

# 南極天文部門成果報告

久野成夫

数理物質融合科学センター

南極天文部門

# 南極天文学の推進

南極内陸部におけるテラヘルツ赤外線天文学の開拓

---

## 南極天文コンソーシアム

- ・筑波大学： 中井直正(代表)、久野成夫、新田冬夢、永井誠
  - ・東北大学： 市川隆、津村耕司
  - ・関西学院大学： 瀬田益道、Dragan SALAK
  - ・北海道大学： 徂徠和夫
  - ・国立天文台： 関本裕太郎、松尾宏、野口卓、宮本祐介、沖田博文
  - ・東京大学： 石井峻
  - ・福島高専： 金高義
  - ・金沢大学： 香川博之
  - ・埼玉大学： 成瀬雅人、明連広昭、田井野徹
  - ・大阪大学： 芝井広
  - ・大阪府立大学(前澤)、JAXA宇宙科学研究所(西堀)、NICT、他
- 協力：国立極地研究所

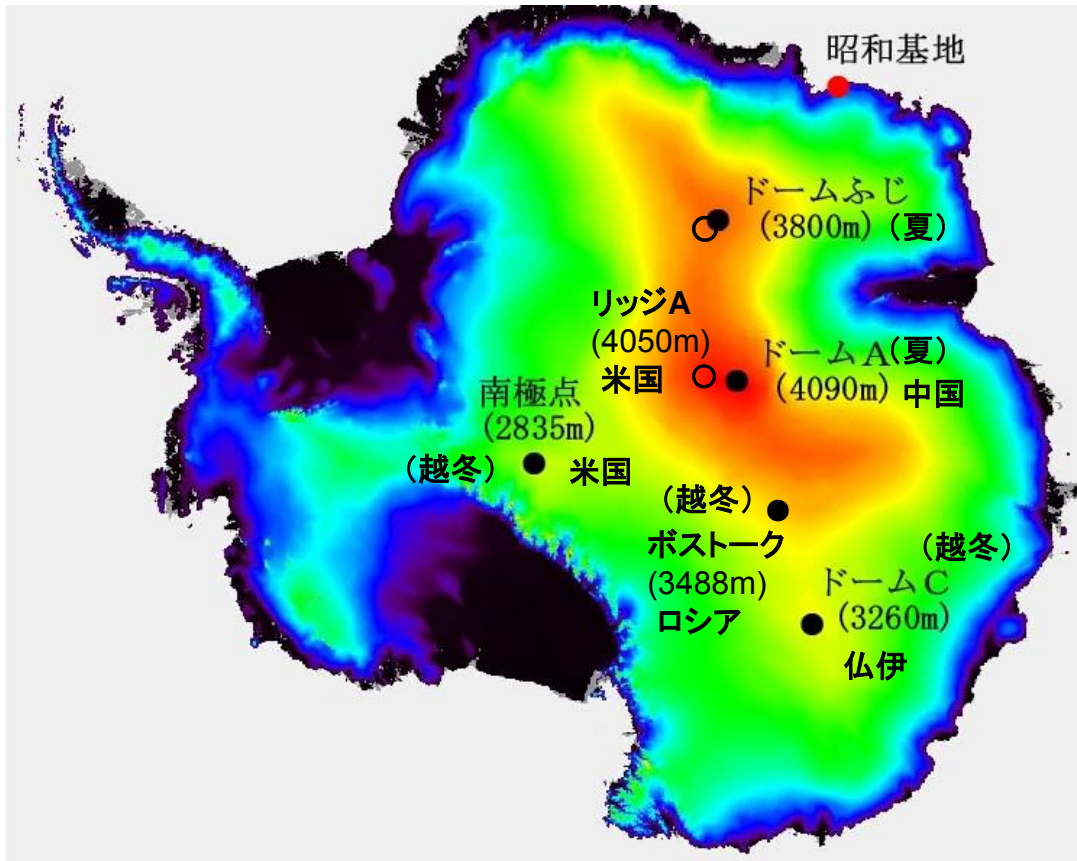
1. 南極での天文学
2. 南極10mテラヘルツ望遠鏡計画
3. 南極30mテラヘルツ望遠鏡計画



# 1. 南極での天文学

# 南極内陸部の高原地帯

—地上で最高の天文観測環境—



○標高が高い

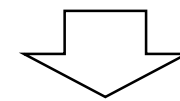
3200 m ~ 4000 m

○気温が極めて低い

最高  $-20^{\circ}\text{C}$

平均  $-54^{\circ}\text{C}$

最低  $-80^{\circ}\text{C}$



**水蒸気量: 極めて少ない**

宇宙から来るサブミリ波~

テラヘルツ波~赤外線

⇒ 大気中の水蒸気にあまり吸収されずに地上に届く

# 大気透過率 (冬期50% (25%)) (計算値)

サブミリ波    テラヘルツ波

世界最高 ← | → 世界で唯一可能

300 $\mu$ m

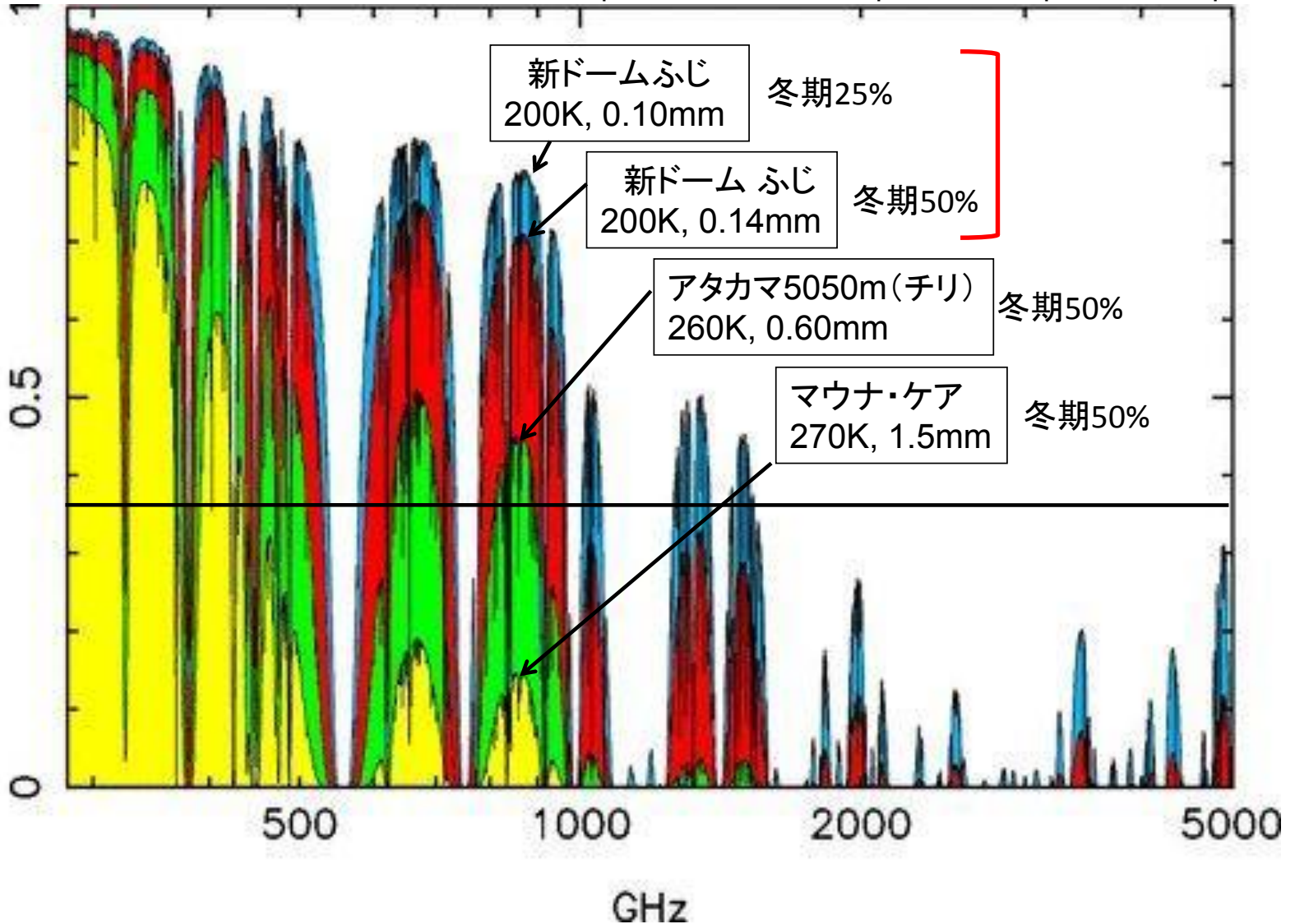
150 $\mu$ m

100 $\mu$ m

60 $\mu$ m

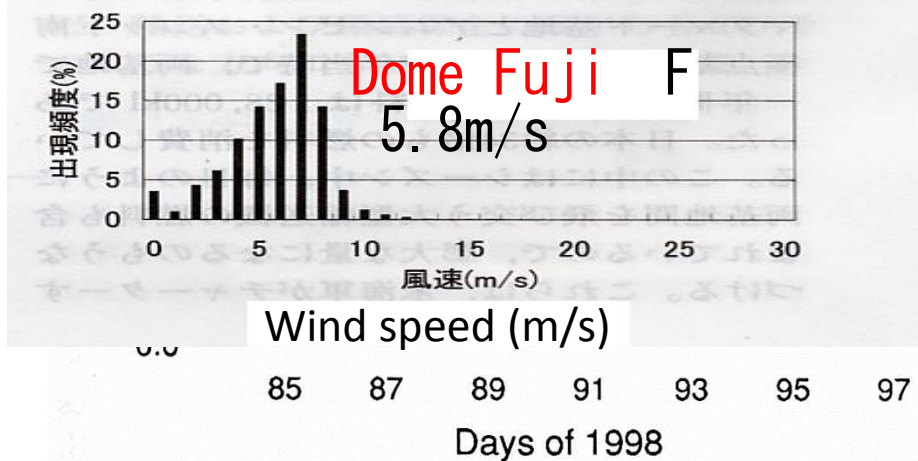
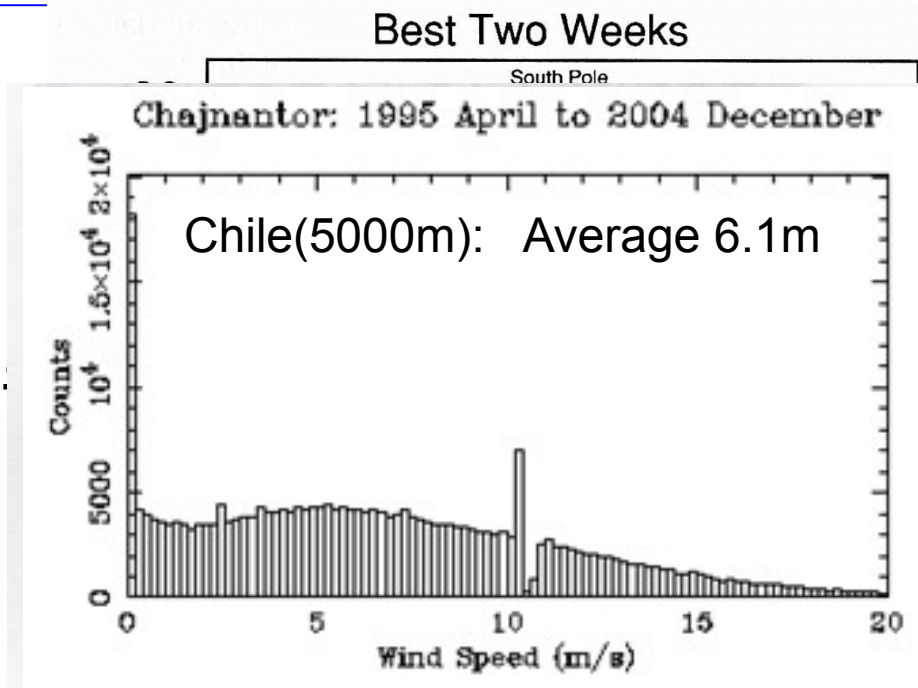
大気透過率

Transmission

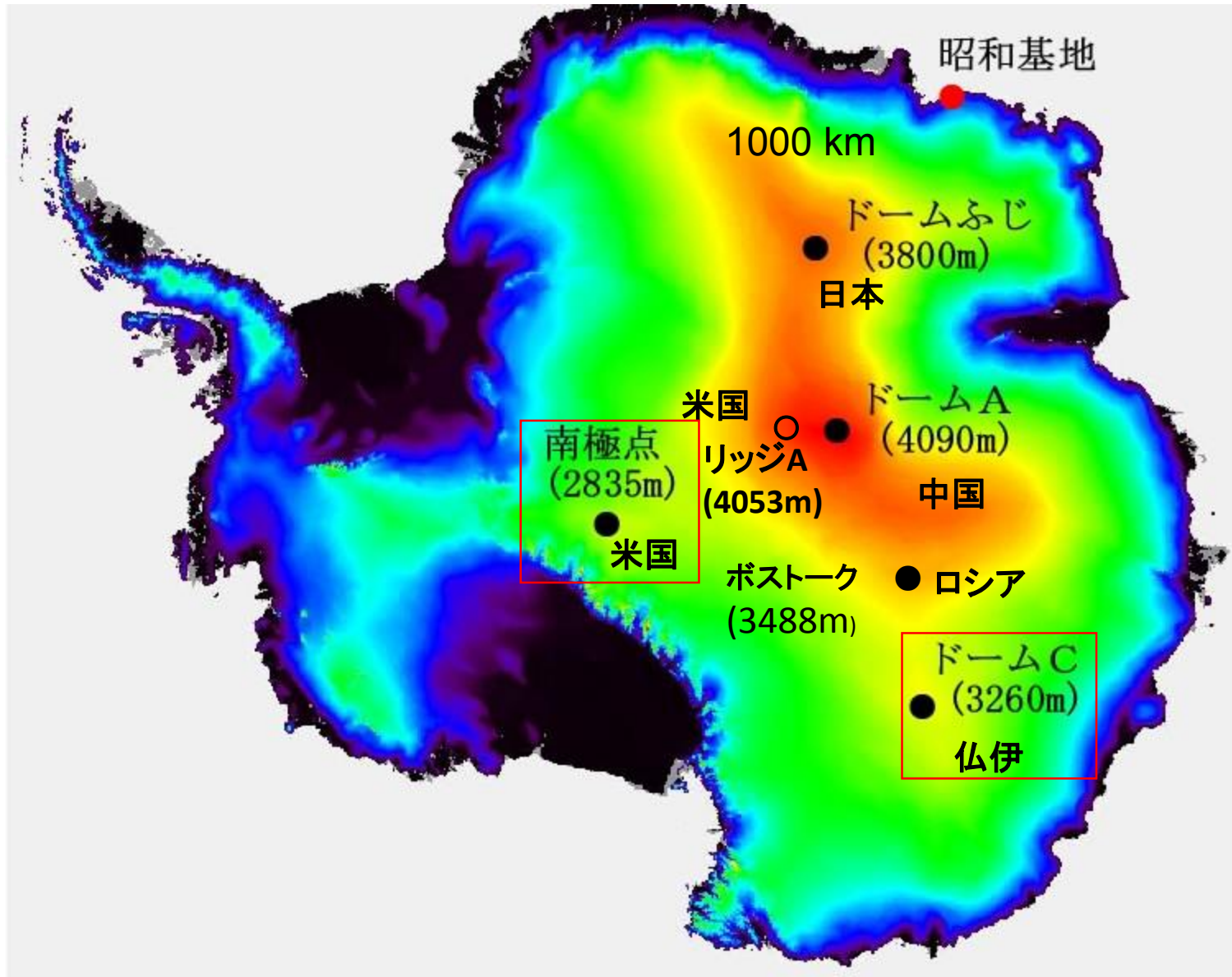


# その他の南極高原地帯の利点

- 大気の高い安定度
- 風が弱い
- 高い晴天率 (75-90%)
- 赤外線領域において最
- シーイングの良さ
- 冬期の連続観測
- 大気汚染が少ない
- 大量の純粋な氷
- 地震の少なさ
- ...

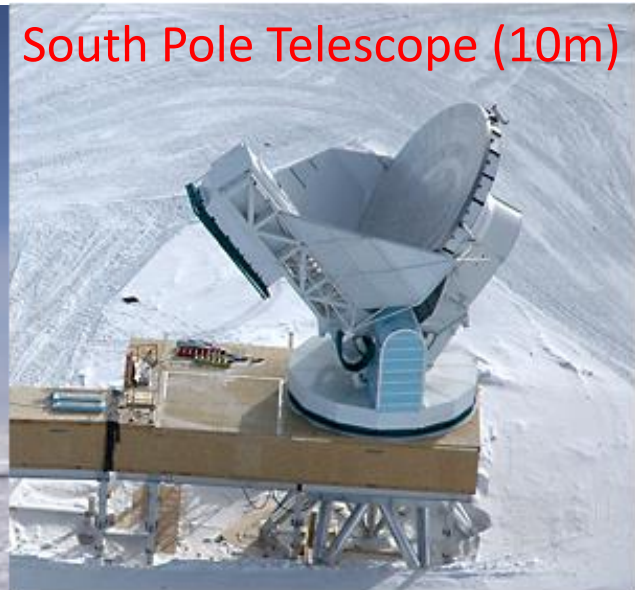


# 南極内陸部の基地・天文サイト

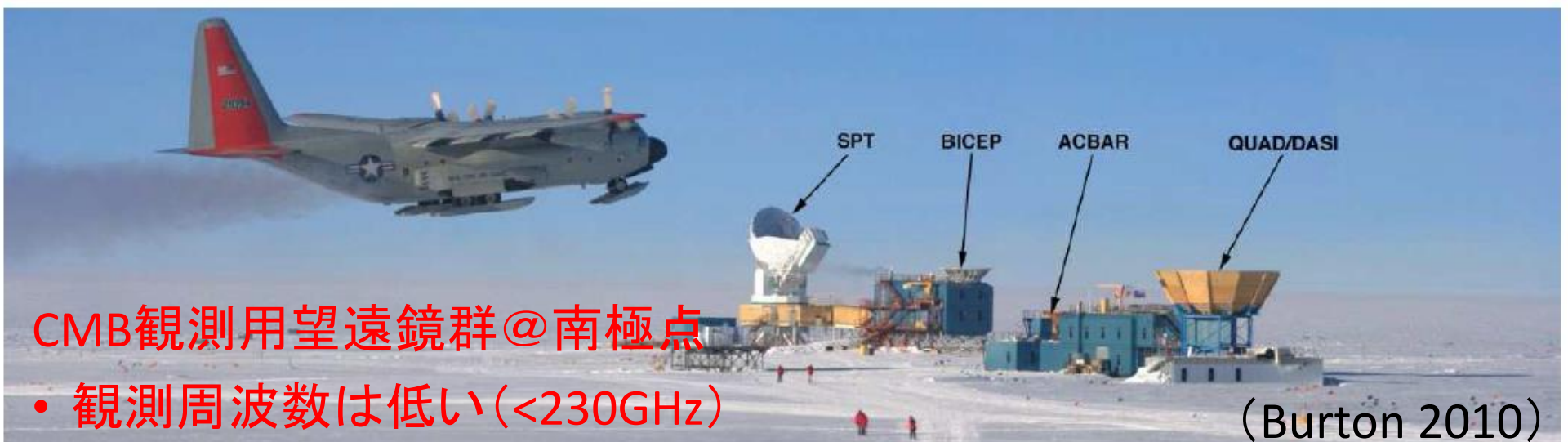




# アムンゼン・スコット基地(米)@南極点



South Pole Telescope (10m)



CMB観測用望遠鏡群@南極点

• 観測周波数は低い(<230GHz)

(Burton 2010)

## 2. 南極10mテラヘルツ望遠鏡計画

# 南極10mテラヘルツ望遠鏡

南天全体

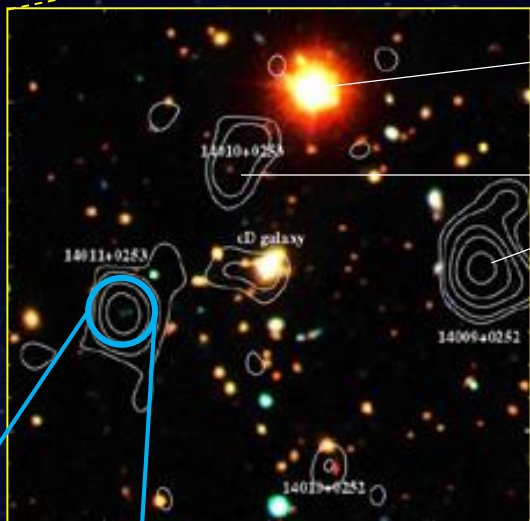
発見!

## 南極テラヘルツ望遠鏡

南天全体から暗黒銀河を  
発見

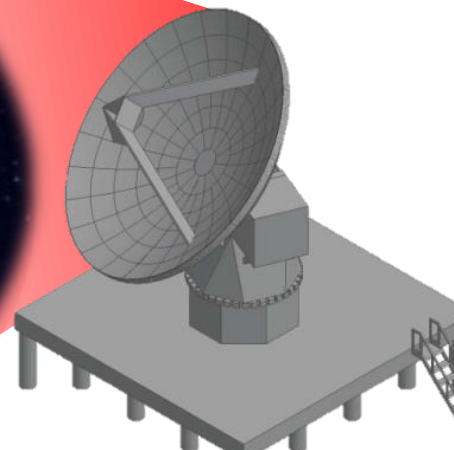
拡大

光学写真



近くの銀河(光学写真)

遠方銀河(暗黒銀河)

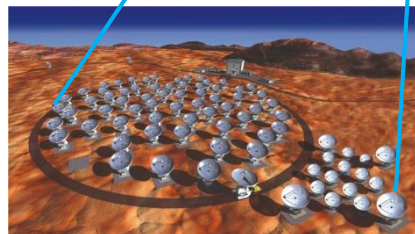


- 超伝導電波カメラ  
2万画素  
:世界最高水準
- 超広視野(世界最大)  
サーベイが得意

アルマ望遠鏡(チリ)、  
すばる、TMTなど

発見した暗黒銀河の  
詳しい内部構造を調べる

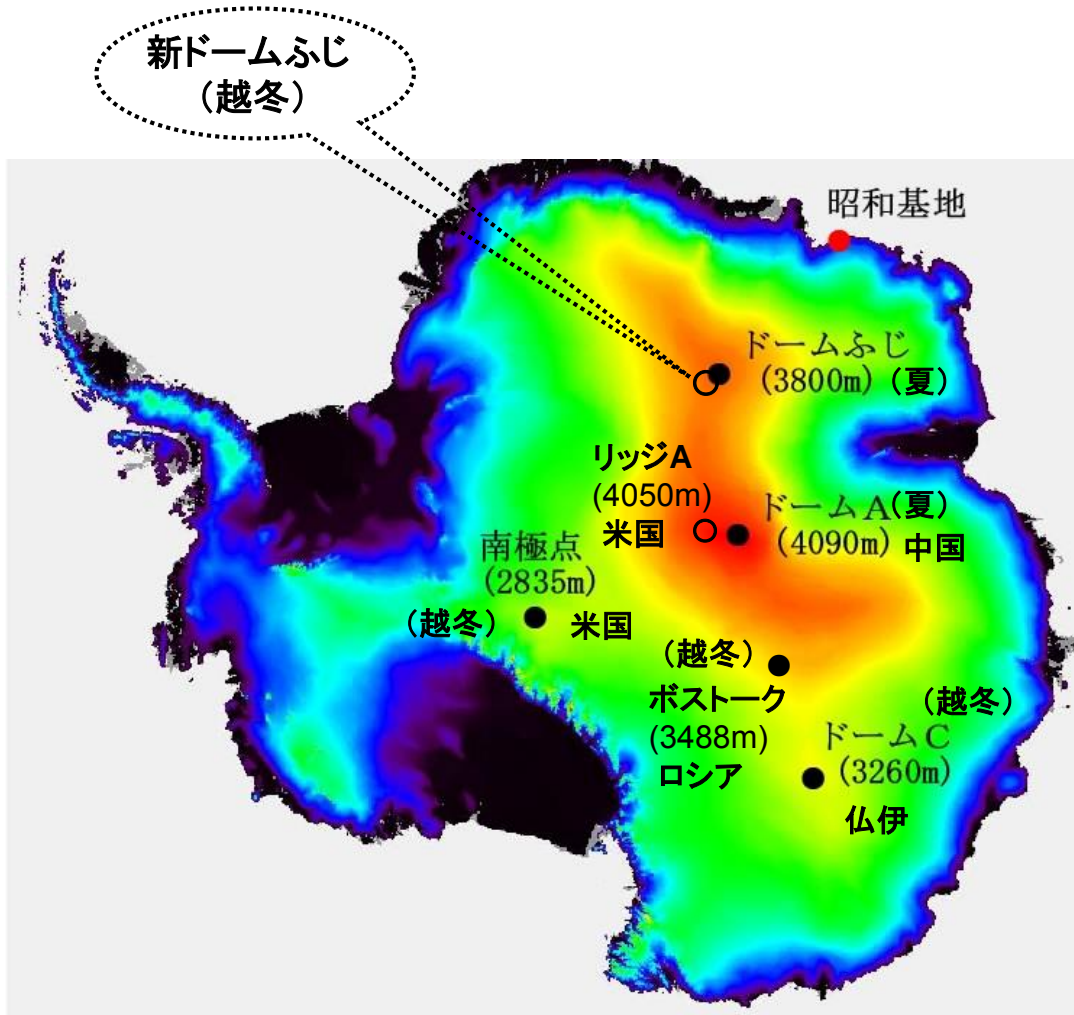
遠方宇宙の暗黒銀河の  
サーベイ観測、など



アルマ望遠鏡(チリ): 超高感度、  
超高角分解能。しかし視野が狭い

# 新ドームふじ基地：当面建設困難 ⇒ 建設場所を変更 ⇒ ドームC(コンコルディア基地)

(フランス・イタリア)



フランス極地研究所と交渉中(協力的・歓迎)

10mテラヘルツ望遠鏡



- 天文学宇宙観測
- 次期大型計画の実現に向けて  
技術開発  
建設、運用の経験を積む

# 伊予、高知、宮崎基地のドック



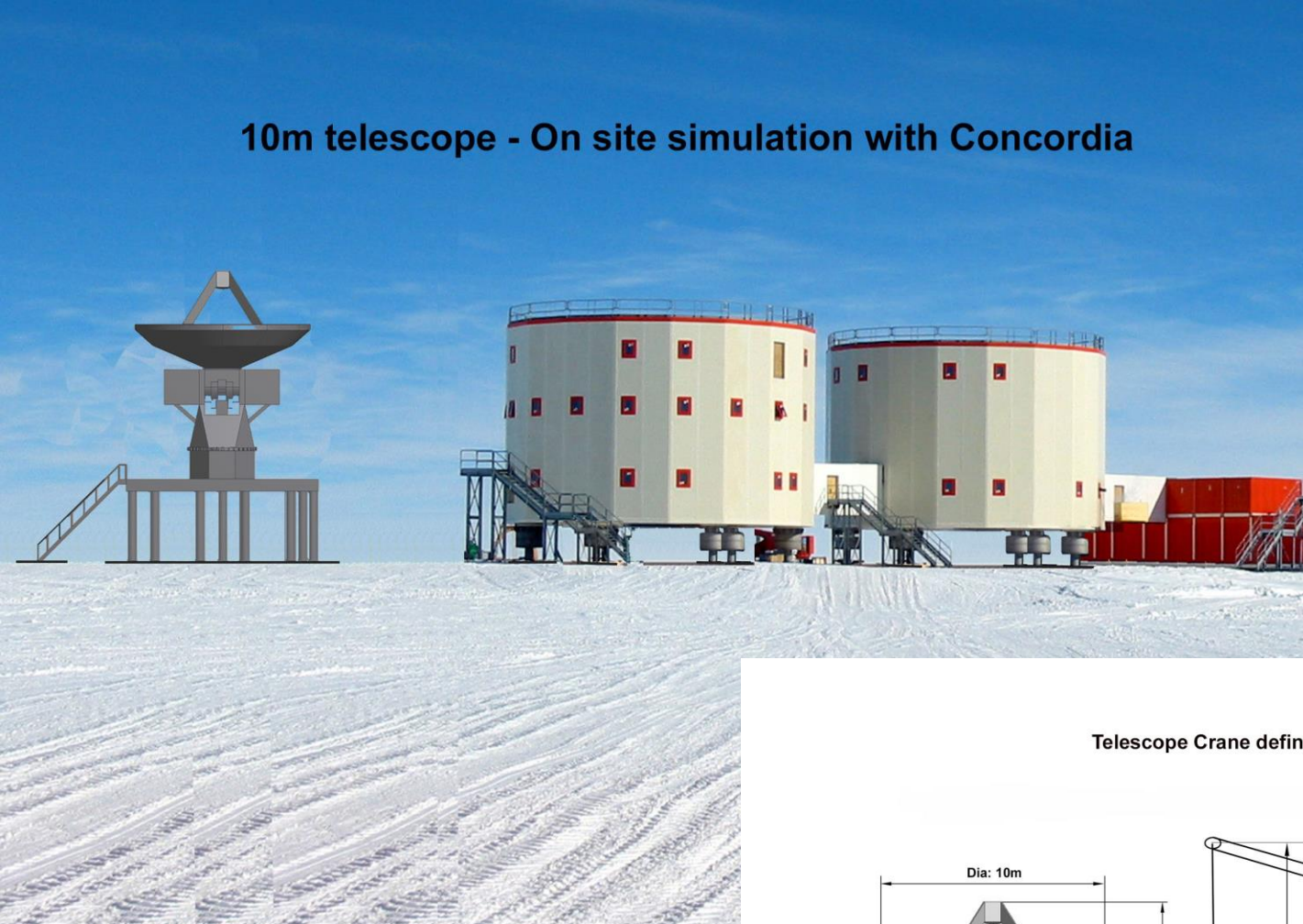
# コンコルディア基地全景

- 沿岸基地からコンコルディア基地まで道路が整備
  - 振動の軽減
  - 雪上車の中にシャワーあり
- 空港あり
  - 人、精密機器の輸送



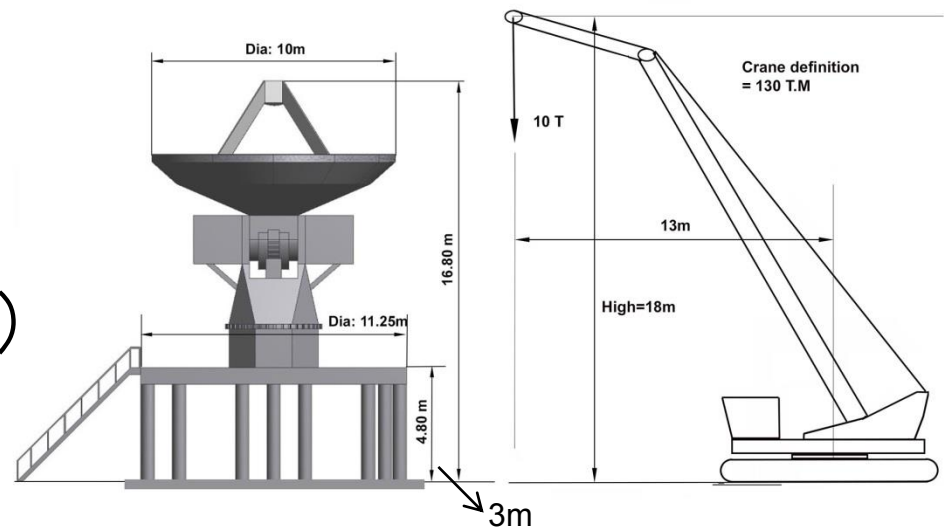
中井部門長が現在視察中(1/10-2/6)

# 10m telescope - On site simulation with Concordia



Telescope Crane definition

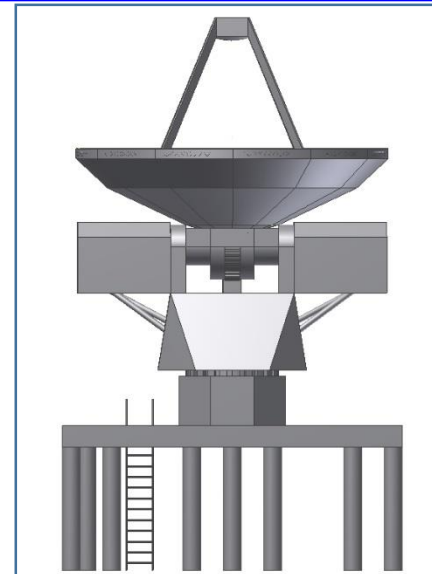
## 130t Crane



(フランス極地研所長より)

# アンテナ + 高床式土台

- 口径: 10m(以上)
- 鏡面精度: 20 $\mu$ m(以下)
- 観測波長: 200GHz-1.3THz
- 視野: 1° (超広視野)
- 絶対指向性: 2"
- 追尾精度: 0.5"
- 電力: <35kVA
- 質量: <100 t



- 霜対策
- 吹き溜まり対策 ⇒ 高床
- 雪面上に設置
  - 指向精度
  - 不等沈下対策
- 現在、メーカーと検討中
  - アンテナ: アンテナメーカー3社
  - 高床式土台: 建設会社1社





# 霜・凍結

## 吹き溜まり ドームふじ基地

- 放射冷却
- 過飽和蒸気 ⇒ 鏡面凍結
  - Dome C : 気象装置(外気温  $+3^{\circ}\text{C}$ でも凍結を防止できず)



Jan. 1995



Feb. 2003



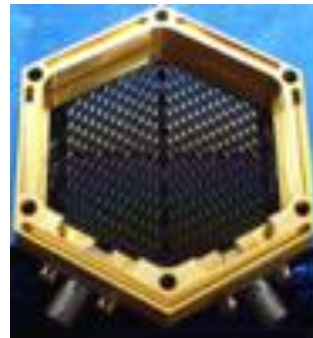
(from Kameda\_2009\_Seppy)

# 広視野電波カメラの開発

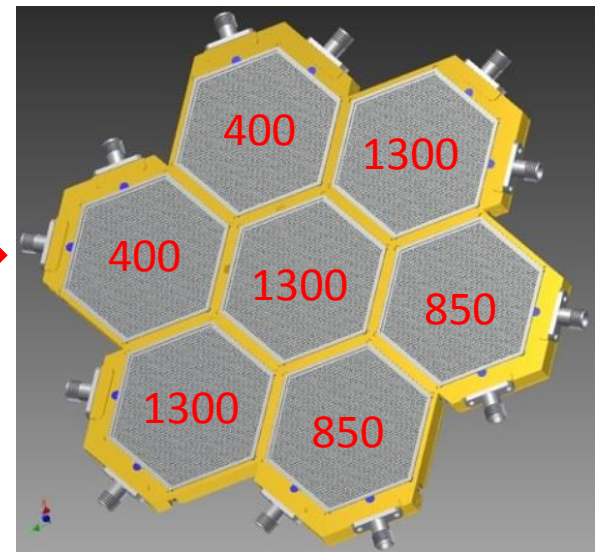
- 超広視野アンテナによる広域サーベイ

⇒ 超広視野電波カメラ(MKID)の開発(新田、永井、他)

- 400GHz, 850GHz, 1.3THz
- 3バンド同時観測



600画素  
視野:  $\sim 0.1^\circ$



$\sim 2$ 万画素  
視野:  $1^\circ$

- 南極望遠鏡用電波カメラ試作機

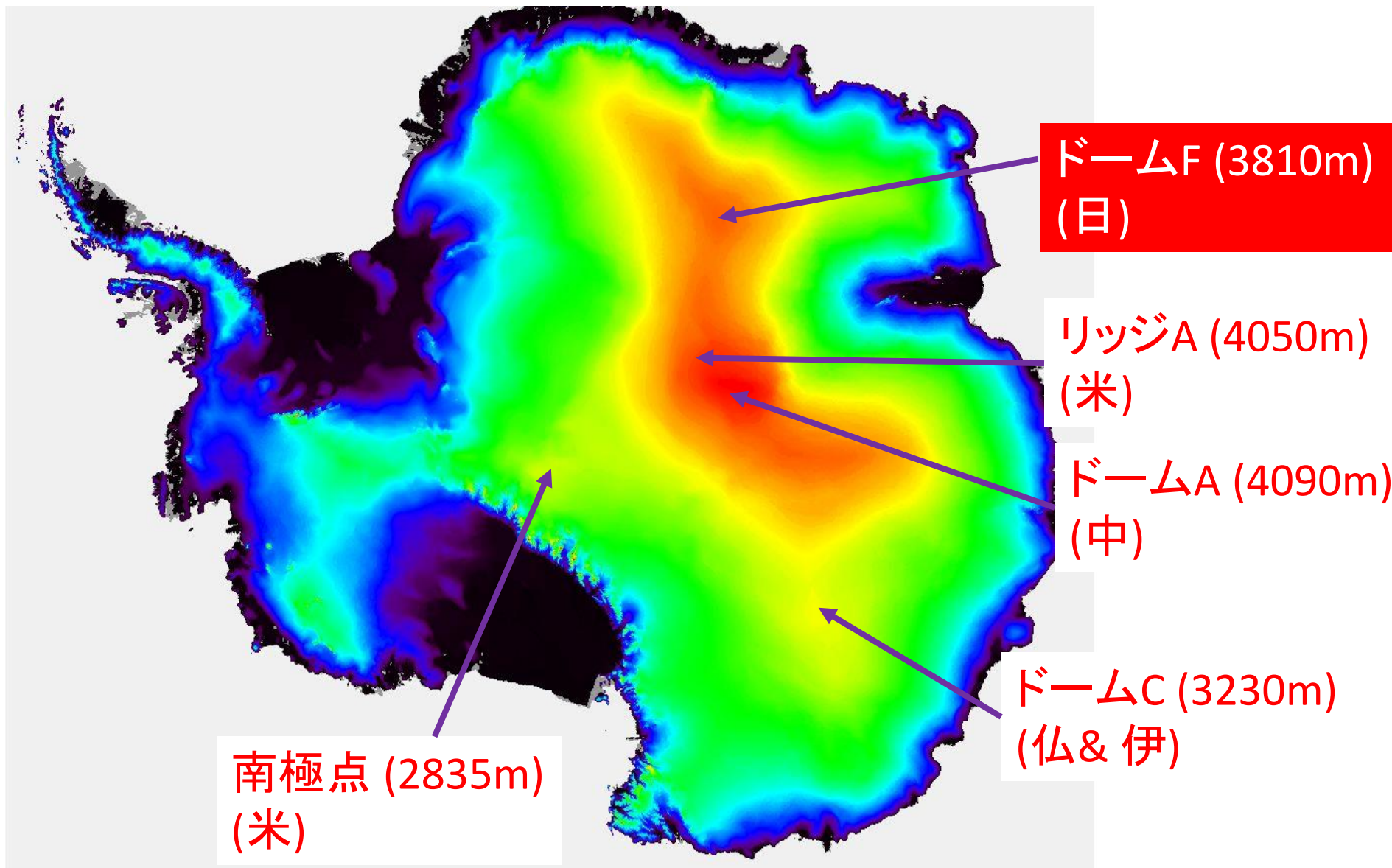
⇒ 野辺山45m鏡用電波カメラの開発

# 10mテラヘルツ望遠鏡計画 スケジュール

- 2016 概算要求
- 2017 設計 & 製作
- 2018 ↓
- 2019 建設 @筑波大
- 2020 試験 & 調整
- 2021 ↓
- 2022 南極へ輸送
- 2023 建設 @ドームC

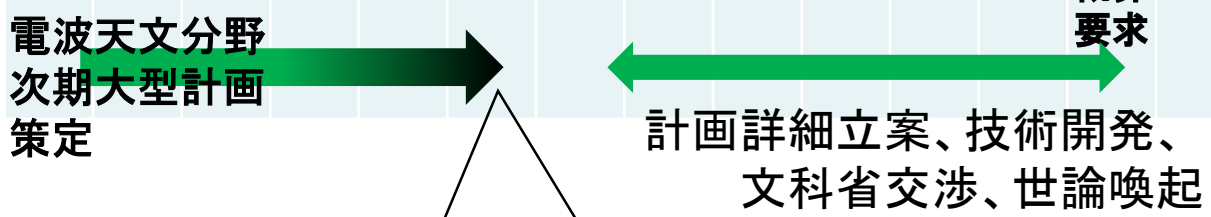
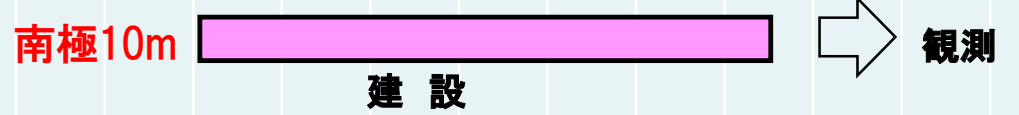
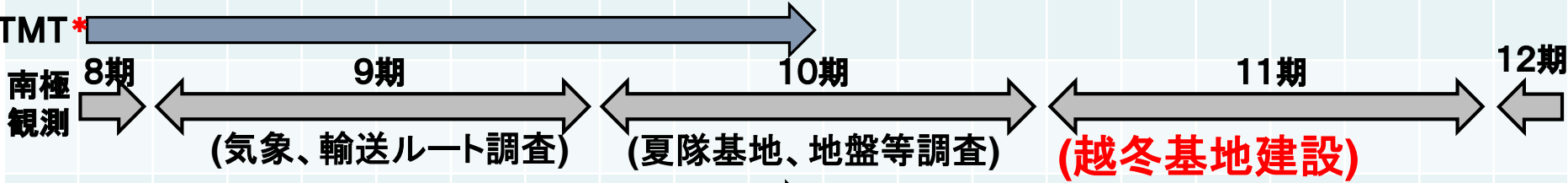
### 3. 南極30m級テラヘルツ望遠鏡計画

# 30m級テラヘルツ望遠鏡建設場所



# 南極テラヘルツ望遠鏡建設計画(予定)

20	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
H	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
日本学術会議 重点計画			○			●			○			○			○			○		



TMT後の次期大型計画決定

\* TMT: 30m光赤外線望遠鏡(ハワイ:建設中)

# 「南極30m級テラヘルツ望遠鏡」実現に向けて

## • 国立極地研究所

(30mテラヘルツ望遠鏡・越冬基地建設へ向けて)

- 第7回南極観測シンポジウム(9月17日 中井講演)
  - 次期所内研究プロジェクト策定に向けた集会  
(10月9日 中井講演)
  - 第6回極域科学シンポジウム(11月16-19日 久野講演)
- ⇒ 極地研に天文観測をサポートするプロジェクトの設立

## • 天文コミュニティ

(30mテラヘルツ望遠鏡でのサイエンスの検討)

- 国立天文台研究集会(研究代表者 久野)(11月18-19日)  
“南極で切り開くテラヘルツ天文学” 参加者62名
- ⇒ 南極天文サイエンス・ワーキンググループの設立

# 第9期南極観測計画

## 「南極30m級テラヘルツ望遠鏡」に向けての調査

### (1) 新ドームふじ基地の気象測定

高さ40～50m鉄塔建設

- ・風速の高度分布：望遠鏡の指向性、「風よけ」の必要性
- ・温度の高度分布：望遠鏡の熱変形による鏡面誤差、指向性誤差

### (2) 地盤(雪面下)調査+アンテナ基礎設置法の開発

重量1000トン以上を水平に設置

### (3) ベルギー基地から新ドームふじ基地までの輸送ルート調査

セールロンダーネ山脈・クレパス帯の通過ルート

### (4) 輸送方法の検討

### (5) 夏季建設期間の最大化の検討

40日→>100日(11月～2月)：建設は昼夜2交代

### (6) 電力供給法の検討・開発(～600kVA)



# 南極天文サイエンス・ワーキンググループ

- 惑星大気・地球大気 前澤(大阪府大)、 笠井(NICT)
- 星間化学 酒井(電通大)、 渡邊(東大)
- 星・惑星形成 齋藤(国立天文台)、 百瀬(茨城大)
- 銀河面サーベイ 瀬田(関学大)、 岡(慶応大)
- 近傍銀河 徂徠(北大)、 久野(筑波大)
- 活動銀河核 土居(宇宙研)、 川口(札幌医大)
- 銀河形成・進化 河野(東大)、 森(筑波大)
  
- まとめ役: 南極天文コンソーシアム

南極30mテラヘルツ望遠鏡プロジェクトブック作成へ

# 将来への発展

- 南極望遠鏡についての国内外のアイデア
  - 可視-赤外20m級望遠鏡/遠赤外干渉計 (米, 欧)
  - 15mTHz望遠鏡 (中国)
  - 中口径赤外線望遠鏡 (東北大:市川)
  - テラヘルツ干渉計 (国立天文台:松尾)
  - サブミリ気球VLBI (宇宙研:土居)
  - etc.
- 南極国際天文台へ

