

平成 23 年 5 月 1 日現在

研究種目： 若手研究(B)
 研究期間： 2008 ~ 2009
 課題番号： 20740104
 研究課題名 (和文) 惑星アラートシステムの運用及びトランジット系外惑星の探査
 研究課題名 (英文) Running the planetary alert system and search for transit planets

研究代表者
 住 貴宏 (SUMI TAKAHIRO)
 名古屋大学・太陽地球環境研究所・助教
 研究者番号：30432214

研究成果の概要 (和文) : 平成 21 年度は 1.8m 望遠鏡で銀河中心部を観測して、563 個のマイクロレンズイベントを発見しアラートを出す事に成功した。さらに、これらのイベントで惑星によると思われる逸脱をリアルタイムで検出し世界中の観測者にアラートを出して追観測を促し、4 個の系外惑星を発見した。また、これまで見つかった 10 個の系外惑星を統計的にまとめた結果、K, M 型星の周り、氷境界の外側では、海王星質量の惑星は木星質量の惑星より 3 倍以上多い事を突き止めた。

研究成果の概要 (英文) : In 2009, by observing the galactic bulge region with 1.8m telescope, we found 563 microlensing events and issued the alerts. Among them, we found the planetary anomaly and issued the alert to all around the world to encourage the follow-up observation. Then we found 4 planetary candidates. By combining 10 exoplanets found to date, we found that the Neptune-mass planets are at least 3 times more common than the Jupiter-mass planets around K,M dwarfs beyond the snow line.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学 ・ 天文学

キーワード：惑星探査、惑星起源進化

1. 研究開始当初の背景

1995年に初めて系外惑星が発見されてからこれまでに、ドップラー法によって280個以上(Udry & Santos 2007)、トランジットで50個以上、直接撮像、アストロメトリーによって数個発見されている。しかし、観測された惑星の多くは木星質量以上で、最近見つかり始めた海王星質量や「スーパーアース」と呼ばれる地球質量の数倍の系外惑星も、軌道半径が小さい物に限られる。これはこれらの観測方法が、重く、主星に近い惑星にしか感度がないからである(図1)。そんな中、我々MOAグループはニュージーランドのMt. John天文台の61cm望遠鏡で重力マイクロレンズによる系外惑星探査を行ってきた。2005年には同天文台に1.8m広視野望遠鏡を建設し翌4月から定常観測を開始した。さらに、H19年には、リアルタイム惑星アラートシステムを導入して、惑星の検出効率を飛躍的に上げた。

2. 研究の目的

(1) 我々Microlensing Observations in Astrophysics (MOA)グループが行っている重力マイクロレンズによる系外惑星探査にH19年までに導入したリアルタイム惑星アラートシステム(若手B、H18-19、代表:住)を引き続き運用する事によって系外惑星を見つける。これらの観測による系外惑星の検出効率をシミュレーションで求めて、これらを統計的にまとめて、惑星の存在量を見積もる。

(2) さらに、同じ銀河中心方向のデータから系外惑星が主星の前を通過するトラ

ンジットを検出する。これらにより系外惑星の存在量と分布を求める

3. 研究の方法

背景天体の前を他の星(レンズ天体)が通過すると、その重力がレンズの様な働きをして背景天体からの光を一時的に増光し、マイクロレンズイベントとして観測される。実際には、銀河中心内の比較的奥の星が銀河中心手前や銀河円盤内の星に増光される。この時レンズ天体である星の回りに惑星があると、さらにこの惑星の重力によってレンズを受け、光度曲線は標準的なマイクロレンズの理論曲線(図2黒点線)から逸脱し(同実線)、これを観測する事によって惑星を検出でき、主星と惑星の質量比、軌道半径等の値が求まる。図1の様に、マイクロレンズは比較的長軌道半径(数AU)の地球質量程度の系外惑星まで検出が可能な現

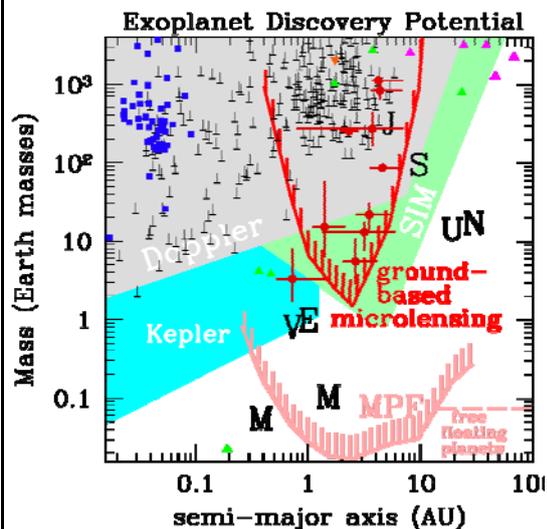


図1:各方法の惑星検出感度と観測された惑星の質量—軌道半径の分布。左上領域、黒下限値:ドップラー。青四角:トランジット。赤丸:マイクロレンズ。紫三角:直接撮像。緑三角:タイミング。Kepler,SIM,MPF:衛星計画。

在唯一の方法である。しかし、実際の観測

は簡単ではなかった。マイクロレンズが起きる確率が 10^{-6} 。そのレンズが惑星を持つ時に惑星が光度曲線に影響を与える確率が約6%。さらに、惑星の影響が出るタイムスケールは数時間から数日程度と非常に短く、その期間を精度良く連続測光しなければならない。従来のマイクロレンズ探査は、1-2日に一度の測光なので、このような短期間変動の検出は難しい。惑星による逸脱には2種類ある：(i)増光率が高いイベントのピーク付近でおきる物。(ii)増光率、時間に関係なくおきる物。(i)は起きる時間が予測でき追観測し易い。そこで、これまではMOAとOGLEと言うサーベイグループがイベントのアラートを出し、増光率が高いイベントのピークを他の追観測グループが高頻度で精度良く追観測してきた。そして、2003年我々MOAはOGLEと共同で、世界で初めてマイクロレンズを使って木星質量の系外惑星を(bond et al. 2004)、さらに、それまでで最小の5.5倍地球質量の系外惑星を発見した(Beaulieu et al. 2006)。合計6個の系外惑星が発見され、M型矮星の周りでは、海王星質量程度の惑星が非常に多い(90%信頼域で16%以上)と言う事が分かった(Gould et al. 2006)。

しかし、これまでの方法では(ii)のイベントを見逃していた。(ii)のイベントレイトは(i)の2-3倍と多い(Han & Kim 2001)。そこで申請者は、この(ii)を含めた惑星による逸脱をリアルタイムで検出しアラートを出す、"惑星アラートシステム"を構築しH19年から運用を開始した(若手B:H18-H19年)。

約 10^8 個の星を1時間に1度と言う高い頻度で観測し、得られるデータをリアルタイムで解析し、5分以内に新しい観測点を加えて光度曲線をフィットする。新しい観測

点がもし標準マイクロレンズ曲線から逸脱していたら観測頻度を上げる。逸脱が再確認されたら15分以内に世界中の追観測グループにアラートを出す。これはMOAII 1.8m望遠鏡の2.2平方度と言う広視野を利用した高頻度観測があればこそ出来る事である。このシステムの効果もあり、H19年には4個の系外惑星を検出した

(MOA-192, 197, 308, 379)。特に

MOA-2007-BLG-308は、このシステムで逸脱をリアルタイムで検出してアラートを出す事に成功した良い例である。本研究ではこのシステムの運用を継続し統計量を倍増し、惑星の存在量、分布を見積もる

4. 研究成果

(1) H2 1年度は、1.8m望遠鏡で銀河中心を観測して、563個のマイクロレンズイベントを発見しアラートを出す事に成功した。これらのイベントで惑星によると思われる逸脱をリアルタイムで検出しアラートを世界中の観測者に出して追観測を促し、4個の系外惑星を発見した。これらは現在解析中である。

(2) H2 0年までに合計10個の系外惑星が発見された。これらは5個が木星様な巨体ガス惑星で、5個が海王星程度の小さな惑星だった(図1参照)。シミュレーションによって惑星の検出効率を求めて、これらの系外惑星を統計的にまとめた結果、比較的軽いK, M型星の比較的外側(スノーラインの外側)では、海王星質量の惑星は木星質量の惑星より3倍以上多い事を突き止めた。また、K, M型星の約30%が惑星を持っている事も発見した。スノーラインの外側では、水蒸気が氷として凝縮し易いので、惑星形成が非常に活発であると思われる領域である。従って、これらの結果は、

惑星形成理論に大きな影響を与える。

(3) 既知のトランジット惑星を詳細に観測する事で、トランジットタイミング法と言う方法で、二つ目の惑星探査を見付ける事ができる。この期間中に、この様な詳細観測を行った。これに関しては現在解析中である。

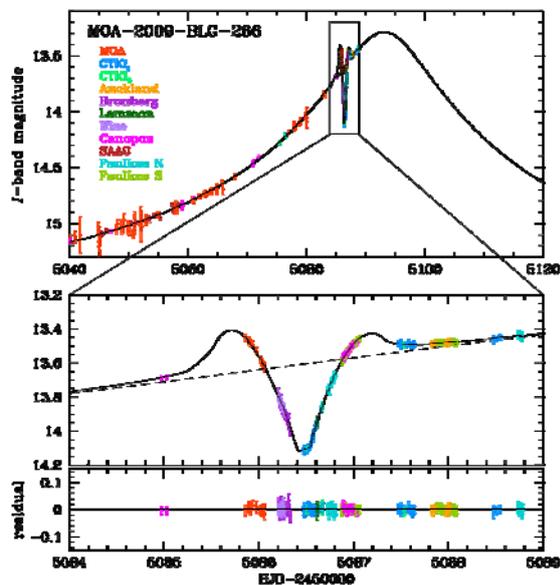


図2:海王星質量系外惑星 MOA-266 の光度曲線と惑星モデル(実線)からの残差(下段)。上段:全体。中段:惑星による逸脱部の拡大。赤がMOA、他の色は他グループのデータ。点線は惑星なしのモデル。赤丸部のMOAデータで惑星による逸脱を発見。

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6件)

1、住貴宏 (1 番目) 他 9 2 名、A Cold Neptune-Mass Planet OGLE-2007-BLG-368Lb: Cold Neptunes Are Common, Astrophysical journal、査読有、508、2010、p1641-1653

2、J. Janczak、住貴宏 (1 0 番目) 他 6 4 名、Sub-Saturn Planet MOA-2008-BLG-310Lb: Likely to be in the Galactic Bulge、Astrophysical journal、査読有、711、2010、p731-743

[学会発表] (計4件)

1、住 貴宏、Cold Neptunes are common、日本天文学会、2010/3/27、広島大学

2、住 貴宏、MOA-II observation in 2009、14th Workshop on Gravitational Microlensing、2010/1/18、Auckland, New Zealand

3、住 貴宏、MOA-II microlensing exoplanet survey、PATHWAYS TOWARDS HABITABLE PLANETS、2009/9/15、Barcelona, Spain

6. 研究組織

(1) 研究代表者

住 貴宏 (SUMI TAKAHIRO)

名古屋大学・太陽地球環境研究所・助教
研究者番号: 30432214

