

## なゆた望遠鏡の技術概要

圓谷文明<sup>1</sup>、坂元 誠<sup>1</sup>、尾崎忍夫<sup>1</sup>、高根沢 隆<sup>2</sup>、井美克己<sup>2</sup>、江崎 豊<sup>2</sup>、坂本慎介<sup>2</sup>、  
西野 慎<sup>2</sup>、森田直樹<sup>3</sup>、三木佐知子<sup>3</sup>、倉津賢一<sup>3</sup>

1) 兵庫県立西はりま天文台

2) 三菱電機

3) 三菱電機マイコン機器ソフトウェア

## Technical overview of NAYUTA telescope

Fumiaki TSUMURAYA<sup>1</sup>, Makoto SAKAMOTO<sup>1</sup>, Shinobu OZAKI<sup>1</sup>, Takashi TAKANEZAWA<sup>2</sup>,  
Katsumi IMI<sup>2</sup>, Yutaka EZAKI<sup>2</sup>, Shinsuke SAKAMOTO<sup>2</sup>, Makoto NISHINO<sup>2</sup>, Naoki  
MORITA<sup>3</sup>, Sachiko MIKI<sup>3</sup>, Kenichi KURATSU<sup>3</sup>

1) *Nishi-Harima Astronomical Observatory, Sayo, Hyogo 679-5313, Japan*

2) *Mitsubishi Electric Co., Amagasaki, Hyogo 661-8661, Japan*

3) *Mitsubishi Electric Micro-computer Application Software Co., Amagasaki, Hyogo 661-0981, Japan*

*E-mail: tsumu@nhao.go.jp*

(Received 2006 August 4)

### 概要

なゆた望遠鏡を使った観測や観測装置を企画する際に最初の対象として利用できる情報を示す。本稿で示されている性能や精度の値は全て設計値である。実測による確認は進行中であるが調整度合いにもより設計値に対して多少の違いはあると思われる。また紙面の関係上、特に詳細な図面や一部情報については掲載しなかった。必要があれば直接お問い合わせいただきたい。

### Abstract

We show the overview about technical information of NAYUTA telescope. Values of each performance or precision come from estimation on design works. We are evaluating the values with some experiments. We will find some differences between the estimated value and experimental one. We have omitted some figures which explain in details at the system for space limitation. Please send us a request, when reader needs more detailed information.

**Key words:** Specifications – NAYUTA telescope

## 1. イントロダクション

### 1-1. コンセプト

なゆた望遠鏡の基本コンセプトは、現代天文学の姿あるいは最先端の研究現場を広く一般市民に提示することにある。このことから以下の3つの要件

- (1) 教育普及に帰する印象的な画像が得られる
- (2) 運用性および観測効率の良いシステム
- (3) 一流の観測研究ができる性能と観測機器

を満たすべく仕様の検討が行なわれた。

深宇宙天体が観測可能であり、歴史的にも現代（20世紀）天文学において主力的な役割を果たしたことから、望遠鏡の大きさを口径2mとした。西はりま天文台公園では天体観望会と研究観測の両立が必須である。したがって複数の観測装置（観測モード）を搭載し、切り替えて運用できる汎用望遠鏡としてデザインされた。装置搭載能力と最新の望遠鏡として要求される性能を達成するため、単焦点主鏡（F1.5）と経緯台式架台を採用し、望遠鏡の小型化により堅牢性、機械精度を確保した。

なゆた望遠鏡にはカセグレン焦点と左右ナスミス焦点の3焦点が用意されている。カセグレン焦点には、大小2台の観測装置が搭載可能である。またナスミス焦点はイメージロータを内蔵したナスミス焦点1とそれを省いて広視野を確保したナスミス焦点2とがあり、ナスミス焦点1にはロングスリットの可視光分光器が、ナスミス焦点2には眼視観望装置と高感度ハイビジョンカメラが据え付けられている。3焦点・5観測装置を切り替え可能にすることにより、職員は装置交換作業から開放される。しかし機構的には複雑さが増し、操作の習得が難しくなる問題がある。本計画では統合制御システムという概念を打ち出し、望遠鏡と観測装置を統括的に扱うコンピュータ制御システムを導入した。機構の複雑化によって生じる操作の殆どは観測者の要望に合わせて自動化され、それを意識することなく観測に集中できるシステムである。この複数焦点、複数観測装置搭載の望遠鏡と統合制御システムの組み合わせこそが、なゆた望遠鏡の大きな特徴となっている。

なゆた望遠鏡で採用された技術はコストダウンにも向けられている。単焦点主鏡を採用することによって、望遠鏡全体が小型化されたことにより、要求精度に対するコストは大幅に下げられている。また5つの観測装置に対し5つの焦点を設けるのではなく、3つの焦点のうち2焦点を各2装置で共有するという考え方もコストダウンに一役かっている。

### 1-2. 仕様諸元

なゆた望遠鏡の設計条件（抜粋）は以下のようになっている。

#### (1) 周囲温度と湿度

観測制御室（制御端末を設置）

運用時	温度	15～35℃
	相対湿度	40～80%（ただし結露なし）
非運用時	温度	10～40℃
	相対湿度	35～80%（ただし結露なし）

観測室（望遠鏡を設置、エンクロージャ内）

運用時	温度	-15～30℃
	相対湿度	35～90%（ただし結露なし）
非運用時	温度	-20～50℃

相対湿度 35~95% (ただし結露なし)

(2) 風速条件

駆動可能観測室内風速 瞬間最大 15m/s 以下  
性能保証屋外風速 平均 5m/s 以下

(3) 各焦点の装置搭載能力

カセグレン焦点ポート 1 外形 1.0m  $\phi$   $\times$  1.5mH 以内、250kg  
カセグレン焦点ポート 2 外形 0.6m  $\phi$   $\times$  1.4mH 以内、100kg  
ナスミス焦点 1 および 2 外形 1.5m L  $\times$  2m W  $\times$  1mH 以内、1000kg

また性能・機能 (抜粋) は以下のようにになっている。

観測波長範囲	0.39~2.5 $\mu$ m
主鏡有効口径	200cm (F1.5)
焦点モード	カセグレン焦点 1,2 (合成 F12) : インストルメントロータータ, 観測装置交換機構 ナスミス焦点 1 (合成 F12) : イメージロータータ内蔵 ナスミス焦点 2 (合成 F12) : 光路切替用第 4 鏡内蔵
結像性能	波長 0.5 $\mu$ m, 視野直径 6 分角以内で 0.5 秒角 (FWHM) 以下 波長 2.2 $\mu$ m, 視野直径 6 分角以内で 0.3 秒角 (FWHM) 以下 *なお平成 16 年 11 月時点でのハルトマン定数は 0.49 秒角である。
有効視野	カセグレン焦点 1,2 : 20 分角 $\phi$ ナスミス焦点 1 : 5 分角 $\phi$ (イメージロータータの制限による) ナスミス焦点 2 : 15 分角 $\phi$ (高度軸径の制限による)
近赤外線放射	主鏡鏡面からの放射に換算して 0.06% (カセグレン焦点)
追尾精度	オートガイダ使用時 : 平均 0.5 秒角以下 オープンループ時 : 平均 0.5 秒角以下 (10 分間) 平均 1.5 秒角以下 (30 分間) 平均 2.5 秒角以下 (60 分間) *精度は指令角度と検出角度との差 (RMS) で定義している。 *追尾精度の保証範囲は高度角 10~85° である。
追尾モード	月, 惑星, 恒星の各追尾モード 小惑星・彗星の登録軌道要素による追尾モード ファイル駆動モード
指向精度	0.3 秒角 (再現性のないもの) *ただしポインティングアナリシスにより器差補正係数を求めた状態での値である。
駆動範囲	高度角 : 10~89.5° (観測時) 5~91° (メンテナンス時) 方位角 : $\pm$ 270° (真南を 0° とする)
最大駆動速度	0.5° /s

### 1-3. 統合制御システムの概要

望遠鏡と観測装置を統合して監視・制御し、観測者の操作を支援するコンピュータシステムである。観測者はGUIを持つ統合制御計算機から用意されたコマンドスクリプトを選択・実行することにより、観測モード（装置）の選択・変更、観測対象の選択、望遠鏡およびエンクロージャと観測装置の設定、データ取得といった一連の観測操作を容易に行なうことができる。統合制御計算機から選択可能な観測装置（モード）は、可視撮像装置（カセグレン2）、3波長同時観測近赤外線カメラ（カセグレン1）、可視分光器（ナスミス1）、眼視観望装置（ナスミス2）、高感度ハイビジョンカメラ（ナスミス2）の標準搭載観測装置となっている。

観測対象は、データベースにより天体カタログから検索し、リストを作成登録することによって各観測モード内で天体の選択が可能となる。またオートガイダ重心検出機能を利用することにより自動追尾補正が可能である。

取得した観測データは、一次ストレージに格納されると同時にクイックルック計算機に表示され確認することができる。

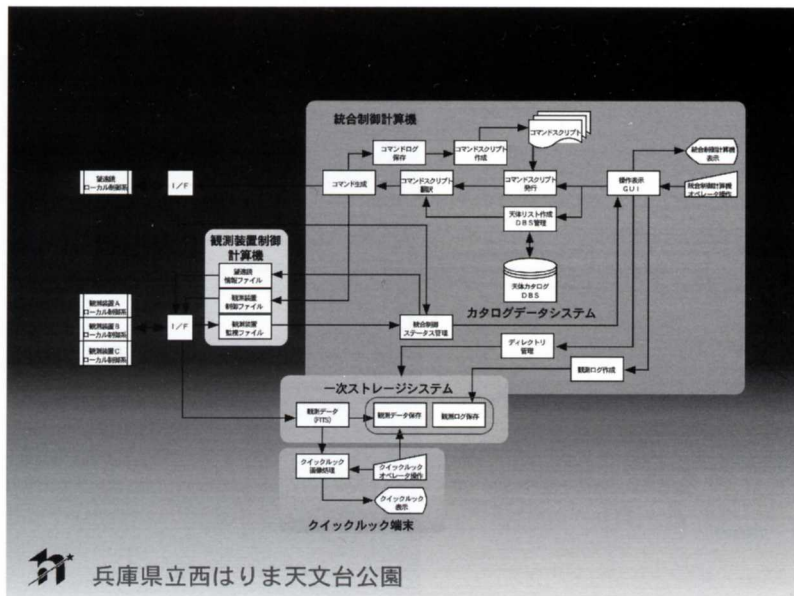


Fig. 1. ブロックダイアグラム

なお統合制御計算機は汎用インタフェースを備えており、制御 LAN に接続された任意の端末からコマンドスクリプトを送出し望遠鏡と観測装置の制御が可能である。

## 2. 光学系

### 2-1. 鏡面系

なゆた望遠鏡は口径 2m、焦点距離 24m のリッチー・クレチアン光学系になっており、有効視野は 20 分角 φ である。鏡面系のパラメータを以下に示す。

(1) 主鏡

$$z = (1/2r)P^2 + [(1+b)/(8r^3)]P^4 + [(1+b)^2/(16r^5)]P^6$$

ここで  $z$  は焦点距離、 $P$  は主軸からの距離であり、

曲率半径： $r = -6000[\text{mm}]$

非球面係数： $b = -1.0076$

となっている。

(2) 副鏡

$$z = d + (1/2r)P^2 + [(1+b)/(8r^3)]P^4 + [(1+b)^2/(16r^5)]P^6$$

ここで

主鏡からの距離： $d = -2466.667[\text{mm}]$

曲率半径： $r = -1219.048[\text{mm}]$

非球面係数： $b = -1.70979$

となっている。

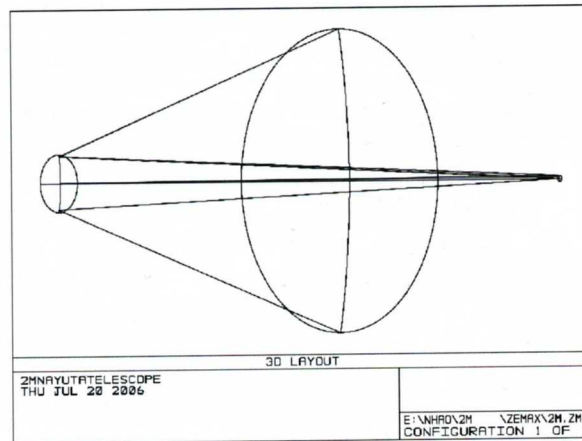


Fig. 2. なゆた望遠鏡の鏡面系

## 2-2. 主鏡および主鏡支持部

鏡材にはゼロデュアーガラスを採用し、外周部の 80mm を厚み 50mm に薄肉化して軽量化を図っている。ディメンションは

外径                   :  $\phi$  2050mm  
 カセグレン穴径       :  $\phi$  520mm  
 厚み                   : 200mm  
 質量                   : 1064kg

で、研磨による波面精度は 52.7nm rms 以下である。

アキシヤルサポートは 18 点のカウンターウエイト方式、ラテラルサポートには 3 点リーフスプリング方

式を採用したフローティング支持機構になっている。アキシャルサポートの支持点数および位置は

外周：12点、半径 820mm、30 度間隔、支持荷重 632.5N (1点)

外周：6点、半径 820mm、30 度間隔、支持荷重 474.0N (1点)

である。ラテラルサポートは3点で光軸方向と接線方向の変位のみを拘束して主鏡を支持しており、セルと鏡の熱膨張差とセルと鏡の取り付け誤差を吸収する。これによって高度 5~90°での主鏡の変形量は 98nm rms 以下に抑えられている。

### 2-3. 副鏡

鏡材にはゼロデュアーガラスを採用している。ディメンジョンは

外径 :  $\phi$  390mm

内径 :  $\phi$  82mm (センターコーン)

厚み : 60mm

で、研磨による波面精度は 52.7nm rms 以下である。なゆた望遠鏡の開口像とスポットダイアグラムを図 3 に示す。

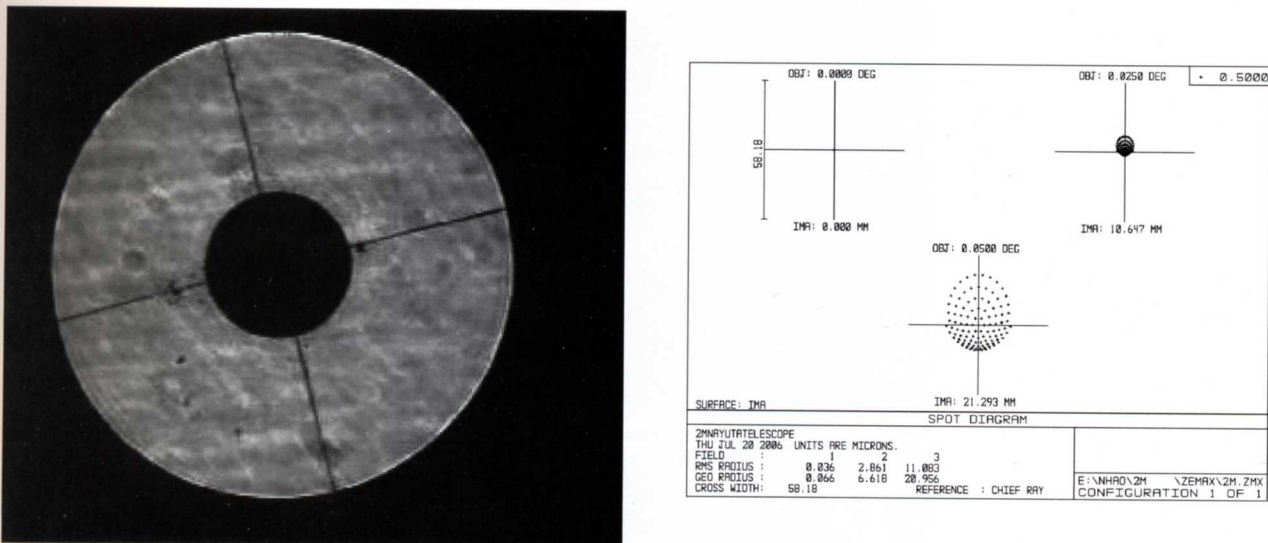


Fig. 3. なゆた望遠鏡の開口像とスポットダイアグラム

### 2-4. 保護コーティング

主鏡、副鏡、第3鏡にはアルミ蒸着膜の上に SiO<sub>2</sub> の保護コーティングを施してある。それぞれの反射率はいづれも、可視・近赤外領域においておよそ 90%以上となっている。

### 2-5. 眼視観望装置 (観望光学系)

ナスミス焦点 2 に設置され高感度ハイビジョンカメラと焦点を共有している。装置切替は高度軸からの光束出口直後にある第4鏡の駆動によって行なう。眼視観望装置は主鏡・副鏡系の合成 F12 を F5 にする縮小光学系により眼視観望に最適化されている。450nm、550nm、700nm の各色でのスポット重心が一致するよう色消

しされており、この波長範囲での透過率は70%以上ある。また光学系によって生じる周辺減光を視野周縁にむけてダラ下がりになるように調整しており、観望視野での周辺減光が気にならないよう人間工学的な工夫をしている。

主な仕様は以下の通りである。

レンズ : 8枚構成 (縮小・リレー光学系)、ED,SD ガラス ( $\phi$  20cm)

結像性能 : 視野中心 0.41 秒角 (FWHM)

3分角 0.80 秒角 (FWHM)

7.5分角 1.00 秒角 (FWHM)

倍率と視野 : 322倍、14.4分角 (射出瞳 6.2mm)

454倍、10.7分角 (射出瞳 4.4mm)

\*接眼部を高さを1~1.5mの範囲で調整可能

\*接眼部と別にカメラポートを備えデジタルカメラ等での撮影可能 (第5鏡で切換え)



Fig. 4. 眼視観望装置の外観

## 2-6. オートガイド

カセグレン焦点とナスミス焦点1でオートガイドが使用できる。オートガイドの仕様を以下に示す。

カセグレン焦点

カメラ: ST-7XE (SBIG 社製)

ピクセル数：765 × 510

ピクセルサイズ：9 μ m × 9 μ m

イメージサイズ：6.9mm × 4.6mm

#ピックアップ鏡により φ 20 分角の視野領域からガイド星の選択が可能

検出精度 0.01 秒角が保証される限界等級：

1 秒露出 約 14.4 等級

3 秒露出 約 15.5 等級

10 秒露出 約 16.5 等級

#### ナスミス焦点 1

カメラ：ST-10XME (SBIG 社製)

ピクセル数：2184 × 1472

ピクセルサイズ：6.8 μ m × 6.8 μ m

イメージサイズ：14.9mm × 10mm

#スリット反射像を撮像することにより φ 5 分角内からガイド星の選択が可能

検出精度 0.01 秒角が保証される限界等級：

1 秒露出 約 15.8 等級

3 秒露出 約 17 等級

10 秒露出 約 18.2 等級

### 3. 機械・制御系

なゆた望遠鏡は主鏡の軽量化と短焦点化によって全体を小型化し、EL・AZ 軸にはころがり軸受けを用い、駆動モータにも過大な出力を必要とすることなく要求精度を達成している。

#### 3-1. 鏡筒部

鏡筒部はセンターセクションと主鏡セルを剛体として一体に組み、トップリングとセンターセクションを独自の M 型トラスで繋ぐことで自重変形による星像劣化を抑制している。

主鏡・副鏡間距離の相対自重変形

高度角 0~90° での相対変位量 28.27 μ m

副鏡フォーカス駆動により 5 μ m 以下に調整可能

主鏡軸と直行方向の相対自重変形

高度角 0~90° での相対変位量 146.8 μ m

高度角 60° において光軸調整を行なうことで ± 73.4 μ m に調整

副鏡 XY 駆動 (EL 同期) により調整可能

主鏡・副鏡の傾き

高度角 0~90° での相対的な傾き 25 秒角

これらを総合しても鏡筒部の自重変形による星像劣化は 0.31 秒角 (FWHM) である。

また指向誤差についても器差補正後に 3 秒角を十分に満足できる構造である。(1) 副鏡部の駆動機構  
遠隔操作により副鏡を光軸方向とそれに直行する XY 方向に駆動する機構を持っている。

焦点調整機構



駆動ストローク : ± 5mm  
 駆動精度 : 6 μ m 以下 (焦点面換算で 0.38mm)

#### XY 駆動機構

駆動ストローク : ± 2mm (XY とも)  
 駆動精度 : 15 μ m 以下

#### (2) 第3鏡部の駆動機構

遠隔駆動により第3鏡の光軸周りでの回転および挿抜を行ない、両ナスミス焦点およびカセグレン焦点とを切り替える機構である。

#### 回転機構

回転範囲 : ± 90° (ナスミス焦点切替)  
 駆動精度 : 0.01° rms  
 切替所要時間 : 90 秒以内

#### 挿抜機構

駆動精度 : 2 秒角 rms (再現性)  
 切替所要時間 : 90 秒以内

### 3-2. カセグレン焦点部

インストゥルメントロータ、オートガイダ、観測装置交換機構からなる。カセグレン焦点部には大小2台の観測装置を同時に搭載可能であり、装置交換機構にて手動で切り替えることができる。

#### (1) インストゥルメントロータ

天体追尾に伴うカセグレン焦点観測装置の視野回転を補償する。駆動部はオートガイダユニットに固定されている。

駆動範囲 : ± 270°  
 最大駆動速度 : 3° /s  
 駆動精度 : 0.03° rms

#### (2) オートガイダ

ピックアップ鏡のXY駆動により、カセグレン焦点の視野φ 20分角内から任意のガイド星を選択し撮像することができる。フォーカス微調整用にZ軸駆動もできる。

#### X軸、Y軸駆動部

駆動ストローク X軸 : 0~+125mm  
 Y軸 : ± 125mm  
 駆動精度 : 0.037mm rms

#### Z軸駆動部

駆動ストローク : ± 5mm  
 駆動精度 : 0.012mm rms

#### (3) 観測装置交換機構

カセグレン観測装置を2台搭載し、装置をターレット方式によって交換する機構である。ストローックにリミットスイッチがあり使用状態にある装置(ポート1,2)を制御系で認識できる。

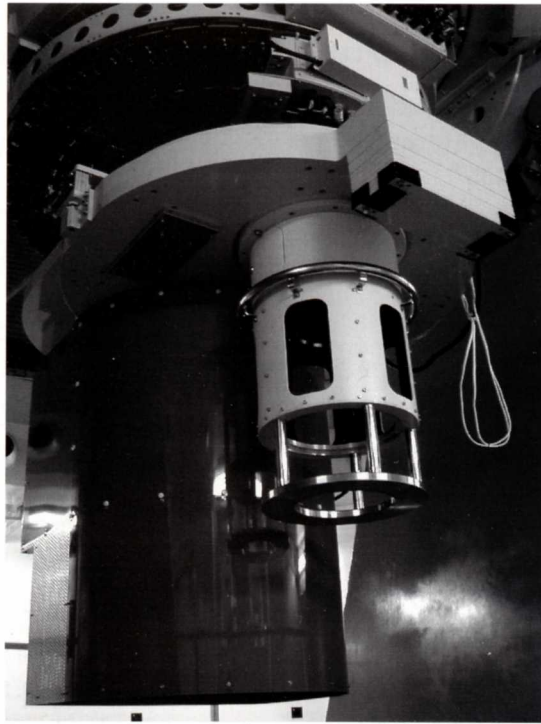


Fig. 5. カセグレン観測装置交換機構写真

カセグレン焦点ポート 1

搭載装置制約	: 外形 1.0m $\phi$ $\times$ 1.5mH 以内、250kg ( $\pm$ 10%以内)
フランジバック	: 300mm
入射窓位置	: 外径 (1.0m $\phi$ ) の中心から 200mm オフセット
入射穴径	: 455mm

カセグレン焦点ポート 2

搭載装置制約	: 外形 0.6m $\phi$ $\times$ 1.4mH 以内、100kg ( $\pm$ 10%以内)
フランジバック	: 300mm
入射窓位置	: 外径 (0.6m $\phi$ ) の中心
入射穴径	: 455mm

カセグレン焦点は装置の載せ換えを想定している。カセグレン焦点部に用意されている電気的なインターフェースは以下の通りである。

電源	: AC100V (1.2kVA)
データ LAN	: 1000BASE-SX (SC) $\times$ 2
制御 LAN	: 100BASE-T (RJ45) $\times$ 2
ピアツーピア	: 1000BASE-T (RJ45)
オプション	: 5SQ $\times$ 10TS, 0.5SQ $\times$ 12C, RG-58/U (同軸 BNC)

ただしオプションのケーブルを利用するには中 3 階メンテナンス室から 3 階制御室までの配線作業が別途必要である。

### 3-3. ナスミス焦点1部

高度軸内にイメージロータが内蔵され、イメージロータ駆動機構によって天体追尾に伴うロングスリット可視分光器の視野回転を補償する。

イメージロータ駆動機構

駆動範囲	: $\pm 135^\circ$
最大駆動速度	: $3^\circ/\text{s}$
駆動精度	: $0.03^\circ \text{ rms}$

### 3-4. 高度・方位軸駆動部

#### (1) 高度軸駆動部

軸受けにアンギュラ玉軸受を採用し、フリクションドライブ方式で駆動する。

EL 駆動機構

駆動範囲	: $10\sim 89.5^\circ$ (観測時) $5\sim 91^\circ$ (メンテナンス時)
最大駆動速度	: $0.5^\circ/\text{s}$
減速比	: 15.1

補助駆動機構 (EL 駆動機構のバックアップ)

ギヤ減速によるモータおよび手動ハンドルで駆動	角度検出機構
マルチスピードレゾルバの検出精度	: $0.05$ 秒角 rms
角度検出系全体の誤差	: $0.1$ 秒角 rms

リミット機構

駆動角度範囲を超えた時のため、3重のリミット機構を設けている。

- ・1st リミット : 駆動停止信号によるソフトストップ
- ・2nd リミット : 電源遮断による強制停止
- ・メカストップ : メカダンパーによる衝撃吸収で機械の破損を防ぐ

またストローックは天頂向き用 ( $91^\circ$ ) と水平向き用 ( $5^\circ$ ) を備えている。

#### (2) 方位軸駆動部

軸受けにクロスローラ軸受を採用し、フリクションドライブ方式で駆動する。

A Z 駆動機構

駆動範囲	: $\pm 270^\circ$
最大駆動速度	: $0.5^\circ/\text{s}$
減速比	: 15.1

角度検出機構

マルチスピードレゾルバの検出精度	: $0.05$ 秒角 rms
角度検出系全体の誤差	: $0.1$ 秒角 rms

リミット機構

駆動角度範囲を超えた時のため、カムとリミットスイッチによる2重のリミット機構を設けている。

- ・1st リミット : 駆動停止信号によるソフトストップ

- ・2nd リミット : 電源遮断による強制停止

### 3-5. 制御架

なゆた望遠鏡の制御装置は2架構成となっている。それぞれの制御架の内容を以下に示す。

#### 制御架1

望遠鏡制御計算機  
架台駆動制御パネル  
副鏡／ミラーカバー制御パネル  
R / D 変換パネル (レゾルバ信号をデジタル角度信号に変換)  
架台駆動電力増幅パネル  
副鏡／ミラーカバー電力増幅パネル  
分電盤

#### 制御架2

1次ストレージ (観測時のデータ保存場所)  
緊急停止スイッチ (停止信号送出、電源遮断)  
焦点モード切替制御パネル  
視野回転制御パネル  
オートガイダ制御パネル  
焦点モード切替駆動電力増幅パネル  
視野回転駆動電力増幅パネル  
オートガイダ駆動電力増幅パネル  
分電盤

望遠鏡制御計算機は各制御パネルとシリアル接続され、それぞれの駆動部に対し監視・制御信号をやりとりする。特に天体位置計算機能を提供するため時刻サーバシステム (誤差  $1 \mu \text{ sec}$  以下) と気象観測装置にも接続され、天体の捕捉・追尾に必要な時刻と大気差の情報を得ている。

## 4. 統合制御システム

統合制御システムは、制御 LAN, データ LAN, 構内 LAN の3系統のネットワークに接続された計算機群および計算機上にインストールされたソフトウェアによって構成される。

### 4-1. ネットワーク系統

各ネットワーク系統の役割を以下に示す。

- 制御 LAN : 100BASE-T ネットワークである。制御コンピュータ間でのコマンドおよびステータスをやりとりするのに使用される。
- データ LAN : 1000BASE-SX ネットワークである。観測データ送信専用で使用される。
- 構内 LAN : 100BASE-T ネットワークである。研究用として日常的に使用する。  
外部インターネットに接続されているのは、この系統のみである。

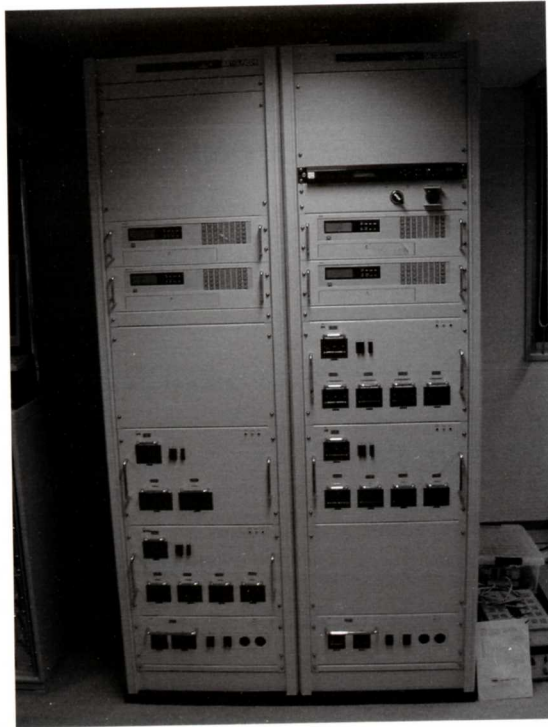


Fig. 6. 制御架写真

## 4-2. 計算機構成と役割

### (1) 統合制御計算機

制御 LAN, データ LAN に接続されている。GUI を持ち、コマンドスクリプトの生成・実行環境によって、望遠鏡と標準観測装置を統合的に監視・制御する。汎用インタフェースを持ち、制御 LAN に接続されている端末からのコマンドスクリプトを受信し実行する。天体カタログを管理する。時刻サーバシステムと連携して制御 LAN, データ LAN に接続されている機器に対して SNTP ホストサブシステムとして時刻情報を提供する。観測装置制御計算機に望遠鏡情報を送信する。

### (2) 望遠鏡制御計算機

制御 LAN に接続されている。統合制御計算機からコマンドスクリプトを受信し望遠鏡を制御・駆動する。時刻サーバシステムおよび気象観測装置と連携して天体追尾のための軌道計算を実行する。また望遠鏡の監視情報を統合制御計算機に送信する。気象観測装置と連携して統合制御計算機に天候モニタ情報を送信する。

### (3) オートガイダ重心検出計算機

制御 LAN, データ LAN に接続されている。カセグレンオートガイダカメラ、ナスミス焦点 1AG/SV カメラの制御計算機として動作する。GUI を持ち、オートガイダカメラによりガイド星像を取得し星像の重心位置を求める。誤差角度を統合制御計算機に送信する。また統合制御システム上のポインティング解析自動観測プログラムによって連携動作する。ハルトマンテストにも使用される。

(4) 観測装置制御計算機

制御 LAN に接続されている。統合制御計算機から観測装置制御ファイル（コマンドスクリプト）と望遠鏡情報ファイルを受信し各観測装置が参照できるようにする。各観測装置から監視情報を受信し統合制御システムが参照できるようにする。

(5) 一次ストレージ

データ LAN に接続されている。観測時に取得したデータを保存する。クイックルック計算機が取得データを参照できるようにする。

(6) クイックルック計算機

データ LAN に接続されている。GUI を持ち、観測データを一次ストレージから参照し表示する。観測データに対して簡単な計測を行なう。手動操作により、一時的にデータアーカイブシステムと接続し一次ストレージ上のデータを転送する。

(7) データアーカイブシステム

構内 LAN に接続されている。観測データをアーカイブし構内 LAN 上に接続されている計算機で参照・解析できるようにする。

(8) データ処理計算機

構内 LAN に接続されている。データアーカイブシステムから観測データを参照して解析を行なう。

(9) 外部カタログ参照端末

構内 LAN に接続されている。統合制御計算機と隣接して設置され観測時にインターネットより最新の天体情報を取得する。統合制御計算機の天体カタログを補完する情報を取得する。

(10) 付帯機器

時刻サーバシステム：1  $\mu$  sec 以下の精度の時刻情報を望遠鏡制御計算機に提供する。

制御 LAN に接続されている計算機に対して SNTP ホストとして時刻情報を提供する。

気象観測装置：望遠鏡制御計算機に対して天候モニタ情報を送信する。

### 4-3. ソフトウェア

(1) 統合制御ソフトウェア

統合制御計算機にインストールされている。観測者の操作により望遠鏡制御計算機および観測装置制御計算機に指令（コマンドスクリプト）を送り、各制御計算機から監視情報を受信し画面に表示する。また一次ストレージにプロジェクト情報を設定し、一次ストレージへのファイル操作を監督する。以下に主な機能を列挙する。

観測モード選択：リアルタイム観測，近赤外線観測，可視光撮像観測，可視光分光観測など

望遠鏡監視制御：視野回転，焦点モード，オートガイダプローブ，ハンドセット，エンクロージャ，天候モニタ，各観測装置（観測モードに対応）など

天体カタログ管理：カタログ管理・編集など

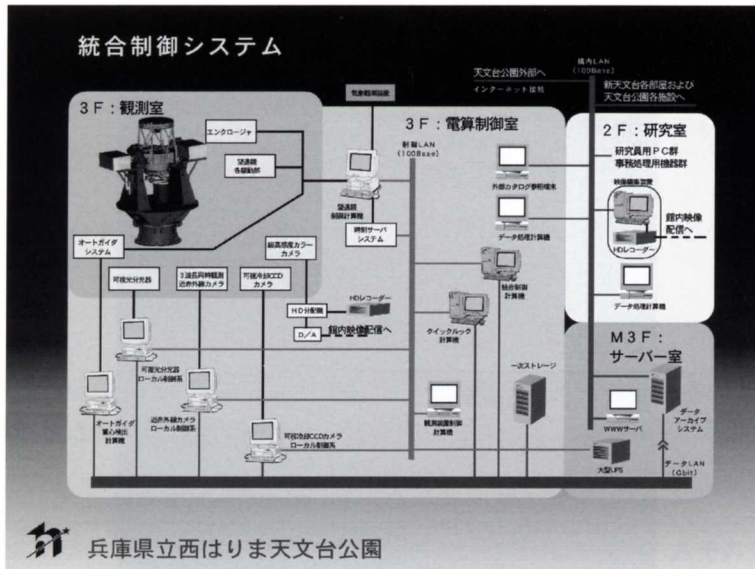


Fig. 7. 統合制御システム構成図

天体リスト管理：リスト管理，リスト情報編集など

ポインティングアナリシス：自動観測スクリプトの実行，器差補正值の算出

アラーム表示

ログ記録・操作

天体捕捉追尾：恒星時追尾，月追尾，惑星追尾，小惑星追尾，彗星追尾，ファイル駆動

ガイド星選択

パラメータ管理：時刻情報（うるう秒），副鏡初期位置

(2) オートガイダ重心検出ソフトウェア

オートガイダ重心検出計算機にインストールされている。カセグレンオートガイダカメラ、ナスミス焦点1AG/SVカメラを制御し、星像重心位置の算出と誤差角度検出を行なう。以下に主な機能を列挙する。

カメラ監視制御

望遠鏡制御計算機 IF

観測装置制御計算機 IF

可視光分光器制御 PCIF

オートガイド画像誤差角検出

ハルトマンテスト

(3) クイックルックソフトウェア

クイックルック計算機にインストールされている。一次ストレージに送信された観測データを表示し、観測者の判断によって正規に保存する。以下に主な機能を列挙する。

観測データ表示更新：自動更新，手動更新

観測データ保存・廃棄

観測データ表示：縮小表示，減算処理，関連情報表示， $\alpha/\delta$ 座標軸表示，XYスケール表示，2点間距離測定，  
マウスポインタ情報  
一次ストレージ情報取得  
観測データリスト表示  
FITSヘッダ表示  
校正データ画像表示  
アラーム表示

#### 4-4. コマンドスクリプトと汎用インタフェース

##### (1) コマンドスクリプト

統合制御システムのコマンドスクリプトは、なゆた望遠鏡、エンクロージャ、各標準観測装置の全ての制御と監視項目に対してプログラムすることができる。コマンドスクリプトを利用するには、統合制御ソフトウェアからコマンドスクリプトウインドウを開くことで可能となる。このウインドウからコマンドスクリプトファイルを選択・編集しデバックのためのシミュレーションと実行ができる。コマンドスクリプトファイルはスクリプトコマンドを実行順に書き下した単純な内容のテキストファイルになる。以下にスクリプトコマンドの体系を示す。

MT コマンド：架台駆動に関するコマンド群である（接頭語として「MT」がつく）  
SM コマンド：副鏡駆動に関するコマンド群である（接頭語として「SM」がつく）  
CV コマンド：ミラーカバー駆動に関するコマンド群である（接頭語として「CV」がつく）  
FR コマンド：視野回転に関するコマンド群である（接頭語として「FR」がつく）  
FS コマンド：焦点モード切換に関するコマンド群である（接頭語として「FS」がつく）  
AGP コマンド：カセグレンオートガイドプローブ駆動に関するコマンド群である（接頭語として「AGP CMD」がつく）  
HS コマンド：ハンドセット入力に関するコマンド群である（接頭語として「HS」がつく）  
ENCL コマンド：エンクロージャ駆動に関するコマンド群である（接頭語として「ENCL」がつく）  
WM コマンド：天候モニタに天候状態を設定するコマンドである  
AGCC コマンド：オートガイドに関するコマンド群である（接頭語として「AGCC」がつく）  
ICAS コマンド：近赤外線カメラに関するコマンド群である（接頭語として「ICAS」がつく）  
ICAM コマンド：可視撮像装置に関するコマンド群である（接頭語として「ICAM」がつく）  
SC コマンド：可視分光器に関するコマンド群である（接頭語として「SC」がつく）  
SCAM コマンド：分光撮像カメラに関するコマンド群である（接頭語として「SCAM」がつく）  
UCC コマンド：主として観測装置からのステータスを取得するコマンド群である（接頭語として「UCC」がつく）

これらのスクリプトコマンドを使用することにより自動観測プログラムを作成することも可能である。またプログラムに独自のGUIを付加して統合制御計算機上で実行することもできる。ポインティングアナリシス観測プログラムは、その一例である。

##### (2) 汎用インタフェース

統合制御計算機には汎用インタフェースが搭載されており、観測者が任意の計算機で作成した観測プログラム上で統合制御計算機からのステータス情報を取得したり、統合制御計算機にスクリプトコマンドを実行させることができる。



接続方式：socket

プロトコル：TCP/IP

\*統合制御計算機の IP と指定ポート番号を用いる

もっとも簡単な方法はターミナルから telnet で統合制御計算機の指定ポートに接続し、スクリプトコマンドを直接入力することである。

汎用インターフェースを使用することで、統合制御システムに想定されていない観測装置であっても装置制御用の計算機から統合制御システムの全機能を利用することが可能である。西はりま天文台が開発した観望会支援端末では、市販のプラネタリウムソフトで汎用インターフェースに接続し、MT コマンドだけを使い、天体導入の際のプレゼンテーション効果を上げている。

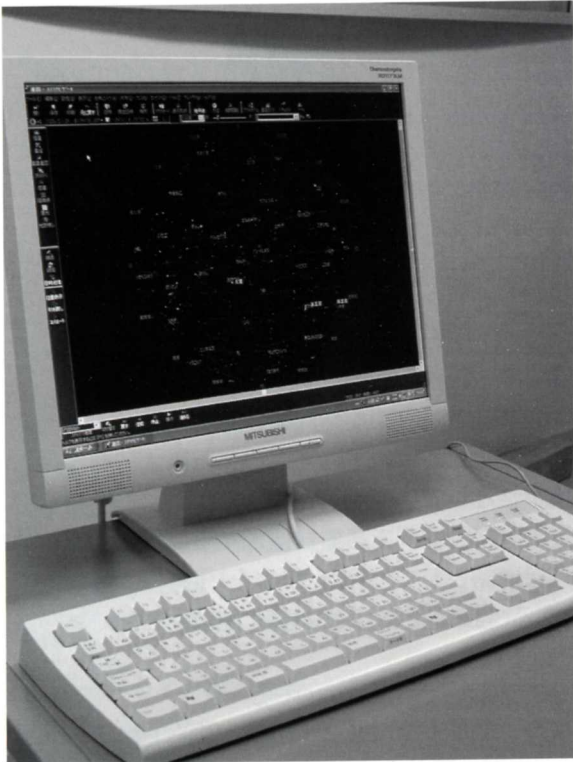


Fig. 8. 観望会支援端末

## 5. まとめ

本稿は三菱電機による「詳細設計書及び納入仕様書」、「インターフェース確認書」、「取扱い説明書及び完成図」に基づいて情報を抜粋しまとめたものである。これら文書の閲覧についてはご相談いただきたい。