

フレアが惑星大気に及ぼす影響の解析

上原 翔 (首都大学東京大学院 理工学研究科)

Abstract

1990 年代までは存在しないとさえいわれていた太陽系外惑星は、今や 3000 個以上の候補が発見され、宇宙には惑星が無数に存在することがわかってきている。いくつかの惑星検出方法のうち、2009 年に打ち上げられたケプラー宇宙望遠鏡は、恒星の可視光の明るさを高精度で測定でき、惑星が主星を隠す時に生じる周期的な明るさの変化を検出できる。惑星が主星の前面を通過する現象をトランジットと呼び、この手法をトランジット法という。惑星がこのような軌道を持つ確率は低いですが、ケプラー衛星は一度に 10 万個の恒星を観測することができるので、トランジットをする惑星を多数検出できる (惑星候補数 2362 個、2012 年 1 月現在)。ケプラー衛星により得られた膨大な系外惑星データのうち、私は主星がフレアを起こす場合に注目した。先行研究として、軌道周期が 1 日未満である惑星 Kepler Input Catalog(KIC)12557548b(Rappaport+12, Kawahara+13) では、トランジットの際の光度変化が一定でない点から惑星の大気が蒸発していると解釈されている。私は、大気が定常的に蒸発する場合に限らず、例えばフレアといった主星に大きな光度変化がある時に、惑星大気が瞬間的に大きな変化を示す可能性があるのではないかと考えた。我々は、Kepler データから、スーパーフレアが検出される恒星で、トランジットを起こしている惑星候補を探し、数個の候補を発見した。今回は、そのうちのスーパーアースサイズの候補天体について解析を報告する。

1 Introduction

特に close-in-planet の場合、恒星からの輻射は惑星大気の加熱に大きな影響を及ぼし得る。そこで解析天体には、以下の 2 条件

- kepler 天体のうち惑星を有する候補であること (false positive でないこと)
- その惑星候補の軌道周期が 1 日以下であること

を満たすサンプルを選んで母集団とした。公開されている 7305 天体のうち false positive でないものは 4229 天体であり、そのなかで軌道周期 1 日以下のものは 112 天体であった。我々はさらに、主星がスーパーフレアを起こしている系を探し、解析を行った。条件を満たす系は 2 つ見つかった。ここではこれらを仮に「系 A」、「系 B」と呼ぶ。

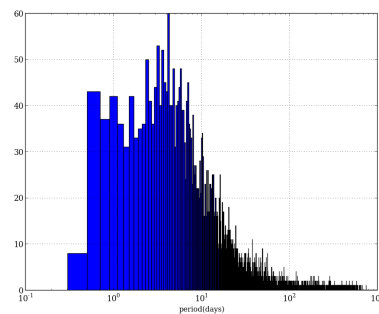


図 1: 横軸軌道周期のヒストグラム。

2 Methods/Instruments and Observations

2.1 フレアサーチ

まず、8 日分の区間で flux の平均値 (trend) を 2 次関数近似で決めた。次に、trend から 8%以上を閾値として、それを越えたデータ点をスーパーフレアの

候補とした。さらに、得られたフレア候補点の前後 4 日以内にそれをを超えるピークが存在しないことを条件として課し、そこから宇宙線と思われる飛び値等を除外した残りをスーパーフレアとした。

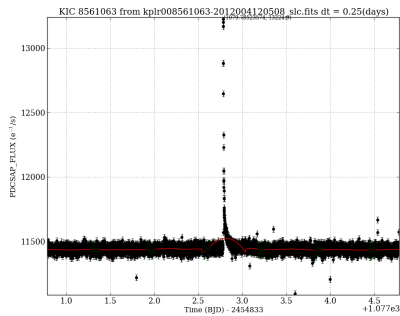


図 2: フレアの検出例。

2.2 フレア前後で減光量を比較

フレアの前で惑星の transit による減光量に変化があるかどうかを調べるため、フレア前は 10 周期、フレア後は 1 周期から 5 周期まで期間を変えながら重ね合わせ (fold)、前後で比をとった。特にフレア後については、フレアの影響のタイムスケールが不明であるため、fold 期間を変化させて系統的に解析する必要があると考えられる。

3 Results

以下に、フレアサーチの結果詳細な解析対象に選んだ系 A 及び系 B について、それぞれ増光が最大だったスーパーフレアの前後の fold 結果を記す。

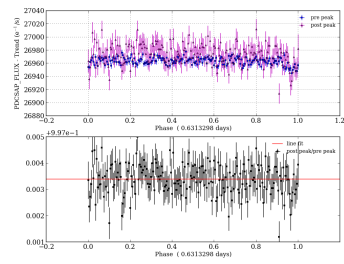


図 3: 系 A: 周期 1 まで fold

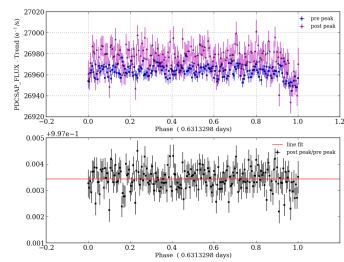


図 4: 系 A: 周期 2 まで fold

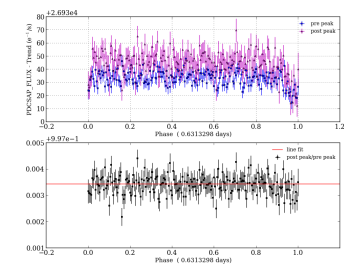


図 5: 系 A: 周期 3 まで fold

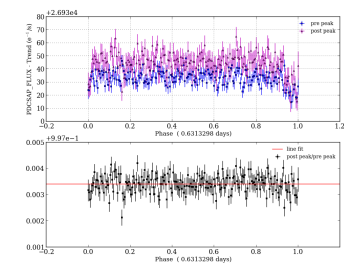


図 6: 系 A: 周期 4 まで fold

2014 年度 第 44 回 天文・天体物理若手夏の学校

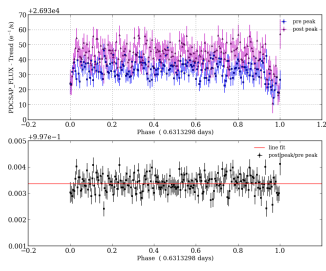


図 7: 系 A:周期 5 まで fold

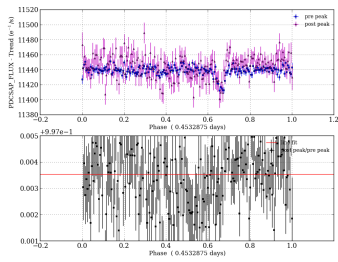


図 8: 系 B:周期 1 まで fold

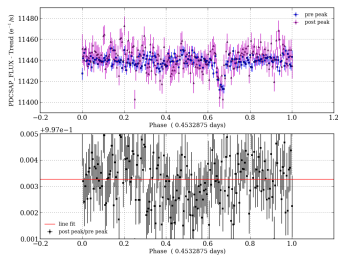


図 9: 系 B:周期 2 まで fold

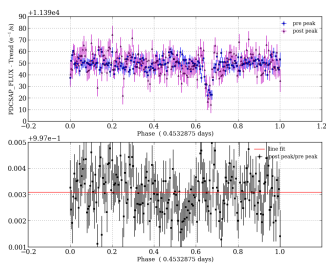


図 10: 系 B:周期 3 まで fold

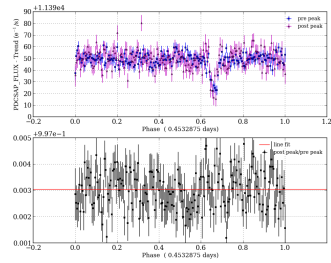


図 11: 系 B:周期 4 まで fold

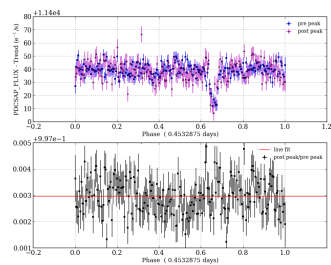


図 12: 系 B:周期 5 まで fold

4 Discussion

著者 D. and 著者 E. and 著者 F. 2014. 発行元 3

フレア前後の flux の比をとったものに対し直線 fit をし、それぞれについてカイ 2 乗検定を行った。以下に、その結果をまとめる。比をとった結果には明ら

表 1: 系 A:カイ 2 乗検定

周期	カイ 2 乗	自由度	実現確率
1	206.773	200	0.356380963
2	203.11	200	0.425438454
3	196.672	200	0.552317492
4	209.799	200	0.303144832
5	219.215	200	0.167352231

表 2: 系 B:カイ 2 乗検定

周期	カイ 2 乗	自由度	実現確率
1	230.257	200	0.070026105
2	244.923	200	0.016592968
3	232.281	200	0.0585007865
4	240.241	200	0.027187639
5	235.01	200	0.0454616655

かな変動は認められなかった。理論的には、transit の瞬間だけ何らかの変動があり、それ以外の部分は 1 に近い直線になると考えられるが、そのように見える結果は得られなかった。カイ 2 乗検定についても、フレア後の fold 期間が長くなるにつれ実現確率がだんだん大きくなると考えていたが、そのようには見えない。誤差が大きく、変動があったとしても残念ながら埋もれてしまっているものと思われる。今後の課題としては、transit の light curve をモデルを用いて fit し、変化の検出精度を上げるということ、また、周期 2 日以上 of 惑星についても同様の解析を行うことが挙げられる。

Reference

- Rappaport, S . 2012. The Astrophysical Journal, Volume 752, Issue 1, article id. 1, 13 pp. (2012)
- Kawahara Hajime. 2013. The Astrophysical Journal Letters, Volume 776, Issue 1, article id. L6, 6 pp. (2013)