#### DENSE MOLECULAR GAS TRACERS IN THE OUTFLOW OF THE STARBURST GALAXY NGC 253

著者: Fabian Walter, Alberto D. Bolatto, Adam K. Leroy 他18名本ppt作:小西 諒太朗

#### Introduction

- ・銀河スケールの風はスターバースト銀河活動核を持つ銀河ではよくある
- •銀河風は高い赤方偏移で特に大切
- ・銀河のmain sequences が星形成量を決め、銀河風は宇宙論と 銀河進化の重要な問題の解決に貢献する
- 観測、シミュレーションは、冷たい風をもつ
- ▶冷たい風は調べがたいが、銀河風中にmass-dominant phase を構成するようだ

# Introduction

- •動く冷たい風のしくみは
- ✔直接的な放射力
- ✔宇宙線圧の勾配
- ✓Supernovae-driven superbubbleによる圧力
- ✓Kelvin-Helmholtz 不安定性による進められたイオンフローの取り込み
- 冷たい風はrunway thermal instabilities を通したイオン風の凝 結で出現する

## Introduction

NGC253の風は中央から~200kpcにかけて吹き出てる
 >Hα、X線、H<sub>2</sub>、OH輝線、吸収線で確認できる
 >Cycle0のNGC253のCO(1-0)で銀河風を確認した報告がある

明るい分子ガスstreamerを議論する

# Observation

|       | ALMA                             | Mopra        | IRAM                             | HST         |
|-------|----------------------------------|--------------|----------------------------------|-------------|
| 観測輝線  | CS(2-1)<br>HCN(1-0)<br>HCO+(1-0) | ALMAと同<br>じ? | CS(2-1)<br>HCN(1-0)<br>HCO+(1-0) | 水素の再結合<br>線 |
| 角度分解能 | 1".9*1".9                        | 不明           | 26"                              | 不明          |
| 感度    | 5km/sで<br>1.6mJy/beam            | 不明           | 3km/sで<br>4mK                    | 不明          |
| 使用用途  | 議論                               | ALMAの補正      | ALMAの補正                          | 議論          |





#### スペインの標高2850mにある口径30mの単一鏡 電波を観測できる



オーストラリアの 22m単一鏡 電波を観測できる



上空600kmを周 回する主鏡2.4m の望遠鏡 主に可視光を観 測する



✓ Fig 1.1 よりCO(1-0)輝線は中心のバーで強い
 ✓ Fig 1.2の赤で囲った領域はSW streamerの考察で使用した position-velocity cut の位置と方向を示す

Fig 2 SW streamer の 位置-速度ダイアグラム





- Fig 2で示してる赤破線に沿って活発な明る いoutflowが見られた
- ※チャンネルマップではない
- Fig 3の各スペクトルで、右は中心領域が支 配的で左がstreamerによるもの

Fig 3 位置-速度ダイアグラムに 沿ったCO(1-0)をプロットした図

- Fig 4.1, 4.2 はガウシアンフィッティング 結果
- Fig 4.1 の赤線は黒点を一次の項でフィッ ティングしたもの
- outflowは大体40-50pcのdeconvolved FWHM幅を持つ
- outflowの根元がbar(多分中心領域の構造 を指してると思います)のガス速度に一致



Fig 4.3 SW streamer輝線の速度とdeconvolved FWHM-位置関数

ここまで

- SW streamer は参照速度よりも青方遷移より
- ▶銀河面から遠ざかるほど強いのでoutflowは連続的に加速されて いる
- •NGC253は78度かたむいているのでoutflowは-12度だろう
- ▶Fig 4.1より位置-視差速度勾配=36km s<sup>-1</sup>/100pcを用いると Outflow速度を求めることができる
- ▶結果は位置-速度勾配=100km s<sup>-1</sup>/100pcでoutflow速度 =~360km/sとなった
- ▶NGC253の脱出速度は~500km/sでoutflow速度に近い



- Fig 5.1と5.2より明るい円盤、東にシェル、西にoutflowが確認できる
- 同図の通り、SW steamerがoutflowの端に並んでる
- 冷たいstreamerの近くの高密度ガスが分子輝線とイオン輝線を引き起こして る
- 再結合線は銀河の面で明るくoutflowの傍ら付近で一定
- 再結合線は円盤の西側遠くでほとんど見えない

- 各トレーサーはCO(1-0)と同じような 結果なった
- この結果はoutflowの空間スケールに 新たな制限をあたえた



- CO × 0.1 -1.5" CN - CS HCN нсо -4.0" -6.5" streame 円船 -9.0" Fig.7 各輝線 のスペクトル
  - streamer輝線は円盤のそれと同じくらい
  - ~6.5"の地点ではスターバーストの影響がなくなっており、力学的に異なるSW streamerが見える

各分子のoutflowの輝線強度

|                  | СО    | CN  | CS  | HCN  | HCO+ |
|------------------|-------|-----|-----|------|------|
| ~200km/sの強度[mJy] | 154.0 | 9.8 | 7.0 | 12.8 | 10.4 |

- CO/HCN=~12
- ▶ これはスターバースト領域でよくある

#### 各分子の円盤の輝線強度

|            | СО    | CN  | CS  | HCN | HCO+ |
|------------|-------|-----|-----|-----|------|
| 円盤の強度[mJy] | 193.0 | 8.4 | 1.9 | 5.6 | 6.4  |

-1.5"

-4.0"

- CO × 0.1

CN CS HCN

нсо+

S<sub>v</sub> (mJy)

- CO/HCN=~35
- ▶ スターバースト領域よりも3倍でかく、近傍銀河の円盤でありがちな値

Fig.7 各輝線のスペクトル

V<sub>LSR</sub> (km s<sup>-1</sup>)



- outflowのSW streamの分子ガスの高密度フラクションは全領 域を通して高い
- Streamerの物質はNGC253の円盤より高く、かつstarburst領域に近いフラクションを持つこともわかった

▶streamer中のガスのための起源と考えられる

- Meier et al. (2015)によるとCO(1-0) HCN(1-0) HCO+は光学的 に厚い(中心領域でそれぞれ *t*~5)
- ▶測った輝線比が中心領域で変わらない事実はSW streamerでも 光学的に厚いと言える
- Streamerの見積もり領域は~240\*60pc<sup>2</sup>
- Streamerが円柱ならば平均体積密度は40/cm<sup>3</sup>
- ▶これはガスを励起させるには密度が小さすぎる(HCN(1-0)は 2.6\*10<sup>6</sup>/cm<sup>3</sup>)
- ?

- ・励起に関係ありそうなものにeffective excitation densityがある
  >HCNの場合臨界密度よりも低い1~2桁のオーダーである
- ▶しかし、これを考慮に入れても2~3桁程度でHCN(1-0)輝線を 説明するのは難しい
- 輝線幅は広く、放射の捕獲の効果を下げている
- •別の要因としてガス塊がある
- ▶SW streamer の表面の輝線は32pcの分解能で1.5~2Kで、想定している輝線は~100K(streamerは暖かいので変ではない)
- ▶ここからclumping factorを計算すると350~600
- ✓これより40/cm<sup>3</sup>は2.4\*10<sup>4</sup>/cm<sup>3</sup>に近い結果となった

# Discussion & Conclusion

- 議論の結果(詳しくは当論文を読んでください..)
- SW streamerははるかに熱いoutflowの中に組み込まれた高濃度 なガス塊が集まってできたものである
- 見積もった柱密度を用いると、SW streamerはIR再放射をする に十分な光学的厚みを持っていない
- ・ 雲の速度は15~120km/s

# Discussion & Conclusion

- 全ての見積もりより放射は、おそらく最大でa few ten%の運動量を 与えてい流が、観測データを完全に説明できるものではなさそう
- ・成立させるには最も都合の良い想定が必要になってしまう上に測定 速度の修正の見積もりもない
- 放射圧は、streamerの加速で支配的な仕組みではないと言える
- The mass of the streamer over its minimum massの増加や、ス ターバースト外の円盤の古い星のための説明は放射圧の重要性を下 げる
- SW streamer のより高い分解能観測が、このoutflowの分子ガスといった疑問を解決するでしょう