

# シーイングモニタの自動化と岡山天体物理観測所での1年間の測定結果<sup>1</sup>

岩田 生 (国立天文台 岡山天体物理観測所)<sup>2</sup>

## 1 はじめに

岡山天体物理観測所では、共同利用観測の支援、および天体観測サイトとしての条件の定量的評価を目的として、以下の環境モニタを開発・整備・運用している。

- 気象モニタ: 市販気象モニタシステム (気温、湿度、気圧、風向、風速、降水量) を利用し、データの定期取得、蓄積、web 表示
- スカイモニタ: 可視 CCD カメラと魚眼レンズを利用したもの。1分ごとにデータを取得し、PNG 形式画像データを蓄積、web 表示
- 雨滴センサ: 櫛上の電気回路を露出し、降水すると通電して観測者に通知
- シーイングモニタ (後述)

これらのうち、本稿ではシーイングモニタについて、その定常運用のための開発経過や測定結果について報告する。

## 2 シーイングモニタ (DIMM)

Differential Image Motion Monitor (DIMM) とは、二つの一定距離離れた開口で同じ星の像を撮影し、それらの重心位置の相対的なゆらぎを調べてナチュラルシーイングを推定する装置であり、シーイング調査の基本的な手法の一つとして多くの観測所等で運用されている (e.g., Martin 1987; Sarazin and Roddier 1990; Soules et al. 1996; Giovanelli et al. 2001; Carrasco and Carraminana 2003; Racine 2005; Ziad et al. 2005)。

岡山天体物理観測所で現在運用している DIMM (岩田 2003, 2005; 服部 2004) は、20cm 反射望遠鏡に IICCD をとりつけ、二つの開口のうち一つにウェッジプリズムを入れたマスクを筒先にとりつけて撮像するもので、仕様は以下のようにになっている。

- 望遠鏡: 20cm ミード LX-200GPS
- IICCD: 浜松ホトニクス製 C5909
- IICCD の視野: 約 5arcmin × 5arcmin
- 二つの開口の直径と距離: 5cm, 14.4cm
- 積分時間: 1–10 msec
- ファインダー用 CCD: Watec Neptune100
- 画像フォーマット: ビデオ信号 (NTSC) を、DV コンバータを介して dv 形式で PC に取り込み

### 2.1 DIMM 測定の自動化

2003 年頃から開発と測定を行ってきたが、定常的な運用を行うため自動運転の機能を付加することとなった。岡山天体物理観測所の DIMM1 号機は、91cm 望遠鏡ドームの西側に設置されたシーイングモニタ用の開閉式ドーム内に設置されている (Figure 1)。このドームはリレーを介して LCU ボード (岡山天体物理観測所の清水氏による開発) に接続され、RS-232C を通じて PC から開閉指示、ステータス取得ができる。Figure 2 に機器構成のダイアグラムを示す。ミード望遠鏡の指向精度は 10arcmin 程度で IICCD の視野より大きいので、ファインダーを用いた導入が必要になる。このため、ファインダー画像取り込み用 (ドームと IICCD 等の電源制御を兼ねる) と IICCD 画像取り込み、解析用の 2 台の PC が必要で、情報をソケット通信で授受している。

望遠鏡の制御、画像取り込みとリアルタイム解析、データ保存を行うソフトウェアは、Linux 上で開発した。dv 画像取り込みとミード望遠鏡の制御には公開されているソフトウェアを使用し、GUI toolkit として GTK+ を利用している。測定開始からの流れは以下ようになる。

<sup>1</sup>URL: <http://www.oao.nao.ac.jp/support/dimm>

<sup>2</sup>e-mail: iwata@oao.nao.ac.jp



Figure 1: DIMM が格納された開閉式ドーム

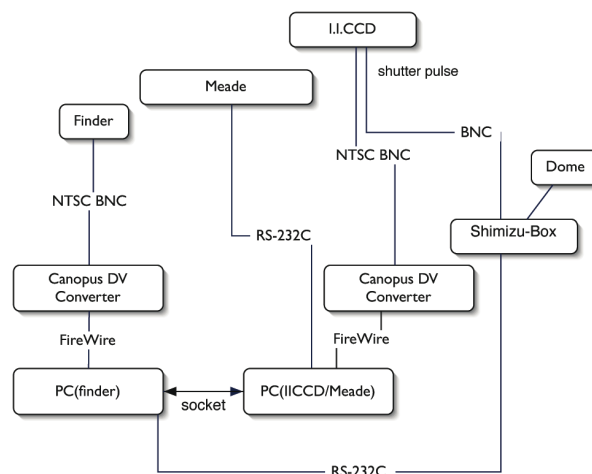


Figure 2: 機器構成

1. 気象モニタのデータを参照し、降雨がないこと、高湿度でないことを確認する。
2. ドームを開ける。
3. 星を選択する。1.5 等から 2.5 等程度の星のリストを読み込み、高度 30 度以上で hour angle が小さい天体を選択するようになっている。
4. ミードにポインティングコマンドを发出する。
5. ファインダーでの星の位置を確認し、目標位置に来るようにミードにコマンドを出す。
6. 上の動作を繰り返し、IICCD 上で星の位置を検出する。
7. 二つの星像が視野中央付近に来るようにミードにコマンドを出す。
8. 星像のカウントが十分高いことを確認して、データ解析モードに移行する。このモードでは 50 フレーム (2 秒弱) のビデオ画像を連続的に取得する。それぞれのフレームで二つの星像の各重心位置を計算し、相対位置のゆらぎを求める。データ解析モードでは一つのデータ取得サイクルはおよそ 10 秒かかっている。
9. 取得した結果はローカルに保存するとともに、5 分ごとに NFS でマウントされたデータサーバにも保存する。このとき web 表示用の時系列変化のグラフも作成する。
10. 星の位置を監視し、トラッキングエラーにより視野の端に来たら中心に戻す。また、星像のカウントが高すぎたり低すぎる場合にはシャッター速度を調節する。
11. 雲によって星像が見えなくなったり、追尾している星の高度が低くなった場合にはデータ解析モードを抜け、別の星を選択する。完全に曇ってどの星も導入できなかった場合は、ドームを閉め、一定時間 (1-2 時間) 経ってから再び試みる。
12. 夜明けになったらドームを閉めて、翌日のスケジュールを設定する。

## 2.2 岡山天体物理観測所での1年間のシーイング測定結果

2004年11月から定常運用を開始し、1年間のデータが蓄積されたので統計結果を紹介する。

推定されたナチュラルシーイングの月ごとの統計を Table 1 に示す。なお、測定に用いた星の光度に依存したシーイング測定への補正は Sarazin & Roddier (1990) に従って補正し、積分時間に依存したシーイング推定値の過小評価はせいぜい20%以下 (Soules et al. 1996) とみなして一律に20% FWHM を大きくして求めている。Figure 3 には1年間の全データをまとめたときのヒストグラムを示している。

この図および表から分かるように、1年を通じたシーイングの最頻値は1.1-1.2''程度で、sub-arcsec を達成している瞬間は全体のおよそ2-3割程度であった。これらは岡山天体物理観測所での典型的なシーイングとしてかつて考えられていた値(2''程度)よりもかなり良く、日本国内で知られているサイトとしては最もシーイングの良い場所の一つであることが定量的に示されたと言ってよい。

気象モニタに記録された風向との相関を調べたが、どの方角からの風でも大きな差は見られなかった。一方、気圧の変化との相関を調べると、急激に気圧が現象している時(前線の通過に伴うと考えられる)は、気圧変化が小さいときよりもシーイングが悪い(1.5-2.0'' くらい)という傾向が見られた。

Month	Obs. Days	Median FWHM('')	sub-arcsec fraction(%)
2004/11	13	1.12	39
2004/12	18	1.39	13
2005/01	15	1.37	21
2005/02	15	1.57	9
2005/03	5	1.33	24
2005/04	19	1.53	15
2005/05	19	1.20	31
2005/06	5	1.08	43
2005/07	4	0.99	51
2005/08	12	0.79	77
2005/09	16	1.40	25
2005/10	11	1.78	7
all	152	1.36	24

Table 1: シーイング測定の統計 (2004年11月-2005年10月)

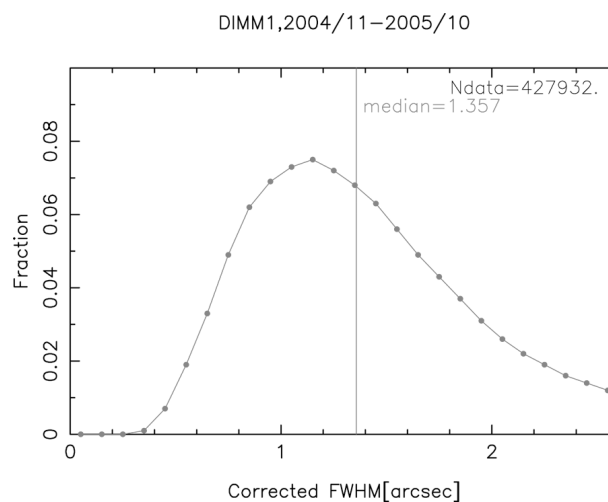


Figure 3: シーイング頻度分布 (2004年11月-2005年10月)

一日ごとの FWHM 推定値の中央値を時系列にプロットしたのが Figure 4(a) である。季節変動として夏(7月-9月上旬)が他の季節よりもよい傾向が見られるが、データ点の数はやや少ない。一方、気象庁の

米子測候所が測定した上空 500hPa(5–6km 程度) での風速のデータを同様にプロットする (Figure 4(b)) と、シーイングとよく似た季節変動の傾向が見られることが分かった。個別のデータを比べると、上空の風速が大きい日は概ねシーイングは悪いが、逆は真でない。これは、より低空 (設置境界層に近い領域) での大気の乱れもシーイングに影響しているためと考えることができそうである。

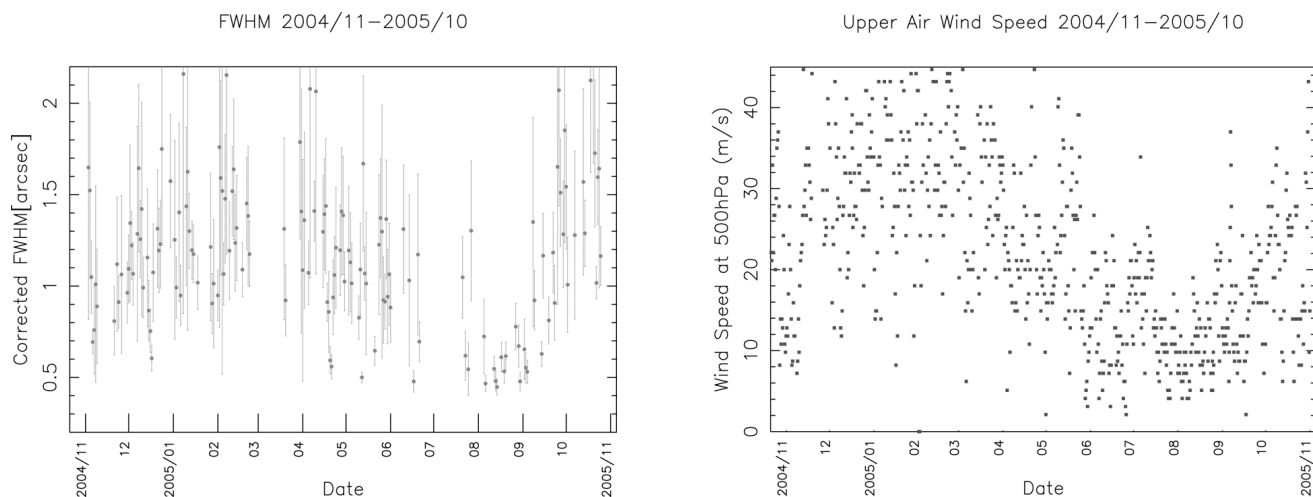


Figure 4: 左 (a): 日毎の DIMM による FWHM 推定値の中央値 (誤差は  $1\sigma$ ). 右 (b): 米子での上空 (500hPa) の風速の日毎の値.

### 2.3 今後の予定

シーイングモニタについては、91cm 望遠鏡ドーム横での測定を継続するとともに、京大新望遠鏡建設地候補の一つである東丘での測定も進めており、二つの DIMM での値の比較から、ローカルな地形がシーイングに与える影響がどの程度あるのかを調べる予定である。

シーイングモニタの開発は岡山天体物理観測所のスタッフ、特に服部堯、沖田喜一、清水康広、浦口史寛、乗本祐慈の各氏 (当時含む) の協力の下で進められました。

## References

- [1] 岩田 生, 2003 年度岡山ユーザーズミーティング, p121
- [2] 服部 堯, 2004 年度岡山ユーザーズミーティング, p243
- [3] 岩田 生, 2005 年度岡山ユーザーズミーティング
- [4] Martin, PASP 99, 1360(1987)
- [5] Sarazin & Roddier A&A 227, 294 (1990)
- [6] Soules et al. PASP 108, 817 (1996)
- [7] Giovanelli et al., PASP 113, 789(2001)
- [8] Tokovinin, PASP 114, 1156 (2002)
- [9] Carrasco and Carraminana, PASP 115, 879(2003)
- [10] Racine, PASP 117, 401 (2005)
- [11] Ziad et al., MNRAS 362, 455 (2005)