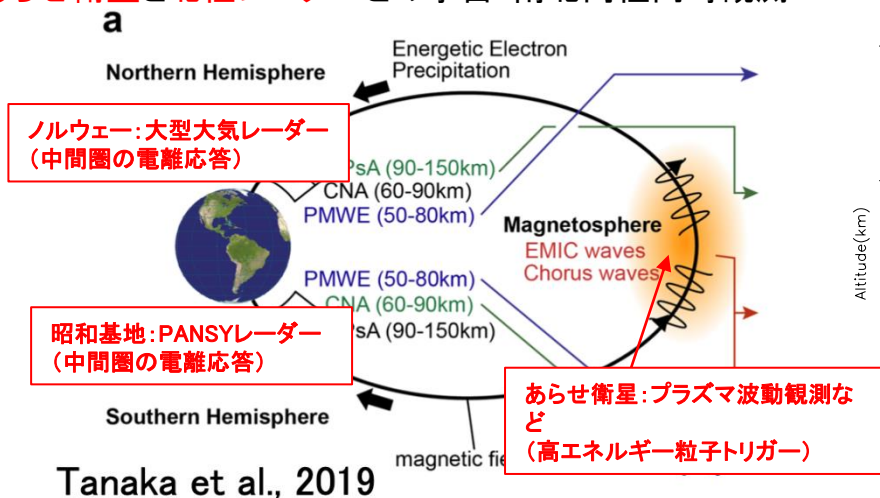
極冠域:X期の中心へ
・より高緯度かつ広域な観測網
・太陽風や高エネルギー粒子の空間分布や時間発展を捉える
・昭和基地観測のアップデートとの連携(宇宙線・リオメータ・ミリ波)

・Nishiyama et al., GRL, 2015 (XIII期)
中間圏エコーの季節変化と太陽プロトン(SPE)との相関

・Nishiyama et al., JGR, 2018
SPEによる昼側中間圏の異常電離エコー生成過程

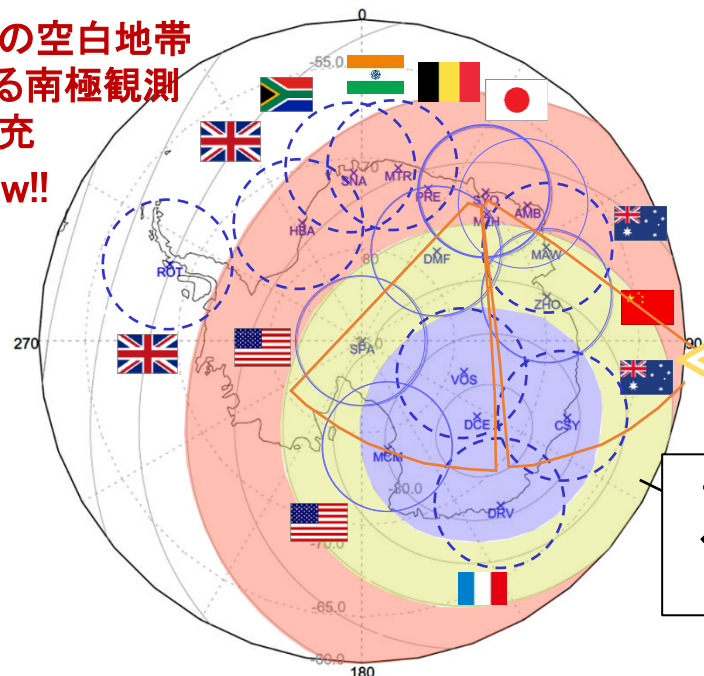
・Kataoka et al., EPS, 2019
オーロラ爆発による真夜中のtransientな中間圏電離

・Tanaka et al., JGR, 2019
あらせ衛星と北極レーダーとの宇宙-南北両極同時観測



第X期重点研究観測＝極冠

観測の空白地帯
である南極観測
の拡充
New!!



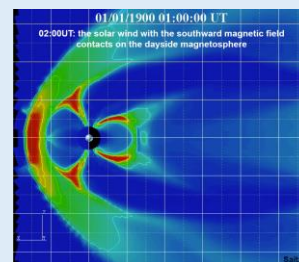
観測の「最先端化」と「ネットワーク化」

- 最新の宇宙線観測、高エネルギー降下粒子観測
- 国際共同や無人観測システムによる極冠域の全天イメージャ、HFレーダーネットワーク

高精度シミュレーション

REPPU by 未来投資型プロジェクト、

NICT



連携

データ
ベース
化

データ同化

比較解析

データベース



極域環境データ
サイエンスセンター
Polar Environment Data Science Center

by PEDSC、IUGONET
大学間連携

- 宇宙天気予報(将来)への足掛かり
- 太陽地球系物理分野への貢献

再解析データ

New!!

極域における宇宙-大気
相互作用の解明 New!!

- 宇宙-大気相互作用(現在)の解明
- 高エネルギー粒子による中層大気への影響評価(サブテーマ3連携)

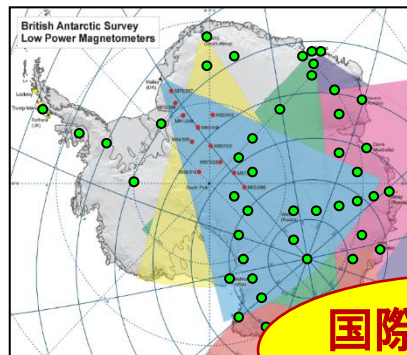
北極・グローバル
観測データ

国際プロジェクトの動向と 本研究観測の位置づけ

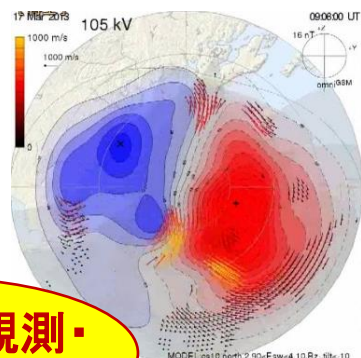
→イメージの国際ネットワークがないので、そこを担う

大型研究計画マスタープラン2014・2017・2020重点計画/
ロードマップ2014採択計画
「太陽地球系結合過程の基盤形成」

無人磁力計ネットワーク(AIMNet)
(英国BASが中心となって展開)

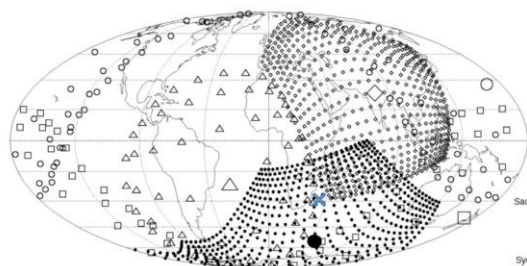


国際SuperDARN短波レーダー網

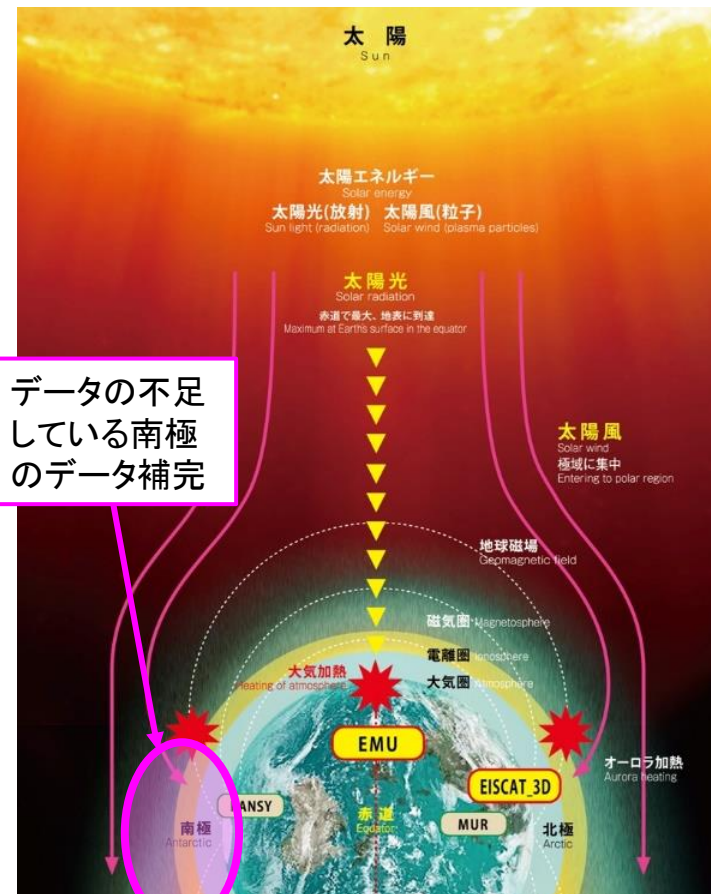
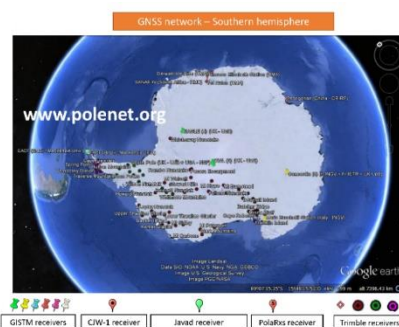


国際共同観測・
研究

ミューオン観測ネットワーク(GMDN)

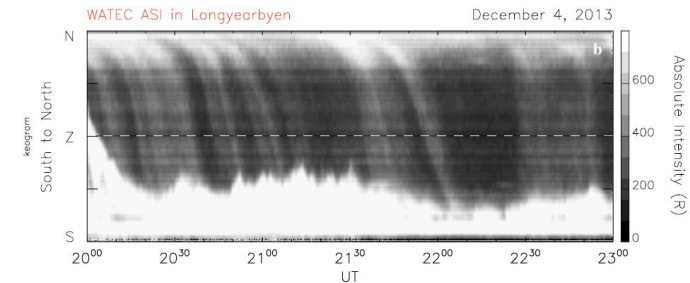


GNSSネットワーク(GRAPE)
(イタリア、英国、ベルギー等が展開)



データの不足
している南極
のデータ補完

コア：先端的な観測機器開発

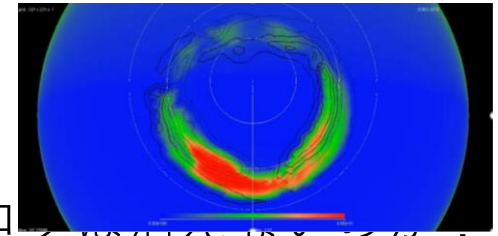


Hosokawa et al. (2019)

- 1. 新・カメラ観測システムの開発と、極冠域への設置（新規）
 - [Ogawa et al. \(2020\)](#), Development of **low-cost** multi-wavelength imager system for studies of aurora and airglow, Polar Science.
 - 無人システムはアムンゼンとベルギーで実績あり
 - よりコンパクト・高性能な新しいシステムの開発と、3地点設置を目指す。
- 2. 昭和基地・宇宙線観測のフルシステム化（新規）
 - [Kihara et al. \(2020 submitted\)](#); [Kato et al. \(2020 submitted\)](#)
- その他、SuperDRANほか既存の観測とも連携して、研究成果を最大化する

新しい切り口：磁気圏シミュレーション

- REPPUコードに磁軸の傾きが導入され、現実の緯度経度での理論と観測の比較が可能になった。（新規）



- 予測検証型の観測研究が可能な新時代
 - 例：非常に弱い磁場の太陽風でも、極冠のオーロラは消えなくなるか？
プラズマ対流は逆に強まるか？
- 再解析データ研究による、宇宙気候の研究（新規）

ROIS未来投資型プロジェクト：磁気圏電離圏グローバル再解析データ作成のための基盤整備

Ann. Geophys., 39, 135–149, 2021

<https://doi.org/10.5194/angeo-39-135-2021>

© Author(s) 2021. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.



Article

Assets

Peer review

Metrics

Related articles

Regular paper

10 Feb 2021

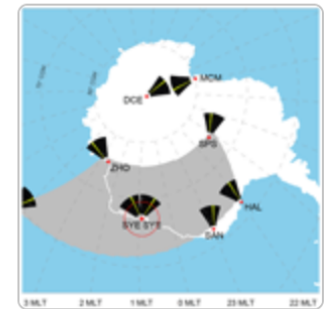
D-region impact area of energetic electron precipitation during pulsating aurora

Emma Bland¹, Fasil Tesema^{1,2}, and Noora Partamies^{1,2}

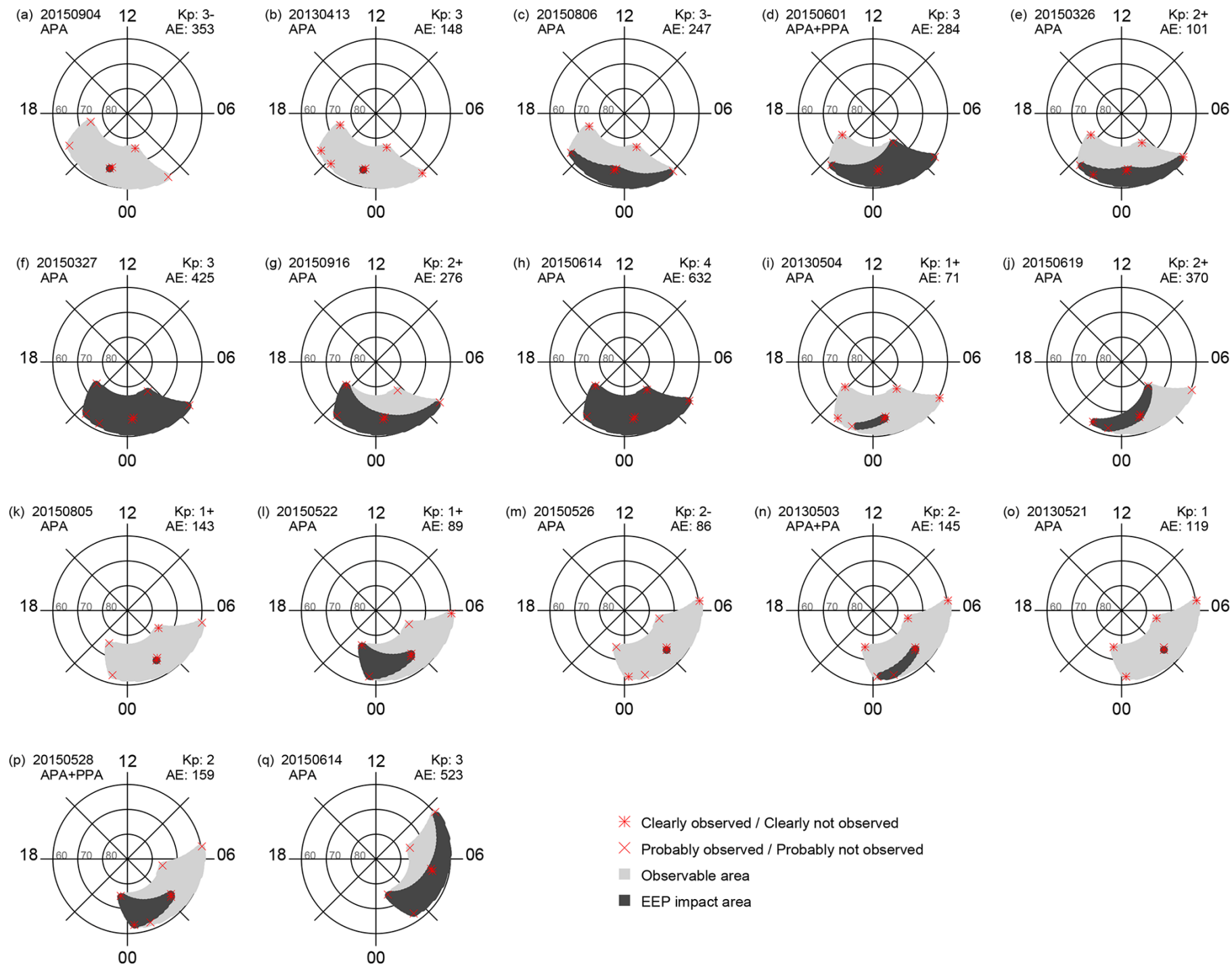
¹Department of Arctic Geophysics, University Centre in Svalbard, Longyearbyen, Norway

²Birkeland Centre for Space Science, University of Bergen, Bergen, Norway

Correspondence: Emma Bland (emma.bland@unis.no)



Received: 06 Aug 2020 – Discussion started: 18 Aug 2020 – Revised: 14 Dec 2020 – Accepted: 17 Dec 2020 – Published: 10 Feb 2021



おわりに

- 2021年度は、南極X期重点・課題3－2「極冠域から探る宇宙環境変動と地球大気への影響」へ向けた、準備の年になります。
 - － 土台としてのSD観測とデータ同化研究が重要
- 2021年度、情報交換のために、月1回程度の会合を開くなどして、進めていきたいと思えます。ご協力・アドバイスをお願いします。
 - － 第1回キックオフ@4月アタマ：話題提供・江尻さんハウジング開発など

課題3-2 メンバー一覧

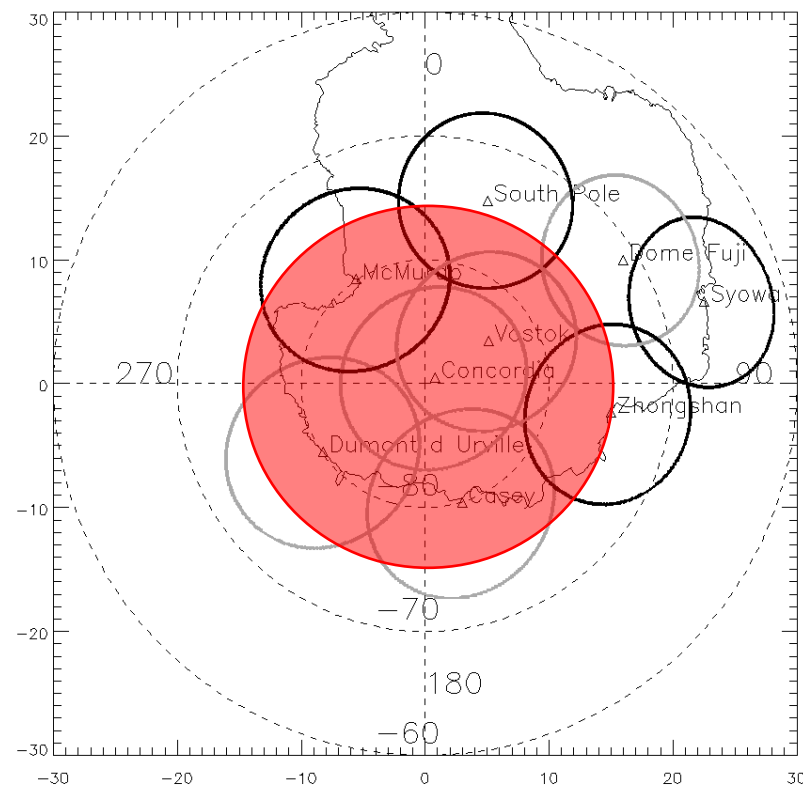
	氏名	所属機関・部局・職	役割分担
1	西山尚典	国立極地研究所・宙空圏研究グループ・助教	オーロラ観測装置開発
2	小川泰信	国立極地研究所・国際北極環境研究センター・准教授	オーロラ観測装置開発・運用・解析
3	田中良昌	国立極地研究所・宙空圏研究グループ・特任准教授	多周波リオメータ観測、データベース整備
4	行松彰	国立極地研究所・宙空圏研究グループ・准教授	SuperDARN観測
5	門倉昭	国立極地研究所・宙空圏研究グループ・教授	オーロラ観測装置開発
6	海老原祐輔	京都大学生存圏研究所・准教授	南極点とマクマード基地におけるオーロラ観測
7	坂野井健	東北大学/理学研究科・准教授	オーロラ観測と装置開発
8	渡辺正和	九州大学・大学院理学研究院・准教授	数値計算による極冠構造の再現
9	細川敬佑	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授	オーロラ観測，レーダー観測のデータ解析
10	藤田茂	気象大学校・講師/国立極地研究所・宇宙空圏研究グループ・特任教授	再解析データ研究
11	田中高史	九州大学・大学院理学研究院・名誉教授	シミュレーション解析
12	加藤千尋	信州大学・理学部・教授	ミューオン計設計
13	宗像一起	信州大学・理学部・特任教授	宇宙線観測
14	三宅晶子	茨城高専・准教授	ミューオン計フルシステム化
15	塩川和夫	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授	オーロラ観測データ解析
16	水野亮	名古屋大学・宇宙地球環境研究所・教授	中間圏微量大気観測

課題名：極冠域から探る宇宙環境変動と地球大気への影響**研究目的：**

第X期は太陽活動が長期的に弱体化しつつある流れの中にある。また、2019年12月から開始した新たな太陽活動周期の極大期が2025年頃に弱いピークを迎えることが予測されており、未知の宇宙天気・宇宙気候を探ることのできる好機でもある。

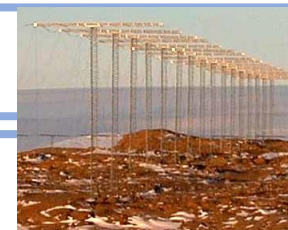
地球環境が、どう宇宙にオープンなシステムかを理解し、予測するために最重要のカギとなる観測として、これまで空白域となってきた極冠域に新たにオーロラ撮像ネットワーク観測を展開する。また、世界唯一となるミュオン計と中性子計を統合した宇宙線の精密測定を可能とするため、昭和基地の宇宙線観測をフルシステム化する。

このほか、新たな切り口として、既存の観測はもちろん、先端的なシミュレーションやデータ科学と密に連携して、いわゆる「再解析データ」の観点で研究を進めることで、太陽プロトン現象やオーロラ活動など宇宙天気現象の物理メカニズムを解明しつつ、より長期的で学際的な宇宙気候の諸問題の解明にも貢献する。



図：全天カメラの視野を示す磁気緯度・経度マップ。黒線の視野は既存の観測で、グレーの視野が第X期で国際協力による新規展開となる。赤いゾーンが極冠域。

課題名：極冠域から探る宇宙環境変動と地球大気への影響



UAO = 無人オーロラ観測

SD = SuperDARN

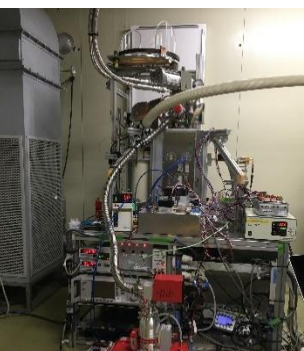
年次計画の概要：



オーロラ撮像の極冠展開



宇宙線観測フルシステム化



ミリ波による微量大気観測

年度 (隊次)	内容の概要	主要な観測項目	観測域
R4(64 次)	極冠オーロラ撮像システム（カメラ）開発	オーロラ関連観測 (含：ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地
R5(65 次)	アムンゼン湾機器保守 ケーシー基地カメラ導入	オーロラ関連観測 (含：ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地 アムンゼン湾 ケーシー基地
R6(66 次)	宇宙線フルシステム化 コンコルディア基地カメラ導入 ボストーク基地カメラ導入	オーロラ関連観測 (含：ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地 コンコルディア基地 ボストーク基地
R7(67 次)	デュモンデュルビル基地カメラ導入 新ドームふじ基地カメラ導入1	オーロラ関連観測 (含：ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地 デュモンデュルビル基地 新ドームふじ基地
R8(68 次)	アムンゼン湾機器保守 新ドームふじ基地カメラ導入2	オーロラ関連観測 (含：ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地 アムンゼン湾 新ドームふじ基地
R9(69 次)	新ドームふじ基地カメラ導入3	オーロラ関連観測 (含：ミリ波, UAO, SD) 宇宙線観測	昭和基地 南極点/マクマード基地 新ドームふじ基地

南極観測隊のスケジュール

6か年計画をもとに実施

第Ⅸ期: 2016～2021年度(第58～63次)

第Ⅹ期: 2022～2027年度(第64～69次)

2020		2021												2022								2023		
11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	～	10	11	12	1	2	3
隊員推薦（・公募）		同行者推薦		冬訓練			引継会・夏訓練	隊員室勤務開始・物資調達		物資梱包	物資輸送（極地研↓しらせ）	しらせ出航・観測隊本体出発	昭和基地入り		越冬交代（63次越冬開始）	63次夏隊・62次越冬隊帰国				64次先遣隊到着	64次本隊昭和基地入り		越冬交代（63次越冬終了）	63次越冬隊・64次夏隊帰国



Yoshihiro Tomikawa (NIPR)

IX期の観測項目(宙空)とX期提案との関連表

IX期計画										X期	
	ID	課題名	観測装置・項目	観測PI	所属	極冠域 カスプ域	昭和基地	昭和以外 オーロラ帯	全球 対象	X期重点 サブ4 極冠	X期重点 サブ4 高エネ
重点研究観測	AJ0901	南極大気精密観測から探る全球大気システム	PANSY	佐藤 薫	東大		○				○関連
			MFLレーダ	堤 雅基	極地研		○				
			ミリ波分光計	水野 亮	名古屋大		○				○関連
			OH分光計(OH)	鈴木 英彦	明治大		○				
			赤外大気光イメージャ(IRcam)	江尻 省	極地研		○				
			イメージングリオメータ(IRIO)	田中 良昌	極地研		○				○関連
			高速オーロラカメラ(HAD)	片岡 龍峰	極地研		○				○維持
			プロトンオーロラ分光計(PAS)	田口 真	立教大		○				×撤収
X期新規検討中		外国基地共同観測(極冠域、コンコルディア、ケシー、デュードネルヴィルなど)	新オーロラ観測システム(AOS)	片岡 龍峰	極地研	○				◎新規	
X期新規検討中		新ドームふじにおける宙空観測	AOSの極限版	片岡 龍峰	極地研	○				◎新規	
一般研究観測	AP0925		宇宙線観測(CRO)	加藤 千尋	信州大		○		○		◎フル化
	AP0926	無人システムを利用した オーロラ現象の広域ネットワーク観測	1. 無人磁力計、 2. 無人オーロラ観測装置	門倉 昭	極地研		○	○		○維持	
	AP0927	南極点・マクマード基地オーロラ多波長同時観測による 磁気圏電離圏構造の研究	南極点・マクマード	海老原祐輔	京大	○				○関連	
	AP0928	SuperDARNレーダーを中心としたグラントミニマム期にお ける極域超高層大気と内部磁気圏のダイナミクスの研究	SuperDARN観測	行松 彰	極地研	○	○	○		○更新・維持	
	AP0940	雷放電によるAC, DC全球電流系の駆動機構と 大気変動の解明	ELF観測 大気電場観測	佐藤 光輝 鴨川 仁	北海道大 静岡県立大		○ ○		○		
萌芽研究観測	AH0906	高エネルギー粒子降り込みに伴う大気電離の スペクトルリオメータ観測	スペクトルリオメータ(SRIO)	田中 良昌	極地研		○				○維持
宙空圏変動の モニタリング	AMU0901	オーロラ光学観測	電子オーロライメージャ(EAI) プロトンオーロライメージャ (PAI) カラーデジタルカメラ(CDC) 全天白黒TVカメラ(Watec) 掃天フォトメータ(SPM)	門倉 昭	極地研		○				○関連
	AMU0902	地磁気観測	1. 地磁気絶対観測 2. 地磁気変化観測 3. 磁気測量	門倉 昭	極地研		○				○関連
	AMU0903	西オングル島における宙空モニタリング観測	1. インダクション磁力計 2. VLF観測装置 3. リオメータ	門倉 昭	極地研		○				○関連