

平成28年度国立天文台共同研究報告書

平成 29年 3月 24日

国立天文台長 殿

代表者	氏 名	(ふりがな) ふるや れい		
		古屋 玲 		
	所属・職	徳島大学大学院総合科学研究部 准教授		
	電話	088-656-8016	E-mail	rsf@tokushima-u.ac.jp
研究課題名	サブミリ波偏光観測による星形成ガス雲の磁場構造推定法の研究と実装			
研究期間	2016年 8月 30日 ～ 2016年 9月 12日			
研究場所	東アジア天文台 ジェームズ・クラーク・マクスウェル望遠鏡および国立天文台ハワイ観測所			
共同研究者 氏名・所属等	大橋 永芳、林 左絵子、富阪 幸治 (国立天文台)、松村 雅文 (香川大学)、川端 弘治 (広島大学)、土井靖生 (東京大学)、權 静美 (Kwon Jungmi; 宇宙科学研究所)、Derek Ward-Thompson, Kate Pattle (英国ランカシャー中央大)、Per Friberg, Harriet Pearson, David Berry (東アジア天文台) ほか			

研究概要	「分子雲が自己重力で収縮し、星が誕生する」というシナリオが描かれたのは半世紀前のことである。現在では、乱流状態にある星間雲内部で、周囲に比べ密度の高い分子雲コアと呼ばれる領域において恒星が形成されることがわかっている。しかし、未解決の疑問点が多数残っており、もっとも理解が立ち遅れているものが磁場の役割である。理論研究から、「弱い磁場のもとで磁場に支えられていないガス雲から自由落下時間程度で星が形成される」という「速い星形成」のパラダイムが有力となった。理論研究がパラダイムを形成するなかで、観測的な裏付けが十分に取れていないのが現状である。 観測的検証のひとつが、本研究の主題である、磁場の空間構造の解明である。そこで、代表者らはマウナケア山頂のサブミリ波望遠鏡ジェームズ・クラーク・マクスウェル望遠鏡(以下、JCMT; 口径 15m)のレガシー観測(P.I.: 英国の D. Ward-Thompson 教授)“BISTRO: B-fields In Star forming RegiOns”において、12 の星形成領域に対して偏波撮像に取り組んできた。これは星形成領域における磁場構造を系統的に明らかにする初めての試みとなる。 本研究が最終的に目指す、研究目的は次の4点である。 【最終目的1】サブミリ波ボロメータアレイ SCUBA-2 に偏波計 POL-2 を組み合わせたシステムで取得されたデータから、偏波の方向マップを得るための方法論と機械的偏波特性を除去するアルゴリズムの研究を行い、データ解析パッケージ Starlink へ実装する。 【最終目的2】得られた偏波方向マップの解釈のため、ダスト粒子の整列過程のモデルを検証する。これまで近赤外線などの偏光観測が明らかにしてきた分子雲周囲の低密度領域に対して、サブミリ波は分子雲コアの周囲など、より高密度領域をトレースする。このようにして星形成に直接関与する高密度ガス雲の磁場構造を明らかにする。 【最終目的3】観測された偏波構造が磁場構造を反映していることを確認したのち、例えば、偏波の方向マップに見られる「砂時計」形状のくびれ具合と理論モデルを直接比較する。これによって「強い磁場」と「弱い磁場」のどちらが有力なのかを検証する。 【最終目的4】チャンドラセカール・フェルミ法により、間接的ではあるが、磁場強度を推定する。 以上を目的とする長期(2016 年度から5年間)かつ大規模な国際共同研究(6つの国と地域から106名の研究者が参加)BISTRO プロジェクトにおける、平成28年度国立天文台共同研究の直接的な狙いは、次の2点に集約される。 〈共同研究の狙い1〉国際共同研究である、BISTRO プロジェクトの観測に日本チームのPI を初めて派遣し、日本チームの研究活動を実質化すると同時に、日本のプレゼンスをアピールする。 〈共同研究の狙い2〉日本の研究コミュニティにとって、馴染みのない JCMT の観測システムとデータ解析ソフトウェア群を「実感を持って」理解し、2016 年秋以降に本格化するデータ解析ソフトウェアのアップグレードに日本が深くコミットするきっかけを作る。
------	---

【概要】

本助成による補助は、国際共同研究における、一部の研究活動に使われたわけであるが、その役割は「単なる1回の海外渡航」を大きく超え、「日本チームPIにとって初めての観測機会を実現する」という重要性があった。そこで、本助成による直接的な成果と帰国後の波及効果にわけて、進捗を報告する。

【本助成による直接的な成果】

本共同研究経費の支援を受け、JCMTでの10日間にわたる観測に代表者が参加することができた。観測割り当ては、2016年9月であり、10夜のうち、5夜は上述のラージ・プログラム観測、5夜は代表者による、同一システムを用いた個別偏波観測であった。

PIが実際に観測に参加することによって、文書の通読のみでは知り得なかった観測システムの実情を把握できたことが最大の成果である。これによりデータの一次処理プログラムの現状と課題に関する理解が飛躍的に深まった。その結果、2016年秋以降に集中的になされたデータ処理プログラムの改良作業に参画する数居が大きく下がり、主体的に参画することができ、国際チームにおける日本の存在感を増すことに繋がった。

【本助成による波及効果と現状】

本助成による渡航後、国際共同研究における日本チームの寄与は、データ解析ソフトウェア改良への貢献に代表されるかたちで実質化した。以下では、2017年3月時点での「最終的な研究目的」への波及効果および現状を述べる。

目的1への波及効果: 観測終了後、ハワイ観測所、東アジア天文台および英国中央ランカシャー大学の共同研究者とただちに既存のソフトウェアでのデータ解析を行った。当初は、偏波ベクトルマップを得るための参照マップとして使用する、Stokes Iマップを偏波計の半波長板をビーム内に入れない別観測から作成していた。詳細な評価作業の結果、別観測であるため大気的光学的厚みの時間変化を十分に除去しきれていないことが発覚したため、2016年秋にソフトの改修を行った。これにより一定の改善を見たが、満足できるものではなかった。

Stokes Iマップで信号対雑音比の低い、広がった放射に対する偏波撮像能力をさらに改善するために、英国の共同研究者 David Berry が中心となり、信号強度の高いピクセル群の時系列データに準拠して、弱い成分を検出するアルゴリズムを開発し、実装した。このアップグレード作業において、日本チームが評価作業の中心を担ったことは、本助成による間接的な成果といえる。この結果、これまで検出できなかった偏波成分も検出するなど、確実な進展をみた。開発されたタスクは、Starlink パッケージに組み込まれ公開されている。

目的2の現状: プレリミナリな解析結果ではあるが、Stokes Iマップで点源と見なせる天体方向に偏波率の動径方向分布平均図をつくると、中心方向で顕著に depolarization することを示すデータが「へびつかい座分子雲中心方向」(Oph A 領域)などで得られた。この解釈のため、ダスト粒子の整列過程のモデルの検証を行いたい。

目的3および4の現状: アップグレードされたソフトウェアを用いた、オリオン領域の偏波撮像の成果を中心に、BISTRO プロジェクト全体を俯瞰し、観測手法とデータ解析の詳細をまとめた論文を2017年3月に投稿した(Ward-Thompson, D., et al. ApJ submitted)。チャンドラセカール・フェルミ法を利用したオリオン領域中心部での磁場強度推定の論文(Pattle, K., et al.)を ApJ に近日中に投稿できる。以上の論文においても、日本チームは誤差評価で大きな役割を果たした。日本が主導する論文としては、Oph A 領域の初期成果をまとめた論文(Kwon, J., et al.)も数ヶ月以内に投稿されよう。なお、日本チームの主導する論文の投稿が英国チームのそれらに比べ遅れている理由は、データの取得が英国チームの6ヶ月遅れであった為に過ぎない。

その他参考 となる事項 (希望事項も 含む)	今回の渡航については、助成申請時の見通しを上まわる滞在日数がハレポハク中間施設において必要となったため、旅費全額を本助成で賄うことができなかった。このため、渡航の一部期間(6泊)を所属大学において「研修」として扱い、私費でハレポハク中間施設使用料(USD 949.26)を負担したことを付言しておく。 日本の教育研究機関に所属する研究者がJCMTを用いた観測的研究を行う場合、制度上の課題が複数あることがわかってきた。それらについては、私たちの研究チーム以外の国内JCMTユーザーの意見も踏まえ、古屋および川端の連名で、「東アジア天文台 ジェームズ・クラーク・マクスウェル望遠鏡の運用に関する希望と提案(回答)」(2017年1月16日)を有本 信雄 ハワイ観測所 所長(写し: 渡部 潤一 副台長)へ提出し、同年2月22日に林 台長、渡部 副台長および小林 副台長との意見交換の場を持った。
---	---