#### 訳者 序

以下は<u>http://openphdguiding.org/PHD2\_User\_Guide.pdf</u>にて公開されている PHD2 v2.6.1 のマニュアルの訳文です(PHD2 開発グループからの許可済)。

大元の英文マニュアルのキャプチャ画像は当然のことながら日本語化されていませんの で、これらの一部については訳者の側で差し替えています。なお、訳者の理解不足や英語 能力不足により一部誤訳されている可能性がありますが、ご容赦ください。

> 2016.4.23 HIROPON http://d.hatena.ne.jp/hp2/

# 目次

はじめに	1
メイン画面	2
基本制御	3
メニュー	4
ステータスバー	4
PHD2の使い方	5
機器の接続	5
カメラの選択	6
SBIG デュアルチップカメラのサポート	7
マウントの選択	8
"aux"マウントの選択	9
補償光学装置(AO)/ローテータの選択	9
シミュレータ	10
機器のプロファイル	11
露出時間と星の選択	11
オートキャリブレーション	13
通常のマウント	13
補償光学装置	15
ガイド	16
ダークフレームと不良ピクセルマップ	18
イントロダクション	18
ダークフレーム	18
不良ピクセルマップ(欠陥画素マップ)	21
ダークフレームや不良ピクセルマップの再利用	24
視覚化ツール	25
オーバーレイ表示(Overlay)	25
グラフ表示(Graphical Display)	26
統計情報表示(Stats Display)	28
ガイド星プロファイル表示とターゲット表示(Star Profile and Target Displays)	28
Adaptive Optics (AO) Graph	30
Dockable/Moveable Graphical Windows	30
詳細設定	31
「全体」(Global)タブ	32

「カメラ」(Camera)タブ	33
ビニングの使用	35
「ガイド」(Guiding)タブ	
キャリブレーションステップの計算	40
「アルゴリズム」(Algorithms)タブ	41
「Other Devices」タブ	43
ガイドアルゴリズム	46
ガイド理論	46
ガイドアルゴリズムパラメータ	47
ツールとユーティリティ	50
手動ガイド(Manual guide)	50
星の自動選択	51
キャリブレーションデータの詳細	52
赤緯軸のバックラッシュ	53
その他のキャリブレーション関連メニュー	54
PHD2 サーバ	55
ディザリング	55
ロギングおよびデバッグ出力	56
ドリフトアライメント	57
ロックポジション	60
彗星追尾(Comet Tracking)	60
ガイドアシスタント	62
赤緯軸バックラッシュの測定	65
バックラッシュ補正	69
機器プロファイルの管理	69
シミュレータの詳細設定	70
プログラムの多重実行	71
キーボードショートカット	71
キーボードショートカット一覧	72
トラブルシューティングと解析	73
キャリブレーションおよび初使用時の問題	73
キャリブレーションの妥当性チェック	74
赤緯軸のバックラッシュ	76
マウント制御の基本的な検証―スタークロステスト	76
ディスプレイウィンドウの問題	
カメラのタイムアウトとダウンロードの問題	79

低いガイドパフォーマンス	80
警告メッセージ	81
ダークライブラリや不良ピクセルマップに関する警告	81
ASCOM に関する警告	82
カメラのタイムアウトに関する警告	83
キャリブレーションに関する警告	83
最大持続時間に関する警告	83
ログの解析	83
ガイドログの内容	84
問題の報告	86

# はじめに

PHD2は Craig Stark 氏のオリジナルの「PHD」の「第2世代」にあたるアプリケーションです。PHDは 25 万以上ダウンロードされ、アマチュア天文家コミュニティにおいて 必須のツールとなっています。PHD は当初から、一見相反する 3 つの目標を実現していま す。

- 初心者やカジュアルユーザーに「ダウンロードしたそのままの状態で」使いやすさと 優れたガイドパフォーマンスを提供する
- 2. 経験豊富なユーザーに、洗練されたガイディングアルゴリズム、幅広いチューニング の余地、および様々な画像機器について広範なサポートを提供する
- 3. すべてのユーザーに対して、無料で利用可能でありながら、一貫して商業レベルの品 質を提供する。

PHD をより多くのプラットフォームに拡張し、さらにその機能を拡張するために、Craig は、オープンソースコミュニティに彼のプログラムをリリースし、その結果として PHD2 は生まれました。PHD2は、将来的な拡張性とサポートを見据え、再構築されました。さ らに、初期リリースの PHD2は すでに、元のすべてのコアの強みを維持しながら、かなり の数の新機能と改良点を含んでいます。ユーザーは、元のアプリケーションが非常に成功 した要因である「3つの目標」に PHD2 が引き続き注力していることを実感できるでしょ う。

# メイン画面

PHD2のメインウィンドウは、起動後ただちに自然な流れでガイドを始められるように、 使いやすく、分かりやすいように設計されています。基本的な手順は以下のとおりです。

- 1. ガイドカメラとマウントをを接続します。
- 2. 視野内のどの星がガイドに使用できるかを確認するため露出を開始します。
- 3. ガイドに使う星を選択し、オートガイダーをキャリブレーションします。
- 4. 様々な表示ツールを使用して状況を監視しつつ、ガイドを行います。
- 5. ガイドを停止しします。必要に応じてガイドを再開します。



画面の大部分はガイドカメラからの映像の表示に使われています。ガイドに利用可能な 星を判断できるように、表示の大きさや明るさ、コントラストは自動的に調整されます。 ただし、これらの調整はあくまでも表示に対してのみ行われるもので、内部的には、PHD2 はガイド精度を最大化するために、未調整の raw データを使用します。ここでの表示は、 ガイドに使う星をクリックで選択するために使用されます。スライダーを使うと、かすか な星像が見えやすくなるよう調整することができます。

#### 基本制御

画面の下の方にあるのがメインコントロール部分です。PHD2は、主にこれらのボタン やスライダー、および詳細な機能のためのウィンドウの上部にあるプルダウンメニューで 制御されます。ボタンは左から順に以下の通りです。

- 1. USB 接続アイコン:カメラをはじめとした機器を接続するために使用
- ループアイコン:ガイドカメラによる繰り返し露出(ルーピング)を開始するために 使用。結果の画像(ガイドフレーム)はメインウィンドウに表示されます。ガイドが 行われている時に再度「ループ」アイコンをクリックすると、繰り返し露出を継続し ながらもガイドを一時停止します。
- 3. ガイド/ターゲットアイコン:必要に応じてキャリブレーションを開始し、選択された 星に対してガイドを開始するために使用。
- 4. 停止アイコン:ガイドと繰り返し露出の両方を停止するために使用

停止アイコンの右に露出期間(0.001 秒~15 秒)のプルダウンリストがあります。ガイ ドカメラの露出時間を素早く設定するには、このコントロールを使用します。お使いのカ メラが露出時間の指定をサポートしていない場合は、PHD2 は露出時間をエミュレートす るために最善を尽くします。例えば、露出時間を最大 1/30 秒までしか設定できないウェブ カメラを使っている場合、希望の露出時間として1 秒を選択すると、PHD2 は自動的に1 秒間分の画像を取得し、これらをスタッキングしてガイド用の合成画像を作成します。

右隣のスライダーは画像のコントラスト、いわゆるガンマ値を調整するためのものです。 PHD2はこれを自動的に調整しますが、視野内の星が見やすくなるよう、自分で調整した い状況があります。例えば、初めてガイドカメラの焦点を合わせる際、大きなピンボケ星 の画像を見る必要がある場合などに便利でしょう。

ガンマスライダーの隣は、いわゆる「脳みそボタン」です。このボタンは、PHD2のガ イディング動作を詳細に調整するためのダイアログを表示します。これらのパラメータを 変更する必要性を最小限にすることが本プログラムの主要な設計目標ですが、調整を恐れ ることは何もありません。ここで利用可能な調整項目は大幅にあなたの体験を向上させる ことができます。ここのダイアログを見て何ができるかを学ぶには、ある程度の時間が必 要でしょう。

右端にあるのは、「カメラダイアログ」(Cam Dialog)ボタンです。選択したガイドカ メラの種類によっては、グレーアウトして無効になっているかもしれません。有効になっ ている場合は、カメラの種類に固有の様々なパラメータ……ビニングやゲインを設定する ことができますが、これはカメラによって異なります。

#### メニュー

メインウィンドウ上部にあるプルダウンメニューは、様々な機能にアクセスするために 使用されます。これらはこのヘルプドキュメントの「<u>ダークと不良ピクセルマップ</u>」、「<u>ツ</u> <u>ールとユーティリティ</u>」または「<u>視覚化ツール</u>」セクションに記載されています。

# ステータスバー

メインウィンドウの下部のステータスバーは、メッセージおよびステータス情報を表示 するために使用され、ガイド動作を追跡するのに役立ちます。たとえば、ステータスバー の右端の3つのパネルは、カメラとマウントが接続されているかどうか、オートガイダー が正常にキャリブレーションされているかどうかを示します。

# PHD2 の使い方

ガイドを開始するには5つの基本的なステップがあります。

- 1. カメラボタンを押して、ガイドカメラとマウントを接続する。
- 2. ドロップダウンリストから露出時間を決定する。
- 3. ループボタンを押して星を探す(必要ならピント合わせもここで)。ガイドマウント を動かしたり、露出時間を調整してガイドに適した星を決定する。
- 4. 画面の端に極端に近くなく、飽和していない星をガイド星として選び、クリックする。
- 5. PHD2 ガイドボタンを押す。

それぞれの操作の詳細は、以下のセクションで説明します。

# 機器の接続

ガイドを始めるために、まずは機器を接続する必要があります。すなわち、ガイドカメ ラ、マウント、さらにはは"aux"マウント、補償光学装置(AO)、ローテータです。カメラ アイコンをクリックすると、以下のようなダイアログが出てきます。

機器と接続				
ł	機器プロファイル My Equipment ▼ プロファイル管理 ▼			
あらかし	じめ設定してある機器は[全て接続]で一度に接続、または[全て切断]で ]断することができます。また機器別のボタンをクリックして機器毎に [接続]または[切断]することも可能です。			
カメラ	Simulator 🗸 😿 接続			
マウント	On-camera 🗸 😿 接続			
Auxマウント	▼ ※ 接続			
追加の機器				
	全て接続 全て接続 クローズ			

#### カメラの選択

ドロップダウンリストには、現在 PHD2 でサポートされているカメラが並んでいます。 ASCOM 互換カメラを除き、カメラドライバは PHD2 に同梱されており、PHD2 インスト ール後に常駐します。ASCOM 互換カメラのドライバは ASCOM のウェブサイトやカメラ メーカーから入手でき、ドロップダウンリストにはシステムに既にインストールされた ASCOM 互換カメラのみ表示されます。

現時点でサポートされているカメラは以下の通りですが、アップデートについては<u>Stark</u> Labs などウェブ上のリソースを確認してください。

2014年12月現在サポートしているカメラ

Windows:

- ASCOM v5/6 compliant cameras
- Atik 16 series, color or monochrome
- Atik Gen 3 color or monochrome
- CCD-Labs Q-Guider
- Fishcamp Starfish
- iNova PLC-M
- MagZero MZ-5
- Meade DSI series: I-III, color and monochrome
- Orion StarShoot DSCI
- Orion Starshoot Autoguider
- Orion Starshoot Planetary Imager and Autoguider
- QHY 5-II
- QHY 5L-II
- SAC4-2
- SBIG
- SBIG rotator
- Starlight Xpress SXF / SXVF / Lodestar
- Webcams (LXUSB, parallel, serial, OpenCV, WDM)
- ZWO ASI

Mac:

- Fishcamp Starfish
- KWIQGuider
- Meade DSI series: I-III, color and monochrome
- Orion Starshoot Autoguider
- SBIG
- Starlight XPress SXV
- The Imaging Source (DCAM Firewire)
- ZWO ASI

### SBIG デュアルチップカメラのサポート

SBIG のカメラの多くには、撮影用とガイド用の2つのセンサーが搭載されています。2 つのセンサーは物理的に分かれていますが、カメラ内部の電子回路は共有しており、コン ピュータとの接続も1つの USB データリンクを分け合っています。このことは、2つのセ ンサーからのデータ転送は調整されている一すなわち、メインセンサーからデータが転送 している間はガイダーからデータを受け取れないということを意味しています。さらに、 Windows には1つの USB リンクで接続されたカメラには、同時に1つのアプリケーショ ンしか接続できないという制限があります。これらの物理的かつアーキテクチャ上の制限 は、PHD2 だけでは回避できません。しかし、カメラコントロール(イメージキャプチャ) アプリケーションに、上記のような制限を迂回し、ガイドチップからのデータを PHD2 に 転送するようなインターフェイスを実装することは可能です。この方法においては、イメ ージキャプチャアプリケーションは2つのセンサーへのアクセスを調整する交通警官のよ うな役割を果たします。これを書いている時点(2015 年 10 月)で、この機能を有してい るのは Sequence Generator Pro (SGP)のみです。SGP をメインのイメージングアプリケ ーションとして用いているのであれば、SGP API Guider モジュールを使用することで、 PHD2 が SBIG 製力メラのガイドチップにアクセスすることが可能になります。

#### マウントの選択

ドロップリストにはマウントを接続するためのオプションが表示されます。マウントの 接続には一般的に2つの方法があります。

- 1. ASCOM 互換望遠鏡ドライバを用い、ガイド信号をシリアルケーブルを通じて送る(より一般的な言い方をすれば USB 接続またはシリアル接続)。
- 2. マウントの ST-4 互換ガイドポートと中継装置(カメラ、Shoestring Astronomy 製リ レーボックスなど)を専用ケーブルで接続する。

ASCOM インターフェイスは、マウントとの通信をサードパーティ製のドライバに依存 しています(これらのドライバは ASCOM のウェブサイトやマウントのメーカーから入手 可能です)。そのため、ドロップダウンリストにはシステムにインストールした ASCOM ドライバの分しか現れません。ASCOM ドライバは、長年にわたって ASCOM 準拠の要件 であり、広くサポートされてきた「PulseGuide」インターフェイスをサポートしていなけ ればなりません。このタイプのマウント制御では、PHD2 からのガイドコマンドはシリア ルインターフェイスを通じてマウントに送られます。PHD2 の高級ガイドコマンド(「西 ~500 ミリ秒角移動」など)は、マウントのファームウェアによってモーター制御信号に 変換されます。また、ASCOM インターフェイスにより、PHD2 はマウントの向いている 方向、特にオートガイダーのキャリブレーションに必要な赤緯の情報を得ることができま す。

「ガイドポート」インターフェイスは多くのマウントで使用可能で、各マウントに特化 したハードウェアレベルの制御ポートを使用します。このタイプのインターフェイスを使 用するためには、PHD2とマウントとを接続するために下記のいずれかの装置が必要です。

- 1. ST-4 互換「オンボード」インターフェイスを持つガイドカメラ
- 2. Shoestring Astronomy の GP-xxx デバイス
- 3. ガイドポートインターフェイスを備えた補償光学装置

このタイプのマウント制御では、PHD2からのガイドコマンド(「西へ 500 ミリ秒角移動」など)は上記のような中継装置によって、マウントのモーターを必要量、必要時間だけ動かすための電気信号に変換されます。

#### "aux"マウントの選択

「マウント」の項目でST-4互換インターフェイスを選択した場合、望遠鏡が向いている 方向についての情報を得ることができません。すなわち、キャリブレーション時にガイド 星の赤緯の情報を自動的に計算に入れたり、天体の子午線通過に伴って自動的に望遠鏡の 姿勢を反転させたりといったことが不可能になります。これらの機能を利用したい場 合、"aux"マウントの項目を利用し接続します。以下がその例です。

Connect Eq	uipment			×
	Equipment profile Long_FL   Manage	Profile	s 👻	
Select you All to disc	r equipment below and click Connect All to cor onnect. You can also connect or disconnect inc by clicking the button next to the ite	nnect, c lividual em.	or clicl equip	k Disconnect oment items
Camera	Fishcamp Starfish 👻	$\mathbb{X}$	*	Connect
Mount	On-camera 👻	$\mathbf{X}$	2	Connect
Aux Mount	AstroPhysics GTO V2 Mount (ASCOM)	X	*	Connect
AO	None	$\mathbb{X}$	2	Connect
	Connect All Disconnect All			

Linux ユーザーは INDI ドライバによって、Windows ユーザーは ASCOM 互換ドライバ によって"aux"マウントの機能を利用することができます。なお、"aux"マウントの項目は、 マウントのプライマリインターフェイスが姿勢を通知することができない場合にのみ利用 し、それ以外の場合は無視してかまいません。

#### 補償光学装置(AO)/ローテータの選択

PHD2 では StarlightXpress 製の補償光学装置や、いくつかの ASCOM 互換カメラ回転 装置(ローテータ)を制御することができます。これらの項目は「More Equipment」のボ タンをクリックすると現れます。

Connect Equi	pment	X			
Equ	Equipment profile Long_FL   Manage Profiles				
Select your All to disco	equipment below and click Connect All to conn nnect. You can also connect or disconnect indiv by clicking the button next to the item	ect, or click Disconnect idual equipment items n.			
Camera	Fishcamp Starfish	🔀 🜠 Connect			
Mount	On-camera 🗸 🔀 Connect				
Aux Mount	AstroPhysics GTO V2 Mount (ASCOM)	🔀 🜠 Connect			
Hide					
AO	sxA0	🔀 🜠 Connect			
Rotator	PlaneWave Rotator (PWI3) (ASCOM)	🔀 🜠 Connect			
	Connect All Disconnect All				

このような装置を持っていない場合、この項目は「無し」のままにしてください。これ らの機器が接続された場合、「詳細設定」(Advanced setting)ダイアログにこれらの機 器に関連した設定をするための新しいタブが追加されます。PHD2はローテータを直接制 御はしませんが、ローテータの現在の角度を取得して、必要に応じてガイド時のキャリブ レーションを調整します。

#### シミュレータ

PHD2 で制御されるすべての機器—カメラ、マウント、AO—について、PHD2 にはシミ ュレータが組み込まれています。これらのシミュレータは、PHD2 がどのように動作する のかを調べ、このプログラムを使用するかどうかを決定するのに使えます。PHD2 の操作 を学ぶためだけに貴重な観測時間を無駄にする必要はありません!シミュレータを使用し た場合でも、キャリブレーションやグラフィカルな表示機能を含め、PHD2 の全ての機能 は正しく動作します。このシミュレータは実使用時に思いつくようなことを確認できるよ う、かなり現実に近いガイドパフォーマンスを示します。シミュレータを使用するために は、カメラの選択で「Simulator」、マウントの選択で「On-camera」を選びます。

#### 機器のプロファイル

「機器を接続」ダイアログの最上部には、機器構成を管理するためのコントロールがあ ります。PHD2 でのガイド機器のセッティングは、デフォルトのものも含め、プロファイ ルとして自動的に保存されます。いつも同じカメラ、同じガイド鏡を用いるのであれば、 これをデフォルトとして、特にプロファイルの使い分けは必要ありません。しかし複数の 機器構成—例えば長焦点鏡を用いる場合はオフアキシスガイドを用い、短焦点鏡を用いる 場合は別途ガイド鏡を用いる、など—を使い分ける場合もあります。この場合、PHD2 の ガイドセッティングはそれぞれで異なるので、別々のプロファイルに保存したいものです。

「機器を接続」ダイアログ最上部のコントロールを用いると、使用したいプロファイルを 選択したり、プロファイルを作成・編集・削除することができます。使用したいプロファ イルを選択し、対応する機器を接続すると、そのプロファイルで前回使用した時のセッテ ィングが自動的に読み込まれます。一度プロファイルを確立してしまえば、次からは「す べて接続」をクリックするだけで、先に進むことができます。

新しいプロファイルを作成するには、ウィザードの使用をお勧めします。ウィザードは 設定の説明を行う一連のダイアログを通じ、設定を助けます。正しくガイドが行われるよ う、ガイドアルゴリズムの推奨設定値も計算されます。PHD2を初めて起動すると、ウィ ザードが自動的に立ち上がります。また「機器の接続」ダイアログの「プロファイル管理」 で「新規 ウィザードを使う…」を選択することでもウィザードを起動することができます。 カメラを交換した場合、以前のカメラで作成したダークライブラリや不良ピクセルマップ を保持したい時は別個のプロファイルを作成します。既存のプロファイル上でカメラのみ を変更すると、以前に作成したダークライブラリや不良ピクセルマップ使用できなくなり ます。

もしすでにデフォルトの機器構成があり、単に前回と同じ構成で接続したいのであれば、 シフトキーを押しながらメインウィンドウのカメラボタンをクリックすることで接続する ことができます。

### 露出時間と星の選択

ガイドに使う星は「ルーピング」が行われている間にクリックすることで選ぶことがで きます。ルーピングを止めた後に選ぶこともできますが、露出を止めてから星を選ぶまで の間に星が動いてしまう可能性があるので、前者がお勧めです。星を選ぶ際、高い精度で 星の位置をクリックする必要はありません。PHD2はクリックされた位置に最も近い星を 自動的に見つけるからです。星を選択すると、星を囲むように緑色のボックスが現れます。 もし明るすぎる星を選んだ場合、「saturated」(飽和しています)と警告が出るので、別 の星を選ぶか、露出時間を短くしてください。露出時間は機器構成や空の状態、視野内の 星によって変わってきます。露出時間には2つの大きな意味があります。

- 1. 選択した星からのシグナル強度に影響します。明るい星は背景から際立っていて、飽 和していない限りは一般的に良好なガイド結果をもたらします。
- マウントに送られるガイドコマンドの頻度を決定します。ガイドコマンドは1回の露 出時間より短い間隔で送出することはできません。マウントによってはこまめなガイ ド修正が有効な場合がありますが、逆にそうでない場合もあります。どのような動作 が自分のシステムに最適か、試行錯誤が必要かもしれません。
- シーイングの状況はガイドアルゴリズムの感度に大きな影響を与えます。露出時間を4 ~6秒程度に延ばすと、シーイングの影響が緩和されます。シーイングによる大きく、 高頻度な星の動きはカメラで平均化されるので、ガイドアルゴリズムはシーイングに よる星の動きと、本来修正すべき星の動きとを容易に識別できるようになります。

まずは手始めに、1~5秒の範囲で露出時間を調整してみるとよいでしょう。画面上に星 が見えるようになってきたら、自分自身でガイド星をクリックして選ぶより、PHD2の自 動選択機能(キーボードショートカット:Alt-S)を利用してみましょう。初めて機材を設 定する場合、よりよいガイドのために、ガイドカメラのピントを合わせる必要があります。 ガイド星プロファイル表示(Star Profile)ツールが役に立つでしょう。

露出時間を「オート」にすることもできます。「オート」にセットした場合、PHD2は 選択されたガイド星の S/N 比が一定になるよう露出を調整します。PHD2 によって測定さ れるこの値は、星が背景からどれだけよく識別できるかを示すもので、測光で言うところ の S/N 比とは似て非なるものです。「オート」のセッティングは、ガイド星を見失わない よう露出時間を極力切りつめたい AO のユーザーにとって特に有用です。オート露出のコ ントロールについては「詳細設定」(Advanced setting)の「カメラ」(Camera)タブで 設定することができます。AO を使わないユーザーは、ガイド結果の解釈が難しくなるので 「オート」の設定は使わない方がいいでしょう。

### オートキャリブレーション

#### 通常のマウント

キャリブレーションでは2つの項目について測定します。

1. 望遠鏡の赤緯軸、赤経軸に対するガイドカメラの傾き

2. 望遠鏡を特定の量だけ動かすのに必要なガイド信号の長さ

PHD2は、マウントにガイド信号を送り、その時の星の動きを監視することで上記の項 目を測定します。このプロセスはガイド星を選択し、「ガイド/ターゲットアイコン」ボタ ンを押すと開始されます。ガイド星上には黄色い十字線が現れ、PHD2はマウントを様々 な方向に動かして、コマンドに応じて星がどう動くかを監視します。ステータスバーには、 開始位置からのガイド星の相対的な動きと、送信されたコマンドが表示されます。PHD2 は最初に東西、次に南北と、2つの軸についてこの動作を行います。正確なキャリブレーシ ョンのためには、各方向とも25ピクセル以内の移動が望ましいです。これが完了すると、 黄色い十字線は緑色に変わり、自動的にガイドが開始されます。

PHD2は四方向にガイド星を動かしますが、ガイドレートやカメラの傾きの決定には西 方向と北方向の動きしか計算に使いません。東方向と南方向の動きは、星の位置を初期状 態に戻すためだけのものです。北方向に動き始める際、バックラッシュを解消するために 一連のパルスが発信されるのに気付くかもしれません。PHD2はv2.5以降、一定方向の動 きのパターンを監視してバックラッシュを解消する、より積極的なアプローチを取ってい ます。それでも、特に長い焦点距離でガイドをしようとしてる場合など、架台の赤緯側の バックラッシュを解消しきれないことがあります。その場合、計算された赤緯側のレート は実際よりも低くなりますが、このような状況については「<u>ツールとユーティリティ</u>」の 章で議論します。南向きのパルスが発信されても星が初期位置に戻りきらないことがあり ますが、これは架台の赤緯側バックラッシュが可視化された例の1つです。

多くの場合、ユーザーが何もしなくてもキャリブレーションは自動的に完了します。も ちろん、これはマウントや全てのケーブル接続が正しく働いた場合です。もしこれらが不 良の場合、「ガイド星が十分に動きません」(star did not move enough)というメッセー ジが出て、キャリブレーションは失敗します。この場合、トラブルシューティングが必要 です。もし星が一方向、あるいはそれ以上の方向に全く動かない場合、まずケーブルの接 続とマウントの動きを確認してください。この文書の「<u>トラブルシューティングと解析</u>」 の章にあるように、「ツール」(Tools)メニューの下にある「手動ガイド」機能が役に立 つでしょう。もし星が多少なりとも動くのであれば、キャリブレーションのセッティング ー「キャリブレーション・ステップサイズ」と呼ばれるものを調整する必要があるかもし れません。このパラメータはキャリブレーション時の固定移動量を決めるものです。デフ オルトの値は、様々なタイプのガイドシステムをカバーするように選ばれていますが、シ ステムによってはこれを調整する必要が出てくるかもしれません。例えば、長焦点鏡とオ フアキシスガイダーを用いている場合、デフォルトの値から変更する必要が出てくるでし ょう。これを調節するには、「脳みそボタン」(詳細設定)を押して、「ガイド」(Guiding) タブをクリックします。このタブには「キャリブレーションステップ(ms)」という項目が ありますから、これを変更します。「計算」ボタンは、パラメータの最適値を決めるのに 役立つでしょう。一度値を決めればプロファイルに保存されるので、再び値を変更する必

極に近すぎる星を選んだ場合もキャリブレーションエラーが起こることがあります。こ のような場所では、キャリブレーション時の赤経方向の星の移動は非常に短いものになっ てしまいます。この場合、天の赤道に近い星、理想的には赤緯-30度~+30度にある星でキ ャリブレーションをやり直します。しかしこれが不可能な場合、キャリブレーション・ス テップサイズをキャリブレーションが成功する程度まで長くします。前回のキャリブレー ション結果は、「ツール」メニューから「キャリブレーションデータの参照」(Review Calibration Data)を選ぶことでいつでも確認できます。ダイアログが開くと、架台の動き が各種の計算数値とともにグラフィカルに表示されます。このウィンドウについては「キ ャリブレーションデータの詳細」の項にも記載されています。簡単なクオリティチェック としては、このウィンドウで1)赤経軸と赤緯軸が直交しているか2)プロットされた点が 明らかに曲線を描いたり、折れ曲がったり、固まったり、逆転したりすることなく、おお よそ直線上に載っていることを確認します。もしグラフにこうしたおかしなパターンを見 つけた場合は、キャリブレーションを再実行するべきでしょう。たとえハイエンドの架台 を使用していたとしても、風や悪シーイングといった外部要因でキャリブレーション結果 を破棄しなければならないことはあります。

他のガイドセッティングと同様、キャリブレーションデータはプロファイルに保存され ます。機器構成が一切変わらない場合―長い期間を挟んだとしても―前回のキャリブレー ションデータを呼び出してすぐにガイドを始めることができます。この機能は「ツール」 (Tools)メニューの下の「キャリブレーションデータの再読込」にあります。データはキ ャリブレーションが正常に終了するたびに、あるいは「ツール」(Tools)メニューの下の 「キャリブレーションデータの反転」コマンドを使用するたびに保存されます。ドイツ式 赤道儀と、ASCOM インターフェイスまたは"aux"マウントを使用している場合、保存され たキャリブレーションデータには、前回のガイド終了時のマウントの姿勢情報

(Telescope-east か Telescope-west か) も含まれています。そのため、PHD2 は自動的に 現在のマウントの姿勢に合わせてキャリブレーションデータを調整します。しかしマウン トの姿勢を取得できるインターフェイスを使用していない場合、前回のガイド時にマウン トがどのような姿勢にあったかを自分で記憶しておく必要があります。「キャリブレーシ ョンデータの再読込」をクリックすると、前回のキャリブレーションデータについて、「キ ャリブレーションデータの参照」(Review Calibration Data)で開くのと同様のウィンド ウが開きます。ここで再読み込みしたキャリブレーションが正しく行われていたか、また 現在の設定に適しているかを素早く確認することができます。大丈夫であれば、「再読込 み」を押すことでこのキャリブレーションデータを再利用することができます。

ASCOM でマウントと接続している場合(または"aux"マウントを利用している場合)、 PHD2 はキャリブレーションとターゲットの赤緯を計算に含めます。この場合、キャリブ レーションに用いた星にかかわらず、赤経方向のガイドの動きは現在のガイド星の赤緯を 考慮に入れて自動的に調整されます。これはほんのわずかな違いで、ほとんどの場合で大 きな影響はないので、ガイダーポートを介して接続していても特に不利ということはあり ません。しかし、このことを覚えていて、極近くの天体を撮影しようとしている場合、高 緯度にある星でキャリブレーションすることも検討してください。最後に、機器プロファ イルにローテータを含めている場合、PHD2 はローテータの角度情報を読み取って、カメ ラの角度によるキャリブレーションの変化を補正するので、再キャリブレーションの必要 はありません。

キャリブレーションが終わると、PHD2 はキャリブレーション結果が妥当かどうかのチ エックを行います。もし何らかの異常があれば、メインウィンドウの上部にキャリブレー ション結果に疑問がある旨の警告が表示されます。メッセージを閉じて警告を無視するこ ともできますし、「詳細」を押して警告についての詳しい情報を見ることもできます。明 らかに不適切なキャリブレーション結果を利用する意味はありませんから、これらの警告 には一般に注意を払うべきです。

#### 補償光学装置

補償光学装置(Adaptive Optics Devices, AO)を使用している場合、2つのキャリブレ ーションプロセスを完了する必要があります。最初は AO のチップ/ティルトミラーのキャ リブレーションで、これらがガイド星の移動に与える影響の大きさと方向を計算します。2 つ目のキャリブレーションは、上述の場合と同様、マウントを動かすのに必要なガイドコ マンドの量を決めるものです。ガイド星が AO で補正できる範囲を超えて動いた場合、

「bump」コマンドとして知られるコマンドが発行され、マウントの動作によってガイド星が中央に戻されます。後者のマウントのキャリブレーションはこれに対応したものです。

# ガイド

ガイドが始まると、どんなガイドコマンドがマウントに送信されているかを示す診断メ ッセージがステータスバーに表示されます。PHD2は停止アイコンがクリックされるまで ガイドを継続します。ガイドを再開するには、ルーピングを開始し、星を選んでガイドボ タンを押すだけです。キャリブレーションを再度行う必要はありません。PHD2がガイド 星を見失った場合、ビープ音とオレンジ色の十字線の点滅で警告します。これは以下のよ うな理由で発生することがあります。

- 1. 雲や観測所の屋根、木などによって星が隠された場合
- 2. マウントやカメラ、ケーブルなどのズレが原因で星が追跡範囲の四角から飛び出した 場合。ケーブルの引っ掛かりがしばしばこれを引き起こします。
- 3. 星像が微かすぎるなどの理由で星を見失った場合

ともあれ、原因を特定し、これを解消する必要があります。なお、PHD2がガイド星を 再発見するために勝手に望遠鏡を動かし始めることはありません。PHD2は現在の追尾範 囲内部にガイド星が再び現れるかどうか、露出と監視を続けるのみです。

ドイツ式赤道儀を使用している場合、天体が子午線を超える際に通常、姿勢の反転をす る必要があります。すなわち、望遠鏡の姿勢を Telescope-west から Telescope-east に変更 し、撮影を再開します。これを行うと、赤緯の方向が逆転するので元のキャリブレーショ ンは無効になります。マウントとの接続に ASCOM インターフェイス(または"aux")を使 用している場合、キャリブレーション結果は自動的に修正されるので、単にガイドを再開 するだけで大丈夫です(カメラや接眼部を回転させていない限り)。ASCOM インターフ ェイスを使用していない場合、キャリブレーション結果を自分で調整する必要があります。 もちろん、キャリブレーションをやり直してもいいのですが、多少なりとも時間がかかり ます。「ツール」(Tools) メニューの下の「キャリブレーションデータの反転」を使えば、 すぐにガイドを再開することができます。 再キャリブレーションを強制することもできます。例えば、ケーブルの問題を解決する ためにガイドカメラを回転させた場合などです。「脳みそアイコン」から「マウント」(Mount) タブに移動し、「キャリブレーションクリア」(Clear calibration)にチェックを入れるこ とでこれを行うことができます。あるいは、単純に Shift キーを押しながらガイドボタンを クリックすることで行うこともできます。

ガイドが始まったら、どのようにガイドが行われているか知りたいと思うでしょう。も ちろん、ガイドカメラからの画像を確認することはできますが、細かい調整が行われてい るかどうかまでは見ることができません。しかし、PHD2は「視覚化ツール」の章で説明 するように、ガイド状況を測定、表示するための様々なツールを装備しています。ガイド アルゴリズムによっては、コマンド送信1回あたりのガイドの最大修正量が制限されてい る場合があります。これらの値が小さすぎる場合、メインウィンドウ上部に警告ダイアロ グが出ます。問題が再発する場合、該当する値を増やすか、根本的な問題の解決を図って ください。

# ダークフレームと不良ピクセルマップ

### イントロダクション

ガイドに用いられるカメラは一般に温度制御を受けておらず、画像はノイジーになりが ちです。結果として、ガイドフレームにはいわゆる「ホットピクセル」やカブリが「欠陥」 としてしばしば現れます。これらの欠陥があまりに多いと、よいガイド星を選ぶ際に問題 になります(ホットピクセルを星と勘違いしてキャリブレーションしようとするのは初心 者によくありがちなトラブルです)。ガイドを始めた後でも、ガイド星のそばのホットピ クセルはガイドに必要な計算を妨げ、時には本物の星とホットピクセルの間でガイドが「ジ ャンプ」することすらあります。これらの問題を軽減するため、PHD2では2つのアプロ ーチをとっています。すなわち、ダークフレームと不良ピクセルマップです。これらに関 するすべての機能は「ダーク」(Darks)メニューの中に収められています。

# ダークフレーム

PHD2はガイドに用いる露出時間範囲に応じたダークフレームのライブラリを構築し、 利用します。一度ライブラリが構築されると、ライブラリは自動的に保存され、複数のセ ッションで使いまわすことができます。つまり、良質なダークライブラリを構築するため にいくばくかの時間を割くことで、この先ずっとライブラリを使い続けられることになり ます。ダークライブラリは、カメラをつないだのち「ダーク」(Darks)メニュー下の「Dark Library...」から作成することができます。作業開始時のダイアログは以下のような構成に なっています。

ダークライブラリの構築				×
ダークライブラリ				
最小露出時間:	1.0 s 🔻	最大露出時間:	6.0 s 🔻	
各露出時間に対する フレーム数:	5			
オプション Existing dark library c Modify/extend exist	overs 10 exposi	ure times in the ra ⊚ Create er	ange of 1 s to 6 s Itirely new dark libr	ary
J-h:				
Utv	<u>ل</u> ه ا	≠_\_	ヤンセル	
[スタート]をクリックすると	パラメータ設定を	開始		

ダイアログ上部にある2つのコントロールで、必要とするダークフレームの最小露出時間、最大露出時間を設定します。最小露出時間の値、最大露出時間の値、そしてこれらの間を刻む露出時間の値はPHD2のメインウィンドウにおける露出時間の値に対応しているので、ガイドの際にどの露出時間を選んだとしても、ライブラリを作成した範囲内において、対応するダークフレームがあることになります。3つ目のコントロールでは、各露出時間に対していくつのダークフレームを撮影し、平均するかを設定します。平均されたイメージは「マスターダークフレーム」として参照されます。以前より、PHDでは5つのダークフレームをこの目的のために使ってきましたが、マスターダークフレームの品質を向上させるために数を増やしてもいいでしょう。また、「ノート」(Notes)の欄にコメントを付け足すことも可能で、これは後から参照できるよう、マスターダークフレームのヘッダ部分に埋め込まれます(訳注:ノートに日本語が使えるかどうかは未確認)。

「ノート」欄の上にある2つのラジオボタンは、既存のダークライブラリに対してデー タの修正・追加を行う(Modify/extend existing dark library)か、新規にライブラリを作 成するか(Create entirely new dark library)を選択するものです。ダークライブラリの 再作成を促す警告が出た場合は、新規ライブラリの作成(Create entirely new dark library) を選択してください。これにより、全てのマスターダークイメージが現在使用しているカ メラと一致することが保証されます。これに限らず、単にライブラリをリフレッシュした り、特定の露出時間のダークフレームを既存のライブラリに付け足すこともできます。 パラメータをセットしたら「スタート」をクリックします。ガイドカメラにシャッター がついていない場合—ほとんどの場合はそうですが—ガイド鏡に蓋をするようプロンプト が出ます。最良の結果を得るためには、ガイドカメラに光が一切漏れないように気を付け なければなりません。日中の作業は避けた方がいいでしょう。PHD2は設定された露出時 間の範囲について、指定された数のフレームを収集します。プロセスの進行具合はウィン ドウ下部のステータスバーに表示されます。プロセスをスタートすると、「キャンセル」 (Cancel) ボタンは「ストップ」(Stop) ボタンに変わります。何か問題が発生した場合 や、全プロセスが終了する前にパラメータを変更したくなった場合、このボタンを押せば プロセスはストップします。この方法で停止した場合、それまでに収集したデータは破棄 されるので、パラメータの修正などが終わったらプロセスをリスタートさせます。すべて のフレームを撮り終ると、マスターダークフレームがそれぞれ作成され、ライブラリに収 納され、処理結果についてのメッセージが出ます。ガイド鏡に蓋をしていた場合、蓋を外 すようプロンプトが出るので、蓋を外して通常撮影に戻ります。

ー度ダークライブラリを作ると、「ダーク」(Darks)メニューの「Use Dark Library」 からこれを呼び出して使用することができるようになります。メニューのチェックボック スは、クリックするたびに ON、OFF が切り替わります。チェックの状態は保存されるの で、一度チェックを入れれば、次回も自動的にダークライブラリが読み込まれるようにな ります。ダークライブラリ自体は、新たなライブラリを作成するまでディスク上に保存さ れているので、「Use Dark Library」のチェックの ON、OFF を繰り返しても、データが 消えることはありません。もしダークライブラリを使用する設定にしていて、ライブラリ 中に使用したい露出時間にマッチするダークフレームがなかった場合、PHD2 は最も条件 の近いものを選び出して使います。しかし最良の結果を得るためには、マッチするマスタ ーダークフレームを取得するべきです。ダークライブラリに露出時間の「抜け」がある場 合、その露出時間のマスターダークフレームを作成するだけでライブラリにデータが追加 されます。「Use Dark Library」のチェックを外すと、ダークライブラリの使用によって ガイドカメラの画像が著しく改善していることが分かります。

ダークライブラリは個別のカメラについて作成されるものです。PHD2はダークライブ ラリと現在使用しているカメラが一致しているかどうかをチェックします。一致していな い場合、ダークライブラリは使用できず作り直す必要がある旨、警告メッセージが出ます。 このメッセージは、ガイドカメラを新調した場合など、既存の機器プロファイルに変更を 加えた場合に出ることがあります。

# 不良ピクセルマップ (欠陥画素マップ)

ガイドカメラによっては、ガイドフレーム中に見える欠陥ピクセルを取り除くのに、ダ ークフレームだけでは不十分な場合があります。このような場合、不良ピクセルマップを 作成、利用することで改善できるかもしれません。このアプローチは、センサー上にある 偽のシグナルを発生するホットピクセルや、光に対して正しく反応しないコールドピクセ ルを直接検出し、補正するものです。こうした「マップ」は比較的長時間の露出(例えば 15秒程度)でダークを撮影し、それらを平均し、そして得られたフレームに対して統計処 理を行うことで欠陥ピクセルの位置を特定します。欠陥ピクセルの位置情報は保存され、 以降の補正に使われます。通常のガイドの間、これらの欠陥ピクセルは周辺ピクセルから サンプリングしたデータによって補われるので、ほとんどの不良ピクセルは除去されるこ とになります。最終的に得られる画像は、たいてい滑らかでほとんど欠陥のないものにな っています。もし欠陥が残っていた場合でも、PHD2には不良ピクセルを直接クリックし てマップに加えることができる機能が備わっています。不良ピクセルマップを作成する手 順は簡単なものです。

不良ピクセルマップを作成するには、「ダーク」メニュー下の「Bad Pixel Map...」をク リックします。初めてマップを作成する場合、センサーを解析してマップを作成するため、 一連のダークフレームを作成するためのプロンプトが現れます。

不良ピクセルマップ計算のためマスターダークフレーム取得	
ダークフレーム設定	
露出時間: 15 🚖 露出枚数: 25 🖕	
ノート:	
リセットスタートキャンセル	
[スタート]をクリックするとパラメータ設定を開始	

前段で説明した、ダークフレームを作成するためのダイアログとよく似ていますが、少 しだけ異なっています。分析は統計的に行われるため、比較的長い露出時間(10秒以上) と少なくとも10フレームが必要です。不良ピクセルマップは長い期間にわたって使い続け ることができ、再作成はそれほど必要になりませんから、良質なデータを得るために時間 を惜しむべきではありません。

ダークフレームが得られると、PHD2は統計処理を行い、欠陥ピクセルおよび疑わしい ピクセルの位置を決定します。計算が終わると、以下のようなダイアログが現れます。

不良ピクセルマップのリファー	(ン			×
🔲 マスターダークフレーム	の再構築			
▼マスターダーク詳細表示	□ 欠陥ピクセル表示			
全般情報				
時間:	2015/09/08 15:47:16	カメラ:	Simulator	
マスターダーク露出時間:	15.0	マスターダーク露出回数:	25	
積極性, ホットピクセル:	75	積極性, コールドピクセル	75	
平均:	27443.75	標準偏差:	381.90	
中点:	27443	中央絶対偏差:	234	
結果				
ホットピクセル数:	1122	コールドピクセル数:	1111	
ピクセルの手動追加	0			
積極性				
ホットピクセル:				
リセット作成不良ピクセル追加				
オリジナル値を再読込みし設況	Ē			

「全般情報」(General Information) セクションには、PHD2 が不良ピクセルの位置を 決定するにあたっての統計処理の結果がまとめられています。通常、これらの項目は見る 必要がなく、「マスターダーク詳細表示」(Show Master Dark Details)チェックボック スのチェックを外すことで、これらを隠すことができます。「結果」(Results)には、下 にある「積極性」(Aggressiveness)スライダーの設定に基づいてカウントされたホット ピクセルとクールピクセルの数が示されています。不良ピクセルマップを初めて作成する 場合、「積極性」スライダーはデフォルト値の75にセットされています。普段のガイドフ レームに基づき、試行錯誤やこのカウントが適切であるかどうの判断が必要になるでしょ う。「積極性」スライダーを左右に動かすと、ホットピクセルやコールドピクセルのカウ ントが上下します。このスライダーは、疑わしいピクセルを欠陥ピクセルと判断する際の 積極性をコントロールするので、これを上げるとピクセルカウントが上昇します。望まし い設定になったら、新しい不良ピクセルマップを作成、読み込ませるために「作成」 (Generate) ボタンをクリックします。

ここまでくると、結果を試したくなるでしょう。PHD2のメインウィンドウはアクティ ブなままなので、結果を確認するために通常のガイド露出を行うことができます。すぐに 結果を見たければ、「ダーク」(Darks)メニュー下の「Use Bad-pixel Map」にチェック を入れます。ガイドイメージが完全に滑らかで漆黒の背景である必要はない、ということ は覚えておいてください。あなたや PHD2のガイドアルゴリズムが不良ピクセルを星と誤 認しない程度に、ホットピクセルやコールドピクセルが減っていれば十分です。「積極性」 を高くしすぎて過修正になってしまった場合、ガイド星の検出に支障をきたすほどに不良 ピクセルの範囲が広がってしまう可能性があります。こうした場合の修正は簡単で、スラ イダーの設定を変更したのち、再度「作成」ボタンを押します。すると、結果が PHD2の メインウィンドウに反映されます。

こうした統計処理によってもなおいくつかのホットピクセルが残り、これを除去したい 場合、素早く簡単に、手動で不良ピクセルをマップに追加することができます。PHD2の メインウィンドウでガイド露出を行っているときに、取り除きたいホットピクセルをクリ ックします。するとその領域が緑色のトラッキングボックスで囲まれるので、上記のダイ アログボックスにある「不良ピクセル追加」(Add Bad Pixel)ボタンを押します。これで 自動的にマップがアップデートされ、直ちにマップのリロードが行われます。結果は次の ガイド露出において見ることができます。「完璧」である必要はなく「十分良好」でよい のだということを忘れないように。

不良ピクセルマップを作ると「ダーク」(Darks)メニュー下の「Use Bad-pixel Map」 からこれを呼び出して使用することが可能になります。チェックの状態は保存されるので、 一度チェックを入れれば、次回も自動的に不良ピクセルマップが読み込まれるようになり ます。「Use Dark Library」と「Use Bad-pixel Map」の設定は相互に排他的です。すな わち、どちらか片方を有効にすることはできますが、両方を同時に有効にすることはでき ません。ダークライブラリと同様、不良ピクセルマップのデータファイルはずっと保持さ れるので、無効化してもデータが失われることは一切ありません。これらのデータは長期 間使い続けることができますが、一方でカメラのセンサーが経年劣化することを忘れない でください。一定期間の後、あるいは普段のガイドイメージに劣化が感じられるようにな った時、ダークライブラリや不良ピクセルマップを作り直したくなるかもしれません。こ のような場合、PHD2に基本となるダークフレームを再取得させ、不良ピクセルマップを 再計算させる「マスターダークフレームの再構成」(Rebuild Master Dark Frame) にチ ェックを入れるのもよい方法です。結果に満足できるようになるまで、以前行ったように マップをリファインする必要があります。ダークライブラリや不良ピクセルマップをユー ザーが直接いじる必要はありませんが、これらのデータは「AppData¥Local」の論理ディ レクトリに保存されています。

ダークライブラリと同様、不良ピクセルマップは個別のカメラについて作成されるもの です。PHD2は不良ピクセルマップと現在使用しているカメラが一致しているかどうかを チェックします。一致していない場合、不良ピクセルマップは使用できず作り直す必要が ある旨、警告メッセージが出ます。このメッセージは、ガイドカメラを新調した場合など、 既存の機器プロファイルに変更を加えた場合に出ることがあります。

### ダークフレームや不良ピクセルマップの再利用

複数のプロファイルで同じカメラを使用している場合、そのカメラのダークライブラリ や不良ピクセルマップを使いまわすことができます。これは、カメラに関連するデータフ ァイルを、それらのファイルを持っていないプロファイルにインポートすることで実現で きます。たとえば、ガイドカメラとして Lodestar を用いた「プロファイル 1」という名前 のプロファイルがあり、ダークライブラリや不良ピクセルマップを構築済みだったとしま す。そして後で、マウントや焦点距離は異なるけれど、同じ個体の Lodestar を用いている 新しいプロファイル「プロファイル 2」を作ったとします。この場合、プロファイル 2 の機 器を接続したら「ダーク」(Darks)メニューの中の「プロファイルから読込」(Import from Profile)を使います。ダークライブラリや不良ピクセルマップのインポート元には「プロ ファイル 1」を選びます。選択肢には、センサの大きさや画素サイズに互換性のあるカメラ を用いているプロファイルしか出てきません。「OK」を押すと、ダークライブラリや不良 ピクセルマップが「プロファイル 2」にコピーされます。この操作はあくまで「コピー」な ので、一方のプロファイルのダークライブラリや不良ピクセルマップが更新されても、も う一方には反映されません。同期させる必要がある場合は、再びインポートの操作を行う 必要があります。

# 視覚化ツール

PHD2はガイド状況を確認するために多くの視覚化・表示ツールを備えています。これ らはすべて「表示」(View)プルダウンメニューからアクセスできます。種類は以下の通 りです。

- Overlays
- Graphical Display
- Stats Display
- Star Profile and Target Displays
- AO Graph
- Dockable Windows

オーバーレイ表示 (Overlay)

もっとも単純な表示ツールで、メインウィンドウのガイド画面の上にグリッドを重ね合わせて表示するものです。これらは非常に簡単で、以下の選択肢があります。

- 標的眼 (Bullseye target)
- 細かい格子(Fine grid)
- 粗い格子 (Coarse grid)
- 赤経(RA) / 赤緯 (Dec) (望遠鏡の赤緯軸・赤経軸がカメラセンサーの軸に対してどう 傾いているかを示す)
- Spectrograph slit/slit position(分光器のユーザー向けに、分光器のスリットをメイン ウィンドウにオーバーレイ表示する。スリットのサイズ、位置、角度は実物に合わせ て調節する。)
- None

「表示」(View)メニューの下の様々なオーバーレイオプションをクリックするだけで、 適した表示を選ぶことができます。

### グラフ表示(Graphical Display)

グラフ表示ウィンドウは、ガイド状況を判断する最も強力なツールの1つです。典型的 な例を以下に示します。



各露出ごとのガイド星の詳細な変位がウィンドウいっぱいに表示され、グラフは左から 右へプロットされています。通常、線の1つは赤経方向の変位を、もう1本は赤緯方向の 変位を表しています。しかし、グラフ左側の「設定」(Setting)ボタンを使うことで、カ メラの X/Y 軸を基準とした表示に変更することもできます。また、表示単位を角度からピ クセルに切り替えたり、グラフの線の色を変えることもできます。

縦軸の範囲は上から2番目のボタン、例では「y:+/-4"」と表示されているボタンで変更 できます。横軸—ガイドの露出回数がプロットされている—の範囲は一番上のボタン、例 では「x:100」と表示されているボタンで変更できます。

このスケールはグラフウィンドウの左下に表示される統計値を計算する際のサンプルサ イズにも影響します。これらの値は各軸の動作の二乗平均平方根 (RMS または標準偏差)、 および両方の軸についての RMS の合計を示しています。これらは星像の大きさやシーイン グの状態と直接比較できるため、ガイドのパフォーマンスを推定するのに最も有力な手掛 かりとなるでしょう。「RA Osc」は現在の赤経方向の動作が直前の赤経方向の動作と反対 の方向にある確率を示しています。もしガイドが積極的すぎて毎回オーバーシュートして いれば、この値は 1.0 に近づくでしょう。ガイドが完璧でオーバーシュートすることもアン ダーシュートすることもなく、マウントにピリオディックエラーがなければ、この値は 0.5 になります。ピリオディックエラーを考慮に入れれば、理想的な値は 0.3 に近づくでしょう。 値が非常に低い場合 (例えば 0.1)、RA aggressiveness を大きくするか、ヒステリシスを 小さくするべきです。値がかなり高くなった場合(例えば 0.8)は、RA aggressiveness や ヒステリシスを上記とは逆に調整します。

左側にある2つのチェックボックスは、ガイドのパフォーマンスを評価するのに役立ち ます。「修正量」(Corrections)にチェックを入れると、ガイドコマンドがいつ送られた かが、方向や量とともにオーバーレイ表示されます。この例では、不規則な間隔で垂直に 描画されている赤と緑の線がそれです。これはガイドがどの程度「ビジー」かを示してい ます一最適な条件下では、ガイドコマンドが送られていない時間が長く続くはずです。も う1つの「トレンドライン」(Trendlines)と表示されたチェックボックスは、それぞれ の軸について、星の位置が全体的にドリフトしているかどうかの傾向をトレンドラインと してオーバーレイ表示します。これは主に、ドリフト法での極軸合わせ(赤緯のトレンド ラインを使用する)に有用です。一方、赤経のトレンドラインを見ればマウントの追尾速 度が遅いのか速いのかを判断することができるので、追尾速度をカスタマイズする際に役 に立ちます。外部の撮影ソフトウェアによってディザリングのコマンドが発行されている 場合、グラフの上に「dithering」ラベルが一定間隔で表示されます。これはディザリング 操作によってガイド星の位置が変更され、それがグラフに反映していることを示していま す。

ガイドのパフォーマンスを見るには、ピクセルより角度の単位を使うのがお勧めです。 焦点距離や画像サイズの問題とは関係ないので、機器に依存しない形でパフォーマンスを 評価することができます。そのためには、ガイド画像のスケールを決定するために PHD2 に十分な情報を与えておく必要があります。すなわち、ガイド鏡の焦点距離とガイドカメ ラのピクセルサイズです。これらのパラメータは「脳みそ」ダイアログの「全体」(Global) および「カメラ」(Camera) タブにそれぞれセットします。これらがセットされていない 場合、PHD2 はデフォルトの値として 1.0 を使用し、ガイドのパフォーマンスはピクセル単 位で報告されます。

グラフウィンドウの下部にはガイドパラメータをその場で調整するためのコントロール が並んでいます。選択したガイドアルゴリズムに応じて、現れる項目は変化します。これ らのコントロールは「脳みそ」ダイアログで設定した場合と同様の効果があり、これを使 えばガイドを止めたり、パラメータを調整するために他のウィンドウに移動したりする必 要がなくなります。

### 統計情報表示(Stats Display)



グラフ画面を開かずにガイド状況を確認したい場合、メニューから「統計情報表示」(Stats) をクリックします。すると、ガイドに関する統計データが、データをクリアするためのコ ントロール、統計に用いるガイド露出の点数を変更するためのコントロールとともに表示 されます。

# ガイド星プロファイル表示とターゲット表示(Star Profile and

# Target Displays)



ガイド星プロファイル表示(Star Profile)ではガイド星の断面が半値全幅(FWHM)お よび half-flux-diameter (HFD)の測定値とともに表示されます。HFD は、カーブフィッテ ィングや、星像の形を仮定する必要がないことから、一般に、より安定した星像サイズの 測定方法とされています。そのため、FocusMax などのオートフォーカスアプリケーション に採用されています。この値が大きく変動したり、断面が激しく乱れる場合、星像が微か すぎるか、露出が短すぎることを示している可能性があります。

またこのツールは、特に長焦点鏡でオフアキシスガイダーを使っている場合にはいささ か飽き飽きする、ガイドカメラのピント合わせにも役に立ちます。HFD は大きなフォント で表示されるので、ガイド鏡やカメラのピント合わせを行う際、離れた場所からでも数値 を確認できます。ピントが大きく外れている場合、フレーム内にはぼやけた星がいくつか 写っているだけでしょう。ここから、最も小さく、はっきり見える星を選びます。露出時 間は、シーイングを追いかけないように少なくとも2秒以上にします。同時に、星像が飽 和して断面の頂点が平坦にならないよう注意します。そうしたら、HFD が小さくなるよう に、そして HFD の変化が反転する直前、あるいは変化がなくなるところまでフォーカスを 調整します。この時点で星像は飽和しているかもしれませんが、その場合はより暗い星に 移ります。ピントが改善されていれば、より暗い星まで見えるはずです。これを、最も暗 い星で HFD が最小の値を取るようになるまで繰り返します。ピント合わせの際には、シー イングの影響を心の中で平均できるよう、複数フレームの HFD を観察するようにしましょ う。ピントのずれは初心者によくある失敗で、キャリブレーションやガイド結果に問題を 引き起こします。このツールを使って、星像の断面の頂点が平坦になって(飽和して)お らず、そして上の例のようにとがった形になっていることを確認しましょう。



Target 表示は全体的なガイドのパフォーマンスを可視化するもう1つの便利な方法です。 赤い「X」は直近の露出におけるガイド星の変位を示し、青い点は最近の履歴を示していま す。ウィンドウ左上のコントロールでズームインやズームアウト、表示させる履歴数の変 更を行うことができます。

### Adaptive Optics (AO) Graph



AO graph は Target 表示と同等のものですが、補償光学装置の軸に対する修正履歴が表示されます。赤い四角が AO の外周を示し、内側の黄色い四角は「bump」領域を示しています。星が黄色い四角の外に動くと、PHD2 は「move」コマンドをマウントに送り一これが「bump」です一速やかにガイド星を中央に戻すようにします。これが発生した場合、緑と青のラインでそれぞれ bump の増分と残りの bump を示します。白い点は現在の AO の位置を示し、緑の丸(赤いときは bump が進行中)は平均的な AO の位置を示します。左上のコントロールは表示する履歴の数を決定します。

#### Dockable/Moveable Graphical Windows

各種のパフォーマンスウィンドウは、メインウィンドウ内に「結合」された状態で表示 されます。これは PHD2のメインウィンドウの各辺に特定の方法でサイズ調整されて整列 することを意味します。しかし、タイトルバーをクリックしたりドラッグすることでウィ ンドウを移動したり、サイズを変更したりすることができます。これにより、グラフに表 わされている詳細をよりよく見ることができます。ウィンドウはタイトルバーをドラッグ することで底辺や右端など、任意の場所に「再結合」させることができます。これらは使 いやすい場所に簡単に配置することができます。

「表示」メニューの下には「ウィンドウ位置/サイズの初期化」(Restore window positions) というのがありますが、これをクリックするとすべてのウィンドウがデフォルトの状態に 戻ります。これは画面解像度の変更などによってウィンドウを見失ってしまった時などに 有用です。この機能は PHD2 のメインウィンドウの位置(画面左上)やサイズもデフォル トに戻します。

# 詳細設定

オリジナルの PHD のユーザーにはよく知られているように、詳細設定は「脳みそ」ボタ ンからアクセスします。ガイドのパフォーマンスを最適化できるよう、PHD2 はかなり多 様なパラメータを調整できるようになっています。これらは「詳細」設定と呼ばれていま すが、特に理解が難しいものではなく、これらを調べるのをためらってはいけません。各 入力フィールドは、その内容をある程度詳細に説明する小さなメッセージウィンドウであ る「ツールチップ」を備えています。ツールチップはフィールドの上にカーソルをホバー することで表示されます。多くの場合、これで必要な情報が得られます。設定可能な項目 は多岐にわたるので、PHD2 では詳細設定ダイアログをタブで整理しています。すべての タブは「OK」ボタンと「キャンセル」ボタンを共有しています。「OK」を押すと、どの タブに行われた変更であってもそれが反映され、「キャンセル」を押すとあらゆる変更が 破棄されます。

- 「全体」(Global)タブ
- 「カメラ」(Camera)タブ
- 「ガイド」(Guiding)タブ
- 「アルゴリズム」(Algorithms)タブ
- 「Other Devices」タブ

# 「全体」(Global)タブ

詳細設定	
全体 カメラ ガイド Algorithms	
全体設定	
言語: 日本語 ▼ □ 設定リセット	
■ 非表示にしたメッセージを再表示させる 画像記録フォーマ	ット: Raw FITS 🔹
□ 赤経(RA)のみディザー処理 Dither Scale: 1	0
ログファイルの場所	
	参照
	OK         キャンセル

「全体」タブの各項目についてはツールチップに十分な記載がありますが、念のためこ こにまとめておきます。

- 「言語」(Language): PHD2のユーザーインターフェイスに用いる言語を設定します。変更を反映するにはプログラムの再起動が必要です。
- 「設定リセット」(Reset Configuration): すべてのセッティングを PHD2 の初期値 に戻します。
- 「非表示にしたメッセージを再表示させる」(Reset Don't Ask Again messages):
   表示しないように選択した警告メッセージを、表示されるように再設定する。
- 「画像記録フォーマット」(Image logging format):「ツール」(Tools)メニュー 下の「ガイド星画像の記録を有効化」(Enable Star Image Logging)にチェックが入 っている場合、その画像フォーマットを決定します。障害の記録が目的の場合、Raw FITS を選択します。
- 「赤経(RA)のみディザー処理」(Dither RA only): PHD2 サーバインターフェイ スを利用するコンパニオンアプリケーションのために、赤経軸のみディザリングする かどうかを決定します。
- 「ディザー処理スケール」(Dither scale):撮影ソフトで設定されたディザリングの 最大量を調整するための係数を設定します。詳しくは「<u>ディザリング</u>」の項を参照し てください。
- 「ログファイルの場所」(Log File Location): PHD2のガイドログおよびデバッグ ログが保存されるディレクトリを指定します。

# 「カメラ」(Camera)タブ

詳細設定
全体 カメラ ガイド Algorithms
カメラ設定
General Properties
ノイズ低減: 無し
自動露出
最小: 1.0 s ▼ 最大: 5.0 s ▼ ターゲットのS/N比: 6 👤
Camera-specific Properties
ピクセルサイズ: 3.75 (カメラゲイン: 95 (カメラからの応答が無い場合に 接続を切る時間(秒):
Binning: 1 ・

「カメラ」タブにある項目は以下の通りです。

 「ノイズ低減」(Noise reduction):ダークフレームによる処理が有効でないほどノ イズの多いガイドカメラの画像を処理するアルゴリズムを決定します。選択肢は「None」 (なし)、「2x2 mean」(2x2 平均値)、「3x3 median」(3x3 中央値)です。「2x2 mean」、「3x3 median」のどちらもノイズを大幅に低減させます。「3x3 median」 は特にホットピクセルに対して効果的で、ガイド精度に大きく影響します。しかし、 不良ピクセルマップを使用した方が、微光星の検出に影響を与えないという点で優秀 です。

- 「間欠動作」(Time lapse):ガイド露出間に一定時間の遅延を挿入します。これは ガイド露出が非常に短時間で、マウントやカメラとのトラフィックレートが非常に大 きくなりそうな場合、オーバーロードを防ぐのに役立ちます。
- 「自動露出」(Auto Exposure):ガイドカメラの露出に「オート」を選択した場合の 露出時間を設定します。
  - 「最小」(Min Exposure):露出時間の下限を設定します。ガイド星の S/N 比が 目標値より高かったとしても、PHD2 はここで設定した値以下に露出時間を下げ ません。この値が小さすぎた場合、非常に細かく修正信号がマウントに送られる ことになり、よいガイド結果を得られない可能性があります。AO を用いている場 合、素早く細かい修正が必要とされるので、この値を小さくするとよいでしょう。
  - 「最大」(Max Exposure):露出時間の上限を設定します。ガイド星を設定する前、PHD2は露出を最大値に設定します。ガイド星が選択されると、PHD2はS/N 比が望ましい値になるまで徐々に露出時間を短くしていきます。
  - 「ターゲットの S/N 比」(Target SNR): PHD2 が適正露出を判断するための S/N 比の目標平均値を設定します。露出時間を一定にしていたとしても S/N 値は フレームごとに変動するので、目標値を設定する際には注意する必要があります。 PHD2 は S/N 比が 3.0 を切った場合、そのフレームを廃棄します。デフォルト値 である 6.0 は、フレーム間の変動があっても S/N 比が 3.0 に落ち込むのを防ぐの に十分です。「PHD2 の使い方」の章にあるように、ここで言う S/N 比は、測光 で言うところの S/N 比とは似て非なるものです。
- 「ピクセルサイズ」(Pixel size):ガイドカメラのピクセルサイズをµm単位で入力します。PHD2が画像のスケールを計算し、ガイドパフォーマンスを角度単位でレポートするために必要な2つのパラメータのうちの2つ目です。必要なパラメータのもう1つはガイド鏡の焦点距離で、これは「ガイド」タブに入力欄があります。ここに入力するべき正しい値については、カメラの説明書を参照してください。カメラのピクセルが正方形でない場合、どちらか一方の辺の長さか、平均値を入力します。ピクセルサイズはガイドの正確性には影響しないので、値が多少不正確でも問題はありません。
- 「カメラゲイン」(Camera gain):この機能をサポートしている多くのカメラにおいて、ゲインを設定します。カメラのノイズレベルを下げたい場合や、明るい星が飽和しないようにするには、この値を下げてみてください。
- 「カメラからの応答がない場合に接続を切る時間」(Disconnect nonresponsive camera after (seconds)): USB 接続のエラー等により、カメラが動作しなくなることはしばしば発生します。多くの場合、カメラは映像データの要求に応答しないため、PHD2はハングします。このパラメータは所定の露出時間経過後、PHD2 がどのくら

いの時間応答を待つかを決定します。たとえば、タイムアウト時間が5秒、露出時間 が2秒の場合、PHD2は7秒間応答を待ちます。この間にデータを受信できなかった 場合、PHD2は制御を停止し、カメラとの接続を切り、メインウィンドウに警告メッ セージを表示します。問題の裏にはハードウェアの問題があることが多いので、復旧 がうまくいくとは限りません。また、ガイドカメラとメインの撮影用カメラとで電気 的接続を共有している場合、メインカメラからのデータのダウンロードにかかる時間 を超える、大きなタイムアウト時間を設定すべきです(訳注:メインカメラとガイド カメラとの間でデータ転送の調整が入るため)。これは Sequence Generator Pro に同 梱される SBIG のドライバを使用しているユーザーに影響します。もっとも、PHD2 がこうした状況にうまく対応できるかどうかはともかく、ガイドを継続する前にハー ドウェアやカメラ、ドライバに起因する問題を根本的に解決しなければなりません。

- ビニング(Binning):オンチップ(ハードウェア)ビニングをサポートしているカメ ラにおいて、ガイド露出を行う際のビニングを設定します。詳細は以下のディスカッ ションを参照してください。
- 「サブフレーム使用」(Use subframes):カメラがこの機能をサポートしている場合、 PHD2は各ガイド露出のサブフレームのみダウンロードします。これはダウンロード が低速で、そのために効果的なガイドを行えないようなカメラに大変有効です。この 機能を有効にした場合、星を選択した後は100×100ピクセルの小さなサブフレームの みダウンロードします。この機能はキャリブレーションにもガイドにも適用されます。 星をまだ選択していない最初のルーピングの間はフルフレームがダウンロードされま すが、一度星を選択すれば、小さいサブフレームのみがダウンロードされます。サブ フレームを利用しているときに、他の星を選択するためにフルフレームの画像が必要 となった場合はサブフレームの外側をクリックしてください。

#### ビニングの使用

PHD2 で使用できるカメラのうちいくつかは、ハードウェアレベルでビニングをサポー トしています。これは長焦点距離でのガイドを行いたい場合や、ピクセルサイズが極小の ガイドカメラを用いる場合に有用です。このような場面では、かすかな星像をガイドに使 わざるを得ないことがあり、ガイダー上のイメージはオーバーサンプリングになりがちで す。オーバーサンプリングに利点はなく、かすかな星像が複数ピクセルにまたがることは、 S/N 比の低下をもたらします。ビニングを行うと、リードノイズの影響を低減して S/N 比 を向上させることができ、オーバーサンプリングが発生してる場合には(星像が複数ピク セルにまたがっていることによる)ガイド星位置の不正確性を減らすことができます。1以 上のビニング係数を設定することで、以下のような効果を得ることができます。

- 1. 星像の S/N 比が高くなり、背景のノイズレベルから明瞭に区別できるようになります。 かすかな星像(S/N 比の数字が3前後)からガイド星を選ばなければならないような 状況下での利点です。
- カメラからダウンロードするデータ量が「(ビニング係数の2乗)分の1」になります。
   ビニングしなくても星の明るさや S/N 比が十分だったとしても、USBの帯域が逼迫している場合には有用です。もちろん、ガイド星を選択した後であれば、サブフレームの使用でも同様の効果を得ることはできます。
- 3. ガイダーの画像の解像度を落とすことができます。ビニング前の解像度が1秒角/ピ クセルを下回っている場合は問題にはなりませんが、上回っている場合にはガイド結 果が損なわれるかもしれません。メインカメラの解像度にもよるので、実験が必要か もしれません。
- 4. 各ビニングレベルに対してそれぞれダークフレームと不良ピクセルマップが必要で す。これらは互いに交換不可能で、自動的に変換することもできません。ビニングの 設定を切り替える必要がありそうな場合は、それぞれの設定に対応した個別のプロフ ァイルを作らねばなりません。ダークライブラリと不良ピクセルマップを各プロファ イルにおいて作成します。ビニング係数を変更する場合は、プロファイルごと切り替 えて、それぞれのダークライブラリと不良ピクセルマップを有効にします。

ほとんどの PHD2 ユーザーはおそらくビニングを使う必要はないし、達成しようとして いることの意味とアイデアがはっきり理解できない限り、おそらく利用は避けた方がいい でしょう。

「ガイド」(Guiding)タブ

詳細設定	
全体 カメラ ガイド Algorithms	
「ガイダー設定」	
Guide star tracking	
追尾検索区域(ピクセル): 15	Star Mass Detection 「有効化 Tolerance: 50.0 ▲
Calibration	
焦点距離(mm): 350	キャリブレーションステップ(ms): 650 📩 計算
□ 自動的にキャリブレーションを読込	□ 赤経と赤緯が直交すると仮定
Clear mount calibration	Use Dec compensation
Shared Parameters	
Always scale images	▼キャリブレーションやディザー後に素早く中央に戻す
□ 子午線を超えたら赤緯(Dec)出力を逆転する	C Enable mount guide output
	OK キャンセル

「ガイド」タブにはキャリブレーションや追尾、全てのガイドアルゴリズムに共通のパ ラメータが並んでいます。

#### • Guide star tracking

- 「追尾検索区域」(Search region):追尾検索区域の四角形の大きさをピクセル 単位で指定します。マウントの性能が出ていない場合や、極軸が正しく合ってい ない場合、この値を大きくする必要があるかもしれません。「ガイドアシスタン ト」によるバックラッシュの測定時に星を見失わないよう、一時的に大きくする こともあるかもしれません。検索区域を過剰に大きく設定すると、複数の星が区 域内に含まれてしまい、ガイドに問題を引き起こす可能性があることは忘れない でください。
- 「星の明るさの変化を検知」(Star mass detection):背景の明るさと比較して ガイド星の像の明るさと大きさの変化を監視します。
- Ο 「星の明るさ変化の許容度」(Star mass tolerance):「星の明るさの変化を検知」にチェックが入っていた場合、星像の明るさと大きさがここで設定したパーセンテージ以下になった時に「lost star」エラーを発します。追尾検索区域の四角の中に2つの星があり、PHD2がこれらを取り違えないようにしたい場合に有用かもしれません。また、薄雲や高いカメラノイズ、α線の衝突などによるエラー

を防止するのにも役立ちます。しかし、微光星をガイドに使用している場合、か えって信頼性を下げてしまいます。 星がディスプレイ上に見えているにもかかわ らず「lost star」エラーが頻発する場合、この数値を上げてみてください。チェッ クを外したり、値を 100 にすると警告メッセージはまったく出なくなります。

- Calibration
  - 「焦点距離」(Focal length):ガイド鏡の焦点距離。PHD2 が画像のスケールを 計算し、ガイドパフォーマンスを角度単位でレポートするために必要な2つのパ ラメータのうちの一方です。もう1つのパラメータであるオートガイダーのピク セルサイズについては、「カメラ」タブで設定します。
  - 「キャリブレーションステップ(ms)」(Calibration step-size):キャリブレーション実行時のガイドパルスの長さを指定します。使い方については「PHD2の使い方」の「オートキャリブレーション」セクションのページを参照してください。キャリブレーション時のガイド星の動きが「速すぎる」か「遅すぎる」かによってこの値を調整してください。一般的に、天の赤道から30度以内の星を用い、ステップ数が各方向とも8~14ステップになる場合に良好なキャリブレーション結果が得られます。右側にある「計算...」ボタンは適切な値を計算するのに役立つダイアログを表示します。
  - 「自動的にキャリブレーションを読込」(Auto restore calibration):機器が接続されたら自動的に前回のキャリブレーション結果を読み込みます。「オートキャリブレーション」の章を熟読し、その仕組みと潜在的リスクを理解したうえで使用してください。
  - O 「赤経と赤緯が直交すると仮定」(Assume Dec orthogonal to RA):通常、キャ リブレーションのプロセスは赤経に対するカメラの傾き、赤緯に対するカメラの 傾きをそれぞれ独立に計算します。これらの値はさして重要ではなく、たいてい はそのままでうまく動きます。しかし、マウントのピリオディックエラーが極め て大きかったり、シーイングが極度に悪い場合、赤経から求めたカメラの傾きと 赤緯から求めたカメラの傾きが大きく乖離し、赤経と赤緯が直交していることを 明示しなくてはならない場合があります。このオプションを有効にした場合、 PHD2は赤経に対するカメラの傾きを計算した後、赤緯がこれと直交しているも のとして動作します。
  - 「キャリブレーションクリア」(Clear mount calibration):現在のキャリブレ ーションデータを破棄し、ガイド再開時に再キャリブレーションを行います。ガ イドカメラを動かした場合、子午線越えを行って望遠鏡の姿勢が変わった場合な ど、様々な場面でこれは使われます。メイン画面において Shift キーを押しながら

ガイドボタンをクリックすることでも、再キャリブレーションを行うことができ ます。

 Use Declination Compensation: ASCOM (または"aux"マウント) での接続を通 じて架台の向きを PHD2 が取得できる場合、現在の赤緯の値に基づいて赤経側の ガイドレートを自動的に調整します。特別な場合を除き、通常、このボックスは チェックしたままにしておいてください。例えば SiTech のコントローラを用いて いる場合、ここにチェックが入っていると競合するのでチェックを外します。

#### • Shared Guiding Parameters

- O 「常に画像を合わせる」(Always Scale Images):ガイドカメラからの画像を常 にディスプレイウィンドウのサイズにフィットさせます。通常、PHD2はこれを 自動的に行うので、これを操作する必要はほとんどありません。
- 「キャリブレーションやディザー後に素早く中央に戻す」(Fast re-center after calibration or dither):キャリブレーションやディザリングの実行時、架台は最初のロック位置(lock position)からは大きくずれています。このボックスにチェックが入っていると、PHD2はキャリブレーションやディザーの完了時に、ガイドアルゴリズムの「最大持続時間」で設定した最大のガイドパルスを発して架台を素早くロック位置に戻します。この設定は時間短縮のためだけに存在していて、チェックを入れるかどうかは全くの任意です。架台の位置を戻す際に星を見失ってキャリブレーションに失敗するようであれば、チェックを外してください。問題が発生するのは、おそらく極軸の設定が大きくずれているか、赤経のピリオディックエラーが大きいことを示しています。
- O 「子午線を越えたら赤緯(Dec)出力を逆転する」(Reverse Dec output after meridian flip):子午線反転が起こったときに、キャリブレーションデータをど う調整するかを決定します。マウントによっては自らの姿勢を認識し、赤緯方向 のガイドコマンドを自動的に反転させるものがありますが、そうでないマウント もあります。いずれにせよ PHD2は、マウントがその姿勢に応じて自動的に振る 舞いを変えるかどうか知る必要があります。どのように動作するかの情報を得る のが困難な場合、実際にちょっと動かしてみるのがおそらく一番簡単です。チェ ックボックスをオフにして、一方の姿勢でキャリブレーションを行い、次いで姿 勢を入れ替えます。「ツール」(Tools)メニューの下の「キャリブレーションデ ータの反転」(Flip Calibration)を選択し、ガイドをスタートします。もしガイ ドが正常に行われるなら、チェックボックスはオフのままにしてください。しか し赤緯方向に外れていくようなら、チェックボックスをオンにして、キャリブレ ーションを含めもう1度実験してみてください。

O 「ガイド出力を有効」(Enable guide output): PHD2 からマウントへのガイド コマンド送信を有効にするもので、通常はチェックされています。しかし未修整 時のマウントの挙動を知りたい場合などはこれを無効にします。具体的には、マ ウントのピリオディックエラーを知りたいときや、極軸設定のズレによるドリフ ト量を知りたい場合などです。

#### キャリブレーションステップの計算

キャリブレーションステップの計算	
パラメータ入力	
焦点距離, mm:	350
ピクセルサイズ, um:	3.75
Camera binning:	1 -
ガイドスピード, n.nn x 恒星時:	0.50
キャリブレーションステップ:	12
キャリブレーション赤緯, 度:	0
計算值	
画像スケール, 秒角/px:	2.21
キャリブレーションステップ, ms:	650
ОК	キャンセル

この計算機を使用するには、一番上にある3つのフィールドに正しい値が入力されてい る必要があります。焦点距離とカメラのピクセルサイズが、それぞれ「全体」タブおよび 「カメラ」タブで既に入力されている場合、これらのフィールドには値が設定されている はずです。マウントとASCOMで接続している場合、「ガイドスピード」(Guide speed) と「キャリブレーション赤緯」(Calibration declination)(訳注:キャリブレーション対 象の赤緯のこと)には適切な値が入力されているはずです。それ以外の場合は、これらの 値を自分で入力する必要があります。ガイドスピードは恒星時の倍数で指定します。ほと んどのマウントでは恒星時の1×や0.5×といった値が指定されていますが、他の値を選択 することもできます。「キャリブレーションステップ」はデフォルト値の12のままにして おいてください(訳注:キャリブレーション時のステップ数を指定しています)。大抵は 良好な結果が得られるはずです。極端に小さな値を設定すると、シーイングの影響やマウ ントの微細な誤差を拾ってしまい、キャリブレーションエラーが発生する原因になります。 これらの値を入力すると、PHD2は現在のイメージスケールと推奨されるキャリブレーシ ョンのステップサイズを計算します。「OK」をクリックすると、値が「ガイド」タブの「キ ャリブレーションステップ」(Calibration step-size)に入力されます。「OK」をクリッ クすると「全体」(Global)タブおよび「カメラ」(Camera)タブにある焦点距離とカメ ラのピクセルサイズも更新されます。つまり、ここで変更を行うとそれは直ちに反映され ます。ただし「キャンセル」を押した場合は、変更は反映されません。なお、ここの「ガ イドスピード」欄にどんな数字を入れたとしても、マウントのガイドスピードのセッティ ング自体は変わらないことには気を付けてください。

¥細設定 全体	カメラ	ガイド	Algorithms	
Mount	Guide Algorithms			
	K経     Lステリシス     ・ カイ     ヒステリシス・カイ     ヒステリシス: 10     積極性: 100      ★     最小移動検知量(ビ	ידטר? וידטר? בידער? לדטרל: 0.1:	▼ 1ズム 2 ▲	赤緯 レジストスイッチ ▼ レジストスイッチ・ガイド・アルゴリズム 積極性: 100 ↓ 最小移動検知量(ピクセル): 0.10 ↓ 『 大きな変位に対する高速切り替え
	Max RA durat	ion: 1000	A Y	■ Use backlash comp Amount: 0 🗼 Max Dec duration: 1000 🔍 赤緯(Dec)ガイドモード: Auto 🗸
				OK キャンセル

「アルゴリズム」(Algorithms)タブ

「アルゴリズム」タブでは、使用したいガイドアルゴリズムを選択し、それらに属する パラメータを調整することができます。アルゴリズムの選択を変更すると、表示されるパ ラメータの種類は大幅に変化します。そのため、ガイドアルゴリズムに関連するパラメー タについては、別のセクションで一緒に説明します。 ガイドアルゴリズムの選択から独立している残りのコントロールは、以下に示す通りです。

- 「最大持続時間 RA」(Max RA Duration):赤経方向について、許容される最長の ガイドパルス持続時間を指定します。突風やホットピクセル発生といった偽のイベン トによる大きな変位の誤認識を「追尾」するのを防ぎたい場合には、デフォルト値よ り下げる必要があるかもしれません。
- Use backlash comp:赤緯側のガイド方向が反転する際に、PHD2が補正を行うかどう かを設定します。バックラッシュの測定と望ましい補正量の初期値の計算は「ガイド アシスタント」で行います。補正量は「Amount」の欄に設定します。この補正量は、 オーバーシュートや振動が発生するのを避けるため、PHD2によって引き下げられる ことがあります。PHD2では過修正を検知し、調整することができるので、ここで設 定されるバックラッシュ補正は、マウントのコントローラ側で設定するバックラッシュ 補正の固定値よりうまく働きます。PHD2によるバックラッシュ補正を使用する場 合、マウント側のバックラッシュ補正は無効にしてください。詳細は「ガイドアシス タント」のセクションを参照してください。
- 「最大持続時間 Dec」(Max Dec. Duration):赤緯方向について、許容される最長 のガイドパルス持続時間を指定します(上記項目の「赤経」が「赤緯」に変わっただ けです)。
- 「赤緯ガイドモード」(Dec guide mode):赤緯方向のガイドを行うための追加の制 御を提供します。赤緯方向のガイドは、赤経方向のガイドと異なり、マウントのギア の不完全性によるエラーは発生しません。その代り、赤緯方向の変位は主に極軸設定 のずれや機材のたわみによっておこります。その結果、初めの方の修正がオーバーシ ュートしない限り、エラーは滑らかかつ一定方向になるはずです。デフォルト値の 「auto」では、各々のガイドアルゴリズムの判断による、方向の反転は許容されます。 しかし、マウントに大きなバックラッシュがある場合、反転動作を止めたい場合があ るかもしれません。その場合、「north」または「south」を選ぶことによって、修正 動作を一方向に限定することができます。しかし、これらのモードで修正がオーバー シュートした場合、星の位置は長時間ずれたままになることに留意してください。な ので、これらのモードを使う場合は「積極性」には保守的な値を使った方がよいでし ょう。なお、ここで「none」を選択すると、赤緯方向のガイドは完全に無効になりま す。

## 「Other Devices」タブ

詳細設定								×
全体	カメラ	ガイド	Algorithms	Other Devic	es			
- AO 設定								
Cal steps:	4	Samples	to average:	Bur	np percentage:	80		
Bump step	os: 1	<b>V</b> Bump	on dither	V E	Enable AO correc	ctions		
Clear A	O calibration							
ローテータ	定							
Reverse	e sign of angle							
							ОК	キャンセル

補償光学装置やローテータを用いている場合、「Other Devices」タブが現れます。

上半分は AO に関するものです。キャリブレーションプロセスや「bump」コマンドが発 行された場合の動作制御は最初の4つのパラメータで行います。「キャリブレーションス テップ」(Cal steps)は、キャリブレーション時にチップ/ティルト素子が上下左右に動作 する大きさを AO ステップ数で指定します。ガイド星の位置はキャリブレーションの各段 階の最初と最後に測定されますが、「平均するサンプル」(samples to average)パラメー タはいくつの測定点を採用するかを設定します。シーイングによりガイド星は常に跳ね回 るので、画像の平均化は重要です。前述したように、AO ユニットが補正できるのは、ガイ ド星の動きが限られた範囲内に収まっている場合のみです。実際に補正限界に到達する前 にマウントの「bump」修正を開始したいだろうと思いますが、「Bump率」(bump percentage) はこの目的のために使います。マウントを動かすために、完全な bump 修正は段階的に行 われますが、「Bump ステップ」(bump step)はこのときの段階の大きさを設定します。 bump 動作が始まっても、ガイド星が「Bump 率」(bump percentage)領域の範囲外にと どまっている場合、PHD2 は星が範囲内に戻るまで bump サイズを増やし続けます。中央 に戻るまでのこの追加の動きは、設定された「bump step size」に従って行われます。この 複雑さは、マウントが bump 動作していても星像を長引かせることなく、良好なガイドを 維持するために必要なものです。bump 動作の間も AO は補正を続けており、長時間の mount bump は AO によって相殺されます。

「Bump on dither」は、ディザリングのコマンドを受信してガイド星を AO の中心付近 に戻す時、マウントが bump するようにします。AO ガイドコマンドの有効・無効を切り替 えるには、「ガイド」タブの「Enable mount guiding」のチェックボックスで行います。 つまり、チップ/ティルト素子へのガイドコマンドの有効・無効、マウントへの bump ガイ ドコマンドの有効・無効は独立に設定できます。同じ原則は「Clear AO calibration」でも 言えて、マウントのキャリブレーションに影響することなく、AO のみ再キャリブレーショ ンを強制的に行うことができます。

AOを用いている場合、「アルゴリズム」タブにはAOのチップ/ティルト光学素子の制 御についての選択肢のみ現れます。

詳細設定					<b>x</b>
全体	カメラ	ガイド	Algorithms	Other Devices	
~ AO Guide A	lgorithms		-		
- 赤経		•	赤緯	•	
ガー 設定	(ド・アルゴリ) E項目無し	ズムー	- ガイド・フ 設定項目無	アルゴリズム 無し	
				OK =17	ンセル

AO デバイスは重量のある装置を動かすわけではないので、ガイドアルゴリズムのパラメ ータをより積極的なものにすることができます。デフォルトのアルゴリズムは「無し」(None) になっていますが、これは制動も履歴ベースの計算も一切考慮に入れないことを示してい ます。この場合、修正は直近のガイドフレームにのみ基づいて行われ、変位を 100%修正す るように動作します。他のアルゴリズムを用いる場合、おそらく 100%といった高いレベル の「積極性」(aggressiveness) から始めるべきです。これら以外の、普段「アルゴリズム」 タブに表示される共通ガイドパラメータは、AO の制御には必要ないため表示されません。 ローテータについては、デバイスの動作をASCOMにおける正の角度、負の角度の規程 と一致させるための、1つのパラメータしかありません。「反転」(Reversed)チェック ボックスは、奇数枚のミラーを使用しているために画像が反転するシステムに対して使用 します。回転の方向と大きさの情報はキャリブレーションデータを調整するのに使われ、 PHD2は「回転角は空に対して反時計回りに0度から数え、360度は含めない」という ASCOMの標準に準拠します。ここにチェックを入れるべきかどうかの判断は、実際に実 験してみるのが最も手っ取り早い方法です

# ガイドアルゴリズム

### ガイド理論

PHD2のデフォルトのガイドアルゴリズムは十分に確立されており、ほとんどのユーザ ーにとって満足のいくものです。すでにガイドの経験があって基礎を理解している場合を 除き、アルゴリズムを変更することには慎重でなければなりません。しかし、変更しなけ ればならない特殊な事情があるかもしれませんし、単に異なるアルゴリズムを試してみた いだけかもしれません。PHD2の詳細設定ダイアログはそれを容易にします。いずれのア ルゴリズムも、観測されたガイド星の変位をどのようにガイドコマンドに翻訳し、星を初 期の位置に戻すか、を制御するパラメータセットを持っています。

これらのパラメータの詳細を説明する前に、ガイド理論をちょっと復習し、これらのア ルゴリズムが何を達成しようとしているのかを見てみましょう。仕組みが全く異なる光学 補償装置は別として、従来型のガイドには大きな課題があります。それは「どうやって数 十~数百ポンドの重量の機械を、星像が尾を引いたり楕円形になったりしないほど高精度 に動かすか」です。このタイプのガイドに望めるのは、「速くてランダム」ではなく「遅 くて一定」な追尾エラーへの対処だけです。(修正可能な)遅くて一定なエラーの原因は 以下のようなものです。

- 赤経ギアの機械的な不完全性―「ピリオディックエラー」の原因になるものも含む。
- 恒星時に対するマウントの回転速度の微細なズレ
- 大気差……地平線近くでは、星は「よりゆっくり動く」ように見える。
- 「撮影鏡-ガイド鏡間の相対位置のズレ」以外の機械的な歪みやたわみ
- 極軸設定のズレ

上記のリストに含まれていないのは何で、従来のガイドで修正できないのは何でしょう か?残念ながら、それは非常に長いリストになります。そのうちのいくつかを示すと

- シーイング(大気の乱れ)
- ギアノイズ、粗さ、振動
- 撮影鏡・ガイド鏡間の相対位置のズレ
- 突風、ケーブルの引っ掛かり、駆動ギアのきしみ etc. etc...

各ガイドアルゴリズムに共通するのは、他の要因を無視しても、遅くて一定のズレに何 とかして対応しなければならない、という部分です。ガイド星の変位は様々な原因を内包 しているので、これは非常に難しい問題です。それにたとえこれが困難でなかったとして も、現実世界のマウントは完璧ではなく、完全に望んだ通りには動かない、ということに 留意する必要があります。通常、アルゴリズムに求められる最も重要なことは、過修正を 避けるということです。マウントが行ったり来たりするようではガイドは決して安定しま せん。こうしたアルゴリズムに対する典型的なアプローチは、ガイドの修正に「慣性」ま たは「インピーダンス」を適用することです。すなわち、方向や振幅の大きな変化を必要 とする修正を行うには「消極的」である一方、パターンに従い、かつ以前に行われた修正 とおおむね一致した補正を行うことを意味します。方向の切り替えに対する抵抗は、ギア のバックラッシュが共通の問題となる赤緯方向において特に重要です。できれば、この背 景説明がガイドの基礎への十分な洞察を与え、PHD2で用いられる様々なガイドパラメー タを有効に活用できるようになってほしいと願っています。

## ガイドアルゴリズムパラメータ

PHD2において、様々なガイドアルゴリズムを赤経軸または赤緯軸のそれぞれに適用す ることができます。これらのアルゴリズムのほとんどは「最小移動検知量」パラメータを もっています。これは、過度に小さくて星像の形に影響を与えないような、あるいはシー イングなどによる一時的に起こるような変位に対し、ガイド補正を行わないようにするも のです(訳注:いわゆる「不感帯」)。これらの値はピクセル単位で入力されるので、星 像がどの程度の大きさになるのか考える必要があります。デフォルト値は短~中焦点距離 のシステムではうまく機能しますが、長焦点距離のシステムを利用していて星像が大きく なると予想される場合は、値を大きくする必要があります。

ヒステリシス・アルゴリズムは、直近に行われていたガイド修正を「記憶」し、次のガ イド修正を計算する際の参考にします。パーセンテージであらわされるヒステリシスパラ メータは、現在のガイドフレーム内の星の変位に対し、履歴をどの程度考慮するかの「重 みづけ」を決定します。ヒステリシスパラメータが 10%である例を考えてみましょう。こ の場合、次のガイド修正は現在のガイドフレーム内の星の動きに 90%、直近のガイド修正 に 10%、それぞれ影響を受けます。ヒステリシスパラメータを大きくすると、修正は滑ら かになりますが、本来の変位に対する反応が遅くなるリスクがあります。ヒステリシス・ アルゴリズムにも、過修正を低減するための「積極性」(aggressiveness)パラメータが存 在し、これもまたパーセンテージで表されます。各フレームにおいて、PHD2 はマウント をどのくらいの量、どの方向に動かすべきかを計算しています。「積極性」パラメータは この度合いを調整します。たとえば、星の変位が評価され、0.5 ピクセルの修正動作が必要 な場合を考えます。「積極性」が 100%に設定されている場合、マウントを 0.5 ピクセル分 動かすよう、ガイドコマンドが発行されます。しかし「積極性」が 60%の場合、マウント は 60%分、すなわち 0.3 ピクセル分しか移動しません。もし使っているマウントが常にオ ーバーシュートする傾向があるのなら、この値を少し下げてみます (たとえば 10%刻みで)。 逆に PHD2 が星の動きに追従しきれていないようなら、少し上げてみます。ちょっとした ことですが、これは大変効果的です。

レジストスイッチ・アルゴリズムは、その名の通り(regist = 抵抗、switch = 切り替え) の動作をします。すなわち、ヒステリシス・アルゴリズムのように過去のガイド修正の履 歴を保持し続け、十分な「理由」がないと修正方向が反転しません。このアルゴリズムは、 反転動作がギアのバックラッシュを誘発しやすい、赤緯方向のガイドに適しています。そ のため、レジストスイッチは、正常な反転動作が期待される赤経方向ではなく、赤緯方向 のデフォルトアルゴリズムになっています。

ローパス・アルゴリズムも、次のガイド修正を計算するのに、直近のガイド修正履歴を 用います。マウントの動作を計算する際の起点には、直近の履歴から求められたガイド星 の変位の中央値を使用します。このことは、次の修正動作を計算するにあたって、現在の ガイドフレーム内の星の変位が与える影響が比較的小さく、急速な変化に対して非常に反 応しにくいことを示しています。しかし、履歴の蓄積は、変位が一定方向に続いていたり、 より悪化していたりするかどうかを判断する計算も含みます。パーセンテージで表される 「勾配重み」(slope weight parameter)は、実際のガイダーの動きを計算する際、これを どの程度考慮に入れるかを設定します。これは極めて緩慢な変位に対してアルゴリズムを 維持するものです。ローパス・アルゴリズムは急激な変化に追従しにくいので、赤緯方向 のガイドに最も適しているでしょう。

ローパス2・アルゴリズムはローパス・アルゴリズムのバリエーションで、少し異なるふ るまいをします。ガイド修正の履歴を維持するのは同じですが、次の修正は前に発せられ たコマンドを単純に線形に延長したものになります(すなわち勾配計算)。これは方向の 急激な変動が見られた時まで続き、その時点で履歴はクリアされます。このアルゴリズム には調整可能な2つのパラメータがあります。「最小移動検知量」(minimum-move)と 「積極性」(aggressiveness)です。「最小移動検知量」は他のアルゴリズムのものと同様 の効果を持っており、「積極性」はガイド修正のサイズを弱めます。ローパス2は非常に 保存的かつ高度に履歴に依存したアルゴリズムなので、良いシーイングの下、バックラッシュの少ない正確に動作するマウントを使用しているユーザーにとって良い選択となるか もしれません。

## ツールとユーティリティ

### 手動ガイド(Manual guide)

手動ガイド
マウント
North
West East
South
ガイドバルス持続(ms): 750 🖕 リセット
ディザー MOVE4 (+/- 3.0) • スケール 1.0 🛓 🛛 赤経(RA)のみ ディザー

新しいマウントと接続してキャリブレーションに問題が起こった場合など、PHD2のコ マンドが正しくマウントに届いているのか、確認したい場合があるでしょう。あるいはマ ウントをちょっと動作させたり、マニュアルディザリングについて実験してみたい場合も あるでしょう。「ツール」(Tools)メニューの「手動ガイド」(Manual guide)をクリッ クすると、マウントをガイド速度で自由に動かすためのダイアログが現れます。ボタンを 押すたびに「ガイドパルス持続」(Guide Pulse Duration)で設定された長さだけパルス が送出されます。デフォルト値は「詳細設定」(Advanced setting)(Advanced setting) ダイアログの「キャリブレーションステップ」(Calibration step-size)で設定した値にな ります。キャリブレーションの問題を解決しようとする場合、マウントが PHD2 からのコ マンドを受け取っているかを確認するため、マウントに耳を傾けてください(目で見るよ りも)。これはマウントが PHD2 からの信号に応答しているかどうかを確認するものです。 マウントの動き(ガイド速度で動いています)を目で確認することはできませんが、耳で なら判別できるかもしれません。そのほかには、モーター自身を見たり、望遠鏡にレーザ ーポインターを取り付けて指し示した先が動くのを見る(動きが増幅されます)方法など があります。補償光学装置を取り付けている場合、AO とマウントとでそれぞれ別の動作ボ タンが現れます。

ディザリングは、通常、PHD2サーバインタフェースを介して、画像キャプチャまたは 自動化アプリケーションで主に使用されます。しかし、ダイアログ下部のコントロールを 使うことで、マニュアルディザリングやディザー設定の実験を行うことができます。左側 にある「ディザー」 (Dither) フィールドではマウントの移動量をピクセル単位で指定し ます。この量に対し、右側の「スケール」 (Scale) コントロールで指定した係数をかけて 大きくすることもできます。これら2つのコントロールが、ディザリングにおける最大移 動量、すなわち「スケール」×「ディザー」を決定します。「ディザー」ボタンを押すと、 PHD2は移動総量が上限以下になるように、マウントを東西南北のいずれかの方向にラン ダムに動かします。「赤経(RA)のみ」(RA only)のチェックボックスがチェックされ ていた場合、動作は東西のみになります。もちろん、この方法でマニュアルディザリング を行っている場合は、カメラが露出中でないことを確認してください。

### 星の自動選択

「ツール」(Tools)メニューの下の「ガイド星の自動選択」(Auto-select Star)をクリ ック、もしくはキーボードショートカットで「Alt+S」を押すと、PHD2は現在のガイドイ メージを探索してガイドに適切な星を選び出します。PHD2は他の星から離れていて、か つフレームの縁近くになく、そして十分に明るい星を選択しようとします。選択された星 は、画面上では非常に暗く見えるかもしれませんが、たいていの場合それは問題ではあり ません。「ガイド星プロファイル」(Star Profile)ツールを使うと選択された星の状態を 確認できますが、人がガイド星を直接選んだ場合と同様、飽和しておらず、シャープであ ることが分かると思います。自動選択は絶対に確実というわけではないので、自動選択の 結果が気に入らない場合は自分自身で選ぶべきです。自動選択を使用したい場合、誤って ホットピクセルが選択されないよう、不良ピクセルマップやダークライブラリを活用すべ きです。

## キャリブレーションデータの詳細

キャリブレーションに関連するウィンドウの多くは以下のようなものです。



ここで最初に見るべきは左側のグラフで、ここにはキャリブレーションの際、PHD2か らの指令によってガイド星がどう動いたかが記録されています。ラインはキャリブレーシ ョン結果から計算された赤経、赤緯の方向を示していて、これらはおおよそ直交している はずです。データポイントは完璧にライン上に乗りはしませんが、一方で、大きくカーブ を描いたり、鋭く屈曲したり、方向が逆転したりしてはいけません。右側の表には望遠鏡 の向きやガイドに関連した ASCOM の設定値が表示されます。マウントを ASCOM で制御 しておらず、また"aux"マウントを選択していない場合、これらは表示されません。表には 空の同じ位置で「完璧な」キャリブレーションが行われた場合に期待されるガイディング レートと、実際に使用されたガイドスピードの設定も表示されます。これらの理想の値が 達成されることはまずありませんが、極端に値が外れていない限り、心配はいりません。 キャリブレーション終了時に警告メッセージが出ない限り、キャリブレーション結果はお そらく十分に良好です。キャリブレーションを長期にわたって再利用したい場合、ここの 情報をチェックしてキャリブレーション結果が良好であることを確認する価値はあります。 ハイエンドのマウントを使っているベテランでもキャリブレーション不良はあり得るので、 このようなケースではチェックしたほうがいいでしょう。

#### 赤緯軸のバックラッシュ

キャリブレーションに問題を引き起こす原因としてよくあるのが赤緯軸のバックラッシ ュで、これ自体はギアを用いたマウントには多かれ少なかれ存在するものです。しかしマ ウントによっては、キャリブレーションやガイドの不良を引き起こすことがあります。以 下のキャリブレーションデータを見てください。



問題の最初の手がかりは、赤緯のガイドレート(Dec rate)と赤経のガイドレート(RA rate) にあります。この例では赤緯側のレートが赤経側の1/2程度になっていますが、普通ではあ りえないことです。実際、これによりキャリブレーション時に警告が出ます。次に、青で 示される赤緯側のグラフを見ると、原点近くに点が集中しているのが分かります。赤緯側 のキャリブレーションでは16ステップかかっていますが、マウントがまともに動いている のは最後の9ステップだけで、最初の7ステップはバックラッシュのために全く無駄にな っています。ここには2つの問題があります。第一に、キャリブレーション結果が悪く、 赤緯側の正しいガイドレートを求めるにはやり直しが必要であること。第二に、ガイドレ ートがもし正しかったとしても、マウントの回転方向が反転するときの動きが非常に悪い 点です。キャリブレーションについては、最初に北方向へ、所定のガイド速度で10~20秒 程度、すなわちガイド星が画面上で動き始めるまで動かすことで改善することができます。 「手動ガイド」ツールや、マウントのコントローラで操作すればよいでしょう。これを行 えば、赤緯軸のバックラッシュはほぼ解消されているはずです。再キャリブレーションを 行えば、正しいガイドレートを得ることができるでしょう。2つ目の問題については、マウ

ントの機械的な調整が必要です。バックラッシュ補正を用いる手もありますが、バックラ

ッシュが 2~3 秒より大きい場合はあまりうまく働きません。制御可能な程度までバックラ ッシュを減らせないようであれば、赤緯のガイドについては一定方向にだけ行うことを考 えるべきです。これを行う場合、極軸設定エラーによりマウントがどちら側にドリフトす るのかを確認し、PHD2 に適切な修正方向を設定する必要があります。例えば、マウント が北方向にドリフトする傾向があれば、ガイドコマンドを南方向のみに制限します。理想 的な解決方法でないのは確かですが、このテクニックを用いている人は多く、これにより かなり長時間の露出が可能になり、まともなガイド結果を得ることができます。

#### その他のキャリブレーション関連メニュー

キャリブレーションデータは、キャリブレーションが正常に終了するたびに自動的に保 存されます。キャリブレーションデータの利用については、データの再読み込みや子午線 通過後の反転を含め、すでに説明しました。これらの機能にアクセスするには、「ツール」 (Tools) メニューの下の「キャリブレーションデータの操作」(Modify Calibration)サ

ブメニューを利用します。ここにはキャリブレーションに関連した2つのアイテムがあり ます。すなわち、現在のデータをクリアするためのオプションと、キャリブレーションデ ータを手動で入力するためのオプションです。「クリア」オプションは「詳細設定」

(Advanced setting) ダイアログにある「キャリブレーションクリア」(Clear calibration) チェックボックスと同じもので、ガイドが再開されるときに再キャリブレーションを行わ せるものです。「キャリブレーションデータの入力」(Enter calibration data) オプショ ンは非常に特殊な状況の下、かつ自分が何を行おうとしているのかを完全に理解している 場合のみ使われるもので、完全性の問題として提供されているものです。「キャリブレー ションデータの入力」をクリックすると、比較的低レベルのキャリブレーションデータの 入力を可能にするダイアログボックスが表示されます。ここには以前のセッションのデー タ、おそらく PHD2 のガイディングログファイルから抽出したデータを入力することにな るでしょう。ASCOM(または"aux"マウント)で接続している場合、これらのキャリブレ ーションデータの操作はほとんど必要ありません。

### PHD2 サーバ

PHD2は、ガイドプロセスの制御を必要とする、サードパーティ製のイメージングアプ リケーションや自動化アプリケーションをサポートします。Stark Lab の Nebulosity プロ グラムはその最初のものですが、他のアプリケーションも次々に作成されています。PHD2 サーバプロセスを使用することで、イメージキャプチャプログラムは露出中のディザリン グを制御したり、撮像用のメインカメラから画像をダウンロードしている間、ガイドカメ ラの露出を一時停止したりすることが可能になります。対応アプリケーションでこれらの 機能を使用するには「ツール」(Tools)メニュー下の「Enable Server」をクリックして ください。サーバインターフェイスは PHD2 で実質的に再処理され、PHD2 のほとんどの 機能をアプリケーションから利用することができるようになります。サーバ API について の文書は PHD2 Wiki で提供されています。

## ディザリング

ディザリングの一番の目的は、ホットピクセルに代表される固定的なノイズパターンを 除去し、以降の画像処理を容易にすることにあります。これはほぼ純粋に、使用している カメラの、より控えめに言えば画像処理ソフトの機能に関連した話です。温度制御された、 ノイズの少ないカメラを使っている人にとって、ダークフレーム処理で除去できないホッ トピクセルを消す方法として、ディザリングは非常に便利な方法です。ホットピクセルの 位置はセンサーの経年劣化により変化するので、ダークライブラリでは補正しきれません。 これらのホットピクセルは後処理でも消せますが、数が多いと面倒なものです。ディザリ ングはカラム欠陥のようなセンサーの問題にも対応できますし、センサー温度がコントロ ールされていないためにダークライブラリが使用できないケースで特に有用です。そのた め、一眼レフではディザリングがよく用いられます。PHD2 ではディザリング機能はサー バーインターフェイスを介して提供されるので、これを使うには「ツール」メニューの下 の「サーバを有効化」にチェックを入れます。最初に、ガイド中に使用する最大のディザ ーサイズをイメージングアプリケーション側で決定します。アプリケーションがディザー コマンドを発行すると、PHD2は乱数発生装置を使って実際に適用するディザーサイズを 決定します。ディザーサイズは0から最大許容量の間になります。ディザリングが特定の パターンを描いたり、以前と同じフレーム位置を使用するのを避けるため、ディザー量を 疑似乱数で設定したいかもしれません。しかし PHD2 のディザリングに対応したアプリケ

ーションのいくつかでは、ディザーサイズの最大値は直接指定できず、大・中・小から選 ぶだけで最大値が既定値で固定されていることがあります。そのため、PHD2では「詳細 設定」の「全体」(Grobal)タブで「ディザー処理スケール」を設定できるようになって います。これはディザー量の範囲を調整するための係数です。スケールが1の場合、ディ ザー量は元のまま変わりませんが、10にするとディザー量は10倍になるといった具合です。 最大値を直接設定できるアプリケーション(例:PHD\_Dither)を用いている場合、ディザ ー処理スケールは1のままにしてください。言い換えれば、大・中・小でディザー量を設 定するアプリケーションを使っていて、その範囲設定に満足できない場合にこの数字を調 節します。

ディザリングには2つのデメリットがあります。すなわち、1) 「安定化期間」のための 余分な時間とその不確実性 2) 最終的にフレームをスタックした時にクロップが必要にな る点です。ここで言う「安定化期間」というのは、ディザーコマンドによりマウントが動 いて落ち着くまでの時間のことです。ディザーコマンドを発行するイメージングアプリケ ーションでは、ガイドが安定して撮影を再開できるようになる時間も設定します。アプリ ケーションは、固定値で「安定化期間」を PHD2 に設定させることもできますし、アプリ ケーション自身が計算することも可能です。イメージング/ディザリングアプリケーション がどのような仕様になっているかは確認する必要があります。アプリケーションが最新の PHD2 サーバインターフェイスを用いている場合、安定化期間は「直近 10 秒間のガイドエ ラーが1.5ピクセル以下になるまで」といった形で指定できます。これは、安定化にどのく らいの厳密性を求めるかによって変化します。赤緯方向のディザリングを行っていて、デ ィザリングが方向変化を伴っている場合、長めの時間を設定したほうが良いでしょう。ほ とんどの架台は赤緯軸のバックラッシュがあるので、正しい方向に動き出すのに余分にガ イドコマンドが必要で、目的の位置に到達するまで余分に時間がかかるためです。PHD2 に、赤経軸のみディザリングするオプションがあるのはそのためです。この設定は「全体」 (Grobal) タブの「ディザー処理スケール」欄の左隣にあります。

### ロギングおよびデバッグ出力

PHD2は必要に応じて2種類のログファイル、すなわちデバッグログとガイドログを生成することができます。どちらもそれぞれ違った意味で、非常に有用なものです。

ガイドログは PHD で生成されるものと似ていますが、より多くの情報を与えます。ガイ ドログは人や外部アプリケーションが利用しやすい形式に整えられています。たとえば、 (PHD2には含まれていませんが) PHDLogViewer は、ガイドログのデータに基づいて様々 なグラフや統計を生成することができます。また、解析のために Excel や他のアプリケー ションに読み込ませるのも簡単です。Excel にデータをインポートする場合、カンマを区切 り文字として指定するだけです。

デバッグログは PHD2 のセッション内で行われたすべてを完全に記録するので、発生し た問題を特定するのに非常に便利です。人が見やすいテキスト形式で記録されているので、 何が起こったかを知るためにデバッグログを解析するのは難しくありません。ソフトウェ アの問題を報告する必要がある場合、ほぼ確実にデバッグログファイルを提供するように 求められます。ログファイルがなければ、いかなる助けも得られないでしょう。これらロ グファイルの生成は「ツール」 (Tools) メニューの中にある該当する項目をチェックする ことで有効にでき、通常はチェックされた状態にしておきます。

ログファイルの保存場所は、「詳細設定」の「全体」(Global)タブのにある「ログフ ァイル保存場所」(Log File Location)で設定します。デフォルトでは、ログファイルは OS で規定されている、ユーザーデータ保存用のディレクトリに保存されます。たとえば Windows7 の場合、ファイルは「マイドキュメント」下に作成される「PHD2」サブフォル ダに保存されます。これだと不便な場合、このフィールドを編集することで任意の場所に ログを保存させることができます。

特殊なケースでは、デバッグや問題解決のために、ガイドカメラからの画像をキャプチ ャする必要があります。これは「ツール」(Tools)メニューの中の「ガイド星画像の記録 を有効化」(Enable Star-image Logging)にチェックを入れることで有効にすることがで きます。キャプチャされた画像は他のログファイルと同じところに保存されます。これら の画像のフォーマットは、「詳細設定」の「全体」(Global)タブで設定します。障害の 記録が目的の場合、最も融通の利く「Raw Fits」を選ぶべきです。

### ドリフトアライメント

ドリフトアラインメントは、よく知られた極軸合わせの方法で、「ゴールドスタンダード」ともいえるものです。ドリフトアライメントツールは、ドリフトアライメントのプロ

セスを補助し、定量的な結果を得ることができるようにするウィザード形式類似のツール です。オートガイダーのキャリブレーションが完了したら、「ツール」(Tools)メニュー の下の「ドリフトアライメント」(Drift Align)をクリックしてください。最初に現れる ダイアログでは、マウントの方位の調整を行います。ASCOMでマウントと接続している 場合、天の赤道と子午線の交点付近にマウントを旋回させるオプションがあるでしょう。 ASCOMを用いていない場合、手動でそちらの方角に望遠鏡を向けます。望遠鏡がそちら の方向を向き、視野内に適当な星を捉えたら、「ドリフト」(Drift)ボタンを押してデー タ収集を開始します。グラフウィンドウには星の変位や修正の様子が表示されますが、よ り重要なのは2本のトレンドラインです。赤緯方向のトレンドラインが安定し、露出ごと に跳ね回らなくなるまで露出を続けます。グラフウィンドウの下部には方位方向の極軸設 定のズレが表示されます。また、イメージウィンドウにはガイド星の周囲にマゼンタの円 が表示されます。この円は、方位を調整した時にガイド星がどの程度動くかの上限を示し ています(最初は円が大きすぎて画面上では見えないかもしれないので、ある程度方位を 追い込むまで、この円は気にしなくていいでしょう)。

そうしたら、ガイドを止めるために「調整」(Adjust)ボタンを押し、マウントの向き を調整します。調整の際はガイド星の動きを見て、マゼンタの円に近づきつつも越えない よう気を付けます。方位を調整したら再び「ドリフト」(Drift)ボタンを押し、測定を繰 り返します。調整が正しい方向に行われて過修正になっていなければ、赤緯のトレンドラ インは水平に近づきます。これを設置精度に満足するまで繰り返します。「ノート」(notes) フィールドは、調整によってドリフトラインがどう動いたかを記録するのに使用すること ができます。たとえば、マウントを反時計回りに動かすとドリフトラインが上昇した、と いった具合です。これらの記載はPHD2セッションをまたいで保持されるので、次回以降 はより素早くセッティングすることが可能になります。

使用しているマウントでのドリフトアライメントの経験を積むまで、調整のパートは 少々面倒かもしれません。最初は調整ノブを「どのくらいの量」「どちらの方向に」回せ ば望むような結果が得られるのか、見定めなければなりません。これを助けるために、PHD2 のドリフトアラインツールは「ブックマーク」機能をサポートしています。これは調整前 後のガイド星の位置を記録するもので、以下のキーボードショートカットで機能にアクセ スすることができます

- b: ブックマークの表示/非表示
- Shift-b:現在のガイド星の位置をブックマークに記録する (the "lock position")
- Ctrl-b: ブックマークをクリアする

 Ctrl-click somewhere on the image: クリックした位置をブックマークに記録する、 あるいは記録したブックマークを消去する

マウントの調整を行う前にブックマークを設定することで、調整によりガイドフレーム 中の星がどう動くのか、わかりやすくなります。

次に「高度」(Altitude)ボタンを押します。望遠鏡を、天の赤道付近で高度 25~30 度 程度の空に向けます。極軸の高度を合わせるため、「ドリフト」(Drift)ボタンを押して データの収集を開始します。方位の場合と同様、ノートに調整とドリフトラインの関係を 記載しながら、結果に満足するまで調整と測定を繰り返します。高度の大幅な調整を行っ た場合は、方位の測定と調整を繰り返す必要があります。この手順に従って作業すれば、 誤差が定量的に分かった上で、高精度で極軸を合わせることができます。極軸がしっかり あっていれば、特に赤緯方向で良好なガイドパフォーマンスを得ることができるでしょう。

マウントと ASCOM で接続している場合(含"aux"接続)、ドリフトアライメントツー ルはより使いやすくなります。あとで ST-4 互換で運用する場合でも、ドリフトアライメン トのために ASCOM で接続することを勧めます。ASCOM で接続しない場合、以下の機能 が使えません。

- 望遠鏡の姿勢データの取得と操作ができません。望遠鏡は自分で動かす必要があります。ただし、視野の中に適切な星があれば、目標の高度と方位はおよそで構いません。
- 調整の目安となるマゼンタの円が不正確になり、点線で表示されるようになります。
   点線の円は調整の上限を示すだけなので、過修正を防ぐには少しづつ調整しなくては
   なりません。

ドリフトアライメントのより詳細なチュートリアルは Openphdguiding のウェブサイト から参照することができます。この機能を初めて使うユーザーはぜひ目を通してください。 (https://sites.google.com/site/openphdguiding/phd2-drift-alignment)

### ロックポジション

PHD2は通常、キャリブレーション完了時にガイド星がいた場所を「ロック位置」(lock position)として設定します。厳密に言えば、この位置はキャリブレーション開始時に星が あった位置とは一おそらく数ピクセル程度ですが一異なります。被写体を正確に中央に位 置させたい場合、「ロック位置保持」(sticky lock position)を使うとよいでしょう。キャ リブレーションを始める前、ガイド星をクリックしたら、「ツール」(Tools)メニューの 下の「ロック位置保持」(Sticky Lock Position)をクリックします。キャリブレーション が完了すると、PHD2はガイド星が「ロック位置保持」で設定した位置に来るよう、マウ ントを動かします。「ロック位置保持」はガイドを中断・再開しても有効です。これは、PHD2 がマウントの位置を変更するのにかける時間を使ってでも、ガイド星の(ひいては 被写体の)厳密なポジショニングを確実にするものです。

#### 彗星追尾(Comet Tracking)

彗星を撮影する方法の1つは、PHD2において彗星自身をガイド星として使うやり方で すが、いつでもうまくいくとは限りません。たとえば彗星核への集光が弱い場合などがそ うですし、オフアキシスガイダーを使っている場合は彗星がガイドカメラから見えないか もしれません。

PHD2は彗星自身でのガイドが困難な場合に使える「彗星追尾」(Comet Tracking)ツ ールを備えています。考え方としては、ガイド自体は星を基準に行うものの、彗星の動き に合わせてロック位置を徐々に変化させるというものです。

PHD2に彗星の追尾速度を入力するには3つの方法があります。

- Cartes du Ciel などのプラネタリウムソフトから、移動速度を直接 PHD2 に送る。
- 追尾速度を直接手動で入力する。
- 撮影用カメラで彗星を追跡し、PHD2に移動速度を学習させる。

彗星追尾	
1 b	有効化
赤	0
赤	0
一単位	
◎ ピクセル/時 💿 秒角	9/時
- <b>ē</b> ti	
◎ カメラ (X/Y)	◉ マウント (RA/Dec)
レートトレーニング	
حر	タート ストップ
彗星を撮影用カメラの中9 ガイド星を選定後、ガイト 開始をクリックするとトレ	Rに導入する。  なスタート。  レーニングが始まる。  ・

追尾速度を直接入力する場合、単位(unit)として「秒(角度)/時」(Arcsec/hr)、 軸(axes)として「マウント(RA/Dec)」を選択し、彗星の軌道要素を基にレートを入力 します(訳注:いわゆる「メトカーフガイド」に相当します)。

彗星の追尾速度の学習(レートトレーニング)は以下のように行います。

始めに、彗星を撮影用カメラの中心に導入します。撮影用ソフトに何らかのレチクルを 表示する機能があれば、イメージセンサー上の彗星の正確な位置を記録することができま す。準備ができたら、PHD2でガイド星を選択し、ガイドを開始します。次に彗星追尾ツ ールの「スタート」ボタンをクリックします。

撮影用ソフトの Frame & Focus 機能を用いて連続撮影を行ってください(訳注:ライブ ビューのこと)。時間がたつとともに、彗星は最初の位置からずれてくるので、PHD2の 「ロック位置の調整」(Adjust Lock Position)機能を用いて彗星を最初の位置に戻します。 Up/Down/Left/Rightの操作に応じて彗星がイメージセンサー上でどちらの方向に動くかは、 少し試してみる必要があります。「ロック位置の調整」ウィンドウの「常に最上部に表示」 (Always on top) ボタンを使うと、「ロック位置の調整」ウィンドウが常に最前面に表示

され、撮影用ソフトのウィンドウなどに隠れることがなくなるので便利です。

彗星を中心に戻すと、PHD2は即座に彗星の追尾速度を学習します。PHD2の彗星追尾 に満足したら、ストップをクリックして学習を終了することができます。PHD2は、彗星 追尾のオン・オフが切り替えられるまで、ロック位置をずらして彗星を追尾し続けます。

彗星追尾の練習は、搭載されているカメラのシミュレータを用いて行うことができます。 「Cam Dialog」の「彗星」オプションにチェックを入れると、シミュレータは彗星を表示 します。ブックマークを用いて彗星の初期位置をマークし、「ロック位置の調整」を用い て彗星をブックマーク位置に戻してやります。

### ガイドアシスタント

「ガイドアシスタント」は、現在のシーイングの状態やマウント、ガイドシステムの振 る舞いを計測する助けとなるツールです。起動すると、一時的にガイド出力が切られ、続 いてガイド星の動きが測定されます。これはシーイングによる高頻度な星の動きを観察す るのに役立ちます。これらの動きは周期が極めて短いため、通常のガイドでは修正できま せん。無理に修正しようとすると、かえって悪い結果となります。この高頻度の動きを無 視したうえでの最低限の動きを設定することで、最良の結果を得ることができます。「ガ イドアシスタント」はそのほかにも赤経方向・赤緯方向のズレの速度や、赤経方向の追尾 速度の変動を表示することもできます。これらを測定することは追尾性能の低さを改善す ることにつながるでしょうーたとえば、赤緯方向のズレの速度が大きければ、極軸合わせ を改善するなど。オプションを選択すれば、「ガイドアシスタント」で赤緯方向のバック ラッシュを測定することもできます。

「ガイドアシスタント」を最初に起動すると、以下のようなダイアログボックスが開き ます。

ガイドアシスタント				x
Choose a non-saturated	l star with a g	jood SNR (>= 8	) and begin guiding	
测定状况		1		
開始時間		露出時間		
S/N比		星の明るさ		
経過時間		サンプル数		
○高頻度な星の動き				
赤経, RMS				
赤緯, RMS				
トータル, RMS				
		1		
その他の星の動き				
赤経, Peak				
赤緯, Peak				
赤経, Peak-Peak				
ドリフトレート (赤経)				
最大ドリフトレート(赤経	9			
Drift-limiting exposure				
ドリフトレート(赤緯)				
Declination Backlash				
極軸設定エラー				
Dee Basklask				
Dec Backlash	1	_		
V Measure	Declination Bac	klash	Show Graph	
	スタート	ストップ	]	

ダイアログの上部には、ウィザードのように使い方が表示されます。「ガイドアシスタ ント」の測定を開始するには、まず通常のようにガイドを開始します。これにより、測定 対象の星の決定とデータ収集の準備が整います。そして「ガイドアシスタント」の「スタ ート」ボタンをクリックすると、測定が始まります。すると、ガイドコマンドが無効化さ れるので、星はディスプレイの中を移動し始めます(これは正常な動作です)。オートガ イダーからのイメージを取得すると統計量が計算され、リアルタイムでそれらが表示、更 新されます。特に注意を払うべきは、計測中の結果の平均が表示される「高頻度な星の動 き」(High-frequency Star Motion)のところの表です。データ収集から1分もするとこ れらの数値は落ち着いてきて、シーイングによる高頻度な星の動きがどの程度かについて の信頼できる結果を得ることができます。また、極軸設定のズレについても信頼できる結 果を得ることができます(計測時間がさらに長ければより正確になりますが)。極軸設定 のズレや、赤経軸のピリオディックエラーを正確に測定したい場合、ガイドアシスタント を10分ほど動かします。「ストップ」ボタンを押すと測定は終了します。もし「赤緯軸バ ックラッシュの測定」(Measure Declination Backlash)にチェックを入れていた場合は そのプロセスが始まります(後述)。そうでない場合、ガイドコマンドは再び有効になり、 データ収集プロセスは終了します。ズレの速度をはじめとした他の計算結果は、下の方の 表に表示されています。これらの値は秒角とピクセルの両方の単位で表示されます。ダイ アログはこのようになっているはずです。

ガイドアシスタント					x
ガイドは中断されて	います。推奨値を参考に	必要な変更を加えて	ください。[スタート]を押		
すと再測定を行い、	ウィンドウを閉じるとた	イドを再開します。			
测定状况					
開始時間	2016-04-23 14:27:1	露出時間	2秒		
S/N比	9.1	星の明るさ	28855.9		
経過時間	64秒	サンプル数	27		
高頻度な星の動き				推奨	
赤経, RMS		0.09 px(0.21 秒	)	Try to keep your exposure times in the	
赤緯, RMS		0.08 px(0.18 秒	角)	range of 2.0s to 4.0s	
トータル, RMS		0.12 px(0.27 秒	角)	Polar alignment error > 5 arc-min; that	
				could probably be improved.	
- その他の星の動き-				赤経の最小移動検知量を0.15にしてみてください。	演用
赤経, Peak		0.66 px(1.46 秒	)角)		
赤緯, Peak		0.52 px(1.15 秒	)角)	赤結の最小終動検知母を0.15にしてみてください。	(Ver con )
赤経, Peak-Peak		1.61 px ( 3.57 秒	)角)		通用
ドリフトレート (ま	5経)	0.98 px/分(2.17	7 秒角/分)		
最大ドリフトレート	~ (赤経)	0.06 px/秒(0.14	4 秒角/秒)		
Drift-limiting expo	osure	2.0 秒			
ドリフトレート (ま	<b>5</b> 緯)	-0.64 px/分(-1.43	2 秒角/分)		
Declination Backla	ash				
極軸設定エラー		> 5.4 分角			
		Dec Backlash			
		🔲 Measure Declin	ation Backlash	Show Graph	
		-	スタート ストップ		

ウィンドウ右側の「推奨」(Recommendation)には測定結果を反映させたものがまと められています。使用しているガイドアルゴリズムが最小移動検知量の設定を持っている なら、これらの値に基づいてパラメータを設定することができます。また、再測定するこ ともできますし、そのまま普段のガイドに戻るため、無視してウィンドウを閉じることも できます。

#### 赤緯軸バックラッシュの測定

「赤緯軸バックラッシュの測定」(Measure Declination Backlash)のボックスにチェ ックを入れている場合、「高頻度な星の動き」の測定が終わったのち、測定プロセスが直 ちにはじまります。言い換えれば、「ストップ」ボタンを押して「高頻度な星の動き」の 測定を終了させると、赤緯軸バックラッシュの測定が始まります。「スタート」「ストッ プ」ボタンの上には、以下のように新しいメッセージが現れます。

ガイドアシスタント			×	
Measuring backlas	h			
_				
測定状況				
開始時間	2016-04-23 14:10:2	露出時間	2秒	
S/N比	9.4	星の明るさ	30832.5	
経過時間	61秒	サンプル数	22	
高頻度な星の動き				
赤経, RMS		0.11 px(0.24 秒	角)	
赤緯, RMS		0.10 px(0.23 秒	角)	
トータル, RMS		0.15 px(0.33 秒角	角)	
その他の星の動き				
赤経, Peak		0.57 px(1.25 秒角)		
赤緯, Peak		0.77 px(1.71 秒f	角)	
赤経, Peak-Peak		1.71 px ( 3.78 秒)	角)	
ドリフトレート(赤約	<b>圣</b> )	-0.83 px/分(-1.84	秒角/分)	
最大ドリフトレート	(赤経)	0.07 px/秒 ( 0.15	秒角/秒)	
Drift-limiting expos	ure	2.0 秒		
ドリフトレート(赤	章)	-0.66 px/分(-1.46	秒角/分)	
Declination Backlas	h	0.5		
極軸設定エラー		> 5.6 分角		
Dec Bac	klash			
√ Mea	sure Declination Bac	klash Sho	ow Graph	
Measuring	) backlash: Moving	North for 650 ms	s, step 11 / 13	
	7.0- 5	7 5 11 7		
	73-F			

バックラッシュの測定のため、PHD2 は北方向に大きく星を動かし、次いで南に戻して いきます。ガイド星が視野の北端に近い位置にある場合、星を見失う危険性があります。 ガイド星は、北側に十分な余裕がある位置に存在するものを選ぶべきです。もし、星が追 尾検索区域から飛び出すことで、PHD2 が星を見失ってしまう場合、詳細設定の「ガイド」 (Guiding) タブで、一時的に追尾検索区域の大きさを広げます。20 ピクセルという検索 区域の大きさは、複数の星が区域内に入らないという点で、ほとんどの場合で正しく働く はずです。バックラッシュ測定の初期フェーズは、北方向に存在するバックラッシュを解 消するためのものです。ガイドアシスタントは、ガイド星がはっきりと動き始めるまでこ の動作を続けます。ガイド星が動き始めると、ガイドアシスタントは星を北方向に大きく 動かすための一連のコマンドを発行します。設定にもよりますが、これには少なくとも16 秒以上要し、その過程は表示されます。北への移動が完了すると、ガイドアシスタントは 南方向へ同数のコマンドを発行します。マウントに明確なバックラッシュがあれば、星が 南に動き出すには余分な時間がかかりますが、通常、うまく制御されます。南方向へのス テップが完了すると、実際に星が動いた移動距離にかかわらず、バックラッシュ量が計算 されます。しかし、もし星が南方向へ全く動かなかった場合、計算されるバックラッシュ 量は小さすぎます。この場合、バックラッシュ量は8秒以上あることになりますが、これ は大変大きな値です。その後、ガイドアシスタントは星を初期位置に戻し、ガイドが再開 されます。ここでも星を見失う危険性はありますが、計算結果には影響しません。星を見 失った場合は単にガイドを中断し、普段と同じように再開すればいいだけです。「高頻度 な星の動き」の測定とは異なり、バックラッシュの測定では「ストップ」ボタンを押す必 要はありません。測定プロセスは一連のステップが完了すれば終了し、通常のガイドが再 開されます。しかし、例えば星を見失うなど、何かまずいことが起これば「ストップ」ボ タンを押して中断し、準備が整ったら再開させてください。バックラッシュの測定が終わ ると、先に示した「高頻度な星の動き」の測定結果に項目がつけ加わる形で、赤緯軸のバ ックラッシュ量がピクセルおよび時間(ms)の単位で表示されます。

ガイドアシスタン	۲				×
ガイドは中断され すと再測定を行い 測定状況	にています。推奨値を参考に い、ウインドウを閉じるとた	必要な変更を加え iイドを再開します	てください。[スタート]を 。	E押	
開始時間	2016-04-23 14:10:	- <b> </b>	2利)		
S/NH:	9.4	星の明るさ	30832.5		
経過時間	61秒	サンプル数	22		
	-				
高頻度な星の動	5			推奨	
赤経, RMS		0.11 px ( 0.24	秒角)	Try to keep your exposure times in the	
赤緯, RMS		0.10 px ( 0.23	秒角)	range of 2.0s to 4.0s	
トータル, RMS		0.15 px ( 0.33	· 秒角)	Polar alignment error $> 5$ arc-min: that	
その他の星の動	÷			could probably be improved.	
		0.57 ( . 1.05	<b>30 年</b> 1	赤経の最小移動検知量を0.16にしてみてください。	適用
亦辁, Peak		0.57 px ( 1.25	秒円) 44条)		
赤梅, Pedk 土级 Dopk Dop	le .	0.77 px ( 1.71	杉円) 141年)	赤緯の最小移動検知量を0.20にしてみてください。	適用
が確定, Peak-Pea	(夫奴)	1./1 px ( 3./6	12円) 041秒角/公)		
長大ドロフトレ	(赤柱)	-0.03 px/ft ( 0	15 秘角/秋)	Try setting a Dec backlash value of 240	適用
Drift-limiting e	200SURE	20秒	.13 19 19 19 1	ms	
ドリフトレート	(赤緯)	-0.66 px/分(-1	.46 秒角/分)		
Declination Ba	cklash	1.6 px ( 240 ms	5)		
極軸設定エラー		> 5.6 分角	,		
		Dec Backlash	clination Backlash スタート ストッ	Show Graph	

バックラッシュの量に基づき、推奨されるバックラッシュ補正量が表示されます(上の 例では240msとなっています)。もしバックラッシュ量が100ms未満の場合、値が小さ すぎて正しく補正できる保証がないため、推奨メッセージは表示されません。バックラッ シュが非常に大きく、3秒以上あるような場合、赤緯について一方向だけのガイドを行うよ う、異なる推奨メッセージが出ます。このように大きな補正値はうまく動作しないことが 多く、また双方向のガイドを行ったとしても、素早い反転動作がおそらく不可能と思われ るためです。これにより、マウントがどのような動作をするかについて、実験に基づいた 確かな結論を得ることができます。これらの測定を行う際には、他のいかなるバックラッ シュ補正機能も無効にしておいてください。無効にされていないと、測定結果が不正確な ものになります。

マウントの動きをよりよく理解するため、バックラッシュ測定の結果をグラフィカルに 表示することもできます。「Show Graph」ボタンを押すと、以下のようなグラフが表示さ れます。



赤い点は測定された赤緯の位置を示し、左から右へと、北への動きで始まり、反転して 南に動いているのを表しています。青い点は、バックラッシュがゼロの場合の、理想的な 反転動作を示します。この例では、赤い点が頂点付近でフラットになっていて、若干のバ ックラッシュがあるのが分かります。しかしバックラッシュが大きい場合、頂点付近のフ ラットさは、以下の例のようにより顕著です。


#### バックラッシュ補正

赤緯軸のバックラッシュがそれなりにあるマウントでのパフォーマンスを改善するため、 PHD2 は v2.5 以降でバックラッシュ補正機能をサポートしています。このバックラッシュ 補正機能は、都度適切な補正ができるという点で、一部のマウントのファームウェアに備 わっている補正機能とは異なっています。バックラッシュ補正の最大のリスクは、補正量 が大きすぎる場合に赤緯軸周りで不安定な振動を生じてしまう可能性です。PHD2 は挙動 を監視し、振動が収まるまで補正量を速やかかつ自動的に引き下げます。バックラッシュ 補正は、赤緯ガイドの方向が反転するときにのみ適用されるものです。ガイドアシスタン トに従ってパラメータを初めて決定する場合、値の調整に多少の時間が必要です。まずは 普通にガイドを行い、赤緯側のオーバーシュートの様子を観察してください。ガイドグラ フにおいて、「修正量」の表示にチェックを入れれば多少分かりやすくなります。赤緯側 で振動や不安定性が見られる場合、PHD2 が挙動を安定させることができるかどうか、し ばらくガイドを走らせ続けてください。

バックラッシュ補正の設定は詳細設定の「アルゴリズム」(Algorithms)タブで行いま す。ここの値は PHD2 自身によって、ガイドアシスタントで計算された推奨値より小さく なっているかもしれません。この数字は、実験を行ってみたい場合、直接変更することが でき、またチェックボックスのチェックを外すことでバックラッシュ補正を無効にするこ ともできます。

ガイドアシスタントでバックラッシュを何度か測定し、値の傾向がつかめたら、毎回ガ イドアシスタントで測定する必要はないでしょう。この場合、ガイドアシスタントの 「Measure Declination Backlash」のチェックを外すだけです。

# 機器プロファイルの管理

機器プロファイルについては、「PHD2の使い方」の「機器の接続」ダイアログのとこ ろで軽く説明しました。複数のプロファイルを管理したい場合、「機器の接続」ダイアロ グの「プロファイル管理」(Manage Profile)ボタンを使用します。ここでメニュー項目 を用いると、新しいプロファイルを作成したり、既存のプロファイルの編集・名前の変更・ 削除を行うことができます。各プロファイルは、各プロファイルが最後に利用された時の すべての設定を保持しています。新しいプロファイルを作成する場合、PHD2のデフォル ト値だけでなく、既存のプロファイルから設定を読み込むことができます。既存のプロフ ァイルの設定を編集するには、まず機器プロファイルをドロップダウンリストから選び、 「プロファイル管理」のプルダウンから「設定」(Setting)をクリックします。これで「脳 みそ」ダイアログが開くので、望みの変更を加えてください。設定が変更されるとプロフ ァイルは自動的に更新されます。また、デバッグやバックアップ、あるいはユーザー同士 で交換する目的で、プロファイルはインポート、エクスポートすることができます。

#### シミュレータの詳細設定

シミュレータについては「<u>PHD2の使い方</u>」の章において、PHD2を体験し、その機能 になれるのに有用なツールであることを紹介しました。シミュレータを使うにはカメラタ イプとして「Simulator」を、マウントとして「On-camera」を選択します。シミュレーシ ョンの細部に興味を持つようになったら、メインディスプレイの「Cam Dialog」ボタンを 使ってシミュレーションのパラメータを調整することができます。

星: ホットピクセル: ノイス: 20 8 40							
マウント							
赤緯バックラッシュ: 5.00 ☆ 赤緯ドリフト: 5.00 ☆ ガイドレート: 1.00 ☆							
PE(ピリオデックエラー)							
☑ PE適用 ◎ デフォルトカーブ 振幅: 5.00							
◎ カスタムカーブ 振幅: 2.0 周期: 240.0							
☑ 支柱の西側では赤緯パリレスを反転 支柱反転 支柱の側: East							
セッション							
カメラアングル: 15.00 シーイング: 2.00							
<ul> <li></li></ul>							
リセット OK キャンセル							

ここではシミュレートされたマウントについて、赤緯方向のバックラッシュ、極軸設定 ズレによるドリフト、そしてピリオディックエラーを設定することができます。さらに、 シーイングによってガイド星が変位するのをシミュレートするため、シーイングレベルを 調整することもできます。これらのパラメータを1つ1つ調整すれば、それらが星の変位 にどう影響し、これらの動きに各ガイドアルゴリズムがどう反応するか知ることができま す。もちろん、このシナリオでは(バックラッシュを除いて)「ほぼ完璧な」マウントを 扱っているので、シミュレーションは現実と完全には一致しません。

# プログラムの多重実行

場合によっては、複数のPHD2を同時に立ち上げたい場合があるかもしれません。2つ 目のPHD2を起動する場合、コマンドラインのパラメータに「-i2」を、3つ目を起動する には「-i3」を追記します。Windows でこれを行うには、コマンドライン(cmd.exe)から PHD2を起動します。または、以下のようにしてデスクトップにショートカットを作成し ます。

- 1. デスクトップ上で右クリック
- 2. 「新規作成」→「ショートカット」
- 3. 「項目の場所」に以下の文字列を入力: "C:¥Program File (x86)¥PHDBuiding2¥PHD2.exe" -i2
- 4. 「次へ」をクリック
- 5. ショートカットの名前を入力(例: PHD2 #2)
- 6. 「完了」をクリック

なお、3番目の「項目の場所」については、ディレクトリ名に空白が含まれていて Windows が場所を誤認しかねないため、入力時には必ず前後の引用符まで含めてください。

# キーボードショートカット

PHD2では多くのツールや機能にショートカットが割り当てられています。その内容は、 「キーボードショートカット一覧」の章に列挙してあります。

# キーボードショートカット一覧

ショートカット	機能					
F1	ヘルプ					
Ctrl-C	機器接続(Connect Equipment)ウィンドウを開く					
Shift-Ctrl-C	全ての機器を接続する					
Ctrl-L	ルーピング開始					
Alt-S	ガイド星の自動選択					
Ctrl-G	ガイド開始					
Ctrl-S	停止					
Ctrl-D	アラートの非表示					
Alt-C	キャリブレーション結果の表示					
Ctrl-O	キャリブレーションデータのクリア(再キャリブレーションの強制)					
Ctrl-A	「詳細設定」(Advanced setting)(Advanced setting)を開く					
В	ブックマークの表示/非表示					
Ctrl-B	ブックマークのクリア					
Shift-B	ロック位置をブックマーク					
Alt-L	ガイドログの記録/非記録					
Shift-Ctrl-M	キャリブレーションデータの手動入力					

# トラブルシューティングと解析

#### キャリブレーションおよび初使用時の問題

PHD2 を初めて使う場合、あるいは新しい機器を初めて接続する場合、キャリブレーションの段階で問題が発生することがあります。これは通常、対処の異なる 2 つの問題のどちらかです。

- キャリブレーション時、星が「動きすぎる」または「動かなすぎる」 これを解決するのは簡単です。詳細設定の「ガイド」(Guiding)タブの「キャリブ レーションステップ」(calibration step-size)を調整するだけです。この文書にはパラ メータの使い方が記載されており、問題はすぐに解決できるはずです。
- 2. 赤経方向のキャリブレーション時、赤緯軸のバックラッシュ解消時、あるいは赤緯方 向に星が十分に動かない

これらの問題が発生すると、ウィンドウ上部に警告メッセージが表示されます。この 場合に観察されるわずかな動きというのは実際、多くがシーイングによる変位であり、 たいていマウントは全く動いていません。この種の問題への対応について、以下に説明 します。

ほとんどの場合、「動かない」という問題はハードウェアの障害や、さらにありがちな のはケーブルやコネクタの問題が原因で発生します。このトラブルシューティングに最も 有効なツールは、「<u>ツールとユーティリティ</u>」の章で触れた、「ツール」(Tools)メニュ ーの下にある「手動ガイド」(Manual guide)オプションです。「手動ガイド」ウィンド ウの方向指示コントロールを用いて、星が動くまでマウントに直接コマンドを送信してみ ます。少なくとも数秒程度の、大きなガイドコマンドを送ると、マウントが動くのがハッ キリ見えます。四方向にそれぞれ動かしてみて、星がおおよそ同じように動くのを確認し てください。もしマウントが応答しない場合、ハードウェアもしくは接続の問題を解消す る必要があります。PHD2 でできることはありません。マウントとの接続に Shoestring Astronomy 製リレーボックスを使用しているのであれば、インジケータライトを見ること でコマンドが届いているかどうか判断できます。同様に、ST-4 互換ガイドカメラにインジ ケータライトがあればこれも使えます。マウントとの接続に ASCOM を用いている場合、 COM ポートの割り当てが正しいかどうか確認してください。POTH のような ASCOM が 提供するツールは、ASCOM ドライバがマウントと正しく通信できているかどうかを確認 するのに使えます。また、最新の ASCOM ドライバを使用してください。古いドライバに はしばしばバグが残っていることがあります。

#### キャリブレーションの妥当性チェック

キャリブレーションが終了しても、キャリブレーション結果が疑わしい旨の警告が表示 されることがあります。この「妥当性チェック」(sanity check)ダイアログは問題点につ いての説明とキャリブレーション結果の詳細を表示します。

キャリブレーションチェック					<b>—</b> ×		
	説明 非常に少ないステップで終了したキャリプレーションは、不正確な結果を引き起こすかもしれません。各方向において、少なくとも8ステップかかるまで、キャリプレーショ ンステップパラメータのサイズ を減らすことを考えてください。マウントタブ『計算機』機能を使って、これを補助できます。						
	詳細						
[	Steps, RA:	3	Steps, Dec:	3			
	Orthogonality error:	2.3	Previous orthogonality error:	0.3			
	赤経レート:	14.870 a-s/sec 14.870 px/sec	Declination rate:	14.821 a-s/sec 14.821 px/sec			
Right Ascension Declination □ このタイプのキャリブレーション 蓄報を示さない							
キャリブレーション有効 キャリブレーション放棄 旧キャリブレーションの読込							

v2.4以降では、以下の4つの項目についてチェックが行われます。

- 少なすぎるステップ……この問題を解決するのは簡単です。キャリブレーション・ステップサイズを小さくし、西方向と北方向の移動にそれぞれ最低8ステップかかるようにするだけです。プロファイルの設定にウィザードを使用した場合、適切な初期値が既に設定されているはずです。赤経側と赤緯側でステップ数が大きく異なる場合、各軸のガイドスピードに異なる数値を設定していないのであれば、マウントに何か問題がある証拠です。
- カメラの軸の不正……通常、カメラの赤経、赤緯に対する傾きは各軸それぞれ独立に 計算されますが、結果的に直交するはずです。角度の計算にはそれほど高度な正確性 は必要とされませんが、軸が明らかに直交していない場合、キャリブレーションのや り直しが必要です。この種の警告が頻繁に出て、明らかに軸が直交していないのであ れば、問題を特定して解決する必要があります。最も一般的な原因は、極軸設定のズ レや赤経軸の大きなピリオディックエラーです。これらはいずれも、PHD2 が特定の

軸の動きを見ようとしているときに、明らかに別方向の動きをガイド星に生じさせま す。これらの問題に気付き、キャリブレーション結果を受け入れるのであれば、「ガ イドアシスタント」を用いて極軸設定のズレとピリオディックエラーの大きさを測定 します。他のケースでは、マウントが全く動いておらず、シーイングによる変位を拾 っているだけということもあります。これらの問題は、ダイアログ左側のグラフです ぐにわかります。軸のズレが比較的小さく、ハードウェアがちゃんと動作しているこ とを確信できるなら、詳細設定の「ガイド」(Guiding)タブにある「赤経と赤緯が直 交すると仮定」(Assume Dec orthogonal to RA)にチェックを入れて、この手の警告 を無視する手もあります。しかし、深刻な問題を無視することになるので、これはエ ラーがかなり小さい場合に限るべきです。

- 疑わしい赤経・赤緯のレート……赤経のガイドレートは、おおよそ「cos(赤緯)」を係数として赤緯のガイドレートと連動するはずです。言い換えると、赤経のレートは天の赤道(赤緯0)から離れるにしたがって小さくなります。PHD2はどのレートが誤っているかの判断はしません。単にレートがおかしく見えると警告するだけです。これらのレートの妥当性チェックは簡単です。恒星時の1倍速でガイドしているのであれば、赤緯のガイドレートはおおよそ15秒角/秒でなければなりませんし、0.5倍速なら7.5秒角/秒になるはずです。赤緯のガイドレートが赤経に比べて明らかに小さい場合、赤緯軸にかなり大きなバックラッシュがあることがしばしばです。
- 矛盾した結果……キャリブレーション結果が前回のキャリブレーションと極端に異なる場合、警告メッセージが出ます。これはたいてい機器構成を変更した時に起こります。これは現実に問題が存在することを示唆しているわけではなく、新しい機器構成に応じて別のプロファイルを作成すべきであるということを示しています。そうすればPHD2はそれぞれの機器プロファイルを記憶するので、これらを容易に切り替えることができるようになります。もし機器構成を変えていないのであれば、これほど結果が異なってしまう原因をつきとめたくなるでしょう。

これらの警告では、メッセージの種類に応じて関連するデータ項目がハイライト表示さ れます。ここで、警告を無視するか(「キャリブレーション有効」(Accept calibration))、 キャリブレーションをやり直すか(「キャリブレーション破棄」(Discard calibration))、 前回の正常なキャリブレーション結果を読み込むか(「旧キャリブレーションの読込」

(Restore old calibration))を選ぶことができます。三番目のオプションでは、キャリブレーションを後回しにして、前回のキャリブレーションデータでガイドを始めることができます。もし、問題がないと確信できるにもかかわらず同じ内容の警告が繰り返し現れる場合は、「このタイプのキャリブレーション警報を示さない」(don't show...)のチェックボックスをチェックすることで、該当する警告表示をブロックすることができます。しか

し、PHD2の妥当性チェックは幅広い機器構成に対応しており、ほとんどのユーザーがこれらの警告を目にすることはほとんどないはずです。

### 赤緯軸のバックラッシュ

ガイドコマンドが正しく機能しているのにキャリブレーションに問題が発生する場合、 そのもっとも一般的な原因は赤緯軸の大きすぎるバックラッシュです。これについては「<u>ツ</u> ールとユーティリティ」の章において、その回避方法も含め議論しています。

# マウント制御の基本的な検証---スタークロステスト

警告メッセージが出ないのに、キャリブレーションで繰り返し問題が発生して正常終了 しない場合、マウントがガイドコマンドに正しく応答しているのか、簡単なテストをする 必要があります。このテストはキャリブレーション時の動きを模倣したものですが、より 直接的で、何が起こっているのかをより実感できるテストです。我々はこれを「スターク ロス」テストと呼んでいます。発想としては、メインカメラのシャッターを開いておいて、 次いで星の軌跡が十字を描くよう、ガイドコマンドを送ります。つまり、以下のような画 像が得たいわけです。



十字の傾きについては、ガイドカメラの取り付け角度によって変わるので気にする必要 はありません。重要なのは、十字が直交し、中央から四方向にほぼ均等に均等に軌跡が伸 びているかどうかです。画像がこのようになっていない場合、ガイドはうまくいかないか、 おそらく不可能ということになります。例えば、以下の不完全な例を見てみます。



星が1つの軸に沿ってしか動いていない(この例では赤経方向)のが分かります。マウ ントに送られた赤緯方向のガイドコマンドはまったく働いていません。これを解決しない ことには、赤緯方向のガイドはできず、キャリブレーションを完了させるだけでも赤緯方 向のガイドを無効にしなければなりません。マウントやガイドケーブルに問題がある場合、、 珍しいところでは ASCOM ドライバに問題がある場合など、悪い結果が出る例は様々です が、とりあえず、PHD2 とは無関係であると仮定することができます。

テストの手順は以下の通りです。

- マウントのガイドスピードを恒星時の1×に設定します。PHD2の「手動ガイド」 (Manual Guide) ツールを立ち上げ、ガイドパルス時間をとりあえず5秒くらい にセットします。
- 2. 撮影用のメインカメラで 60 秒間の露出を開始します。
- 西に5秒間のパルスを送り、次に東に5秒間のパルスを2回、最後に西に5秒間のパルスを送ります。これで星はほぼ初期位置に戻ったはずです。なお、各ガイドパルスを送った後は、次のガイドパルスを送るまで5秒間待つようにします。
- 4. 今度は、北に5秒間のパルスを送り、次に南に5秒間のパルスを2回、最後に北 に5秒間のパルスを送ります。星は再び初期位置に戻ります。
- 5. メインカメラから写真がダウンロードされるのを待ち、得られた写真を見ます。

パルス時間は任意のものを使用できます。マウントの動きを確認するには小さめの数字 の方がいいかもしれません。メインカメラの露出時間は、ガイド操作にかかる総時間に間 違えた場合のマージンを加えたものより長くなるよう気を付けてください。ほとんどのマ ウントでは、最初の例に見られるように、赤緯軸のバックラッシュのために星は正確に中 央には戻ってきません。しかし十分に中央には戻ってくるはずで、バックラッシュの程度 はかなり注意深く見ないと分かりません。

このテストの利点は、問題を本当に基礎的なところ―すなわち、マウントが正しく動く のかどうか―にまで分解できるところです。これがうまくいかないのであれば、PHD2の ガイド設定は無関係ということになります。このテストは、マウントの製造業者や、マウ ントの典型的な問題について理解している他のユーザーとの情報のやり取りにも有用です。

# ディスプレイウィンドウの問題

新規ユーザーはよく、メインウィンドウに表示される映像が非常にノイジーだとか、真 っ白だったり真っ暗だったりと不平を言います。カメラが正常に機能していて、画像のダ ウンロードもちゃんと行われているのであれば、その原因はフレーム内に星がないことが 原因であることがしばしばです。例えば、屋内や日中にカメラをテストしようとした場合、 こうしたことがよく起こります。このような状況下でのイメージディスプレイウィンドウ の表示は、なんら有用な情報を与えないので、無視してかまいません。PHD2は、夜空の 星が見やすいよう、自動的に輝度を引き延ばすようになっています。星がない場合でも、 表示はフレーム内の輝度レベルを最小から最大の間で引き延ばそうとします。その結果、 ノイジーになったり、真っ白または真っ暗になったりするのです。ガイダーのピントが合 っていない場合も、表示の問題が発生することがあります。ガイダーのピント合わせは退 屈でフラストレーションがたまるものですが、よいガイド結果を得るには重要なものです。 まずは明るく、飽和していない星からピント合わせを始めるのがコツです。微調整はより 暗い星に移ってから行います。

## カメラのタイムアウトとダウンロードの問題

いくつかのケースでは、ガイドカメラからの画像がダウンロードされなかったり、表示 されなかったりすることがあります。極端な場合、PHD2やカメラに関係するアプリケー ションが無反応(いわゆる「ハング」)になることさえあります。これはほとんどの場合、 ハードウェア、カメラドライバ、あるいは接続の問題で、もっともありがちな原因は USB ケーブルや USB デバイスの故障です。PHD2のようなアプリケーションが原因でこれが起 こることはほとんどなく、システムのより根本的なところから調査を始めなければなりま せん。まず、ガイドカメラが動作しているかどうかを確認するところから始めます。短め のケーブルでカメラと PCを直結し、「ネイティブの」あるいはカメラ付属のテストアプリ ケーションで露出を行います。もしカメラが機能しているようなら、上流にある USB ハブ やケーブルを調べます。1つ1つお互いに交換し、原因を特定していきます。留意しなくて はならないのは、我々は機器を「非常に過酷な環境」で使用しているということで、使用 する機器の多くは寒さや屋外環境に耐えるようには設計されていません。そのため、先週 あるいは先月まともに動いたからといっても、もはや信用できないかもしれません。

PHD2はv2.3以降、こうした問題を防ぐため、カメラのタイムアウト時間を設定できるようになりました。これは詳細設定の「カメラ」(Camera)タブで設定でき、デフォルトは15秒になっています。これは露出完了後、データを受信するまでに15秒までは待つということを意味しています。これは大変ゆるい設定で、ほとんどのカメラでうまく動作するはずです。しかしいくつかのカメラは、USBサブシステムに多大な帯域や電力を要求して問題を引き起こすことが知られています。この手のタイムアウトが発生しているが、カメラが正常に作動していることが確信できる場合、タイムアウトの数字を大きくすることができます。タイムアウトエラーを二度と目にしないため、1000秒といった極端に大きな値さえ設定することができます。そのような値にすることは、ユーザーインターフェイスのハングやガイド動作の乱れを引き起こす可能性がありますが、それも選択の1つです。タイムアウト時間を大きくしても、通常のカメラの操作に遅延は生じません。ひとたびイメージのダウンロードが始まれば、タイマーはキャンセルされ、ガイドが直ちに実行されます。

# 低いガイドパフォーマンス

ひとたびすべてが動き出せば、それなりに良好なガイド結果がすぐに得られます。なに をもって「十分に良好」というかはその人次第ですし、判断基準も人によって異なるでし ょう。しかし、星が線を引いたり伸びたりして、撮影結果を許容できない場合、問題を解 決するための体系的なアプローチをとる必要があります。このようなとき、事態を好転さ せようと、様々なガイドパラメータを闇雲にいじり始めたくなるものです。パラメータを 調整するのは間違っていませんが、何をやろうとしているかの理解の下、慎重に行わなけ ればなりません。PHD2のデフォルトセッティングは、ほとんどのアマチュア機材や撮影 場所において良好な結果が得られるよう、注意深く選択されています。最適な設定は、イ メージスケールやシーイングのコンディション、使用しているマウント固有の振る舞いに 完全に依存します。言い換えれば、これらはあなたの撮影環境に固有のもので、正しいガ イドパラメータが載っている「魔法の規格書」などはなく、また他のユーザーから得た設 定情報は完全には適合しないということです。ウィザードを用いてプロファイルを作成し た場合、デフォルトセッティングはすでにあなたのイメージスケールに合うように調整さ れています。「ガイドアシスタント」を使えば、シーイングのコンディションがどの程度 で、シーイングを追尾しないような最小移動検知量がどのくらいか、といったあなたの撮 影環境に適した設定を得ることができます。「ガイドアシスタント」や「手動ガイド」を 使えば、赤緯方向のガイド結果を解釈するのに役立つ、バックラッシュの大きさについて も知ることができるのです。

最良のガイド結果を得るのは複雑な作業で、ここですべてを説明することはできません。 しかし、Craig Stark による以下の文書を含め、ウェブ上から得られる様々な情報が問題解 決の助けとなるでしょう。

http://www.cloudynights.com/page/articles/cat/fishing-for-photons/what-to-do-when-phd -guiding-isnt-push-here-dummy-r2677.

### 警告メッセージ

PHD2はウィンドウ上部に警告メッセージを表示することがあります。これらは一般に、 ユーザーの注意を引くためにエラーや診断結果を表示するものです。通常の操作において これらを目にすることはあまりないですが、表示された場合どうするべきか、この項が役 に立つでしょう。

#### ダークライブラリや不良ピクセルマップに関する警告

#### Use a Dark Library or a Bad-pixel Map (ダークライブラリまたは不良ピクセルマップ を使用してください)

ダークライブラリや不良ピクセルマップの使用は、PHD2がホットピクセルやその他の 欠陥を星と取り違える可能性を減らします。このメッセージを無視した場合、ガイド中に 星とホットピクセルを取り違え、以降、ガイドがまともに作動しなくなるような危険性が あります。

#### Format/geometry mismatches (フォーマット/形状の不一致)

ダークフレームや不良ピクセルマップは、現在使用中のカメラのセンサーのものと一致 していなければなりません。既存のプロファイルでカメラのみを変更した場合、読み込ま れているダークフレームや不良ピクセルマップがカメラと一致せず、この警告が出ます。 このメッセージが出ないようにするには、カメラを変更する際、新規プロファイルを作成 するべきです。新たにダークフレームや不良ピクセルマップを作成する必要がありますが、 元のカメラ用の古いダークフレームや不良ピクセルマップはそのまま維持されます。非常 にまれな例ですが、カメラを扱うドライバや PHD2 のコードが変更された場合にも、この メッセージが出ることがあります。異なるセンサーフォーマットで蓄積したダークライブ ラリがある場合も、フォーマット不一致の警告メッセージが出ることがあります。

このような場合、ダークライブラリや不良ピクセルマップを最初から作り直します。詳 しくは「ダークフレームと不良ピクセルマップ」の章を参照してください。

#### ASCOM に関する警告

マウントやカメラ、その他 ASCOM で制御されるデバイスを初めて接続した時、要求さ れる機能がドライバでサポートされていないという警告が出ることがあります。例えば、 ある ASCOM の望遠鏡/マウントドライバがパルスガイドをサポートしていない例がありま したが、これはドライバが古いためでした。このような場合、できるのは ASCOM ドライ バをアップデートすることのみです。これらのドライバは ASCOM のウェブサイトや、機 器の製造元から入手可能です。一般に、すでに同定、解決された障害に遭遇しないよう最 新のドライバを使うことが、最良の結果を生みます。

マウントのASCOM ドライバでは、また別の警告メッセージが出ることがあります。

# "PulseGuide command to mount has failed - guiding is likely to be ineffective." (マウントへのパルスガイドコマンドが失敗しました。ガイドはおそ らく無効です。)

通常、これは ASCOM ドライバのバグやタイミング感度の問題により発生するもので、 ガイドコマンドが正しく実行されたかどうかを知る方法は一般にありません。この警告が 出ても、ガイド結果が満足できるものであれば、警告はおそらく無視してかまいません。 警告が出た場合も、PHD2 はガイドコマンドを発行し続けるので、直ちに何か対策を取る 必要はありません。警告が頻繁に出る場合、デバッグログを PHD2 の開発チームまで送付 してください。問題の詳細が理解でき、ASCOM ドライバの開発者にとって助けになるか もしれません。

### 2. "Guiding stopped: the scope started slewing." (ガイド停止: 望遠鏡が旋回を開 始しました。)

これは自明ですが、望遠鏡を旋回させるという決定が ASCOM ドライバから PHD2 に通 知された際に表示されます。実際に旋回しているかどうかは PHD2 には分かりません。ガ イド中に誤って旋回させていなければ、これはドライバにおけるタイミングの問題です。 この問題を一時的に回避するには、旋回していることをチェックする機能を無効にしてし まえばよいのです。具体的には、詳細設定の「ガイド」(Guiding) タブで"Stop guiding when mount slews."のチェックを外してしまいます(訳注:v2.6.1 には存在しない模様)。こう するとガイドは停止しなくなりますが、結果は疑わしいかもしれません。問題の詳細につ いて ACOM ドライバの作者に報告するため、デバッグログを提供してください。

#### カメラのタイムアウトに関する警告

カメラのタイミングやタイムアウトに関する警告メッセージについては、「<u>カメラのタ</u> イムアウトとダウンロードの問題」の章で論じています。

#### キャリブレーションに関する警告

キャリブレーションの際、いくつかの警告が出ることがあります。これらについては「<u>キ</u> <u>ャリブレーションおよび初使用時の問題</u>」の章で論じています。

#### 最大持続時間に関する警告

普段のガイド中、赤経や赤緯方向の修正についての最大持続時間の設定が、PHD2がガ イド星を所定の位置にロックしておくのを妨げている、という意味の警告が出ることがあ ります。もしこれらのパラメータをデフォルト値から下げると、警告が増えるように思わ れます。しかし制限値が1秒より十分大きいのであれば、この警告は、修正すべき機械的 な問題に遭遇したことを示します。もっとも単純なケースでは、ケーブルの引っ掛かりだ ったり、突風だったり、マウントの揺れだったり、その他の外的要因がガイド星を大きく ずらしてしまうことで警告が発せられます。このような場合は、原因を取り除いてガイド を継続するだけです。しかし中には、ガイド星の変位が一方的に大きくなって、まったく 修正できない場合があります。例えば、PHD2がマウントを南北方向に動作させることが できない場合、修正できないエラーが蓄積して警告の引き金となります。こうした問題は 注意深い診断と修正が必要で、単純に最大持続時間の数字を増やしただけでは解決しませ ん。

#### ログの解析

問題の同定や動作のチューニングには PHD2 のログファイルの利用が不可欠です。いず れのログファイルも人が読んで理解しやすいようなフォーマットになっており、ガイドロ グは他のアプリケーションからの読み込みが容易なように構成されています。「詳細設定」 (Advanced setting)の章で示したように、PHDLogViewer や Excel などのアプリケーシ ョンにより、全体的な振る舞いや計算性能の統計を可視化し、ガイドに問題が発生してい た箇所を詳細に調べることができます。Excelのようなアプリケーションにガイドログを読み込ませる場合は、区切り文字としてカンマを指定します。

#### ガイドログの内容

ガイドログの内容は新機能が加わるたびに変化し続けています。しかし基本的な部分は 変わっておらず、解析するアプリケーションに影響を与えないよう考慮されています。自 分自身でログファイルを解析したい場合、以下の情報が役立つでしょう。

PHD2のガイドログは、数字のゼロまたは一連のキャリブレーションデータ、および数 字のゼロまたは一連のガイドデータを含んでいます。これらのセクションは、使用された ガイドアルゴリズムや PHD2 の内部パラメータの情報を提供するヘッダを持っています。 キャリブレーションやガイドが始まると、ヘッダ情報の最終行がカラムのヘッダとなりま す。各カラムの意味は以下の通りです。

キャリブレーションカラム:

- dx, dy……カメラの撮像素子上での、開始地点からのガイド星の移動量を X/Y 座標で示します。単位はピクセル。
- x, y……キャリブレーション終了時のガイド星の位置で、カメラの撮像素子上の X/Y 座標で表されます。
- Dist……カメラの撮像素子上での、ガイド星のトータルの移動距離を示します (移動距離=√(dx<sup>2</sup> + dy<sup>2</sup>))。この値は PHD2 がキャリブレーションパラ メータを決定するのに使われます。

ガイディングカラム:

- dx, dy……キャリブレーションカラムのものと同様で、カメラの撮像素子上での「ロック位置」からのガイド星の移動量を XY 座標で示します。
- RARawDistance, DECRawDistance……dx, dy をマウントの座標に換算した ものです。言い換えれば、ここでは任意の角度で装着されたガイドカメラのX 軸、Y 軸をマウントの赤経軸、赤緯軸に変換しています。
- RAGuideDistance, DECGuideDistance……各ガイドアルゴリズムの動作による赤経、赤緯方向の移動量です。ガイドアルゴリズムは RawDistance を元にガイド星がどれだけずれているかを求め、マウントの各軸を動かして望遠鏡を正しい向きに戻します。たとえば「移動が最小になる」ようなパラメータセット

を用いた場合、RawDistance がゼロでなかったとしても GuideDistance がゼ ロになることはあり得ます。

- RADuration, RADirection, DECDuration, DECDirection……これらは上記の GuideDistance から求められる数値です。Duration は、GuideDistance の量だ けマウントを動かすのに必要なガイドパルスの長さ(単位:ミリ秒)を表しま す。
- XStep, YStep……補償光学装置(AO)を使用していた場合のステップ調整幅 (step-adjustment duration)を表します。
- StarMass……ガイド星の像の明るさを表します。
- SNR……PHD2 で内部的に使用される、S/N 比の値
- ErrorCode……「ガイド星を見失った」など、発生したエラーを表します。
  - 0 エラーなし (no error)
  - O 1- 星像が飽和している (star is saturated)
  - O 2- 星の S/N 比が低い (star has low SNR)
  - 3 星像がかすかすぎて正確な計測ができない(star mass is too low for accurate measurement)
  - O 4 星がドリフトしてフレーム境界に近づきすぎている(star has drifted too near the edge of the frame)
  - O 5 星像の大きさ・明るさが既定値を超えた(star mass has changed beyond the specified amount)
  - O 6-予期せぬエラー (unexpected error)

Distanceの単位はすべてピクセルです。ガイディングセクションのヘッダには、 PHD2により計算されたイメージスケールが示されているので、ピクセルから角距 離への変換も可能です。

#### 問題の報告

PHD2に特有な、アプリケーション上の問題に遭遇した場合、open-phd-guiding Google group: <u>https://groups.google.com/forum/?fromgroups=#!forum/open-phd-guiding</u>までぜ ひ報告してください。あなたが多くの情報を提供するほど、我々がその問題を解決できる ようになります。以下のガイドラインが役に立つでしょう。

1. 問題の再現を試みる

追跡すべきステップが明確な場合、解決策をすぐに見つけ出せる可能性が高くなりま す。現象を再現できるようであれば、現象が現れるまでのステップを最小化することを 試みてください。我々が問題を再現しようとするとき、我々はあなたのハードウェアや コンピュータ環境を持っていない、ということを忘れないでください。

- 環境の説明を完全にする
   OS や機器の種類、PHD2 のバージョンなど
- 3. 問題発生時のデバッグログを添付する

デバッグログはドキュメントフォルダ内の「PHD2」フォルダに保存されています。 もし問題を再現できない場合、それが最初に発生した日時を思い出してみてください。 数百行におよぶ出力内容を探し回ることなく、デバッグログから証拠を見つけ出す助け になるかもしれません。