

1983年6月

#12

AN ATLAS OF SELECTED GALAXIES

銀河写真選集

付. 測光解析の解説

編集=高瀬文志郎・小平桂一・岡村定矩

東京大学出版会

目 次

序

図の説明

第 I 部 銀河の分類と測光解析についての総論

1. 銀河の分類

1.1 初期の分類	1
1.2 ハッブルの分類	1
1.3 ドボーグルールの分類(改訂ハッブル分類)	2
1.4 バンデンバーグの光度階級(DDO 分類)	2
1.5 モーガンの分類(ヤーキス分類)	2
1.6 銀河分類の新段階—定量分類—について	3

高瀬 文志郎

2. 表面測光

2.1 写真画像の定量的表現	3
2.2 等輝度線図と副構造	3
2.3 等色線図と恒星比率	3
2.4 投影効果と内部吸収	4

小平 桂一

3. 半径方向の光度分布

3.1 光度プロファイル	4
3.2 ほぼ正面向きの銀河の光度プロファイル	4
3.3 光度プロファイルの平滑化	4
3.4 半径方向の光度分布則	5
3.5 光度プロファイルの正規化	5

岡村 定矩

4. 銀河面に垂直な方向の光度分布

4.1 橫向き銀河の表面測光	6
4.2 橫向き銀河に見られる特徴	6
4.3 バルジ成分と円盤成分の光度分布	6
4.4 銀河の三次元モデル	7

濱部 勝

5. 射影プロファイルおよび関連する解析

5.1 射影プロファイルと汎半径方向プロファイル	7
--------------------------	---

渡辺 正明

5.2 代表的な銀河の例

5.3 大局的な半径方向の構造の定量表現

6. 涡巻形状のスペクトル解析

6.1 解析の背景と目的	8
6.2 観測される光度分布のフーリエ解析	8
6.3 形態学的特徴に関する指標	9

家 正則

7. 活動銀河と特異銀河

7.1 セイファート銀河、N銀河およびクエーサー	9
7.2 シュミット望遠鏡による紫外超過銀河と輝線銀河の探査	9
7.3 特異銀河	10

高瀬 文志郎

8. 銀河団

8.1 リッチネスと形態分類	10
8.2 cD銀河を含む銀河団	11
8.3 銀河団メンバーの光度関数	11

山縣 朋彦

付録 定量分類をめざして

参考文献

一般文献	
このアトラスに関連した本書筆者らの出版物	
代表的なアトラスとカタログ	

第 II 部 アトラス

1. 銀河の分類、2. 表面測光、3. 半径方向の光度分布、4. 銀河面に垂直な方向の光度分布、5. 射影プロファイルおよび関連する解析、6. 涡巻形状のスペクトル解析、7. 活動銀河と特異銀河、8. 銀河団	
--	--

第 III 部 アトラスのデータ

第1表 銀河と銀河団のリスト	
第2表 写真原板のリスト	
第3表 等輝度線図のデータ	

6. 湧巻形状のスペクトル解析

6.1 解析の背景と目的

銀河の形態の中で、湧巻構造は視覚的には最も印象深いものである。こうした湧巻構造はたいてい、銀河円盤の振動の大局的モードの現われとしてかなりよく理解できる(G6, P1)。これらのモードを一つ一つ同定し、識別してゆくことは、銀河の力学的性質を研究する上で重要である。本節で述べる二次元フーリエ解析は、この目的を達成するための定量的な基盤を与えるものである。

この手法を M 51 に適用した予備的な結果は、文献(P7)により報告されており、また手法の完全な記述と NGC 4254 への適用結果は、文献(P8)に載せられている。この中では、NGC 4254 の非対称な湧巻構造は、主たる 1 本腕の湧巻成分に五本腕と三本腕の成分が重畳したものとして解釈されている。また NGC 4254 の非対称な湧巻構造の起源は、伴銀河や棒など湧巻腕の励起起源によるものではないことも示唆されている。というのは、NGC 4254 にはそのような励起起源は見当らないし、仮りに目につかないくらい弱い励起源があったとしても、そんなに強い非対称湧巻構造を作り得ないであろうからである。フーリエ解析を用いた他の例としては、カルナイ(G29)とシミアンほか(G52)による M31 の湧巻構造の研究がある。M31 の主要成分は、従来考えられていた二本腕の曳きずり型湧巻成分ではなくて、一本腕の先行型湧巻成分であることを彼らは見出した。これらの発見は、湧巻形状の客観的なパターン認識において、フーリエ解析がいかに重要でかつ有効であるかを示すものである。

6.2 観測される光度分布のフーリエ解析

まずはじめに、ある客観的方法により銀河の傾斜角と長軸の位置を決定し、観測される相対光度分布 $I_R(x_0, y_0)$ を正面向きの光度分布 $I_F(x, y)$ に変換する。次に銀河面上で解析すべき円環領域 ($r_{\min} < r < r_{\max}$) を選ぶ。ここで $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$ である。このアトラスでは、 r_{\max} と r_{\min} はそれぞれ、方位角まわりに平均した輝度が 25 等/平方秒及び 20 等/平方秒となる半径として定義されている。さらに正面向きの光度分布 $I_F(x, y)$ を対数極座標表示 $I(u, \theta)$ に変換する。ここで $u = \ln r$ であり、 $\theta = \tan^{-1}(y/x)$ である。 $I(u, \theta)$ を軸対称部分 $I_0(u)$ と非軸対称部分 $I_1(u, \theta)$ に分けて考える。対称部分 $I_0(u)$ は円盤の骨格をなす光度分布、非軸対称部分 $I_1(u, \theta)$ はそれに重畳して湧巻構造等を形成する摂動と見なすのである。

銀河の光度分布 $I(u, \theta)$ は、多くの対数湧巻成分の重ね合わせで表現することができる。すなわち、

$$I(u, \theta) = \sum_{m=0}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} A(\alpha, m) \exp[i(\alpha u + m\theta)] d\alpha \quad (6.1)$$

と書ける。ここで m は方位角方向の波数すなわち湧巻腕の本数であり、 α は半径方向の波数すなわち湧巻の巻込みのきつさを表わす量で、その符号によって巻込みの向きも示される。フーリエ係数 $A(\alpha, m)$ は波数が α と m であるような湧巻成分の重要度を表わすものである。観測される湧巻構造を主要な湧巻成分に分解するには、各成分の振幅 $|A(\alpha, m)|$ のパワースペクトルを求めればよい。非軸対称部分 $I_1(u, \theta)$ の正規化されたパワースペクトルを次式によって定義する。

$$P(\alpha, m) = |A(\alpha, m)|^2 / \sum_{m=1}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |A(\alpha, m)|^2 d\alpha \quad (6.2)$$

図 A6.1a から A6.1d にこの手続きと NGC 4535 の解析結果が示してある。図 A6.1a は写真であるが、これから観測される相対光度分布 $I_R(x_0, y_0)$ がどんなものか想像できるであろう。図 A6.1b は $I(u, \theta)$ である。図 A6.1d は正規化されたパワースペクトル $P(\alpha, m)$ で、ここには位相角 $\phi = \arg[A(\alpha, m)]$ も一緒に示されている。図 A6.1c は、図 A6.1d で斜線をつけて示してある $P(\alpha, m) \geq 0.01$ であるような対数湧巻成分をすべて重ね合せて再生した正面向きの銀河の像である。

6.3 形態学的特徴に関する指標

このパワースペクトルをうまく利用することにより、従来、主観的なパターン認識によって定義してきた形態学的特徴のいくつかを定量的に定義することができる。たとえば、棒状の成分の重要度は、

$$B_{\text{bar}} = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} P(\alpha, 2) d\alpha \quad (6.3)$$

という指数で評価できる。二本腕成分の全体的な巻き込み方向と規則性は、

$$S_{\text{ex}}(2) = \int_0^{\infty} P(\alpha, 2) d\alpha - \int_{-\infty}^0 P(\alpha, 2) d\alpha \quad (6.4)$$

なる量で測ることができる。湧巻構造の非対称度は、

$$R_{\text{odd}} = \sum_{m=1}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} P(\alpha, 2m-1) d\alpha / \sum_{m=1}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} P(\alpha, m) d\alpha \quad (6.5)$$