

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		ダブルパス屈折光学系を用いた天文用小型補償光学装置の開発			
研究テーマ (欧文) AZ		Development of a compact astronomical adaptive-optics with double-pass refractive optics			
研究氏 代 表 名 者	カナ CC	姓)フジシロ	名)ナオフミ	研究期間 B	2013 ~ 2014年
	漢字 CB	藤代	尚文	報告年度 YR	2015 年
	ローマ字 CZ	FUJISHIRO	NAOFUMI	研究機関名	京都産業大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		京都産業大学 神山天文台 専門員			
<p>概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)</p> <p>我々は、中小望遠鏡にも導入可能な、ダブルパス屈折光学系を採用した小型かつ低コストの A0 (Adaptive Optics : 補償光学) を提案している。本 A0 は、従来の反射光学系で構成されている A0 と比較すると、大幅なサイズの小型化が実現できる。同時に、光学素子数が削減されているため、低コスト化も達成できる。その一方で、従来の反射型 A0 開発においては経験し得なかった、レンズ材の色収差・温度収差、およびレンズ面で発生するゴーストに十分に留意し、それらの影響を最小限に抑える必要がある。そこで本研究では、(1) ダブルパス屈折光学系を使用した可視光線用 A0 の原理検証モデル CRAO (Compact Refractive Adaptive Optics) を制作し、(2) 実験室試験、(3) 京都産業大学神山天文台の 1.3m 望遠鏡を用いたオンスカイ試験によって、本アイデアであるダブルパス屈折光学系を利用した小型 A0 の実証を行った。</p> <p>CRAO の開発にあたっては、事前に選定していたシャックハルトマン式波面センサとメンブレン式可変形鏡を利用した、200Hz 動作の閉ループ単一共役系 A0 モデルでは、コロモゴロフ乱流理論にもとづく理論計算から、シーイングサイズを 2.5" (神山天文台サイトの典型値) から 0.6" (ハワイ・マウナケア山頂の典型値) へ改善できることが示されていた。この補償能力を CRAO の目標性能に設定し、光学系、オプトメカニクス、制御系の仕様を決め、実機制作を行った。本開発の中核要素であるダブルパス屈折光学系については、400-700nm の波長帯域と 0-30°C の温度範囲において、2 回通過時の視野 30 秒角内の波面収差が 30nm 未満となり、かつ像面において 2 回反射ゴースト像が焦点を結ばないように設計したアクロマティックトリプレットレンズを制作した。本レンズを使用した光学系に合わせてオプトメカニクスを設計したところ、筐体サイズは 370mm × 480mm × 240mm となり、従来の A0 に比べて大幅な小型化を達成した。制御系については、可変形鏡の形状がゼルニケ多項式でよく近似できるため、モーダル方式のアルゴリズムを採用したソフトウェアを独自制作した。さらに、ダブルパス屈折光学系が可視光の広帯域において機能することを実験室試験で確認するために、白色 LED を利用した疑似星像形成光源ユニットも制作した。</p> <p>実験室試験では、上述の白色 LED を用いた光源ユニットと HeNe レーザーを用いたときの 2 通りで実験を行った。大気揺らぎを模擬した位相板を用いた補償実験においては、光源によって補償性能に違いがないことを確認した。さらに、波面センサとサイエンスカメラ上でゴースト像が見られないことを確認し、本研究で制作したダブルパス屈折光学系においては色収差とゴーストの影響が十分に抑えられていることを確認した。次に、CRAO を 1.3m 望遠鏡に取り付けて実際の星像による補償実験を行ったところ、最高でシーイング 3.0" から 1.9" への改善を確認したが、当初の目標性能に達することはできなかった。原因を調査したところ、メンブレン式可変形鏡が想定した通りのストロークを有しておらず、そのため十分な補償性能を得られないことがわかった。そこで、本研究期間中に新発売されたストロークの大きなピエゾ式可変形鏡に置き換えて、制御系を開発し直している。本報告書執筆段階で、実験室試験において 3.2" から 1.6" へシーイングを改善できることを確認しており、ピエゾ式特有のヒステリシスやクリープ現象等に起因するフィッティング誤差、テンポラル誤差をさらに低減させるべく、制御系の改良を続けている。</p> <p>上述のように、可変形鏡と制御系に起因する問題のために当初目標としていた補償性能を達することはできていないが、ダブルパス屈折光学系自体には問題が認められておらず、本研究によってダブルパス屈折光学系を利用した小型 A0 のアイデア自体は実証されたと考えられる。</p>					
キーワード FA	補償光学	波面センサ	可変形鏡	望遠鏡	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	CRAO: a compact and refractive adaptive-optics							
	著者名 ^{GA}	Naofumi Fujishiro	雑誌名 ^{GC}	Proceedings of the SPIE					
	ページ ^{GF}	91485W-1	発行年 ^{GE}	2	0	1	4	巻号 ^{GD}	9148
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	~	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	~	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要 EZ

We propose a compact and low-cost Adaptive-optics (AO) employing a double-pass refractive optics in order to implement AO easily to small and medium-sized telescopes. In comparison with conventional AO using reflective optics, AO with the double-pass lens will realize a significant downsizing of installation area. At the same time, it can also achieve cost reduction owing to smaller number of optical elements. On the other hand, we have to pay enough attention to chromatic aberration, temperature aberration, and ghost image peculiar to refractive optical systems, and limit their impact. In this study, we developed a demonstrator named CRAO (Compact Refractive Adaptive-Optics) to prove the concept of AO with the double-pass refractive optics under both laboratory tests and on-sky experiments with the 1.3m Araki telescope at Koyama Astronomical Observatory in Kyoto Sangyo University.

In the laboratory tests of CRAO, we conducted AO loop experiments using a phase plate, which simulates atmospheric wavefront fluctuation, illuminated by a white-light LED or a He-Ne laser. Then, we have confirmed that adverse effect of chromatic aberration and the ghost image has been well suppressed. In the on-sky experiments with the 1.3m telescope, CRAO could improve seeing size of point sources from 3.0" to 1.9", but it did not achieve an original performance target (2.5" to 0.6"). After an investigation of the cause, we have found strokes of a membrane-type deformable mirror (DM) are smaller than expected. Thus, we replaced the DM with a piezo-electric type DM newly released during this study period, and also started re-developing its control system. At the time of this writing, we have confirmed that it is possible to improve the seeing from 3.2" to 1.6" in a laboratory test. We continues improving the control system to reduce temporal errors and fitting errors.

Although we could not achieve a target performance due to problems on DMs and control system, we do not recognized any problem in the double-pass refractive optics itself. Thus, this study should have verified our idea of AO with double-pass refractive optics.