

Time-resolved studies of high mass star-formation in ALMA/SKA era

元木業人

国立天文台 水沢VLBI観測所

ALMA/SKA/TMT時代の星形成研究

- 最大分解能(10 mas) $\sim 10 \text{ AU @ } 1 \text{ kpc}$
原始星/YSOサイズ $\sim 0.03 - 0.3 \text{ AU}$
ジェット/アウトフロー駆動 $\sim 0.1 - 1 \text{ AU}$
各種MHD現象の起こる半径等 $< \text{a few AU}$
→空間分解はそもそも不可能
- 装置大型化の限界
→Post-ALMA時代においても
単純撮像による研究にはおのずと限界

最後のフロンティアはやはり“時間”

- 星近傍現象は時間変動して当然
 $M \sim 10 M_{\text{sun}}$ $R \sim 5 \text{ AU} \rightarrow$ 力学時間 $\sim 2.5 \text{ yr}$
- VERA プロジェクトの最大の“副産物”
高空間 + 高時間分解能モニターによって
 \rightarrow SFR/AGNs とともにパラメータスペースを拡張
- SKA に対してもサイエンスケースの検討が行われている

サイエンスケースの例

YSO時間変動

○X線/電波フレア

YSOコロナ、磁気圏相互作用、周期的降着

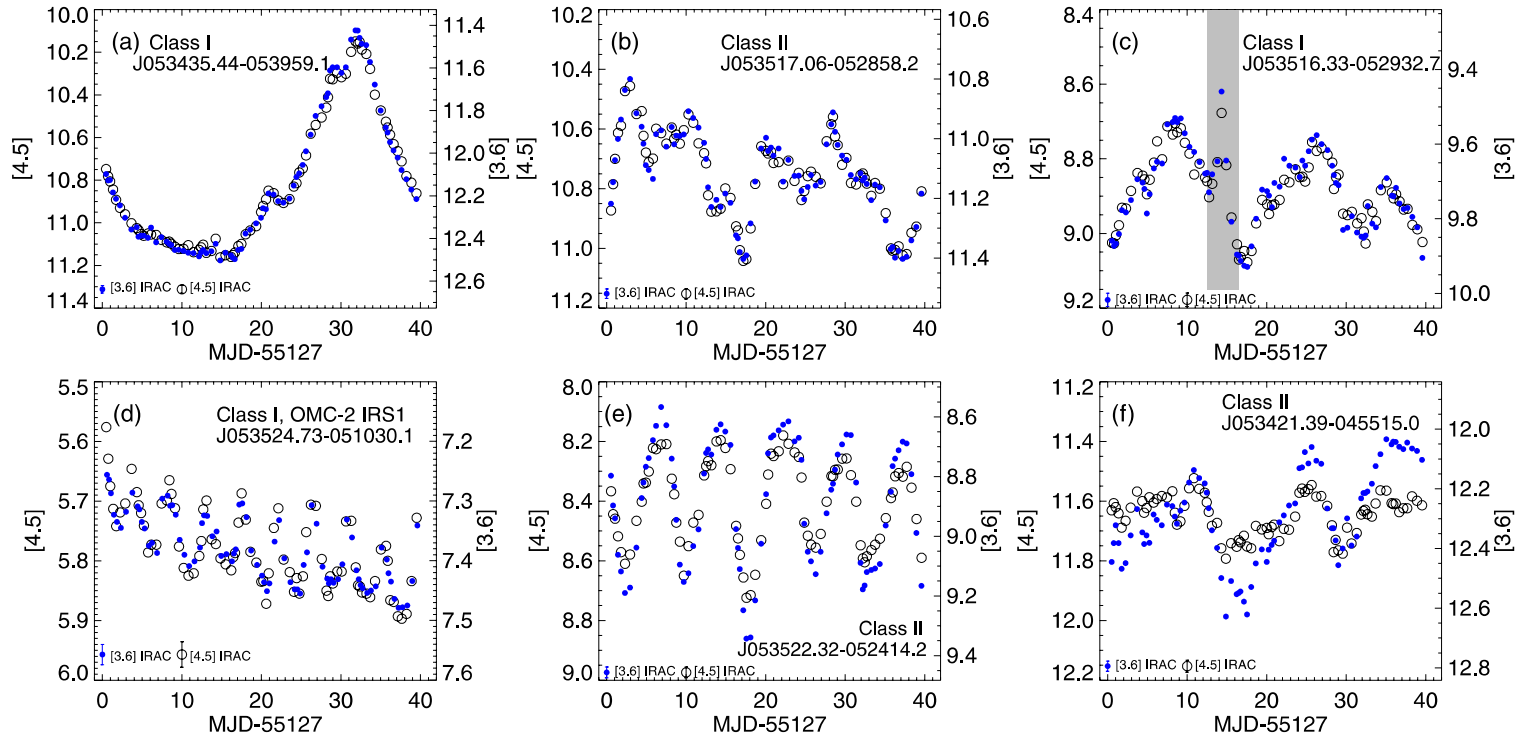
○可視/赤外変光

Warp円盤、円盤大気、降着流による遮蔽
降着率の変動

○近年のモニタープロジェクト

- Spitzer YSOVAR project
 - 12領域の中間赤外モニター、数10日連続
 - NIRによる分光モニター
- Coordinated Synoptic Investigation of NGC 2264 (CSI2264, Cody + 2014)
 - NGC2264のYSO、1000天体を30日モニター (CoRot + Spitzer)
 - YSO可視/赤外変動は単一起源では説明出来ない

YSOVARの例

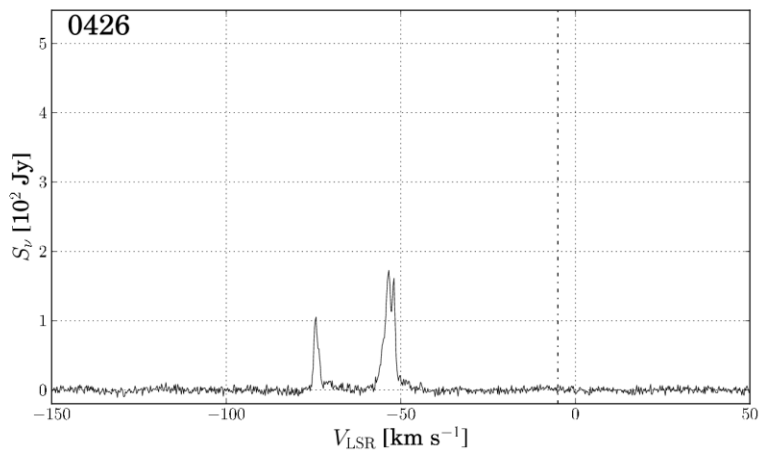
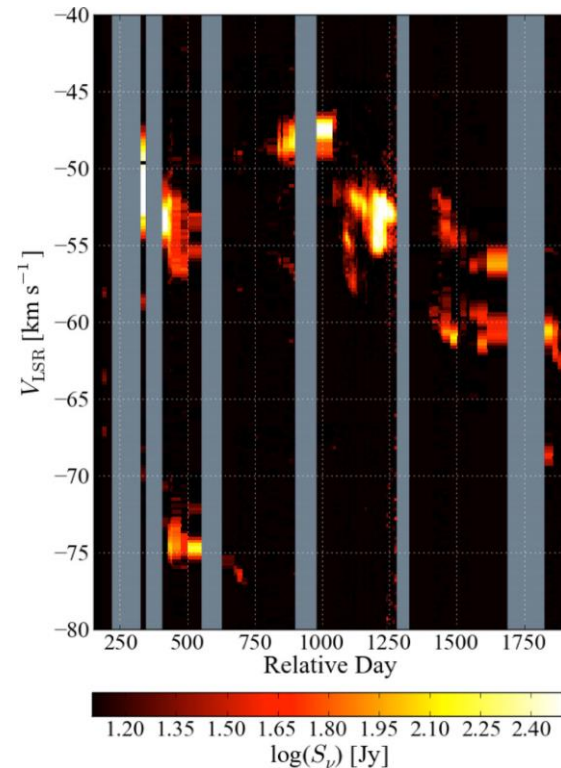
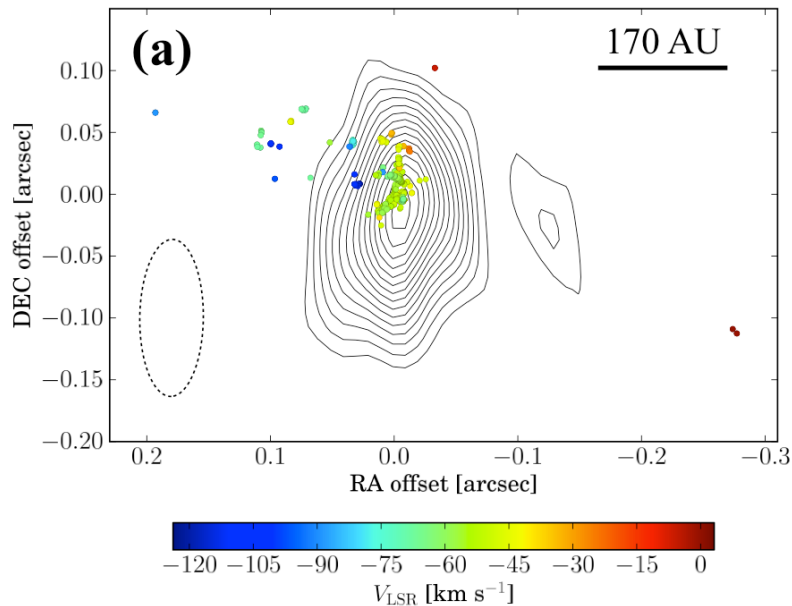


(Morales-Calderon+ 2011)

- 近赤外分光モニター(Faesi+2012)
→ 数日 - 数ヶ月スケールでの降着率の変動を示唆

VERA/JVNでの研究例

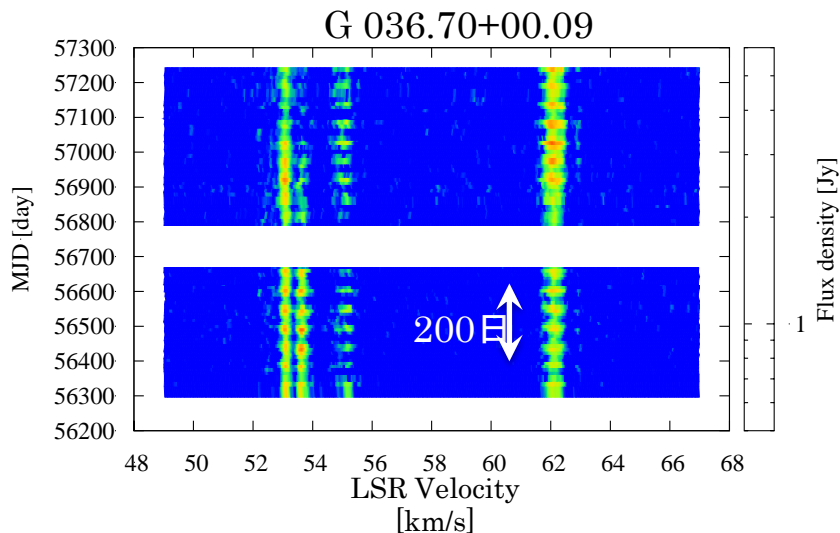
原始星ジェットの間欠的駆動(Motogi + 2015)



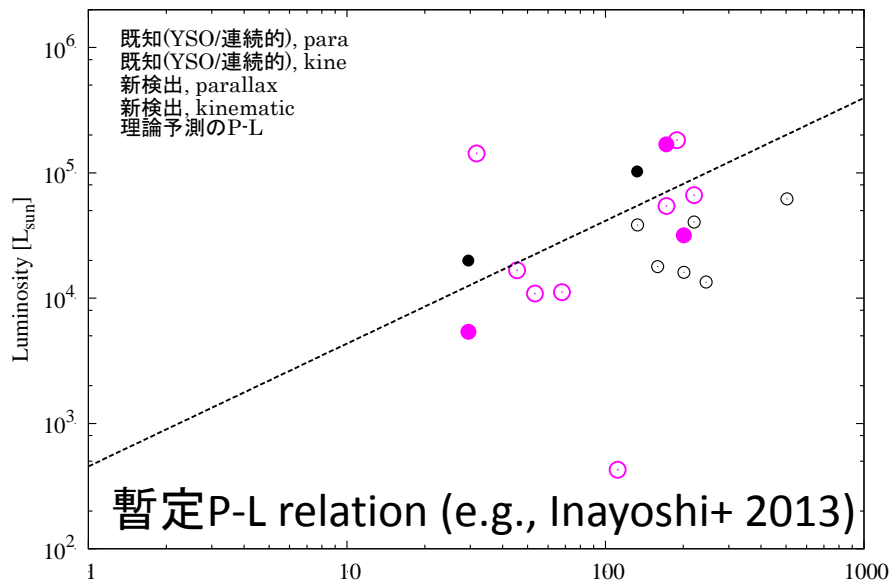
- 間欠的なジェットの吹き出し(~1 yr)
→ Episodic Accretion の変動
(Machida+ 2015)
→ 重力不安定の起こる円盤半径を示唆

VERA/JVNでの研究例2

周期変動CH₃OHメーザー(杉山ポスター)



- 原始星周囲の赤外光度変動
e.g.)
恒星風衝突
原始星脈動, etc



- 日立32mによる
大規模モニター
- 脈動であれば直接
星のパラメータが導出可能

SKAによる時間変動探査

Star and Stellar Cluster Formation: ALMA-SKA Synergies

G. A. Fuller, J. Forbrich, J. M. Rathborne, S. Longmore, S. Molinari

○広帯域スペクトル指数モニター

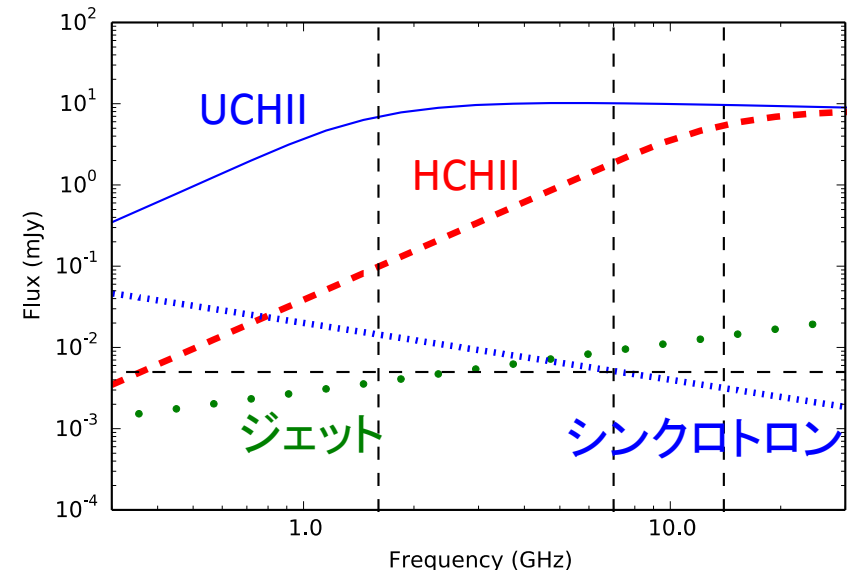
- 高分解能($0''.1$ 以下) \rightarrow 0.02 pc @ 5 kpc molecular ring
星団内の個別HCHII領域を分離
- 3バンド (1.6, 7, 14 GHz)
 \rightarrow スペクトル指数変化
- Full Stokes
磁場の変動

○狙うべき対象 (私見)

ジェット/HII領域/磁気圏...etc

降着衝撃波の時間変動

\rightarrow IRDC中の極若い原始星(大降着流/低質量)



典型的なスペクトル形状

5 kpcにスケールリング

将来計画

ALMA/SKA時代の状況

- 星形成に限らず”時間”が鍵となるテーマは多い
 - ...星周現象/AGNの長期高頻度モニター
 - ...系内ブラックホール天体の降着現象
 - ... γ 線バースト即時フォローアップ
 - ...重力波天体のマルチメッセンジャー
- 大型共同利用装置とはそもそも相反
 - ... 高感度、高空間分解能 \Leftrightarrow 足は遅い
- 2020年以降電波の国内装置は”砂漠化”
 - ...大型装置への集中投資の弊害

新観測装置とかどうでしょう？

- 時間分解能特化、小中規模の望遠鏡
→低コストで大型望遠鏡とのシナジー
(e.g., ALMAに対するpre-study、
SKAに対するフォローアップ)
→国内の”My telescope”としての意義
- タイムライン(ざっくり)
2016 ~国内有志によるWG立ち上げ、科学検討
2018 ~茨城/山口干渉計を用いたPre-study
2022 ~検討を終了、具体的なアクションへ