

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：82645

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H07479

研究課題名(和文)円偏光を利用した星惑星形成の研究

研究課題名(英文)Circular Imaging Polarimetry of Star and Planet Forming Regions

研究代表者

権 静美 (KWON, Jungmi)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・宇宙航空プロジェクト研究員

研究者番号：60724094

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：すばる望遠鏡などを利用して、惑星形成領域における赤外円および直線偏光観測を行うことを目指した。1年目は南アフリカにある近赤外線望遠鏡 IRSF を用いて星・惑星形成領域の円偏光サーベイ観測や直線偏光観測を行い、その結果を欧文査読論文として2編、2年目も引き続き3編出版した。これらの研究は、今後、円盤スケールでの円偏光と生命のホモキラリティーの議論を行うことにつながるものである。さらに、すばる望遠鏡において高解像度赤外円偏光の観測を行うための偏光器のアップグレードを完了し、試験を行った。今後の星惑星形成、円盤およびアストロバイオロジーの研究に新展開をもたらすものと期待される。

研究成果の概要(英文)：The near-infrared circular polarization (CP) observations in protoplanetary disks with high resolutions ( $<0.1''$ ) has never observed. In this research, I have prepared to perform near-infrared circular and linear imaging polarimetry of star and planet forming regions using the Subaru 8.2-m telescope. During this research, I have performed a near-infrared CP survey by using IRSF 1.4-m telescope, and five papers were published. Note that this research is directly linked to the studies not only on the origin of CP in star and planet forming regions but also the origin of homochirality of life on Earth in disk scales. The polarimeter for Subaru/IRCS, is also upgraded and the test observations were performed. In addition, new circular polarizer is prepared for an accurate calibration. This research using totally new data is very important because it is directly linked to not only astronomy but also astrobiology as a work on the astronomical origin of homochirality of life.

研究分野：天文学

キーワード：星・惑星形成 円偏光

### 1. 研究開始当初の背景

初めて恒星を周回する太陽系外惑星が発見されたのは1995年のことである。しかし、既に1980年代半ばから、系外惑星の観測研究にとって重要な対象がもう一つ認識され始めていた。それは、若い星をとりまく、惑星系の母体とみられる円盤(原始惑星系円盤)と主系列星のまわりの残骸円盤である。系外惑星の発見より前から、その母体を認識できたのには理由がある。当時すでに、太陽系の誕生を説明する理論的枠組みは確立していた。生まれたての太陽を取りまく円盤(原始太陽系星雲)の中で、地球や木星を含む惑星が形成されたとするシナリオである。一方、1980年代半ば以降、多くの若い星の周りに円盤存在の兆候が捉えられ始めたが、そこから推定された円盤の大まかな特徴は、原始太陽系星雲で考えられていたものと良く似ていることがわかった。このことから、若い星の周りにある円盤もまた、惑星系の母体に違いはないと考えられるようになった。

### 2. 研究の目的

研究代表者は、これまでに『星形成領域』における赤外円偏光観測の重要性を示してきたが、その拡張として、本研究においては『惑星形成領域』における赤外円偏光観測を提案する。研究代表者は、これまでに世界で初めて多数の星形成領域の赤外線直線および円偏光観測を行い、若い星の星周構造における円偏光の普遍性を示すだけでなく、天体質量の目安となる赤外光度と円偏光度に良い相関があることを発見した。これは、赤外円偏光が散乱だけでなく吸収の影響も受けており、星形成領域を研究する重要な新しいツールとなることを示唆する。そこで本手法を惑星形成領域である原始惑星系円盤に適用、世界初の高解像度赤外円偏光観測を実現し、円盤のダスト・磁場の情報を得ることを目指す。質的に新しいデータが得られる本観測によって、未だよく分かっていない円盤中のダストの成長や磁場の役割を理解し、さらに生命のホモキラリティーの謎にも迫り、新知識を得る。

### 3. 研究の方法

研究代表者は、これまですばる望遠鏡用に円偏光を実現するためのハードウェアアップグレードを進めてきた。これにより、0.1秒角を切る解像度で原始惑星系円盤の円偏光(および直線偏光)が観測できる状況は整っている。そのハードウェアとソフトウェアの両方を主導し、装置は稼働できるようになった。IRSF望遠鏡における偏光観測は自然シーイングである1秒角程度であるが、原始惑星系円盤の観測には、0.1秒角程度の解像度が不可欠であり、すばる8m望遠鏡と補償光学の利用が不可欠である。このような円偏光装置の計画は他の8-10m望遠鏡には皆無であり、本研究はすばる望遠鏡の独壇場とな

る。さらに、ターゲットの選定や議論のため様々な望遠鏡を活用することで、生まれたての星(原始星)及び原始惑星系円盤の多波長側の定量的解析を進めた。

### 4. 研究成果

本研究では、すばる望遠鏡などを利用して、惑星形成領域における赤外円および直線偏光観測を行うことを目指した。惑星形成の場である原始惑星系円盤の観測には、0.1秒角程度の解像度が不可欠であり、8m級望遠鏡と補償光学の利用が不可欠である。

本研究のため、1年目は南アフリカにある近赤外線サーベイ望遠鏡 IRSF を用いて星・惑星形成領域の円偏光サーベイ観測や直線偏光観測を行い、その結果を欧文査読論文として2編出版した(Kwon et al. 2016a, ApJ, 824, 95, Kwon et al. 2016b, AJ, 152, 67; 図1-3参照)。2年目も引き続き3編出版した(Kwon et al. 2018a, ApJS, 234, 42, Kwon et al. 2018b, ApJ, 859, 4, Kwon et al. 2018c, AJ, 156, 1)。これらの研究は、今後、円盤スケールでの円偏光と生命のホモキラリティーの議論を行うことにつながるものである。

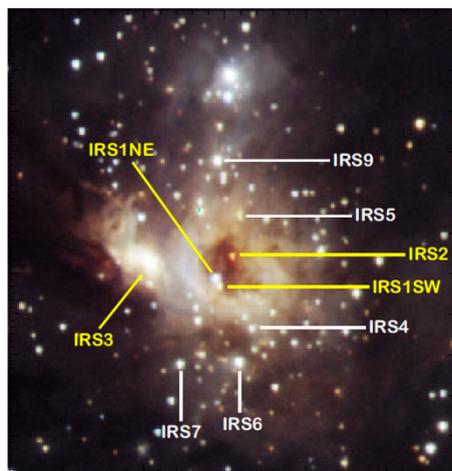


図1. 南アフリカにある IRSF 1.4m 望遠鏡を用いて観測された Mon R2 の JHKs 三色画像 (Kwon et al. 2016b)。

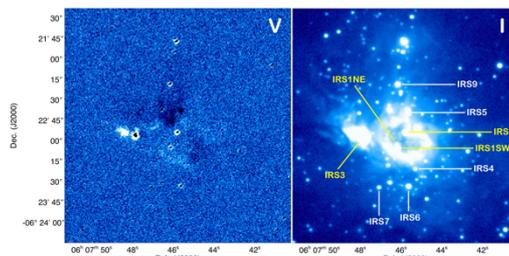


図2. 上記の Mon R2 の Ks バンドでの Stokes V (左) と Stokes I (右) の画像 (Kwon et al. 2016b)。

さらに、すばる望遠鏡において高解像度赤外円偏光の観測を行うための偏光器のアップグレードを完了し、試験を行った。偏光器は、1/2 波長板、1/4 波長板、ウォラストンプリズム偏光子およびそれらの回転・保持機構からなる。1/2 波長板は連続回転可能により、直線偏光の偽円偏光への変換を十分抑制できることを確認した。また、より精密な偏光校正のために円偏光子も新たに導入した。精密な評価は今後の課題であるが、本研究で取得している円偏光データは、今後の星惑星形成、円盤およびアストロバイオロジーの研究に新展開をもたらすものと期待される。

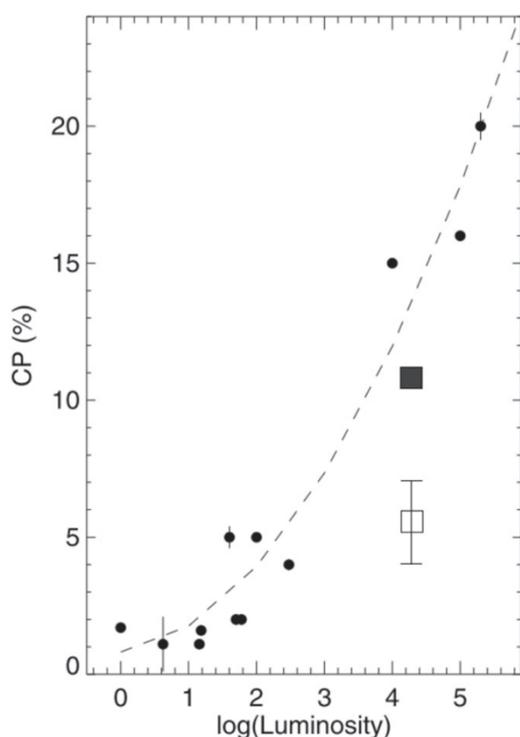


図 3. 円偏光と光度の相関関係 (Kwon et al. 2014, Kwon et al. 2016a)。円偏光と光度(質量)に相関があることが本研究から初めて明らかに解明された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

① Jungmi Kwon, Takao Nakagawa, Motohide Tamura, James H. Hough, Ryo Kandori, Minho Choi, Miju Kang, Jungyeon Cho, Yasushi Nakajima, and Tetsuya Nagata, "Near-infrared Polarimetry of the Outflow Source AFGL 6366S: Detection of Circular Polarization", AJ, 査読有、156 巻、2018、1  
DOI: 10.3847/1538-3881/aac389

② Jungmi Kwon, Yasuo Doi, Motohide Tamura, Masafumi Matsumura, Kate Pattle, David Berry, Sarah Sadavoy, Brenda C. Matthews, Derek Ward-Thompson, Tetsuo Hasegawa, et al. (112 additional authors not shown), "A First Look at BISTRO Observations of The  $\rho$  Oph-A core", ApJ, 査読有、859 巻、2018、4  
DOI: 10.3847/1538-4357/aabd82

③ Jungmi Kwon, Takao Nakagawa, Motohide Tamura, James H. Hough, Minho Choi, Ryo Kandori, Tetsuya Nagata, Miju Kang, "First Near-infrared Imaging Polarimetry of Young Stellar Objects in the Circinus Molecular Cloud", ApJS, 査読有、234 巻、2018、42  
DOI: 10.3847/1538-4365/aaa0cc

④ Jungmi Kwon, Motohide Tamura, James H. Hough, Tetsuya Nagata, Nobuhiko Kusakabe, "Near-infrared Circular and Linear Polarimetry of Monoceros R2", AJ, 査読有、152 巻、2016、67  
DOI: 10.3847/0004-6256/152/3/67

⑤ Jungmi Kwon, Motohide Tamura, James H. Hough, Tetsuya Nagata, Nobuhiko Kusakabe, Hiro Saito, "Near-infrared Imaging Polarimetry of GGD 27: Circular Polarization and Magnetic Field Structures", ApJ, 査読有、824 巻、2016、95  
DOI: 10.3847/0004-637X/824/2/95

[学会発表] (計 9 件)

① Jungmi Kwon 他 (2018) 「First Near-Infrared Imaging Polarimetry of Young Stellar Objects in the Circinus Molecular Cloud」日本天文学会 2018 年春季年会 (千葉大学)、2018 年 3 月 15 日

② Jungmi Kwon 他 (2018) 「生命のホモキラリティーと原始星形成領域における円偏光観測」第 6 回 宇宙における生命ワークショップ (東京工業大学) 2018 年 2 月 19 日

③ Jungmi Kwon 他 (2018) 「A FIRST LOOK AT BISTRO OBSERVATIONS OF THE  $\rho$  OPFH-A CORE」JCMT 2018 Users Meeting (国際学会) (ソウル大学) 2018 年 1 月 31 日

④ Jungmi Kwon 他 (2017) 「(招待講演) 近赤外の偏光 vs. サブミリ波偏波 -  $\rho$  Oph A」国立天文台研究集会: 星形成と銀河構造における磁場の役割 (鹿児島大学) 2017 年 12 月 22 日

⑤ Jungmi Kwon 他 (2017) 「A FIRST LOOK AT BISTRO OBSERVATIONS OF THE  $\rho$  OPFH-A CORE」日本天文学会 2017 年秋季年会 (北海道大学) 2017 年 9 月 12 日

⑥ Jungmi Kwon 他 (2017) 「Near-infrared Circular Polarization Survey in Star-Forming Regions: 3」日本天文学会 2017 年春季年会 (九州大学) 2017 年 3 月 16 日

⑦ Jungmi Kwon 他 (2017) 「Systematic Near-Infrared Circular and Linear Imaging Polarimetry Survey in Star Forming Regions」2nd CORE-U Conference: Cosmic Polarimetry from Micro to Macro Scales (国際学会) (広島大学) 2017 年 2 月 17 日

⑧ Jungmi Kwon 他 (2016) 「Near-Infrared Imaging Polarimetry of GGD 27」2016 AGU Fall Meeting (国際学会) (San Francisco) 2016 年 12 月 12 日~16 日

⑨ Jungmi Kwon 他 (2016) 「(招待講演) Combined Submillimeter, Infrared, and Optical polarization data of Star Forming Regions」The 6th DTA Symposium: Roles of B-fields in Star Formation Process (国際学会) (国立天文台) 2016 年 11 月 24 日

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者  
権 静美 (KWON, Jungmi)  
宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・  
宇宙航空プロジェクト研究員  
研究者番号： 60724094

(2) 研究分担者  
(該当なし)  
研究者番号：

(3) 連携研究者  
(該当なし)  
研究者番号：

(4) 研究協力者  
(該当なし)