

平成 22 年 2 月 4 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2004～2008

課題番号：16077101

研究課題名（和文）太陽系外惑星科学の展開（総括班）

研究課題名（英文）Development of Extra-solar Planetary Science (Generalizing Team)

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：太陽系外惑星科学の展開のために総括班として以下の活動を行った：

1. 特定領域まとめの国際研究会の開催を含む5回の大研究会開催、
2. 各研究項目の研究進捗確認のための総括班会議開催とメールによる情報交換、
3. 各研究項目の研究推進のための小研究会の開催、
4. 海外の関連研究会等における成果発表、
5. 海外大プロジェクトとの国際協力について、相手側研究者との議論、
6. 各研究項目・計画研究の連携を深めるための定期系外惑星セミナーを開催し、全国の若手研究者の系外惑星科学への興味を深めた。

交付額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|------|------------|
| 2004年度 | 8,600,000 | 0 | 8,600,000 |
| 2005年度 | 6,800,000 | 0 | 6,800,000 |
| 2006年度 | 6,800,000 | 0 | 6,800,000 |
| 2007年度 | 7,600,000 | 0 | 7,600,000 |
| 2008年度 | 9,500,000 | 0 | 9,500,000 |
| 総計 | 39,300,000 | 0 | 39,300,000 |

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：宇宙科学、惑星起源・進化、光学赤外線天文学、系外惑星、天文

1. 研究開始当初の背景

1995年の太陽系外における木星型巨大惑星の発見を契機に、惑星系研究の場は、もはや太陽系に閉じる必要はなくなった。これまでに350個以上もの太陽系外の惑星(系外惑星)候補が発見されているが、その多くは私たちの太陽系と似ても似つかず、その多様性を理解するためには、むしろ太陽系以外の惑星系とその形成を理解することが重要である。また、これらの惑星(系)は、惑星の運動に伴う恒星の速度ふらつきや明るさの変化など、

いわゆる間接的に発見されたものであり、直接に撮像された例は極めて限られている。従って、惑星形成の現場である星周円盤(原始惑星系円盤)の直接観測によりその形態・組成を明らかにし、かつ、太陽系外の巨大惑星を直接撮像することは、現在の天文学の急務の課題となっていた。

2. 研究の目的

本研究は、わが国における惑星系形成および

惑星科学研究を組織し、原始惑星系円盤から、惑星系形成の名残ともいえる残骸円盤、及び、系外惑星検出に至るまでの観測を系統的に集中して進め、惑星系形成の統合的描像を構築し、第2の地球探しの第一歩というべき、系外惑星の確実な直接検出を目指したものである。

3. 研究の方法

上記の目的のために、地上・スペースの最新気鋭の赤外線装置を、開発者グループ自らが駆使・連携して観測を進めること、および、開発を含む観測・理論・実験グループが三位一体で融合的研究を進めることにある。そのために5つの計画研究を含む3つの研究項目と総括班を設けた。これによって「太陽系外惑星科学」と呼ぶべき新しい研究分野を展開してきた。

具体的には以下の研究を展開した。

1. 太陽系外惑星系の検出、特に、巨大惑星の直接検出
2. 円盤から惑星に至る構造進化の解明（円盤構造を究める）
3. 円盤から惑星に至るダスト物質進化の解明（円盤組成を究める）
4. 円盤から惑星に至る統一的形成理論の構築
5. 地球型惑星検出に向けての技術開発（検出器・装置開発）

その際、以下の手法や開発を通じて研究展開を行った。

- a. 日本が誇るすばる望遠鏡と赤外線天文衛星 ASTRO-F（あかり衛星）に搭載されたユニークな観測装置による（近・中間・遠赤外線全ての波長帯をカバーする）赤外線及び可視光観測と、新規コロナグラフ観測装置 HiCIAO の開発
- b. 専用高性能計算機を用いた大規模数値シミュレーション
- c. 系外惑星・円盤研究に最適化したダスト実験とその理論
- d. 地球型太陽系外惑星検出のキーとなる系外黄道光の観測を目指した新規装置開発

4. 研究成果

本特定研究は、学術的及び開発的にも極めて順調な成果を挙げることができた。とりわけ、すばる望遠鏡による近赤外・中間赤外線による円盤研究と次期装置開発、あかり衛星の集中的観測、系外惑星の多様性を説明する汎惑星系形成論の構築とその基礎過程の研究において、世界的評価を受けており、機関による外部評価でも SS 評価を得ている。太陽系外巨大惑星の直接撮像にも成功した。さらに、惑星形成基礎過程としてのダスト研究の展

開も多方面にわたり、将来に向けた技術開発も進んだ。

この5年間で、公募研究を除く計画研究だけでも400編を超える査読論文・装置論文が出版され、25回の記者会見またはプレスリリースが行われた。

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413件）

1. Onaka, T. and Salama, A.; 2009, AKARI: space infrared cooled telescope, *Experimental Astronomy*, in press. (査読有)
2. Yamamoto, T., Chigai, T., Kimura, H., Tanaka, K. K.: 2009, Nonthermal crystallization of amorphous silicate in comets Earth, *Planets, Space*, in press. (査読有)
3. Fujiwara, H., Yamashita, T., Ishihara, D., Onaka, T., Kataya, H., Ootsubo, T., Fukagawa, M., Marshall, J. P., Murakami, H., Nakagawa, T., Hirao, T., Enya, K., and White, G. J.; 2009, Hot Debris Dust Around HD 106797, *ApJ*, 695, L88-L91. (査読有)
4. 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)
5. 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)
6. Tanaka, K. K., Yamamoto, T., Nagashima, K., Tsukamoto, K.: 2008, A New method of evaluation of melt/crystal interfacial energy and activation energy of diffusion, *Journal of Crystal Growth*, 310, 1281-1286. (査読有)
7. Ida, S., Lin, D. N. C.: 2008, Toward a deterministic model of planetary formation. IV. *Astrophys. J.* 673, 487-501. (査読有)
8. 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)
9. Wada, K., Tanaka, H., Suyama, T., Kimura, H., & Yamamoto, T.: 2008,

- Numerical Simulation of Dust Aggregate Collisions. II. Compression and Disruption of Three-Dimensional Aggregates in Head-On Collisions., ApJ, 667, 1296-1308. (査読有)
10. Watanabe, K., Yamashita, K., Kataza, H., Kamizuka, T., Wada, T., Wakaki, M., Abe, O., Murakami, H.: 2008, Fabrication of the GaAs based terahertz photoconductors and the photometer for Tera-GATE, SPIE, 7020, 702020-702020-10. (査読無)
 11. Murakami, H., Matsuhara, H.: 2008, The infrared astronomical satellite AKARI: overview, highlights of the mission, SPIE, 7010, 70100A-70100A-10. (査読無)
 12. 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)
 13. Onaka, T., Matsuhara, H., Wada, T., Fujishiro, N., Fujiwara, H., Ishigaki, M., Ishihara, D., Ita, Y., Kataza, H., Kim, W., Matsumoto, T., Murakami, H., Ohyama, Y., Oyabu, S., Sakon, I., Tanabé T., Takagi, T., Uemizu, K., Ueno, M., Usui, F., Watara, H., Cohen, M., Enya, K., Ootsubo, T., Pearson, C. P., Takeyama, N., Yamamuro, T., Ikeda, Y.: 2007, The Infrared Camera (IRC) for AKARI - Design and Imaging Performance, PASJ, 59, S401-S410. (査読有)
 14. Nakagawa, T., Murakami, H.: 2007, Mid- and far-infrared astronomy mission SPICA, Advances in Space Research, 40, 679-683. (査読無)
 15. 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)
 16. Honda, M., Kataza, H., Okamoto, Y. K., Yamashita, T., Min, M., Miyata, T., Sako, S., Fujiyoshi, T., Sakon, I., Onaka, T.: 2006, Subaru/COMICS study on silicate dust processing around young low-mass stars, ApJ, 644, 1024-1037. (査読有)
 17. Fujiwara, H., Honda, M., Kataza, H., Yamashita, T., Onaka, T., Fukagawa, M., Okamoto, Y. K., Miyata, T., Sako, S., Fujiyoshi, T., Sakon, I.: 2006, Asymmetric Thermal Emission of Protoplanetary Disk Surrounding HD142527 Seen by Subaru/COMICS, ApJ, 644, L133-L136. (査読有)
 18. Kokubo, E., Kominami, J., Ida, S.: 2006, Formation of Terrestrial Planets from Protoplanets. I. Statistics of Basic Dynamical Properties, ApJ, 642, 1131-1139. (査読有)
 19. 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)
 20. 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)
 21. Ida, S., Lin, D. N. C.: 2005, Towards a Deterministic Model of Planetary Formation. III Mass distribution of short-period planets around stars of various masses, ApJ, 626, 1045-1060. (査読有)
 22. 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)
 23. Ida, S., Lin, D. N. C.: 2005, Toward a Deterministic Model of Planetary Formation. II. The Formation and Retention of Gas Giant Planets around Stars with a Range of Metallicities Astrophys. J. 616, 567-572. (査読有)
 24. Okamoto, Y. K., Kataza, H., Honda, M., Yamashita, T., Onaka, T., Watanabe, J., Miyata, T., Sako, S., Fujiyoshi, T., Sakon, I.: 2004, An early extrasolar planetary system revealed by planetesimal belts in beta Pictoris, Nature, 431, 660-663. (査読有)
 25. 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)
 26. Watanabe, K., Murakami, H., Ohata, T., Wakaki, M., Abe, O.: 2004, Development of GaAs photoconductors for far-infrared/submillimeter astronomy, Proceedings of the SPIE, 5498, 637-646. (査読無)

(ほか紙数制限につき割愛)

〔学会発表〕(計 19 件)

- ① 田村元秀, "SEEDS Project", Exoplanets and disks: Their Formation and Diversity, 2009年3月9日, Kailua-Kona, USA.
 - ② 井田茂, "Formation of short-period terrestrial planets", Exoplanets and disks: Their formation and diversity, 2009年3月9日, Kailua-Kona, USA.
 - ③ 山本哲生, "Physical processes of dust aggregates in protoplanetary disks", The 2nd Subaru International Conference, Exoplanets and Disks - Their Formation and Diversity, 2009年3月9日, Kailua-Kona, USA
 - ④ 尾中敬ほか3名, "Unidentified infrared bands associated with extended structures of galaxies based on AKARI observations", Cosmic Dust Near & Far, 2008年9月10日, Heidelberg, Germany.
 - ⑤ 田村元秀, "Subaru strategic exploration of exoplanets and disks with HiCIAO/AO188", The 10th Asian-Pacific Regional IAU Meeting, 2008年8月5日, Yunnan, China.
 - ⑥ 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.
 - ⑦ 山本哲生ほか3名, "Low temperature crystallization of silicate dust", AOGS 2008, 2008年6月26日, Pusan, Korea.
 - ⑧ 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.
 - ⑨ 田村元秀, "Exoplanet science in Japan", Exoplanet Forum, 2008年5月29日, Pasadena, USA.
 - ⑩ 尾中敬, "Organic Compounds in Galaxies", Organic Matter in Space, IAU Symposium 251, 2008年2月19日, Hong Kong, China.
 - ⑪ 尾中敬, "Infrared View of the Interstellar Medium", Far-Infrared and Submillimeter Emission of the Interstellar Medium: Models meet extragalactic and Galactic Observations, 2007年11月7日, Bad Honnef, Germany.
 - ⑫ 尾中敬, "AKARI - Infrared Satellite Mission - Present status and early results", UN/ESA/NASA Workshop on Basic Space Science and the International Heliophysical Year 2007, 2007年6月22日, NAOJ, Mitaka, Japan.
 - ⑬ 尾中敬, "Infrared All-sky Surveys: From IRAS to AKARI", Far-Infrared Astronomy from Space: A Community Workshop about the Future, 2007年5月30日, Pasadena, USA.
 - ⑭ 尾中敬, "First results of the AKARI satellite", Korean Astronomical Society Meeting, 2007年4月12日, Jeju, Korea.
 - ⑮ 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.
 - ⑯ 山本哲生, "Crystallization of Dust In Space", AOGS 2006, Singapore, 2006年7月12日, 2006.
 - ⑰ 田村元秀, "JTPF and Planet finding", The 4th International TPF/Darwin Workshop, 2006年5月27日, Pasadena, USA.
 - ⑱ 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.
 - ⑲ 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〕(研究代表者のみ計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://zodi.c.u-tokyo.ac.jp/esp/>

プレスリリース一覧

- ① 2009年3月23日「宇宙に吠える巨大モ
ンスターー銀河系の中心、超巨大ブラ
ックホールの爆発現象ー」。
- ② 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ー
海の材料か？」
- ③ 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」
- ④ 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」
- ⑤ 2008年11月19日「「あかり」全天サー
ベイ赤外線天体カタログ初版が完成」
- ⑥ 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～」
- ⑦ 2008年3月24日「大質量星の終焉と塵
の誕生の現場：「あかり」衛星と「すば
る」望遠鏡による観測と理論モデルが解
き明かす超新星爆発の素性」
- ⑧ 2008年2月8日「すばる、最も軽い星の
円盤の撮像に成功ー地球型惑星の誕
生の場か？～」
- ⑨ 2008年1月10日「巨星のまわりに褐色
矮星を発見」
- ⑩ 2007年12月26日「SAY ALOHA TO NEW
HICIAO CAMERA AT SUBARU TELESCOPE」
- ⑪ 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」
- ⑫ 2007年8月23日「すばる望遠鏡、太陽
系外惑星の公転軸傾斜角の測定に成功」
- ⑬ 2007年8月16日「すばる望遠鏡、ホッ
ト・ジュピターへ進化しつつある系外惑
星を発見」
- ⑭ 2007年7月11日「AKARI 9 micron 全天
マップ」
- ⑮ 2007年3月30日「おうし座に巨大惑星
を発見」
- ⑯ 2007年3月30日「赤外線天文衛星「あ
かり」による観測結果」
- ⑰ 2006年6月27日「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～」
- ⑱ 2006年5月22日「あかりの初期観測結
果」
- ⑲ 2006年4月20日「がが座ベータ星の塵

円盤からの赤外線の偏り」

- ⑳ 2006年1月19日「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」
- 21 2005年8月31日「大質量原始星におけ
る星周円盤の発見ー重い星の誕生メカ
ニズムに制限～」
- 22 2005年6月30日「巨大コア惑星
HD149026bの発見」
- 23 2005年4月20日「シルエットで浮かび
上がった原始星エンベロープの全貌」
- 24 2005年2月24日「木星の約40倍の質量
を持つ若い伴星を発見ー惑星の直接観
測にあと一步～」
- 25 2004年10月15日「太陽系外に微惑星の
リングを発見ー若い惑星系の内側に迫
る～」

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

尾中 敬 (ONAKA TAKASHI)
東京大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：30143358
山本 哲生 (YAMAMOTO TETUO)
北海道大学・低温科学研究所・教授
研究者番号：10126196
村上 浩 (MURAKAMI HIROSHI)
宇宙航空研究開発機構
赤外サブミリ波天文学研究系・教授
研究者番号：40135299
井田 茂 (IDA SHIGERU)
東京工業大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：60211736
上野 宗孝 (UENO MUNETAKA)
東京大学・大学院総合文化研究科・助教
研究者番号：30242019

(3) 連携研究者

該当なし