2017/7/24 2017年度光学赤外線天文連絡会シンポジウム@国立天文台三鷹キャンパス

<u>Second-Earth Imager for TMT</u> (SEIT) 開発の現状と国際協力

- 1. SEITについて
- 2. SEITのプロトタイプ機SEICAについて
- 3. SEIT/SEICAの国際協力について

河原創(東京大学)、小谷隆行(ABC/NOAJ)、 松尾太郎(大阪大学)、村上尚史(北海道大学)、 o山本広大(京都大学)、 田村元秀(東京大学/ABC/NOAJ)

SEIT (Second-Earth Imager for TMT)

 ◆<u>背景</u>: Keplerによる多数の地球型惑星検出報告や トランジット法/RV法による「ハビタブルゾーン(HZ)内の 地球型惑星」の検出報告(Gillon+2016など)
→惑星の表面温度測定/バイオマーカ検出などの 「キャラクタリゼーション」が必要

◆目的:ハビタブルゾーン内の地球型惑星検出および バイオマーカ検出。とりわけM型星まわりのハビタブル 惑星をターゲットに

◆<u>手段</u>:TMTの大集光力/高解像 度による惑星の直接撮像/分光 観測



Kepler-186f想像図(NASA Ames)





H.Kawahara, N. Murakami, T.Matsuo, T. Kotani 2014, ApJS, 212, 27



◆TMT第2期装置として提案中

◆SEITコンセプト実証装置の原理実証試験済

◆組織:サイエンス+技術開発を5+1の国内 機関で横断的に行っている



◆SEITへの道のりとして<u>SEICA</u>およびSCExAO をテストベッドとして活用する SEICA (Second-generation Exoplanet Imager with Coronagraphic Adaptive Optics)

- ◆ <u>目的</u>:
 - ◆ 0".2(2AU@10pc)以遠で木星型ガス惑星の 検出/キャラクタリゼーション
 - ◆ SEITに接続可能な技術のテストベッド
 - ◆ FPGAによる補償光学制御
 - ◆ 位相計測型波面センサ
 - ◆ ナル干渉型コロナグラフ
 - ♦ スペックルナリング
 - ◆ 干渉撮像計
 - ◆ 分割鏡における高コントラスト 技術の獲得 etc....
- ◆ 京大岡山3.8m望遠鏡に搭載予定
 - ◆ TMTと同じく分割主鏡(18枚)
 - ▶ 国内設置のためアクセスが容易









<mark>傾斜</mark>計測: T/T+Woofer 低速、粗い波面制御

<mark>位相</mark>計測: Tweeter 高速、高精度波面制御





補償後の波面(一様強度,波面乱れ)をシミュレーション

無補償 (±5λ) 低次 (PV: 2.5λ)高次 (PV: λ)

岡山上空 r0=10cm, 風速10m/s





◆低次補償光学(WooferAO)の試験,実機制作: 波面センサ(WFS)52素子/可変形鏡(DM)88/PC制御 →ストレール比0.03-0.1(目標値>0.3)







風速 10m/s 制御周波数900Hz

λ=633nm 風速10m/s 星像モニタ(16秒間平均 26fps)

 ◆高次補償光学(TweeterAO)
◆位相計測波面センサ(点源回折干渉計: PDI)の原理実証試験/性能評価中
◆FPGA(Field Programmable Gate Array)
制御器の開発開始



Tweeter波面センサのた めのピンホール型偏光 ビームスプリッタ

<u>SEICA-コロナグラフ: SPLINE</u>

◆SPLINE(<u>Savart-P</u>late <u>Lateral-shearing</u> Interferometric <u>N</u>uller for <u>E</u>xoplanets): 共通光路シアリング干渉計



<u>SEICA-コロナグラフ: SPLINE</u>

◆SEICA搭載用実機の設計/試験中 ◆方解石プリズムによる偏光2チャネル構成→スループット向上 ◆SEICA補償光学と組み合わせた目標コントラスト:およそ10^{-1.5} ◆Xeランプ (λ=500-700nm) で1.7×10⁻²のコントラストを実証



黒田他、日本天文学会2016年秋季年会 V235a/2017年秋季年会(講演予定)

<u>SEICA-ポストプロセス</u>

◆<u>Speckle nulling技術</u>

- ◆ コロナグラフの残留スペックル を光波面制御により低減 (ダークホール形成)
- ◆液晶空間光変調器 (LCSLM) および可変形鏡 (DM) による 室内試験を推進

◆<u>高分散分光器</u>

◆IRDのHeritageを活用

◆新しいアイデアに基づく空間分 解能を持つ高分散分光器の実 証試験中

◆<u>干涉撮像計</u>(瞳再配置法)

 ◆光干渉計技術によるポストプロ セス技術。三鷹実験室実験や、
SCExAO/FIRSTで実証試験中



LCSLMによるspeckle nulling実験。ダーク ホール形成により、1桁以上コントラスト が向上







(u,v) plane coverage



<u>SEIT/SEICAの国際協力状況と今後</u>

◆SEITの国外メンバは現在の所なし

- ◆SEICA-ExAO/FPGA開発でO. Guyon (SCExAO), B. Mazin (UCSB)両氏を共同研究者としてTMT 戦略基礎研究費(H29年度)を獲得
- →採択されたためFPGA開発の共同研究を開始
- ◆SEICA開発をはじめ、SEITと目的の似る SCExAOグループとの合流を検討中



まとめ

- ◆地球近傍のM型星のハビタブルゾーンに存 在する地球型惑星の直接撮像/分光観測を 目指したSEITを開発中
- ◆SEIT実現に必要な各要素技術の開発を複数 機関の協力により推進中
 - ◆極限補償光学、コロナグラフ、ポストプロセス
- ◆SEITのプロトタイプとしてSEICAを京大岡山 3.8m望遠鏡用に開発中
- ◆SCExAOグループとの共同研究が始まっており、合流も検討中