

平成 21 年 6 月 10 日現在

研究種目：特定領域研究
 研究期間：2004～2008
 課題番号：16077204
 研究課題名（和文）光赤外大口径望遠鏡・干渉計による原始惑星系円盤の観測と系外惑星探査
 研究課題名（英文）Disk observations and exoplanet searches with large optical and infrared telescopes and interferometers
 研究代表者
 田村 元秀（TAMURA MOTOHIDE）
 国立天文台・光赤外研究部・准教授
 研究者番号：00260018

研究成果の概要：すばる望遠鏡と高コントラスト観測装置などを用いた観測により、原始惑星系円盤と残骸円盤の観測を行い、その形態の多様性、氷の分布、偏光に基づく塵の性質を初めて空間的に分解し、直接的に明らかにした。若い星の比較的遠方に惑星質量（約 10 木星質量）に匹敵する伴星天体を発見した。マウナケア山頂群のファイバー干渉計実験（OHANA）にも成功した。また、次世代高コントラスト装置 HiCIAO を開発した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2004年度	47,300,000	0	47,300,000
2005年度	54,800,000	0	54,800,000
2006年度	47,500,000	0	47,500,000
2007年度	30,100,000	0	30,100,000
2008年度	18,700,000	0	18,700,000
総計	198,400,000	0	198,400,000

研究分野：天文学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：系外惑星、高コントラスト、赤外線、星周円盤、偏光、コロナグラフ

1. 研究開始当初の背景

原始惑星系円盤は、星形成の副産物であり、また、惑星が生まれる現場でもある。年齢が百万年程度の若い星である、Tタウ型星の電波・赤外観測が 1980 年代から進み、そのまわりに原始惑星系円盤が発見されていたが、ハッブル望遠鏡などの直接観測は極めて数が少なく、かつ、その形態については議論できるレベルに無かった。また 1995 年以降、太陽系外に続々と惑星（系外惑星）が発見されてはいたが、全てドップラー速度法など間接的観測によるものであり、直接観測の例は無かった。従って、円盤と惑星の両面において、大口径望遠鏡を用いた高コントラスト観

測による直接観測が大きな課題となっていた。

2. 研究の目的

上記のような、系外惑星の間接的発見と原始惑星系円盤の観測の進展を背景に、赤外線による円盤の直接観測により、惑星系形成の現場をこれまでに無い高解像度で明らかにする。さらに、そこで生まれた惑星そのものを初めて直接にとらえることも狙い、その頻度や得られる惑星系の物理的パラメータから、惑星系の性質や普遍性についても議論を行う。生まれたばかりの惑星は比較的明るく検

出しやすいという利点を生かす。また、今後の系外惑星・円盤観測のための新規高コントラスト装置を開発する。このような観測的研究および開発的研究の両方を、関連する星・惑星形成研究と共に精力的に進める。

3. 研究の方法

(1) すばる望遠鏡および赤外線コロナグラフ CIAO を用いた原始惑星系円盤の観測および系外惑星の直接観測を系統的に進める。

(2) 惑星・円盤検出観測をさらに展開させるために、現行装置の性能を上向上させる次世代高コントラスト装置 (HiCIAO) を開発する。

(3) マウナケア山頂望遠鏡群をファイバーで結ぶ干渉計 OHANA を開発する。

4. 研究成果

(1) リング状、うずまき状、バナナ状の円盤構造という原始惑星系円盤の形態の多様さを実証し、重力不安定に伴う惑星形成論再考のきっかけとなった (深川ほか 2006; 記者発表)。

(2) 最軽量の恒星のまわりの最軽量の円盤構造の直接観測に成功し、地球型惑星の形成現場に迫った (工藤ほか 2007; 記者発表)。

(3) 若い恒星の周りに惑星質量に迫る伴星天体を発見した (伊藤ほか 2005; 葛原ほか 2009) これらは、新しい種類の天体と考えられ、とくに DH Taub と新発見天体は現在、木星の 10 倍程度の天体と見なされている。

(4) がか座ベータ星の世界初の赤外線偏光観測を行い、ダストの成長と微惑星帯の存在を示唆した (田村ほか 2006; プレスリリース)。

(5) すばる望遠鏡を利用した高解像度偏光観測により、合計 4 天体大質量原始星の円盤の存在を直接に示し、30 太陽質量までの大質量星形成の降着円盤説に観測的直接証拠を与えた (Jiang ほか 2005, 2008; Nature & プレスリリース)。

(6) 惑星・円盤検出観測をさらに展開させるために、現行装置の性能を 1 桁以上向上させる次期高コントラスト装置 (HiCIAO) の望遠鏡ファーストライトを迎えた。

(7) 観測所や国内外の研究者と共に、補償光学と共に「すばる戦略枠観測 SEEDS」を開始する準備を進めた。

(8) 名古屋大学等と共同で南アフリカに偏

光観測装置 SIRPOL を設置し、星周円盤や磁場を効率的に検出することに成功し、日本天文学会欧文誌に特集企画を掲載した。

(9) 系外惑星と似た低温大気を持つと考えられる褐色矮星の探査を行い、多数の低温褐色矮星を発見した。これまでで最低温度の褐色矮星 (約 500K) のものも含まれる (プレスリリース)。

(10) ハワイ・マウナケア観測所で大型望遠鏡群を光ファイバーで結合する干渉計 (OHANA) の初観測に 2 台の Keck 望遠鏡を用いて成功した (Perrin ほか 2006、プレスリリース)。

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 101 件)

1. Lucas, P. W. ほか 5 名, 2009, Planetpol polarimetry of the exoplanet systems 55Cnc and τ Boo, MNRAS, 393, 229-244. (査読有)
2. Fukue, T., Tamura, M. ほか 9 名, 2009, Near-Infrared Circular Polarimetry and Correlation Diagrams in the Orion Becklin-Neugebauer/Kleinman-Low Region: Contribution of Dichroic Extinction, ApJ, 692, L88-L91. (査読有)
3. Honda, M. ほか 13 名, 2009, Detection of Water Ice Grains on the Surface of the Circumstellar Disk Around HD 142527, ApJ, 690, L110-L113. (査読有)
4. Nishikawa, J., Abe, L., Murakami, N., Kotani, T. 2008, Precise wavefront correction with an unbalanced nulling interferometer for exo-planet imaging coronagraphs, A&A, 489, 1389-1398. (査読有)
5. Murakami, N. ほか 6 名, 2008, An Eight-Octant Phase-Mask Coronagraph, PASP, 120, 1112-1118. (査読有)
6. Pinfield, D. J., Burningham, B., Tamura, M. ほか 31 名, 2008, Fifteen new T dwarfs discovered in the UKIDSS Large Area Survey, MNRAS, 390, 304-322. (査読有)
7. Johnson, J. A. ほか 18 名, 2008, Measurement of the Spin-Orbit Angle of Exoplanet HAT-P-1b, ApJ, 686, 649-657. (査読有)
8. Oasa, Y., Tamura, M., Sunada, K., Sugitani, K., 2008, Luminosity and

- Mass Functions at the Very Low Mass Side in NGC 1333, 2008, AJ, 136, 1372-1387. (査読有)
9. Hodapp, K. W., Suzuki, R., Tamura, M. ほか 20 名, 2008, HiCIAO: the Subaru Telescope's new high-contrast coronagraphic imager for adaptive optics, SPIE, 7014, 701419-701419-12. (査読無)
 10. Itoh, Y., Hayashi, M., Tamura, M. ほか 4 名, 2008, Near-Infrared Coronagraphic Observations of a Classical T Tauri Star, DO Taurus, 60, 223-226. (査読有)
 11. Itoh, Y., Tamura, M., Hayashi, M. ほか 9 名, 2008, Near-Infrared Spectroscopy of Faint Companions around Young Stellar Objects Associated with the Taurus Molecular Cloud, PASJ, 60, 209-218. (査読有)
 12. Jiang, Z., Tamura, M. ほか 5 名, 2008, Disks around Massive Young Stellar Objects: Are They Common?, ApJ, 673, L175-L179. (査読有)
 13. Kudo, T., Tamura, M. ほか 13 名: 2008, Discovery of a Scattering Disk around the Low-Mass T Tauri Star FN Tauri, ApJ, 673, L67-L70. (査読有)
 14. Mayama, S., Tamura, M. ほか 8 名: 2007, Subaru Near-Infrared Multicolor Images of Class II Young Stellar Object, RNO 91, PASJ, 59, 1153-1160. (査読有)
 15. Hioki, T. ほか 12 名: 2007, Near-Infrared Coronagraphic Observations of the T Tauri Binary System UY Aur, AJ, 134, 880-885. (査読有)
 16. Tamura, M. ほか 12 名: 2007, Near-Infrared Imaging Polarimetry of the NGC 2071 Star-Forming Region with SIRPOL, PASJ, 59, L11-L14. (査読有)
 17. Matsuo, T., Shibai, H., Ootsubo, T., Tamura, M.: 2007, Planetary Formation Scenarios Revisited: Core-Accretion versus Disk Instability, ApJ, 662, 1282-1292. (査読有)
 18. Murakami, N., Abe, L., Tamura, M., Baba, N.: 2007, Common-Path Spectropolarimetric Differential Imager Using Variable Channeled Spectrum, ApJ, 661, 634-640. (査読有)
 19. Kendall, T. R., Tamura, M. ほか 30 名: 2007, Two T dwarfs from the UKIDSS early data release, A&A, 466, 1059-1064. (査読有)
 20. Hodapp, K., Tamura, M. ほか 7 名: 2006, Design of the HiCIAO instrument for the Subaru Telescope, Proc. SPIE, 6269, 62693V. (査読無)
 21. Tamura, M., Hodapp, K., Takami, H. ほか 18 名: 2006, Concept and science of HiCIAO, Proc. SPIE, 6269, 62690V. (査読無)
 22. Tamura, M., Abe, L.: 2006, Direct Explorations of Exoplanets with the Subaru Telescope and Beyond, Proceedings of the IAU Colloquium #200, 323-328. (査読無)
 23. Goto, M., Usuda, T., Dullemond, C. P., Henning, Th., Linz, H., Stecklum, B., Suto, H.: 2006, Inner Rim of a Molecular Disk Spatially Resolved in Infrared CO Emission Lines, ApJ, 652, 758-762. (査読有)
 24. Hough, J. H., Lucas, P. W., Bailey, J. A., Tamura, M., Hirst, E., Harrison, D., Bartholomew-Biggs, M.: 2006, PlanetPol: A Very High Sensitivity Polarimeter, PASP, 118, 1305-1321. (査読有)
 25. Tamura, M., Kandori, R., Kusakabe, N., Nakajima, Y., Hashimoto, J., Nagashima, C., Nagata, T., Nagayama, T., Kimura, H., Yamamoto, T., Hough, J. H., Lucas, P., A. Chrysostomou, A., Bailey, J.: 2006, Near Infrared Polarization Images of the Orion Nebula, ApJ, 649, L29-L32. (査読有)
 26. Perrin, G., Nsuhikawa, J. ほか 34 名: 2006, Interferometric Coupling of the Keck Telescopes with Single-Mode Fibers, Science, 311, 194-194. (査読有)
 27. Lin, S.-Y., Ohashi, N., Lim, J., Ho, P. T. P., Fukagawa, M., Tamura, M.: 2006, Possible Molecular Spiral Arms in the Protoplanetary Disk of AB Aurigae, ApJ, 645, 1297-1304. (査読有)
 28. Abe, L., Murakami, N., Nishikawa, J., Tamura, M.: 2006, Removal of central obscuration and spider arm effects with beam-shaping coronagraphy, A&A, 451, 363-373. (査読有)
 29. Mayama, S., Tamura, M., Hayashi, M. ほか 18 名: 2006, Subaru Near-Infrared Coronagraphic Images of T Tauri, PASJ, 58, 375-382. (査読有)
 30. Tamura, M., Fukagawa, M., Kimura, H., Yamamoto, T., Suto, H., Abe, L.: 2006, First Two-Micron Imaging Polarimetry of beta Pictoris, ApJ, 641, 1172-1177. (査読有)
 31. Oasa, Y., Tamura, M., Nakajima, Y., Itoh, Y., Maihara, T., Iwamuro, F.,

- Motohara, K., Hayashi, S. S., Hayashi, M., Kaifu, N.: 2006, Very Low Luminosity Young Cluster and the Luminosity and Mass Functions in S106, AJ, 131, 1608-1628. (査読有)
32. Fukagawa, M., Tamura, M., Itoh, Y., Kudo, T., Imaeda, Y., Oasa, Y., Hayashi, S. S., Hayashi, M.: 2006, Near-Infrared Images of Protoplanetary Disk Surrounding HD 142527, ApJ, 636, L153-L156. (査読有)
33. Kusakabe, N., Tamura, M., Nakajima, Y., ほか 12 名: 2005, Near-Infrared Photometric Monitoring of the Pre-Main-Sequence Object KH 15D, ApJ, 632, L139-L142. (査読有)
34. Jiang, Z., Tamura, M., Fukagawa, M., Hough, J., Lucas, P., Suto, H., Ishii, M., Yang, J.: 2005, A circumstellar disk associated with a massive protostellar object, Nature, 437, 112-115. (査読有)
35. Narita, N., Suto, Y., Winn, J. N., Turner, E. L., Aoki, W., Leigh, C. J.; Sato, B., Tamura, M., Yamada, T.: 2005, Subaru HDS Transmission Spectroscopy of the Transiting Extrasolar Planet HD 209458b, PASJ, 57, 471-480. (査読有)
36. Nishikawa, J., Kotani, T., Murakami, N., Baba, N., Itoh, Y., Tamura, M.: 2005, Combination of nulling interferometer and modified pupil for observations of exo-planets, A&A, 435, 379. (査読有)
37. Itoh, Y., Hayashi, M., Tamura, M., ほか 18 名: 2005, A Young Brown Dwarf Companion to DH Tauri, ApJ, 620, 984-993. (査読有)
38. Ishii, M., Tamura, M., Itoh, Y.: 2004, Subaru K-Band Spectroscopy of Low-Mass Protostars in Taurus, ApJ, 612, 956-965. (査読有)
39. Lucas, P. W., Fukagawa, M., Tamura, M., ほか 10 名: 2004, High-resolution imaging polarimetry of HL Tau and magnetic field structure, MNRAS, 352, 1347-1364. (査読有)
40. Mohanty, S., Jayawardhana, R., Natta, A., Fujiyoshi, T., Tamura, M., Barrado y Navascués, D.: 2004, Flared Disks and Silicate Emission in Young Brown Dwarfs, ApJ, 609, L33-L36. (査読有)
41. Fukagawa, M., Hayashi, M., Tamura, M., ほか 20 名: 2004, Spiral Structure in the Circumstellar Disk around AB Aurigae, ApJ, 605, L53-L56. (査読有)
(ほか紙数制限につき割愛)

[学会発表] (計 9 件)

- ① 田村元秀, "SEEDS Project", Exoplanets and disks: Their Formation and Diversity, 2009 年 3 月 9 日, Hawaii, USA.
- ② 田村元秀, "Subaru strategic exploration of exoplanets and disks with HiCIAO/A0188", The 10th Asian-Pacific Regional IAU Meeting, 2008 年 8 月 5 日, Yunnan, China.
- ③ 田村元秀ほか 9 名, "Wide-Field Near-Infrared Polarimetry of Star Forming Regions: Magnetic Field Structures of the Rho Oph Core", Astronomical Polarimetry, 2008 年 7 月 8 日, Quebec, Canada.
- ④ 田村元秀, "Wide Field Infrared Polarimetry: Dust and Magnetic Field in Star Forming Regions" AOGS2008, 2008 年 6 月 18 日, Pusan, Korea.
- ⑤ 田村元秀, "Exoplanet science in Japan", Exoplanet Forum, 2008 年 5 月 29 日, Pasadena, USA.
- ⑥ 田村元秀, "Direct explorations of exoplanets and their birth places with Subaru", International Workshop on the 10th gravitational microlensing and related topics, 2006 年 8 月 25 日, Nagoya, Japan.
- ⑦ 田村元秀, "JTPF and Planet finding", The 4th International TPF/Darwin Workshop, 2006 年 5 月 27 日, Pasadena, USA.
- ⑧ 田村元秀, "NIR studies of disks and companions YSOs using the Subaru telescope", 2005 年 12 月 12 日 Star Formation Workshop, Taipei, Taiwan.
- ⑨ 田村元秀, "Direct Explorations of Exoplanets with the Subaru Telescope and Beyond", Direct Imaging of Exoplanets: Science & Techniques, Proceedings IAU Colloquium No. 200, 2005 年 10 月 4 日, Nice, France.
(ほか国内研究会関連は多数につき割愛)

[図書] (計 8 件)

- ① 「宇宙画像 2009」田村元秀監修著、2009、159 頁、ニュートンプレス。
- ② 「宇宙は地球であふれている」井田茂・佐藤文衛・田村元秀・須藤靖著、2008、223 頁、技術評論社。
- ③ 現代の天文学 第 6 巻「星間物質と星形成」福井康雄編著(共著)、2008、155-166 および 247-262 頁、日本評論社。
- ④ 「宇宙に知的生命体は存在するのか」佐藤勝彦編著(共著)、2008、65-122 頁、

- ウェッジ。
- ⑤ 現代の天文学 第9巻「太陽系と惑星」
佐々木晶ほか編著(共著)、2008、223-246
頁、日本評論社。
 - ⑥ 「宇宙はどこまで明らかになったか」福
江純・栗野諭美編著(共著)、2007、
110-127 頁、ソフトバンククリエイティ
ブ。
 - ⑦ 現代の天文学 第15巻「宇宙の観測 II」
家正則ほか編著(共著)、2007、97-103
頁、日本評論社。
 - ⑧ 「私たちは暗黒宇宙から生まれた」福井
康雄編著(共著)、2004、90-103 頁、日
本評論社。

[その他]

ホームページ

<http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~hide/index.html>

プレスリリース一覧

- ① 2009年2月17日「すばる望遠鏡、若い
恒星周囲の円盤表面に氷を発見 —
海の材料か？」
- ② 2009年1月29日「すばるの赤外線観測
で進む、星の「人口調査」：見えてきた
軽い構成員たち」
- ③ 2008年12月1日「系外惑星発見を促進
する新技術をすばるスタッフが開発」
- ④ 2008年9月10日「宇宙にはどれほど冷
たい星があるのか？～摂氏280度の星を
含む多数の低温褐色矮星の発見～」
- ⑤ 2008年2月8日「すばる、最も軽い星の
円盤の撮像に成功 ～地球型惑星の誕
生の場か？～」
- ⑥ 2007年12月26日「SAY ALOHA TO NEW
HICIAO CAMERA AT SUBARU TELESCOPE」
- ⑦ 2007年9月25日「おうし座の若い連星
から噴き出すジェットを発見」
- ⑧ 2006年6月「すばる、新しい形の円盤を
発見～多波長赤外線でみる惑星誕生現
場の姿～」
- ⑨ 2006年4月「がが座ベータ星の塵円盤か
らの赤外線の偏り」
- ⑩ 2006年1月「OHANA計画：国立天文台な
どの国際協力研究チーム光ファイバー
で大型望遠鏡の結合に成功」
- ⑪ 2005年8月「大質量原始星における星周
円盤の発見 ～重い星の誕生メカニズム
に制限～」
- ⑫ 2005年2月「木星の約40倍の質量を持
つ若い伴星を発見～惑星の直接観測に
あと一歩～」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村 元秀 (TAMURA MOTOHIDE)
国立天文台・光赤外研究部・准教授
研究者番号：00260018

(2) 研究分担者

林 正彦 (HAYASHI MASAHIKO)
国立天文台・光赤外研究部・教授
研究者番号：10183914
周藤 浩士 (SUTO HIROSHI)
国立天文台・光赤外研究部・助教
研究者番号：50300710
西川 淳 (NISHIKAWA JUN)
国立天文台・光赤外研究部・助教
研究者番号：70280568

(3) 連携研究者

該当なし