

共同研究契約報告書

令和2年4月28日

令和元年7月8日付

「TMT中間赤外線観測装置MACHIの要素技術開発：試験機での実証段階へ」

研究代表者：東京大学大学院理学系研究科・助教・左近 樹

研究協力者：東京大学大学院理学系研究科・特任助教・上塚 貴史

上記共同研究契約について、下記のとおり報告いたします。

住 所：東京都文京区本郷 7-3-1

名 称：国立大学法人東京大学

代表者：総長 五神 真

代理人

理学系研究科等事務部長 生田目 金雄 印

記

1. 成果報告書（別紙のとおり）
2. 使用実績報告書（別紙のとおり）

以上

成 果 報 告 書

1. 研究の実績

(1) 研究の実施日程

研究項目	実 施 日 程											
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
中間赤外線検出器の性能評価							●		●	●	●	●
背景光ゆらぎ除去法の開発									●	●	●	●
L, M-band検出器の性能評価							●	●	●	●	●	●
中間赤外線イメージスライサーの実証試験								●	●	●	●	●

(2) 研究の成果の説明

中間赤外線検出器の性能評価は、Raytheon 社製 Aquarius アレイ (Si:As IBC 1k x 1k アレイ検出器) を正常動作させ、所定の性能を達成するという研究項目であり、MICHU に搭載する可能性のある大フォーマット中間赤外線検出器アレイを動作させるための検出器制御システムの実現を目標とするものである。試験に用いる Aquarius アレイは、実際の天文観測を通じた性能評価を行うために昨年は国立天文台ハワイ観測所に移送していたが、この試験観測を完了して再び日本において性能向上を行うべく、これを日本に移動させる作業を行った。この作業を 10 月に上塚を中心に実施し、12月に無事に日本に到着した。Aquarius 検出器の駆動で現状問題となっているのは強い横縞のパターンノイズの発生であり、これにより著しく観測が難しくなっている。その発生要因が、検出器への電流供給系の不具合にある可能性が明らかとなり、これを解決するために常温・冷却部とも検出器制御システムの回路系を改良する必要があった。この改良のための回路系の再設計・エレキボードの製作・実装部品の調達を 1-3 月に上塚・酒向にて実施・完了した。新システムによる検出器動作試験は来年度実施する。

背景光ゆらぎ除去法の開発は、地上中間赤外線観測において大きな問題となる背景熱輻射を除去する観測手法を新たに開発する研究項目である。従来は望遠鏡の副鏡を高速駆動し、ビームスイッチングを行って得た二枚の画像を差し引きする副鏡チョッピング観測を行っていた。しかし MICHU が搭載される TMT では副鏡チョッピングは不可能である。そのためこれを代替する背景光減算技術の開発が必要となっており、「スロースキャン観測」という手法によってこれが実現できるかどうかを探っている。本手法は、観測天域を低速でスキャンしながら観測し、天体の光だけを時間的・空間的に一定でなくなるよう変調し、信号処理によってこれを抽出するという方法である。この方法の有効性の検証は始まったばかりであり、スキャン速度依存性や多波長での有効性などを検証する必要がある。そのための Subaru/COMICS を用いたエンジニアリング観測を提案し、12 月にこれを大澤・藤吉・宮田・上塚・本田にて実施した。結果、二種類のスキャン速度 (0.02, 0.06 秒角/秒) で取得したデータを、N band (11.7 μm)・Q band (18.8 μm) にて取得することができた。得られたデータは現在解析中であり、結

果がまとまり次第論文化する。

L, M-band 検出器の性能評価は、Teledyne 社製 Hawaii-1RG (H1RG) アレイ (HgCdTe 5- μm cutoff 1k x 1k アレイ検出器) を正常動作させ、所定の性能を達成する研究項目である。L, M-band 観測用 HgCdTe アレイ検出器の MICHI への搭載に向けた開発項目で、そのための検出器制御システムの構築を行うものである。本年の開発課題として、先の Aquarius アレイ制御システムの開発の中で明らかになった常温部制御ボードの改修作業をまず実施した。これを適用した検出器の読み出し試験を実施した結果、H1RG アレイ全チャンネルを安定的に読み出せるシステムを実現する事ができた。次に行ったのは読み出しクロックの改良である。H1RG の冷却試験を行いながら読み出しクロックを改良した結果、検出器バイアスの安定的な印加・読み出し開始時のシグナルドリフトの回避が達成可能となり、さらにリファレンスピクセルを利用したチャンネルごとのドリフトの低減、各チャンネルに共通して現れるパターンノイズの除去を実現することで、検出器全面で安定したデータを得ることができるようになった。これらの試験をダーク環境にて実施したのち、光を導入する試験を実施したところ、検出器が高感度に光に反応する様子を確認するにいたった。これらの試験を 10 月から 3 月まで継続的に、上塚・酒向・宮田を中心に実施した。来年度は定量的な評価を行い、性能評価を完遂させる。

中間赤外線イメージスライサーの実証試験については、左近・片ざらを中心としたメンバーで実施した。まず、2019年11月に(1) Si:As 320x240, MUX, IBC006 および (2) Si:As 320x240, MUX, P/N 426492-1.00 の2つの検出器について、国立天文台ハワイ観測所より太陽検出器の譲渡にかかる申請を行ない、検出器の管理を今後東京大学で行うこととした。その際、それらの検出器を使用する中間赤外線面分光装置MIRSISの国内望遠鏡での実稼働試験に向けた道筋として、研究課題として『中間赤外面分光装置MIRSISを用いたイメージスライサー及びコロナグラフ開発』を設定し、既存の面分光開発メンバーに加え、地上中間赤外線コロナグラフ開発(特にVotex Coronagraph Filterの開発)を目的とするメンバーを含む研究体制を構築し、MIRSISの国内望遠鏡での試験を実現に向けた体制を強化した。本経費の一部は、国内望遠鏡での試験に向けた実験室内での検出器駆動試験および光学性能評価試験のために必要となる制御機器の更新に充当した。一方、イメージスライサーをTMTの観測装置に利用し、特に系外惑星観測装置としての機能を装具するための道筋を考える上で、PSIとMICHIの生産的なコミュニケーションが極めて重要である。2019年度は、日印でのTMTの中間赤外線観測装置を利用するサイエンス検討を深化させたほか、2019年11月以降、PSI-Red PIのAndy SchemerおよびDeno Stelzer (US Santa Cruz) と会合を重ね、TMT/PSI-redの前身となる観測装置であるKeck/SCALESに利用可能な近・中間赤外線イメージスライサー(波長2-5 μm をカバー)の開発に参加し共同研究に着手した(2020年1月に提出されたSCALES NSF proposal “MRI: Development of an Exoplanet Imaging Spectrograph for Keck Observatory (P. I. Andy Schemer)” に共同研究者として参加)。