

近赤外線による銀河面に隠された銀河探査

永山 貴 宏

〈京都大学理学研究科宇宙物理学教室 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町〉

e-mail: nagayama@kusastro.kyoto-u.ac.jp

天の川に隠されて銀河の分布が分かっていない領域は、全天の約 20% にのぼる。この領域での銀河探査は、銀河系内の星間物質による減光を受けるため非常に難しい。そのため、電波、近赤外線、X 線など、さまざまな波長での銀河探査が行われている。本稿では、私たちが近赤外線で行った電波銀河 PKS1343-601 (銀緯 1.73°) の周辺領域の銀河探査の結果を報告する。

1. Zone of Avoidance とは？

Zone of Avoidance (ZoA) は、天の川に沿った、銀河がほとんど見つかっていない領域である。これらの領域で銀河が見つかっていない理由は、

1. 銀河面の固体微粒子による光の減光
2. 多数の前景星の混入

により、銀河の検出が困難なことにある。

ZoA が認識され始めたのは 19 世紀にさかのぼる。当時は銀河系外天体という概念が確立していなかったが、南天において、ジョン・ハーシェルが見つけた天体を星雲状天体と星団状天体に分けると、星雲状天体と星団天体で分布が異なり、天の川に沿った“Zone of few Nebulae”が認識されたとある¹⁾。21 世紀となった現在、NGC (IC) カタログの中から、銀河系外天体であることが確認されている 8682 天体を横軸：銀経、縦軸：銀緯としてプロットすると、銀緯 0° を中心とする、銀河が全くない領域“ZoA”がよくわかる (図 1)。この領域は全天の約 20% に相当する。

2. 可視光による ZoA の銀河探査の限界

銀河系外の天文学を行うには、銀河面の固体微粒子 (ダスト) による減光は、百害あって一利な

い存在である。したがって、ZoA は銀河系外天文学の対象からは完全に外れたままであったが、1980 年代以降、ZoA でも本格的な銀河探査が行われるようになった。1980 年代から 90 年代初頭の探査は、パロマ、UK シュミットの全天サーベイの写真乾板をひたすら眼で探すという手法がとられた。この結果、へびつかい座銀河団 ($l, b = (1^\circ, 9^\circ)^{2),3)}$ 、じょうぎ座銀河団 ($l, b = (325^\circ, -7^\circ)^4)$ (先月号の IRSF/SIRIUS ギャラリー A3627 参照) という大銀河団が見つかった。共に近傍の大銀河団の代名詞である、かみのけ座銀河団に匹敵する規模の銀河団である。

しかし、可視光線はダストによる減光を強く受けるため、銀河探査が可能であったのは、 $|b| > 5^\circ$ ($A_B < 3$ 等) であった。そして、それより低銀緯領域は、依然として ZoA のままであった。

3. 多波長での ZoA の銀河探査

可視光での探査に限界が近づいた 1990 年代半ば以降、電波、近赤外線、X 線で ZoA の銀河探査が行われるようになった。電波では、中性水素 21 cm 輝線 (HI 輝線) による ZoA の銀河探査が行われている。北天では、Dwingeloo 25 m 電波望遠鏡 (オランダ) による銀河面の掃天観測が行われ、その結果、Dwingeloo1 などが見つかった⁵⁾。また、

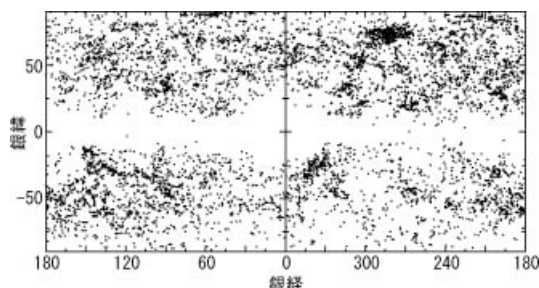


図1 NGC天体のうち、銀河であることがわかっている天体の分布。銀緯 0° に沿って、銀河がほとんど検出されていない領域 (Zone of Avoidance) があることがわかる。

南天では、より大きな Parkes 64 m 電波望遠鏡 (オーストラリア) を用いた銀河面の掃天観測が行われた。先月号の IRSF/SIRIUS ギャラリーに掲載された HIZSS 012 は、Parkes 64 m 望遠鏡により発見された銀河である^{6),7)}。HI 輝線は、ダストによる減光をほとんど受けず、検出と同時に後退速度も決まる非常に強力な ZoA の銀河探査手段である。しかし、楕円銀河や銀河団中心部の水素ガスがはぎ取られた銀河には感度がないという欠点もある。また、64 m 望遠鏡をもってしても回折限界は ~ 10 分角であり、一つのビームに複数の銀河が混ざることもある。

X線による ZoA 探査は、銀河の集まりである銀河団を対象として行われている。銀河団は、それに付随する高温プラズマから、広がった X線を放射していることがよく知られている。X線衛星 ROSAT による全天サーベイの結果を用いた、CIZA (Cluster in Zone of Avoidance) と称された ZoA 内の銀河団探査が行われ、低銀緯に位置する多数の未知の銀河団が発見されている⁸⁾。ROSAT のエネルギーバンドは 0.1 から 2.4 keV であるため、 $|b| < 3^\circ$ の低銀緯では、銀河面の重元素による吸収の影響を受けるが、それより高銀緯では、銀河団を最も効率よく探査する手段である。

4. 近赤外線による ZoA 探査

ここまで、ZoA の歴史、電波、X線による ZoA

の銀河探査について述べてきたが、ここからは IRSF/SIRIUS の話題に戻る。IRSF/SIRIUS は、近赤外線による、深く、細かいサーベイ観測を目的としている。近赤外線観測は以下の2点から、ZoA における銀河探査に非常に適している。

1. ダストによる減光が少ない
2. すべてのタイプの銀河に感度がある

1. に関しては、 $A_K \sim 0.1A_V$ であり、可視光 V バンドで 10 等 (10,000 分の 1) の減光であっても、K バンド (2.2 μm) では 1 等 (2.5 分の 1) の減光でしかなく、銀河面を見通すことは比較的容易である。また、2. についても、HI 輝線観測が渦巻き銀河、CIZA が銀河団とバイアスをも持っているのに対し、近赤外線では、楕円、渦巻き、不規則にかかわらず検出可能である。この利点を活かし、私たちは IRSF/SIRIUS で ZoA の銀河探査を行っている。

5. グレートアトラクター領域

グレートアトラクター (GA) は、1987 年に Dressler らによって提唱された“多くの銀河の運動に影響を与える未知の大重力源”である⁹⁾。その位置は、 $(l, b) \sim (320^\circ, 0^\circ)$ と見積もられている¹⁰⁾。まさに ZoA の真ん中であり、この予測位置周辺の銀河分布は不明である。現在では、GA はこの予測位置の周囲 $40^\circ \times 40^\circ$ 程度の広い領域 (GA 領域) に広がっていると考えられている¹¹⁾。GA については、その存在に否定的な研究報告もあるが¹²⁾、GA 領域が超銀河面の一部であり銀河密度が高い領域であることは事実である。GA 予測位置からわずか 10° 離れた位置には、じょうぎ座銀河団が見つかっている。じょうぎ座銀河団は、GA 領域内の既知の銀河団のうち最大の銀河団であるが、先にも述べたように $|b| < 5^\circ$ では銀河の分布が明らかでなく、この領域内に未知の大銀河団が隠されている可能性もある。したがって、GA 領域は、ZoA の中でも最もその銀河分布が注目される領域である。そこで、私たちは GA

領域内の大銀河団候補天体に対して近赤外線観測を行った。

6. 電波銀河 PKS1343-601

PKS1343-601は、非常に強い電波銀河であり、その電波強度は、Cyg A、Cen A、Vir Aに次いで全天で4番目である¹³⁾。Cen Bとも呼ばれている。PKS1343-601は $b = 1.73^\circ$ に位置する。前景星のJ-Kカラーを元に見積もったPKS1343-601方向の減光量 A_V は約6等である。非常に強い電波源であるので、この電波銀河自身が十分研究対象となりうるが、減光量が大きいため、可視光線では1978年に楕円銀河であること¹⁴⁾、¹⁵⁾、1987年に後退速度3,872 km/sであること¹⁶⁾、がわかっているにすぎず、電波での研究に比べ情報が少ない。

PKS1343-601は

1. 位置、後退速度がGA予測位置に近い
2. 周囲にHIで発見された銀河が多数存在する

ことから、GAに関連する大銀河団が存在する可能性が示唆されてきた¹⁷⁾。しかし、これまで、この示唆を直接的に確認することはできていなかった。このPKS1343-601に対して、IRSF/SIRIUSを用いた近赤外線観測を行った。

7. 無数の星の中からの銀河探し

近赤外線観測には、減光を受けにくいという可視光線に比べ優れた点があるが、多数の前景星が邪魔であるという問題は全く改善されない。むしろ、より遠くの星まで検出可能となるため、悪化している可能性もある。取得した画像には1平方度あたりに換算して、100万個以上の星が写っており、その中から銀河を探し出す必要がある。当初はソフトウェアによる自動検出も考えたが、すぐに諦めた。

結局、J、H、K_sバンドの画像をそれぞれ青、緑、赤とした疑似カラー画像を作成し、くまなく銀河を探した。その結果、形状から銀河であることが

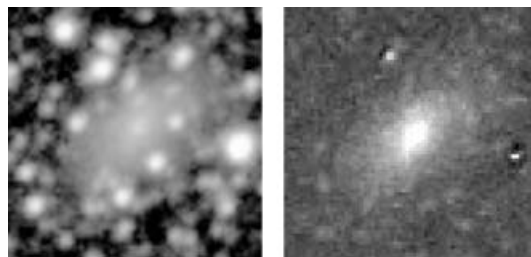


図2 左図：低銀緯で見つかった銀河。前景星が重なっているため、このままでは正しい測光値を得ることができない。右図：左図から重なった星を除去した像。

ほぼ確実な天体19個と銀河である可能性が高い広がった天体38個を検出した。これらのうち、既知の天体はPKS1343-601自身を含めてわずか3個であり、残りはすべて新発見である。近赤外線全天サーベイ2MASSが、K_sバンドの観測等級でほぼ10等（かなり明るい！）の二つの銀河を漏らしていた点は興味深い。2MASSは、ZoAにおける銀河探査の手段として期待が大きいですが、PKS1343-601の銀緯では、明るい銀河ですら検出漏れがあるということがわかった。19個の確実な銀河のうち、15個は渦巻き銀河であった。しかし、HIサーベイでこれらが全く検出されていないことも興味深い。

検出した銀河には、多くの星が重なっており、普通に測光を行ったのでは、銀河の明るさが正しく得られない。そこで、あらかじめ星（点源）を取り除いて測光を行った。これは、非常にデリケートで神経を使う作業であるが、何度かの試行錯誤により、実用に耐える測光精度を得るに至った（図2）。

8. PKS1343-601は銀河団？

減光量の補正後、Kバンドで13等より明るい銀河は14個であった。この数は42個/平方度に相当する。一方、2MASSを元にした高銀緯（ $|b| > 5^\circ$ ）GA領域での銀河の平均密度は、 ~ 8 個/平方度である。したがって、PKS1343-601の周囲に

は、平均の5倍以上の数の銀河が存在していることがわかった。

さらに、検出した銀河の光度関数を近傍の典型的な銀河団と比べた。しかし、光度関数の比較の結果、PKS1343-601領域で検出した銀河数は、ペルセウス、かみのけ、じょうぎ座銀河団などの大銀河団、さらには、ケンタウルス、くじゃく座などの中規模銀河団に比べ有意に少なく、銀河団としての規模は小さいことがわかった。PKS1343-601の周囲には、大銀河団の存在が示唆されていたが、近赤外線観測からは、銀河の個数密度が高銀緯GA領域に比べ有意に多いことが明らかににはなったものの、示唆されていたような大銀河団の存在は確認できなかった。したがって、GA領域の描像に大きな変化はなく、GAへの強い寄与をもつ可能性をもった天体が一つ消えた。

本研究では、IRSF/SIRIUSが、銀緯 1.73° という低銀緯であっても、銀河が存在すれば検出できることを示すことができた。このことは、ZoAの銀河探査に対して大きな武器を得たことを意味し、今後、未観測領域へ観測を広げていくためのステップとしては重要である。私たちは、PKS1343-601に引き続き、本稿でも述べたCIZAサーベイで見つかった、GA領域内のX線銀河団CIZA1324.7-5736の観測も行っている。また、他波長で示唆された銀河団候補を受動的に追観測するだけではなく、積極的に観測領域を広げ、GA領域の銀河分布を明らかにしていきたいと考えている。

謝 辞

本稿は、筆者の博士論文（名古屋大学）、および、投稿論文¹⁸⁾をまとめたものです。その作成にあたっては、筆者の指導教官である佐藤修二教授はじめ、多くの人々のお世話になりました。この場を借りてお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Woudt P., 1998, Ph.D. thesis, Univ. of Cape Town
- 2) Johnson M., et al., 1980, BAAS 12, 487
- 3) Wakamatsu K., Malkan, M., 1981, PASJ 33, 57
- 4) Kraan-Korteweg R., et al., 1996, Nature 379, 519
- 5) Kraan-Korteweg R., et al., 1994, Nature 372, 77
- 6) Henning P., et al., 2000, AJ 119, 2686
- 7) Hurt R., et al. 2000, AJ 120, 1876
- 8) Ebeling H., Mullis C., Tully B., et al., 2002, ApJ 580, 774
- 9) Dressler A., et al., 1987, ApJ 313, L37
- 10) Kolatt T., Dekel A., Lahav O., 1995, MNRAS 275, 797
- 11) Kraan-Korteweg R., Lahav O., 2000, A&AR 10, 211
- 12) Mathewson D., Ford V., Buchhorn M., 1992, ApJ 389, L5
- 13) Jones P., Lloyd B., McAdam W., 2001, MNRAS 325, 817
- 14) Laustsen S., Schuster H., West R., 1977, A&A, 59, L3
- 15) Goss W., Tritton K., Longmore A., 1978, A&A 70, 423
- 16) West R., Tarengi M., 1989, A&A, 223, 61
- 17) Kraan-Korteweg R., Woudt P., 1999, PASA 16, 53
- 18) Nagayama T., et al., 2004, MNRAS 354, 980

Near-infrared Survey for Galaxies behind the Galactic Plane

Takahiro NAGAYAMA

Department of Astronomy, Kyoto University, Oiwake-cho, Kitashirakawa, Sakyo-ku, Kyoto 606-8502, Japan

Abstract: The distribution of galaxies is unknown for about 20% of the sky due to obscuration by the Milky Way. It is very difficult to detect galaxies in this region in the optical bands because of large extinction caused by the interstellar medium. Searches for galaxies are therefore on going in the radio, X-ray and near-infrared wavelengths. We describe the results of our own survey for the PKS1343-601 ($b=1.73^\circ$) region; PKS1343-601 is the radio galaxy which was suggested to be the core of an unknown rich cluster related with the Great Attractor.