

重力波望遠鏡と那須電波望遠鏡を用いた 電波トランジェントの マルチメッセンジャー観測

端山和大、小山友明（国立天文台）

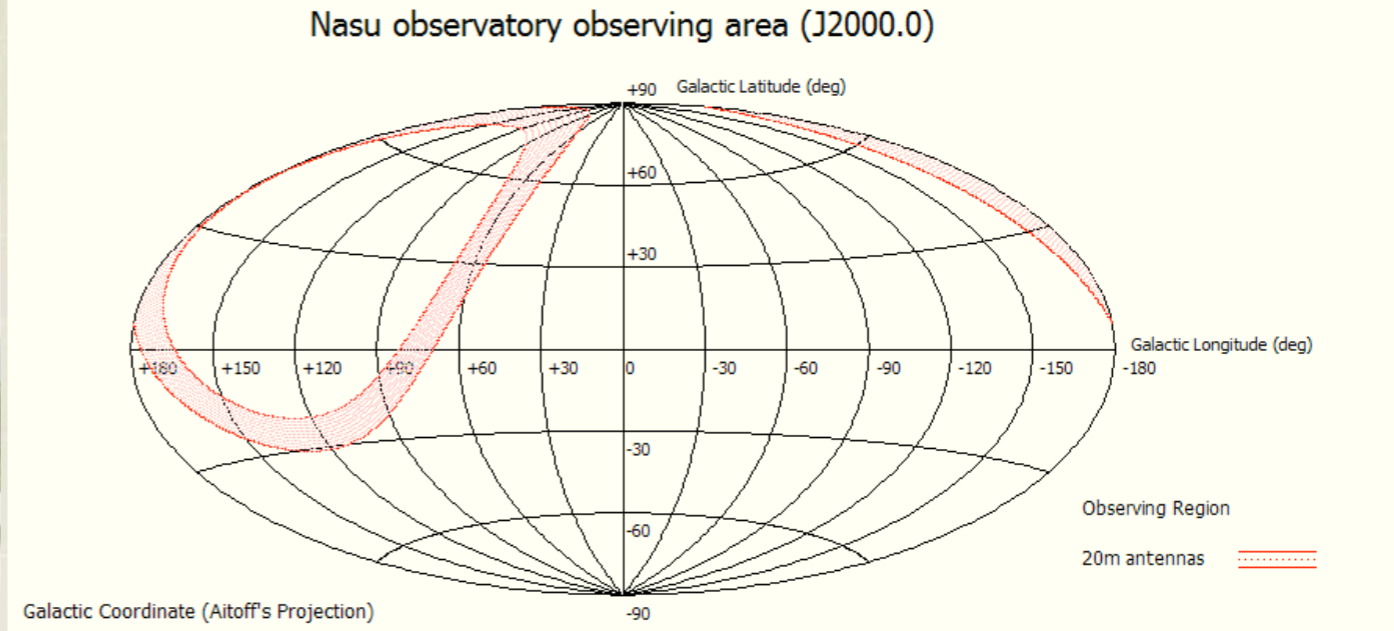
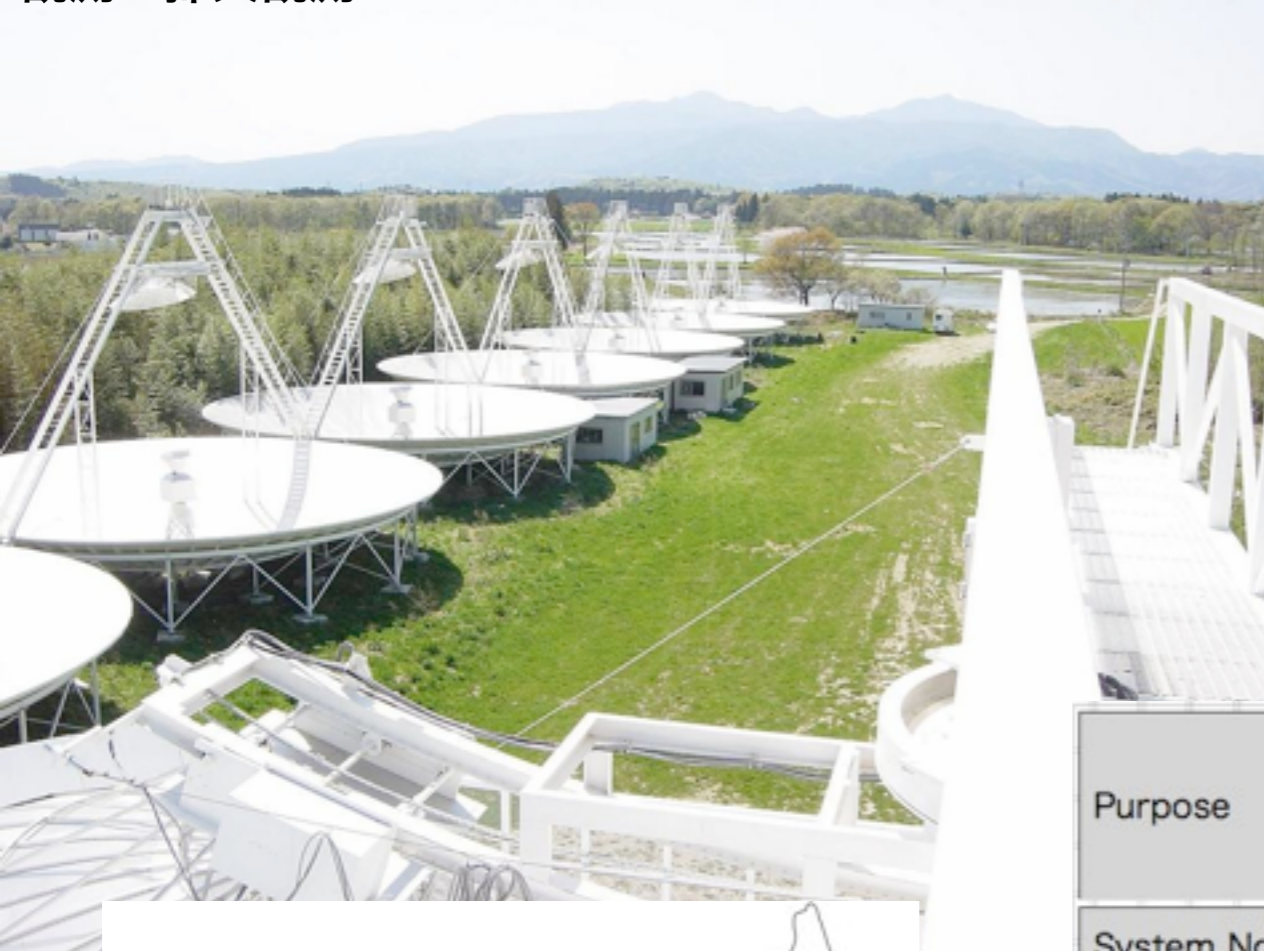
新沼浩太郎（山口大）

貴田寿美子、青木貴弘、大師堂経明（早稲田大）

- 早稲田大大師堂研の那須パルサー観測所で検出されている電波トランジェントの起源は、多くの努力にも関わらず、未だ謎である。
- 近年、重力波源候補の連星合体の電波アフターグローモデルが提案され、起源の可能性。
- 我々は重力波望遠鏡と、那須電波望遠鏡とを用いてマルチメッセンジャー観測を行い、電波トランジェントの起源の追求を開始した。

20m球面鏡8基4組の2素子相関型干渉計。30mI基。

観測：掃天観測



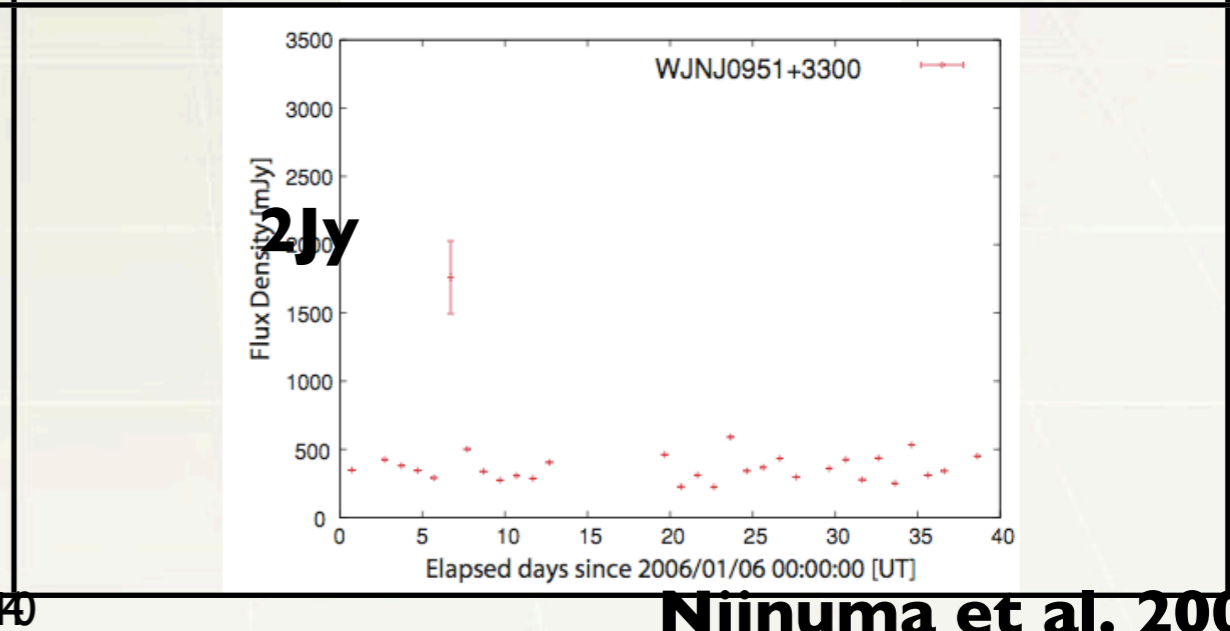
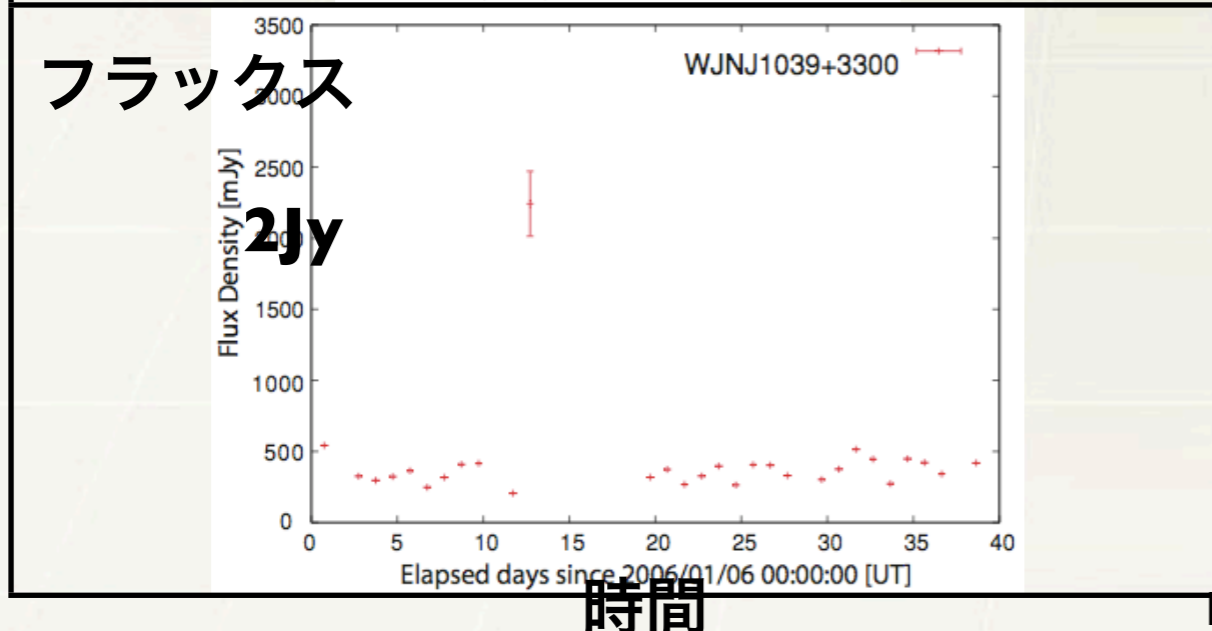
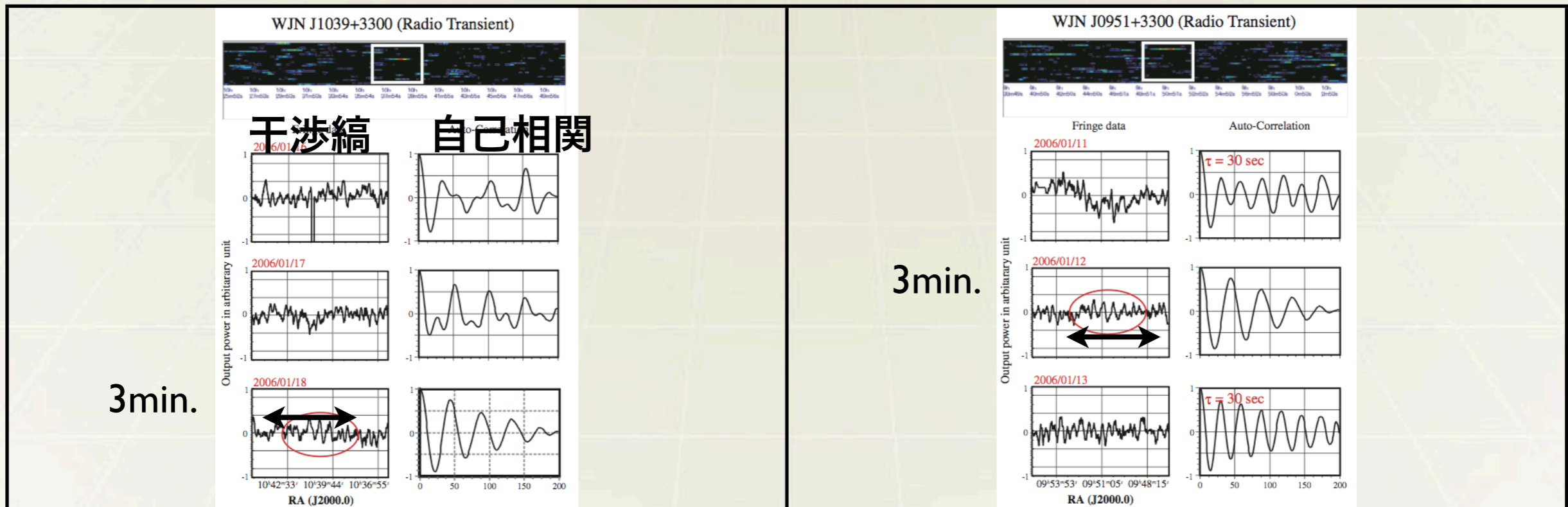
One can observe any direction within +/- 5deg from the zenith (Dec. +32deg ~ +42deg)

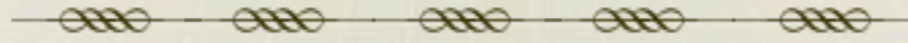
Purpose	Radio Interferometers for Wide Field Survey Eight 20 m diameter spherical dish antennas+ A 30 m diameter spherical dish antenna
System Noise Temperature	Approximately 80K
Observing frequency	1.42 GHz
Bandwidth	20 MHz
Site	Nasu-Shiobara, Tochigi prefecture
Target	Radio Transients, Radio counterparts of EGRET un-id sources, Pulsars
Sensitivity	<u>Several hundred mJy (1 sec integration)</u>

For RT I9870422-like events, Nasu reaches ~100Mpc



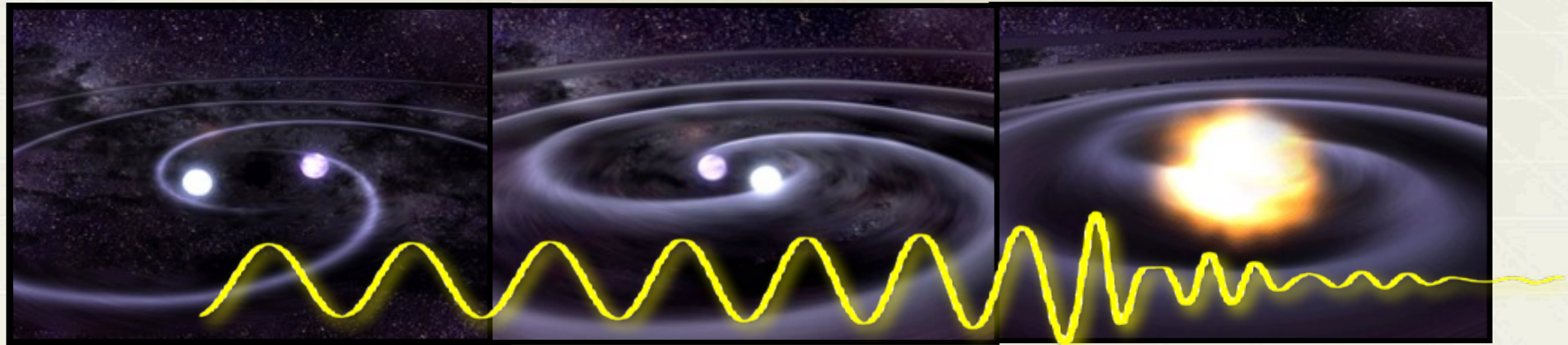
- 継続時間は4min-2days.
- フラックス密度は a few Jy





Name	δ (J2000.0)	b (J2000.0)	Flux Density	Detection Date	Paper
WJN J0200+4142	41°42'	~-19°	~2.7±0.5Jy	2005Feb10	Matsumura et al.(2009)
WJN J0202+4142	41°42'	~-19°	~4.1±0.9Jy	2006Dec24	
WJN J0205+4142	41°42'	~-19°	~4.3±0.6Jy	2006Dec26	
WJN J0445+4130	41°30'	~-3°	~1.8±0.2Jy	2005Jan10	Matsumura et al.(2007)
WJN J0645+3200	32°00'	~+13°	~1.2Jy	2005Mar24	Kida et al.(2008)
WJN J0951+3300	33°00'	~+51°	~1.8±0.3Jy	2006Jan12	Niinuma et al.(2009)
WJN J1039+3200	32°00'	~+61°	~1.7Jy	2005Mar 4	Kida et al.(2008)
WJN J1039+3300	33°00'	~+61°	~2.2±0.2Jy	2006Jan18	Niinuma et al.(2009)
WJN J1043+4130	41°30'	~+60°	~1.7±0.2Jy	2005Jan 2	Matsumura et al.(2007)
WJN J1443+3439	34°39'	~+65°	~1.5±0.3Jy ~3.0±0.3Jy	2005Feb13 2005Feb14	Niinuma et al.(2007)
WJN J1737+3808	38°08'	~+30°	~1.6±0.2Jy	2004May20	Kuniyoshi et al.(2007)

Matsumura (2011)



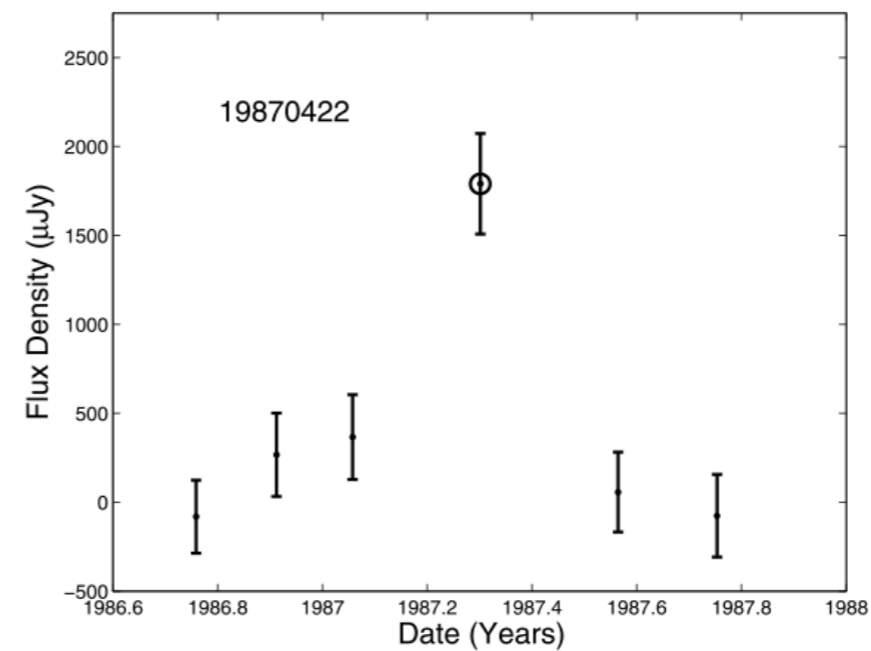
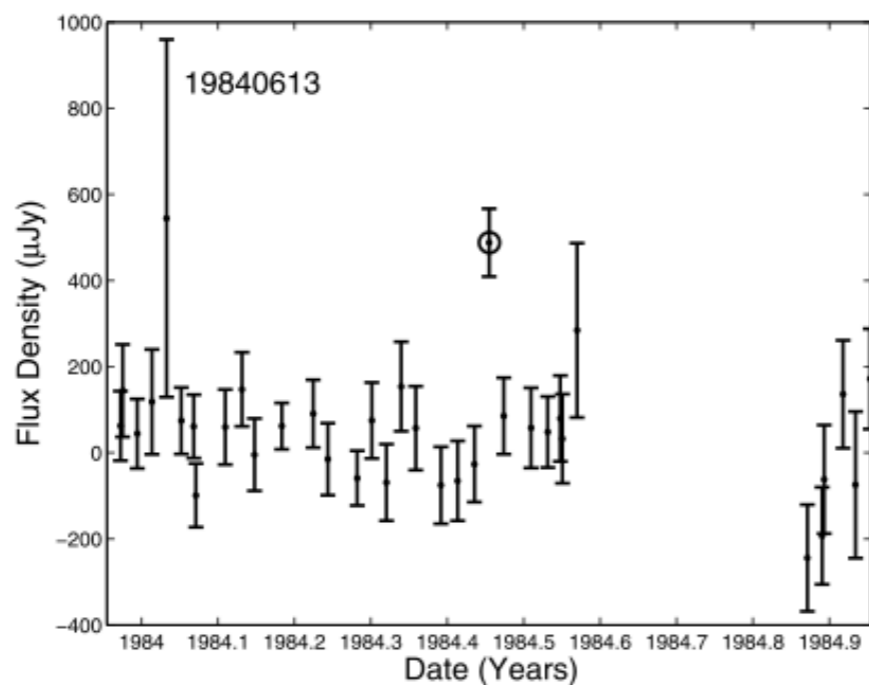
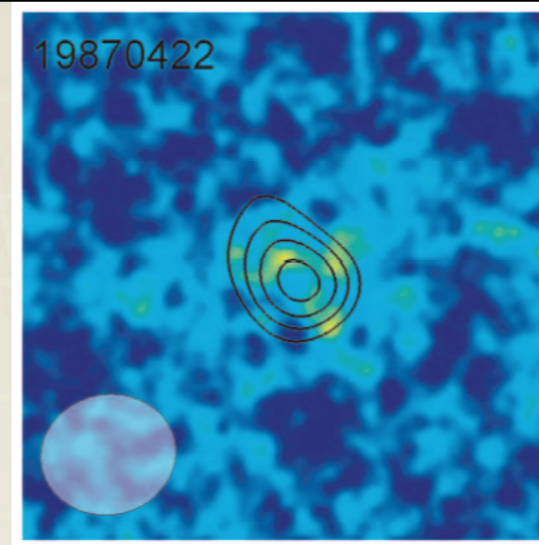
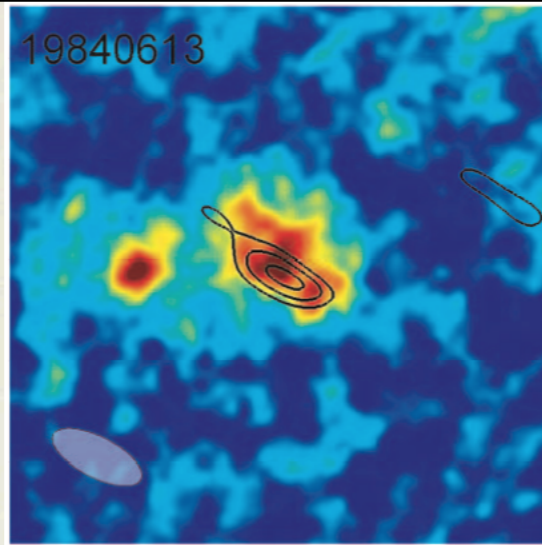
NASA

- 連星合体の際には、重力波の放出が起こる。銀河系内の電波連星パルサーの観測から、イベントレートがKAGRA世代で年に平均数イベントは検出されると見積もられていることや、合体直前までの波形が理論的に計算できることもあり、有力な重力波源と考えられている。
- 数値シミュレーションによると、連星合体で放出されるアウトフローと周辺のmatterとの干渉で、電波アフターグローが生じる。 E. Nakar, T. Piran, Nature 478, 82,2011
- 重力波と電波アフターグローの時間差はweeks~yearsで、継続時間はdays~weeks.
- 最適な観測周波数は1.4GHzで那須の望遠鏡の観測周波数と一致

あり得る候補電波トランジェント

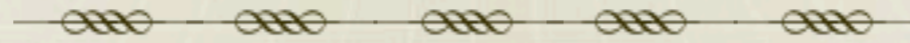
RT19840613

RT19870422



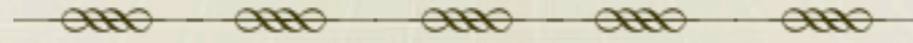
- o flux: 0.4-0.6mJy at 140Mpc
- o duration: < 7days
- o event rate: 6000-150000Gpc⁻³yr⁻¹
(consistent with estimated CBC rate ref:J.Abadie et al. (2010))

- o flux: 1.5-2.0mJy at 1.05Gpc
- o duration: ~2months
- o event rate: 80-20000Gpc⁻³yr⁻¹
(consistent with estimated CBC rate)

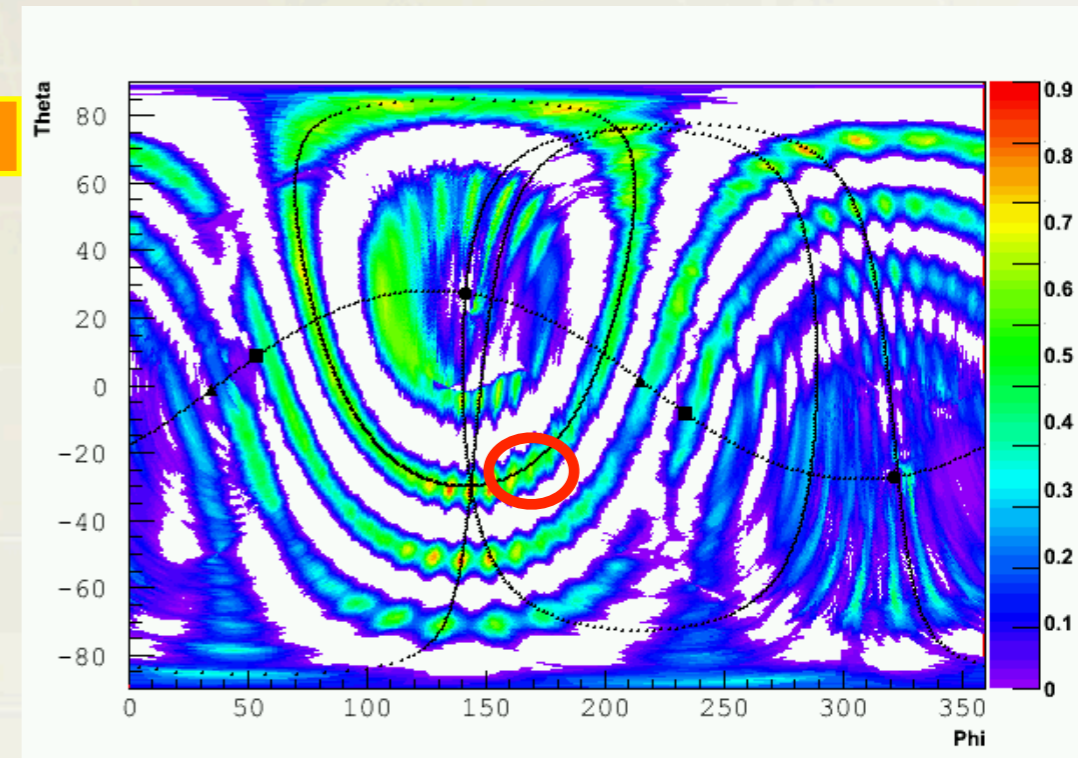
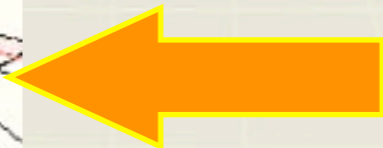
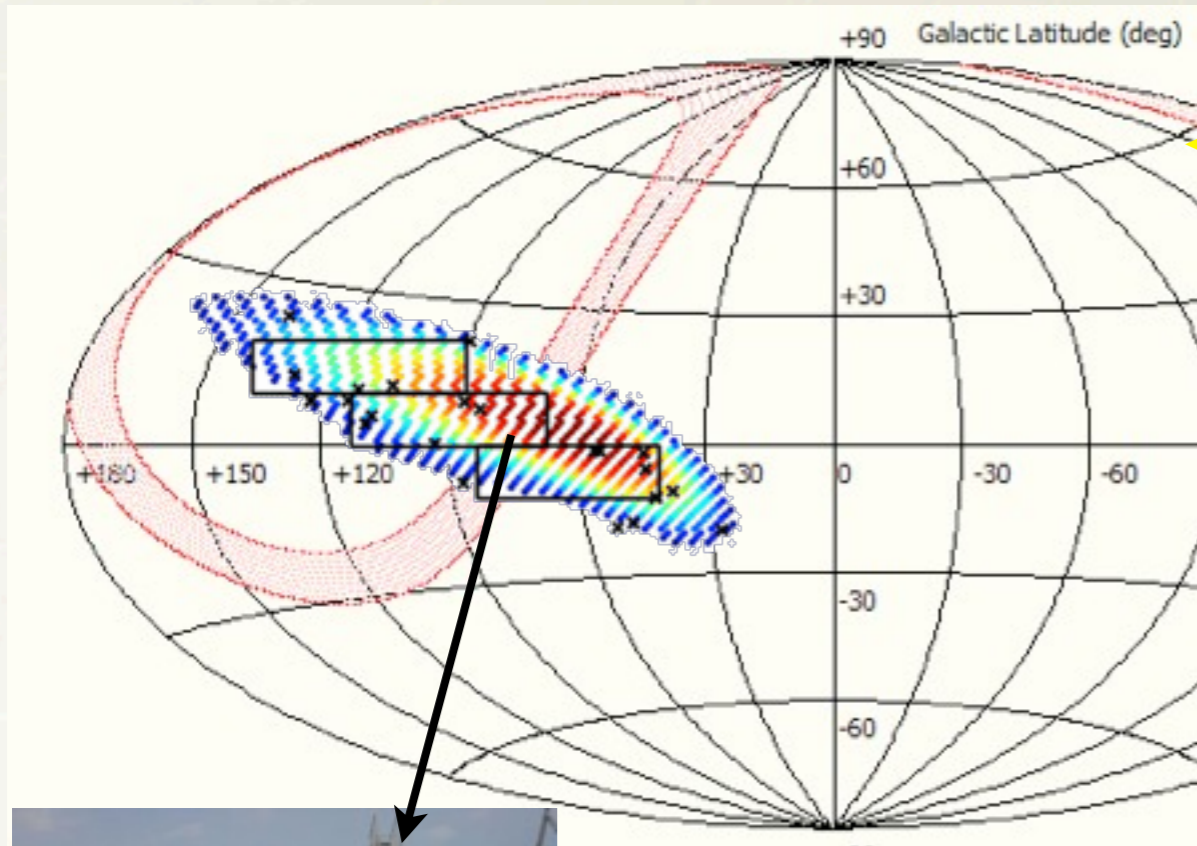


重力波マルチメッセンジャー観測

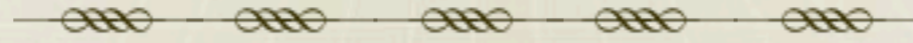
もしこれら電波トランジェントの起源が連星合体にからんでいる可能性が少しでもあるなら、
電波トランジェントからの情報と重力波観測からの情報を用いて
それを確かめてみる
とともに、重力波の初検出も狙おう。



- 重力波候補のフォローアップ観測：
重力波望遠鏡ネットワークでイベントの方向、時間等を推定
重力波アラートを元に望遠鏡がフォローアップ観測



重力波望遠鏡ネットワークによる重力波の推定到来方向



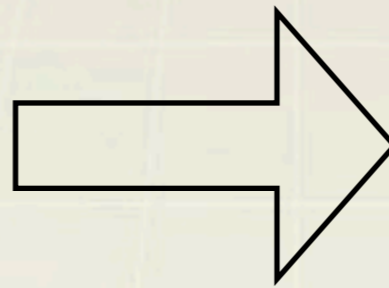
- 電磁波観測から得た電波トランジェントの時間、天球方向を元に、重力波の過去の観測データを解析

GW telescopes

NASU



Time, Location



Final FAP ~ $P \times P_T \times P_{space}$

トリガーサーチ

Off-source

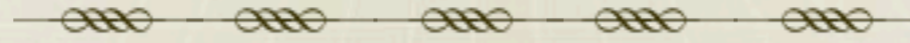
On-source

Off-source



10





Detectors in science mode around WJN events

Nasu-TAMA

WJN J 1737+3808

- TAMA was observation mode three months before.

Nasu-LIGO, Virgo

WJN J 1039+3300

- H1,H2 were in observation.

WJN J 0951+3300

- Part of H1,H2,L1 data were in observation.

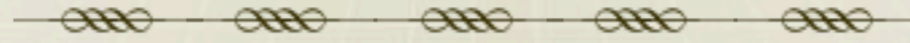
WJN J0205+4142

- H1,H2,L1 were in observation.

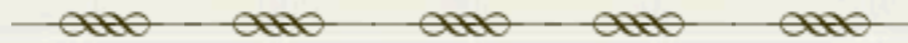
WJN J0202+4142

- H1,H2,L1 were in observation.

いくつかのイベントに関してプレリミナリーな解析結果が出てきている。



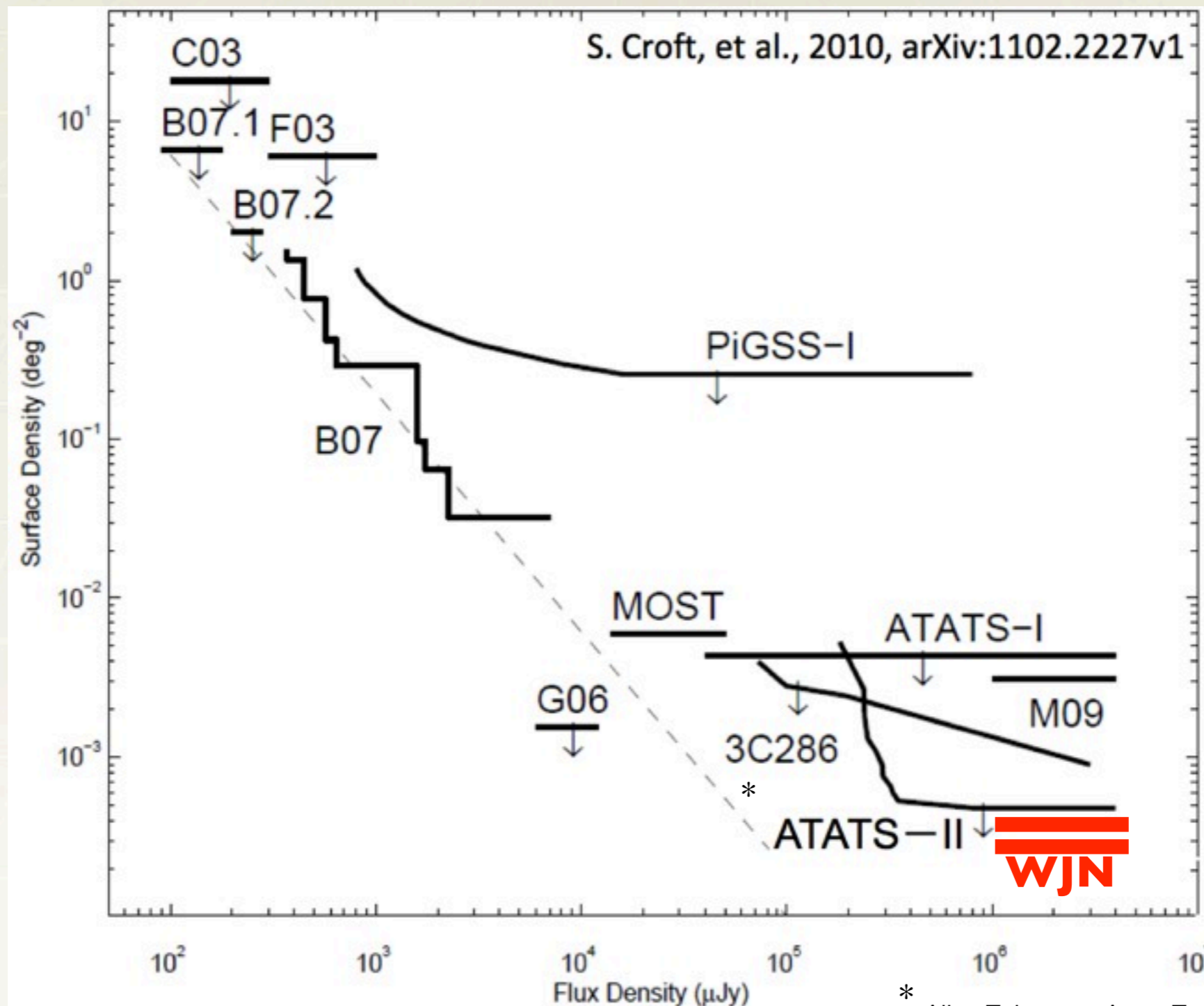
- 那須にある大師堂研の電波望遠鏡が観測開始以来いくつものWJNトランジェントを検出(Aoki, Kida, Matsumura, Niinuma, ...)。その起源は不明で、我々はその解明にトライしている。
- WJNトランジェントは重要重力波源である連星合体からの電波アフターグローかもしれない。
- 我々はそれを確かめるため、過去のデータを用いた重力波望遠鏡と那須電波望遠鏡のジョイント探査を開始した。（観測時期が重なるイベントを5つ発見した。）
- この探査は日本の電波望遠鏡と日本を含む世界の重力波望遠鏡との初めての重力波マルチメッセンジャー観測である。
- 興味がある人の参加を大いに歓迎します



Bonus slides

Source density

- For now The surface density of the WJN transients was calculated using subset of observation data for some reason. The density should be lower if we use all observation data.



* Allen Telescope Array Twenty-centimeter Survey

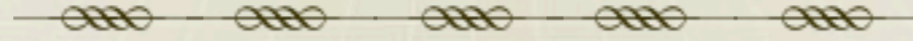


Table 4. Properties and detection horizons (neglecting cosmological corrections) of the sub-relativistic dynamically ejected outflow from $1.4-1.4 m_{\odot} \text{ ns}^2$ and $1.4-10 m_{\odot} \text{ nsbh}$ mergers with different radio facilities.

Radio Facility	Obs Freq. (GHz)	Field of view (deg ²)	1 hr rms μJy	ns^2 1 hr horizon [†] $n = 1\text{cm}^{-3}$	ns^2 10 hr horizon ^{††} $n = 0.1\text{cm}^{-3}$	nsbh 1 hr horizon [†] $n = 1\text{cm}^{-3}$	nsbh 10 hr horizon ^{††} $n = 0.1\text{cm}^{-3}$
EVLA ^a	1.4	0.25	7	360 Mpc	200Mpc	1.8 Gpc	1.4 Gpc
ASKAP ^b	1.4	30	30	170 Mpc	100 Mpc	850Mpc	700 Mpc
MeerKAT ^c	1.4	1.5	35	160 Mpc	90 Mpc	800 Mpc	650 Mpc
Apertif ^d	1.4	8	50	135 Mpc	75 Mpc	670 Mpc	550 Mpc
LOFAR ^e	0.15	20	1000	70 Mpc	40 Mpc	300Mpc	250 Mpc

Multi-wavelength emission from CBC

