

Fast Radio Burst 可視光観測

新納 悠 (東京大学)

2021年11月26日 OISTER Workshop

Fast Radio Burst (FRB)とは？

HPPW: 4.6 ms

Lorimer et al. (2007)

- 数ミリ秒の継続時間の電波突発現象
- 初発見はLorimer+ (2007) のFRB 010824
- 10年余で約600天体発見
 - 今年CHIMEの 1st catalog (> 500 FRBs) が発表されて大幅に増えた

time →



Parques電波望遠鏡

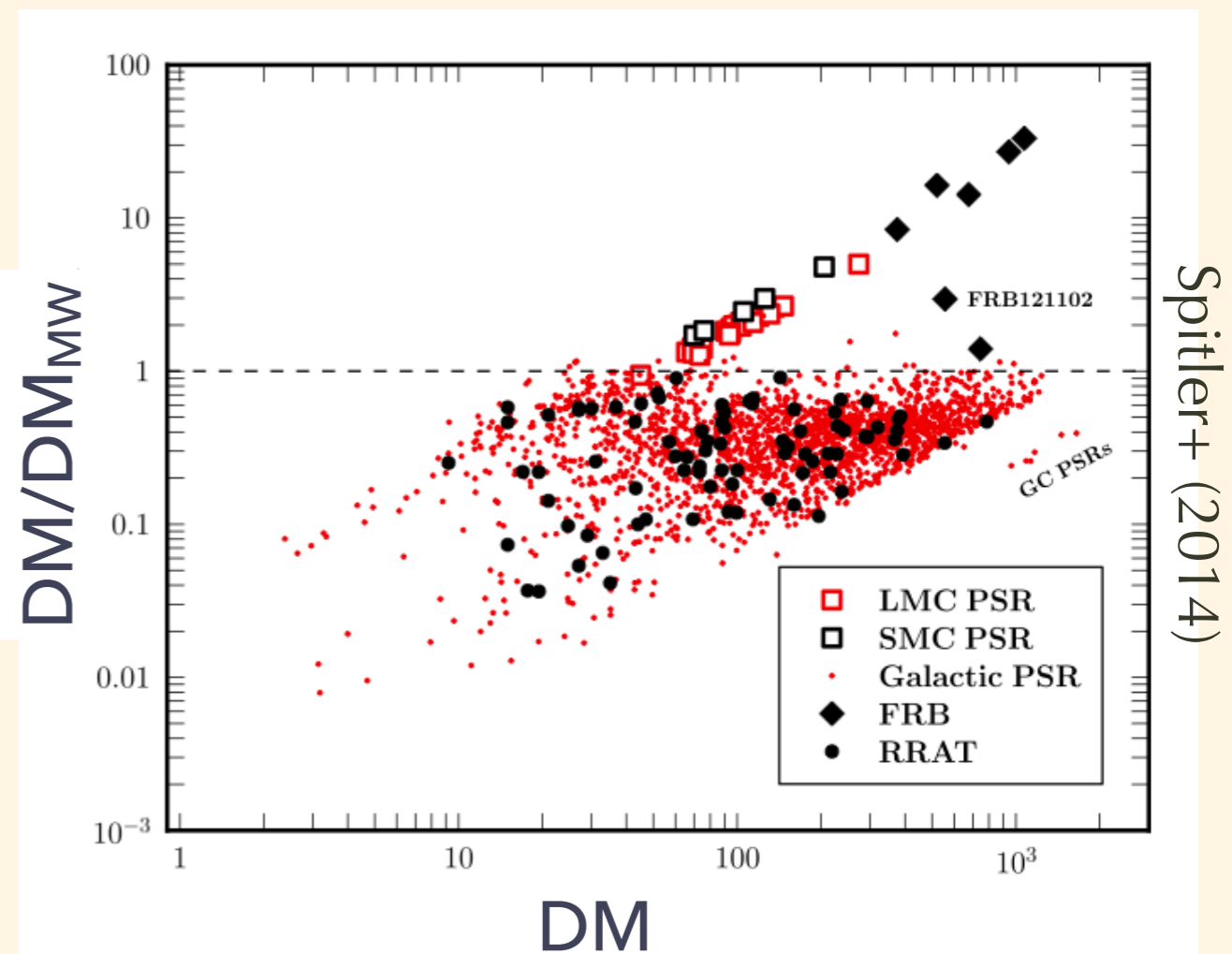
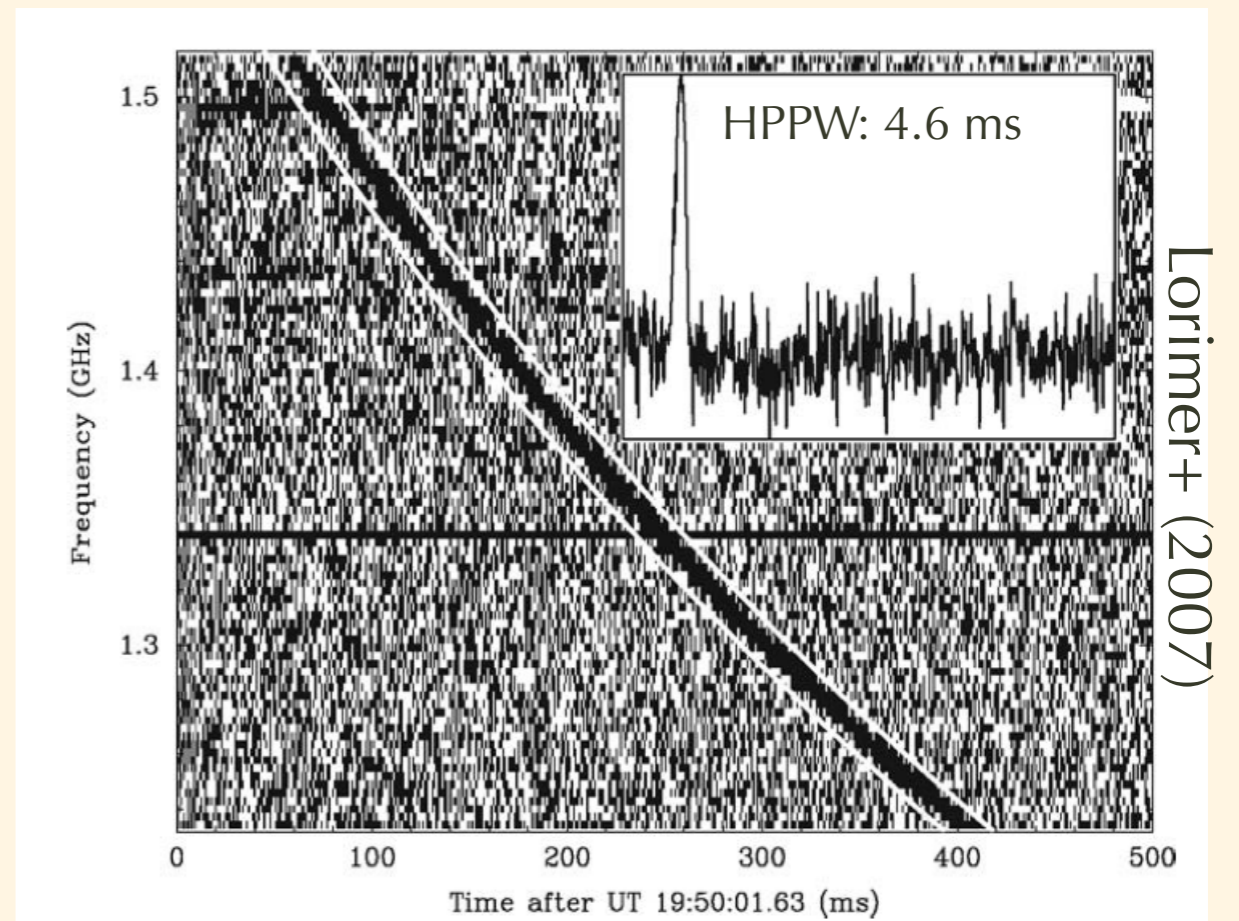
Caption: CSIRO's Parkes radio telescope. Credit: David McClenaghan, CSIRO

CHIME



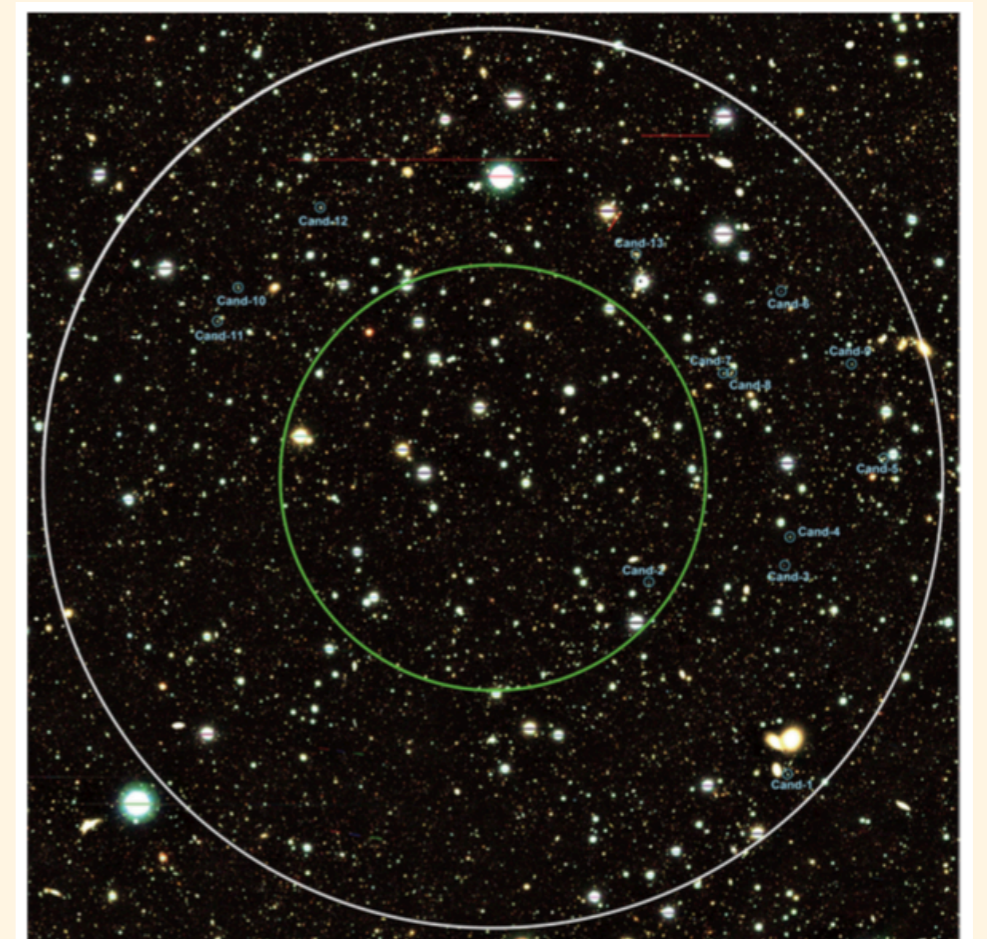
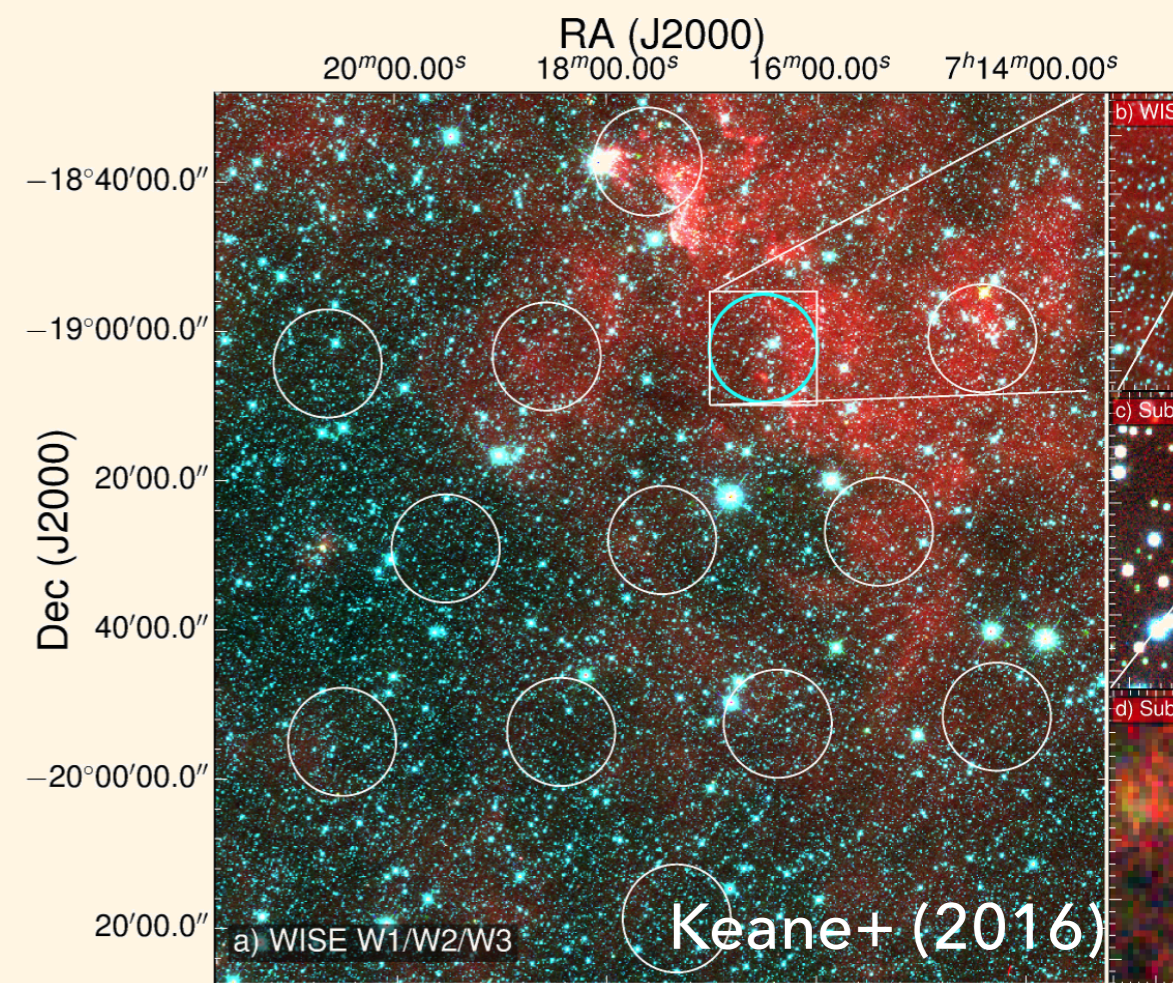
FRBの分散量度

- Dispersion measure (DM)
 - 電波パルスはlow-frequencyほど遅れて観測される
 - $DM \propto$ 自由電子柱密度
 - FRB DM \sim 100-2000 $[cm^{-3}pc]$
 - > 天の川成分
 - 銀河間物質由来なら赤方偏移 \sim 0.1-2.0
 - 電離ガスがソースに付随しているかも？



FRB発生現場を探す

- FRBを多く見つけている電波望遠鏡は位置決定制度が低い
 - ~ 10分角
- 位置決定制度の高い電波望遠鏡はFRB発見数が少ない
 - ≤ 1 秒角は ~ 20 FRBs
 - 後述の repeating FRB を含む
- 母銀河の同定・距離測定はごく一部のFRBのみ

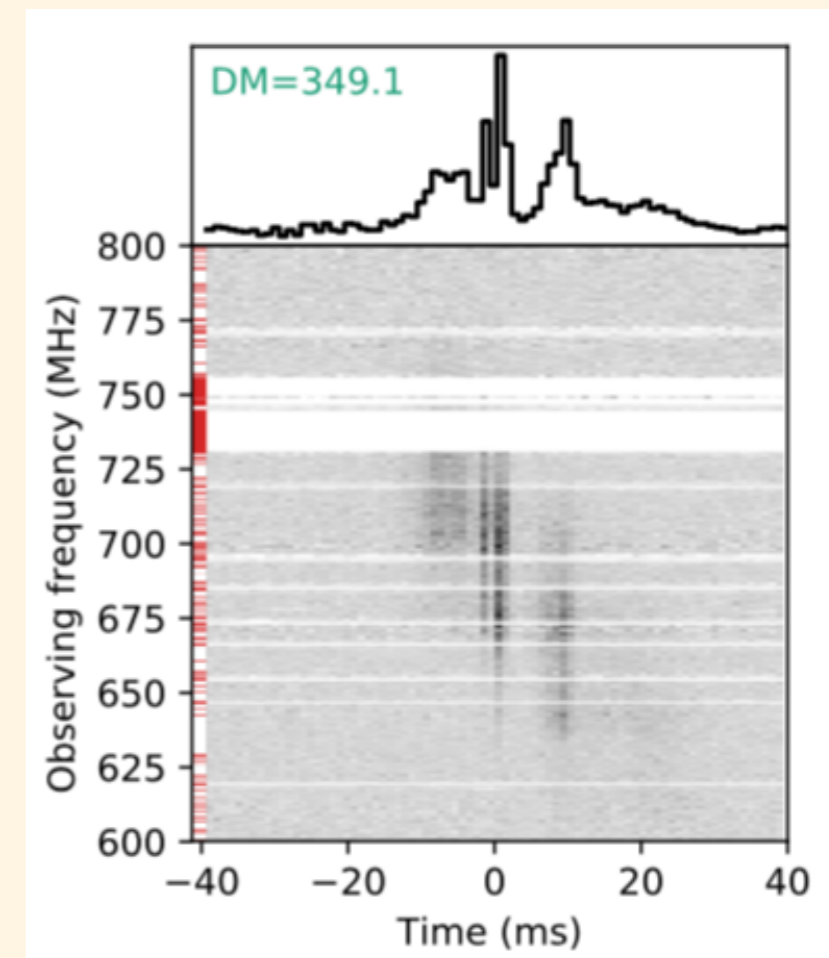
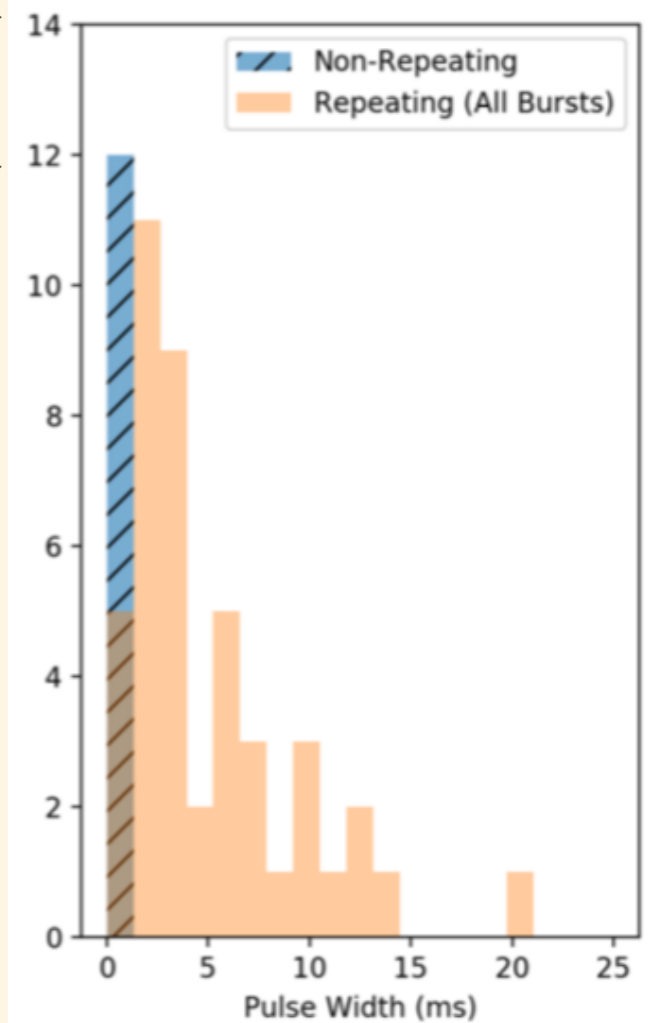


Tominaga+ (2018, FRB 151230)

Repeating/Non-repeating FRB

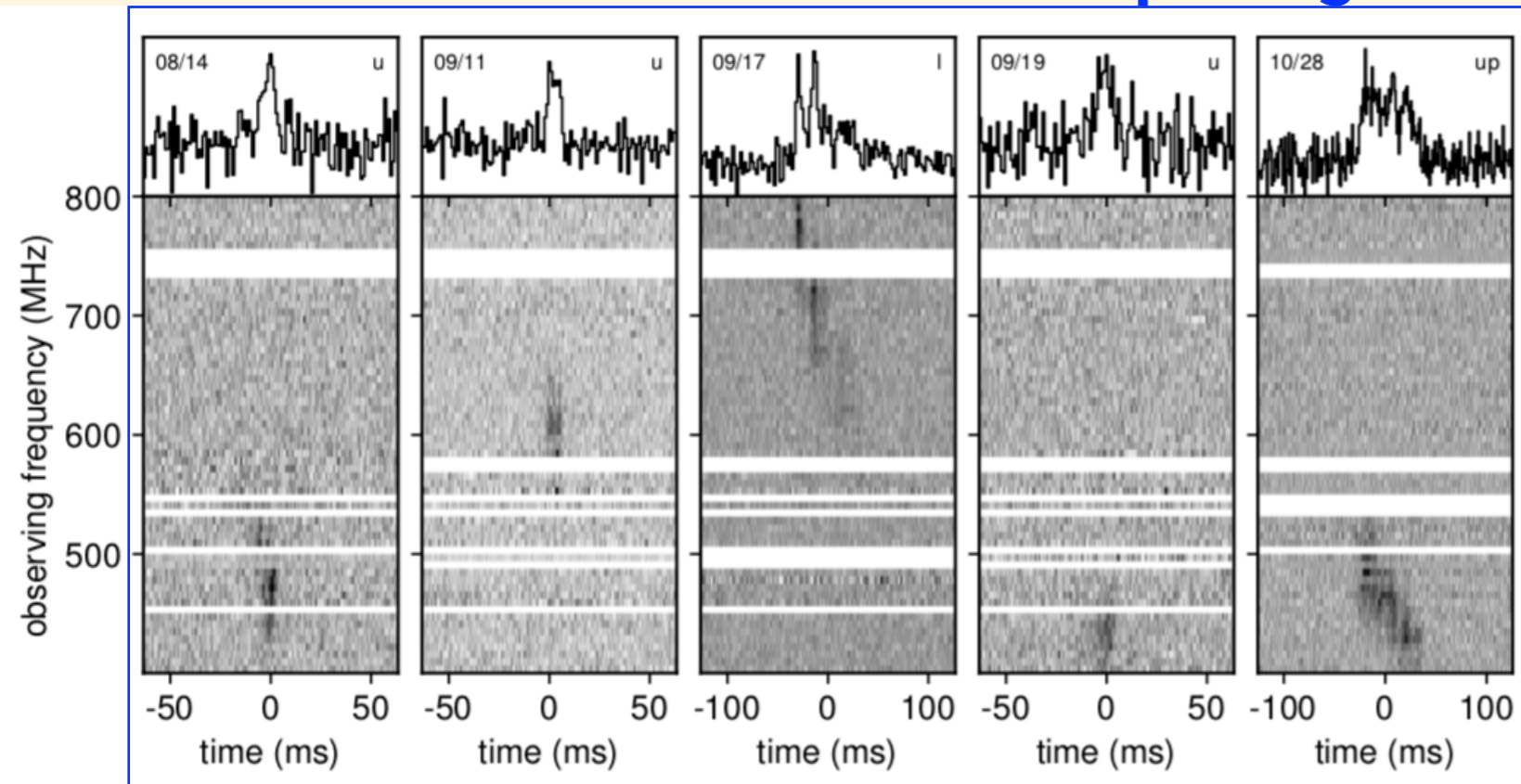
- 一部のFRBは最初の発見後にrepeat burstを見せている
 - これまでに ~ 30 天体
- 長時間追観測してもrepeatしないFRBもある
 - 複数種族？
 - repeating FRBはパルス幅が広い？
 - 多くの repeating FRB (全てではない) で 'sad trombone' feature が見られる
 - Non-repeating FRB で 'sad trombone' は見られない

The CHIME/FRB collaboration (2019)

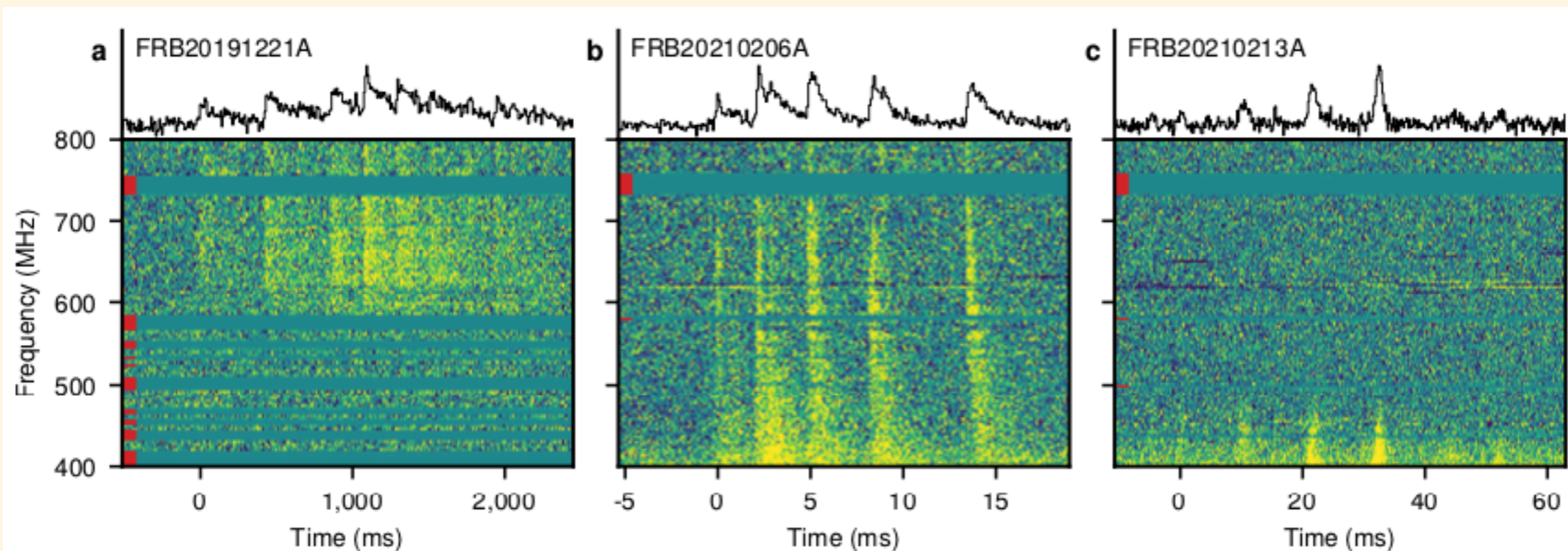
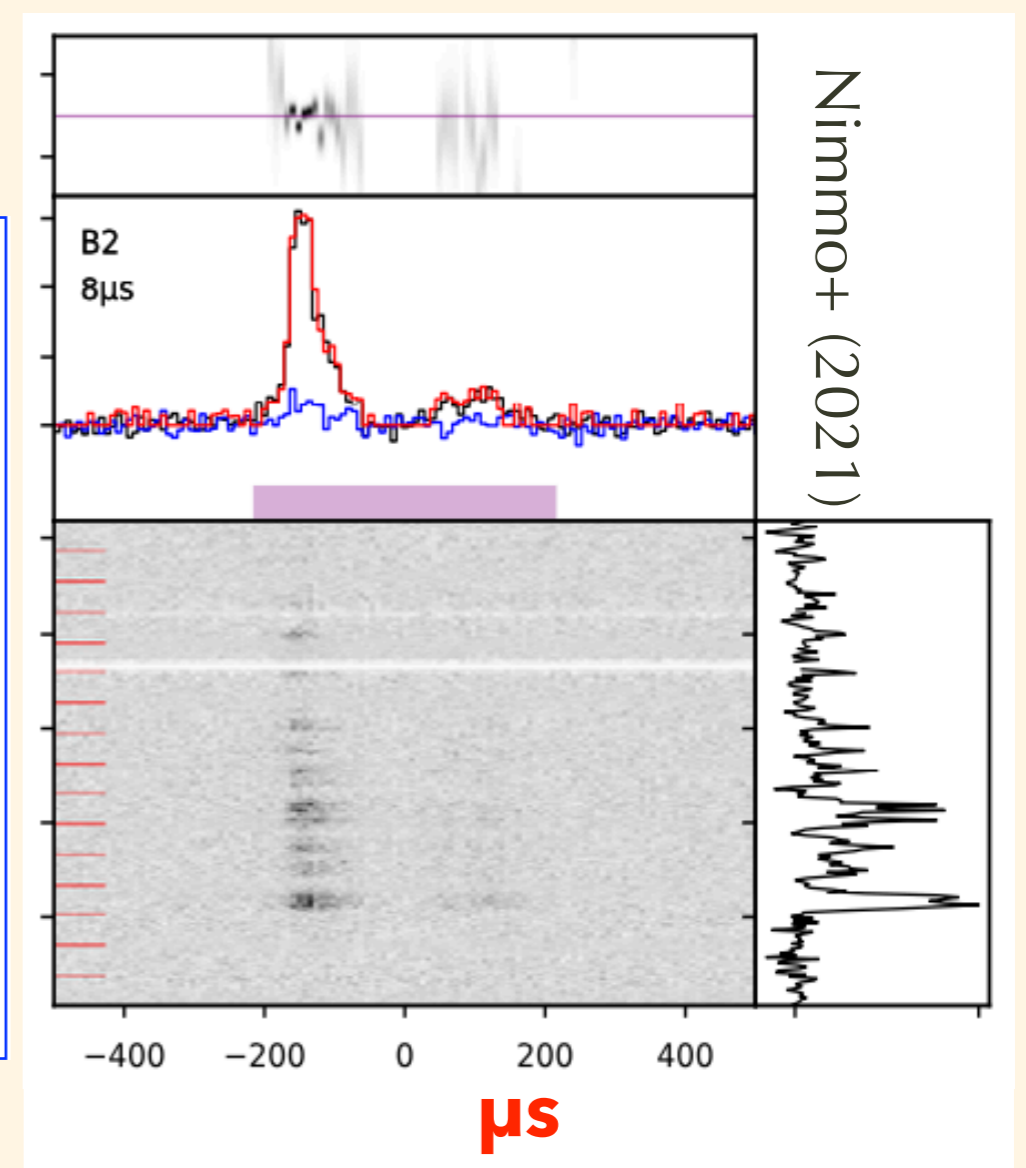


様々なFRB

同じrepeatingソース



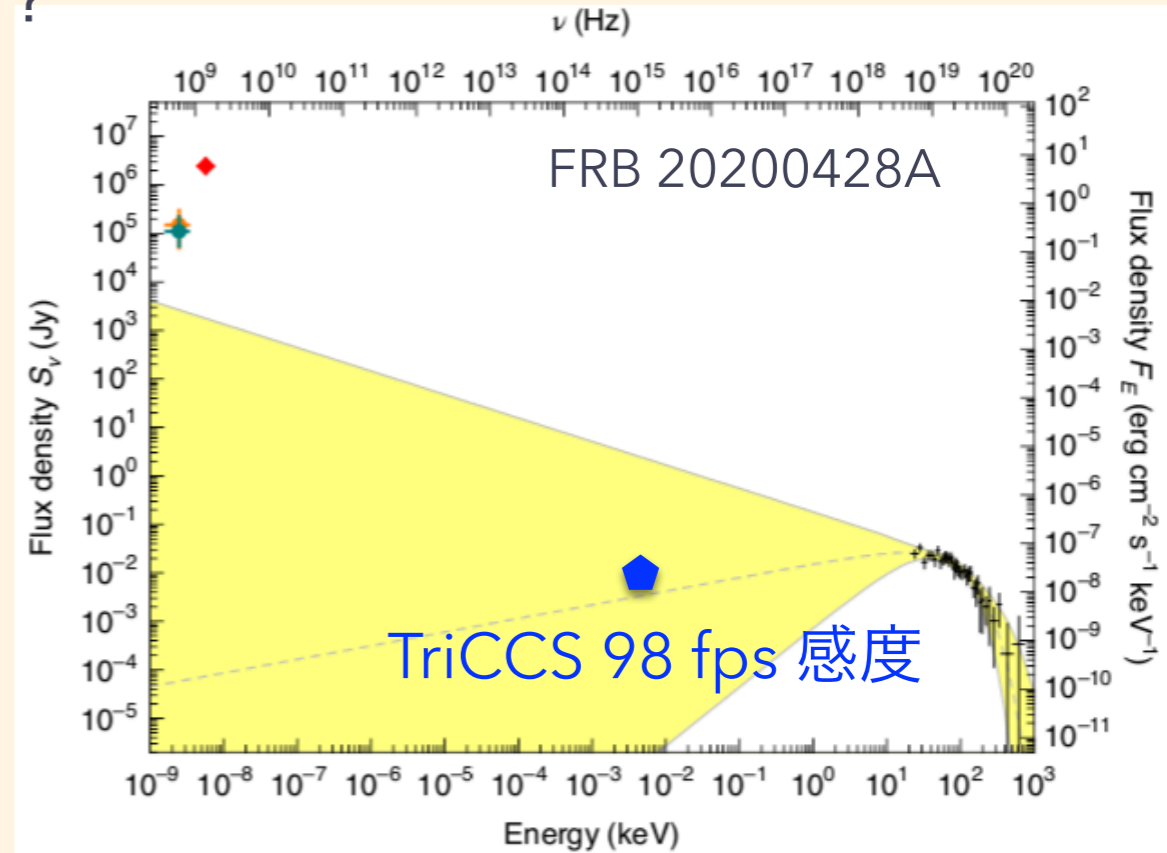
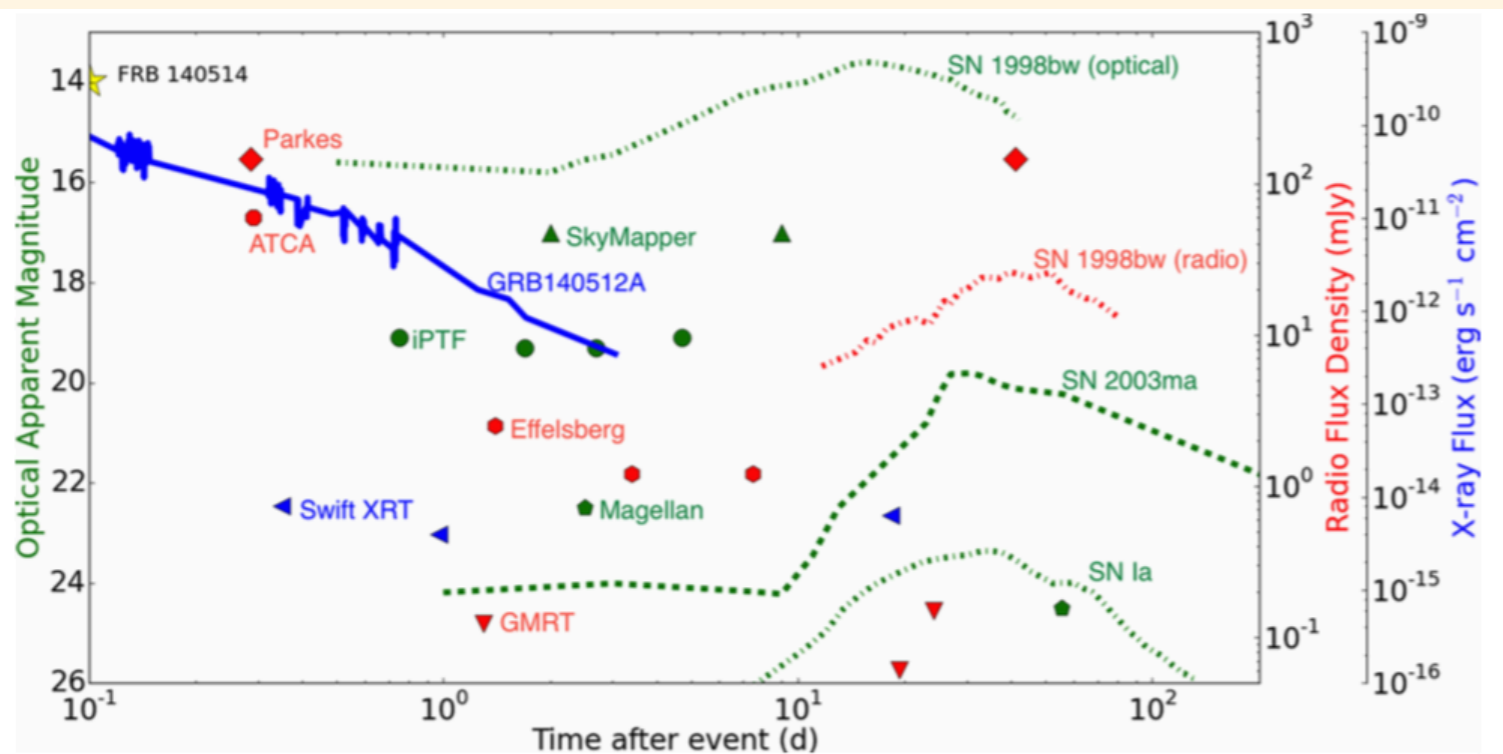
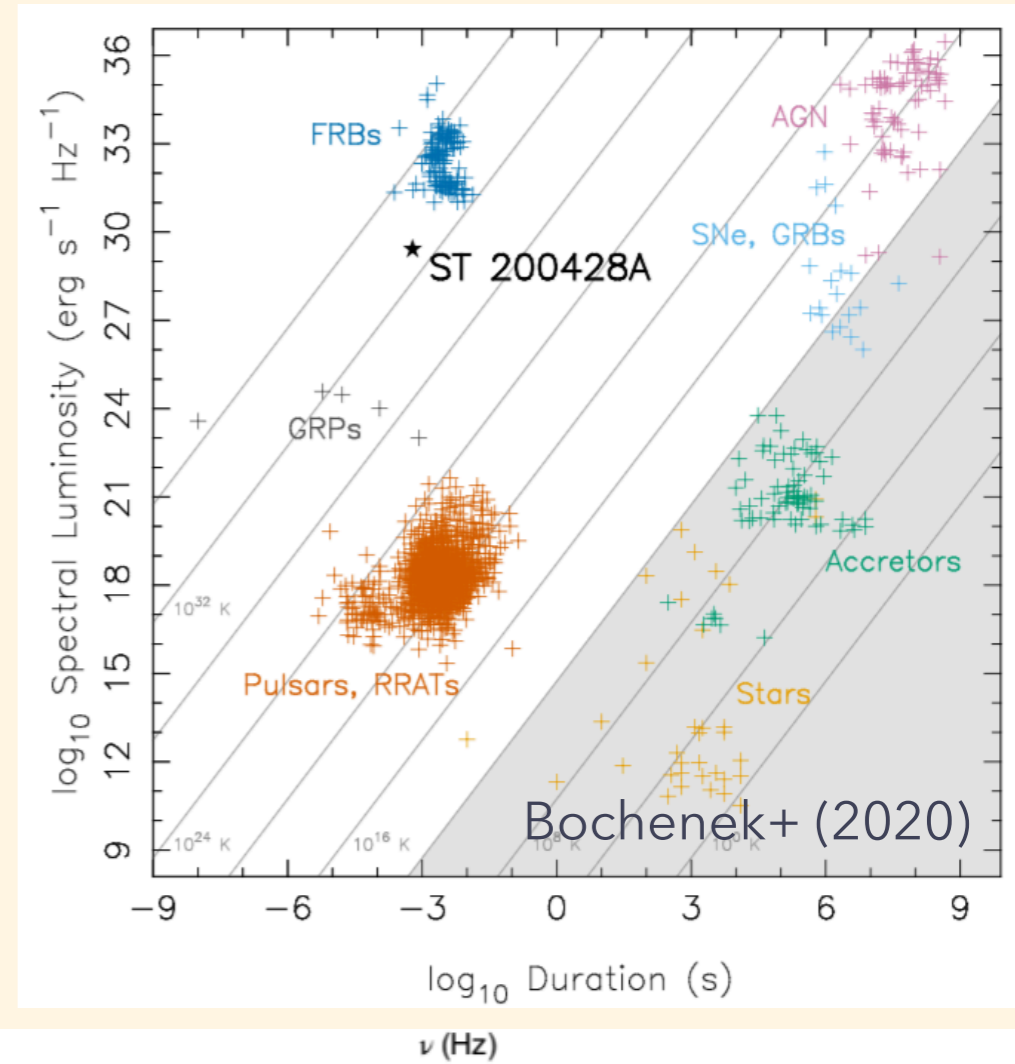
The CHIME/FRB collaboration (2019)



The CHIME/FRB collaboration (2021)

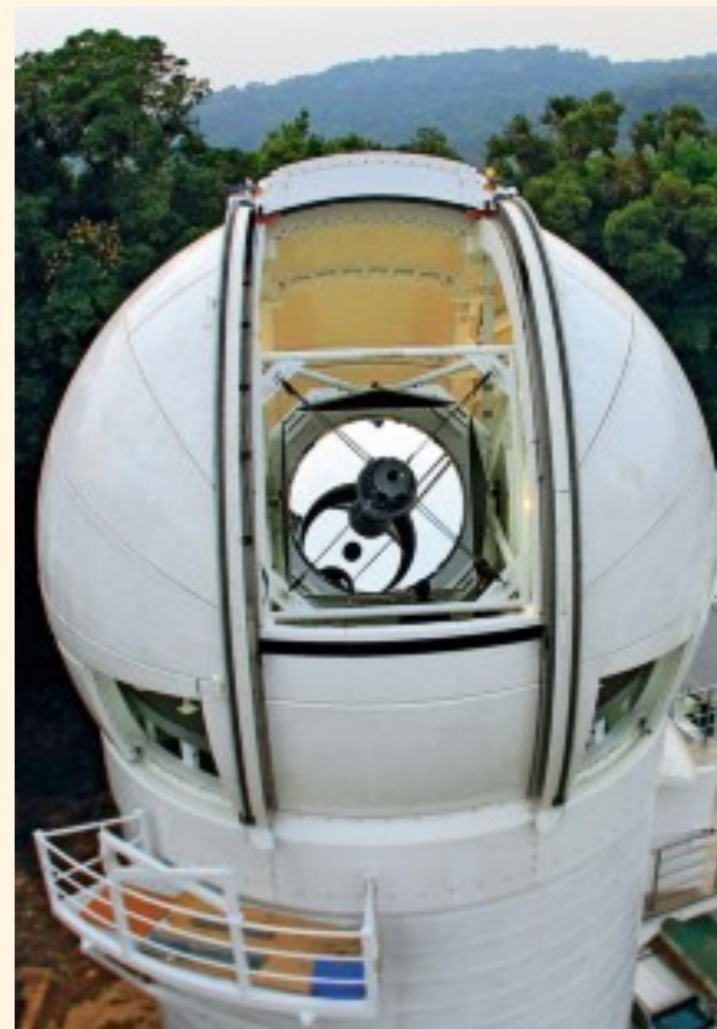
対応天体探査

- 様々な波長（メッセンジャー）と時間帯で対応天体探査
 - 発生メカニズムの手がかり、発生場所特定の手段
 - 今のところ有力な（系外）対応突発天体候補はなし
- SGR 1935+2154 からのバースト（FRB 20200428A）
 - 銀河系内マグネターからFRB likeなバーストがX線成分と同時に検出
 - マグネター由来なら repeating FRB?
 - パルスは細い (< 1 ms)
 - 銀河系外repeating/non-repeating FRBとの関係は？



可視光高速観測

- 可視光での短い時間スケールの観測は難しい
- 可視光高速カメラULTRASPEC (Hardy+ 2017)
 - 2.4m Thai National Telescope (TNT), electron-multiplying CCD
 - i' , z' -band
 - 70-ms タイムスケールで < 0.33 mJy
- チェレンコフ望遠鏡
 - MAGIC collaboration (2018)
 - 光電子増倍管
 - U-band
 - 1-ms タイムスケールで < 8.6 mJy
- いずれも repeating FRB 121102 の観測



Soonthornthum (2018)



Credit: R. Wagner

木曾・岡山でのrepeating FRB観測

- 多様なrepeating FRBの可視光成分を
探査したい
 - Tomo-e Gozen 部分読み出しモード (~ 20 fps)
 - TriCCS 98 fps 観測
- FAST (Li, Tsai, Jiang et al.)、山口32m
電波望遠鏡 (新沼 et al.) との同時観測
 - 既知のrepeating FRBを対象とした
monitoring

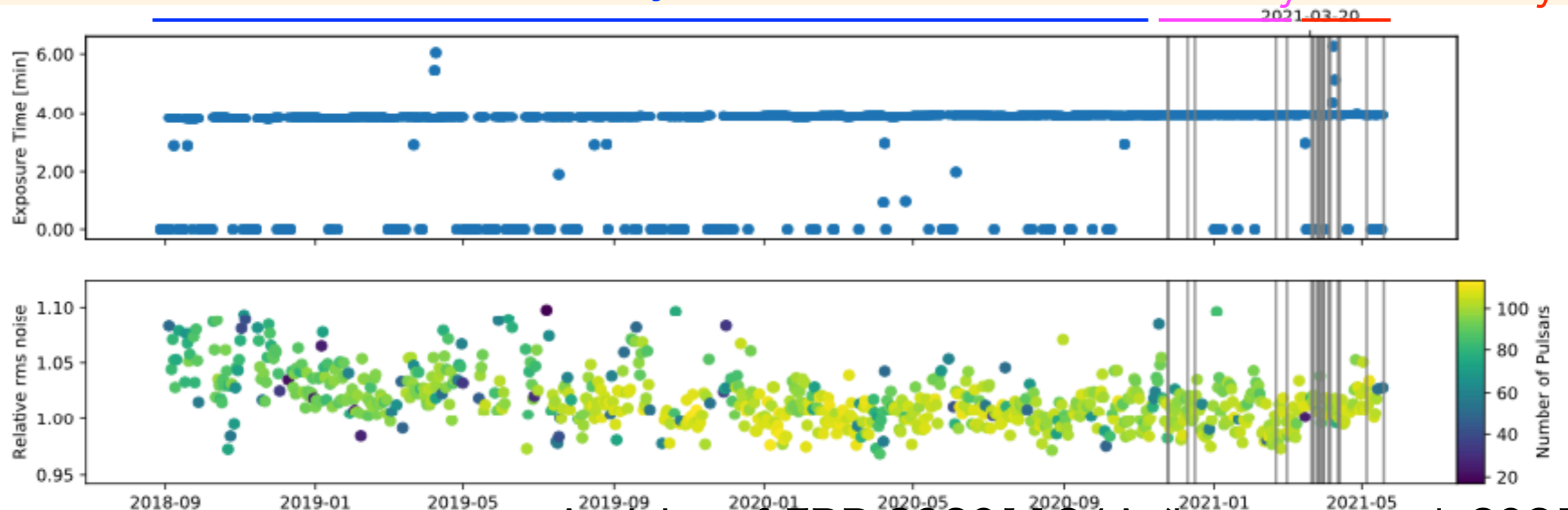


Repeating FRB の活動性変化

- 各repeating FRB源がバーストを起こす頻度は時間変化する
 - Activity の高い状態にある天体を狙って同時観測したい
 - 将来の activity 変化を高い確度で予想することは困難
- 電波望遠鏡との同時観測は可視光の側が天候で阻まれる場合が少なくない
 - 可視光は多地点観測したい
 - 多地点で検出が実現すれば人工衛星の棄却にも役立つ

< 3.4 day⁻¹

~ 20 day⁻¹ ~ 120 day⁻¹



Activity of FRB 20201124A (Lanman et al. 2021)

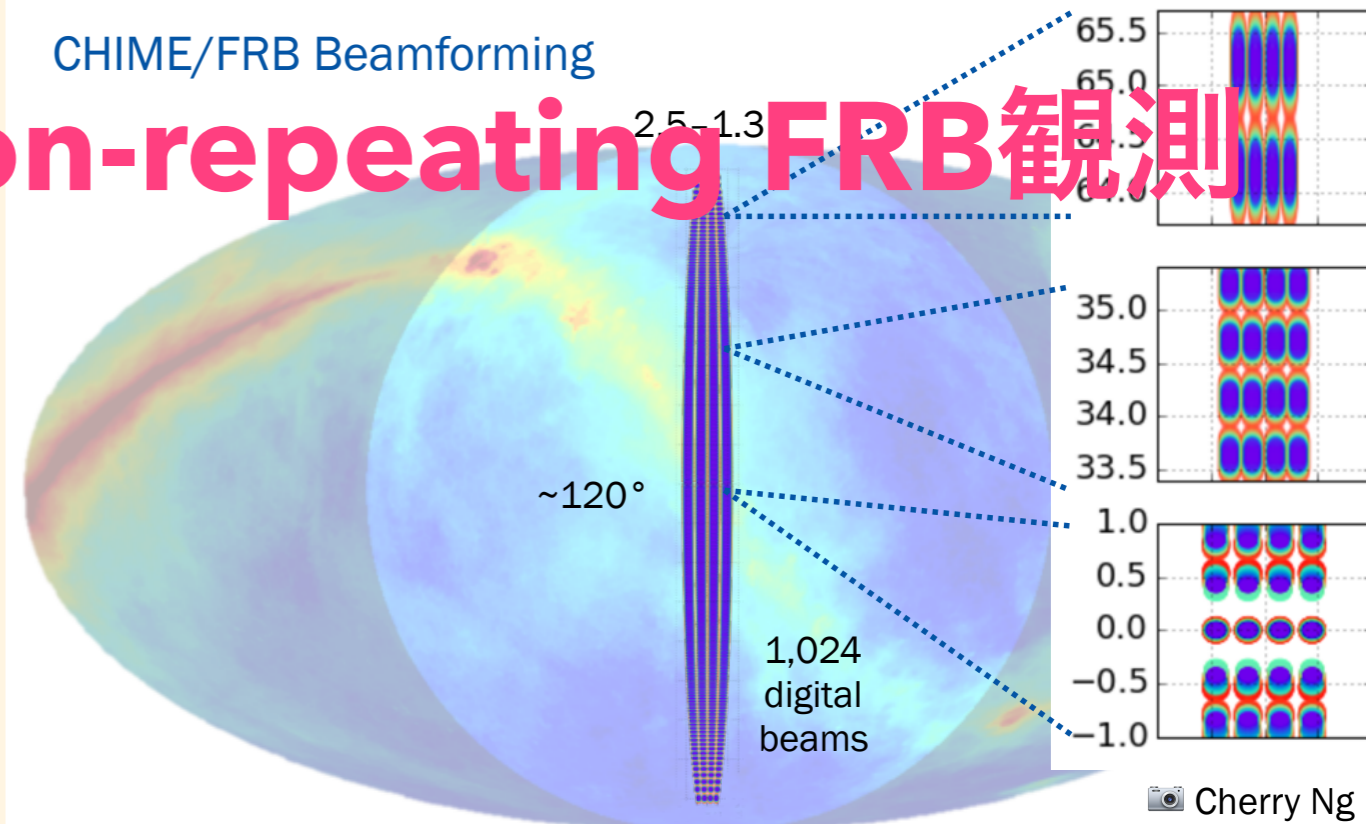
Tomo-e Gozenでのnon-repeating FRB観測

- Tomo-e Gozen対応天体探査
 - 広視野を活かしてnon-repeating FRBの対応天体探査
- CHIME/FRB collaboration とMOUを結び共同観測を実施中
- CHIMEの視野（一部）をTomo-e Gozenで同時観測
 - 今年3月より観測開始
 - これまでに約15時間実施
 - 今のところ観測中のFRB発生はなし

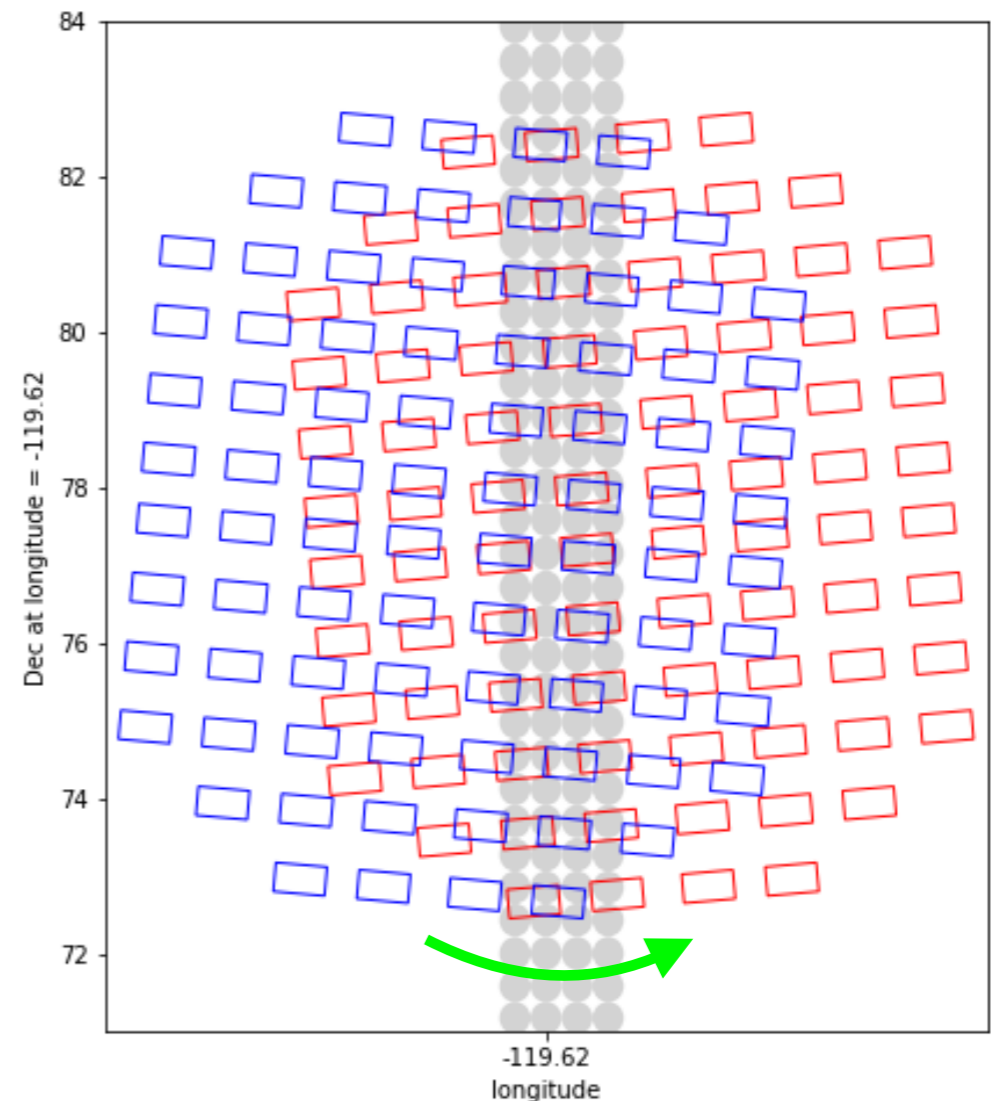


Tomo-e Gozenでのnon-repeating FRB観測

- CHIMEの視野 $\sim 250 \text{ deg}^2$
 - 東西 $\sim 2^\circ$, 南北 $\sim 120^\circ$
- Tomo-e は $\text{dec} \sim 80^\circ$ でCHIMEの視野を東西に往復しながら観測
 - 重複視野 $\sim 5 \text{ deg}^2$
 - HA $\pm 2.5 \text{ deg}$ (20分周期)
- CHIME/FRBの観測周波数・感度でFRB頻度は $\sim 820 \text{ sky}^{-1}\text{day}^{-1}$ (CHIME/FRB collaboration 2021)
 - 重複視野内でのイベント頻度:
 - ~ 240 時間で1発
 - まだイベントがないのは期待値通り

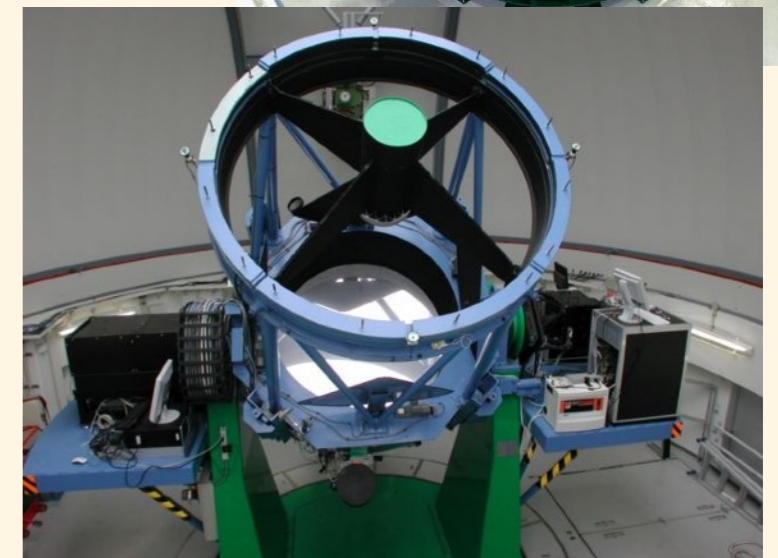
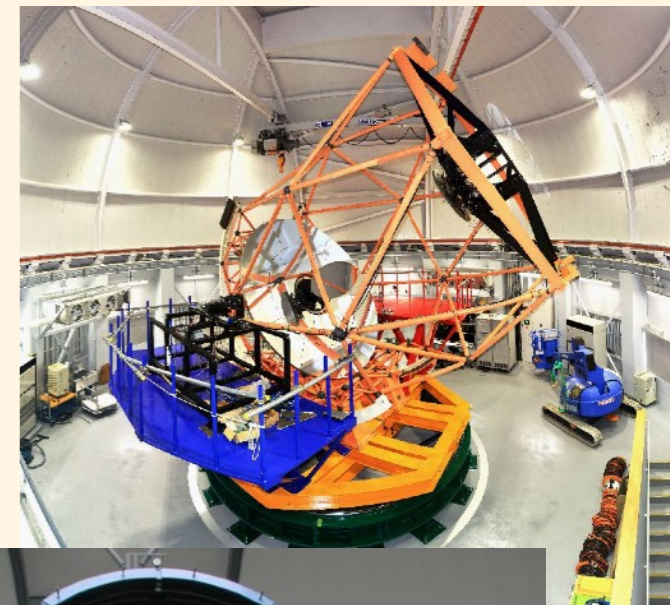


CHIME/FRB



Tomo-e Gozenでのnon-repeating FRB観測

- これまで：
 - 観測後、CHIME/FRB でFRB検出があったか問い合わせ
 - ~ 1 日程度で結果
 - FRBが発生すれば対応する時間と場所の可視光データを人力で確認
- 2021年10月から：
 - CHIME/FRBがFRB検出を自動アラート
 - イベントから \approx 1 分程度
 - CHIME 全視野では ~ 1-2 FRB/day
- 対応天体候補が見つければ、せいめい・かなたでdelayed emissionや母銀河の探査・分光を行う
- delayed emission や母銀河の観測については Tomo-e Gozen の可視光成分探査とは独立に観測しても面白いかもしれない
 - DMの小さいFRBなどを狙う？
 - Error circle ~ 20 arcmin



Summary

- FRBの正体はいまだ謎に包まれている
 - 他波長（メッセンジャー）対応天体の発見は正体解明の重要な手がかり
- 短いタイムスケールでFRBの可視光対応天体探査を行える装置は世界でも少数
 - Tomo-e Gozen や TriCCS で FAST や山口32mと repeating FRBの観測を実施
 - Tomo-e Gozen では CHIME との同時広視野探査を実施中