

Exploring the CO/CN line ratio in nearby galaxies with the ALMA archive

著：Wilson 他

作成者：小西 諒太朗

イントロダクション

17個の200Mpc以内の銀河についてCO/CN比を調査

→各銀河におけるCO/CN比がそれぞれどのように空間変化するのか調べ、
各銀河の分布の違いとその原因について考察

CNはCOとは違い、HCNが光解離して生じるため紫外線が強い領域で多くなる傾向がある。
なので各銀河やそれらの領域によっても値が変わる

使用データ

ALMAのCycle0データを使用

→CN(N=1-0)輝線はCO(J=1-0)をメインに観測されたデータに大体入っている(周波数が似ているため)
Cycle0はcalibrated uv setsの再申請の必要がないなど

Project Code	Galaxy	ALMA data reference
2011.1.00099.S	20 galaxies	Ueda et al. (2014)
2011.1.00172.S	NGC 253	Bolatto et al. (2013b)
2011.1.00467.S	VV 114	Iono et al. (2013)
2011.1.00525.S	NGC 3256	Sakamoto et al. (2014)
2011.1.00645.S	NGC 1377	...
2011.1.00772.S	M83	Freeman et al. (2017)

使用したアーカイブ
いずれもCO(J=1-0)もCN(N=1-0)も観測されている
2011.1.00099.Sは20の銀河のうち14つを選択

使用データ

Galaxy ...	beam size, PA ($''$, degrees)	beam (kpc)	ΔV (km s $^{-1}$)	CN sensitivity (mJy beam $^{-1}$)	CO sensitivity (mJy beam $^{-1}$)	CN mom0 cut (σ)	CO mom0 multiplier ¹
AM 2055-425	1.5x1.2, 45	1.2x1.0	20	1.9	2.3	2	15
AM 2246-490	1.45x1.30, 0	1.3x1.2	20	1.9	2.4	2	6
NGC 3256	3.2x2.1, 5	0.67x0.44	20	1.0	1.3	3	20
VV 114	5.5x3.1, -80	2.1x1.2	30	1.1	1.3	3	30
AM 1300-233	2.5x1.3, -76	1.1x0.6	40	1.2	1.2	3	20
NGC 253	4x3, -34	0.068x0.051	5	4.7	5.2	3	20
M83	2.1x2.1, 0	0.052x0.052	10	4.0	6.9	2	20
NGC 1377	1.7x1.25, -87	0.19x0.15	20	1.2	1.7	2	30

上記の情報は一部の銀河のみである

これらのデータを解析し、CO(J=1-0)、CN(N=1-0)の積分強度図を作成
それらのマップから比の空間分布がわかるマップを作成
(各銀河のCOとCNのビームサイズは合わせた)

結果

Galaxy	CO/CN S/N- matched ratio ¹	CO/CN global ratio ¹	S_{CO}^{12} (Jy km s ⁻¹)	S_{CN}^{12} (Jy km s ⁻¹)	D_L^3 (Mpc)	$\log(L_{IR})^4$ ($L_\odot$)
AM 2055-425	14 ± 3	50 ± 10	49	1.0 ± 0.2	186	12.06
AM 2246-490	7 ± 1	20 ± 3	34	1.6 ± 0.2	186	11.86
NGC 3256	22	44	1646	36	44	11.81
VV 114	65	147	613	4.0	82	11.69
AM 1300-233	13 ± 2	50 ± 7	89	1.7 ± 0.2	98	11.51
NGC 253	16	20	8575	421	3.5	10.55
M83	21 ± 1	43 ± 2	979	22 ± 1	4.7	10.33
NGC 1377	40 ± 10	140 ± 40	45 ± 5	0.32 ± 0.08	24	10.13

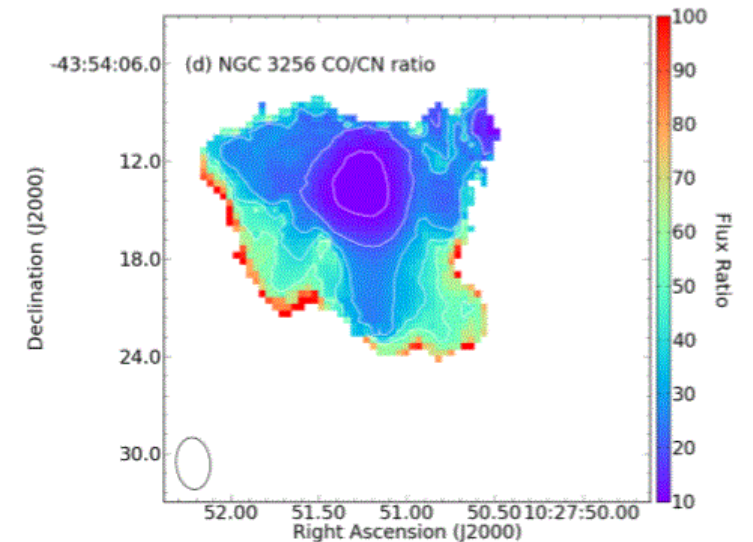
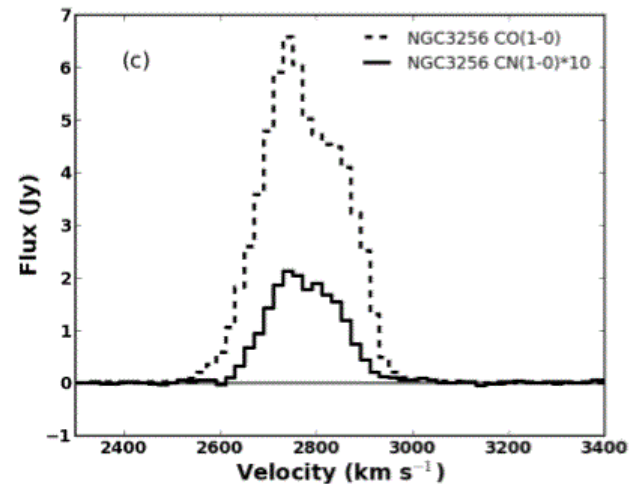
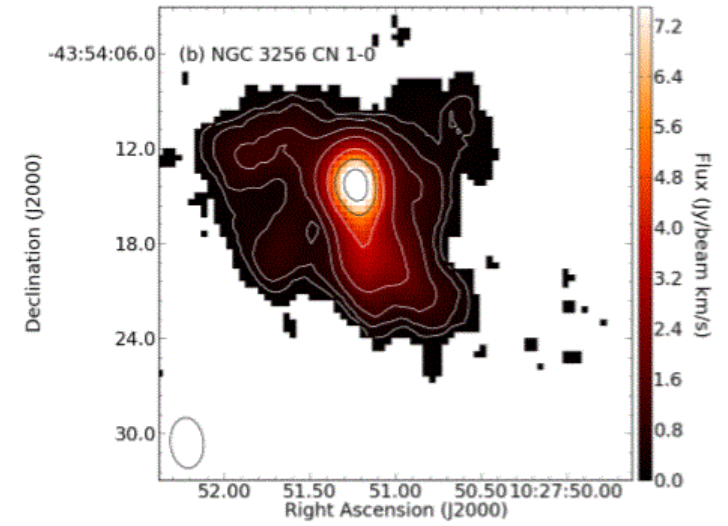
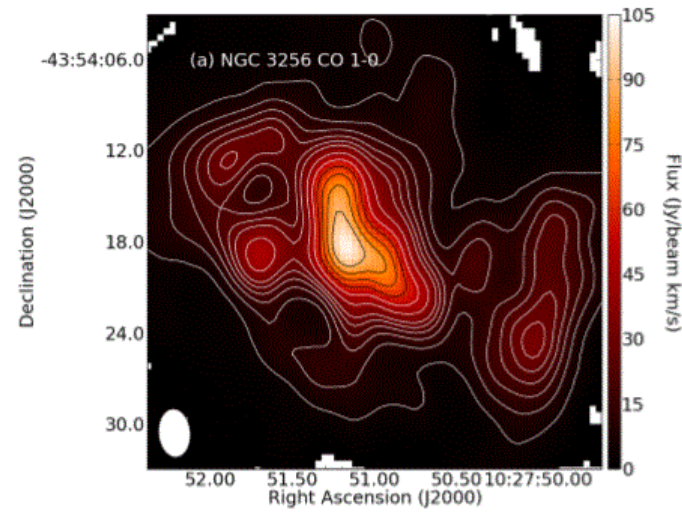
- 8つの銀河でCOとCN輝線を検出
- CO/CN比は、NGC3256やNGC253の<10かVV114の70>まで様々
→この比の変化が、各分子の存在量の変化によるものか、分子の励起状態の変化をもたらすものか
あるいは、COかCNか両方の光学的厚みの影響が出ているのか

NGC3256、VV114、NGC253でこれらの可能性を調査

結果

NGC3256の結果

- 左上：CO(J=1-0)の積分強度図
- 右上：CN(N=1-0)の積分強度図
- 左下：CO(J=1-0)とCN(N=1-0)*10のスペクトル図
- 右下：CO/CN比のマップ



結果

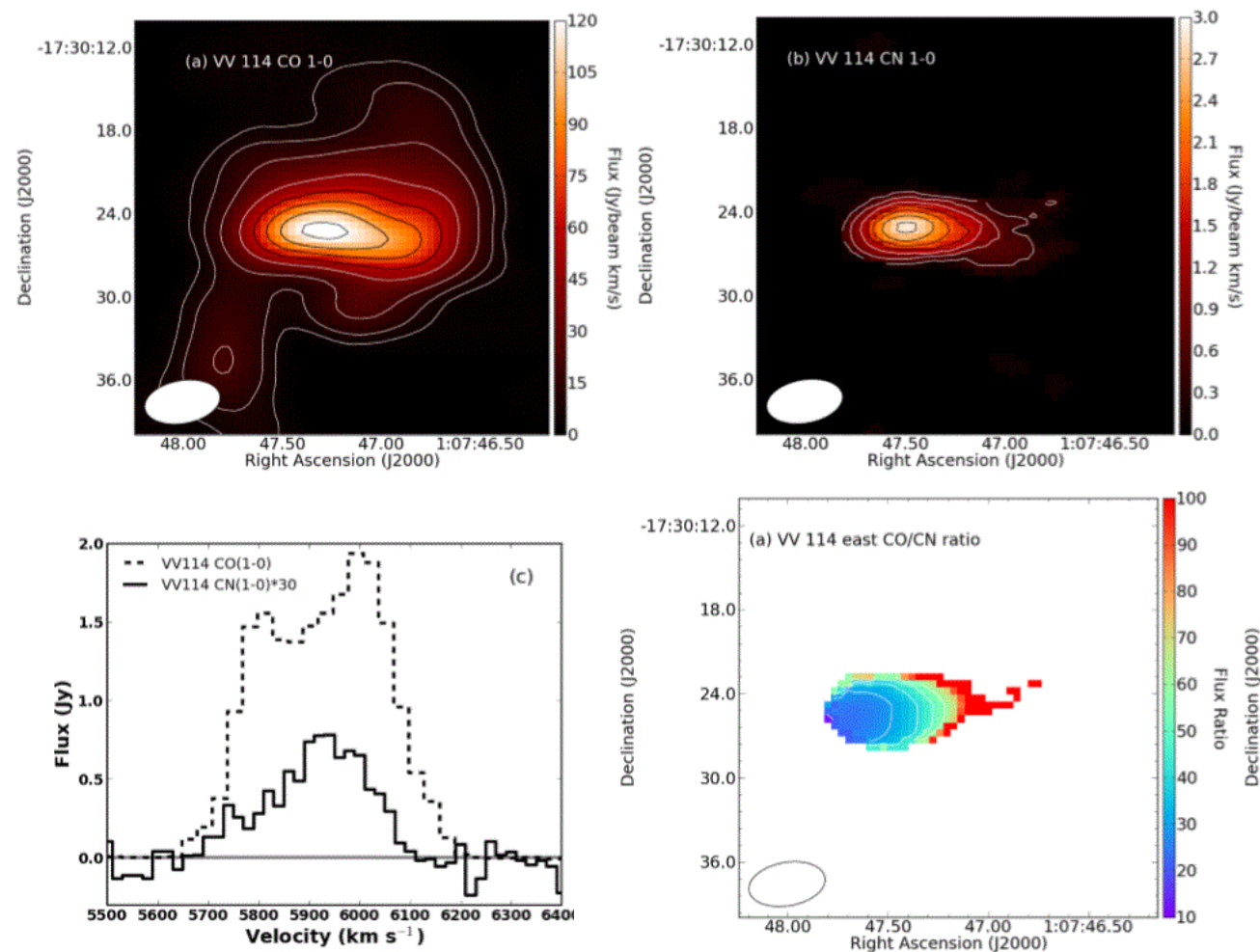
VV114の結果

左上：CO(J=1-0)の積分強度図

右上：CN(N=1-0)の積分強度図

左下：CO(J=1-0)とCN(N=1-0)*30のスペクトル図

右下：CO/CN比のマップ



結果

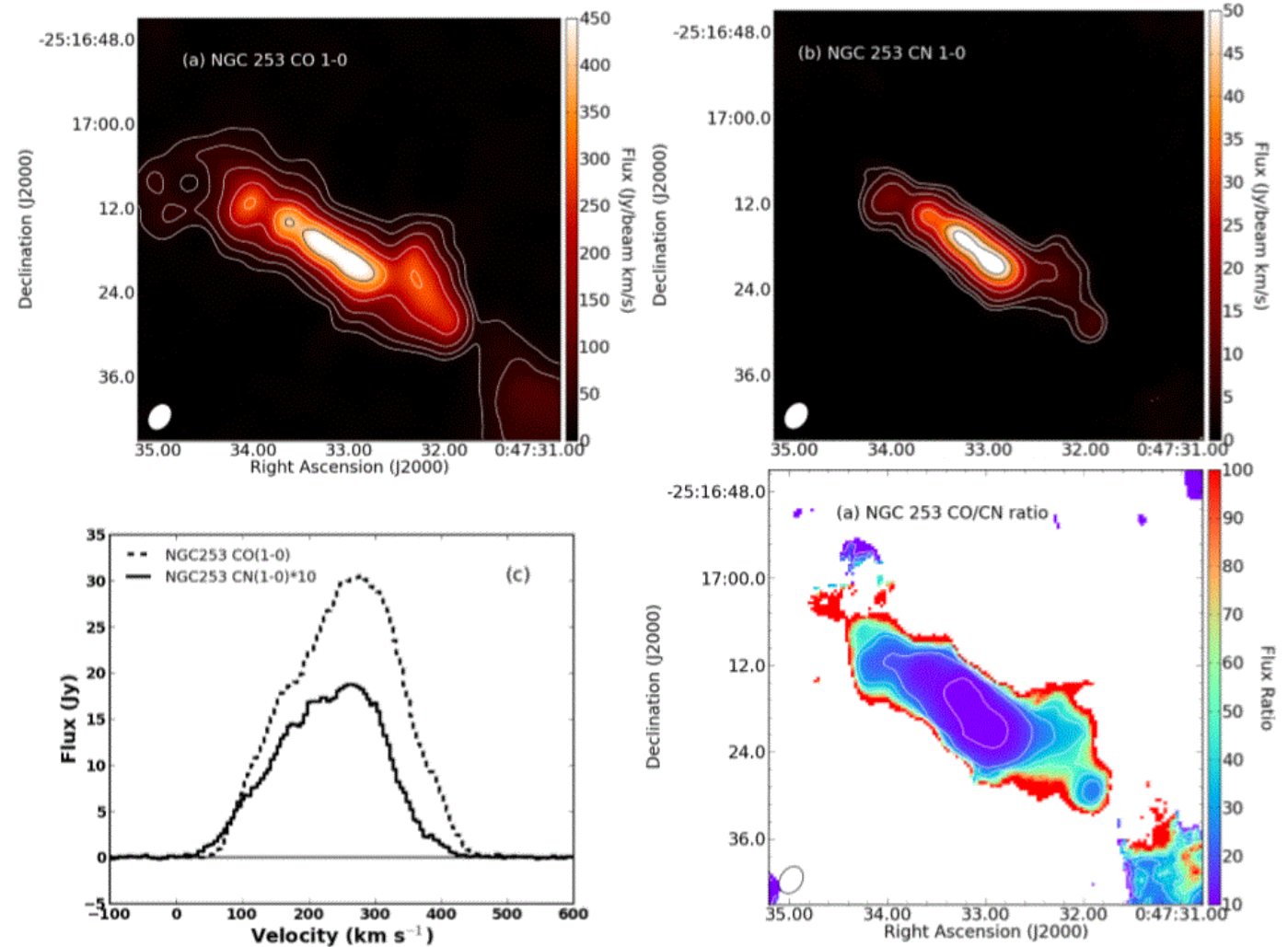
NGC253の結果

左上：CO(J=1-0)の積分強度図

右上：CN(N=1-0)の積分強度図

左下：CO(J=1-0)とCN(N=1-0)*20のスペクトル図

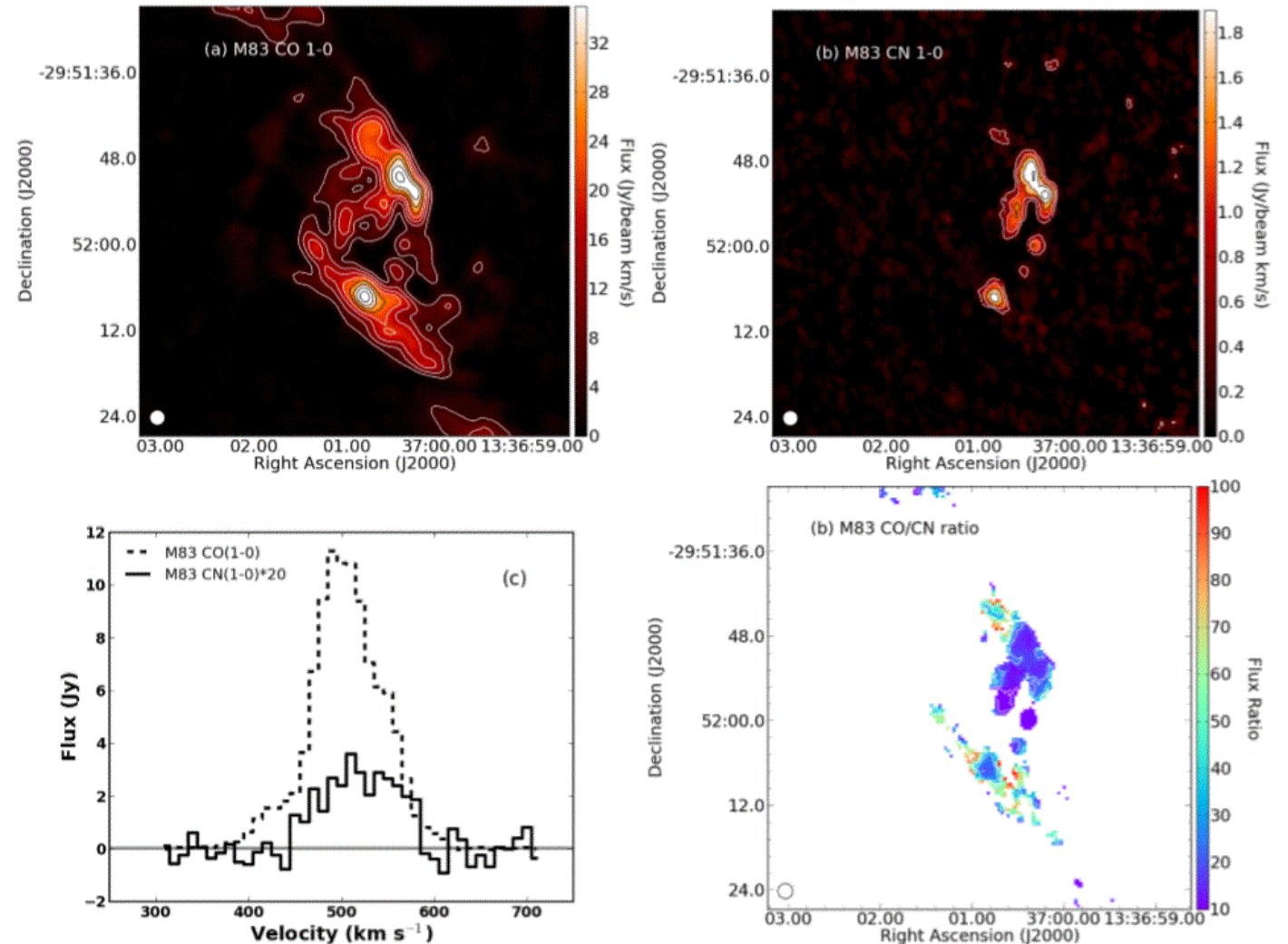
右下：CO/CN比のマップ



結果

M83の結果

- 左上：CO(J=1-0)の積分強度図
- 右上：CN(N=1-0)の積分強度図
- 左下：CO(J=1-0)とCN(N=1-0)*20のスペクトル図
- 右下：CO/CN比のマップ



議論

CN(N=1-0)はいずれの銀河でも光学的に薄い

→NGC 3256は Sakamoto et al. 2014、VV 114は Saito et al. 2015、NGC 253は Meier et al. 2015 より

CN(N=1-0)の光学的厚みは各銀河のCO/CN比に影響をほとんど与えないので考慮する必要はない

CO(J=1-0)はいずれの銀河でも光学的に厚い

NGC 253は $\tau \sim 5$ (Meier et al. 2015)

VV114は $\tau \sim 14$ (Sliwa et al. 2013))

NGC 3256は $\tau > 3$ (Sakamoto et al. 2014)

これらを考慮するとVV114の真のCO(J=1-0)強度はNGC3256のそれより大体30%ほど大きくなる



しかし、光学的厚みでCO/CN比の多様性を説明するには無理がある

議論

CO/CN比が大きくなると、励起温度は大きくなる。ただし励起温度はガスの動的な温度より小さくなるように抑制される

→より大きい励起温度は動的な温度の上昇、分子ガスの密度上昇を示す

PDRsのCN存在量とCN励起の抑制を調査

CN存在量はガス密度や紫外線領域や宇宙線イオン領域によって何倍か変化する

→より高周波数の輝線のCO(J=6-5)などと比較しても結果が合う

結論

- COとCN輝線が検出できる8つの銀河でCO/CN比を調査
- CO/CN比は銀河によって値がかなり異なる
 - S/N matchでCO/CN比が小さい銀河で7、高い銀河で65
 - 全体的にはCO/CN比が小さい銀河で20、高い銀河で140程
- 高いCO/CN比はCN励起温度の上昇を起こしている領域で、CO/H₂比が小さくなったりする