

二国間交流事業 共同研究報告書

平成 23 年 4 月 1 日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

共同研究代表者所属・部局 自然科学研究機構・国立天文台

職・氏名 (ふりがな) 准教授・関本 せきもと 裕太郎 ゆうたろう

1. 事業名 相手国 (ロシア) との共同研究 振興会対応機関 (RFBR)

2. 研究課題名 サブミリ波・テラヘルツ波超伝導イメージングアレイ検出器の開発

3. 全採用期間

平成 21 年 4 月 1 日 ~ 平成 23 年 3 月 30 日 (2 年 ヶ月)

4. 研究経費総額

(1) 本事業により交付された研究経費総額 5,000 千円

初年度経費 2,500 千円、 2 年度経費 2,500 千円、 3 年度経費 千円

(2) 本事業による経費以外の国内研究経費総額 4,000 千円

5. 研究組織

(1) 日本側参加者

氏名 <small>(ふりがな)</small>	所属・職名	研究協力テーマ
松尾 宏	国立天文台・准教授	検出器の設計
野口 卓	国立天文台・教授	超伝導素子の開発
鵜澤 佳徳	国立天文台・准教授	超伝導素子の開発
日比 康詞	国立天文台・研究員	検出器の評価
成瀬 雅人	東京大学・大学院生	超伝導検出器の設計評価
井上裕文	東京大学・大学院生	検出器の評価
新田冬夢	筑波大学・大学院生	検出器光学系の設計
鈴木 仁研	国立天文台・研究員	超伝導素子の開発

(2) 相手国側研究代表者

所属・職名・氏名 Moscow State Pedagogical University・Professor・Gregory Goltsman

(3) 相手国参加者（代表者の氏名の前に○印を付すこと）

氏名	所属・職名（国名）	研究協力テーマ
○ Gregory Goltsman	Moscow State Pedagogical University・ Professor	Future plan
Boris Voronov	Moscow State Pedagogical University・ head of Lab. (Russia)	Superconducting detector development
Matvey Finkel	Moscow State Pedagogical University・ senior researcher (Russia)	Superconducting detector design
Sergey Ryabchun	Moscow State Pedagogical University・ researcher (Russia)	Superconducting detector array design
Sergey Shitov	Institute of Radio Engineering and Electronics・leading researcher (Russia)	

6. 研究概要（研究の目的・内容・成果等の概要を簡潔に記載してください。）

テラヘルツ領域を含むサブミリ波帯の広視野高感度のイメージングアレイを実現するため、超伝導体を用いたサブミリ波帯 2 次元アレイ検出器の開発を行う。天文学では、宇宙創成のまもないころの低温の天体形成の研究を進めるためサブミリ波の広視野高感度観測は極めて重要である。これに必要な検出器は、世界中で競って開発されている。現在の最高性能は、半導体ボロメータや TES ボロメータをもちいて雑音 $NEP \sim 10^{-17}$ W/Hz^{1/2} で 100 素子程度が達成されている。我々は、ALMA プロジェクトで開発した超伝導素子の高品質化により、0.1 K にて $NEP \sim 10^{-18}$ W/Hz^{1/2} を達成する 1000 素子程度の 2 次元アレイ検出器の開発を目指している。これによって既存の TES ボロメータに比べ 2 桁近い感度の向上が期待され、衛星による超高感度のサブミリ波イメージングが可能となることが期待される。

本共同研究では、国立天文台・先端技術センターの電波グループと、ロシアのモスクワ州立教育大学 (Moscow State Pedagogical University: MSPU) Gregory Goltsman, Boris Voronov, Matvey Finkel, Sergey Ryabchun およびロシア電波技術研究所 (Institute of Radio Engineering and Electronics: IREE) Sergey Shitov の協力により、サブミリ波・テラヘルツ波イメージングアレイを開発し、ロシアで計画されている天文観測衛星 Millimetron や JAXA で計画している SPICA 衛星用の検出器に向けた基礎開発をおこなった。国立天文台・先端技術センターの電波グループは、これまで ALMA 用受信機の開発をおこなった関本裕太郎・野口卓・鶴澤佳徳とサブミリ波 SIS カメラを開発した松尾宏と若手ポスドク研究員 2 名と大学院生 2 名をコアとした研究グループである。

高感度サブミリ波帯超伝導フォトン検出器のために、雑音を減らす高品質超伝導膜の開発研究をロシア MSPU と国立天文台先端技術センターで協力しておこなった。超伝導製膜装置やクリーンルームの現状を互いに視察し、高品質超伝導膜形成への共通の認識を得た。

ロシアで計画中の Millimetron 衛星についての日本からの参加について検討をおこなった。国立天文台で開発しているサブミリ波ヘテロダイン受信機やサブミリ波超伝導カメラの仕様を議論するとともに、Millimetron 衛星の冷却システムを検討し、JAXA を共同で訪問した。両者が協力して、天文観測衛星プロジェクト用観測装置の検討を行った。両者で協力して以下の 3 要素を重点的におこなわれた。1) 高品質超伝導膜の作成プロセス (ロシア MSPU は NbN、天文台は Nb) 2) 2 次元アレイのための検出器 (光学アンテナ・読み出し回路) 設計 3) 観測装置のシステム設計を行なった。観測周波数としては、ロシアでは 2 - 3 THz、国立天文台では 0.5 - 1.5 THz の広視野観測装置について検討した。超伝導体として窒化ニオブを用いることで 1 THz 以上の周波数領域での検出器開発を進めた。さらに超伝導のエネルギーギャップ周波数以上の検出特性について検出原理の検討を行い、広帯域のテラヘルツ領域における検出性能の最適化を試みた。