

赤外銀河光の気球観測*

早川幸男**・伊藤浩式**・松本敏雄**
野口邦男**・村上浩**・宇山喜一郎**

1. はじめに

我々の銀河の構造を調べるために、今までに種々の観測がなされてきた。ハーシェルやカプティンは、星を数える方法により銀河内の星の分布を求めることを試みた。この試みから太陽を中心とする楕円体状の星の分布が求められたが、のちに銀河内の星間空間に塵が存在することがわかり、可視光では銀河全体を見通すことができず、太陽近傍の星の分布を見ていたことがわかった。

銀河全体を見通すためには塵による吸収を受けにくい波長である電波、赤外線、 γ 線等による観測が必要になる。波長が異なるとまたその放射源も異なり、種々の波長で観測することにより銀河の異なった面での構造を明らかにすることができる。

2. 観 測

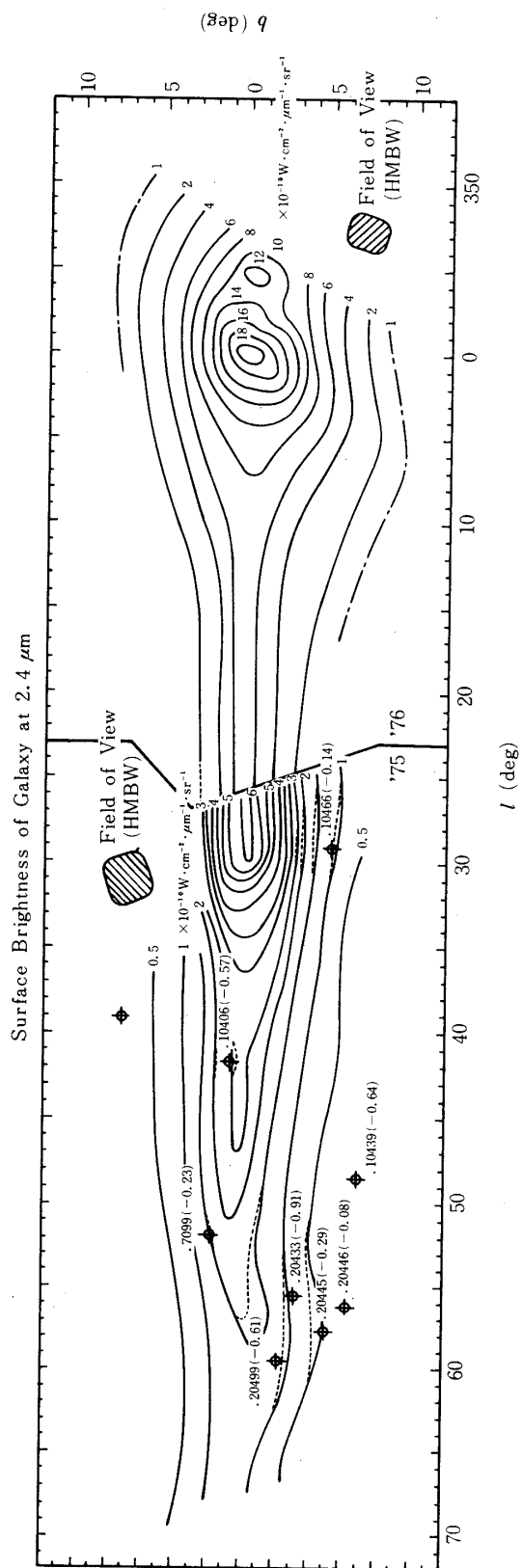
飛翔体を用いた上空での観測は地上観測にくらべ大気放射の影響が少ないという利点がある。特にロケット観測の場合この影響をまったく受けない。このため上空観測では、地上観測で不可能である銀河光のような大きく広がった天体の観測が可能である。我々名古屋大学の赤外線グループは、近赤外線による銀河光の3回の気球観測と1回のロケット観測を今までに行っている。以下にその得られた結果をまとめて記述する。

気球観測は、OH夜光の $\Delta v = 2$ と $\Delta v = 3$ の系列のバンド放射の間隙にあたる $2.4\mu\text{m}$ ($\Delta\lambda = 0.1\mu\text{m}$)の波長で行われた。これは、気球高度で広がった天体を観測する場合の近赤外域唯一の窓である。3回の観測で銀河の $l = 25^\circ \sim 65^\circ$ ('75年), $-10^\circ \sim 30^\circ$ ('76年), $10^\circ \sim 50^\circ$ ('77年), $|b| \leq 10^\circ$ の範囲の表面輝度分布が得られた (Ito et al. 1976, 1977)。これを図1, 2に示す。視野の大きさ(角分解能)はそれぞれ $3^\circ \times 3^\circ$, $2^\circ \times 2^\circ$, $1.7^\circ \times 1.7^\circ$ である。また、得られた銀河面上の l 分布を図3に3回の観測をあわせて示す。これらの図を見てわかるとおり、近赤外線で見た銀河は可視光で見る銀河と全く異なっており、つぎのような特徴をもっている。

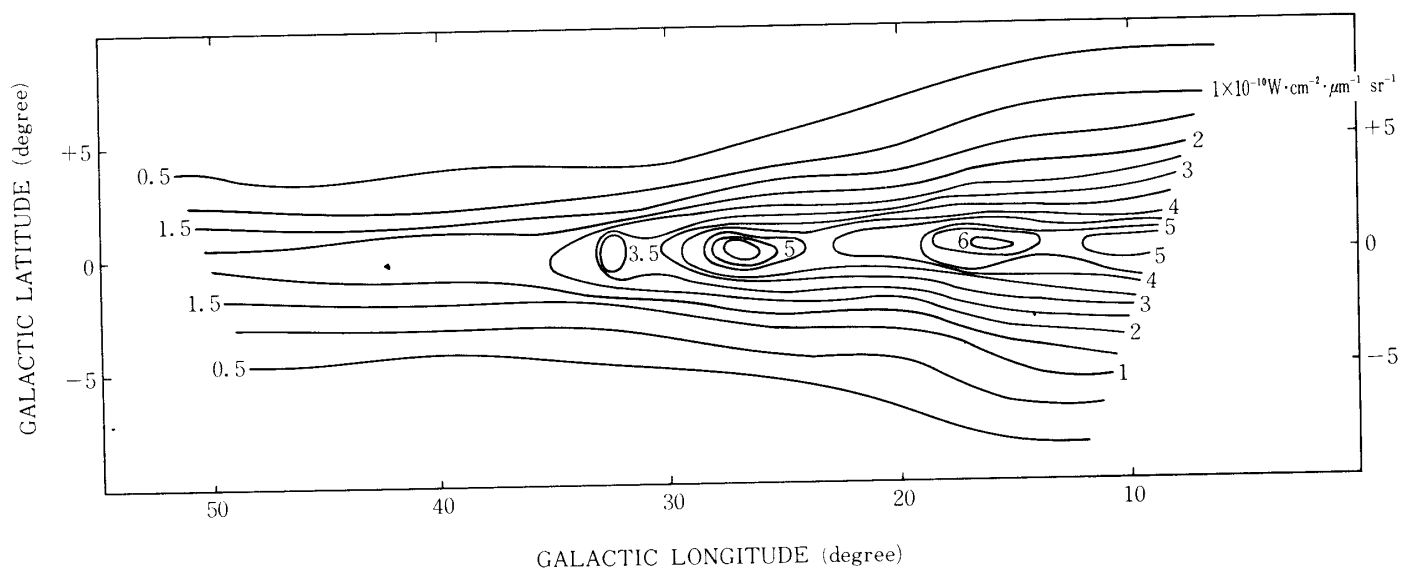
1. 銀河中心部のふくらんだ楕円状の部分 (central bulge) と銀河面に沿ってのびている円盤状の部分 (disk) の二つの部分より成る。
2. 銀経 10° から 30° にかけてほぼ平らにのびている部分があり、約 30° で肩を作っている。また 50° 附近にも肩が見られる。また、銀河面の厚みはほぼ一定で、銀経 30° から

* 宇宙研特別事業費による研究論文

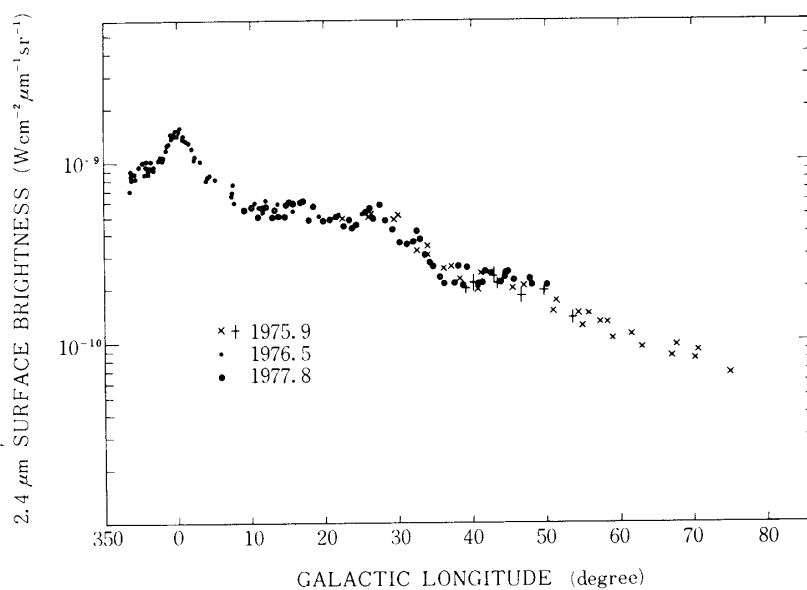
** 名古屋大学理学部



第 1 図 $2.4 \mu m$ での銀河の表面輝度分布. 左が '75 年, 右が '76 年の観測. 視野の大きさは斜線部で示されている.



第2図 '77年の観測で得られた銀河の表面輝度分布.



第3図 2.4 μmでの銀河の表面輝度の銀河面上での銀経依存性.

70°の間で約5°~6°である.

3. 銀経 10°以内の中心部 (central bulge) は軸比 1 : 2 の楕円にみえ, 中心ほど銀河面上の塵の影響で縦長になっている.
4. 銀経 355 5°附近に明るい島状の盛り上がりが存在する.

これらの特徴は銀河内での赤外線源の分布の結果であるが、いずれもかなり遠方までの赤外線源の集積より生じ、大きなスケールでの銀河構造の反映と考えられる。近赤外では $2.2 \mu m$ ですでに3等までの星の掃天が行われており、これにより近傍の星の影響ではないことがいえる。表面輝度分布を一意的に赤外線源の空間分布になおすことはできないが、観測を説明する赤外線源分布のモデルを作ることはできる。以下に我々のモデルについて円盤状部分 (disk) と中心部 (central bulge) にわけて述べる。

3. 円盤状部分 (disk)

我々は観測された円盤状部分 (disk) の表面輝度分布にあわせ、 $2.4 \mu m$ 体積輻射率分布に対するモデルを作った (Hayakawa et al. 1977)。このモデルでは円盤状部分は一つの回転楕円体成分と二つのリング成分より成る。この両成分は r と z を kpc 単位でおのこの回転楕円体成分：

$$\left. \begin{array}{l} a \geq 4 \text{ で} \\ B_s(r, z) = 5.4 \times 10^{26} \exp(-0.57 a) \quad W \cdot pc^{-3} \cdot \mu m^{-1} \\ a < 4 \text{ で} \\ B_s(r, z) = 0 \quad W \cdot pc^{-3} \cdot \mu m^{-1} \end{array} \right\} (1)$$

ただし $d^2 = r^2 + z^2 / (1 - e^2)$, $1 - e^2 = 0.035$,

リング成分：

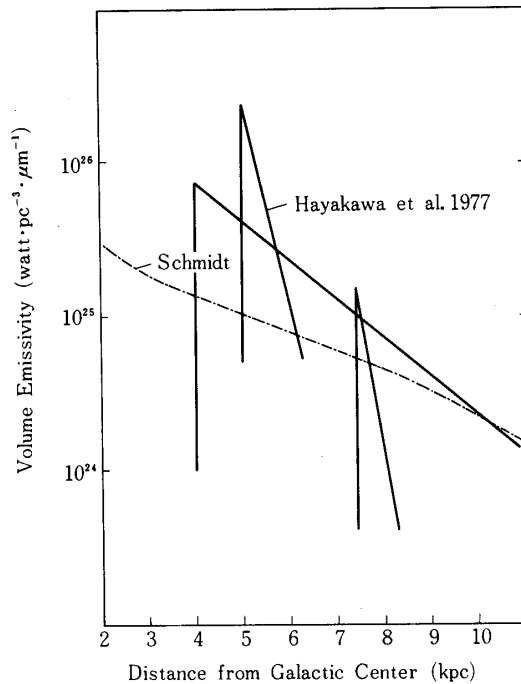
$$\left. \begin{array}{l} r \geq r_k \text{ で} \\ B_k(r, z) = B_k(r_k) \exp(-3.0(r - r_k)) \cdot \exp(-z / 0.1) \\ r < r_k \text{ で } B_k(r, z) = 0 \\ B_1(r_1 = 5) = 1.4 \times 10^{26} \quad W \cdot pc^{-3} \cdot \mu m^{-1} \\ B_2(r_2 = 7.4) = 9.3 \times 10^{24} \quad W \cdot pc^{-3} \cdot \mu m^{-1} \end{array} \right\} (2)$$

と表わされる。図4にモデルの銀河面上での銀河中心からの距離依存性を示す。回転楕円体成分は一点鎖線で表わされているシュミットの mass モデルより強い中心集中度(約1.5倍)をもっている。また、楕円体の軸比はシュミットモデルの1:20に対し1:29と銀河面への集中度も強い。モデルはまた、 $l = 10^\circ \sim 30^\circ$ の平らな部分を再現するため4 kpcより内側で0になっている。回転楕円体成分は晩期M型巨星であると予想される。これは、

5. 今まで知られている太陽近傍の型別に調べた星の頻度から、太陽近傍の近赤外での体積輻射率はK、M型巨星からの寄与が大部分を占めること、
そして、

6. McCuskey (1969) によって観測された晩期M型巨星の r 方向の空間分布がモデルの r 方向のかたむきとよく一致していること、
等から考えられることである。そしてこのことは'77年1月のロケットによる anticenter 方向の $2.3 \mu m$ ($\Delta\lambda = 0.7 \mu m$) での観測でさらに支持された (Hayakawa et al. 1978)。この観測で、

7. モデルの回転楕円体成分を太陽より外側まで外そうして予想される表面輝度とだいたい一致した表面輝度が観測され、



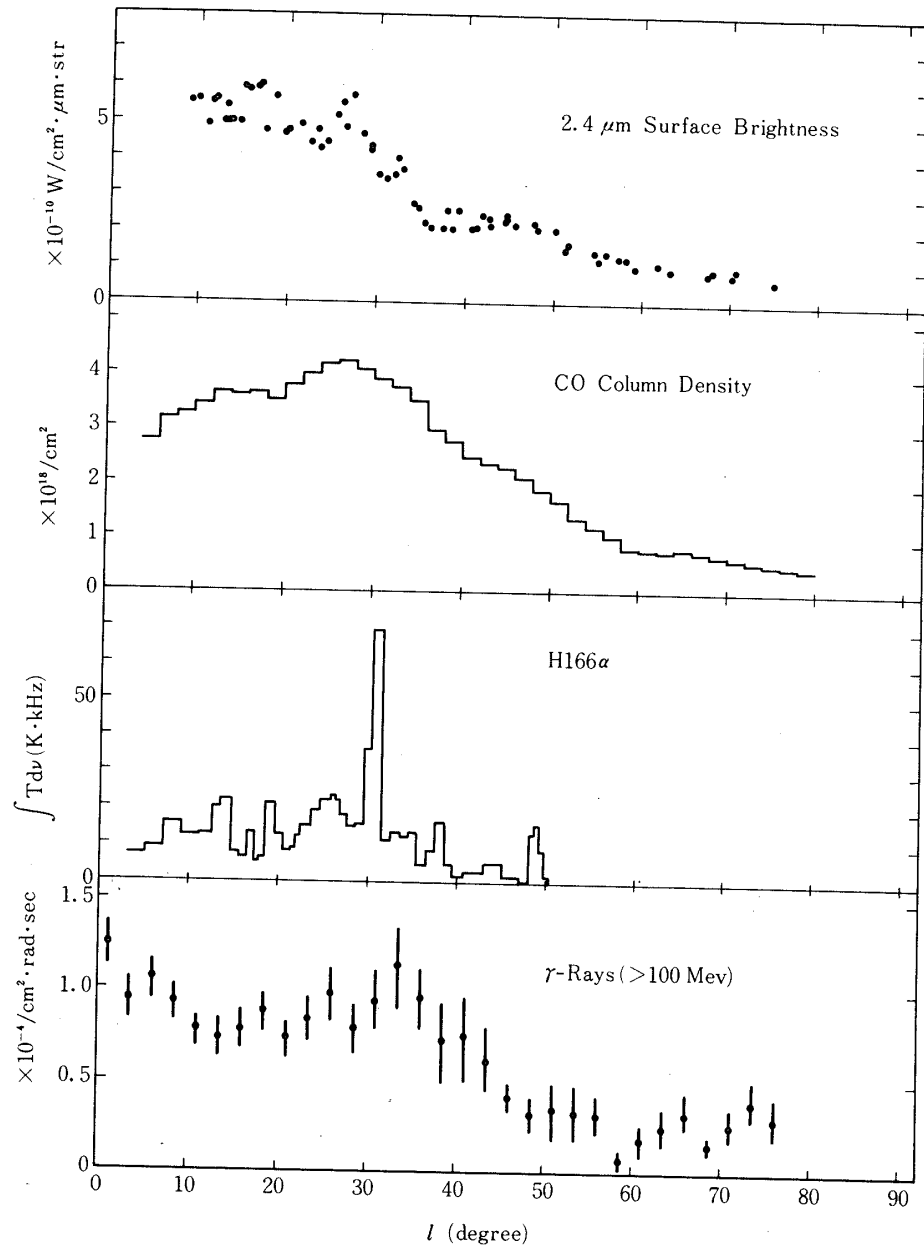
第4図 銀河の $2.4 \mu\text{m}$ での体積輻射率に対するモデル (Hayakawa et al. 1977) を実線で示す。これは銀河面上の銀河中心からの距離依存性として示されている。一点鎖線はシュミットの mass モデルである。

また、それは、

8. anticenter 方向の晩期M型巨星のサーベイから予想される、晩期M型巨星からの寄与としての表面輝度とよく一致した値であった。

8.から anticenter 方向の近赤外での表面輝度が晩期M型巨星で説明できることがわかり、さらに上の6., 7.から回転楕円体成分が晩期M型巨星であることがかなり明らかになったように思える。

リング成分は $l = 30^\circ, 50^\circ$ の盛り上りを再現するため、図4で示されるようなすどい分布が必要とされた。リング成分をアーム構造とせずにリングとしたのは、これまでの観測ではアームであると確定することができないため、簡単なリング状構造を採用したためである。リング成分がどのような天体であるかさぐるために、銀河面での銀経分布について我々の観測と他波長の観測との比較を図で行う。一番上に我々の $2.4 \mu\text{m}$ での観測、2番目はアームの良い tracer といわれる CO の column density, 3番目は水素原子の recombination line H 166 α の強度分布で H II region の分布を示す。一番下は宇宙線と星間物質の相互作用に起因するエネルギー 100 Mev 以上の γ 線の強度で、星間物質の密度の2乗の分布と考えられる。以上のどれも $l \sim 30^\circ$ で盛り上っており Scutum アームにガスや塵が集中し、星が生まれていることを示している。これから、すどい分布をしているリング成分は、アームの上に乗っている年齢の若い星であると考えられる。ガスや星間塵の密度が大きいアームで作られた星が、固有運動でアームからはずれるのに 10^7 年のオーダーの時間がかかることより、これらの星は 10^7 年より若いと考えられる。最初、我々は dark cloud に埋もれた O,



第5図 種々の波長で見た銀河の表面輝度の銀河面上での銀経依存性.

B型星と考えていたが、これでは都合が悪いことができた。O, B型星だとするとエネルギー収支から考え、そのまわりの塵からの遠赤外輻射が強くなりすぎることがおこる。KかM型の星ならばこの点で都合がよい。若い散開星団 $h+x$ Persei の中にM型超巨星がいくつか見られるように、重い星は生れて 10^7 年以内にK, M型超巨星に達することができる。これから、リング成分はK, M型の超巨星である可能性が大きいと思われる。

4. 中心部 (central bulge)

中心部については、他銀河との比較をするため表面輝度自身のモデルを検討した。

楕円状銀河や渦状銀河中心部の表面輝度分布を表わす経験式として、よく知られた $\frac{1}{4}$ 乗則がある。しかし我々の銀河は中心集中度の強いこの $\frac{1}{4}$ 乗則では、central bulge 部分に多量のダストを含めないかぎり合わせることができないことがわかった。

$\frac{1}{4}$ 乗則以外の、銀河の表面輝度分布を表わす経験式として King の式が知られている。これは球状星団や矮小楕円銀河などによく合う式であるが、この経験式が我々の銀河の表面輝度とよく合うことがわかった。図6は観測とモデルを比較した図である。丸印が我々の観測

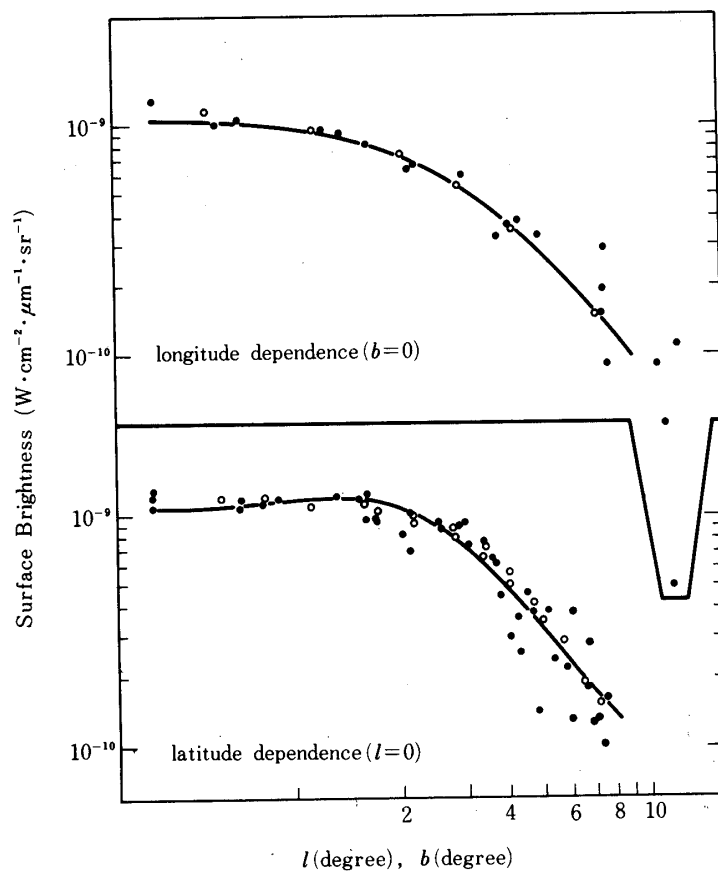


図6 我々の銀河の中心部 (central bulge) の表面輝度。丸印は我々の観測。実線は銀河面上の塵による吸収を含めた King の式を示す。

値から円板状成分を差引いた central bulge 成分である。実線は円板部にある星間塵の影響を考慮にいたした King の式で、両者がよく一致し、我々の銀河の中心部は 355° の盛上りをのぞけば軸比は 2 : 1 の King の式で表現されることがわかる (Matsumoto 1978)。

我々の銀河とよく似た Sb 型銀河に M 31 があるが、M 31 中心部は $\frac{1}{4}$ 乗則によくあう表面輝度分布であることが知られている。一方、同じ Sb 型銀河 NGC 4565 では中心部が我々の銀河とよく似た分布を示している。このようにすべての銀河の中心部は同一の光度分布

を示すわけではない。これは銀河中心部の構造、特に中心核の成長と深く関係する問題とも考えられ、今後の興味ある課題である。

5. おわりに

観測された $2.4 \mu\text{m}$ 銀河表面輝度分布に $l = 355^\circ$ の盛り上りが見られたが、これは角分解能がよい京都大学の赤外グループの2回の観測でも同程度の表面輝度をもった盛り上りとして観測されている (Okuda et al. 1977)。これより、この盛り上りの存在はかなり確かであり、また、かなり広がった対象と考えられる。現在のところ他波長での確定的な対応物が見つかっていない。この正体については今のところ何も結論することができないが、銀河のアーム構造や銀河中心の向こうにある他の銀河である可能性を検討している。

我々は '78年4月にオーストラリアで気球観測を行う予定である。(本文が印刷される時には終了している。)この観測で銀河中心部を、天頂に近く夜光の影響をうけにくい有利な条件で観測を行うことができ、この盛り上りについてもっとくわしいデータを得ることができるものと思える。

この観測では南天の銀河の観測が主な目的であり、南北の対称性について我々ははじめて知ることができる。これは、水素原子の 21 cm 電波で観測された銀河の回転曲線の南北非対称性と関連して非常に興味を持たれる。

1978年5月27日

参 考 文 献

- Hayakawa, S., K. Ito, T. Matsumoto and K. Uyama, *Astron. Astrophys.*, **58**, 325, 1977.
- Hayakawa, S., K. Ito, T. matsumoto, H. murakami and K. Uyama, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **30**, 369, 1978.
- Ito, K, T. Matsumoto and K. Uyama, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **28**, 427, 1976.
- Ito, K, T. Matsumoto and K. Uyama, *Nature*, **265**, 517, 1977.
- Matsumoto, T., *Astron. Astrophys.* submitted to 1978.
- McCuskey, W. W., *Astron. J.*, **74**, 807, 1969.
- Okuda, H., T. Maihara, N. Oda and T. Sugiyama, *Nature*, **265**, 515, 1977.