

系外惑星探査のための近赤外ドップラー分光と光周波数コム Infrared Doppler Spectrograph and Laser Frequency Comb for Exoplanet Finder

○黒川 隆志^{1,2}, 柏木 謙², 小谷 隆行¹, 西川 淳^{1,4}, 田村 元秀^{3,1}

(1. 国立天文台, 2. 東京農工大, 3. 東大, 4. 総研大)

○Takashi Kurokawa^{1,2}, Ken Kashiwagi², Takayuki Kotani¹, Jun Nishikawa^{1,4}, Motohide Tamura^{3,1}

(1. NAOJ, 2. TUAT, 3. University of Tokyo, 4. GUAS)

E-mail: tkuro@cc.tuat.ac.jp

1. はじめに

現代天文学の課題の一つは、生命生存可能な「地球型系外惑星の探査」である。恒星の周りを回っているはずの惑星は、恒星に比べて可視域では10桁、赤外域では7桁も暗いので、簡単に見ることができない。そこで、ドップラー法と呼ばれる間接的な観測法によってこれまで多くの惑星が発見されてきた。近赤外ドップラー (IRD: InfraRed Doppler) 観測装置をすばる望遠鏡 (ハワイ島マウナケア山頂 4205m) に設置して、地球型惑星を探査するプロジェクトが、国立天文台を中心に進められている[1]。

2. IRD 観測装置

IRDプロジェクトでは、太陽系近傍に多数存在するM型星と呼ばれる比較的軽い恒星をターゲットとして、地球型惑星の検出を目指している。M型星は温度が低いので、可視よりも近赤外スペクトルが強い。しかし、近赤外域には水蒸気などによる吸収線が多数存在するため、周波数の分光精度に限界が生じる。そこで本プロジェクトでは、大気窓をカバーする970~1750nmを波長帯域に設定した。

Fig. 1はIRD装置の概要である。すばる望遠鏡で集めた恒星光はファイバで分光系に導かれる。同時に、周波数コム光源で発生したコム光も分光器に導かれ、恒星光スペクトルの吸収線のドップラーシフトを正確に測定するための基準となる。広い波長域に涉って分解能70,000 (3GHz@1.5 μ m) の高分散の分光器を実現するために、大型エシエル回折格子とVolume Phase Holographic回折格子の2段構成で、恒星光スペクトルを赤外カメラの検出器面上に結像する。

分光器の分解能よりも約4桁小さな周波数シフトを検出しなければならない。そのため、分光器は低膨張率のセラミックス製光学ベンチ上に搭載し、これを真空チャンバー内に設置して空気揺らぎの影響を防いでいる。さらに赤外カメラで検出されてしまう背景熱放射低減のため、チャンバー全体を-70 (± 0.1) °Cに保つ設計とした。にもかかわらず、分光系の周波数安定性は10MHzオーダーで目標値 (0.7MHz) より一桁以上も悪い。そこで、スペクトルのシフトを正確に測定するための周波数基準とし

て、光周波数コム光を恒星光と同時に分光器に導入する。

3. 周波数コム光源

周波数コム光源には次の性能が要求される。

- (1) 広帯域な波長範囲: 970~1750nm
- (2) 広いモード間隔: 12.5GHz
- (3) 高い周波数安定性: 0.7 MHz 以下
- (4) 無調整, スイッチ一つの簡単操作

そこで我々の方法では、周波数安定化レーザーで発振した CW 光から、光パルスシンセサイザ[2]を用いて高繰り返しピコ秒パルス (12.5 GHz) を合成する。パルスのピークパワーを、光増幅器とパルス圧縮により増幅して高非線形ファイバに入射し、supercontinuum 光を発生する。これまでに、波長域 1030~1750 nm, アラン分散 0.04 MHz@10⁴sec の結果を得ている。

4. まとめ

電波天文学がベル研究所で誕生したように、その時々最先端の通信技術は新しい天文観測の開拓に大きな寄与をしてきた。光通信分野で開発されてきた SC 光を用いれば、世界最高精度の赤外ドップラー観測装置が可能となる。これにより、系外惑星を多数検出して統計的議論が進むことを期待している。

5. 参考文献

- [1] 黒川他, レーザー研究, **42**, 706-710, 2014.
- [2] K. Mandai et al., IEEE PTL., **18**, 679, 2006.

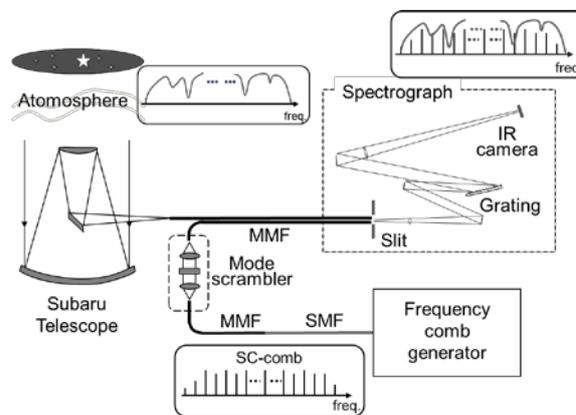


Fig. 1 Schematic of IRD measurement system under development.