

星震学を応用した系外惑星系の軌道状態の統計的解析

上赤翔也 (東京大学)

利用カテゴリ 計算サーバ

概要

太陽系外惑星の軌道状態(特に、惑星の公転軸が主星の自転軸に対して揃っているか、傾いているか)を推察する際に、恒星の震動を解析する研究分野である星震学が近年注目を集めている。具体的には、星震学は震動の観測データから恒星の自転の向きを決定することを可能にする。本研究では、模擬観測データのシミュレーションを通じて自転傾斜角が正しく求められる恒星の特徴を体系的に明らかにし、そのテンプレートを実際の恒星に適用することでそれらの自転の向きを高い信頼性で決定した。また、星震学により導かれる様々な物理量を他観測の文献値と比較し、それらが一致する条件、しない条件を明らかにした。

シミュレーションを用いた星震学の手法の信頼性の検証

太陽系外惑星の軌道状態を推定するには、我々から見た恒星の自転の向きの情報が欠かせない。星震学の枠組みの中では、恒星の光度変動を周波数空間で扱う。そしてそこでの音響震動モードシグナルの高さの比を見ることで自転傾斜角が導かれる。そのためには個々の震動モードを正しく同定することが必要となるが、自転が遅い恒星に対してはそれが困難となる問題点が指摘されていた。本研究では、恒星の自転速度以外にも解析の信頼性に影響を与えるパラメータを体系的に把握すべく、模擬観測データを作成しそれを解析する一連のシミュレーションを以下の手順で行った。まず、恒星の観測データに影響を与える恒星のパラメータを1. 自転傾斜角、2. 自転周期、3. 震動の S/N 比、4. 観測継続時間の4つに定め、それぞれのパラメータに複数の現実的な値を想定しその組み合わせに対し疑似的な観測データを作成した。次のその模擬観測データに対し星震解析を行うことで自転の向きを出力し、それが入力値とどの程度ずれるかを読み取り解析におけるバイアスを評価した。その結果、恒星の自転が遅い場合のみならず、自転傾斜角が 0 度もしくは 90 度に近い場合でも星震学の手法は不正確な結果を返すことが明らかになった。次に我々は、これらの条件をテンプレートとして、震動が観測されている実際の恒星に対しても星震解析を行い、結果の信頼性を判断した。その結果、惑星を持っている恒星に対しては、恒星の自転の向きと惑星の公転の向きに相関があることが示唆された(図 1)。

星震解析と他観測との比較

次に、星震解析の信頼性をより幅広く検証すべく、今回導かれた恒星の様々なパラメータ(自転傾斜角に加え、自転周期や、自転速度の視線方向成分)に関して測光変動観測や分光観測など、別の観測の文献値との比較を行った。図2に例として自転速度の視線方向成分の比較を示す。視線方向の自転速度が速い($>5\text{km/s}$)恒星に関しては両者がよく一致している一方、遅いものに対しては不一致が多いことが見て取れる。特に、自転速度が極端に遅いもの($<2\text{km/s}$)に関しては分光観測の結果は星震学に対して有意に大きいことが確認できる。これは、対流など、恒星表面で起こ

る物理過程のモデリングに起因するものと考えられ、今後星震学との比較を積み重ねることでその物理過程のより深い理解を可能にすると期待される。

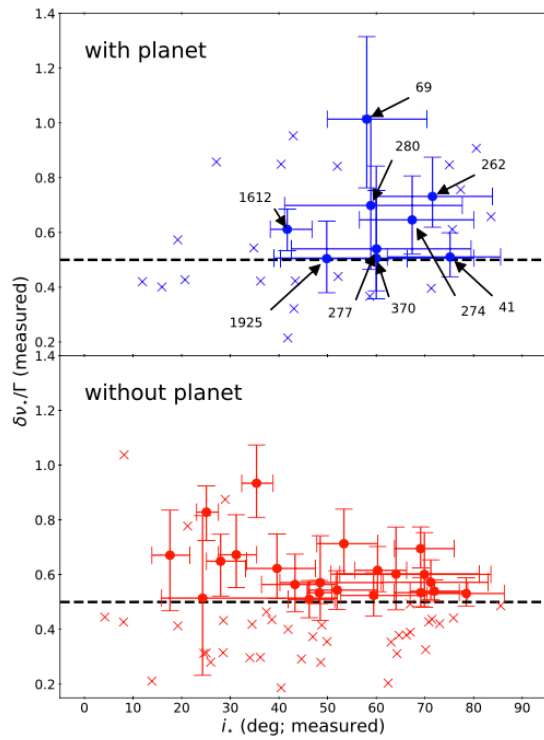


図 1, 星震解析により求めた恒星の自転傾斜角(横軸)と自転周波数(縦軸)の分布。高い信頼性で導出された恒星(filled circle)に対して、惑星を持つもの(上図)は、持たないもの(下図)に対して全体として大きな自転傾斜角を持っており、惑星の公転の向きとの相関が示唆される。

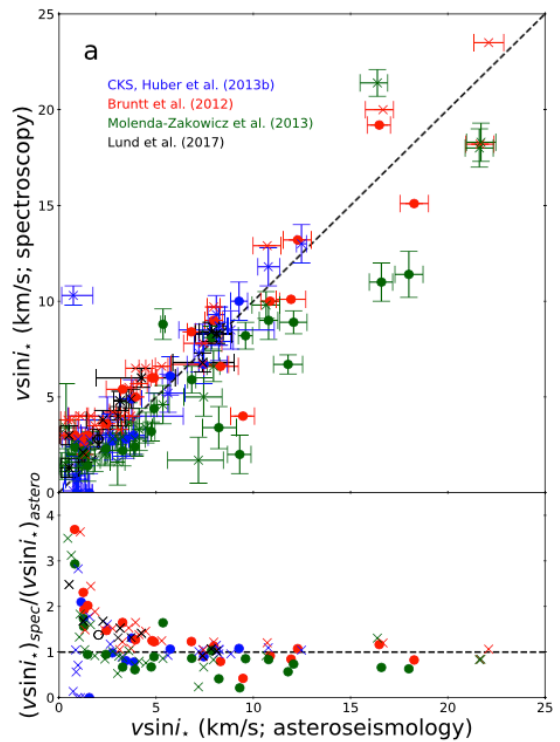


図 2, 星震学より導出された恒星の自転速度の視線方向成分(横軸)と分光観測の結果(縦軸)の比較。比較的自転が速い恒星に対してはよく一致している一方、遅いものに関しては後者の方が有意に大きい。