

# 星の形成と進化 研究会集録

平成 16 年度

2005.2.24-25 於 熱海 ホテルニューアカオ

世話人

田村 元秀 (国立天文台)  
佐藤 修二 (名古屋大学)  
長田 哲也 (京都大学)  
砂田 和良 (国立天文台)  
上野 宗孝 (東京大学)

## 目次

1. マゼランカタログの概要と活用 加藤 大輔 (名古屋大学)
2. マゼランカタログを使っでのサイエンス ~ 議論のたたき台 ~  
中島 康 (国立天文台)
3. ディープサーベイカタログを用いた研究 (RGB/AGB 星について)  
松永 典之 (東京大学・天文センター)
4. Deep Near Infrared Imaging Toward The Vela Molecular Ridge C  
- New Candidate Protostars in VMR C - 馬場 大介 (名古屋大学)
5. 大質量星形成領域の可視光観測 杉谷 光司 (名古屋市立大学)
6. 巨大分子雲内の構造の解明 齋藤 弘雄 (国立天文台)
7. 銀河系中心部における OB 型星の分布について 村井 優香 (京都大学)
8. グロビュールの密度構造 神鳥 亮 (総研大)
9. molecular depletion in the pre-stellar core B68 中里 剛 (NRO)
10. 原始連星の観測 花輪 知幸 (千葉大学)
11. Census of brown dwarfs and sub brown dwarfs in star forming regions:  
lower end of stellar IMF 田村 元秀 (国立天文台)
12. ASTRO-F によるカメレオン観測計画 北村 良実 (ISAS/JAXA)

# マゼランカタログの概要と活用

加藤 大輔 (名大理)

私たち IRSF/SIRIUS グループでは大マゼラン雲 40 平方度、小マゼラン雲 15 平方度の領域をカバーする近赤外線サーベイをおこなっている。この領域は両銀河の optical bar や力学中心、主要な星形成領域、さらに両銀河を繋ぐマゼランブリッジ領域の最も星形成が起こっている領域をカバーしている。サーベイは 2000 年 12 月に開始し、2005 年 1 月までに全ての観測を終えている。現在は観測条件が悪かった領域の再観測をおこなっており、2005 年 5 月頃には全ての再観測を終了する予定である。

この観測データから赤外線点源を検出し、各点源について、位置座標 (赤経・赤緯)、JHKs 各光度等からなるカタログを作成する。点源総数は、大マゼラン雲で約 1000 万天体、小マゼラン雲で約 300 万天体に達すると推定している。また、カタログの目標精度は、位置精度 0.1 秒角、測光精度 0.03 等級を目指している。

私たちのサーベイによって、大小マゼラン雲に存在する B2 型星までの主系列星、G8 型までの巨星、セフィイド、AGB 星、さらには背景の銀河を検出することができる。また、私たちのサーベイではマゼラン雲に存在する 3 太陽質量以上の Herbig Ae/Be 型星を検出することができる。マゼラン雲の前主系列星を検出し、マゼラン雲全域にわたる星形成を探ることのできる本格的な近赤外線サーベイは私たちのものが初めてである。

私は 30Dor 領域を含む 2 平方度の領域の解析をおこない、上記天体が確かに検出できていることを確認した。またこれらの天体の色、明るさから各天体のおおまかな分類が可能であることを確認した。

今後、画像処理、測光、位置合わせ等をおこない、マゼラン雲近赤外線点源カタログを作成する。個々の作業については自動化がほぼ完了しているが、最終的には目視によるチェックが必要である。そのため、これらの作業を完了するためには数ヶ月の期間が必要である。現在の人員と計算機をフル動員して、2005 年 12 月ごろにはカタログを公開したいと考えている。

# マゼランカタログを使っのサイエンス～議論のたたき台～

中島 康 (国立天文台)

[銀河構造] : 標準光源として red clump star を使う。マゼラン星雲の場所毎に見かけの明るさの平均 (= 距離) と分散 (= 厚み) を求める。red clump star は水平分岐にある金属量の多い星で、絶対等級のばらつきが小さい (I-band  $\sim 0.15$  等)。IRSF では JH-band では十分な精度で検出が可能。実はすでに red clump star を使った LMC の構造の研究は存在しており、disk や bar の warp が報告されている (Olsen et al. 2002, Subramaniam 2003)。

ライバルが多いので競争になるだろう。

[クエーサー探し] : クエーサーを位置基準としたマゼランの星の固有運動の測定、クエーサーの吸収線の観測によるマゼランの星間物質の研究、につながる。すでにマゼラン方向では 50 個程度が見つかった。が、バーの中心部ではあまり見つからないのでそのあたりが狙い目？クエーサーは JHK2 色図で特徴的な色を示すので、色から候補を選びだせるだろう。LMC サーベイ領域で数百個が期待できる。

[吸収則] : マゼランでは吸収則が銀河系における典型的なものと異なる事が示されている。Gordon et al. (2003) では、LMC2 Supershell で  $A_K/A_V=0.101$ ,  $A_H/A_V=0.097$ ,  $A_J/A_V=0.299$  と何か変な結果が出ている。Gordon et al. では JHK の測光データは主に 2MASS と DENIS (一部は彼ら自身で観測) からのデータ。吸収を受けて暗くなった星については、(1) そもそも数が少ない、(2) 測光精度が足りない、ことが予想される。IRSF サーベイデータと可視カタログ (Zaritzky et al. 2004) を用いてほりさげることはいか？

[大質量星] : 意外と OB 型星の絶対等級やカラーといった基本パラメータがきちんと決まっていない (絶対等級 vs スペクトル型の不定性が 0.5 等程度)。ほぼ同じ距離に存在することを利用して基本パラメータを洗い直す事はできないか？明るい天体なのでフォローアップの分光観測なども比較的楽であろう。

[RGB/AGB 星の進化] : (1) RGB/AGB の  $T_{\text{eff}}$  と  $M_{\text{bol}}$  を求める。可視のデータと合わせた SED を用いる。(2) RGB/AGB の光度関数を求める。(3) Carbon rich AGB の統計 (LF, 空間分布, etc)。IRSF/SIRIUS のデータで O-rich と区別。(4) 最も埋もれた AGB の検出。

[星形成] : N159/N160 (Nakajima et al. 2005), N11 (門脇修論) の領域で星団形成の研究がこれまでに IRSF/SIRIUS を用いて行われた。(SMC:N88, Bridge 領域も進行中) 同様の研究を他の領域についても行う。数が増えれば領域間の比較もできる。マゼラン星雲全体における星形成の特徴に言及できるだろう。

ディープサーベイカタログを用いた研究  
 (RGB/AGB 星について)  
 松永典之 (東京大学・天文センター・D1)

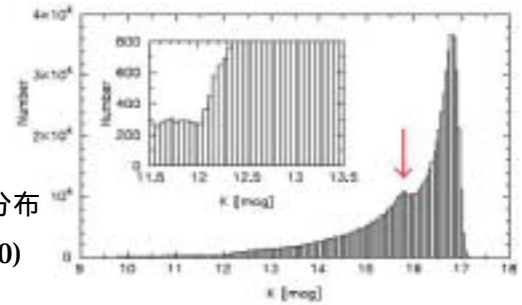


図 1 : LMC にある星の K 等級分布  
 (Ita et al, 2004, MNRAS, 347, 720)

ディープサーベイカタログの利用についての議論の中でレッドクランプが話題に上がったが、左図のように別の山があることに気づいたので、これについて調べた。Alves & Sarajedini (1999, ApJ, 511, 225) の結果から、AGB バンプであることがわかった。しかし、実際には MACHO グループが出した論文において、 $V=12 \sim 22$  等の色等級図を用いてすでに同様のことが議論されていた(Alcock et al. 2000)。図 2 の D が AGB バンプ、E がレッドクランプに相当する。この MACHO による色等級図は 2MASS と比べるとすでに 5 等以上暗い星まで見ていることになっている。

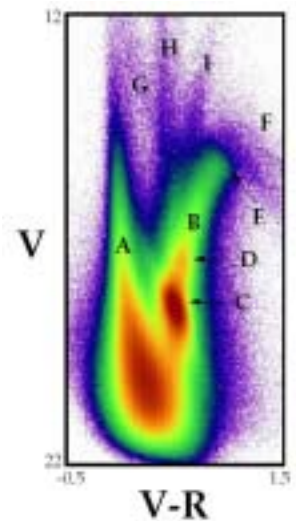
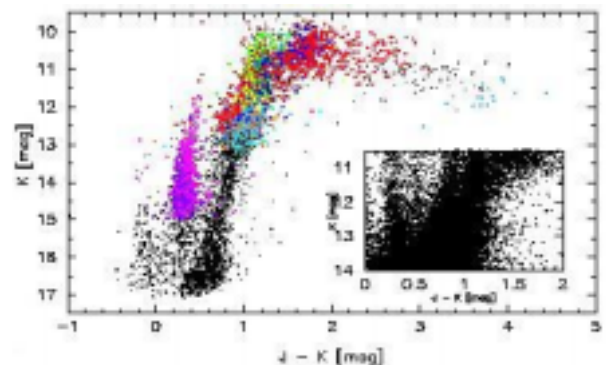


図 2 : MACHO グループによる LMC の Hess 図  
 (Alcock et al. 2000, AJ, 119, 2194)

上で紹介したとおり、可視光ではすでに 2MASS よりずっと深いところまで研究が進んでいる。したがって、ディープサーベイカタログで最も興味深いのは、ダストの赤化が効いている星生成領域や質量放出 AGB 星などの天体である。たとえば、図 3 は LMC にある変光星の色等級図だが、周期光度関係においてミラ型変光星と判別できた赤い点よりも J-K で赤い方まで変光星が伸びていることがわかる。このような赤い星は振幅も大きく、実際はミラ型変光星なのに質量放出によって K 等級が減光によって暗くなるため、周期光度関係から外れているものである。ディープサーベイカタログでは、このような赤い星を探すとともに、Spitzer Satellite Telescope や ASTRO-F の結果との同定による研究が期待できる。

図 3 : LMC にある変光星の色等級図。周期光度関係の系列によって色付けされていて、赤がミラ型変光星 (Ita et al. 2004, MNRAS, 353, 705)



# Deep Near Infrared Imaging Toward The Vela Molecular Ridge C - New Candidate Protostars in VMR C -

馬場 大介 (名大・理 D2)、IRSF/SIRIUS グループ

我々は、巨大分子雲 Vela C に対する深い近赤外 (J, H,  $K_S$ ) の撮像サーベイを行っている。この領域はガスリッチで非常に若く (Yamaguchi et al. 1999)、また太陽系からの距離も  $700 \pm 200$  pc と近いので (Liseu et al. 1992)、巨大分子雲における初期の星形成活動を調べるのに適している。サーベイは Vela C で  $C^{18}O$  の輝線が検出されている領域 (Yamaguchi et al. 1999) 約 1.5 平方度をカバーし、限界等級 (15 分,  $10 \sigma$ ) は  $K_S$  バンドで約 17 等である。

今回我々は、IRAS and/or MSX 点源が付随し、かつ 2-25  $\mu\text{m}$  における SED の傾きが正である天体を原始星候補天体として選び出した (Wilkings, Lada, & Young 1989)。その主な結果を以下に記す。

(1) 我々は 30 の原始星候補を観測領域内から同定した。これらは 2 個 (#6, #26) を除いて新たに発見された天体である (図 1 参照)。

(2) 我々は原始星候補天体の SED を積分し、その  $L_{bol}$  を求めた。我々のサンプルの光度幅は 5-104  $L_{\odot}$  であった。年齢を class I 天体の典型的な年齢である  $\sim 10^5$  と仮定すれば、この光度幅は質量で 0.9-3.7  $M_{\odot}$  に相当する。

(3) 原始星候補は、Vela C に存在するほぼ全ての  $C^{18}O$  clump に付随していた。これは Vela C のほぼ全域に渡って、今現在も星形成が起きていることを意味する (図 2 参照)。

## REFERENCES

- Liseu, R., Lorenzetti, D., Nisini, B., Spinoglio, L., & Moneti, A. 1992, A&A, 265, 577
- Wilkings, B. A., Lada, C. J., & Young, E. A. 1989, ApJ, 340, 823
- Yamaguchi, N., Mizuno, N., Saito, H., Matsumaga, K., Mizuno, A., Ogawa, H., & Fukui, Y. 1999, PASJ, 51, 775

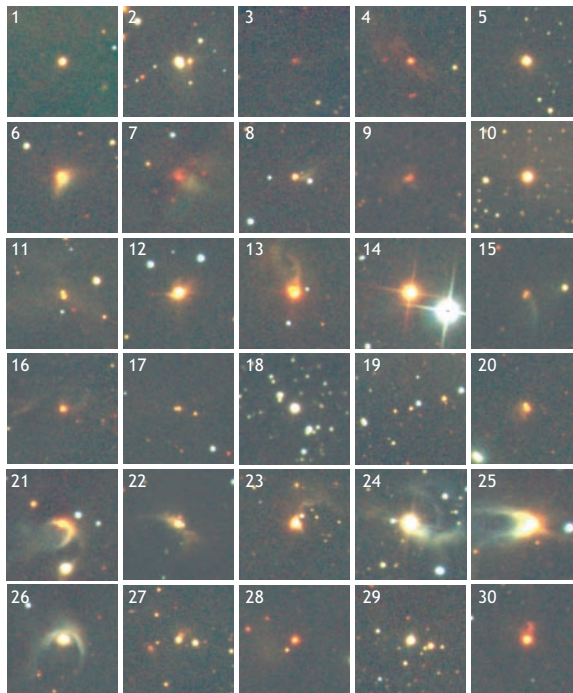


Fig. 1.— 原始星候補天体の J, H,  $K_S$  バンド三色合成図。視野は  $1' \times 1'$ 。

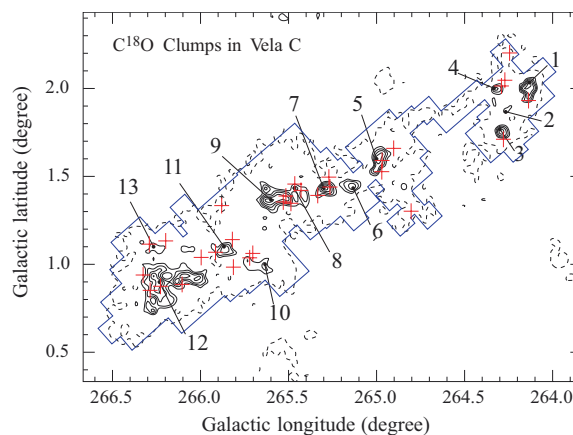


Fig. 2.—  $C^{18}O$  clumps (Yamaguchi et al. 1999) に重ねた原始星候補の分布。直線で囲まれている領域がサーベイ領域。+ が原始星候補の位置。

# 大質量星形成領域の可視光観測

杉谷光司 (名古屋市立大学)

## はじめに

大質量形成領域に於いて、可視光で行われた星形成研究は次のようなものを研究対象としている。1) 大質量星 (OB型星) (年齢、質量、分布、距離、物理状態)、2) 大質量星に付随するクラスター (年齢、分布・規模、質量関数)、3) 第二世代の星 (第一世代の星に対する分布、年齢、質量関数)。3) は、大質量星の周囲の分子雲への影響を調べることにともなう。可視光の観測では、分子雲に埋もれているものは観測できないので、形成中の天体 (原始星) はjet現象などを除き研究対象にならない。既に形成された比較的若い星が研究対象になる。

可視光での代表的な観測手法としては次のようなものがある。1) 位置測定 (astrometry) : クラスターの距離、大きさ、力学的年齢の決定など、2) 測光 (photometry) : 星間吸収・距離、年齢、光度関数、クラスターのメンバー決定(?), 3) 分光 (spectroscopy) : 星のスペクトル型、星間吸収、年齢、小質量星の若さ (YSO) の指標 (Li吸収線、 $H\alpha$ 輝線、Ca HK線)、視線速度・力学的年齢 (高分散分光の場合)。2) の測光による物理量の算出は測光データのみでは不可能で、分光によりスペクトル型が既知である必要がある。ここでは、2) および3) の観測手法による研究に限定する。

## 可視光による星形成領域の観測例

NGC281は、OBクラスターIC1590に付随するHII領域/星形成領域です。Gueter & Tuner (1997) は可視光の測光観測 (一部既知の分光データを用いて) により、星間吸収量、クラスターの距離 (2.94kpc)、クラスターの年齢 (3.5Myr)・質量関数などを見積もっている。

NGC2264は、Mon OB1に付随するHII領域/星形成領域です。最近、Dahm & Simon (2004) はハワイ大学2.2m望遠鏡のWide Field Grism Spectrograph (WFGS) などを用いた分光観測と測光観測により、この領域の $H\alpha$ 輝線星 (Tタウリ型星) をクラスター・メンバーとして詳細研究を行った。検出した490個の輝線星の内の150個をGeminiのGMOSで中分散分光を行いスペクトル型を決定し、測光データと合わせて (平均的な星間吸収量を仮定して)、星 (クラスター) の年齢分布 (0.5-5Myr、平均1.1Myr) や質量関数を見積もるなどを行っている。

上記などの観測例から可視光観測による星形成の研究では、星間吸収、星の距離、YSOの指標、星の年齢、クラスターの質量関数を見積る上で測光データのみでなく分光データが使われている。つまり、分光は可視光で星形成領域を研究する上でたいへん重要である。

## 大質量星形成領域での小質量形成

従来、小質量星形成は牡羊座など小質量形成領域でよく研究されてきたが、星の質量関数を考えると大質量星形成領域で大部分の小質量星が誕生する。また、最近の研究

(Hester et al. 2004, Tachibana et al. 2003など) によると、私たちの太陽 (系) も大質量星形成領域で誕生した可能性が高い。つまり、太陽のような小質量星の形成環境や進化環境を研究する上で大質量星形成領域はたいへん重要である。

大質量星形成領域では、小質量形成領域と異なって大質量星からの紫外線や星風などが星の形成 (トリガー星形成) や原始惑星系円盤の進化に強い影響を与える可能性がある

(e.g., Ogura, Sugitani & Ogura 2002; Bally, O'Dell & McCaughrean 2000)。クラスター中心部で小質量星が形成されると、他のクラスターメンバーからの近接遭遇の影響を受ける可能性がある。また、大質量星は進化が速いため早期に超新星爆発を起こし周囲の分子雲に影響を与える可能性がある。

## Wide Field Grism Spectrograph 2 (WFGS2)

最近、私たちはハワイ大学2.2m望遠鏡の観測装置として広視野分光撮像装置WFGS2を開発した (Uehara et al. 2004, Proc. of SPIE 5492, p. 661)。WFGS2は、コンパクトな直線光学系を持つ分光撮像装置で、広視野 (~12分角) のスリットレス分光撮像を可能とする。従来のWFGSに比べて視野が広く使い勝手が向上しているだけでなく、低分散分光に加えて中分散分光を行うことができる。従来、グリズム分光撮像装置は、 $H\alpha$ 輝線のある天体をピックアップするのと $H\alpha$ 輝線の等価幅を決定する目的で主として使われてきた。WFGS2は、新たなキャリブレーション方法を導入することにより、上記に加えてスリットレスで視野全面で星のスペクトルを決定することを目指している。

私たちは、WFGS2の広い視野と高い感度を生かして、大質量星形成領域での小質量星を含めた星形成史や星形成モードを調べたいと考えている。

# 巨大分子雲内の構造の解明

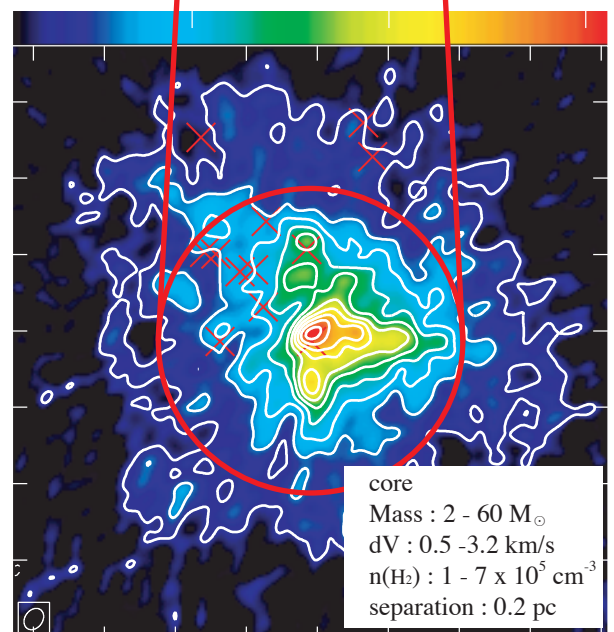
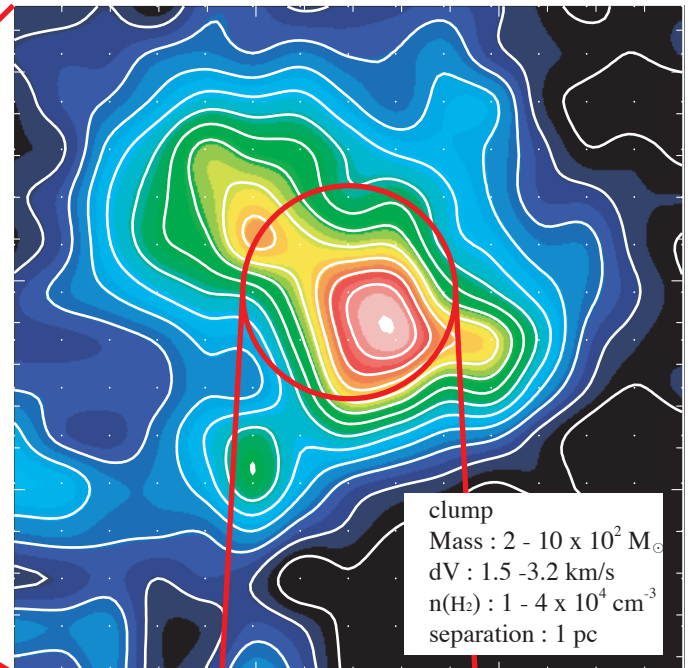
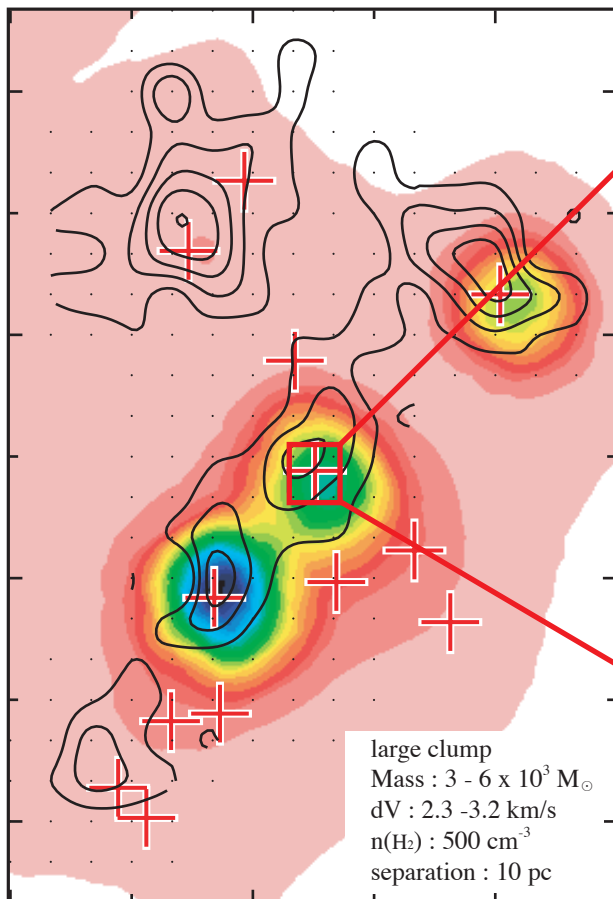
国立天文台：齋藤 弘雄

今までの観測から

分子雲：数十pcスケールで分布；分子雲コア：サイズスケールは0.1 pc以下  
星団：1 pc程度の広がり、中心領域で星の密度の増加や大質量星が存在

スケールレンジの広いデータの取得 →

分子雲内の構造を明らかにし、  
その構造を決める物理量の同定



## コアの特徴

- ・コアの線幅と質量に良い相関
- ・コアサイズほぼ一定：0.02 - 0.05 pc  
→ 線幅の大きいコアほど平均密度が高い

## 構造

- ・分子雲内に3段階の階層構造
  - 1 : large clump (サイズ：3 - 4 pc)
  - 2 : clump (サイズ：0.4 - 0.6 pc)
  - 3 : core (サイズ：0.02 - 0.05 pc)
- ・各階層でのシステムの間隔：Jean長で説明可能
- ・core間隔とNIR cluster内のsource間隔が類似  
→ clumpの物理状態とcluster形成が密接に関係



# 銀河系中心部における OB 型星の分布について

発表者：京都大学・宇宙物理 (M1) 村井優香

バルジ：古い星がほとんど



若くて(数 Myr)重いコンパクトな星団が

銀河中心から 30pc の距離に存在

中心数 100pc 以内では最近星形成活動があったとされる

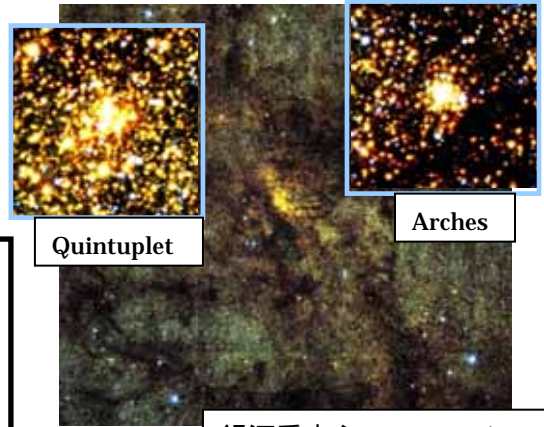
やりたいこと：

我々の住む銀河系の中心部には、若い星(OB 型星)が、

どれくらいの数 (→星形成の規模)

どのように分布しているか

(→どこ・どんなところで起こったか)



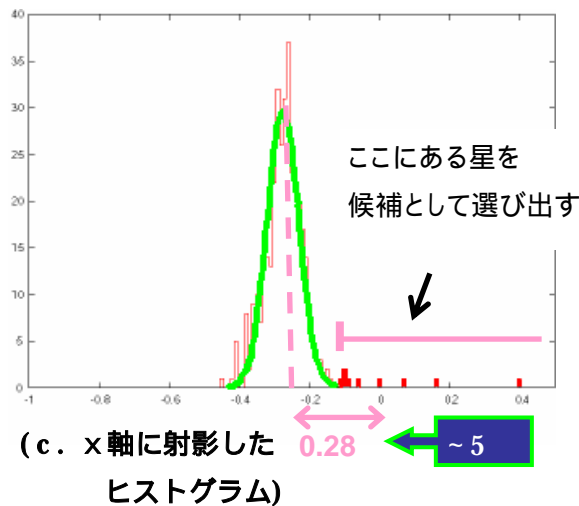
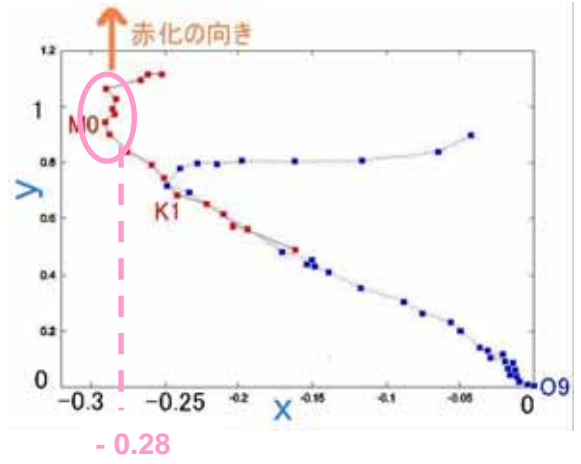
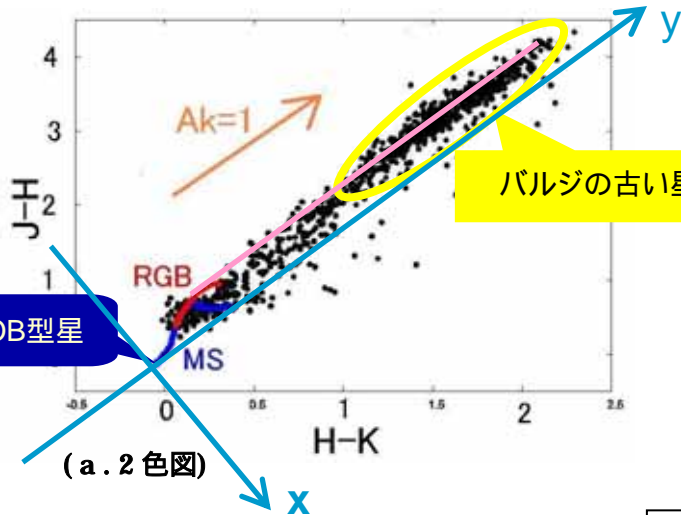
銀河系中心 1° x 1° (J,H,K)

観測 IRSF@SAAO + SIRIUS

銀河中心の距離では、主系列星は早期B型までしか見えない

⇨ 星団があったとして、その中のOB型星だけが受かる

OB 型星を探し出す方法 = 2 色図を使う



y (減光量を表すようなもの) がある値より大きいものだけをバルジの星として射影  
 → 視野によって減光量が違うので、この方法は失敗  
 → 視野ごとに適切な所で切る

今後の課題  
 等級の情報を入れる  
 (CMD)  
 領域の拡大

候補の信頼度のチェックが必要  
 分光観測で確定

「グロビュールの密度構造」 神鳥 亮 (熱海研究会: 2005.2.24-25)

概要:

分子雲コアと星の誕生とを結びつける「星形成の初期物理状態」の解明は、天文学の重要な未解決問題である。孤立した分子雲コアであるグロビュールは、観測と理論とを比較して物理量を抽出するのに適した天体である。本研究の目的は、グロビュールの密度構造を調べ、星形成(コアの重力収縮)の開始条件・初期物理状態を明らかにすることである。私は、IRSF/SIRIUS で取得したグロビュール 10 天体の近赤外線データを解析し(減光量測定・柱密度プロファイル作成・モデルフィット)、各天体の密度構造を調べた。さらに、野辺山 45m 電波望遠鏡での分子輝線観測を行い、線幅の測定からグロビュール内での分子ガスの運動を調べた。サンプル数は先行研究での 4 天体を追加した 14 天体である(星なし 11 天体、星あり 3 天体)。

グロビュールの密度構造は、球形のガス雲で熱による圧力と自己重力とが釣り合っているとした場合に予想される密度分布(Bonnor-Ebert 球モデル; 以下 BE 球)とよく一致することがわかった。釣り合い(平衡)の状態が重力収縮に対して安定か不安定かを理論から予測できる。コアの表面から中心に向かって密度は徐々に上昇するが、コア中心 表面の密度比が臨界値の 14 を超えるとそのガス球は不安定になる。密度比  $\sim 1$  の平衡解は等密度球、密度比 1 の平衡解は密度が半径の  $-2$  乗に比例する密度分布に近づく。グロビュールの安定性を調べたところ以下の結果を得た。

- (1) 星なしグロビュールの半数以上が、密度比  $\sim 14$  の密度構造を持つ(臨界 BE 球)。
- (2) 不安定な密度構造(密度比  $\sim 14$ )の星なしグロビュールがある(4 天体)。
- (3) 全ての星ありグロビュールは、不安定解(密度比  $\sim 14$ )を示す。
- (4) グロビュールの分子輝線幅は、温度 10 K を仮定した時の熱運動速度に近い。

典型的な星なしグロビュールの密度構造は、ほぼ熱的にサポートされた臨界 BE 球でよく近似できることがわかった(結果 1,4)。これらは熱的圧力と自己重力とがかりうじて釣り合いを保っているが、重力収縮の極めて初期段階にあるだろう。この結果はこのような密度構造を初期状態として星形成が開始することを示唆する。また、星なし・星ありグロビュールで典型的な密度構造の形が系統的に違うことがわかった(結果 1,3)。

不安定平衡解の BE 球は現実にはあり得ない解である(安定に維持できない)。不安定解の星なしグロビュール(結果 2)では、既に重力収縮が始まっている可能性が考えられる。そこで観測と、重力収縮するガス球の密度構造進化の流体計算(初期状態  $\sim$  臨界 BE 球)との比較を行った。その結果、収縮するガス球の密度構造は、不安定な BE 平衡解とよく一致することがわかった。例えば、収縮開始から約 50 万年経過後のガス球( $T=10$  K, 初期中心密度  $\sim 1$  万個/cc)の密度構造は、密度比  $\sim 20$  の平衡解と一致する。収縮初期のガス球(低密度比)の密度構造は、中心密度が低いためゆっくり進化する。収縮ガス球はわずかに不安定な(密度比が 14 付近の)BE 球を長期間に渡り模倣する。従って、臨界解からゆっくりと収縮する BE 球の描像は、臨界 BE 球に近いグロビュールが多いという観測(結果 1)と、不安定 BE 球のグロビュールが存在すること(結果 2)の両方を定性的によく説明する(定量的検証には天体数が不足している)。

課題および天文学的興味の一部:

- ・不安定 BE の星なしグロビュールは本当に収縮中なのか? 電波 infall 観測で検証する
- ・磁場のサポートはどうなっているのか? NIR, submm 偏光観測
- ・速度構造(線幅分布や回転)はどうなっているのか? NR045m データの詳細解析
- ・分子雲複合体中の星なしコアの Nearly Critical BE ライクか? 広域 NIR データの解析
- ・ $A_v > 50$  mag のコアは K バンドでも見通せない。 L, M バンド観測@Astro-F
- ・星なしグロビュールは本当に BE 的な密度構造なのか? 高感度 NIR 観測
- ・グロビュール表面で密度分布は本当に切れているのか? 可視減光も測って調査?
- ・グロビュールの起源は何か? 分子雲コア形成後に ambient gas 散逸(超新星、星風)?
- ・なぜ臨界状態に近いグロビュールが多い? 雲の分裂・コア形成機構との関連を研究

## molecular depletion in the pre-stellar core B68

中里 剛 (NRO)、砂田 和良 (NRO)、池田 紀夫 (NRO/総研大)

### 1. Barnard68 における molecular depletion

molecular depletion とは、低温、高密度の環境下で、気相における分子の存在量が減少する現象で、ダスト粒子 (固相) への分子の吸着が原因と考えられている。理論計算によれば、C や S を含む分子は比較的低密度から depletion を起こしやすく、一方 N を含む分子はより高密度にならなければ depletion しない (e.g. Aikawa et al. 2003)。

Barnard68 (B68) は距離 125pcにある Bok globuleで、星がまだ生まれていない星なしのコアである。その密度分布は  $\max=6.9$  の Bonner-Ebert球で表され (Alves et al. 2001)、星形成の初期条件と考えられる天体である。B68 ではCOや $N_2H^+$ など数多くの分子での depletionが観測されている (e.g. Bergin et al. 2002; Hotzel et al. 2002; Lai et al. 2003)。

### 2. 目的

観測的には、molecular depletion は分子輝線の積分強度分布が中心部で飽和あるいは減少してリング状の構造として見えると予想されるが、そのような構造は輝線が光学的に厚くなることによる見かけの効果としても説明できる可能性がある。そこで本研究では、輝線の光学的厚みが強度分布に与える影響を、観測的に調べる。

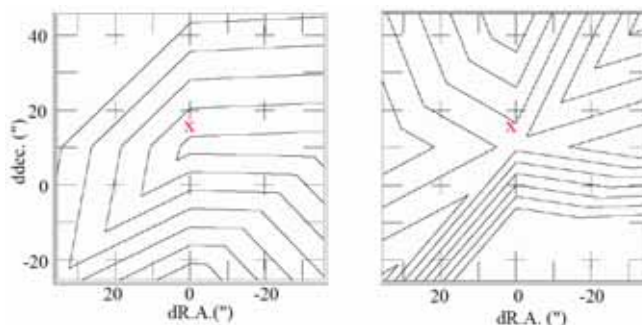


図 1.  $H^{13}CO^+$  (左)と $HC^{18}O^+$  (右)の積分強度分布。xは減光量のピーク。

### 3. 観測

観測は 2003 年の 1~4 月、2004 年の 1~2 月にかけて、野辺山 45m望遠鏡で行った。観測した輝線は、 $H^{13}CO^+$ および $HC^{18}O^+$ の $J=1-0$ 輝線で、それぞれ周波数は 86.754330GHz、85.162157GHz である。観測は S100/S80 受信機を用い、分光計は AOS-H (速度分解能 = 0.13km/s@86GHz) を用いた。観測領域は、B68 中心部の  $40'' \times 60''$ 領域である。

### 4. 結果とまとめ

観測された各輝線の強度分布は図 1 のようになった。 $H^{13}CO^+$ では赤外減光量のピーク付近で強度が低くなる傾向が見られ、一方 $HC^{18}O^+$ では北側ほど強度が強くなった。両者の強度比から見積もられる $H^{13}CO^+$ の光学的厚みは観測領域全体で 0.6~0.9 となった (図 2)。

光学的厚みが 1 に近い値と見積もられることから、 $H^{13}CO^+$ におけるmolecular depletionの解析において、光学的厚みの効果は無視できないことが予想される。

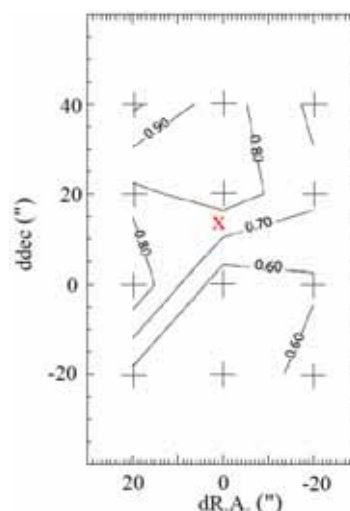


図 2. 光学的厚みの分布。xは減光量のピーク。

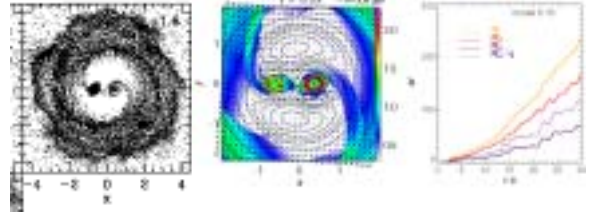
## ガス降着による連星の成長 原始連星の観測

「ガスは主に主星降着する」という理論を支持する文献(観測)を見つけないという意図があって調べた。

花輪 知幸 (千葉大学)

## 本当に伴星に降着するか?

— 十分に遠方から降着する場合 —



Bate & Bonnell (1997)

伴星へ降着

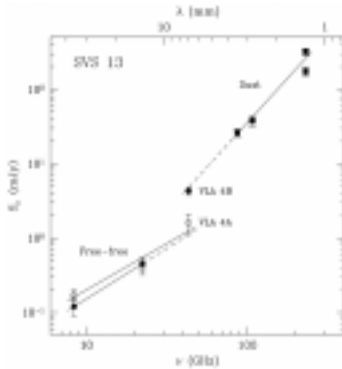
越智-杉本-花輪 (2005, ApJ, 印刷中)

主星に降着

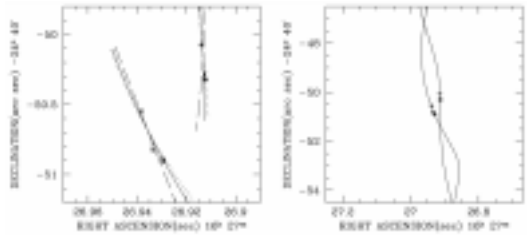
## SVS 13 (NGC1333)

Anglada et al. (2004)

VLA 4A 電離ガス  
VLA 4B 埋もれた星

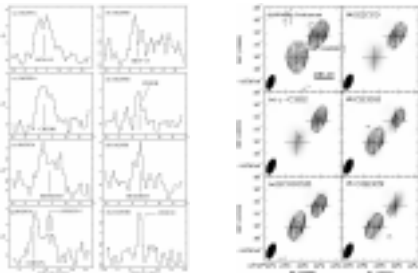


## YLW 15



Curiel et al. (2003) VLA1 (埋もれた原始星)の質量は, VLA2 (Class I)の質量の2倍以上。

## IRAS 16293 - 2422



Kuan et al. (2004) SMA

## IR Survey (Duchene et al. 2004)

### 伴星の候補を探索

星	角距離	J	H	K
IRAS 04113+2758	4.03	-0.94	-0.28	0.12
IRAS 04263+2426	1.27			1.05
VSSG 27	1.22		0.84	1.32

## Census of brown dwarfs and sub brown dwarfs in star forming regions: lower end of stellar IMF

田村元秀、直井隆浩、日下部展彦、石原明香、D. Ojha

### まとめにかえて：これまでの観測のまとめ

#### ➤ 広域サーベイ

- 限界等級：K ~ 17 mag
- 領域の広さ：数平方度/分子雲
- Oph, Cha, R CrA, Orion-strip

目的：低質量 YSO のサーベイとその空間分布

#### ➤ ディープサーベイ

- 限界等級：K ~ 19等
- 領域の広さ：60平方分 × 数視野/分子雲
- へびつかい座、カメレオン座
- モニター観測領域積分 ( Ori, Mon, ほか )

目的：浮遊惑星天体候補の統計

#### ➤ 一視野モニターまたはサーベイ

- ASTRO-Fティアップ
- モニター領域 ( McNeal nebula, RCW36, Chamaeleon I core, Oph core, NGC 6334 I, Serpens, R CrA, Mon R2 など )

目的：変光おび固有運動による YSO 検出 ( 赤外カラー以外の方法 )

NGC2264 と Orion については、YSO の有効な検出に成功、赤外超過との相関有り

熱海研究会 2005/2/25

# ASTRO-Fによる カメレオン観測計画

北村良実 (ISAS/JAXA)  
Astro-F星形成ワーキンググループ

© ISAS/JAXA

## ASTRO-Fを用いた 星形成研究の特徴

- 全天サーベイ
- IRASよりも高空間分解能
- 指向観測時でも広い領域をカバーできる
- 2 - 200  $\mu\text{m}$ という広い波長域
- SSTよりも広いダイナミックレンジを持つ
- サブミリ波(ASTE & ALMA)との共同研究

## なぜカメレオン分子雲か？

### 研究が進んでいない南天版タウルス

- Astro-Fで最も観測しやすい
  - Very Good Visibility
- 南天にある低質量星形成領域
  - これから最も分子雲の観測が進む近傍分子雲
- 近い ( $d = 150 - 200 \text{ pc}$ )
- 分子雲複合体(Cha I, II, and III + small clouds)
  - 星形成率: Cha I > Cha II > Cha III
- 300個を超えるPMS stars
  - 質量:  $0.2 - 2.5 M_{\odot}$ , 年齢:  $10^5 - 5 \times 10^7 \text{ yr}$

## カメレオン観測のサイエンス

1. 分子雲(コア)の形成 *map*
  - 星間ダストの物理
  - HI雲、分子雲の密度構造
2. 原始星の進化 *map & SED*
  - Astro-Fコアの検出
  - Class -1の検出
  - 超低質量星の検出
3. 原始惑星系円盤の進化 *SED & spectroscopy*
  - WTTS円盤の検出
  - ダスト粒子の進化

