

# IRSF/SIRIUS によるマゼラン雲近赤外線サーベイ

加藤 大輔

〈名古屋大学理学部 Z 研 〒464-8602 愛知県名古屋市千種区不老町〉

e-mail: kato@z.phys.nagoya-u.ac.jp

大小マゼラン雲は私たちの非常に近くにある銀河で、数多くの興味深い特徴をもっています。私たち IRSF/SIRIUS グループはこの大小マゼラン雲の近赤外線サーベイを遂行しています。観測は 2004 年中にほぼ終了しており、2005 年の終わりにはマゼラン雲近赤外線点源カタログを公開する予定です。ここでは私たちがおこなっているマゼランサーベイの内容と特色を紹介します。

## 1. マゼラン雲の特徴

人里から離れて夜空を見上げると、無数に輝く星々のほかに、ぼんやりと淡く光る天の川が見えます。南半球では、天の川のほかにもう二つ、ぼんやりと淡く輝く天体があります。大マゼラン雲と小マゼラン雲です。マゼラン「雲」と書きますが、天の川銀河の中にあるガスの星雲ではなく、どちらもれっきとした銀河です。大小マゼラン雲までの距離はそれぞれ約 16 万光年、約 20 万光年で、小口径の光学望遠鏡でも個々の星を分解して見ることができるぐらい近くににあります。私たちが属している天の川銀河の円盤の直径が約 10 万光年ですから、「お隣りさん」といってもいいぐらいの距離にあると言えます。

大小マゼラン雲ともに天の川銀河と比べると小振りな銀河です。天の川銀河が太陽の約 1 兆倍の質量をもつものに対して、大マゼラン雲はその約 100 分の 1、小マゼラン雲は約 1,000 分の 1 の質量しかありません<sup>1)3)</sup>。しかし、その小さな大小マゼラン雲の中では、現在も非常に活発な星形成が起こっていることが知られています。特に大マゼラン雲の中にあるタランチュラ(毒グモ)星雲は、非常に活発な星形成領域として知られています

(2005 年 3 月号の表紙参照)。このタランチュラ星雲の中心には太陽の数万倍の質量をもつ巨大な若い星団があり、天の川銀河全体で数個しか見つかっていないような、太陽の約 100 倍近い質量をもつ大質量星がこの星団だけで 30 個以上も見つかっています<sup>4)</sup>。また、この星団と同程度の質量をもつ若い星団は大マゼラン雲全体に多く存在するのですが、天の川銀河には一つも存在しません。

このように、天の川銀河では見られないような活発な星形成を起こしているマゼラン雲ですが、一つの銀河として見たとき、マゼラン雲は若い進化段階にあると考えられています。その理由を以下に述べます。宇宙ができた直後、物質のほぼすべては 1, 2 番目に軽い元素である水素とヘリウムでした。それよりも重い、例えば炭素や酸素、鉄のような重い元素は基本的に星の中の核融合反応によって作られます。このような重い元素の物質全体に占める割合は、星が誕生と死を繰り返すことで徐々に増えていきます。また、星は星間物質から生まれ、死ぬときに星間物質を吐き出すのですが、全部が星間物質には戻らず、物質の一部は例えばブラックホールや中性子星などになってしまいます。その結果、物質全体に占める星間物

質の割合は徐々に減っていきます。マゼラン雲は天の川銀河に比べて、重い元素の割合が少なく、物質全体に占める星間物質の割合が大きいことがわかっています<sup>2), 3), 5)</sup>。これは、マゼラン雲では星の誕生と死のサイクルがあまり回っておらず、マゼラン雲が天の川銀河に比べて若い進化段階にあることを示しているのです。

以上に述べた、活発な星形成と物質の進化段階の違いには密接な関係があると考えられています。(詳しくは2005年3月号の中島 康の記事を参照ください<sup>6)</sup>。)マゼラン雲の探査によって、異なった環境下における星形成の様子を調べることができます。さらに言うと、天の川銀河も昔は重い元素の割合が少なく、星間物質の割合が多かった時代があったはずで、マゼラン雲の星形成を調べることで、かつての天の川銀河で起こったであろう星形成を知ることができます。そしてそれは、天の川銀河における物質の進化の歴史を探ることにつながっていきます。

## 2. マゼラン雲近赤外線サーベイ計画

私たち IRSF/SIRIUS グループでは、この大小マゼラン雲の主要領域をカバーする近赤外線掃天観測(サーベイ)をおこなっています。図1, 2はそれぞれ大小マゼラン雲で私たちがサーベイをおこなう領域を示したものです。サーベイする領域の広さは大マゼラン雲約40平方度、小マゼラン雲約15平方度で、これは例えば月の見かけの大きさで表すと、大マゼラン雲は月約200個分の広さ、小マゼラン雲は月約80個分の広さに相当します(月の視直径は約0.5度)。観測には IRSF 1.4 m 望遠鏡と近赤外線3色カメラ SIRIUS を用いますが、両者を合わせると0.45秒角の解像度で7.7分角四方の視野を一度に撮像することができます。これらの装置で全サーベイ領域をカバーするには約4,450視野の観測が必要で、できあがる画像の総画素数は30億ピクセルを超えます。観測に使用する近赤外線バンドは、Jバンド(中心波長1.25ミクロン)、Hバンド(1.63ミクロン)、Ksバンド(2.14ミクロン)の三つの波長域で、観測

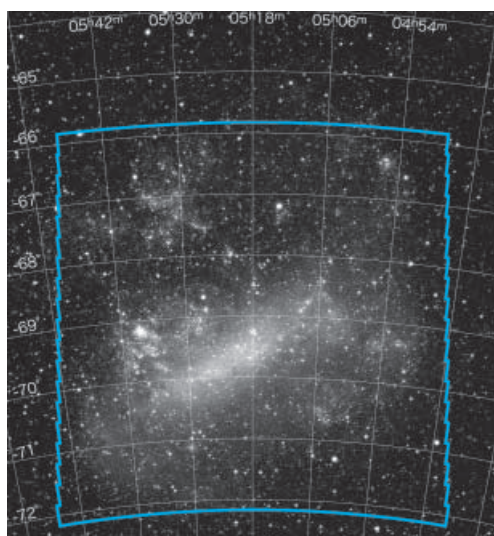


図 1

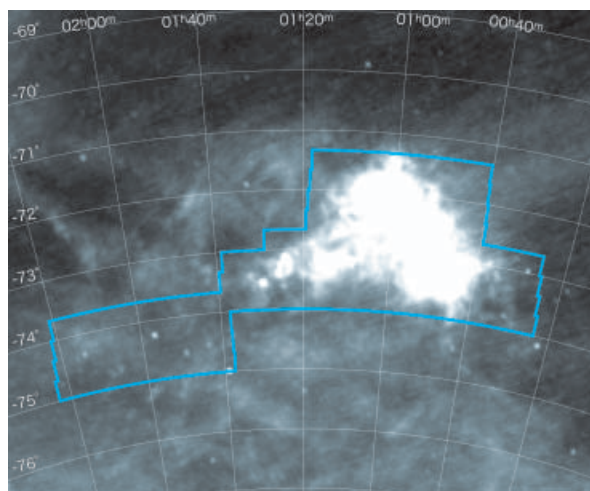


図 2

IRSF/SIRIUS によるマゼラン雲近赤外線サーベイのサーベイ領域。

図1が大マゼラン雲、図2が小マゼラン雲。青い枠で囲った部分がサーベイ領域。

の限界等級は  $J \sim 19$  等,  $H \sim 18$  等,  $K_s \sim 17$  等 (10) です。

私たちはこのサーベイデータから大小マゼラン雲の近赤外線点源カタログを作成します。サーベイデータの総量は約2テラバイトと見積もっていますが、これに近赤外線データには不可欠な処理をしてノイズの少ない画像を作成します。この画像から赤外線点源を検出し、各点源について明るさと位置を求めてカタログを作成します。検出される赤外線点源の総数は大マゼラン雲で約1,000万個、小マゼラン雲で約300万個と見積もっています。また、明るさと位置の精度はそれぞれ、0.03等、0.1秒角を目標としています。

サーベイは2000年12月に開始し、2004年末にはほぼすべての観測を終えています。現在はデータ解析を急ピッチで進めており、2005年の半ば頃にはカタログを完成させ、2005年の終わりにはカタログを公開する予定です。

### 3. サーベイの特色

私たちのサーベイによって検出できる天体を図3を使って説明します。図3は横軸に  $J$  バンドと  $K$  バンドの明るさの差、つまり色を、縦軸に  $K$  バンドの明るさをとった色等級図と呼ばれる図を模式的に表したものです。私たちのサーベイでは、「IRSF」と書いてある真ん中あたりの点線よりも上にある星を検出することができます。また、もう1本の点線は2MASSという、マゼラン雲全体をカバーするこれまでで最も深い近赤外線サーベイの検出限界を表しています。そして、2本の幅のある帯と青いぼんやりとした楕円はさまざまなタイプの星を近赤外線で見たとときの色と明るさを示したもので、左側の帯が主系列星、右側の帯が巨星、そして青い楕円は Herbig Ae/Be 型星と呼ばれる星の分布を示しています<sup>7), 8)</sup>。余談ですが、この色等級図は、横軸に星の表面温度、縦軸に星の全光度をとった  $H-R$  図（ヘルツシュプルング・ラッセル図）を近赤外線波長域を用いて近似的に

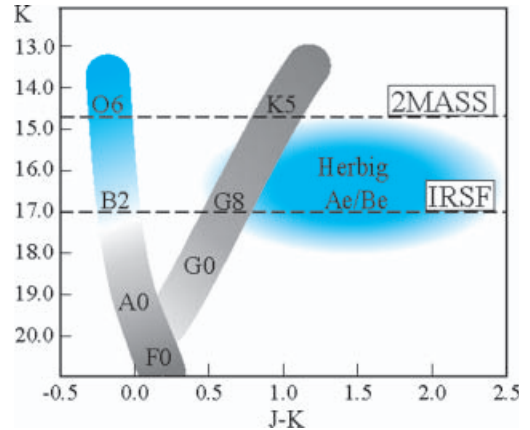


図3 ( $J-K$ ) 対  $K$  の色等級図の模式図。私たちのサーベイでは「IRSF」の点線よりも上にある天体を検出できる。

描いたものと言えます。 $H-R$  図や簡易版  $H-R$  図とも言える色等級図は星や星団の分類に威力を発揮するので、現在でも多くの研究で用いられています。

さて、図3を見てまずわかることは、私たちのサーベイによってマゼラン雲に存在する Herbig Ae/Be 型星の大部分を検出できることです。Herbig Ae/Be 型星は前主系列星と呼ばれる星の一種です。前主系列星は主系列星になる直前の星で、可視光でも見えるようになった中心星の周りを星周円盤が取り囲んでいる段階にあります。（この星周円盤がやがて惑星系を作る元となります。）前主系列星のうち、中質量（2-10太陽質量）のものを Herbig Ae/Be 型星、小質量（2太陽質量以下）のものを T Tauri 型星と呼びますが、Herbig Ae/Be 型星は100万年のオーダーで主系列星になってしまいます。100万年は天文学的には一瞬といってもいいぐらいの短い時間ですので、この星が存在する領域ではまさに今、星形成活動が起こっていると見なせます。私たちのサーベイによって、マゼラン雲に存在する3太陽質量以上の前主系列星を検出することができます<sup>7)</sup>。この星の分布によって、マゼラン雲全体で今起こっている星形成活動を探ることができます。

また、私たちのサーベイによって、B2型の主系列星、G8型の巨星までを検出できます。B2型主系列星の質量は太陽の8倍程度で、これはちょうど超新星爆発を起こす下限の質量に一致します。したがって、マゼラン雲で将来超新星爆発を起こすであろうすべての主系列星を検出できることになります。また、銀河の中に普遍的に存在する大量の巨星を検出することができますのでこのような巨星の分布を用いてマゼラン雲の3次元構造を調べることが可能になるかもしれません。

#### 4. おわりに

サーベイ観測によって面白い天体を見つけて巨大望遠鏡を使ってその天体を詳しく調べるというやり方は、天文学では一般的な研究手法です。そういう意味で、サーベイ観測は宝探しに似ているかもしれません。私たちのサーベイは、特にマゼラン雲の星形成に興味のある研究者にとっては、宝探しに役立つ有用な「地図」になると私は考えています。しかし一方で、私たちが考えもなかったようなあっと驚く宝物が出てこないものと期待しています。そんな多くの宝物を見つけだすためにも、近赤外線カタログは広く、そしてできるだけ早く公開し、少しでも多くの研究者に宝探しへ加わっていただけるようにしたいと考えています。

この研究は、1998-2001年の重点領域研究「マゼラン星雲大研究」の補助を受けておこなわれています。またこの研究に関して、名古屋大学大学院理学研究科と南アフリカ天文台の間で共同研究の協定を結んでいます。この研究に当たって、多大なご助力をいただいている IRSF/SIRIUS

グループの皆様、南アフリカ天文台の皆様にも深く感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) Bellazzini M., 2004, MNRAS 347, 119
- 2) van den Bergh S., 2000, *The Galaxies of the Local Group*, Cambridge: Cambridge Univ. Press
- 3) Westerlund B. E., 1997, *The Magellanic Clouds*, Cambridge: Cambridge Univ. Press
- 4) Massey P., Hunter D.A., 1998, ApJ 493, 180
- 5) Gordon S., Koribalski B., Jones K., 2003, MNRAS 342, 939
- 6) 中島 康, 2005, 天文月報 98, 150
- 7) Nakajima Y., et al., 2005, AJ 129, 776
- 8) Hillenbrand L. A., et al., 1992, ApJ 397, 613

#### Near-Infrared Survey of the Magellanic Clouds with IRSF/SIRIUS

Daisuke KATO

*Faculty of Science, Nagoya University, Fro-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8602, Japan*

**Abstract:** We are surveying the Large Magellanic Cloud and the Small Magellanic Cloud in the near-infrared wavelengths,  $J$ ,  $H$ , and  $K_s$  bands. The  $10\sigma$  limiting magnitudes of the survey are  $J\sim 19$ ,  $H\sim 18$ , and  $K_s\sim 17$  mag, which correspond to the magnitudes of Herbig Ae/Be stars with masses as low as  $\sim 3M_{\odot}$  in the Clouds. The photometric and positional accuracy of the survey will be 0.03 mag and 0.1 arcsec, respectively. We will publish a point source catalog of the Magellanic Clouds at the end of 2005.