

マフェイものがたり

菊池 仙*

1. マフェイの発見

T Tauri 型変光星とガス星雲の研究中に IC 1805 の近くに 2 個の赤外線強い広がり天体を見つけたという報告がアシゴ天文台 (イタリア) のマフェイによってなされたのは 1968 年の 5 月であった。彼は口径 65 cm のシュミット望遠鏡によってこの観測を行なったのだが、これが後にマフェイ 1, マフェイ 2 と呼ばれるようになった天体の発見であった。その位置は、

マフェイ 1 $\alpha = 2^h 32^m 6$ $\delta = +59^\circ 25' 8$ (1950.0)

マフェイ 2 $\alpha = 2^h 38^m 2$ $\delta = +59^\circ 23' 7$ (1950.0)

であり、より明るいマフェイ 1 がまず調べられることになったわけである。

マフェイは、その発見の報告の中でマフェイ 1 (彼自身は Object 1 と呼んでいる) の形はコンパクトで楕円であり、その大きさは最も明るい部分で $18''$ 、全径は約 $50''$ であり、近赤外で一番はっきりと、また赤色領域でも見えるが、青色光で撮った乾板では見えないことを記している。さらに、彼自身がハンブルグとアシゴ天文台のシュミット望遠鏡で対物プリズムを使って行なった分光観測では、スペクトルは滑らかな連続光を持ち、 H_α 輝線や分子の吸収帯は見られないことを報告している。しかしながらこの分光観測はこのような暗い、しかも広がり天体の場合にはあまり良いものとは言えない。

また、マフェイは電波源との対応を調べ、3C69 という近くの電波源とは明らかに対応しないことを示している。マフェイは、その報告の最後に、この天体が特異であることは明らかであり、スリット分光観測と赤外領域での多色測光が解釈を試みる前にまず必要であろうと強調している。

大型望遠鏡もなく、協力者に恵まれなかったことなどもあってか、マフェイは調べを続行する方向をしっかりと意識しながらも、“マフェイものがたり”の舞台から消えて行かなければならなかった。

2. 解釈の試み

セント・アンドリュース大学天文台 (イギリス) のエヴァンス等 3 人は、マフェイ 1 の赤外写真を 1969 年秋に撮り、約 5 年前に撮ったものと比較し、明るさと形状に変化がないことを確かめた。同時に 4C カタログの電波源と対応しないこと、さらに“2 ミクロンの全体掃索”のデータとの対応関係を調べたが対応するものがな

いことから 178 MHz および 2.2 ミクロンでの放射の上限を求めた。

さてマフェイ 1, 2 の方向が銀河面に非常に近いこと ($b^{\text{II}} = \sim -0^\circ 5$)、さらに IC 1805 が年令の若い星団であるから、エヴァンス達はこれが星の誕生に関係しているのではないかと考えた。IC 1805 の距離を石田蕙一氏がこの星団に属する星の 3 色測光から決めた 1.9 キロパーセクと探ると、マフェイ 1 の見かけの大きさ $50''$ は 0.5 パーセクになり、いわゆる Protostar の大きさとしてもおかしくないし、さらに、より暗いマフェイ 2 の存在も IC 1805 領域での星の生成に関係しているという見方を支持するものと考えたのであった。

また、エヴァンス達はもうひとつの可能性として、われわれの銀河系に属する星団が大きな星間赤化を受けたという解釈を示している。これは、銀河面に近いことから出て来るものである。銀河面に近い若い星団であれば、最も明るい星は青色であるが、2.2 ミクロン付近で特に明るくということはないし、またマフェイの撮った対物プリズムを使ったスペクトルが連続光のみということも、低分散スペクトルであることを考えれば説明できるわけである。

エヴァンス達は実体を明らかにするためには長焦点の望遠鏡による、言い換えればスケールの大きい近赤外領域の写真が望ましいと示唆している。

エヴァンス達の考え方は、後述のカルフォルニアの天文学者達の考え方よりもむしろ常識的解釈を言えよう。銀河面に近い所で、銀河系外の天体が見えている方がよほど常識的でないことは明らかなことである。

エヴァンス達のこの考え方は、カルフォルニアのグループでも、また日本におけるマフェイについての紹介記事においても一言も言及されていないのは何故であろうか。少なくとも 5 年間に明るさ、形状に変化がなかったことを確かめた点は、解釈を進める上で主要な役割を果し得たはずである。

3. カルフォルニア・グループの解釈

カルフォルニアのパークレーの大学院生ロバート・ランドウ (27 歳) はマフェイの報告に注目した一人だった。彼はロイシュナー天文台の 30 インチ望遠鏡で赤外部の研究を始めた。間もなく、パークレーのスピラッド教授がランドウに刺激されてマフェイの指摘した天体に興味を持つようになった。彼はリック天文台の 120 インチ望遠鏡による近赤外部の直接写真から、2 つの天体のう

* 東京天文台

Sen Kikuchi: A Story of Maffei 1, 2

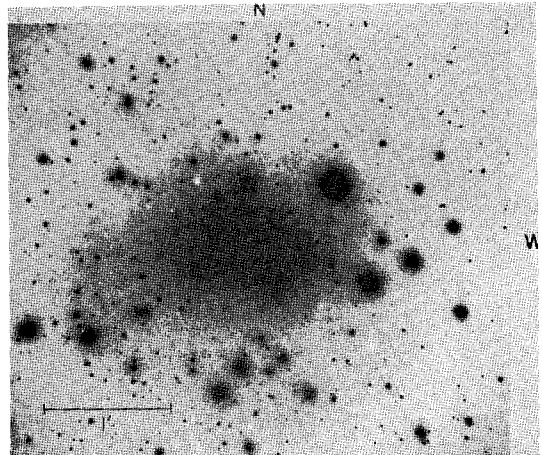
ち、明かるいマフェイ1は楕円で、また、マフェイ2には渦状構造のようなものが見えることを確かめたのであった。スピラッドの言によれば“この段階になって、この研究に対する協力者を得るには困らなかった”ということになる。そして、ランドウ、スピラッドを含めて9人によるマフェイ1の解釈について論文が出来上がるわけである。もっとも、その前にスピラッドのマフェイ1、および2は近くの銀河系外星雲であるとの示唆によって、ベル達がアルゴンキン電波天文台の46メートル放物鏡により、マフェイ1、2について波長9.26, 4.5, 2.8 cmで観測を行なっている。結果はマフェイ1では観測されず、マフェイ2ではスペクトル指数 1.30 ± 0.05 の電波が観測された。これはセンチメートル波における普通の渦状銀河の値1.25とよく一致している。また、マフェイ2の“ラジオ光度”も距離を4メガパーセクとして求めているが、これもまた普通の渦状銀河の値である。このベル達の論文は昨年7月のAp. J.のLetterに出ており、マフェイ1、2についての“スピラッド”の考え方が支持されているわけである。しかしランドウの名前はどこにも見当たらないし、あたかもスピラッド1人の研究によるかのような印象さえ受ける。とにかく、ベル達の報告がマフェイ1,2が銀河系外のものであるという解釈に立つ最初の報告であった。

さて、スピラッドの協力呼びかけに応じて大家達が集まり、マフェイ1、2の観測と解釈が試みられ、マフェイ1についてのまとめが今年最初のAp. J.のLetterに発表された。マフェイ2についてもいずれ報告が出るであろう。

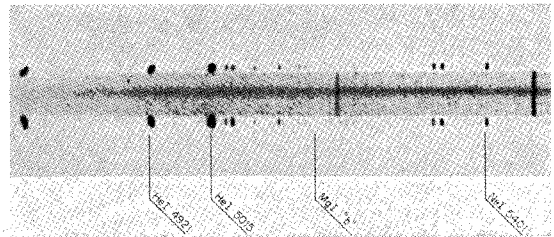
まず、カルフォルニアの9人—これにはベル達は含まれていない—は各種の波長域、各種の観測方法を用いた。まず、波長としては0.4~3.5ミクロンと21 cmの中性水素線である。ヘール天文台の200インチ望遠鏡をはじめ、リック天文台、ロイシュナー天文台の各望遠鏡、ハット・クリーク電波天文台の85フィート電波望遠鏡が動員された。これらの器械によって赤色および赤外域での直接写真、スペクトル写真観測（もちろんスリット・スペクトル）、光電スペクトル観測、21 cmの電波観測などがそれぞれの大家によって行なわれた。

その結果、マフェイ1は巨大楕円銀河であるとの解釈がなされた。その理由は次のものである。

- a) 赤色および赤外域での直接写真で楕円形状をしている。また、光度分布の特徴が一般の楕円銀河のものとはほぼ一致する。
- b) 光電スペクトル観測によって調べられた波長ごとのエネルギー分布は、星間吸収 $A_v = 5.2 \pm 0.2$ 等を仮定すると巨大楕円銀河と似た特徴を示すM31の中心核やNGC3379のものとはよく一致する。ここで仮定した5.2



第1図 赤外領域で撮影したマフェイ1



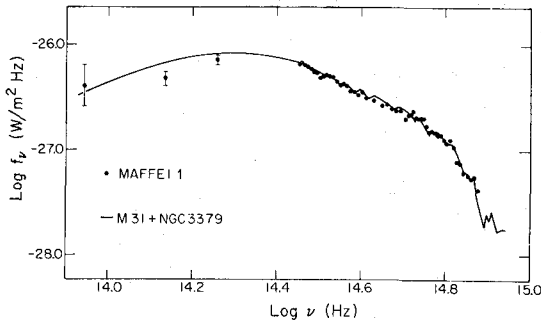
第2図 マフェイ1のスペクトル (60 A/mm)

等という星間吸収自体の値はマフェイ1が銀河系外のものとした場合に妥当な値と考えられる。特に波長4030Åより短い所に急激なエネルギーの減少部がある。これは晩期型星のカルシウム吸収線によるものと考えられ、巨大楕円銀河の特徴である。

c) 21 cmの中性水素線が観測にからなかったことから、マフェイ1には中性水素ガスが非常に少ないことになり、不規則または渦状銀河ではあり得ない。

さて、マフェイ1が銀河系外の巨大楕円銀河だとすれば、その物理的諸量はどのように求められるのだろうか。まず全光度であるが、マフェイ1の方向が銀河面の方向であることから、いかに赤外域で観測しても、マフェイ1の周辺部は星間吸収でよく見ることは出来ない。そこで周辺部の光度分布については他の楕円銀河のものを採用し、さらに吸収量5.2等を補正すると、全体の実視等級は5.8等になる。もし、この明るさのものが銀河面から遠く離れていれば昔から知られていたであろう。

次にマフェイ1までの距離であるが、巨大楕円銀河の場合、最も明るいものの絶対等級は $M_v \sim -22.5$ で、これと先に求めた実視等級から距離が求まり約4メガパーセクとなる。これは距離の上限と解釈すべきものである。一方、距離の下限値としては、マフェイ1が小型楕円銀河だとした場合で、約0.15メガパーセクとなる。



第3図 マフェイ1のエネルギー分布
(図はすべて Ap. J. 163, No. 1, Part 2 による)

次にスペクトル線の赤方変位から距離を推定すると、マフェイ1はわれわれの銀河中心に対して 165 ± 50 km/sec の視線速度をもつので、ハッブル定数として $H = 75$ km/sec/Mpc を使えば、距離は 2.2 メガパーセクとなる。この場合には、マフェイ1の絶対等級は $M_b \sim -20.5$ 等で、矛盾を生じないが、こんな近距離の銀河にハッブルの法則を盲目的に応用してよいかという疑問は残る。

さらに、マフェイ1が力学的平衡状態にあるとすれば回転曲線や速度分散等から距離を求めることができる。これには、マフェイ1の質量を仮定しなければならないが、巨大楕円銀河での値(質量/光量) = 30太陽単位を使えば、距離は 0.9~1.3 メガパーセクとなる。

いろいろな距離の推定方法のうちで、力学的平衡状態を仮定した場合が最も精度が良いとされており、距離としては1メガパーセクを信頼出来る値としている。しかし、これとて、質量と光度の関係等の不確定な要素があり、かなりの誤差があることは考慮に入れておかなければならない。巨大楕円銀河とした場合に、マフェイ1の全質量は前述の質量光度比を用いると、われわれの銀河系や、M31と同程度、約2,000億×太陽質量となる。

さて、マフェイ1の距離から考えるとマフェイ1は局部銀河群に属し、その質量から考えるとかなりの主要メンバーということになるのであろう。局部銀河群の力学的安定性についてはヴィリヤル定理に基づいて議論されているが、局部銀河群全体の運動エネルギーを T 、ポテンシャル・エネルギーを Ω とすれば、安定な力学系を構成するための条件は $2T/|\Omega| < 1$ である。マフェイ1は T が割合に大きいので局部銀河群に属していると言い切ることは出来ない。むしろ、たまたま局部銀河群中を通過中と言った方がよいのかも知れない。いずれにせよ局部銀河系の安定性の問題は銀河間ガスの存在なども関連して、新たな議論の段階に至ったようである。この問題も含め、もっとはっきりとした解釈を行なうためには距離をもっと確かな方法で決めることが重要になるので

あろう。カルフォルニアの9人はその一つの方法として球状星団のようなものがマフェイ1に見つかればよいということ述べている。

4. おわりに

マフェイ1および2の解釈はほぼ定まった感があるが、ここに至るまでの経過は誠に興味深い。マフェイ1, 2はパロマー全天写真の赤色域のものに確かに写っており、マフェイは改めて注意を喚起したと言えるかもしれないが、彼が対物プリズムを使った観測を行なったこと、報告の最後に強調していることを見る時、マフェイがその報告をしただけで、後は全く無視されているのは誠にマフェイにとっては不本意なことだったと想像される。

また、エヴァンス達が最後に示唆しているスケールの大きい直接写真もカルフォルニア・グループの仕事の中で大きな役割を果たしている。またカルフォルニア・グループの研究ではいろいろな波長領域での観測が、——エネルギーをもつものすべてが観測の対象となることを考えれば極めて当然のことであるが——有機的に生かされていると言えよう。

ランドウという大学院生がいなかったら、マフェイ1, 2の研究もこれほどの急ピッチで進まなかったかもしれない。ロイシュナー天文台の望遠鏡が大学院生が使いやすかったということもおそらく幸いているのだろう。しかし、スピッドラッドが興味を示した後の進み具合は、“いろいろな意味で”お見事というほかはない。

ところで、わが国にマフェイ、ランドウがいた場合、事態はどのように進んだらうか。“マフェイ”、“ランドウ”の立場などのヴァリエーションを考えながら思考実験を行なうことも価値がないとは思えない。

それにつけても心に残るのはマフェイがカルフォルニア・グループの解釈を聞かされた時に語った“われわれはもっとやれたのに”という言葉である。悲痛である。

追記

ベル達のマフェイ2に関する電波の連続スペクトルについての報告が出たのは今年の7月であったが、この報告に刺激されて、ポチネリ達7人はナンセイ(フランス)の電波望遠鏡を用いて、マフェイ2の波長21cmの中性水素線スペクトルとその付近の連続スペクトルについて調べた。そして、その結果が最近明らかにされた。

21cmの線スペクトルのずれから、マフェイ2の太陽に対する全体としての視線速度は 25 ± 10 km/sec であることがわかった。スピッドラッド達の可視領域のスペクトル観測によれば、マフェイ1の太陽に対する視線速度は -10 ± 50 km/sec (これは銀河中心に対するものでないことに注意)であり差はない。また、マフェイ2は渦状銀河のように回転しており、回転速度の最大値は 200 ± 10 km/sec であった。

そして渦状銀河のタイプごとの統計的特性と比較して数種類の方法で距離を推測している。各種の方法で推定したマフェイ2までの距離の平均は、もしマフェイ2がSaならば、2.0, Sbならば、3.6, Scならば5.9メガパーセクである。ここでもうひとつ考慮しなければならないことはマフェイ1との関係である。つまりマフェイ1と2は本当に物理的に関連があるものであろうか、天球上の位置の近いこと、視線速度が同程度であることから、マフェイ1と2は物理的に対をなしているものと想像される。もしこの想定が正しいとすれば、カリフォルニアの9人が決めたマフェイ1の1メガパーセクという距離、さらに上限値としての4メガパーセクと矛盾してはならない。スピラッド達の距離の決定法がファクター2程度の誤差を含むとみなせば、マフェイ2が型Scの渦状銀河であるとは考え難い。スピラッドの赤外領域の直接写真しか直接的に形態的分類を行なう資料がない現在の段階では、マフェイ2がSaかSbかを区別することはできないので、ボチネリ達はSa, Sbである場合の距離の対数平均2.7メガパーセクをマフェイ2の距離として採用している。もし、マフェイ1についてもこの

距離を採るならば、例えばマフェイ1の質量は、太陽質量の 8.8×10^{11} 倍と変更しなければならない。また、ボチネリ達の距離の推定に従えば、マフェイ1および2は局部銀河群には属さないことになる。ボチネリ達は距離、天球上の分布、視線速度から“大熊座—きりん座銀河群”のメンバーではないかと推測している。この場合には、この銀河群のもっとも銀緯の低い部分がわが銀河系の厚い吸収層を透して見えていることになるわけである。

これとは別に、マフェイ1, 2が局部銀河群に属するという解釈に立って、ボークルールはマフェイ1と2はIC10, IC342と共に局部銀河群の中でひとつのサブ・グループを形成しているのかもしれないと推測している。

いま一番求められていることは、距離を精度よく決定することだと言えよう。スピラッド達9人の報告の題名“マフェイ1: 局部銀河群の一員か?”の最後の疑問符はなお生きているようである。スピラッドを先頭に逆アルファベット順にならんだ9人の解釈とボチネリ以下正アルファベット順にならんだ7人の解釈の適否を決めるものは何であろうか。“マフェイものがたり”はまだ終りそうもない。

好評発売中

1971年版 天文年鑑

1971年の天文の出来事が一目でわかる天文年鑑

71年夏には久しぶりの火星大接近が観測できるので、今年とはとくに火星の予報記事に力を入れてあります。グラビアにはピク・デュ・ミディ天文台(フランス)から送られた土星の新リング発見の写真や、オーストラリアで撮影された国産衛星「おすすみ」の写真をのせました。

天文年鑑編集委員会編

●B6判/122ページ/定価260円



天文用語事典

近刊予告

●B6判/250ページ
予定価550円/天文ガイド編

天文用語を、天体器械・写真、太陽・地球・月・こよみ・人工衛星・彗星、太陽系、恒星・銀河系の4項目に分類し、約500語を簡明に解説したハンドブックです。天文年鑑、天体観測ハンドブックとともに、アマチュア天文家は、ぜひ1冊そなえて下さい。

誠文堂新光社 東京・神田錦町1の5 振替東京6294