

氏名	ひら した ひろ ゆき 平 下 博 之
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2299 号
学位授与の日付	平 成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 ・ 宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	Galaxy Evolution through Far-Infrared Radiation (遠赤外輻射から探る銀河進化)
論文調査委員	(主 査) 助 教 授 嶺 重 慎 助 教 授 太 田 耕 司 教 授 舞 原 俊 憲

論 文 内 容 の 要 旨

申請者は、遠赤外輻射源であるダストの量を、ダスト生成・破壊の素過程をきちんと考察することにより評価し、銀河の輻射エネルギーの半分を担う遠赤外放射の、宇宙論的時間スケールに渡る進化モデルを構築した。

銀河のダスト量の進化をモデル化するために、申請者は重元素がダストの材料である事実に注目し、星間ガス中の重元素の化学進化に則して、ダスト量の進化を定量化することにした。すなわち、重元素量の進化を星の生成・進化にからめて記述する化学進化モデルをベースに、ダストが星の周りで形成され、分子雲中で成長する過程に留意して新たにダスト量の進化方程式を自ら構築し、これらの方程式を解くことにより、観測によって得られた様々な銀河にみられるダスト・ガス比と重元素量の関係を二桁半に渡る広い重元素量の範囲でみごとに説明した。重元素量は銀河の進化段階を表す一つの指標であるから、今回のモデルは観測される様々な進化段階の銀河について適用できることになる。

次に申請者は、星間ガスの物理状態の変化が、ダスト量の進化にどの程度影響するかを考察した。ダストの成長は、密度が高く温度の低い領域で選択的に起こるため、星間ガスの物理状態遷移はダスト量の進化に本質である。実際、多相の星間ガス進化モデル(星間ガスを低温、高温、コロナの3相に分け、それぞれの相のガス全体に対する割合の時間発展をモデル化したもの)に従ってダスト量の時間発展を計算したところ、相変化の時間スケール(1000万~1億年)程度の時間スケールでダスト量も1桁程度も変化することがわかった。このことは、渦巻銀河サンプルのダスト・ガス比が大きくばらついているという観測を説明する。

ところで、銀河ダストの熱放射起源の遠赤外放射量は、銀河の星形成率の良い指標になることが観測的に示され、理論的説明もなされている。そこで、申請者は、理論の式と上で導出したダスト・ガス比と重元素量との関係を組み合わせることで、重元素量の効果を取り入れた「遠赤外光度—星形成率関係」を導いた。その結果、重元素依存性を考えない従来のモデルでは重元素が100分の1しかない若い銀河については4倍程度星形成率を過小評価することになることを新しく見いだした。

最後に、2004年に打ち上げ予定の日本の赤外線観測衛星ASTRO-Fによる銀河進化のモデル検証を念頭におき、遠赤外域での銀河計数(銀河の数をそのフラックスの関数として表したものを)を予測した。これは、これまでに近傍で観測された赤外銀河の特徴(光度関数やスペクトル)を遠方宇宙にまで外挿することで行った。更に、すばる望遠鏡時代のメリットを行かすために、ASTRO-Fで検出される銀河の可視域でのフラックス分布を見積もった。その結果、すばる望遠鏡に装備される予定のファイバー分光器を用いれば、赤方偏移が1以内の銀河の効率的な可視同定が可能であることが分かった。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

われわれが今住んでいるような世界は、どのようにして生まれ、どのように成長してきたのだろうか、現代天文学はこのような疑問のもとに研究が進められ、発展してきた。銀河の過去の歴史を知るには、昔の銀河の姿を捉えればよい。光

の速度は有限なので、昔の銀河とはとりもなおさず遠方の銀河のことだからである。こうして遠方銀河の可視光観測が精力的に進められて来た。ところが近年の多波長観測により、実は、銀河は可視光領域のみならず、赤外線域でも明るく、否、ときに可視光域よりも明るく光っていることがわかってきた。すなわち、銀河史の理解には赤外線放射の理解が不可欠であり、そのためには、赤外線放射を生み出すダストの物理を極めないといけない。本申請論文はこの点に注目し、銀河中のダスト生成・破壊過程をきちんと考慮してダスト量進化モデルを構築し、銀河進化学の将来への発展へ、新しい道すじをつけた点が高く評価できる。

申請者はそのため、既存の化学進化モデルの拡張を試みた。銀河の化学進化モデルとは、星間ガスに含まれる重元素量を、星形成や超新星爆発などさまざまな過程を考慮しながら計算し、観測との比較から銀河形成史を探ろうというものである。申請者は、ダストが星の周りで形成され分子雲中で成長する効率を定量的に評価して、ガス、重元素量の進化を表す二本の方程式に新しくダスト量進化の方程式を加えて数値的にとくとき、ダスト・ガス比と重元素量（あるいは遠赤外放射光度）との間の、観測でよく知られた関係を説明することに、見事成功した。ダスト・ガス比は一定とか、単純に重元素量に比例するとしてきた従来のモデルを、物理過程に基づいた精緻な議論へと昇華させた寄与は大きい

ダストは星間物質の低温相で形成される。ついで申請者は、星間物質が時間と共に各相間を遷移して姿を変えていく過程とダスト形成の関連を議論し、銀河の年齢（数十億年）に比べ十分短い時間スケール（一億年以下）でダスト量が一桁近くも増減することを見出した。このモデルは空間方向の自由度をつぶしたワンゾーンモデルであり、観測への直接応用にはまだまだの観があるが、星間物質の空間パターン形成など、今後の研究に結びつく重要なモデルを提唱したことに間違いはなく、重要な一步を記したといえる。

さらに、上述したダスト形成および遠赤外放射の定式化により、ASTRO-F 衛星で観測されるであろう若い銀河について、遠赤外光度から星形成率を導き、宇宙の星形成史を解明することができる。また、ASTRO-F とすばる望遠鏡により、これまでにない遠方の銀河について高い統計的精度で検証可能である。これら将来への大きな可能性をも秘めた本論文は、当該分野における極めて重要な成果と位置づけられる。よって、本申請論文は、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認めた。なお、本論文に報告されている研究業績を中心とし、これに関連した研究分野について口頭試問を行った結果、合格と認めた。