

Tomo-e Gozenによる Fast Radio Burst可視光高速観測

新納 悠 (東京大学)

on behalf of the Tomo-e Gozen FRB team

2021年10月5日 木曾シュミットシンポジウム

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 (アーカイブデータ)
- 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 →

CHIME

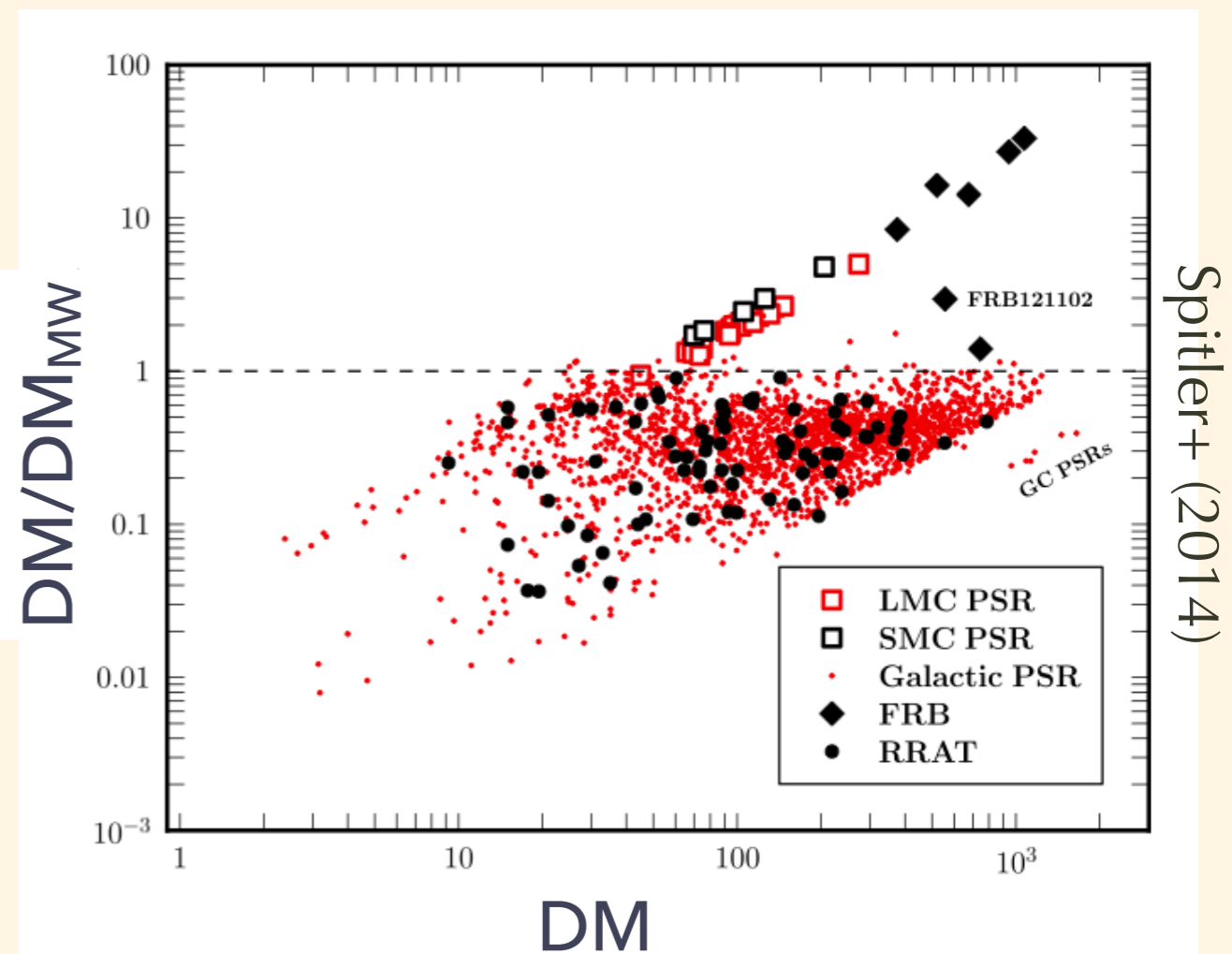
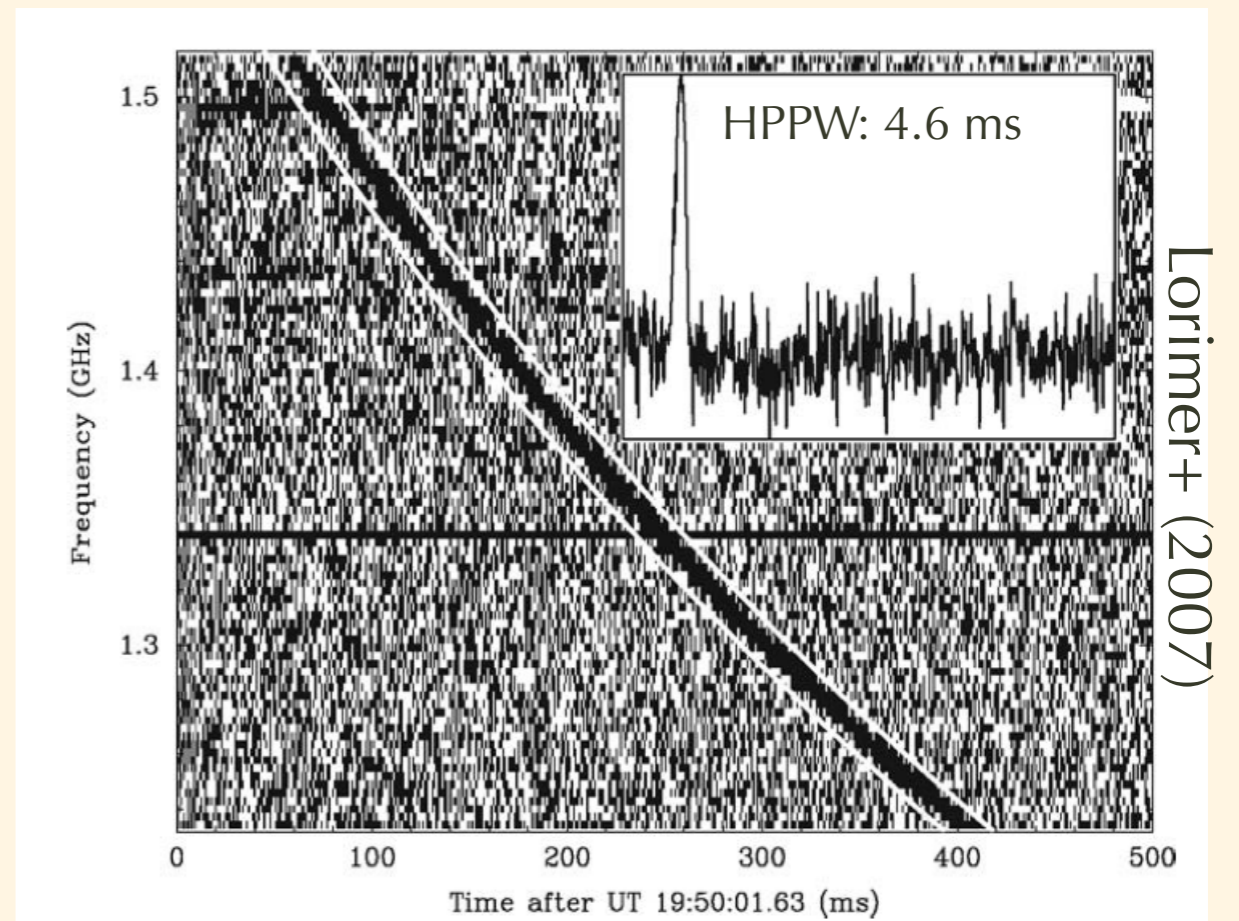
Parke電波望遠鏡



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

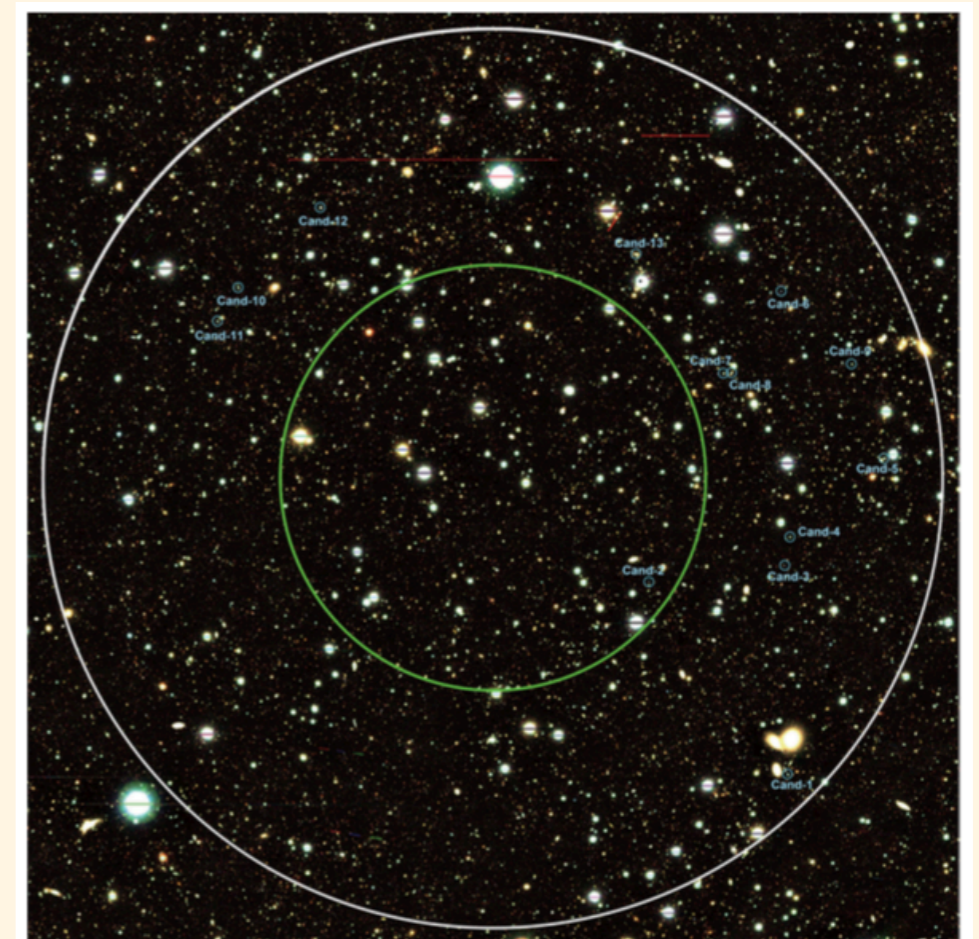
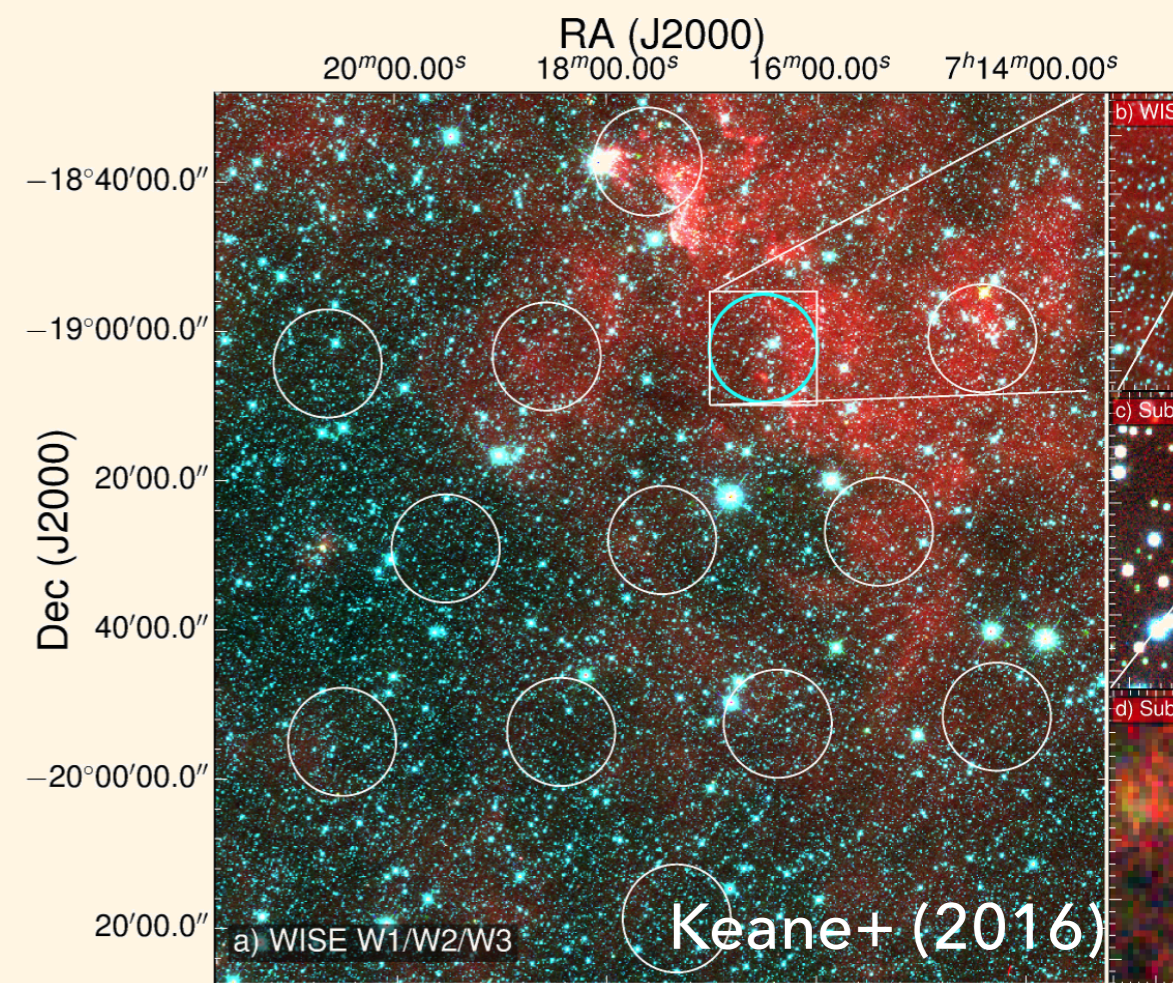
FRBの分散量度

- 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

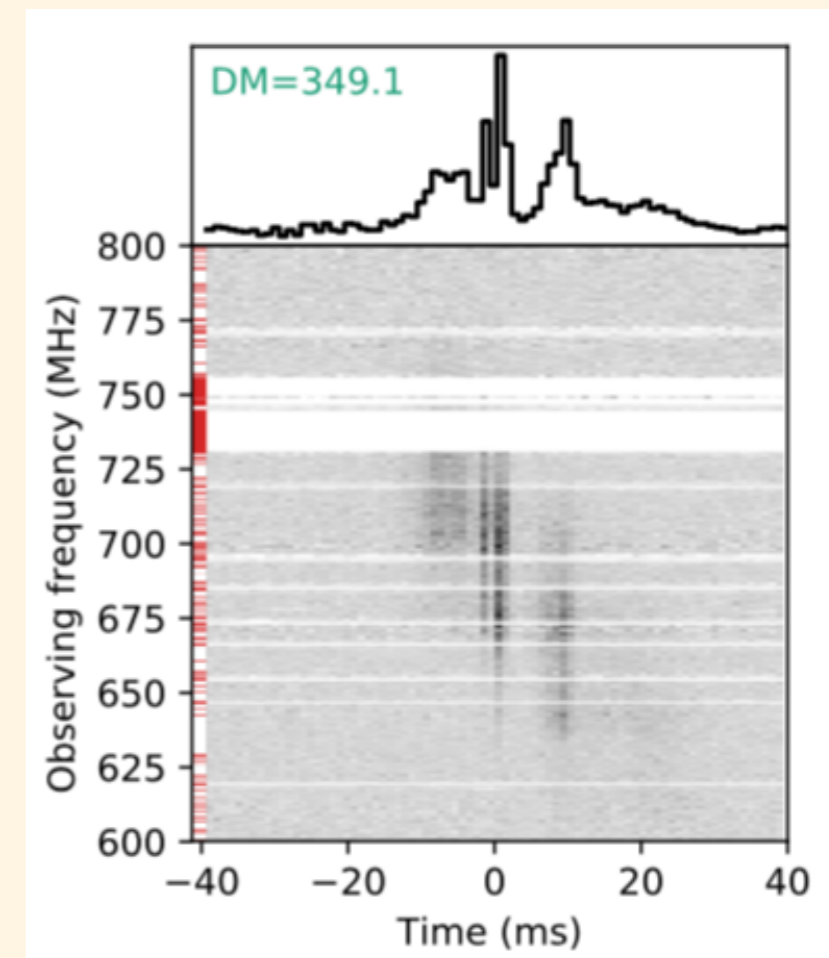
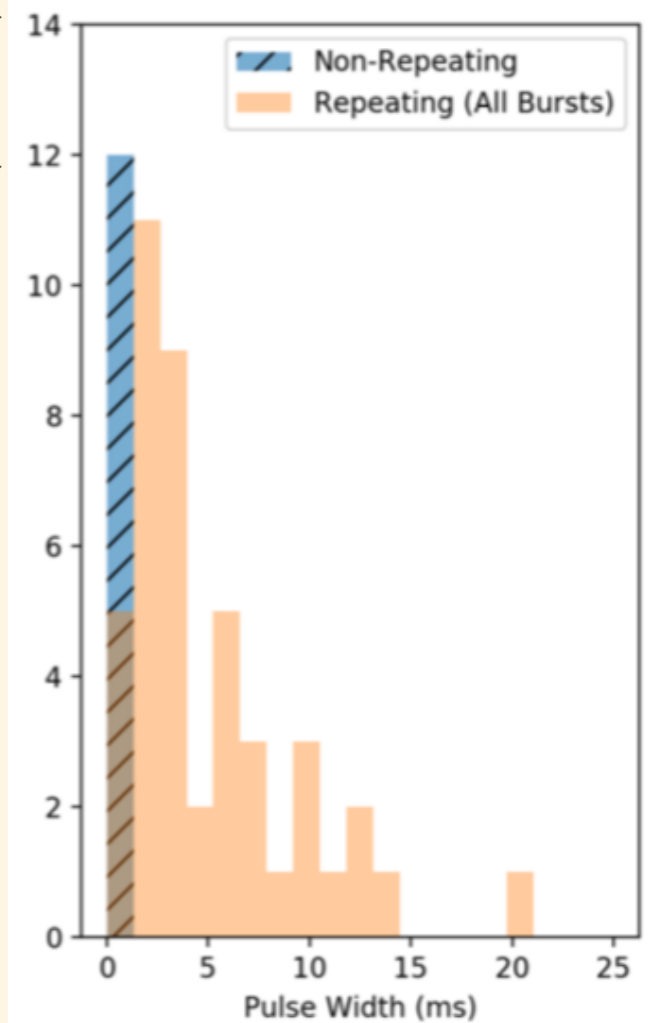
- FRBを多く見つけている電波望遠鏡は位置決定精度が低い
 - ~ 10分角
- 位置決定精度の高い電波望遠鏡はFRB発見数が少ない
 - ≈ 1 秒角は 19 FRBs
 - 内 7 FRBs は後述の repeating FRB源
- 母銀河の同定・距離測定はごく一部のFRBのみ



Repeating/Non-repeating FRB

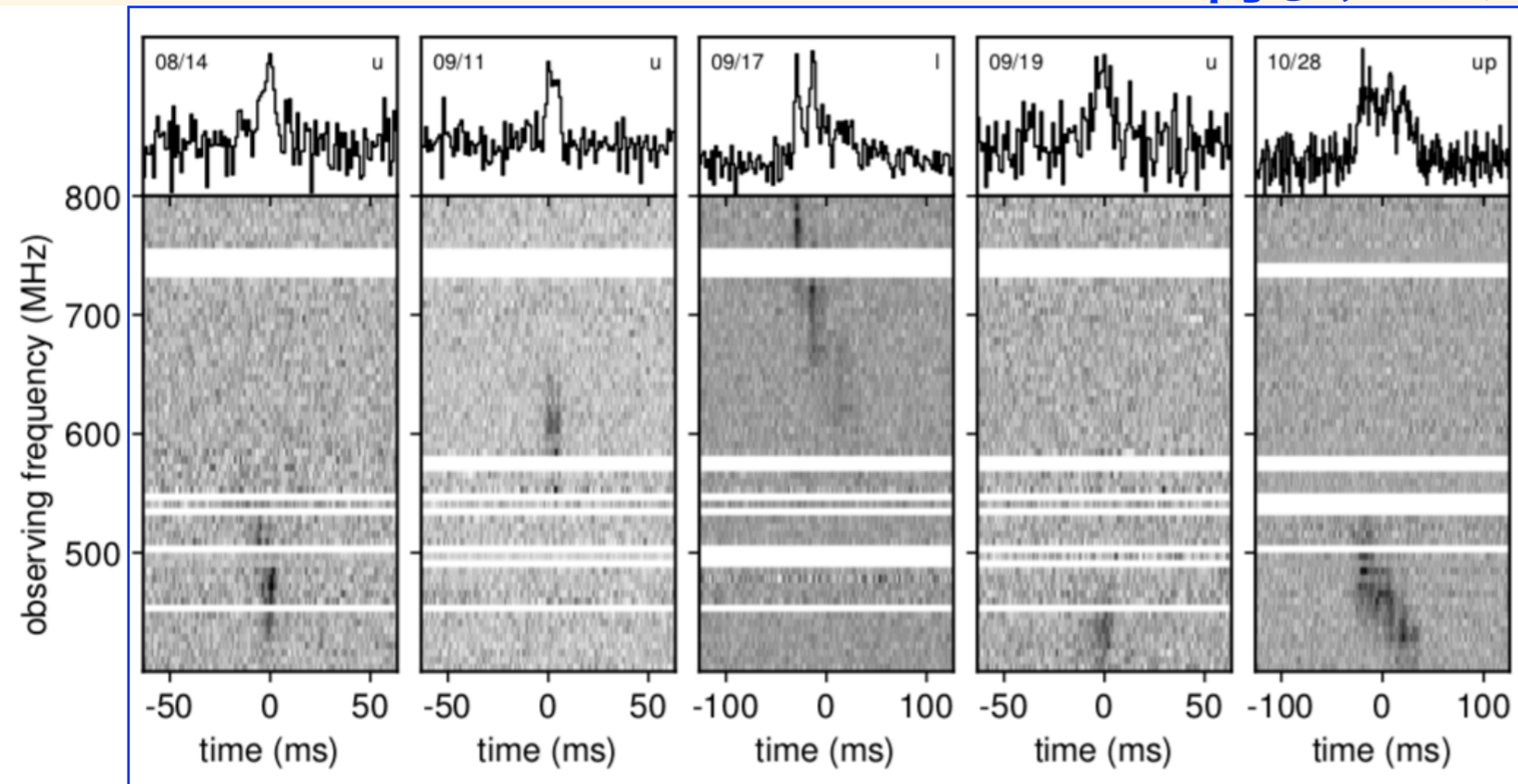
- 一部のFRBは最初の発見後にrepeat burstを見せている
 - これまでに約40天体
- 長時間追観測してもrepeatしないFRBもある
 - 複数種族？
 - repeating FRBはパルス幅が広い？
 - 多くの repeating FRB (but not all) で 'sad trombone' feature が見られる

The CHIME/FRB collaboration (2019)

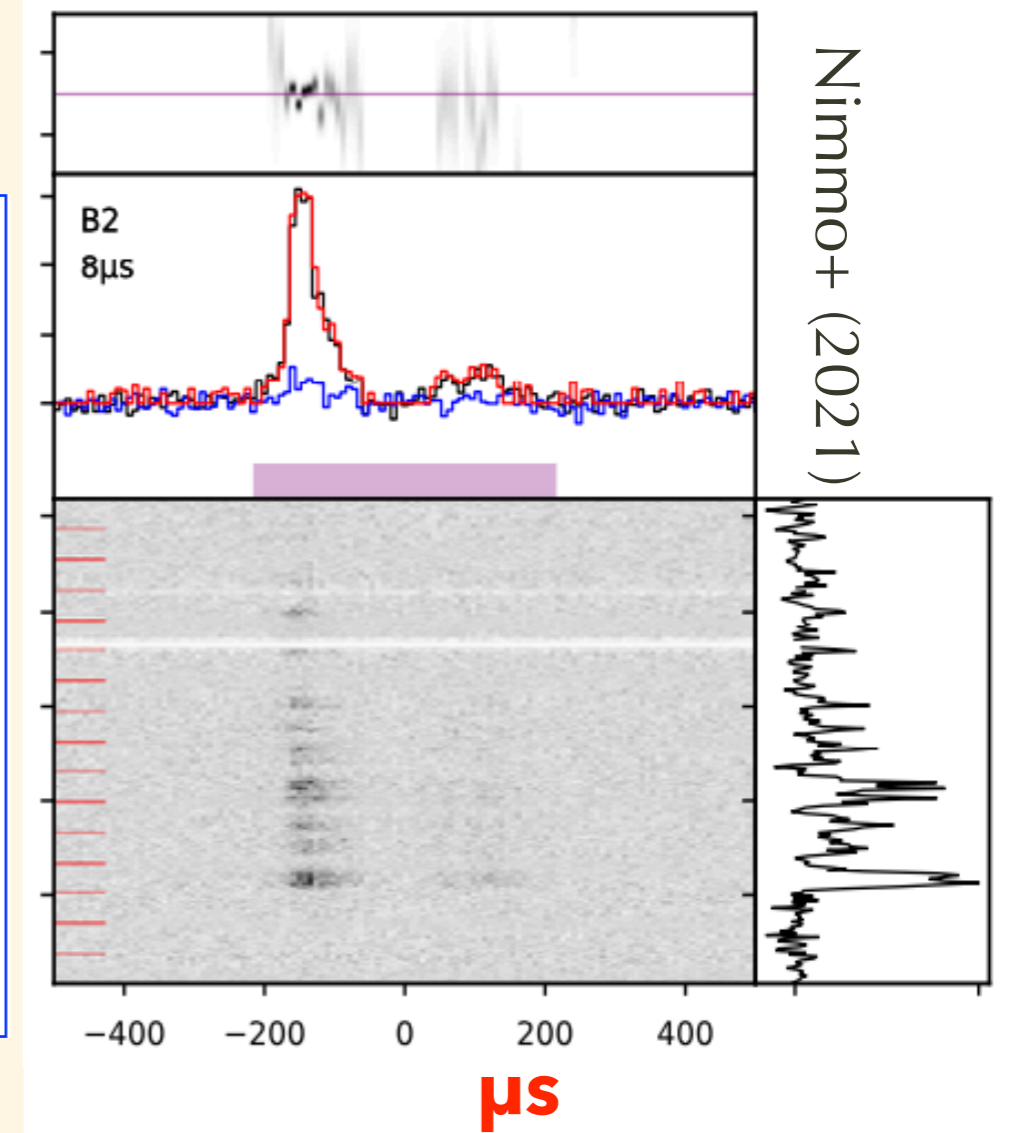


様々なFRB

同じソース

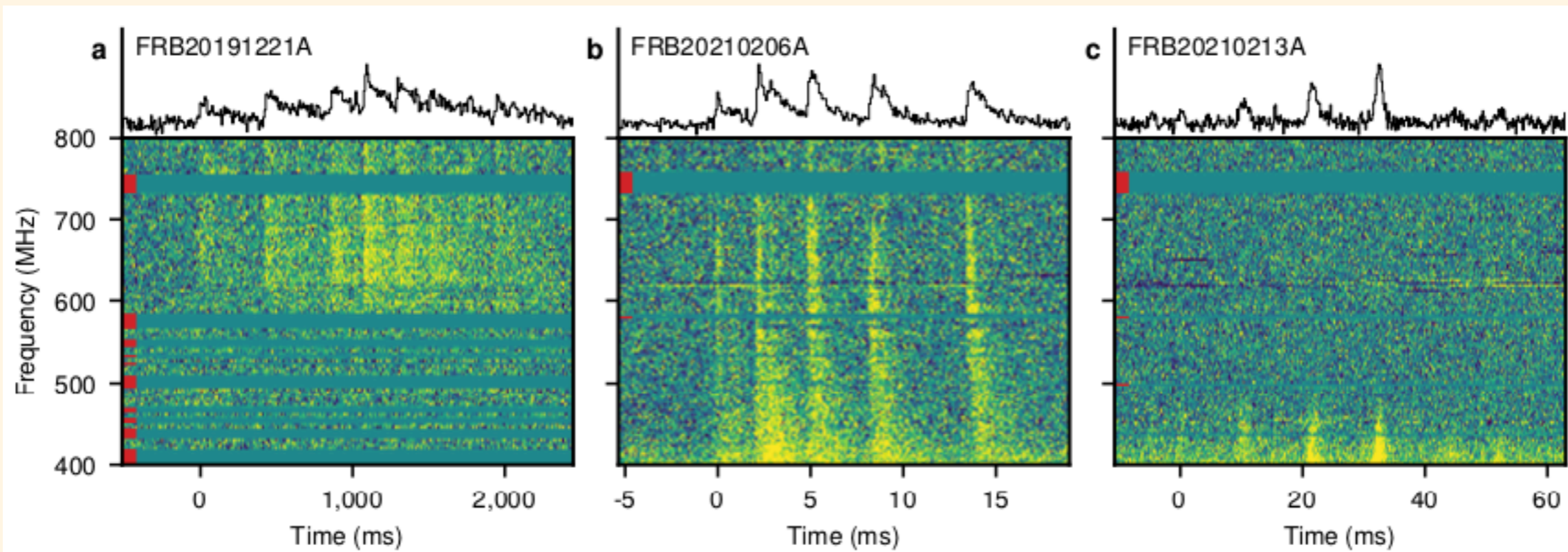


The CHIME/FRB collaboration (2019)



Nimmo+ (2021)

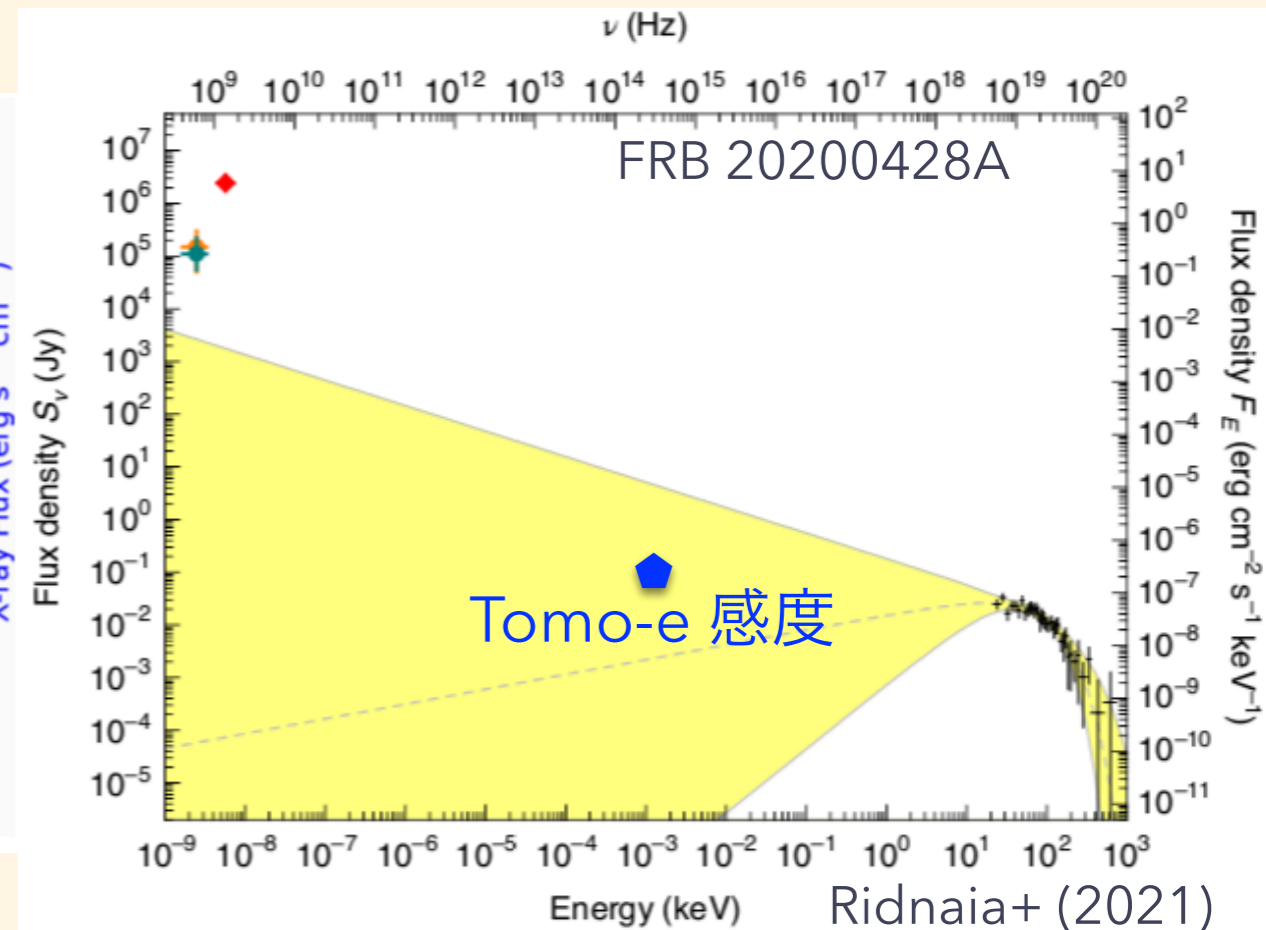
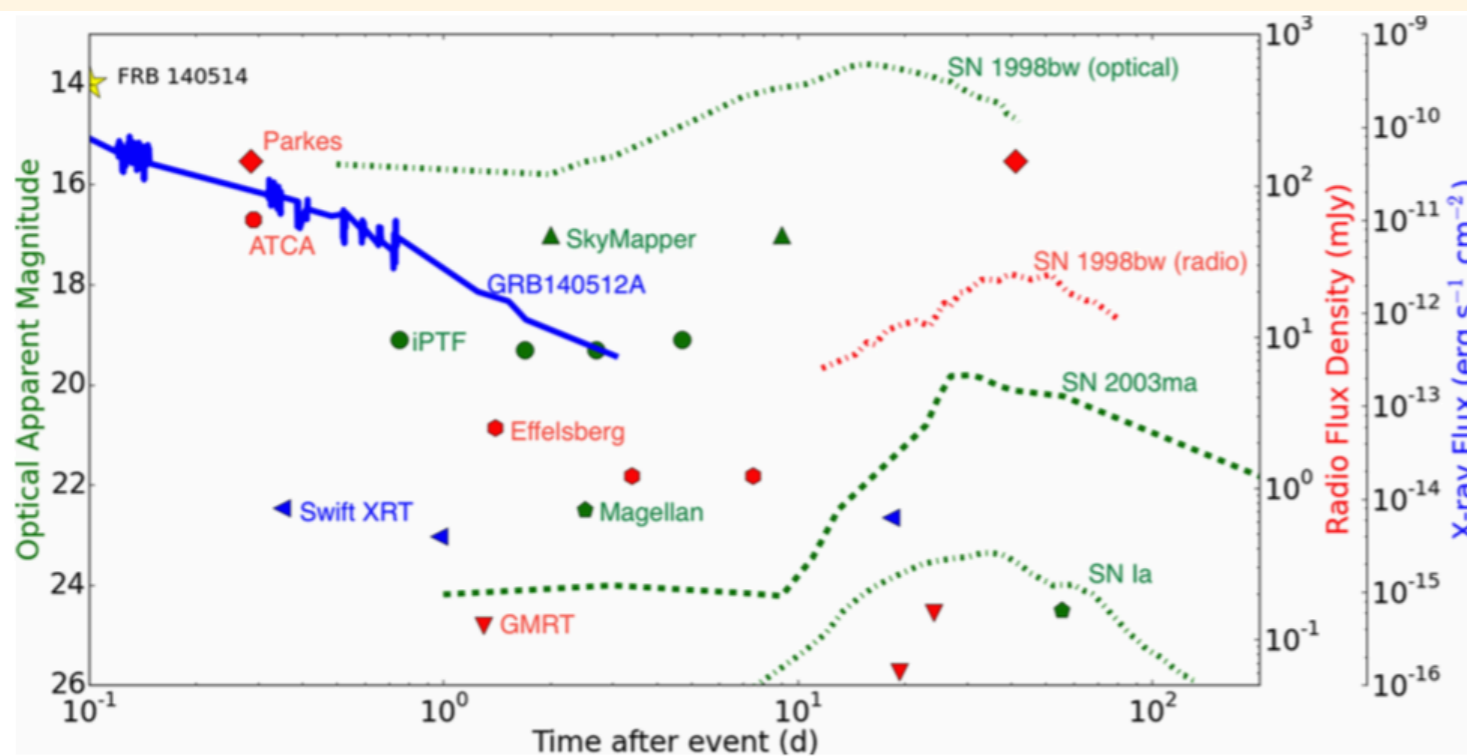
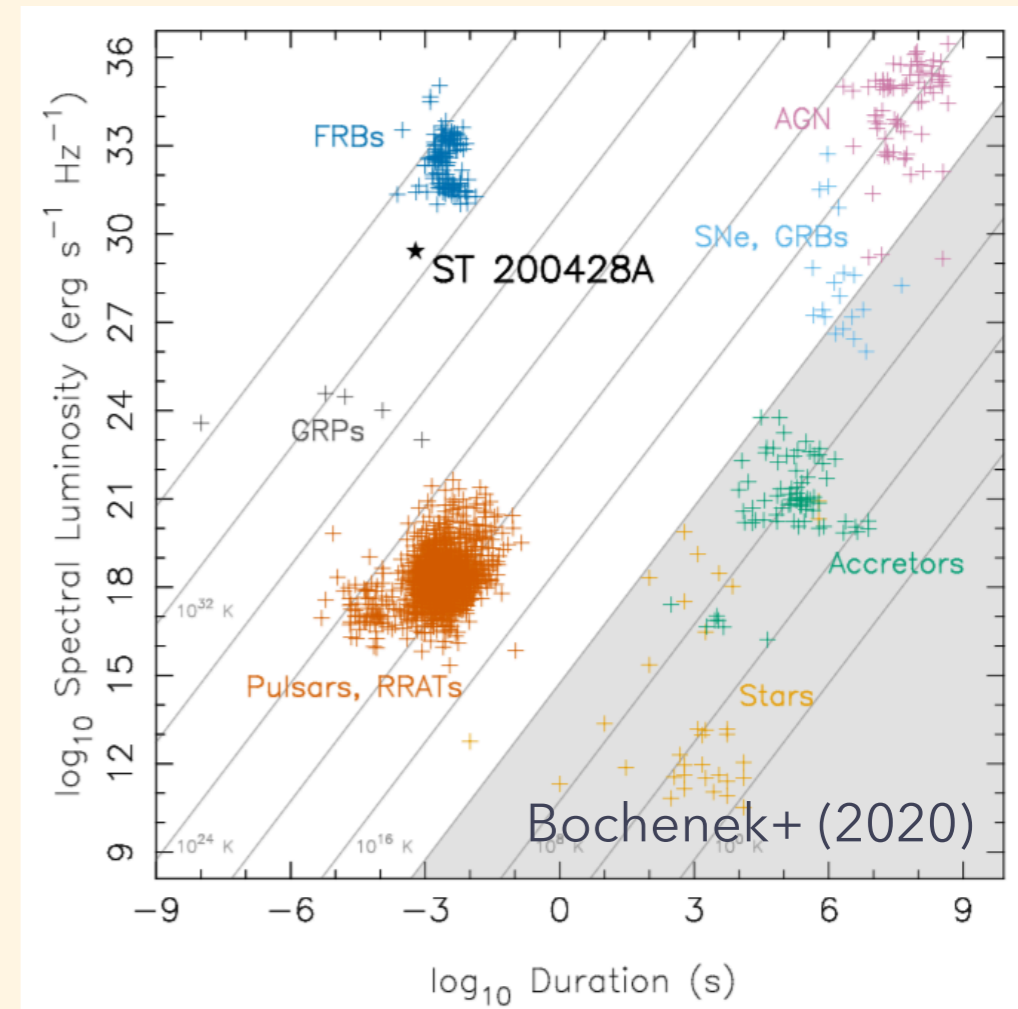
μs



The CHIME/FRB collaboration (2021)

対応天体探査

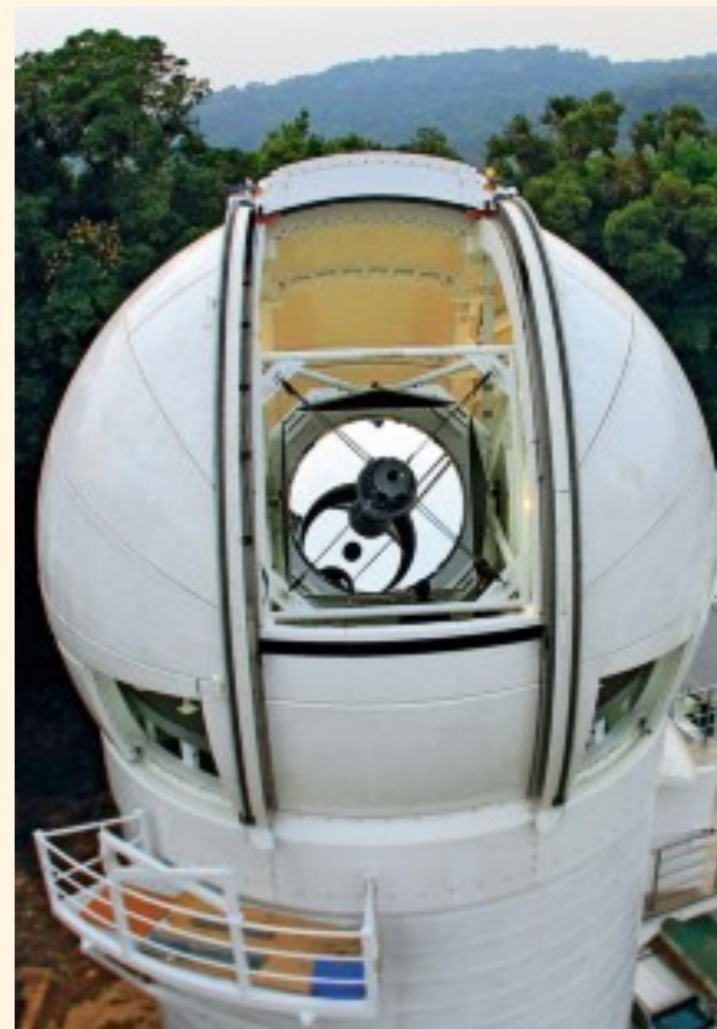
- 様々な波長（メッセンジャー）と時間帯で対応天体探査
 - 発生メカニズムの手がかり、発生場所特定の手段
 - 今のところ有力な（系外）対応突発天体候補はなし
- SGR 1935+2154 からのバースト（FRB 20200428A）
 - 銀河系内マグネターからFRB likeなバーストがX線成分と同時に検出
 - マグネター由来なら repeating FRB?
 - パルスは細い (< 1 ms)
 - 銀河系外のFRBと同種の現象か？



Petroff+ (2015, FRB 140514)

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

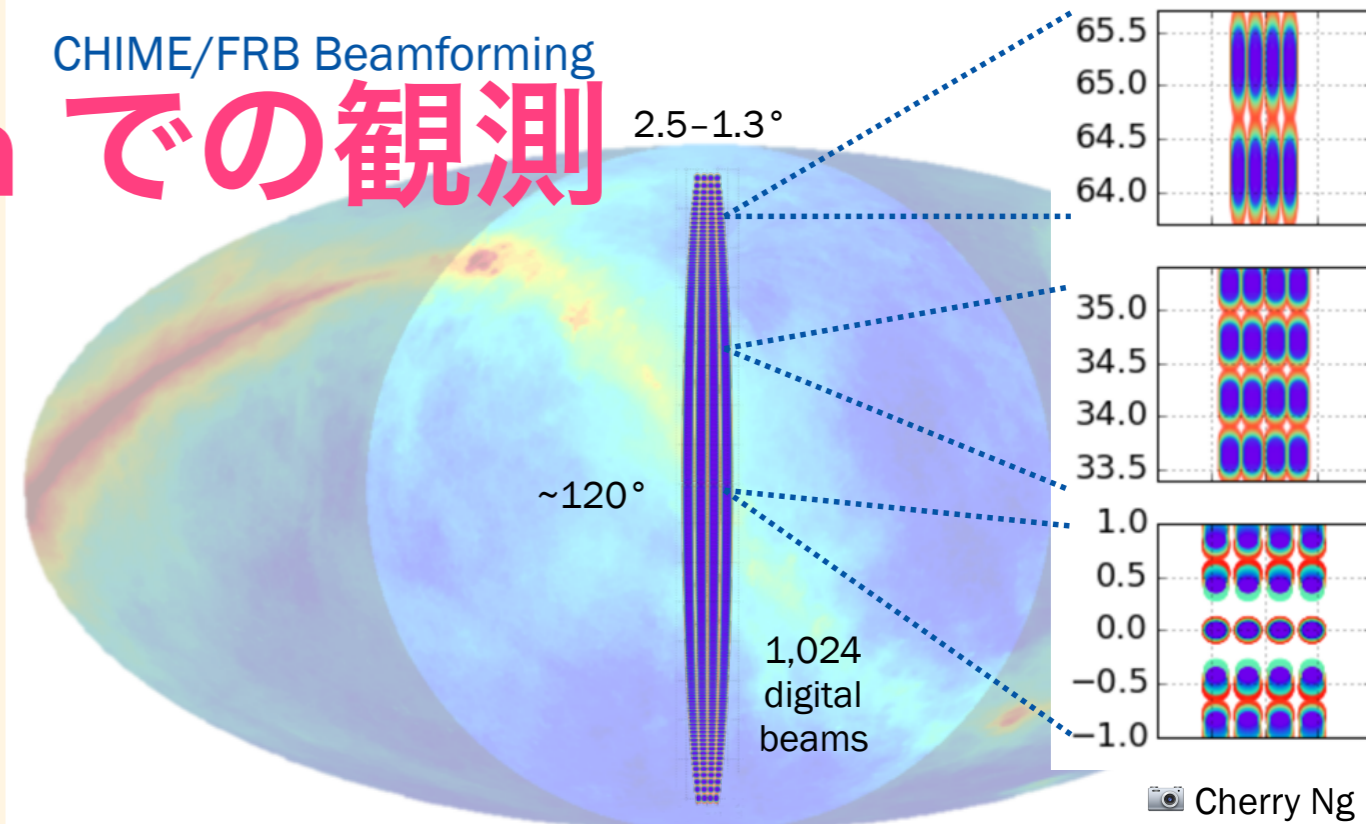
木曾 Tomo-e Gozen での観測

- 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14時間実施
 - 今のところイベントはなし
- 可視光対応天体候補が見つければ、せいめいやかなたで追観測を行う

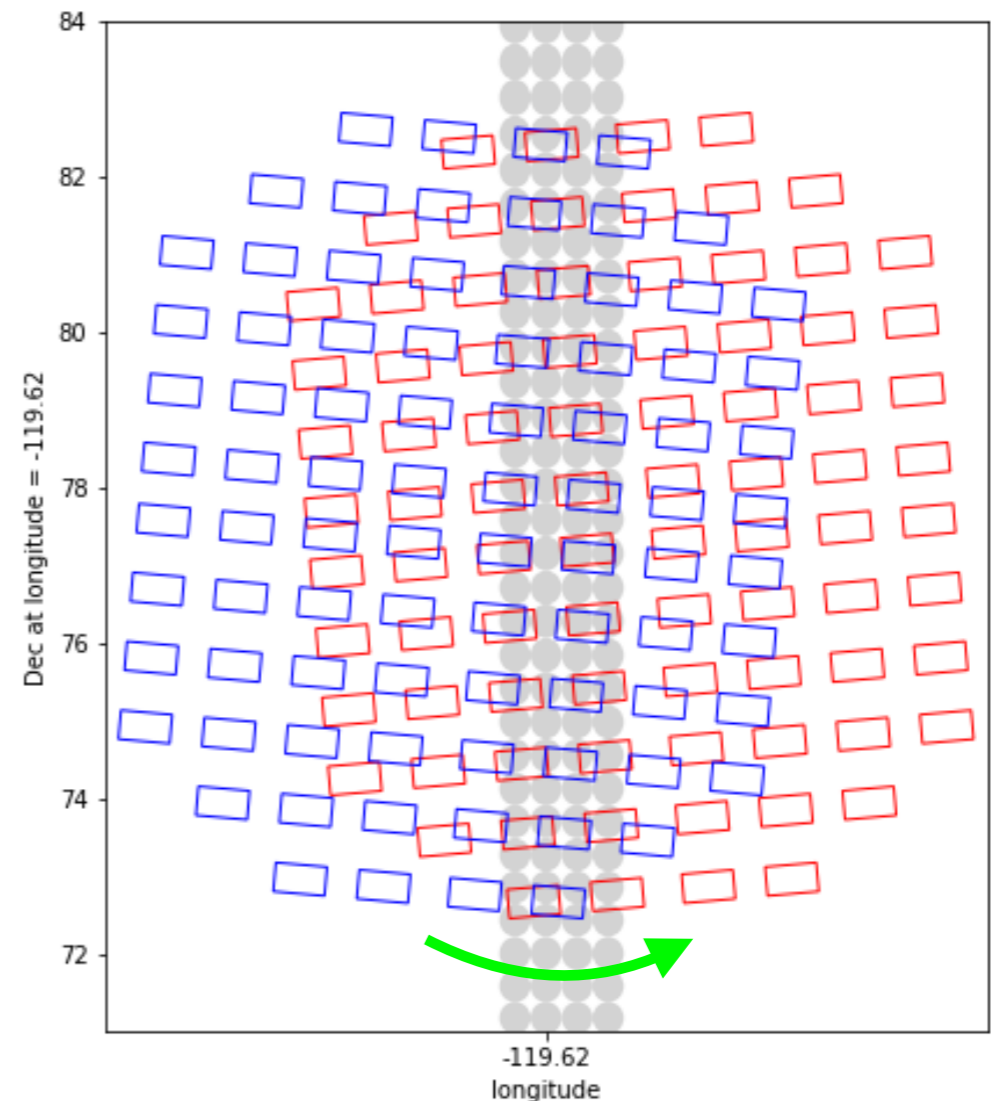


木曾 Tomo-e Gozen での観測

- 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

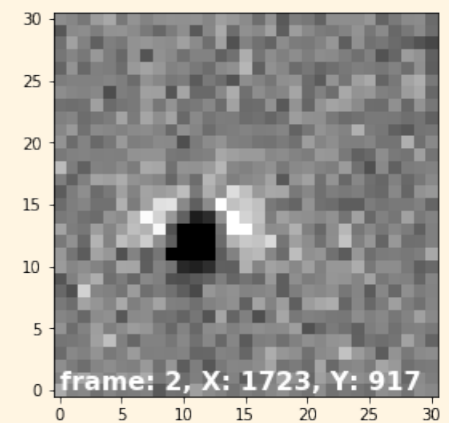
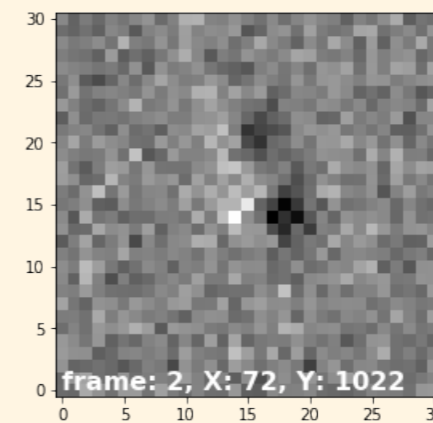
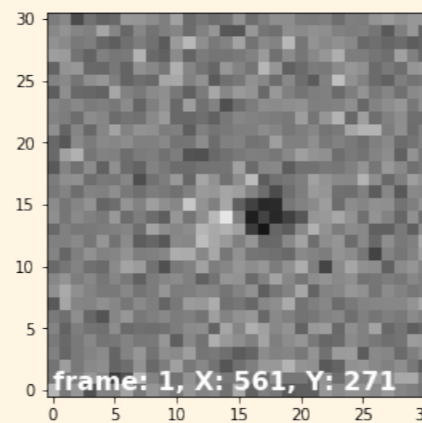
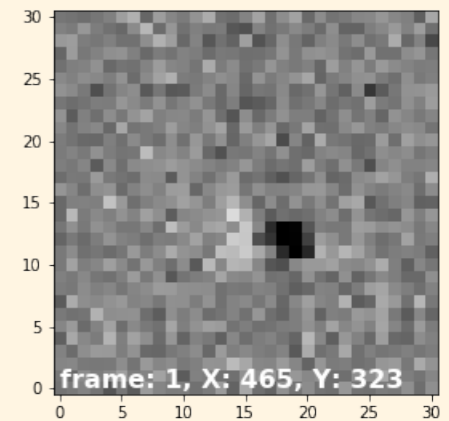
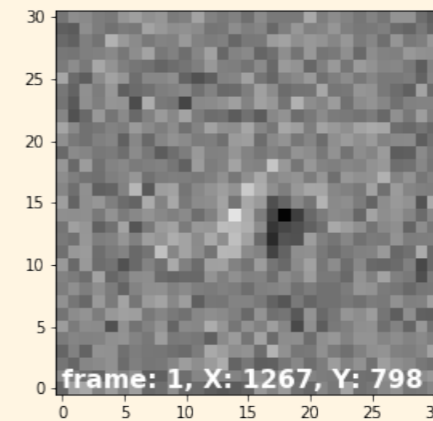
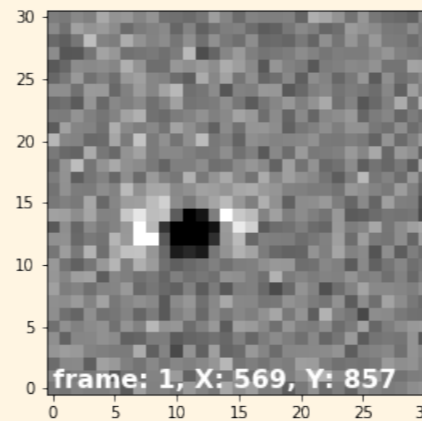
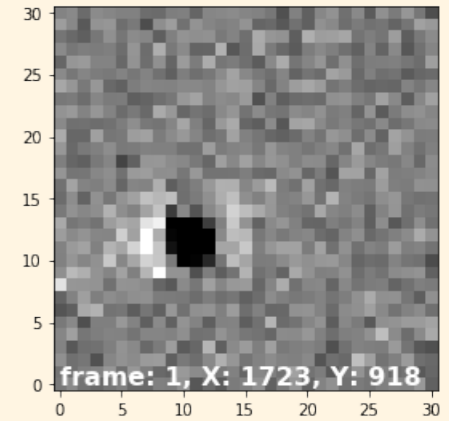
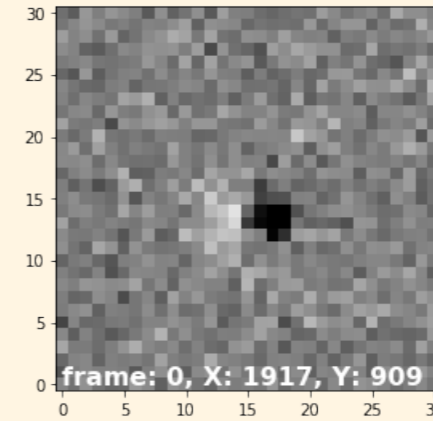
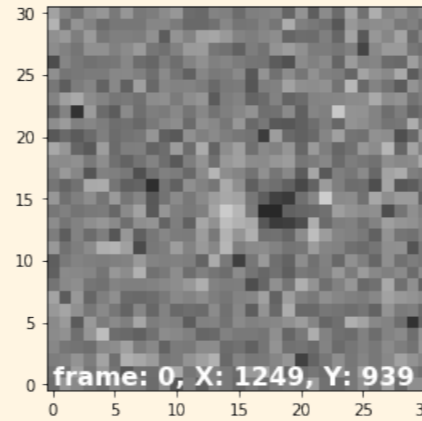


CHIME/FRB



木曾 Tomo-e Gozen での観測

- 観測後、CHIME/FRB でFRB 検出があったか問い合わせ
 - 1-2日程度で結果
- CHIMEの検出に依存しない独立した突発天体探査も検討中
 - 1 sec 毎の画像とfits全体のスタック（120 frames）の差分
 - SExtractor を使用
 - 明るい星の周りのゴミ上手く自動でマスクすれば減らせるかも



Repeating FRB 観測

- Repeating FRBも重要なターゲット
 - 広視野は不必要
 - 部分読み出しで数十fps 観測が可能
- FAST (Li, Tsai, Jiang et al.)、山口32m電波望遠鏡 (新沼 et al.) 等との同時観測を実施



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
 - CHIMEとTomo-e Gozenでの広視野探査を実施中
 - FAST や山口32mとrepeating FRBの観測も実施