

中間赤外域での Young Stellar Object 探査で探る 銀河系中心 400pc の星形成

京都大学大学院 理学研究科 宇宙物理学教室 修士 1 回生
安井一樹

1 概要

本講演は Star Formation in the Central 400pc of the Milky Way: Evidence for a Population of Massive Young Stellar Objects のレビューである。銀河系中心約 400pc には Central Molecular Zone と呼ばれる領域があり、周囲の環境と違って大量の星間物質が存在することが知られている。この領域は他の分子雲に比べて高温 (75-200K) なので星形成は起こりにくいが、高密度 ($> 10^4 \text{cm}^{-3}$) のために星形成をしていると思われる。しかし、このような環境でも他の領域と同様の星形成をしているのかどうかはまだよく分かっていなかった。この研究では中間赤外線観測で銀河系中心 400pc にある Young Stellar Object (YSO) の探査を行っている。それによって多くの YSO 候補が見つかり、その結果と多波長のデータから星形成率を見積もると、銀河系中心付近では 10 万年前に大質量星が形成された時期があった。また星形成率とガス密度の相関を表す Schmidt-Kennicutt 則と照らし合わせて、銀河系中心領域も他の領域と同様の星形成を示すことが分かった。

2 銀河系中心と CMZ

銀河系中心は数ある銀河中心のうち最も我々に近いところにあるため、唯一銀河中心の構造をひとつひとつ細かく観測することができ、その結果、銀河系中心の 400pc の領域には Central Molecular Zone (CMZ) と呼ばれる分子雲帯が見つかった。典型的な分子雲は温度が 10K、密度が 10^3cm^{-3} だが、この CMZ は温度が 75 – 200K と高く、密度が 10^4cm^{-3} 以上と大きいのが特徴である。温度が高いと分子が動き回って星形成を起こしにくいはずであるが、密度が大きいために実際には星形成を起こしている。

このように、銀河系中心というのは他の星形成領域などとは異なった特殊な環境をしているが、ここで、銀河系中心のような環境でも他の場所と同じような星形成の性質を持っているのか、最近では銀河系中心ではどのような星形成をしているのかという問題が生じる。この研究では銀河系中心が近くにあることを活かして個々の星を分解し、Young Stellar Object (YSO) と呼ばれる主系列星へと進化しつつある途中の天体 (図 1) を探して、銀河系中心の星形成の様子を明らかにしていこうとしている。

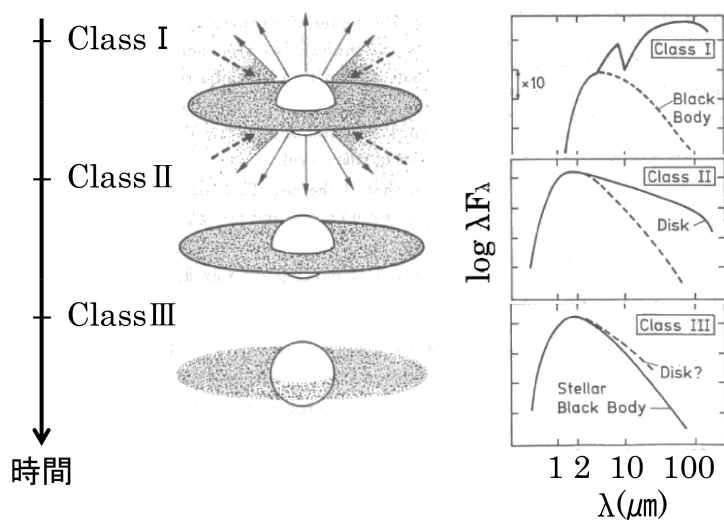


図 1: YSO は Class と呼ばれる 3 つの進化段階に分けられる。左: 各 Class の YSO の模式図。右: 各 Class の YSO の Spectral Energy Distribution (SED)。Class I は中心星がダストなどからなる外層におおわれている段階で、SED はダストからの寄与で右上がり。Class II は外層が無くなって中心星の周りに不透明なディスクが存在している段階で、SED はディスクからの寄与で平坦。Class III はディスクが光学的に薄くなって中心星が見えるようになってきた段階で、SED は中心星の寄与で右下がり。(P. André 1994 より改変)

3 銀河系中心での星形成

$24\mu\text{m}$ のイメージ (図 2) をみると、銀河面に沿うように暗い部分があって高密な分子雲が存在し、その周囲には明るい点源があることが分かる。これらの $24\mu\text{m}$ で明るい点源について $8\mu\text{m}$ のデータと合わせて色等級図を用いて点源の中から YSO 候補を選び出した。さらに多波長のデータから SED fit を行って更に YSO を絞り込み、それぞれの Class に分類すると Class I YSO 候補は 213 個見つかった。この結果から Class I YSO 候補全体の質量は $1.4 \times 10^4 M_{\odot}$ となり、Class I YSO 候補の年齢は 10 万年と見積もられているので、星形成率は $0.14 M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ となった。

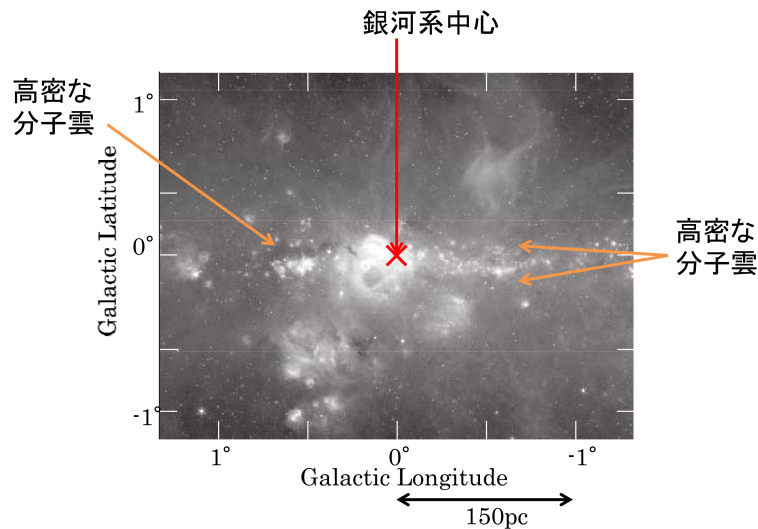


図 2: 銀河系中心の $24\mu\text{m}$ イメージ ([1] より改変)

各年代の星形成率は他の方法で見積もることができ、それぞれ表 1 のようになる。数千万年前には星形成率が $0.007 M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ ととても穏やかだった星形成活動は徐々に活発になって約 10 万年前に星形成率が $0.14 M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ とピークを迎え、その後減少に転じて現在に至っているという、星形成の歴史がわかった。

表 1: 各年代での星形成率

年代	数千万年前	数百万年前	10 万年前	5 – 10 万年前
星形成率 ($M_{\odot} \text{yr}^{-1}$)	~ 0.007	~ 0.07	~ 0.14	0.009 – 0.017

星形成領域で成り立つ法則として Schmidt-Kennicutt 則が知られている。今回の結果が Schmidt-Kennicutt 則と合っているかどうかプロットしたものが図 3 である。今回の銀河系中心での結果は十字で表されているが、右上がりの相関にとってもよく合っていることが分かる。つまり、銀河系中心での星形成の性質も他の星形成領域の場合と同様であり、銀河系中心という特殊な環境であっても星形成の性質は変わらないということがわかった。

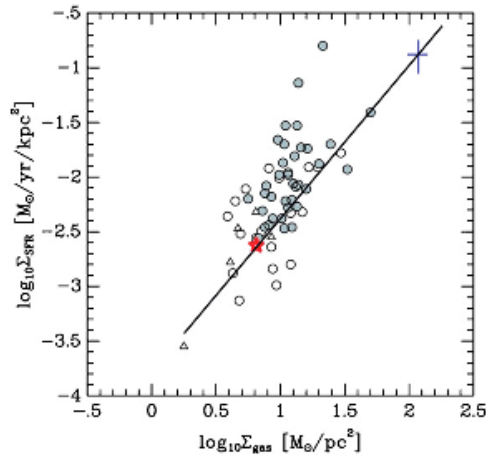


図 3: Schmidt-kennicutt 則。横軸がガスの面密度、縦軸が星形成率の面密度。や はいろいろな銀河の場合で、赤い星が太陽系近傍。これをみるとガス密度と星形成率密度の間に右上がりのよい相関があることが分かる。十字が今回の結果からわかる銀河系中心のプロット。[1]

4 今後の研究

ここまで銀河系中心という特殊な環境での星形成にスポットを当ててきたが、銀河系中心にはまだ他にも興味深い現象があり、銀河系の中心方向に広がった X 線放射が見ついているというのもそのひとつである。この X 線のスペクトルを見ると、FeXXV・FeXXVI という高階電離の輝線があり、これらの輝線比から銀河系中心付近にプラズマがあるとしたときの温度は 1 億 K と見積もられている。この X 線の起源について 2 つの説が挙げられており、ひとつは銀河系中心に本当に広がった一億 K のプラズマが存在するというもの、もうひとつは暗くて分解して観測できていない激変星の寄与であるというものである。[2] 現在、私は南アフリカにある IRSF という望遠鏡を用いて銀河系中心を近赤外線 J・H・Ks の 3 バンドで観測したデータを使って、銀河系中心にある星の分布を調べており、この星の分布と広がった X 線放射の分布を比べて一致すればこの X 線は星に由来するというのを支持し、一致しなければ 1 億 K のプラズマによるものだとすることを支持するのではないかと考えている。

参考文献

- [1] Yusef-Zadeh, F., et al. 2009, ApJ, 702, 178
- [2] Uchiyama, H. Study of the Galactic Diffuse X-Ray Emission with the Suzaku Satellite. Kyoto University, 2010, Ph.D. thesis, and references therein.