

2012年 夏の学校 集録

文責：馬路 博之

タイトル：ASTE 望遠鏡を用いた近傍銀河 M83 に対する  $^{13}\text{CO}(J=3-2)$  輝線の広域マッピング観測

### 1. 分子の回転遷移線の観測

星形成は主成分が水素分子の分子ガスの中で行われる。分子ガスは約 10K や 20K といった非常に低温な状態なので、水素分子から有意な輝線は放射されない。そこで、水素やヘリウムの次に存在量が多く、電気双極子モーメントをもつ一酸化炭素の回転遷移輝線を観測することが、分子ガスの物理状態を知るのに有効な手段である。

### 2. 観測天体

観測天体は棒渦巻銀河 M83 であるが、これは Face-on view で Grand-design、さらに距離が 4.5Mpc と非常に近傍である。よって棒状構造・渦状腕といった銀河の主要構造を分解し、銀河内の各領域で比較が容易になる。さらに中心でスターバーストを起こしているので、星形成率 (SFR) や、星形成効率 (SFE) という観点では様々な値を有していることが知られている。以上の点から分子ガスの物理状態を探る為の観測天体としては非常に良い天体であると言える。

### 3. 先行研究と研究内容

過去に、M83 に対して  $^{12}\text{CO}(J=3-2)$  輝線での広域マッピング観測が行われており (Muraoka et al. 2007, Muraoka et al. 2009)、 $^{12}\text{CO}(J=3-2) / ^{12}\text{CO}(J=1-0)$  輝線強度比 (以下  $R_{3-2/1-0}$ ) と SFE との比較が行われており、 $R_{3-2/1-0}$  でトレースされる高密度ガス存在比が星形成の活発さを支配している可能性を示唆した。しかし、光学的に薄い同位体輝線でのマッピング観測は行われていなかった。

そこで、光学的に薄い  $^{13}\text{CO}(J=3-2)$  輝線での広域マッピング観測を行い、各領域での輝線強度 ( $^{13}\text{I}_{3-2}$ ) の分布を調べた。さらに、 $^{13}\text{CO}(J=3-2) / ^{12}\text{CO}(J=3-2)$  輝線強度比 ( $^{13/12}R_{3-2}$ ) を算出した。

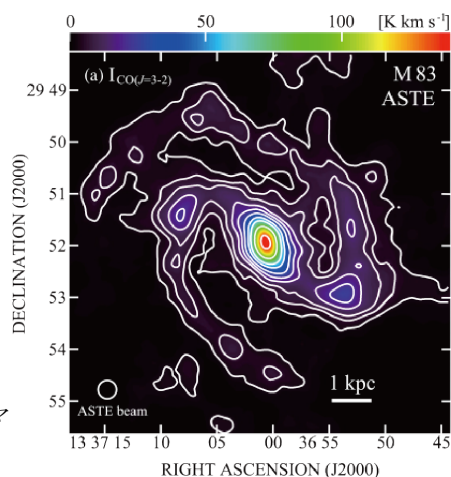


図 1:  $^{13}\text{CO}(J=3-2)$  の積分強度図 (Muraoka et al. 2009)、白枠は今回の観測領域

表 1: 観測諸元

|       |                                 |
|-------|---------------------------------|
| 望遠鏡   | ASTE10m                         |
| 受信機   | CATS345                         |
| 輝線    | $^{13}\text{CO}(J=3-2)$ @330GHz |
| 観測方法  | On-The-Fly                      |
| 観測領域  | 4' × 2'.5 (5.2kpc × 3.2kpc)     |
| 角度分解能 | 23'' (~500 pc)                  |
| Tsys  | 280~680 K (SSB)                 |

#### 4. 観測諸元

観測諸元は表 1 にまとめた。ASTE10m 望遠鏡を用いて、図 1 の白枠で囲った領域( $4' \times 2'.5$ ) について光学的に薄い  $^{13}\text{CO}$  ( $J=3-2$ ) 輝線での観測を行った。

#### 5. 観測結果

最終的に得られたマップから  $^{13}\text{I}_{3-2}$  を算出し、 $^{12}\text{CO}(J=3-2)$  輝線強度と比較した(図 2)。図 2 の点線は  $^{13/12}\text{R}_{3-2}$  を表しており、それぞれ 0.1 と 0.05 を表している。ディスク領域はほぼ  $^{13/12}\text{R}_{3-2}$  が 0.1~0.05 の間に収まっているが、中心は  $^{13/12}\text{R}_{3-2}$  の分散が大きく、さらに 0.05 を下回る点が多かった。また、各領域での  $^{13/12}\text{R}_{3-2}$  の値の平均を計算したところ、中心では  $^{13/12}\text{R}_{3-2}$  が  $0.035 \pm 0.005$  と、他の領域に比べて低いことがわかった。

しかし、このデータは非常にノイズが大きく、渦状腕では有意な輝線がほぼ検出できなかった。

そこで S/N を向上させるために、Stacking Analysis を行った。Stacking analysis は各スペクトルの速度場を計算し、その速度をスペクトルの速度から引く事で、アンテナ温度がピークの速度が 0 km/s に来るようにする。そして、各領域でスペクトルを足し合わせることで、S/N を向上させ、各領域での典型的なスペクトルを得た。そして Stacking analysis を行ったあとの  $^{13}\text{I}_{3-2}$ 、 $^{12}\text{I}_{3-2}$  と  $^{13/12}\text{R}_{3-2}$  を計算した。中心の  $^{13/12}\text{R}_{3-2}$  の値は  $0.032 \pm 0.002$  と非常に小さかった。

#### 6. ディスカッション

LVG 近似計算によると、 $^{13/12}\text{R}_{3-2}$  はほぼガス密度のみに依存する。しかし、密度が高く、星形成が活発な中心では  $^{13/12}\text{R}_{3-2}$  の値は小さくなった。この理由については二つの可能性が示唆される。一つは  $^{12}\text{CO}$  に比べて、 $^{13}\text{CO}$  が選択的に解離されるということである。 $^{12}\text{CO}$  は存在量が多いので、大質量星からの UV 放射をシールドし、ガスの内部は守られるが、 $^{13}\text{CO}$  は存在量が少ないので、分子ガス内部まで解離されてしまう。もう一つは中心領域では PDR が卓越し、 $^{12}\text{CO}$ 、 $^{13}\text{CO}$  共に十分に解離されており、超新星爆発や星風によってガスの速度幅も十分に広がっていると考える事が出来る(Tan et al. 2011)。LVG 近似法ではこれは  $X_{\text{CO}}/dv/dr$  が小さくなるので、 $^{12}\text{CO}$ 、 $^{13}\text{CO}$  ともに光学的に薄くなる。この場合  $^{13/12}\text{R}_{3-2}$  は小さくなる(Paglionie et al. 2001)。

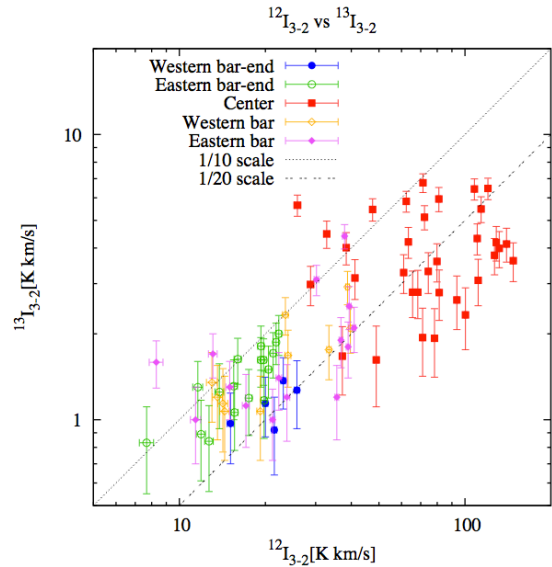


図 2:  $^{12}\text{CO}(J=3-2)$  輝線強度と  $^{13}\text{CO}(J=3-2)$  輝線強度の比較