

## 平成24年度科学研究費助成事業（特別推進研究）自己評価書 〔追跡評価用〕

◆記入に当たっては、「平成24年度科学研究費助成事業（特別推進研究）自己評価書等記入要領」を参照してください。

平成24年 4月14日現在

<b>研究代表者 氏名</b>	村木 綏	<b>所属研究機関・ 部局・職</b>	名古屋大学・太陽地球環境研究所・特任教授
<b>研究課題名</b>	マイクロレンズ効果を利用した新天体の探索		
<b>課題番号</b>	14002006		
<b>研究組織 (研究期間終了時)</b>	研究代表者 村木 綏（名古屋大学・太陽地球環境研究所・特任教授）  研究分担者 伊藤 好孝（名古屋大学・太陽地球環境研究所・教授） 阿部 文雄（名古屋大学・太陽地球環境研究所・助教授） 増田 公明（名古屋大学・太陽地球環境研究所・助教授） 松原 豊（名古屋大学・太陽地球環境研究所・助教授） 住 貴宏（名古屋大学・太陽地球環境研究所・助手） 塔 隆志（名古屋大学・太陽地球環境研究所・助手）		

### 【補助金交付額】

年度	直接経費
平成14年度	92,000 千円
平成15年度	226,000 千円
平成16年度	70,600 千円
平成17年度	39,100 千円
平成18年度	30,000 千円
総計	457,700 千円

1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか

特別推進研究によってなされた研究が、どのように発展しているか、次の(1)~(4)の項目ごとに具体的かつ明確に記述してください。

(1) 研究の概要

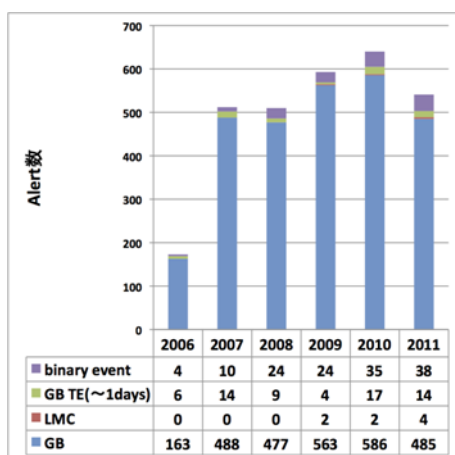
(研究期間終了後における研究の実施状況及び研究の発展過程がわかるような具体的内容を記述してください。)

本研究は、2002年4月から特別推進研究経費に基づき実験の準備を始め、2004年12月1日ニュージーランド南島テカポ(標高1030m)に口径1.8mの大型光学望遠鏡を完成させた(MOA)。1.8m望遠鏡は、重力マイクロレンズ効果の研究に特化して作られ、限界等級22.8等星に感度のある大口径を有し、2.2平方度の広視野を持ち、CCD素子量子効率80%を有している。これは、重力マイクロレンズ効果の専用望遠鏡として世界で最も優れたシステムとなった。この望遠鏡の優れた能力を最大限に生かすことにより、我々は当初の研究目的である(1)地球型惑星を伴った太陽系外惑星の発見と、(2)ダークマター問題を解明するという2つの研究を現在も継続している。本報告書は上記2つの研究が科研費特別研究経費終了後どのように進展しているか説明する。

特別推進研究経費終了後、研究は幸いにも科学研究費補助金(項目(3)を参照)を得ることができ、毎年研究者を志す多数の大学院生が当該研究室に進学し、現地(NZ)での観測シフトを行い、名古屋大学及び甲南大学でデータ解析を実施し、多くの論文を書き学位を取得した。それにより本研究(MOA)は2008年頃から注目を浴び、2010年には世界のトップクラスの研究に発展した。そして2009-2011年にOGLEを越え世界をリードすることになった。そしてMOAは太陽系外惑星の研究を通して物理学のみならず天文学の分野にも大きな貢献をしている。

具体的には、2006年3月-4月に観測されたデータ中に、太陽系に酷似した惑星系の存在が世界で初めて検出された。この成果は2008年Science誌に発表され注目を浴びた。この惑星系は地球から5000光年のかなたに存在し、木星と土星、および主星間の質量・距離比が我々の太陽系と酷似した構成をしていた。この結果、我々太陽系の惑星構成は宇宙で決して稀な存在でないことがわかった。(その4年後、人工衛星Keplerに搭載されたトランジット惑星観測装置から複数の惑星を有する星が発見された。)

重力レンズ法の優れた点は、揺動法やトランジット法の検出限界である主星から遠く離れsnow-line(水が氷結する領域)を越えて存在する惑星を検出できる点にある。実際2007年、地球の質量の3.3倍という軽い惑星が我々の観測で見つかった。また同時期に取得されたデータの中に、惑星系の形成の際“はじき飛ばされた”孤独惑星が検出された。この成果は2011年Nature誌に発表された。そして我々の銀河内にある星に、snow-lineを越えた領域に惑星が存在する割合は、海王星質量の惑星が52%程度、木星程度の質量の惑星が17%であると見積もった。すなわち海王星が木星より3倍多く存在するという新たな知見を得た。



左図はNZの1.8mの望遠鏡を使って観測された各年毎の重力レンズ効果で増光した星の数を表す。2007年以降毎年約500例の単星による重力レンズイベントと30例ほどの二重星による重力レンズイベント(紫色)が見つかっている。二重星レンズ(binary lens)で後方の星の光が増光されると、増光に係ったすべての星の質量や距離が一意的に決められるので非常に重要なイベントである。惑星による増光もこの中に含まれている。また茶色のLMCの欄は、大マゼラン雲方向で検出された重力レンズ効果で増光されたLMCの星の数を表している。緑色のGB TEの行は銀河中心方向の星が重力レンズ効果で1日以下の短期間増光したイベント数である。この短時間増光の検出は優れたMOAの機能を用いて世界で初めて可能になった。

## 1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか（続き）

次にダークマター問題の解明について述べる。ダークマターは中性子星や白色矮星が主要な成分であるという仮説があった。ダークマター問題の解明は現在も継続中であり、大マゼラン雲方向を通年、毎晩観測している。EAGLE events まで含めると毎晩3億個の星を連続測光していることになる。(EAGLE event とは1998年に中村・西によって指摘された効果で、大マゼラン雲の暗い星が前方の重力レンズで急激に増光する現象のことである。) 大マゼラン雲の星を毎晩観測できるのは南緯44度NZにある我々の1.8mの望遠鏡のみである。未だダークマターの仮説であるMACHO (Massive Compact Halo Object) は確認されていないが、褐色矮星の存在量を測定したことと、大マゼラン雲の大量の変光星に関するデータが得られたことは天文学に対する貴重な貢献である。従って今後も観測を継続していきたいと考える。

(2) 論文発表、国際会議等への招待講演における発表など（研究の発展過程でなされた研究成果の発表状況を記述してください。）

\* 査読付き論文への発表数（年度） 2(2007), 2(2008), 8(2009), 9(2010), 8(2011)

\* 国際会議に於ける発表

- 第11回重力マイクロレンズ国際会議に於ける発表（2007年1月 至韓国 KASI）
  - Abe F. Probable microlensing event GSC3656.1328
  - Kamiya K. Free-floating planets search by short microlensing events
  - Itow Y. MOA-II telescope and performance
- JGRG17 名古屋国際会議での発表（2007年12月）
  - Abe F. MOA II gravitational microlensing survey- a new age of microlensing
- 第12回重力マイクロレンズ国際会議に於ける発表（2008年1月 至英国 Manchester 大学）
  - Sumi T. MOA-II microlensing survey
  - Yock P.C. High magnification events by MOA in 2007
  - Bond I.A. New channels for MOA event discovery
- 第13回重力マイクロレンズ国際会議に於ける発表（2009年1月 至パリ天文台）
  - Abe F. Upgrade plan of MOA 1.8m telescope
  - Sumi T. Planetary microlensing event OGLE-2007-BLG368
  - Bennett D. Constraints on the orbital motion of OGLE-2007-BLG-109Lc
  - Kamiya K. Search for low mass objects in short time scale events
  - Sullivan D. A physical description of complex microlensing events
- 第14回重力マイクロレンズ国際会議に於ける発表（2010年1月 NZ Auckland 大学）
  - Yock P.C.M. Parallax in MOA-2009-BLG319
  - Bond I. Delivering microlensing data across the internet
  - Sumi T. MOA II observation in 2009 season
  - Miyake N. Planetary microlensing event MOA-2009-BLG319
  - Furusawa K. The analysis of planetary candidate MOA-2009-BLG-266
  - Fukui F. Measurement of transit timing variations of OGLE-TR-10b in the MOA II field
- 第15回重力マイクロレンズ国際会議に於ける発表（2011年1月 伊 Salerno 大学）
  - Sumi T. MOA II observation in 2010 season
  - Abe F. Gravitational microlensing by Ellis wormhole
  - Furusawa K. Planetary micro-lensing event MOA-2010-BLG-328
  - Sullivan D. A semi-analytical model for gravitational microlensing event
  - Bennett D. MOA-2009-BLG-266Lb: the first cold Neptune with a measured mass
- 第16回重力マイクロレンズ国際会議に於ける発表（2012年2月 米国 Pasadena）
  - Sumi. T. MOA II observation in 2011 season 他6篇

1. 特別推進研究の研究期間終了後、研究代表者自身の研究がどのように発展したか（続き）

(3) 研究費の取得状況（研究代表者として取得したもののみ）

研究グループとしては、各年 1,000 万円以上の科研費によるサポートが得られたのでここに謝意と共に総額を記載しておく。〔単位は 万円である。〕

	村木 綏	阿部文雄	住 貴宏	各年の計 (万円)
2007 (H19 年度)	494 基盤 B	611 基盤 B (総額 1681)	715 基盤 A (海外)	140 170 若手 特定 2,130
2008 (H20 年度)	455 基盤 B	520 基盤 B	767 基盤 A (海外)	180 170 若手 特定 2,092
2009 (H21 年度)	455 基盤 B	364 基盤 B	741 基盤 A (海外)	160 若手 1,730
2010 (H22 年度)	455 基盤 B (総額 1859)	364 基盤 B (総額 1248)	598 基盤 B (海外)	1,417
2011 (H23 年度)	182 基盤 C (総額 440)	455 基盤 B (総額 455)	507 基盤 B (海外) (総額 1195)	650 (総額) 基盤 B (総計 9,163 万円)

(4) 特別推進研究の研究成果を背景に生み出された新たな発見・知見

2002-2005 年頃、ドップラー法（揺動法<sup>\*</sup>）やトランジット法で観測された太陽系外惑星の分布は、主星の近傍を回る重い木星のような惑星から構成されており（hot Jupiter 仮説）、地球の属する太陽系のような惑星構成は非常に稀であると考えられていた（次頁図 1）。しかしドップラー法やトランジット法は、主星近傍を回る重い惑星を検出しやすいため、惑星の質量に影響されず検出できる**重力レンズ法**に期待が寄せられていた。近年、主星から snow-line を越えた遠方に存在する海王星程度の質量を有した系外惑星が、重力レンズ法を使って発見されるに及び、惑星の成長と形成過程を正しく理解するためには異なる方法による snow-line を越えた観測が不可欠であることが認識された。今回 MOA の観測により我々の太陽系が決して**稀な存在でない**という知見を得て、snow-line を越えた領域に**海王星質量の惑星が木星質量の惑星より 3 倍多い**ことを発見した。

更に以下 (A) (B) に述べるような 2 つの画期的な発見がなされた。

(A) 2007 年 2 月から 2010 年 11 月までの観測で検出された 2,135 個の重力レンズ効果イベント中に 142 例の二重星による重力レンズ効果イベントが含まれていた。この例を詳細に解析した結果、binary stars の質量比が  $0.35 \pm 0.03$  となり、これは光学的手法で得られた観測結果と一致している。そして重力レンズ法を使って bias free の観測に成功し、褐色矮星砂漠の存在を明らかにした。

(B) 望遠鏡を大マゼラン雲方向に向け、重力レンズ効果を利用し銀河ハロー中の暗天体の存在量を調べた。その結果、暗天体 (dark star) の存在量は、今ま発表された先行研究 (MACHO グループ) の値より一桁少ないことが明らかになり、褐色矮星の有意な存在量がわかった。

以上、大変大きな成果が得られた。

<sup>\*</sup> 主星に惑星が存在すると、主星は重心の回りを回転する。すると主星の線スペクトルは地球に接近する時は青色に、遠ざかる時は赤色に shift する。この shift 量  $\Delta v$  を観測して惑星の存在が突き止められる。一方主星の表面上を通過する惑星が主星の光を減光する効果を利用して惑星を検出する方法がトランジット法である。

2. 特別推進研究の研究成果が他の研究者により活用された状況

特別推進研究の研究成果が他の研究者に活用された状況について、次の(1)、(2)の項目ごとに具体的かつ明確に記述してください。

(1) 学界への貢献の状況 (学術研究へのインパクト及び関連領域のその後の動向、関連領域への関わり等)

本研究の最大の特徴は星の大量測光にある。検出方法は今までの天文学と異なり、重力レンズ法を用い、自ら光を發しない暗い星を觀測する点にある。暗い星は英語で dim star, dark star, black star と呼ばれているが、我々は暗天体と呼んでいる。毎晩觀測する星の総数は、光っている星が約 5000 万個、暗天体まで含めると全体で約 3 億個になる。我々は差分測光法 (Differential Image Analysis) で解析時間を 1/5 に縮小しているが、大量の星のデータ処理には莫大な処理能力を有する計算機が必要となる。重力レンズ法は後方の星が増光することを利用して暗天体の存在を検出する。またこれにより通常の方法では見えないブラックホールから浮遊している月程度の小天体まで検出可能である。このような觀測法により得られたデータを解析しているのは世界で MOA グループと OGLE グループのみであり、天文学分野に大きなインパクトを与えている。

重力レンズ法で惑星を發見した本研究の成果は、2006 年 1 月 Nature 誌に發表した。これは画期的發見で新聞や TV で報道された。發見した惑星の位置は図 1 の中央部紫色の十字印である。この惑星は図 3 の snow-line を越えて存在しており、表面温度が -220°C と推定された。その直後に重力レンズ法で同じ位置に別の惑星が發見された (図 1 の○印)。さらに 2007 年地球の 3.3 倍の質量を有する最も軽い惑星が發見された。これは図 3 の一番下の赤十字印である。

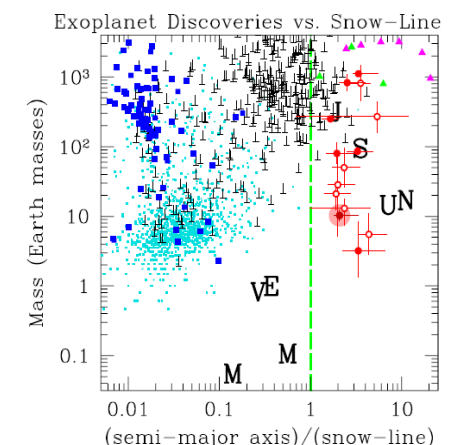
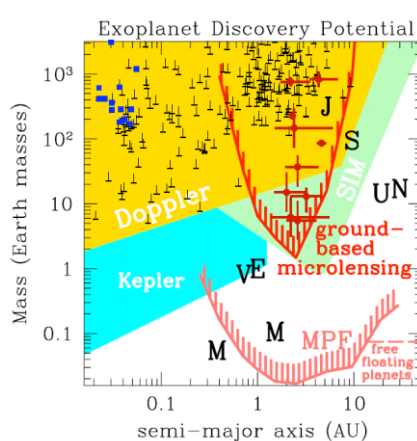
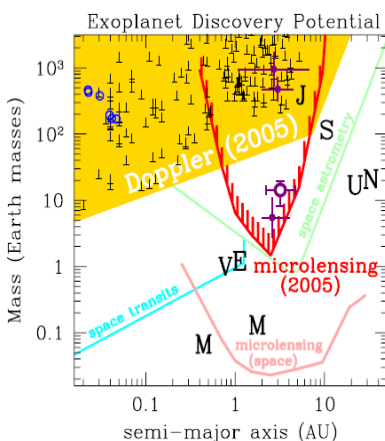
系外惑星探査競争の現状はどうなっているか。2009 年 6 月に米国の惑星探査衛星 Kepler が打ちあげられ、2010 年に觀測結果の一部が公表された。図 3 に Kepler 衛星が發見した系外惑星を空色の小さい点で示す。Kepler 觀測グループは 763 個の系外惑星を公表し、2321 個の未公開惑星候補を有している。今後、微惑星→原始惑星→惑星へと次第に惑星が成長して大きくなる過程を正しく理解するためには、MOA 望遠鏡の性能を増強し、24 時間銀河中心測光体制を構築し、Kepler 衛星では觀測できない snow-line より遠方の領域を觀測することにより、多くの惑星を探査することが重要であると考えられる。

(図 1~3 は惑星分布図で、左より 2005 年、2010 年、2011 年度までに見つかった系外惑星を plot したものである。縦軸は地球の質量を 1 とし、横軸は太陽・地球間の距離 1AU を単位として表記されている。図 1~2 は横軸が 1AU の単位で書かれているが、図 3 は推定される星の表面温度 0°C の距離に規格化されている。緑の点線がその領域に対応している。図 1~3 の ⊥印は Doppler 法で觀測された惑星。図 2~3 の左上の ■印は地上からのトランジット法で得られたデータ点で、右上にある ▲印は直接撮像法で見つかった系外惑星である。また図中の E, V, M, M, J, S, U, N は我々太陽系の地球, 金星, 火星, 水星, 木星, 土星, 海王星, 天王星を表す。)

図 1

図 2

図 3



## 2. 特別推進研究の研究成果が他の研究者により活用された状況（続き）

(2) 論文引用状況（上位10報程度を記述してください。）

## 【研究期間中に発表した論文】

No	論文名	日本語による簡潔な内容紹介	引用数
1	Discovery of a cool planet of 5.5 Earth masses through gravitational microlensing Beaulieu et al., Nature 439 (2006) 437.	世界で初めて主星からはなれた小型惑星の検出に成功した論文。これは南極点に初めて到達したことに匹敵する業績と思う。これを契機に“南極”の様々な出来事が研究されていくことになる。	283
2	OGLE 2003-BLG-235/MOA 2003-BLG-53: A Planetary Microlensing Event Bond I.A. et al., ApJ 606L (2004) 155.	初めて重力レンズ効果で太陽系外惑星が検出した例。木星の1.5倍の質量を有した惑星が約3AUの地点を周回していた。	170
3	Microlensing Optical Depth toward the Galactic bulge from Microlensing Observations in Astrophysics Group Observations during 2000 with Difference Image Analysis Sumi T. et al., ApJ 591 (2003) 204.	銀河中心部のbar構造を重力マイクロレンズ法で突き止めた。住 貴宏の学位論文。	64
4	Study by MOA of extrasolar planets in gravitational microlensing events of high magnification Bond. I.A. et al., MNRAS 333(2002) 71	重力レンズ効果で増光度が非常に高いイベントは惑星検出の感度が高い。具体的な例を使用して地球の質量の数倍の惑星の存在の可能性が指摘された。	49
5	Probing the atmosphere of a solar-like star by galactic microlensing at high magnification Abe F. et al., A&A 411L (2003) 493.	MOA 2002-BLG-38 eventの際、重力レンズ効果を受けた太陽と同じG型主星のlimb darkening効果を初めて測定した論文。	38
6	Improving the prospects for detecting extrasolar planets in gravitational microlensing events in 2002 Bond I.A. et al., MNRAS 331L (2002) 19.	2001年の銀河中心の観測結果を使って高増光現象を利用すると将来地球型質量の惑星が検出できることを示した論文。高頻度観測の重要性を述べる。	36
7	Search for Low-Mass Exoplanets by Gravitational Microlensing at High magnification Abe F. et al., Science 305 (2004) 1264.	MOA 2003BLG-32/OGLE 2003-BLG-219と名付けられたイベントは500倍増光された、今まで最も高増光現象である。惑星存在の可能性を調べた。（見つからなかった）	33
8	Study of variable stars in the MOA data base: long-period red variables in the Large Magellanic Cloud Noda S. et al., MNRAS 330 (2002) 137.	大マゼラン雲中の146個の長周期変光星の中にミラ型変光星より少し周期の短い新たな系列を発見した。野田祥代の学位論文。	23
9	Multiple Outbursts of a Cataclysmic Variable in the Globular Cluster M22 Bond I.A. et al., ApJ 620L (2005) 103.	球状星団M22の4年間のdata baseからSahu達の言う重力レンズ効果で増光した星ではなく変光星(CV)であることを示した論文。	10
10	Study of variable stars in the MOA data base: long-period variables in the Large Magellanic Cloud-II Noda S. et al., MNRAS 348 (2004) 1120.	大マゼラン雲中の440万個の星をDENISの赤外観測dataと比較した。うち4000個がミラ型変光星であった。	10

【研究期間終了後に発表した論文】			
No	論文名	日本語による簡潔な内容紹介	引用数
1	Discovery of a Jupiter/Saturn Analog with Gravitational Microlensing Gaudi B.S. et al., Science 319 (2008) 927.	ミニ太陽系の発見を伝えた論文。太陽系と酷似した系外惑星系が発見されたのは初めてである。	120
2	A low-mass planet with a possible Sub-stellar-mass host in microlensing event MOA-2007-BLG192 Bennett D.P. et al., ApJ 684 (2008) 663.	今まで観測された惑星の中で最も軽い惑星発見の論文。惑星は地球の3.3倍の質量を有しており、かつレンズ星の主星は褐色矮星であると推定されている。	86
3	Frequency of solar-like systems and ice and gas giants beyond the snow line from high magnification microlensing events in 2005-2008 Gould A. et al., ApJ 720 (2010) 1073	Snow line を越えて存在する惑星の量を重力レンズで見つけた data を元に初めて推定した論文。	54
4	Microlensing event MOA 2007-BLG-400: Exhuming the buried signature of a cool, Jovian mass planet. Dong Subo et al. ApJ 698 (2009) 1826.	光源星の有限ソース効果が長い時間に亘って観測された。その中にわずかなずれが観測された。正確な解析からレンズ星に重い木星の存在が判明した。	52
5	A cold Neptune-mass planet OGLE 2007 BLG 368Lb: cold Neptunes are common Sumi T. et al., ApJ 695 (2010) 1641	Real time alert system の成功により snow line を越えて存在する海王星の検出に成功。さらに惑星の質量分布を求めた。	51
6	OGLE-2005-BLG-071Lb, the most massive M dwarf planetary companion? Dong Subo et al., ApJ 695 (2009) 970.	M 型の主星に最も重い惑星が付随していることを発見した論文。	45
7	Sub-Saturn planet MOA-2008-BLG-310Lb: likely to be in the Galactic Bulge Janzack Julia et al., ApJ 711 (2010) 731.	光源星とレンズ星の重心がほぼ重なったため、光源星の移動と共に広がった光源の光が二重レンズの構造を的確に検出できた。そのことにより惑星が見つかった。	37
8	Unbound or distant planetary mass population detected by gravitational microlensing Sumi T. et al., Nature 473 (2011) 349.	MOA は優れた観測性能のため、一日数回観測できる。そのため極めて短時間、重力レンズ効果で増光する軽い惑星まで捉えられた。浮遊惑星の検出に成功した。	32
9	MOA-cam3: a wide-field mosaic CCD camera for a gravitational microlensing survey in New Zealand Sako T., Experimental Astronomy 22 (2008) 51	MOA CCD camera の論文。MOA の CCD カメラはスバル望遠鏡の主焦点カメラと並んで当時世界最大級のカメラである。その製造に関する貴重な know-how を記載した論文。	12
10	Discovery and mass measurements of a cold, 10 Earth mass planet and its host star Muraki Y., et al, ApJ 741 (2011) 22.	1984年 MOA 顧問の米国 Bennett と Rhie によって予言された通りの event が real time alert で見つかった論文。	3

### 3. その他、効果・効用等の評価に関する情報

次の(1)、(2)の項目ごとに、該当する内容について具体的かつ明確に記述してください。

#### (1) 研究成果の社会への還元状況（社会への還元の程度、内容、実用化の有無は問いません。）

\* 社会への貢献（2006-2011年度の主要なものに限定）

講演会

学士会主催 第4回関西茶話会 講師 村木 綏 2011年4月16日

本講演の内容は学士会報 U7 に掲載され全国の学士会員に配布された(会員数約7万名)

U7 Vol. 40 (2011年10月号) 32-43p.

甲南大学総合研究所主催公開講演会 講師 村木 綏 2007年7月28日

タイトル「重力レンズを使って太陽系外惑星を探す」

甲南大学総合研究所所報第46号 1-14p.

兵庫県立御影高校 講師 村木 綏 2008年7月11日

「天文学の最前線の紹介と系外惑星探査」

\* 学会への貢献

物理学会 執筆者 村木 綏 日本物理学会誌 60巻12号 (2005年12月号)

タイトル「重力マイクロレンズ効果を利用した暗い天体と太陽系外惑星の探索」

執筆者 住 貴宏 日本物理学会誌 64巻3号 (2009年3月号)

タイトル「重力マイクロレンズ法による系外惑星の発見」

太陽地球環境研究所報 STEL News letter

執筆者 村木 綏 No. 45 (2006年11月号) 太陽系外地球型惑星の発見

執筆者 住 貴宏 No. 53 (2009年7月号) MOA-IIによる系外惑星の発見

執筆者 阿部文雄 No. 59 (2011年6月号) 時空のトンネルワームホール検証法

名古屋大学学内報 名大トピクス

執筆者 阿部文雄 No. 216 (2011年5月号20p) 時空のトンネルワームホール

日本学術振興会科研費 Newsletter 2011 Vol.3 9p.

執筆者 住 貴宏 「重力マイクロレンズ現象の観測と浮遊惑星の発見」

\* 新聞発表、TV報道、科学雑誌

2005年3月号 天文ガイド誌 18p 「ニュージーランドに完成した MOA プロジェクト 1.8m 望遠鏡」

2006. 1. 26 「太陽系外最少惑星の発見」 中日、朝日、読売、日経

2006. 2. 19 「第二の地球を探せ」 日経

2008. 2. 15 「ミニ太陽系の発見」 中日、朝日、毎日、日経、名古屋TV

2008. 6. 3 「宇宙最少の惑星系発見」 中日、読売、日刊工業、東海TV

2011. 1. 8 「ワームホール探索が可能」 中日、朝日、日刊工業

2011. 5. 19 「浮遊惑星を見つけた」 中日、朝日、読売、毎日、日経、NHK

2011. 7. 31 「ワームホールは存在するだろうか」 公開講座 阿部文雄 東海ラジオ

2011年4月号 Newton p18 「時空のトンネルは実在するか？」 阿部文雄

2011年4月号 Newton 別冊 p124 「ブラックホールとタイムトラベラーワームホールの観測」

2011年8月号 Newton p16 「放浪する無数の惑星」 住 貴宏

\* 望遠鏡の建設技術を通じた貢献

MOA1.8m望遠鏡は名古屋大学南アフリカ1.4m望遠鏡の技術を基礎にそれを発展させて制作された。我々が観測で得た望遠鏡の hard ware に係る様々な know-how が以下の望遠鏡に生かされた。

2006年度 国立天文台石垣島望遠鏡(1.05m), 広島大学宇宙科学センター(1.5m), 2008年度 仙台市天文台(1.3m), 2009年度 東京大学天文センター(チリ1m), 京都産業大学(1.3m), 2010年度 台湾中央大学(2.0m), 2011年度 北海道大学(1.3m)。なお仙台市天文台の CCD カメラは我々の group が委託を受け制作した。(なおここでは口径1.0m以上の望遠鏡に限定して紹介した。)



### 3. その他、効果・効用等の評価に関する情報（続き）

#### (2) 研究計画に関与した若手研究者の成長の状況（助教やポスドク等の研究終了後の動向を記述してください。）

特別推進研究費の大半は 1.8m 望遠鏡の製作費と建設資金や運搬費に使用し人件費に回す余裕は無かった。しかし名古屋大学理学部や甲南大学理工学部の学生間で、本研究プロジェクト(MOA) に対する関心が非常に高く、多くの優秀な学生が大学院の門を叩いてくれ、MOA project を推進した。そして 16 編の修士論文と、2 編の博士論文が発表された。これらの仕事はすべて天文学会や物理学会で公表された。以下修士論文の著者とタイトルを列記し、具体的な研究の進捗や内容を紹介する。なお下のリストは日本側の 2007-2011 年度に限定したものであり、NZ 側で同時期に書かれた博士論文 2 編、修士論文 2 編およびそれ以前の 5 年間(2002-2006)に日本で書かれたものは含んでいない。

#### <修士論文> 16 件

平成 19 年度(2007 年度)

- 奥村卓大 「MOA-I の大マゼラン雲の観測データを用いたダークマターの探索」  
 福井暁彦 「MOA-I データを用いたトランジット系外惑星探索」

平成 20 年度(2008 年度)

- 永治舞衣子 「重力マイクロレンズによる系外惑星の検出効率」  
 古澤 圭 「MOA-I データベースを用いた太陽系外惑星の探索」  
 三宅範幸 「褐色惑星を伴う重力マイクロレンズイベント候補 OGLE-2007-BLG514」  
 角田裕規 「光線追跡シミュレーション法による連星系重力レンズの研究」(甲南大)  
 上田淳志 「MOA データベースによる半規則赤色変光星の研究」(甲南大)

平成 21 年度(2009 年度)

- 西本賢太 「MOA-IRSF 連携観測による南天高赤方偏移 GRB 残光探査」  
 牧田将太 「重力マイクロレンズ法を用いた MOA-I データ解析による MACHOs 探索」  
 保坂 俊 「MOA-II による重力マイクロレンズ法を用いた連星系の質量比の研究」  
 中尾俊作 「MOA-II 望遠鏡による太陽系内小惑星の探索と解析」(甲南大)

平成 22 年度(2010 年度)

- 鈴木大介 「低増光率重力マイクロレンズイベント MOA-2009-BLG-266 における惑星の検出効率」  
 林 文也 「重力マイクロレンズ法による、MOA-II 望遠鏡を用いた MACHOs 探索」  
 和田光平 「MOA-I 望遠鏡による LMC 領域の MACHOs 探索及び変光星の研究」(甲南大)

平成 23 年度(2011 年度)

- 大森健吾 「重力マイクロレンズ法による MACHOs の質量と存在量の見積もり」  
 神原周平 「MOA-II で観測された惑星系を含む連星イベントの解析」

そしてこの流れは大森・神原の修士論文で大きな peak を迎えた。その要旨はこの報告書にすでに書いたとおりである。

#### <博士論文> 2 件

- 福井暁彦 「A search for an additional planet in the hot Jupiter system WASP-5 by transit timing variables」  
 三宅範幸 「Search for binary systems of a stellar remnant in the high magnification gravitational microlensing event」

特筆すべきことは名大大学院生のとき MOA で博士号を取得した助手になった 住 貴宏君が、2011 年 4 月大阪大学理学研究科准教授として採用された。

以上、本プロジェクトは多くの学生や研究者の育成に貢献した。