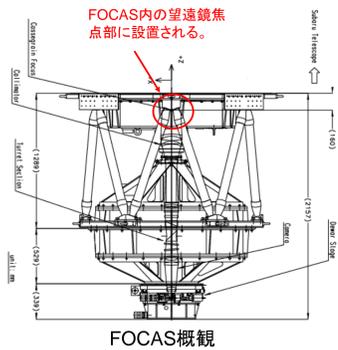


FOCAS IFU開発の進捗状況

尾崎忍夫、田中陽子、服部堯、宮崎聡、山下卓也、岡田則夫、福嶋美津広、三ツ井健司、大淵善之（国立天文台）

我々はすばる望遠鏡で稼働中の可視光撮像分光装置FOCASに搭載する面分光ユニット(Integral Field Unit; IFU)の開発を行っている。このIFU以下のような特徴を持っている。1) 既存装置を利用することで少ないコストと労力で面分光機能を実現できる。2) 遠方銀河などの淡く広がった天体の観測を意識したパラメーター設定を行っている。3) TMT第一期装置 可視光撮像分光装置WFOS用IFUのための実証試験である。本講演では計画の進捗状況を報告する。

プロジェクト概要



既存装置を用いることで少ない労力とコストで実現可能

我々の面分光ユニット(Integral Field Unit; IFU)はスリットマスクと同様にマスクスタッカーに収められる。観測時にはマスク交換機構によって引き出され、望遠鏡焦点部に設置される。FOCASには何も改造する必要がなく、少ない労力とコストで、面分光機能を付加することができる。

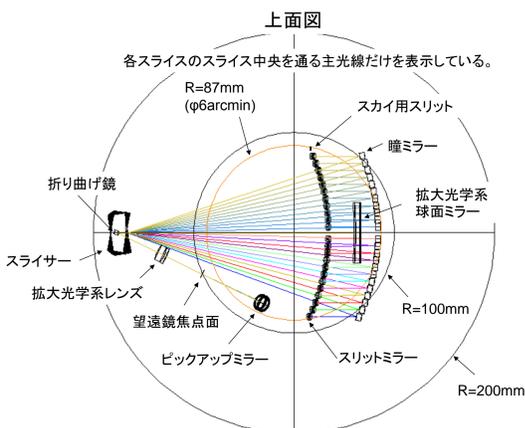
淡く広がった天体の観測に三次元分光に最適化

スライサー型IFUは一般的に反射面が多い。このIFUは高反射率誘電体多層膜ミラーを用いることで高いスループットを実現している。スライス幅もファインなサンプリングは目指さず、すばる望遠鏡でのベストシーイング程度(0.4")にして、できるだけ多くの光子を取り込みながら、構造の議論もできるようにしている。

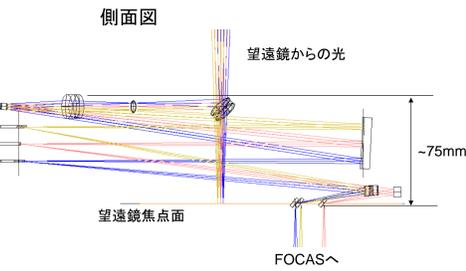
TMT第一期装置WFOSへの発展

我々はこの経験を基に、TMT第一期装置 可視光撮像分光装置WFOS用のIFUを開発したいと考えている。WFOS用IFUは必要性が認められているものの、予算の関係上、必須仕様ではなく目標仕様となっている。しかし現在のTMT装置計画では可視のIFUは含まれておらず、またTMTの装置を新規開発するためには莫大なコストがかかることを考えると、WFOSにIFUを搭載させることは重要だろう。

光学レイアウト



中央11チャンネルの瞳ミラーは球面、両サイド12チャンネルの瞳ミラーは軸外し楕円面となっている。



両端と中央のチャンネルだけを表示している。

望遠鏡焦点面と擬似スリットが一致していることを確認するためにピックアップミラーを透過する光(実際には存在しない)も表示させている。

IFUパラメーター

視野	13.5"×9.2" オブジェクト 13.5"×0.4" スカイ
スライス数	23
スライス幅	0.4"

スライスミラー

スライスミラーは現在加工途中。加工の各段階において天文台へ送ってもらって、加工精度の測定を行っている。こうすることで最終製品に不具合が出た時に、将来の加工手法の改善に役立てることができると期待できる。



① 1.114mm厚のスライスミラー基板を貼り合わせる



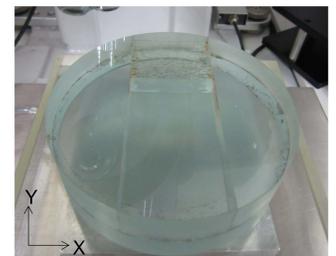
② ヤトイも精度良く製作しておく。



③ スライスミラー基板とヤトイを貼り合わせて、両サイドを研磨加工

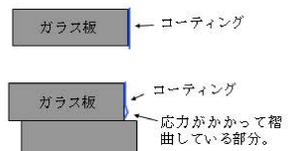
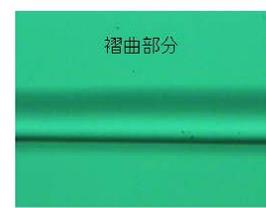
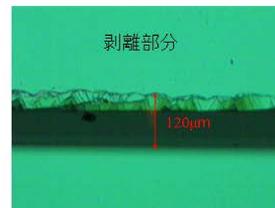


④ 両サイドにもヤトイを、裏面に補強用ガラス板を張り付け、外周丸加工する。



⑤ 表面球面研磨

⑤の状態では曲率中心とスライスミラーの位置関係を三次元測定機を用いて求めた。スライスミラーに対して、曲率中心位置がおおよそ(-160 μm, 100 μm)ずれていることが判明した。スライスミラーは像面に配置されるので、そのずれはFOCAS内部の瞳像位置のずれを生じる。そのずれのために生じるケラレ量の増加は約4%と予想される。



今後はヤトイをばらして、反射面に誘電体多層膜コートを施す。コート層が基板から数μm飛び出し、これが原因でコーティングの剥離や褶曲が生じる不具合については、コーティング時の保持手法など試行錯誤を行ったものの改善はみられていない。これまでの検討から最良と思われる手法でコーティングするが、不具合が改善されない場合は研磨シート等で削る。

納品済み光学素子

製作できる光学素子から製作をしている。瞳ミラー(軸外し楕円面)とスライスミラー以外は納品されている。



瞳ミラー(球面) 13個

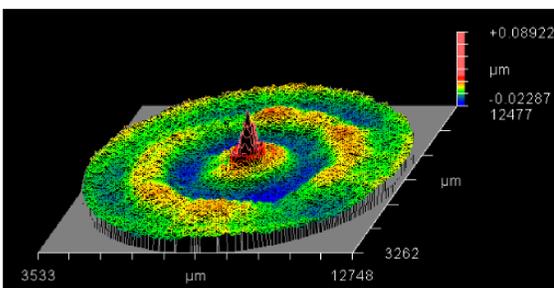


スリットミラー 24個



拡大光学系レンズ・折り曲げ鏡・凹面鏡

軸外し楕円面基板試作



2社に試作を依頼し、仕様を満たす軸外し楕円面基板が製作可能であることを確認した。既に全ての軸外し楕円面基板(9個)の発注済みで、2月中に納品予定である。

業者によるレーザー干渉計での形状測定結果。目標形状との差をプロットしている。目標仕様(150 nm PV以下)を満たしている。

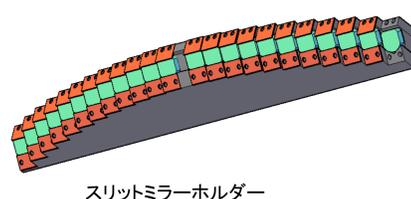
レーザー干渉計では曲率半径とティルトを正確に測定できない。そこで国立天文台先端技術センターにある三次元測定機を用いて表面形状測定を行った。右の表が測定結果である。

表面形状誤差の仕様は150 nm PVである。曲率半径誤差だけによって150 nm PVが生じた場合、その曲率半径誤差は約468μmとなる。測定された曲率半径誤差は、これより非常に小さいため、問題ないと判断できる。

	曲率半径		曲率中心	
	R (mm)	X0 (μm)	Y0 (μm)	
scan01	78.917	2	-3	
scan02	78.882	1	-4	
design	78.825	3	-4	
測定値-設計値	0.075	-1	0	

軸外し楕円面をホルダーに取り付ける際には裏面が基準面となる。そのため裏面に対する表面のティルトを0.03°以下に抑える必要がある。0.03°のティルトは曲率中心位置が50μmシフトすることに相当する。測定された誤差は1μm程度と許容誤差よりも非常に小さいことがわかる。

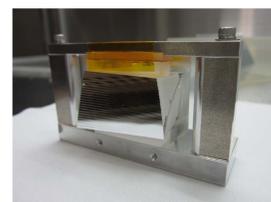
ミラーホルダーコンセプト



スリットミラーホルダー



瞳ミラーホルダー



スライサーホルダー

光学素子保持機構の設計が遅れている。外注に出すことを検討中である。

謝辞

このプロジェクトはTMT戦略的基礎開発経費(平成24,25,26年度)とJSPS科研費基盤C(平成26年度~28年度)の助成を受けています。