

系外惑星

7月31日 8:30 - 11:15

8月1日 8:30 - 11:00

テーマ

様々な惑星系の姿とその形成過程

太陽系外惑星は、はじめて発見されてからまだ10年程度しかたっていない。これは中心星に比べて惑星は暗く直接検出することが難しいためであるが、間接的な惑星検出法の確立や観測技術の向上により、現在までに200個以上の系外惑星が見つかってきており、そしてその数は近年飛躍的に増加している。この分野はいま理論、観測ともに盛んに研究されており、非常にホットな研究分野である。

これまでに発見された惑星系はそのほとんどが太陽系の姿とは大きく異なるものであり、惑星系の驚くべき多様性が明らかとなってきた。現在、さらなる観測精度の向上、次世代の系外惑星探査計画の進行により地球型惑星の発見や系外惑星の直接観測まであと一歩というところまで来ており、今後さらに多様な惑星系の姿が見えてくることが期待されている。

またこれらの発見に伴って、これまで太陽系を中心に進められてきた惑星形成過程もこれらの多様な惑星系をも含めたものにしていく必要があるだろう。そのためには、観測家と理論家の交流が重要である。

そこで我々の分科会では夏の学校という交流の絶好の機会において、観測家・理論家がそれぞれの研究を持ち寄り、お互いの現状を知り、さらに議論を重ねることで、新しい研究の可能性を探ることを目的とする。

招待講師： 田中 秀和 氏（北海道大学）、小久保英一郎 氏（国立天文台）、岡本美子 氏（茨城大学）
 開催期間： 7月31日（火）8:30～11:15（会場：鳳凰い）、8月1日（水）8:30～11:00（会場：鳳凰い）
 講演時間： 招待講演（40分＋質疑応答5分）、一般講演（9分＋質疑応答3分）
 ポスター講演（3分＋ポスター講演者3人終了毎にまとめて質疑応答2分）

7月31日（火）ポスター講演（8:30～8:55）、招待講演（8:55～10:33）、一般講演（10:33～11:15）			
時刻	講演No.	講演者名（所属）	講演タイトル
8:30	惑星P01c	井上 芳幸（京都大）	Astrobiology
8:33	惑星P02a	古澤圭（名古屋大）	MOAグループにおけるトランジット法を用いた解析
8:36	惑星P03b	村田千紘（東北大）	南極における系外惑星探査
8:39	質疑応答		
8:41	惑星P04c	土居政雄（筑波大）	プロレート宇宙塵の形成
8:44	惑星P05a	松倉大士（東工大）	太陽系内におけるガス惑星形成過程
8:47	惑星P06b	小池 邦昭（総研大）	GRAPE-DRによる少数多体問題用コードの開発
8:50	質疑応答		
8:52	予備		
8:55	招待講演	田中秀和（北海道大）	惑星形成の第一歩：ダストから微惑星へ
9:40	休憩および予備		
9:45	招待講演	小久保英一郎（国立天文）	微惑星から惑星へ
10:30	予備		
10:33	惑星01	大久保篤史（名古屋大）	系外惑星直接撮像のための観測候補天体の選定基準について
10:45	惑星02	山本広大（名古屋大）	TPF-C(NASA)による系外惑星の直接検出の可能性
10:57	惑星03	荒深遊（東京大）	測光・分光観測から探る系外惑星リングの兆候
8月1日（水）一般講演（8:30～9:20、10:15～11:00）、招待講演（9:20～10:05）			
時刻	講演No.	講演者名（所属）	講演タイトル
8:30	惑星04	葛原 昌幸（国立天文）	惑星級の質量を持つ低質量天体の直接撮像観測の現状
8:42	惑星05	今鷹慎之介（新潟大）	系外惑星観測におけるドップラーシフト法と重力マイクロレンズ効果の考察
8:54	惑星06	永治舞衣子（名古屋大）	重力マイクロレンズ現象を用いた系外惑星探索
9:06	惑星07	三宅範幸（名古屋大）	MOAグループでの系外惑星探索
9:18	予備		
9:20	招待講演	岡本美子（茨城大）	赤外線ダスト観測で探る惑星系形成の場としての星周円盤
10:05	休憩		
10:15	惑星08	和田崇之（筑波大）	原始惑星系円盤の光蒸発
10:27	惑星09	敷田文吾（早稲田大）	惑星系の力学的安定性の解析
10:39	惑星10	堀安範（東工大）	ガス惑星・氷惑星そして系外惑星の構造—内部の熱輸送と惑星の自転効果—

ポスター掲示のみの発表

発表No.	発表者名（所属）	発表タイトル
惑星P07	石隈慎一郎（神戸大）	木曾シュミット望遠鏡による系外惑星のトランジットサーベイ観測
惑星P08a	保田誠司（筑波大）	衝撃波加熱モデルによる複合コンドリュール形成の可能性

発表者	井上 芳幸	所属	京都大学宇宙物理学教室
講演番号	惑星 P01c	発表形態	ポスター発表 + 口頭発表
タイトル	Astrobiology		
アブストラクト	Astrobiology についてレビュー的に紹介する。		
参考文献	Astrobiology Roadmap : http://astrobiology.arc.nasa.gov/roadmap/		

発表者	古澤 圭	所属	名古屋大学太陽
講演番号	惑星 P02a	発表形態	ポスター発表 + 口頭発表
タイトル	MOA グループにおけるトランジット法を用いた解析		
アブストラクト	<p>視線速度法は現在最も多くの系外惑星を検出しているが、星を一つずつしか観測できない、伴星が惑星かどうかを判断しづらいなどの欠点がある。それに対し、トランジット法は一度に星を大量測光し、同時に数多くの星を無作為に調査できるという利点がある。また、この方法で伴星の大きさが求まり、視線速度法との連携により、伴星の密度を知ることができる。トランジット法でより多くのイベントを検出するためには、一度に広範囲の星を連続して観測することが求められる。我々 MOA グループでは重力マイクロレンズ現象を探索するため、口径 1.8m の光学望遠鏡で、一億個の星を毎晩 10 ~ 70 回観測し、広範囲に及ぶ膨大な観測データを得ている。この観測データを使って大量のトランジットイベントを検出することができる。ポスター発表ではトランジット法、およびこの方法を用いて MOA グループで検出したイベントについて発表する。</p>		
背景知識	<p>系外惑星を探索する方法は、視線速度法、アストロメトリ法、直接撮像法、重力マイクロレンズ法、トランジット法がある。視線速度法は、主星近くに大きな惑星があった場合、惑星の影響で主星が周期的にふらつくため、このふらつきをドップラーシフト法で調べて惑星を検出する方法であり、アストロメトリ法は主星の、天球上の位置のふらつきを測定する方法である。直接撮像法は、惑星自身の光を主星の光から分離して検出しようというものである。重力マイクロレンズ法は、観測している天体（背景天体）と観測者の間に質量をもった天体（レンズ天体）が通過したとき、背景天体が増光したように見える重力マイクロレンズ現象を用いて惑星を検出する方法である。そして、トランジット法は、恒星に付随する伴星が主星の光を遮る現象を利用して伴星の物理量を求める方法で、また、トランジット内外のデータから惑星大気の情報もわかる。</p>		
参考文献	<p>Henry, G. W., et al., 2000, ApJ, 529, L41 Abe, F., et al., 2005, MNRAS, 364, 325</p>		

発表者	村田 千紘	所属	東北大学
講演番号	惑星 P03b	発表形態	ポスター発表 + 口頭発表
タイトル	南極における系外惑星探査		
アブストラクト	<p>系外惑星探査は、10 数年で 200 個以上の発見が報告される大躍進を見せている。探査法も視線速度、マイクロレンズ、トランジット、二次食、イ覆匹搬 様化し、惑星の質量や密度、大気などもわかってきた。数だけではなく、観測の質・精度も求められている。 私達は、南極に 2 m の赤外線望遠鏡を設置する計画を持っている。南極の標高 3000m 以上の氷床は、低温のため大気からの赤外線雑音が非常に小さく、また大気が安定しており、優れたシーイングサイトであると言われており、質の高い観測が期待される。 本ポスターでは、地上特に南極 (サイトの情報がまだ少なく、予測の範囲であるが) における系外惑星探査の可能性について議論する。</p>		

発表者	土居 政雄	所属	筑波大学 東工大地球惑星
講演番号	惑星 P04c	発表形態	ポスター発表 + 口頭発表
タイトル	プロレート宇宙塵の形成		
アブストラクト	<p>宇宙塵とは、地球外起源で大きさが 1mm 以下の塵である。宇宙塵は地球大気によるガス摩擦加熱により形成されることから、コンドリュールの形成モデルのうちの一つである、衝撃波加熱モデルへ応用されている。本研究では、ガス摩擦による加熱・融解現象を理解するために、宇宙塵の形状に注目した。採取されている宇宙塵の中には、プロレート型 (ラグビーボール型) の宇宙塵が発見されている。このような形状は、地球大気に突入したダストが回転していることにより形成されると考えられている。本研究では、ダストの変形を、線形近似を用いて定量化を行った。また地球大気に突入するダストの運動を追い、ダストに働くガス動圧、温度、遠心力を調べて、プロレート型の宇宙塵が形成されるかどうかを調べた。その結果、地球大気に突入したダストが融解した場合、プロレート型の宇宙塵が形成される可能性が十分にあることがわかった。</p>		
背景知識	<p>宇宙塵とは惑星間塵などが地球大気に突入し、大気との摩擦により加熱・融解し、表面張力によって丸くなったあと冷えて固まったサイズが 1mm 以下の球状のダストである。一方、隕石中に大量に含まれるコンドリュールと呼ばれる mm サイズの球状の鉱物がある。その形状が球状であることから、コンドリュールは原始太陽系星雲において、ダストを加熱・融解させる現象があったことを示している。コンドリュール形成モデルの有力なモデルの一つに衝撃波加熱モデルがある。これは原始太陽系星雲において生じた衝撃波によりガスとダストの間に生じた相対速度によって加熱を受けるというモデルである。つまりコンドリュールから原始太陽系星雲のガス密度などの構造からダストの数密度・サイズ・組成などの情報を得られる。本研究では衝撃波加熱モデルを理解するために宇宙塵形成を通して、ガス摩擦によるダストの加熱・融解現象を理解する。</p>		

発表者	松倉 大士	所属	その他 東工大地球惑星 井田・中本研
講演番号	惑星 P05a	発表形態	ポスター発表 + 口頭発表
タイトル	太陽系内におけるガス惑星形成過程		
アブストラクト	<p>現在、発見されている系外惑星の観測から、二つ以上の巨大ガス惑星を伴う惑星系が存在することが確認されている。実際、われわれ太陽系の8つの惑星のうち、木星と土星がそれに相当するものだが、これらの形成過程には不明な点が多い。特に、これら二つの惑星の形成時期やそれ以後の惑星移動などには様々な通説があり、現在も詳細な物理過程はわかっていない。私の研究は、この二つのガス惑星の形成プロセスを詳細に追うものであり、太陽系外の多様な惑星系のガス惑星の進化の一般性を構築したいと考えている。</p>		

発表者	小池 邦昭	所属	総研大
講演番号	惑星 P06b	発表形態	ポスター発表 + 口頭発表
タイトル	GRAPE-DR による少数多体問題用コードの開発		
アブストラクト	<p>1998WW31のような軌道長半径が長く離心率が高い Trans-Neptunian Objects 連星系の起源として船渡ら (2004) は2体の連星系に外から第3体が近づくことでの交換によってこのような連星系ができることを示した。このような計算を行うためには膨大なサンプルの3体問題を計算する必要があり多大な時間を要していた。このような問題を解決するために我々は現在開発中の超並列準汎用計算機 GRAPE-DR 上で実行できる3体問題用コードを開発中である。GRAPE-DR は1チップあたり最大512サンプルの軌道を並列に計算することができる。積分方法としては4次の Hermite 法を用いている。テスト計算を行い倍精度での軌道積分を行えることを確認した。シミュレータ上での性能見積もりの結果1チップあたり107Gflopsの性能を持ち Core2 Quad の7.5倍の性能向上を見込めることがわかった。</p>		
参考文献	<p>[Fna04]Yoko Funato, Junichiro Makino, Piet Hut, Eiichiro Kokubo and Daisuke Kinoshita, "The formation of Kuiper-belt binaries through exchange reactions", Nature, 427, 518-520 (5 February 2004)</p> <p>[Agr06]Craig B. Agnor and Douglas P. Hamilton, "Neptune's capture of its moon Triton in a binary? planet gravitational encounter", Nature, 441, 192-194(11 May 2006)</p>		

発表者	大久保 篤史	所属	名古屋大学 UIR 研
講演番号	惑星 01	発表形態	口頭発表
タイトル	系外惑星直接撮像のための観測候補天体の選定基準について		
アブストラクト	<p>私たちは、すばる望遠鏡の HiCIAO コロナグラフを用いて、太陽系外の惑星の放射を直接検出することを目指している。検出対象の軌道長半径は 100 AU 以内、質量は 10 木星質量以下である。系外惑星の直接撮像には、次の 3 つの条件を満たす必要がある。第一に恒星 (主星) と惑星 (伴星) を空間的に分解できること、第二に惑星のフラックスが点源検出限界 (5) 以上であること、第三に明るい主星のハローに対して惑星が検出できるほど明るいことである。私たちは、これらの条件から、観測候補天体の年齢、距離、スペクトルを導出した。さらに、本観測では、地上からコロナグラフと波面補償光学装置を組み合わせて観測するため、天体の赤緯と実視等級に制限が与えられる。本講演では、すばる望遠鏡の HiCIAO コロナグラフを用いた、系外惑星直接撮像のための観測候補天体の選定基準について述べる。</p>		
背景知識	<p>これまでに検出された系外惑星の多くは、視線速度法観測により発見されている。視線速度法観測は、惑星の軌道長半径、下限質量を正確に見積もることができる一方で、惑星の放射を直接観測しない、間接的な検出方法である。また、検出できる惑星の軌道長半径は 5AU 以下である。 他方、すばる望遠鏡の HiCIAO コロナグラフ観測は、惑星の放射を直接観測し、惑星の大気組成を調べることができる。また、10AU 以遠の数倍の木星質量の惑星に感度がある。従って、本観測は、視線速度法観測と相補的である。</p>		
参考文献	<p>Graham, James R.; Macintosh, Bruce; Doyon, Rene; Gavel, Don; Larkin, James; Levine, Marty; Oppenheimer, Ben; Palmer, David; Saddlemyer, Les; Sivaramakrishnan, Anand; and 2 coauthors(2007), “Ground-Based Direct Detection of Exoplanets with the Gemini Planet Imager (GPI) ”</p>		

発表者	山本 広大	所属	名古屋大学 UIR 研
講演番号	惑星 02	発表形態	口頭発表
タイトル	TPF-C(NASA) による系外惑星の直接検出の可能性		
アブストラクト	<p>太陽系外の惑星を撮像するためには、コロナグラフと波面補償光学装置(AO)を組み合わせる必要がある。一般に、検出対象の惑星のフラックスは主星のそれに比べて6-10桁小さいため、惑星が存在すると考えられる領域において、主星ハローを低減しなければ惑星検出は困難である。また天体からの光の波面は大気の擾乱や乱流によって乱される。従って、AOによる波面の乱れの補償と、コロナグラフによる主星の回折光の低減が成否の鍵となる。地上からはすばる望遠鏡のHiCIAO コロナグラフを用いた惑星直接検出計画がある。(大久保講演参照)。他方、地上に比べて大気の擾乱や乱流が小さい気球高度(上空35km)や衛星軌道より、コロナグラフとAOを組み合わせる計画がNASAで検討されている。本講演では、地上と気球、宇宙観測それぞれにおいて達成される主星ハローの低減量を見積もり、惑星直接検出の可能性を評価する。</p>		
背景知識	<p>TPF-C: Terrestrial Planet Finder-C。コロナグラフを用いた地球型惑星探査計画。衛星軌道に探査機を打ち上げる。</p> <p>コロナグラフ: 焦点面で主星を遮り、瞳面で高周波数成分を低減させることで、主星の像と高空間周波数領域での主星の回折光を低減させる装置。</p> <p>波面補償光学装置: Adaptive Optics (AO) Wave Front Sensorにより波面の傾きと曲率を測定し、可変鏡により波面を平面に補償する装置。</p> <p>HiCIAO: High Contrast Instrument for new generation Adaptive Optics</p>		
参考文献	<p>Avila et al., 2002, "HARPS: ESO's coming planet searcher. Chasing exoplanets with the La Silla 3.6-m telescope"</p> <p>Guyon, 2005, "Limits of Adaptive Optics for High-Contrast Imaging"</p>		

発表者	荒深 遊	所属	東京大学須藤研
講演番号	惑星 03	発表形態	口頭発表
タイトル	測光・分光観測から探る系外惑星リングの兆候		
アブストラクト	<p>最初の系外惑星が発見されて以来、観測技術も向上してすでに200個以上の系外惑星が発見された。これからは数だけでなく、惑星の大気、反射光、衛星の有無などを調べるのが重要になってくるだろう。本発表では惑星のリングに焦点を当てる。具体的には、Rossiter-McLaughlin効果を用いて光度変化・視線速度変化を計算し、検出可能性について議論する。</p>		
背景知識	<p>惑星が主星の前を通過するとき(Transit)、通過しない場合と比べて視線速度曲線にずれが起こる。これはRossiter-McLaughlin効果と呼ばれ、惑星が主星表面を隠すことで相対的に視線速度が変化したように見えることが原因である。リングが存在する場合、それにより惑星よりも大きく主星表面を隠すはずなので、Rossiter-McLaughlin効果もより顕著になると予想される。</p>		
参考文献	<p>・ astro-ph/0611466</p> <p>・ J. Barnes, J. Fortney, ApJ, 616, 1193</p>		

発表者	葛原 昌幸	所属	国立天文台三鷹 東京大学地球惑星科学専攻
講演番号	惑星 04	発表形態	口頭発表
タイトル	惑星級の質量を持つ低質量天体の直接撮像観測の現状		
アブストラクト	<p>現在 200 天体を越える太陽系外惑星が発見されている。その全てがドップラー法などの間接的方法で発見されたものである。しかし赤外線観測装置を用いた宇宙望遠鏡、補償光学を用いた地上の大型望遠鏡等の近年の観測技術の進歩により、系外惑星の直接撮像に対し後一步まで迫っている。そこで、ここでは現在の超低質量天体の直接撮像による発見例を紹介する。褐色矮星が中心星の木星の約 5 倍の質量の天体が VLT で、T タウリ型星を中心星におよそ 20 倍あるいは 40 倍の質量の天体がすばるや VLT など数例観測されている。これらの天体はその質量を決定する際の理論モデルの不定性や主星が褐色矮星であること等を考えると惑星と断定することは困難であるが、今後の系外惑星の直接撮像に向け重要な指標であると考えられる。また、惑星の直接撮像観測を目指し現在国立天文台を中心に開発が進められている次世代のコロナグラフ HiCIAO についても紹介する。</p>		
背景知識	<p>褐色矮星：質量が小さく水素の核融合反応を起こすことができない木星の約 13 倍以上、80 倍以下の質量を持つ天体。褐色矮星は非常に暗く通常検出するのが困難である。そこで褐色矮星の探査は若い天体 (YSO) に集中する。これは、褐色矮星が若いときに収縮することにより重力エネルギーを開放していることを利用するためである。太陽系外惑星においても同じ原理を用いることで若い木星型の惑星を撮像することが考えられている。補償光学：参照星と呼ばれる天体の波面を高速波面センサーで測定することで、大気揺らぎにより乱された波面を変形可能な鏡面によって刻々と補正する技術。これによりスバル望遠鏡は宇宙望遠鏡を上回る空間分解能を獲得した。コロナグラフ：像面に遮光マスク、瞳面に回折光用マスクを設けることにより、明るい恒星光を遮光し、星像のハローを低減することにより明るい星の光に埋もれ検出不可能であった暗い天体も観測可能にする。</p>		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ・岡村定矩他編『シリーズ現代の天文学 人類の住む宇宙』日本評論者 2007 ・井田茂著『異形の惑星』NHKBOOKS 2003 ・G.Chauvin et al., “A giant planet candidate near a young brown dwarf Direct VLT/NACO observations using IR wavefront sensing”, A&A, 2004 ・R.Neuhauser, “Evidence for a co-moving sub-stellar companion of GQ Lup”, A&A, 2005 ・M.Tamura et al., “Concept and science of HiCIAO:high contrast instrument for the Subaru next generation adaptive optics”, Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy, 2006 		

発表者	今鷹 慎之介	所属	新潟大学
講演番号	惑星 05	発表形態	口頭発表
タイトル	系外惑星観測におけるドップラーシフト法と重力マイクロレンズ効果の考察		
アブストラクト	<p>1995年に最初の発見がなされて以来、観測技術の進歩により発見された系外惑星の数は200個を超えた。系外惑星の主な観測方法として、ドップラーシフト法・重力マイクロレンズ効果の利用などがあげられる。ドップラーシフト法は、系外惑星観測において現在最も多く用いられている。ドップラーシフト法では、惑星の質量が大きいほど発見しやすく、多数のスペクトル線の変化を足し合わせることで signal と noise の比を向上させられるため、他の観測に比べ相対的に精度が高い。一方重力マイクロレンズ効果は、その現象が全天で見渡せば高い頻度で発生していて、主星から離れた距離にある惑星や、低質量の恒星の惑星を発見することができる。今回は、ドップラーシフト法と重力マイクロレンズ効果の利用について説明し、長所と短所をまとめた。</p>		
背景知識	<p>惑星をもつ恒星は、惑星からの引力によって揺り動かされ、地球からみた速度、つまり視線速度が周期的に変化する。この速度変化は恒星からやってくる光にドップラー偏移をもたらし、光の波長のずれとなって検出される。この波長のずれを検出することによって系外惑星を見つけるのがドップラー法と呼ばれる手法であり、現在観測されている系外惑星のほとんどがこの方法で見つかっている。次に、視線方向に2つの天体が重なると、手前の天体（レンズ天体）の重力場によって遠くの背景天体からの光が曲げられる。この現象は重力レンズとよばれ、背景天体の像はリング、2重像などさまざまな形を取りうる。レンズ天体が星のような軽い天体の場合、背景天体の像のゆがみではなく明るさの増加だけが観測される。これが重力マイクロレンズ効果である。レンズ天体が惑星をもつ恒星の場合は、恒星による強い増光と惑星による弱い増光が観測される。</p>		
参考文献	<ul style="list-style-type: none"> ・ “GRAVITATIONAL MICROLENSING BY THE GALACTIC HALO”, BOHDAN PACZYNSKI, THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 304, 1-5, 1986, May, 1 ・ “The two-point-mass lens:detailed investigation of a special asymmetric gravitational lens”, P. Schneider and A. Weigert, Astron. Astrophys, 164, 237-259(1986) ・ “A Jupiter-mass companion to a solar-type star”, Michel Mayor & Didier Queloz, 1995, nature, 378, 355-359 		

発表者	永治 舞衣子	所属	名古屋大学太陽
講演番号	惑星 06	発表形態	口頭発表
タイトル	重力マイクロレンズ現象を用いた系外惑星探索		
アブストラクト	<p>我々 MOA (Microlensing Observation in Astrophysics) グループでは、ニュージーランドの Mt. John 天文台に設置した口径 1.8m の光学望遠鏡を用いて、重力マイクロレンズ法による系外惑星探索を行っている。観測している天体 (背景天体) と観測者の間に質量をもった天体 (レンズ天体) が通過したとき、背景天体からの光が屈折して 2 つのイメージができる。レンズ天体の質量が小さく太陽質量程度の場合、2 つのイメージは分解することができないため、背景天体が増光したように見える。これを重力マイクロレンズ現象という。重力マイクロレンズ現象が起きたとき、レンズ天体のまわりに惑星が付随していたならば、単星の場合の光度曲線からずれが生じる。このずれを解析することで、惑星を検出することができる。本講演では、重力マイクロレンズ法による系外惑星探索について説明する。</p>		
背景知識	<p>1986 年、Paczynski 氏は重力マイクロレンズ現象を利用すれば、直接光では見ることができない MACHO を検出できると提唱した。その後この方法が系外惑星の検出に有効であると認識されてきた。(Mao & Paczynski, 1991) 重力マイクロレンズ法は、現在、唯一地球型惑星を検出する方法である。その他に系外惑星を探索する方法として、視線速度法、トランジット法、アストロメトリ法、直接撮像法などがある。視線速度法：伴星による主星の周期的なふらつき (視線方向成分) をドップラーシフトから測定する方法。最も多くの系外惑星を検出している。アストロメトリ法：主星の、天球上の位置のふらつき (視線方向と垂直な成分) を測定する方法。トランジット法：伴星が主星を横切る際の減光現象を観測し、伴星の物理量を求める方法。直接撮像法：惑星自身の光を主星の光から分離して検出する方法。</p>		
参考文献	<p>Paczynski, B. 1986, ApJ, 304, 1 Mao, S., & Paczynski, B., 1991, ApJ, 374, L37</p>		

発表者	三宅 範幸	所属	名古屋大学太陽
講演番号	惑星 07	発表形態	口頭発表
タイトル	MOA グループでの系外惑星の探索		
アブストラクト	<p>我々 MOA グループは、ニュージーランドのマウントジョン天文台において口径 1.8m の光学望遠鏡を用いて銀河中心、大マゼラン星雲、小マゼラン星雲を観測対象とし、一億個の星を毎晩 10 ~ 70 回観測している。MOA グループの望遠鏡は、重力マイクロレンズ現象観測専用の望遠鏡として視野、口径、カメラの受光面積それぞれ世界最大のものである。重力マイクロレンズ現象は、約百万個の星を観測して 1 例程度しか起こらず、多くの星を観測する必要がある。また、同じ星で再び起こることはないため、MOA グループではアラートを世界中に発信して、多くの観測データを得ている。リアルタイムで惑星イベントを検出し、アラートを出すシステムも開始した。近年の観測では、2005 年に約 5.5 倍の地球質量を持った系外惑星を発見した。本講演では、この発見を含め、現在の観測状況や今後の展望について述べる。</p>		
背景知識	<p>系外惑星を探索する方法は、視線速度法、トランジット法、直接撮像法、重力マイクロレンズ法がある。視線速度法は、惑星の影響による主星の周期的にふらつをドップラーシフト法で調べて惑星を検出する方法である。トランジット法は、恒星に付随する伴星が主星の光を遮る現象を利用して伴星の物理量を求める方法である。直接撮像法は、惑星自身の光を主星の光から分離して検出しようというものである。そして、重力マイクロレンズ法は、観測している天体（背景天体）と観測者の間に質量をもった天体（レンズ天体）が通過したとき、背景天体が増光したように見える重力マイクロレンズ現象を用いて惑星を検出する方法である。これは、唯一地球質量程度の惑星を検出する方法である。我々以外に重力マイクロレンズ現象を探索しているグループとして、チリのラスカンパナスに望遠鏡をもつ OGLE グループ（口径 1.3m、視野 0.34 平方度）がある。</p>		
参考文献	Mao, S., & Paczynski, B., 1991, ApJ, 374, L37		

発表者	和田 崇之	所属	筑波大学
講演番号	惑星 08	発表形態	口頭発表
タイトル	原始惑星系円盤の光蒸発		
アブストラクト	<p>原始星の周りには原始惑星系円盤と呼ばれるガス・ダストからなる円盤が観測されている。この原始惑星系円盤のガス成分は進化の過程で消失すると考えられおり、この消失時期やメカニズムは、ガス惑星の形成を考える上で重要である。過去の研究から、中心星からの電離光子による円盤の光蒸発が消失のメカニズムのひとつとして考えられている。本発表では光蒸発による円盤の質量減少率について Hollenbach et al (1994) のモデル化による見積もりを紹介する。また、このモデルの適用範囲や、論文で無視されているダストによる蒸発量への効果などについて議論する。</p>		
背景知識	<p>現在の惑星系形成論では、原始星の形成と共にガス・ダストからなる円盤（原始惑星系円盤と呼ばれる）が形成されると考えられているが、現在の太陽系の姿や、主系列星の観測などから円盤は進化の途中で散逸すると考えられている。また、円盤内のダストが集積することで惑星のコアが出来、その後周囲のガスを集めることでガス惑星が形成されると考えられているため、原始惑星系円盤のガス成分の散逸時期やメカニズムはガス惑星形成を考える上で重要であると考えられる。原始星は主系列星に比べ多くの電離光子（中性水素を電離できるエネルギーを持った光子）を放っていると考えられており、この電離光子によって円盤のガス成分が電離し、1万度程度に加熱されると考えられる。光蒸発とは加熱されたガスのうち中心星の重力で束縛しておくことが出来なくなったガスが圧力勾配にしたがって円盤から散逸していく過程である。</p>		
参考文献	<p>Hollenbach, D., Johnstone, D., Lizano, S., & Shu, F. 1994, Apj, 428, 654-669 Hollenbach, D., Yorke, H, W., & Johnstone, D., 2000 Strom, S, E., 1995, RevMexAA, 1, 317-328 Zuckerman, B., Forveille, T., & Kastner, J, H. 1995, nature 永原, 藤原, 渡辺, 井田, 阿部, 中村, 小松, 松井, 山本 「比較惑星学」第三章</p>		

発表者	敷田 文吾	所属	早稲田大学 (前田/山田研)
講演番号	惑星 09	発表形態	口頭発表
タイトル	惑星系の力学的安定性の解析		
アブストラクト	<p>惑星形成後期段階における惑星系の軌道の安定性を調べるために本研究では以下のような手法を用いた。まず $1M_{\odot}$ の中心星の周囲にその $1/1000$ の質量を持つ三つの惑星を惑星同士の Hill 半径の Δ 倍の軌道間隔で円軌道上に配置し、それらの軌道進化を数値シミュレーションする。先行研究から、少なくとも $\Delta \lesssim 10$ の範囲の軌道間隔から計算を始めた場合、すべての場合で軌道進化は次の三段階を経ることが知られている。まず、惑星同士が接近するまでの段階があり、次いで接近を繰り返し軌道要素が時間的に大きく振動する段階、そして最後に 1 惑星が放出され、離心率の大きい 2 惑星が残る段階に到る。本研究では、軌道要素、座標の時間相関について調べるために時系列データのパワースペクトルを調べた。</p>		
背景知識	<p>太陽系のすべての惑星が (ほぼ同一平面上を、) ほぼ円軌道で運動しているのに対して現在までに発見されている系外惑星には大きな離心率を持つものが少なく、それを説明するモデルとして原始惑星系円盤のなかで円軌道上に形成した惑星同士が、惑星同士の重力相互作用により離心率の大きな現在観測されているような軌道へと変化したとする Jumping Jupiter モデルが有力視されている。</p> <p>また惑星の質量が成長する段階においても、円軌道上に形成されるとする原始惑星が重力相互作用で互いに軌道を円軌道から乱し合う必要があり、ガス円盤が散逸して以降の惑星形成の後期の理論をつくる上で中心星の周りを Kepler 運動しつつ、中心星の質量の $1/1000 \sim 1/100000$ の惑星同士が重力相互作用する系についての理解が重要である。</p>		
参考文献	<p>[1] Chambers et al., 1996, Icarus, 119, 261 [2] Marzari, Weidenschilling, 2002, Icarus, 156, 570 [3] 相沢洋二, 1992 「カオスと $1/f$ ゆらぎ」, 数理科学 349, 8</p>		

発表者	堀 安範	所属	その他 東工大 地球惑星 井田・中本研究室
講演番号	惑星 10	発表形態	口頭発表
タイトル	ガス惑星・氷惑星そして系外惑星の構造 - 内部の熱輸送と惑星の自転効果 -		
アブストラクト	<p>過去 10 年間以上の観測により、200 個以上もの系外惑星が次々と発見されました。こうした観測データの積み重ねは、幾つかの重要な特徴を明らかにしました。その一つとして、大多数の系外惑星は、木星や海王星に代表される巨大惑星（ガス惑星・氷惑星）であることが示唆されています。このことから、巨大惑星の形成、進化そして構造の解明は、太陽系の謎をひも解く上で重要であるとともに、系外惑星系の情報を惑星系形成へ還元する手助けにもなります。そこで、ガス惑星・氷惑星の構造に着目し、内部の熱輸送、惑星の自転効果、水素の金属化を考慮した数値解析を実施しました。本講演では、太陽系のガス惑星・氷惑星、そして幾つかのトランジット系外巨大惑星に関する、密度、温度、圧力分布の結果を提示します。更に、解析結果を用いて、外層における重元素量および巨大惑星の形成の引き金になり得る固体コア質量について議論します。</p>		
背景知識	<p>ガス惑星（木星・土星）は、水素とヘリウムから成るガスを主成分とする巨大な惑星です。ガス惑星内部では、中心部に岩石・氷の固体コア、外層は水素とヘリウムの分子層、そして、高圧・高温下にある中間層には金属水素層が存在すると予想されています。一方、氷惑星（天王星・海王星）では、大部分（～90%）を占める固体コア（主に氷成分）が、巨大ガス惑星に比べて幾何学的に薄い外層を纏っていると考えられています。しかし、いずれの巨大惑星の構造、形成そして進化に関しても、未解決な問題点を多く抱えているのが現状です。こうした中、大部分の系外惑星が巨大惑星である事実と多種多様な系外惑星系の存在は、巨大惑星の理解の重要性を強調しています。なぜなら、(秩序立った太陽系を含む) 惑星系形成の理論的枠組みを系統的に構築する上で、巨大惑星の解明が飛躍的な進歩の重要なカギを握っていると言えるからです。</p>		
参考文献	<p>(1) 巨大ガス惑星・氷惑星のレビュー Stevenson, D. J, Ann. Rev. Earth and Planet. Sci., 1982</p> <p>(2) ガス惑星・氷惑星・系外惑星のレビュー Guillot, T., Science, 1999 Guillot, T., Ann. Rev. Earth and Planet. Sci., 2005</p> <p>(3) 巨大惑星（系外惑星）の構造・進化モデル Guillot, T., & More, P., Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 1995 Fortney, J. J., & Hubbard, W. B., Icarus, 2003 Bodenheimer, P. et al., ApJ, 2003 Showman, D., & Guillot, T., ApJ, 2003 Saumon, D., & Guillot, T., ApJ, 2004</p>		

発表者	石隈 慎一郎	所属	神戸大学
講演番号	惑星 P07	発表形態	ポスター発表
タイトル	木曾シュミット望遠鏡による系外惑星のトランジットサーベイ観測		
アブストラクト	<p>系外惑星が発見されて 10 年以上が経った。太陽のような主系列星を持つ系外惑星の数は 200 個を越え、現在はその発見数を増やすだけでなく、系外惑星の姿をより詳細に探る段階に入っている。系外惑星系の様子を知ることが、我々の太陽系を含め、一般に惑星系はどのように形成されるのか、という疑問についての理解を深めることにもつながる。これまで発見された系外惑星のほとんどはドップラーシフト法によるものである。しかし、系外惑星の詳細を知るためには、トランジットと呼ばれる系外惑星がその主星を掩蔽することで起こる、主星の僅かな減光をとらえることが重要である。我々の観測グループでは、この系外惑星のトランジットを検出するため、東京大学木曾観測所 105cm シュミット望遠鏡によるトランジットサーベイ観測を 2005 年から定期的に行っている。本講演では、そのサーベイ観測の内容及び成果について報告する。</p>		

発表者	保田 誠司	所属	筑波大学 東工大地球惑星
講演番号	惑星 P08a	発表形態	ポスター発表
タイトル	衝撃波加熱モデルによる複合コンドリュール形成の可能性		
アブストラクト	<p>コンドライト隕石中には二つの独立なコンドリュールが付着している複合コンドリュールと呼ばれるものがコンドリュール全体の5%程度含まれている。原始太陽系星雲中のダストの数密度は小さく、コンドリュールが加熱現象中に衝突する確率は$\sim 10^{-5}$程度(林モデル、3AU)であり、その形成過程は未だ未解明である。我々は、コンドリュール形成の有力なモデルのひとつである衝撃波加熱モデルの加熱機構に注目した。ガス摩擦による加熱を受けたダストは非一様に溶融し、ガス動圧により、分裂を起こす可能性がある。すると、コンドリュールの数密度が局所的に上昇する。そこで、溶融ダストのガス流による分裂を分裂片の放出率、速度分散、サイズ分布を数値計算し、複合コンドリュールの形成確率を見積もった。その結果、衝突確率は~ 1程度となり、衝撃波加熱モデルで複合コンドリュールが形成される可能性が十分あると思われる。</p>		
背景知識	<p>「コンドリュール」・・・地球に落下してくる大多数の隕石に含まれる、1mm程度の球形のケイ酸塩鉱物。その形状、内部結晶の特徴、年代測定などの結果、原始太陽系星雲中のダストが加熱を受け溶融し、表面張力で丸くなった後、急冷され形成されたと考えられている。</p> <p>「衝撃波加熱モデル」・・・コンドリュールの外的特徴(サイズ分布、形状)や内的特徴(同位体分別、結晶構造を再現する冷却率、加熱率)をよく説明するため、コンドリュール形成のモデルとして有力視されているモデル。原始太陽系星雲内に発生した衝撃波がガス・ダストからなる円盤を通過したとすると、ガスは急激に加速されるのに対して、ダストはすぐには加速されないため、両者の間に相対速度が生まれる。すると、ダストは高速のガス流にさらされることになり、ダストはガス摩擦による加熱を受けるというモデル。</p>		
参考文献	<p>John T. Wasson, Alexander N. Krot, Min Sung Lee, and Alan E. Rubin 1995, "Compound chondrules", <i>Geochimica et Cosmochimica Acta</i>, Vol.59, No9, pp. 1847-1869.</p> <p>Toshihiko Kadono and Masahiko Arakawa, 2005, "Breakup of liquids by high velocity flow and size distribution of chondrules", <i>Icarus</i> 173, 295-299.</p>		