

Fast Radio Burstの

対応天体探査

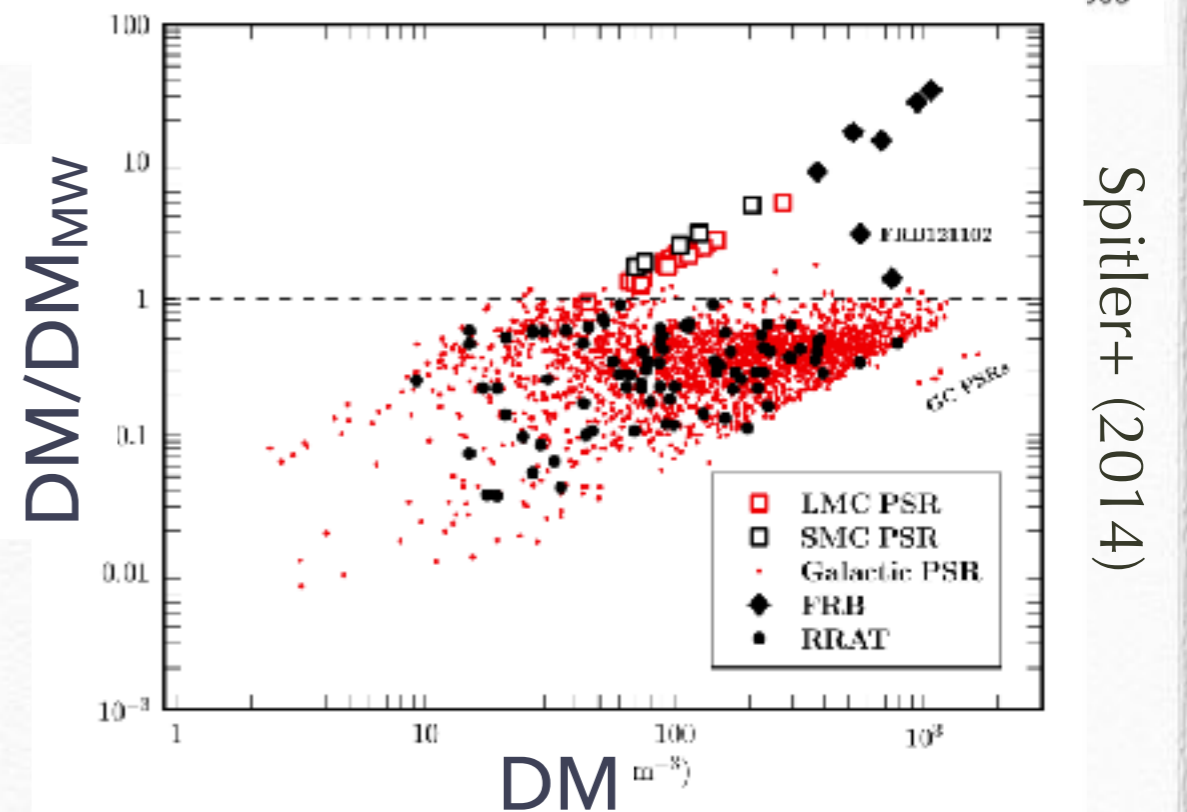
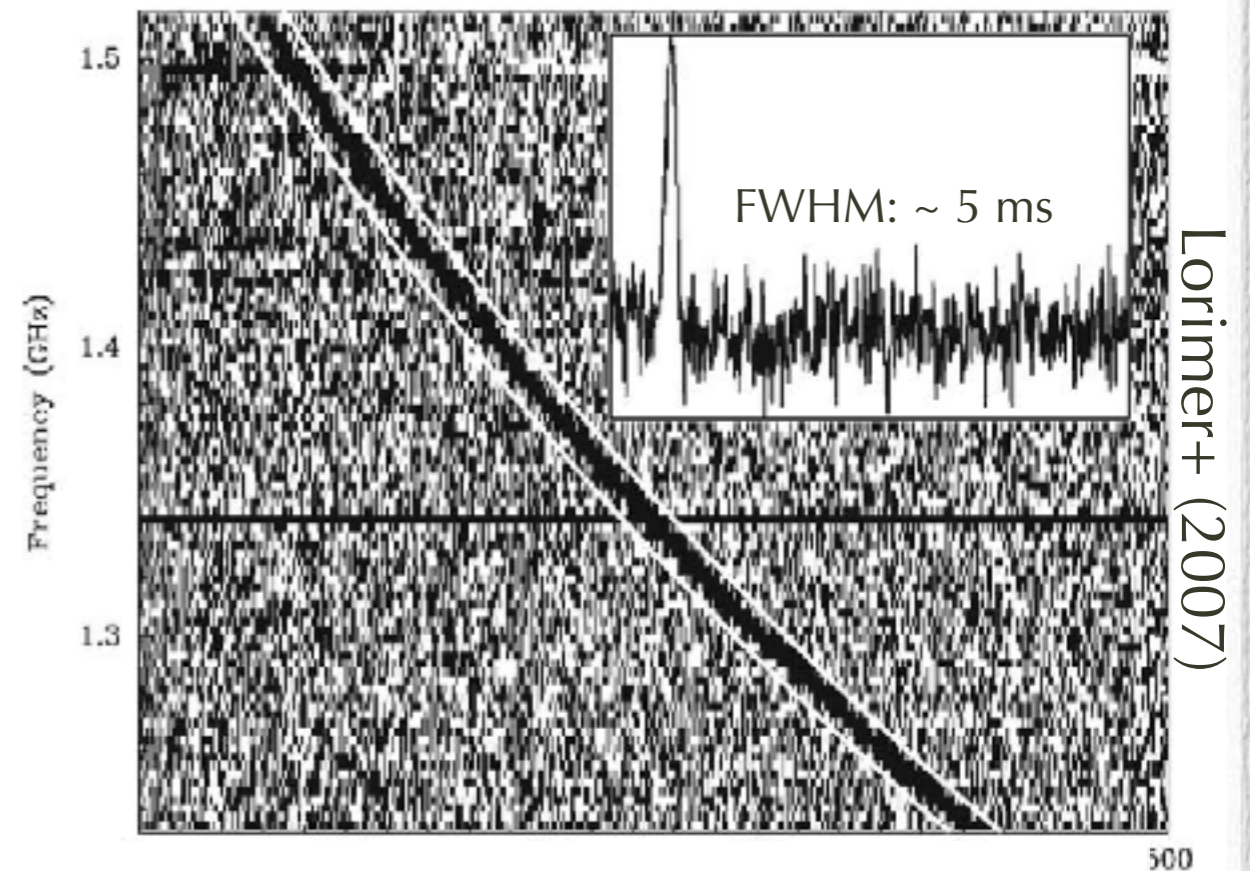
新納 悠 (国立天文台)

2018年7月11日

木曾シュミットシンポ2018

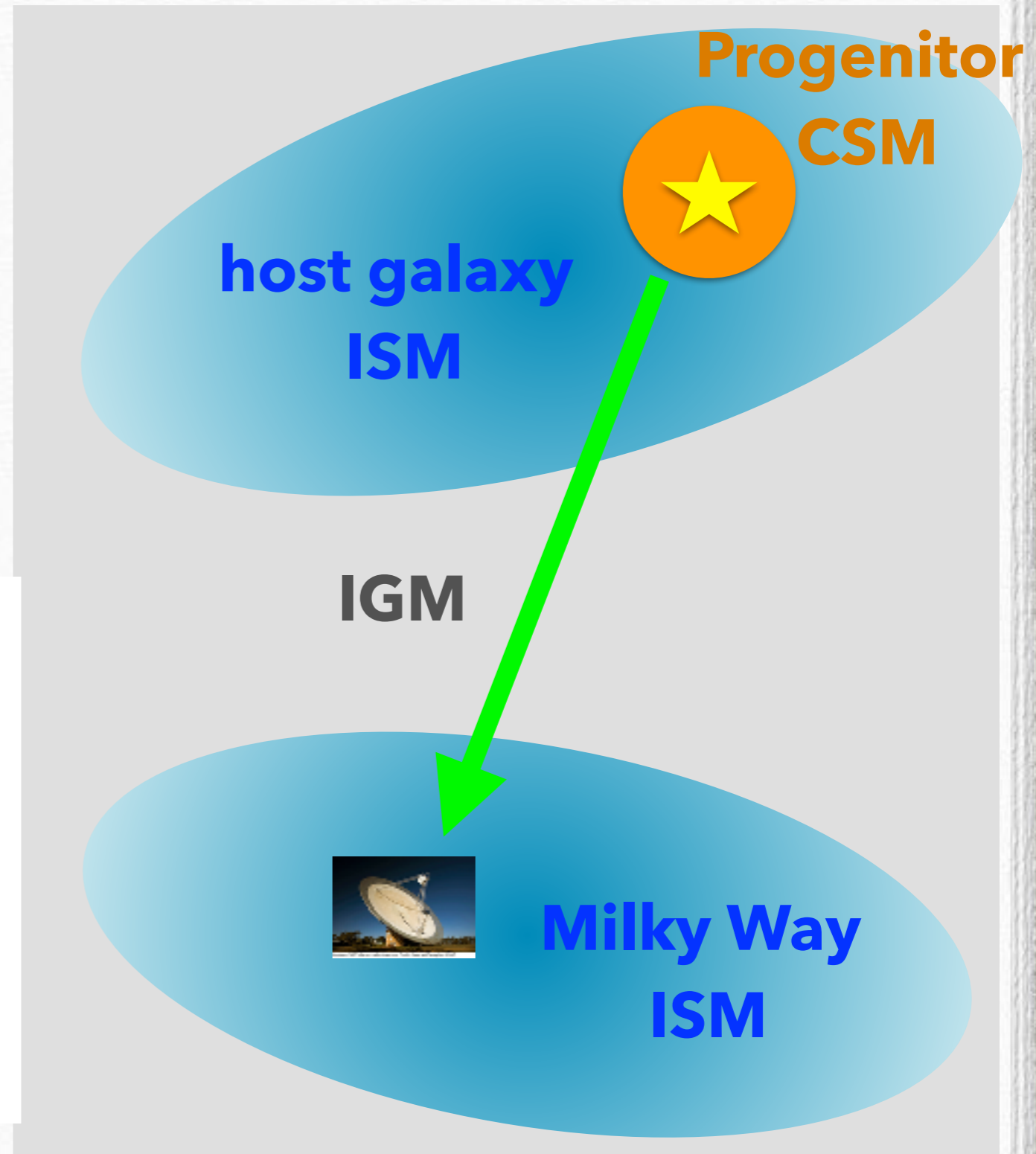
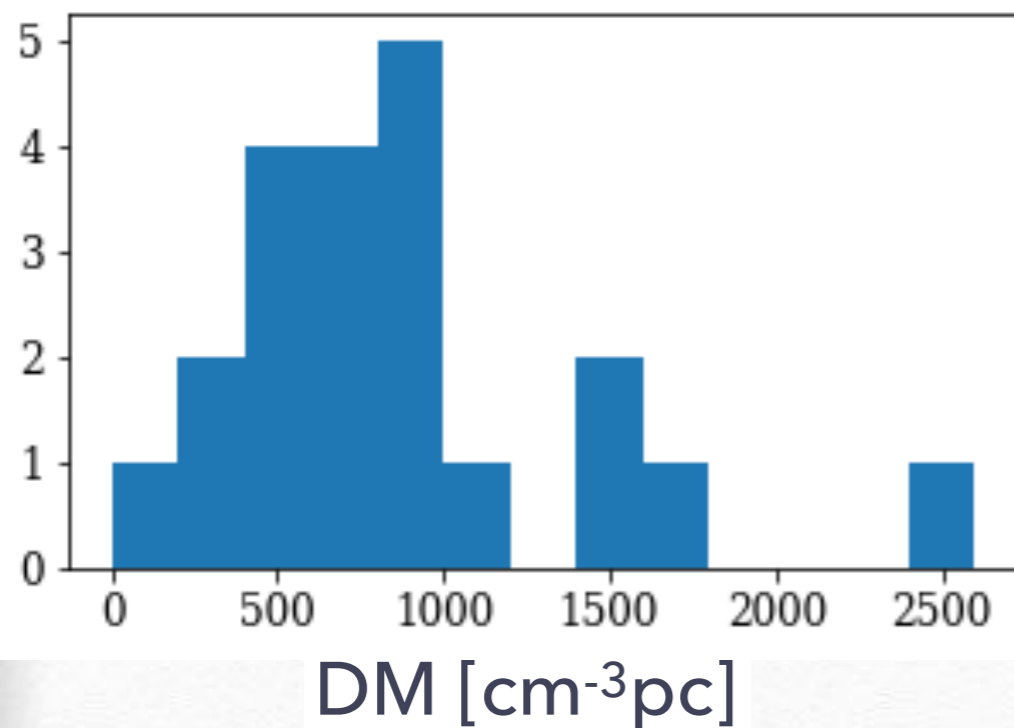
Fast Radio Burst (FRB) とは？

- ❖ 数ミリ秒の電波突発現象
 - ❖ 2007年に初めて発見
- ❖ dispersion measure 大
 - ❖ DM、自由電子柱密度
 - ❖ 数100-2000 [cm^{-3}pc]
 - ❖ > 天の川成分
 - ❖ 銀河系外起源？
 - ❖ 銀河間物質由来なら赤方偏移 $\lesssim 2$
- ❖ これまでに約30イベント



DMと距離

- ❖ DM from the IGM
 - ❖ $\sim 1000 \times z$ [cm^{-3}pc]
- ❖ FRB DM がすべてIGM由来とは限らない
- ❖ DMから推定される距離は上限値



FRBの観測的諸性質

❖ 発生頻度：several $\times 1000 \text{ sky}^{-1} \text{ day}^{-1}$

❖ 高銀緯で低銀緯より多い？

❖ Fluence：order of $\sim \text{Jy ms}$

❖ 個別には下限値のみ

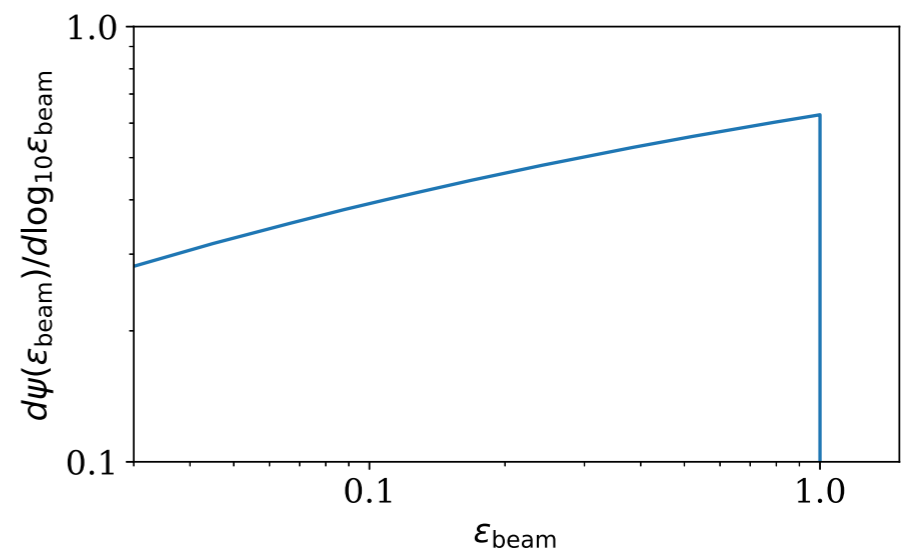
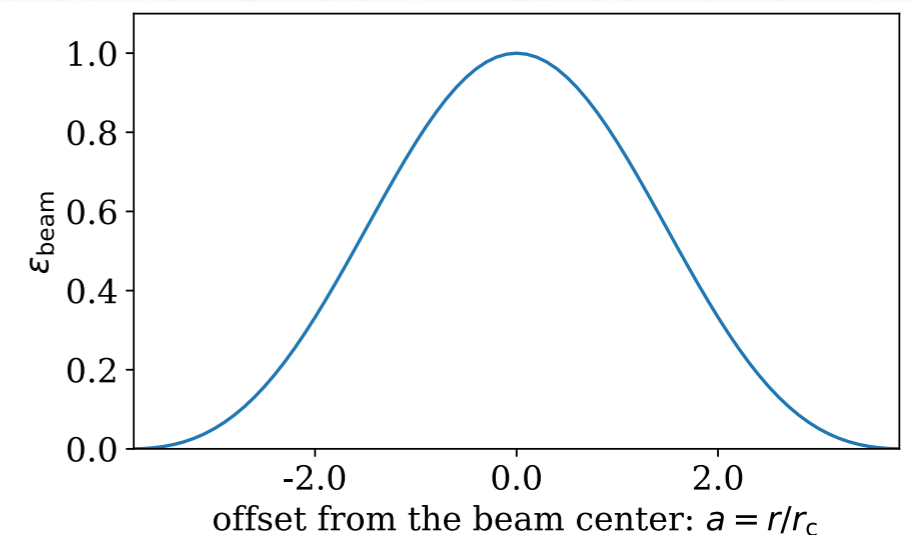
❖ DMでの距離推定通りなら

❖ rate density at $z < 1$:

❖ $\sim 10^4 \text{ yr}^{-1} \text{ Gpc}^{-3}$

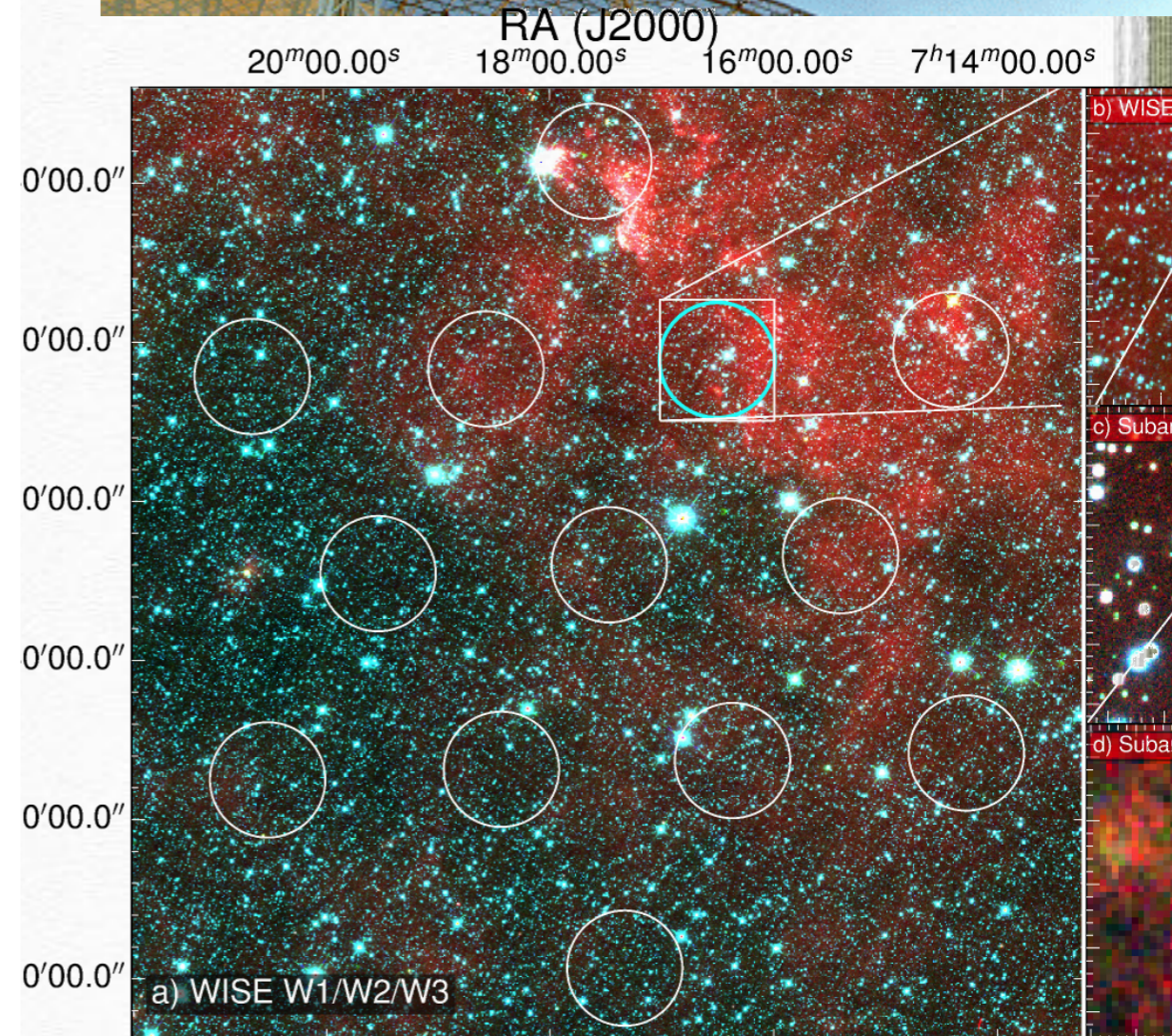
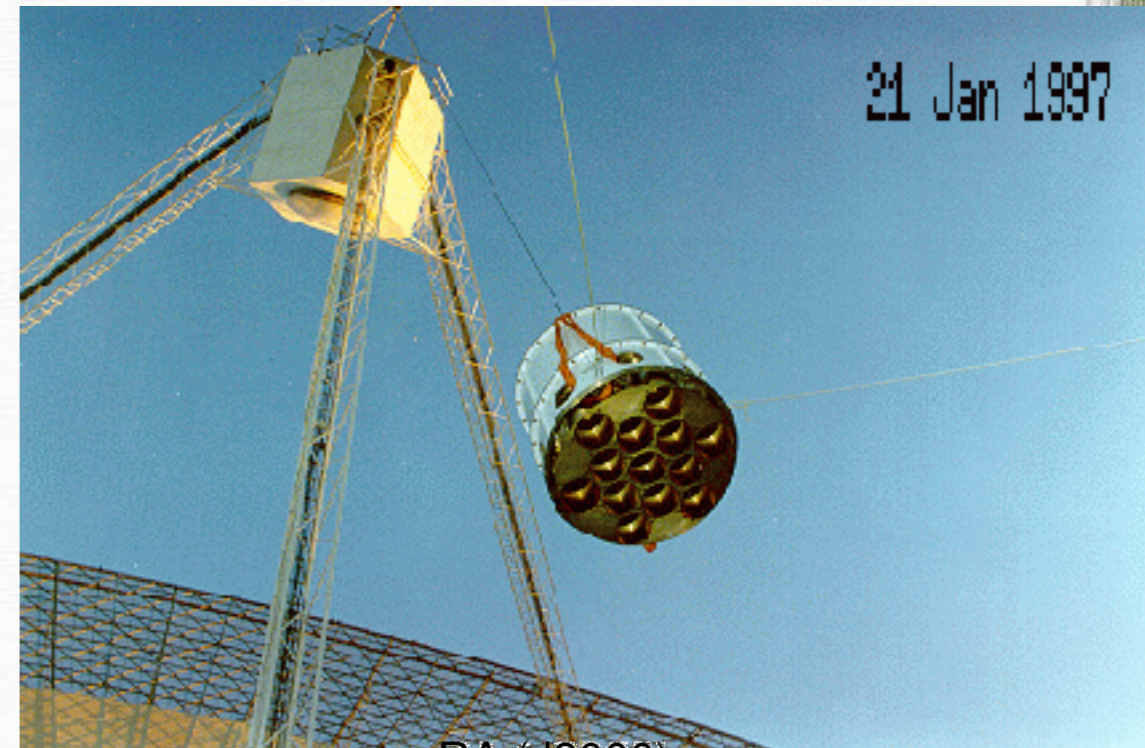
❖ エネルギー： $\sim 10^{40} \text{ erg}$

検出器の典型的
感度プロファイル



FRB位置・距離

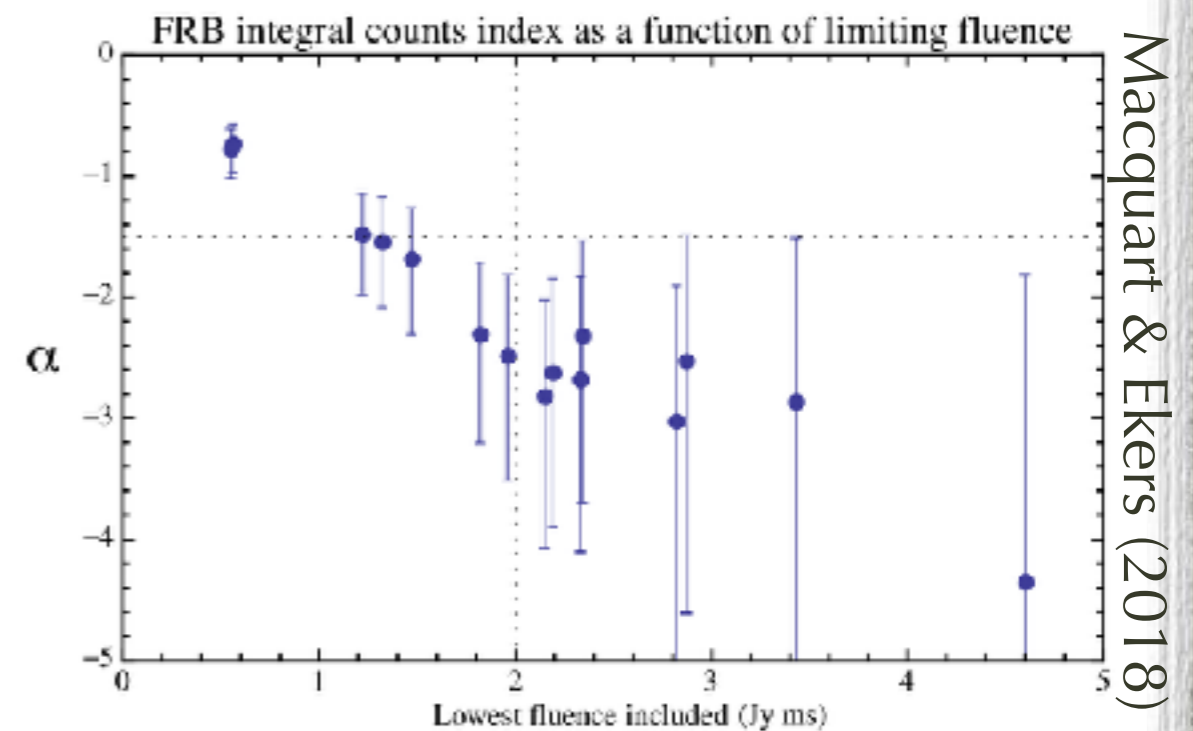
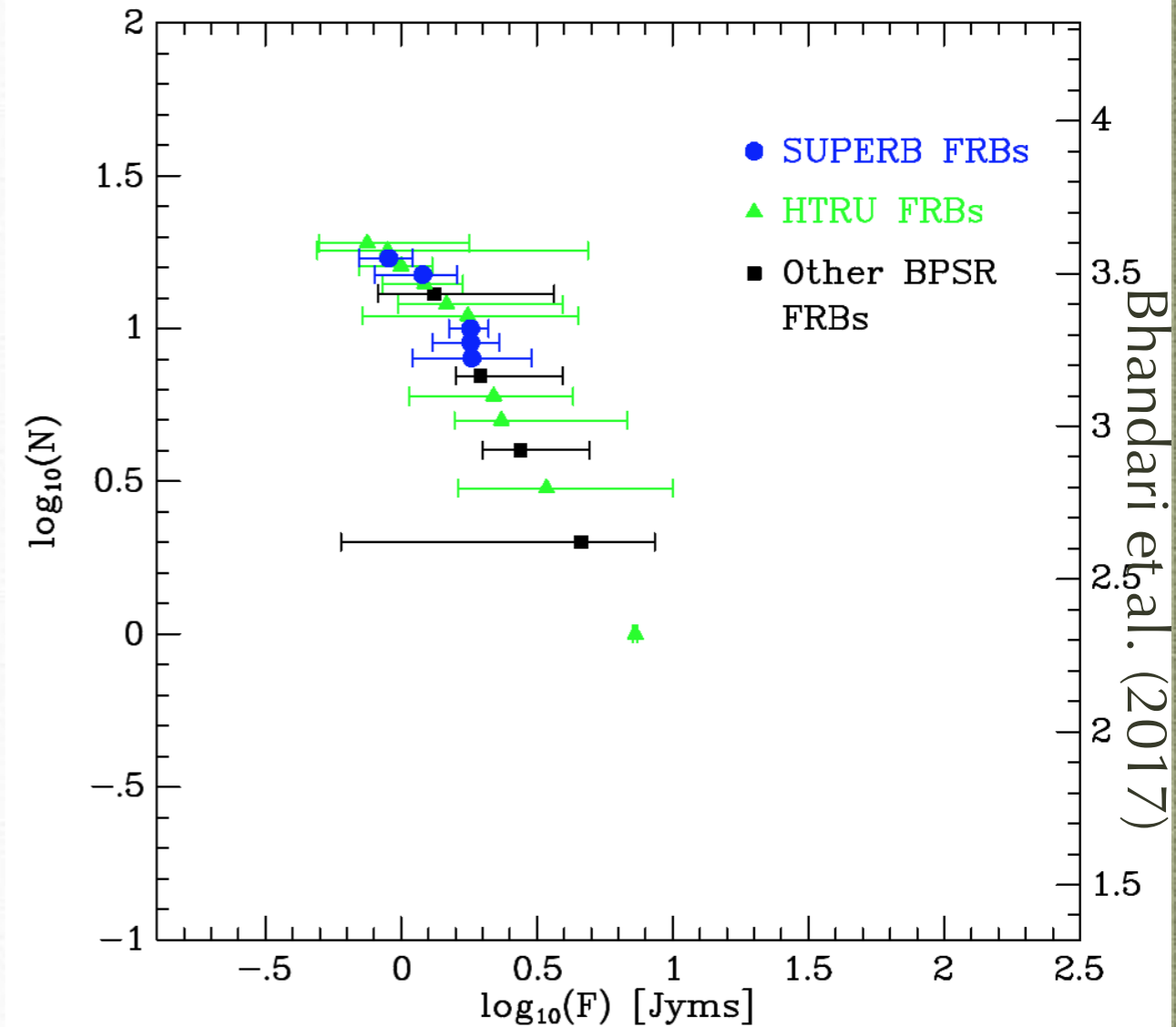
- ❖ 電波望遠鏡のビームサイズ：約 10 arcmin
- ❖ 母銀河の決定は困難
- ❖ 他波長での対応天体の発見が望まれる
- ❖ real time alertが実現し多波長で探査が行われている
- ❖ 確実なものは未発見



Keane et al. (2016)

LogN-LogS

- ❖ The power-law slope = -1.5 in the Euclidean space (e.g., local universe).
- ❖ Cosmological effects modify the slope.
- ❖ The fluence distribution is flatter than the Euclidean (Vedantham et al.2016).
- ❖ affected by the incompleteness
 - ❖ steeper in the bright-end
 - ❖ completeness limit ~ 2 [Jy ms]
 - ❖ $\sim 50\%$ of the sample
- ❖ The S/N distribution agrees with the Euclidean.



logN-logS モデル

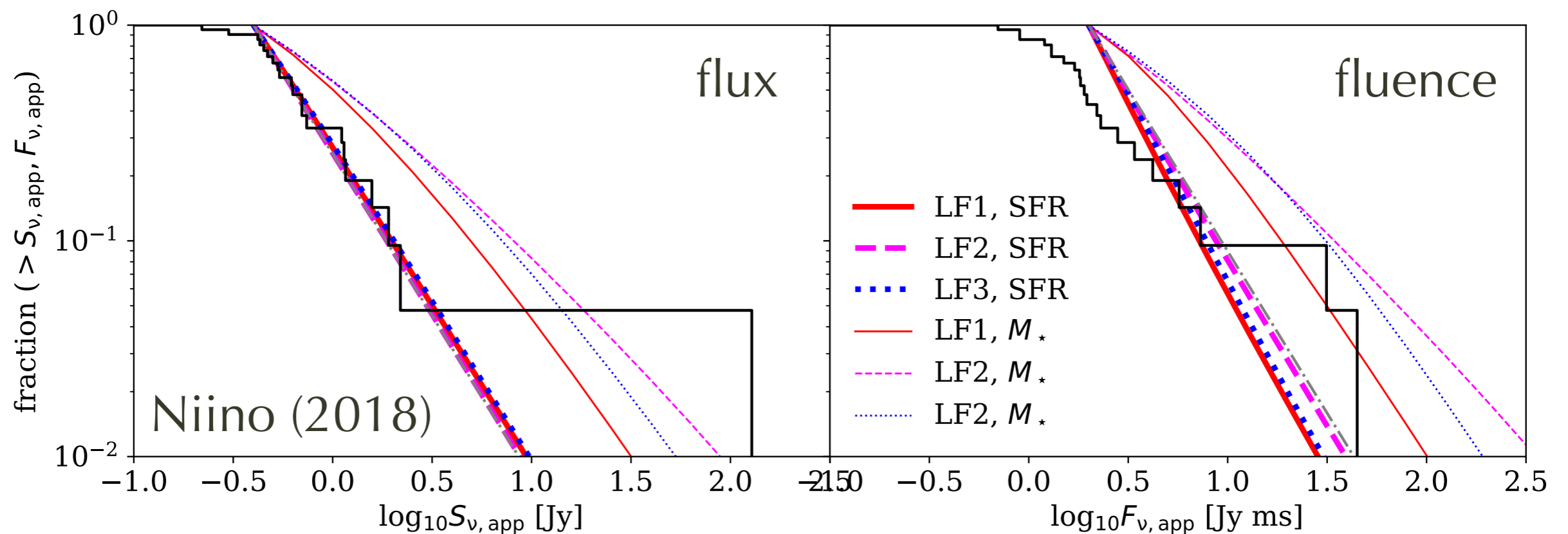
◆ 宇宙論的距離 ($\log L_{\nu,0}$ [erg s⁻¹ Hz⁻¹] ~ 34)

◆ DMはIGM dominant

◆ $\rho_{\text{FRB}} \propto \text{SFR}$

◆ ならばfluxとfluenceのlogN-logSを同時に説明可能

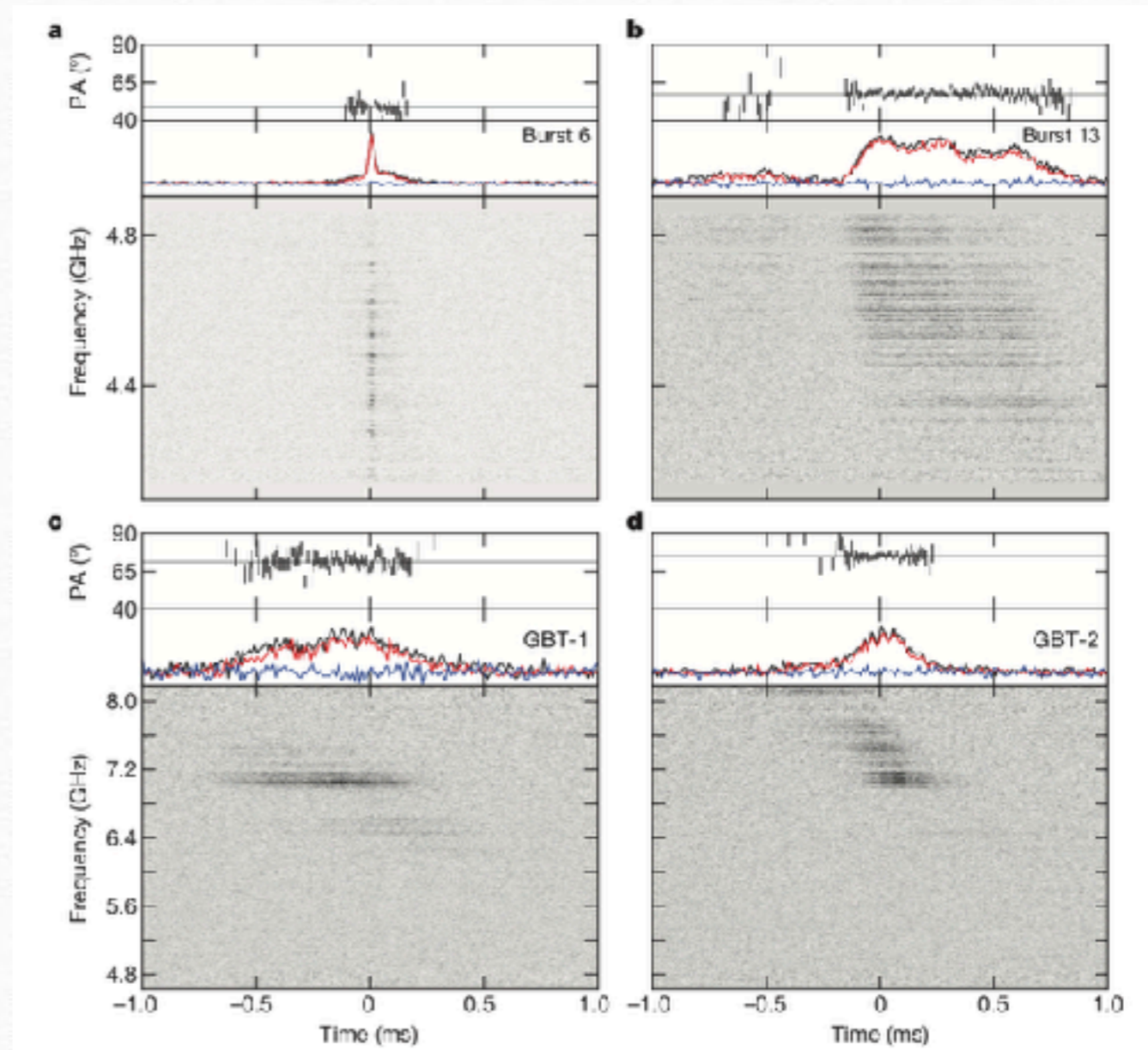
◆ 検出器ビーム内の感度variation込み



FRBの位置決定

FRB 121102

- ❖ 2014年にAreciboのデータから発見
- ❖ 繰り返すFRB
 - ❖ これまでに同じ方向・DMのバーストを数十回検出
 - ❖ フラックス・スペクトルは異なる
 - ❖ 周期性は見られない
 - ❖ 100%直線偏光
- ❖ rotation measure $\sim 10^5$ rad m⁻²

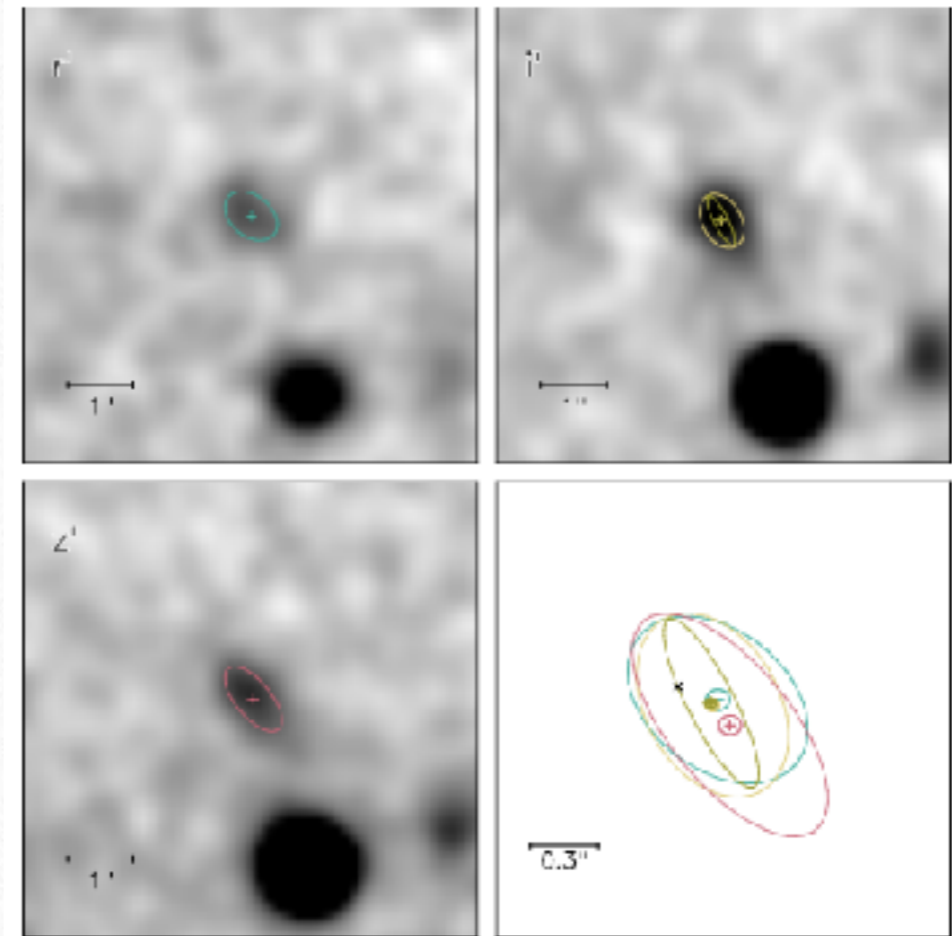


Michilli+ (2018)

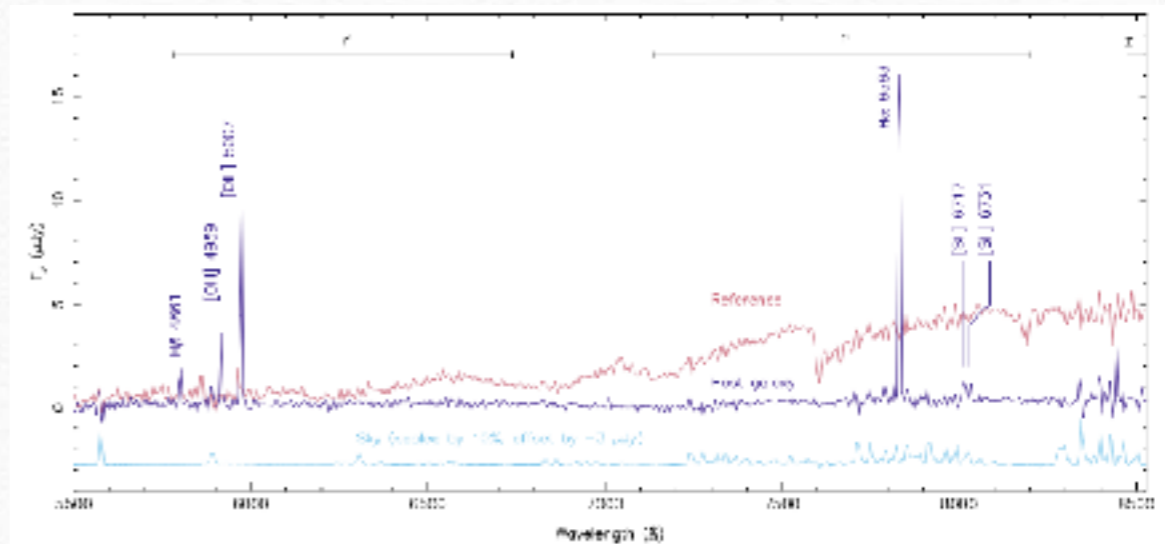
FRB 121102

- ❖ 繰り返しの観測により位置決定
 - ❖ 干渉計 (VLA) で ~ 0.1 arcsec
- ❖ 母銀河の同定 (Chatterjee+ 2017)
 - ❖ dwarf galaxy @ $z=0.19$
 - ❖ long GRBやSLSNの母銀河に類似
 - ❖ persistent radio source有り
 - ❖ FRBの起源か?
 - ❖ low-luminosity AGN? young SNR?

他のFRBに繰り返しは見られない
→別種族の現象?



Tendulkar+ (2017)



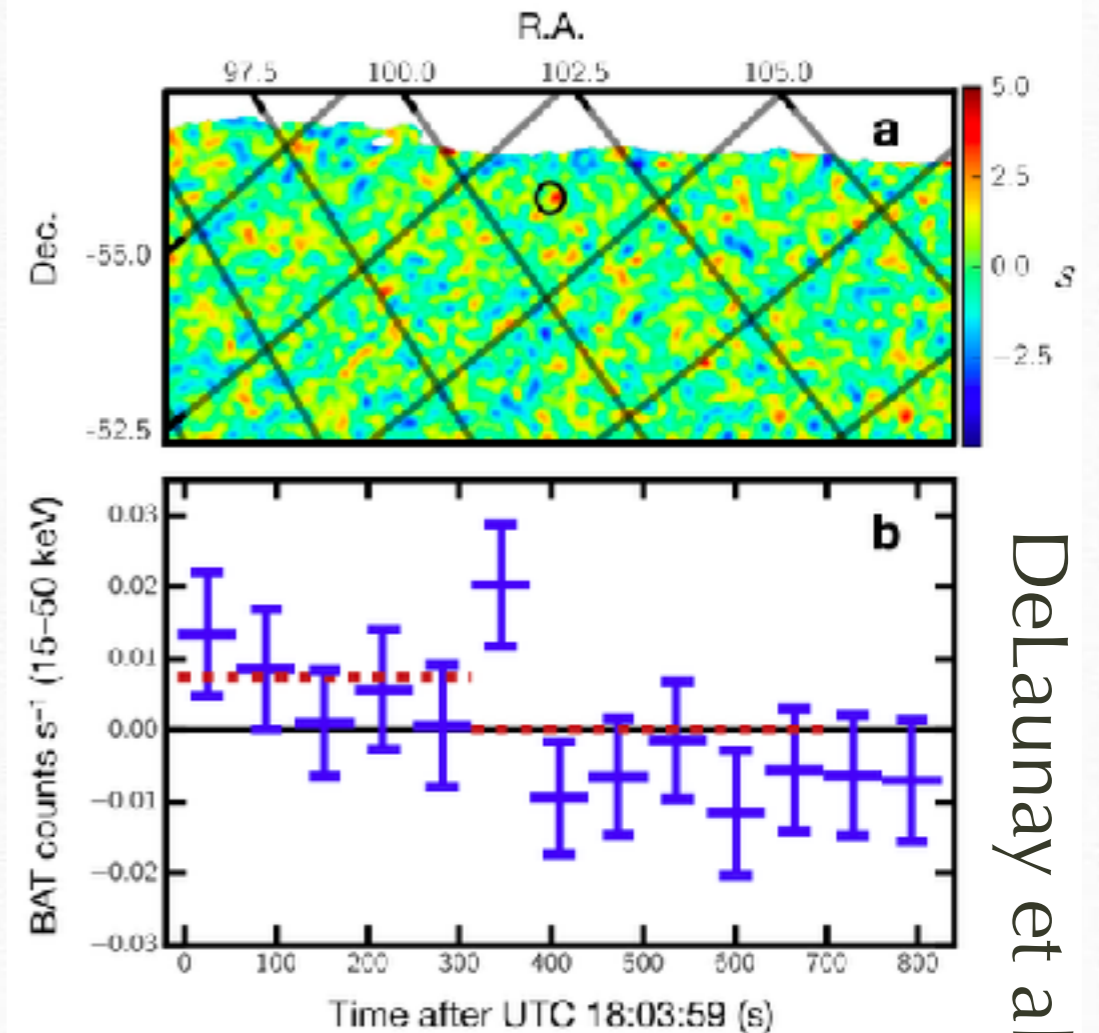
電波望遠鏡との同時観測で
Tomo-e の面白いターゲット
になるかも?

FRBの起源モデルと対応天体

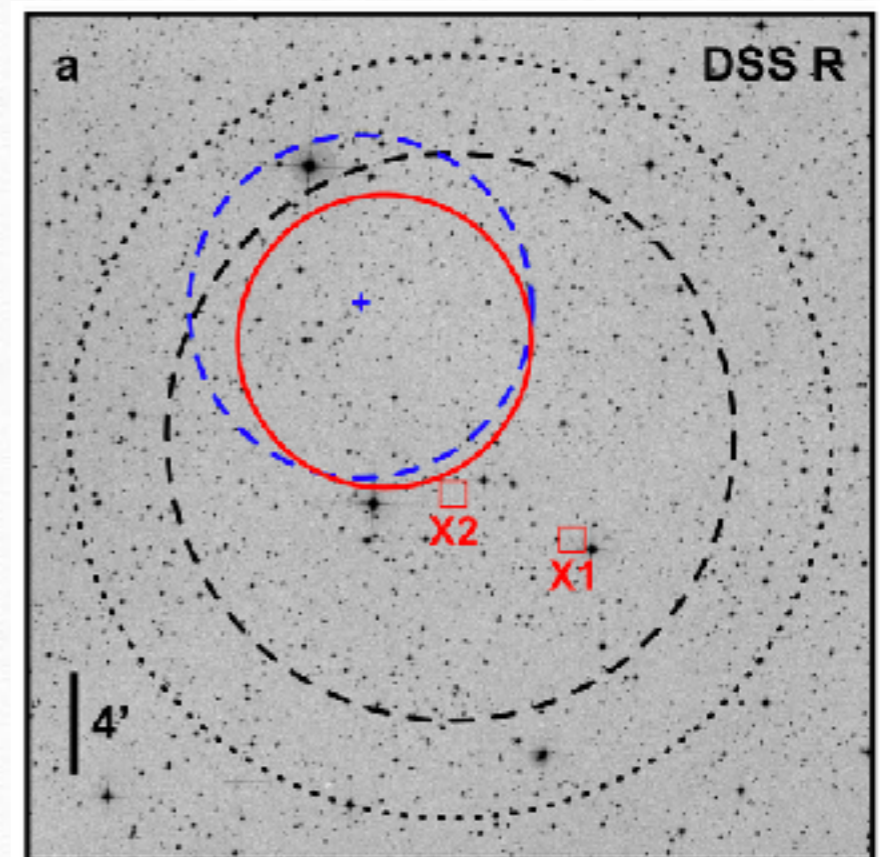
- ❖ Collapse of rotating super-massive neutron stars to black holes (e.g., Falcke & Rezzolla 2014)
- ❖ NS-NS連星合体 (e.g., Totani 2013) 対応天体
- ❖ WD-WD連星合体 (e.g., Kashiyama+ 2013)
- ❖ パルサーのsuper giant pulse (e.g., Cordes & Wasserman 2015; Connor+ 2015)
- ❖ マグネターのgiant flare (e.g., Popov+ 2007, 2013)
- ❖ “Cosmic comb”: パルサー + blast wave (Zhang+ 2017)
- ❖ etc... 対応天体？

FRB 131104

- ❖ Swift BATの視野内で偶然発生
 - ❖ 弱いガンマ線変動を検出 (3.2σ) ?
 - ❖ Swiftの自動トリガーにはかからず
- ❖ FRB error circle 内の別の場所にflare中のAGNも発見 (Shannon & Ravi 2017)

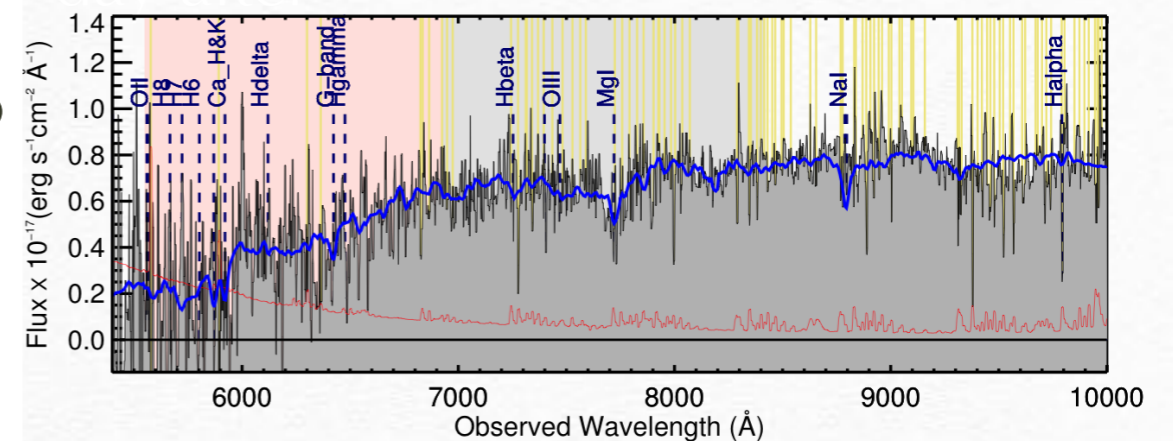
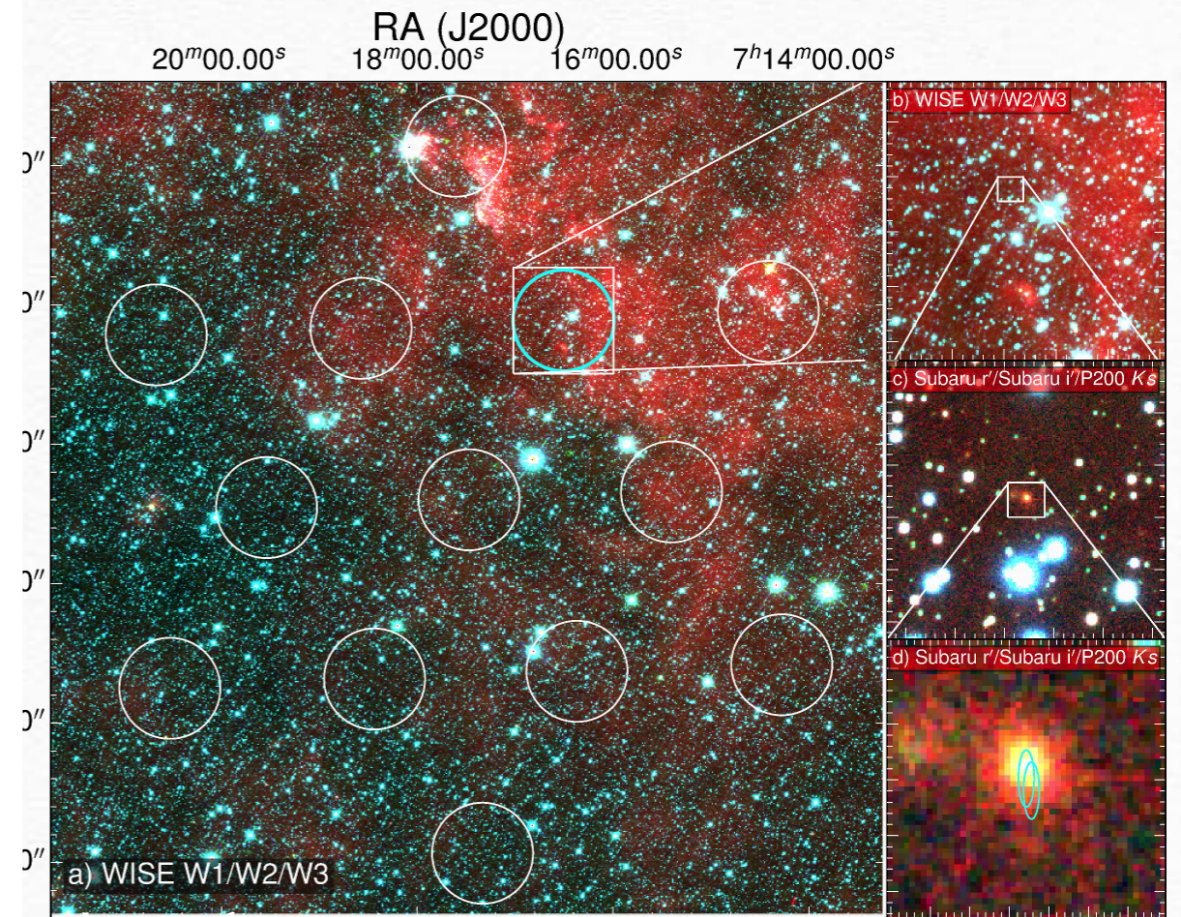


DeLaunay et al. (2016)



- ❖ Parkesで検出 & alert
- ❖ すばるやATCAが対応天体探査
 - ❖ ATCA (> 5.5 GHz) で負の spectral index ($f_\nu \propto \nu^{-1.37}$) を持つ変動天体を発見
 - ❖ ~ arcsec の位置精度
 - ❖ すばる (S-Cam) では変動なし
 - ❖ 前景減光大 ($A_V = 3.7$)
- ❖ ATCA変動天体の母銀河をすばる (FOCAS) で分光
 - ❖ elliptical galaxy @ $z = 0.49$
 - ❖ DMの推定赤方偏移と一致

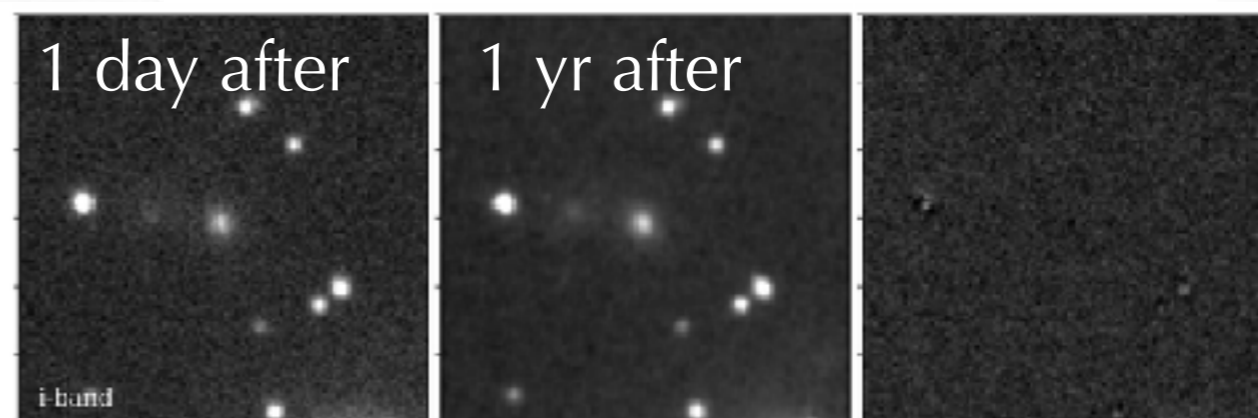
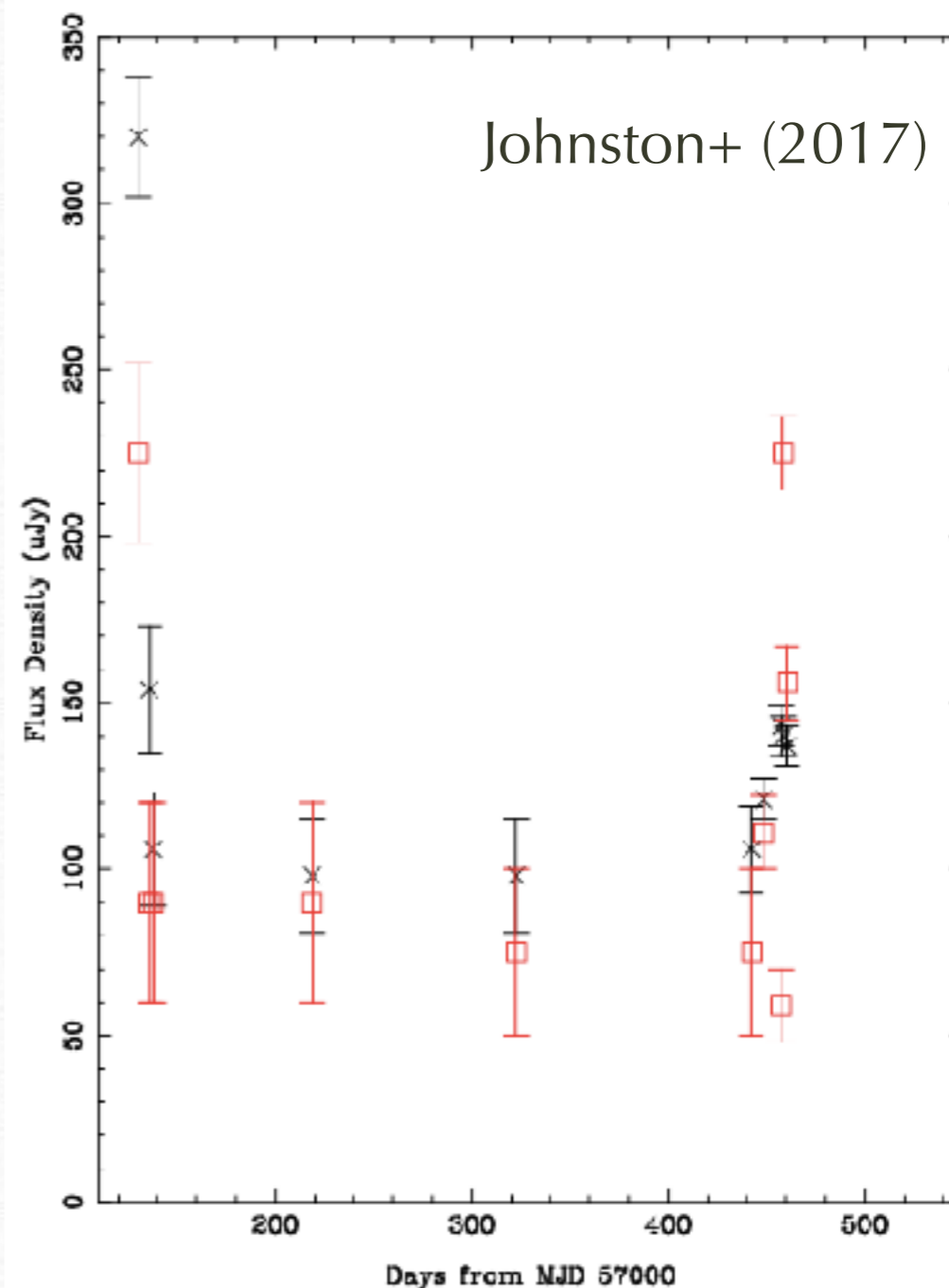
FRB 150418



Keane et al. (2016)

FRB 150418

- ❖ ATCA変動天体はAGNの星間scintillationとしても説明できる (Williams & Berger 2016; Akiyama & Jhonson 2016)
- ❖ ATCA変動天体が本当にFRB 150418と関連しているのか証拠が不十分
- ❖ 一年たってもやっぱり可視変動はない



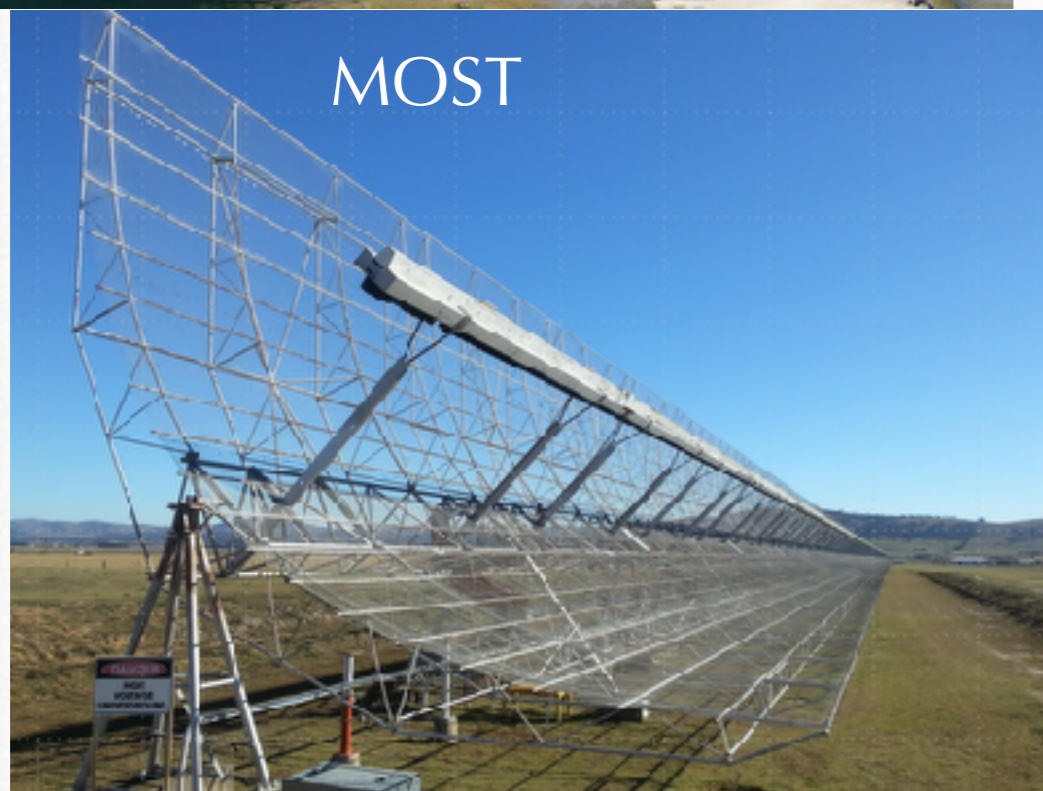
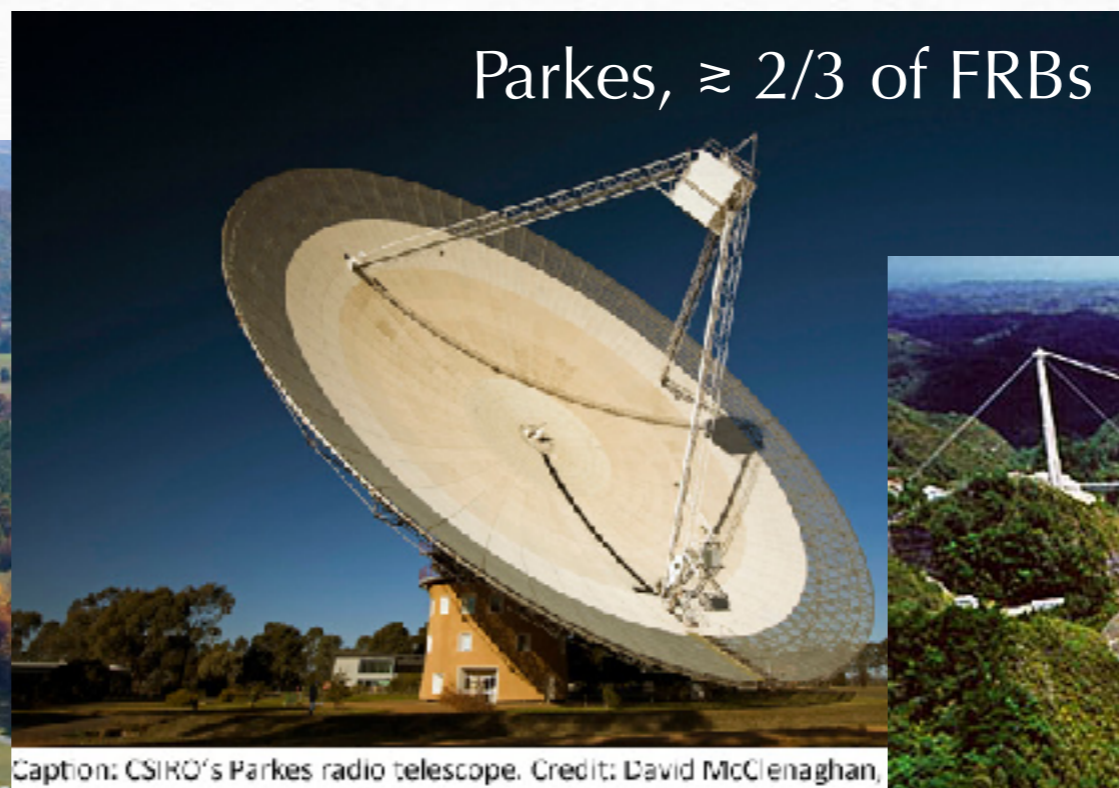
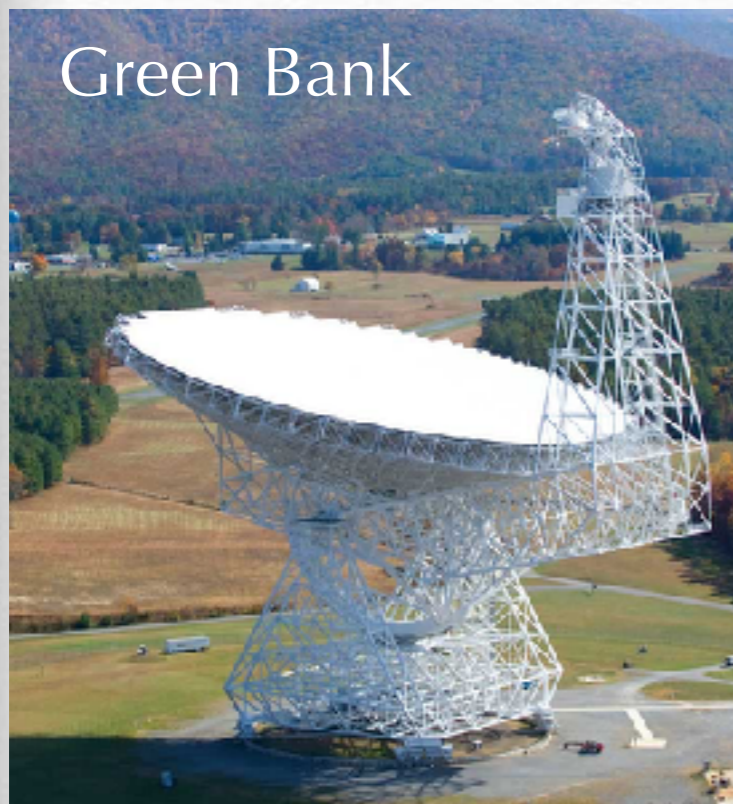
Niino et al. (2018)

現状のまとめ

- ❖ FRBの起源はいまだ謎
 - ❖ FRBそのもののarcsecスケール以下の位置決定はrepeating burst の1つのみ
 - ❖ repeating burstと他のFRBの関係は不明
 - ❖ 他波長の対応天体は候補が見つかったいるが証拠不十分
- ❖ 対応天体を見つけてFRBの起源に迫りたい

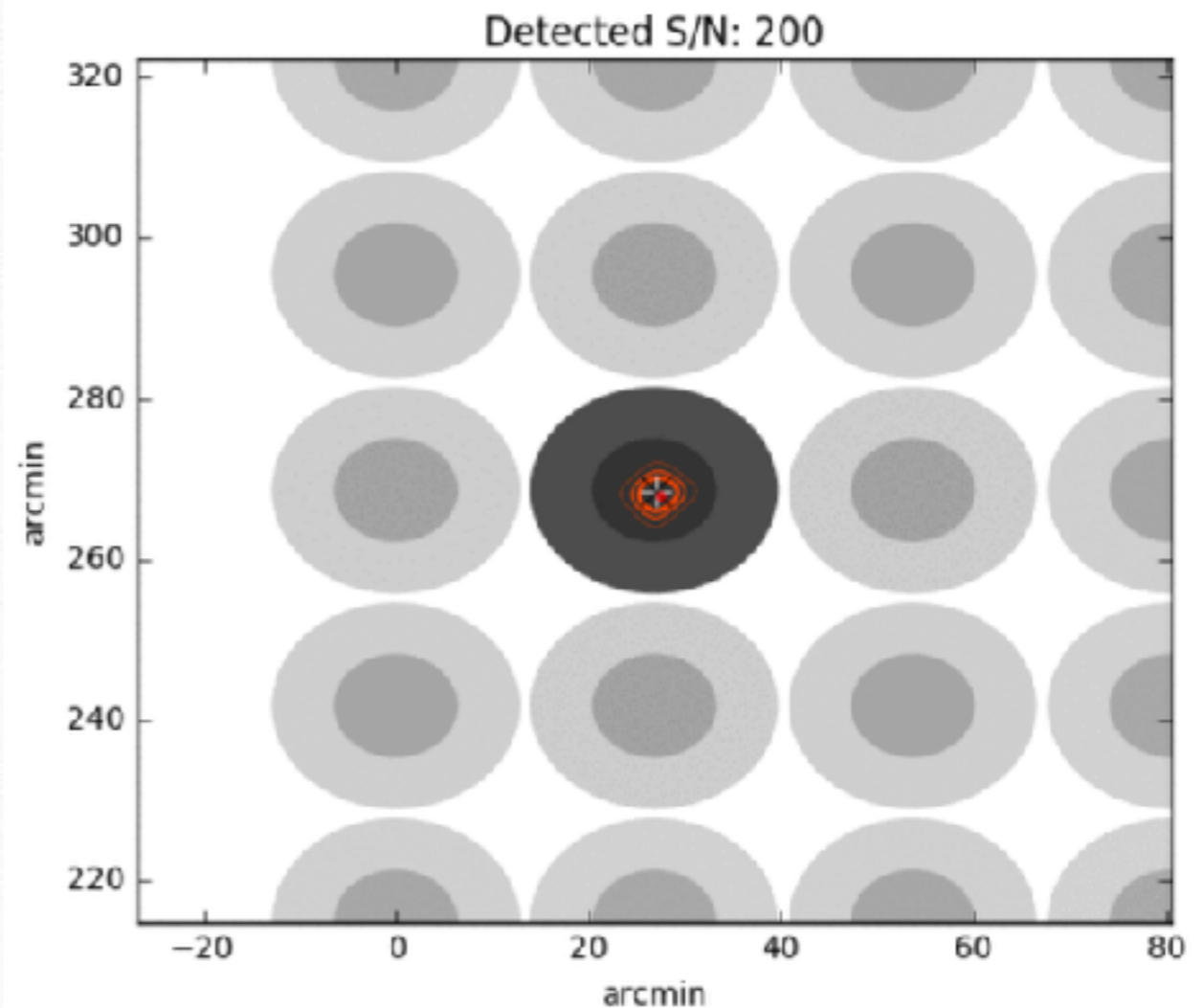
Tomoe時代 of FRB観測

拡大するFRB探査



CHIME/FRB

- ❖ $\sim 100 \times 2 \text{ deg}^2$
 - ❖ 0.5-100 FRBs/day
 - ❖ 視野が南北に長い
 - ❖ 位置決定は20分
 - ❖ see Amiri+ (2018)
- ❖ now commissioning
- ❖ 年内科学運用開始予定
- ❖ 北天！！（カナダ）
 - ❖ Tomo-eで同時観測
 - ❖ 極付近でおそらく可能
- ❖ 南天ではすでにDeeper, Wider, Fasterが動いている
(次の講演)



from V. Kaspi's slide, credit P. Scholz