

## 検出器

### 検出器・受光素子の変遷

岡山天体物理観測所ではこの40年間に種々の光検出器すなわち受光素子が使用されてきた。以下にその一覧を示すが、初期は写真乾板がほとんど唯一の検出器であったが、光電子増倍管からI.I.の導入を経て、CCD等の高感度固体撮像素子へと移ってきた。近年は可視光だけでなく、近赤外線の検出器も多用されている。

#### 写真乾板

|                 |                                    |
|-----------------|------------------------------------|
| 使用期間            | 1960 - 1990年 (一部1998年)             |
| 使用機器 188cm反射望遠鏡 |                                    |
| ニュートン焦点         | 直接撮像                               |
| カセグレン焦点         | Glass分光器, Quartz分光器, I. I. 分光器     |
| クーデ焦点           | F/4分光器, F/10分光器, イメージ・インテンシファイアー   |
| 使用機器 91cm反射望遠鏡  |                                    |
| カセグレン焦点         | プリズム分光器                            |
| 性能              | 大撮像面積<br>量子効率約2%<br>相反則不軌(低照度不軌)あり |
| 分解能             | 約20 $\mu$ m                        |

#### レチコン

|                 |  |
|-----------------|--|
| 使用期間            | 1979 - 1995年                                 |
| 使用機器 188cm反射望遠鏡 |  |
| クーデ焦点           | IDARSS                                       |
| I. I. 部         | 静電型I. I. + MCP 1段                            |
| 最大ゲイン           | 55000 (6000 )                                |
| 量子効率            | 12% (4500 )                                  |
| 光電面             | S-25   |
| 解像力             | 28.5Lp/mm                                    |
| レチコン            |  |
| 画素数             | 1 $\times$ 1024                              |
| 画素サイズ           | 25 $\mu$ m $\times$ 2.5mm                    |
| 画角              | 2.5 $\times$ 25mm                            |
| 感度              | 2000~11000                                   |
|                 | 1.7 $\times$ 10 <sup>4</sup> カウント/光子 (5300 ) |
| 解像力             | 40Lp/mm                                      |

#### PIAS ( Photoncounting Image Acquisition System ) 浜松ホトニクス社

|                 |          |
|-----------------|----------|
| 使用期間            | 1985年    |
| 使用機器 188cm反射望遠鏡 |          |
| カセグレン焦点         | カセグレン分光器 |

#### CCD (日本TI社)

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| 使用期間            | 1985 - 1989年 |
| 使用機器 188cm反射望遠鏡 |              |
| ニュートン焦点         | 直接撮像         |
| カセグレン焦点         | カセグレン分光器     |
| クーデ焦点           | エシエル分光器      |

#### CCD (RCA社)

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| 使用期間            | 1986 - 1999年 |
| 使用機器 188cm反射望遠鏡 |              |
| ニュートン焦点         | 直接撮像         |
| クーデ焦点           | F/10分光器      |

#### CCD (UBC : University of British Columbia)

|                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| 使用期間            | 1995 - 1996年           |
| 使用機器 188cm反射望遠鏡 |                        |
| クーデ焦点           | F/10分光器                |
| 画素数             | 200 $\times$ 4000      |
| 画素サイズ           | 15 $\times$ 15 $\mu$ m |
| 画角              | 3 $\times$ 60mm        |

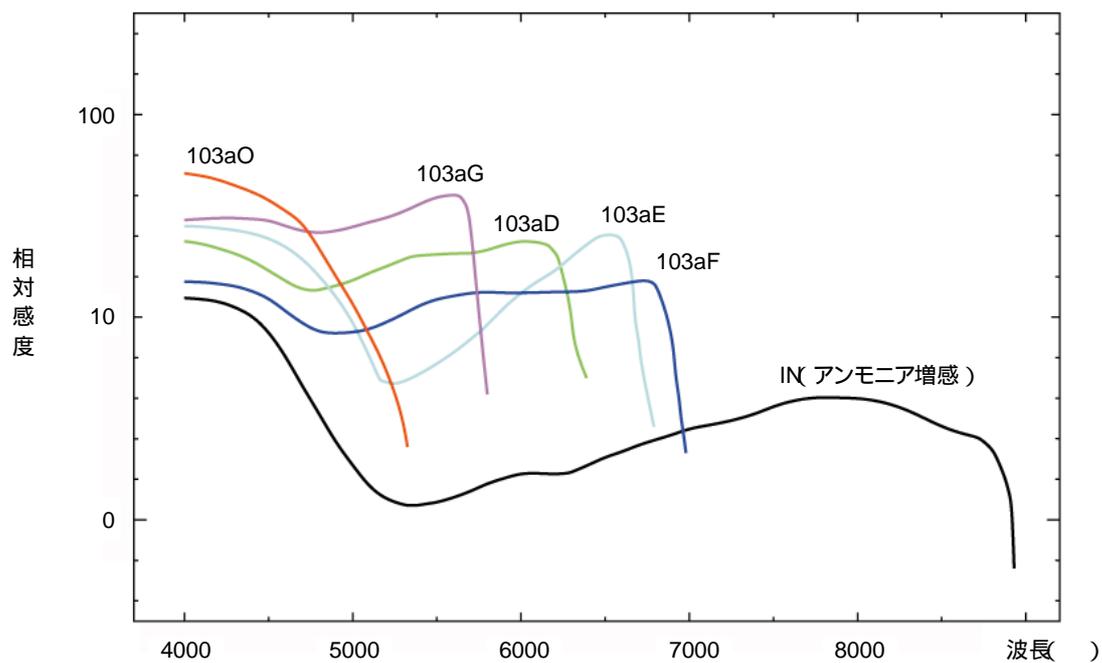


図3 - 48 写真乳剤の分光感度特性

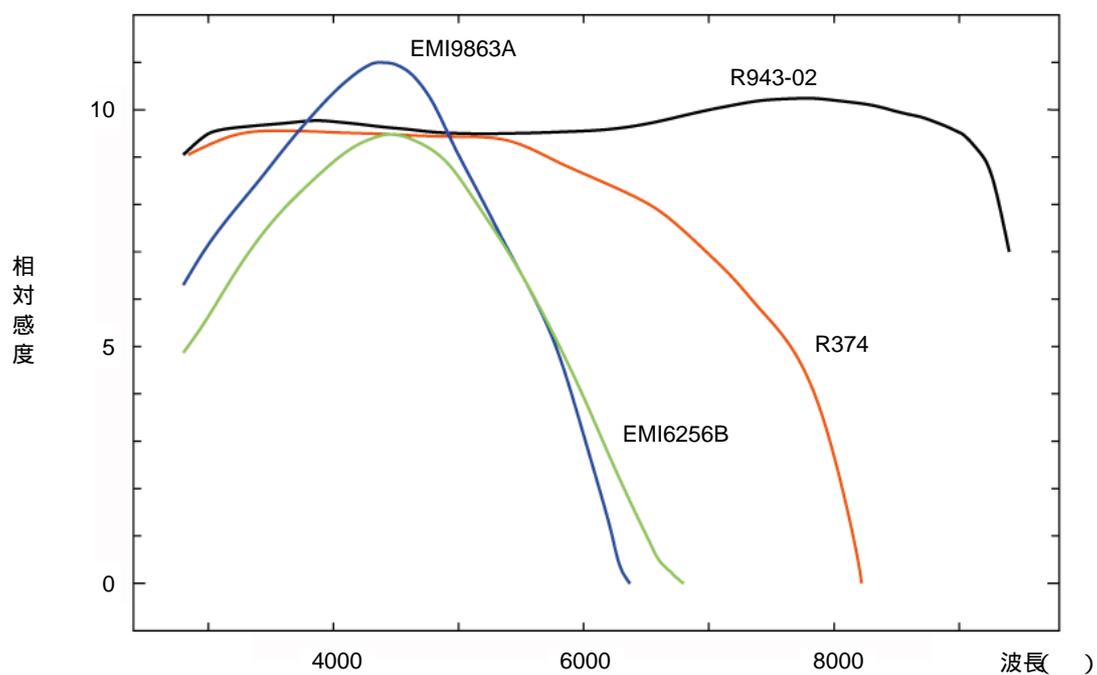


図3 - 49 光電子増倍管の分光感度特性

CCD (Photometrics社)

|         |            |
|---------|------------|
| 使用期間    | 1990年～     |
| 使用機器    | 188cm反射望遠鏡 |
| カセグレン焦点 | カセグレン分光器   |

CCD (Marconi Applied Technologies社, 旧EEV社)

|        |                  |
|--------|------------------|
| 使用期間   | 1999年～           |
| 使用機器   | 188cm反射望遠鏡       |
| クーデ焦点  | HIDES            |
| CCDチップ | CCD42-80 (2-904) |

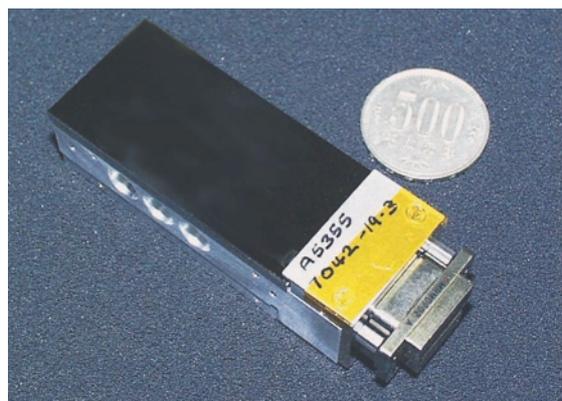


図3 - 50 HIDESに使用された大型CCD素子 42-80 (Marconi Applied Technologies)

InSb

|       |              |
|-------|--------------|
| 使用期間  | 1976 - 1997年 |
| 使用機器  | 188cm反射望遠鏡   |
| クーデ焦点 | フーリエ分光器      |

PtSi

|         |                       |
|---------|-----------------------|
| 使用期間    | 1991 - 1992年          |
| 使用機器    | 188cm反射望遠鏡            |
| ニュートン焦点 | 直接撮像                  |
| クーデ焦点   | F/10分光器               |
| 画素数     | 512 × 512、1040 × 1040 |

NICMOS3

|         |            |
|---------|------------|
| 使用期間    | 1994年～     |
| 使用機器    | 188cm反射望遠鏡 |
| カセグレン焦点 | OASIS      |

光電子増倍管 (カソード面約10mm)

|         |   |
|---------|---|
| 使用期間    | 1960 - 1996年  |
| カソード面径  | 約10mm   |
| 使用機器    | 188cm反射望遠鏡  |
| カセグレン焦点 | 広波長域分光器<br>10チャンネル<br>浜松ホトニクス R1437<br>ベルチェ冷却<br>フォトンカウンティング方式  |
| クーデ焦点   | ファブリペロー分光器<br>2チャンネル<br>EMI 9863-A<br>ドライアイス冷却<br>フォトンカウンティング方式   |
| 使用機器    | 91cm反射望遠鏡   |
| カセグレン焦点 | 光電測光器, 3色同時測光器, グレーティングスキャン測光器<br>EMI 6256B<br>浜松ホトニクス R374, R943-02<br>ドライアイス冷却<br>DC出力<br>量子効率 約20% (青領域) |

IDARSS、PIAS

|       | IDARSS         | PIAS               |
|-------|----------------|--------------------|
| 画素数   | 1 × 1024       | 512 × 512          |
| 画素サイズ | 25 μm × 2.5mm  | 29 × 29 μm         |
| 画角    | 2.5 × 25mm     | 15mm               |
| 有効波長域 | 4000 - 8600    | 3000 - 7000        |
| 感度一様性 | ± 23%          | ± 28% ( p-p )      |
| 読出雑音  | 40カウント/ピクセル    | なし                 |
| 暗電流   | 0.1CPS<br>- 40 | 5CPS (全画面)<br>- 20 |
| 分解能   | 30Lp/mm        | 13 - 18Lp/mm       |
| 像の歪み  | -              | 0.9-3.2%           |
| 相反則不軌 | -              | 0.16CPS/ピクセル以上で有   |
| 冷却温度  | - 40           | - 20               |
| 冷媒    | ドライアイス         | ペルチェ素子             |

CCD、赤外素子

|                    | RCA CCD  | TI CCD   | Photometrics CCD                 | Marconi A.T. CCD                          | NICMOS3                       |
|--------------------|--|--|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 半導体                | Si   | Si   | Si                               | Si  | HgCdTe                        |
| チップ型番              | SID503EX                                       | TC-215   | PM-516A                          | CCD42-80-2-904                            | -                             |
| 転送方式               | フレーム転送   | フレーム転送   | フレーム転送                           | フレーム転送                                    | Direct read out               |
| 入射方式               | 裏面照射   | 表面照射   | 表面照射                             | 裏面照射                                      | Direct injection              |
| 画素数                | 1,024 × 640                                    | 1,024 × 1,024                                      | 516 × 516                        | 2,048 × 4,096                             | 256 × 256                     |
| 画素サイズ [ μm × μm ]  | 15 × 15  | 12 × 12  | 20 × 20                          | 13.5 × 13.5                               | 40 × 40                       |
| 撮像面積 [ mm × mm ]   | 15.4 × 9.6                                     | 12.3 × 12.3  | 10.3 × 10.3                      | 27.6 × 55.3                               | 10.2 × 10.2                   |
| 量子効率               | ~ 90% (5000 )                                  | ~ 62% (6500 )                                      | ~ 46% (6500 )                    | ~ 88% (5000 )                             | ~ 70% (K/バンド, 80K)            |
| 有効波長域 [ ]          | 4000 - 9000                                    | 4000 - 9000  | 4000 - 9000                      | 3500 - 9000                               | 10,000 - 250,000              |
| 転送限界 [ e-/ピクセル ]   | 1.3  | 5 (H方向)<br>3 (V方向)                                 | 1 以下                             | 2   | -                             |
| 感度一様性              |  | 3% ( p-p )   | 3% ( p-p )                       | 3%  | ~ 6% ( 1 )                    |
| 読出雑音 [ ADU ]       | 3 (Gain 5)<br>~ 50e <sup>-</sup>               | 4<br>~ 7e <sup>-</sup>                             | 2 (Gain 90)<br>~ 5e <sup>-</sup> | 1.3<br>~ 4e <sup>-</sup>                  | 2 ~ 5<br>34-86e <sup>-</sup>  |
| 熱雑音 [ ADU/分/ピクセル ] | < 0.1<br>- 120                                 | 0.07<br>- 60                                       | 0.05<br>- 120                    | < 0.00017<br>- 105                        | 0.48 [e <sup>-</sup> ]<br>80K |
| 入出力線形性             | 1.0  | 1.0 ± 0.02   | 1.0 ± 0.02                       | 1.0 ± 0.01                                | 0.998                         |
| A/Dゲイン [ e-/ADU ]  | 17 (16b)                                       | 1.7 (12b)  | 2.2 (14b)                        | 4.2 (16b)                                 | 17.1                          |
| 飽和レベル [ ADU ]      | 20,000   | 47,000   | 22,000                           | ~ 25,000                                  | 11,600                        |
| ダイナミックレンジ          | 1,000  | 12,000   | 8,000                            | ~ 10,000                                  | 6,000                         |
| 動作温度 [ ]           | - 120  | - 70   | - 120                            | - 105                                     | - 193                         |
| フリッジ振幅             | 10% ( p-p )                                    | なし   | なし                               | なし ( 5000 )<br>30% (7000 )<br>50% (9000 ) | なし                            |
| 画素欠陥               | hot pixel 1<br>poor patches 5<br>poor column 3 | 暗電流 <sup>14e<sup>-</sup>(2 )</sup> 以内に<br>92.5%の画素 | なし                               | poor columns 複数                           | 多数                            |
| 制御計算機              | IBM-AT   | FACOM  | NEC PC-9801                      | SUN Ultra1                                | SUN Sparc Classic             |
| 冷却                 | 液体窒素   | ペルチェ 3 段   | 液体窒素                             | パルスチューブ冷凍機                                | GM 冷凍機                        |