

南極30mTHz望遠鏡による 突発(時間変動)天体の観測

坪井昌人、井上芳幸 (ISAS/JAXA)

対象天体

井上:面白いのはGRB, Tidal Disruption などの特異な高エネルギー天体である。

ただしマッピング速度の問題で、最初から探すのはほぼ無理で、follow-upが中心になる。

他波長で検出された天体を少なくとも数日以内に観測する。

(例 2004年のSGRでは5日目に向いたNMAは15mJy @100GHzで検出できたが、1日遅れたPdBIは検出できなかった)。

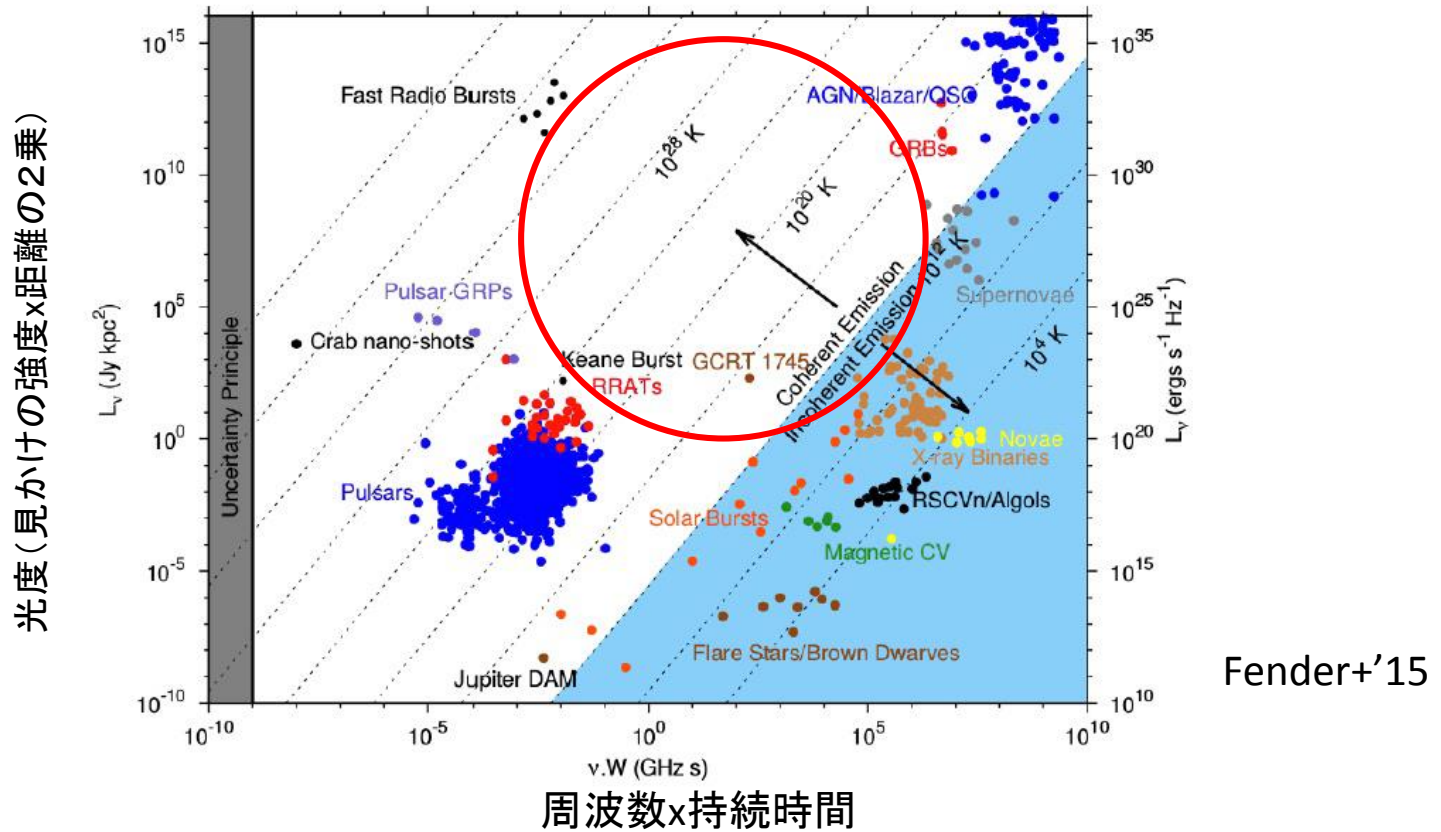
その後、定期的(数日 or 数週間)で観測できればよい。

坪井: SgrA*の時間変動も相変わらず面白い。

ただし、秒スケールで観測できることが必要である。

- 面白いのはGRB, Tidal Disruption, BH-BH, IC-Neutrinoなどの特異な高エネルギー天体である。

Radio Transient Parameter Space



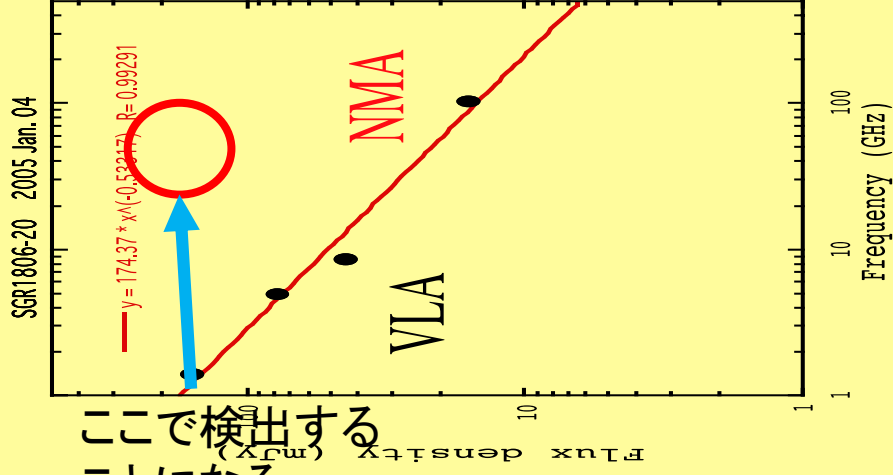
- THz telescope will cover the unprobed parameter space.
- =>これを信じれば $\nu \times T < 10^6 \sim 100 \text{GHz}$ ならば 1~10000秒
- will see unknown transient events.
- =>重なるところに新しい天体がある場合もある。

2005

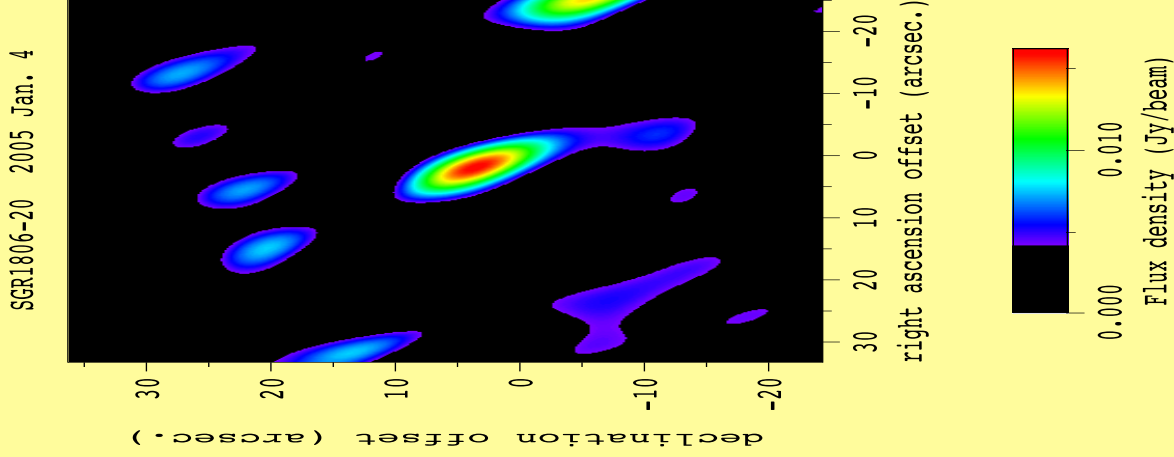
mm-Wave Detection of Afterglow of a Giant Flare of Soft γ -ray Repeater 1806-20

古文書を紐解く。

ここで検出することになる



NMA map at 102 GHz



Cameron et al.
Submitted to Nature

感度: SGR の例にあるように~10mJy程度
=>とりあえず~1mJy程度の感度

テラヘルツ観測の重要性:

これもSGR の例にあるように基本的にシンクロトン放射によるべき乗スペクトルの連続波なので、センチ波とミリ波との違いはそんなに重要ではない印象である。

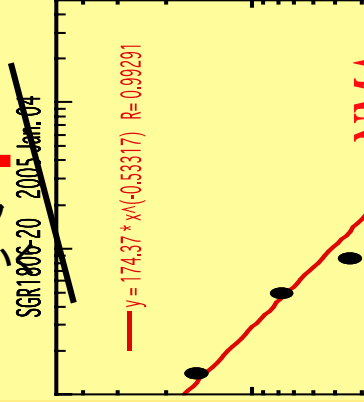
ただ、センチ波で捉えるよりも高エネルギーの粒子を見ることがができるので、粒子加速の理解では重要かとは思いますが(そこまで重要かと言われると自信がない。)

つまりこれらの天体はキツイ右下がりのスペクトルが多いので、検出だけならばVLA、ACTAそして動いているはずのSKA-Iにかなわない。

mm-Wave Detection of Afterglow of

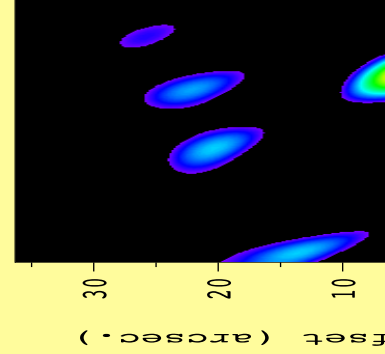
Giant Flare of Soft γ -ray Repeater 1806-20

時間とともにブレーク周波数がシフトしてい



NMA map at 102

SGR1806-20 2005 J



Transient Science Strategy

- Discover transients by THz telescope
 - too small FoV
- Follow-up
 1. unknown (or new) sources (e.g. GW/neutrinos)
 - THz fluxes are unknown.
 2. known sources (e.g. GRBs/TDEs/Magnetars)
 - THz fluxes can be estimated

感度: SGR の例にあるように $\sim 10\text{mJy}$ 程度の天体

=>とりにあえず 1mJy 程度の感度

30mの場合

1) 350GHz ならば1時間で 44 平方度 ($6.5\text{d} \times 6.5\text{d}$)を $\sim 1\text{mJy}$ の感度でマッピングできるので、他波長の精度から考えて、これでとりにあえず対応天体を見つける。

2) 1日のうちに $350 \sim 1500\text{GHz}$ のスペクトルを取得する。

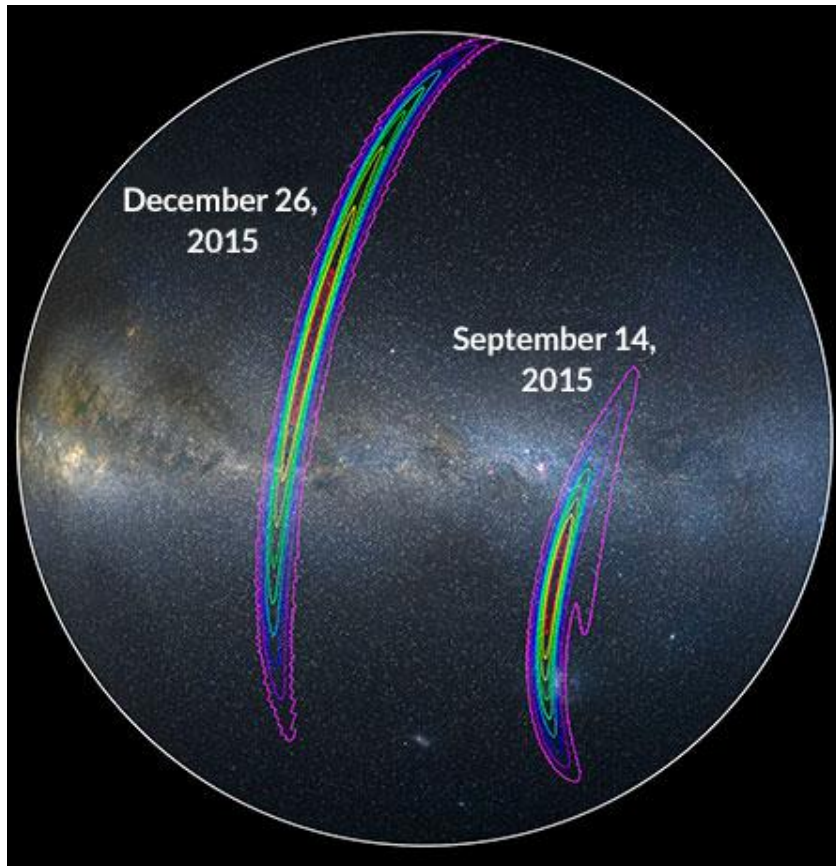
10mの場合

1) 400GHz ならば50時間で1平方度を $\sim 2\text{mJy}$ の感度でマッピングできる。他波長の精度と感度から考えて、**運が良ければ**、対応天体を見つけられる。

2) 数日のうちに $400 \sim 1300\text{GHz}$ のスペクトルを取得する。

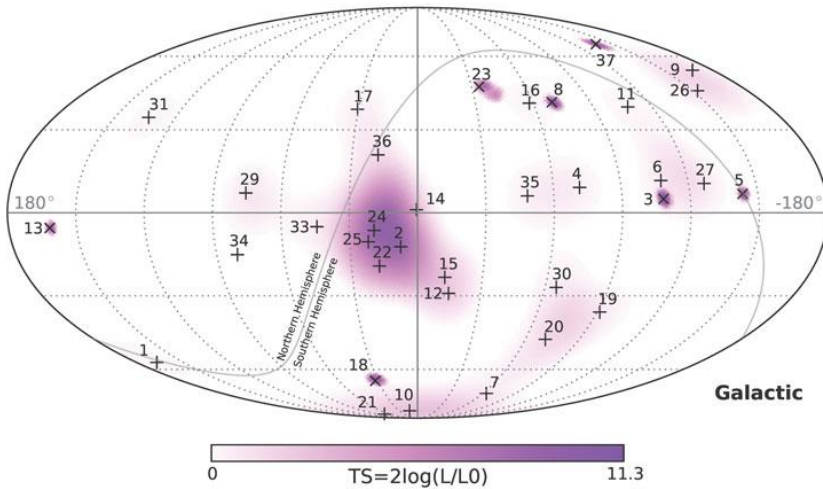
Follow-up of “unknown” sources

- Gravitational Waves -



- The electromagnetic counterpart search is important to understand the property of the origin.
- But, too large area
 - $>100 \text{ deg}^2$
 - with KAGRA, it will be $\sim 10 \text{ deg}^2$
- Follow-up after X-ray or Opt. counterpart determination.

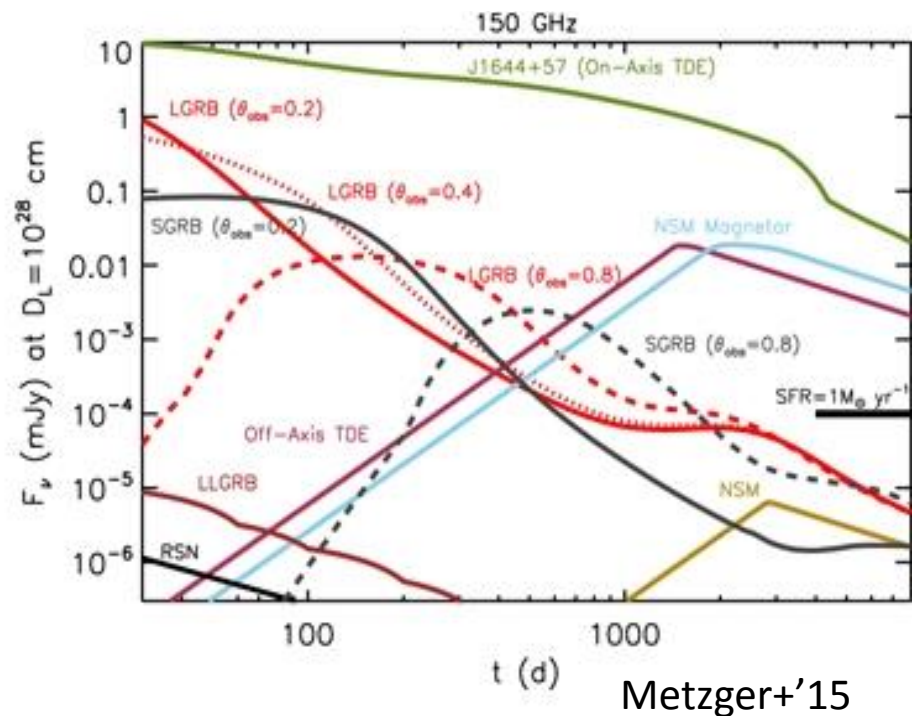
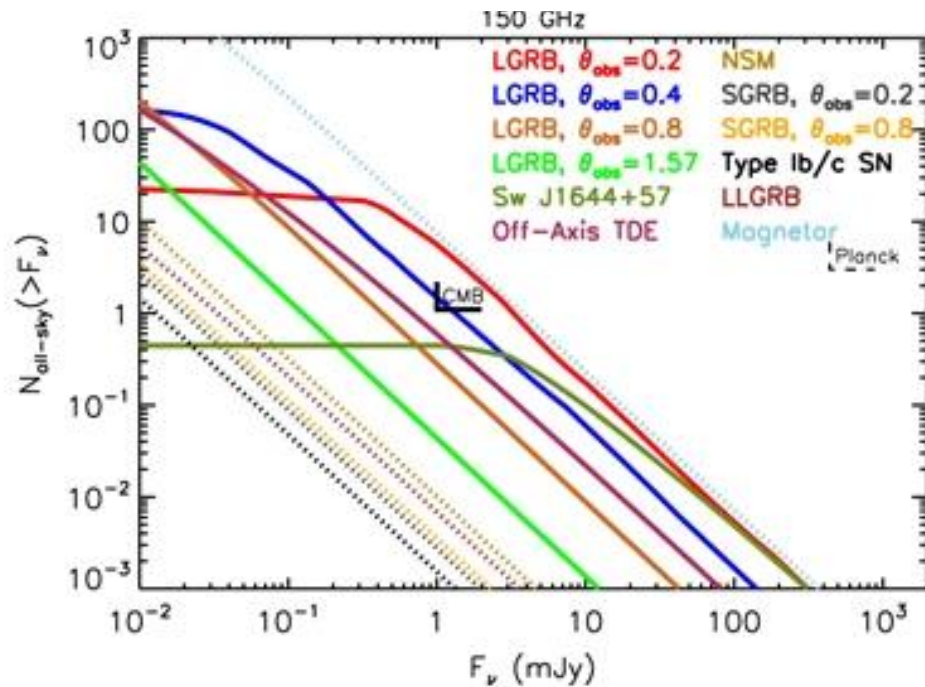
Follow-up of “unknown” sources - IceCube Neutrinos -



Arrival directions of the 37 very high energy events found in IceCube after analyzing three years of data (2010–2013). The grey line denotes the equatorial plane. The color map shows the test statistic (TS) for the point-source clustering test at each location. No significant clustering was observed.

- TeV-PeV neutrinos are detected by IceCube
 - origins are still in the mystery. important for understanding the cosmic particle accelerators.
 - the IceCube team starts to issue an alert.
 - the positional error circle radius is 0.8 deg (90% confidence level).
 - we have already obtain VERA 22GHz ToO time. Led by Yasuyuki Tanaka (Hiroshima)

Follow-up of “known” sources



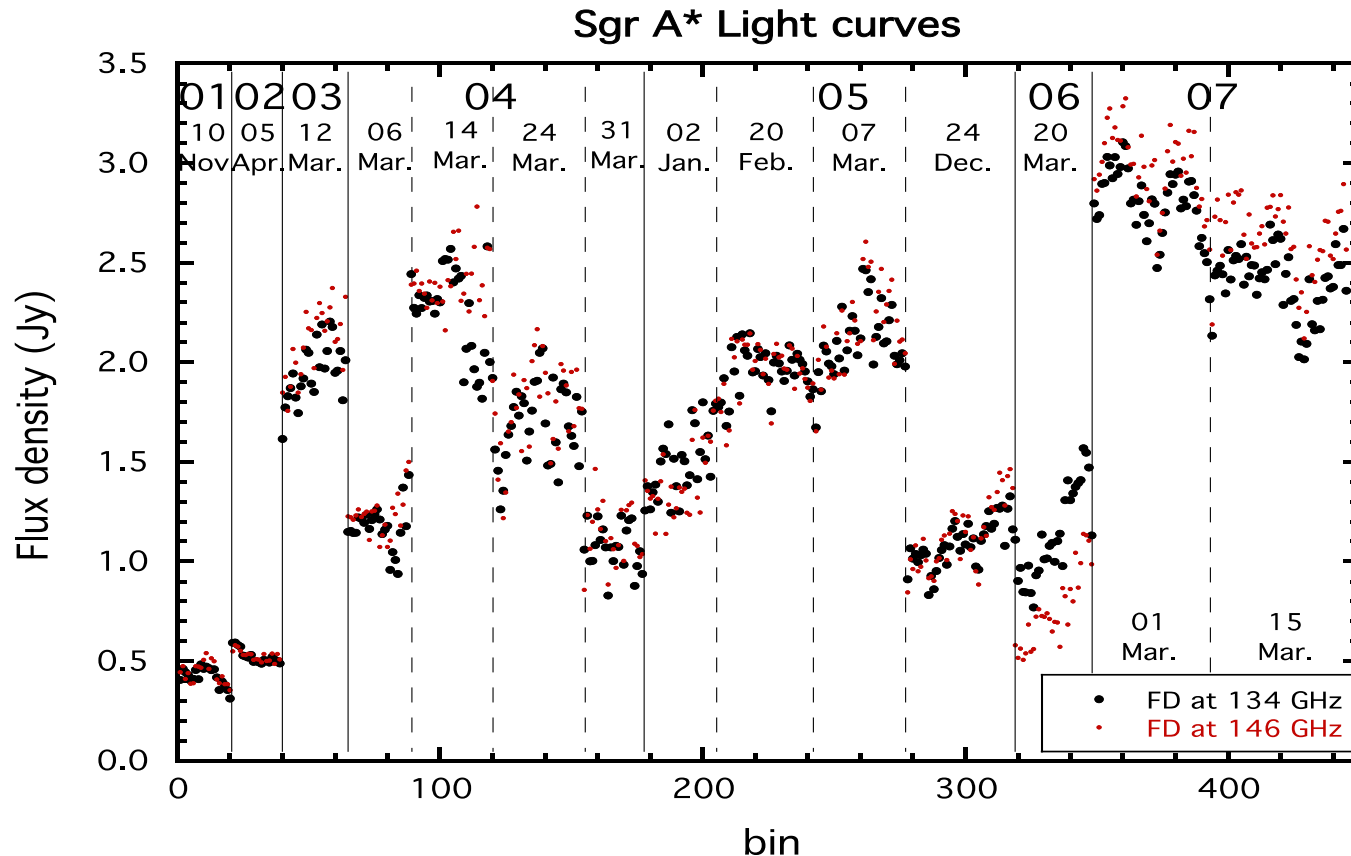
- At THz, these objects become much fainter (a factor of 10 rough estimation).
- GRBs, TDEs, Type Ib/c SNe, neutron star mergers, magnetars are faint.
- Need to perform a calculation at THz.

- SgrA*の時間変動も相変わらず面白い。

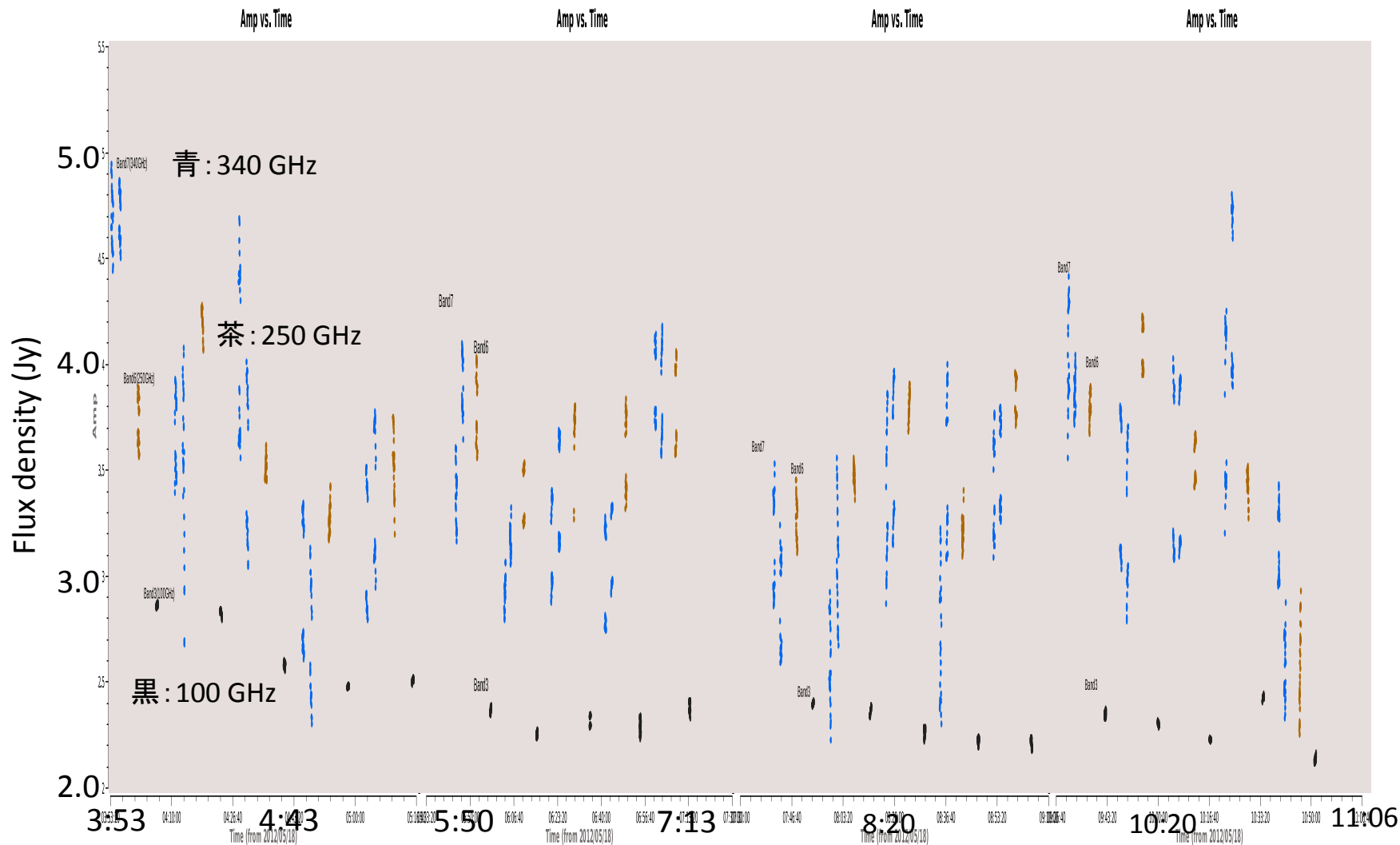
NMA時代の銀河系中心SgrA*のライトカーブ

以下はNMAによる銀河系中心SgrA*の140GHz帯のライトカーブ

1 bin~2分、日によっては数時間タイムスケールで変動が観測されている
(Miyazaki, Tsustusmi, Tsuboi 2004)



ALMA時代の銀河系中心SgrA*のライトカーブ



ALMA時代の銀河系中心SgrA*のライトカーブ

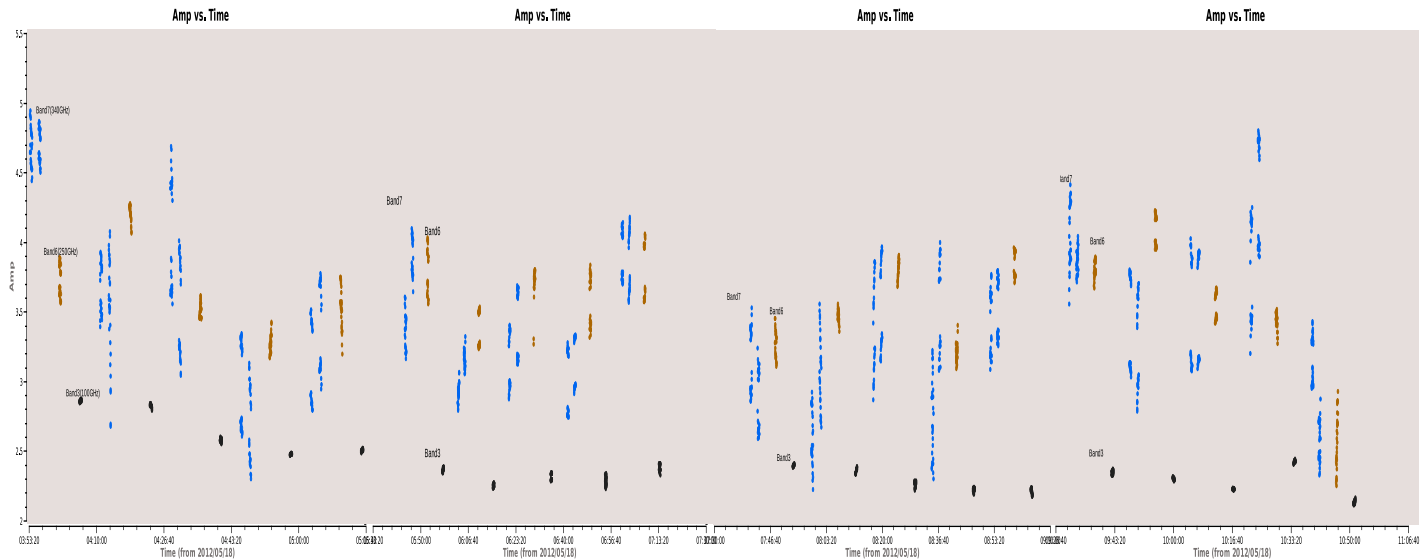
ALMAによる銀河系中心SgrA*の350GHz帯のライトカーブ

数分タイムスケールで変動が観測されている。

この変動が本当の現象か大気などによって引き起こされるフェイクなものかを切り分ける必要がある。
そこで**校正天体の変動を見てみたところ激しい変動は見つけることができなかった。**

これは一体なんだ???? (Cf. ISCOでの周期~30分(シュワルツシルトBH))

時間変動のスケールに光速度をかけると光源の大体の大きさが推定できるが、そうすると0.1天文単位程度の光源であることがわかる。



ALMA時代の銀河系中心SgrA*のライトカーブ

- 0.1~0.数AU: SgrA*の場合はシュバルツシルト半径程度に相当する。
- そもそも電波で見えるSgrA*は、本当はどこが光っているのでしょうか？ジェットを持たないSgrA*の本当の光源は簡単な問題ではない。
- 根拠は薄いのであるが多くの天文学者はブラックホールの周囲の降着円盤がサブミリ波で光っていると思っていて、サブミリ波VLBIによる十分な角度分解能で観測すれば事象の地平面を表す黒い穴が見えると想像している。
- しかし、今回観測されたSgrA*の激しい変動をするライトカーブは降着円盤が光っているとしても定常的に光っているのではなく、(多分)あちこちがクリスマスツリーのように光っていることを示唆しているのかもしれない。またISCOの近くのプラズマによるシンチレーションによるものかもしれない。どちらにしろVLBIでの撮像に困難をもたらす可能性もある。

結論

- 1) 重力波天体やニュートリノ天体などの追観測は天体物理学として大変重要であり、ぜひすべきである。
30mが建設する頃には運が良ければ検出できるほどの位置精度に達すると期待ができる。
- 2) 銀河系中心の時間変動も面白い！（個人的意見）
30mが建設する頃までには解決されていると期待するが、そうでない時は空き時間にはSgrA*を見よう。