

観測装置 高コントラスト光学系

松尾太郎

観測装置構成

惑星を直接検出するための「高コントラスト装置」は
1. 波面補償、2. コロナグラフ、3. 波面測定からの3つから構成。

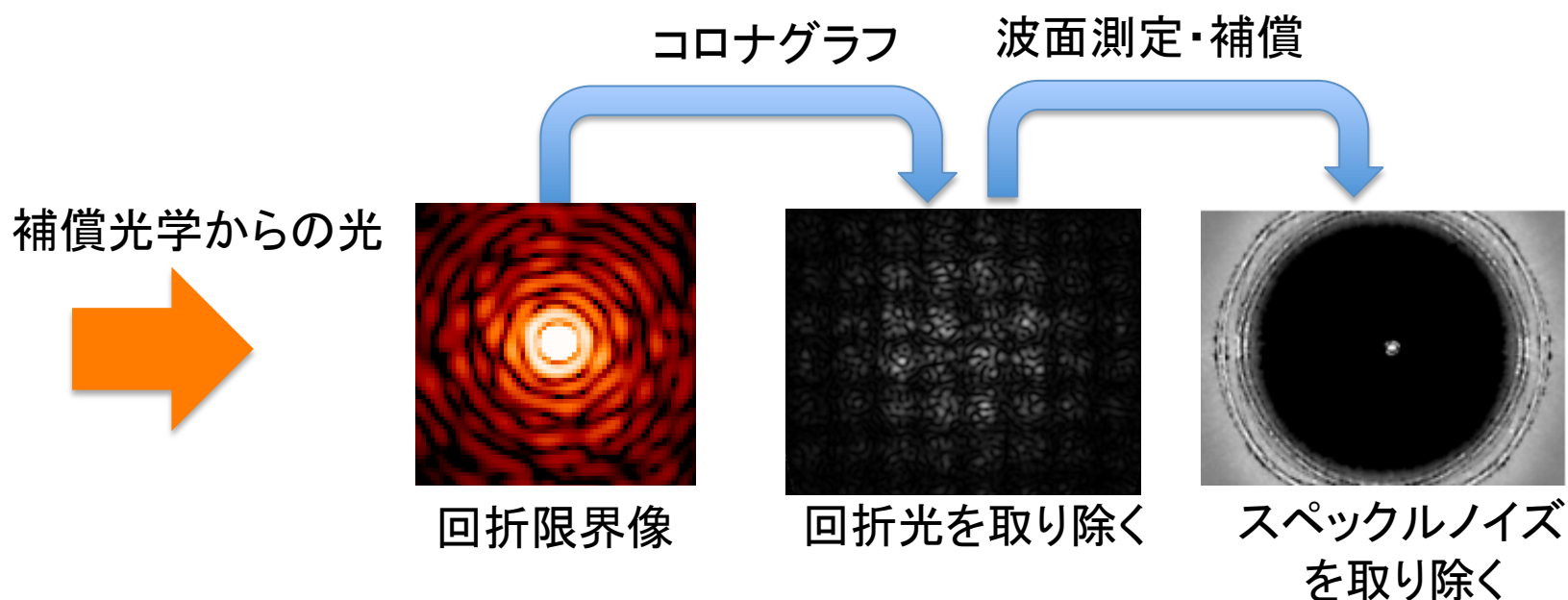
補償光学: 主星の回折光の成分を増加させる。

コロナグラフ: 主星の回折光の成分を取り除く。

波面測定: 回折光以外のスペックルノイズ起因の波面を測定し、フラットな波面を再生。

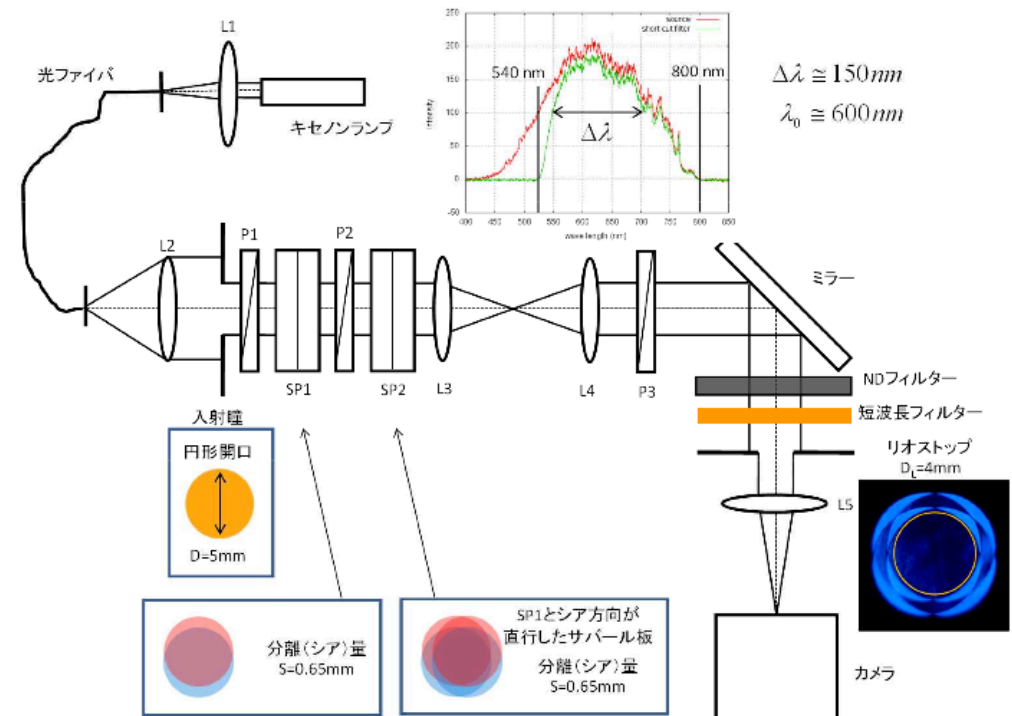
コントラストは波面収差でリミット。

→ これらを**有機的に結びつける**ことが重要。

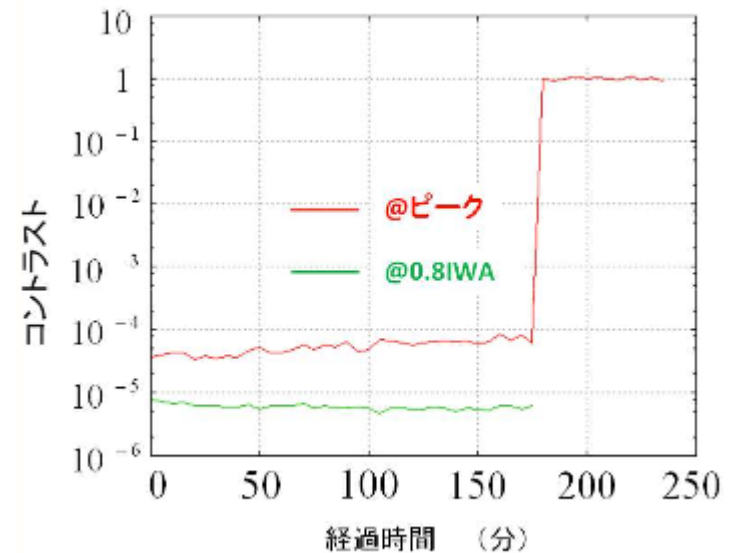
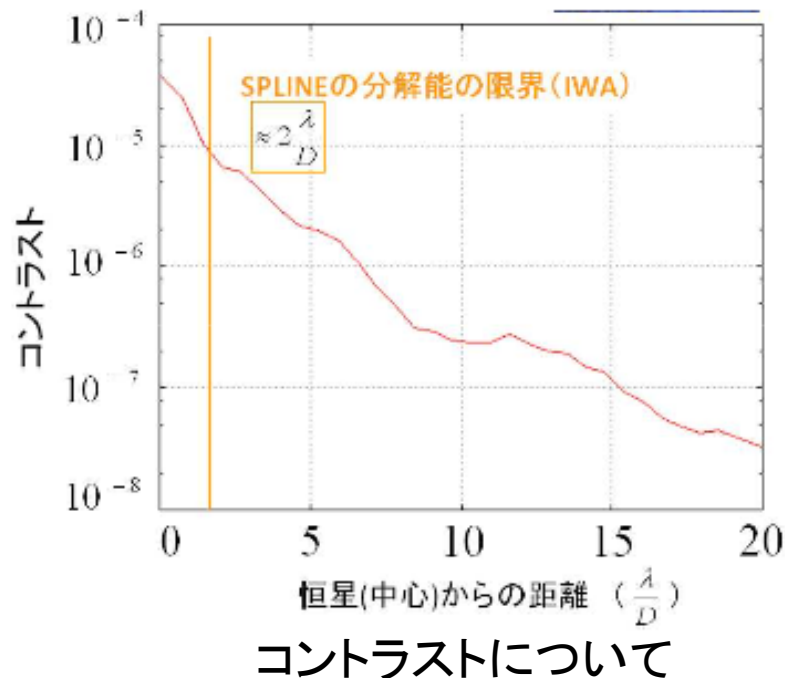


3.8m望遠鏡で 使用する コロナグラフ

- $2I/D$ において 10^{-5} 乗のコントラストを達成。
- 3時間に渡って 10^{-6} 乗のコントラストを確認。



実験の概略図



コロナグラフの安定性について

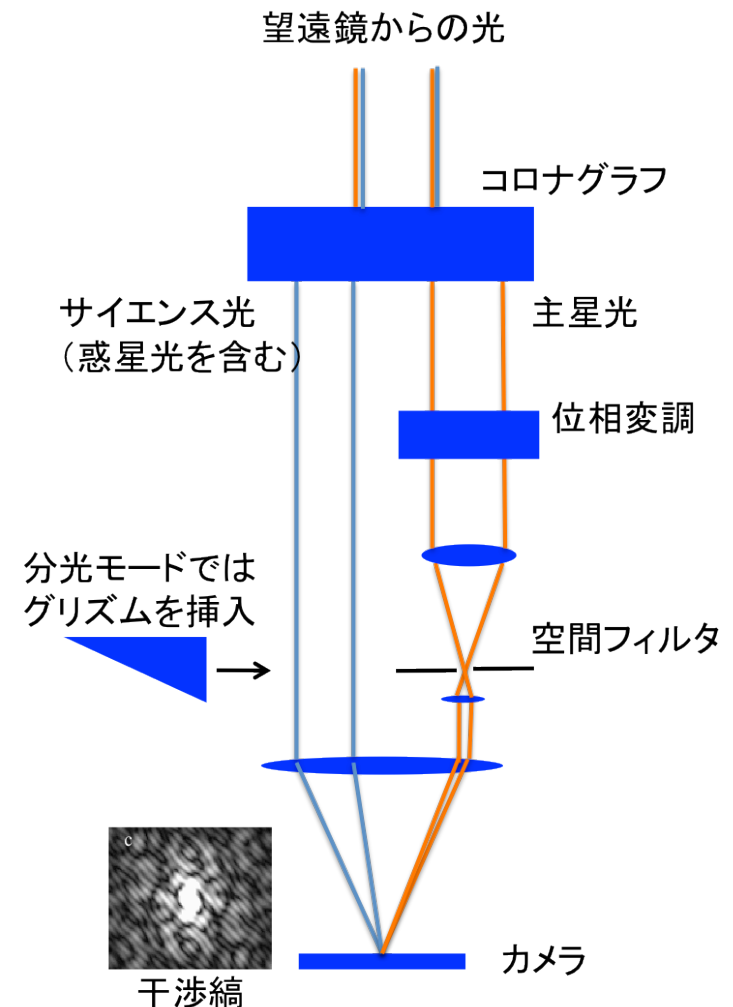
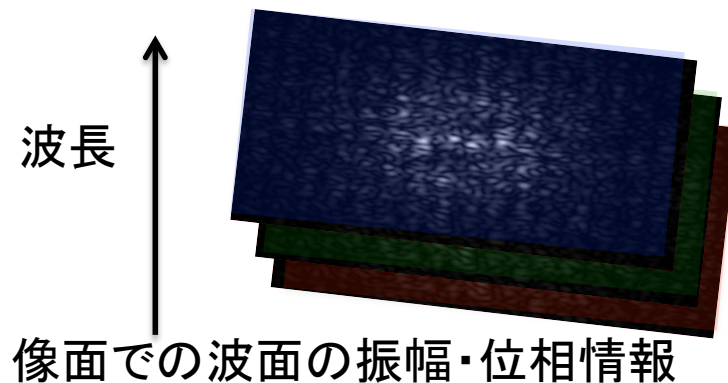
3次元高コントラストカメラ

Three = Spatial + Spectral

「検出」と「特徴づけ(分光)」ができる新しい高コントラスト技術

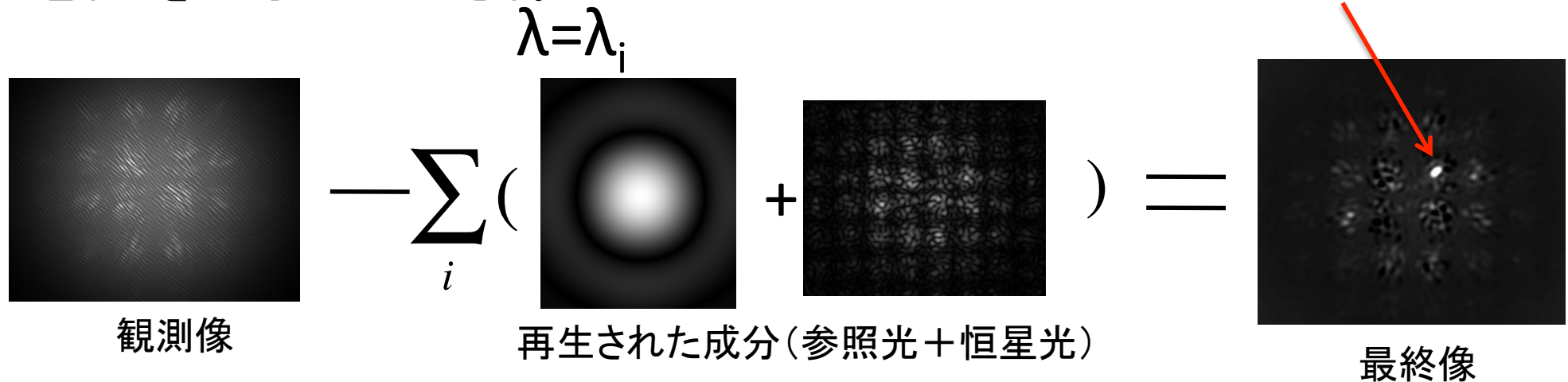
特徴:

- 広帯域で、主星の光の干渉縞を作り、干渉縞から波長方向に分解された波面の乱れ(振幅・位相)を測定。
- 光学系がシンプル: 分光モードでは、グリズムを挿入するだけ。「検出モード」と同じ性能(コントラスト)を維持できる。

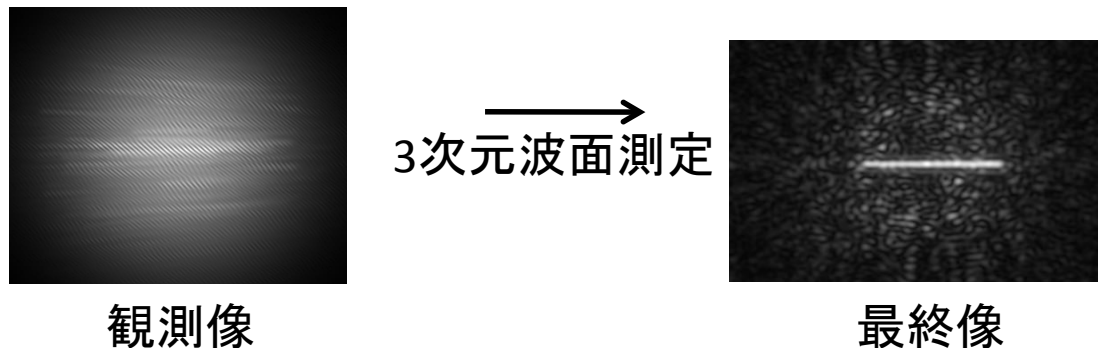


シミュレーション：処理

波長方向に波面収差を重ねて、差し引けば、惑星像が得られる。
色収差を差し引くことができる。



グリズム挿入しても(惑星分光)、惑星測光の時と同様に
波長方向の波面収差を測定し、コントラストを高めることができる



(その他の)観測装置の現状

- 9/24に補償光学の会議を開催。
 - 入部先生より計測自動制御学会のシステムインテグレーション部門に調査研究委員会の発足の提案。
 - 補償光学の情報共有のWiki、MLの立ち上げ。
- TMT戦略基礎開発経費(3年間)で今年度は350万獲得。(ただし用途は高コントラスト光学系に限定される。)
 - 補償光学:930万 (内400万は大学間連携から)
 - 高コントラスト光学系:650万
- Feasibilityの研究がApJに受理。
- 松尾&村上、ApJに論文を提出。

“Three-dimensional High Contrast Camera for Detection and Characterization of Exoplanets”

今後

- 高コントラスト光学系の3次元高コントラストカメラの設計が終了。→ 発注中。
- 広帯域での波面補償の理論式がほぼ確立。
→ シミュレーション。
(これまでは波面測定により取得された波面情報から、ポストプロセスによる高コントラスト化。波面補償によってさらなるコントラスト化が見込まれる。)
- 科研費の提出。
 - 松尾、村上、小谷 etc. (基盤A): (極限補償光学) + 3次元高コントラストカメラ
 - 松尾、Guyon、etc. (基盤S): 極限補償光学 + 瞳再配置

(これから提案したい) 波面補償方式

- これまでの手法は、単色光で最適化された波面補償技術が提案されている。(波長方向に分解された波面が測定できなかったため)。
- 新しい波面補償のコンセプト:
広帯域で波面残差を補償する技術。

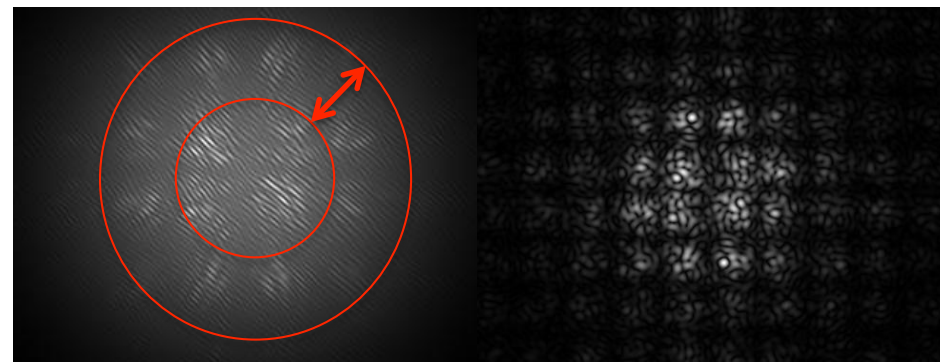
ポイント:

広帯域の観測像は、焦点面の動径方向に像が延びている。

→ “波長”と“空間”の情報が混ざっている。

- 間接法によって予め、ある程度、惑星位置は特定されている
- 焦点面で高コントラスト化したい空間(動径方向の位置)を限定することで、広い波長にわたって高コントラストの像が得られる

最適化の範囲は波長幅と
欲しいコントラストで決定される

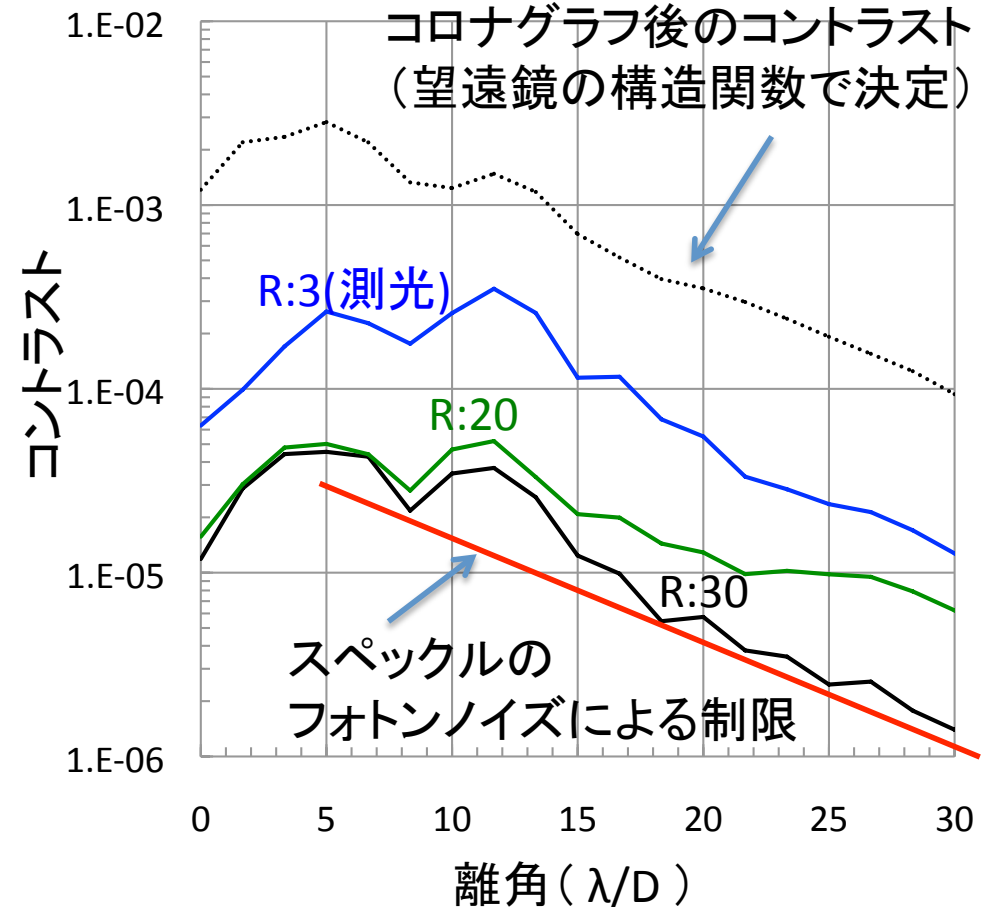


広帯域での像

単色光での像

シミュレーション：性能評価

- 測光での補正では1桁程度、色収差の補正もできれば2桁程度のコントラストゲインが得られる(観測時間を延ばせば、よりコントラストは高くなる)。
- R=30より高い波長分解能ではスペックルの光子ノイズで決まる、測定精度にほぼ到達することができる。
- 波面収差測定の場合、波長分解能が低下するほど、視野が小さくなる。



観測対象: G2V at 10pc
観測波長: 0.7-0.9 μ m、波長帯域: 0.2 μ m
積分時間: 1 sec.
口径: 2m