



京都系外惑星観測入門

出口雅規、三木健司、木原孝輔、天羽将也、平井颯、糟谷悠、山敷庸亮、土井隆雄
京都大学 宇宙総合学研究所

概要： 京都大学宇宙総合学研究所では、2017年1月より京大院理学研究科附属花山天文台において系外惑星観測を行ってきた。2019年2月現在で、通算58回の追試観測を実施しており、光害の厳しい京都市内でも小口径望遠鏡による系外惑星観測が十分可能である。教育プログラムの一環として、花山天文台で得た観測データから惑星直径や公転周期等の物理量を求める演習を学生に課した。その計算結果について紹介する。さらに、昨秋より、過去の観測データから新たな系外惑星を探す探査プロジェクトを開始しており、その過程で未知の脈動変光星と思しき光度曲線を得たことを紹介する。

花山天文台における観測システム



図1. 系外惑星観測システム

- 屈折望遠鏡2基：口径130ミリメートル・焦点距離1000ミリメートル
- 15等星が観測可能（30秒露出）
- 望遠鏡・CCDカメラは花山天文台新館より遠隔操作
- 観測データは京都大学キャンパスからアクセス可能

京都の空

- 観測に一番適した季節は、冬から春にかけてと、秋から冬にかけて。
- 梅雨の始まる6月中旬から7月下旬までは観測回数が減少。
- 8月は夜間に雲が発生しやすいために、観測がない。

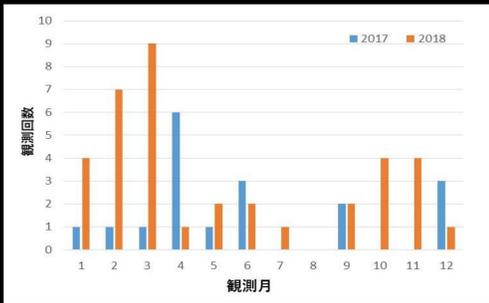


図2. 月別観測回数@花山天文台

トランジット法による系外惑星の観測

トランジット法の利点

1. 小型望遠鏡で観測可能
2. 比較的明るい空でも観測可能（京都市近郊可能）
3. 視線速度法と組み合わせることにより、惑星の大きさ（直径）、重さ、密度がわかる。

トランジット法の欠点

1. 惑星が恒星表面を通る確率が小さい。（軌道面が地球の方向を向いている必要がある）
2. 地球型惑星が観測しづらい。（減光が小さい）
3. 長期間の観測が必要（公転運動中に惑星が恒星面を通過する必要がある）

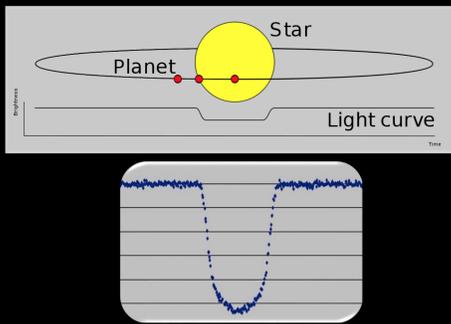


図3. トランジット法による減光観測例

追試観測で得られた光度曲線の実例

系外惑星天体 HD189733

天体名: HD189733	惑星: HD189733b (Hot Jupiter)	標準偏差: トランジット前: 0.01849
位置: こぎつね座	公転周期: 2.26日	トランジット中: 0.01130
等級: 7.67等級	減光量: 0.0282等級(予報値)	トランジット後: 0.01195
トランジット時間: 109.6分	観測日: 2018年6月16日	

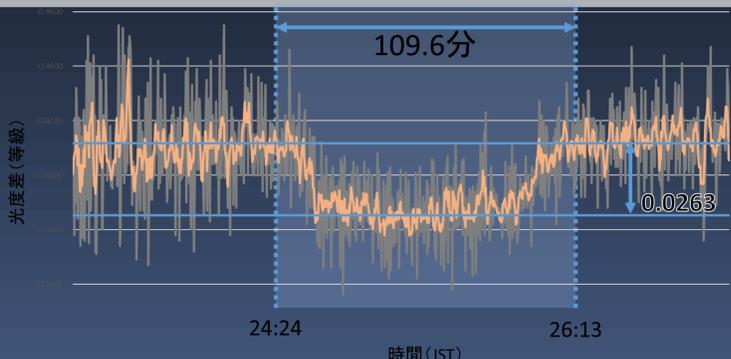


図4. 追試観測で検出された系外惑星天体HD189733の光度曲線。

他にも、HAT-P-27・WASP-37・WASP-43など、十個以上の系外惑星天体において、0.015等級程度のトランジット減光の検出を確認！

宇宙教育プログラム

系外惑星	直径 (木星直径比)	公転周期 (日)	軌道半径 (天文単位)	軌道傾斜角 (角度)	表面温度 (K)
1班: WASP-43	1.01 0.93	1.68 0.81	0.023 0.014	90.0 82.6	3677 1370
2班: XO-5	0.32 1.11	2.57 4.19	0.035 0.049	90.0 86.7	1115 1221
3班: HD189733	1.24 1.15	1.35 2.22	0.023 0.031	85.1 85.8	1235 1117
4班: WASP-36	1.23 1.28	1.13 1.54	0.022 0.026	84.3 83.6	1679 1724

表1. 系外惑星物理量推定例

上に示した表は、昨年9月に花山天文台で行われた第2回有人宇宙学実習において、参加学生らが計算した系外惑星の物理量である。文献値とかなり近い値を得られた。青字が文献値。系外惑星はホット・ジュピター(高温木星型)と呼ばれている。主星の周りを水星よりも近い軌道で木星サイズの惑星が回っており、周期は数日、表面温度は1000度を越える特異な惑星系である。

系外惑星探査プロジェクト

2018年11月17日、我々は新規系外惑星の発見を目指し、ぎょしゃ座方向でサーベイ観測を実施した。後日確認すると、大変鮮明な脈動変光星と思しき光度曲線を得た。変光星総合カタログ(GCVS)にこの恒星は登録されていない。新発見の変光星か！

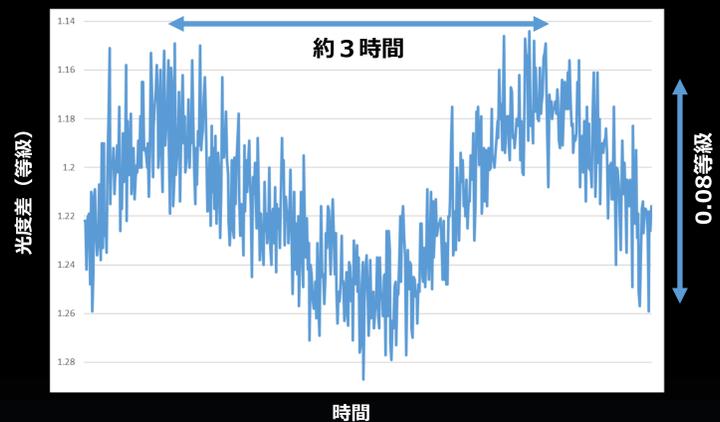


図5. 2018年11月17日の観測で検出された脈動変光星と思しき光度曲線

変光星の種類

- ◆ 食連星
連星が互いを隠しあうことによって明るさが周期的に変わる。系外惑星と主星の関係はこれに類似している。
- ◆ 脈動変光星
変光星総合カタログ(GCVS)に登録されている変光星のなかでは最も数が多い。変光には星全体が収縮・膨張することによるものと、恒星表面の一部が膨張し、ほかの部分が収縮することによるものがある。
(参考: <http://astro-dic.jp/eclipsing-binary/>)

今後の展望

- ✓ オートガイダーを導入し、より高精度な測光観測を目指す。
- ✓ 同一天体での複数回追試観測から、トランジット時刻のずれを見出し、スーパーアースサイズの新規系外惑星発見を目指す！
- ✓ アマチュア天文家の聖地である花山天文台を中心に、系外惑星観測の国内ネットワークを構築し、市民レベルでの系外惑星観測ブームを引き起こす

※本事業は、文部科学省 宇宙航空科学技術推進委託費(課題名: 有人宇宙活動のための総合科学教育プログラムの開発と実施)にて実施しています。

系外惑星観測・探査に興味のある学生諸君、宇宙ユニットに集まれ！

deguchi.masaki.6x@kyoto-u.ac.jp