(4.1章まで)

↓ここから改訂箇所

## 4.2. 色合わせとは

天体写真にかぎらず写真で重要なテーマの1つが、色を適切に調整する色 合わせです。その基本は「白を白く表現する」こと。人間の目は、長い進化 の過程で太陽の光を白く感じるようなりました。私たちが写真を撮るときも その色感覚にもとづいて色を調整します。人間の目は、太陽光のもとでも、 白熱灯や蛍光灯のように赤みがかったり青みがかったりした光のもとでも、 白いものを白く感じることができます。しかしカメラで撮影する場合は光源 の色を直接写してしまうため色の調整が必要となります。これをホワイトバ ランス(WB)調整とよびます。みなさんも写真を撮影するときにカメラのホ ワイトバランス調整機能で補正した経験をもつ方もいらっしゃるでしょう。

ここで天体写真の場合は大きな問題があります。天体の光は太陽に照ら された光ではなく、自らが発光していたり恒星に照らされていたりします。 そのため天体写真では、地球上での白い基準である「太陽の光」に代わる新 しい白の基準が必要になります。PixInsightではこれをホワイトリファレン スとよびます。PixInsightの色調整においてホワイトリファレンスとしてよ く使われるのが渦巻銀河や星の光です。渦巻銀河は中心から腕までを平均化 すると白とみなせるので基準として用いたり、星の色の平均値を白の基準に したりするわけです。しかし渦巻銀河が写真に写っていないことも多いです ね。また星の光の場合もアンタレスやアークトゥルスなどは赤色巨星で赤み がかっていますし、肉眼では白っぽく見えるベガも実際は少し青みがかって います。また明るい星は撮影すると輝度が飽和していることも多く、ホワイ トリファレンスとしては不適切です。

そこでPixInsightでは、平均的な渦巻銀河をホワイトリファレンスとする Photometric Color Calibration (PCC)という処理がよく使われます。最初に 撮影された星の色を公開されている星の色のデータベースと比較すること で分析し、次にその結果をもとに平均的な銀河の色情報を求め、ホワイトリ ファレンスとします。しくみは複雑ですが、これらはすべて自動で処理しま すので、ユーザは処理の内容をあまり意識することなく利用できます。

また 2022 年 11 月 に PCC の 進 化 版 で ある Spectrophotometric Color Calibration (SPCC)が登場しました。SPCCについてもこの章の最後に解説 します。

# 4.3. Photometric Color Calibration (PCC)による色合わせ

### Image Solverによる天体座標の測定

PCCを実行する前に撮影した天体の座標を取得する必要があります。天 体座標はWBPPの実行時にも取得しているため、すでに座標はファイルに書 き込まれている可能性はありますが、念の為にここでも実行します。座標取 得にはImage Solverを利用します。画面で対象となる画像を表示した状態で、 ScriptメニューのImage AnalysisからImage Solverを起動します。

	Image Plate Solver Script
ImageSolver v5.6.6 — A Copyright © 2012-2022 A Contributions © 2019-202	A script for plate solving astronomical images. ndrés del Pozo 22 Juan Conejero (PTeam)
Target Image	4
	Active window     List of files
Image Parameters	\$
	Only apply optimization
Right Ascension:	5 • h 30 • m 58.000 s
Declination:	34 ♣ ° 18 ♣ ' 37.00 " □ S
Date and time:	2021 • Y 12 • M 4 • d 14 • h 40 • m 1 • s
	Topocentric
Longitude:	0 + 0 + 0.00 West
Latitude:	0 + 0 + 0.00 " South
Height:	0 m
Image scale:	Focal distance: 435 mm Resolution: 1.78289 "/px
Pixel size:	3.76 µm
Aodel Parameters	1
Reference system:	
,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	Automatic catalog
	○ Local XPSD server:
	Gaia DR3 (XPSD)
	O Local star catalog:
	■
	Online star catalog:
	Terms of use of VizieR data
Limit magnitude:	12.0
	✓ Automatic limit magnitude
dvanced Parameters	4
Distortion Correction	n T
U D	V OK 🖉 Cancel

☑ 4-46 Image Solver

起動したら最初にImage ParametersからSearchを押して撮影した天体を 検索します。検索できたらOKを押して天体座標を取得します。撮影した天 体座標がわかっている場合は、Right Ascension、Declinationに赤経、赤緯の 情報を直接入れることもできます。

	Image Plate :	Solver Script
	ImageSolver v5.6.6 — A script for plate solving astron Copyright © 2012-2022 Andrés del Pozo Contributions © 2019-2022 Juan Conejero (PTeam)	nomical images.
	Target Image	\$
•••	Online Coordinate Search	
Online Search		<b>±</b>
Object identifier:	IC417	Search
Server:	http://cdsweb.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-sesame	✓ Search
Names.	▶ IC 417 ▶ IC 0417 提家	. <i>†</i> -∓/★ ♀ <sup>h</sup> 40 ♀ <sup>m</sup> 1 ♀ <sup>s</sup>
	加泉の	
	で収ま	iuth
Selected object:	IC 417	
	RA: 05 28 03.000 Dec: +34 24 42.00	<b></b>
	✓ ОК	⊘ Cancel
	C Local XPSD server:	

図 4-47 天体座標の取得

次に鏡筒の焦点距離(Focal distance)とピクセルサイズ(Pixel size)を設定 します。

	m		
	Focal distance:	435	mm
	Resolution:	1.78289	"/рх
Pixel size: 3.76	μm		
A second card and a second of			

図 4-48 焦点距離とピクセルサイズの入力

ピクセルサイズはお使いのカメラのセンサーのピクセルサイズを調べて 入力してください。わからない場合は計算して求めることもできます。 たとえば筆者が使用しているFujifilm X-T30の場合、センサーのサイズは、 横23.5mm、縦15.6mmです。次にセンサーの画素数は横6240、縦4160個で す。するとピクセルサイズは次のように計算できます。

横:  $23.5(mm) \div 6240 \times 1000 = 3.77(\mu m)$ 

縦:  $15.6(mm) \div 4160 \times 1000 = 3.75(\mu m)$ 

中間値をとって3.76としました。このピクセルサイズは厳密でなくても大 丈夫です。センサーサイズがわからない場合は、フルサイズ、APS-C、フォ ーサーズなどセンサーの代表的なセンサーサイズを調べ、画素数で割り算し て求めることもできます。

入力を終えたらOKボタンを押して実行します。これでPCC利用のための 準備は終わりです。

Photometric Color Calibration (PCC)の実行

ProcessメニューのColor CalibrationからPhotometric Color Calibrationを 起動します。

× I	PhotometricColorCalibration	
Calibration		\$
White reference:	Average Spiral Galaxy	
/ I	✓ Generate graphs	
	Generate star maps	
	Generate text files	
Output directory:	<system-temp-dir></system-temp-dir>	
X I	<ul> <li>Apply color calibration</li> </ul>	
Catalog Search		\$
	✓ Automatic catalog	
Catalog:	APASS DR9 (VizieR)	
VizieR server:	CDS Strasbourg, France	
	<ul> <li>Automatic limit magnitude</li> </ul>	
Limit magnitude:	12.0	
Signal Evaluation		¥
Background Neutral	ization	\$
Lower limit:	-2.80	
Upper limit:	+2.00	
Region of Interes	t	
Left:	0 Top: 0	
Width	0 A Height 0 A From Browiew	
widdi.		
K 🔳	0.0	ж

図 4-49 Photometric Color Calibration (PCC)画面

PCC画面が起動したらBackground Neutralizationにチェックを入れます。 PCCは天体の色合わせのほかに背景をニュートラルグレーにする処理も可 能です。通常の天体画像の背景は、星雲や銀河などが写っていない場合は色 がついていないはずですので、Background Neutralizationにより背景のR, G, Bの値の中央値をそろえて灰色にする処理をします。

Background Neutralizatio	n	\$
Lower limit: -2.80	O	
Upper limit: +2.0	0	
Region of Interest —		
Left: 0	Тор: 0	
Width: 0	+ Height: 0	From Preview

図 4-50 Background Neutralizationにチェックを入れる

既定値の設定では、画面上の輝度の中央値から-2.8シグマから2.0シグマ までの値をもつピクセルを背景として計算します。通常このままで問題あり ませんが、背景とみなす箇所を選ぶこともできます。背景に色ムラがある場 合に有効です。

ツールバーのPreview作成ボタンを押します。



図 4-51 Preview作成ボタンを押す

背景として値を測定したい箇所を選択します。



図 4-52 背景の選択

Region of Interestにチェックを入れFrom Previewを押します。表示され た画面で、先ほど作成したPreviewを選択します。

	Background Neutralization		\$
	Lower limit: -2.80	0	
	Upper limit: +2.00	O	
	Region of Interest		
	Select Preview	· · · · · ·	From Preview
<no previe<="" th=""><th>ew Selected&gt;</th><th>-</th><th></th></no>	ew Selected>	-	
<no preview="" selected=""></no>			
IC417	_integration_DBE->Preview01		

図 4-53 Previewの設定

これで背景の値を測定したい箇所を指定してBackground Neutralization を実行することができます。

設定は以上です。▲マークを画像にドラッグ&ドロップするか、■マーク を押して実行します。PCCはDBEのように新しい画面を開かず、対象の画 像に直接処理します。実行の際にAPASSとよぶデータベースの色情報をダ ウンロードしますので、PCをインターネットに接続しておいてください。 処理が終了したらSTFを実行し直します。このとき鎖マークをオンにして リンクした状態でSTFを実行してください。



図 4-54 リンクをオンにしてSTFを再実行

すると色合わせが完了した画像が表示されます。



図 4-55 色合わせの完了した画像

## 4.4. Color Calibration (CC)の使い方

PCCにより思うような結果が得られないときや、エラーにより処理が進 まないときは、Color Calibration (CC)を試してみましょう。CCも性能の高 い色合わせツールで、広く活用されています。PCCとCCのどちらの性能が 高い、ということではなく、画像によって結果が異なるため両方試してみて 結果のよいほうを採用する、という使い方をしてください。

#### Background Neutralizationの実行

PCCと異なりCCには背景をニュートラルグレーにするBackground Neutralizationの機能がありません。そのためにCCを実行する前に Background Neutralizationを実行します。

ProcessメニューのColor CalibrationからBackground Neutralizationを起 動します。

× I	BackgroundNeutralization		
Reference image:	<target image=""></target>		
Lower limit:	0.0000000		
Upper limit:	0.1000000		
Working mode:	Rescale as needed		
Target background:	0.0010000		
Region of Interest			
Left:	0 🗘 Top: 0		
Width:	0 + Height: 0 From Preview		

図 4-56 Background Neutralizationの起動

PCCと同じく背景として測定したい場所のPreviewを作成します。



図 4-57 Previewの作成

次にRegion of Interestにチェックを入れ、From Previewを押して背景を 設定します。

	× x	BackgroundNeutralization
	Reference image:	e: <target image=""></target>
	Lower limit:	t: 0.0000000 =
	Upper limit:	t: 0.1000000
	Working mode:	e: Rescale as needed 💌
	Target background:	d: 0.0010000
	Region of I	Interest
	Left:	t: 0 🗘 Top: 0
	Select Prev	eview 0 🗘 From Preview
integration	_DBE->Preview01	
	C	OK Cancel

図 4-58 Previewによる背景の設定

PreviewはRegion of InterestのFrom Previewではなく、Reference Imageに 設定しても結果は同じです。Region of InterestのFrom Previewに設定する とPreviewの画像位置が数値で表示されるので、同じ設定のBackground Neutralizationを複数の画像に処理するときに操作が簡単になるメリットが あります。▲マークを画像にドラッグ&ドロップするか、■マークを押して 実行します。



図 4-59 Background Neutralizationを実行した画像

### Color Calibration (CC)の実行

Background Neutralizationを実行したら、次はCCを実行します。Process メニューのColor CalibrationからColor Calibrationを起動します。

× x	ColorCalibration	
White Reference		\$
Reference image:		
Lower limit:	0.000000 =	
Upper limit:	0.9000000	
Region of	Interest	
Left:	0 🚖 Top: 0	÷
Width:	0 🗘 Height: 0	From Preview
Structure	Detection	
Structure layers:	5	
Noise layers:	1	
Manual W	hite Balance	
Red:	1.0000	
Green:	1.0000	
Blue:	1.0000	
	Output white reference mask	
Background Refe	erence	\$
Reference image:	<target image=""></target>	
Lower limit:	0.000000 =	
Upper limit:	0.1000000	
Region of	Interest	
Left:	0 🗘 Top: 0	
Width:	0 🗘 Height: 0	From Preview
	Output background reference mask	
<b>K B</b>		

図 4-60 Color Calibration画面

最初はWhite Referenceの設定です。上述したようにホワイトリファレン スには渦巻銀河がよく使われます。今回はホワイトリファレンスとして適当 な天体がないため、Region of Interestを指定せずに既定値のままにしておき ます。こうすることで画面全体からUpper limitまでのデータが選択されま す。撮影した画像で渦巻銀河などホワイトリファレンスとして適した対象が ある場合は、Previewを作成してRegion of Interestを設定してください。

Background ReferenceはBackground Neutralizationと同じ設定にします。 これで▲マークを画像にドラッグ&ドロップするか、■マークを押して実行 します。



図 4-61 CCによる色合わせをした画像

こちらも正しく色合わせができています。

# 4.5. Spectrophotometric Color Calibration (SPCC)の使い方

Spectrophotometric Color Calibration (SPCC)はPCCの進化版として 2022年11月に登場しました。PCCがthe AAVSO Photometric All-Sky Survey (APASS)とよぶ星カタログのデータを使うのに対して、SPCCはGaia衛星の スペクトルデータを使い、より正確に色合わせをすることができます。今後 はPCCに替わってSPCCが主流になっていくと予想されます。 Gaiaデータの登録

SPCCを使うにはGaiaのスペクトルデータをダウンロードする必要があ ります。PixInsightのホームページのDOWNLOADSメニューから<u>Software</u> <u>Distributionページ</u>1にアクセスします。

Gaia DR3/SP(complete set)もしくはGaia DR3/SP(small set)をダウンロ ードします。ダウンロードには時間がかかりますが、可能であればcomplete setをダウンロードください。small setでも動作は可能です。

ダウンロードが完了したらデータをPixInsightに登録します。PixInsight のProcessメニューのAstrometryからGaiaを実行します。

× ≖	Gaia 🏼 🅭
Search Parameters	\$
Data release:	Gaia DR3/SP
Center right ascension:	0 00 00.0000
Center declination:	+0 00 00.000
Search radius:	1 00 00.000 Gaia DR3/SP
	▼ Show compound angles ▼ R.A. in time units に変更
Low magnitude limit:	-1.500
High magnitude limit:	26.000
Required flags:	0000000 🛯 🔚
Inclusion flags:	0000000 🛯 🔚
Exclusion flags:	0000000 🛯 🔚
Source count limit:	4294967295
<b>Output Parameters</b>	\$
Sort by:	G mean magnitude
	Generate text output Generate binary output
Text format:	Tabular, compound coordinates
Text headers:	Search parameters and table columns
Output file:	
<b>L</b> •	

図 4-62 Gaiaデータの登録



<sup>1</sup> https://pixinsight.com/dist/browser.php

Data releaseをGaia DR3/SPに変更し、右下のレンチマークをクリックし ます。起動した画面でSelectボタンを押し、ダウンロードしたデータを選択 します。OKボタンを押すことでPixInsightにGaiaデータが登録されます。

	Gaia Preferences
Data release: Gaia DF	3/SP 🔻
Gaia DR3SP Database	iles
Gaia DR3SP Database I /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H /Users/astrochl2jpn/H	illes sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-01.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-02.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-03.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-05.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-06.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-06.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-07.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-09.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-01.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-12.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-12.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-12.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-13.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-13.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-15.xpsd sshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-15.xpsd
/Users/astrochl2jpn/H	oshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-17.xpsd
/Users/astrochl2jpn/H	oshinumailes/GAIA/gdr3sp-1.0.0-18.xpsd 🗸
Select	Remove
	OK Cancel
Text head	ers: Search parameters and table columns
Output	file:
<b>N</b> •	口 D 옷 X

図 4-63 Gaiaデータの選択

登録ができたらGaia画面を閉じます。

#### Spectrophotometric Color Calibration (SPCC)の実行

SPCCの実行の前に、PCCの説明で記載したImage Solverを起動し天体座 標を取得してください。天体座標の取得が完了したら、Processメニューの Color CalibrationからSpectrophotometric Color Calibrationを起動します。

× ≖		SpectrophotometricColorCalibration	**
Calibration			1
Whit	te reference:	Average Spiral Galaxy	
	QE curve:	Ideal QE curve	
	Red filter:	Sony Color Sensor R-UVIRcut	
	Green filter:	Sony Color Sensor G-UVIRcut	
	Blue filter:	Sony Color Sensor B-UVIRcut	
		Narrowband filters mode	
		Generate graphs	
		Generate star maps	
		Generate text files	
Outp	out directory:	<system-temp-dir></system-temp-dir>	
		Apply color calibration	
Catalog Sea	rch	4	
	Catalog:	Gaia DR3/SP 💌	
		✓ Automatic limit magnitude	
Limit	t magnitude:	12.0	
Signal Evalu	ation		F
Backgro	und Neutral	lization	1
	Lower limit:	-2.80	_
	Upper limit:	+2.00	_
Regio	on of Interes	st	-
	Left:	0 Top: 0	
	Width:	0 Height: 0 From Preview	
			ж

図 4-64 SPCCの設定

Red filter、Green filter、Blue filterでご自身のカメラで使われているセン サーのフィルターを選択ください。リストにない場合やわからない場合は既 定値のままにしてください。またモノクロカメラを使っている場合は、QE curveも設定してください。これもリストにない場合やわからない場合は既 定値のままにしてください。

次にBackground Neutralizationの設定です。これはPCCの設定と同様ですので、PCCで説明したようにBackground Neutralizationを設定してください。

▲マークを画像にドラッグ&ドロップするか、■マークを押して実行しま す。

リニアフェーズはこれで終了です。次の章からはノンリニアフェーズで 画像を仕上げていきます。