

氏名(本籍)	石井峻(長野県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第5624号
学位授与年月日	平成23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 Transportable Telescope for Submillimeter-Wave Astronomy in Antarctica (南極におけるサブミリ波天文学のための可搬型望遠鏡の開発)
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	筑波大学准教授 博士(理学) 森正夫
副査	東京大学教授 理学博士 山本智

論文の内容の要旨

本論文では、南極ドームふじ基地において500 GHz (波長0.6 mm) 帯サブミリ波輝線およびダスト放射の銀河面サーベイ観測を行うことを目的とし、専用可搬型望遠鏡の開発を行った。

南極ドームふじ基地は南極大陸内陸部の高原地帯にある観測基地で、年平均気温 -54°C 、標高3810 m という極寒の高地に位置するため、水蒸気量と酸素量ともに少なく、高い大気透過率が期待できる。実際、サイト調査として2006年12月から2007年1月の現地の夏季に220GHz帯での大気的光学的厚みを測定し、平均 $\tau_{220} = 0.045 \pm 0.007$ を得た。この値は、現在地上で最も大気透過率が良いと言われているチリ北部のアタカマ砂漠の高原地帯の同時期における値をはるかに凌駕するものであり、南極ドームふじ基地が地上で最高の観測適地であることを実証した。

サイト調査の結果を受け、ドームふじ基地にて運用する可搬型サブミリ波望遠鏡の開発を行った。この望遠鏡はサブミリ波帯での銀河面サーベイと将来の大型望遠鏡のプロトタイプという2つの役割を持つ。銀河面サーベイの対象とする461.04 GHzの一酸化炭素の高励起回転遷移輝線 $\text{CO}(J=4-3)$ は星形成の直接の母体である高温・高密度ガスの、492.16 GHzの中性炭素原子の微細構造輝線 $[\text{C I}](^3P_1 - ^3P_0)$ は低密度ガスの、連続波はダスト分布の指標である。これらの観測から、星間物質の進化過程や星形成過程をとらえ、銀河系構造との関係を解明することが期待できる。

望遠鏡は、コロンビア1.2m望遠鏡による既存の $\text{CO}(J=1-0)$ 輝線(周波数115.27GHz)の銀河面サーベイと同じ角分解能(9分角)で輝線強度の比較が行えるように口径は30cmとした。冷却受信機はPCTJ型のSISミキサを採用し、受信機雑音は約900K(SSB)である。分光計は帯域幅1GHz(速度幅650km/s)で周波数分解能は61kHz(0.040km/s)である。ドームふじ基地で運用する際に必須となる可搬性実現のため、全システムは各50kg以下の5個の部分に分割可能とした。その場合でも構造的な工夫を行うことにより高精度な光学軸が保存されることとした。

2010年8月から10月にかけてチリ北部の砂漠地帯に位置する標高4400mのParinacotaに望遠鏡を設置し、

Orion-KL の観測でファーストライトに成功した。ポインティング精度は空間分解能の 10 分の 1 以下である 0'.7、ビーム能率は $\eta \approx 0.87$ 、大気込み雑音温度はおよそ 2000 K (SSB) であった。また太陽の観測から 9'.4 の対称性の良いビームを持つことを確認した。また、空冷効率が低下する高地対策として分光計および中間周波数系に冷媒循環装置を実装し、運用実績を得た。さらに上記の評価試験を経て M17 領域の CO (J=4-3) 輝線による試験観測を行い、コロンビア 1.2m 鏡による CO(J=1-0) 輝線との強度比較から分子ガスの温度と密度という物理量を算出した。

審査の結果の要旨

本論文では、サブミリ波からテラヘルツ波において地上で最高の観測環境を有する一方、その特殊な環境から望遠鏡の設置には多くの困難を伴う南極ドームふじ基地に設置して観測に供する初めての望遠鏡一式を開発した。望遠鏡を 5 分割して人力だけによる運搬建設を可能とする可搬型とし、しかしそれに伴う光学軸のずれを発生しない構造上の工夫を行い、低大気圧でも過熱しない方策の採用など多くの創意工夫と精密な性能測定を行って、CO(J=4-3) 輝線の銀河面掃天観測というユニークな観測に供することのできる望遠鏡を完成した。これによって銀河系の構造と大局的星形成の解明並びに南極天文学の推進に大きく貢献すると期待され、高く評価される。

よって、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。