

すばる望遠鏡：初期観測の成果と近況報告

〈巻頭文〉

すばる望遠鏡によるファーストライト／初期試験観測の成果が、このほどPASJの特集として出版されました¹⁾。本誌の特集記事では、各論文のエッセンスを1ページずつで紹介します。星形成領域や褐色矮星、惑星状星雲から、活動銀河核、銀河団、ディープフィールド、重力レンズに至るまで、すばる望遠鏡の性能と汎用性を示す豊富な内容になりました。建設プロジェクトの終了を前に、初期的なものとは言えこれだけの水準の科学成果を公表できたことには、感銘深いものがあります。

冒頭のKaifu論文では、ファーストライト総合的報告と併せて、オリオン星雲領域の赤外線イメージから見いだされた新知見をまとめました。それに、HSTに負けないすばるの銀河形態分析能力を実証したIye論文(銀河団A851)、重力レンズ観測から遠方銀河について新しい知見を導いたIwamuro論文(PG1115+080)を併せた3編はすばるの公式的「ファーストライト論文」と位置づけ、著者にプロジェクトに関ってきたメンバーを広く含めました。そのほか多彩な観測結果を、御覧下さい。

もちろんこれらはすばるの初期試験における、限られた機能の試験観測装置で得られたものです。すなわち、本来はナスミス焦点用の赤外線夜光除去分光器OHSのカメラ部分であるCISCO(PI:舞原)、また主焦点用の可視光広視野カメラであるSuprime-Cam(PI:岡村、CCDは試験的なもの6個のみ)をカセグレン焦点に取り付けて、試験観測に用いました(グラビア図4参照)。この二つの試験観測装置は貴重な役割を果たしてくれましたが、計画的に物理的情報を引き出すという点では不十分なのは、やむを得ません。現段階でこれだけの科学成果を引き出したのは、両装置の活躍に加え、すばるが実現した高い結像性能と口径8.2mの集光力、そしてマウナケアの大気条件の良さが

大いに発揮された結果です。ファーストライトの経過や望遠鏡性能の詳細については『日本物理学会誌』にもまとめましたので、ご参照ください²⁾。

ハワイ観測所ではファーストライトに続き、主焦点・ナスミス各焦点のたち上げ、主鏡の再蒸着、ソフトウェアの追い込みやオペレーション体制構築などを進めてきました。この間、紀宮清子内親王をはじめ多くの来賓をお迎えした完成記念式典³⁾が実施されたのは、御存知の通りです。試験観測装置には、中間赤外線の高分解撮像器MIRTOS(友野、西村)が加わりました。そして昨年末からは、待望の第一期観測装置(共同利用むけの7つの観測装置)が、順次機能試験観測に入っています。機能試験観測とは、観測装置を初めてすばる望遠鏡に取り付け、装置としての基本的機能をテストする段階です。既に中間赤外線分光撮像装置COMICS(PI:山下・片坐)が一番乗り。続いて可視光微小天体撮像分光器FOCAS(PI:家)、太陽系外惑星の直接検出を目指すCIAO(PI:田村)と続きました。この号が出る頃には、赤外線高分解分光器IRCS(PI:A. Tokunaga)、前述のOHS、そしてうまくゆけばSuprime-Camと可視光高分散分光器HDS(PI:安藤)まで、機能試験が一通り終わっているでしょう。続いて科学的観測能力を試す「性能試験観測」にも、準備が整った観測装置から順次入っているはずですよ。

共同利用開始まであと半年。すばるに残されている課題は、決して少なくありません。まだ不安定な望遠鏡駆動、難航している赤外用振動副鏡、補償光学系(AO)の実地テスト、データ解析システムのたち上げ、加えてマニュアル作りや共同利用の準備事務など。すばるはまだ険しい道なき道を走っています。が、ようやくゴールのピークも、はつきり見えてきました。(海部 宣男)

参考文献

- 1) Subaru FL 特集, 2000, PASJ 52, 1
- 2) 海部宣男, 1999, 『日本物理学会誌』 54, No.4, 245-251
- 3) 海部宣男, 2000, 『天文月報』 2000年1月号, 38-39

すばる望遠鏡のファーストライトとオリオン星雲の赤外線イメージ

1999年1月のファーストライトで公開したオリオン星雲の華やかな赤外線画像は、豊かな新情報を含んでいます。オリオン星雲は過去数千万年にわたる大規模で重層的な星形成の現場であり、ミリ波や赤外線による星形成観測の開始以来、一貫して研究者の関心の的でした。そこで私達はオリオン星雲を、すばるを真っ先に向ける対象の一つとして選択しました。本論文¹⁾はすばるファーストライト特集の冒頭論文として、前半で望遠鏡の基本的性能をまとめ、後半はオリオン星雲の赤外線画像から得られた知見を報告しています。

ファーストライトと望遠鏡の初期性能

ファーストライトで用いられた試験観測装置は調整用可視光カメラCAC、可視光広視野カメラSuprime-Cam、近赤外線カメラCISCO、高感度ハイビジョンカラーカメラHVC（すばる映像の放送・教育利用のためNHKが製作）で、うち3つを自動装置交換システムCIAX-3を介しカセグレン焦点にとりつけました。ファーストライトは12月24日に開始し、指向追尾調整、主鏡能動支持調整を交えつつ試験観測装置を切り替え、多くのイメージを取得しました。ファーストライトで得られた望遠鏡性能の概略をまとめますと、1) 天体追尾誤差はシーイングサイズに較べ小さく、オープンループで0.1秒角rms以下、星像自動追尾でも仕様値0.07秒角rmsを達成。2) 結像性能はシャックハルトマン測定と主鏡調整を繰り返し、近赤外線で0.3秒角、

可視光で0.4秒角の星像サイズを観測。2月には波長2ミクロンで0.2秒角という、地上望遠鏡としては最小の星像サイズを観測。3) 温度管理によるシーイング改善の兆候がある。赤外副鏡のテックアップアンドテイルトや補償光学(AO)の併用で、今後大気揺らぎの影響をかなり軽減出来ると期待。オリオン星雲における星生成

カセグレン焦点に取り付けた赤外線カメラCISCOによって、オリオン星雲の赤外線多色イメージを取得しました。Jバンド(波長1.25 μm)、K'バンド(波長2.13 μm)、水素分子輝線(波長2.12 μm)の3色、シーイングは0.3-0.5秒角、視野は約4分角のモザイクです。露光時間は3バンド合計で7分強でした。

このイメージからはまず、暗い低質量星の若い天体の候補が多数検出されました。K'バンドで13.5等級より暗い星が100個あまりカウントされましたが、それらは若い褐色矮星であろうと考えられます。トラペジウムのごく周辺を除く星雲領域で観測された516個の星の輝度分布関数(図1)は、若い褐色矮星がオリオンのような大質量形成領域で多数生成されていることを、初めてクリアに示したものです。

水素分子輝線のイメージでは、オリオン星雲内に新しい星生成構造が多数発見されました。原始星が形成した双極星雲であろうと思われるペア構造も、複数含まれています(グラビア図6参照)。さらに大質量星生成の場として知られるIRc2では、針状の衝撃波群で囲まれた「うに」のような構造(従来“指”または“蝶”として知られる)が、水素分子輝線で詳細に捉えられました。衝撃波群の物理的情報は今回充分には得られませんでした。試験的分光観測では場所による励起の違いが明らかに見られ、IRCSなど本格的分光観測装置による今後の観測が期待されます。

海部 宣男 (国立天文台ハワイ観測所,
4月より国立天文台三鷹), 他

参考文献

1) N Kaifu, et al., 2000, PASJ 52, 1

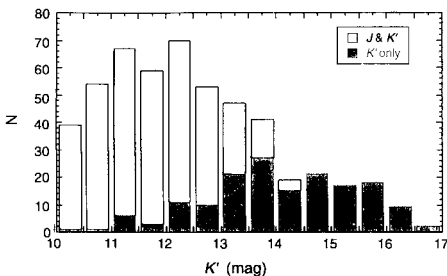


図1: オリオン星雲内の星の輝度分布関数。K'バンドで観測された516星のうち、Jバンドでは検出されなかったものを暗色で示す。K'等級13.5よりも暗い右側の星は、ほぼ褐色矮星であろう。

ハッブルを越えたすばる — 銀河団 Abell 851 の測光観測で確認

この論文¹⁾は、赤方偏移 0.4 の銀河団 Abell 851 (=CL 0949+4713) を可視光カメラ Suprime-Cam (R バンド) と近赤外カメラ CISCO (J, K' バンド) で撮像観測²⁾した結果をまとめたものである。この銀河団はハッブル宇宙望遠鏡でもほぼ同じ赤色で観測されているため、両者の撮像性能を比べる絶好のターゲットであった。

可視光では、ハッブル画像の分解能は 0.2 秒角、すばる画像の分解能は 0.45 秒角、意外と差はない。すばる望遠鏡を夜空に向けて、わずか 2 週間後に、これほどの画像が得られたのには、正直言って筆者も驚いた。露出時間がほぼ等しい両画像を測定すると、すばる画像のほうがより暗い 28 等級の天体までしっかりと捉えていることが明らかとなった(グラビア図 7 参照)。すばるの集光力がハッブルを 12 倍も上回るためである。

とはいえ、補償光学系をまだ実装していないため、解像力で若干劣るすばるは、形の情報が大事な銀河の形態分類や、重力レンズ効果の研究では不利だろうと我々も当初考えていた。だが、実際に土居他の自動形態分類法³⁾を用いて A851 の銀河を分類してみると、ハッブル画像から分類した結果と、大変よく一致する。

銀河団の重力場で、その背後の銀河の像が歪められる重力レンズ現象についても、これまでは解像力の高いハッブル望遠鏡の独壇場であった。だが、すばる画像の解析から、A851 の重力場を求めると、X 線観測から求めた密度分布とよく一致することが確かめられた。(図 1)

一連の観測で、すばるの撮像性能の高さを証明しただけでなく、新しい科学的成果もいくつか得られた。まず、近赤外線が極めて強い「極赤銀河」を我々はいくつか発見した。このような極赤銀河が最近いくつか発見され、注目を浴びているが、その正体については論争中である。A851 領域の極赤銀河は、銀河団背後の楕円銀河が重力レンズ効

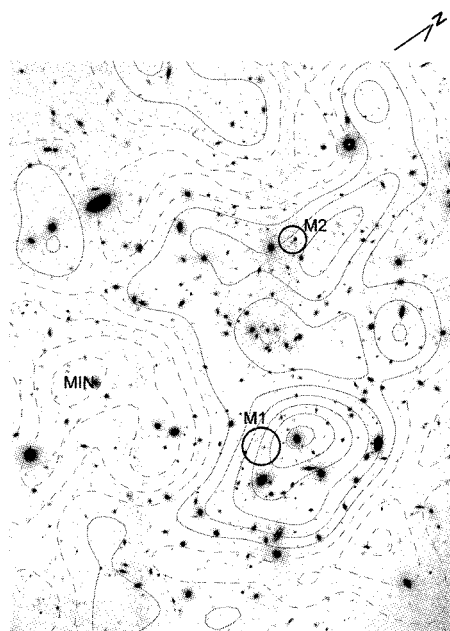


図 1 : すばる画像の重力レンズ効果解析から求めた銀河団 A851 の面密度分布図。中の M1 と M2 は ROSAT で観測された X 線強度のピーク位置である。

果で増幅されて見えているものかもしれない。また、ハッブル画像の観察から、赤方偏移 0.4 の銀河団 A851 の背後にある赤方偏移 2 のクェーサーに付随する別の銀河団があるという報告が以前なされたが、今回のすばるの精度の良い観測で、そのような銀河団は存在しないことを証明した。

これらの結果は、すばる望遠鏡の撮像性能が極めて高いことを、実証するものであり、今後の成果を期待させるものである。

家 正則 (国立天文台光学赤外線天文学・観測システム研究系), 他

参考文献

- 1) M Iye, et al., 2000, PASJ 52, 9
- 2) 家 正則, 天文月報, 1999 年 4 月号, 232-233
- 3) M Doi, et al., MNRAS 264, 832.

すばる望遠鏡による重力レンズ天体 PG 1115+080 の赤外線観測

1999年1月11日と13日に、ファーストライト直後のすばる望遠鏡と赤外線カメラ（CISCO）を用いて重力レンズクエーサ PG 1115+080 の観測を行った。重力レンズとは、銀河や星の重力によってその背後にある遠い天体の光が集められる現象で、その結果、暗い天体が明るく見えたり、像が歪んで引き伸ばされたり、いくつかに分裂して観測される。重力レンズは宇宙に存在する天然の「拡大鏡」に相当し、すばる望遠鏡の優れた解像度と組み合わせることにより、通常では観測できないような暗い天体や、細かい構造が得られる可能性がある。

この天体は35億光年の距離にある赤い銀河によって、背後にある90億光年遠方のクエーサが4つに分裂して見えているものであることが知られているが、すばる望遠鏡での観測により、その詳細な姿が赤外線の2つの波長帯で捕えられた（図1＝グラビア図9）。画像処理後の角度分解能は0.14秒と、地上からの観測でありながらハubble宇宙望遠鏡を凌ぐ性能で、分裂して見える4つ

のクエーサ像のうちの2つの形状の歪みが初めて検出された。これは、クエーサ周辺の明るく光り輝いている部分が120光年程度に広がっていることを表すもので、クエーサ本体によって周辺部にトーラス状に分布した物質が照らされているのではないかと考えられる（本体部分の大きさは、微少変光の時間スケールから、上記の値より更に3桁程度小さいことがわかっている）。

また、明るい成分を取り除いたあとには、アインシュタイン・リングと呼ばれる重力レンズ特有のリング状構造が残った（図2＝グラビア図10）。この部分はクエーサの属する銀河が“C”の字型に歪んで引き伸ばされたものに相当し、その色からこの銀河はその時点での宇宙年齢を越えるほどの年老いた銀河である可能性が高いことがわかった。

岩室 史英（京都大学理学部物理学
第二教室宇宙線研究室）、他

参考文献

- 1) F Iwamuro, et al., 2000, PASJ 52, 25

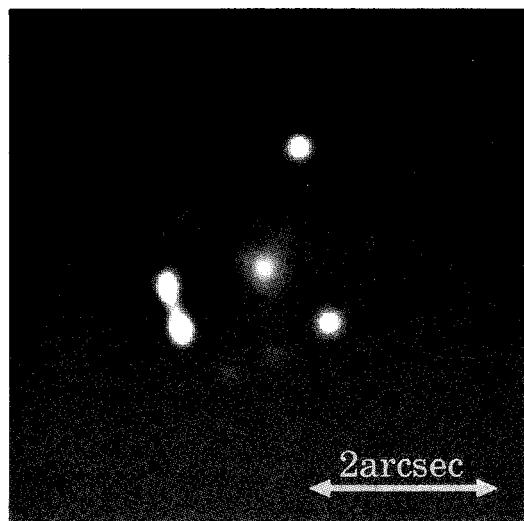


図1：重力レンズ天体 PG 1115+080 の赤外線イメージ。中央の銀河がレンズとなっている銀河で、同一視線にある後方のクエーサが4つに分裂して見えている。

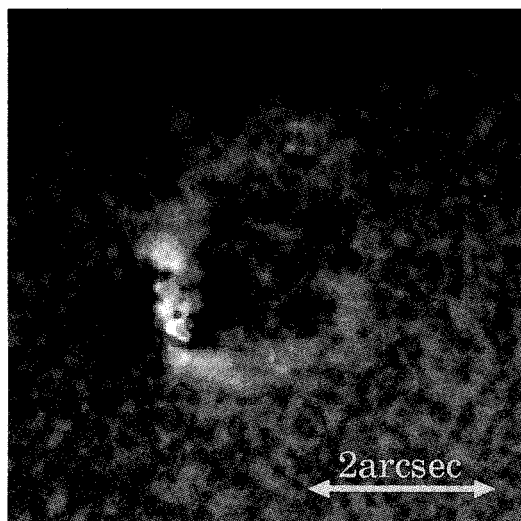


図2：中央の銀河と4つのクエーサ成分を引いた後の残りの成分。クエーサに属する広がった銀河の成分が“C”形に引き伸ばされて見えている。

電波銀河 B3 0731 + 438 の巨大水素輝線コーンの発見

電波銀河は通常の銀河とは異なり非常に強い電波を発している。この電波は銀河の中心に隠されていると考えられている巨大ブラックホール天体（活動銀河核）から正反対の2方向に吹き出されたジェットが周囲の星間物質に衝突することによって発せられていて、電波を発している領域の大きさは時には銀河本体の10倍以上にも達することもある。このような電波銀河の中でも、距離が50億光年よりも遠方の電波銀河の多くで輝線や紫外光の形がジェットの方向に伸びる「整列効果」と呼ばれる特異な現象が見ついている。この現象は中心に隠された活動銀河核によって引き起こされていると考えられているが、詳しいことは現在までのところ良く分かっていない。中心に隠された活動銀河核からジェットの方向に強力な紫外光が漏れ出し、それがダストに散乱されているとか、その紫外光によって周囲のガスが励起されて光っているとか、さらにはジェットの通過によって周辺のガスが圧縮され、爆発的に星生成を起こして光っている、などいくつかの仮説が提出されている。我々は遠方の電波銀河の整列効果を調べるために、すばる望遠鏡の試験観測期に近赤外カメラ CISCO を用いて近赤外線のカ'バンド (2.13 μm) 広帯域フィルタと2.25 μm 狭帯域フィルタの2バンドで100億光年彼方の電波銀河 B3 0731 + 438 の撮像観測を行った。宇宙膨張による赤方偏移のために、広帯域フィルタはこの銀河の静止波長で6000オングストロームの連続光を、狭帯域フィルタは水素原子のバルマー輝線 (H α :6563オングストローム) を見ていることになる。

この結果、長さが20万光年にも広がった巨大な水素輝線雲を検出することに初めて成功した。グラビア写真からも分かるように、この輝線雲は銀河の中心から電波ジェットの両方向に二股に伸びたフォークのような特異な形状をしている。こ

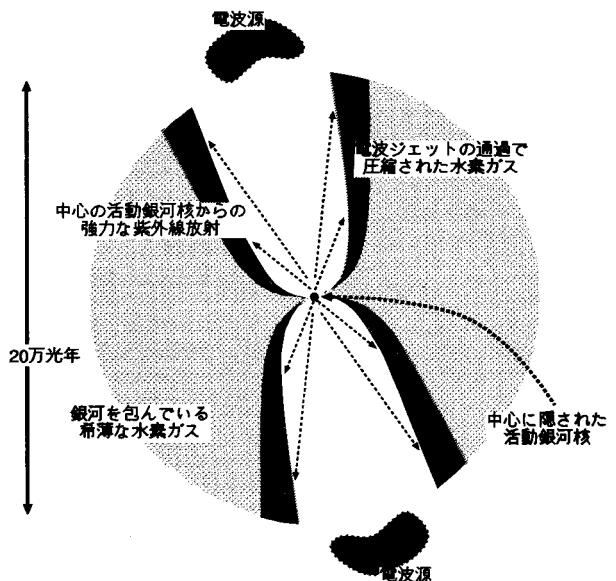


図1 : B3 0731 + 438 の水素輝線コーンの模式図

の形状は隠された活動銀河核からの紫外光によって、電波ジェットの通過でコーン状に掃き寄せられた水素原子雲が電離されてその再結合線を見ているものと考えられている。(図1)(グラビア図8)

また、この輝線雲を電離するために中心の活動銀河核が放射している水素電離光子(波長912オングストローム以下の光子)の数は1057個/秒程度と推測された。これはもっとも強力なクエーサーにも匹敵する量である。このような水素バルマー輝線の巨大なコーン構造やそれから示唆される強力な活動銀河核の存在は、電波銀河もクエーサーも本質的には巨大ブラックホールを中心に持つ同じ天体で、それを見る方向が違うために違う天体のように見えているとする活動銀河核の統一モデルを強力に支持する結果であるといえるだろう。

本原 顕太郎 (京都大学理学部), 他

参考文献

- 1) K Motohara, et al., 2000, PASJ 52, 33

すばる望遠鏡による赤方偏移 1.21 の 電波銀河 3C 324 の近赤外線高分解能撮像観測

電波銀河のような活動銀河核(AGN)と銀河構造形成の関係を調べる上で、母銀河の観測は最も直接的な手段である。母銀河の観測にはやっかいな中心核光が、ダストによる吸収の影響で見かけ上ずっと暗くなっている電波銀河は、そのために非常に役に立つ存在だ。もっとも、可視光での観測では AGN 起源である「整列効果」(紫外線連続光などが電波ジェットの方に細長くのびて観測される現象)成分が卓越しており、高赤方偏移の電波銀河(母銀河)を観測するためには、「整列効果」に邪魔されない近赤外線での観測が重要である。同時に、近赤外線画像からも「整列効果」成分を分離して、母銀河そのものの形態・色・光度を求めるとともに、未だ謎の多い「整列効果」の起源にも迫るためには、非常に高空間分解能の観測が必要である。

我々のデータは、望遠鏡調整期間中の 1999 年 4 月 2 日、CISCO を用いて、明け方の約 1 時間弱程度の観測で得られたものである。この夜、星像はすばらしくシャープで、夜半には 20 秒積分で 0.3 秒角(半値幅)を切っていた。最終的にこの論文で用いたデータの正味の積分時間は 800 秒、最終合成画像の星像サイズは 0.37 秒角であった。図は、すばる望遠鏡 + CISCO による K' バンド画像、と HST WFPC2 による F702W バンド(R バンドに近い)画像とを比較したものである(図左、中)。可視光

ではぶつぶつした、細長い構造(電波ジェットの方向にはほぼ一致する・・整列効果である)しか見えないが、近赤外線で見ると、非常に対称的な形をした、楕円形の天体であることがくっきりと見て取れる。

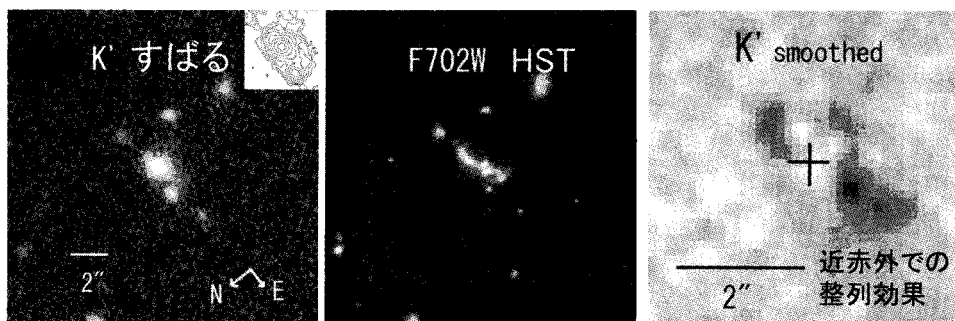
解析の結果、銀河本体からの近赤外光はドボークルール則でよく近似されること、銀河本体は非常に赤く、形成されて十分な時間を経た古い星の系からなっていること、AGN は楕円銀河の中心核に相当し、その場所はダストにより強い吸収をうけて隠されていること、などが非常に明確に示された。この母銀河は、系全体としては十分に発達した楕円銀河であるにもかかわらず、そこにはまとまった量のダストが共存していることから、古い銀河になんらかの突発的・後天的な現象が起こって AGN 現象が発現していることが強く示唆された。

一方、「整列効果」についても重要な発見があった。一番右のパネルは、我々の近赤外線画像においても「整列効果」の成分が、非常にはっきりと検出されたことを示している。このデータから「整列効果」成分の色についても議論し、その起源は、散乱光や若い星のみでは説明は困難で、電離ガスからの熱放射の寄与が重要であることを明らかにすることができた。

山田 亨(東北大理)、他

参考文献

- 1) T Yamada., et al. 2000, PASJ 52, 43



図左：すばる望遠鏡及び CISCO による K' バンド画像。白抜きは等輝度分布。図中：HST WFPC2 による F702W バンド画像。図右：K' バンド画像から、対称な銀河成分を差し引いたもの。整列効果が見える。

すばる望遠鏡による赤方偏移 1.2 の 3C 324 銀河団の 近赤外光度分布の観測

すばる望遠鏡、及びCISCOを用いて、赤方偏移が $z = 1.2$ の 3C 324 銀河団領域の近赤外撮像観測を行ない、この銀河団の銀河の近赤外光度分布を調べました。銀河の近赤外光度はその銀河をなす星の質量をよく反映するので、銀河団の銀河の近赤外光度分布を昔に遡って観測して現在の銀河団のものと比較することで、銀河団の中の銀河の質量がどのように成長してきたかを調べることができると期待されます。しかし、これまでに近赤外光度分布が調べられてきたのは、赤方偏移が1より小さい銀河団までに限られていました。今回、すばる望遠鏡の大集光力によって1時間足らずの積分時間で、赤方偏移が1.2という非常に遠方の、まだ宇宙が現在の年齢の3分の1であった頃の銀河団の銀河について調べることができました。

このすばる望遠鏡で観測されたイメージから、赤方偏移 1.2 の 3C 324 銀河団の銀河による表面数密度超過の K バンド光度分布を求めた結果を図1に青丸で示しました。これを見ると、 $K = 19$ から明るい側に向かって徐々に銀河の数密度が減少するのに対し、 $K = 20$ より暗いところで他の銀河団では見られないような急な減少が見られます ($K = 20.5, 21$ では負の値になっています)。明るい方でのゆるやかな減少は、Schechter 関数で表されるような指数関数的な減少を示していて、図1の実線は $K = 20$ より明るいデータを使って実際にこの関数をフィットした結果です。この関数を特徴づける、分布の折れ曲がりの光度である K^* は約 18.4 等級と求まりました。これをより近くの銀河団で同様に得られた K^* と比べて、銀河団の銀河の光度分布の進化を見たのが図2です。この図を見ると、丸で表された今回の赤方偏移 1.2 の銀河団の結果は、より近くの銀河団から予想される値 (点線) とおおよそ一致していることがわかります。

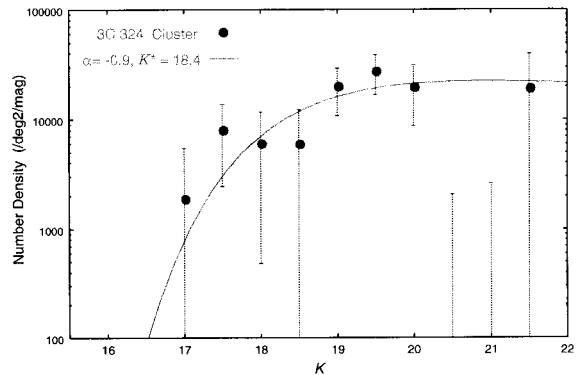


図1：Kバンド光度分布

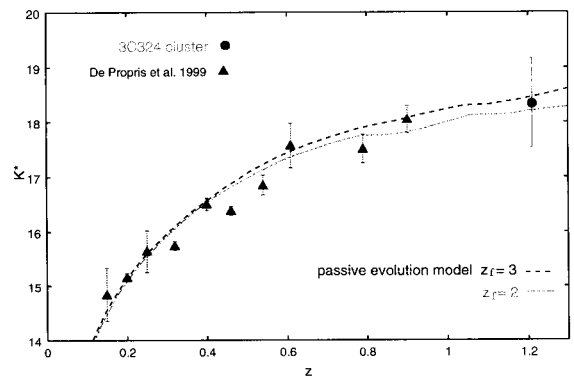


図2： K^* vs 赤方偏移

赤方偏移 1.2 の銀河団銀河が近傍に比べまだ質量が小さい場合には、予想される値よりも全体的に暗く見えるであろうと考えられるので、図2の結果から、 $z = 1.2$ から現在まで銀河団の明るめの銀河の質量はあまり成長しておらず、これらの銀河はさらに昔の時代にできあがったと推測されます。

鍛冶澤 賢 (東北天文学教室), 他

参考文献

- 1) M Kajisawa, et al., 2000, PASJ 52,53

赤方偏移 1.2 の 3C 324 銀河団の色等級関係

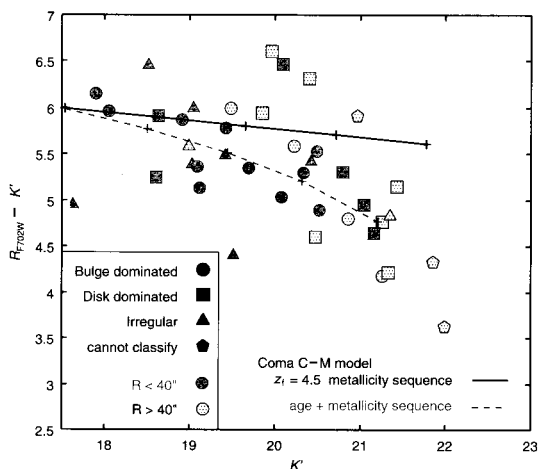


図 1 : $R_{F702W}-K'$ vs K' 色等級図

すばる望遠鏡、及び CISCO による近赤外撮像観測と HST アーカイブデータを使って赤方偏移が $z = 1.2$ の 3C 324 銀河団領域の銀河の色分布、及び色等級関係について調べました。

近傍、中間赤方偏移の銀河団では、比較的数が多い早期型銀河は色等級図上でばらつきの小さい系列をなすことが知られています。又、その色等級関係の傾きは小さく、各銀河団ごとでほとんど違いは見られず、近傍から中間赤方偏移までわずかな進化のみを示しています。これらから、銀河団の早期型銀河は大部分の星を赤方偏移が $z > 1-2$ の昔に形成したのではないかと考えられていますが、実際に赤方偏移が 1 を越えるような銀河団の銀河を調べることで、このような銀河の星形成史についてより詳しい情報が得られると期待されます。

今回観測した赤方偏移 1.2 の 3C 324 銀河団の領域の銀河に対する $R_{F702W} - K'$ vs K' の色等級図が図 1 です。各シンボルの形は、定量的な形態分類の結果を示していて、丸が早期型銀河に対応するバルジが支配的な銀河で、四角がディスクが支配的な銀河、三角がイレギュラーな銀河をそれぞれ表

しています。

図を見ると、バルジが支配的な銀河だけを見ても近傍、中間赤方偏移の銀河団とは対照的に各銀河の色がかなりばらついていることが分かります。このことから、同じバルジが支配的な銀河の間でも星形成史に違いがあることが推測されます。又、図の実線は近傍、中間赤方偏移の銀河団の観測から予測される $z = 1.2$ での年齢一定の金属量系列の色等級関係のモデルを示していますが、明るい方ではこの予測と合う色を持った銀河が複数ありますが、 $K' = 20$ より暗い範囲では予測されるような赤い色を持った銀河はほとんどいません。

ところが、 $K' = 20$ より暗い範囲には、それよりも少し青めの $R_{F702W}-K' \sim 5$ のバルジが支配的な銀河なら複数存在しています。全体的に見ると、バルジが支配的な銀河は、 $R_{F702W}-K'$ で 1 等級程度のばらつきを持った、実線で示されている近傍、中間赤方偏移の銀河団の色等級関係から予測される年齢一定のモデルよりも、かなり傾きの大きい系列を成していることが分かります。このように傾きの大きい色等級関係は、今まで他の銀河団では観測されたことがなく、今回、赤方偏移が 1.2 の 3C 324 銀河団で初めて見られた傾向です。

又、図の中の点線は、金属量系列に、1 等級暗くなるにつれ 0.5Gyr 年齢が若くなるような年齢の系列を加えた色等級関係モデルを表していますが、これがおおよそバルジが支配的な銀河の全体的な系列と一致していることから、 K' バンドで暗い銀河ほど若いという傾向があるのではないかと推測されます。

鍛冶澤 賢 (東北大学天文学教室), 他

参考文献

- 1) M Kajisawa, et al., 2000, PASJ 52,61

ハッブルディープフィールド中の赤外線輝線銀河

1999年2月23, 25, 27日に、試験観測中のすばる望遠鏡と赤外線カメラ (CISCO) を用いてハッブルディープフィールド中の近赤外輝線天体の探査を行なった。この天域は、ハッブル宇宙望遠鏡で最も深く観測されたことから、可視光での分光観測や近赤外～電波での深い撮像観測がこれまでに行なわれており、数多くの天体のカラーと赤方偏移が調べられている。今回の観測では、Fernández-Soto らのカタログ²⁾から水素 ($H\alpha$) や酸素 ([OIII]) 等の強い輝線が赤方偏移により近赤外線のどの部分に来るかを予想し、CISCO に搭載されている狭帯域フィルターの中から最も多くの輝線天体が期待される $2.12 \mu\text{m}$ フィルターを用いて輝線天体の頻度とそれぞれの輝線強度を調べる事を目標とした。

観測は上記 $2.12 \mu\text{m}$ 狭帯域フィルターで2.6時間、 $2.13 \mu\text{m}$ 波長帯の広帯域フィルター (K'-band) で1.5時間分の露出を行なうことができ、大気の状態が不安定ながらも平均的には $0.6''$ 前後の星像サイズであった。解析後のイメージを図1と図2に示す。狭帯域/広帯域の強度比を調べることで、視野内の輝線天体を探したところ、4天体を検出することができた。それらは、いずれも

事前に調査したカタログにより強い輝線が期待される候補天体で、98億光年の距離にあるA, B (図参照) からは水素の輝線が、107億光年の距離にあるD, Eからは強い酸素の輝線が検出された。CはA, Bとほぼ同じ距離にある天体だが、既に星生成活動を終了しているためか、水素の輝線は検出されなかった。

この観測の結果、100億光年彼方の宇宙では活発な星生成を行なっている銀河が多くある一方、この段階で既に星生成を終了している銀河があること、また、酸素の輝線の強度は近傍の星生成中の銀河に比べて5倍程度強く、活動のタイプが近傍のものとは異なっている (活動的銀河核を伴うか、極端に重元素が少ない) 可能性が高いことがわかった。

岩室 史英 (京都大学理学部
物理学第二教室宇宙線研究室), 他

参考文献

- 1) F Iwamuro, et al., 2000, PASJ 52,73
- 2) Fernández-Soto A, Lanzetta K M, Yahil A, 1999, ApJ 513, 34
(<http://bat.phys.unsw.edu.au/~fsoto/hdfcat.html>)

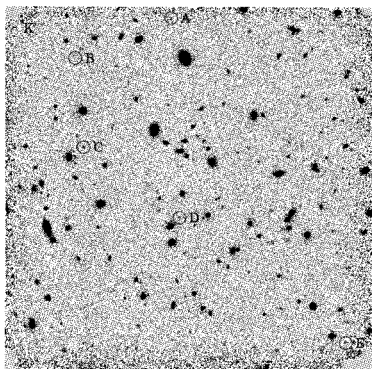


図1: ハッブルディープフィールドの $2.13 \mu\text{m}$ 広帯域フィルターによるイメージ。A-Eは図2で示される狭帯域フィルターに赤方偏移した水素又は酸素の輝線が入ってくる天体。

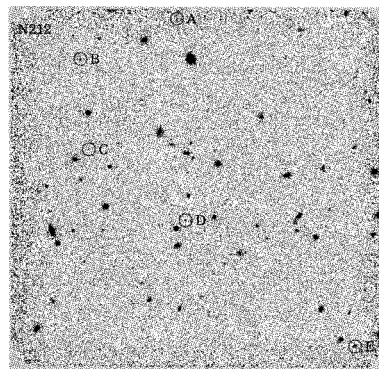


図2: ハッブルディープフィールドの $2.12 \mu\text{m}$ 狭帯域フィルターによるイメージ。A, Bからは水素の輝線が、D, Eからは酸素の強い輝線が検出された。

原始星 L 1551 IRS 5 から吹き出る 2 本のジェット

L 1551 IRS 5 は、近傍の低質量形成領域「おうし座分子雲」に存在する、有名な若い天体である。ながらく、太陽程度の質量を持った天体の典型的な例として認識されてきたが、可視光の観測では、中心天体から 10 秒(1400AU)以内に 2 本のノットの列らしい構造が見られており、その原因は不明であった。一つのジェットが歳差運動をしている、または一つのジェットの壁が光っていると一般には思われてきた。ところが、1998 年の VLA の観測により、中心星が 40 天文単位程度のセパレーションを持つ、0.5 太陽質量程度の連星であることが分かった。さらに、同年の HST の可視観測では 2 本のジェットが分解して見えており、ジェットは中心の連星からそれぞれ 1 本ずつ出ているのだろうと現在では考えられている。私たちは、すばるのファーストライトにあたり、なにはともあれ、この有名な L 1551 に望遠鏡を向けてみた。撮像観測は、近赤外カメラ CISCO を用いて行った。

図 1 は J バンドの等高線図である。中心星は星周構造に深く覆われているため、観測波長では見ることはできないが、中心星近くの反射星雲、西へ出ている 2 本のジェット、北のジェットが星間物質にぶつかって出来ているショック構造(中心天体から約 10 秒の部分)が見て取れる。ここで注目したいのは、ジェットは直線的ではなく「節」があり、くねくね曲がっているように見えることである。ジェットの方向は南北両方のジェットで、それぞれ 2 回かわっている。その後、同じ観測装置で、J バンドと H バンドの分光をジェットの数カ所で行った結果、ジェットは鉄 ([FeII]) の輝線で光っていることがわかった。

ジェットはどうして曲がっているのか? 最も簡単な説明は、「ジェットは直線だが、視線方向の星間吸収量にむらがあって、我々には曲がって見える」という説明である。ところが星間吸収量は鉄の輝線の強度比から求めることができ、中

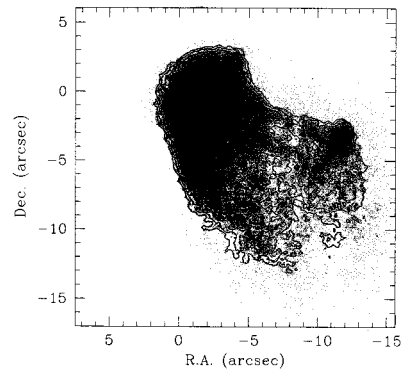


図 1: J バンドの等高線図(ログスケール). 黒い三角は L 1551 IRS 5 の位置.

心天体付近では可視減光量が 20 等程度と大きいですが、1 秒 (140 天文単位) から外側ではほぼ 7 等で一定であることが分かった。つまり星間吸収によってジェットが曲がって見えるという説明はできない。次に考えられるのは中心の連星の公転運動によってジェットが歳差運動をおこしているからだ、という説明である。中心天体の公転周期は 250 年程度と考えられる。ジェットのスピードを 300km/s とすると、10 秒 (140 天文単位) の大きさを持つジェットは約 30 年でできあがる計算になる。つまり公転周期の 1/8 の時間で「節」が 2 つも出来ることが必要で、公転周期だけではジェットの形状は説明できない。では他に原因が考えられるであろうか? 私たちが現在考えているのは磁場の影響である。ジェットにある「節」は、磁場の力とジェットの力学的な力が等しくなる点とは考えられないであろうか? もしくは曲がった磁場に沿ってジェットが吹き出しているとは考えられないであろうか? これらの仮説は、今後すばる望遠鏡を使って解明していく課題だと考えている。

伊藤 洋一 (すばる観測所), 他

参考文献

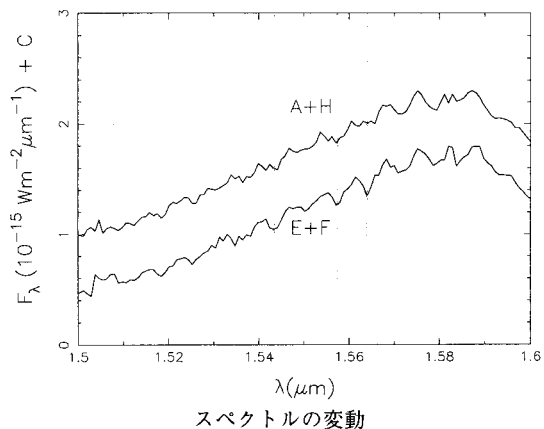
- 1) Y Itoh, et al., 2000, PASJ 52, 81

冷たい褐色矮星 SDSS 1624+00 の近赤外分光観測

褐色矮星とは、質量の点で、恒星と木星型惑星の中間的存在である。褐色矮星は最初収縮するが、中心温度が水素の定常的核融合をおこすに至る前に中心核が金属化して、収縮がとまる。その後木星程度の半径を保ちながら、ただただ冷えて行く。暖かい褐色矮星（二千度くらい）の大気の中には塵ができてスペクトルが黒体輻射に近くなる。もっと冷えて、低温度（千度くらい）になると、大気中でもっと塵が成長するはずだが、一見すると褐色矮星の大気は晴れ渡っていて、水蒸気とメタンがスペクトルをきめている。地球大気のように雲が発達する環境条件がそろっていて、雨さえ降ってもおかしくないと考えられているのだが、その兆候は誰もとらえていない。褐色矮星の大気には、地球のようにお天気があって、我々は、雲間をみているのであろうか。我々に褐色矮星の気象を観測できる方法があるのだろうか。

地球を遠方から観測したらどうだろう。地球を空間分解できないので、晴れ間と雲からの反射光をたしあわせたものをほぼ24時間周期をもった形で観測するのだろうか。しかし広帯域フィルターで白色光を観測しても、24時間周期をだすのは、難しそうである。雲ができたり消えたりをみるなら水蒸気のスペクトルだろうか。ただ褐色矮星の雲は、必ずしも水蒸気によるとは考えられていない。上層の大気という点では、メタンが有力ではあるが雲に関係するかは判らない。いずれにしても広い波長領域のスペクトルの変動をみるのが出発点ではないだろうか。

スペクトルの時間変動をみるには、短時間で十分な質のスペクトルをとる必要がある。そのためには、望遠鏡の集光力が不可欠である。過去に褐色矮星 SDSS 1624+00 は、3.8 m の英国赤外線望遠鏡で2時間かけて観測されているが、すばるなら10分で、時間変動をみられるだけのスペクトルがとれる。これで、最大の難関がクリアされた。



さて、得られたスペクトルは地球大気の透過率が水蒸気量と共に変動するためそのままでは使えない。そこで、近傍の比較的明るい星を同時観測して、透過率をモニターすることにした。こうして、80分間、波長1.05ミクロンから1.8ミクロンの間で、連続観測がなされた。その結果、わずかながら変動らしいものがみつかった。図は、観測の始めと終りの平均(A+H)と観測の半ば頃(E+F)のスペクトルを1.5ミクロンと1.6ミクロンのあいだだけ拡大して比べたものである。スペクトルの変動部分は水蒸気のように見える。比較星の温度は5000度くらいで、水蒸気があるとは考えられないので、褐色矮星の変動か地球大気の変動がうまく割りきれなかったかどちらかである。ただし、変動の大きく見える波長(青線3本)は地球大気の透過率が良いところなので、褐色矮星の変動と考えたい。

こうして、スペクトルの変動の兆候がみつかった。タイムスケールは1時間程度と、木星の自転周期6時間に比べても短い。これの意味するところは、現段階では、判らない。また水蒸気という同定も確かではない。褐色矮星気象学は、まだ始まったばかりである。

中島 紀 (国立天文台), 他

参考文献

- 1) T Nakajima, et al., 2000, PASJ 52, 87

すばる望遠鏡によるリング状星雲の高分解能撮像観測

我々はすばる望遠鏡のカセグレン焦点に主焦点広視野 CCD カメラ (Suprime-Cam) を取り付け、 $H\alpha$ 、V、B バンドでリング状星雲 (M57) の観測を行った。Suprime-Cam は本来主焦点に取り付けられるカメラであるが、ファーストライト期には望遠鏡の試験調整のためカセグレン焦点に取り付けられた。この観測の結果、リング状星雲について今まで地上望遠鏡で撮像されたどの画像よりも鮮明な高分解能画像を得ることに成功した。特に $H\alpha$ バンド画像では今までになく詳細に内側ハロー、外側ハローの微細構造を写し出すことができた。また、最大エントロピー法によって鮮明化された $H\alpha$ 、V、B バンド画像に基づく三色合成画像を見ると、主リングの微細な構造やリングの中をほぼ長軸方向に伸びる淡い帯状構造などがハッブル宇宙望遠鏡の画像に匹敵する高い分解能で見えてとれる。

$H\alpha$ バンド画像より、主リングのすぐ外側、つまり内側ハローのもっとも内側には表面輝度が内側ハローの中の他の部分よりも少し高い領域があるらしいことが新たに分かった。この部分にも、ループやノットで構成される「いが」状のフィラメント構造が見られる。

外側ハローにも内側ハローと同様に表面輝度の高い部分にノット状の構造が見られるが、内側ハローのものに比べて暗い。ノットの典型的な大きさは二つのハローで明らかに異なり、 $H\alpha$ バンド画像で測るとその大きさのメジアンは、内側ハローでは 1.2 秒 (0.0043 パーセク)、外側ハローでは 3.2 秒 (0.021 パーセク) である。ノットの大きさの違いが熱拡散過程の経過時間の違いだとして、対応するノットの寿命 (ノットの大きさを熱速度で割ったもの) を計算すると、それぞれ 400 年、1200 年となった。

今回鮮明な画像により明らかになったリング状星雲の特徴は、Guerrero ら²⁾によって提唱されている統一モデルを支持するが、新たに見いだされた「いが」構造などはモデルにさらなる修正を促すと考えられる。

小宮山 裕 (東京大学天文学教室), 他

参考文献

- 1) Y Komiyama, et al., 2000, PASJ 52, 93
- 2) Guerrero, M. A., Manchado, A., & Chu, Y.-H. 1997, ApJ, 487, 328

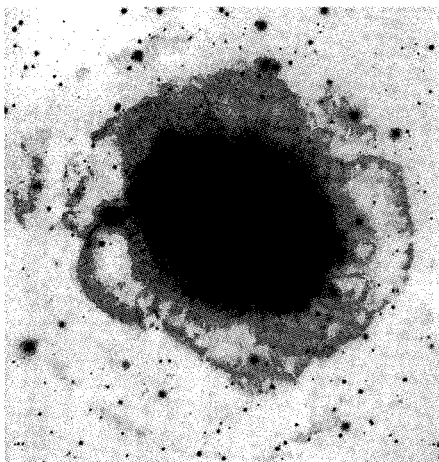


図1 (=グラビア図1) :

明るいリングを犠牲にして、淡いハローの構造がよく見えるように表示した $H\alpha$ バンド画像。

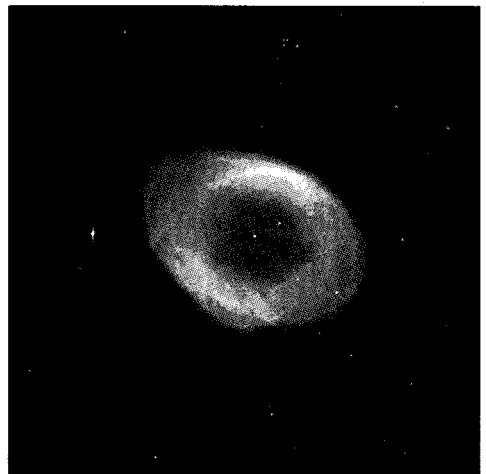


図2 (=グラビア図2) :

$H\alpha$ 、B、V バンド画像に最大エントロピー法処理を施した後、合成してカラー表示した画像。