

2020年度国内研修支援金による成果報告書

三 浦 飛未来

〈つくば科学万博記念財団 〒305-0031 茨城県つくば市吾妻 2-9〉

e-mail: gamushara.cosmogirl@gmail.com

研究テーマ：銀河重力相互作用下における分子ガス中心集中度

受入機関：明星大学理工学部総合理工学科物理学系天文研究室

指導教員：小野寺幸子

研究内容の概要：銀河進化を促す過程の1つである銀河間近接重力相互作用下では、銀河内の星形成が活発になることが知られている。また、銀河間重力相互作用下において恒星の材料である分子ガスは、各母銀河の中心へと輸送されることが示唆されている。この2つの背景より、分子ガスが銀河中心へ輸送され高密度になり星形成が活発になるのではないかと考えられている。そこで本研究では、分子ガスの中心集中の度合いを定量的に評価するため、銀河内における分子ガスと恒星の中心集中度スケールごとに3通り定義して求め、分子ガスの中心集中度を調べた。その結果、分子ガスの銀河中心集中度は3つのスケール全てにおいて、孤立銀河に比べ相互作用銀河の方がわずかに高い傾向が見られた。これは銀河の外側から中心へ分子ガスがゆっくりと落ちてしていると解釈できる。

1. はじめに

1.1 相互作用銀河とは

銀河は孤立系として存在しているものより、連銀河、銀河群、銀河団に属しているものの方が多い。そのような環境では銀河同士に強い重力が働くことによって、近接あるいは衝突を起こすことがある。その結果、時間変化に伴い銀河の形状が変わるなど物理的変化が生じることが知られている。このように、強い重力相互作用を及ぼし合っている銀河のことを相互作用銀河と呼ぶ。相互作用銀河の視覚的な特徴として、銀河同士の間分布する星やガスが細長い橋のように見えるブリッジ (bridge) 構造や、銀河から離れる方向に恒星やガスが分布し尻尾のように見えるテイル (tail) 構造が挙げられる。

また、銀河が片方の銀河に衝突し通り抜けることによって銀河の中心に穴があき、全体が環状に

なっている場合もある。このような銀河を環状銀河 (ring galaxy) と呼んだりする。

さらに、楕円銀河らしき銀河の周囲に多数の同心円状の弧が見えるような銀河もある。これは楕円銀河に近接した矮小銀河が落ち込み、潮汐力による引き伸ばし、銀河中心付近の摂動などによってできたと考えられている。この貝殻のように見える構造を持つ銀河を shell galaxy と呼んだり、さざなみに見立てて ripple galaxy と表現したりすることもある。

若い銀河として位置付けられる渦巻銀河から古く丸みを帯びた楕円銀河への進化は、銀河衝突の影響があると考えられている。その裏付けとして、例えば、衝突が進んだ相互作用銀河の中には楕円銀河に特徴的な滑らかな輝度プロファイルが見られることがある。また、銀河衝突が多いと期待される銀河団の中心では巨大楕円銀河が多い傾向がある。

このように、銀河は衝突・合体を繰り返しながら成長していくと言われている。銀河の合体は何度も近接・衝突を繰り返しながら数十億年の時間スケールで起こるため、簡単には時間変化を追うことはできない。つまり、正確に衝突段階を決定するのは困難である。そのため、相互作用銀河について、銀河間距離で衝突段階を定義するのが現在の主流となっている。この銀河間距離による段階の定義も研究者の間で異なる。本研究ではこの成長（進化）過程をZhu [1]の定義に基づき、初期・中期・後期の3つの段階に分けて議論する。

段階評価

銀河間の距離と中心核の数による段階の分類は以下の通りである。

衝突にかかわる2つの銀河のうち、直径の大きい方の母銀河の直径を D とおき、2つの銀河の中心間の距離を銀河同士の距離 r とおく。 $1.5D < r$ を満たし、銀河中心核が複数あるものを初期段階、 $1.5D \geq r$ かつ銀河中心核が複数あるものを中期段階、 $1.5D \geq r$ を満たし銀河中心核が1つになっているものを後期段階として分類する。

1.2 相互作用銀河の研究について

重力相互作用による銀河進化に着目した研究の歴史は浅く、Struck [2]のレビューによれば、特筆すべき論文が現れ始めたのは1950年代である。例えばSpitzer & Baade [3]は、銀河の数が多く密

集する銀河団では、銀河同士の衝突が頻繁に起きているという主張を行い、Zwicky [4]は複数の銀河が接近・衝突することでお互いの銀河内環境へ変化を及ぼす可能性を指摘している。

その後、相互作用銀河も含めた形態が特殊な銀河（特異銀河）が注目されるようになった。Arpが1966年に出版したAtlas of Peculiar Galaxies [5]は特異銀河をまとめたカタログであり、特異銀河の研究が盛んになってきたことを象徴している。しかし、この時点では他銀河からの重力相互作用が銀河の形を変えるほど強く及ぶかどうか、十分な議論や研究はされていなかった。そのため、当時のこの主張はまだ受け入れられてはいなかった。

その後、これらの形態的に特異な銀河を重力相互作用から生まれたものとして解明しようとするところから研究が本格化し始めた。1970年代初



図1 初期段階の例 子持ち銀河NGC 5194/5195 (M 51) (NASA/ESA/STScI).



図2 中期段階の例 触角銀河NGC 4038/4039 (NASA/ESA/STScI).



図3 後期段階の例 Arp 220 (NASA/ESA/STScI).

頭には Toomre & Toomre [6] が銀河遭遇時のシミュレーションを行い、ブリッジ構造やテイル構造が銀河重力相互作用によって説明できることを明らかにした。さらに、銀河相互作用や衝突によって渦巻構造が失われ楕円銀河となると考えられるようになった。このように、現在では銀河相互作用が銀河の形態進化に重要な役割を果たしていると考えられている。

1.3 相互作用銀河と星形成の研究について

銀河重力相互作用と銀河の活動性との関係性の研究では、星形成の分野に特に大きな進展があった。

1980年代頃からは赤外線宇宙望遠鏡や観測機器の発展により多くのデータを取得できるようになったため、観測の側面から研究が進められるようになった。この結果、遠赤外線波長域で通常の銀河のおよそ100倍と極めて明るい超高輝度赤外線銀河 (ULIRGs) が発見された。遠赤外線放射は銀河の星形成活動に伴って銀河内部にある塵から放射されるものである。従って、ULIRGsでは通常の銀河の100倍程度星形成が活発であることを意味している。このULIRGsを可視光観測するとその大多数が相互作用銀河の特徴 (1.1節参照) や衝突した跡を持つことが明らかになった。

逆に、相互作用銀河の星形成活動を通常の銀河と比べると、星形成が活発な傾向を持つことも分かってきた。銀河衝突の段階ごとに相互作用銀河を分類して詳しく調べたところ、衝突の進行にともない星形成が活発化していくことが認められている [7]。こうした観測事実から、強い重力相互作用が爆発的な星形成活動の引き金になっていると考えられるようになった。しかし、どのようなメカニズムで起こっているのかについては未だによく分かっていない。

1.4 相互作用銀河と分子ガスの研究について

爆発的な星形成の要因として考えられた説の一つとして、角運動量輸送に伴う銀河中心へのガスの輸送と密度上昇が挙げられる。その結果、集め

られたガスを効率的に使い恒星が沢山生成されるという説である [8]。

1990年代後半以降になると銀河重力相互作用と星形成、分子ガスの研究がシミュレーションと観測の側面から本格的に始められた。相互作用銀河内の分子ガスの分布について以下のことが言われている。

理論シミュレーションの研究 [9] では、分子ガスが角運動量輸送によって銀河中心へと落ち込んでいく様子が見られた。この中心集中によってガス密度が高くなり、効率的な星形成が起こると期待されている。また、同時期に観測の分野から、H α 輝線や赤外線のデータから求められた星形成率と分子ガスの量の比で定義される星形成効率 (単位時間、単位ガス質量あたりにできる星の質量) を銀河の環境ごとに比べたところ、相互作用銀河では星形成効率が高いと結論づけた研究も発表されている [10]。その後も、より空間分解能をあげたシミュレーション論文 [11] では、分子ガスが落ち込んで密度が高くなることは変わらないが、そのガス雲が分裂してより小さくて高密度な分子雲が生まれ、それが星形成の直接的な母体となっていると述べられている。また、シミュレーションで示されたような分子ガスが中心に集中している例が衝突の後期段階では多く観測され [12]、その中には星形成が活発な高輝度赤外線銀河 (LIRGs) も少なくない。

しかし、サンプルの多くが進化段階の中期から後期段階の相互作用銀河であり、段階に偏りが生じてしまっている。また、観測された相互作用銀河の多くが中・後期段階ですでに活発な星形成をしている U/LIRGs のため、中期から後期にかけて星形成が活発でない銀河が存在する場合の分子ガス分布はよく分かっていない。

その後、Kaneko et al. [13] により、初期段階の相互作用銀河に着目した分子ガスの分布の研究が行われた。その結果、通常の銀河に比べ、初期段階の相互作用銀河では中心集中度が低いと結論づ

けている。しかし、この研究で用いられた天体数も4天体であることから、観測的側面からの銀河内環境における分子ガスの分布及び中心集中の十分な理解には至っていない。

以上より、分子ガスの中心集中の度合いが高いのは、そもそも星形成がすでに活発になっている銀河をサンプルとして扱っていただけの可能性がある。また、それらは銀河相互作用の中期から後期段階にかけてのサンプルに偏っているため、初期段階を含めあらゆる進化段階において多くのサンプルを使用し、中心集中度を統計的に見積もるべきだが、そのためのサンプルの数が不十分であることが現状の課題として挙げられる。

そこで、(星形成に直結している分子ガスの密度ではなく)単純に星形成の材料の低温分子ガスがどのように分布しているかに注目した。本来は宇宙空間に最も多く存在し恒星の材料として最も寄与する水素分子ガスから銀河全体の分子ガスの量を見積もればいいのだが、水素分子は同じ原子から構成され原子の距離が変化しない限り電気双極子モーメントを持たない。つまり、低温では電気双極子放射を起しづらいため観測が難しい。そこで、宇宙空間に二番目に多く水素分子より観測がしやすい一酸化炭素(CO)分子ガスを用いて水素分子ガスの量を間接的に見積もる。

また、統計的な議論をするためには多くの撮像データが必要である。低温のCO分子ガスからの放射は電波の波長域にあるが、電波観測の特性上広範囲を空間分解した観測を行うのは時間がかかるため、これまでは銀河全体を構造分解し撮像観測された銀河は非常に少なかった。しかし、技術革新による観測効率の向上により、ここ10年ほどの間で急激に近傍銀河のCO撮像サーベイ観測が増えた。

このような状況を踏まえ、これまでCOMINGサーベイ(データの詳細は2章へ)の空間分解された銀河のCO撮像データを使って研究を行ってきた。サンプルは近傍の孤立銀河だけではなく、

相互作用銀河も含まれているためデータとして適している。

先行研究より、相互作用銀河は相互作用の進行に伴って分子ガスの分布が変化しているように考えられる。ただ、通常の渦巻銀河と比較しただけでは、角運動量輸送を受けて分子ガスが中心集中したのか、もともと星も分子ガスも中心に集中しているような銀河だったのかは分からない。それを明らかにするため、無衝突かつ分子ガスより寿命の長い恒星の中心集中度とを比較し、分子ガスだけが中心集中をしているのか検証した。

さらに、どのようにガスが中心集中していくのかのプロセスを詳細に知るため、銀河のどの領域から中心集中し始めるのか調査する必要があった。そこで、初期・後期段階を含む相互作用銀河を対象に、中心集中度を定義して求め、分子ガスが銀河のどの半径範囲から中心集中を起し、中心集中にどの程度寄与するのかを相互作用銀河と孤立銀河とで比較した。そして、角運動量輸送を受けない恒星の分布と比較することで、分子ガスが中心へどのように輸送されるか、観測的かつ統計的に調べた。

比較調査の結果、相互作用銀河における分子ガスの中心集中度は、銀河半径 $1/2$ – $1/4$ の間で高くなっており銀河の内側で分子ガスの輸送が生じていると考えられた。さらに、恒星の中心集中度は低いこと、また、銀河全体においても同様に恒星の中心集中度が低いという傾向が見られた。

以上の結果は、天文学会2019年春季年会で報告[14]したが、この時用いたサンプルの数は相互作用銀河が14天体、孤立銀河が31天体であった。故に、比較し議論するためには対象とした相互作用銀河のサンプルの数が少ないことが課題となっていた。

そこで、今回の研究ではさらにデータを増やし、より統計的に精度の高い数値から比較を試みた。

2. 使用したデータ

これまでの研究ではCO分子ガスの見積もりのためにCOMINGのみを使用したが、サンプル数を増やすためにEDGE-CALIFAも使用した。また、恒星分布も調べるためWISEのデータも使用した。

2.1 COMINGレガシープロジェクト

COMING (CO Multi-line Imaging of Nearby Galaxies) [15]は野辺山電波観測所の45 m電波望遠鏡で行われたレガシープロジェクトである。このプロジェクトは全部で127個の近傍銀河を対象としており、単一鏡望遠鏡によるCO撮像観測としては世界最大級のプロジェクトである。実空間分解能はおよそ1 kpcであり、中心集中度を議論するのに十分な分解能がある。

2.2 EDGE CALIFA

EDGE (Extragalactic Database for Galaxy Evolution survey) [16]は米国カリフォルニア州にあるCARMA (Combined Array for Millimeter-wave Astronomy) 電波干渉計を用いて近傍銀河のCO輝線放射をマッピング観測したレガシープロジェクトである。これらの銀河は、可視光面分光装置でマッピングされたCALIFA (Calar Alto Legacy Integral Field Area) サンプルから選ばれている。EDGEは126個の近傍銀河を対象としており、干渉計によるCOサーベイとしてCOMINGに並ぶ世界最大級のプロジェクトである。観測天体の距離はCOMINGよりも遠めであるが、干渉計の高角度分解能のため、実空間スケールは~1 kpcとほぼ同等であり、銀河の空間分解が必要な本研究の目的に適している。

2.3 WISE 3.4 μm

WISE (Wide-field Infrared Survey Explorer) [17]とはアメリカ航空宇宙局によって開発された、赤外線天文衛星のことである。WISEは、赤外線帯の4つの波長で超高感度の全天の観測を行っている。恒星質量の画像解析では4つのバン

ドのうちの一つである3.4 μm のアーカイブデータを使用している。

銀河の大きさは、銀河を構成する恒星の質量の大部分を占める古い恒星の分布によって見積もられるため、古い恒星が観測できる波長でなければいけない。3.4 μm は古い恒星が観測しやすい波長であるため、銀河の大きさを見積もるのに適している。

3. 本研究で行ったこと

3.1 中心集中度の定義

先行研究より、分子ガスは銀河中心部に向かって輸送されていることが示唆されている。この輸送の源の範囲を調査することで、銀河重力相互作用が分子ガス中心集中に与える影響の程度を評価できる。そこで本研究では銀河中心集中度の評価指標を3つ定義し観測データから求めた。

定義した中心集中度は L を光度として

- $C_{\text{outer}} = L(R/2)/L(R)$
- $C_{\text{inner}} = L(R/4)/L(R/2)$
- $C_{\text{global}} = L(R/4)/L(R)$

の3つである (図4)。

銀河の半径 R の値は r_{K20} を使用した。 r_{K20} とは2MASS (Two Micron All-Sky Survey) の K_s バンド (2.17 μm) データの20 mag/arcsec²の等輝度線を楕円フィッティングして得られた半径のことである。

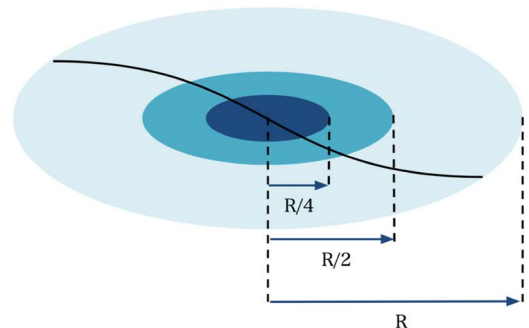


図4 銀河の簡略図と中心集中度の定義に用いた3つの領域。

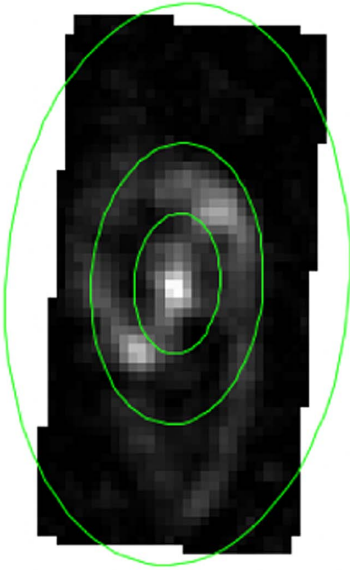


図5 分子ガスの解析の際に使用したCOMINGデータ例 NGC 3627 (M 66)

3.2 サンプルの選定

銀河のサンプル選定ではデータの正確さを考慮し、CO画像でR/4以内に含まれるピクセル数が6個以下となるような、CO輝線がほとんど検出されていない銀河は除外した。また、地球に対する銀河の傾きが90°のもの、つまりedge-onのもも対象から除外している。

相互作用銀河のサンプル選定では、個々の銀河の半径の切り分けが難しい中期段階は本研究の対象からは外している。ただし、サンプル数を増やすため、中期段階においても形の大きく崩れていないものに関してはサンプルの対象とする。

これらの条件から、相互作用銀河はCOMINGより13天体*¹(図5)、EDGEより12天体を使用し、孤立銀河はCOMINGより108天体、EDGEより84天体を使用した。

3.3 相互作用銀河と孤立銀河の比較

本研究では定義した銀河中心集中度ごとに相互

作用銀河と孤立銀河に分けて比較を行った。以下に分子ガスと恒星それぞれについて結果を示す。

表1, 図5より恒星質量の中心集中度はどの領域でも相互作用銀河と孤立銀河で大きな差は見受けられなかった。また, 表2, 図6より分子ガスの中心集中度は全ての領域で相互作用銀河の数値が系統的に1 σ 程度高い傾向がある。

ただし, ここではCOMINGとEDGEという異なるプロジェクトのデータを使用していることに注意が必要である。特にEDGEの解析画像ではCOMINGのデータとは異なり, 銀河の半径 r_{K20} までカバーしているものがほぼなかった(銀河円盤の外側にかけてデータの欠けがある)。そのため, EDGEデータで求められた数値の方がCOMINGの数値よりも高い傾向にある。

4. 議論と今後の展望

表2をご覧いただきたい。孤立銀河と相互作用銀河で比べたとき, 平均値と中央値ともに相互作用銀河の方が高い分子ガス集中度をとっている。定義した3つの中心集中度全てで高い値をとっていることから, ある一定の半径から分子ガスの中心集中が起こっているのではなく, 銀河全体で中心集中の傾向があることを示唆している。ただし, 高い傾向が見られたとはいえ, その差は最大でも5%程度にとどまっている。

このことから分子ガスは銀河のある領域から中心に集中しているわけではなく, 銀河全体にゆっくりと中心へ落ちている可能性が考えられる。しかし, この結果は顕著な差ではない。

また, 興味深いのは, 後期段階においてはシミュレーションと観測のどちらの結果からもガスが中心集中していることが分かっている [12] に対し, 相互作用銀河の初期段階では, 観測結果から孤立銀河に比べむしろガスは中心に集中して

*¹ 2019年の日本天文学会春季年会での発表[14]ではサンプルの数を優先させるため真横から観測された相互作用銀河を含んでいた。今回はEDGEのサンプルを加えたこと, 正確な値を割り出すことを優先させたため, 質量の見積りにふさわしくない天体1つを除外した。

表1 相互作用銀河と孤立銀河における恒星の中心集中度 (±以下の値は1σを表す).

	C_{outer}		C_{inner}		C_{global}	
	平均値	中央値	平均値	中央値	平均値	中央値
相互作用銀河	0.58 ± 0.02	0.57	0.43 ± 0.02	0.42	0.26 ± 0.02	0.24
孤立銀河	0.57 ± 0.01	0.56	0.44 ± 0.01	0.42	0.26 ± 0.01	0.24

表2 相互作用銀河と孤立銀河における分子ガスの中心集中度 (±以下の値は1σを表す).

	C_{outer}		C_{inner}		C_{global}	
	平均値	中央値	平均値	中央値	平均値	中央値
相互作用銀河	0.67 ± 0.04	0.67	0.45 ± 0.03	0.43	0.32 ± 0.04	0.26
孤立銀河	0.62 ± 0.01	0.63	0.40 ± 0.01	0.40	0.27 ± 0.01	0.24

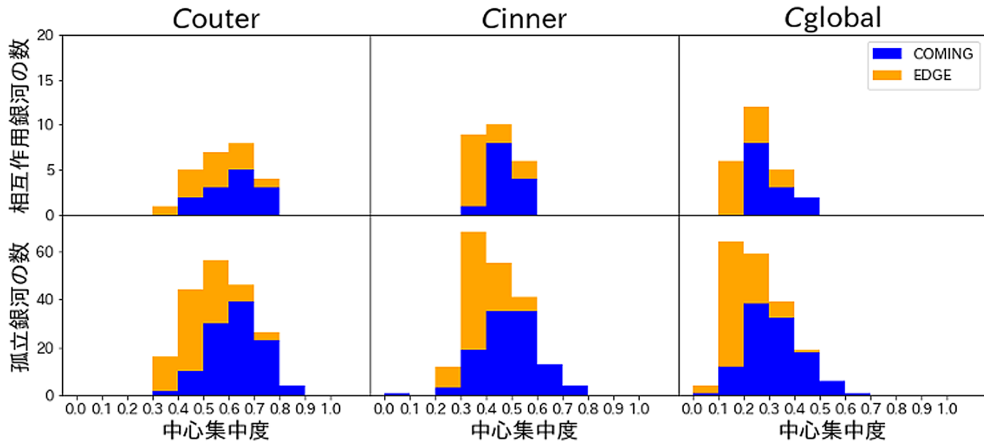


図6 恒星の中心集中度のヒストグラム. 左から C_{outer} , C_{inner} , C_{global} . 上段: 相互作用銀河, 下段: 孤立銀河.

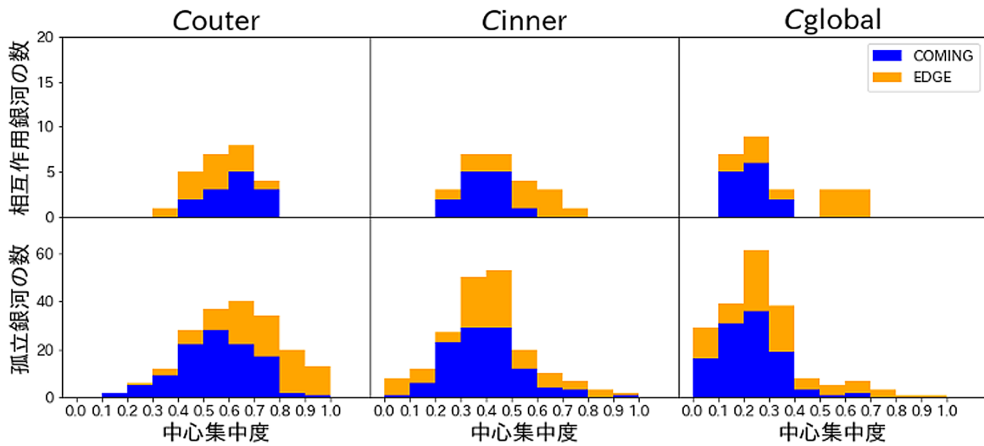


図7 分子ガスの中心集中度のヒストグラム. 左から C_{outer} , C_{inner} , C_{global} . 上段: 相互作用銀河, 下段: 孤立銀河.

いない [13] ことである。今回の研究で相互作用銀河のサンプルとして扱った天体は全部で25天体、そのうちの22天体が初期から中期段階（ほぼ形が崩れていないもの）、3天体が後期段階である。先行研究を踏まえると、ガスの中心集中度は孤立銀河に比べもっと低い値がとられることが予想されたが、そのような結果にはならなかった。これは初期段階のガス分布には大きくバリエーションがあることを示唆している。実際、図6, 7の相互作用銀河同士を比べてみると分子ガスの中心集中度はいずれも恒星の中心集中度より分散が大きいことが読み取れる。

一方、本研究では後期段階のサンプルが少ないことが問題となる。同数程度で同様の質を持つ後期段階のサンプルをもって比較する必要がある。ただ、後期段階と断定できそうなサンプルが今のところあまりない。

さらに、相互作用銀河のサンプルはそれぞれ衝突時の諸条件が異なる。諸条件には衝突時の角度やハッブル分類など多くの要素が含まれている。先行研究のシミュレーションから軌道角運動量、銀河質量比などでも中心集中度が変化することが示唆されている。そのため、実際のところそれらの諸条件も踏まえて議論をすべきである。しかし、この場合多くの要素を加味しなければならず、各条件が分子ガス中心集中に与える影響を切り分けて評価するのは複雑かつ困難を極める。

今後の展望として、まず、銀河相互作用の段階評価を明確に定義したいと考えている。現在は銀河間の距離と核の個数によって段階を大まかに評価している。ただ、銀河の形状の変化は銀河同士の重力の強さに依存する。例えば、同質量の銀河が相互作用している場合と非同質量の銀河が相互作用しているものでは形状の歪み具合は大きく異なる。非同質量の相互作用銀河の場合、質量比が大きければ大きいほど質量が大きい方は形状の変化が小さいのに対して、小さい方は形状の変化が大きくなるのは容易に想像ができる。そのためこ

れを加味した、銀河の同士の質量比も段階評価の条件に加えたい。この段階評価を明確にした上で銀河重力相互作用による分子ガスの中心集中度が相互作用の段階によって変化している可能性を考え、段階ごとに分けた数値の導出を行いたい。これを行うことによって、段階によらず銀河重力相互作用が起きれば分子ガスが中心集中するのかわるか、また、銀河のどの進化段階から中心集中の度合いが変化するのか切り分けられると考えている。さらに、銀河質量比を段階評価の条件に加える他、衝突時の角度、銀河分類の諸条件が分子ガスの中心集中度にどのくらい影響があるのかも評価したい。

その場合、さらに相互作用銀河のサンプル数不足の影響が顕著な問題となる。そのため、さらなるサンプル数の増加が必要であると捉えている。また、引き続き観測データから議論していくことと並行してシミュレーションの側面から、各条件が分子ガス中心集中度にどの程度寄与するのかを評価できないか視野に入れていきたい。

謝 辞

本研究は2020年度国内研修支援金の助成を受け、明星大学の小野寺幸子准教授、上越教育大学／国立天文台の金子紘之特任助教指導の下に行われました。本来であれば議論のため直接お伺いする機会があったはずでしたが、コロナ禍のため全てオンラインでのやりとりとなりました。そのため、大変ご迷惑とご心配をおかけしました。その中でご助言と励ましの言葉の数々に何度も救われました。長期にわたる細やかなご指導、心より感謝申し上げます。

また、本研究を進めている中で、励ましてくれた先輩、切磋琢磨した同世代の仲間のおかげで日々の研究に勤しむことができました。私にかかわっていただいた人全てに深く感謝申し上げます。

最後に、社会人しながら研究をできるという貴重な経験を与えてくださった日本天文学会に御

礼申し上げます。可能な限り市民天文学の普及も兼ねて、引き続き勉強と研究を続けていきたいと思えます。

参考文献

- [1] Zhu, M., 2001, PhD thesis, University of Toronto
- [2] Struck, C., 2006, *Astrophysics Update*, 2, 115
- [3] Spitzer, L. Jr., & Baade, W., 1951, *ApJ*, 113, 413
- [4] Zwicky, F., 1959, *Handbuch der Physik*, 53, 373
- [5] Arp, H., 1966, *ApJS*, 14, 1
- [6] Toomre, A., & Toomre, J., 1972, *ApJ*, 178, 623
- [7] Pan, H.-A., et al., 2018, *ApJ*, 868, 132
- [8] Solomon, P. M., & Sage, L. J., 1988, *ApJ*, 334, 613
- [9] Barnes, J. E., & Hernquist, L., 1996, *ApJ*, 471, 115
- [10] Young, J. S., et al., 1996, *AJ*, 112, 1903
- [11] Teyssier, R., et al., 2010, *ApJ*, 720, L149
- [12] Iono, D., et al., 2005, *ApJS*, 158, 1
- [13] Kaneko, H., et al., 2013, *PASJ*, 65, 16
- [14] 三浦飛未来ほか, 2019, 日本天文学会春季年会, R02a
- [15] Sorai, K., et al., 2019, *PASJ*, 71, S14
- [16] Bolatto, A. D., et al., 2017, *ApJ*, 846, 159
- [17] Wright, E. L., et al., 2010, *AJ*, 140, 1868

The Central Concentration of Molecular Gas in Interacting Galaxies

Hibiki MIURA

Tsukuba Science Expo Memorial Foundation, 2-9 Agatsuma, Tsukuba, Ibaraki 305-0031, Japan

Abstract: It is known that star formation in galaxies becomes more active under strong gravitational interaction from a close companion, which is one of the processes that drive galaxy evolution. It has also been suggested that molecular gas, which is the material for stars, is transported to the center of each parent galaxy under galaxy interactions. In this study, we investigate the effects of the galaxy interaction on molecular gas and stars. In order to quantitatively evaluate when and where molecular gas is transported toward the galactic center, we investigated the degree of central concentration of molecular gas and stars at three different scales. The results show that the concentration of molecular gas tends to be slightly higher in interacting galaxies than that in isolated galaxies at all three scales. This can be interpreted as a slow infall of molecular gas from the outer region to the center of the galaxies.