27p-G6-5

高コントラスト撮像光学系における焦点面波面センシングによるスペックルノイズ低減

Speckle noise reduction by focal plane wave-front sensing in high contrast imaging optics

農工大工 [1], 国立天文台 [2],総研大物理 [3],日大理工 [4],北大工 [5]

○佐藤 克磨 [1], 西川 淳 [2,3], 大矢 正人 [4,2], 堀江 正明 [4,2], 田中 洋介 [1], 熊谷 紫麻見 [4], 黒川隆志 [1], 村上尚史 [5]

Tokyo Univ. of Agri. and Tech. [1], Natl. Astron. Obs. Japan[2], Grad. U. for Adv. Studies[3], Nihon U.[4], Hokkaido U.[5]

°K. Sato[1,2], J. Nishikawa[2,3], M. Ohya[4,2], M. Horie[4,2], Y. Tanaka[1], S. Kumagai[4], T. Kurokawa[1], N.Murakami[5]

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

1. 背景

地球のような生命が存在する惑星の探索は、天文学の重要な研究テーマの一つである。系外惑星の直接観測のためには、高コントラストな撮像光学系が必要である。これは、恒星から僅かに離れた惑星の光は残しつつ、恒星の強い光を打ち消す（ナル干渉型）コロナグラフ、およびスペックルノイズを抑制する高精度の補償光学系からなる。我々は、非対称ナル干渉計を用いた高精度波面補償を行っている[1]。ここで補償光学後のコロナグラフ内の波面誤差によって生じるスペックルノイズが問題となる。本報告では、このスペックルノイズを低減するために、焦点面波面センシング法を検討したので報告する[2]。

2. スペックルノイズ低減の原理

Fig. 1にスペックルノイズ低減のための光学系を示す。成分が未知である焦点面スペックルの電場を$E=A_o+B_o$i、その強度をI_oとする。それを可変形鏡(DM: Deformable mirror)によって実部方向に$\pm a$だけ変調電場を加えた時の強度を$I_{\pm a}$、虚部方向に$\pm b$iだけ変調した時の強度を$I_{\pm b}$とする。これら合わせて5つの強度データを用いることで、スペックル電場成分(A_o,B_o)ならびに変調電場a、bが次のように求まる。

$$\begin{cases} A_o = (I_{+a} - I_{-a})/4a \\ B_o = (I_{+b} - I_{-b})/4b \\ a = \sqrt{(I_{+a} + I_{-a} - 2I_o)/2} \\ b = \sqrt{(I_{+b} + I_{-b} - 2I_o)/2} \end{cases}$$

以上の計算によってスペックル電場の成分を特定できれば、その負値の電場を与えることでスペックルノイズを低減することができる。焦点面の各点の複素電場は、瞳面のDMによって周期的な位相分布の振幅と位置を変えることで発生できる。

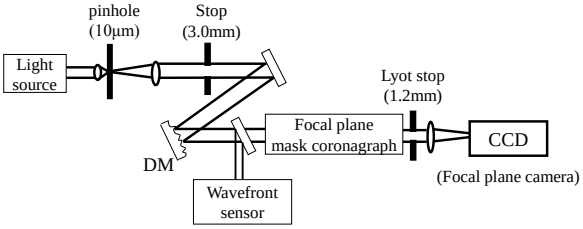

Fig. 1 Experimental setup for speckle noise reduction.

3. 原理確認実験

実験では、波長633nmのHe-Neレーザーを光源に用い、補償光学を通し、エアリーパターンは、8分割位相マスクコロナグラフで除去した[3]。残った未知のスペックル電場、およびDMにより変調電場を加えた電場の光強度分布をCCDで撮像し、画像の1 pixelを用いて強度評価を行った。Fig. 2に測定した5個の強度データを示す。

これらの5つの強度と原理式より、スペックル電場成分は(A_o,B_o)=(1.08, 8.93)、変調電場成分は(a, b) = (6.53, 7.14)と求まった(Fig. 3(a))。そこで、変調電場に係数を掛けて($-Ao$, $-Bo$)を加え、スペックル電場を除去した。補正前に強度108[counts]だった当該ピクセルの強度が補正により9.3[counts]まで減少した(Fig.3(b))。

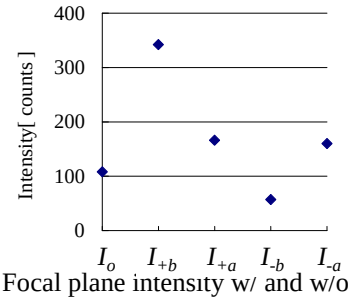

Fig. 2 Focal plane intensity w/ and w/o modulation.

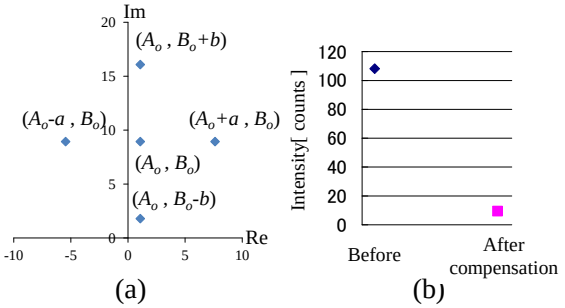

Fig. 3 (a) Solution of the electric field and (b) Intensity decrease by the compensation.

4. まとめ

スペックルノイズ除去のための焦点面波面センシング法を提案した。原理確認実験により、スペックル強度を1桁低減できることが確認され、提案手法の有効性が示された。

参考文献

[1] J.Nishikawa et al., Astron. Astrophys., 489, 1389-1398 (2008)
[2] M.Ohya et al., Proc. SPIE 8442, 844255-1-6 (2012)
[3] N.Murakami et al., Ap. J., 714, 772-777 (2010)

© 2013 年　応用物理学会