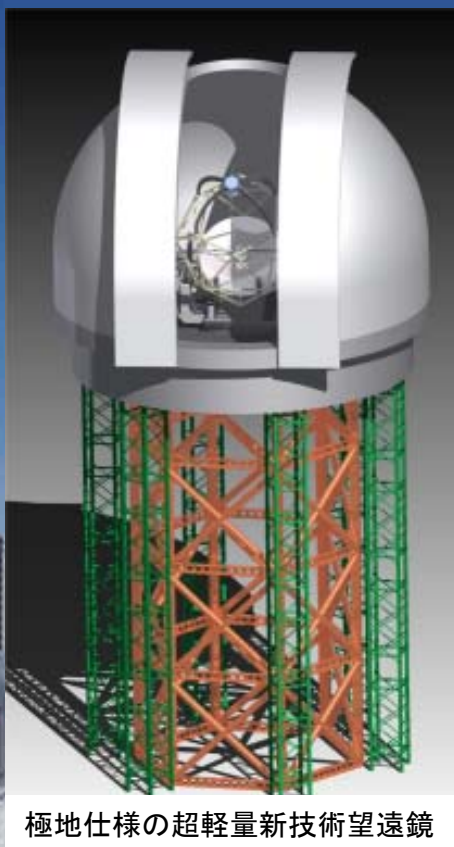


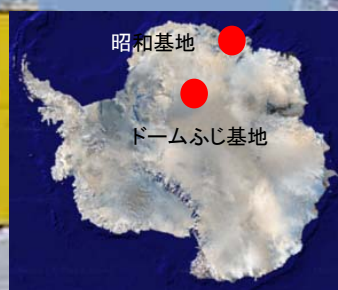
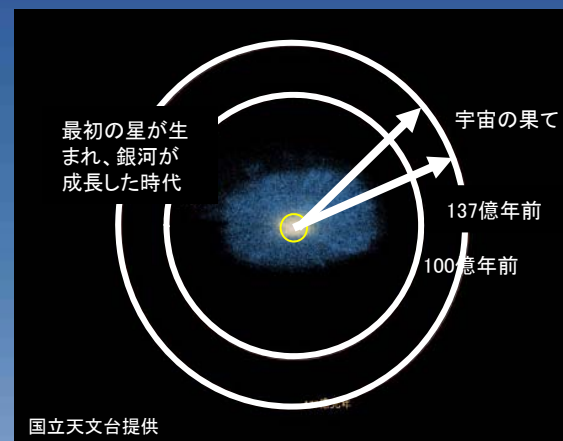
# 南極からの新しい赤外線天文学の創成

南極内陸は、ブリザードがなく、非常に穏やかな、地球上で最も星空の美しい場所です。この世界一の場所で私たちは、本学の優れた工学技術を生かし、国立極地研究所、筑波大学と協力して、新しい天文学を創成します

東北大は赤外線、筑波大はテラヘルツ電波を担当し、共同で最も重要な天文学の課題に取り組みます



宇宙の果てに謎の天体「暗黒銀河」を発見します



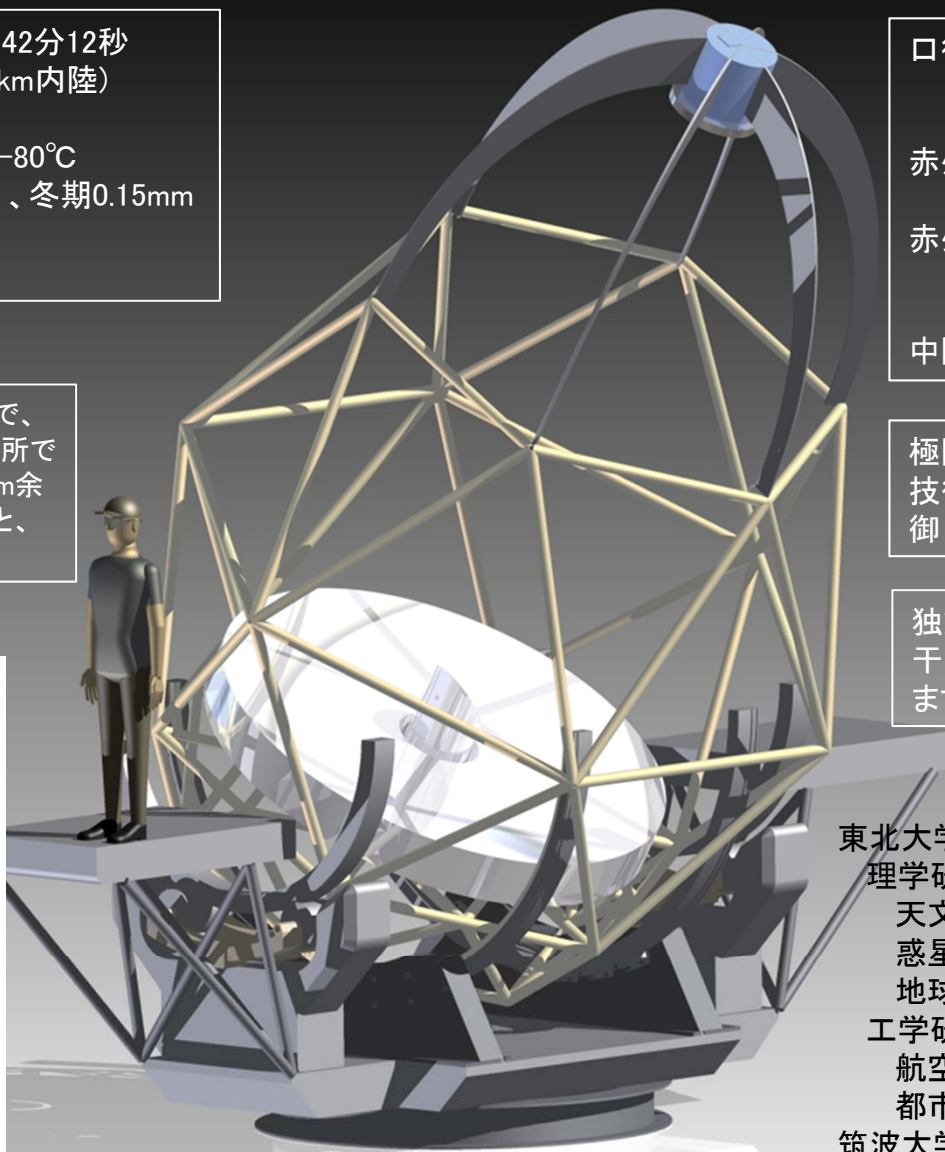
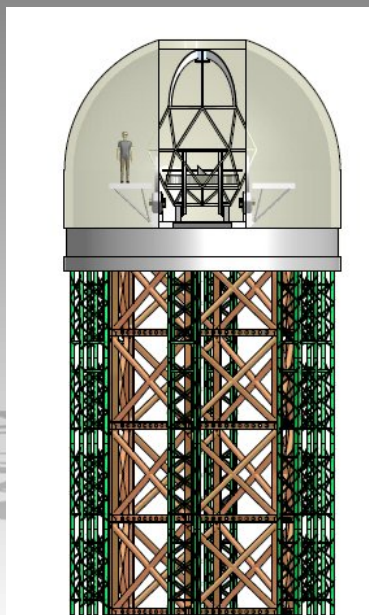
昭和基地から1000km離れた場所には国立極地研究所のドームふじ基地があります。極地研の協力で2010年に天体観測所を開設しました。



## ドームふじ基地の環境

南緯77度19分01秒 東経39度42分12秒  
(昭和基地から約1000km内陸)  
標高 3810m、気圧0.6  
年平均気温 $-54^{\circ}\text{C}$ 、最低気温 $-80^{\circ}\text{C}$   
年平均水蒸気量 $0.25\text{mmPWV}$ 、冬期 $0.15\text{mm}$   
晴天率 85%、快晴率68%  
平均風速 $5.8\text{m}$

高さ11mに設置した小型望遠鏡で、  
世界で最も星の瞬きが少ない場所  
であることが判明しました。高さ10m余  
りのタワーの上に望遠鏡を作ると、  
世界最高性能が得られます



雪面の上に立てるため、極地工  
学研究者と共同で開発します

## 望遠鏡と観測装置

口径 $2.5\text{m}$ 望遠鏡  
超軽量新技術架台、軽量ドーム  
極寒に耐える仕様  
赤外線ヘテロダイン分光器  
波長 $10\mu\text{m}$ 超高分解能 $10^{-8}$   
赤外線広域撮像分光装置  
 $7\text{分角} \times 7\text{分角} \times 3\text{色} + \text{低分散}$   
波長 $1\mu\text{m} - 5\mu\text{m}$   
中間赤外線撮像装置

極限環境での安全安心ロボティクス  
技術を使って日本からリモートで制  
御・観測を行います

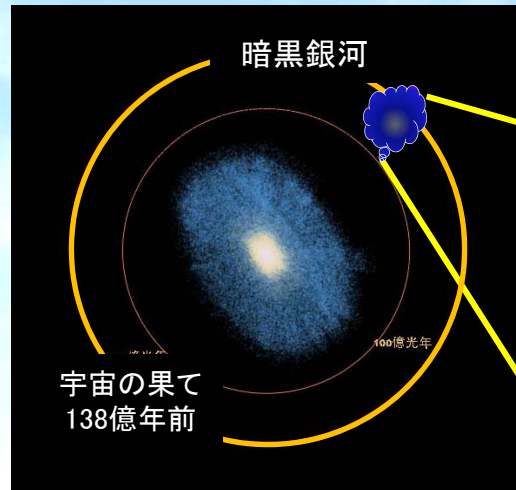
独創的なサイエンスを開拓するため、  
干渉計など新技術の装置が開発され  
ます

東北大学  
理学研究科  
天文学専攻  
惑星プラズマ・大気研究センター  
地球物理学専攻・惑星大気物理学分野  
工学研究科  
航空宇宙工学専攻・宇宙探査工学分野  
都市・建築学専攻・地域環境計画分野  
筑波大学  
国立極地研究所  
南極天文コンソーシアム



# 生命はどこから来たか

## 銀河天文学



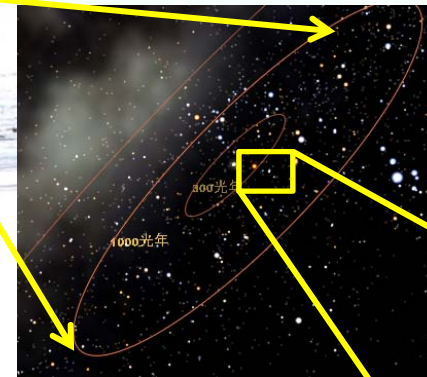
暗黒銀河は130億年を経て、私たちの住む銀河系に進化しました



銀河系が進化する中で太陽系が生まれました

## 系外惑星天文学

太陽系近くの星に多数の惑星が発見されています



## 宇宙生物学

## 惑星科学



宇宙誕生後、しばらくして暗黒物質の中で銀河が誕生。現在の生命の源である酸素や炭素、金属の大半が作られました

## 宇宙化学

地球の生命はどのように誕生したのでしょうか。それを解くかぎが近くの星を巡る地球型惑星にあります

南極望遠鏡は銀河から惑星に至る一連の進化の解明を目指します

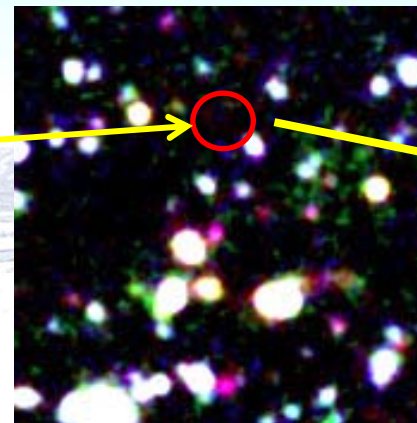
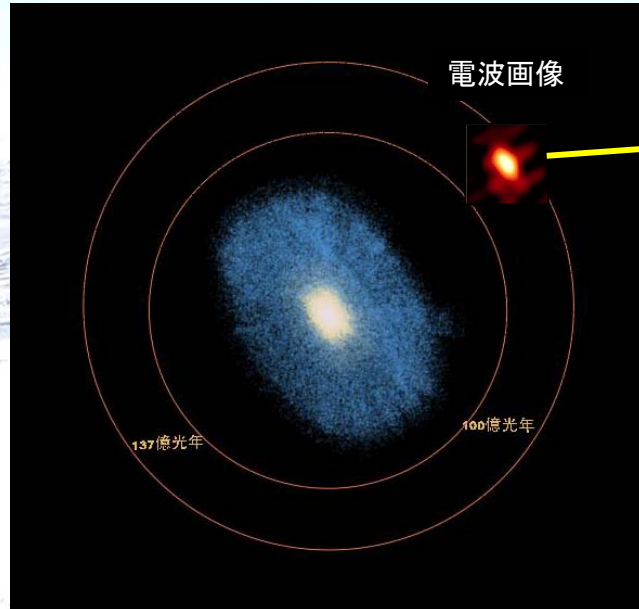
本事業分野

将来の融合分野

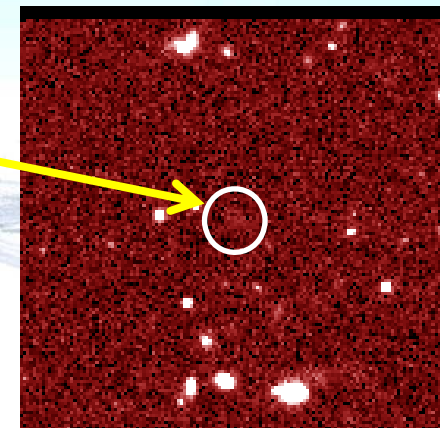
# なぞの天体「暗黒銀河」

138億年前、ビッグバンによって宇宙が誕生した38万年後、宇宙は高温となり、電離ガスで満たされました。その後、宇宙膨張と共に宇宙の温度は下がり、中性ガスで覆われ、暗黒の宇宙となりました。やがて銀河が誕生し、宇宙は再び高温となったと言われています。このことを再電離と言います。この宇宙初期にあったとされるガスや塵におおわれた「暗黒銀河」はまだほとんど発見されていません。これら暗黒銀河は私たちの住む銀河系の祖先と考えられていますが、テラヘルツ電波と赤外線でしか見ることができません。私たちは南極内陸の好条件を生かし、これらの天体がどのように生まれ、現在の銀河に進化したかを解明します。

135億年前の暗黒銀河は南極望遠鏡によって多数発見されます



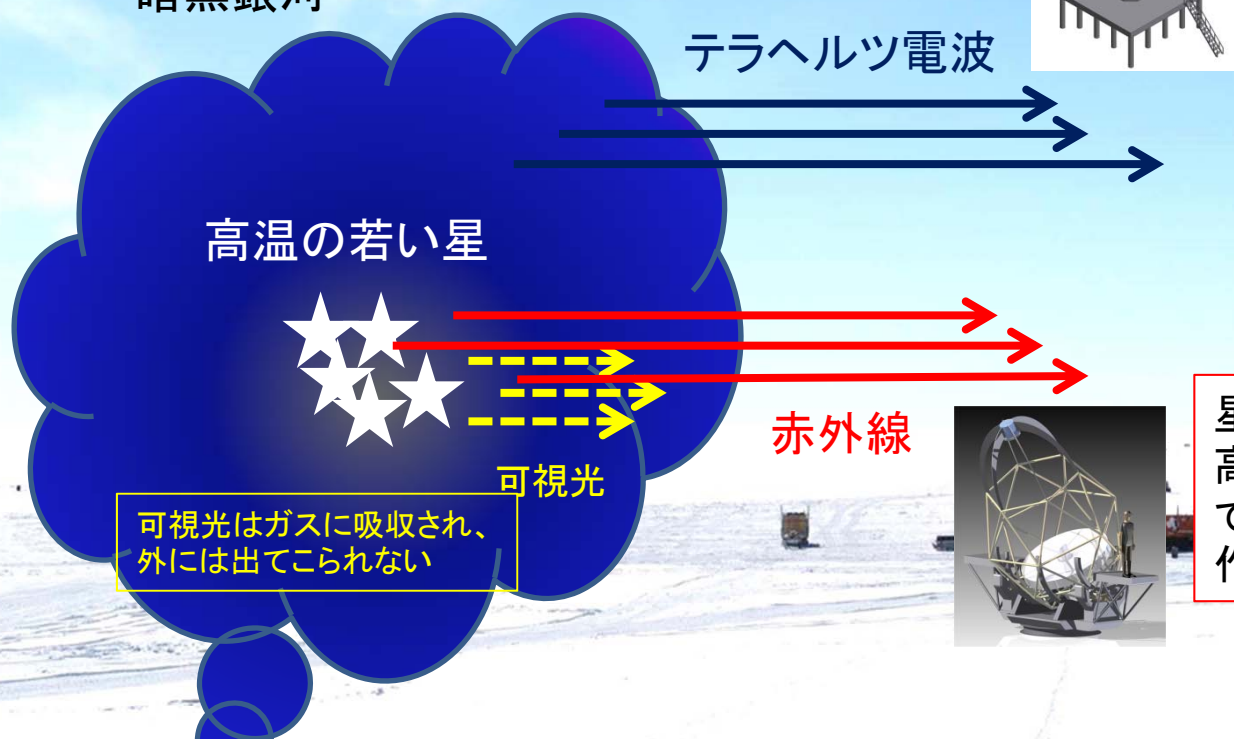
すばる望遠鏡を使って可視光で見た宇宙。電波で発見された暗黒銀河の位置に何も見えません



すばる望遠鏡と東北大で開発した世界最高性能の赤外線カメラで見た宇宙。暗黒銀河がかすかに見えます

# 暗黒銀河の発見と解明

宇宙の果ての  
暗黒銀河



電波は周囲の低温ガスが放射します。このガスはやがて集積して星になります。電波観測の結果、星の材料がどれだけあるか解明されます

星が放射する赤外線は透過性が高いので私たちに届きます。内部でどれだけ星が誕生し、銀河が形作られてるか解明されます

宇宙誕生直後、大量のガスの中で星が生まれ、銀河になると言われていますが、その暗黒銀河はいまだ謎に包まれています

赤外線と電波の両方を観測すると、宇宙の初期、暗黒銀河の中でどのように星が生まれ、銀河が誕生したか解明されます。



# 地球型惑星の水蒸気大気

最近の観測技術の進展で、太陽以外の星の回りに何千もの惑星が発見され、地球と同じ位の質量や大きさを持つ地球型惑星(スーパーアース)が続々と発見されています。南極赤外線望遠鏡でこれらの惑星に水蒸気の大気があるかどうかを解明します。もし発見されれば地球誕生の謎が解明されます。さらに、ひとつの星に複数の地球型惑星が見つかる可能性もあります。



NASA提供

近くの星にある惑星表面の想像図

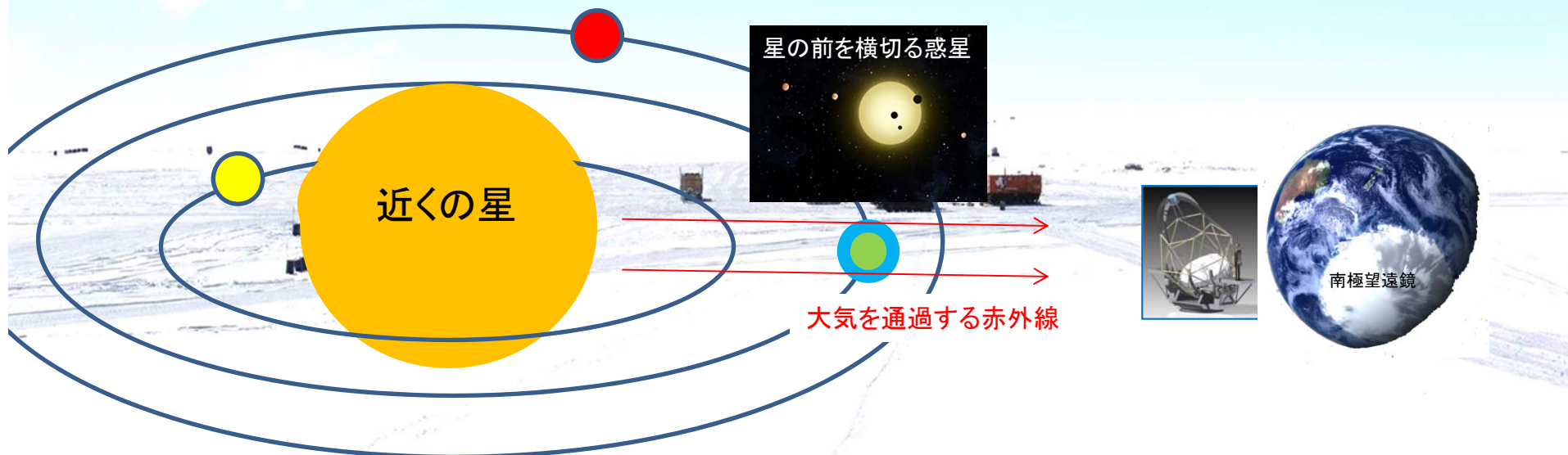
最近の研究で、微かに届く光から太陽系以外の惑星のイメージを描くことができるようになりました

# 地球外生命の存在の可能性

- 惑星が星の前を通る時と後に隠れる時、星の明るさがわずかに変化します。このわずかな変化を捕らえて、惑星の大気成分を観測します。
- 惑星の大気に水や二酸化炭素があると、**赤外線にその兆候**が現れます。それらは生命に不可欠の大気です

## 南極でしか観測できません

- 南極は大変乾燥しているので、地球の水蒸気にじゃまされません
- 極夜では5ヶ月間、連続で観測できるので、地球型惑星の連続観測が可能です
- 大気が安定しているので、わずかな光の変化を逃しません



惑星の温度が地球と似ていて、 $H_2O$ や $CO_2$ が観測されると、生命存在の可能性が高まります

# 推進体制

東北大学理学研究科  
(地球物理学専攻)  
(惑星プラズマ大気研究センター)

太陽系惑星の大気構造の解明

ヘテロダイン分光器

生命生存可能性惑星の探査

東北大学  
理学研究科  
(天文学専攻)

超軽量赤外線望遠鏡  
赤外線カメラ

筑波大学

テラヘルツ望遠鏡  
電波カメラ

暗黒銀河の発見

安全安心・極限環境のロボティクスと建築

東北大学工学研究科  
(宇宙探査工学分野)  
(地域環境計画分野)

「はやぶさ」の技術  
極寒での建築技術

極地環境科学

国立極地研究所  
大阪大学、日本大学、立教大学  
名古屋大学、東京工業大学  
京都大学、新潟工科大学  
金沢大学、理化学研究所  
ニューサウスウェールズ大学  
他

研究・開発協力



# 日本の南極天文学の推進

## 主な研究課題

- 暗黒銀河の解明
- 地球型惑星の水蒸気大気の発見
- 銀河の広域地図と銀河進化
- 重力レンズ効果による系外惑星の発見
- 重力崩壊型超新星の探査
- 天の川での星間分子の広域探査

## 南極天文 コンソーシアム

筑波大学

東北大学天文学専攻

国立極地研究所

立教大学

国立天文台

大阪大学

## 設営協力

東北大学工学研究科

金沢大学

日本大学

新潟工科大学

## 研究協力

光学赤外線天文連絡会

宇宙電波懇談会

東京工業大学

名古屋大学

立命館大学

NICT

京都大学

東北大学惑星グループ

埼玉大学

大阪府立大学

東京大学

大阪府立大学

理化学研究所

## 国際協力

ニューサウスウェールズ大学(豪) (1)

SCAR

Astronomy and Astrophysics  
from Antarctica (AAA) (2)

AAAワーキンググループ (3)

(1) 東北大学天文学専攻、極地研と協定書締結

(2) 欧米、オーストラリア、中国、東北大学天文学専攻

(3) 欧米、オーストラリア、中国、

日本(東北大学、国立天文台、理化学研究所)

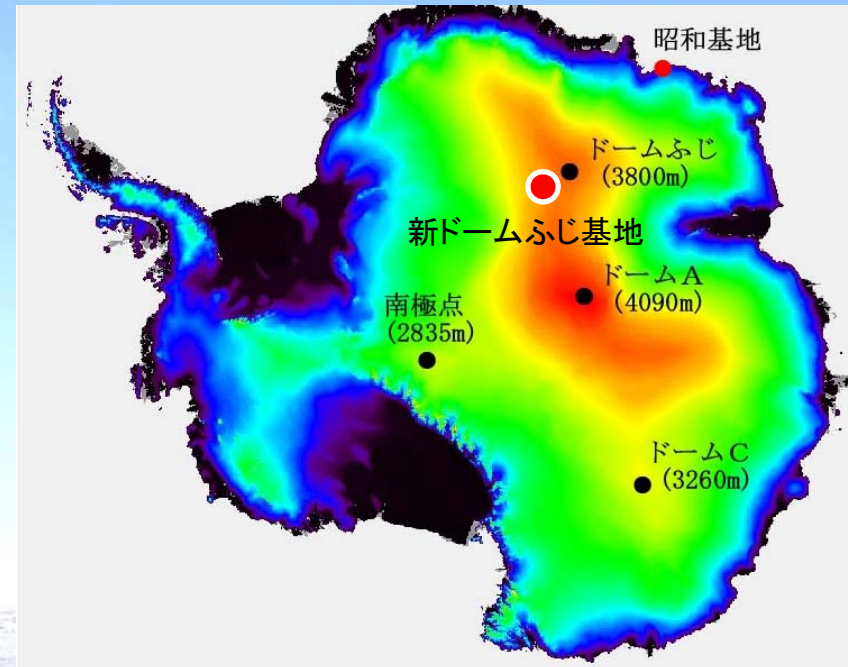
# 新ドームふじ基地の建設 (国立極地研究所)

現在の基地から約60km南の雪面下にこれまで世界で発見されたものより、さらに太古の氷が存在する可能性が判明しました。この氷を掘削する新しい基地が検討されています

現在のドームふじ基地



現在の基地はすでに雪面下に埋没。新基地は埋没を防ぐ新しい建設技術が用いられます

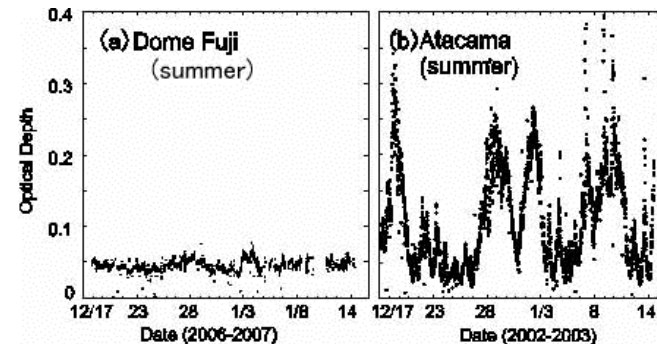


新しい場所は水蒸気量が現在のドームふじ基地より10%少なく、これはドームAと同程度であり、大気のゆらぎも含めて、ドームふじが天文観測にとって、地球上で最も良い場所であることを示しています

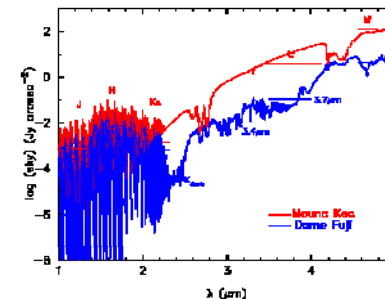
新基地の検討会議には南極天文コンソーシアムも参加しています

# 新ドームふじ基地・世界一の天文環境

- ◆ 天体からの赤外線、電波を吸収する水蒸気量が地球上で最も少ない場所  
ハワイ・マウナケア山頂の10分の1
- ◆ 極めて安定した大気  
(右図)
- ◆ 高い晴天率  
晴れの確率は85%(以上)。アタカマと同程度
- ◆ 冬の平均気温は $-70^{\circ}\text{C}$   
大気からの赤外線放射はハワイ・マウナケア山頂の1/50~1/100 (右下図)
- ◆ 星の瞬きがどの天文台よりも小さい  
シャープな星像



大気の安定度。現在世界一と言われているALMAサイト・アタカマ(右)との比較



大気からの赤外線放射  
赤はマウナケア、青はドームふじ基地

このような世界最高の好条件によって、南極2.5m望遠鏡は赤外線観測で、すばる望遠鏡よりも高い性能を持ち、ハッブル望遠鏡に匹敵する解像度となります。その結果、謎の天体「暗黒銀河」、地球型惑星で生命の存在に不可欠な水蒸気の発見が初めて可能となります



# 南極天文コンソーシアムの活動

年	内 容
2004	国立極地研究所と南極での天文学推進について協議
2005	「南極天文コンソーシアム」設立 筑波大（代表）、東北大、立教大学、国立極地研究所、他
2006	文部科学省（研究開発局海洋地球課）に説明
2007	南極観測50周年記念式典： 「天文学宇宙観測の有用性」（総研大学長）
2008	日本学術会議シンポジウム（天文）で南極天文学計画を発表 国際組織SCARに南極天文委員会(AAA)設立(日本代表として東北大から委員)
2009	南極地域観測第8期計画（2010～2015）に「 <b>天文学を推進</b> 」（文科省統合推進本部） ニューサウスウェールズ大学(豪)と東北大学間で共同研究協定締結
2010	第8期南極地域観測開始（天体観測所開設、輸送力増強、建物の検討開始）
2011	日本学術会議に中期計画として提案（10m級サブミリ、2.5m赤外線望遠鏡）
2013	日本学術会議天文学宇宙物理分科会から推薦を受けて、2014年日本学術会議マスタープランに応募(代表 筑波大学学長)
2016	第9期南極地域観測開始(予定)

# 南極遠征と主な成果

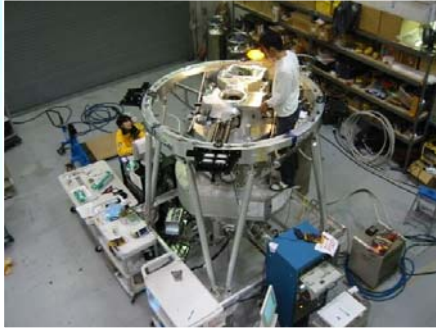
年	観測隊員・同行者	主なミッションと成果
2006/2007		大気透過率と大気擾乱測定を50次隊に依頼 初の天文環境調査
2008/2009	瀬田益道(筑波大)	大気透過率の測定 現在の最高天文観測拠点(ALMAサイト)に比べて格段に安定 していることを確認
2010/2011	高遠徳尚(国立天文台) 沖田博文(東北大)	天体観測所開設 自動発電装置の設置(オーストラリアと共同) 大気水蒸気量が世界の天文サイトで最も少ないことを確認
2011/2012	市川隆(東北大) 小山拓也(東北大)	昭和基地への大型天文機材の運搬 東北大で初の越冬
2012/2013	沖田博文(東北大) 小山拓也(東北大)	40cm望遠鏡と9m高ステージの設置 大気ゆらぎが世界一小さい場所であることを発見
2014/2015	東北大から1名(予定)	データ回収と天文装置の保守(予定)

東北大で毎年1~2名の隊員枠

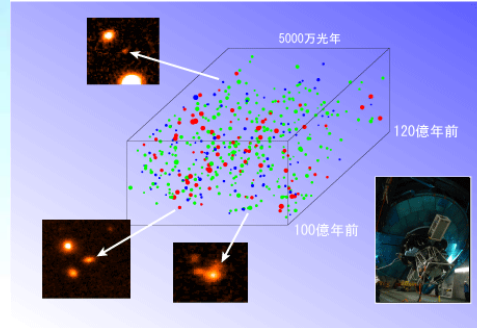
# 準備状況

## ➤ 赤外線観測装置を開発し宇宙の果てに銀河を発見

本学大学院生が中心になってすばる望遠鏡に取り付ける世界最高性能の赤外線装置を開発しました



120億年前の宇宙で銀河系の祖先と思われる銀河を発見しました。2006年に発見して以来、まだ記録は破られていません

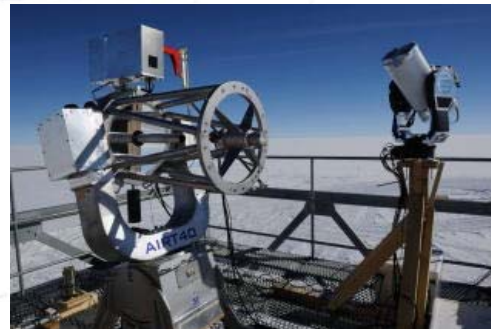


この赤外線観測装置は今も、すばる望遠鏡とともに、世界の研究者に共同利用されています。このように東北大学は世界最高性能の赤外線観測技術と天文学分野で世界をリードしています

## ➤ 極寒環境に耐える天体観測装置の開発



本学大学院生がドームふじ基地で実証しました



実験室の-80℃の冷凍庫。この中で極寒に耐える装置を開発しています。大学院生と共に、地道で堅実なもの作りを理念にしています



# 天文コミュニティから期待されています

日本学術会議  
第 22 期学術の大型施設計画・大規模研究計画に関するマスタープラン  
「学術大型研究計画」への応募



推薦

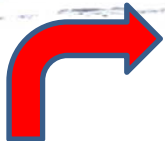
日本学術会議  
天文学・宇宙物理学分科会

## 「南極望遠鏡計画」

(代表 筑波大学学長 山田信博)

南極天文コンソーシアム

推薦



筑波大学  
10mテラヘルツ望遠鏡

東北大学  
2.5m赤外線望遠鏡

推薦



国立極地研究所

宇宙電波懇談会

光学赤外線天文連絡会

# 国際組織設立

南極における天文学研究の発展が期待されるこの時期に「南極からの天文学・天体物理学 (AAA)」プログラムを立ち上げることはSCARの南極におけるサイエンスフロンティアを切り開く目的に適うものである。

2010年～



**SCAR - Scientific Research Programmes**

The Astronomy & Astrophysics from Antarctica

<http://www.astronomy.scar.org/>

日本からは東北大・市川が組織委員