

銀河系中心超新星残骸SgrAeast と50 km/s分子雲との相互作用

坪井昌人(国立天文台野辺山宇宙)

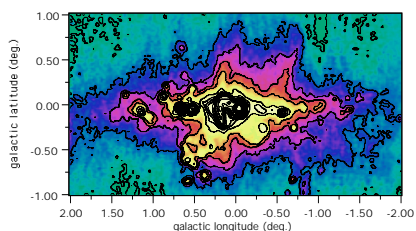
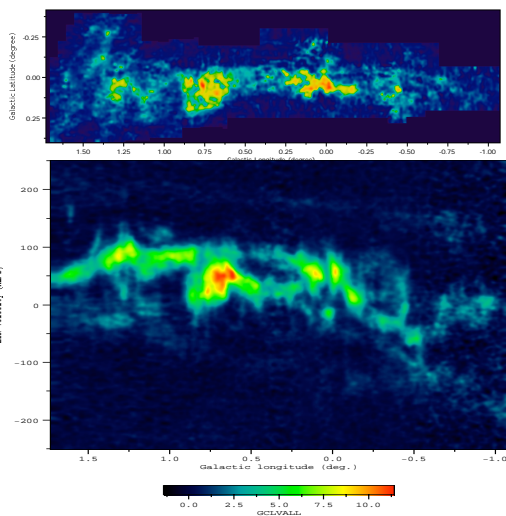
宮崎敦史(上海天文台)

奥村幸子(国立天文台野辺山宇宙)

銀河系中心分子雲：CMZ

CSJ=1-0

- ・ 分子雲の総量は 1×10^8 太陽質量である。
- ・ 銀河系全体の10%の中性ガス(水素分子ガス、水素原子ガス)が集中していることになる。
- ・ 分子ガス平均密度は 10^2cm^{-3} 程度以上である。
- ・ 銀経450pc×銀緯50pc
- ・ 観測される速度幅 10-50 km/s
- ・ 銀河系中心の銀河回転の速度は200km/s以上である。分子雲は100km/s以下に集中している。
- ・ 5割の分子ガス正銀経かつ正速度



この領域の電波／赤外線の強度によると分子ガスの割に星は生まれていない。平均した星生成率は円盤部に比べて低く1/10である。

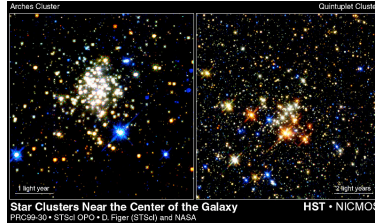
銀河系中心領域の分子雲の広い速度幅

原因

- 1) 超新星／超新星の連鎖による分子雲への影響
- 2) 分子雲同士の衝突
- 3) はげしい星生成

→ 銀河系中心領域の星生成にどんな影響を与えているのか？

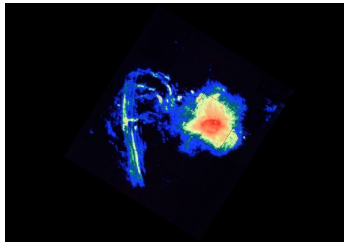
- ・ 銀河系中心は円盤部で見ることができない明るいArches Cluster, Quintuplet Cluster, そしてCentral Clusterなど高密度な星団が存在する。これらはどうやってできたのだろうか？



超新星と分子雲の衝突をケーススタディとして調べる

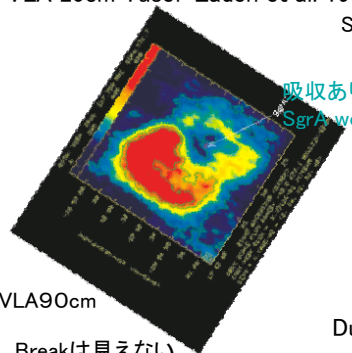
- ・ 銀河系中心超新星残骸SgrAeastと50km/s分子雲

What is Sgr A east ?



VLA 20cm Yusef-Zadeh et al. 1984

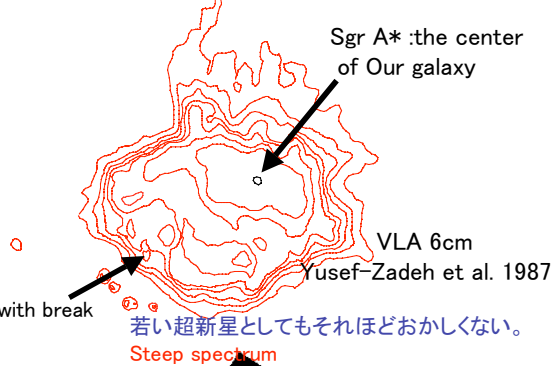
Shell with break



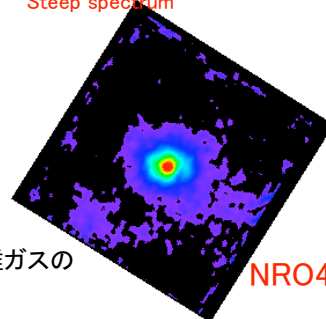
VLA90cm

Breakは見えない

Young SNR in the GC

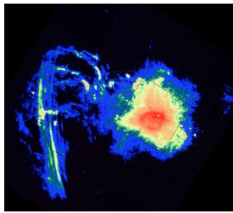


Dustまたは電離ガスの envelope



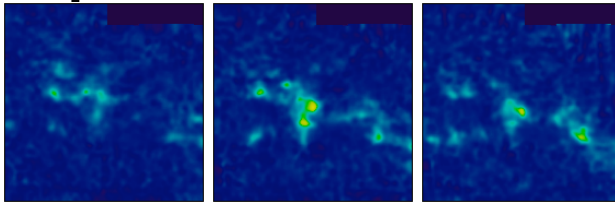
NRO45m 3mm

電波アークに付随する分子雲



Galactic Center Molecular
clouds in CS J=1-0
 $-0.25d \leq l < 0.25d$,
 $-0.25d \leq b < 0.25d$

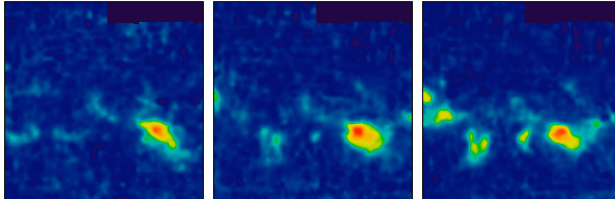
20km/s分子雲



-030 < V < -020 km/s

-020 < V < -010 km/s

-010 < V < -000 km/s

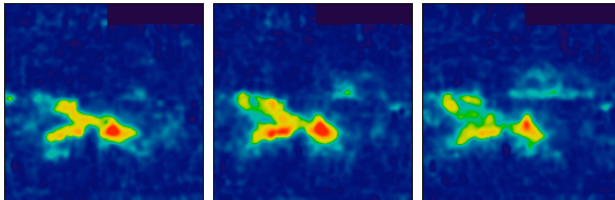


000 < V < 010 km/s

010 < V < 020 km/s

020 < V < 030 km/s

50km/s分子雲



040 < V < 050 km/s

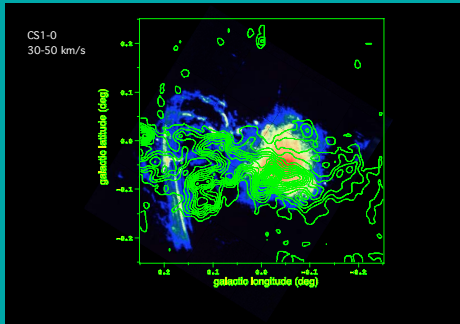
050 < V < 060 km/s

060 < V < 070 km/s

銀河系中心超新星残骸SgrAeast と50 km/s分子雲; 観測

- 以下、野辺山ミリ波干渉計を用いてCSJ=1-0輝線で行なわれた銀河系中心50 km/s分子雲の観測の解析結果を報告する。

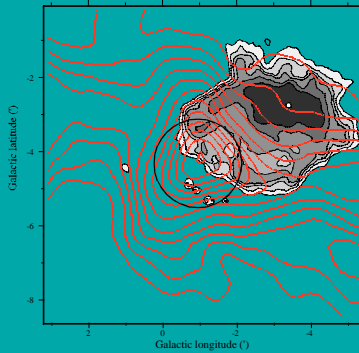
今回の高分解能観測により相互作用の確かな証拠とこの相互作用により起こる分子雲の性質の変化が捉えられると期待できる。45m鏡の観測から50 km/s分子雲がSgrAeastに食い込んでいるように見える部分があり、そこを観測した。



50 km/s 分子雲

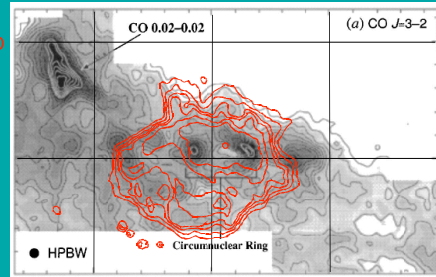
銀河系中心で最も目立つ分子雲
20cm連続波で見えるSgrAeastシェルの
途切れた部分に一致

45m CS J=1-0 data でも超新星残骸
SgrAeast相互作用を予想される。



赤コントアCSJ=1-0
グレイ 6cm連続波

Tsuboi et al 1999
CSJ=1-0
10-70 km/s



高励起輝線との関係

Oka et al. 1999

CO J=3-2では50km/s分子雲とshellとの関係は
はっきりしない。

野辺山宇宙電波観測所



Nobeyama Millimeter Array

6x 10-m dish mm-wave interferometer

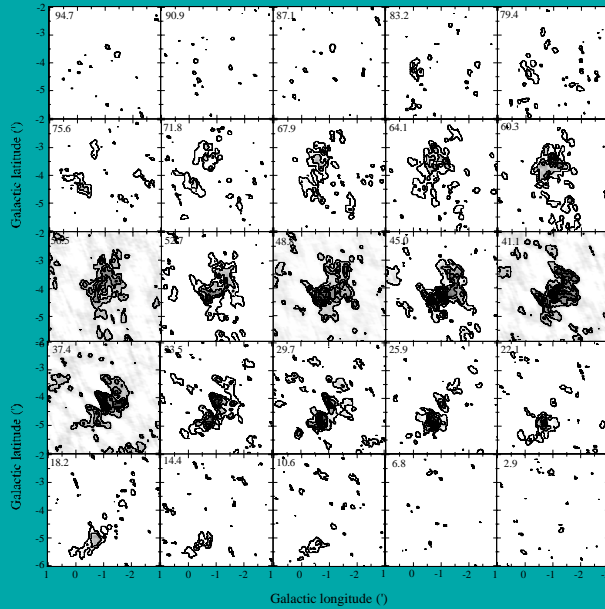
本当に来年度末でしめていいですか？

GC 50 km/s MC
with Nobeyama
Millimeter Array

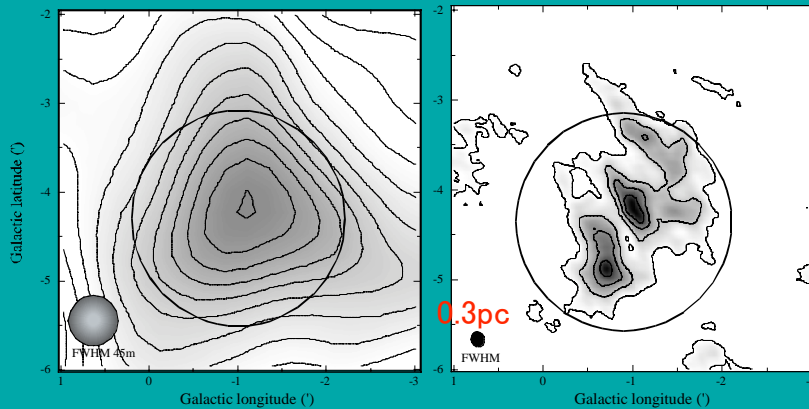
CS J=1-0 (48.991 GHz)

System Noise 400K
Resolution $8.5'' \times 10''$
FOV $2.4'$

NMAはCS J=1-0 を観測
できる唯一の干渉計であ
った。
解析のもとになった観測
データは1988-1989年に取得
されたものである。



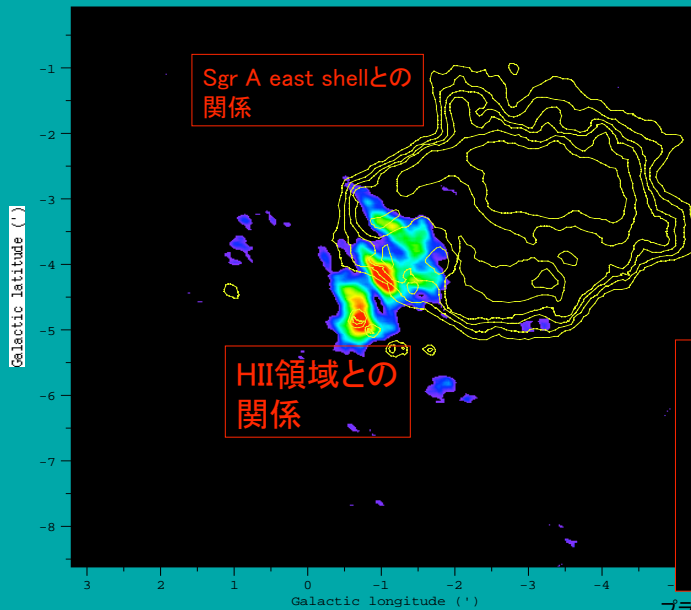
NMAによって3角形の分子雲は
3つの成分に分解された。



Optical thickness 3
(from 45-m RT)

observed flux 40%

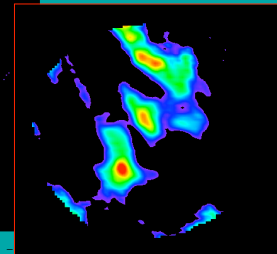
Sgr A east shellとの位置関係



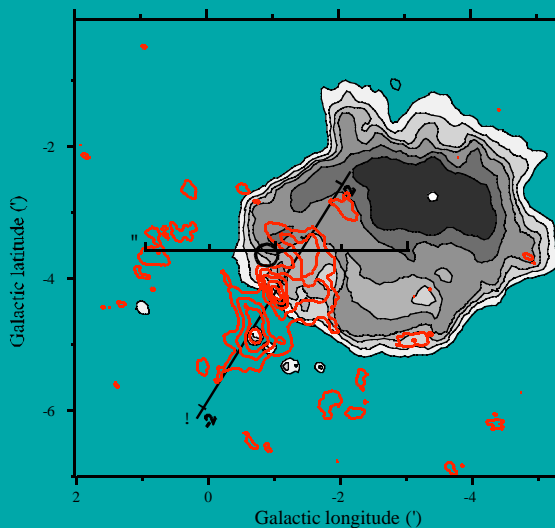
相互作用している部分はシェルに沿っているように見える。

ショックによって強調されているのか？

はき集めは時間的に無理か？



プライマリビームによる減衰を補正



これまでの証拠

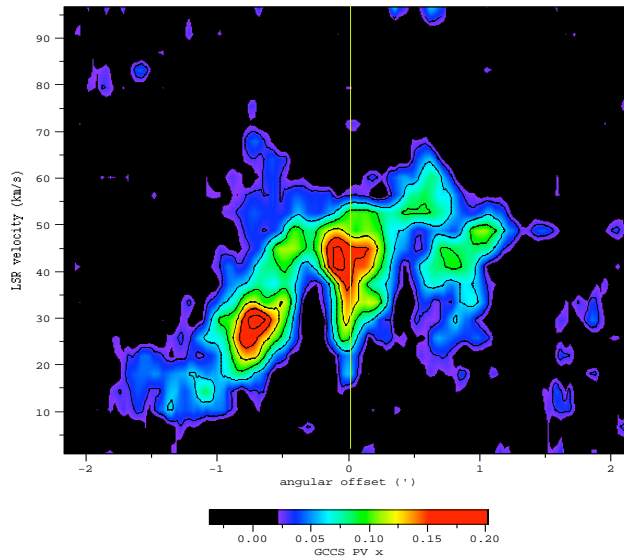
OHメーザーとの関係
隣り合うが同じ場所ではない。

速度構造は？

図示の線上でのPV図をとってみる。

a)に沿ったPV図 接触点

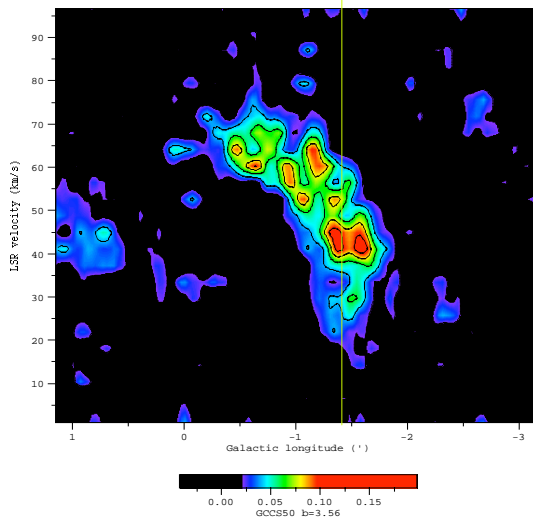
速度幅50km/s



SgrAeastシェルと50km/s分子雲のみかけ上の接触点で速度幅が3倍になる。

負速度側にのみウイング構造があり正速度側にはない。

b)に沿ったPV図 接触点

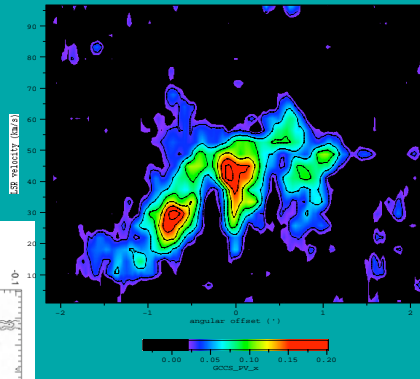
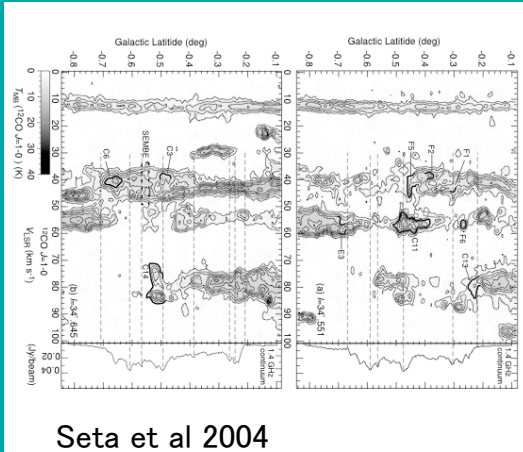


SgrAeastシェルと50km/s分子雲のみかけ上の接触点で速度幅が急激に増加する。

負速度側にのみウイング構造があり正速度側にはない。

=> SNRは分子雲のfar sideから衝突か？
正速度はSNR自身に妨げられたか？

銀河系円盤部でも
SNRと分子雲が相互作用すると
突然の速度幅の増加として観測
される。

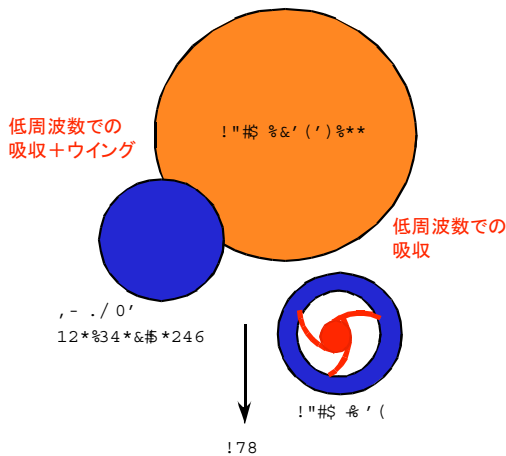


W44の例では
速度幅10–20km/s程度

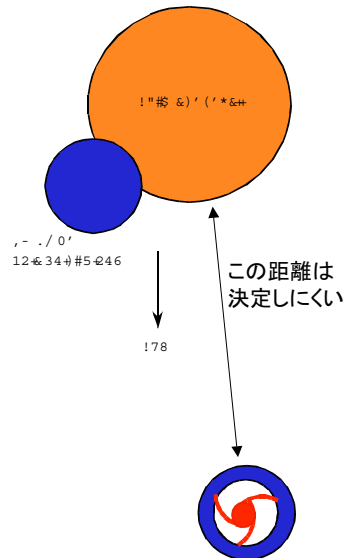
SgrAeastはW44に比べて
規模が大きいが相互作用
の痕であろう。

SgrA領域の前後関係

Model A

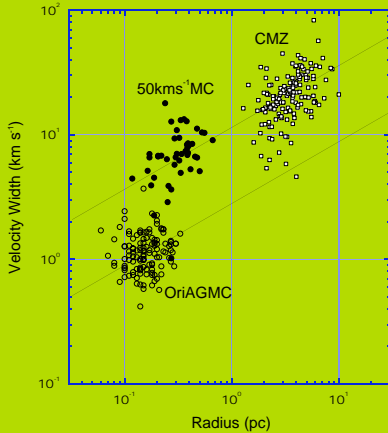


Model B

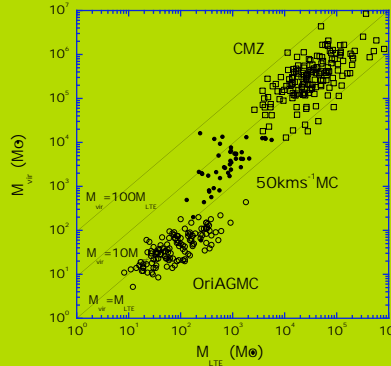


AとBの区別は難しい。

NMAで観測された50 km/s 分子雲の統計的性質



V-R関係: CMZ で観測された関係の延長上に存在する。円盤部のOriAGMCに比べ6-7倍の速度幅になっている。



Mvir-MLTE関係はCMZの分子雲とOriAGMCの中間に位置する??

円盤部ではピリアル質量とLTE質量は概ね等しいが、銀河系中心領域全体では観測されるピリアル質量はLTE質量の10倍程度である。今回は数倍程度であり、両者の中間であった。これまでの銀河系中心領域の観測は円盤部に比べかなり重い分子雲の観測であった。より軽い、円盤部で観測される質量に近い部分が今回観測され性質が似て来たのであろうと推測される。

NMAで観測された50 km/s 分子雲の統計的性質

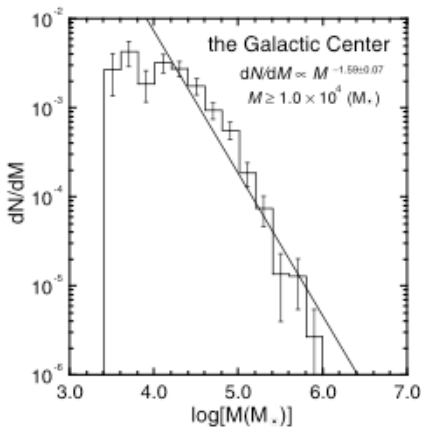
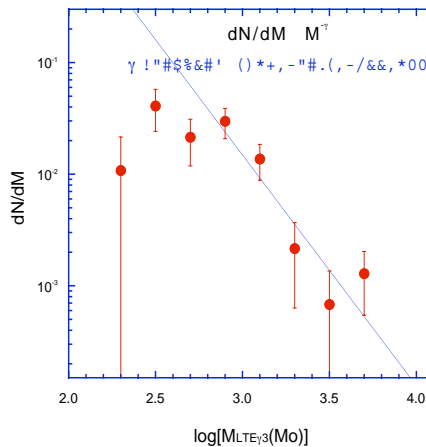


FIG. 5—Mass spectrum for Galactic center clumps from CS $J = 1-0$ survey data. LTE mass was used as clump mass. A least-squares fit to the mass spectrum for mass range at $M \geq 1.0 \times 10^4 M_{\odot}$, is given by the solid line. The error bars show $N^{1/2}$ counting uncertainties. The fit has been made to data weighting for this errors.

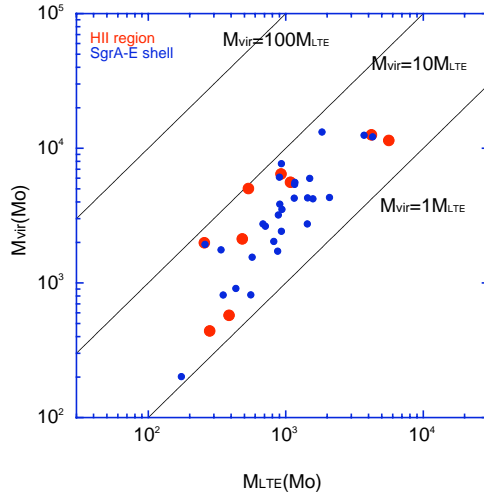
CMZ: $\alpha = -1.6$ --- -2



CLUMPFINDを利用

50km/s MC: $\alpha = -2.1$

NMAで観測された50 km/s 分子雲の
相互作用を考慮した統計的性質

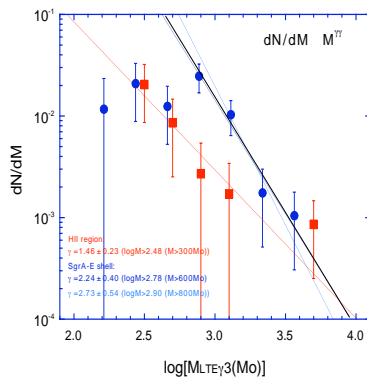


青: 相互作用領域
赤: HII領域隣接

CMZ-OriAの中間にあるという傾向は変わらなかった。

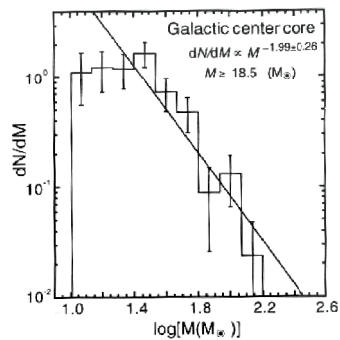
ただし、
HII領域隣接はばらつきが大きい??

NMAで観測された50 km/s 分子雲の
相互作用を考慮した統計的性質



青: SNRとの相互作用領域
 $\alpha = -2.2 \text{ --- } -2.7$

赤: HII領域隣接
 $\alpha = -1.5??$



銀河系領域の非相互作用領域 $\alpha = -2$

- ・ SNRとの相互作用領域でsteepに見える。
- ・ 1000年程度の時間で本当に可能か？
- ・ シート状ならば可能？

以下が結果である。

- ・ (1) 50 km/s分子雲がSgrAeastに見かけ上接触した部分で速度幅が3倍になっている。また、負速度成分のウイングのみ観測され、正速度側はない。これはシェルが分子雲の向こう側に衝突した証拠であろうと考えられる。
- ・ (2) SgrAeastのシェルに食い込んでいる分子雲の凹凸は極めてよくシェルの凹凸に一致する。これは衝突のもうひとつの証拠であろう。
- ・ (3) 円盤部ではビリアル質量とLTE質量は概ね等しいが、銀河系中心領域全体では観測されるビリアル質量はLTE質量の10倍程度である。今回は数倍程度であり、両者の中間であった。
- ・ (4) 50 km/s分子雲中のクランプの質量スペクトルの傾きは-2.5程度であり、銀河系中心領域の他の領域の値である-2よりもわずかであるが急かもしれない。
ただし観測された領域は1pc程度あり1000年程度で真の質量スペクトルの傾きが変わるかは疑問もある。見かけの現象かもしれないし、衝突している薄いシート状の体積での変化かもしれない。

数年ぶりにCygX-3がバーストした。
野辺山45m鏡とミリ波干渉計はその初期からの
観測に成功した。

