



可視15色同時撮像カメラ(DMC)の開発 I

酒向 重行、土居 守、諸隈 智貴、高梨 直紘、時田 幸一、井原 隆(東京大学)、古澤 久徳、小宮山 裕、岡田 則夫(国立天文台)、山室 智康(ジェネシア)、岩村 哲(アストロリサーチ)

我々は、ダイクロミックミラーを用いることにより、可視光を15バンドに分けて同時に撮像できる装置「15色同時撮像装置(Dichroic Mirror Camera; DMC)」を開発した(SPIE 1998 Vol. 3355, p. 646-657)。統計的議論や新天体の探査を柱の1つとする現代天文学では、効率的な観測を実現する広視野の分光装置が必要とされている。この要請に応えるため、これまでにレンズレイ型やファイバー型などの3次元分光器が考案され開発がおこなわれてきた。近年、ガンマ線バーストのフォローアップ観測など時間変動天体の研究分野から、広視野に加えて波長情報の同時性や装置の観測開始までの機敏性への要求が高まっている。今回、我々が開発したDMCは、16枚のダイクロミックミラーを用いることで15バンドの広視野画像を同時に取得することができる。この装置は効率的な3次元観測を実現するとともに、ポインティングの微調整なしで同時撮像を開始できる特徴を持つことから時間変動天体の観測にも有効である。

装置概要

- 多段ダイクロミックミラー光学系

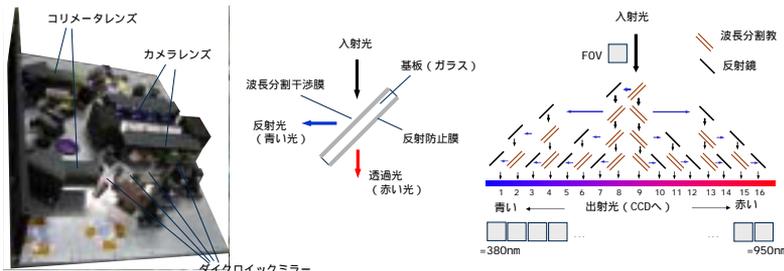


図1 2nd光学ベンチ全景 図2 (左)ダイクロミックミラーの構造 (右)ダイクロミックミラーによる波長分割の概念図

- 1k x 1k x 15モザイクCCD

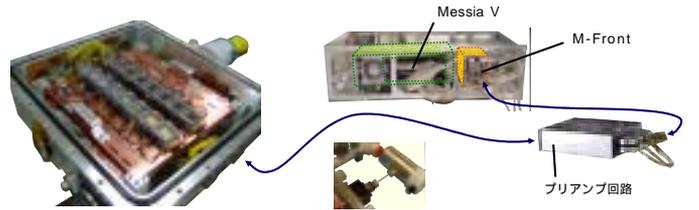


図3 検出器デューア内部 図4 CCD冷却用の冷凍機 図5 検出器読み出しシステム

15バンドに分割されたビームは15個の1kx1k-CCDからなるモザイクCCDにそれぞれ結像する。CCDの制御には国立天文台が開発したM-front + Messia Vシステムを用いている。各CCDの画像データは検出器デューア内に設けたMUX回路により順に読み出される。データ出力線は2系統あり、デューア外に設置したプリアンプ回路を経由してM-frontへ送られる。図3には16個のCCDが確認できるが、1つはダミーであり観測には使用しない。現在、クロックを調整することで、CCD 1個あたり15秒かかっている読み出し時間を短縮する試験をおこなっている。検出器デューアの冷却にはDAIKIN 80K/1Wスターリングサイクル冷凍器を2台使用している(図4)。

DMCは計16枚のダイクロミックミラーを持つ。うち14枚により、380-950nmの入射光を15バンドに分割する(図2)。16枚のうち2枚はモザイクCCD上へビームを導くために使用している(図6)。レンズで構成したコリメータやカメラ光学系は、F/9の入射光に最適化されており最終F=4.6、視野4.5分角を実現する。シャッター以外に駆動部品の無いことを特徴とし、トラブルの少ない安定したシステムを構成している。DMCの光学系に関する詳細は、ポスター発表v20b 可視15色同時撮像カメラ(DMC)の開発 光学系を参照。

- 3層ビル構造

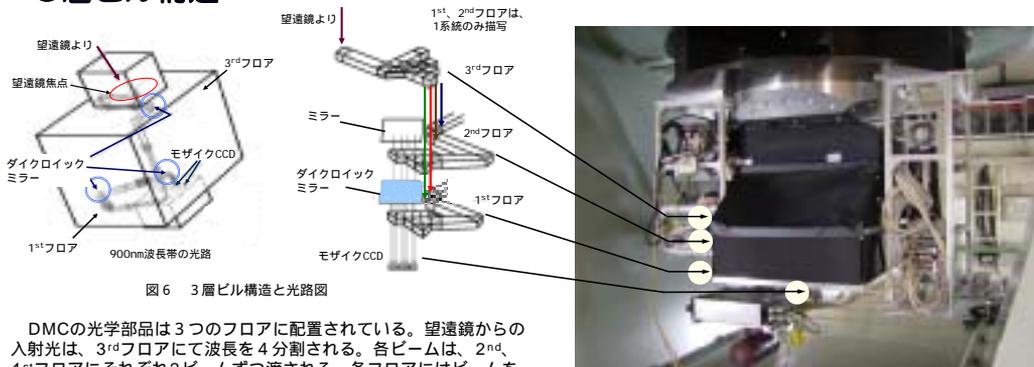


図6 3層ビル構造と光路図

DMCの光学部品は3つのフロアに配置されている。望遠鏡からの入射光は、3rdフロアにて波長を4分割される。各ビームは、2nd、1stフロアにそれぞれ2ビームずつ渡される。各フロアにはビームをさらに4(or 3)分割する光学系が2系統用意されている。波長分割された計15バンドのビームはモザイクCCD上に結像される。この時、1stフロアからのビームの折り返しにダイクロミックミラーを用いることで、2ndフロアからのビームとの両立を実現している。

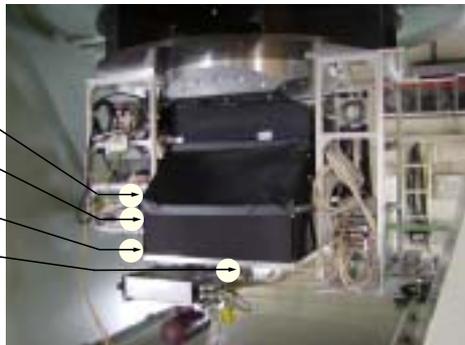


図7 1.5m赤外シミュレータのカセグレン焦点に取り付けられたDMC

- 基本性能

	MAGNUM 2.0m (F/9)	広島大1.5m (F/12.2)
観測波長	可視域 380nm - 950nm 15バンド (/ ~50) 同時撮像	
視野	4.5分角 (0.23秒角/pixel) 1k x 1k CCD 15台	
感度 ¹	1時間5 @800nm 22mag	20.5mag
F値	F変換率 = 2:1 最終F = 4.6	
重量、サイズ	150 kg 0.8m x 0.6m x 0.6m (本体のみ)	

1. 明るさ: ハレアカラ 2.1 mag/arcsec², 広島 2.0 mag/arcsec²
シーイング: ハレアカラ 0.5 arcsec, 広島 1 arcsec
ペガ等級 とし計算

試験観測

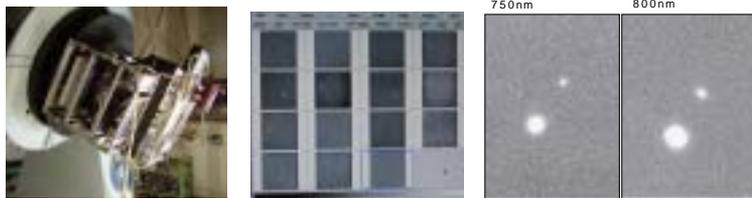


図8 ファーストライト観測時のDMC 図9 ファーストライト画像(左)クワックルクの画面(右)アルビレオの画像

国立天文台三鷹の1.5m赤外シミュレータ(広島大)にて試験観測をおこない、2005年8月3日にファーストライトに成功した。事前にフィルターの設置不良がわかっていた波長帯を除くすべてのバンドで天体の画像を得ることに成功した。星像は良好で、観測当日のシーイングを上まわる収差は確認されなかった。バンド間に視野や焦点のずれが見られたが、光学部品の調整により修正可能な範囲であることが確認された。次の観測までに、実験室において視野と焦点の調整をおこなう予定である。今回の試験観測では、天候が不安定であったためにシステム効率や限界等級の計測までには至らなかった。検出器読み出し系やシャッター等は安定に動作した。検出器の読み出しノイズが数10e⁻と若干高いため、ノイズ対策が今後の課題となる。直前に冷凍機の1台が故障したため、試験観測では液体窒素タンク(図8右端の赤茶色)を併用したり、富士電機製のパルスチューブ式冷凍機を用いたりした。次回観測までに新しい冷凍機への交換を予定している。

DMCでねらうサイエンス

- photometric redshiftの測定
 - 中程度の赤方偏移(z=0.3-0.7)の銀河銀河の光度関数の進化の一部を埋める
 - High-z QSO(図10)
- 時間変動天体のSED観測
 - 線バースト可視残光
 - 超新星
 - スペクトル型や赤方偏移を効率的に推定することが可能。光度曲線の理解(I-bandのセカンドピーク, J15b; 高梨講演)にも有用である。
 - 小惑星
 - スペクトル型を効率的に決定
- 共同研究を募集中!

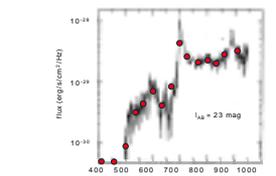


図10 z=4.7 QSOのスペクトルとDMCの観測バンド(赤丸)

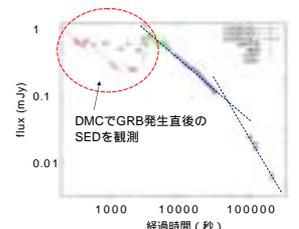


図11 GRBの可視残光の時間変化(Monfardini et al. 2006)