



「高精度サブミリ波観測で探る惑星系の形成と多様性の起源」

(平成 11～15 年度特別推進研究「サブミリ波干渉計による惑星系形成領域の研究」)

所属・氏名：国立天文台電波天文学研究系・教授・川辺 良平

1. 研究期間中の研究成果

・背景（事象の簡単な説明）

星と惑星系がどのように誕生したかということは、「我々は宇宙で一人ぼっちか？」等の問題とも関連する人類共通の問題である。これまでは、太陽系の歴史を遡るという形で、理論的な研究が進められて来た。日本では「京都モデル」が提唱され、これが太陽系形成論の標準モデルとなった。一方、観測技術の進歩で、太陽系以外の惑星系の形成現場を観測できるようになり、理論との直接比較等が可能になった。さらには、太陽系外の惑星系が数多く発見され、その多様性に富んだ構造が明らかになり、太陽系が普遍的な惑星系の姿なのか、多様性の原因となる物理は何かなどの解明すべき大問題が生じてきた。

・研究内容及び成果の概要

ミリ波帯の観測では、分子雲の中での星形成の初期段階が調べられて来たが、新たにサブミリ波の領域で高感度に高分解で観測することで、星形成に伴う原始惑星系円盤(惑星系形成の材料となるガスと塵からなる円盤)の形成過程や、その構造を詳細に調べて惑星系形成のシナリオを構築することを目指した。野辺山ミリ波干渉計やチリ高地の ASTE10m サブミリ波望遠鏡(写真参照)を用いた観測により、中心星進化と共に円盤が進化する証拠や、円盤の物理的構造には多様性があることなどを明らかにした。理論的研究では、太陽系形成の標準モデルである「京都モデル」を拡張し、系外惑星系の多様性を節目する新たな「惑星系形成パラダイム」を構築し、観測的に発見された系外惑星系の特徴をこのパラダイムで説明できることを示した。



チリ高地(4860m)にある
ASTE10m サブミリ波望遠鏡

2. 研究期間終了後の効果・効用

・研究期間終了後の取組及び現状

特別推進研究の推進中に、惑星系形成の解明や初期宇宙での銀河の形成の解明を目指す究極的な電波干渉計アルマ(アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計)計画を、日米欧 3 極の国際協力で実現しようという機運が高まった。特別推進研究の中核となる研究者がアルマ計画に参画するとともに、この研究をアルマ実現に向けた基礎的な科学研究とも位置づけ、サブミリ波受信機や観測法の基礎開発の成果をアルマへと大きくフィードバックさせ、アルマ実現に大きな貢献をした。

一方、ASTE10m サブミリ波望遠鏡を活用したアルマ完成に向けた準備研究を推進した。特に、惑星系形成においては、その鍵を握る原始惑星系円盤の形成・進化の研究を実施した。アルマ用に開発された新技術などもし、また米国マサチューセッツ大が開発した超高感度の電波連続波カメラも ASTE に搭載して、前例の無いほど大規模な星惑星系形成領域のサーベイ観測を実現した。これらにより、数多く(数百天体)の星惑星系形成の母体となる天体や原始惑星系円盤を見いだした。京都モデルが予言する惑星系形成

直前の幾何学的に“薄い”塵の円盤や、また惑星系を既に形成したと思われる特異な天体も発見され、アルマでの観測の期待が高まっている。

・波及効果

特別推進研究の実施は、アルマ実現に非常に大きな効果があった。また、特別推進研究では、系外惑星の多様性を説明する理論的なモデルを提唱した。このモデルは、惑星形成、系外惑星の研究において標準的な系外惑星系形成パラダイムとして定着しており、特別推進研究がその後の系外惑星研究に大きな貢献をした。

【科学研究費補助金審査部会における所見】

本特別推進研究は、サブミリ波干渉計を開発し、それをを用いて星形成に伴う原始惑星系円盤の形成・構造・進化を詳細に調べ、理論研究と連携して惑星系形成の新しいパラダイムを構築するというものであり、原始惑星系円盤の面密度の導出や円盤の膨張進化の証拠を初めて検出するなど重要な成果をあげた。研究代表者が日米欧によるアタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計計画（アルマ計画）の実現に向けて活躍されたことは、国内外の研究者の等しく認めるところであり、本特別推進研究で開発した高精度のサブミリ波アンテナや受信機、観測方法などがアルマ計画の推進に大きな貢献をしたことは、きわめて高く評価される。また、アルマ計画に先駆け、アルマ建設サイトでASTE サブミリ波望遠鏡を運用したことも特筆に値する。ASTE サブミリ波望遠鏡に高感度ボロメータカメラ（AzTEC）を搭載して実施された星形成領域の大規模サーベイによって、分子雲ガスの散逸のタイムスケールと巨大原始惑星系円盤のガスの残存タイムスケールの下限を求めることに成功したほか、惑星形成直前に対応する薄い塵の円盤の存在を初めて実証するなど、多くの成果が得られつつある。さらに、系外惑星の多様性を説明する理論モデルに関する一連の論文は、コミュニティから非常に多く引用され、惑星科学の発展に大きく貢献している。本特別推進研究に携わった若手研究者も順調に育っており、若手研究者育成という面からも評価できる。