

視線速度法における吸収線輪郭解析

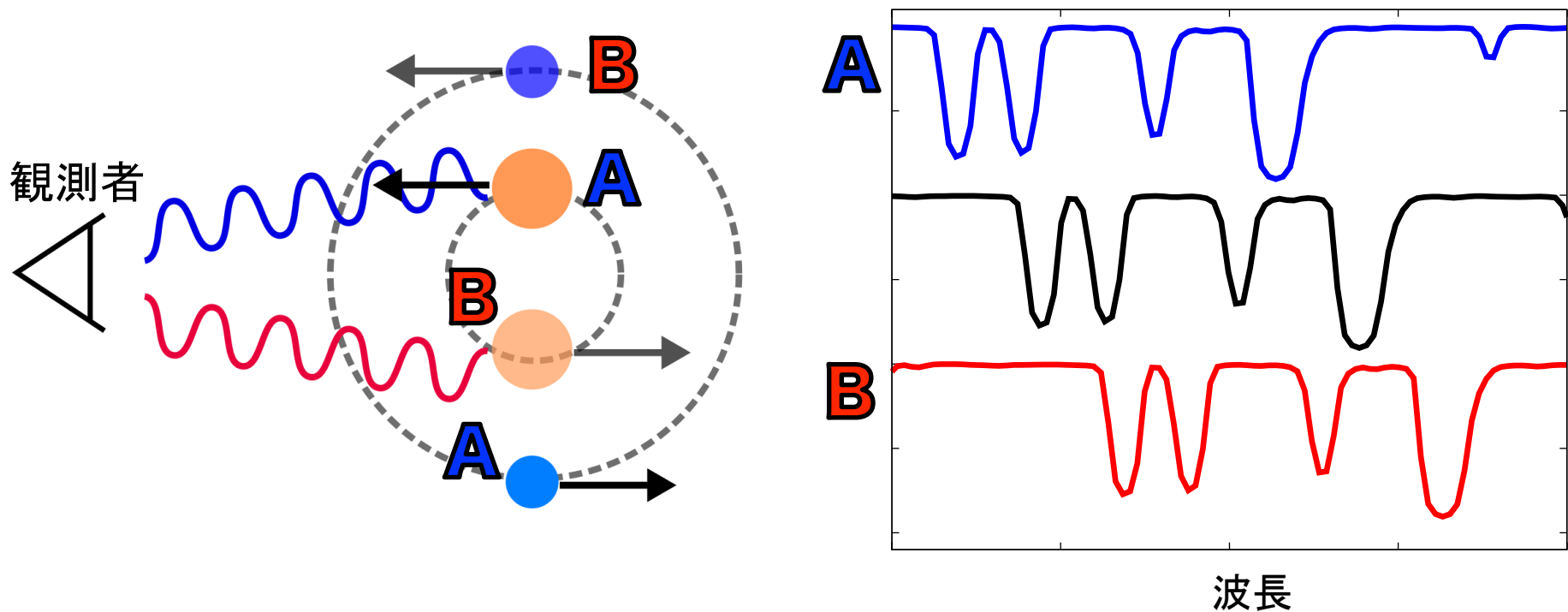
2018/02/25

第23回天体スペクトル研究会

宝田拓也, 佐藤文衛 (東工大)

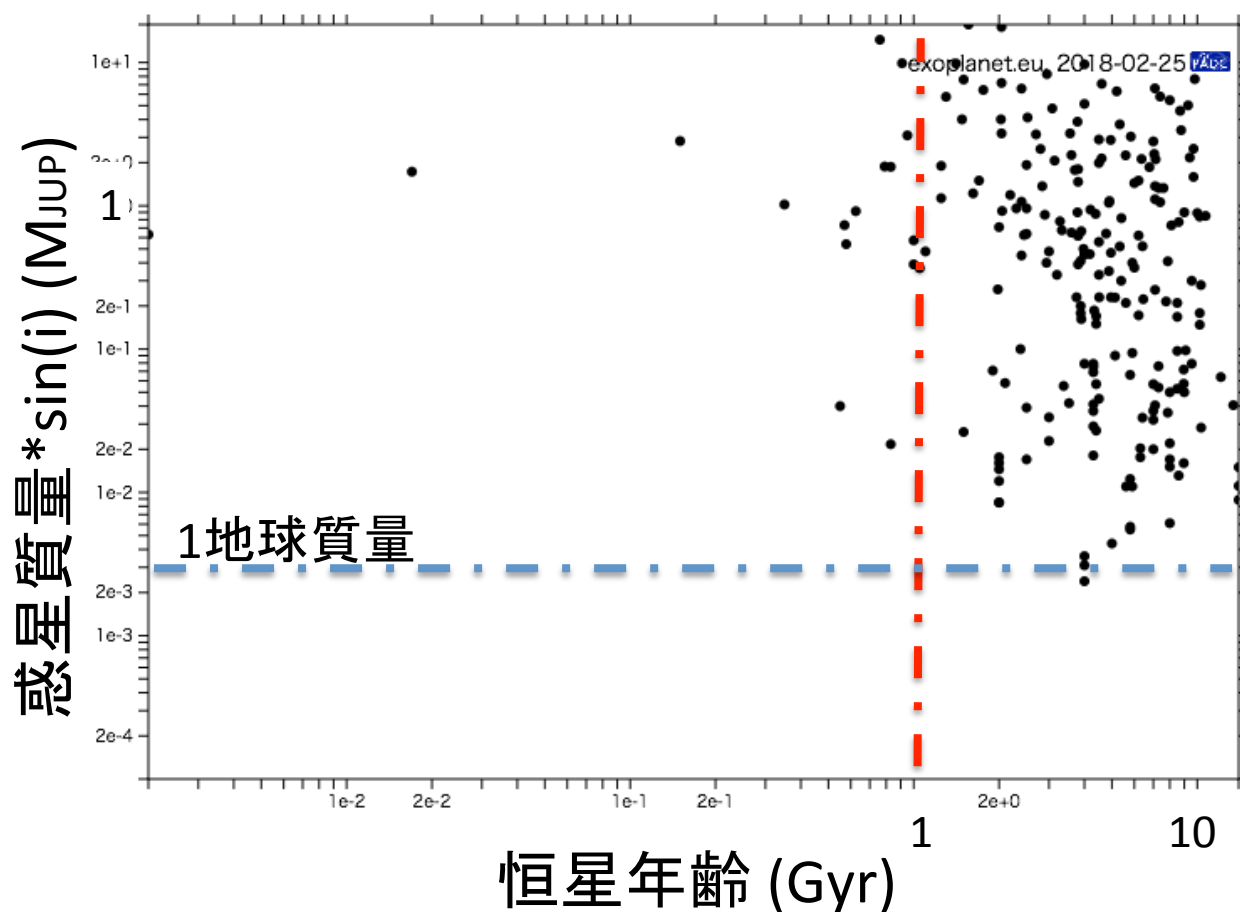
視線速度法による系外惑星検出

- 恒星が惑星を持っている場合、恒星は共通重心を中心に公転している
- 観測者に対して恒星は前後にふらつく為、恒星スペクトルはドップラー効果によって波長が変位



RV法で発見された系外惑星

- 低質量の惑星や、若い惑星は発見数が少ない
 - 惑星質量：質量が小さいほどRV変動も小さい
 - 恒星年齢：若くなるほど活動性由来のRV変動が大きい



恒星の表面活動によるRV変動

- 短期的変動：粒状斑、恒星振動
 - タイムスケール：数分から数時間程度
 - σ_{RV} ：~1 m/s (太陽型星の場合；Dumusque+ 2011)
- 中期的変動：自転に伴う黒点の位置変化
 - タイムスケール：恒星の自転周期(数日~)
 - σ_{RV} ：1-100 m/s
- 長期的変動：磁気活動サイクル
 - タイムスケール：年単位 (太陽の場合、11年周期)
 - σ_{RV} ：1-10 m/s
- ✓ 太陽-木星 (@5AU) : ~10 m/s,
太陽-地球 (@1AU) : ~10 cm/s

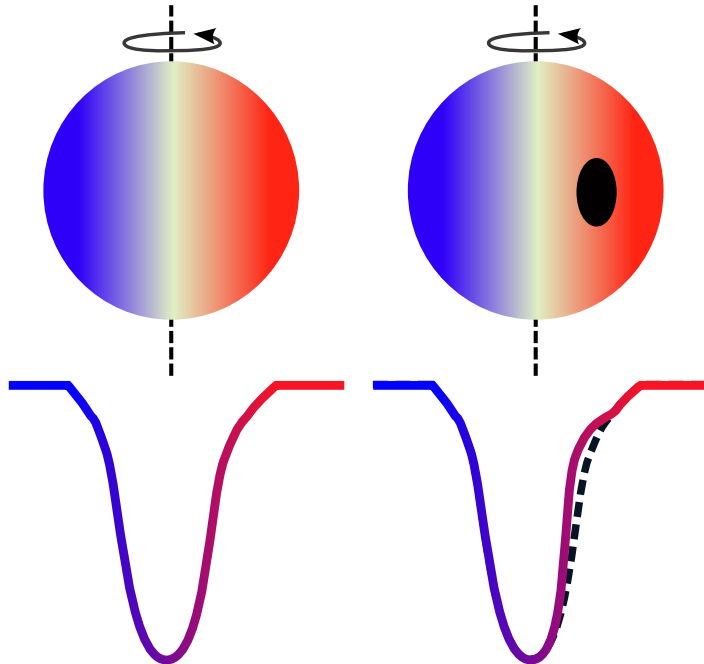
吸収線輪郭変化

- 吸収線輪郭の変化により偽の視線速度変動が生じる

$$I(\lambda) = [S(\lambda) * M(\lambda)] * IP$$

- $M(\lambda)$: 恒星の自転及びマクロ乱流広がり

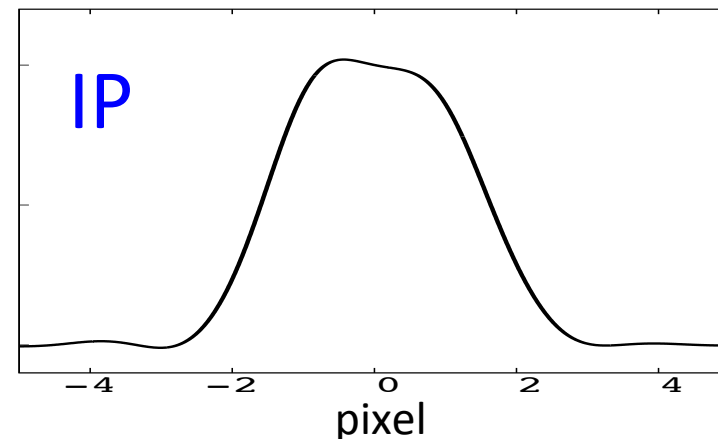
- 黒点や脈動によって変形



- IP : 分光器による広がり

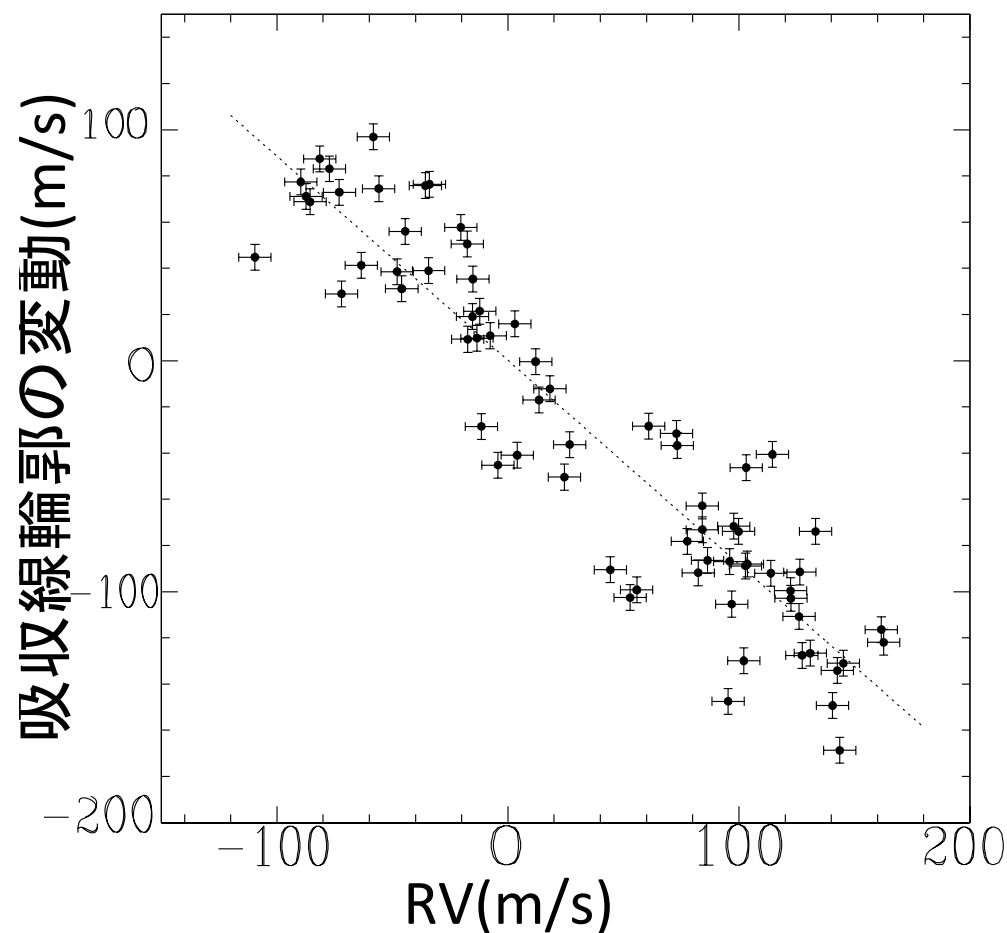
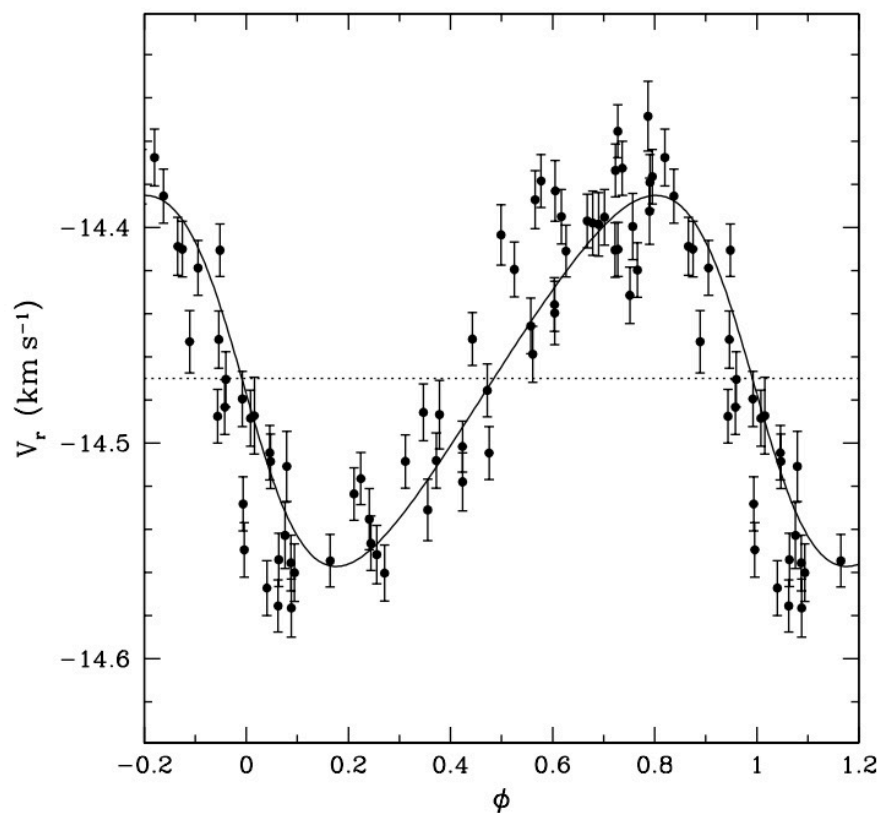
- 観測毎に変化

- ✓ ヨードセル法の場合、12ラインからモデル化



吸収線輪郭の変動がRVに与える影響

- Queloz(2001)
 - 活動度の高い太陽型星HD166435において、RVと吸収線輪郭変動との間に相関
 - 黒点による影響



研究内容

RV法で惑星探索を行う上で、恒星の活動に由来するRV変動の影響は避けることができない

➤ 視線速度測定と同時に恒星の活動の程度を調べる必要がある



- 吸収線輪郭解析を行う上で、S/NやIPの変化がどの程度影響してくるかを自転速度ごとに評価
 - HIDESのフォーマットに合わせた模擬スペクトルに、ある範囲でIPを変化させて畳み込み
 - 上記のスペクトルに対して輪郭解析を実行

吸収線輪郭解析：LSD

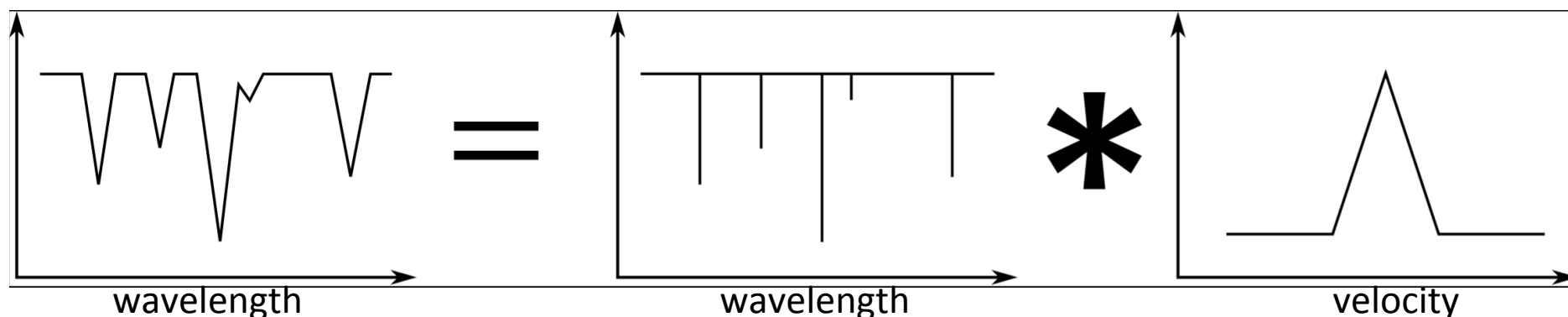
- Least square deconvolution (LSD; e.g., Kochukhov+2010)

- 全ての吸収線が同じ形のprofileを持っていると仮定して、
吸収線プロファイルを逆畳み込みから計算

$$Y = M * Z \Rightarrow Z = (M^T \cdot S^2 \cdot M)^{-1} \cdot M^T \cdot S^2 \cdot Y$$

➤ Y: 観測スペクトル, M: line pattern function,
Z: line profile, S: inverse variance = (S/N)⁻²

- それぞれの吸収線の重なりにも対応可能
- Lineの位置・強度はVALDのラインリストから決定



吸収線輪郭の指標：BIS, Vspan

吸収線の2等分線(バイセクタ)
の上部・下部の差

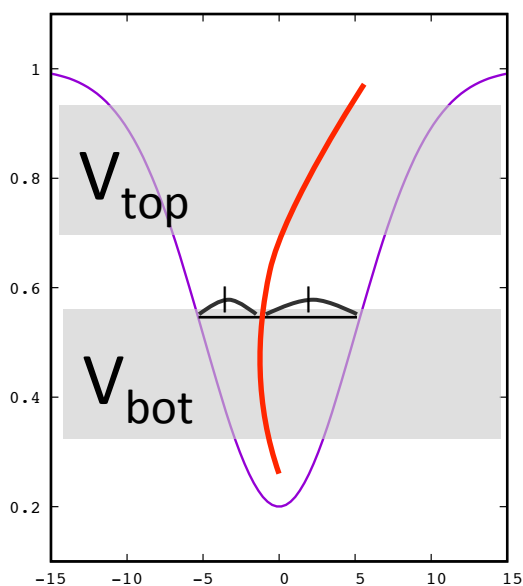
$$\text{BIS} = V_{\text{top}} - V_{\text{bot}}$$

Queloz et al. (2001)

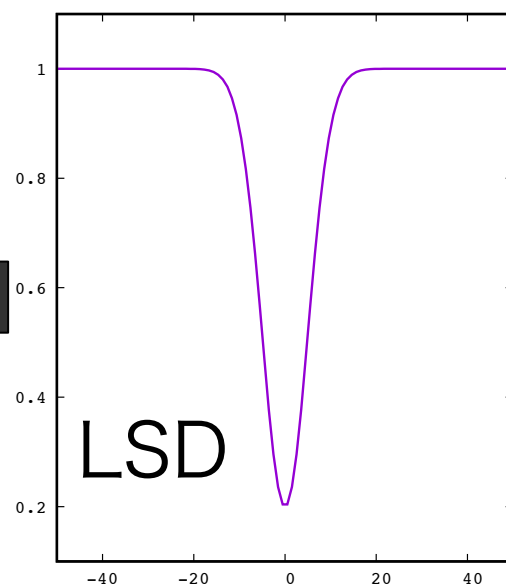
吸収線のコア部分とウィングを
それぞれガウシアンフィット
したときの速度差

$$V_{\text{span}} = X_{0,\text{wing}} - X_{0,\text{core}}$$

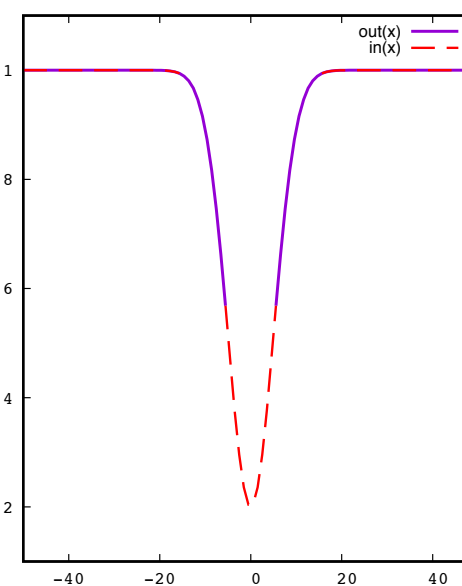
Boisse et al. (2011)



速度 (km/s)



速度 (km/s)

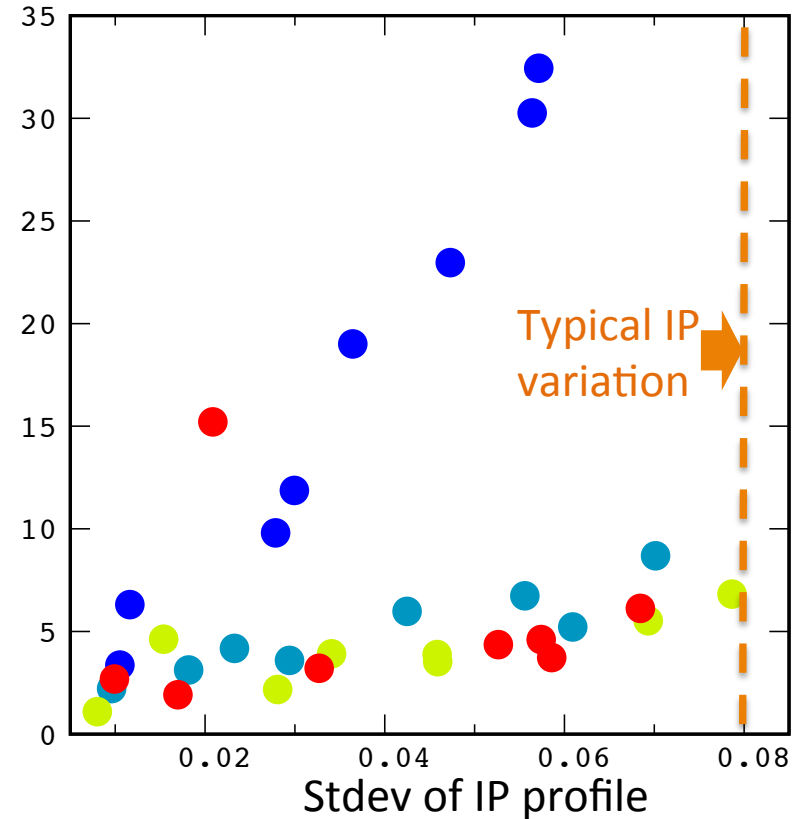
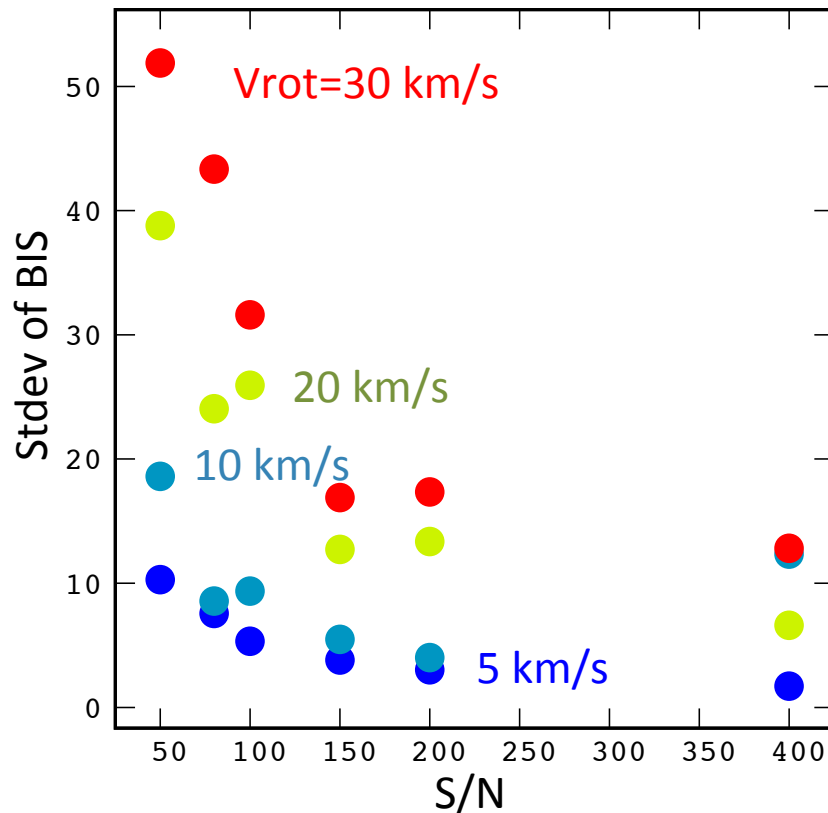


速度 (km/s)

S/NおよびIP変動の影響

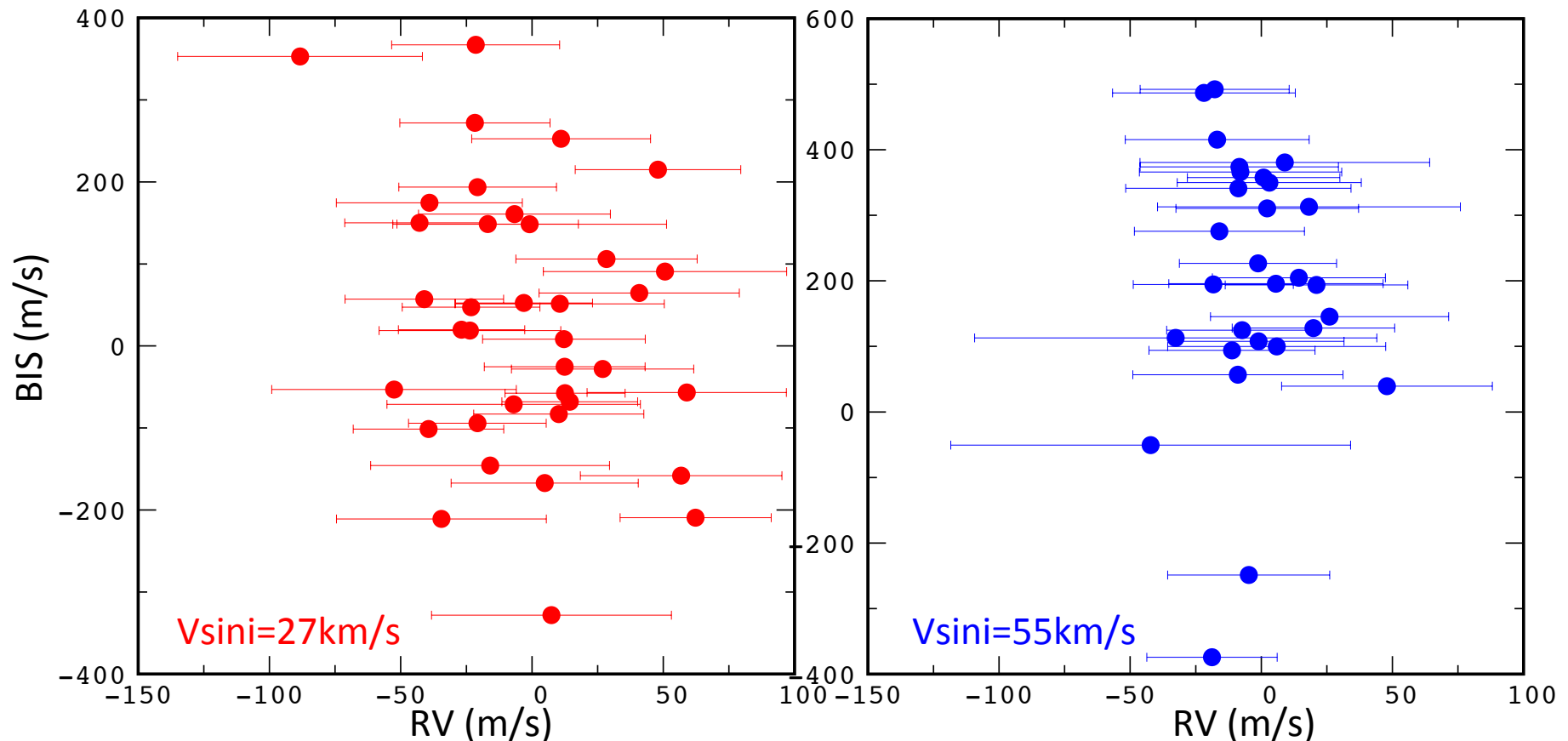
自転速度5, 10, 20, 30 km/sの場合を試行

- 結果としては、自転速度がIPの速度幅と同程度になるとIP変動の影響が大きくなる



実際の観測データに適用

- OAOで取得した自転の早い恒星に適用($S/N > \sim 100$).
 - RVに比べBISの変動が大きすぎる
 - 宇宙線やバッドピクセルが影響？コンティニュームがきちんと決まっていないことも原因の可能性あり



まとめ

吸収線輪郭解析を行う上で、S/NやIPの変化がどの程度影響してくるかを自転速度ごとに評価

- 恒星の自転速度が分光器の速度分解能と同等の場合、装置変動の影響を強く受ける
- 観測データの場合、宇宙線やコンティニュームの傾きの影響で輪郭変動が非常に大きい

- ✓ BISなどに変わる吸収線輪郭変動の指標についても今後検討
- ✓ 実際の観測では、彩層輝線強度(CaHK)も確認
- ✓ 次の段階として、観測データをもとに恒星活動性によるRV変動をモデル化して視線速度フィットを行う