

星間乱流の観測的解明へ向けて

釜谷秀幸@京都大学理学部

1 イントロダクション

星間ガスの空間スケール毎の運動状態を把握することは、星間雲や星形成の理解に必要な質量関数の起源を把握するために重要である。しかし、空間スケール毎の運動状態を把握するためには、マルチスケールな視野及び空間・スペクトル分解能を有した望遠鏡による観測が必要とされているにも関わらず、それは実現していない。理論的にもその重要さに比して、人工的な境界条件を科した数値シミュレーションからの推論、及び簡単な解析的研究が行われるに止まっている。本講演はこういった閉塞状況の打破へ向け必要とされる条件を、一つの例(終末期の超新星残骸)を吟味することから考察する。また、その発展性に関するコメントも試みた。

2 研究目標

「様々なスケール」における、空間スケール-速度関係をまとめ・調べ上げ、マルチスケールな星間ガスの力学的構造を明らかにすることが最終的研究目標である。

銀河スケールにおける空間スケール-速度関係(e.g. Efremov & Elmegreen 1998 ; 図1)が知られている。さらに、より小さいスケールにおける空間スケール-速度関係にずれがあり、そのずれは超新星爆発やHII領域の膨張等の影響であることが示唆されている(Nomura & Kamaya 2001 ; 図2)。一連の議論をマルチスケールな場合に拡張するには、最終的に、より小さいスケールにおける空間スケール-速度関係を把握する方策が必要とされてくる。そこで、以下のような具体的目標を考えてみる。

さて、個々の超新星爆発やHII領域の膨張が卓越するのではなく、星間の背景状態と個々の現象が同じくらい効いてくるスケールが興味深いと思われる。さらに、観測領域の星間ガスの自己重力が無視できるならば、観測結果のシンプルな理解の助けになると期待される。これらの条件を満たす観測対象は「古い超新星残骸」と思われる。

つぎに、観測的に素性が知られており、近傍の超新星残骸を選択することが戦略的に有利であると考えられる。そこで、代表的な古く、そして、我々に近い超新星残骸であるCygnus loopの微細運動状態を把握することから始めたい。この領域での空間スケール-速度関係を大きなスケールにおけるそれと比較検討するだけで、興味深い議論が展開できるはずである。また、実際には、引き続き観測戦略の指針が得られるはずである。

さらに、超新星残骸の終末期の進化の素過程はそれほど明らかではないので、超新星残骸の進化を明らかにする観点からも興味深い観測となるはずである。これは、理論的問題として、フィラメントの動的進化の問題として定式化される。

3 必要とされる観測能力

観測領域に関しては、Cygnus loopの西側が、構造が入り組んでいて興味深いと思われる。超新星爆発の際に生じるシェル分裂過程を考えてみよう。シェルが冷却し、その膨張が減速されつつある場合、そのシェルは力学的に不安定となり分裂する可能性がある。HIガスが平均的な星間物質と仮定し(密度:0.3個/cc)、マッハ数で1.5程度、分裂時は等温的と仮定すると、分裂シェルの厚さは: 1.1×10^{17} cm 分裂片フィラメントのサイズは、 7.2×10^{17} cm これらの空間スケールは、Cygnus Loopの距離を800pcとすると6.3

秒である。

「但し」典型的なフィラメントに興味があるのでは「なく」、シェルの崩壊過程に興味がある。ダイナミックレンジを稼ぐため、その10分の一から100分の一程度の空間スケールの情報が欲しいと想像される。実際にどこまで必要かは理論的に制限を見つける必要がある。

Ghavamian, Raymond, Smith, Hartigan (2001; ApJ 547, 995) の図1により、(暗い方の)フィラメントの太さは秒のオーダー?であるが、実際に興味がある領域ではフィラメントが「入り組んだ」領域である。典型的サイズ以下の分裂片の運動状態を探るための大きな手掛かりとなるため、やはり、1秒程度以下の空間分解能は欲しい。

期待する flux は、 H_α が受かると仮定し、caseB を採用する (多分、近似は良くないですが、オーダーは変わらないと期待する)。距離を 800pc とする。密度は等温衝撃波と等温シェルでみたマッハ数 (約 15 を採用) とすると、典型的フラックスは 10^{-16} erg/sec/cm² 程度と見積もられる。よって、典型的フィラメントより小さなものでは、 10^{-18} erg/sec/cm² まで欲しいと想像される。

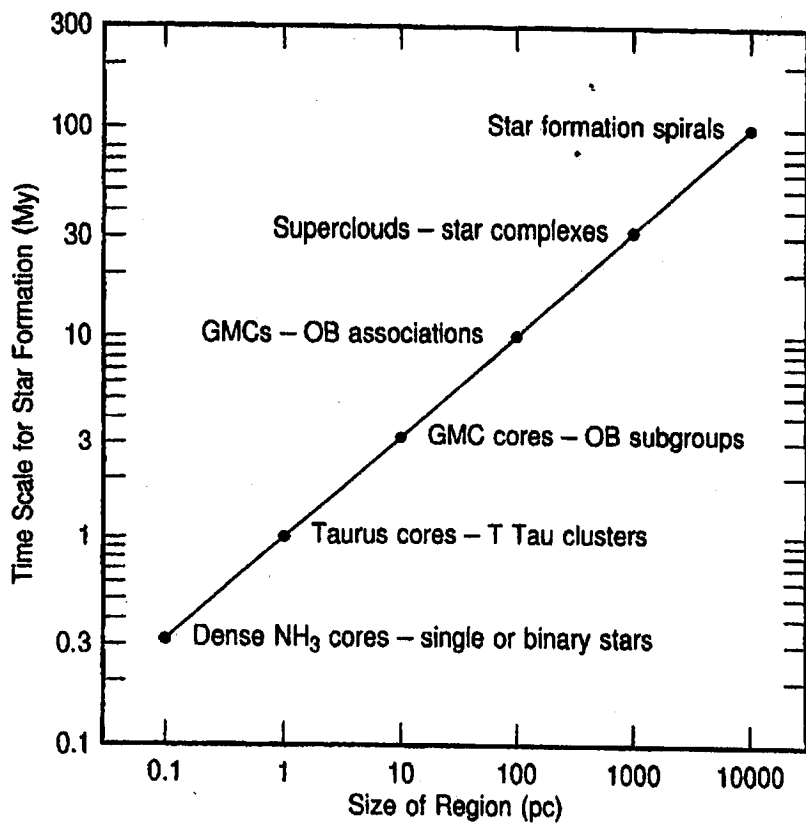
4 研究の発展性

- ・超新星残骸の研究として：他の古い超新星残骸の同様な観測を行い比較検討することから、超新星残骸の終末過程の理解が深まる。フィラメントの進化など、理論的に解決すべき問題も残されている。
- ・大域的星間物質の進化：小さいスケールでのサイズ-速度関係を大きなスケールのサイズ-速度関係を比較検討するだけで、大域的星間物質進化の理解に定性的に大きなヒントが得られる。中間スケールのの観測も行いたくなる...
- ・スーパーバブルの進化 (遠方銀河):遠方銀河に関しては、スーパーバブルの終末期の理解に同様な手法が用いられるはずである。
- ・原始銀河における星形成：スーパーバブルの終末期の理解が進むと、原始銀河のスーパーバブル (最近、その観測可能性の期待が高まっている。Ferrara のグループ等) の理解に制限がつく。原始銀河における重い星の質量関数への制限がつく ???

謝辞：本講演内容をまとめるにあたり、土居先生そして青木先生より貴重なコメントをいただきました。また、こういった考察の機会を与えて下さった土居先生には特に感謝しております。

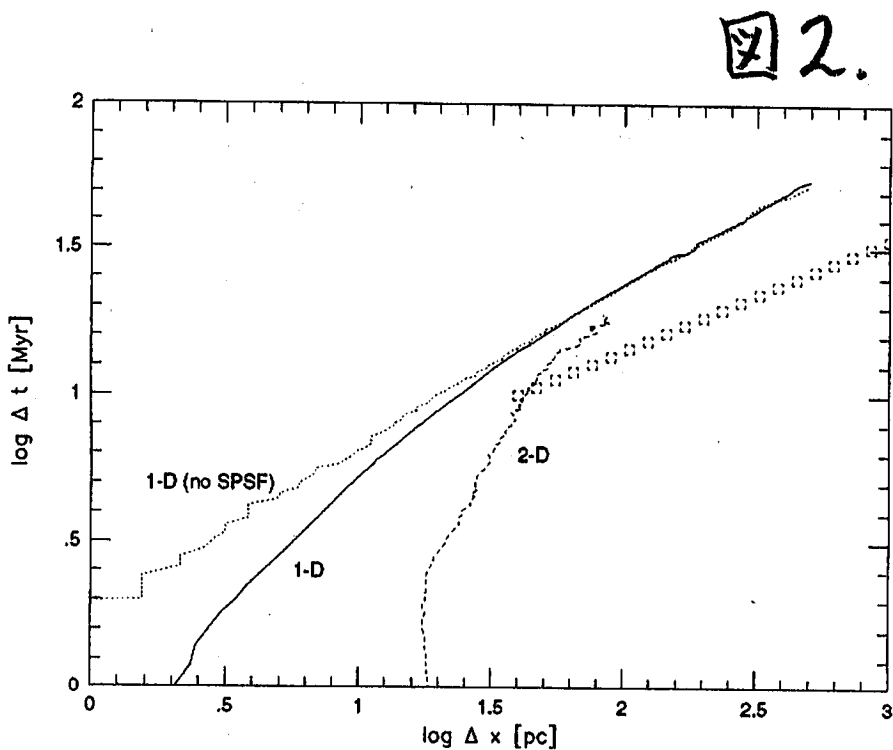
5 参考文献

- Efremov, Y. N., Elmegreen, B. G., 1998, MNRAS 299, 643
Ghavamian, P., et al., 2001, ApJ 547, 995
Nomura, H., Kamaya, H., 2001, AJ 121, 1024



21

Figure 8. Schematic diagram showing the size dependence of the duration of star formation in various regions.



22

FIG. 4.—Schematic age-separation relation, using the numerical results in Fig. 1a (one-dimensional case; *solid line*), Fig. 2b (one-dimensional case without SPSF; *dotted line*), and Fig. 3 (two-dimensional case; *dashed line*). We find a coincidence between our simulated age-separation relation and that for star clusters in the LMC (*squares*) on large scale. This indicates that the age-separation relation is a consequence of the ISM turbulence.