

## 論文審査の結果の要旨

ゴンザレスカサルシア、アルバロ  
氏名 Gonzalez Garcia, Alvaro

論文提出者は、Atacama Large Millimeter/sub-millimeter Array (ALMA)および Atacama Sub-millimeter Telescope Experiment (ASTE)などで用いられる受信機に関して、光学系の設計、解析、最適化などを行い、その性能を向上させた。特に、ALMAバンド10の入力光学系における検出効率の悪化の原因を、物理的考察および解析により、赤外フィルターやクライオスタットの窓とフィードホーン開口周縁部との間で起こる干渉効果によるものであると突き止めた。そして、周縁部の形状の最適化とテラヘルツ領域での反射を防ぐための塗装を施すことにより干渉効果を抑えこみ、受信機の検出効率を約2.5%向上させることに成功した。また、受信機の大量製作・組み立てに伴う誤差の、物理的考察に基づく詳細な評価を行い、最終的に約70台の受信機を、検出効率の悪化を引き起こすことなく完成させることに成功した。これにより、ALMAバンド10によって観測可能な天体数を有意に増加させ、また観測時間を短縮することを可能にした。さらに、テラヘルツ受信機における偏光検出の消光比を悪化させる原因について、これまでにない新しい物理的考察および解析により、高次モードを含めたガウシアンビームを組み込んだ各偏光の詳細な位相解析による評価を行った。その結果、ALMAバンド4の偏光の消光比の測定結果を非常によく説明できることを示した。これにより、将来的に偏光検出の消光比を改善するための有益な示唆を与えた。

本論文は全8章からなる。第1章は、イントロダクションであり、テラヘルツ電波天文学の意義やその検出方法、そしてALMAとASTEの紹介、光学系の重要性や問題点が述べられている。第2章では、準光学解析や近接場測定などのテラヘルツ帯での光学系における一般的な解析手法について説明し、次章以降で登場する、様々な種類の効率やビームスクイントを定義している。第3章では、準光学技術を用いたローカル信号の導入系について述べている。新しい解析手法を提案し、受信機の感度を上げるため、それをALMAバンド10のローカル信号導入系の光学設計に適用したことが述べられている。第4章は、ALMAバンド10とASTEの900 GHz帯受信機の入力光学系について述べている。ここでは、これらの受信機に対して物理的考察に基づく詳細な解析がなされている。第5章においては、クライオスタットの赤外フィルターによる光学特性の悪化に関して述べられており、これを引き起こす物理が説明され、その解決策が提案されている。この手法を適用することによりALMAバンド10受信機の効率が有意に改善された。第6章では、モンテカルロ解析において正確な電磁界アルゴリズムを取り入れることにより行った、新しい誤差解析について述べられている。期待される検出効率は光学系の製作や組み立ての誤差により計算でき、これにより約70個の受信機に対して、製作前に検出効率の評価を行うことが可能となった。第7章では、テラヘルツ受信機における偏光検出の消光比の解析について

述べられている。全システムの消光比を計算する新しい手法が紹介された。この手法は物理的な解析に基づいており、これまでのいかなる手法よりも優れたものである。これにより、偏光検出の消光比を改善するための有益な示唆が与えられている。第8章ではこれまでに得られた結果がまとめられている。また、これらの結果が、期待されるサイエンスに対してどのような意義があるかについても記述されている。

以上の様に、本論文は、電波天文用の、特にテラヘルツ受信機における光学系の設計と解析を行い、その性能を向上させ、今後の星・惑星形成、星間化学、宇宙空間磁場、冷たい星間ガスの黒体輻射、偏光などの観測に対する観測の質を高めたものである。ALMAという大プロジェクトの装置の性能改良、そして大量生産に伴う、性能誤差の解析など、非常に困難な研究の主要部分を、ほぼ一人で推進しただけでなく、物理的な描像を正確にとらえた解析を行い、世界最先端のレベルでの装置の改良に成功したことは、これが新しい物理の発見の可能性を高めたという理由ばかりでなく、これ自体非常に興味深い結果であり高く評価できる。これらの結果は今後のALMA等の観測に大きく貢献する成果であると言える。

なお本論文は鶴澤佳徳氏、金子慶子氏、藤井泰範氏、黒岩宏一氏、齋藤伸吾氏、山本智氏、相馬達也氏、椎野竜哉氏ら複数の研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となって開発、研究を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、審査委員の全員一致により合格と判定し、博士（理学）の学位を授与できると認める。