

低周波電波観測の発展

本間 希樹

国立天文台 水沢VLBI観測所

国立天文台水沢について

- 1899年(明治32年) 緯度観測所として設立
- 1988年から 国立天文台
- 現在はVLBI(超長基線干渉計)のコア機関



水沢(奥州市)の位置



電波望遠鏡



木村記念館



奥州宇宙遊学館



スパコン「アテルイ」

水沢の諸施設

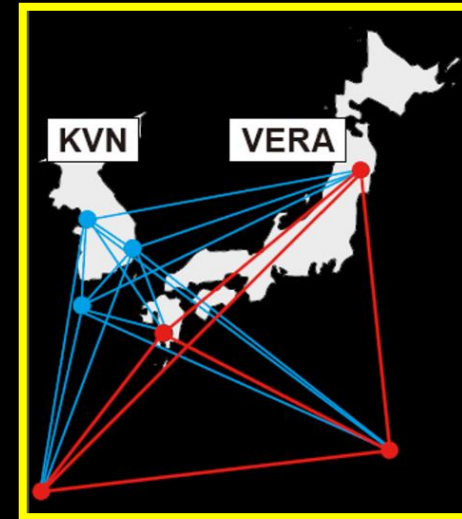
VLBI (Very Long Baseline Interferometry)

超長基線電波干渉計

VERA



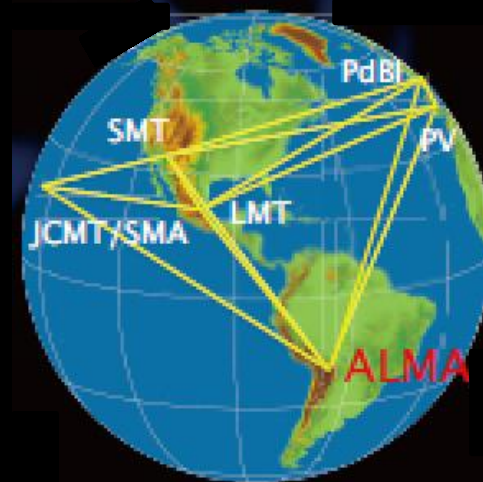
KaVA



EAVN



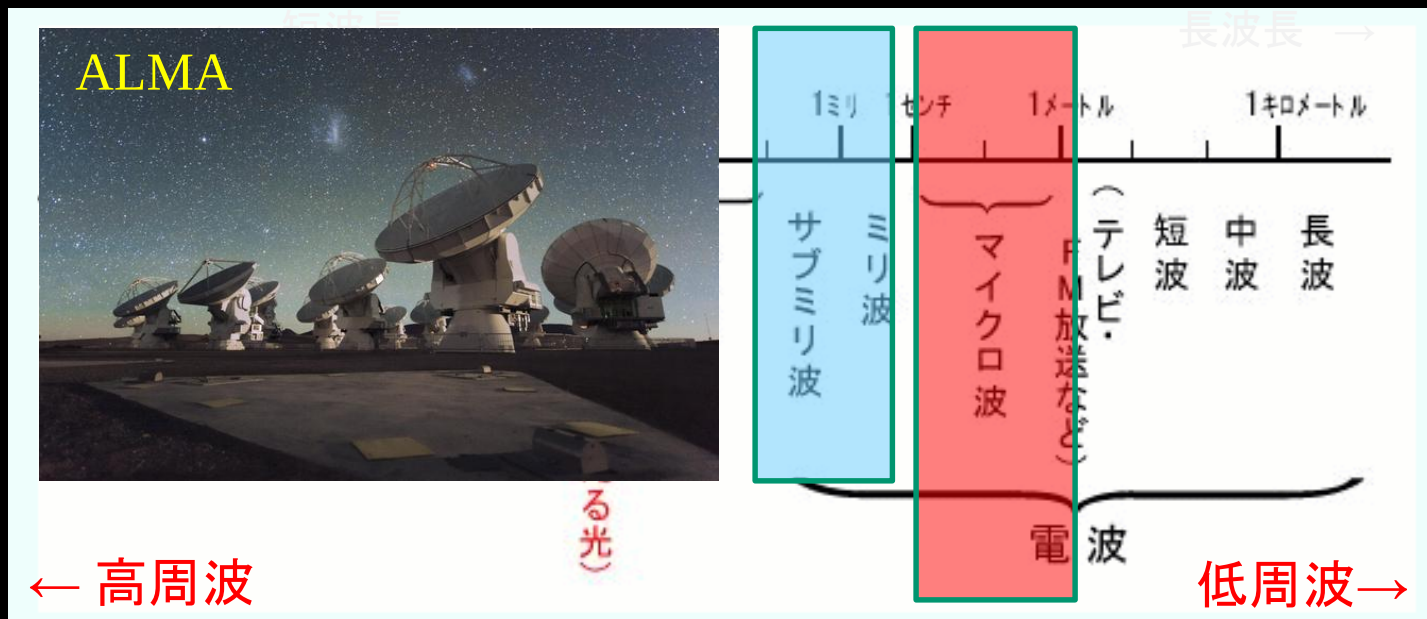
EHT



VLBIの特徴: ミリ秒角以下の超高分解能! (超低感度...)

低周波電波

- 電波：電磁波の中でも低周波、低エネルギー
 $E = h\nu$, $T \sim h\nu/k$
- その中でも周波数約30GHz以下, 波長1cm以上
が今回のセッションの対象



低周波帯の放射源

どんな温度の熱放射もR-J領域

- 非熱放射が中心

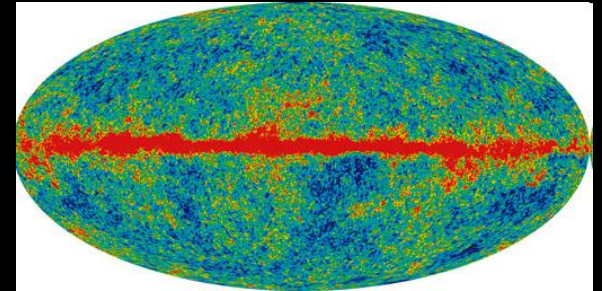
シンクロトロン放射、メーザーなど

→ AGN、パルサー、突発天体
若い星、年老いた星

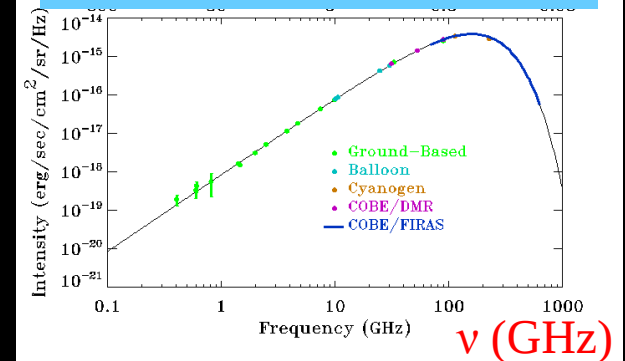
- 熱放射も一部

HI（中性水素）

電離領域、ダストなど



$\lambda_{\text{max}} \sim 2\text{mm}$ at $T \sim 2.7\text{K}$



日本における電波天文

ミリ波(熱の世界)



6m mm-wave
telescope
(1970's)

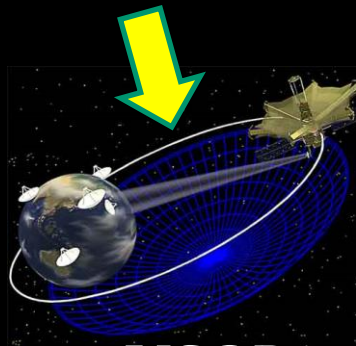


Nobeyama 45m
and NMA
(1980's~)

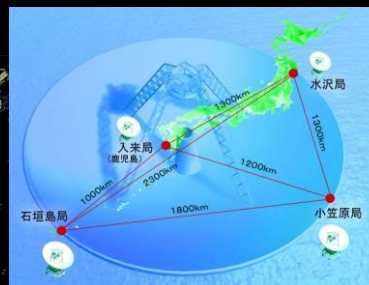


ALMA
(2011~)

センチ波 (非熱の世界)



VSOP
(1997~2005)



VERA
(2002~)

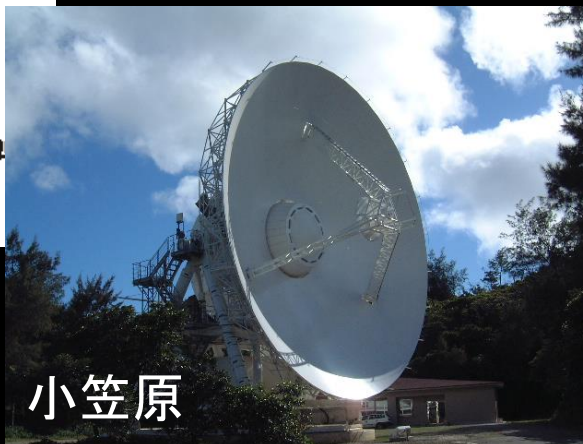
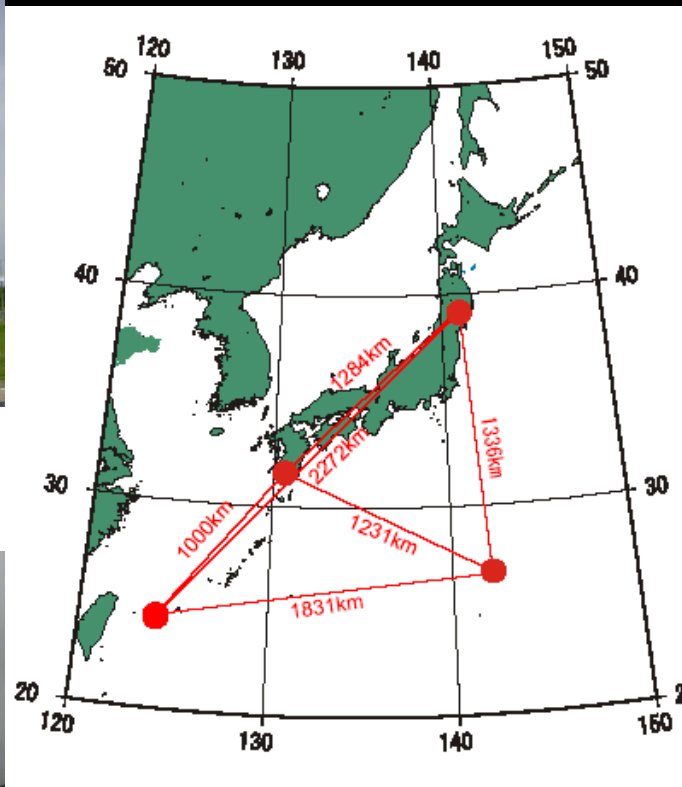


SKA?



VERAの望遠鏡

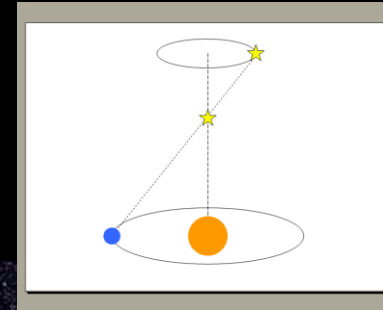
視力10万の電波望遠鏡ネットワーク(VLBI)



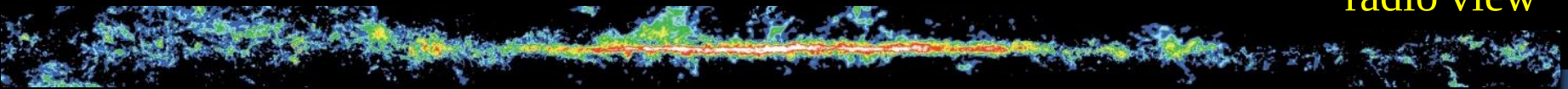
Galactic astrometry



Parallax $\sim 100 \mu\text{as}$
for 10 kpc distance



optical view



radio view

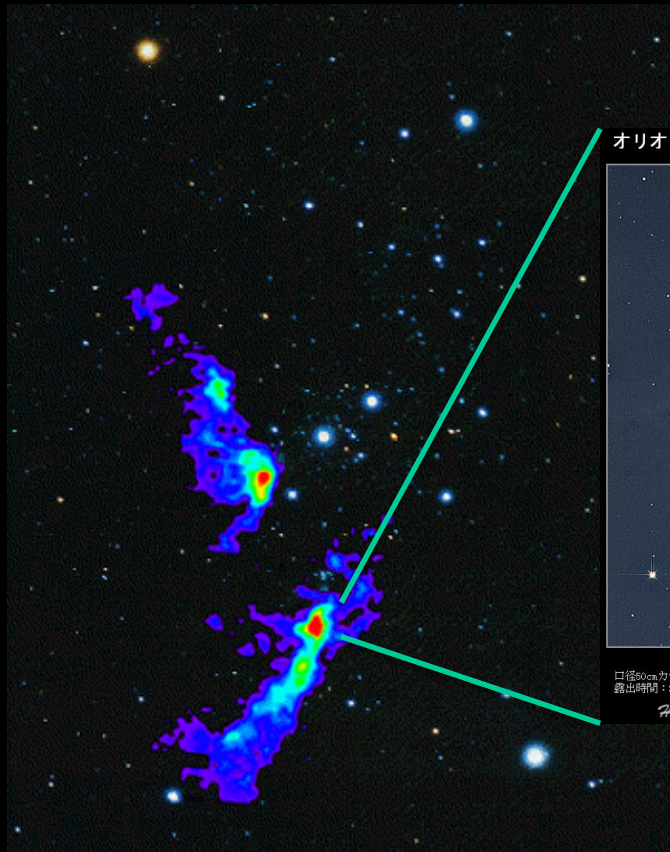
GAIA and VLBI are complementary
to each other



観測結果の例

オリオン分子雲： 太陽に最も近い、大質量星形成領域
分子ガスから星が生まれている現場

距離 1560 光年



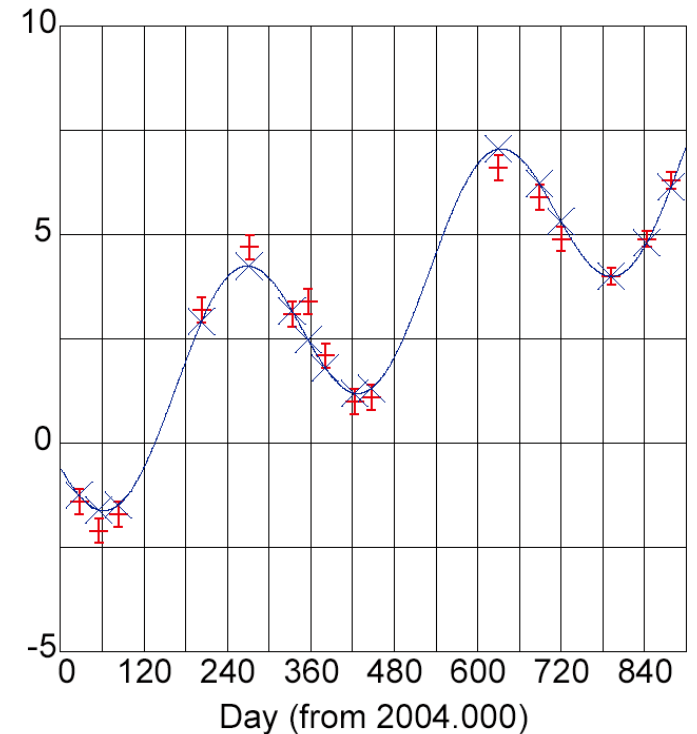
オリオン大星雲 (M42, 43) 3 × 4 = 12 フレーム結合 モザイク画像



1996年 12月25日, 21時05分~24時15分 (JST)
口径50cmカセグレン式反射望遠鏡 (F12), 液体窒素冷却CCDカメラ (Astronom 32000/256)
露出時間: 30秒 × 4, フィルタ: Rバンド, 観測カラー範囲: 33.16° × 33.16°
H. Fukushima and D. Kinoshita 国立天文台 広報普及室

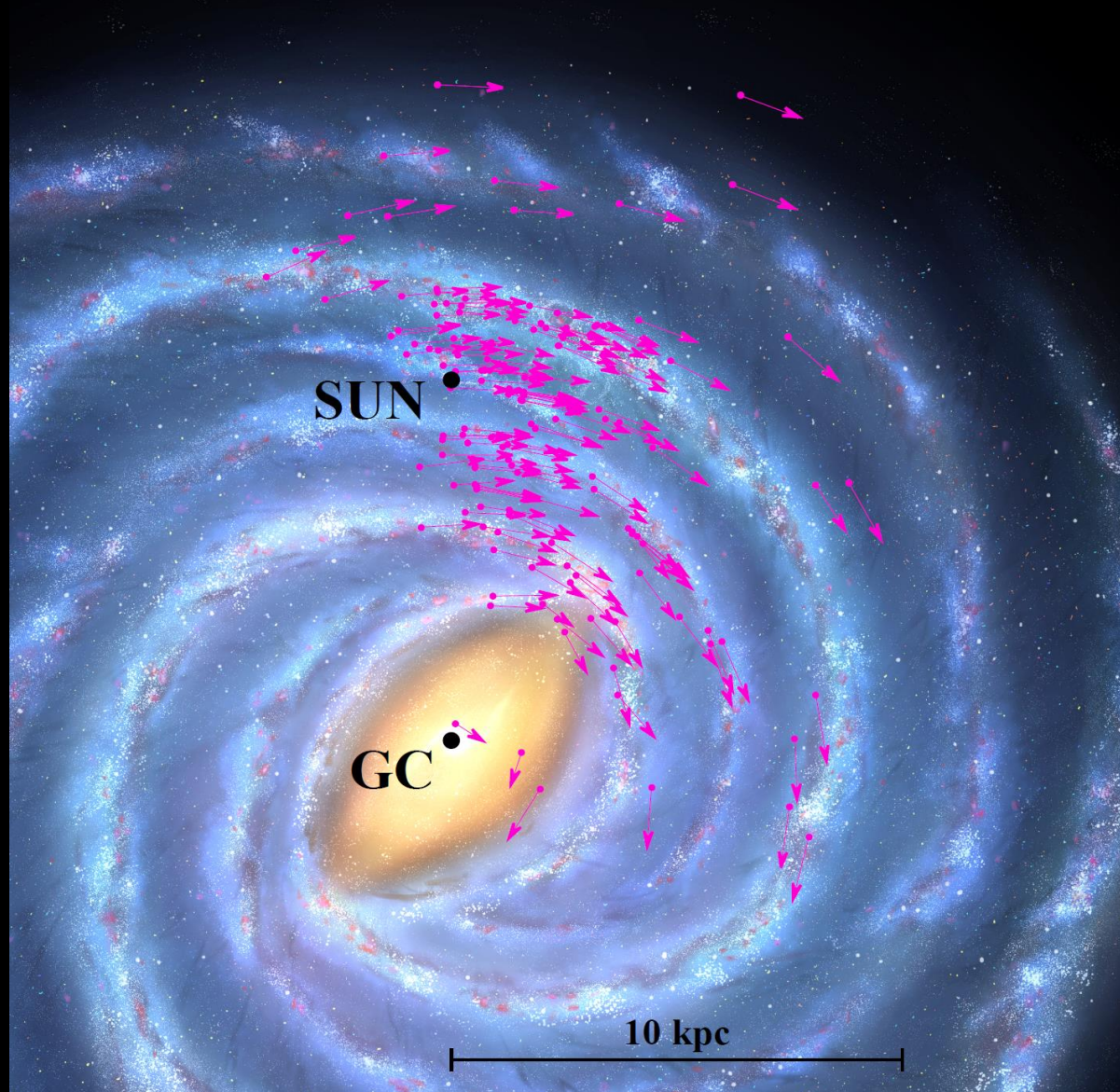
オリオン星雲

オリオン座と分子雲



オリオン星雲内の電波源の動き

Galaxy rotation



VLBA/VERA/EVN

Galactic constants

As of 2017 (preliminary)

144 SFRs

$$R_0 = 8.16 \pm 0.26 \text{ kpc}$$

$$\Theta_0 = 237 \pm 8 \text{ km/s}$$

$$\Omega_0 = 28.99 \pm 0.39 \text{ km/s/kpc}$$

Honma+ (2012)

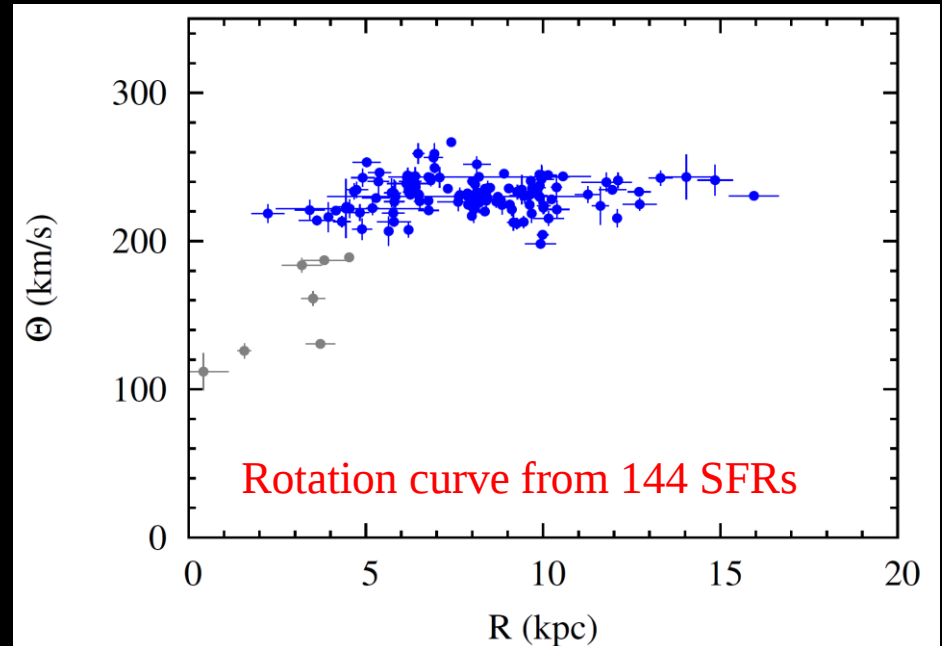
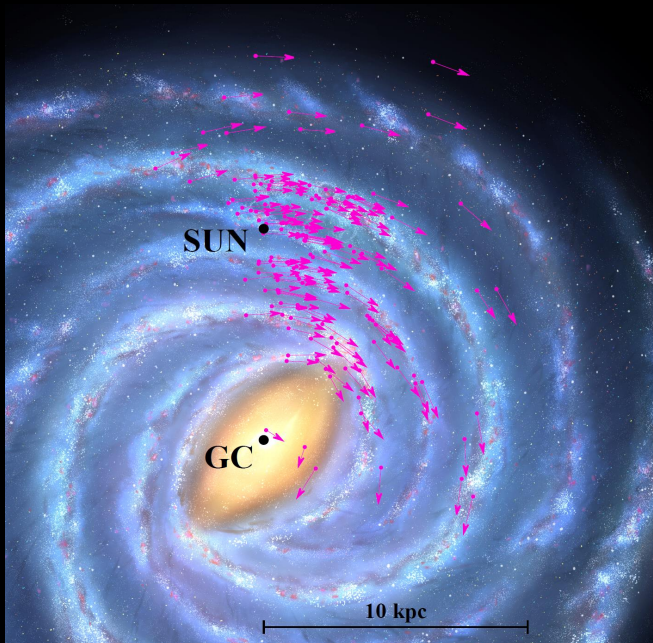
52 SFRs

$$R_0 = 8.05 \pm 0.45 \text{ kpc}$$

$$\Theta_0 = 238 \pm 14 \text{ km/s}$$

$$\Omega_0 = 29.57 \pm 0.78 \text{ km/s/kpc}$$

$(U_\odot, V_\odot, W_\odot) = (11.10, 12.24, 7.25) \text{ km/s}$ (Schorich, Binney, Dehnen 2012) assumed



Impact on Direct Dark Matter search

- Dark matter is thought to be elementary particle, and there are on-going experiments to directly detect DM (Xmass, Xenon 100, DAMA, ...)
- To reveal the nature of DM particle, Galactic parameters (galactic rotation speed and DM density) are crucial.
- High-precision VLBI astrometry can impact not only on Galactic astronomy but also on fundamental physics



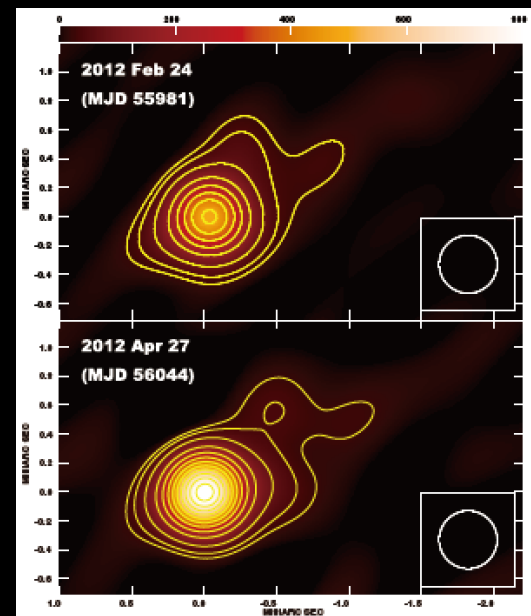
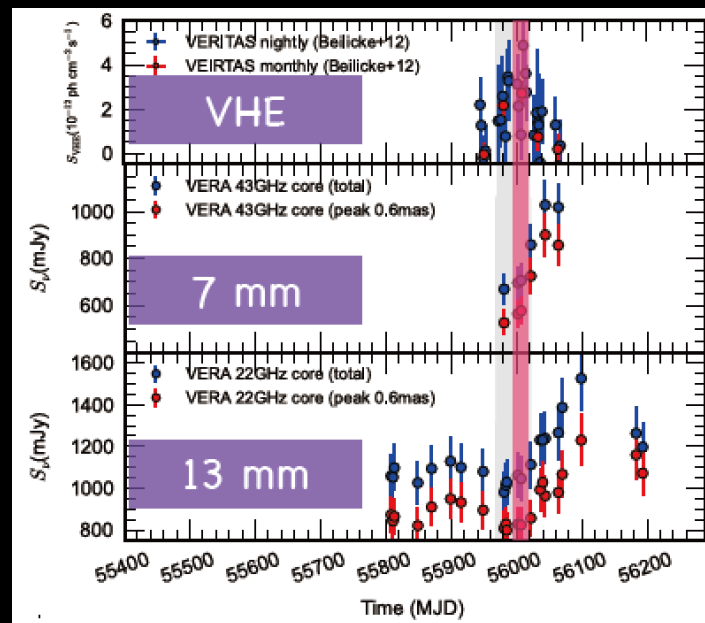
(c) 東京大学宇宙線研究所 神岡宇宙素粒子研究施設

Xmass detector

AGNジェットと高エネルギー現象

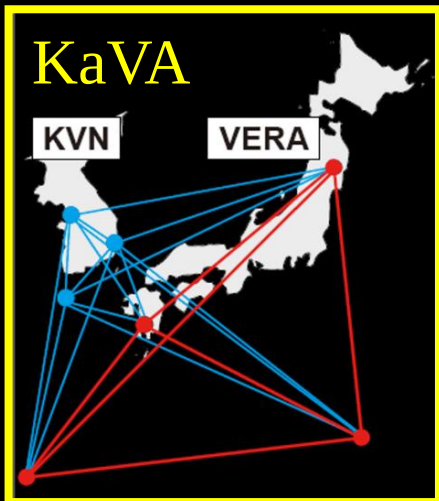
AGNジェットのガンマ線フレア観測

- VeritasのM87VHE増光にともなう電波増光を確認



M87 VHE and radio flare: Hada+(2014), ApJ, 785, 165

KaVAがとらえた M87の超光速運動



2013/12/05

2014/01/15

2014/03/02

2014/05/03

2014/06/14

3 光年

M87 jet

巨大ブラックホールの
存在位置

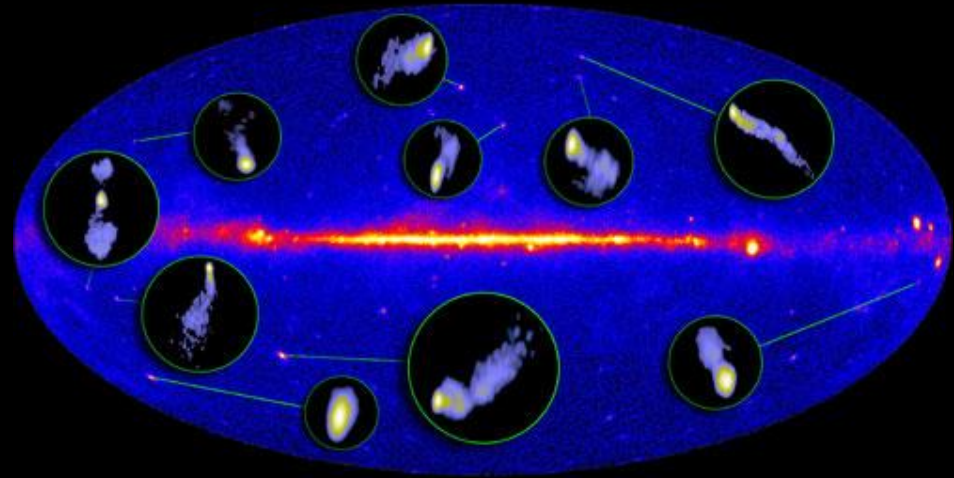
$v=0$

$v=c$

M87 with HST

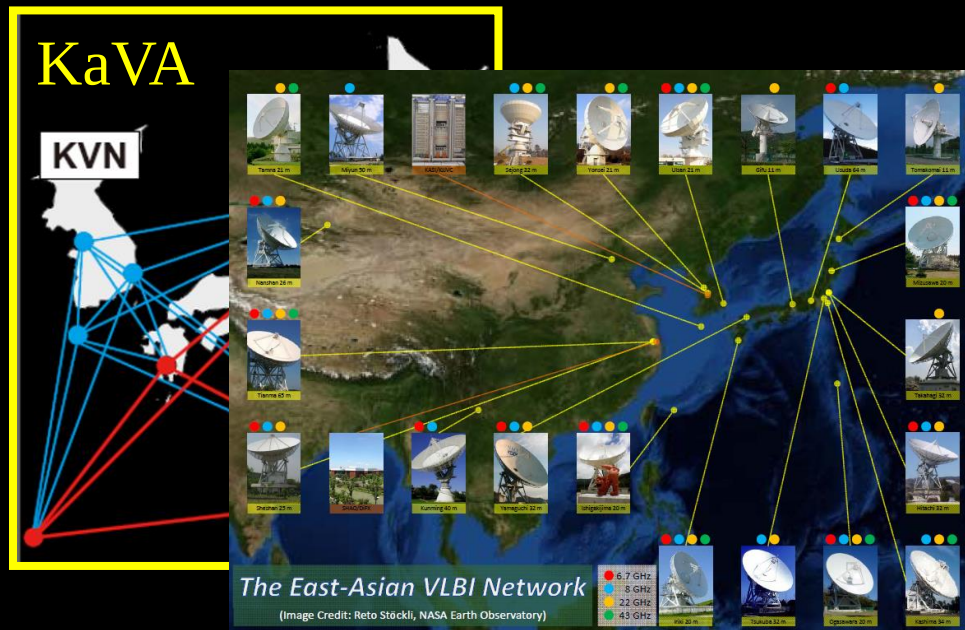
ガンマ線放射ブレーザー

- 多数のガンマ線ブレーザーがVLBIでイメージング可能
- CTA時代の多波長観測の良いターゲット



将来展望

- より広範な国際協力の時代



KaVA→東アジアVLBI
日中韓台、タイ、その他



SKA: 欧州+南アを中心にした
国際協力(アフリカに建設)
+VLBIも

国際協力でより良い装置と成果を！

From VLBI to SKA

	VERA	KaVA	EAVN	EAVN+ QTT110 m	Global VLBI (EA/Eu/ US)	SKA-1 (mid)	SKA-2 (mid)
運用 開始年	2004	2014	2018?	2022?	?	2023?	2028??
最長基線 (km)	2300	2300	5000	5000	10000	150	3000
集光面積 (m ²)	1250	2300	15000	23000	70000	32600	440000

VERA/KaVA/EAVN → SKA (+global VLBI)

Science cases

- Galactic structure
- AGNs
- Maser

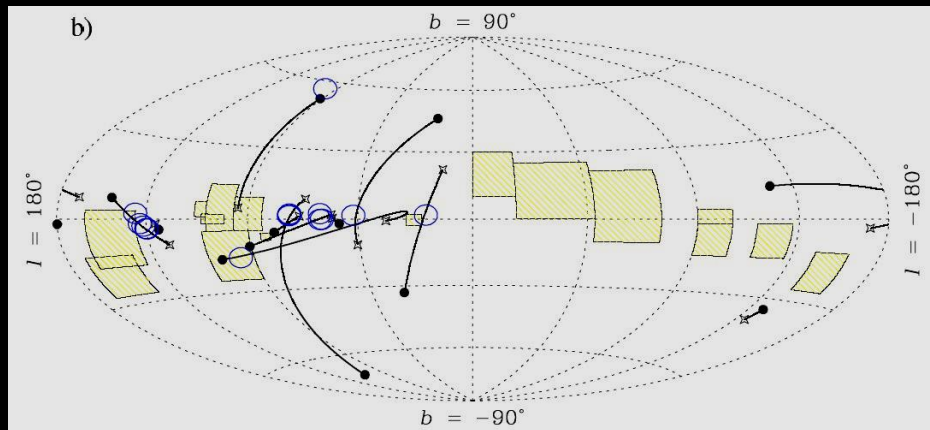
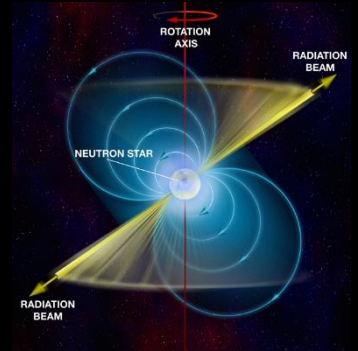
+

- Pulsars
- Radio transients
- SETI (!?)

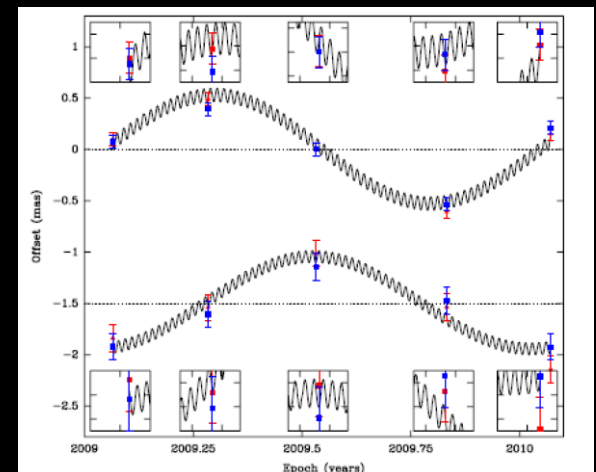
and hopefully more

Pulsars and BH Binaries

- Distance
critical to physics (Eq. of states, GR etc.)
- Proper motion
high kick velocity for pulsar, small kick for BHs



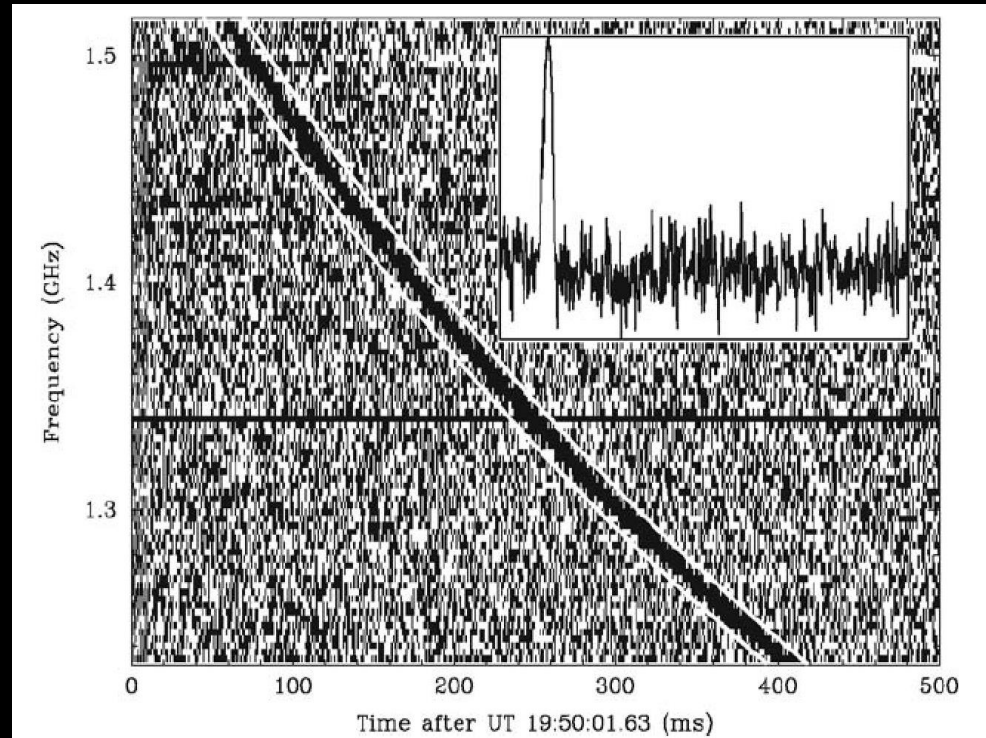
Chatterjee+(2009)



Cyg X-1 by Reid+(2011)

突発天体の例：FRB

- FRB (Fast Radio Burst):
millisec radio burst with large
DM (Dispersion Measure)
- Origin is still unknown
- Candidates vary from
cosmological source (e.g.,
mergers of compact sources)
to man-made artificial noise
(such as microwave oven)



The Lorimer Burst (Lorimer+ 2007)

LETTER

a

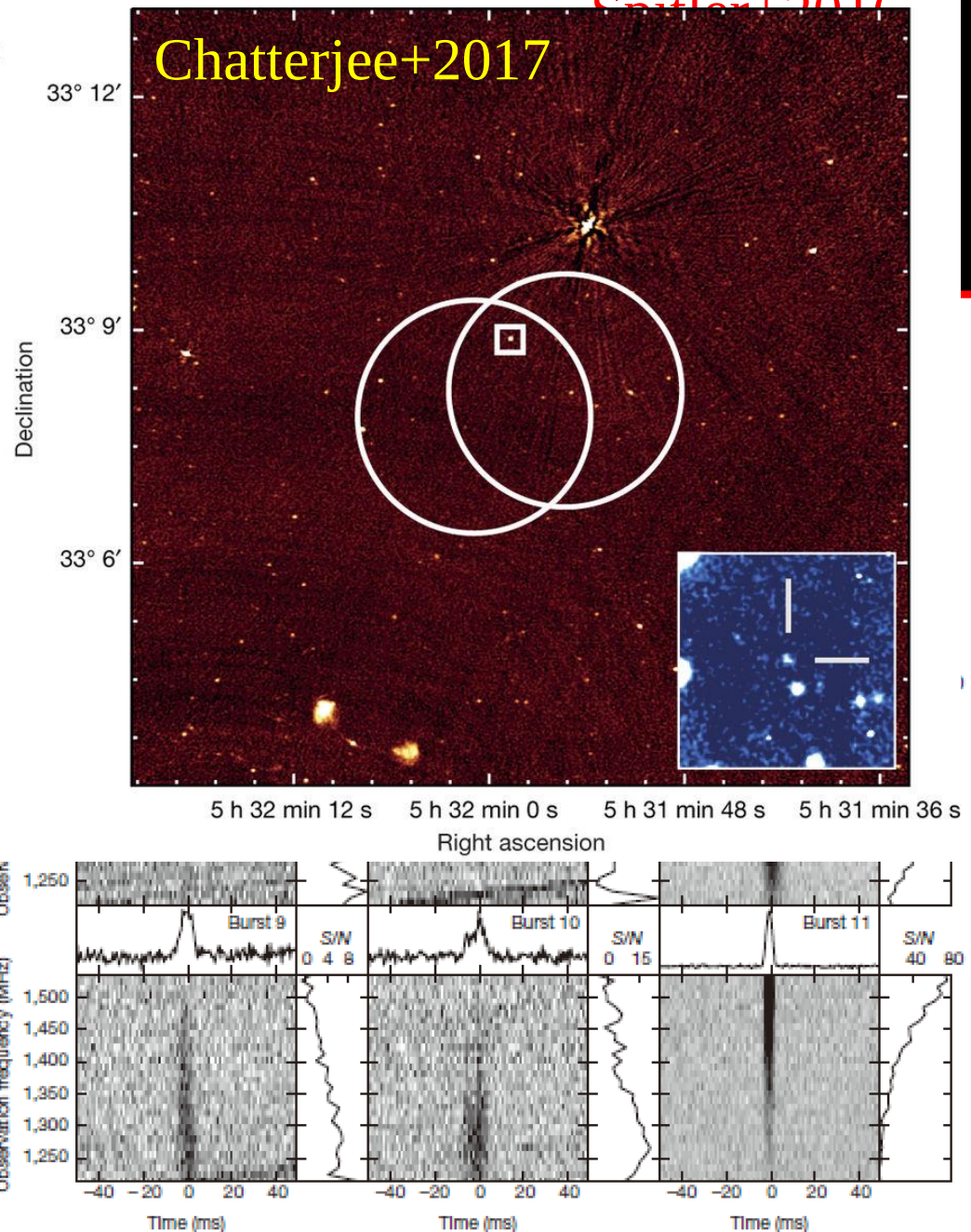
A repeating fast radio

L. G. Spitler¹, P. Scholz², J. W. T. Hessels^{3,4}, S. Bogdan⁵,
J. Deneva¹⁰, R. D. Ferdman², P. C. C. Freire¹, V. M. Kas⁶,
S. M. Ransom¹³, A. Seymour¹⁴, I. H. Stairs^{2,15}, B. W. S.

Repeating FRB !

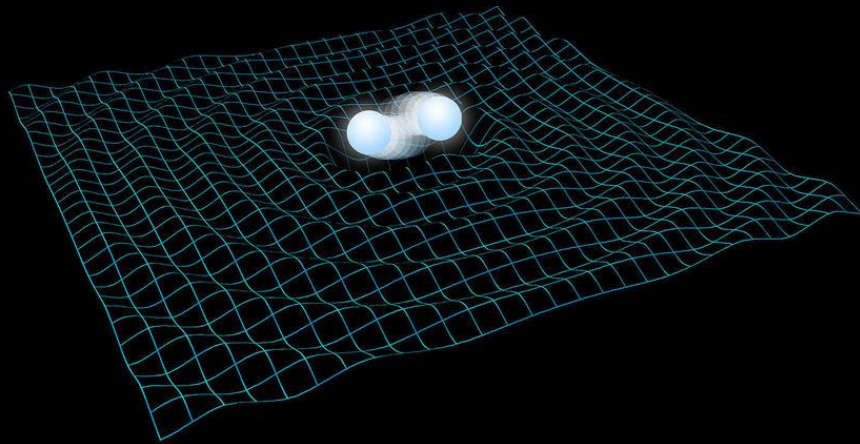
位置とホスト銀河の
観測に成功(星形成
矮小銀河)

FRB宇宙論へ



重力波天体のEM follow-up?

- NS-NSなどで電磁波放射の可能性も (?)



nature

International weekly journal of science

[Home](#) | [News & Comment](#) | [Research](#) | [Careers & Jobs](#) | [Current Issue](#) | [Archive](#) | [Audio & Video](#) | [For](#)

[News & Comment](#) > [News](#) > [2017](#) > [September](#) > [Article](#)

NATURE | EXPLAINER



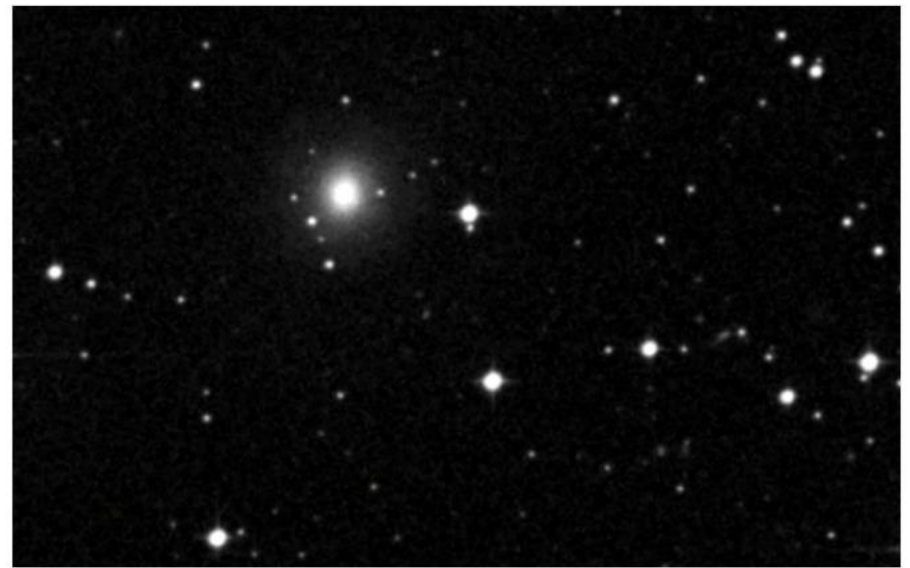
Rumours swell over new kind of gravitational-wave sighting

Gossip over potential detection of colliding neutron stars has astronomers in a tizzy.

[Davide Castelvecchi](#)

24 August 2017 | Updated: 25 August 2017, 25 August 2017

[Rights & Permissions](#)



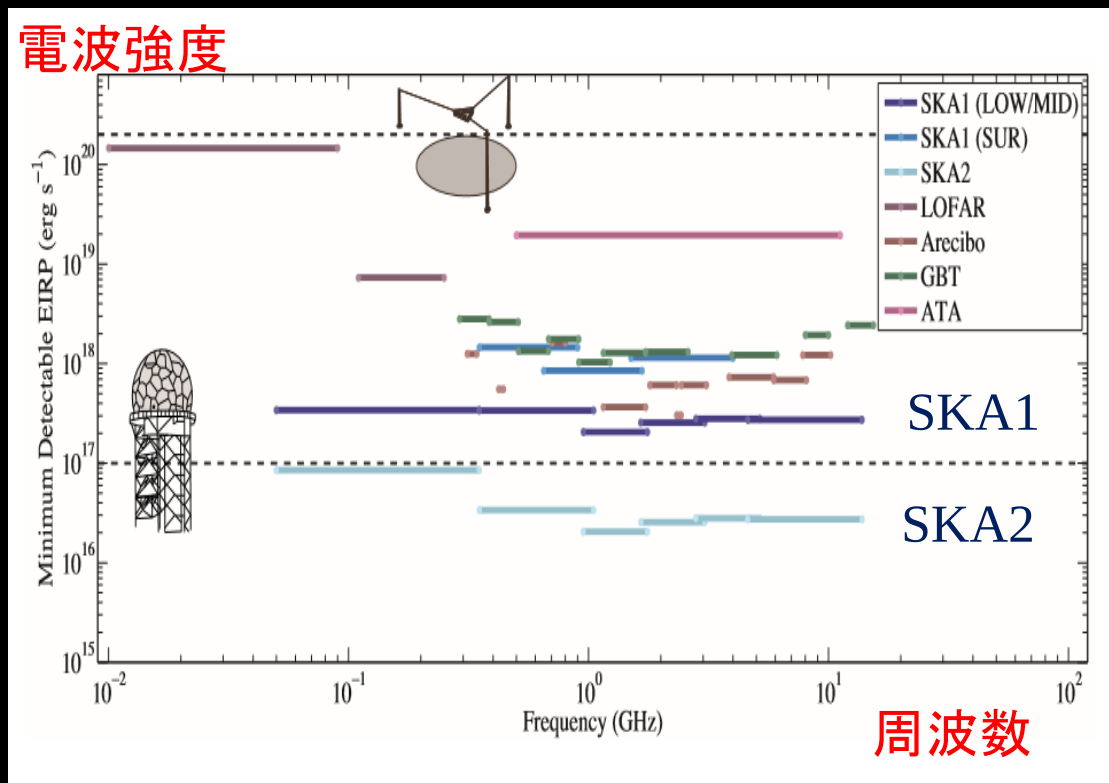
SETI ?

SKA1で近傍15 pc以内の人工電波が観測対象に

惑星間通信
空港レーダー
等

SETIにはVLBIが
最適

(混信防止、アストロメトリ)



今後の低周波電波観測の
進展にご注目ください