

# 天の川銀河の巨大分子雲 における高密度ガスと 大質量星形成



河野



藤田



西村

河野 樹人<sup>1</sup>・藤田 真司<sup>2</sup>・西村 淳<sup>3</sup>

〈<sup>1,2</sup>名古屋大学大学院理学研究科 〒464-8602 愛知県名古屋市千種区不老町〉

〈<sup>3</sup>大阪府立大学大学院理学研究科 〒599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1〉

e-mail:<sup>1</sup> mikito@a.phys.nagoya-u.ac.jp, <sup>2</sup> fujita.shinji@a.phys.nagoya-u.ac.jp, <sup>3</sup> nishimura@p.s.osakafu-u.ac.jp

FUGINプロジェクトの一環として天の川銀河で最も質量の大きい巨大分子雲複合体の1つであるW43に対して $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}$   $J=1-0$ の広域観測を行いました。解析の結果、高密度ガスは巨大分子雲内部の大質量星形成領域に局所的に存在し、大質量星に付随する2-4つの複数速度成分で構成されることがわかりました。そこで私たちは、複数速度成分の分子雲の衝突による衝撃圧縮が、巨大分子雲内部において高密度ガスや激しい星生成を引き起こす可能性を提案します。W43はバーエンドと呼ばれる渦状腕と棒状構造の接合部付近に位置するため、系外銀河の観測や数値シミュレーションが示すように銀河スケールでの異なるガス流の収斂によって、分子雲同士の衝突頻度が高くなっている可能性が考えられます。

## 1. 巨大分子雲とミニ・スターバースト

夜空に輝く多数の恒星は、分子雲と呼ばれる水素分子ガスの塊から形成されます。その中でも、分子ガス質量がおよそ1万太陽質量以上のものは巨大分子雲と呼ばれ、大質量星や星団形成の現場として知られています[1]。太陽系の属する天の川銀河では、1970年代から電波望遠鏡を用いた一酸化炭素分子(CO)の回転遷移の観測によって銀河面に存在する巨大分子雲が多数同定されてきました[2, 3]。特に天の川銀河では、巨大分子雲中で概ね20太陽質量以上の質量を持つO型星が20-50個形成されているミニ・スターバースト\*<sup>1</sup>と呼

ばれる活発な星形成領域が存在します[6]。このような天体は周囲の星間物質や銀河進化に大きな影響を与えるため、その形成メカニズムの解明は非常に重要です。一方で、その形成母体となる高密度ガスと大質量星形成のメカニズムは未だ明らかとなっておらず、系外銀河と天の川銀河における星形成の重要なテーマの1つになっています[7, 8]。そこで、私たちは巨大分子雲での高密度ガスと大質量星形成メカニズムを解明するためFUGIN[9, 10]の高分解能かつ広域の観測データを用いて、天の川銀河における分子ガス質量が最大規模(〜1000万太陽質量)の巨大分子雲複合体であるW43領域[11]に着目して本研究を行いました。

\*<sup>1</sup> ここでは系外銀河や遠方宇宙における爆発的星形成(スターバースト)に対して規模が小さく、天の川銀河における局所的に激しい星形成現象という意味で用いています[4, 5]。

## 2. 巨大分子雲複合体 W43

W43は銀経30度付近に存在する巨大分子雲複合体であり、距離はメーザーの年周視差観測から5.5 kpcであることが知られています [12]. 複合体内部に2つの大質量星形成領域W43 MainとW43 South (G29.96-0.02)が存在します. W43 Mainは、ミニ・スターバーストの現場と呼ばれており [5], ALMA望遠鏡を用いた高分解能観測から100個以上の大質量分子雲コアが同定されています [13]. 一方でW43 Southは10個程度のコンパクト電離水素領域で構成される大質量星形成領域です [14].

図1がFUGINによって得られた天の川銀河内域の銀経速度図です. 点線は年周視差観測による距離決定に基づいた天の川銀河の渦状腕、腕間、太陽系近傍の分子雲の位置を示しています [15]. W43は、視線速度70–120 km s<sup>-1</sup>付近に分子ガス

が存在し、渦状腕の1つであるScutum Armの折り返し地点に位置していることがわかります. 銀経速度図上で見ると天の川銀河内域の中でも特にW43付近にガスが集中し、30 km s<sup>-1</sup>以上の広い速度幅にわたって分子ガスが分布している様子がわかります. さらに銀河スケールで見た場合、W43はScutum Armの接線方向 (tangent point [18]) にあり、バーエンドと呼ばれる棒状構造と渦状腕の接合部という特殊な場所に位置しています [19].

### 2.1 巨大分子雲複合体の空間分布

次にW43巨大分子雲複合体に焦点を当てて結果を説明します. 図2(a), (b) がそれぞれ<sup>12</sup>CO, C<sup>18</sup>Oの積分強度図です. <sup>12</sup>COは、銀経方向~150 pc, 銀緯方向~100 pcにわたって広がって分布していることわかります. 分子雲のピークは、内部の大質量星形成領域W43 Main, W43 Southに対応しています. <sup>12</sup>COから見積もった全分子ガス質量は1400万太陽質量で、天の川銀河内で

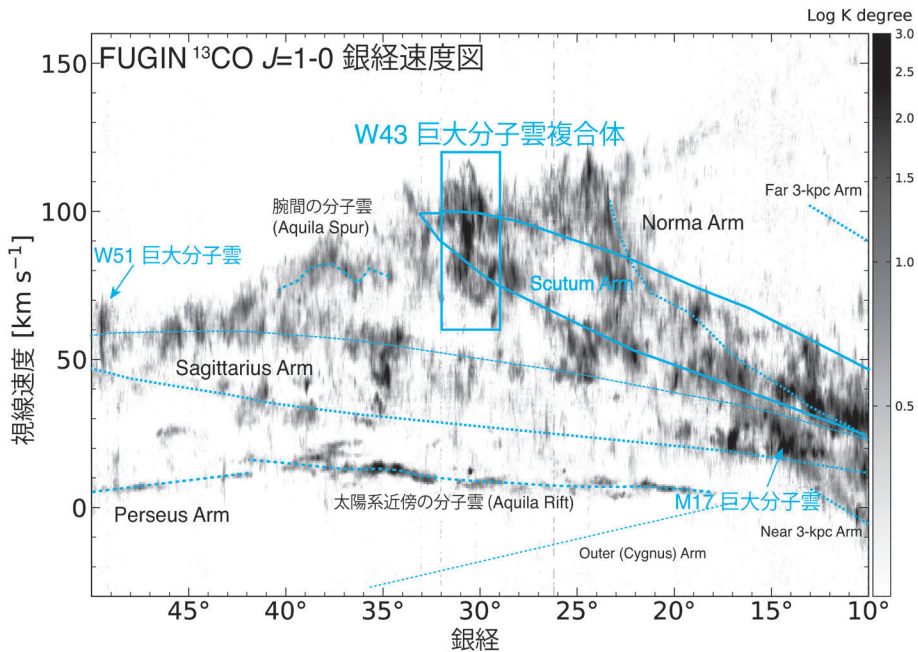


図1 FUGINによって得られた<sup>13</sup>CO  $J=1-0$ の銀経速度図. 銀経方向の位置を横軸、視線速度を縦軸として分子雲の電波強度をプロットしています. 点線は、年周視差観測によって得られた渦状腕と腕間のおおよその位置です [15]. 銀経30度、視線速度70–120 km s<sup>-1</sup>付近にW43巨大分子雲複合体が位置しています. また、銀経15度付近にM17巨大分子雲 [16], 銀経50度付近にW51巨大分子雲 [17]が存在します (6章で記述).

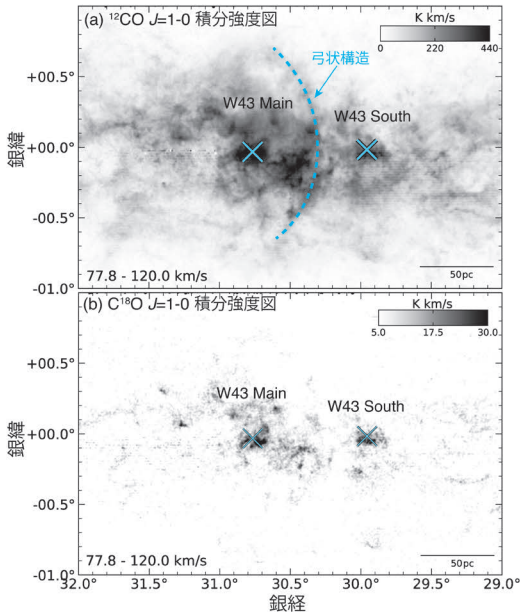


図2 (a) W43巨大分子雲複合体の $^{12}\text{CO } J=1-0$ の空間分布. 点線が弓状構造を示します(4.2節で記述) [20, 21]. (b)  $\text{C}^{18}\text{O } J=1-0$ の空間分布. X印はW43 Main [22]とW43 South [23]の中心位置を示します. 積分速度範囲は78-120  $\text{km s}^{-1}$ です.

最も分子ガス質量の大きい巨大分子雲複合体であることがわかりました. 一方で, 高密度ガスを捉える $\text{C}^{18}\text{O}$ の結果を見ると,  $^{12}\text{CO}$ に対して $\text{C}^{18}\text{O}$ は大質量星が誕生しているW43 Main, W43 Southに $\sim 20$  pcの空間スケールで集中的に分布しているのが大きな特徴です.  $\text{C}^{18}\text{O}$ から求めたW43全体の高密度分子ガス質量はおよそ170万太陽質量で,  $^{12}\text{CO}$ で求めたよりもおよそ1桁小さな値となりました.

## 2.2 巨大分子雲複合体の速度構造

私たちはさらに速度方向のより詳細な解析を行いました. 図3(a), (b)がそれぞれ $^{12}\text{CO}$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}$ の位置速度図で, 横軸が銀経, 縦軸が視線速度を表しています. 点線でScutum Armのおよその位置を示しています.  $^{12}\text{CO}$ で見ると80-120  $\text{km s}^{-1}$ の速度範囲にわたってガスが分布していることがわかります. またW43 Mainでは95  $\text{km s}^{-1}$ , W43

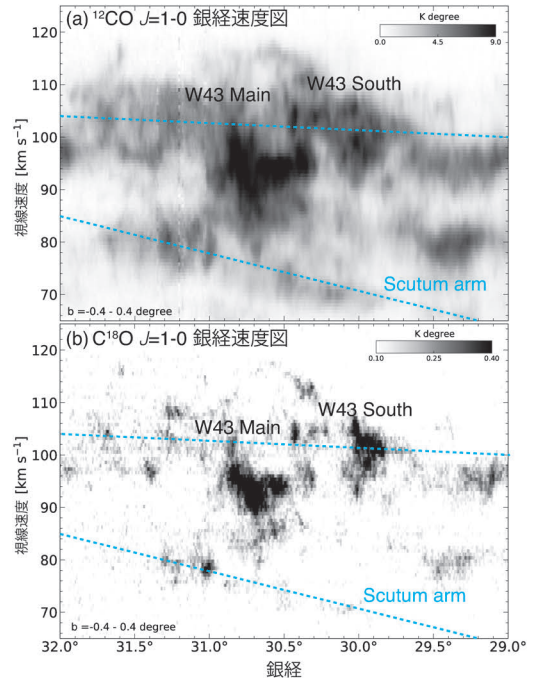


図3 (a) W43巨大分子雲複合体の $^{12}\text{CO } J=1-0$ 銀経速度図. (b)  $\text{C}^{18}\text{O } J=1-0$ 銀経速度図. 銀経方向の位置を横軸, 視線速度を縦軸として分子雲の電波強度をプロットしています. 点線はScutum Armのおおよその位置です [15]. 銀緯方向の積分範囲は $-0.4$ 度 $+0.4$ 度です.

Southでは100  $\text{km s}^{-1}$ の速度付近にピークを持っていることがわかります. 一方で $\text{C}^{18}\text{O}$ の位置速度図を見ると空間分布で見たときと同様に巨大分子雲複合体内部の2つの星形成領域, W43 MainとW43 Southの2箇所に集中して分布しているのが大きな特徴です. また, 線幅も10  $\text{km s}^{-1}$ 以下で,  $^{12}\text{CO}$ と比較して1/2-1/3の大きさであり, よりコンパクトな構造をしていることがわかります.

## 3. 巨大分子雲複合体内部の速度構造

私たちは巨大分子雲複合体内部の大質量星の形成起源を解明するため, 高密度ガスの集中するW43 MainとW43 Southの2領域に焦点を当てて, より詳細な解析を行いました. 図4が各領域のス

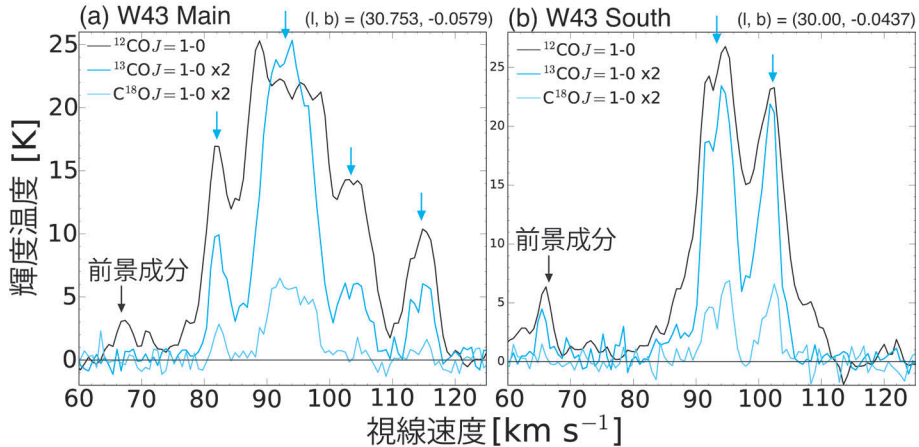


図4 (a) W43 Main( $l, b$ )=(30.753, -0.058) と, (b) W43 South( $l, b$ )=(30.00, -0.044) のCOスペクトル. 横軸が視線速度で縦軸が電波強度に対応しています. 黒色, 青色, 水色がそれぞれ $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}$ を示しています. 60–75  $\text{km s}^{-1}$ はW43に無関係な前景成分 [24] で, 付随する可能性の高い複数速度成分を青矢印で示しています.

ペクトルを示しています. 横軸が視線速度, 縦軸がCOの強度です. 過去の分子雲観測から60–75  $\text{km s}^{-1}$ 成分はW43に無関係な前景成分であることが示唆されています [24]. 一方で, 付随する可能性のある80–120  $\text{km s}^{-1}$ の速度範囲の中で, 少なくともW43 Mainでは4つ, W43 Southでは2つの速度成分が存在することがわかります. 私たちは, これらの分子雲の大質量星への付随関係を調査するために, 高温・高密度領域をより選択的に捉えることのできるJMCT  $^{13}\text{CO } J=3-2$ の公開データとスピッツァー宇宙望遠鏡によって得られた $8 \mu\text{m}^*$ 赤外線画像との空間分布の比較を行いました.

### 3.1 W43 Main

図5がおおよそ10  $\text{km s}^{-1}$ ずつの速度差を持った4つの速度成分(a,b,c,dに対応)のスピッツァー宇宙望遠鏡によって得られた $8 \mu\text{m}$ 画像 [26] とJCMT 15 m電波望遠鏡によって得られた $^{13}\text{CO } J=3-2$  [27]の空間分布の比較を示しています. 4つの速度成分は, いずれも $8 \mu\text{m}$ で明るい赤外線バブルN52 [28]と等高線で重ねた分子雲のピー

クの位置がよく一致していることがわかります. また103  $\text{km s}^{-1}$ 成分ではW43-MM1リッジ [29]と呼ばれる高密度コアの位置と分子雲のピークが一致しています. したがって4つの速度成分はいずれもW43 Mainに物理的に付随している可能性が高いと言えます.

### 3.2 W43 South (G29.96-0.02)

図6は, W43 Southにおける, およそ10  $\text{km s}^{-1}$ の速度差を持った2つの速度成分(a,bに対応)の赤外線 $8 \mu\text{m}$ 画像とJCMT 15 m電波望遠鏡によって得られた $^{13}\text{CO } J=3-2$  [27]の空間分布の比較を示しています. 2つの速度成分それぞれで, 分子雲と赤外線のピークが十字で示したコンパクト電離水素領域の部分でよく一致している様子わかります. この結果からW43 Southにおいても, 2つの速度の異なる分子雲が大質量星に付随している可能性が高いことがわかります.

## 4. 銀河スケールでの分子ガスの大局的運動

これらの付随する複数速度成分と大質量星形成

\*2 主に大質量星からの紫外線放射によって励起された多環式芳香族炭化水素 (Polycyclic Aromatic Hydro-carbon: PAH) からの放射を捉えています [25].



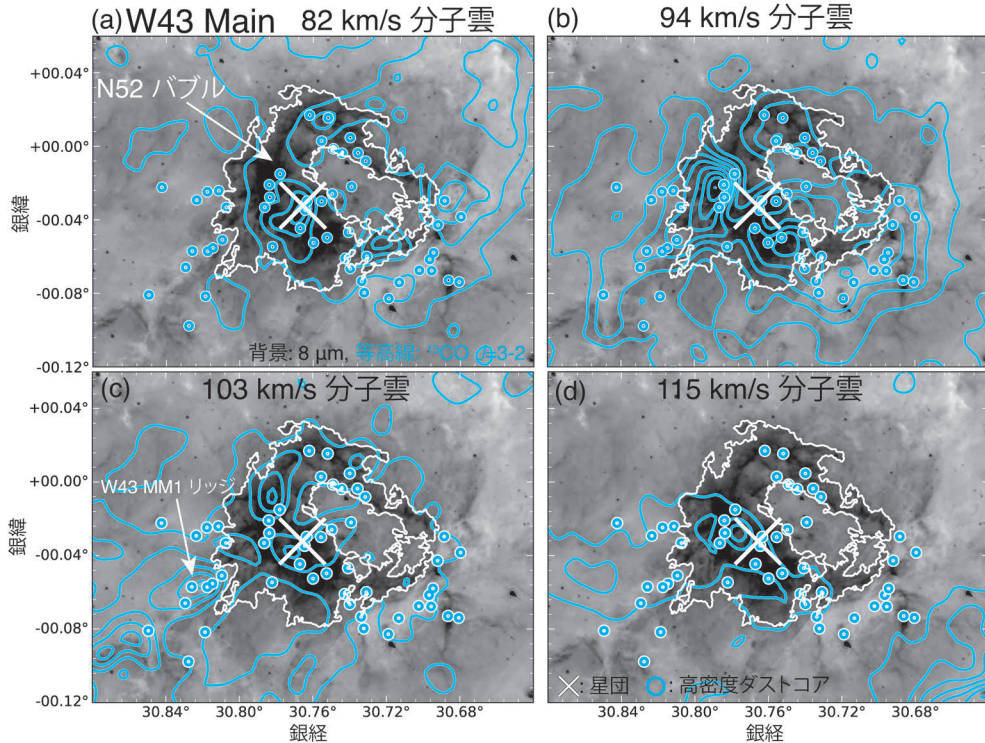


図5 W43 Mainの赤外線8  $\mu\text{m}$ 画像 [26] にJCMTで得られた  $^{13}\text{CO } J=3-2$  [27] の空間分布を重ねたもの。それぞれ、(a)  $82 \text{ km s}^{-1}$  (b)  $94 \text{ km s}^{-1}$  (c)  $103 \text{ km s}^{-1}$  (d)  $115 \text{ km s}^{-1}$ 成分の分子雲の分布を水色の等高線で示しています。白色の等高線は、8  $\mu\text{m}$ で見える赤外線バブルN52の輪郭を示しています。×印と丸印はそれぞれ先行研究によって同定された星団 [22] と高密度ダストコア [4] の位置です。

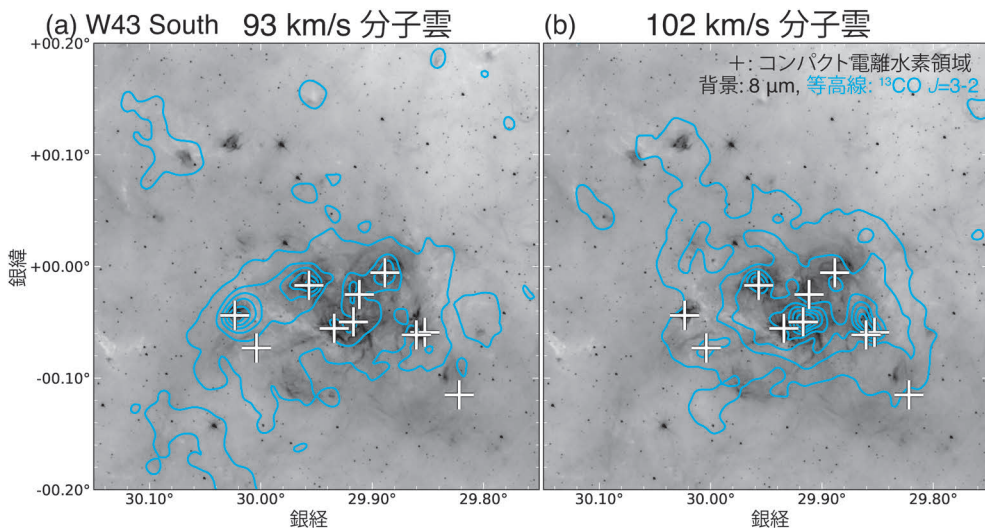


図6 W43 Southの赤外線8  $\mu\text{m}$ 画像 [26] に2つの速度成分のJCMTで得られた  $^{13}\text{CO } J=3-2$  [27] の空間分布を重ねたもの。それぞれ、(a)  $93 \text{ km s}^{-1}$  (b)  $102 \text{ km s}^{-1}$ 成分の分子雲の空間分布を等高線で示しています。十字は電波連続波観測によって同定されたコンパクト電離水素領域 [30] の位置を示しています。

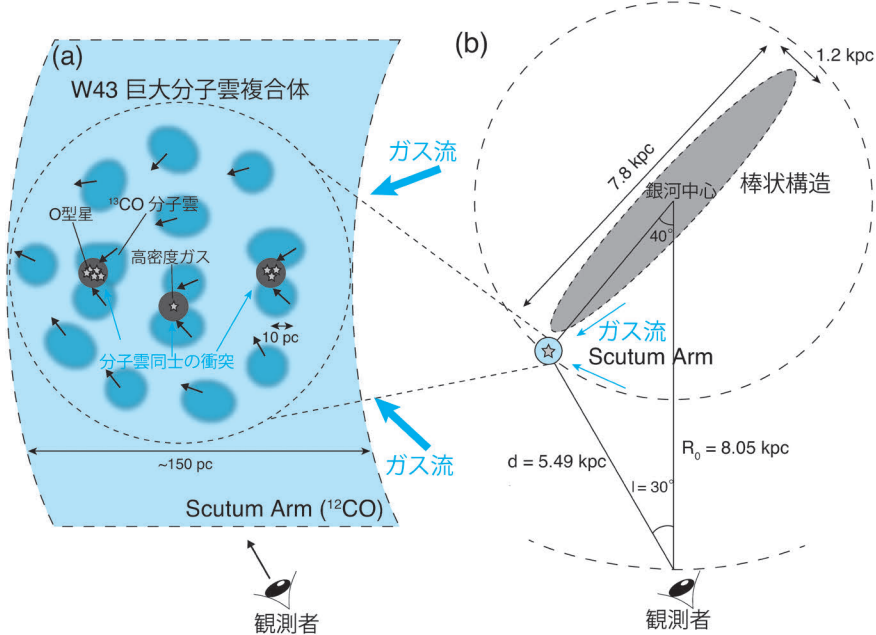


図7 W43巨大分子雲複合体における高密度ガスと大質量星形成シナリオ。(a)  $\sim 100$  pcスケールでのイメージ図。薄い青色で $^{12}\text{CO}$ で観測される低密度ガス，濃い青色で $^{13}\text{CO}$ で観測される分子雲，黒色で $\text{C}^{18}\text{O}$ で観測される高密度ガスを示しています。(b) 銀河スケールでのイメージ図。太陽系から銀河中心とW43までの距離は，年周視差によって得られた結果 [12, 37] を採用しました。棒状構造のサイズは，近赤外線と中間赤外線の観測によって得られた値を参照しました [38]。

の起源として，私たちは天の川銀河の大局的構造を含めた考察を行いました。

#### 4.1 バーエンド領域における分子ガスの集積

銀河スケールで考えた場合，大きな特徴としてW43はバーエンドと呼ばれる天の川銀河におけるScutum Armと棒状構造の境界付近に位置しています。棒渦巻銀河M83やNGC 3627の観測結果から，バーエンド付近には渦状腕の円運動のガスとバーからの非円運動のガスが収束するため，分子ガスが集積しやすくなる可能性が示唆されています [31, 32]。さらに，数値シミュレーションでは，ガス流の収束によって，分子雲同士の衝突が頻繁に起き，ミニ・スターバーストのような活発な星形成が誘発される可能性が示唆されています [33]。

#### 4.2 渦状腕中の超音速流による衝撃圧縮の可能性

さらにW43では，実際に銀河スケールでの衝撃

圧縮の可能性が示唆されています。野辺山45 m鏡を用いた10 GHzの連続波掃天観測 [34] やFUGINデータを用いたW43の解析から，銀河面に対して垂直方向に約100 pcの大きさを持つ弓状構造が発見されました [20, 21]。図2の青い点線部分が，その弓状構造に対応しています。この構造は，渦状腕中を流れる超音速流がW43 Mainの高密度ガスに追突することで形成される弧状衝撃波（バウショック）と考えられており，その起源は銀河衝撃波理論 [35, 36] によって説明可能であると提案されています。このようにW43周辺では銀河スケールでのガスの大局的運動がミニ・スターバーストのような局所的な大質量星形成に影響を与えている可能性が考えられます。

## 5. 高密度ガスと大質量星形成シナリオ

これらの観測結果からW43巨大分子雲複合体

における高密度ガスとミニ・スターバーストの形成シナリオとして、私たちは図7のような新しいモデルを提案します。W43はバーエンドに位置するため、銀河スケールでガスの収縮が起こり、その中で $^{13}\text{CO}$ で観測されるような分子雲同士の衝突が高い頻度で起こることが考えられます。衝突によって局所的に星間ガスが圧縮され、ミニ・スターバーストと呼ばれるような激しい星形成を誘発すると考えられます。このシナリオを採用することによって、銀河スケールでの分子ガスの大局的運動と、分子雲スケールでの星形成領域の観測結果を矛盾なく説明することができます。分子雲同士の衝突が大質量星形成を誘発した例は、FUGINデータを用いた巨大分子雲や赤外線バブルに対する観測で多数報告されています [16, 17, 39–42]。衝突の詳細な物理過程や研究の進展は、他の月報記事 [43–46] に詳しく記述されていますので、そちらも併せてご参照頂けると幸いです。

## 6. W43, W51, M17 巨大分子雲間のCO輝度温度と星形成効率の比較

最後に天の川銀河の巨大分子雲におけるW43の位置付けを探るため、FUGINデータを用いて

W43と同様に分子雲衝突が示唆されている巨大分子雲であるW51 [17] とM17 [16] との星形成効率<sup>\*3</sup>の比較を行いました。星の全質量は、各領域における最も重い星のスペクトル型とその個数 [47] から星の初期質量関数 [48] を仮定して導出しました。表1がその結果を示しています。 $\text{C}^{18}\text{O}$ によって観測される星形成に直結する高密度ガスで見るとW43の星形成効率は4%であり、W51, M17と比較して1/3以下でした。これは、ミニ・スターバースト領域であるにもかかわらずW43の“現在の星形成効率”は低いことを示しています。

次に分子ガス特性の違いを探るためFUGINによって得られた $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}$ の輝度温度の頻度分布を作成しました。これはSawada et al. (2012) [49, 50] で提案された輝度分布関数 (BDF) に対応

表1 星形成効率の比較。

天体名	高密度ガスの質量 [太陽質量]	星の全質量 [太陽質量]	星形成効率 [%]
W43	$\sim 1.7 \times 10^6$	$\sim 8 \times 10^4$	$\sim 4$
W51	$\sim 2.9 \times 10^5$	$\sim 4 \times 10^4$	$\sim 12$
M17	$\sim 1.6 \times 10^5$	$\sim 5 \times 10^4$	$\sim 24$

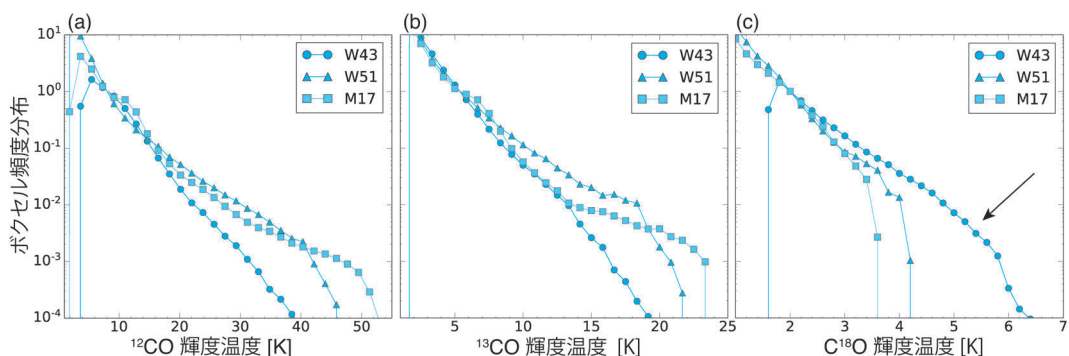


図8 (a)  $^{12}\text{CO}$ , (b)  $^{13}\text{CO}$ , (c)  $\text{C}^{18}\text{O}$ の輝度温度の頻度分布の比較。横軸に観測された輝度温度、縦軸にボクセルの頻度分布を示しています。各々5 $\sigma$ 以上の領域についてプロットしており、それぞれ (a) 7.3–9.2 K, (b) 5.0–5.8 K, (c) 1.8 Kの範囲で規格化しています。プロットの際に3領域の空間分解能が $\sim 1$  pcに揃うようにデータを平滑化しました。

<sup>\*3</sup> ここでは星の全質量と分子雲の質量の合計に対する、星の全質量の割合を示しています。



しています。図8(a, b, c)がそれぞれ $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}$ の輝度温度の頻度分布を示しています。W43に着目すると $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$ では他の2天体と大きな違いが見られないのに対して、 $\text{C}^{18}\text{O}$ では、図8の矢印部分に対応する輝度温度が高い分子ガスの存在量が多いことがわかります。これは、W43では局所的に輝度温度の高い高密度ガスが多く含まれていることを示唆しています。したがってW43では、“現在の星形成効率”は低いものの、輝度温度の高い高密度ガスが多く含まれていることとなります。私たちはこの結果の解釈として、W43では将来的に星形成効率が増加し、さらにスターバーストに至る可能性が高いと考えています。

## 7. ま と め

FUGINプロジェクトの一環として、W43巨大分子雲複合体に対してCOの広域観測を行いました。解析の結果、高密度ガスは巨大分子雲複合体内部の大質量星形成領域に局所的に存在し、大質量星に付随する2-4つの複数速度成分で構成されることがわかりました。W43は、バーエンドと呼ばれる渦状腕と棒状構造の接合部付近に位置するため、銀河スケールでの異なるガス流の収斂によって、分子雲同士の衝突頻度が高くなっており、その衝撃圧縮によってミニ・スターバーストと呼ばれる激しい星形成が誘発された可能性が高いと考えられます。

## 謝 辞

本稿の内容は、筆者らFUGINメンバーによって発表された投稿論文 [51] と学位論文 [52] に基づいています。指導教官である名古屋大学の立原研悟准教授と福井康雄特任教授には議論に多くの時間を割いていただき、大変お世話になりました。また、論文の共著者である鳥居和史、梅本智文、南谷哲宏、松尾光洋(国立天文台野辺山)、久野成夫(筑波大学/関西学院大学)、栗木美香(筑波大学)、切通僚介、大西利和(大阪府立大

学)、徳田一起(大阪府立大学/国立天文台)、花岡美咲、大濱晶生、佐野栄俊(名古屋大学)、津田裕也(明星大学)、長谷川哲夫(国立天文台)、祖父江義明(東京大学天文学教育研究センター)、羽部朝男(北海道大学)にはこの場を借りて感謝申し上げます。FOREST受信機を用いたFUGINの観測では、FUGINメンバーと野辺山宇宙電波観測所の職員の方々にご協力いただきました。ありがとうございました。

## 参 考 文 献

- [1] Dobbs, C. L., et al., 2014, *Protostars and Planets VI*, 3
- [2] Dame, T. M., et al., 1986, *ApJ*, 305, 892
- [3] Solomon, P. M., et al., 1987, *ApJ*, 319, 730
- [4] Motte, F., et al., 2003, *ApJ*, 582, 277
- [5] Bally, J., et al., 2010, *A&A*, 518, L90
- [6] Motte, F., et al., 2018, *ARA&A*, 56, 41
- [7] Lada, C. J., et al., 2012, *ApJ*, 745, 190
- [8] Torii, K., et al., 2019, *PASJ*, 71, S2
- [9] Umemoto, T., et al., 2017, *PASJ*, 69, 78
- [10] <https://nro-fugin.github.io>
- [11] Motte, F., et al., 2014, *A&A*, 571, A32
- [12] Zhang, B., et al., 2014, *ApJ*, 781, 89
- [13] Motte, F., et al., 2018, *Nature Astronomy*, 2, 478
- [14] Beltrán, M. T., et al., 2013, *A&A*, 552, A123
- [15] Reid, M. J., et al., 2016, *ApJ*, 823, 77
- [16] Nishimura, A., et al., 2018, *PASJ*, 70, S42
- [17] Fujita, S., et al., 2019, *PASJ*, in press (doi:10.1093/pasj/psz028)
- [18] Vallée, J. P., 2014, *ApJS*, 215, 1
- [19] Nguyen Luong, Q., et al., 2011, *A&A*, 529, A41
- [20] Sofue, Y., 1985, *PASJ*, 37, 507
- [21] Sofue, Y., et al., 2019, *PASJ*, 71, S1
- [22] Blum, R. D., et al., 1999, *AJ*, 117, 1392
- [23] Wood, D. O. S., & Churchwell, Ed, 1989, *ApJS*, 69, 831
- [24] Carlhoff, P., et al., 2013, *A&A*, 560, A24
- [25] Draine, B. T., & Li, A., 2007, *ApJ*, 657, 810
- [26] Benjamin, R. A., et al., 2003, *PASP*, 115, 953
- [27] Rigby, A. J., et al., 2016, *MNRAS*, 456, 2885
- [28] Churchwell, E., et al., 2006, *ApJ*, 649, 759
- [29] Nguyen-Lu'o'ng, Q., et al., 2013, *ApJ*, 775, 88
- [30] Condon, J. J., et al., 1998, *AJ*, 115, 1693
- [31] Kenney, J. D. P., & Lord, S. D., 1991, *ApJ*, 381, 118
- [32] Beuther, H., et al., 2017, *A&A*, 597, A85
- [33] Renaud, F., et al., 2015, *MNRAS*, 454, 3299
- [34] Handa, T., et al., 1987, *PASJ*, 39, 709
- [35] Fujimoto, M., 1968, *IAU Symp*, 29, 453
- [36] Roberts, W. W., 1969, *ApJ*, 158, 123
- [37] Honma, M., et al., 2012, *PASJ*, 64, 136
- [38] López-Corredoira, M., et al., 2007, *AJ*, 133, 154



- [39] Kohno, M., et al., 2018, PASJ, 70, S50
- [40] Torii, K., et al., 2018, PASJ, 70, S51
- [41] Torii, K., et al., 2018, PASJ, in press (doi:10.1093/pasj/psy098)
- [42] Fujita, S., et al., 2019b, ApJ, 872, 49
- [43] 佐藤文男, 長谷川哲夫, 1993, 天文月報, 86, 121
- [44] 鳥居和史他, 2012, 天文月報, 105, 481
- [45] 井上剛志, 2015, 天文月報, 108, 109
- [46] 福井康雄, 2020, 天文月報, 113, 269
- [47] Binder, B. A., & Povich, M. S., 2018, ApJ, 864, 136
- [48] Salpeter, E. E., 1955, ApJ, 121, 161
- [49] Sawada, T., et al., 2012, ApJ, 752, 118
- [50] Sawada, T., et al., 2012, ApJ, 759, L26
- [51] Kohno, M., et al., 2020, PASJ, in press (arXiv: 2001.10693)
- [52] 河野樹人, 2020, 博士論文 (名古屋大学)

## Dense Gas and High-Mass Star Formation of Giant Molecular Clouds in the Milky Way

Mikito KOHNO, Shinji FUJITA and Atsushi NISHIMURA

*Department of Physics, Graduate School of Science, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-8602, Japan*

Abstract: We have performed new large-scale  $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$ , and  $\text{C}^{18}\text{O } J=1-0$  observations of the W43 giant molecular cloud (GMC) complex in the meeting point of the Galactic bar and the Scutum arm as a part of the FUGIN project. The low-density gas traced by  $^{12}\text{CO}$  is distributed over 150 pc, and has a large velocity dispersion ( $20-30 \text{ km s}^{-1}$ ). However, the dense gas traced by  $\text{C}^{18}\text{O}$  is localized in the W43 Main and W43 South high-mass star-forming regions in the W43 GMC complex. We found at least two clouds with a velocity difference of  $\sim 10-20 \text{ km s}^{-1}$ , both of which are likely to be physically associated with these high-mass star-forming regions based on the results of morphological correspondence with the infrared dust emission. We argue that the cloud-cloud collision hypothesis can explain the origin of the local mini-starbursts and dense gas formation in the W43 GMC complex.