OHS 中間 Review

装置製作状況と今後の見通し

開発メンバー

舞原 俊憲 (代表)

岩室 史英 (光学系、 OHS 本体部全般)

大屋 真 (CISCO 機械系)

今西 昌俊

寺田 宏

本原 顕太郎 (制御系)

後藤 美和

岩井 淳一

田辺 裕久 (以上 京大物理)

関口 和寛 (国立天文台)

目次

1 製作実施状況及び今後の計画 (CISCO) 1

1.1 機械系 . . . 1

1.1.1 冷却試験 . . . 1

1.1.2 motor . . . 3

1.1.3 赤外シミュレータへの取りつけ . . . 4

1.1.4 今後の計画 . . . 4

1.2 光学系 . . . 6

1.2.1 冷却試験 . . . 6

1.2.2 Grism . . . 8

1.2.3 Prism . . . 8

1.2.4 Filter . . . 9

1.2.5 今後の計画 . . . 9

1.3 制御系 . . . 10

1.3.1 読み出し回路 . . . 10

1.3.2 motor 制御 . . . 13

1.3.3 今後の計画 . . . 13

1.4 ソフトウェア . . . 14

1.4.1 messia 関係 . . . 14

1.4.2 すか toolkit 関係 . . . 14

1.4.3 今後の計画 . . . 14

2 製作実施状況及び今後の計画 (OHS 本体) 16

2.1 機械系 . . . 16

2.2 光学系 . . . 16

2.3 制御系 . . . 18

2.4 ソフトウェア . . . 18

2.5 今後の計画 . . . 18

3 今後の見通し 19

1　製作実施状況及び今後の計画 (CISCO)

1.1　機械系

1.1.1　冷却試験

駆動試験は、内部のレンズ系を入れない状態で 97 年 3 月に、レンズ系を入れた状態で 97 年 5 月にそれぞれ行なわれた。

冷却曲線を図 1に示す。レンズ系を入れても冷却にかかる時間は 3 日たらず、常温に戻るまでに 2 日余りである。最低到達温度はコールドヘッドで 60K、スリットボックスで 70K 程度であった。

しかしながら、 6 月下旬に再度レンズ系を入れて冷却したところ、最低到達温度は変わらなかったものの冷却にかかる時間がおよそ 1.5 倍に増えた。これは、現在用いている冷凍機 (図 2) が空冷式であるため、外気温が上昇すると冷却能力が低下するせいだと考えられる。

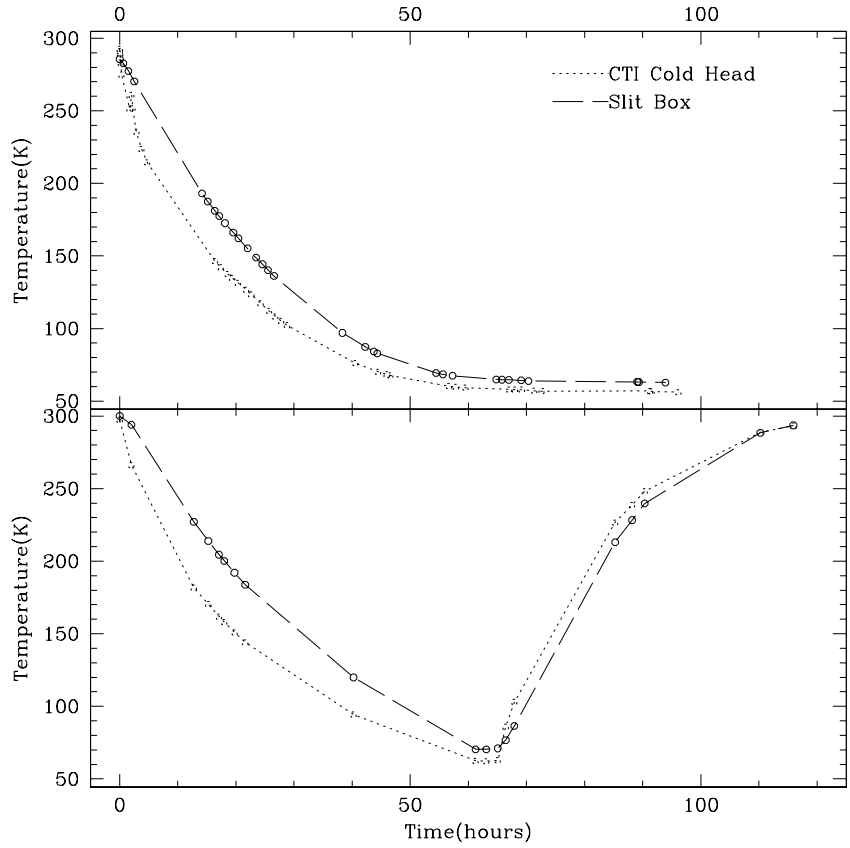


図 1: CISCO の冷却曲線。上がレンズ系を入れない時、下がレンズ系を入れた時。レンズ系を入れた時は、冷却開始後 63 時間で冷凍機を止め、温めている。

図 2: 冷凍機 (左) と CISCO に取り付けられたコールドヘッド (右)

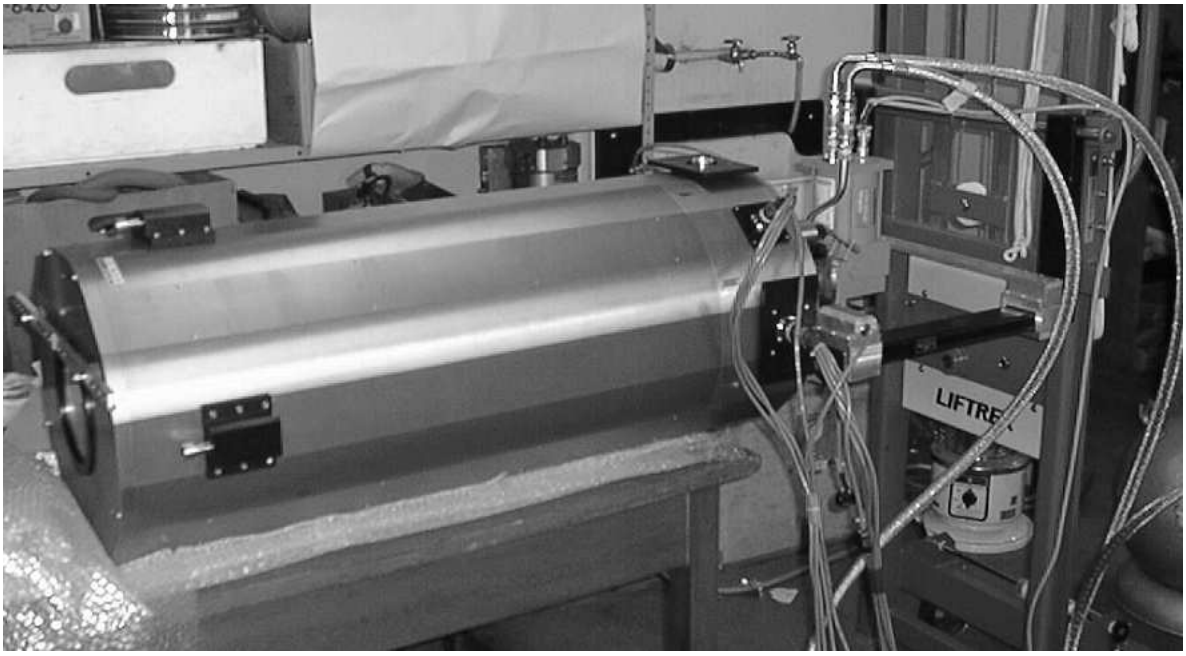


図 3: 冷却中の CISCO

1.1.2 motor

CISCO は cryostat の中に slit、 filter wheel 各 2 個ずつ計 4 個の真空冷却モーターを使用している。モーターは phytron 社製の ZSS52.200.2.5 である。

- 動作試験
  モーターの回転、リミットスイッチ等の基本動作を行ない正常に動作することを確認した。これまでに延べ 8 時間程度動作ささせている。
- 発熱試験

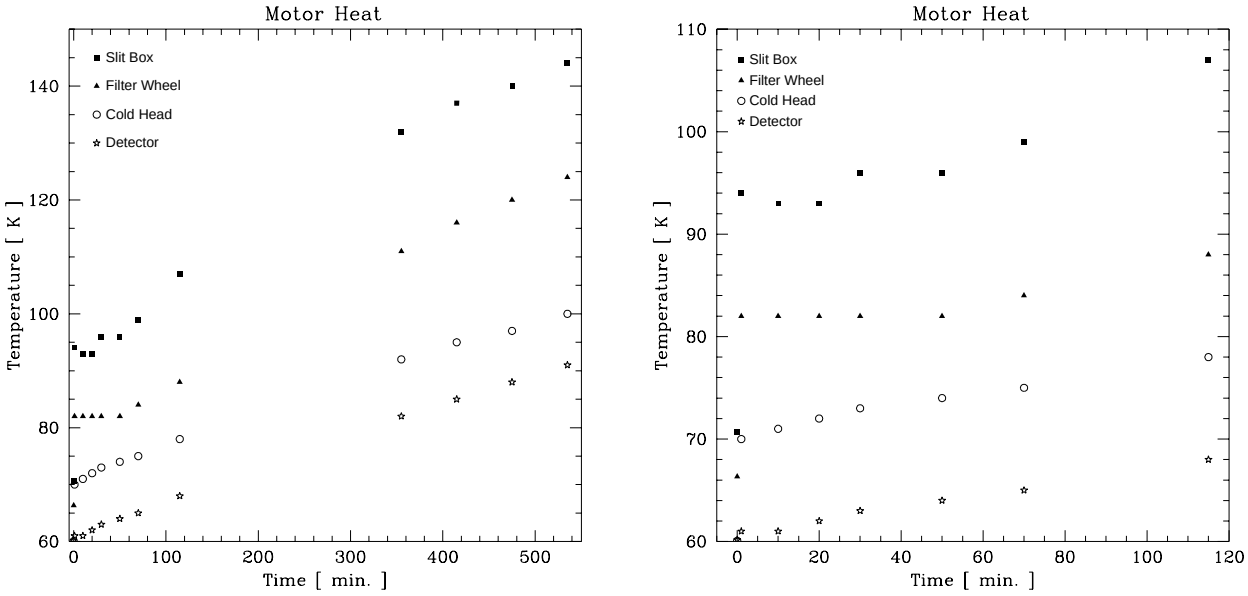


図 4: motor に電流を投入した時の CISCO 内部の温度変化。右の図は左の図の最初の部分を拡大したもの。

4 個の motor に電流を投入して保持を続けた時の CISCO 内部の各所での温度変化を図 4に示す。特徴的なのは、投入直後 (1 分以内) に motor が取り付けられている所の温度が急激に上昇することである (filter wheel 16[K]; slit box 24[K])。その後 50 分程度は一定である。 cold head は投入直後に 10[K] 程度上昇し、その後もゆっくりと上昇を続ける。 detector は、最初からゆっくりと上昇を続ける。 50 分以降は 4 箇所の測定点全てで温度がゆっくりと上昇する。上昇の割合はほぼ一定で、開始から 9 時間後には detector で 100[K]、 slit で 144[K] に到達したので motor の電源を切った。この段階でも温度はほぼ同じ割合で上昇を続けており、一定に収束しそうな様子はなかった。現在、保持時でも動作時と同じ 2.8[A] の電流が流れており、保持時と動作時で温度の変化はほとんどなかった。

保持時の電流を動作時の 4 分の 1 に減らして保持させた時の温度変化を図 5に示す。電流投入直後に温度が上昇するが、その後どの場所も温度は ± 1[K] の間で一定である。測定時間は図 5の場合に比べて少し短いが、 cold head、 detector 共に温度が変化していないのでこの後も変化しないと考えられる。 filter wheel の 1 つを動かした時の温度上昇は、 filter wheel の所で 2[K]、 cold head で 1[K] であった。 slit の 1 つを動かした時の温度上昇は、

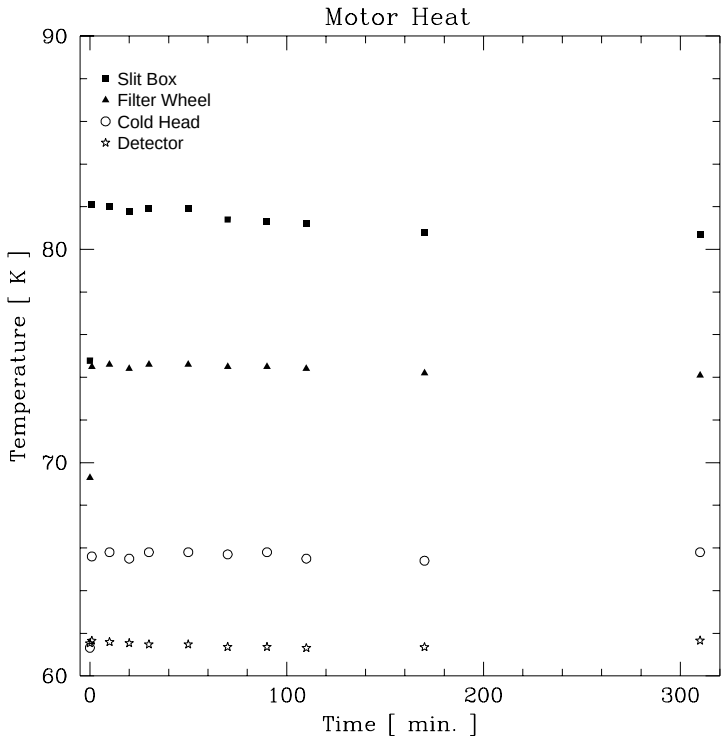


図 5: 保持時の電流を減らした場合の CISCO 内部の温度変化

slit の所が最も大きく 3[K] で、 cold head で 1.5[K] であった。 detector の所はどちらの場合もほとんど温度変化がなかった。

機構的には保持電流はこの程度で十分なはずである。今後動作時の電流も減らし、実際に CISCO を使用する時の荷重を掛けた状態で動作、保持に影響がないか調べる。

1.1.3 赤外シミュレータへの取りつけ

赤外シミュレータへの取り付けは、図 6の様に望遠鏡を 20° 傾けた状態で行なう。取付のための治具、及び焦点位置を引っ込めるための装置は、現在詳細設計中である。

1.1.4 今後の計画

97 年 7 月： detector mount 温度コントロール試験
97 年 7 月： detector (engineering grade) 試験
97 年 7 月：赤外シミュレータ用接続治具設計・製作
97 年 8 月： heater 試験
97 年 8 月： filter wheel 改良
97 年 9 月： detector (science grade)・ filter/prism 組み込み
性能評価・内部変形などの評価試験
97 年 10 月 ∼2 月：赤外シミュレータによる試験観測
総合性能・変形評価 (光学シミュレータも使用)

98 年 4 月：ヒロに輸送

再組み立て、簡単な性能試験

98 年 5 月：山頂に輸送

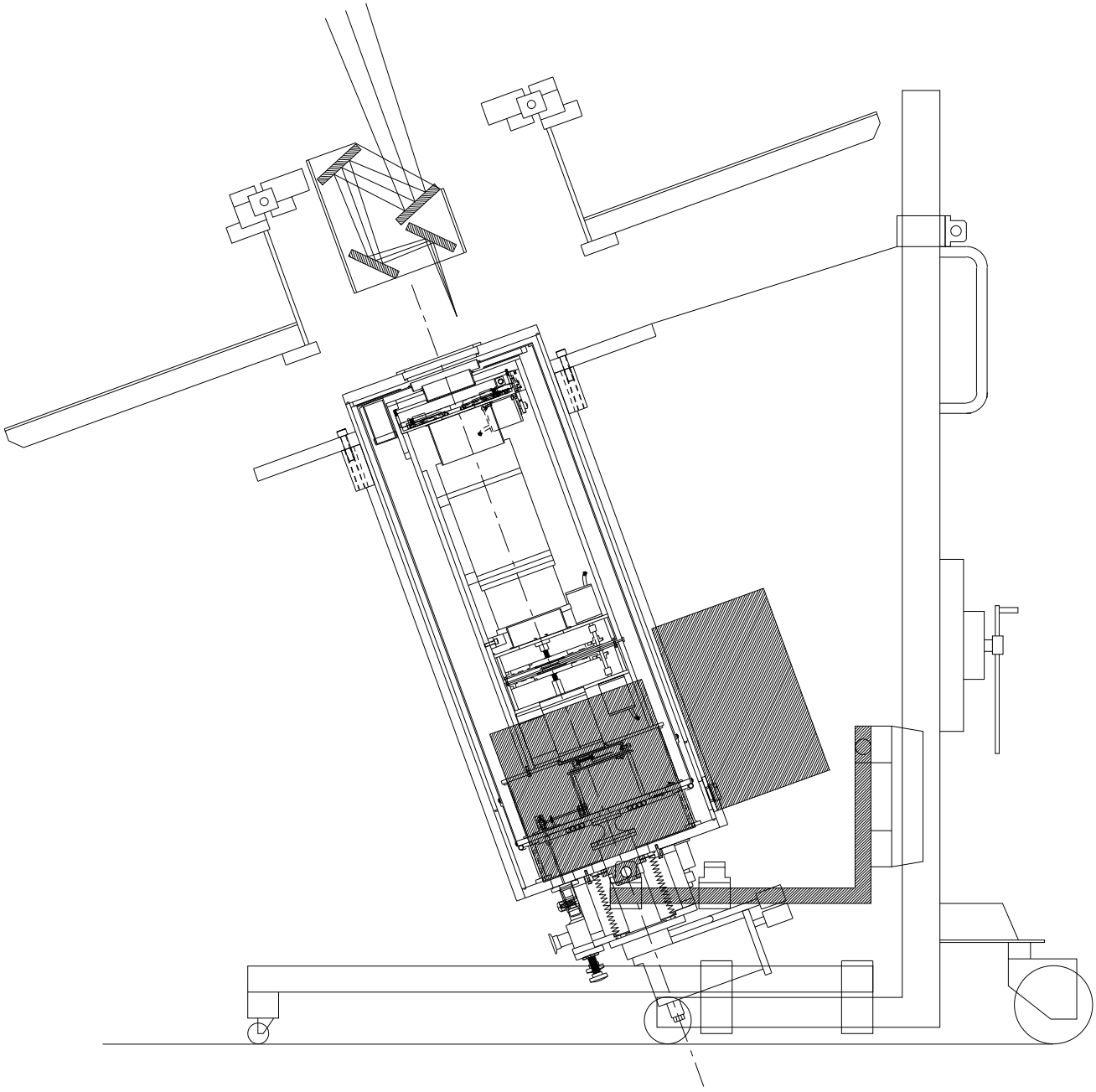
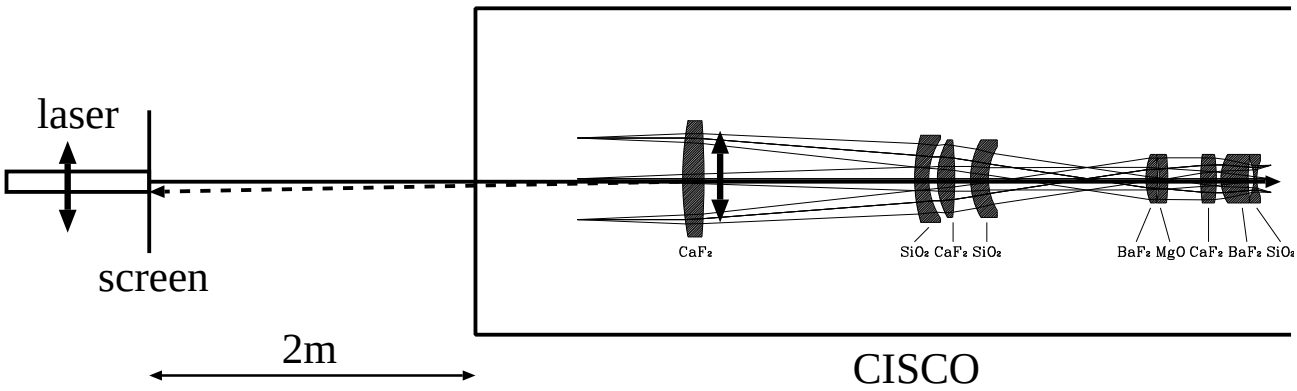


図 6: 赤外シミュレータへの取りつけ方法

1.2 光学系

1.2.1 冷却試験

レーザーを用いて、以下のような配置で冷却によるレンズ軸位置の変化を調べた。



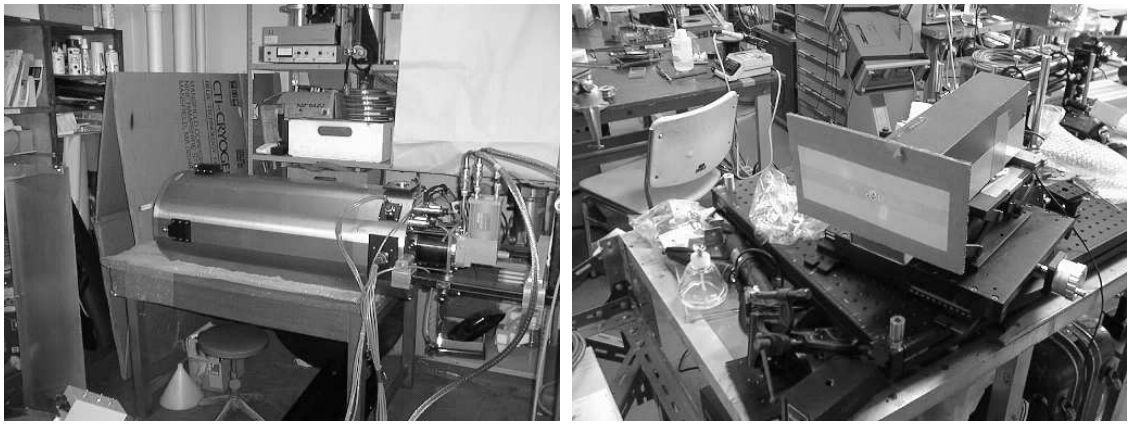


図 7: レンズ系冷却試験

光軸に沿って laser を入射させると、 lens の軸がずれていない理想的な状態では、それぞれの光学面で反射された光は、全て同一軸上を戻るが、実際には lens の軸は少しずつずれており、光学面の数だけ (入射窓も含めて 20 面) 反射光は分かれて出てくる。光源と同じ場所においた screen には、たくさんのスポットが現れるが、それぞれのスポット直径と、 laser を動かした時の移動速度はそれぞれ異なるため、 Ray Trace 計算によりそれぞれの面で反射されたスポットの特性を計算し、実際のスポットがどの面で反射されたものであるかを同定する。また、光学面の微小移動に対し、スポットがどのように動くかについても計算しておき、測定値から光学面の移動量を逆算する。この時、レンズが移動してもスポットがほとんど動かない場所が各面に対し一ヶ所ずつあるので、スクリーンの場所を適切に選ばないと、正しく測定できない。 CISCO の場合、入射窓から 2m 以上離れた所に screen を置かないと、最も条件の厳しい光学面の 100μm の移動を検出できないため、平面鏡で光路を曲げて距離をとった。

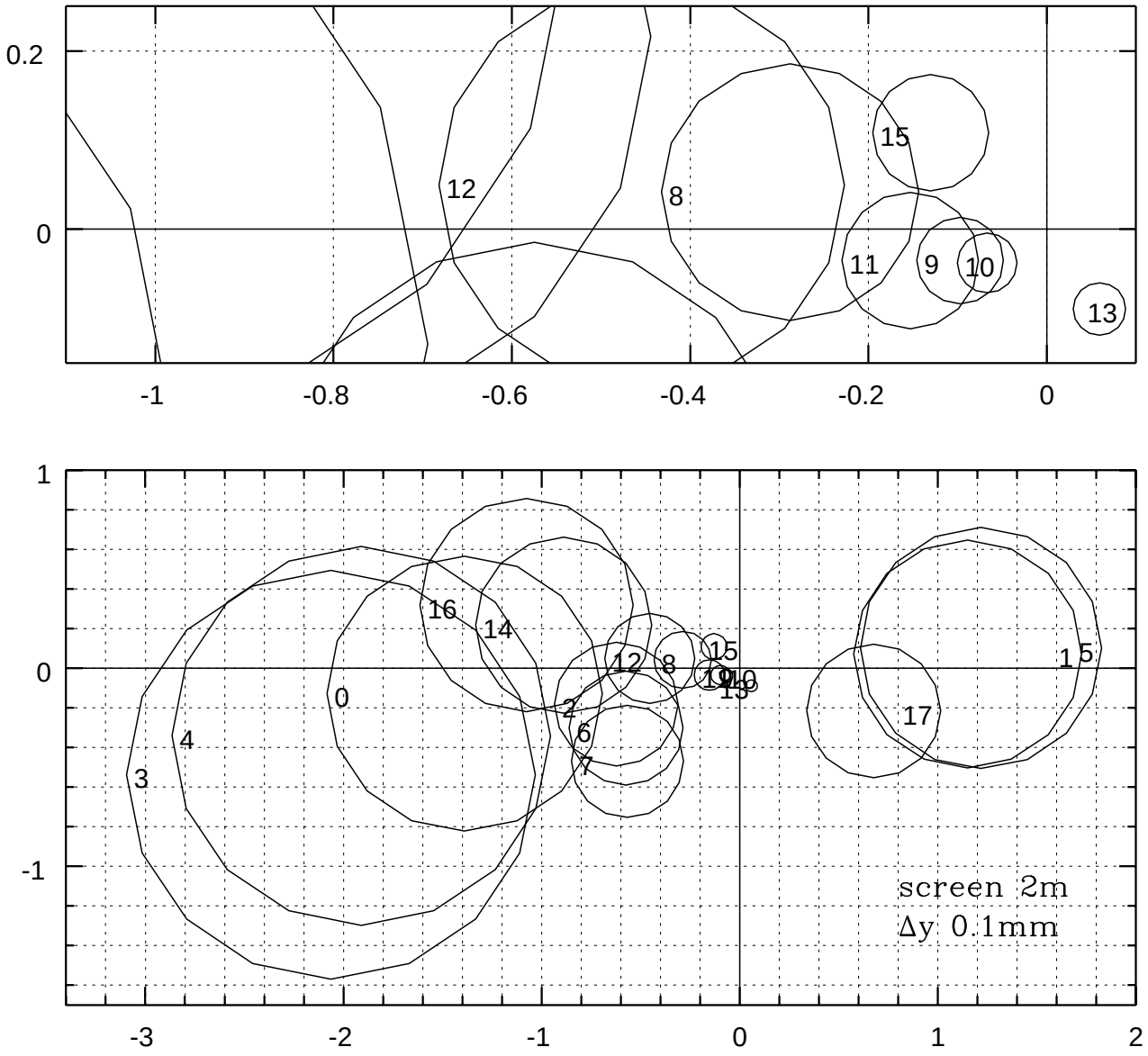


図 8: Ray Trace による計算値 (単位は cm)

上図は、 Ray Trace による計算値である。左右のずれは laser を 1mm 平行移動させた時の移動量、上下のずれは、光学面が 100μm 移動した時の移動量、番号は光学面番号、円の大きさはスポットの大きさを表している。測定の結果、口径の大きな始めの 4 枚のレンズの軸が、最大 0.4mm 程度ずれていることが分かったが、それによる最終像の劣化は 1.5 倍程度と予想され、像の大きさに特に影響を与える後半の 5 枚のレンズに関しては軸ずれは検出できなかった。今回の実験では水平な状態で冷却したが、垂直の状態で冷却し、そのままカセグレン焦点に取り付ければ冷却による軸ずれの影響はほとんどないものと予想される。詳しい評価は、赤外シミュレータにとりつけてから行なうことになる。

1.2.2 Grism

grism の詳細仕様を決定した。当初、2 つの grism を用いて二次元の分散をかける予定であったが、短波長側での効率低下が大きいことと、次数選択の都合上 0.95μm 以下のスペクトルが得られないことから、単純な一方向の分散をかけるのみとした。grism の種類と、得られる波長分解能は以下の通り。

grism	波長 (μm)	次数	波長分解能 ($1''$slit)
wide-K	1.88-2.42	1	400
JH	1.11-1.80	1	280
zJ	0.90-1.35	1	300

表 1: grism 一覧

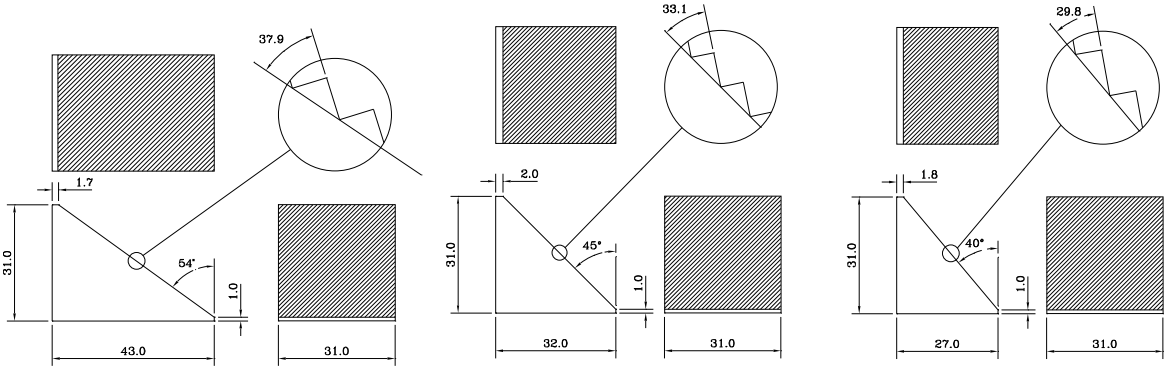


図 9: grism 仕様 (材質は Infrasil)

1.2.3 Prism

slitless 分光用直進 Prism を発注した。

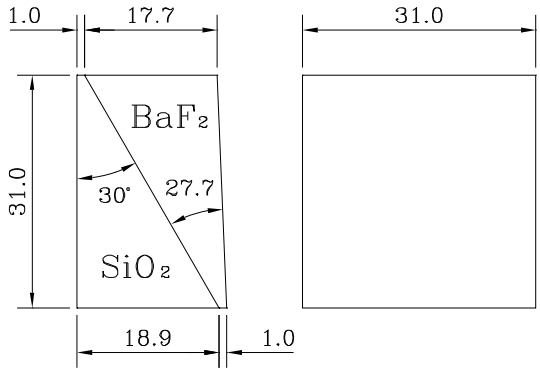


図 10: Prism 仕様

1.2.4 Filter

J,H,K,K' filter を発注した。

Filter	Quantity	Size	Flatness
J	1	37mm,r	stndard
H	1	37mm,r	stndard
K'	1	37mm,r	stndard
K	1	37mm,r	stndard

表 2: filter 一覧

1.2.5 今後の計画

8 月には全ての lens に AR コーティングを施し、 scence grade の detector を用いて室内での総合試験を行なう。その後、赤外 / 光学シミュレータで実際の光学性能確認と歪曲などの評価をする。 Grism は発注が遅れたため、 98 年 6 月に山頂で取りつけ、ピンホールスリットで性能を確認する。それ以前の分光性能は直進プリズムで確認する。

97 年 8 月： AR コーティング
97 年 9 月：結像性能評価、焦点位置確認
97 年 10 月 ∼2 月：赤外シミュレータによる試験観測
総合性能・変形評価 (光学シミュレータも使用)
98 年 6 月： grism 組み込み

1.3 制御系

1.3.1 読み出し回路

現在、 multiplexer チップを取り付けての各種テストがほぼ終了しつつある。
これまでの結果を以下に述べる。

[読み出し動作の確認]
ペンレーザーで multiplexer 上にスポットを入射して読み出しを行なうことにより、読み出し動作が正常に行なわれていることが確認できた。(図 11)

ただ、この過程で 4 つあるチャンネル (quadrant) の内 2 つ (2, 3) の光に対する感度がほとんどなくなっているうえに、正常な出力が行なわれないことが判明。何らかの理由により、電気的に壊れたのではないかと考えられる。

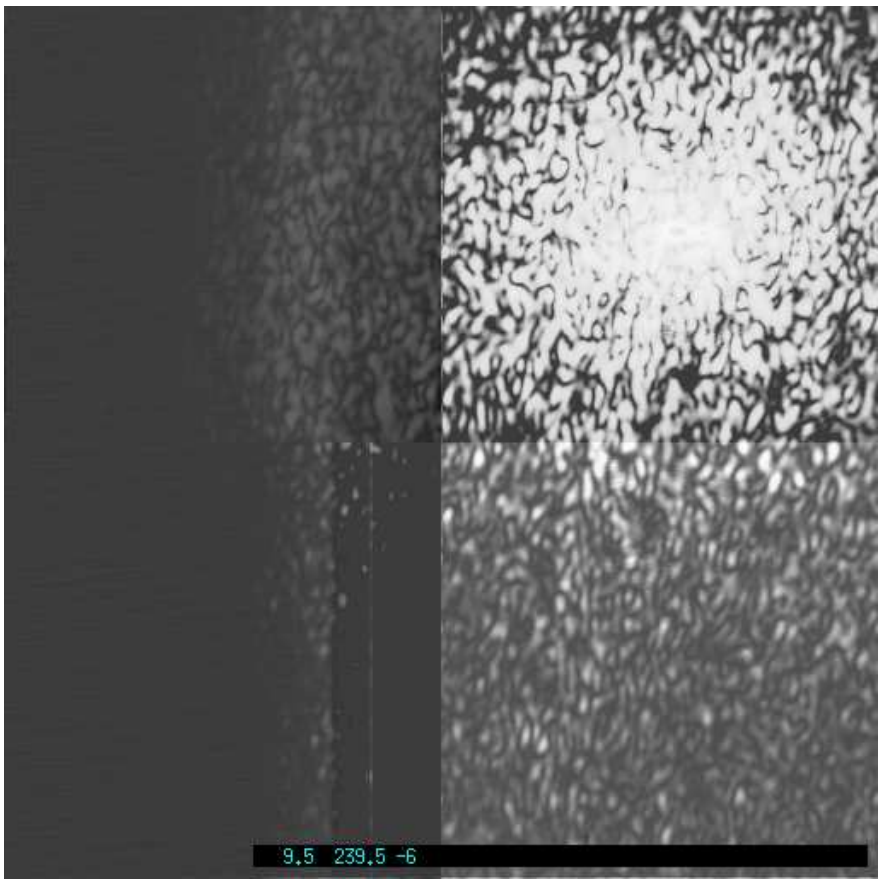


図 11: multiplexer 上にペンレーザーを入射して得られたイメージ。積分は 3 秒。画像の左半分が暗いのはその部分の quadrant (quadrant 2, 3) が何らかの理由により壊れて、光に対する感度が極めて低くなっているせいである。

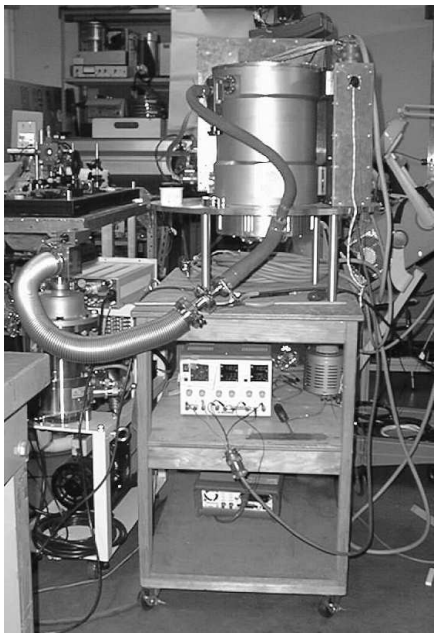
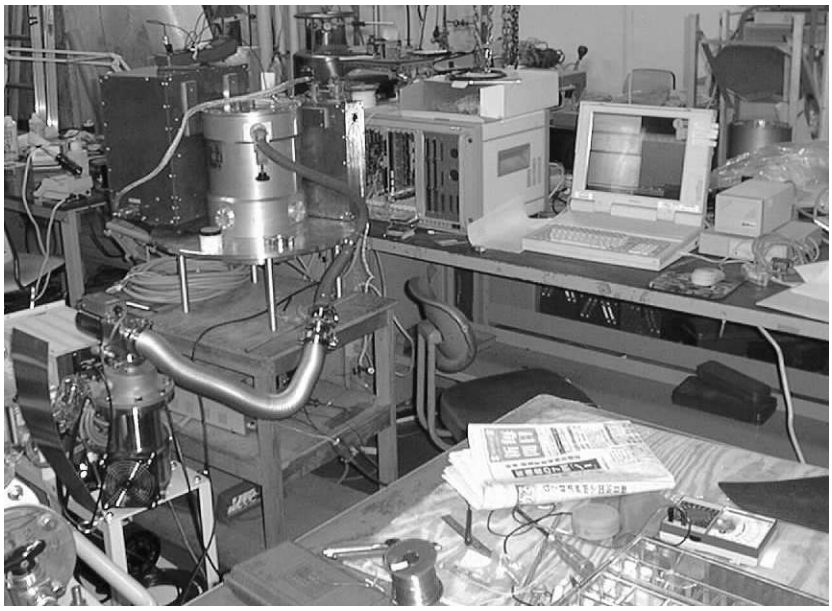



図 12: （左）multiplexer が収められている、冷却テスト用デュワー。デュワーの右と奥についているのがそれぞれクロックボックスとアンプ・ ADC ボックス。（右）検出器テストシステムの全体像。

[読み出しノイズ試験]

ここでの読み出しノイズの定義は、

・リセット直後に 1 回スキャン

・ 3 秒積分を行なった後もう 1 回スキャン

・ 2 回のスキャンを引き算してフレームを得る

・これを 20 フレーム行ない、各ピクセルについて stddev を計算してノイズフレームを作成

・ノイズフレームのピクセル平均を『読み出しノイズ』と定義

である。

ノイズ対策を行なうことによりノイズが減っていった様子を表 3に示す。

当初 43 ADU と極めて大きかった読み出しノイズは、次項で述べるような検出器ボードの修整を行なうことにより約 1/3 に、さらに検出器電源ラインにのったノイズを除去することによりコドラント 1 で 1 回読み出し当たり 5 ADU を切るレベルに到達している。

noise(ADU)	quad 1	quad 4
一番初め	4.3×10	4.3×10
検出器ボードを修整後	1.5×10	1.7×10
検出器電源に安定化コンデンサを入れた後	4.9	7.5

表 3: 常温での読み出しノイズの変化

現時点で 1 ADU が $3e^-$ 程度になると考えられるので、これは 1 読み出しあたり $15e^-$ の読み出しノイズになると予想される。これに、たとえば積分前後で 4 回のマルチサンプリングを行なうことで読み出しノイズは半分の $8e^-$ 程度となり、これは十分に要求される仕様を満たす。

一方、コドラント 4 の読み出しノイズは 7.5ADU とコドラント 1 に比べて大きい。原因を調べたところ、デュワーを出た後の増幅部でノイズを拾っていることが判明した。現在、直接の原因を特定中である。

[ノイズ対策]
これまでに行なってきた主なノイズ対策は以下の通りである。

・検出器ボードの回路の修整
○ボード上のペア FET ソースフォロワへの reference 電圧に、 FET の電源電圧を用いていたのを検出器電源電圧を用いるようにして、コモンモードノイズの除去性能を上げた
○ボードに存在する 3 つのグラウンドレベルであるアナロググラウンド (AGND)、デジタルグラウンド (DGND)、シールド (TGND) すべてを繋いだ時にノイズ特性がもっとも良くなることが実験から判明した。これまでは AGND-DGND 間のみを接続していたのを、すべてのグラウンド間を接続するように変更。

・検出器電源の発振
multiplexer からの出力信号に 50(KHz) 程度の周期的な変動が検出されたために、原因を調べたところ検出器へのアナログ 5V 電源に全く同じ周波数の振動が検出された。

詳しい原因については結局分からなかったものの、 $100\mu F$ の電解コンデンサを入れることによりこの発振も消え、それにともないノイズも減少した。(図 13、図 14)

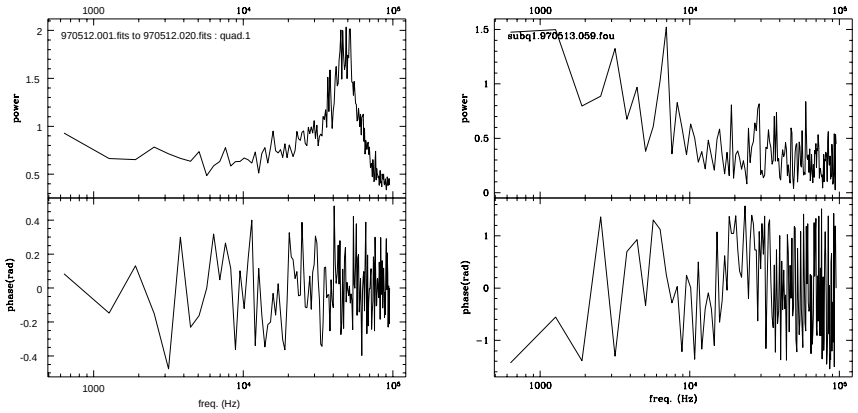


図 13: multiplexer のコドラント 1 の 1 列 (512pix) をフーリエ変換したもの。上がパワー、下が位相である。左は発振時のもので、 50 kHz あたりにピークを持っているのが分かる。右が発振を除いた時のもの。

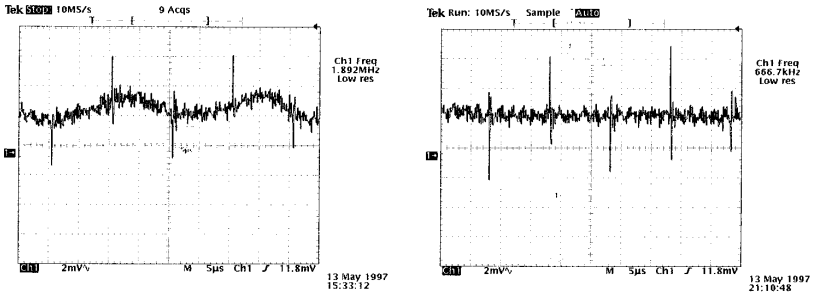


図 14: 検出器電源電圧をオシロスコープでモニタした結果。上と同様に、右が発振時、左がそれを除いた時のもの。振幅は 1mV 程度である。

1.3.2 motor 制御

現在は、 Parker 社製のドライバー OEM650X を PC98 の RS232C ポートを用いて制御している。今後は、 RS232C ポートを持った VME ボードを購入し messia から制御できるようにする。

1.3.3 今後の計画

現在、 multiplexer を冷却してのノイズ試験を開始しようとしているところである。これが終了後、 engineering grade 検出器の性能評価、 science grade 検出器の性能評価を順に行なっていく。

計画自身は 96 年 12 月時点よりも 3 カ月ほど遅れている。しかしながら、読み出しノイズレベルを仕様まで減らす目処がついたことを考えると、今後は順調に進むと思われる。

97 年 6 月：マルチプレクサでのノイズ試験
97 年 7 月：テストデュワーでの engineering grade チップの動作試験、性能評価
97 年 7 月： VME ボードを購入、 motor 制御ソフトの開発
97 年 8 月：モーターの動作に関するパラメーターの決定
97 年 9 月： CISCO に science grade チップを載せての動作試験及び性能評価
97 年 10 月 ~ ：国立天文台の赤外シミュレータに取り付けての性能評価
97 年 10 月 ~ ：並行して現在のボードのバグを修整した本番用のボードの設計及び製作

1.4 ソフトウェア

1.4.1 messia 関係

CISCO 用のソフトウェアのうち、検出器からのデータの読み込み及びパルスモータの制御には messia III のソフトウェアを利用している。

検出器からのデータの読み込みに関しては messia グループが作成したものを CISCO の環境に合わせて修正、拡張して使っている。現状では、クロックパターンの作成、 VME のメモリに送られてきたデータやステータスの読み出し等の手順がほぼ確立している。また、 FITS ヘッダは messia を利用してもつけることができるようにした。

モータの制御に関しては、 VME との通信に messia の資源を利用する。ユーザインタフェースの統一を測るために、 messia のソフトウェアに制御ソフトを組み込むという方針で仕様を固め、 GUI 画面からモータの制御を行なうソフトの試作品を製作した。また、 CISCO と OHS 本体の制御を同一のソフトウェアから一括して行なう。

現在は、図 15のような GUI になっている。今後は、望遠鏡及び装置のステータス表示部等を追加する予定である。

1.4.2 すか toolkit 関係

ソフトウェアシミュレータを用いて、ツールキットの各通信機能の基本的な動作の確認は行なった。現在は、ステータス取得機能、ステータス転送機能、取得データ転送機能を中心に開発を進めている。

1.4.3 今後の計画

messia IV が配布され次第、そちらに移行する。

97 年 10 月まで：観測に使用する基本ソフトの完成。
97 年 10 ~ 98 年 2 月：試験観測に伴う基本ソフトのテスト及び改良と簡易解析の手法の確立。
98 年 1 月 ~ 98 年 6 月： GUI を用いた観測ソフトの整備。
98 年 4 月 ~ ：すばる観測制御システムへの組み込み、観測に使用する装置テーブルなどの作成。

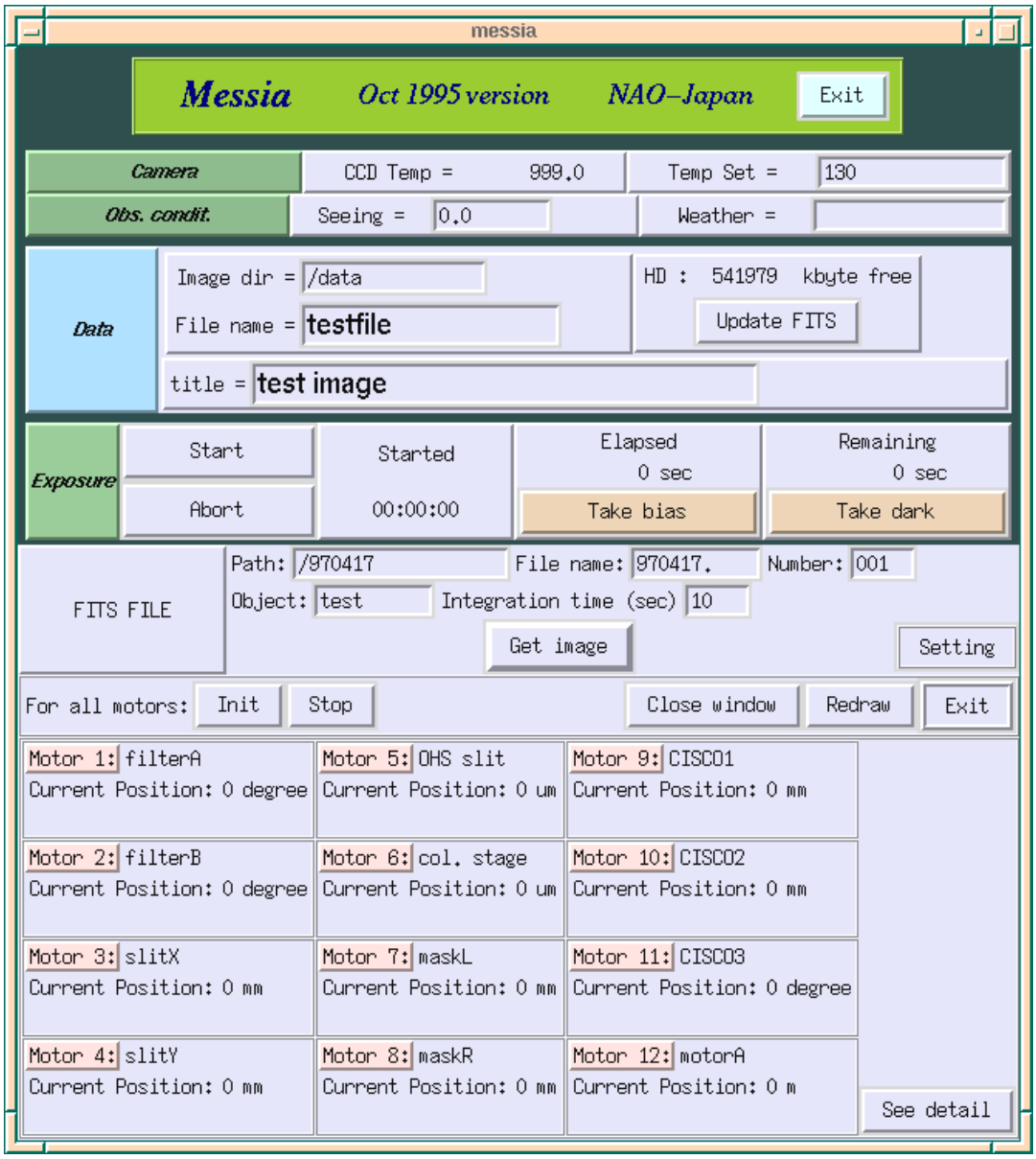


図 15: messia のコントロール画面

2　製作実施状況及び今後の計画 (OHS 本体)

2.1　機械系

詳細設計図面は完成しており、現在、図面の細部修正を行なっている (図 17)。

2.2　光学系

Collimator と Refocus mirror は既に完成している。 HEXTEK との、 1.3m mirror blank の製作とサポート方法についての打ち合せは終了している。 1.3m mirror は 9 月迄には納入の見通しである。

grating は発注した。

ブレーズ角	37°
グルーブ密度	245 本 /mm
材質	低膨張ガラス材
コーティング	金 (オーバーコーティング無し)
使用波長域	0.89∼1.81μm (5∼3 次)
個数	2

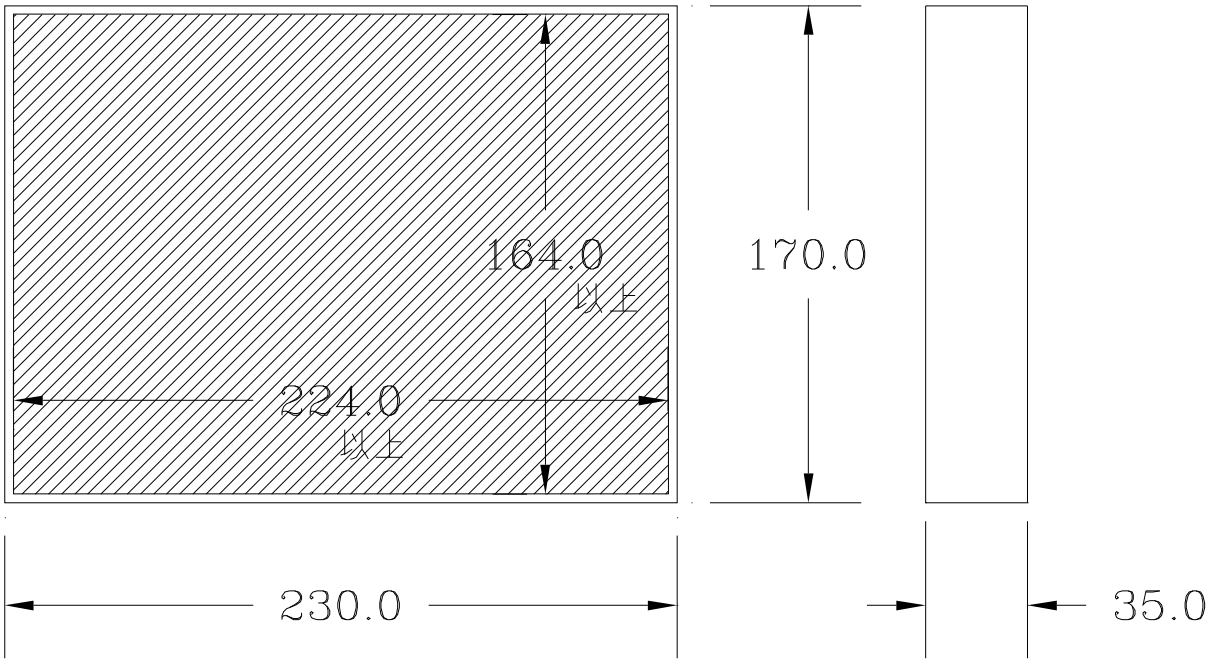


図 16: Grating 仕様

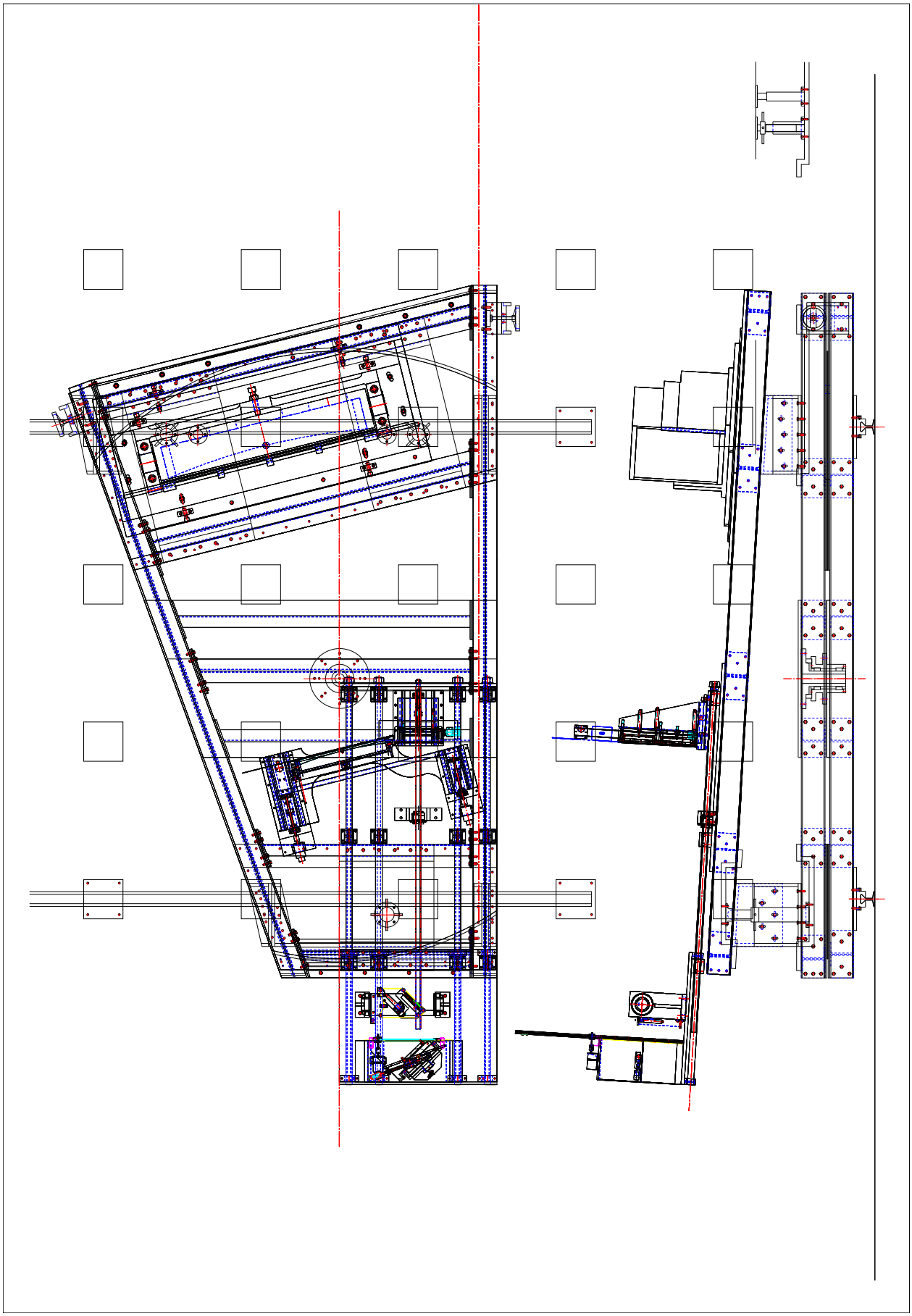


図 17: OHS 本体部組み立て図

2.3 制御系

OHS コントローラの回路図は完成している。

2.4 ソフトウェア

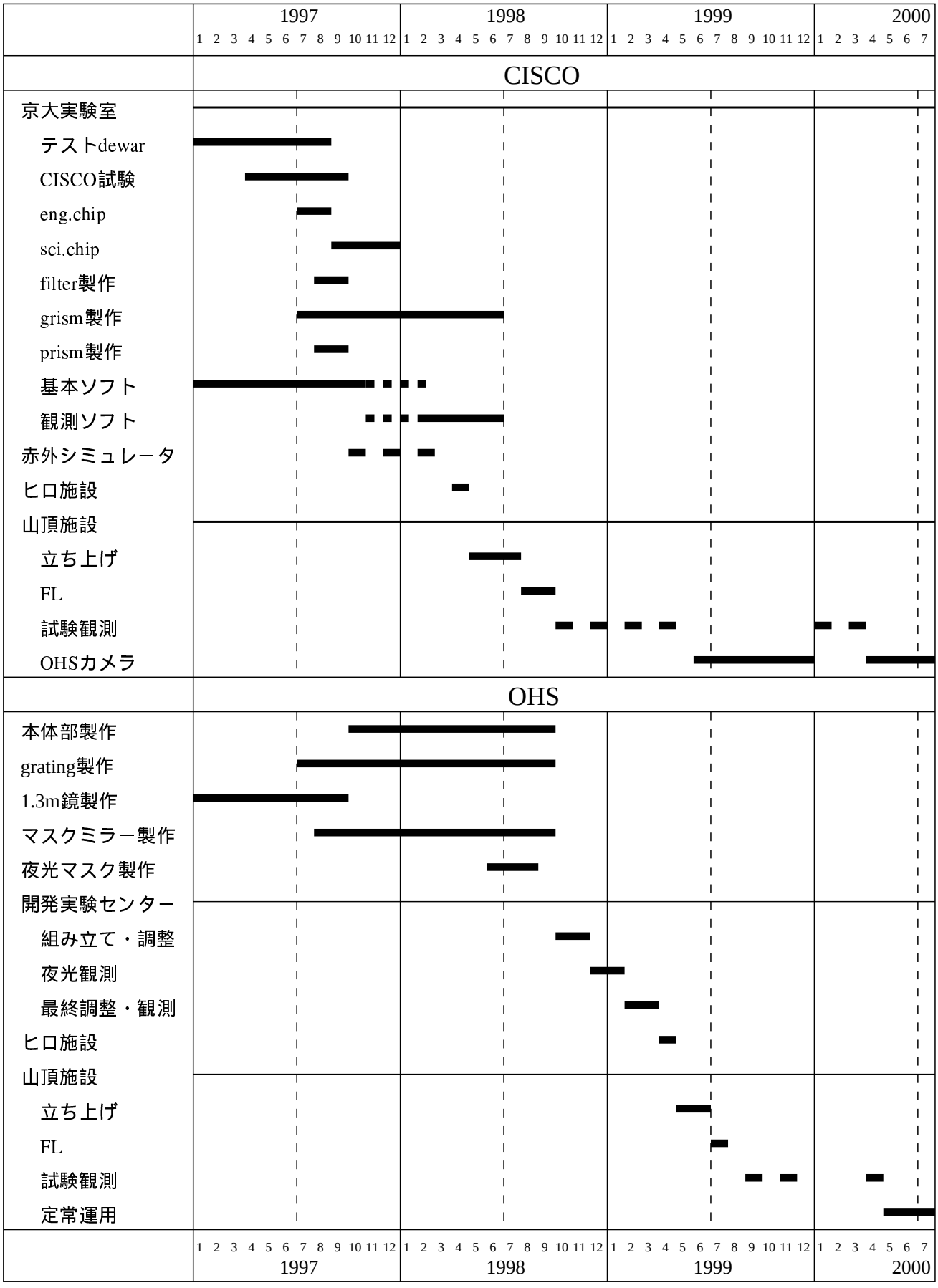
OHS 本体に関するソフトウエアのうち、 OHS の各所のモータの制御ソフトに関しては、これらは全て CISCO の制御系と同じく messia のソフトウエアに組み込んで使用する。(CISCO のソフトウエアの項参照。) 現在のところは、 OHS 本体独自の部分のソフトウェア開発はまだ行っていない。

本観測時の制御手順の確立や簡易解析の方式などに関しても、早い時期に出来上がる CISCO 用のものがある程度出来上がってからそれを OHS 用に拡張する予定である。

2.5 今後の計画

97 年 8 月：マスクミラー発注 (納期 12 カ月)
97 年 10 月：本体部・ OHS コントローラ製作開始
98 年 2 月：仮組み、動作テスト
98 年 6 月：夜光マスク、平面鏡発注 (納期 2 カ月)
98 年 7 月：夜光輝線 scan 観測用平面鏡及びホルダ製作
98 年 10 月：開発実験センターで組み立て
　　光学系も組み込む
98 年 10 月 ∼99 年 4 月：夜光観測及び総合調整 (温度の低い日の夜に調整)
99 年 2 月：必要があれば夜光マスク再製作
99 年 4 月：ヒロに輸送
99 年 5 月：山頂に輸送・組み立て

3　今後の見通し


1997
1998
1999
2000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
1 2 3 4 5 6 7
CISCO
京大実験室
テストdewar
CISCO試験
eng.chip
sci.chip
filter製作
grism製作
prism製作
基本ソフト
観測ソフト
赤外シミュレータ
ヒロ施設
山頂施設
立ち上げ
FL
試験観測
OHSカメラ
OHS
本体部製作
grating製作
1.3m鏡製作
マスクミラー製作
夜光マスク製作
開発実験センター
組み立て・調整
夜光観測
最終調整・観測
ヒロ施設
山頂施設
立ち上げ
FL
試験観測
定常運用
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
1 2 3 4 5 6 7
1997
1998
1999
2000