

# 論文審査の結果の要旨

氏名 廣田 晶彦

本論文は、系外銀河における渦状腕において、巨大分子雲 (GMC) を分解して観測しその物理的な性質の変化を捉え、GMCの成長過程・進化と星形成過程の関連を初めて明らかにしたものである。

本論文は、全4章から成る。第1章では、研究の背景を概説し、研究の動機を述べている。銀河の渦状腕では、大質量星形成の現場であるHII領域及び、その形成母体であるGMCの分布が集中していることから、渦状腕はGMC形成と星形成において重要な働きをする。渦状腕での星間ガスの圧縮、GMCの生成、大質量星形成のトリガー、といった各過程の詳細についての検証のためには、強い渦状腕構造を有する銀河について、GMCを同定できるスケール(数十pc)の空間分解能で渦状腕の上流、下流における分子雲の成長過程を観測的に調べる必要があると論じている。また、今回観測した銀河IC 342の特徴—渦状腕を有し、かつface-onに近く、豊富な分子ガス量を有する銀河としては最も近傍に位置する銀河の一つである(距離3.3Mpc)こと—を述べ、本論文の主目的が、IC 342に対して野辺山4.5m鏡、野辺山ミリ波干渉計 (NMA, Nobeyama Millimeter Array) で観測を行い、GMCスケールでの渦状腕通過による効果を明らかにすることであると論じている。この研究は、ガス量の豊富な銀河における密度波の作用を、GMCスケールの分解能でかつほぼface-onに俯瞰できる点で、非常にユニークである。

第2章では、4.5m鏡を用いたIC342の $^{13}\text{CO}(1-0)$ 輝線による広域マッピング観測と、既存の $^{12}\text{CO}(1-0)$ 広域データを用いて導出した輝線強度比 ( $R_{1312} = I(^{13}\text{CO}) / I(^{12}\text{CO})$ ) に基づく渦状腕の作用による分子雲の性質変化についての検討、特に渦状腕の作用による分子雲の性質変化が起きている領域の特定、について論じている。輝線強度比、 $R_{1312}$ 、は銀河円盤部の低温領域では、ガス密度の指標となるために、渦状腕におけるガス密度の上昇を検出する良いトレーサーである。申請者は、銀河中心部、棒状構造部、渦状腕を含む約5kpc×5kpcの領域を $^{13}\text{CO}$ で観測し、比の分布を求めると共に、星形成をトレースするH $\alpha$ 画像との比較を行っている。その結果として、渦状腕を横切る時の変化については、上流に $^{12}\text{CO}$ 強度、下流に強度比 $R_{1312}$ 、H $\alpha$ 強度のピークが位置することを明らかにし、渦状腕ポテンシャルによって掃き集められた希薄

な分子雲が腕を通過することで、高密度分子雲の形成を行い、星形成を誘発するという描像を観測的に明らかにした。

第3章においては、NMAを用いた北東部渦状腕の $^{12}\text{CO}(1-0)$ 、 $^{13}\text{CO}(1-0)$ 輝線での高分解能観測と、45m鏡データも結合させることによりミッシングフラックス問題を克服した高精度で高分解能のガス分布や強度比分布等について示し、それらのデータに基づいた個々のGMCの同定や性質変化について論じている。観測は、45m鏡の観測によってGMCの集合(GMA)が存在することがわかった $1.5\text{kpc} \times 1\text{kpc}$ の領域を選んで行われ、分解能( $\sim 50\text{pc}$ )で渦状腕内部を分解し、個々のGMCの同定を目指した。まず、 $^{12}\text{CO}(10)$ 輝線の3次元データ(空間分布2次元+速度1次元)よりGMCの同定や、高分解のH $\alpha$ の画像との比較を行い、質量( $0.4\text{-}3.5 \times 10^6$ 太陽質量)、線幅、サイズともに天の川銀河のGMCと同程度であることや、星形成の有無によってGMCを二群に分けられることを明らかにした。また、 $^{13}\text{CO}$ 輝線との比較から、観測領域の南部のGMCでは、比較的高い強度比( $0.2\text{-}0.3$ )を示すこと、北部ではGMCが星形成領域に付随していないことを示し、これらの特徴から北部と南部のGMC群がそれぞれ異なる進化段階にあると推察している。さらに、二群に分けたGMCの基本的な性質を比べたところ、星形成の付随したGMCはより質量が大きく、また重力ポテンシャルエネルギーが内部運動エネルギーよりも大きい、重力的に束縛された状態にあることが明らかにした。また、サイズ-線幅関係の比較は、星形成の付随しないGMCの方がより大きな線幅を持つ、すなわち内部乱流が大きいことを示した。重力的束縛の度合いを表すビリアルパラメータは線幅と相関係数 $0.7$ 程度の良い相関を持つことから、線幅の散逸(減少)の度合いが、分子雲の進化(星形成への移行)を反映していると考察している。渦状腕ポテンシャルとGMCの位置関係は、星形成領域の付随した北部のGMCの方がより下流側に位置する事を示しており、これらから渦状腕を通過することでGMCの物理的性質の変化が起こり、それが大質量星形成を導いているとの結論に達した。さらには、GMC形成のrandom coagulation model等の予想と一致する結果であることも指摘している。

第4章では、観測結果と結論を簡潔にまとめ、さらには今後の研究課題に言及している。

本研究は、系外銀河における渦状腕において、初めてGMCを分解しその物理的な性質の変化を捉え、GMCの成長過程・進化と星形成過程の関連の解明に成功したものであり、博士論文としてふさわしい内容となっていると判断できる。

本論文は、久野成夫、佐藤奈穂子、濤崎智佳、中西裕之、徂徠和夫との共同研究に基づくものであるが、論文提出者が主体となって行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。よって、本論文提出者に、博士(理学)の学位を授与できると認める。