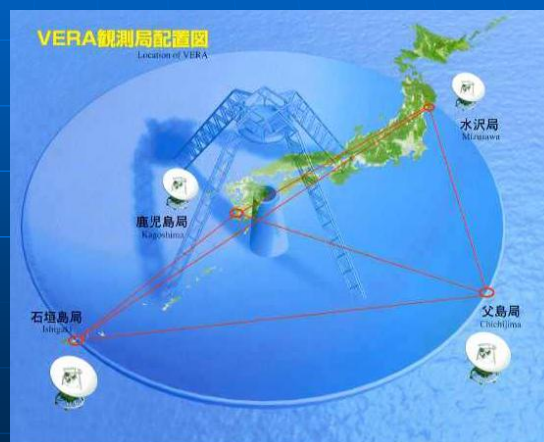


# VERA

## VERAについて

- VERA: VLBI Exploration of Radio Astrometry

- 4台の望遠鏡  
からなるVLBI  
アレイ



# 銀河系全域の測量は未知の世界

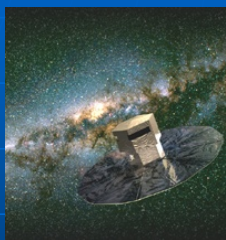


銀河系全域の測量は、まだ手付かすの未開の領域！

これまでの100倍の精度を持つ新しい望遠鏡が必要！

## 銀河系測量をめぐる状況

- 国際衛星プロジェクトが複数予定されている



GAIA (ヨーロッパ)  
2013年打ち上げ



SIM (アメリカ)  
2015年打ち上げ



JASMINE (日本)  
2015年打ち上げ

目標はいずれも、銀河系の測量

VERAの利点： 早くから観測開始、電波  
VERAの難点： 天体数が少ない。

## 高精度位置天文ミッション

10 マイクロ秒角以下を目指した計画が複数存在

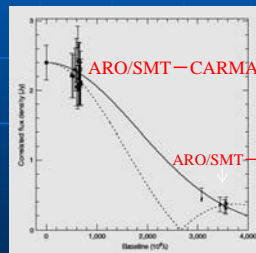
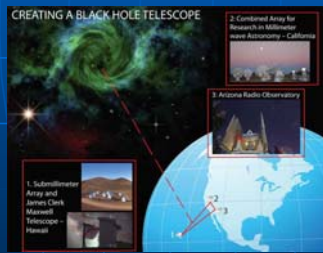
name	type	band	start year	accuracy	# of stars
<i>SIM</i>	space	opt	~2012	10 $\mu$ as or higher	10 <sup>4</sup>
<i>GAIA</i>	space	opt	~2012	10 $\mu$ as	10 <sup>9</sup>
<i>JASMIN E</i>	space	IR	2013 ?	10 $\mu$ as	10 <sup>8</sup>
<i>VERA</i>	VLBI	radio	2004	10 $\mu$ as	10 <sup>3</sup>

## サブミリ波VLBI

## 銀河系中心ブラックホール Sgr A\*

Sgr A\*: 見かけが最も大きいBH  
その分解にはサブミリ波VLBIが有効

- 1) shorter  $\lambda$ , higher resolution
- 2) less interstellar scattering



Doeleman et al.  
2008 in Nature

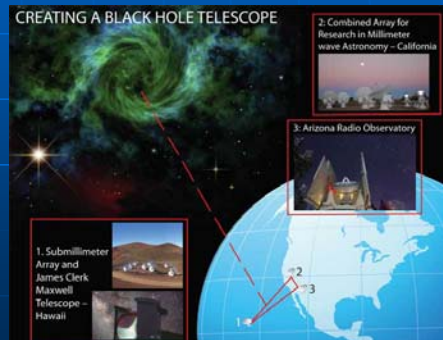
Doeleman et al.(2008)は1.3mmでSgr A\*の構造を  
~40  $\mu$  秒まで分解。シャドウ分解まであと一歩？

## ASTEを用いたサブミリ波VLBI

- Participation to international submm VLBI array with ASTE to observe Sgr A\*
- Target date of first observation: 2010 April



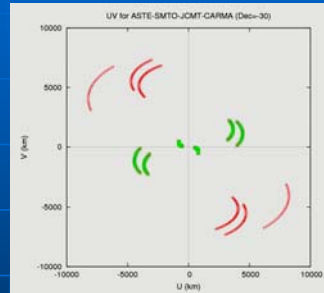
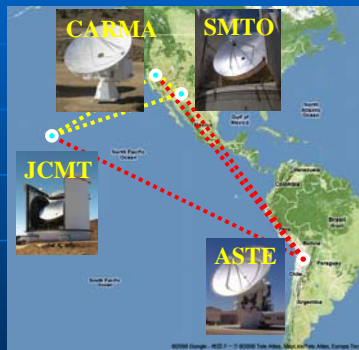
ASTE 10m telescope  
(@4860m above sea level)



sub-mm VLBI array in US

## ASTE参加の利点

- 南天の良好なサイト
- 基線長倍増 → 高分解能

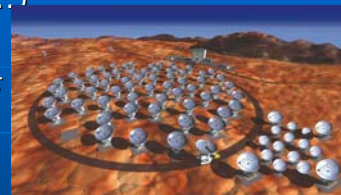


UV coverage for Sgr A\*  
(red: UV with ASTE)  
fringe spacing  $\sim 30 \mu\text{as}$



## 事象の地平線検出へ向けて

- Submm VLBI with ASTE will be the first step  
(Sgr A\* may not be detected ...) ALMA/ACA
- needs more station  
(LMT, S-pole, relocation of ATF)
- ACA/ALMA phase-up array will significantly boost the sensitivity  
(ACA correlator has a phase-up capability)
- VSOP-3 as a submm VLBI satellite ?  
(one of possible future plans)  
targets : Sgr A\* and M87



# 電磁波以外の天文観測

## 天体観測に使える粒子

- 光子(電磁波)  
最も古典的な手法。無数の天体で観測される
- ニュートリノ  
現在、3天体で検出  
太陽、地球、SN1987A
- 重力波  
現在未検出  
超新星爆発やブラックホール合体



## カミオカンデ

- カミオカンデ: 岐阜県の神岡鉱山に設置されたニュートリノ検出装置(チェレンコフ光を利用)

カミオカンデの純水タンク



1987年にマゼラン雲で発生した超新星  
1987Aのニュートリノを検出し、ニュートリノ  
天文学の第一歩を記した



2002年のノーベル賞受賞者

## 重力波探査

- 2007年現在、重力波は未検出
- 世界中で探査が続けられている



TAMA300 (国立天文台 他)

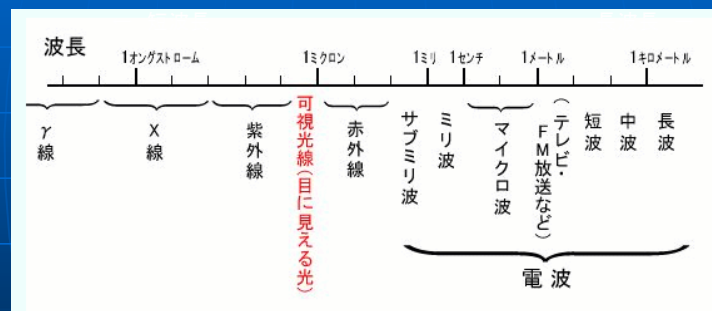


LIGO (米国 Caltech & MIT)

# 電磁波と電波

## 電磁波と電波

- 電波も光も、電磁波の一種  
ただし、波長(周波数)が大きく異なる

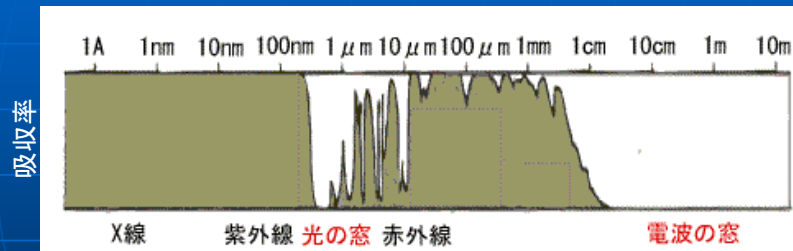


人間の目が可視光に感度があり、電波に感度がないのは、太陽が光で最も明るいため、進化の過程でその波長の電磁波に特化した目ができたと考えられる



# 大気の窓

地表から観測できるのはごく一部の電磁波のみ



地上から観測可能な帯域  
光、電波、(赤外の一部)

## 巨大望遠鏡: 1

- Jodrel bank 76m  
(1957年建設)



もともとは宇宙線の電波を検出するために建設された(検出できなかった)

- Effelsberg 100m  
(1972年建設)



## 巨大望遠鏡: 2

グリーンバンク91m(米 WV)



1988年11月15日 崩壊した  
写真は崩壊の当日、崩壊直前に  
とられたもの

100m鏡を再建 (GBT)  
(2000年完成)



## 巨大望遠鏡: 3

- アレシボ305m鏡  
コーネル大学がプエル  
トリコに建設(1963年)

地形を利用して建設  
世界最大の面積を持つ  
(ただし、動かない)



レーダーの出力も世界最大  
(1Mワット: 100Vなら10000A)



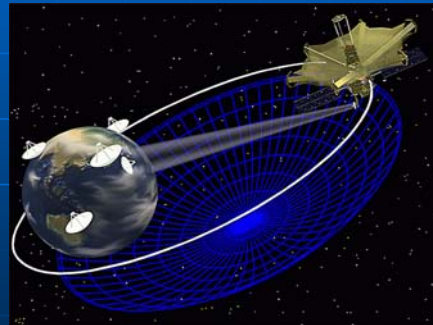
## 干渉計(VLBI)の例

VERA  
20m x 4台



分解能 1 mas  
波長1 cm,  $D = 2300$  km

VSOP-2 (VLBI用アンテナを  
積んだ衛星)



分解能  $40 \mu\text{as}$   
波長7 mm,  $D = 30000$  km