氏名（本籍地）	長崎 岳人（ 東京都 ）
学位の種類	博士（理学）
学位記番号	博甲第 6797 号
学位授与年月日	平成26年 3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	数理物質科学研究科
学位論文題目	

Development of the Low Noise 500−GHz Heterodyne Receiver for Antarctic Telescopes
（南極望遠鏡用低雑音 500GHz 帯ヘテロダイン受信機の開発）

主査	筑波大学教授	理学博士	梅村 雅之
副査	筑波大学教授	理学博士	中井 直正
副査	筑波大学講師	博士(理学)	瀬田 益道
副査	大阪府立大学教授	理学博士	小川 英夫

論　文　の　要　旨

南極内陸部のドームふじ基地に設置して観測予定の南極望遠鏡に搭載する高感度 500GHz 帯サブミリ波ヘテロダイン受信機の開発を行った。

サブミリ波帯には星形成時に形成されるいくつかの代表的な原子や分子のスペクトル線が存在する。特に 461GHz には高温･高密度領域に存在する CO(J=4-3)、492GHz には一酸化炭素分子の元となる中性炭素原子[CI]($^3P_1$-$^3P_0$)が存在し、星形成史の研究には重要な周波数である。しかしながらこの周波数帯は大気中に存在する水分子や酸素分子などによる吸収率が高く、地上における観測は高地砂漠地帯などにおいても容易ではない。現在、地上で最もサブミリ波～テラヘルツ帯の観測に適した場所として期待されているのが、南極大陸内陸部の高原地帯である。特に日本のドームふじ基地は標高 3800m にあって平均気温-54℃、最低気温が-80℃に達して水蒸気量が極めて少なく、この周波数帯を観測するには最適であると考えられている。筑波大学宇宙観測研究室ではここに口径 10m の大型望遠鏡を設置し、サブミリ波～テラヘルツ帯で観測を行う計画を進めている。南極で運用する望遠鏡はその環境上の特徴から望遠鏡ならびに受信機に厳しい制限が存在し、かつ世界最高水準の受信機である必要がある事から、専用の望遠鏡と受信機が必要である。

南極望遠鏡のプロトタイプとして口径 30cm の可搬型サブミリ波望遠鏡の開発を行った。この望遠鏡は 500GHz 帯において空間分解能 9 分角により銀河面の掃天観測を行うことを主目的としている。新たに開発した 500GHz 帯受信機は 30cm 望遠鏡に搭載可能でありながら、将来的に 10m 南極望遠鏡でも運用可能なように設計されている。この受信機は超伝導物質を用いており受信機性能は冷却温度に依存する事から、高感度であるためには 4K 冷凍機を用いて冷却することが必要である。しかしながら南極では使用可能な電力が少ないことから、普通用いられる冷凍機と比較して消費電力の少ない冷凍機を用いなければならない。今回、冷却受信機系設計において高精度な熱設計を行い、0.1W という低い冷凍能力の

冷凍機を用いながらも受信機温度を 3.5K 以下まで冷却可能とした。一般的な受信機の冷却温度は 4K 程度である。これまでこの周波数帯の受信機はより低周波の受信機と比較して雑音温度(受信機感度)が高かったが、理論的限界(量子雑音)の 3 倍の水準まで性能が向上させた。最終的な雑音温度は 461GHz において 70K 以下、492GHz において 90K 以下を達成しており、これらの値は世界最高値である。

開発した 500GHz 帯受信機において実際の天体信号を受信するため、チリ共和国の高地砂漠地帯において 30cm 望遠鏡に搭載して試験観測を行った。その結果、オリオン分子雲からの天体信号の受信に 461GHz、492GHz ともに成功し、且つ 1 ヶ月の運用も行うことができた。以上のことから実際の観測に運用可能な 500GHz 帯望遠鏡の開発に成功した。

審　　査　　の　　要　　旨

〔批評〕

本研究は南極内陸部で観測する南極望遠鏡用の小型軽量で低消費電力の 500GHz 帯受信機を開発したもので、CO(J=4-3)の 461GHz において受信機雑音が 70K 以下、CI の 492GHz において 90K 以下という世界最高感度のヘテロダイン受信機を実現したことは高く評価される。

〔最終試験結果〕

平成26年2月21日、数理物質科学研究科学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

〔結論〕

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。