

赤外線天文学の最近の話題

舞原俊憲*

赤外線天文学をやっていると、赤外線波長域(普通 1~1000 μm)で行われる観測のすべてを整理して一応知識として持っているかのように思われるかも知れないが、今やそんなことはとても出来なくなってきたというのが正直なところだ。例えば5年前なら、赤外線とか遠赤外線と名のつく論文は大部分目を通せられたと思う。どんな天体を観測をしたのかという対象にはそれほどこだわらずにファイルやカードに整理する努力もいとわなかった。今だと観測対象や技術についての個人的なフィルターをかけて目にとまるものを、目次のタイトルの所に赤印をつける程度となった。というわけで最近の赤外観測といっても相当に偏ったテーマに限定した話にならざるを得ない点は御許し戴きたい。

1. はじめに——IRAS のインパクト

1月25日(1983)に赤外線天文衛星 IRAS がデルタ型ロケットで高度 900km の極軌道に打上げられている。IRAS は、オランダ、イギリス、アメリカが共同開発した赤外線源の全天サーベイを主目的とする衛星で、打上げ前のトラブル続きとはうって代って、上ってからはほぼ完璧な観測を続けている。望遠鏡自体と検出器を冷却している約 470 l の液体ヘリウムの消費量も予想より大幅に減って、ほとんど丸一年間の寿命になった。IRAS の主要任務は、12, 24, 600, 100 μm の4波長における全天サーベイで、出来るだけ暗い赤外線天体まで見落しなく発見してカタログを作成することである。図2に示される検出器のアレイで効率よくサーベイ観測が行われている

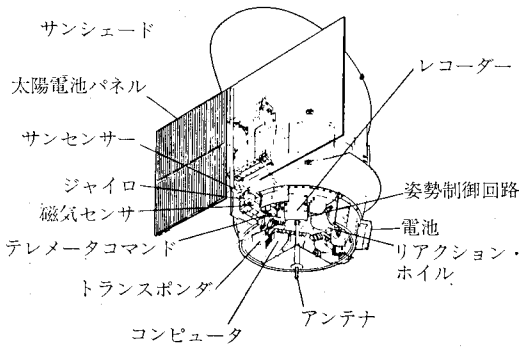


図1 IRAS 衛星の構成図

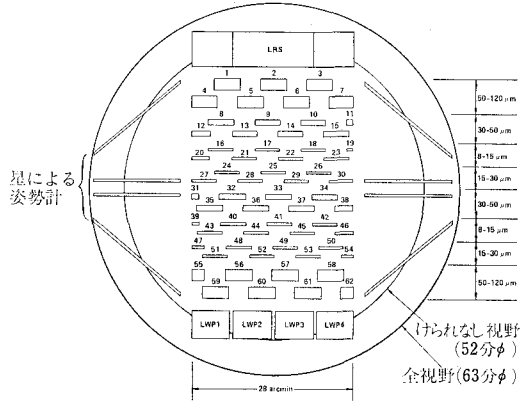


図2 IRAS 衛星の焦点部構成。番号1から62は、サーベイ用の赤外線検出器の配列、LRSは低分散分光器(7.5-24 μm)、LWP1~4は長波長測光バンド(120~300 μm)を表わす。

るが各々の検出器の視野角は数分程度であり、解像力はそれほど良いものではないが、拡がりをもつ天体、特に系外銀河等の表面輝度分布等もかなり詳しく測られるのは勿論である。

1月31日(1983)に望遠鏡の蓋を開けて以来、最初にスキャンして得られた銀河面を横切るプロフィールや、大マゼラン星雲中の暗黒星雲の4波長カラーマップ等が早々に発表されたが、その後も comet の発見やアンドロメダ銀河の観測、更には琴座のベガに惑星系の出来かけしていると想像される固体粒子雲を見つけたりして、パイアスのかからぬ(特別な選択の規準のない)この衛星の特色を自然に出しながら大変な発見をして行っているという印象が強い。最後のベガの原始惑星系については、具体的な観測の数値がはっきりしないが、発表されたように 150K 前後の温度に対応する固体粒子雲が約 100 AU のオーダーの拡がりをもって分布しているとする、10 μm 帯では十分地上の赤外線望遠鏡で 10 秒角以上の拡がりとして検出できるはずで、その結果が期待される。

このように IRAS は天体物理学の広い分野に対して非常に大きなインパクトを与えるデータを、ほぼ一年間に亘って昼夜の関係なく集めつつあるわけで、その膨大なデータの集積は大変なものとなるだろう。この衛星に注ぎ込まれたお金(=160 億円?)に十分見合うアウトプットが得られるだろうと言ってよさそうだ。しかし、IRAS の各波長帯の角度分解能はせいぜい 1 分のオーダーであ

* 京大理 Toshinori Maihara: Recent Topics in Infrared Astronomy

り、又波長分布の情報も 10 から 100 μm の大まかな波長強度分布 (エネルギー、スペクトル) が求められるだけで、その天体の具体的な構造やその中で起っている色々な機構についての情報が得られるわけではないので、地上望遠鏡や飛行機・気球等を使った高い角度分解能の観測や高分散分光観測が今後は大きな役割を果たすことになる。その意味で、ハワイの 3m クラスの赤外線望遠鏡は、IRAS の打上げに合わせて建設されたと思ってよいだろう。IRAS は当初は、1979 年を目標に計画が進められており、シャトルの時代を迎える前にひと仕事するはずだった。現実には、シャトルを使った赤外観測の本格的幕あけはせいぜい 1990 年の前後の情勢なので、IRAS ミッションの若干の遅れは全くその価値に影響はない。一方、地上赤外線望遠鏡の役割は、IRAS のすべてのデータが公表された時 (ミッション終了後 18 カ月以内にカタログが公表されると言われている)、非常に多くの仕事を背負い込むことは確かだ、そのタイミングにピッタリ合わせられないまでも、IRAS オブジェクトの物理的解明を有効に行える赤外線望遠鏡の建設が日本にとっても大変重要である。

2. 銀河中心のクローズアップ

活動的系外銀河と我々の銀河中心核とは類似している点が少ない。特に赤外領域の特徴には、集中した星の密度分布を示す中心部の近赤外線源、比較的暖かいダスト (星間塵) の中間赤外域の輻射、それに銀河中心のまわりの電離領域や分子雲などと共存している低温ダストの遠赤外域の輻射が一般に見られ、銀河中心や活動銀河の中心領域のアクティビティと何らかの関連をもつ現象である可能性がある。とはいえ、アクティビティという言葉自体比較的あいまいな意味あいのものであるが、例えば強い電波の連続波が観測されたり、セイファート銀河のように紫外・可視から赤外にかけて非常に明るい中心核をもつ銀河のもつ特性が典型的なものであろう。我々の銀河の中心もそのような活動的銀河の中心部と似ている面があるとすると、何か共通の基本的な要素があるはずである。ここでは我々が気球を使って行った銀河中心領域の近赤外のマッピング観測から示唆される銀河から離れた分子雲と関連づけるために、多少はめをはずして我々の銀河中心の構造の大たんな推測をしてみよう。

一般に活動的な銀河は、セイファート銀河等も大部分はそうであるが、中心領域に光学的に非対称的な構造をもつようである。通常棒状銀河と呼ばれている銀河の内部と同様か又は長円形の構造がそれで、単純な回転楕円体とは異なるのが特徴である。このような非対称な、少くとも軸対称でない構造の星の系の回転運動は、銀河中心

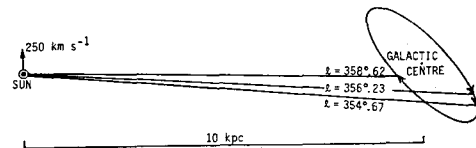


図3 銀河中心の近傍の高速 H II 領域の長円回転軌道モデル (カズウェルとヘインズ (1982) による)。

部でのガスの運動には非常に大きな影響を与える。特に棒状構造によりガスは効率よく中心方向にかき集められ、そのガスから新しい星の生成も起りうるはずである。

我々の銀河の中心部も多かれ少なかれ棒状の構造に近いのかも知れない。そのような仮設で銀河中心から 2~3 キロパーセク以内のガスの運動に見られる高速回転の成分や、見かけ上膨脹速度をもつ成分の説明も極端に円運動からずれた長円軌道との解釈が可能である。例えば図3のように棒構造によってつくられる重力場の中での非常に細長く延びた軌道を回転しているモデルも考えられている。しかもこの電離ガスの回転面はかなり銀河面とは傾いているらしい。中性水素や分子の運動の解析から、銀河面と 22 度傾いた回転円板モデルも以前に提案されている。このモデルでは円板の半径は約 1.5 キロパーセク、その中には $10^6 M_{\odot}$ もの質量の gas が含まれ回転運動に寄与していることになっている。このようにガスの回転面が銀河のディスク面と違っていく傾向は棒状銀河の内部ではもっと極端で、回転軸が銀河の全体の主軸 (ディスクの回転軸) と直交している場合もある。我々の銀河の中心領域の星の系がある程度棒状の変形をした形のものだとすると、1.5 キロパーセクよりも内部ではもっと傾いた回転するガスの円板カリングがあってもおかしくないであろう。

タウンズのグループは 10 μm の領域のファブリ・ペローを使った分光観測装置で、ネオンの電離ガスの輝線を測って、銀河中心の特異なガス回転を検出している。回転面は銀河面と 60° 以上傾いているようだが、ただこの電離ガスの観測は中心の 1 パーセク以内の本当に真中の小さな領域であるので、前述の銀河中心のグローバルな話と結びつけるのは早計かも知れない。1.5 キロパーセクのディスクよりも内部の構造を見るという意味でもう少し中間的なスケールの情報が必要である。

3. 近赤外のマップと吸収の分布

気球による銀河の赤外観測も最近では 0.5 以下のビームによる比較的細かいマッピングが出来るようになってきた。姿勢制御の精度はフライホイールを使って 1 分角以下の安定性が得られ、我々の銀河中心領域のグローバルでかつ比較的細かい特徴もつかむことができる。

図4はその1例で、2.4 μm の波長における 0.4 の視

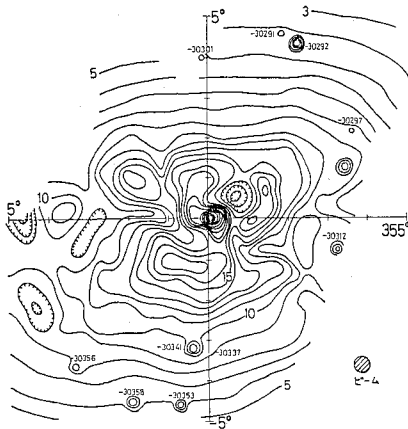


図4 銀河中心の $10^\circ \times 10^\circ$ 領域の $2.4 \mu\text{m}$ マップ. (Hiromoto 達 (1983) による). 等高線は $10^{-10} \text{ W cm}^{-2} \mu\text{m}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ の単位, 点源の数字は 2 ミクロンサーベイのカタログの星である.

野で見た銀河中心部の輝度分布図である。 $2.4 \mu\text{m}$ では可視に比べて星間吸収は非常に小さくなるが、それでもマップに見られるように強い吸収の特徴が現れている。従って近赤外では中心部まで透けて見えるという利点があると同時に、遠くの吸収物質分布も発見することができる。図5 (=表紙) は銀河のディスクでの吸収を補正し、銀河中心に近い領域の吸収成分だけを取り出してみたものである。図4ではそれほど顕著でなかったダスト雲1, 2が図5ではコントラストよく見えてくる。銀河中心をはさんで対称的位置にあるダスト雲2と3は、傾斜角 45° のダストを含む分子ガスリング又は円板を示唆する見え方をしていることに気づく。2つの深い吸収として現われている方向が、 45° の傾きをもつ回転リングの接線方向だと考えることができそうだからである。これまでの電波による観測では、この2つの方向はよくカバーされていないのが残念であるが、例えば CO 分子の観測等で存在の有無と回転運動についての情報は比較的簡単に調べることができよう。

赤外観測による直接的なガスの運動として、中心部分の約1パーセクの領域では、電離ネオンガスの赤外スペクトルからはほとんど銀河回転の軸と直交しているようにも見える。というわけで、我々の銀河の中心では、2キロパーセクあたりに 22° の傾きをもつ分子雲が、200パーセク付近で 45° の傾きになり、ごく中心ではほぼ 90° の傾きの回転運動になっていくという風に系統的な移りかわりの構造があるのかも知れない。

4. 赤化した銀河

銀河中心部のアクティビティは前節の話のように、星の分布の構造が棒状であるために種々の非対称なガスの

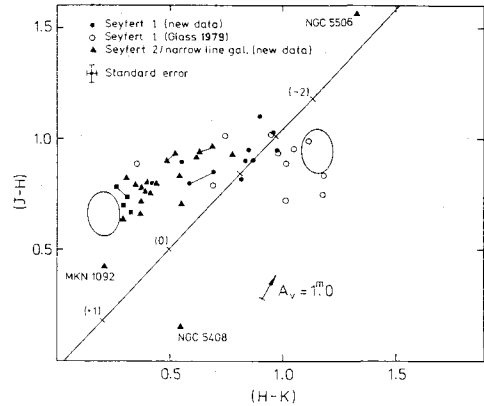


図6 セイファート銀河の $(J-H) \cdot (H-K)$ ダイアグラム. (Ward 達 (1982) による.) 左の楕円は通常の銀河のカラーを、右の楕円はキューサーのカラーを表わす。又、斜めの直線はスペクトルがべき関数形の場合作を示している。

運動を励起して起るもののほか、中心核の何らかのエネルギー源 (例えば大質量のブラックホールのようなものかも知れない) に帰因するものもある。この場合は中心における爆発的な現象にともなって、ある方向へのガス放出、又は膨脹ガス殻、そして系外銀河やキューサー等に見られるジェットのような現象として現われる。この種の活動の証拠は観測的には、非熱的なスペクトルとして赤外でも特に BL Lac 天体やキューサーで顕著に見られる。非熱的な成分はタイプ I 型のセイファート銀河でも赤外測光スペクトルに現われているのに対し、タイプ II 型のセイファート銀河では、通常の星の光の成分が卓越している。

これらの関係をよく示すのが、ワード達による AAT での赤外測光観測の結果をまとめた $(J-H) \cdot (H-K)$ ダイアグラムである。 J, H, K はそれぞれ $1.25, 1.65, 2.2 \mu\text{m}$ の近赤外測光バンドを意味する。図6の直線は非熱的放射のスペクトルを特徴づけるべき関数に相当する。この図で通常の星の集団のだけ銀河光は左側の楕円、キューサーは右側の楕円で代表することができ、タイプ I と II のセイファート銀河がそれぞれキューサーと、通常の銀河のまわりに集中することがわかる。

一方、BL Lac 天体についても同様のダイアグラム表示を行うと、これらはべき関数的なスペクトルで非常によく表わされることがわかる (図7 参照)。この表示で BL Lac とキューサーとにやや差がみられるのは、キューサーの方は、 $3 \mu\text{m}$ あたりに盛り上りをもつ成分、即ち約 1000 K のダストの熱放射成分によると思われる寄与がつけ加わっているためらしい。近赤外域のスペクトルで見ても、キューサーと BL Lac は非常に近い関係にあることがわかる。

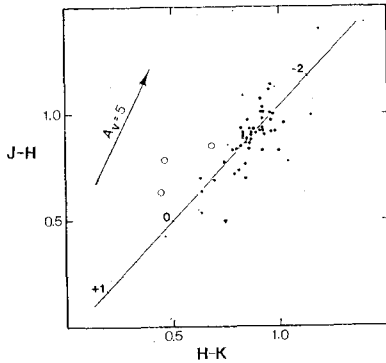


図7 BL Lac 天体の $(J-H) \cdot (H-K)$ ダイアグラム。(Allen 達 (1982) による。) べき関数形スペクトルを表わす斜めの直線によく乗っていることがわかる。

ところで、通常の銀河は赤方偏移の大きな遠方では、どの位赤いものまであるのだろうか。最近赤外線測光のレベルはかなり暗い所まで測れるようになり、光学的には同定されていないものまでも含めて、遠くの電波銀河をねらった赤外観測が、ハワイやオーストラリアの大口径の望遠鏡でなされている。それによると、多くの電波銀河は通常の銀河のエネルギー・スペクトルを単純に赤方偏移したものになっている。例えば赤方偏移 1.2 の電波銀河 3C 427.1 のスペクトルを図8に示す。Kバンドで規格化した M31 のスペクトルと比較した。M31 に比べて約2倍長い方へ波長がずれた結果、この銀河の場合、K 等級は 16.1, V では 23.5 等の明るさとなる。このような通常の銀河では、エネルギー・スペクトル自身の測定により逆に赤方偏移を推定することも可能である。

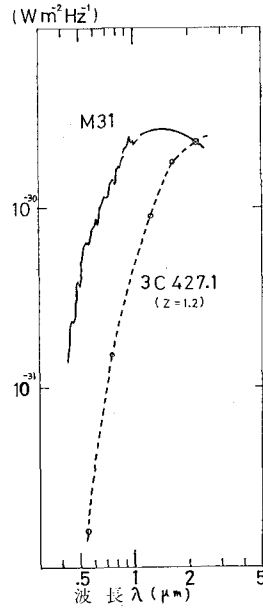


図8 大きな赤方変位を受けた電波銀河の赤外線エネルギー・スペクトル。(バシエル達 (1982) による。)

勿論その場合、銀河自身の進化の効果によりスペクトルの形が変わるとすると事柄は簡単ではなくなる。しかし赤方偏移 z が1程度まではそのような進化的な要素が、赤外線領域のスペクトル指数に現われている徴候はまだないと思われている。赤外線の特徴はよく透過すること、低温の天体を検出すること、それに最近宇宙のはてに近い遠方を見れるという特徴もつけ加わったといえよう。

お知らせ

昭和59年度朝日学術奨励金候補者募集

上記について朝日新聞社より本会あてに推薦依頼が来しています。

応募希望者は、下記要領を参照して応募票を学会庶務理事まで請求し、必要事項を記載の上、2月20日(必着)までにお送り下さい。

応募要領

1. 本奨励金の贈呈対象は、個人、グループ、団体を問いません。独創的な研究で研究費に恵まれない研究

者の応募を期待します。いくつかの学問領域にまたがる、いわゆる「学際研究」も歓迎します。

2. 対象となる研究は、継続中のものでも、これから始めるものでも結構です。また同じ研究に対して継続して贈呈する場合があります。
3. 応募は原則として学界の関係者からの推薦を望みます。
4. 奨励金の希望金額には、特に制限はありません(なお、昨年度の贈呈金額は8研究に対して合計1240万円でした)。
5. 朝日新聞社内に設けられた選定委員会が、候補研究につき学界各方面の意見をきき、選定します。