

学位論文題名

Determination of the pattern speed of the barred spiral galaxy IC 342

(棒渦巻銀河 IC342 におけるパターンスピードの決定)

学位論文内容の要旨

1. 背景

銀河は、我々の宇宙を構成する重要な要素のひとつである。近傍銀河の3分の2は、その表面輝度分布に渦状構造をもつ渦巻銀河である。典型的な渦巻銀河は2回回転対称な2本の渦状腕を持ち、その腕に沿って活発な星形成活動を行っている。

この渦状腕の構造・維持を説明するための理論である密度波理論にとって重要なパラメーターが Pattern speed である。Pattern speed とは、密度波によって生成された渦状腕の重力ポテンシャルが回転する速度である。密度波理論とは、渦状腕の巻き込み問題を解決する、現在最も有力な理論である。この Pattern speed は、観測と理論を比較する上で非常に重要なパラメーターであるが、これを観測的に決定するのは困難であった。

この Pattern speed の値は密度波理論にとって重要であるが、さらに、銀河の渦状腕の大きさや形状、そこでの星形成過程に深く関連している。それらの理論と実際の観測を比べるためにも、Pattern speed を決定することは重要である。我々は、近傍の棒渦巻銀河 IC342 の一酸化炭素(CO)輝線観測を行って、Pattern speed を決定した。

2. 観測対象と観測装置

我々は、観測対象として、棒渦巻銀河 IC342 を選んだ。この天体は (1) 距離が近い (2) 銀河円盤の見かけの傾きが小さい (3) 明確な渦状腕をもつ (4) 他銀河等による外乱が小さい、等の特徴を持つ。これらの特徴から、IC342 は渦巻銀河の渦状腕を空間的に分解して解析を行うのに適した観測対象である。

我々は、野辺山 45m 電波望遠鏡と 25 マルチビーム受信機(BEARS)を使って、銀河 IC342 の一酸化炭素分子(CO)輝線観測を行った。この CO 分子が放射する 115GHz の輝線は、銀河における冷たい分子ガスの分布を表す。この分子ガスは、星を形成する原材料である。

この観測結果から、我々は IC342 の高分解能広領域の CO 強度分布図を作成した。観測領域は空間角度で $10' \times 10'$ 、空間分解能は $20''$ である。

3. 結果

IC342の分子ガス分布図から、IC342の棒状構造の南端から続く一本の渦状腕を分解し、連続的にたどることができた。このガス分布は、渦状腕の密度波によって引き起こされる衝撃波を反映するものと考えられる。

我々の用いた Pattern speed を決定する方法は、Corotation radius を決定する方法である。Corotation radius とは、ガスの回転速度が Pattern speed と一致する半径である。Corotation radius を決定すれば、ガスの回転曲線（ガスの回転速度分布）を使って Pattern speed を決めることができる。

Corotation radius では、その半径よりも内側と外側とで、ガスが渦状腕の重力ポテンシャルに流れ込む方向が逆転する。我々は、渦状腕において、ガスのショックが常に重力ポテンシャル極小値よりも上流に存在することを用いて Corotation radius を決定した。ガスのショックの分布は、我々の得た CO 強度分布図を用い、渦状腕の重力ポテンシャルの分布は、2 Micron All Sky Survey (2MASS) の Ks (波長 $2.2\mu\text{m}$) のデータを用いて解析を行った。その結果、Corotation radius は $270\pm 10''$ 、それから Pattern speed は、 60km/s/kpc と求まった。

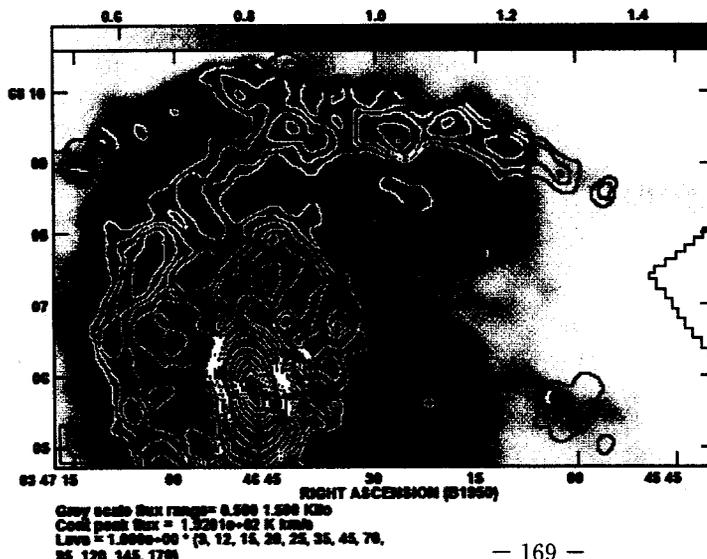
この方法を観測データに適用したのは、今回が初めてである。また、星形成領域と分子ガスの分布を比べることにより、我々の Corotation radius の位置の妥当性を確かめた。

4. 結論

我々は、円盤銀河の渦状腕の構造・維持、またそこでの星形成に密接に関係する密度波理論の重要なパラメーターである Pattern speed を、新しい決定法を用いて、精度良く決定することができた。この方法を観測データに適用したのは、我々が初めてである。その結果、IC342での Corotation radius は $270\pm 10''$ その時の Pattern speed は 60km/s/kpc と求まった。

図：IC342の渦状腕の拡大図(等高線：CO、白黒：Ks-band)

COの分布は、我々の観測によって求めた。腕の途中で、COとKsの相対位置が入れ替わっているのが見られる。この入れ替わりが、Corotation radius に対応する。



学位論文審査の要旨

主査	助教授	羽部朝男
副査	教授	加藤幾芳
副査	教授	藤本正行
副査	教授	小笹隆司
副査	助教授	兼古昇
副査	教授	中井直正

(筑波大学大学院数理物質科学研究科)

学位論文題名

Determination of the pattern speed of the barred spiral galaxy IC 342

(棒渦巻銀河 IC342 におけるパターンスピードの決定)

銀河は宇宙の基本的な構成要素であり、その進化と構造を明らかにすることは、宇宙物理学の基本的な課題である。銀河の多くは、円盤銀河であり、その最も特徴的な構造は渦巻状をした腕である。ここでは星形成が活発に起きており銀河における物質進化に密接に関係している。銀河の腕は、銀河の年齢 100 億年以上の間に渦状腕がきつく巻きつくことなく存在しており、その理由は、その腕が星やガスの実際の回転よりもはるかにゆっくりと回転する密度波のパターンであると考えられている。そのパターンの角速度の値は、渦状腕の重力ポテンシャルへガスが落ち込む速度の大きさを左右し、ガスの圧縮度や星形成効率などと深く関係する重要なパラメータである。しかし渦状腕のパターン速度は理論的には求めることができず、観測的にも有効な決定法がこれまで確立していなかった。

申請者は、有名な近傍銀河 IC342 における分子ガスの詳細な観測を行い、その結果と近赤外線観測による星の分布の位置関係の比較から密度波のパターンスピードの決定を世界で初めて行なった。IC342 は銀河系に近い距離に位置しているため構造の詳細が観測しやすく、また銀河のガスの多くを占めている分子ガスの強度が強いので有名な銀河である。しかし観測領域が広大となるため、その銀河面全体の詳細な分子ガスの観測はこれまでに存在していなかった。申請者は一酸化炭素 CO を野辺山 4.5 m 電波望遠鏡の世界最多素子の 25 マルチビーム受信観測システムを用いて、4480 点という銀河観測史上最多の観測点を観測し、銀河全体の分子ガスの分布と運動を詳細に調べた。その結果と既存の近赤外線の観測から求められた星の分布を比較し、渦状腕において分子ガスと星分布の位置関係からパターン速度をみごとに決定することができた。またその結果から銀河の共鳴状態の位置や星形成の時間スケールを推定することにも成功した。

以上の結果は、近傍渦巻銀河 IC342 の運動学とくに分子ガスの分布からパターン速度決定に関する方法を確立した研究であり、銀河の運動学に新しい知見を与え、また、この手法は今後他の銀河にも適用が期待され、銀河研究において大いに有用であると高く評価される。

よって審査員一同は、著者が北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。