

目 次

ひとみ望遠鏡分光器用 CCD カメラの性能再評価	松下 真人	2
	仲 千春	
	千田 華	
ひとみ望遠鏡中分散分光器の波長分解能再測定	仲 千春	8
	松下 真人	
	千田 華	
1 等星のスペクトルカタログ	千田 華	13
	仲 千春	
	松下 真人	
ひとみ望遠鏡中分散分光器での分光観測	松下 真人	25
	仲 千春	
	千田 華	
2013 年いるか座新星 (V339 Del) の食変光星検出の試み	伊藤 芳春	32
	(共同観測者)	
ひとみ望遠鏡による食変光星 GR Tau の 2017 年度測光観測の報告	美濃山 蛭 ^{*1}	36
	伊藤 芳春 ^{*2}	
	松下 真人 ^{*3}	
	高田 淑子 ^{*1}	
	阿部 光晃 ^{*1}	
	堀越 優一 ^{*1}	
	米田 雄人 ^{*1}	
	海老名健将 ^{*1}	
	菊地 京香 ^{*1}	
	西山 正吾 ^{*1}	
	(^{*1} 宮城教育大学, ^{*2} 聖和学園高等学校, ^{*3} 仙台市天文台)	
宇宙を学ぶ触図の作成	國友 有与志	42
仙台市天文台の中期計画策定とその手法	大江 宏典	45
長期インターンシップの取り組み	小野寺 正己	52
2019 年度講座・講演会レポート	千田 華	57
企画展「宇宙たんけんプラネット～だれもしらない惑星にいこう!～」開催報告	郷古 由規	61
市民との交流を生む VI (ビジュアル・アイデンティティ) へと 強化するための取り組み	石垣 加也	68

ひとみ望遠鏡分光器用 CCD カメラの性能再評価

松下真人, 仲千春, 千田華

The performance re-evaluation of CCD Camera for Medium-dispersion Spectrograph

MATSUSHITA Masato, NAKA Chiharu, CHIDA Hikaru

要約

ひとみ望遠鏡のナスミス台には中分散分光器が設置されている。ひとみ望遠鏡観測機器の更改に伴い、分光器用 CCD カメラ FLI 社 PL-16803 の性能再評価を行った。その結果、リニアリティーが $\sim 62,000$ ADU, ゲインが 1.50 e-/ADU, リードアウトノイズが 16.58 e-, ダークカレントが 0.013 e-/sec となった。

Abstract

We present the result of the performance test of FLI PL-16803 CCD Camera that is using for Medium-dispersion Spectrograph mounted on the Hitomi Telescope. We obtain the Linearity limit of $\sim 62,000$ [ADU], the Gain of 1.50 e-/ADU, the Readout-Noise of 16.58 e-, and the Dark-Current of 0.013 e-/sec.

1. はじめに

2019 年 1 月から 3 月のひとみ望遠鏡観測機器の更改作業に伴い、ひとみ望遠鏡のナスミス焦点に設置された中分散分光器の制御機器、並びにスリットの仕様を変更した。スリットについては、それまで設置されていた $1.35''$ と $2''$ のスリットのうち、 $2''$ スリットを $4.80''$ スリットへと変更となった。

ひとみ望遠鏡中分散分光器には、これら 2 種類のスリット ($1.35''$ と $4.80''$) に加え、3 種類のグレーティング (低分散モード: 600 本/mm, 中分散 5000 モード: 1714 本/mm, 中分散 6000 モード: 1800 本/mm) があり、可視光域のスペクトルを一度に撮影することも可能である。

分光器用 CCD カメラに変更はないものの、制御機器が変更となったため、改めてその性能評価を行った。

2. 分光器用カメラの仕様

分光器用 CCD カメラは FLI 社の PL-16803 で、その仕様を Tab. 1 に示す。

Tab. 1 FLI PL-16803 の仕様

CCD チップ	KAF-16803
ピクセル数	4096(H) x 4096(V)
ピクセルサイズ	$9 \times 9 \mu\text{m}$
センサーサイズ	$36.8 \times 36.8 \text{ mm}$
冷却方法	ペルチェ電子冷却方式

3. 性能評価用データの取得

2019 年 4 月 18 日から 27 日にかけて、FLI PL-16803 が中分散分光器内部に設置された状態で、CCD 冷却温度を -25°C に設定し、 0.01 秒から 780 秒までの各露出時間でドームフラットフレーム 2 枚、 0.01 秒から 1200 秒までの各露出時間でダークフレーム 10 枚ずつを取得した。

ここで得られるドームフラットフレームは分光されたデータであり、波長に依存する強度変化が現れてしまう。そのため、CCD チップの中央付近にできるだけ均一に光が当たるように、予め分光器セッティング

(4.80" スリット, 中分散 5000 モード, 中心波長 6000 Å) を行った。

これらの性能評価用データの一次処理には, 天文画像処理ソフト IRAF を使用した。

4. リニアリティーの評価

4.1 評価方法

- ① imcombine タスクを使用し, median と 3 σ クリッピングのオプションで, 露出時間ごとに 10 枚のダークフレームを合成する。
- ② imarith タスクを使用し, 各フラットフレームから, 同じ露出時間の合成後のダークフレームを減算する。
- ③ imcombine タスクの average オプションで, ②のダーク減算後のフラットフレームを露出時間ごとに合成する。
- ④③の合成後のフラットフレームのうち, 最大露出時間 (780 秒露出) のフラットフレームで, サチュレーションを起こしている範囲を測定し, それと同じ範囲を全てのフラットフレームに対して imcopy タスクでトリミングする。
- ⑤④でトリミングした各露出時間ごとのフラットフレームに対し, imstat タスクでカウント平均値 [ADU] を読み取る。
- ⑥横軸に露出時間, 縦軸に④のカウント平均値をプロットする。
- ⑦リニアリティが保たれている範囲で近似直線のフィッティング関数を求める。本研究では, 露出時間 0.01 秒から 360 秒の範囲で関数を求めた。(Fig. 1)
- ⑧カウント平均値とフィッティング関数との誤差を求め, 横軸にカウント平均値, 縦軸に誤差をプロットする。(Fig. 2)

4.2 リニアリティの結果

Fig. 2 から, カウント平均値が低い場合にリニアリティが崩れていることがわかる。原因として, 露出時間が短い場合に CCD カメラシャッターが不安定となっている可能性がある。ただし, 分光観測においては 1 秒を下回るような短時間露出を行うことは無いため, 実用上は影響がない。

一方で, 62000 ADU までは近似直線から $\pm 2\%$ 以内の誤差に収まっている。2% の誤差は, 等級に換算すると約 0.02 等に相当し, 十分な精度と考えられる。

5. ゲイン及びリードアウトノイズ

天体からくる光子の数に比例して CCD で発生する電子の数を n , FITS データとして保存されたカウント値 (ADU) を N , ゲインを g とすると

$$gN = n \quad \dots (1)$$

の関係が成り立つ。また, 光子数のばらつき (標準偏差) を σ とすると

$$\sigma = \sqrt{n} \quad \dots (2)$$

となる。ここで, カウント数の標準偏差を Σ とすると, 以上の 2 式から

$$\sigma = g\Sigma \quad \dots (3)$$

となる。以上の 3 式から, 計測可能な N と Σ のみの式に変換すると

$$\Sigma^2 = \frac{1}{g} N \quad \dots (4)$$

となる。リードアウトノイズ (R) を考慮すると, (4) 式は

$$\Sigma^2 = \frac{1}{g} N + \frac{R^2}{g^2} \quad \dots (5)$$

と表すことができる。

よって, (5) 式から, カウント数 N と標準偏差 Σ の 2 乗をグラフにプロットすると, その傾きの逆数が g (ゲイン) となり, 切片の値から R (リードアウトノイズ) を求めることができる。

5.1 評価方法

使用するデータは, リニアリティ測定の 4.1 ⑤で読み取ったフラットフレーム合成後のカウント平均値と, 下記の方法で求めたフラットフレームの標準偏差である。

- ① 4.1 ④と同じ範囲でダーク減算後のフラットフレームをトリミングする。
- ② imarith タスクを使用し, ①で作成した露出時間ごとの 2 枚のライトフレームの差分をとり, imstat タスクでそれぞれの標準偏差 (stddev) を読み取る。
- ③横軸に 4.1 ⑤の露出時間ごとのフラットフレーム

のカウン平均値，縦軸に標準偏差の2乗をとり、プロットする。ただし，2枚のフラットフレームを使用しているので分散も1/2となることに注意する。

- ④露出時間 0.01 秒から 360 秒の範囲で近似直線のフィッティング関数を求めた。(Fig. 3)

5.2 ゲイン及びリードアウトノイズの結果

Fig. 3 から，近似直線は

$$y = 0.668x + 122.733 \quad \dots (6)$$

となった。

(5) 式から，(6) 式の傾きの逆数がゲインとなり， $g = 1.50$ [e-/ADU] となった。また，切片の平方根にゲインを乗じたものがリードアウトノイズとなり， $R = 16.58$ e- となった。

6. ダークカレント

6.1 評価方法

- ①露出時間ごとに10枚を合成したダークフレームを使用する。(4.1 ①で作成したものと同様)
- ②①の各露出時間のダークフレームから imstat タスクでカウン平均値を読み取る。
- ③横軸に露出時間，縦軸に①のカウン平均値をプロットし，その傾きからダークノイズの増加率 (ADU/sec) を求める。(Fig. 4)
- ④③に 5.2 で求めたゲインを乗算し，ダークカレント (e-/sec) を求める。

6.2 ダークカレントの結果

Fig. 4 から近似直線は

$$y = 0.00849x + 1011.11 \quad \dots (7)$$

となった。

(7) 式の傾きに，ゲイン $g = 1.50$ e-/ADU を乗ずると，ダークカレントは 0.013 e-/sec となった。

7. まとめ・課題

2014 年の測定結果に比べ，ダークカレントの値が大きく変動している (Tab. 2)。この原因として，ダークカレントの安定性に起因する可能性がある。2014 年の測定では 30 秒露出までのダークフレームで評価したが，本研究では 1200 秒までの長露出時間で評

価している。Fig. 4 を見ても，短時間露出の範囲ではダークカレントが高く見積もられる傾向にあることがわかる。

ダークカレントは CCD の温度に依存することから，外気温の変動や CCD 自体の発熱などの影響により，CCD の温度が変動する可能性がある。今後は外気温との関係や，短時間露出での連続撮影による CCD の温度変化について把握する必要がある。

<参考文献>

- 岩崎仁美 (2016) 仙台市天文台 1.3m ひとみ望遠鏡の性能評価と近傍ミラ型変光星のスペクトル型分類 東北大学大学院理学研究科天文学専攻 修士論文
- 松下真人，溝口小扶里，長谷川哲郎，土佐誠，岩崎仁美 (2015) ひとみ望遠鏡分光器用 CCD カメラの性能評価 仙台市天文台研究・実践紀要 第 1 号 仙台市天文台，2-5.
- 仲千春，松下真人，千田華 (2020) ひとみ望遠鏡中分散分光器の波長分解能再測定 仙台市天文台研究・実践紀要 第6号 仙台市天文台，8-12.

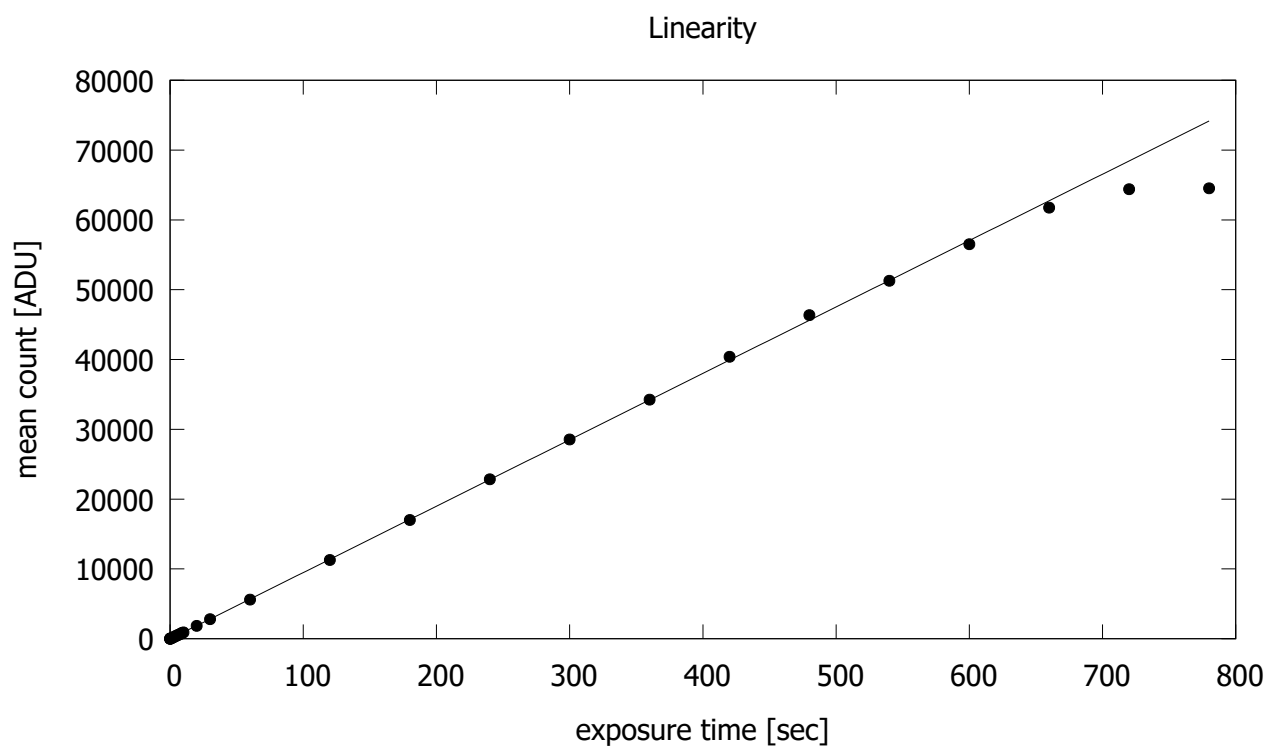


Fig. 1 リニアリティ測定

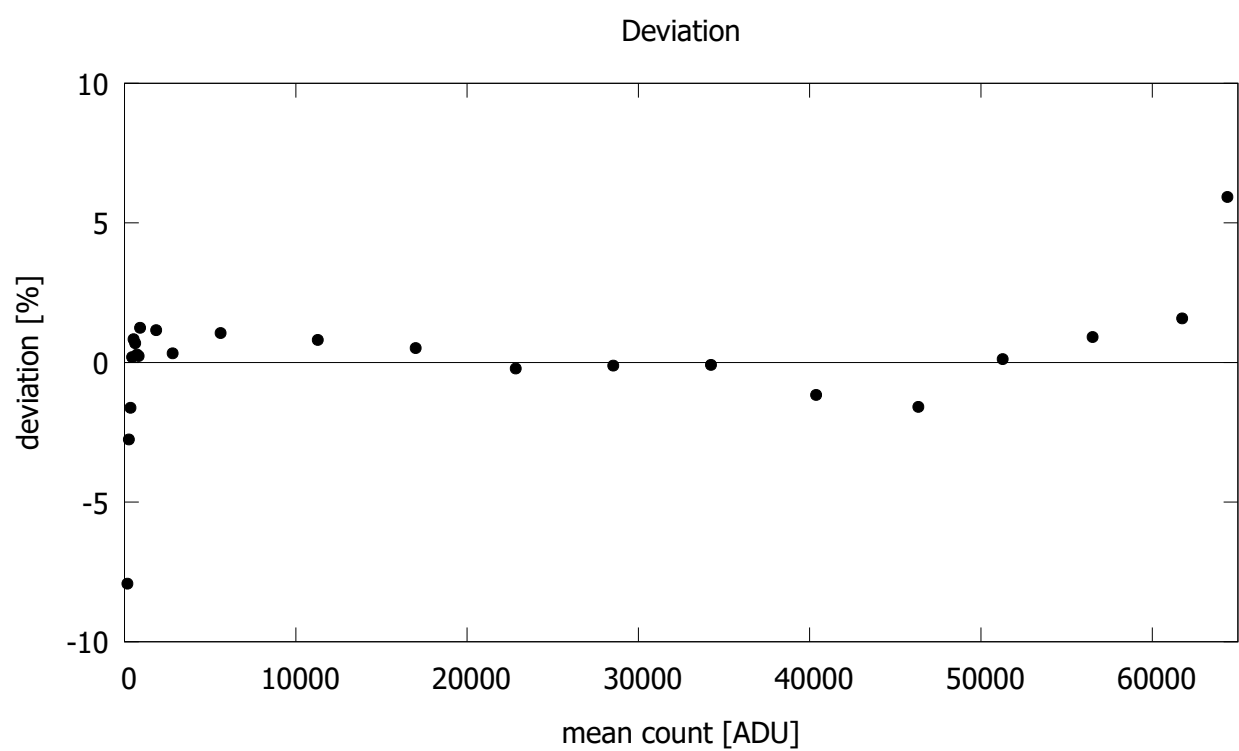


Fig. 2 リニアリティ近似直線からの誤差

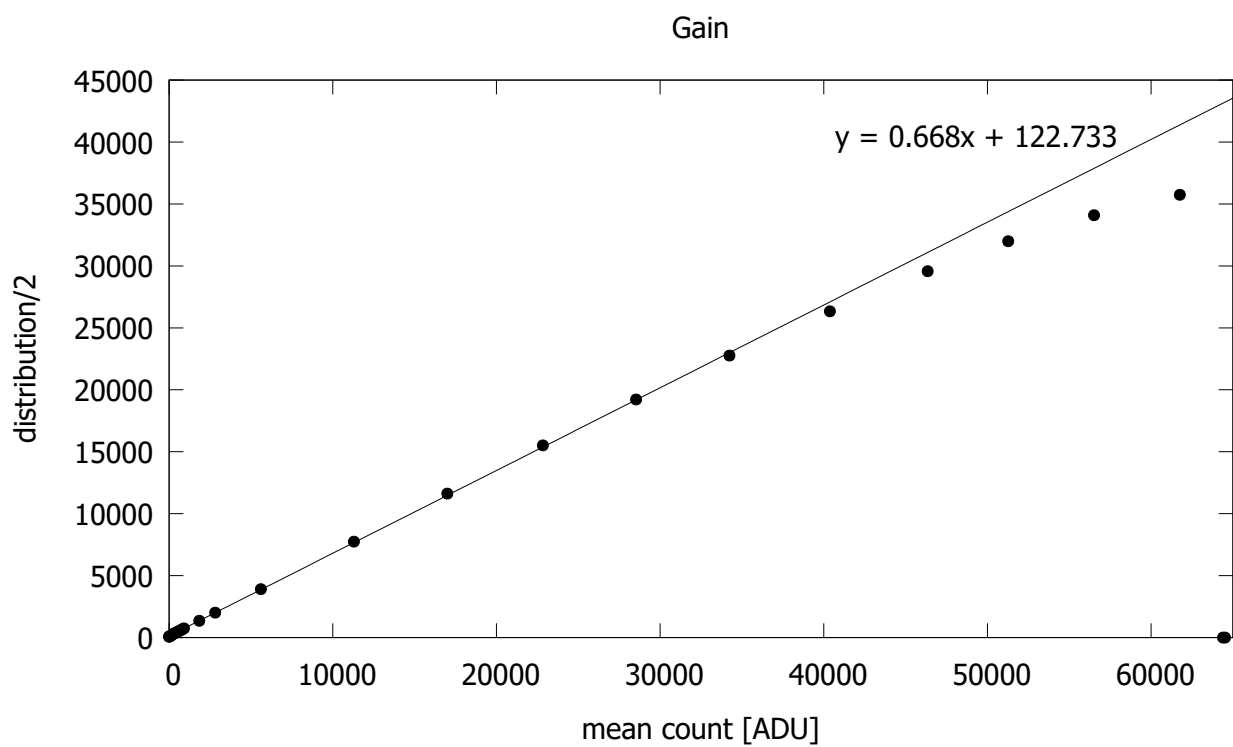


Fig. 3 ゲイン測定

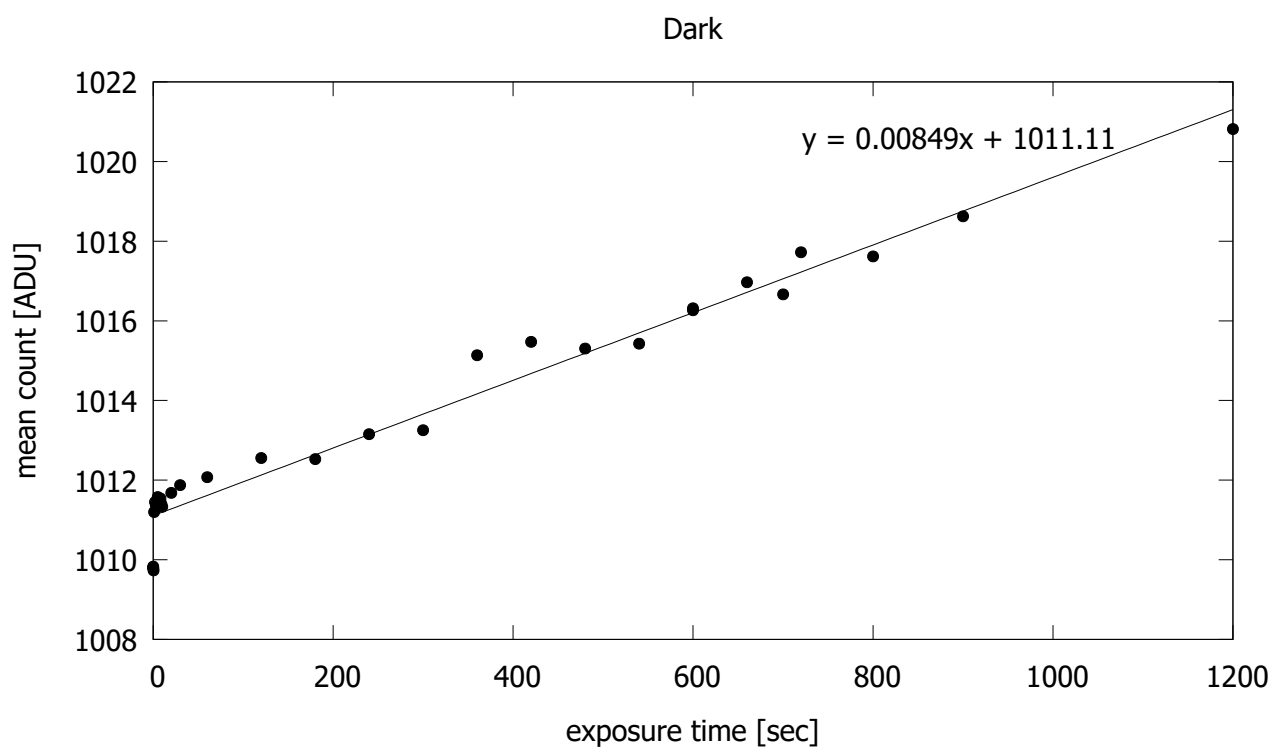


Fig. 4 ダークカレント測定

Tab. 2 FLI PL-18603 性能実測値

測定年	2014	2019
リニアリティー [ADU]	~ 57,000	~ 62,000
ゲイン [e-/ADU]	1.49	1.50
リードアウトノイズ [e-]	17.3	16.58
ダークカレント [e-/sec]	0.74	0.013

ひとみ望遠鏡中分散分光器の波長分解能再測定

仲千春, 松下真人, 千田華

Remeasurement of the wavelength resolution of the Hitomi Telescope Medium-dispersion Spectrograph

NAKA Chiharu, MATSUSHITA Masato, CHIDA Hikaru

要約

ひとみ望遠鏡の更改工事に伴い、中分散分光器の更新を行った。そこで波長分解の再測定を実施した。大きな変更点は2種類あるスリットの1つの幅を2"から4.80"へ変更したことである。2種類のスリット（1.35"と4.80"）と3種類のグレーティング（中分散5000モード：1,800本/mm, 中分散6500モード：1,714本/mm, 低分散モード：600本/mm）の全6種のセッティングで、中心波長をグレーティングのブレース波長に設定し、波長分解能を測定した。その結果、ブレース波長における波長分解能は、1.35"スリットの中分散5000モードでR-7111, 中分散6500モードでR-9654, 低分散モードでR-2217, 4.80"スリットでは各モードでR-1731, R-2362, R-541となり、設計値よりも高い波長分解能を得られることを確認した。

Abstract

We remeasured wavelength resolutions of Medium-dispersion Spectrograph mounted on the Hitomi Telescope, and confirmed the measured value of wavelength resolutions are equal to or greater than designed value.

1. はじめに

2019年1月から3月にひとみ望遠鏡の観測機器の更改作業が行われた。それに伴い、中分散分光器が一部改修された。大きな変更点の1つは、もともとあった2種類のスリット（1.35"と2"）の2"スリットが4.80"スリットへと変更になったことである。そこで新しくなったスリットを含む2種類のスリット（1.35"と4.80"）と3種類のグレーティング（中分散5000モード：1,714本/mm, 中分散6500モード：1,800本/mm, 低分散モード：600本/mm）の全6種のセッティングでの、それぞれの波長分解能の再測定を行った。

2. 測定方法

測定方法はこれまでと同様に、松下ら（2016）を参考にして行った。ただし、前回と1点変更した点がある。それは今回の測定はシングルラインの値のみを使用したことである。

なぜならば前回、波長測定の際に使用した輝線は、シングルラインとブレンドラインが混ざっていた。ブレンドラインは様々な成分が含まれた輝線なので、正確な波長分解能を求める際には余分な成分まで拾ってしまっていることが考えられる。そこで今回はシングルラインのみ使用することで、より正確な波長分解能が得られるようにした。

3. 結果

算出した波長分解能のプロット図および近似曲線をFig. 1-Fig. 6に示す。横軸は波長 $\text{\AA}$, 縦軸は波長分解能である。

また、得られた近似線関数から求めたブレース波長における波長分解能および検出限界速度をTab. 1, Tab. 2に示す。なお、それぞれのブレース波長を設計値より、中分散5000は4901 $\text{\AA}$, 中分散6500は6405 $\text{\AA}$, 低分散は4893 $\text{\AA}$ とした。

4. まとめ・今後

どのセッティングにおいても設計値よりも高い波長分解能となっていることがわかった。しかし、1.35”の検出速度限界が以前より少し精度が落ちていることがわかった。

今後はこの設計値よりも高い波長分解能となる理由や特に改修が行われなかった1.35”スリットの波長分解能が悪くなった理由を調査していく。

<参考文献>

- 松下真人, 溝口小扶里, 土佐誠 (2016) ひとみ望遠鏡中分散分光器の波長分解能測定 仙台市天文台紀要 第2号 仙台市天文台, 14-18.
- 新井彰・高木悠平・本田敏志・坂元誠・鳴沢真也・伊藤洋一 (2012) Annual Report of the Nishi-Harima Astronomical Observatory 西はりま天文台年報 No.22, 34-39.

Tab. 1 1.35”スリットにおける波長分解能の設計値と実測値

グレーティング	中分散 5000	中分散 6500	低分散
設計値	R~5496	R~7008	R~1766
実測値	R~7111	R~9654	R~2217
検出速度限界 (km/s)	42~	31~	135~
ブレード波長における波長範囲 (Å)	4446-5463	5998-6907	2805-6543

Tab. 2 4.80”スリットにおける波長分解能の設計値と実測値

グレーティング	中分散 5000	中分散 6500	低分散
設計値	R~1545	R~1971	R~496
実測値	R~1731	R~2362	R~541
検出速度限界 (km/s)	173~	127~	554~
ブレード波長における波長範囲 (Å)	4442-5462	5997-6944	2851-6544

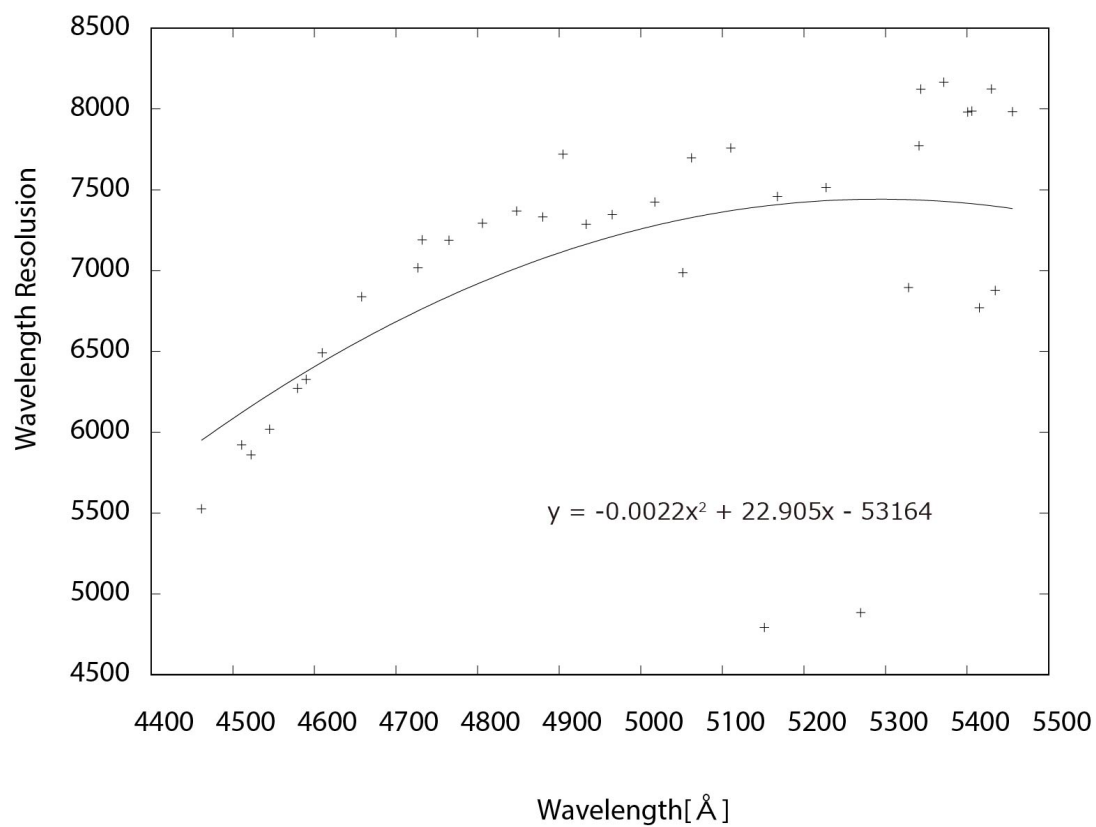


Fig. 1 1.35'' スリット中分散 5000 の波長分解能

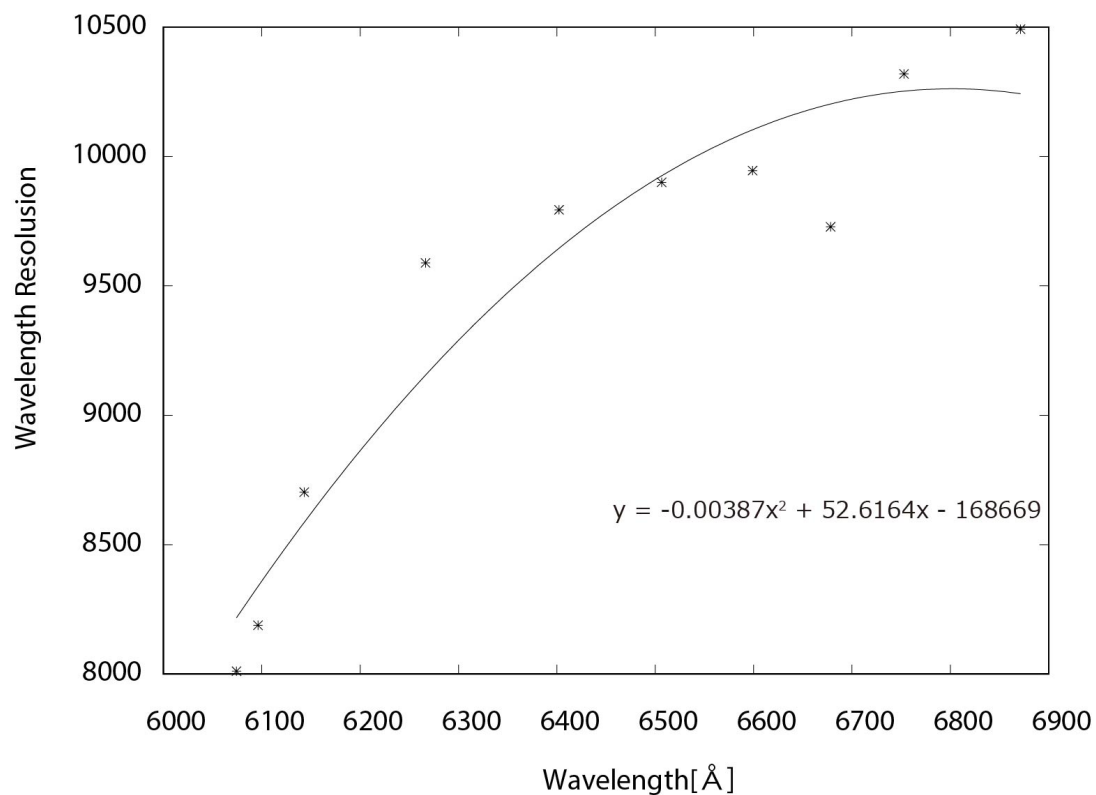


Fig. 2 1.35'' スリット中分散 6500 の波長分解能

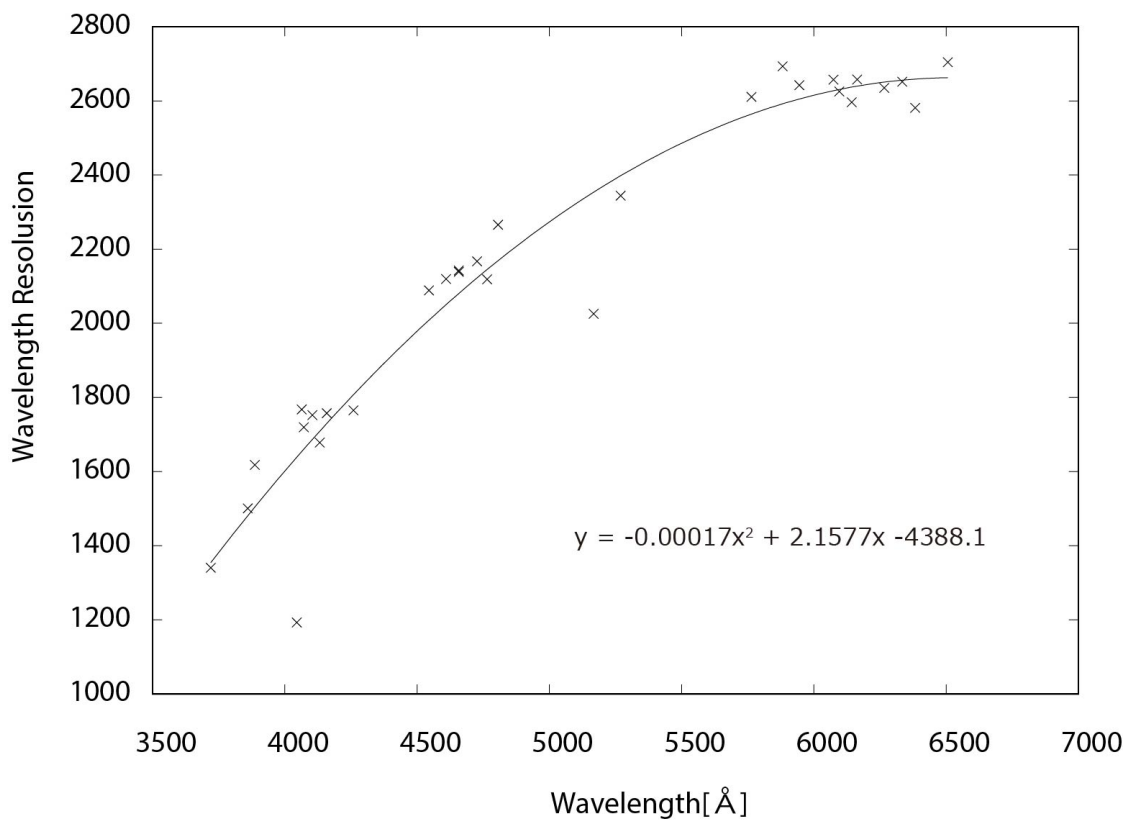


Fig. 3 1.35'' スリット低分散の波長分解能

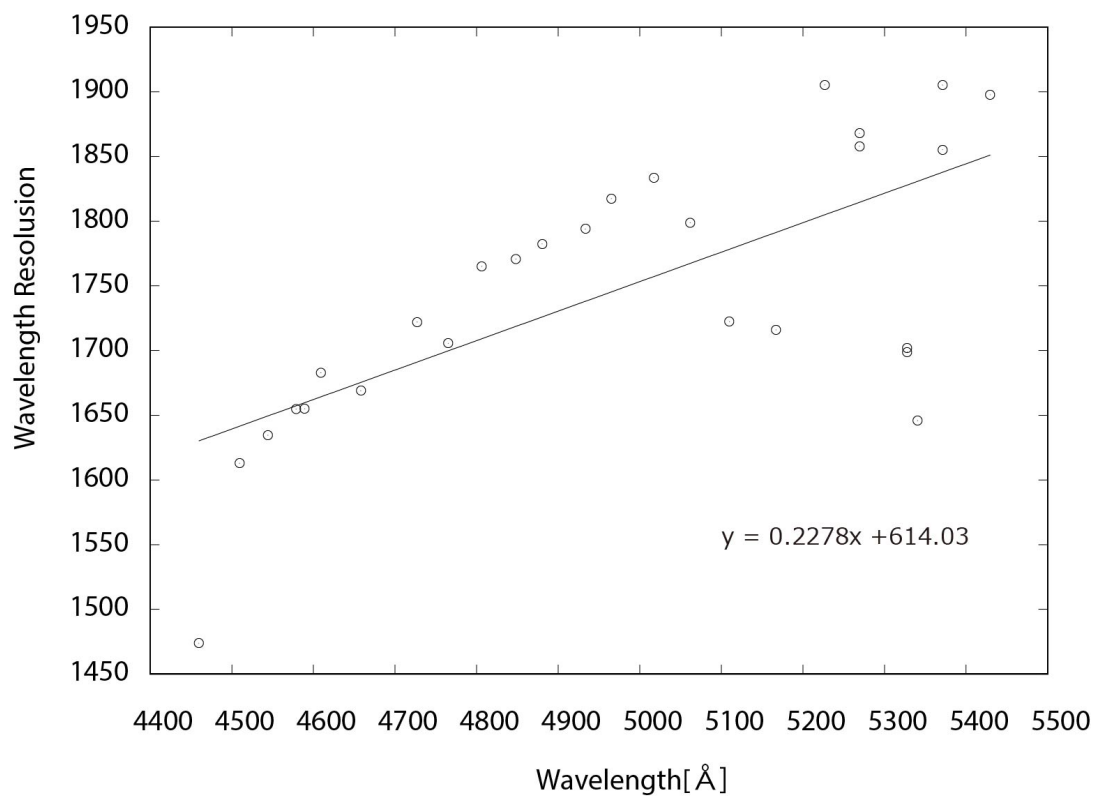


Fig. 4 4.80'' スリット中分散 5000 の波長分解能

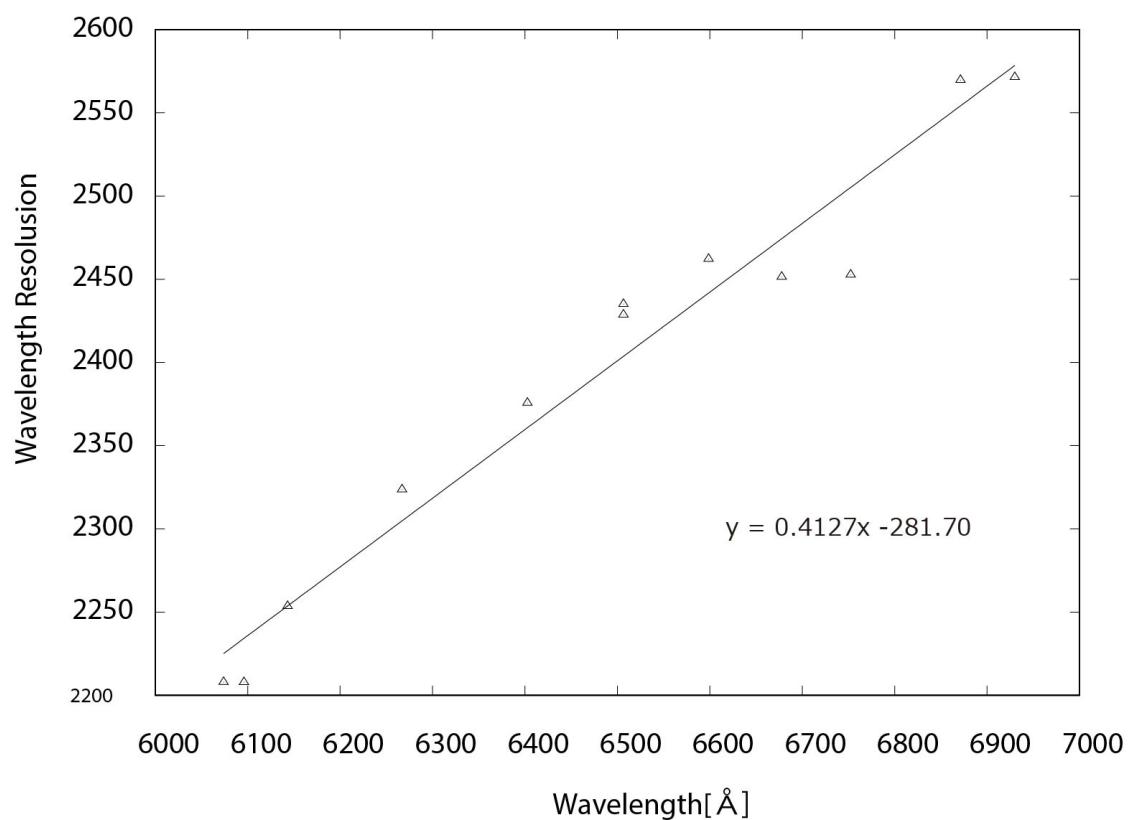


Fig. 5 4.80'' スリット中分散 6500 の波長分解能

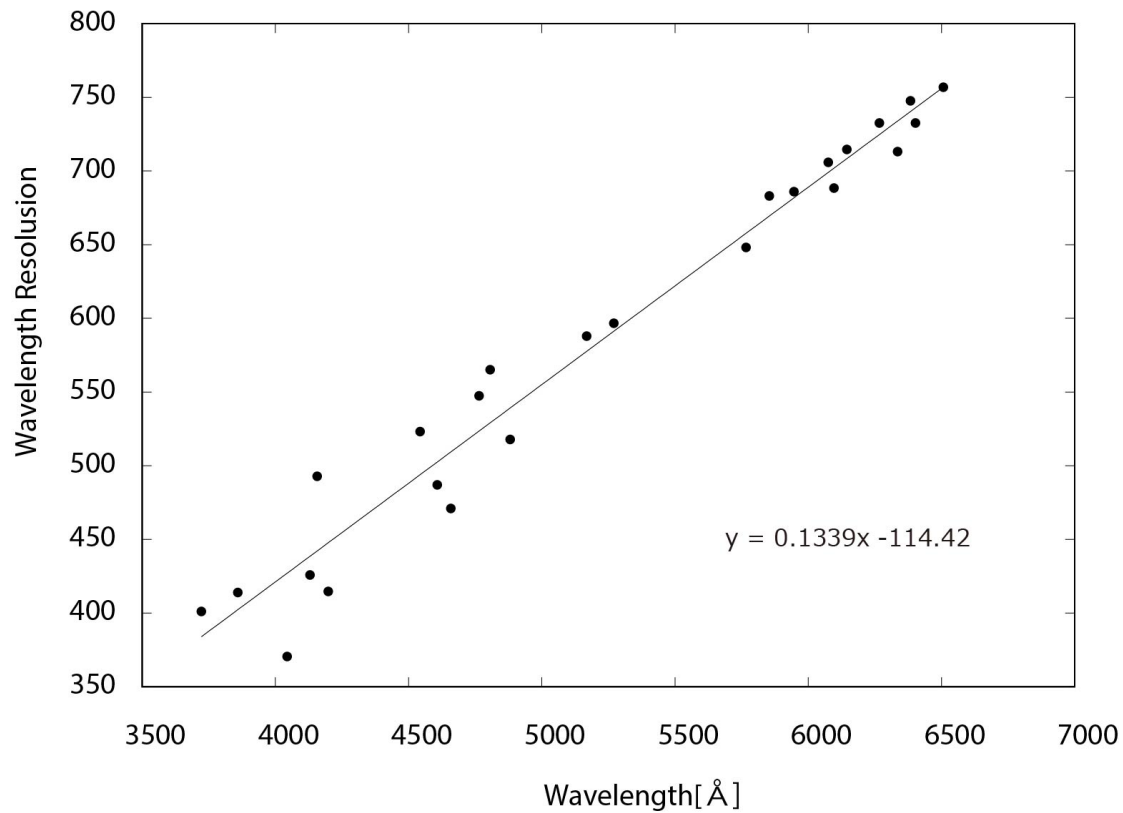


Fig. 6 4.80'' スリット低分散の波長分解能

1 等星のスペクトルカタログ

千田華, 仲千春, 松下真人

CHIDA Hikaru, Naka Chiharu, MATSUSHITA Masato

要約

ひとみ望遠鏡の中分散分光器の低分散モードを使用し、仙台市天文台から観測可能な 1 等星 15 天体についてスペクトルのカタログ化を行った。取得したスペクトル強度分布に見られる吸収線を同定し、各スペクトル型で見られる強度分布や吸収線の特徴を確認できた。

1. はじめに

恒星のスペクトルは強度分布のピーク波長によって数種類のスペクトル型に分類される。また、スペクトル型に応じて Tab. 1 に示すように吸収線の現れ方に特徴がある。更に細かく分類する場合は 0 から 9 までの数字がつけられる。全天に 21 天体ある 1 等星もそれぞれ異なるスペクトル型であることが知られている。

ひとみ望遠鏡中分散分光器の低分散モードを用いた 1 等星のスペクトル強度分布は、松下ら (2015)、千田・松下 (2019) で 6 天体について報告している。本研究では、残りの 9 天体分のスペクトルを取得するとともに、報告済みの 6 天体についても同条件で再観測及び再解析を行うことで、仙台市天文台から観測可能な 15 天体のスペクトルのカタログ化を行った。

Tab. 1 スペクトル型における吸収線の特徴

型	吸収線の特徴
O	電離ヘリウム, 高電離の酸素, 窒素, 炭素等の吸収線が見られる。
B	水素吸収線が強まり, 中性ヘリウム吸収線が最強。
A	水素線が最強, 電離金属吸収線も見られる。
F	水素吸収線がやや弱まり, カルシウムH, K線及び金属の吸収線が強くなる。
G	H, K線が強く, 水素吸収線は目立たない。
K	H, K線が幅広く, 諸種の金属吸収線は重なり合う。
M	酸化チタン (TiO) の暗線が特徴。

2. 観測及びデータ解析

2.1 観測天体

本研究では、1 等星 15 天体について分光観測を行った。観測天体とスペクトル型、観測条件については Tab. 2 に示す。

2.2 観測装置

本研究では仙台市天文台のひとみ望遠鏡を使用した。恒星の可視光全域でのスペクトル強度分布を把握するために、ひとみ望遠鏡ナスミス焦点の中分散分光器に搭載されている低分散モードで分光観測を行った。中心波長は 5500 Å とした。本観測で使用した観測機器の仕様は Tab. 4 に示す。

2.3 分光器用 CCD カメラ

スペクトルの撮像に FLI 社の冷却 CCD カメラ (PL-16803) を使用した。分光器用カメラの主な仕様は Tab. 5 に示す。

2.4 データ処理・解析

スペクトル強度分布を得るために、ダーク処理、フラット処理、比較光源による波長校正に加え、標準星による強度補正を行った。標準星には、目的天体と同程度の高度にある天体を選定した。標準星の一覧は Tab. 3 に示し、各天体の強度補正に使用した標準星は Tab. 2 に示した。

冷却 CCD の感度特性により観測波長域のうち短波長側の感度が低いため、4000-6900 Å までと波長を限定して強度補正を行った。

また、天体の高度角ごとに見通す大気の厚みが変わり、大気による減光量が変動することが知られている。

そのため、観測時の天体高度におけるエアマスを算出し、大気の厚みによる減光の補正を行った。

3. 結果

画像処理後の各天体のスペクトルをスペクトル型の順番に並べたものを Fig. 1 に示す。横軸は波長分散方向、縦軸はスリットに沿った空間方向である。スペクトル内に見られる暗い線が吸収線スペクトルであり、特徴的な吸収線を同定し図中に記している。Fig. 1 より、各天体のスペクトルにおける特徴的な吸収線が確認できた。

スペクトル強度分布を Fig. 2-Fig. 16 に示す。なお、Fig. 2-Fig. 16 はスペクトル分類順に並べて記載した。横軸に波長、縦軸に強度をとり、図中にはスペクトル分布に見られる特徴的な吸収線を同定し記している。Fig. 2 から Fig. 16 より、各スペクトル型で見られる強度分布や吸収線の特徴を確認することができた。

4. 議論

Fig. 2-Fig. 10 までのスペクトルにおいて、5700 Å 及び 6400 Å 付近に不自然な膨らみが見られる。この傾向は松下ら (2015)、千田・松下 (2019) で報告している O、B、A、F 型星のスペクトルにも見られる。これは、観測装置や解析手法によるものではなく、大気の影響ではないかと考えられる。地上から天体を観測する場合には、大気による天体からの電磁波の吸収の影響を避けることはできない。特に 6000 Å 付近はオゾンと酸素分子による吸収があるため、その影響を受けているのではないかとと思われる。

5. 結論

各天体のスペクトル強度分布に見られる吸収線を同定することで、各スペクトル型に見られる特徴が確認でき、仙台市天文台から観測可能な 15 天体のスペクトルをカタログ化することができた。

<参考文献>

- 松下真人, 溝口小扶里, 長谷川哲郎, 土佐誠 (2015) ひとみ望遠鏡中分散分光器での低分散モード試験観測 仙台市天文台研究・実践紀要 第 1 号 仙台市天文台, 8-14.
- 千田華, 松下真人 (2019) 恒星の低分散分光観測 仙台市天文台研究・実践紀要 第 5 号 仙台市天文台, 10-14.

○Richard Walker (2017) Spectral Atlas for Amateur Astronomers Cambridge University Press .

○野本憲一, 定金晃三, 佐藤勝彦 (2009) シリーズ現代の天文学 7 恒星 株式会社 日本評論社 .

○家正則, 岩室史英, 舞原俊憲, 水本好彦, 吉田道利 (2007) シリーズ現代の天文学 15 宇宙の観測 I - 光・赤外天文学 株式会社 日本評論社 .

○国立天文台編 (2019) 理科年表 2020 丸善出版株式会社, 120 .

Tab. 2 観測天体一覧

観測天体	スペクトル型	観測日	観測開始時間(時:分:秒)	露出時間(秒)	フレーム(枚)	観測時の天体高度(度)	エアマス	標準星番号※
ベテルギウス	M1-M2	2018年12月15日	23:24:48	10	5	58.346	1.175	1
アルデバラン	K5		23:56:26	5	5	62.193	1.131	
シリウス	A1		23:40:18	2	5	32.897	1.841	
リゲル	B8		23:29:46	5	5	43.463	1.454	2
プロキオン	F5		23:34:12	5	5	46.249	1.384	
カペラ	G3	2018年12月16日	1:38:00	5	5	63.151	1.121	3
スピカ	B1+B2	2019年5月3日	20:41:13	10	5	35.500	1.722	4
ボルクス	K0		21:01:49	10	5	35.195	1.735	
レグルス	B8		21:12:18	10	5	50.806	1.290	
アークトゥルス	K1.5		21:19:30	5	5	59.473	1.161	
ベガ	A0		23:17:00	5	5	41.617	1.506	
デネブ	A2	2019年5月4日	0:35:19	10	5	35.909	1.705	
アルタイル	A7		0:43:00	10	5	28.835	2.073	
アンタレス	M0.5		0:46:57	10	5	24.770	2.387	
フォーマルハート	A4	2019年10月28日	21:45:00	30	5	18.693	2.120	5

※Tab. 3参照

Tab. 3 標準星一覧

番号	天体名	観測日	観測開始時間(時:分:秒)	露出時間(秒)	フレーム(枚)	観測時の天体高度(度)	エアマス
1	HR1544	2018年12月15日	23:07:42	120	5	60.469	1.149
2	HR718	2018年12月15日	23:46:06	120	5	36.852	1.667
3	HR3454	2018年12月16日	02:46:00	120	5	55.081	1.22
4	HR4963	2019年5月3日	20:45:05	120	5	42.486	1.481
5	HR1544	2019年10月28日	22:02:01	60	10	28.917	2.068

Tab. 4 ひとみ望遠鏡中分散分光器の低分散モードの仕様

主鏡	有効口径/1300mm, 主焦点/F2.3
光学形式	クラシカルカセグレン光学系
焦点	ナスミス分光焦点(F9.69)
観測装置	可視域中分散分光器(ナスミス分光焦点)
スリット	1.35"
ブレース波長における波長範囲(Å)	3738(2805-6543)
波長分解能	R~2217

Tab. 5 分光器用カメラの仕様

CCDチップ	KAF-16803
ピクセル数	4096(H) × 4096 (V)
ピクセルサイズ	9×9 μm
センサーサイズ	36.8×36.8mm
冷却方法	ペルチェ電子冷却

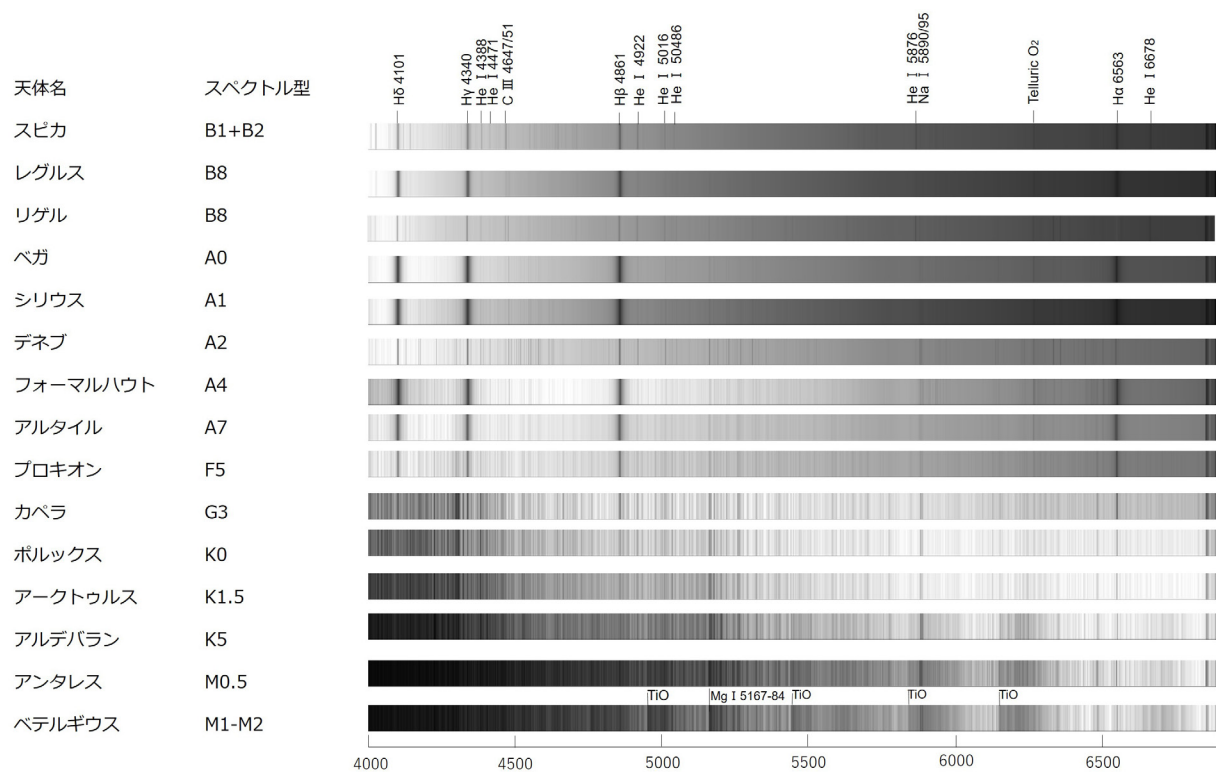


Fig. 1 観測天体のスペクトル

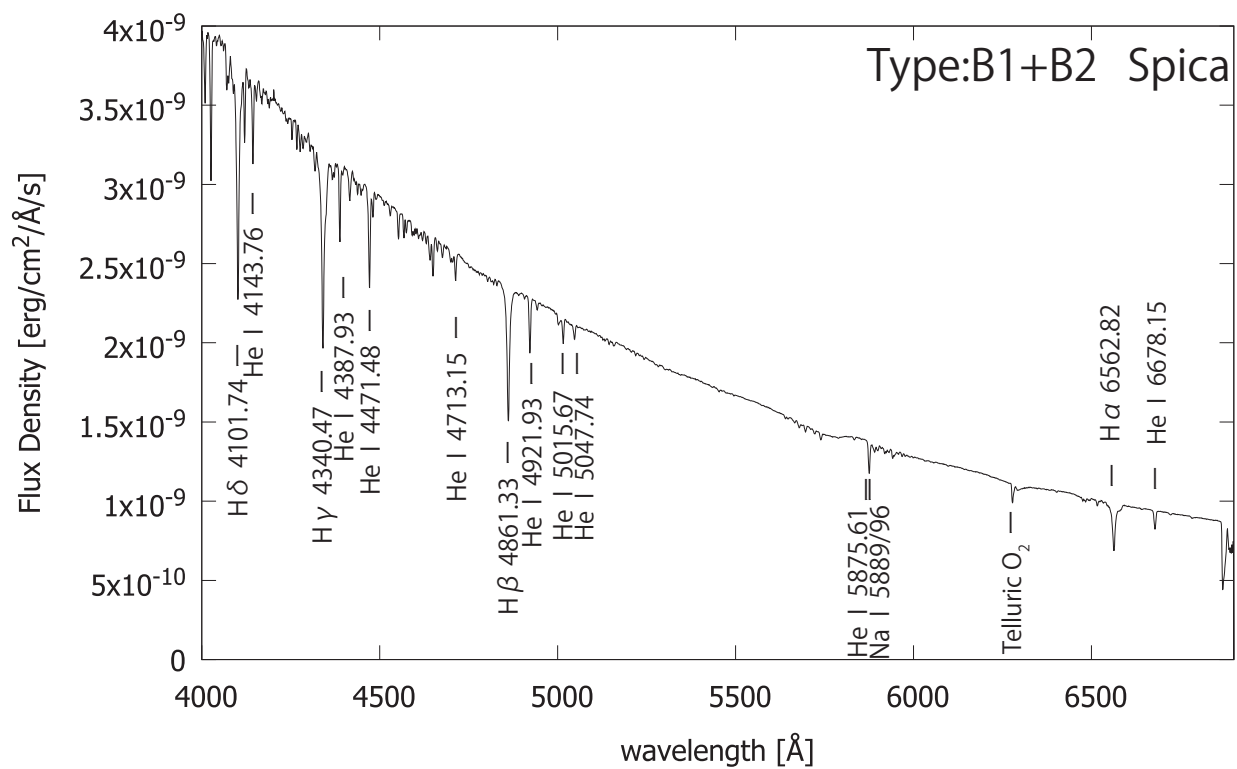


Fig. 2 スピカのスペクトル強度分布

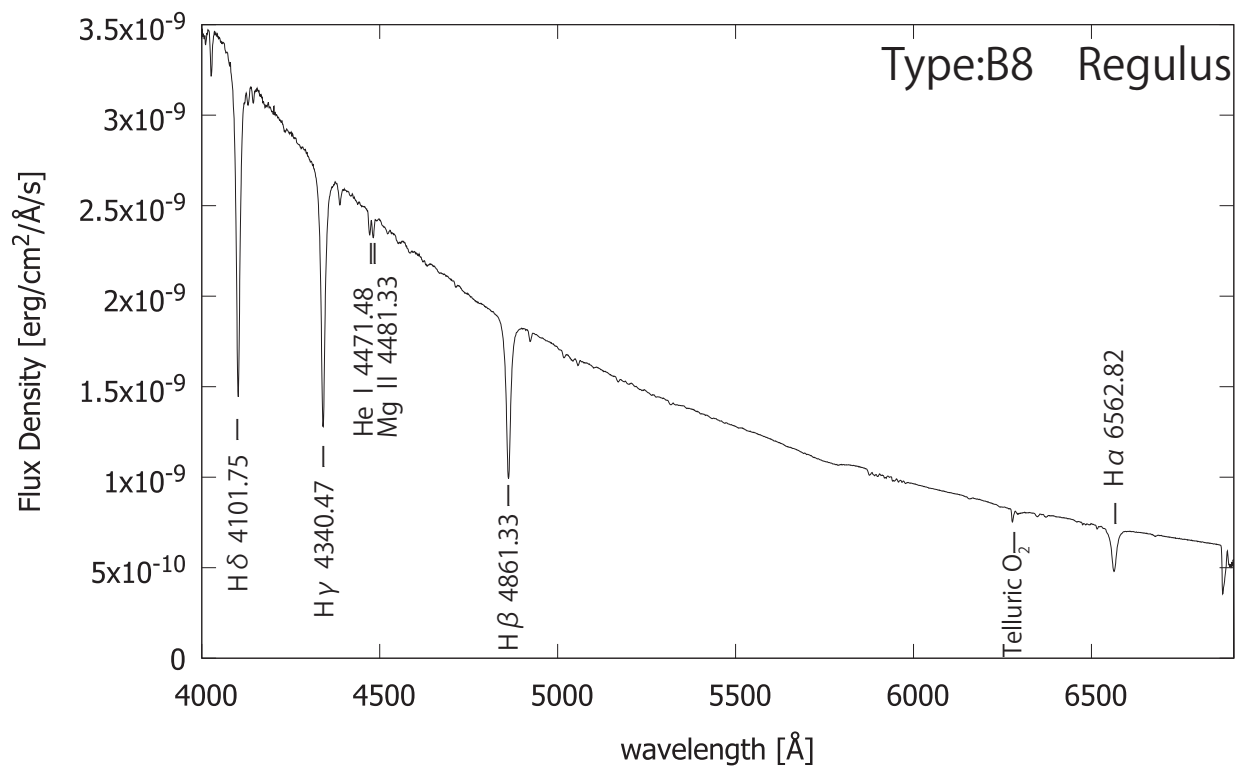


Fig. 3 レグルスのスペクトル強度分布

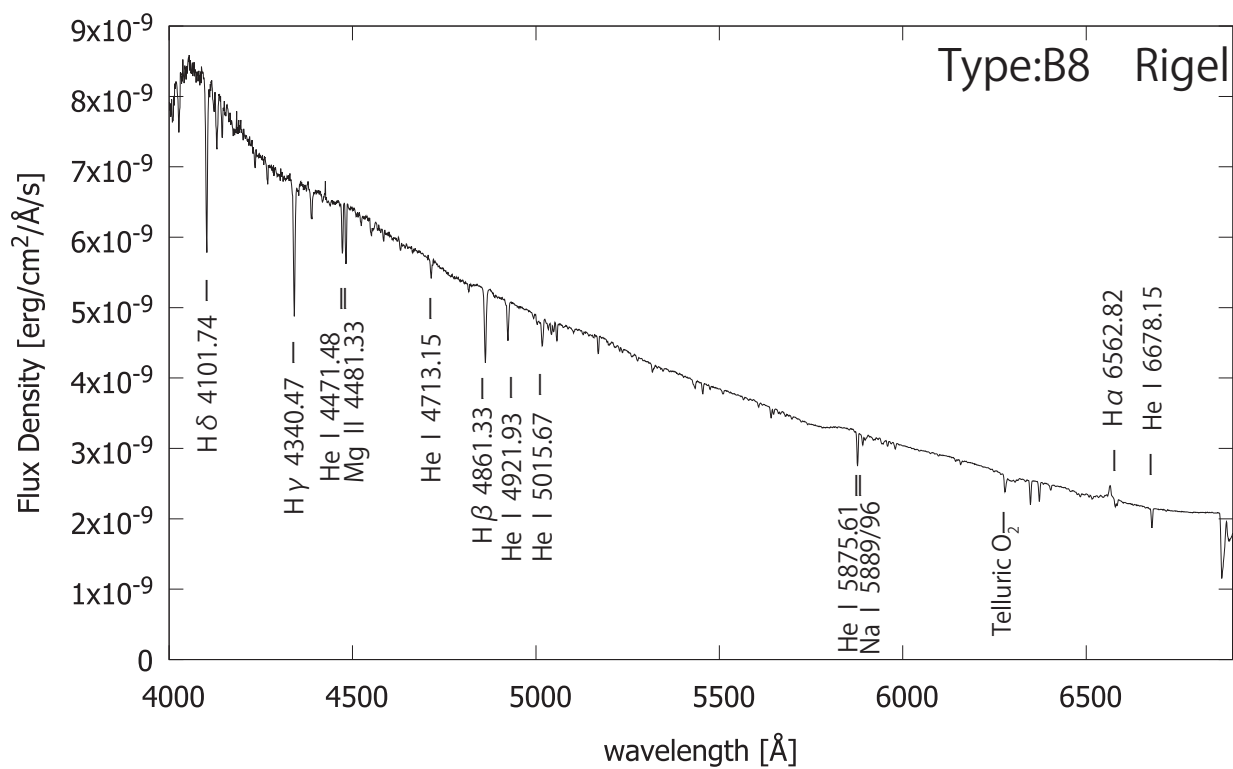


Fig. 4 リゲルのスペクトル強度分布

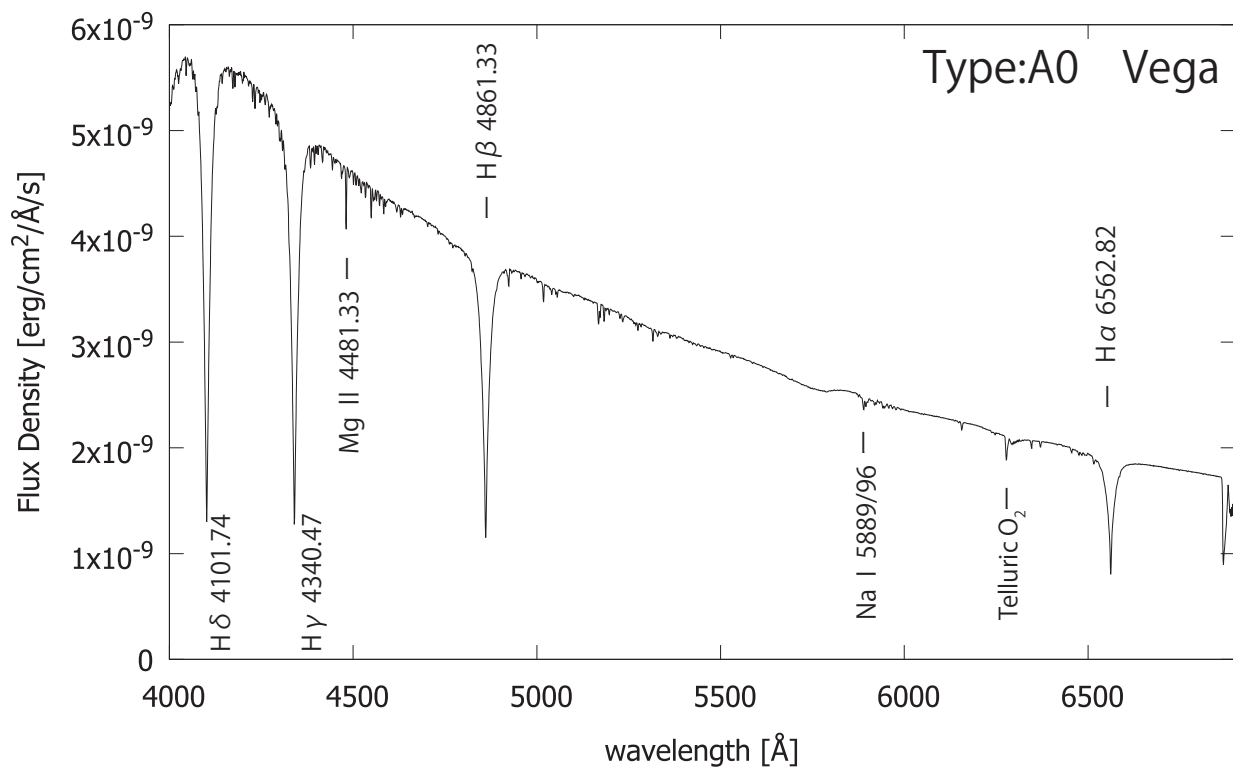


Fig. 5 ベガのスペクトル強度分布

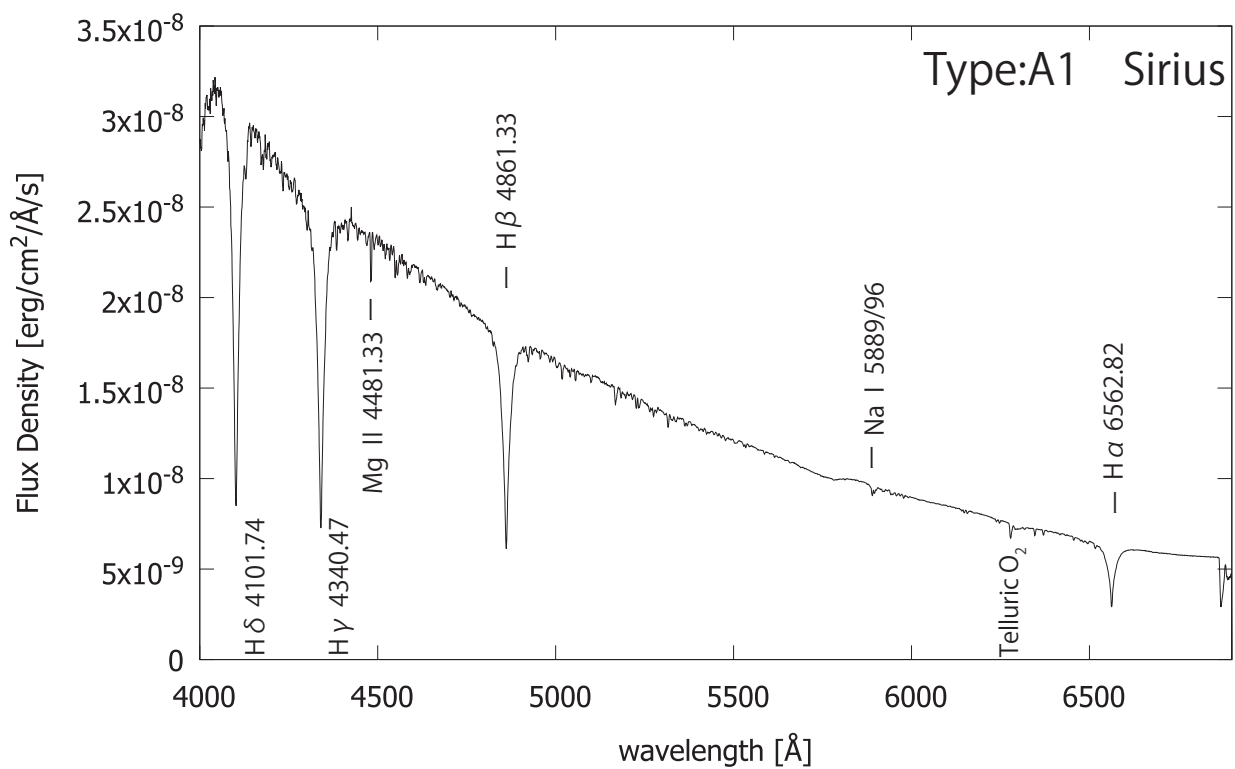


Fig. 6 シリウスのスペクトル強度分布

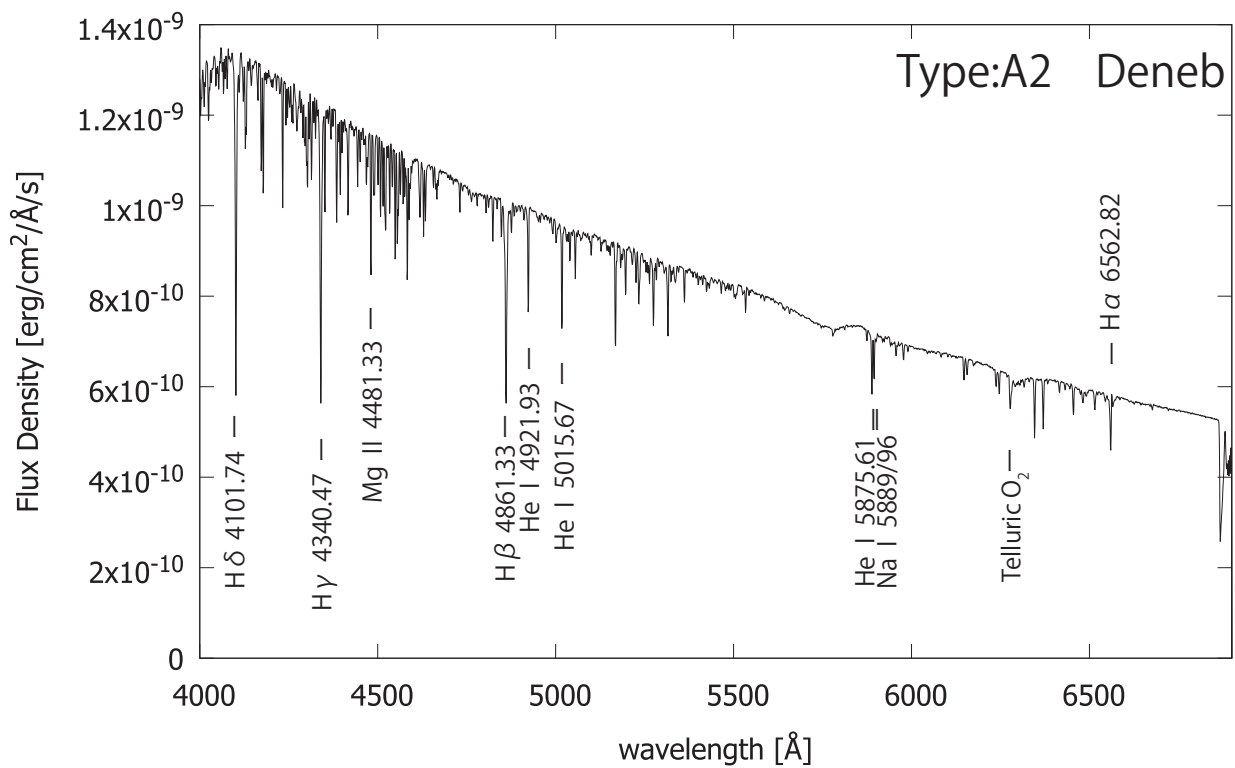


Fig. 7 デネブのスペクトル強度分布

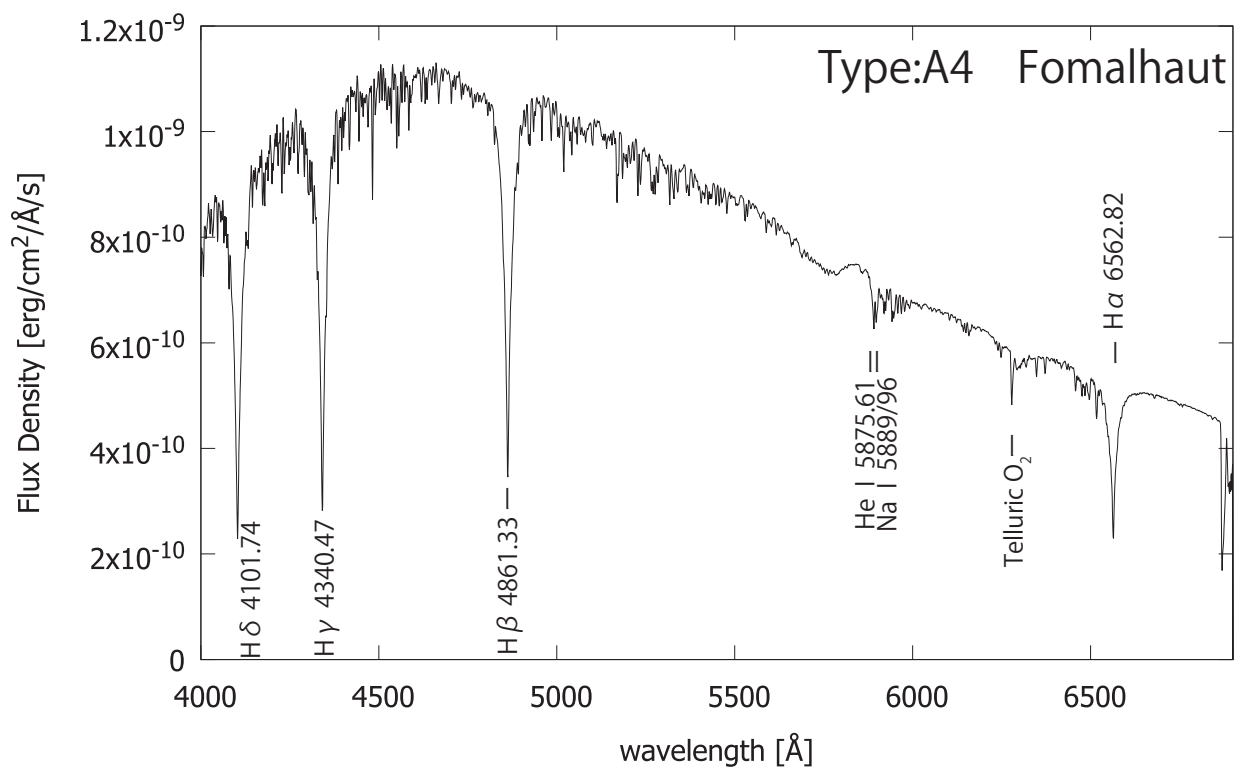


Fig. 8 フォーマルハウトのスペクトル強度分布

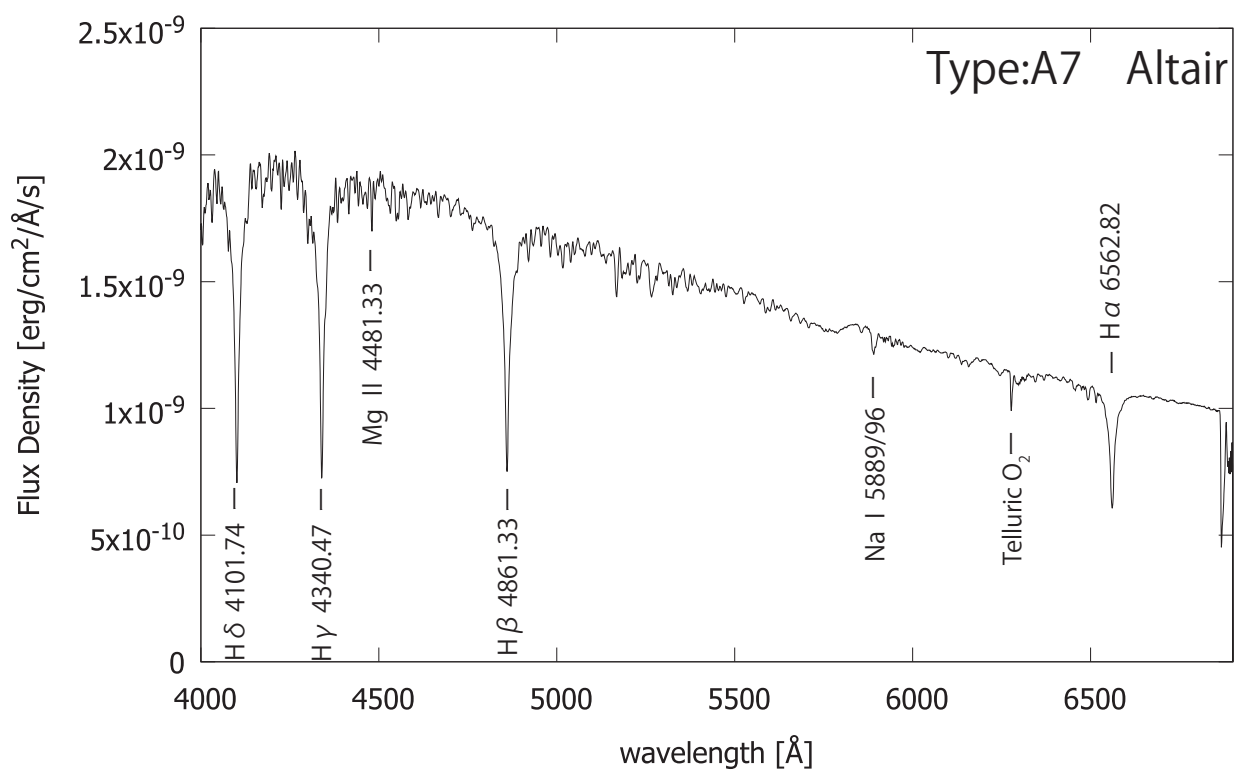


Fig. 9 アルタイルのスペクトル強度分布

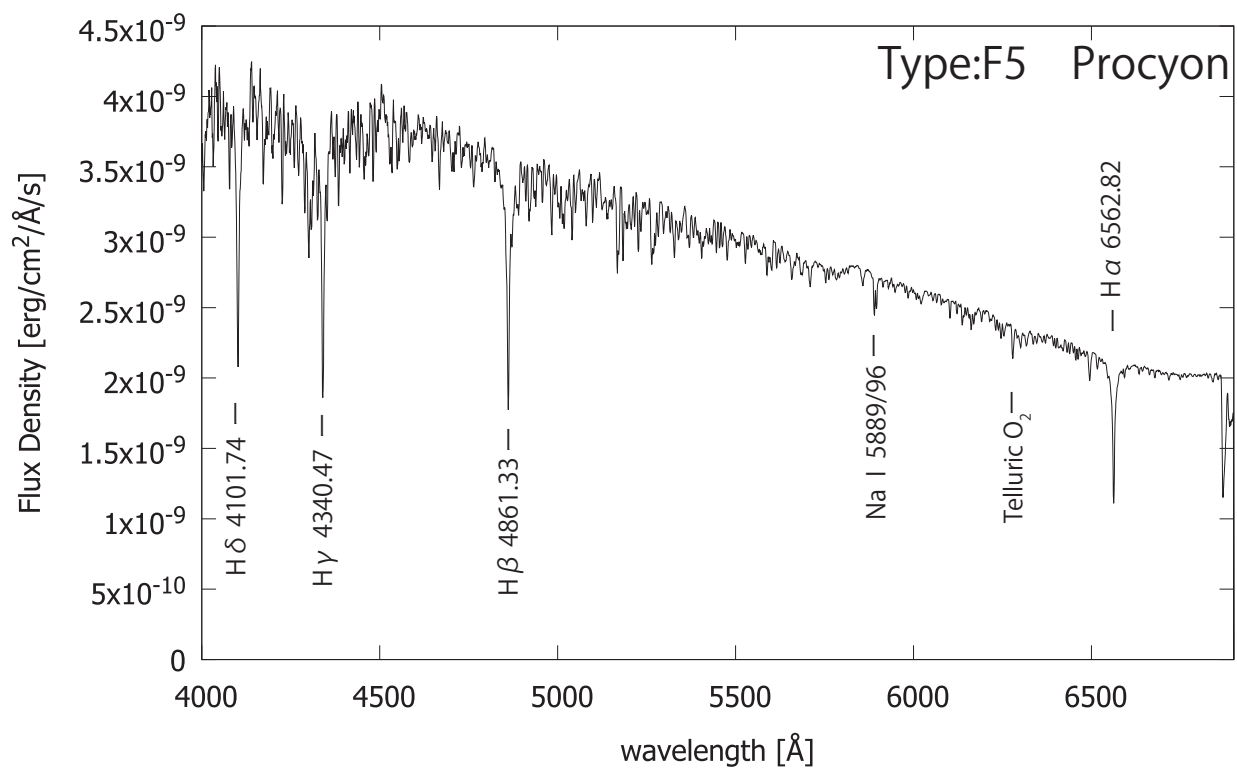


Fig. 10 プロキオンのスペクトル強度分布

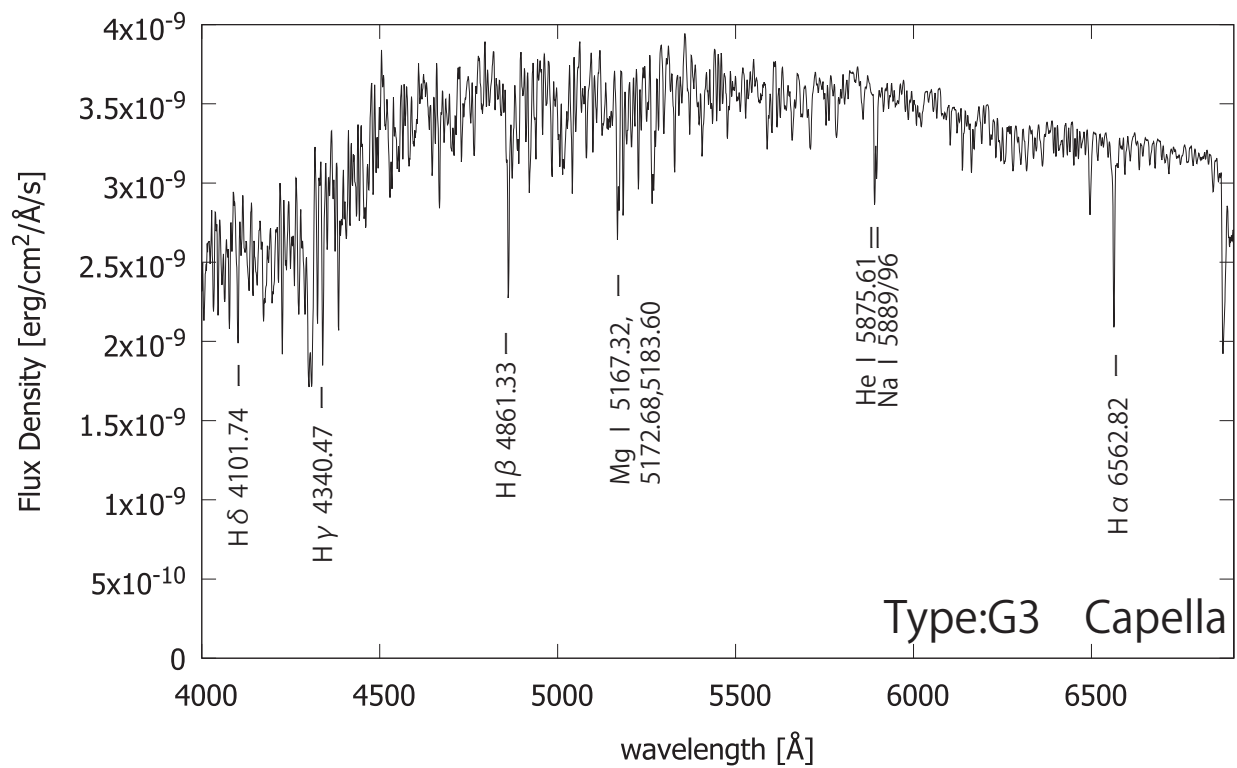


Fig. 11 カペラのスペクトル強度分布

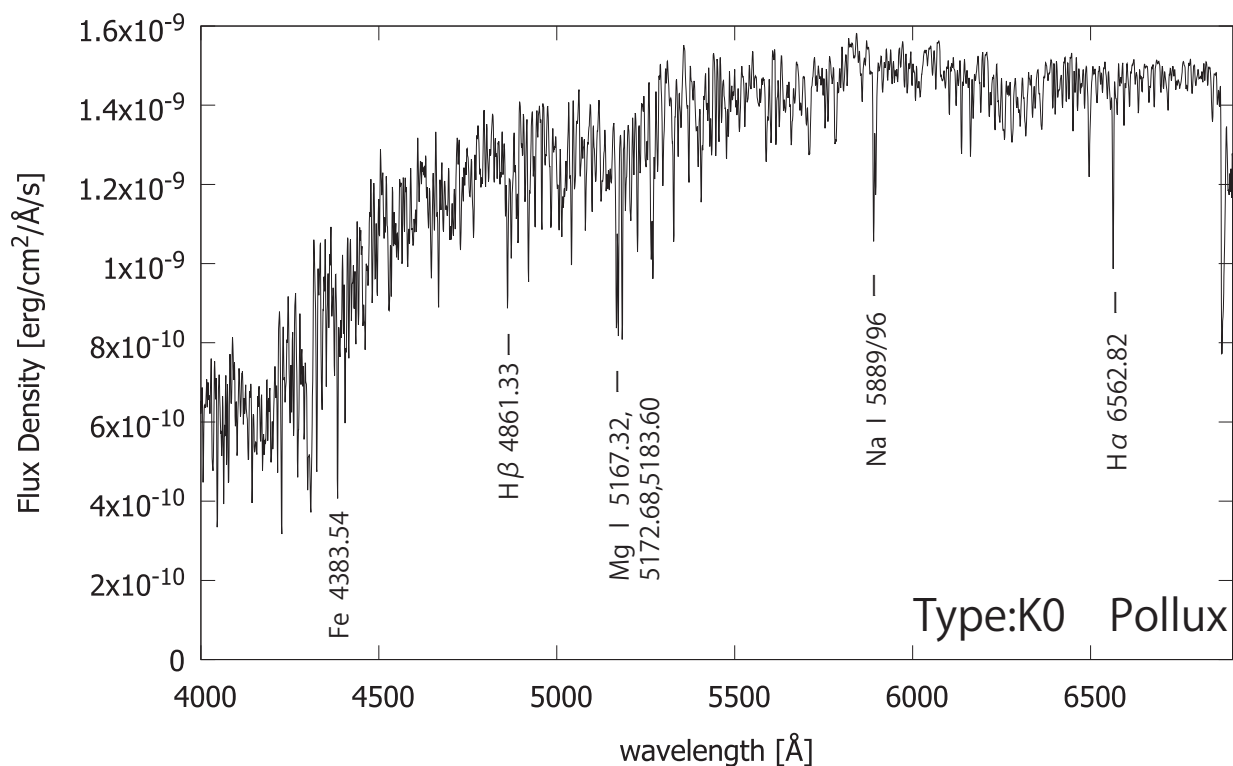


Fig. 12 ポルクスのスペクトル強度分布

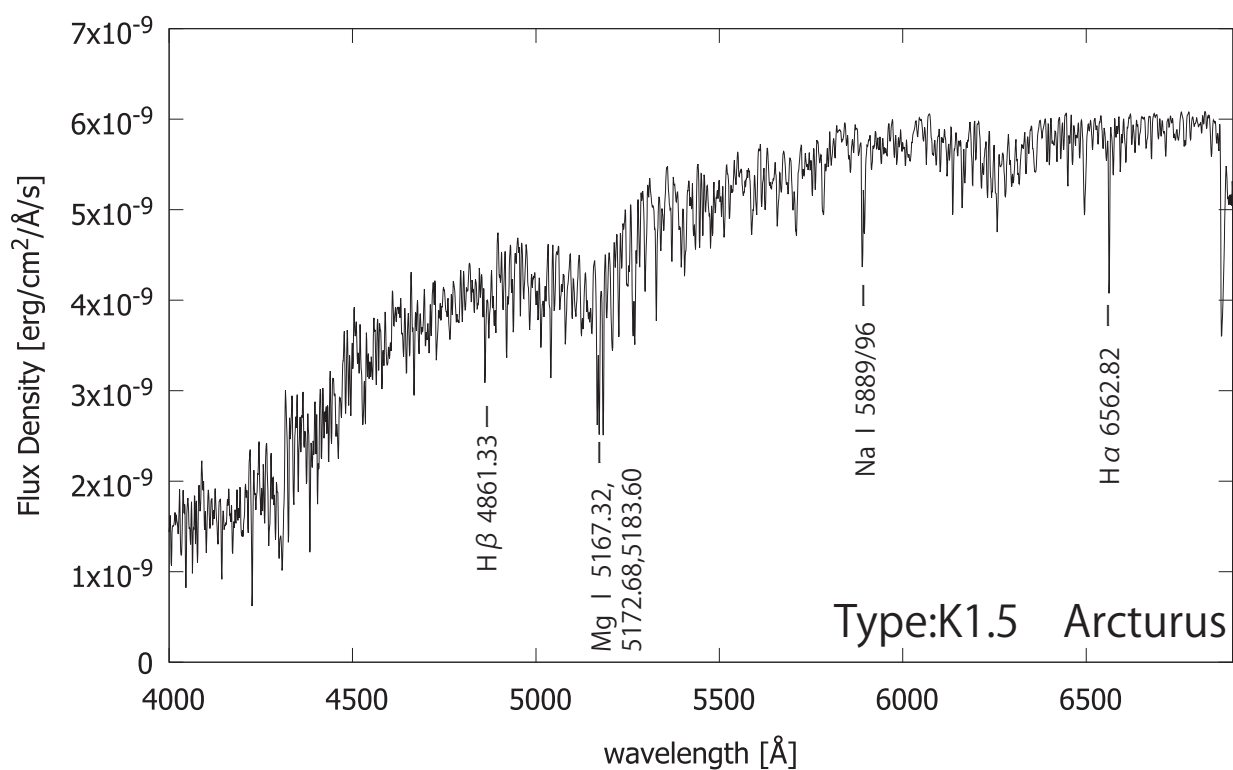


Fig. 13 アークトゥルスのスペクトル強度分布

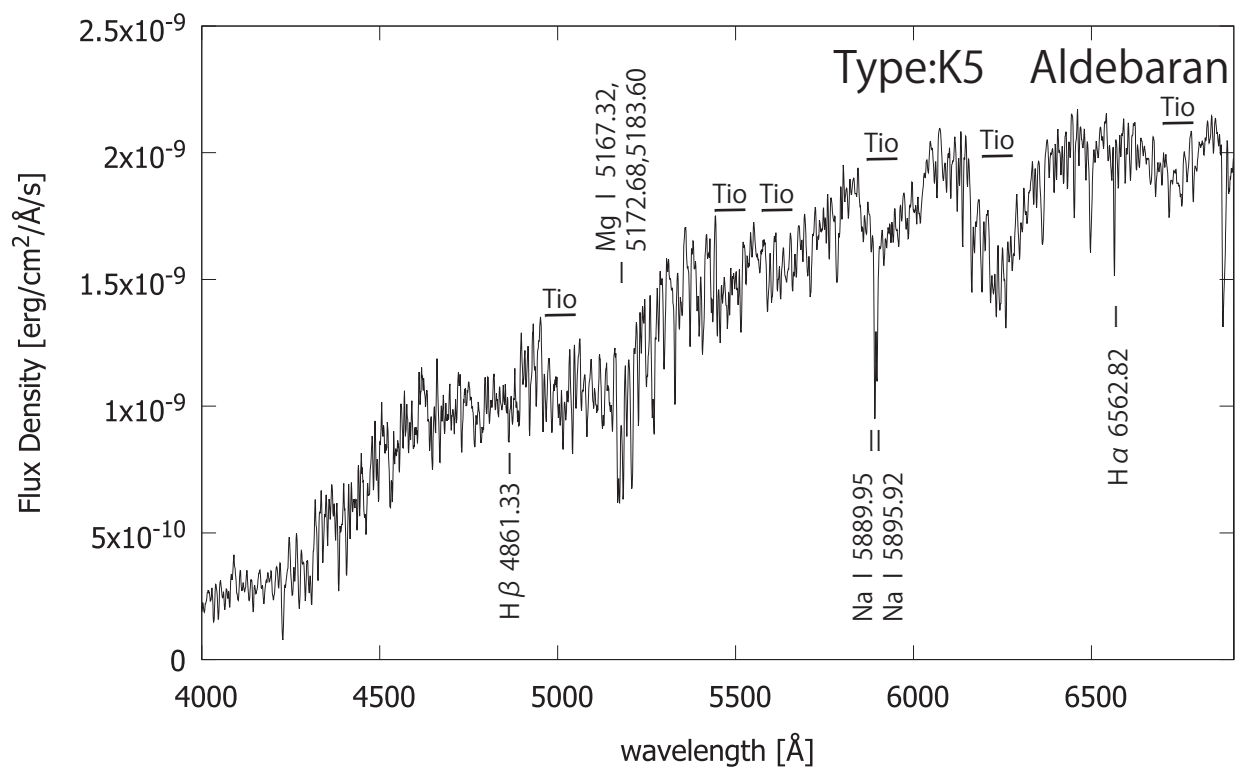


Fig. 14 アルデバランのスペクトル強度分布

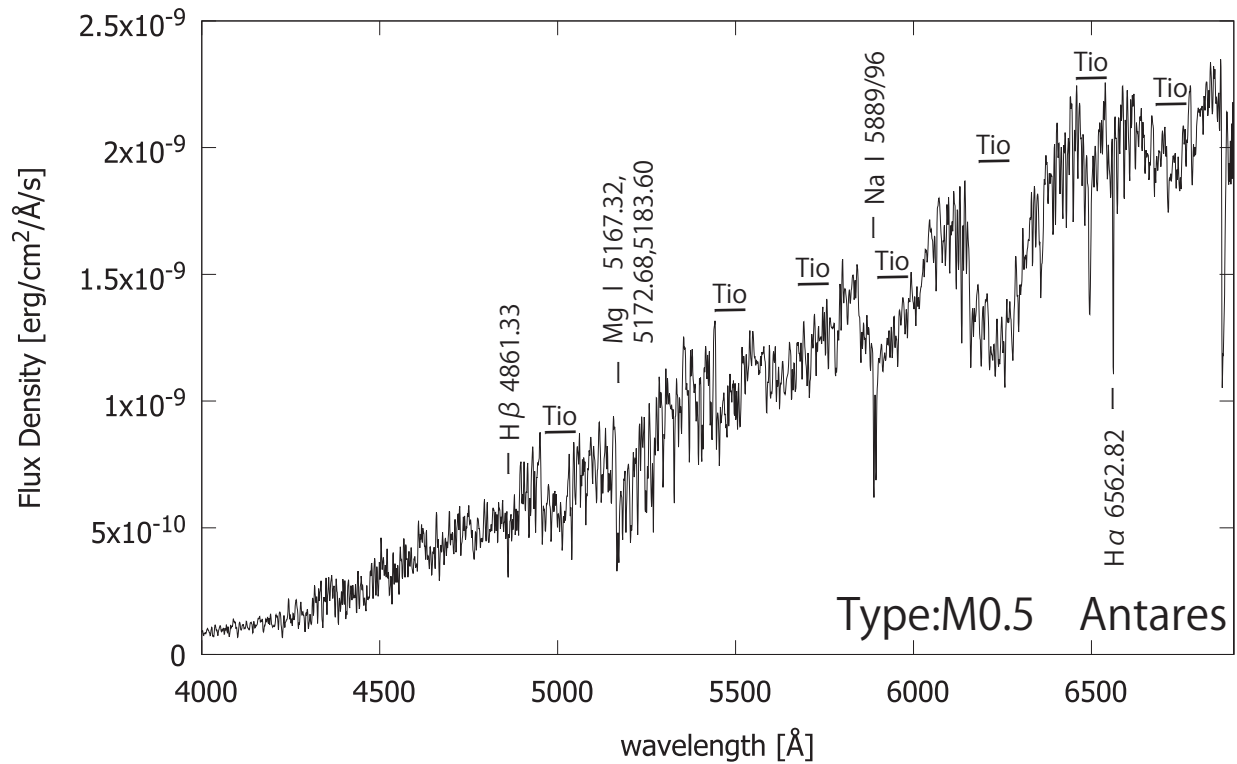


Fig. 15 アンタレスのスペクトル強度分布

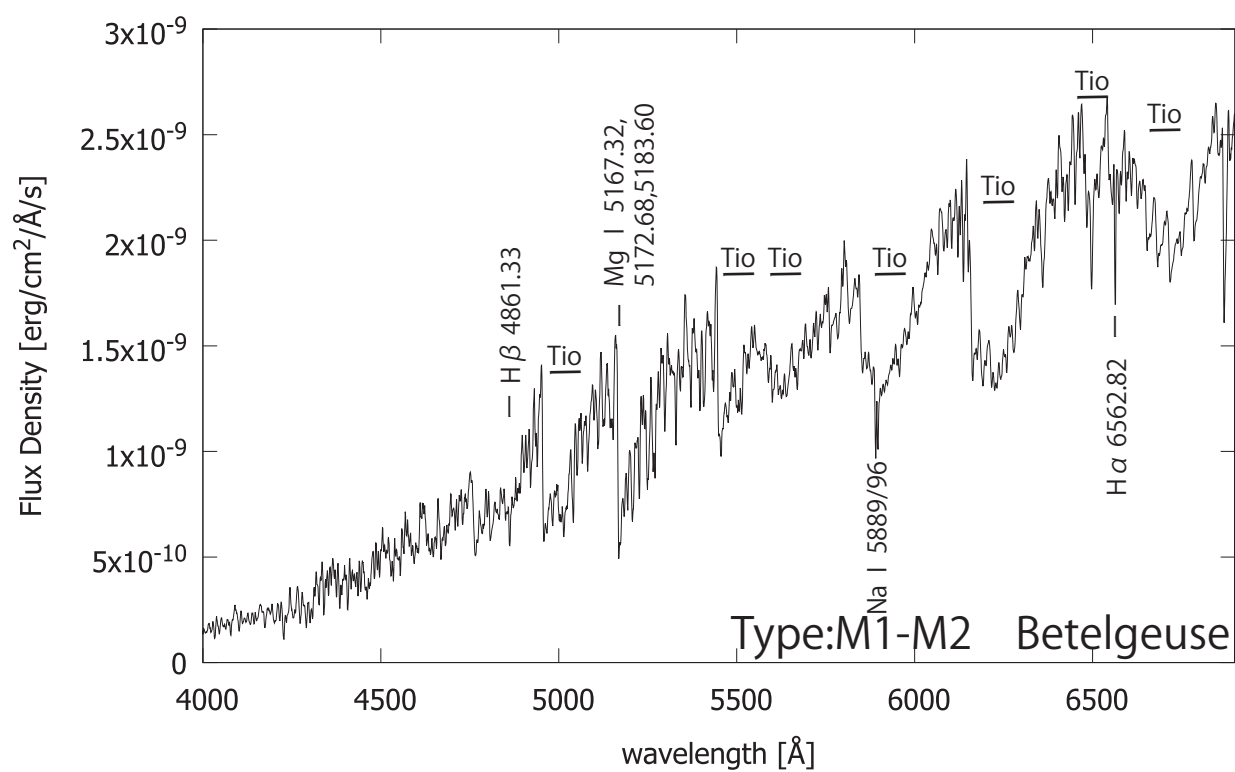


Fig. 16 ベテルギウスのスペクトル強度分布

ひとみ望遠鏡中分散分光器での分光観測

松下真人, 仲千春, 千田華

Spectroscopic observations using Medium-dispersion Spectrograph mounted on the Hitomi Telescope

MATSUSHITA Masato, Naka Chiharu, CHIDA Hikaru

要約

ひとみ望遠鏡に搭載された中分散分光器を使用しドップラーシフトを検出することで、分光連星スピカの視線速度振幅、及びクエーサー 3C 273 の赤方偏移を測定した。その結果、分光連星スピカの主星で 122.9 km/s、伴星では 180.9 km/s の視線速度振幅となった。クエーサー 3C 273 の赤方偏移は平均で $z = 0.158$ となり、既知の赤方偏移と同等の値を得ることができた。

1. はじめに

分光観測では、天体のスペクトル強度分布を捉えることができ、天体の物理状態や化学組成、運動状態を知ることが可能となる。

本観測では、天体のスペクトル変位量からドップラーシフトを検出することを目的として、分光連星として知られるおとめ座 α 星スピカと、可視光では最も明るいクエーサーである 3C 273 の分光観測を行った。

2. 観測装置

ひとみ望遠鏡中分散分光器には、2 種類のスリット (1.35" と 4.80") と 3 種類のグレーティング (中分散 5000 モード: 1,714 本/mm, 中分散 6500 モード: 1,800 本/mm, 低分散モード: 600 本/mm) があり、可視光域を一度に撮影することも可能である。

ひとみ望遠鏡と分光器用カメラの仕様、並びに分光器セッティングごとの波長分解能を Tab. 1-Tab. 4 に示す。

3. 観測天体

分光連星のスピカは 4.015 日周期の連星であり、主星と伴星の視線速度振幅はそれぞれ 120 km/s と 189 km/s である。4 日間連続して分光観測を行うことで、1 周期分のスペクトル変位を捉えることができる。

3C 273 は 47000 km/s 以上の視線速度で後退しているクエーサーで、その赤方偏移は $z = 0.158$ を

示す天体である。赤方偏移が大きいため波長分解能の低い分光器であっても十分にドップラーシフトを検出することができる。

本観測では、天体の既知の視線速度並びに赤方偏移を考慮し、スピカでは分光器の設定を 1.35" スリット、中分散 5000 モード、中心波長を 4500 Å とし、3C 273 では 4.80" スリット、低分散モード、中心波長を 5500 Å とした。

各天体の観測条件は Tab. 5, Tab. 6 に示す。

4. 処理・解析

スペクトル強度分布を得るために、IRAF 上で天体ごとにダーク処理、フラット処理、比較光源による波長校正に加え、標準星による強度補正を行った。また、天体の高度によって、通過する大気の厚さが異なりスペクトル強度も変化するため、強度補正の際に Airmass 補正も行った。さらに、観測地点及び観測日時における地球の自転や公転の影響を補正するため、rvcorrect タスクを用いて太陽中心座標に変換している。

吸収線や輝線のピーク波長を求める際には、IRAF の splot タスクで k-k コマンドによるガウシアンフィッティングを行い、center として表示される値をピーク波長とした。

5. 結果

5.1 分光連星スピカの視線速度振幅

横軸に波長、縦軸に観測日ごとのスペクトルを配置

し、特徴的な吸収線とその成分、並びに波長も記した図を Fig. 1 に示す。また、特徴的な吸収線付近を拡大した図を Fig. 2-Fig. 4 に示す。

その結果、基準となる吸収線波長に対して、日ごとに吸収線のピーク波長が変位していることを確認できる。どの吸収線波長においても、赤方偏移と青方偏移の傾向が同じであり、スピカの連星系のドップラーシフトを捉えることができた。また、5/2 と 5/4 の He I の吸収線付近では、深い吸収線の他に、小規模なピークの変位も認められる。これらはスピカの伴星によるものと考えられる。

スピカの主星のドップラーシフトから視線速度の変化を算出すると、-107.2 km/s から +122.9 km/s となった。同様に、伴星の視線速度変化は -180.9 km/s から +146.7 km/s となった。

視線速度振幅は、視線速度変化の絶対値の最大値と考えることができるので、本観測におけるスピカ主星と伴星の速度振幅は、それぞれ 122.9 km/s, 180.9 km/s となった。

5.2 3C 273 の赤方偏移

横軸に波長、縦軸にスペクトル強度をプロットした図を Fig. 5 に示す。得られたスペクトル強度分布に見られる幅の広い輝線成分は水素のバルマー線で、それぞれの実験室波長を記している。これらのバルマー線の実験室波長と実際の観測波長から求めた赤方偏移を Tab. 7 に示す。その結果、バルマー線によって赤方偏移に違いがあるものの、平均すると $z = 0.158$ となり、既知の赤方偏移と同等の値を得ることができた。

6. 今後の展望

スピカのような分光連星では、少なくとも 2 周期分のスペクトルを取得することで、視線速度振幅のピークを探ることができる。また、視線速度振幅のピーク前後で時間分解能の高い分光観測を行うことで、より高精度に視線速度振幅を算出することが可能となるであろう。

3C 273 の赤方偏移はバルマー線によって違いが現れているが、この原因として S/N が悪いことが挙げられる。特に H γ や H δ は、H β に比べ S/N が低く、ピーク波長を求める際のガウシアンフィッティングが合っていないことが考えられる。フレーム数を増やし S/N を稼ぐことで、精度の向上を期待できるであろう。

<参考文献>

- 松下真人, 仲千春, 千田華 (2020) ひとみ望遠鏡分光器用 CCD カメラの性能再評価 仙台市天文台研究・実践紀要 2019 年度 第 6 号, 2-7.
- 仲千春, 松下真人, 千田華 (2020) ひとみ望遠鏡更新工事に伴う中分散分光器の波長分解能再測定 仙台市天文台研究・実践紀要 第 6 号 仙台市天文台, 8-12.
- 国立天文台編 (2018) 理科年表 2019 丸善出版株式会社, 120.
- Richard O. Gray and Christopher J. Corbally (2009) STELLAR SPECTRAL CLASSIFICATION Princeton University Press.
- Richard Walker (2017) Spectral Atlas for Amateur Astronomers Cambridge University Press.

Tab. 1 ひとみ望遠鏡の仕様

主鏡	有効口径 /1300mm, 主焦点 /F2.3
光学形式	クラシカルカセグレン光学系
焦点	ナスミス分光焦点 (F9.69)

Tab. 2 分光器用カメラ (FLI PL-16803) の仕様 (* 印は実測値)

画素数	4096 x 4096
画素サイズ (mm)	0.009
サンプリング数	3
CCD 解像限界 (mm)	0.027
* リニアリティ	400~62000 ADU (@-25°C)
* ゲイン	1.50 e-/ADU (@-25°C)
* リードアウトノイズ	16.58 e- (@-25°C)
* ダークカレント	0.013 e-/sec (@-25°C)

Tab. 3 1.35" スリットにおける波長分解能の設計値と実測値

グレーティング	中分散 5000	中分散 6500	低分散
設計値	R~5496	R~7008	R~1766
実測値	R~7111	R~9654	R~2217
検出速度限界 (km/s)	42~	31~	135~
ブレード波長における 波長範囲 (Å)	4446-5463	5998-6907	2805-6543

Tab. 4 4.80" スリットにおける波長分解能の設計値と実測値

グレーティング	中分散 5000	中分散 6500	低分散
設計値	R~1545	R~1971	R~496
実測値	R~1731	R~2362	R~541
検出速度限界 (km/s)	173~	127~	554~
ブレード波長における 波長範囲 (Å)	4442-5462	5997-6944	2851-6544

Tab. 5 スピカ観測データ (1.35" スリット, 中分散 5000 モード, 中心波長 4500Å)

観測日	観測天体	観測中心時間 (hh:mm:ss)	露出時間 (sec)	フレーム数	天体高度	Airmass
2019 年 5 月 2 日	スピカ	22:30:48	60	5	40.461	1.541
	HR4963(標準星)	22:52:49	120	6	44.855	1.418
2019 年 5 月 3 日	スピカ	22:27:58	60	5	40.450	1.541
	HR4963(標準星)	22:41:38	120	5	45.221	1.409
2019 年 5 月 4 日	スピカ	22:22:37	60	5	40.464	1.541
	HR4963(標準星)	22:39:13	120	5	45.149	1.411
2019 年 5 月 5 日	スピカ	20:55:59	60	5	37.623	1.638
	HR4963(標準星)	20:42:51	120	5	42.971	1.467

Tab. 6 3C 273 観測データ (4.80" スリット, 低分散モード, 中心波長 5500Å)

観測日	観測天体	観測中心時間 (hh:mm:ss)	露出時間 (sec)	フレーム数	天体高度	Airmass
2019 年 5 月 3 日	3C 273	21:59:30	600	1	52.727	1.257
	3C 273	22:14:57	600	1	51.765	1.273
	HR4963(標準星)	21:41:40	60	5	45.828	1.394
	3C 273	23:34:49	600	1	42.719	1.474
	3C 273	23:46:48	600	1	40.923	1.527
	HR4963(標準星)	24:01:50	60	5	38.386	1.610

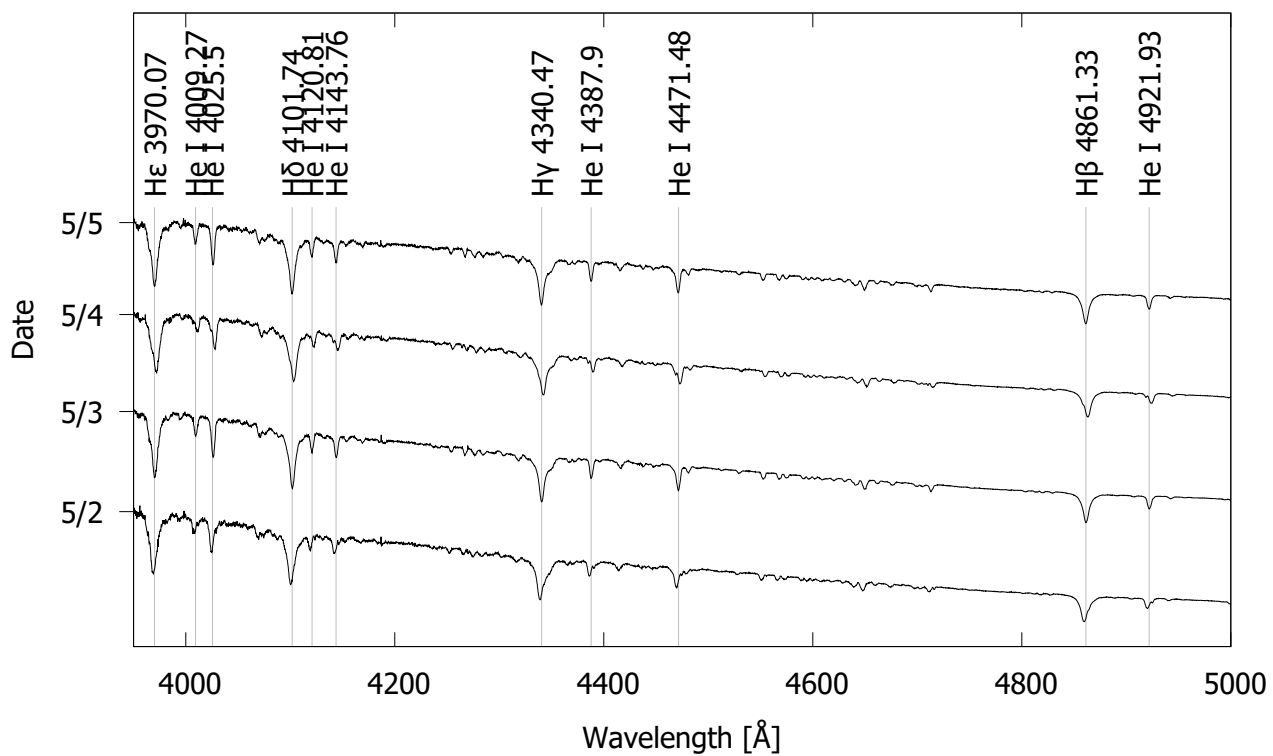


Fig. 1 5/2-5/5 までのスピカのスペクトル

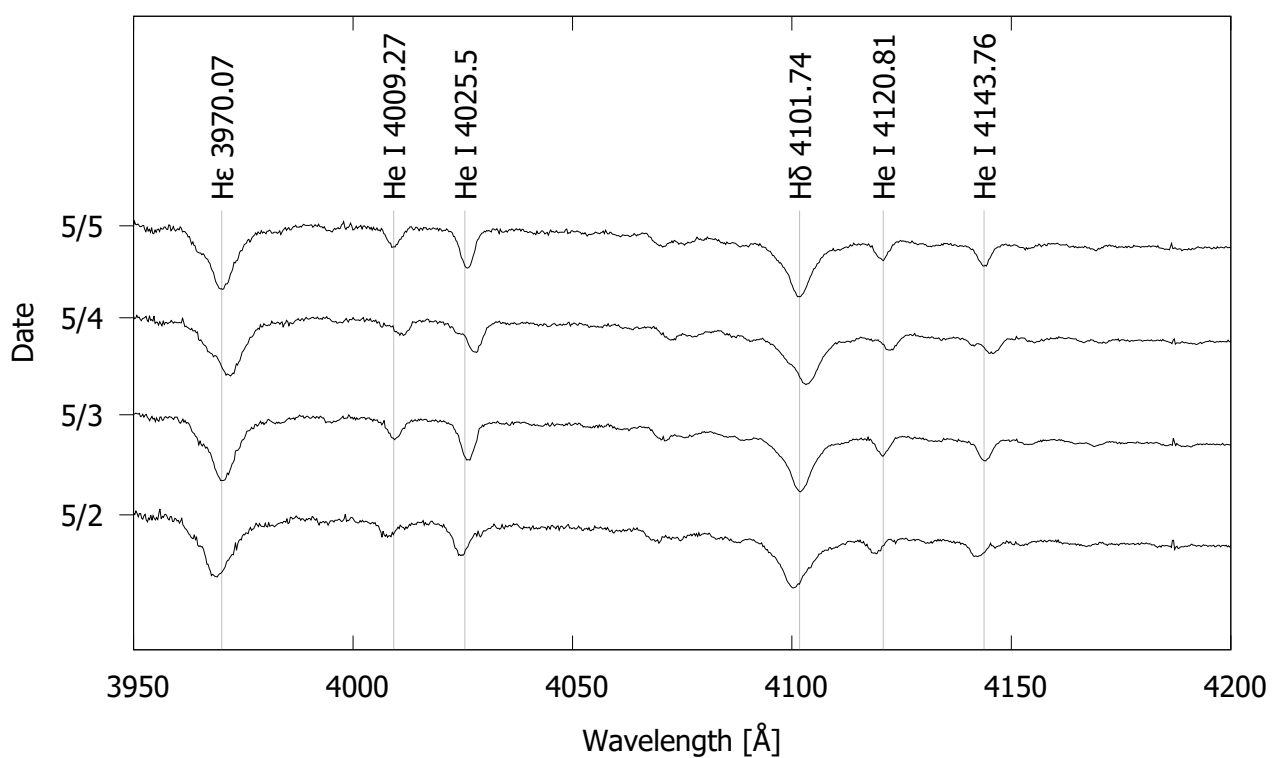


Fig. 2 5/2-5/5 までのスピカのスペクトル (3950-4200 $\text{\AA}$)

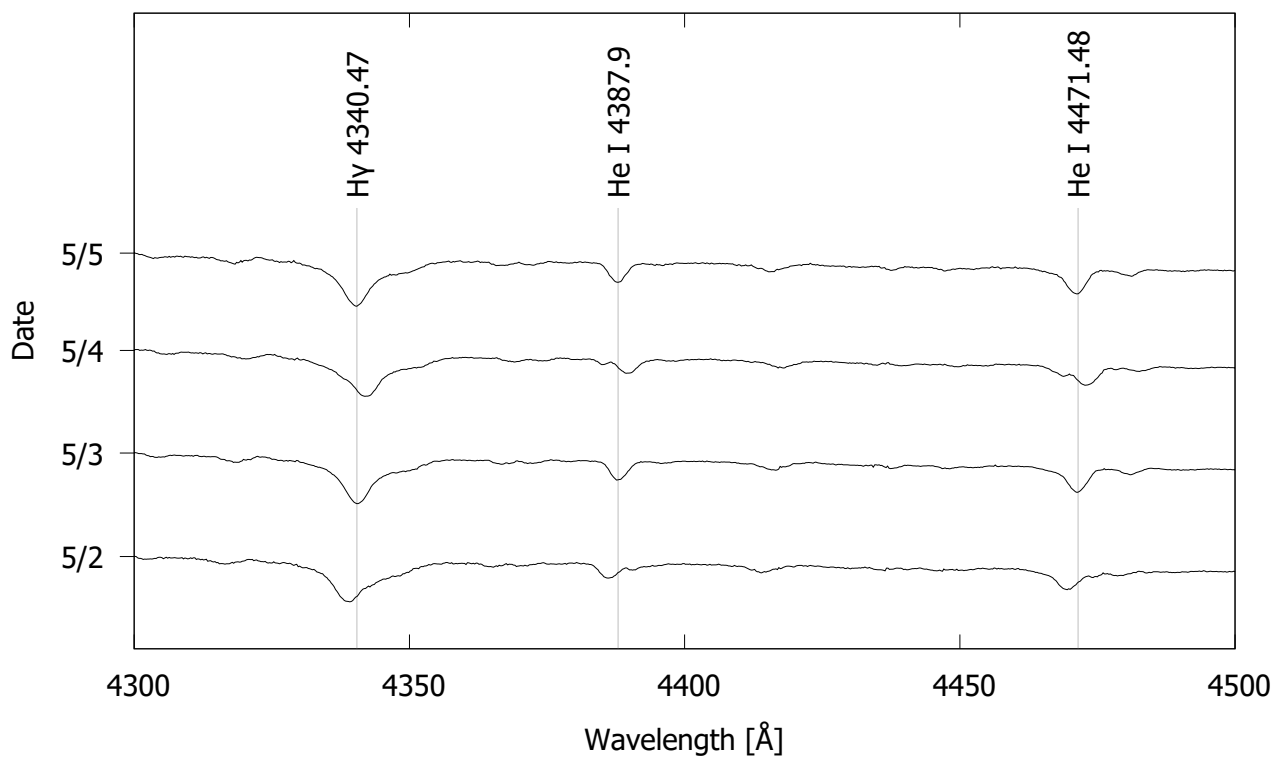


Fig. 3 5/2-5/5 のスピカのスペクトル (4300-4500 Å)

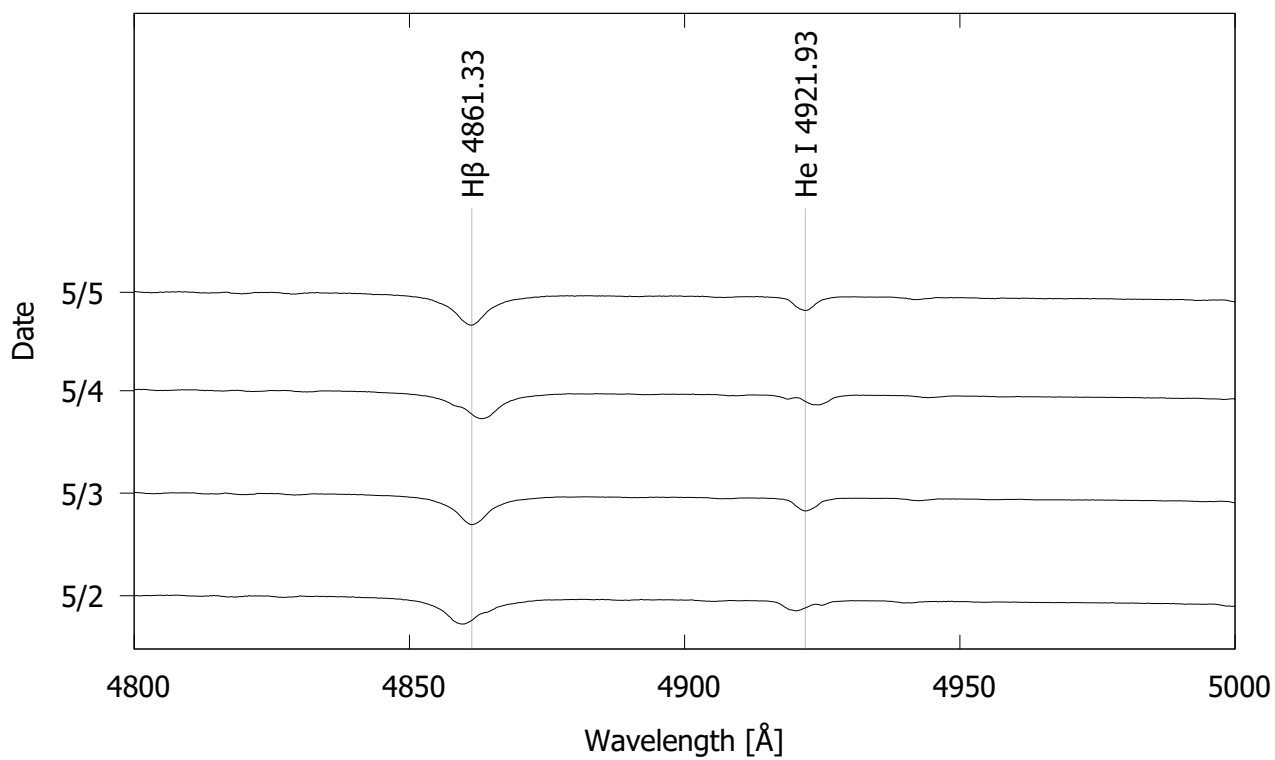


Fig. 4 5/2-5/5 までのスピカのスペクトル (4800-5000 Å)

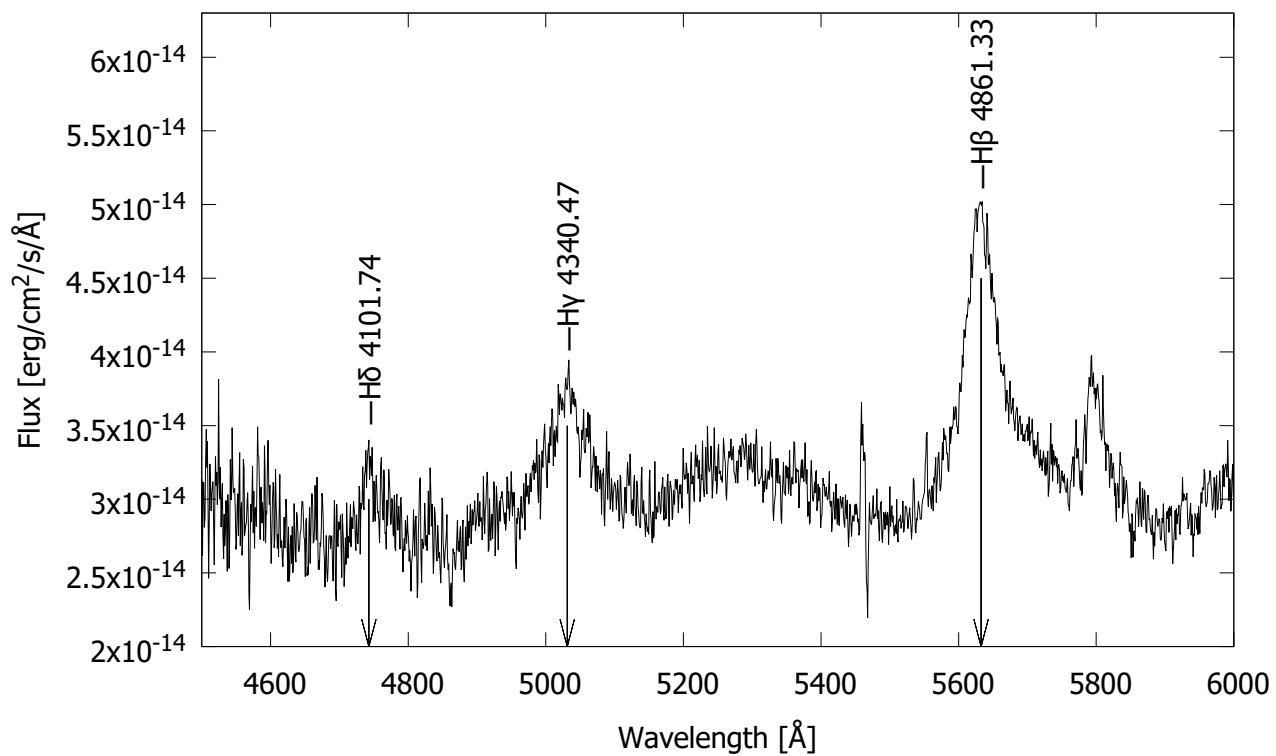


Fig. 5 3C 273 のスペクトル

Tab. 7 3C 273 の観測波長から算出した赤方偏移

	H δ	H γ	H β
実験室波長 λ_0 (Å)	4101.74	4340.47	4861.33
観測波長 λ_{obs} (Å)	4742.84	5031.17	5632.64
波長変化量 $\Delta\lambda = \lambda_{\text{obs}} - \lambda_0$ (Å)	641.10	690.70	771.31
赤方偏移 $z = \Delta\lambda / \lambda_0$	0.1563	0.1591	0.1587
(赤方偏移の平均)	0.158		

2013 年いるか座新星 (V339 Del) の食変光星検出の試み

伊藤芳春 (共同観測者)

2013 年 8 月 14 日に板垣公一氏がいるか座に新星を発見し、後に V339 Del と命名された。この新星は最大 4.3 等級まで増光し、3 年経過後約 10 等級減光し 14 等級台をゆっくり減光中である。新星は連星であることが知られており、2016 年 8 月から 10 月にかけて食の検出を試みたが検出はできなかった。この観測には、仙台市天文台観測プロポーザル制度を利用し 1.3m ひとみ望遠鏡で観測を行った。

1. はじめに

板垣氏が発見した頃、私は蔵王山頂に行きデジタルカメラでペルセウス座流星群を撮影していた。14.6101 日 (UT) から約 1 時間、37 コマ撮影した中に増光中の新星を捉えていた。その後約 110 日間、自宅に設置した口径 35cm 望遠鏡で B, V, Rc, Ic, y バンドで観測を行なった。デジタルカメラの G 画像の等級を V バンドに含めた結果と KWS の観測も合わせて Fig. 1 に示す。縦軸は等級、横軸は発見日からの日数である。約 11 等級からは系統的な等級差が現れているが、これは比較星の違いによるものと思われる。今回のいるか座新星 V339 Del の観測は、新星爆発後 3 年経過し 10 等級減光中の新星の観測である。

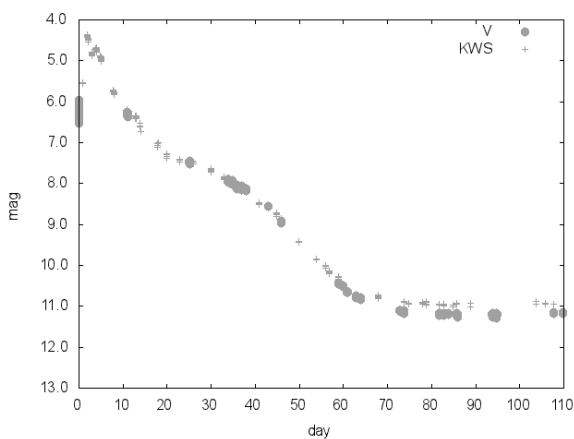


Fig. 1 V339 Del の光度曲線

目安になると考えられる。Walker は新星爆発後 20 年経った DQ Her を 1954 年に観測し、Fig. 2 の光度曲線を得て新星が食変光星であることを発見した。DQ Her の光度曲線とデータを Fig. 3 と Tab. 1 に示す。白色矮星の自転による周期 71.065 秒の変光も観測されている。

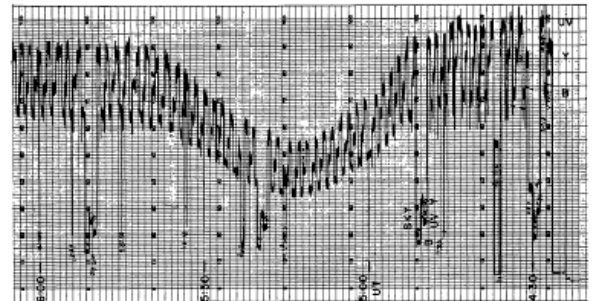


Fig. 2 DQ Her 食の検出 (Walker, 1954)

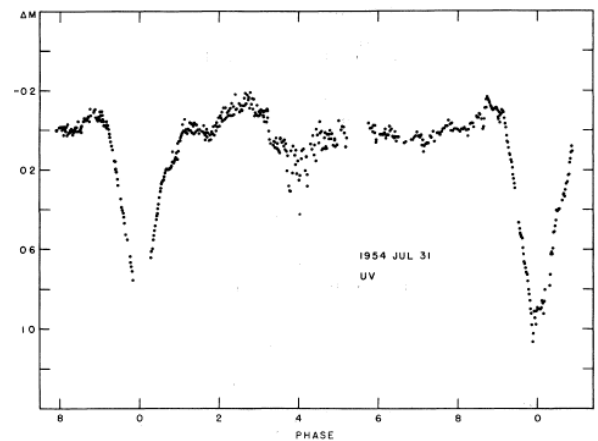


Fig. 3 DQ Her 光度曲線 (Walker, 1956)

2. 検出条件

新星の観測から食を検出するためには次の条件が考えられる。

- ・軌道傾斜角が大きく連星が食を起こす
- ・新星爆発時の放出ガスが晴れ上がる

ガスの晴れ上がりには、時間の経過または減光が

Tab. 1 DQ Her について

位置 (2000)	α 18:07:30 δ +45:51:32
Magn	1.3-18.08V
Period	0.1936209219
Type	NB/DQ+EA
Spec	WD+M3Ve

3. 観測

今回の観測には、仙台市天文台の観測プロポーザル制度を利用させていただいた。使用した観測機器は1.3m ひとみ望遠鏡と F4.85 カセグレン焦点に取り付けた可視域撮像冷却 CCD カメラである。

撮影には V, Ic フィルターを用いた。Ic フィルターを使用したのは波長が長い場合ガスの影響を受けにくいと考えたためである。天文台に行き 6 夜観測を試みたが、撮影できたのは 3 夜、12 時間であった。(Tab. 2)

Tab. 2 観測日

月日	観測時間
8/4	21:20~27:30
10/4	18:48~20:52
10/24	18:47~22:01

V339 Del, 比較星, チェック星のデータを Tab. 3 - Tab. 5 に示す。

Tab. 3 V339 Del (いるか座新星 2013)

位置 (2000)	α 20:23:31 δ +20:46:04
V	4.3-17.6
Period	-
Type	NA
Spec	-

Tab. 4 比較星 C1

位置 (2000)	α 20:23:38 δ +20:45:31
V	13.480
B-V	0.575

Tab. 5 チェック星 C2

位置 (2000)	α 20:23:10 δ +20:45:46
V	14.202
B-V	0.584

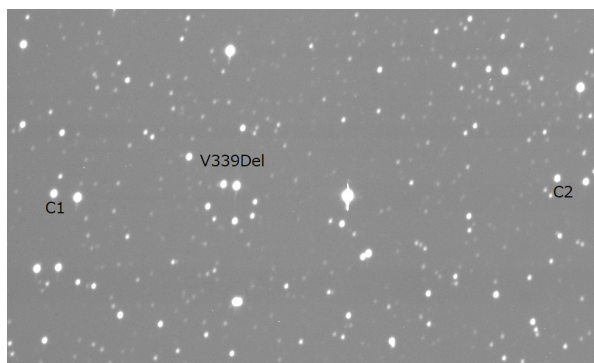


Fig. 4 V339Del の撮影画像 (V バンド)

4. 測光結果

撮影画像の一部を Fig. 4 に、3 夜の測光結果をやや薄曇りのデータも含め Fig. 5-Fig. 10 に示す。明るさについては大気減光補正を、時刻については日心時補正を行っている。観測時間内に明瞭な食は検出できなかった。観測期間 80 日の間に V バンドで 0.098 等、Ic バンドで 0.106 等減光した。うす曇りや夏季の比較的湿度の高い条件の観測としては、特に Ic バンドでは 16 等級と暗かったが 0.01~0.02 等の精度で観測することができた。

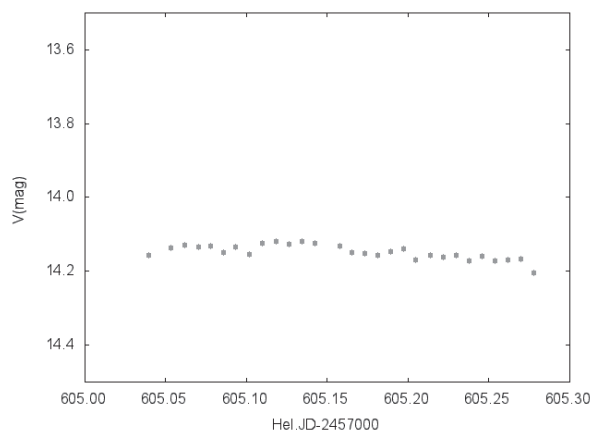


Fig. 5 8/4 V バンド等級

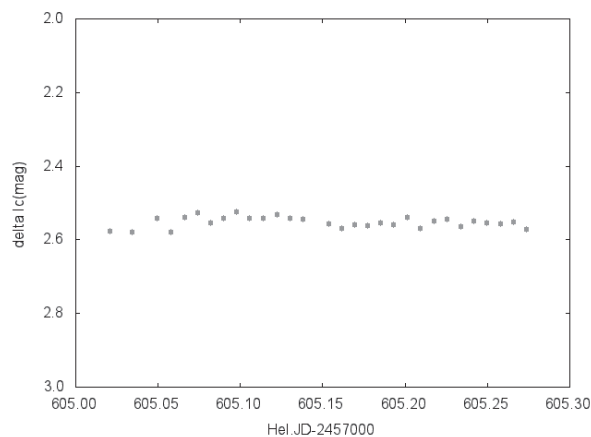


Fig. 6 8/4 比較星との Ic バンド等級差

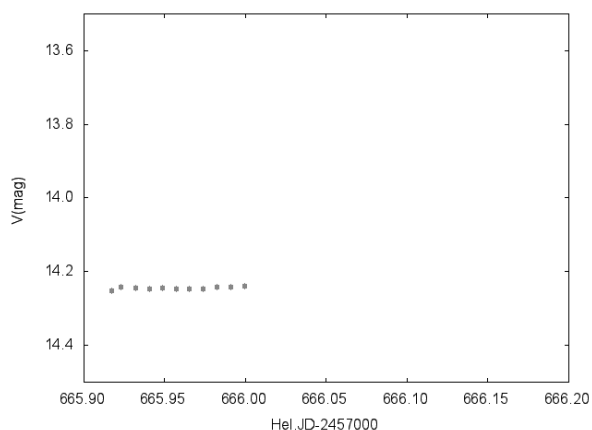


Fig. 7 10/4 V バンド等級

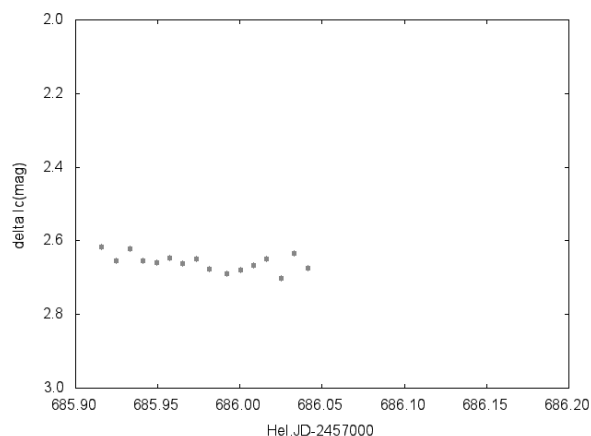


Fig. 10 10/24 比較星との I_c バンド等級差

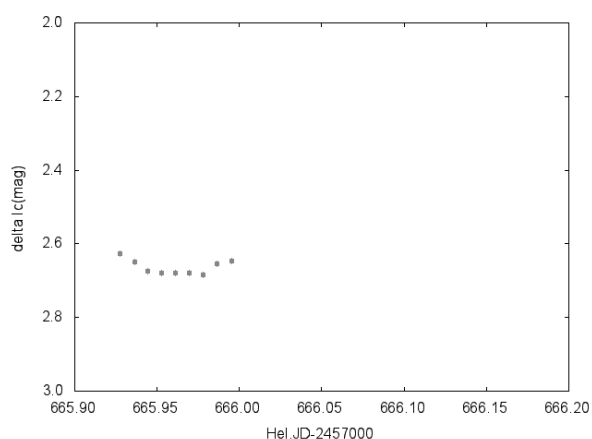


Fig. 8 10/4 比較星との I_c バンド等級差

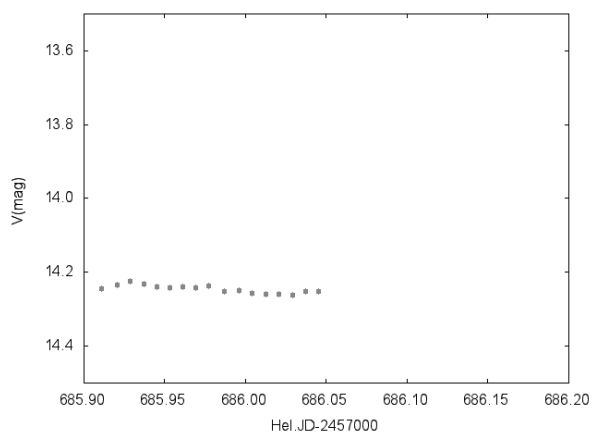


Fig. 9 10/24 V バンド等級

5. まとめ

新星発見から3年後の時期で、V、I_c バンドでの周期6時間以内の食は検出できなかった。

連星の周囲のガスが濃いためか、または連星系の軌道傾斜角が小さいため食を起こさない可能性がある。

最後になりましたが、仙台市天文台にはたいへんお世話になりました。感謝申し上げます。

<参考文献>

- Walker, M.F.(1954), Nova DQ Herculis(1934): An eclipsing binary with very short period, Pub.AS.P, 66, 230.
- Walker, M.F.(1956), A photometric investigation of the short-period eclipsing binary, nova DQ Herculis(1934), Apj, vol.123, p68
- 北村正利 (1992) 測光連星論, ごとう書房.
- 岡崎 彰 (1994) 奇妙な42の星たち 宇宙の秘密教えます, 誠文堂新光社.
- 清田誠一郎, 内藤亮介, 永井和男, 渡辺 誠, (2014) いるか座新星観測キャンペーン報告書.
- 前原裕之 (2015), KWS(Kamogata/Kiso/Kyoto Wide-field Survey) の3色同時測光対応化とそのデータを用いた明るい変光天体の観測 変光星観測者会議2015.

Tab. 6 観測結果 V バンド等級

HelJD	V バンド等級
2457605.0397	14.156
2457605.0534	14.137
2457605.0618	14.130
2457605.0700	14.133
2457605.0779	14.131
2457605.0858	14.150
2457605.0929	14.135
2457605.1016	14.153
2457605.1096	14.125
2457605.1180	14.118
2457605.1260	14.127
2457605.1342	14.119
2457605.1422	14.124
2457605.1575	14.132
2457605.1654	14.148
2457605.1732	14.152
2457605.1811	14.156
2457605.1891	14.146
2457605.1970	14.139
2457605.2048	14.170
2457605.2135	14.156
2457605.2217	14.161
2457605.2295	14.156
2457605.2380	14.172
2457605.2458	14.158
2457605.2537	14.171
2457605.2617	14.169
2457605.2696	14.166
2457605.2776	14.205
2457665.9173	14.253
2457665.9226	14.241
2457665.9320	14.245
2457665.9404	14.248
2457665.9487	14.245
2457665.9570	14.248
2457665.9651	14.246
2457665.9737	14.246
2457665.9822	14.243
2457665.9907	14.241
2457665.9993	14.239
2457685.9111	14.245
2457685.9205	14.235
2457685.9286	14.225
2457685.9371	14.231
2457685.9453	14.240
2457685.9533	14.243
2457685.9613	14.239
2457685.9693	14.243
2457685.9773	14.238
2457685.9871	14.251
2457685.9961	14.249
2457686.0043	14.256
2457686.0123	14.259
2457686.0204	14.260
2457686.0291	14.262
2457686.0372	14.253
2457686.0453	14.252

Tab. 7 観測結果 Ic バンド等級差

HelJD	Ic バンド等級差
2457605.0205	2.576
2457605.0341	2.578
2457605.0493	2.542
2457605.0578	2.578
2457605.0660	2.538
2457605.0740	2.526
2457605.0818	2.555
2457605.0897	2.541
2457605.0977	2.525
2457605.1056	2.542
2457605.1136	2.542
2457605.1220	2.532
2457605.1299	2.542
2457605.1382	2.545
2457605.1534	2.557
2457605.1614	2.568
2457605.1693	2.558
2457605.1772	2.562
2457605.1850	2.554
2457605.1930	2.560
2457605.2011	2.540
2457605.2094	2.569
2457605.2177	2.550
2457605.2256	2.545
2457605.2336	2.565
2457605.2419	2.549
2457605.2497	2.554
2457605.2577	2.556
2457605.2657	2.551
2457605.2736	2.572
2457665.9276	2.626
2457665.9362	2.648
2457665.9445	2.675
2457665.9528	2.678
2457665.9611	2.680
2457665.9695	2.680
2457665.9778	2.683
2457665.9864	2.653
2457665.9951	2.647
2457685.9159	2.616
2457685.9246	2.654
2457685.9329	2.621
2457685.9412	2.654
2457685.9493	2.659
2457685.9573	2.647
2457685.9653	2.662
2457685.9733	2.648
2457685.9815	2.677
2457685.9917	2.688
2457686.0001	2.679
2457686.0083	2.666
2457686.0163	2.650
2457686.0251	2.701
2457686.0331	2.635
2457686.0412	2.673

ひとみ望遠鏡による食変光星 GR Tau の 2017 年度測光観測の報告

美濃山 蛍^{*1}, 伊藤 芳春^{*2}, 松下 真人^{*3}, 高田 淑子^{*1}, 阿部 光晃^{*1}, 堀越 優一^{*1}, 米田 雄人^{*1},
海老名 健将^{*1}, 菊地 京香^{*1}, 西山 正吾^{*1}

^{*1} 宮城教育大学, ^{*2} 聖和学園高等学校, ^{*3} 仙台市天文台

Abstract

ひとみ望遠鏡を用いて、食変光星 GR Tau の B, V バンド測光観測を実施し、光度曲線解析を試みた。極大 I と極大 II が B, V バンドでそれぞれ約 0.04 等級異なるオコンネル効果を明確に検出できた。また、従来の観測より良好な観測精度により、位相 0.65~0.72 付近で、B, V 両バンドの光度曲線にて約 0.02 等級の短周期光度変化も捉えられた。この短周期変化が、変光星本来の特徴に由来するものか、観測のシステム環境等外的要因によるものかは今後の検討課題である。

1. はじめに

GR Tau はおうし座に位置する、変光周期約 0.43 日最大光度 10.26 等(V)の食変光星である(Yamasaki et al. 1984)。過去の観測に基づく光度曲線の解析から、変光周期の変化の有無、極大 I と極大 II が異なるオコンネル効果の有無について異なる観測結果が報告されている。コパールの分類においても分離、半分離、接触型の全ての可能性がある。また、変光星の分類も、こと座 β 星型とおおぐま座 W 星型と 2 つの型が報告されている(Yamasaki et al., 1984, Lazaro et al., 1995)。近年の GR Tau の観測では、半分離から接触型であると示唆された(Gu et al., 2004, Snyder, 2009)。宮城教育大学天文台の観測では、十分な観測精度を得られなかった(美濃山, 2017: Fig. 1)。

そこで、GR Tau の物質的・熱的状态、連星系の分類を明らかにするために、2018 年 1 月、2 月にひとみ望遠鏡を用いて観測を行い、全位相の高精度な光度曲線を取得し、解析を試みた。

2. 観測概要

ひとみ望遠鏡の撮像用カメラ(溝口他, 2015)を用いた GR Tau の観測の概要を Tab. 1 に示す。露出時間を 10s、冷却温度を -100°C に設定し、B, V バンドをそれぞれ交互に観測した。冷却 CCD カメラを構成する 2 枚のチップのうち、今回の観測ではチップ 2 のみを使用している。

3. 結果

ひとみ望遠鏡における今回の観測では B バンドでシグナルノイズ(SN)比 940, 誤差 0.0012 等級, V バンドで SN 比 1100, 誤差 0.0010 等級の測光精度が得られた(Jansen, 2006)。本観測の測光精度は、美濃山(2017), Lazaro et al. (1995)と比較すると約 7 倍の向上が認められる(Tab. 2)。

本観測で得られた GR Tau の B バンドと V バンドの光度曲線をそれぞれ Fig. 2, 3 に示す。美濃山(2017)で欠損していた主極小(位相 0 付近)や副極小(位相 0.5 付近)のデータが取得できた。さらに第一最大光度と第二最大光度が B, V バンドでそれぞれ約 0.04 等級異なるオコンネル効果もはっきりと確認できる。位相 0.65~0.72 付近では、B, V 両バンドの光度曲線において約 0.02 等級の光度の短周期変化が見られている。

4. 考察

4.1 最大光度の変化

過去の観測と比較するために、本観測と、美濃山(2017), Yamasaki et al. (1984), Lazaro et al. (1995)の B バンド(Fig. 4)と V バンド(Fig. 5)の光度曲線を示す。今回の観測結果は、B バンド、V バンドともに極大 I と極大 II の間に約 0.04 等級の差が認められ、Yamasaki et al. (1984)の光度曲線に近い結果が得られた。極大 I と極大 II に光度差が見られない Lazaro et al. (1995)とは異なる結果となった。

4.2 主極小における増光

Bバンドの光度曲線では位相 0.95 付近から 1.0 の範囲で約 0.07 等級の増光が見られる (Fig. 2)。この主極小域における増光は Yamasaki et al. (1984) でも見られる (Fig. 4)。主極小域においてわずかに増光する、何らかのメカニズムが存在する可能性も考えられる。

4.3 主極小の時間変化と公転周期の変化

長期間の観測から、GR Tau では変光周期の変化が確認されている (Zhang et al., 2002, Gu et al., 2004, Snyder, 2009)。そのため光度曲線の位相 0.9~0.1 の範囲の光度曲線を二次関数で近似し、主極小の中心位相を求めた。その結果、Bバンドで -0.0108, Vバンドで -0.0105 の位相のずれが見られた (Fig. 6, Fig. 7)。これは、今回解析に用いた GR Tau の変光周期 0.4298505 日より 6~7 分程度早く主極小になることを意味する。変光周期の変化は、主星と伴星の質量比の変化が要因とも考えられ、主星または伴星の膨張、収縮、質量移動に起因している可能性も考えられる。

4.4 GR Tau の短周期光度変化

位相 0.65~0.72 や主極小 (位相 0 付近) には、約 0.02 等級の周期的な光度変化が B, V 各バンドで見られる。位相 0.65~0.72 の範囲の最小の SN 比と観測誤差は、Bバンドで SN = 670, 0.0016 等級, Vバンドで SN = 730, 0.0015 等級である。光度曲線に見られた短周期の光度変化は、観測時の天候や観測機器が起因している可能性もある。しかし、誤差と比較し有意な光度変化を示しているため、GR Tau の極めて短い周期での振動を捉えている可能性も考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、美濃山 (2017) や過去の観測と比較し、精度が約一桁向上した観測が遂行できた。その結果、観測データから求めた GR Tau の光度曲線から、極大 I, 極大 II の光度差を明確に観測できた。さらに、主極小の増光、主極小の位相変化、主極小や他の位相における短周期の光度変化等の特徴を捉えることができた。光度変化には位相に依存する変化と、位相によらず突発的に発生する場合は考えられる。より時間分解能を上げることで、GR Tau の短周期の光度変化を捉えられると考えられる。また、複数回の観測を行うことで、

変光周期の変化について更なる考察が可能になると思われる。

今回の観測では、BバンドとVバンドの観測を交互に行った。単色フィルターの観測だけを行うと、より時間分解能の高い観測が可能になる。この手法で、さらに全位相を複数回カバーする観測を行うことで、より詳細な GR Tau の特徴が明らかになると考えられる。

<参考文献>

- 溝口小扶里, 松下真人, 長谷川哲郎, 土佐誠, 岩崎仁美 (2015) ひとみ望遠鏡撮像用 CCD カメラの性能評価 仙台市天文台研究・実践紀要 第 1 号 仙台市天文台, 15-20.
- 美濃山 瑠, 2017, 画像解析システムの再検討と測光観測による変光星の周期解析 宮城教育大学卒業論文.
- Gu S., Chen P., Choy Y., Leung K., Chung W., Poon T., 2004, A&A, 423, 607-611.
- Jansen R.A., 2006, Astronomy with Charged Coupled Devices, 47-53.
(http://www.public.asu.edu/~rjansen/ast598/ast598_jansen2006.pdf)
- Lazaro C., Niarchos P., Rovithis P., Rovithis - Livaniou E., Arevalo M.J., Antonopoulou E., 1995, AJ, 110, 1796.
- Snyder L., 2009, SASS, 28, 197.
- Yamasaki A., Okazaki A., Kitamura M., 1984, PASJ, 36, No.1, 175-188.
- Zhang X. B., Zhang R. X., Fang M. J., 2002, A&A, 395, 587-593.

Tab. 1 観測日時と撮像枚数

観測日時	撮像枚数
2018 年 1 月 18 日 17:47 – 24:05	B:167 枚 V:173 枚
2018 年 2 月 7 日 17:55 – 22:59	B:115 枚 V:114 枚
2018 年 2 月 19 日 18:05 – 20:49	B:71 枚 V:71 枚

Tab. 2 観測精度の比較

	B バンド (美濃山 (2017) のみ BU)			V バンド	
	本観測	Lazaro et al. (1995)	美濃山 (2017)	本観測	Lazaro et al. (1995)
SNR	940	140	130	1100	160
Δm	0.0012	0.008	0.0081	0.0010	0.007

※美濃山 (2017) は BU, 他はジョンソン B, V バンドの観測, 全観測の平均値を示す。

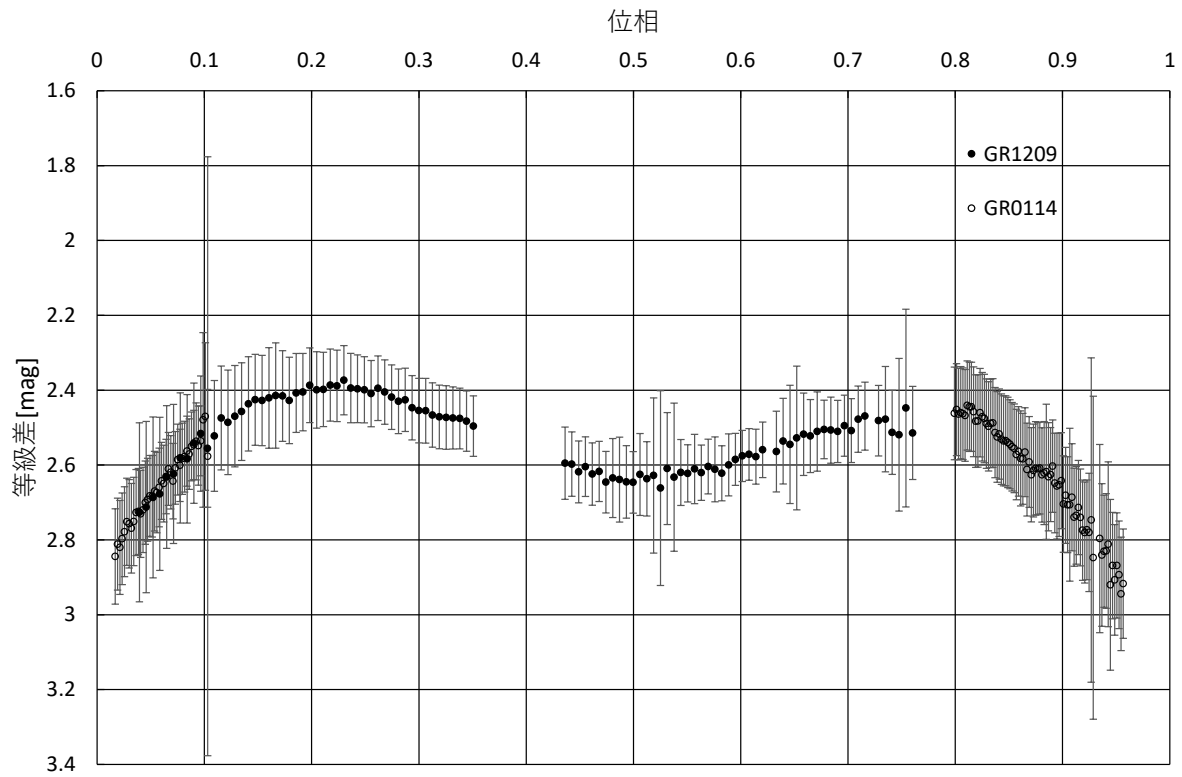


Fig. 1 GR Tau の BU バンドの光度曲線 (美濃山, 2017)

横軸は位相, 縦軸は GR Tau と比較星の等級差 (mag) を示す。●は 2015 年 12 月 9 日, ○は 2016 年 1 月 14 日の観測結果である。

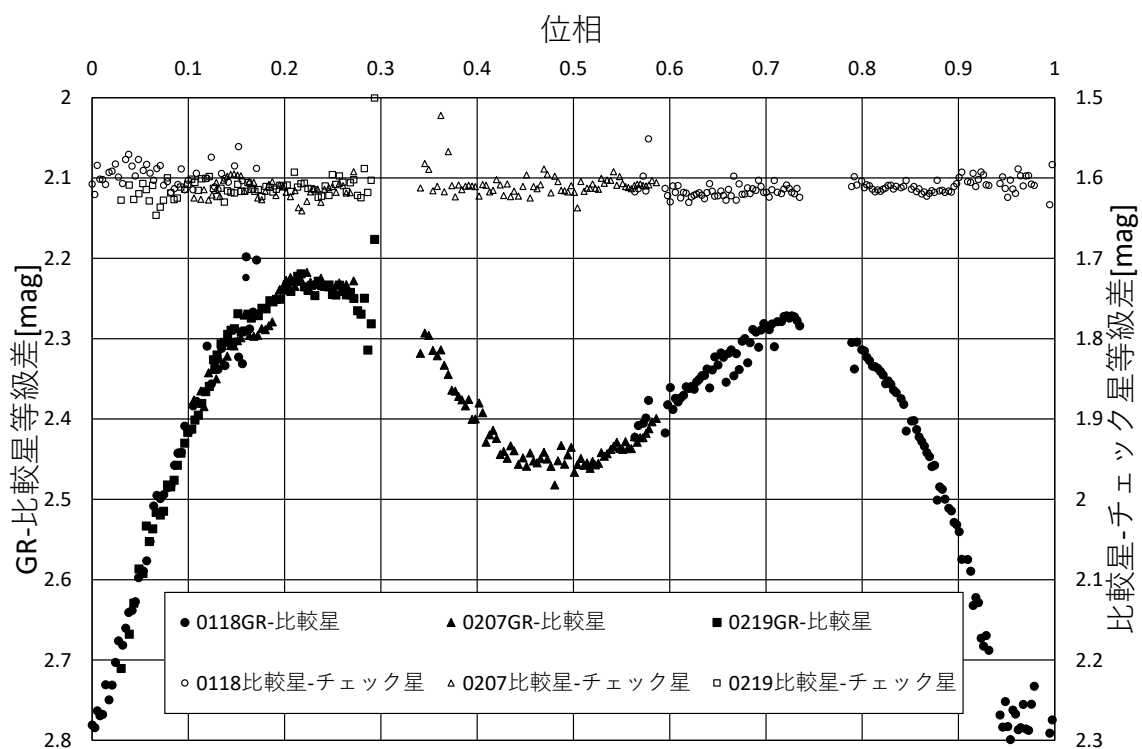


Fig. 2 Bバンドの光度曲線

横軸は位相，左縦軸はGR Tauと比較星の等級差 (mag)，右縦軸は比較星とチェック星の等級差 (mag) を示す。黒塗りマークはGR Tauと比較星の等級差，白抜きマークは比較星とチェック星の等級差を示し，同日の観測は同形状のマークで示している。

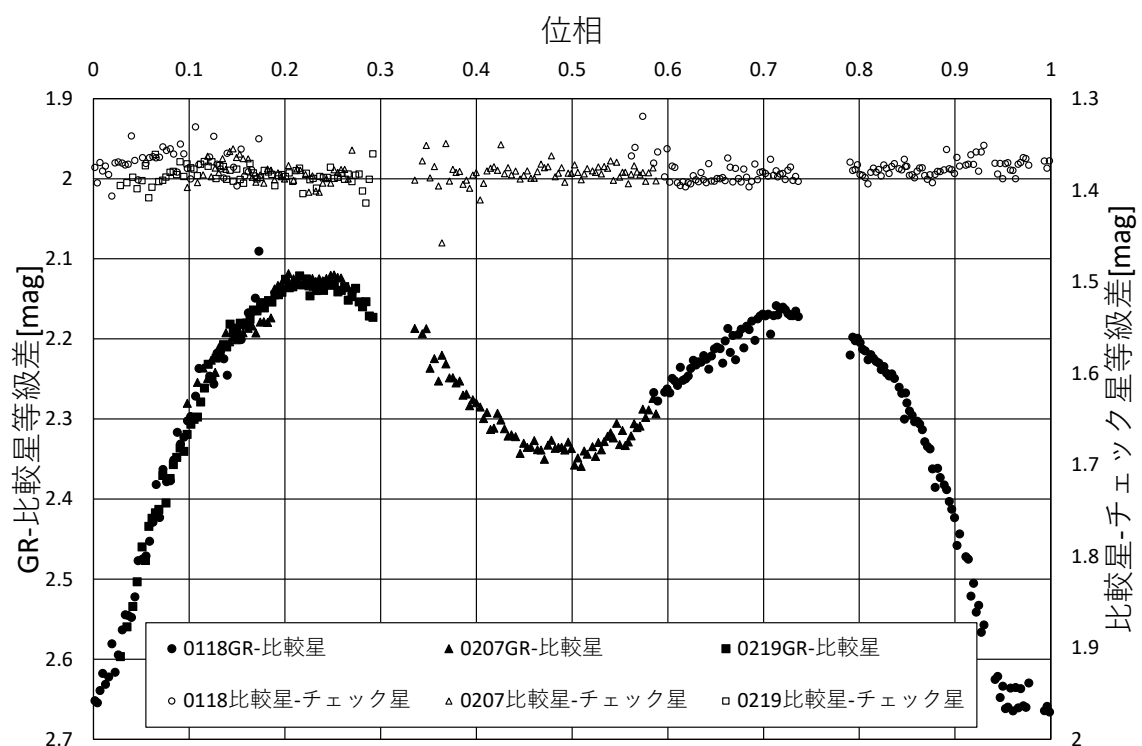


Fig. 3 Vバンドの光度曲線

横軸は位相，左縦軸にGR Tauと比較星の等級差 (mag)，右縦軸に比較星とチェック星の等級差 (mag) を示す。黒塗りマークはGR Tauと比較星の等級差，白抜きマークは比較星とチェック星の等級差を示し，同日の観測は同形状のマークで示している。

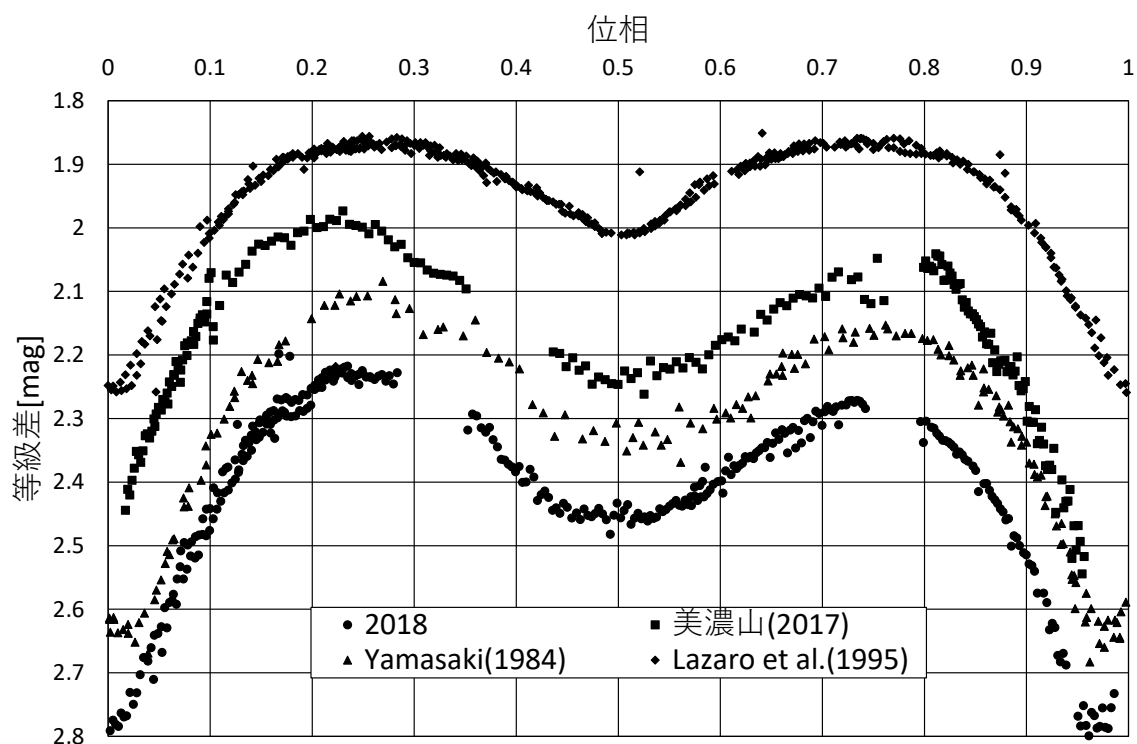


Fig. 4 GR Tau の B バンドの光度曲線比較

横軸は位相，縦軸は等級差 (mag) を示す。●は本観測，▲は Yamasaki et al. (1984)，■は美濃山 (2017)，◆は Lazaro et al. (1995) を示す。比較のため本来の等級差に，Yamasaki et al. (1984) は -0.2，美濃山 (2017) は -0.4，Lazaro et al. (1995) は -0.5 等級をそれぞれ加えている。

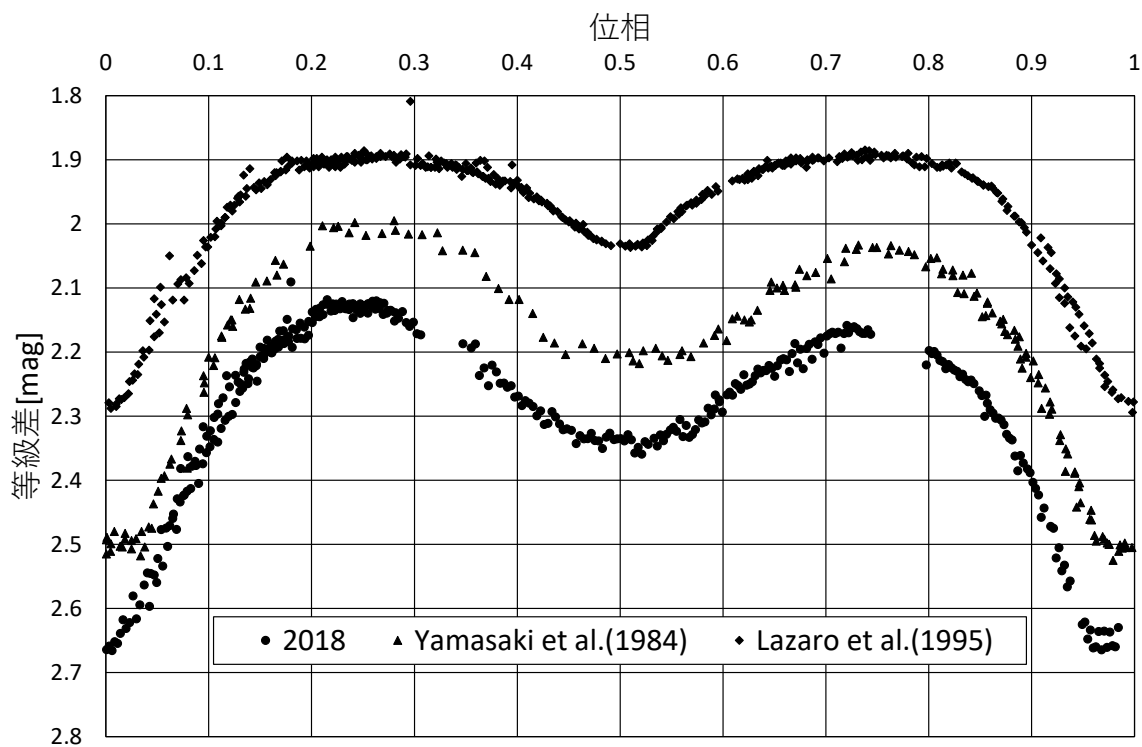


Fig. 5 GR Tau の V バンドの光度曲線比較

横軸は位相，縦軸は等級差 (mag) を示す。●は本観測，▲は Yamasaki et al. (1984)，◆は Lazaro et al. (1995) を示す。比較のため本来の等級差に，Lazaro et al. (1984) は -0.3，Yamasaki et al. (1984) は -0.2 等級をそれぞれ加えている。

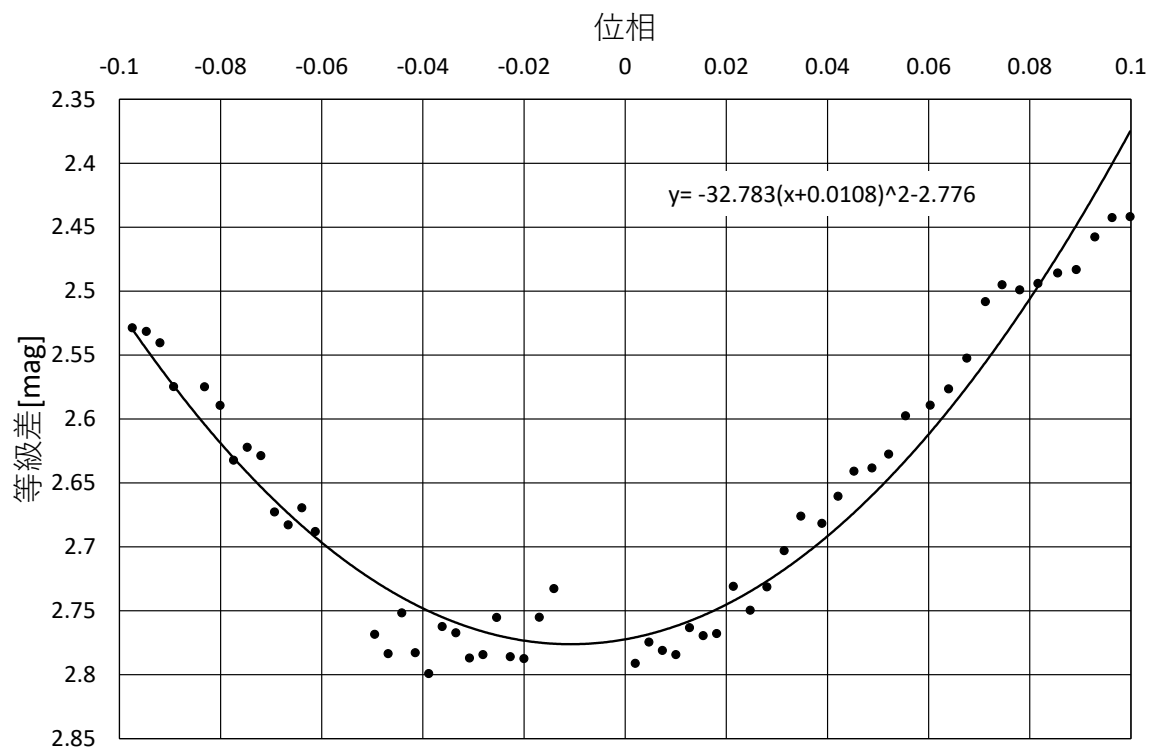


Fig. 6 Bバンドの位相 0.9-0.1 の範囲の二次近似

横軸に位相, 縦軸に等級差 (mag) を示す。図中に示される近似曲線から, 主極小の位相に -0.0108 の変化が見られる。

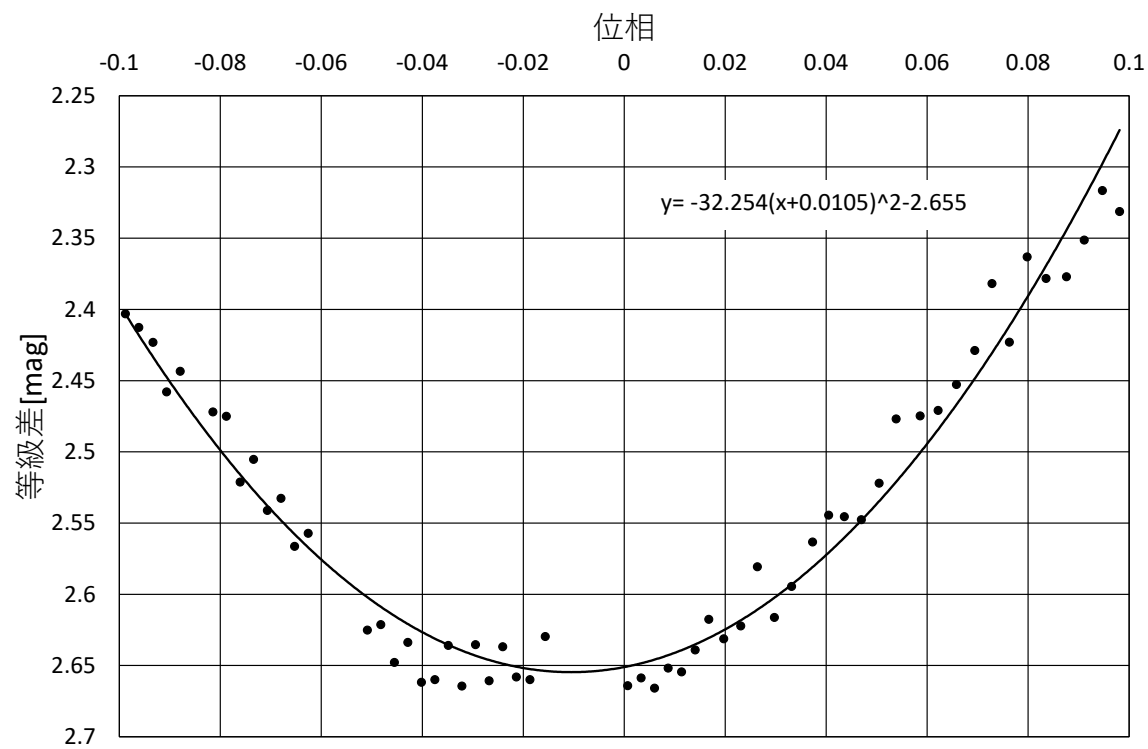


Fig. 7 Vバンドの位相 0.9-0.1 の範囲の二次近似

横軸に位相, 縦軸に等級差 (mag) を示す。図中に示される近似曲線から, 主極小の位相に -0.0105 の変化が見られる。

宇宙を学ぶ触図の作成

國友有与志

Creation of Tactile Graphics to Learn Astronomy

KUNITOMO Ariyoshi

要約

仙台市天文台では、視覚支援学校向け天文台学習を始め、視覚障害者向けのイベントを実施している。本稿では、仙台市天文台が作成した、宇宙を学ぶための触図を紹介する。

Abstract

Sendai Astronomical Observatory has conducted several events for visually impaired, including the science study for special needs school for the visually impaired. In this report, I introduce the tactile graphics to learn astronomy created by Sendai Astronomical Observatory.

1. はじめに

仙台市天文台（以下、当台）では、高橋（2015）、溝口（2018）、國友（2018）でも報告があるように、これまで視覚障害者向けのイベントを何度か実施している。そして、その都度反省を活かして新しいプログラムやツールを作成してきた。そこで、以下では当台が作成した「触図」と呼ばれる視覚障害者向けツールをいくつか紹介する。

2. 触図

「触図」とは、視覚障害者が触って理解できるように、点や線を凹凸で立体的に表現し、説明文を点字で示した図のことである（点図とも呼ばれる）。また、平面上でなくとも、触覚を使うことで理解できるような模型も触図に含まれる。つまり、視覚情報を触覚情報に分かりやすく置き換えたものである

3. 仙台市天文台で作成した触図

3.1 プラネタリウム内で使用する触図

(1) 点図

視覚障害者にプラネタリウムを投映する場合、例えば星の大きさを大きくすれば、弱視の方であれば少し視認できる。あるいは、音を出せば、全盲の方でも星

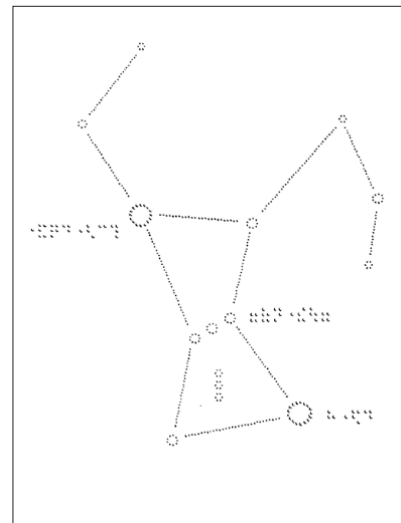


Fig. 1 オリオン座の点図

の位置を大まかに把握することができる。しかし、星座の形や探し方を伝えるのは非常に困難である。そこで、仙台市内の視覚障害者就労支援団体の方々に協力していただき、星座解説用の点図の作成を行った。これは、紙面上に星座の形が凹凸で示されており、説明や星の名前が点字で書かれているものである（Fig. 1）。さらに、星座だけでなく、北極星の探し方（Fig. 2）や、アンドロメダ銀河の形（Fig. 3）など、図や絵ま

で点図で表現している。また、星を表す丸の大きさや凹凸の違いによって星の明るさの違いを表現している。

この点図を星座解説の際に併用することで、全盲の方でも晴眼者と同じような星座の形のイメージを得ることができる。

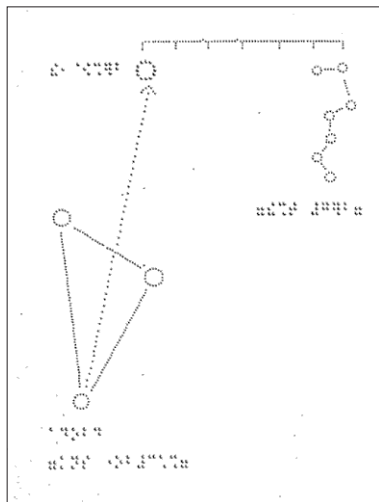


Fig. 2 北極星の探し方

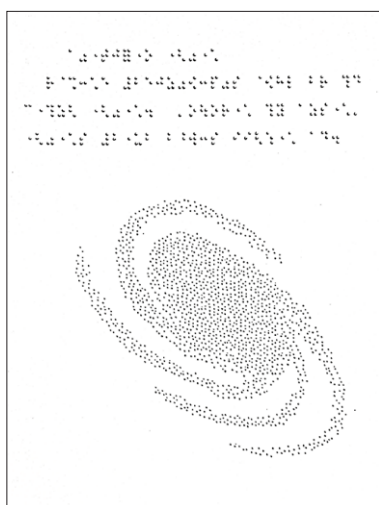


Fig. 3 アンドロメダ銀河

(2) 立体星座カード

プラネタリウムで星座を紹介する際にもう1つ説明したいことが、「星座の向き」である。点図のみでは星座の向きを説明するのが難しいため、点図の他に立体的な星座カード (Fig. 4) を作成した。この星座カードは、1枚に1つの星座が描かれており、装飾用のビーズを用いることで、点図よりもはっきりとした凹凸となっている。また、ビーズは1等星、2等星、3等星、4等星以下で大きさを分けている。

さらに、星座の向きを説明するために、カードにリ

ングを取り付けた。このリングは、つまんでカードを持つと、ちょうど説明したい星座の向きにバランスが取られるような位置に取り付けてある。例えば、この星座カードを使って投映した2019年5月14日は、21時に東の空からはくちょう座が横向きで昇ってくる。実際に、カードのリング部を持つと、その時間のはくちょう座の向きを再現することができる (Fig. 5)。

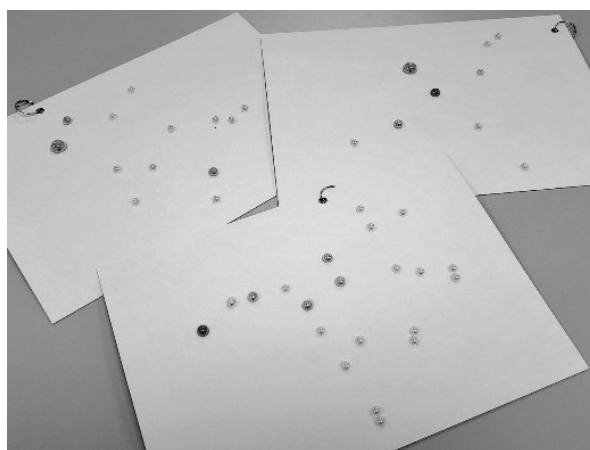


Fig. 4 立体星座カード



Fig. 5 リングを持った様子

3.2 その他の触図

(1) 点図

3.1では主にプラネタリウム内で使用する点図を紹介したが、Fig. 2やFig. 3からも分かるように、点図では星座の形だけでなく、様々なものを表現することができる。そこで、月の満ち欠けの様子なども点図で作成した (Fig. 6)。

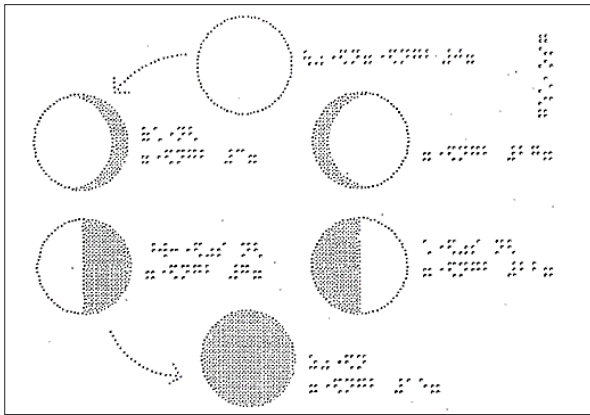


Fig. 6 月の満ち欠け

さらに、月の満ち欠け以外にも、地球の地軸が傾いていることや、太陽の周りを公転していることを表すような図も作成した。

(2) 太陽系の縮図

太陽系の各惑星までの距離感を体感するための触図として、ナイロンの糸に球状のビーズを結び付けたものを作成した (Fig. 7)。これは、1 天文単位が 10cm の縮尺になっている太陽系の縮図で、ビーズが太陽系の惑星を表しており、太陽から海王星までは約 300cm である。

太陽の位置から指先で糸をたどっていくと、水星・金星・地球・火星は比較的すぐに触れるが、火星から木星までは急に距離が遠くなること、木星以降の惑星では、個々の惑星の距離がより離れていることが分かる (Fig. 8)。この触図は、太陽系の惑星軌道を知っている晴眼者が目を瞑って使用しても、「天王星から海王星までなかなかとりつかないので驚いた」という意見が多くあり、視覚障害者に限らず、通常の説明ツールとしても使用できると感じた。

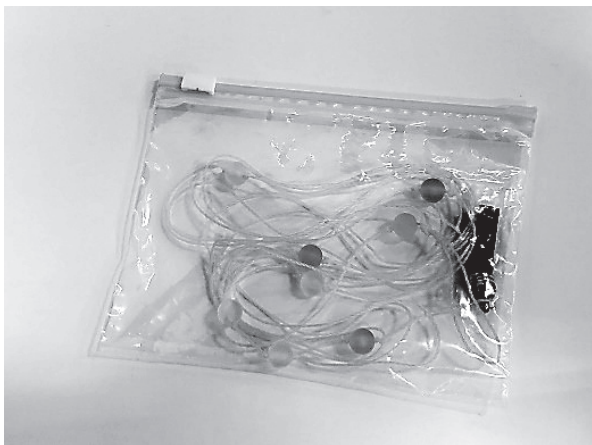


Fig. 7 太陽系の縮図

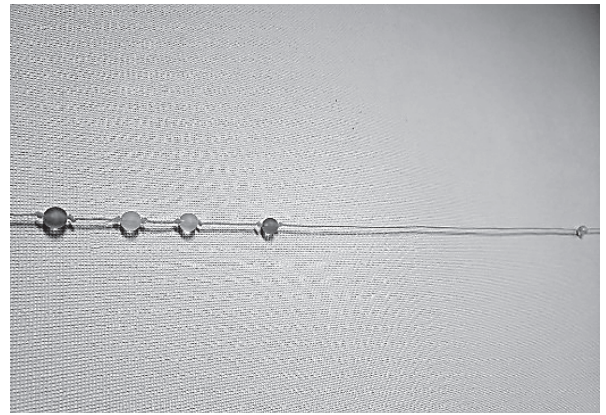


Fig. 8 水星から木星まで

4. まとめ

本稿で紹介した触図は、当台で使用している中の一例であり、数年前と比較しても、視覚障害者向けの触図やプログラムはかなり増えてきている。また、近年は 3D プリンターや VR などの技術が急速に発達してきている。このような最新の情報にも目を向けつつ、視覚障害者にとっては、こういった場で、こういったツールを使って、こういった説明をするのが最も分かりやすいのかということを今後も引き続き調査し、提供していきたい。

<参考文献>

- 高橋博子 (2015) 視覚障がい者向け企画の中間報告 仙台市天文台研究・実践紀要 第 1 号 仙台市天文台, 32-39.
- 溝口小扶里 (2018) 「科学ヘジャンプ・イン・仙台 2017」における視覚障害者向け企画の実践 仙台市天文台研究・実践紀要 第 4 号 仙台市天文台, 6-11.
- 國友有与志 (2018) 視覚支援学校向け学習投映の実施報告 第 32 回天文教育研究会・2018 年日本天文教育普及研究会年会集録 一般社団法人 日本天文教育普及研究会, 107-109.

仙台市天文台の中期計画策定とその手法

大江宏典

OOE Hironori

要約

仙台市天文台は、2008年のリニューアルオープン以来、「宇宙を身近に」をミッションとして掲げ、様々な事業を展開してきた。また同時に、時代の変化や利用者の多様なニーズに応えることのできる施設として充実を図るため、3年毎に中期計画を策定し、実行してきた。2019年度は、新たな中期計画の策定期間であった。本稿では、中期計画策定の過程をまとめ、策定方法について考察する。

1. はじめに

2008年7月のリニューアルオープン以来、中期計画の策定は今回で4回目となる。通常、中期計画は経営レベルで策定される事が多いが、目標達成のためにはスタッフ一人ひとりの主体的な関わりが必要不可欠であるため、仙台市天文台（以下、当台）では当初よりスタッフ全員によるワークショップ形式での策定を実施している。ここではその実践内容について報告する。

2. 実践内容

2.1 目的と概念の共有

(1) 目的の共有

中期計画策定の目的を下記のように定め、スタッフ間で共有した。

- ①目標を明確にし、台一丸の体制をつくる
- ② Plan（計画）→ Do（実行）→ Check（評価）
→ Action（改善）サイクルによる業務改善
- ③内部評価によりステークホルダーへの説明責任を果たす（運営の健全性の証明）
- ④博物館法および要求水準の履行

(2) ミッションとビジョンの概念の共有

当台のミッションはマインド（理念）・ビヘイビア（活動）・ビジュアル（表現）の3つのアイデンティティによって構成される。これらのアイデンティティと中期計画の柱となるビジョンとの違いを明確にするため、Tab. 1 の概念図を作成し、スタッフに説明した。

2.2 振返りと現状分析

Tab. 2 の資料はリニューアルオープンから現在までの入館者数等の利用状況とアンケート結果をまとめたものである。この資料を用いて、スタッフ全員で活動の振り返りを行った。まずはデータから得られる客観的な気づきを集め、その後、成果と課題を共有した。この振り返りによって得られた主な成果と課題は、以下のとおりである。

<成果>

- ・当初の想定を超えた利用者数を維持している
- ・満足度が高く安定している
- ・イベントによる集客が多い
- ・サポーター等の支援者との連携を維持している
- ・施設をきれいに維持できている
- ・大きな事故がない

<課題>

- ・ひとみ望遠鏡を活かした活動が少ない
- ・解決が難しい来館者の声（レストラン、交通の便、キャッシュレス）に未対応
- ・天文台学習予約の簡略化
- ・施設の老朽化

2.3 ビジョンの策定

(1) 対話型ワークショップの実施

振り返りで得られた成果と課題を踏まえ、次期ビジョンを策定するため、2つの対話型ワークショップを実施した。

ひとつ目はワールド・カフェである。ひとつのテーマについて、スタッフを5～6人に分け、テーブルごとに対話をして一定時間が過ぎれば、テーブルメンバーを入れ替えて対話することを繰り返す手法である。今回は、「未来の天文台」をテーマにワールド・カフェを実施した。少人数かつ一定時間でメンバーが変わるため、自分の意見を言いやすいという効果があり、グループ毎に活発な対話が見られた。

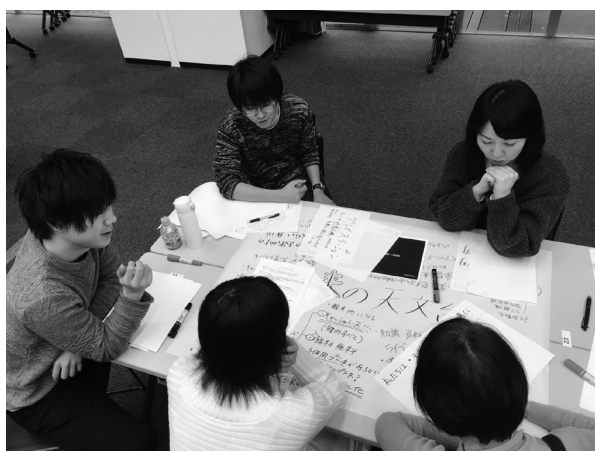


Fig. 1 ワールド・カフェの様子

参加者それぞれが自分にとっての「未来の天文台」をイメージできた時点で、ふたつ目のワークショップ、オープンスペーステクノロジー（OST）を実施した。参加者個々にビジョンを描いてもらい、似たような考えを持つもの同士が集まり、更にそれを具体的な形にしていった。OSTは参加者の主体性に任せた手法であり、参加者の当事者意識を引き出す事により、納得性の高い合意に到達できるという効果がある。結果、約90分のOSTで様々なグループが形成され、下記の15のビジョン案が作成された。

< OSTによって作成された15のビジョン案 >

「WA!!!」「ふらっとホーム天文台」「銀河戦隊 SAO レンジャー」「あなたのための天文台」「We ♥地球」「ございんあばいん天文台」「天文楽」「ここは宇宙のプラットホーム」「プレイステーション」「君の夢が発見できる天文台」「WE GOTO 天文台」「エンジョイ宇宙」「ゲストもスタッフも満足」「楽」「人・自然・知識のハブになります」



Fig. 2 OSTの様子



Fig. 3 壁に貼りだされたビジョン案

(2) プレゼンと投票

OSTによって作成された15のビジョン案について、プレゼンテーションと投票を行った。投票の際には、下記の「良いビジョンの条件」を目安にした。

< 良いビジョンの条件 >

- ・覚えやすい
- ・感性に訴える
- ・イメージとして浮かぶ
- ・スタッフの共感が得られる
- ・ステークホルダーから見て魅力的
- ・達成確率が50%ぐらい



Fig. 4 スタッフによる投票の様子

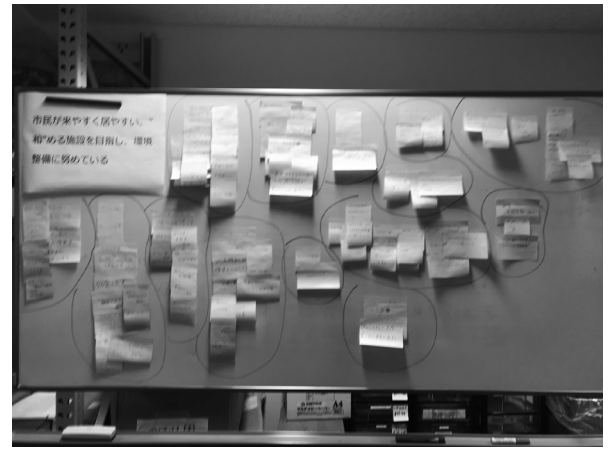


Fig. 5 集まった目標のアイデア

(3) ビジョンの決定

投票数が多い案をビジョン候補として、経営レベルのメンバーで最終検討を行った。その後、キャッチコピーや重点目標の精査を行い、最終的に以下のビジョンに決定した。

<ビジョン>

WAをつくろう

<重点目標>

- A. 市民による活動または市民との活動の“輪”をひろげます
- B. 市民が来やすく居やすい施設を目指し、“環”境整備に努めます
- C. エクスペリエンス“サークル”により、市民の宇宙・天文への興味を深化させます

2.4 評価指標の設定

(1) KJ 法の実施

当施設の中期計画は、内部で自己評価をする方式をとっているため、ビジョンや重点目標が定まった後、その目標を実現するために現場レベルまでブレイクダウンする必要がある。そのために、重点目標を更に細分化した「目標」とそれぞれの「評価指標」も設定した。ここでは3つの重点目標の達成に向けた目標を導き出すため、KJ法を用いたワークショップを実施し、アイデアの整理を行った。

(2) 評価指標の設定

各目標が定まった所で、業務担当毎に目標達成のための評価指標の設定を行い、Tab. 2 の中期計画（仙

台市天文台自己評価シート）を完成させた。

なお、今期中期計画にはミッションについての自己評価も加える事にした。これは Tab. 1 で示したとおり、ビジョンはあくまでもミッションを遵守した上で達成すべき未来像であり、3年毎にビジョンが変わっても、あるべき姿（ミッション）は変わらない事を示すためである。

3. おわりに

本稿では、中期計画の具体的な策定方法を扱った。今回の計画策定では、前回の計画策定の際に課題となった以下の3点を解決すべく取り組んだ。

1つ目の課題は、ワークショップによる議論が深まりにくかった点である。これについて、前は月1回のワークショップを数か月かけて行ったが、今回はワークショップの回数を減らし、かつ、1回あたりの開催時間も長く確保したため、途切れることなく集中して取り組むことができたと考えている。

2つ目の課題は、ビジョン決定までの工程の明示が不十分だった点である。こちらについては、ワークショップ開催前にビジョン確定までの流れを共有してから始めたため、改善できたと考えている。

3つ目の課題は、現場視点の中期目標になり過ぎる点である。計画策定には経営レベルでの高度な判断や博物館の役割や未来を見据えた専門性の高い検討も必要不可欠であるが、現場スタッフ全員が博物館のマネジメントに精通しているとは限らないため、現場の声を集めただけでは理想的な計画とはならない。今回は最終的に議論の時間が確保できず、筆者自身で計画をまとめることになったが、今後は策定内容毎に会議体や参加者を分ける等の工夫が必要と考える。

Tab. 1 中期計画におけるミッションとビジョンの概念

概要
仙台市天文台では3年毎に中期計画を策定している。 この計画では、ミュージアム・アイデンティティをベースに、ビジョン・重点目標・評価指標を明確に設定し、事業を内部的に評価する方式を採用している。
目的
・PDCAサイクルによる業務改善 ・目標の明確化による施設一丸の体制づくり ・内部評価による運営の健全性の証明 ・博物館法および要求水準の履行



Tab. 2 利用状況とアンケート結果 (2008-2019)

[illegible]

Tab. 3 完成した中期計画

仙台市天文台自己評価シート（2020-2022年度）

ミッション			業務別目的	
マ イ ン ド ・ ア イ デ ン テ ィ テ ィ 宇宙を身近に 質の高い天文情報を、 身の回りのものごとと関連づけて示 し、 生きた対話を生み出します	【天文観測】 市民の「宇宙を観る眼」となります 様々な観測や天文に関する科学情報の 収集活動を行います。新鮮な情報提供 ができるように常に最新の情報を集め ることで、天文台の諸活動を支えます 【調査研究】 市民にとっての「宇宙の魅力」を引き 出します 天文情報の提供方法、表現手段などの 研究を行います。これらの研究に基づ いて、誰にでも分かりやすく科学情報 を編集加工し、新しい天文科学体験を 開発していきます 【教育普及】 市民を「宇宙の世界」へと誘います 幅広い関口を持った多様なサイエン ス・コミュニケーションを用意しま す。また、接客ホスピタリティも高 め、心地よい利用体験を提供してい きます	ビ ヘ イ ビ ア ・ ア イ デ ン テ ィ テ ィ	観測研究	- 天体データを取得し、科学的な考察を加えた結果を公開する - 天文学に深く関わる人材を育成する
			学校教育	様々な対象者に合った手法や内容で、各教育現場で学習する天文分野の内容の理解が深まるよう支援する
			生涯学習	宇宙・天文分野への関心が高い市民が、各々の得意分野を活かした天文普及活動を積極的に提案・実施できる環境を整える
			展示	- 様々な観測や天文に関する科学情報を分かりやすく編集・加工し表現する - 宇宙に関する多様なテーマで市民と交流し天文への理解を深める
			プラネタ リウム	- 星空や宇宙の疑似体験を通して天文への理解を深める - 市民ニーズに対応した多様なプログラムを企画し、多くの市民に宇宙の魅力を伝える
			望遠鏡	市民ニーズに合わせたリアルを味わえる天体の観望・観察体験の場を提供する
			アウトリー チ活動	施設内に留まらず、施設外の多くの市民に、宇宙・天文の魅力を届ける
			大学・関係 機関連携	- 連携機関と協力し様々な専門分野の切り口からの話題を提供する - 大学や研究機関と協力し最新の研究成果を提供する
			天文情報 提供	- 時宜をとらえた天文事象の資料や情報を提供する - 最新の天文学の情報を分かりやすく提供する - 市民の天文に関する相談に応じ、適切なアドバイスを行う
			資料収集	天文学的に貴重な天体や現象を記録する
			活用促進	市民の幅広い興味に応える体験と情報を届け、施設のにぎわいづくりを推進する
			広報	各業務と連携し、多様な情報をタイムリーに分かりやすく市民に届ける
			窓口	来館者とのコミュニケーションを重視し、宇宙・天文に親しみやすい環境づくりに努める
	ア ビ ジ テ デュ ン ア デル ・ イ ・ 施設のミッションを視覚的に表現し、 市民の日常と宇宙を結びます		メディア 制作	ビジュアル・アイデンティティを活用し、一貫した情報発信を行う

ビジョン（2020ー2022年度）				重点目標		評価指標		目標値	
WAをひろげよう	A	市民による活動または市民との活動の“輪”をひろげます	1	・サポーター制度の拡充	a.スタッフサポーターの活動内容の新規企画数 b.ファンサポーターの登録数 c.オーナーサポーターの新規登録数、継続割合	a.5件/3年 b.250名/年 c.新規登録5件/年 継続率80%/各年			
			2	・アウトリーチ活動の強化	a.館外活動（移動天文台以外）の件数 b.移動天文台の新規訪問件数	a.15件/年 b.8件/年			
			3	・教育支援活動の拡大	a.学校現場との新規の連携事業実施数	a.5件/3年			
			4	・市民による観測・観察活動への支援	a.市民観測員数 b.観察室ユーザーの満足度 c.市民による観測・観察結果の公開数 d.市民提供資料の活用数	a.3名/3年 b.10%増/3年（2019年度を基準に測定） c.3件/年 d.6件/年			
			5	・大学や関連機関との連携強化	a.新規連携事業件数	a.5件/3年			
			6	・市民企画による多様な催しの開催	a.実施件数	a.12件/年			
			7	・地域住民や団体との連携強化	a.地域住民や団体と連携した新規取組み件数	a.2件/年			
			8	・SNS活用によるファンの拡大	a.各SNSフォロワー数	a.20%増/3年（2019年度を基準に測定）			
	B	市民が来やすく居やすい施設を目指し、“環”境整備に努めます	9	・カフェ等の設置による飲食の充実	a.飲食を提供するための取組み状況	a.来館者の平均滞在時間の増加（2020年度を基準に測定）			
			10	・交通アクセスの改善	a.交通アクセス改善のための取組み状況				
			11	・施設内の快適性の向上	a.快適性を向上するための取組み状況				
			12	・多様な来館者の受入れ強化	a.ユニバーサルデザインへの取組み件数	a.10件/3年			
			13	・親子の来館促進	a.親子の来館を促進するための取組み件数 b.幼児の来館者数	a.3件/年 b.幼児の来館者数の増加（2019年を基準に測定）			
			14	・再来館の促進	a.年間パスポートの加入者数 b.顧客ロイヤリティの測定	a.600件/年 b.NPSの増加（2020年度を基準に測定）			
	C	エクスぺリエンス“サークル”により、市民の宇宙・天文への興味を深化させます	15	・展示・プラネタリウム・望遠鏡等の各ゾーンを総合的に活用した活動の推進	a.プログラムの開発数 b.スタッフによる実践レポート	a.2件/年 b.1件/年			

長期インターンシップの取り組み

小野寺正己

Practice report of Long-term Internship

ONODERA Masami

要約

本稿では、仙台市天文台において6か月間弱にわたり実施した長期インターンシップの取り組みに関して報告をする。長期インターンシップは、一般的には6か月を超すものをいう。しかし、社会教育施設における短期間ではないインターンシップの報告は、我が国において、なかなか見当たらないことから、取り組みをまとめることとした。実施の結果、受け入れる側の環境とインターンシップ実施者の目的のマッチングが大切であることが明らかとなった。

Abstract

This paper reports on the less than six-month long-term internship program at Sendai astronomical observatory. In general, a long-term internship refers to one that is longer than six months. However, reports of non-short-term internships at social education facilities are hard to find in Japan. Therefore, I summarized our long-term internship initiatives. As a result of the implementation, it became clear that it was important to match the environment of the acceptance facilities and the purpose of the intern.

1. はじめに

文部科学省（2014）によると、インターンシップとは、学生が企業等において実習・研修的な就業体験をする制度とされている。基本的には大学生が対象とされており、大学の教育活動として単位を与えている大学もある。また形態として、インターンシップには次の2種があると示されている。1つは、採用を目的とした情報発信及び採用選考活動ができないもので、企業側の広報活動と呼ばれるインターンシップである。もう1つは、あらかじめ企業側が広報活動や採用選考活動の趣旨を示すことで、大学3年生3月以降または4年生8月以降に実施可能となるインターンシップである。さらに、それらの中には長期インターンシップとして、有給インターンシップについても言及されている。

一方、企業側のインターンシップの意義として、「実践的な人材の育成」、「大学等の教育への産業界等のニーズの反映」、「企業等に対する理解の促進、魅力発信」の3点が挙げられている。仙台市天文台（以下、

当台）はPFI（Private Finance Initiative）方式を用いた民間企業による維持管理・運営が行われている。よって「企業に対する理解の促進、魅力発信」の意義は、インターンシップの実施により十分得られるものと考えられた。また、社会教育施設を運営する企業として、長期のインターンシップを受入れることは、社会教育施設等の運営思想や運営形態を理解してもらい、さらには専門的なスキルを身につけた人材を増やすことができるという「実践的な人材の育成」の意義も達成できるのではないかと考えられた。また、運営業務に関わる人材が増えることで、職員が多忙解消の一助にもなるのではないかと思われた。

そこで、これまでも1週間程度の職場体験的な大学生によるインターンシップを実施していたことから、短期・中期・長期のインターンシップの仕組みを整え、大学生に限定をせず、インターンシップ希望者を募集することとした（Fig. 1）。募集に関しては、対応できる人数が限定的であることから、当台のWEBサイトのみで開示をした。しかし、開示後す

ぐに1名の大学生より長期のインターンシップの希望があった。そこで、Fig. 1 に示す条件に当てはまることを面接により確認できたことから、本学生を長期インターンシップ実施者（以下、実施者）として受入れることとした。本稿は、その実践の報告となる。

仙台市天文台 インターンシップ 募集要項	
2018/1/25 仙台市天文台運営担当企業：南五藤光学研究所	
仙台市天文台では、学生のみなさんに就業体験を通して「社会教育施設」や「仕事」に対する視野を広めていただく機会として、2種類のインターンシップを実施します。 天文台職員との共同作業を通して、社会教育施設での仕事の楽しさや難しさを学ぶことができます。	
対 象	長期インターンシップ
高校生、専門学校生、大学生、大学院生	専門学校生、大学生、大学院生、社会人（要相談）
期 間	期 間
1週間～3ヶ月程度	半年～1年程度
概 要	概 要
短期：職場体験の内容 中期：課題達成型就業体験 （参加者が定めた課題を達成するための就業を行う）	天文台事業の就業体験 （可能な範囲で職員と同じ業務を体験する）
具体的 業務例	具体的 業務例
＜短期＞ ・普通体験 ・清掃体験 ・受付業務体験 ・広報補助業務体験 ・展示室交流業務体験 ・プラネタリウム投映補助業務体験 ・制作物作成体験 等	正規職員の業務に準ずる業務 ○企画・交流業務（望遠鏡、展示室、プラネタリウムを用いた企画・交流） ○総務業務（受付業務・予約管理・帳票整理・電話対応等） ○広報業務（広報物企画・制作、WEB管理・制作、メディア対応等） ※希望する業務に関わる研修を行い、研修終了と認められた場合にのみ業務を行うことができる
待遇等	待遇等
無給とする（交通費等も支給しない）	・付帯して南五藤光学研究所と本社パートタイマーに準ずる有期雇用契約を結び、雇用契約に基づいた給与を支払う。 ・遠方からの申込者に対しては、応相談によって月18,000円程度の宿泊補助を支給する。 ・交通費及び労災保険についても南五藤光学研究所が同社規定に基づき負担をする。
保 険	保 険
希望者または希望者の所属先に損害賠償保険及び傷害保険に加入すること	雇用契約をすることから、南五藤光学研究所が加入する労災保険や損害賠償保険が適用される。
申込方法	申込方法
・所属校からの依頼申込を基本とする。 ・短期インターンシップに関しては、所属校から目的が明記された実施計画書に基づき、天文台側で受入可能な場合に受入を行う。 ・中期インターンシップに関しては、エントリーシートの提出を必須とし、エントリーシートに基づき面接を行う。面接にて合格した方のみ受入を行う。	・WEB上に記載された申込先に電子メールにて申込を行うこととする。 ・希望者個人からのエントリーシートによる申込に基づき、面接を行う。面接にて合格した方のみ受入を行う。
その他	その他
	・本インターンシップ制度は、終了後の継続雇用を保証するものではない。 ・最長6ヶ月までの延長ができる。

Fig. 1 天文台におけるインターンシップ制度

2. 実施の目的

当台の運営思想に基づいた運営形態や運営内容に関するインターンシップを通して、天文台や科学館等の社会教育施設の運営実践力をつけた人材の育成を図り、同じ思いや願いを持つ方を増やすことを目的とした。

3. 実施の方法

3.1 実施者

エントリーシート（Fig. 2）により申し込みがあった大学生1名。

仙台市天文台 長期インターンシップ エントリーシート
2018年 8月 8日 記載

ふりがな		性	男・女	年齢	21歳
氏 名					
所 属					
連 絡 先	〒 e-mail:				
希 望 期 間	2018/9～2019/6				
当施設を選んだ理由	一点目は、仙台市天文台の「地域とともに成長する」点に興味があるからです。二点目は、可能な範囲で職員様と同じ業務ができ、「働く」ということを具体化できると考えたからです。				
期間中の行動目標（具体的な到達目標を記載のこと）	私の最終的な到達目標は「本格的に働くということを実感し、将来自分が働く姿を明確化させること」です。具体的には、施設利用者様に対しての業務だけでなく、多くの職員の皆様と連携しての業務にあたることで社会人としてのコミュニケーション力を身に著け、「働く」ということについて考察していきたいです。				
自己PR	私がPRしたい点は、チーム力を引き出すことが上手であることです。エピソードとしては、ボランティア団体で新入生向けに企画した時間割決め大会があります。この企画の多くの課題に対して、新入生に近い立場の後輩が意見を出しやすい環境を整えることで、参加者800名以上、満足度も高い企画を実現することができました。				
天文台への交通手段					
事前打合せの可否	☒ 可・ 否（否の場合、代替の打合せ方法→）				
その他連絡事項	もし可能であれば、天文台内外の社会人の方とのコミュニケーションの機会が多いであろう広報業務に携わりたいと考えています。				

Fig. 2 長期インターンシップエントリーシート

3.2 実施時期

2018年8月下旬から2019年2月中旬まで実施した。当初は10か月程度の期間を想定していたが、実施者の海外留学や受入れ時の面接等を通して、終了時期を海外留学前までと変更した。

この間の勤務日数は68日間となり、週3日程度の勤務であった。また総勤務時数は440時間30分であった。

3.3 実施内容

(1) 業務内容

受入れ時の面接において、当台側から提供可能な業務内容と実施者の希望に鑑み、企画・交流業務と広報業務を行うこととした。なお、企画・交流業務においては、展示交流業務、プラネタリウム投映補助業務、団体受入れ業務、天体望遠鏡案内業務、定期観望会業務、移動天文台業務の6つに関して研修を実施し、実際に来館者とのサイエンスコミュニケーションを行った。また、広報業務については、主として情報提供、フリーペーパー作成、マスメディア出演の研修を行った後、実際の実務を行った。

具体的には、Tab. 1 に示すような内容と流れになった。勤務時間については概算を記載した。

Tab. 1 インターンシップの業務内容

月	時期	業務内容	勤務 時数
8	下旬	＜オリエンテーション＞ ・会社や施設に関する説明 ・勤務の流れやルール	8
9	上旬	＜実務研修＞ ・展示交流研修 ・天体望遠鏡概要 ・プラネタリウム補助研修 ・ブログ制作研修	35
	中旬	＜実務研修＞ ・団体受入れ研修	8
	下旬	＜実務研修＞ ・望遠鏡案内研修 ・広報業務研修 ＜実務＞ ・展示交流業務 ・プラネタリウム補助業務	39
10	上旬	＜実務研修＞ ・展示ツアー研修 ＜実務＞ ・展示交流業務	16
	中旬	＜実務研修＞ ・展示ツアー研修 ・移動天文台研修 ＜実務＞ ・展示交流業務 ・プラネタリウム補助業務 ・フリーペーパー作成会議	47
	下旬	＜実務研修＞ ・望遠鏡案内研修 ＜実務＞ ・展示交流業務 ・プラネタリウム補助業務 ・取材対応 ・台内会議出席	44
	上旬	＜実務研修＞ ・望遠鏡案内研修 ＜実務＞ ・展示交流業務 ・広報業務（フリーペーパー作成等）	18
11	中旬	＜実務＞ ・展示交流業務 ・広報業務（フリーペーパー作成等）	24
	下旬	＜実務＞ ・展示交流業務 ・望遠鏡案内業務 ・取材対応 ・中間面接	21

月	時期	業務内容	勤務 時数
12	上旬	＜実務＞ ・展示交流業務 ・望遠鏡案内業務 ・移動天文台業務 ・取材対応 ・広報業務	29
	中旬	＜実務＞ ・展示交流業務 ・望遠鏡案内業務	12
	下旬	＜実務＞ ・展示交流業務 ・プラネタリウム補助業務 ・望遠鏡案内業務 ・広報業務	25
1	上旬	＜実務＞ ・展示交流業務 ・移動天文台業務 ・部分日食イベント対応	16
	中旬	＜実務＞ ・展示交流業務 ・プラネタリウム補助業務 ・定期観望会業務	42
	下旬	＜実務＞ ・展示交流業務 ・プラネタリウム補助業務 ・定期観望会業務	25
2	上旬	＜実務＞ ・展示交流業務 ・天文台まつりイベント対応 ・観察室貸出補助 ・広報業務 ・取材対応	30
	中旬	＜実務＞ ・展示交流業務 ・プラネタリウム補助業務 ・観察室貸出補助	8

(2) 実施者の感想

実施者とは、実施期間途中の11月下旬に、他の社員の面接に合わせて、途中経過のヒヤリングを兼ねた面接を実施した。また、その際の課題として面接以降に、更にやってみたいことをまとめるように依頼をした。そのまとめが1月中旬に提出された。さらには、インターンシップ終了後のアルバイト契約満了後に感想の手紙が送付されてきた。なお、アルバイト契約時の勤務は30時間程度であり、5月と6月に5日程度、プラネタリウム補助業務に従事しただけであった。

以下、2018年11月、2019年1月、2020年2月の実施者の感想を成果と課題に分け、Tab. 2 に時系列に整理した。

Tab. 2 実施者の感想一覧

	成果または目標	課題
2018年	<成果> ○社会教育施設が地域の中で果たす役割として、天文台が地域コミュニティの場となっていることを体感した。 ○自己のコミュニケーションスキルとして「わかりやすいだけでなく、面白く話す力」を高めることができた。 ○「働く」ことの意味を「知らなかったことを知ること。できなかったことができるようになること」と定義できた。	●イベント企画を発案段階から主導的に関わり、実施に至ることに挑戦したい。 ●経験と知識が足りないことや卒論発表や短期留学、研究室変更等があることから、インターンシップを2月で終了するか6月まで延長するかを決めかねている。
2019年	<目標> ○これまでの仕事経験に裏打ちされた業務改善に携わりたい。 ○天文台のミッションを具現化した業務・企画を社員と一緒に携わりたい。	●自分が企画したことについて、至らない点を指摘してもらい、改善を加えながら、天文台に必須の仕事をしたい。
2020年	<成果> ○学校の受入れに立ち会うことで東北各県の学習に天文台が寄与していることを学べた。 ○サポーターとの共同イベント等で地域コミュニティに貢献していることを学べた。 ○企画・交流業務や広報業務を通して、利用者に喜んでもらうために試行錯誤する難しさと自分ができることを増やすことの面白さを学べた。	

(3) 実施者の感想に関する補足

エントリーシートにあるように、本実施者は2つの目的をもって長期インターンシップを希望していた。1つは、自身の大学の学部研究に関わり、社会教育施設の地域における役割の体験。もう1つは、

労働の体験であった。この2つの目標については、2018年及び2020年の成果の記載にあるように、おおそ達成されたと実感しており、筆者もそうに感じる。

一方、実際の勤務をしながら、2019年に新たに立てた目標については、企画までは進めたが、具現化には至らなかったという結論となった。実施者は具体的な計画を立て、筆者とも相談を進めていたが、展示物の改変の難しさや企画展示計画の変更等により、計画を具現化できなかった。

4. 実施の考察

(1) 成果

本実践の大きな成果は、長期インターンシップを計画から実施まで遂行できたことと考える。当台内部でも実施にあたっては、懸念事項を挙げる職員もいた事業であった。しかし、そのような中でも全職員で実施者と関わりながら、目的を十分に果たすことができたことと考える。今後の本事業のケーススタディーになったといえる。また、人手不足に対しても、有効に活用できたのではないかと考える。

この成功の要因としては、実施者に明確な目的があったことが大きいと考える。社会教育施設における業務の実体験を求め、それを自身の研究とオーバーラップさせたいという思いが、長期の実践を支えたものとする。このように考えると、長期インターンシップを受け入れる際には、エントリーシートを基に、対象者と目的を明確にすることが、今後も求められるであろう。

さらに、目的以外の成果としては、社員の大きな刺激になったことと考える。若い社員が多い本施設では、社員と実施者の年齢が近い状況であった。目的を明確に持ち、主体的に行動する実施者は、若い社員の働く上での大きな刺激になったと考える。

(2) 課題

前項にて記載をしたが、実施者の目標の具現化ができない部分もあったことが課題と考える。実際に実施したいことがあっても、それを叶えさせる環境が整っていない状況であった。実際にできることとできないことを経験することもインターンシップとしては意味あることではあるが、受入れる側のスキルや調整不足で具現化できなかったことは、申し訳ないと思っている。

また、天文台という専門分野としてのスキルの習得

には、天文学や科学を学んでいない学生には、最低でも 1 年程度の期間が必要であることが明らかとなった。

<引用文献>

- 文部科学省（2014）インターンシップの推進に当たっての基本的考え方 https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/__icsFiles/afieldfile/2014/04/18/1346604_01.pdf（2020 年 2 月 28 日）。

2019 年度講座・講演会レポート

千田華

CHIDA Hikaru

要約

2019 年度は「市民が天文学を学ぶ機会を提供する」ことを目的に、講演会の開催に力を入れた。最新の研究成果を取りあげたり、講演会への参加がほとんどない親子層向けの講座を開催したり、研究機関や大学と連携して幅広い市民が天文学に触れる機会を提供することができた。ここでは 2019 年度に開催した中から 2 つの講座・講演会についてレポートする。

1. はじめに

2017 年度から 2019 年度までの 3 年間、「市民が天文学を学ぶ機会を提供する」ことを目的に、天文・宇宙に関する講演会の開催に力を入れた取り組みを行った。仙台市天文台（以下、当台）では、地元の東北大学をはじめ、その他の研究機関やブレインサポーターの協力のもと、専門的かつ最新の天文学を提供することが可能である。その強みを生かし、話題の天文現象や最新の研究成果についてタイムリーなタイミングで講演会や講座を企画・開催してきた。ここでは 2019 年度に開催した中で、特に工夫を凝らした 2 つの講座・講演会についてレポートする。

2. 実施内容レポート

2.1 ホットな話題をいち早く取り入れた講演会

○ブラックホール講演会：見えない天体をついに見た！ - ブラックホールの直接撮像に挑んだ研究者たち

実施日：2019 年 5 月 26 日

2019 年 4 月 10 日ブラックホールの直接撮像に成功したという記者発表があり、連日ニュースでも取り上げられるほど話題となった。そこで、話題が冷めやらぬうちに実際にプロジェクトに関わっていた研究者を呼んだ講演会を企画した。

講師には、筆者と親交のある研究者 3 名を招いた。1 人目はプロジェクトの日本代表を務める国立天文台水沢 VLBI 観測所所長の本間希樹氏である。2 人目は当プロジェクトには理論分野で携わっていた東北大学学際科学フロンティア研究所の眞実賢二氏。3 人目は観測・解析分野で携わっていたマサチューセッツ工科

大学ヘイスタック観測所ジャンスキーフェローの秋山和徳氏である。

世間的な注目度を鑑みると、普段講演会に足を運ぶような勉強熱心な市民だけでなく話題性に惹かれて来館する市民、星や宇宙は好きだが天文学の知識は乏しい市民など、様々なバックグラウンドの市民が参加することが考えられた。そこで、研究成果の解説をする講演パートと舞台裏についてトークをする座談会パートを組み合わせた 2 部制のイベントとした。

定員を超える 230 名の参加があったため、会場である加藤・小坂ホール外のオープンスペースに室内の映像を流した。



Fig. 1 オープンスペースの中継の様子

第 1 部の講演パートは講師毎に違う視点で講演をしてもらった。EHT (Event Horizon Telescope) プロジェクト日本代表である本間希樹氏には今回の記者発表に至った経緯やプロジェクト全体のことをお話いただいた。

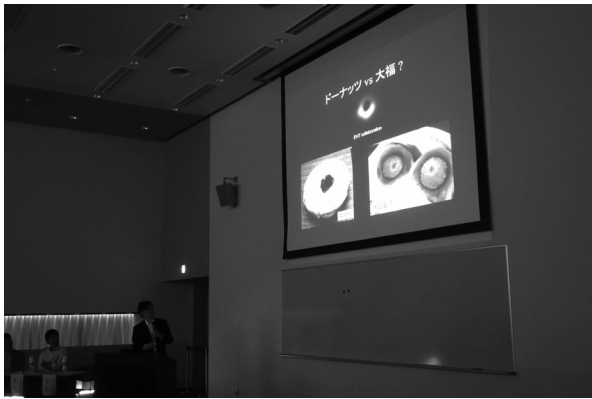


Fig. 2 本間氏の講演の様子

次に當真氏にはブラックホールという天体について理論的な側面から解説をしていただいた。一般市民の前で講演をするのは初めてということだったが、言葉を選びながら丁寧に解説していただいたので、聴衆も引き込まれていた。



Fig. 3 當真氏の講演の様子

最後に秋山氏にはブラックホールの直接撮像にいたる観測や画像公開に至る解析について解説をしていただいた。テクニカルな部分が多く少々難解な内容であったが、現役の研究者の語る話には説得力があった。

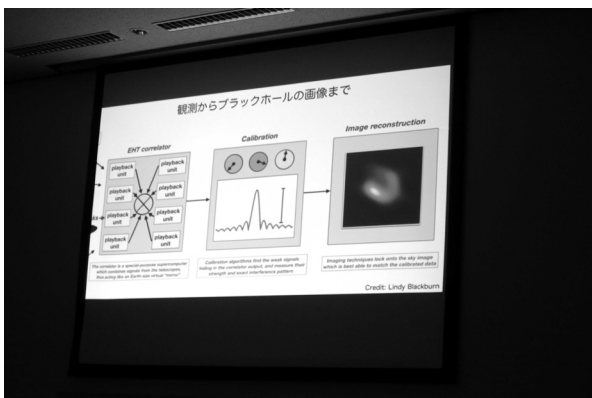


Fig. 4 秋山氏の講演の様子

第2部の座談会パートでは参加者に配布した用紙に書いてもらった質問への回答をした。質問は「研究に関する質問」と「その他の質問」と分けて回収し、司会者がランダムに質問を選んだ。質問のほんの一部を以下に示す。

- ・ブラックホールに出口はあるのか？
- ・ブラックホールに飲み込まれる境界の計算方法は？
- ・将来的にブラックホールに吸い込まれる様子の動画を撮影することは可能か？
- ・研究チーム内で意見が割れた時どうまとめたのか？
- ・「チョコワ」以外にゲン担ぎで食べていたものはあるか？

最先端の研究に携わる研究者に直接質問できる機会とあって、宇宙物理学的な内容や今後の展望を聞く質問も多く見られた。また、本間氏は当時メディアへの露出も多かったため、その裏エピソードを問う質問もあった。すべての質問に答えきることはできなかったが、座談会の最後には講師3名からそれぞれに、来場した若い世代の人々へ向けたメッセージをいただき、3時間弱に及ぶイベントは盛況のうち終了した。



Fig. 5 質問回収箱



Fig. 6 座談会の様子

2.2 親子をターゲットとした講座

○仙台市天文台 × 東北大学大学院理学研究科公開
サイエンス講座 2019 年度第 2 回「地球 vs 宇宙
～ 海と火山～」

実施日：2019 年 9 月 15 日

普段講演会に訪れる年齢層は 40-50 代以上の方が多数を占めるため、主なターゲットは大人となることが多い。一方で、小・中学生が最新の天文学及び研究者と関わる機会は少ない。そこで、長期休みや 3 連休など親子連れが多く来館すると予想される日程で、親子で楽しみながら最新の天文学に触れることができる機会を提供した。連携協定を結んでいる東北大学大学院理学研究科と協力し 2019 年度は 4 回開催したサイエンス講座の一つである。本講座は地球物理学専攻の学生さん達が主体となって企画・準備・実施を行った。

ターゲットが親子(対象は小学校 4 年生以上に設定)のため、講師の話聞くような講義スタイルではなく、複数のブースを作り参加者が自由に見て回れる展示スタイルの講座になった。「海洋エリア」「宇宙エリア」「火山エリア」の 3 つのエリアに分け、講座開催中は各ブースにその分野を専門的に学ぶ学生や天文学者が常駐することで、参加者の質問にも対応した。



Fig. 7 海洋エリアの様子



Fig. 8 宇宙エリアの様子



Fig. 9 火山エリアの様子

各エリアでは、最新の研究成果を紹介する説明パネルだけでなく、実験や体験ができるコーナーも設けられていた。各エリアの内容を簡単に紹介する。

<海洋エリア>

インターネットで公開されている海洋観測のリアルタイムの情報を流しているコーナーや海流を作り出す実験ブースがあり、学生たちが実演をしながらについて解説をしていた。

海のしょっぱさを体感できるブースでは 2 種類の海水を舐め比べてもらい太平洋と大西洋の海水を予想してもらうクイズ形式となっており、大人も子供も真剣に考えている様子が見られた。



Fig. 10 海流実験の様子

<宇宙エリア>

木星の衛星について模型を使って紹介するコーナーやダジックアースと呼ばれる直径 2m の大きな球体のスクリーンに、土星や木星を投射し説明するコーナーなど子供でも直感的にわかりやすくなっていた。

また、木星の衛星エウロパでの内部海探査を疑似体験できるコーナーもあり、実際に行われている研究に触れることができた。

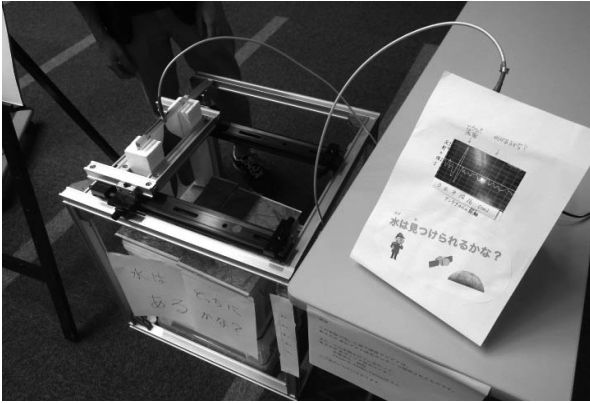


Fig. 11 木星の内部海探査の疑似体験コーナー
＜火山エリア＞

インターネット公開されている活火山のリアルタイム映像が見られるコーナーや火山の噴火タイプを映像で紹介するコーナーなど視覚的にわかりやすくなっていった。

開催中に3回、火山噴火の様子を再現する実験ショーも行った。学生が火山の噴火メカニズムを丁寧に解説しながら最終的に噴火するまでを実演することで、子供から大人まで理解がしやすい内容となっていた。



Fig. 13 火山噴火実験の様子

5時間の開催で300名を超える参加があり、親子連れだけでなく幅広い年齢層の方々に最新の天文学に触れてもらう機会を提供することができた。

3. 成果と課題

講座・講演会に力を入れた2017年から2019年までの3年間を振り返り、お客さんのアンケートや筆者の所感を踏まえた成果と課題を以下に示す。

3.1 成果

- ・大学や研究機関とのつながりを生かし、より専門的な天文学を市民が学べる機会を提供することが

できた

- ・世間的にも話題となった研究を、注目度が高いうちに取り上げることができた
- ・2-3カ月に1回の頻度で開催をしたので、3年間で平均すると年に5回程度行ったことになる。多様なニーズに対応するにはこの回数・頻度は妥当であったと考える

3.2 課題

- ・講演内容は講師に任せきりになってしまう部分が多いが、それでは大学等での開催と大差ないので、当台開催を生かせる仕立てができると良いと考える
- ・事前処理の手間を考えると基本的には申し込み不要としている講演会がほとんどであるが、内容や世間の注目度によっては事前に参加人数を把握しておいた方が良い場合もあると考える
- ・ブラックホールの講演会は、世間の注目度に対応できた一方で、広い市民に広報したせいで、ターゲットがぶれ、参加者の満足度が分散してしまった

4. まとめと今後の展望

「市民が天文学を学ぶ機会を提供する」ことを目的に、天文・宇宙に関する講演会の開催に力を入れ、3年間実施した。その結果、最新の天文トピックスを取りあげたり、講演会への参加がほとんどない親子層向けの講座を開催したり、研究機関や大学と連携して幅広い市民が天文学に触れる機会を提供することができた。しかし、参加した市民の知識の増加具合やその後の興味・関心度合いの変化などを定量的に図ることは難しい。今後は、市民が天文学に触れる機会を一方的に提供するだけでなく市民の天文に関する知識レベルの調査をするなど、双方向的な取り組みができたら良いと考える。

企画展「宇宙たんけんプラネット～だれもしらない惑星にいこう!～」開催報告

郷古由規

GOKO Yuki

要約

広く市民の宇宙への興味関心を喚起するため、親子層をターゲットにした体感型の企画展「宇宙たんけんプラネット～だれもしらない惑星にいこう!～」を開催した。ここではその実施概要について報告する。

1. はじめに

仙台市天文台（以下、当台）では、2008年7月のリニューアルオープン以来様々な企画展を開催し、広く市民への天文分野の普及活動を行っている。開催10回目となる今回は、初めての試みである「親子」をターゲットとした体感型の企画展を開催するに至った。県内外から13,239名の来場があり、好評を博した。また、会期中には「星空スコープをつくろう」と題した関連ワークショップを開催した。ここではその開催記録について報告する。

2. 実施概要

2.1 目的と概要

(1) 目的

企画展の目的は下記の通りである。

- 広く市民の宇宙への興味関心を喚起する
- 親子層をターゲットにすることで新たなファン層の拡大と来館促進を図る

(2) 概要

- 日時 2019年7月20日(土)－8月25日(日)
7月19日(金)14:00－16:00 内覧会
7月20日(土)09:15－09:30 オープニングセレモニー
- 場所 加藤・小坂ホール
- 料金 一般¥700／ペアチケット¥1,200
2歳以上有料・各種減免なし
※小学生以下各日先着100名プレゼント付
- 主催 当台（企画協力／多摩美術大学・森協研究室）
- 関連イベント ワークショップ「星空スコープを

つくろう」（会期中土曜日開催）

○来場者数 13,239名

2.2 展示概要

本企画展は、「宇宙を体感し未来を先取りする」というテーマを基に、不思議なアート作品やイベントを通して宇宙への興味関心を喚起するきっかけを創出し、未来の宇宙と私たちの暮らしとの関わりを感じる機会として位置付けた。展示構成は以下の通りである。

<オープンスペース>

- 巨大な宇宙人との遭遇
- 月と惑星に関するパネル展示
- 企画展来場者の感想ノート

<会場内>

- 洞窟
- Immersive Shadow Planets
- 月にふれる
- 地球外生命体!?
- ビッグバンシアター
- ROKURO
- 宇宙遊泳ボート
- 星空ウォール

<体験内容>

来場者は「宇宙電波受信器（カチューシャ）」を装着し、宇宙人になりきって不思議なかたちの洞窟を抜け、未知の惑星へと降り立つ。そこには、見て、さわって楽しむことのできる展示群が広がっている。

壁に映し出された惑星の数々をスクリーンに映る

自らの影ではじいたり、地球外生命体との遭遇を楽しんだり、宇宙誕生の瞬間をシアターで体感することができる。また、漆黒の宇宙に浮かぶ星々を模した「宇宙遊泳ポート」では、ブラックライトで照らされて光るボールプールで宇宙遊泳を楽しむことができる。

また、2019年は先のアポロ計画から50年という節目の年であることから、月探査機かぐやのデータをもとに再現されたバーチャルな月面上を歩行しその重力を疑似体験できる「月にふれる」を展示した。宇宙空間で繰り広げられる恒星や銀河の誕生の瞬間を手の

ひらに再現する「ROKURO」は、色とりどりの光に変化しながら高速回転する光ファイバーに触れ、思いのままにかたちづくることができる。

これらすべての展示は、「見る」「触る」「聞く」など子どもの感性を刺激し、宇宙への興味関心を喚起する趣向を凝らした展示群となっている。

2.3 来場者数の推移

計：13,239 名

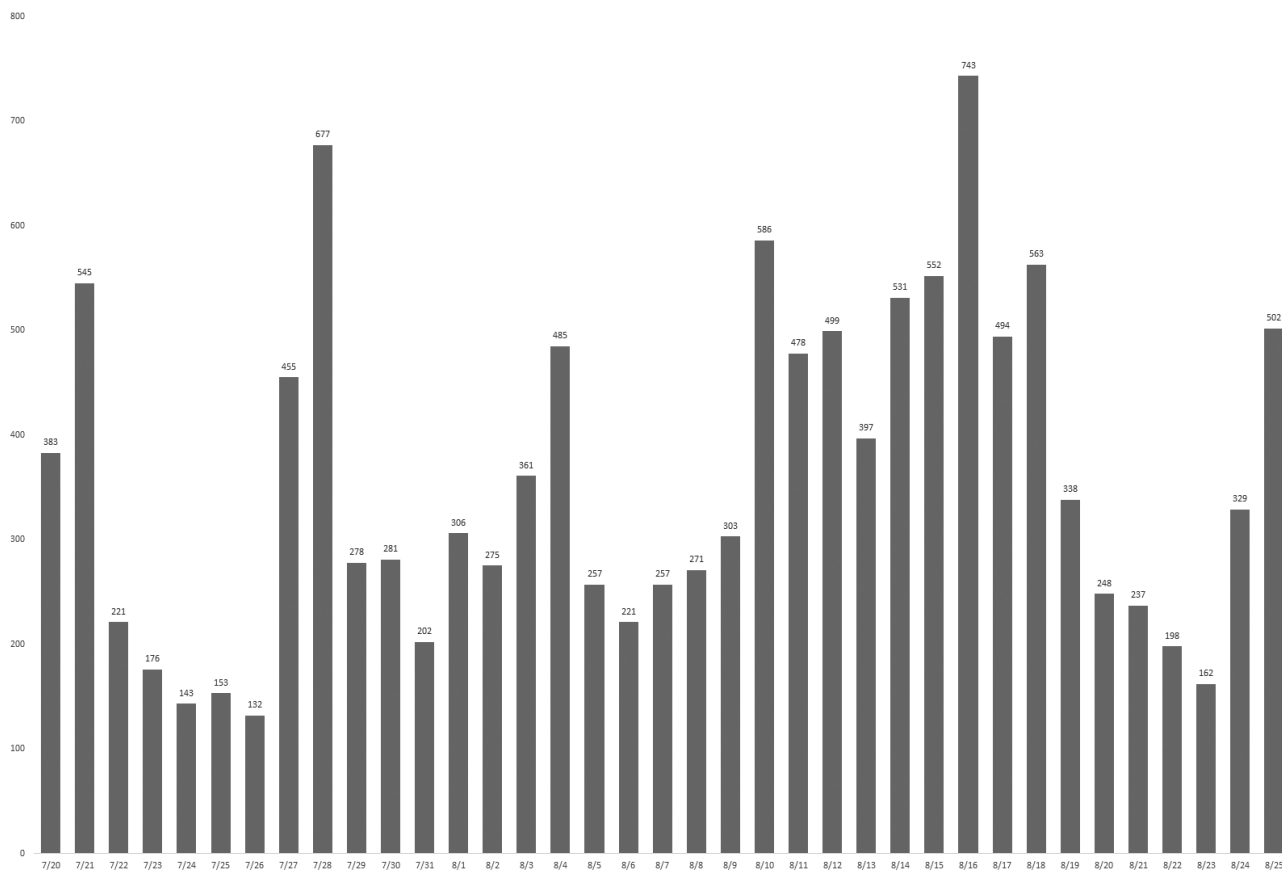


Fig. 1 会期中の来場者数の推移

(参考)

会期中土曜日：関連イベントワークショップ「星空スコープをつくらう」開催

3. 来場者アンケートの集計結果

3.1 アンケート回答者

146名（来場者13,239名）回答率1%

本アンケートは、紙面およびWeb上での回収を行った。

3.2 感想

とても良かった	60
良かった	50
ふつう	9
あまり良くなかった	17
良くなかった	10

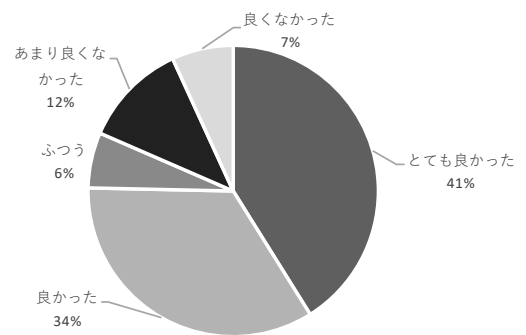


Fig. 2 感想

3.3 印象に残った展示

ROKURO	91
Immersive Shadow Planets	64
宇宙遊泳ボート	57

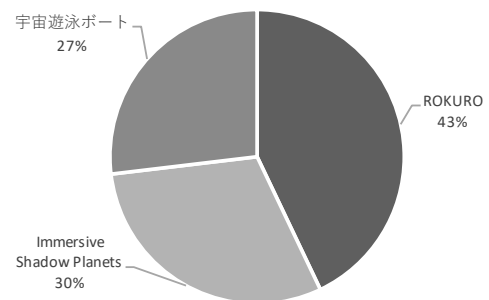


Fig. 3 印象に残った展示

3.4 告知媒体

ポスター・チラシ	68
台内で初めて知った	25
当台ウェブサイト・SNS	23
当台以外のウェブサイト・SNS	3
雑誌・新聞	7
テレビ	5
当台の屋外懸垂幕	2
家族・知人からの紹介	13

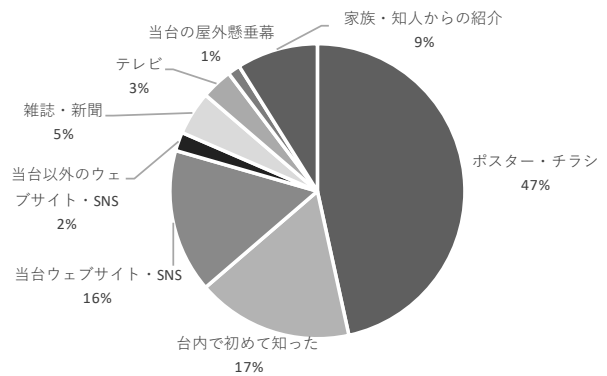


Fig. 4 告知媒体

3.5 住まい

仙台市青葉区	32
仙台市太白区	31
仙台市泉区	23
宮城県内	20
仙台市宮城野区	13
仙台市若林区	13
東北地方	8
国内（東北以外）	6

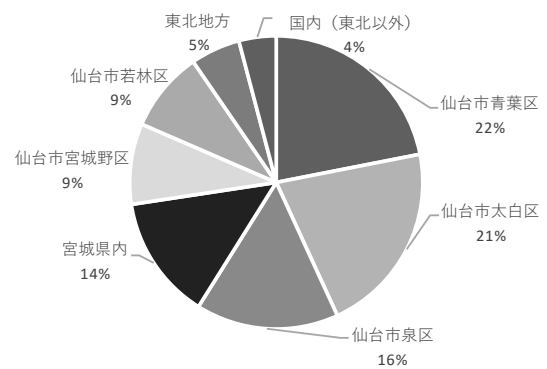


Fig. 5 住まい

<開催の様子>



Fig. 6 ちらし (表)



Fig. 7 ちらし (裏)

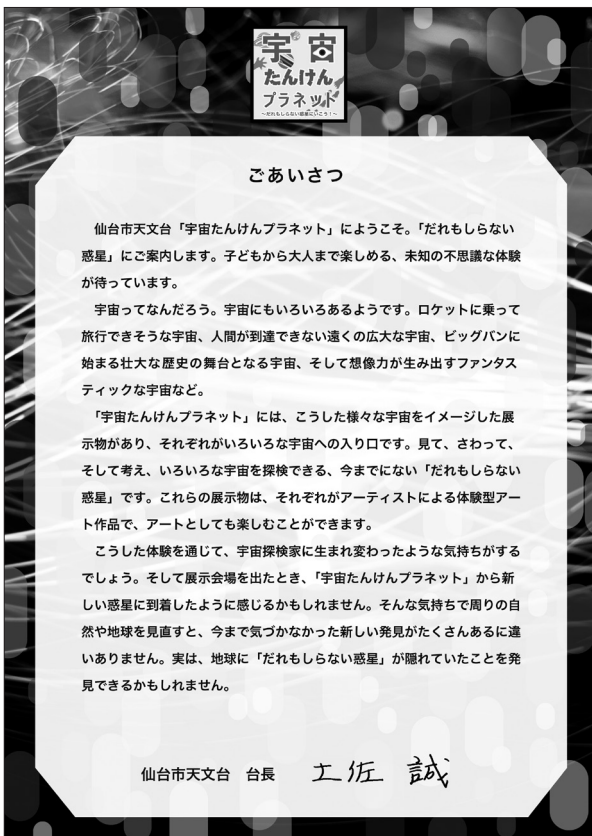


Fig. 8 主催者挨拶



Fig. 9 オープンスペース



Fig. 10 Immersive Shadow Planets



Fig. 13 洞窟



Fig. 11 ROKURO



Fig. 14 月にふれる



Fig. 12 宇宙遊泳ボート

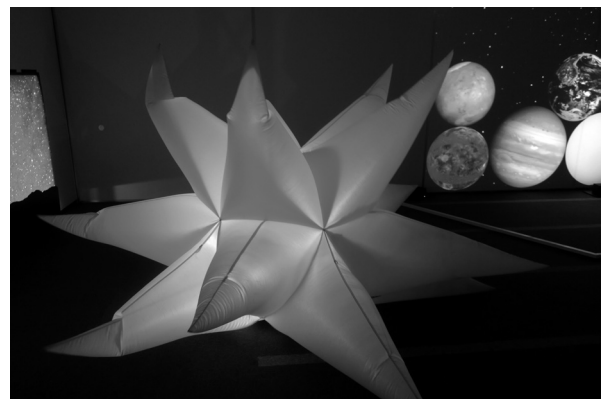


Fig. 15 地球外生命体!?



Fig. 16 ビッグバン・シアター



Fig. 17 関連パネル（惑星と月）



Fig. 18 感想ノート



Fig. 19 関連イベント ワークショップ
「星空スコープをつくろう」開催の様子



Fig. 20 関連イベント ワークショップ
「星空スコープをつくろう」開催の様子

3.6 今回の展示に関するご意見・ご感想

- ・ボールプールが楽しかった
- ・限られたスペースでよく工夫された展示が面白かったです。娘は ROKURO に夢中になっていました
- ・見た感じたり、五感で楽しめました。夏休みの思い出になりました
- ・実際に宇宙には行けないけれど、無重力になったら重いものを持ち上げたりできるんだと思うとワクワクしました。月面の表面を再現しているものも、息子と月はぼこぼこするねえと話しながら触ることができて楽しかった
- ・体感型で子どもにも分かりやすかったです
- ・見るだけでなく、特別感のある暗い空間で実際に身体を動かして遊べてとても楽しめました
- ・クルクルまわる光がとても不思議で自分でも作ってみたいと思った
- ・暗くて、さわれて楽しかった！
- ・子供が喜んでいました

- ・子供たちが楽しそうに遊んでいる姿に涙が出てきそうでした
- ・体験型の展示が多く、五感をつかって楽しめた！当日に企画展の存在を知り、見るだけの展示がメインかと思って入場したため良い意味で裏切られた。小学生が多く体験できなかったが、いつかあのボールプールに沈んでみたい
- ・とても楽しかった
- ・光の演出があり、異空間を楽しめました。普段のボールプールもブラックライトの中でまた違った雰囲気ですごく遊べました
- ・子供たちが楽しくて何時間でもいられた
- ・手で触れて感じられる展示があったので、子どもは楽しんでいたのでよかったと思います
- ・触れるというのが子供には楽しかったようです
- ・宇宙に興味を持てた
- ・ROKURO がおもしろかった。妻が家に欲しいと言っていた
- ・体験の内容がよかった
- ・普段見ない雰囲気が良かったです
- ・年少さんの息子にも楽しめた！
- ・スタッフの方がみなさん親切だった！
- ・子供が夢中になって遊んでいました
- ・子供が刺激を受けて楽しむことが出来た
- ・不思議な感じが良かった
- ・今までに体験したことのない企画展で良かった
- ・子供が宇宙に興味を持った
- ・光の演出、アート作品に関心を持った
- ・常設展が難しいため、子供でも楽しめる企画で良かった
- ・光ファイバーの ROKURO に癒された
- ・天井からぶらさがった生命体が個性的でよかった
- ・最初にあった地球や月を投げて遊ぶ遊びが楽しかった
- ・色々な作品があっておもしろかった
- ・子供に刺激を与えていただけの作品に魅了されました。空間は狭いですが、その狭さに考えながら遊ぶ様子が見られました
- ・天文台には何度も行っているので夏休みの企画展があるとうれしいです
- ・子供にも「宇宙ってこんなところ？」と遊びを通して触れられた
- ・4歳の子供が感想ノートに土星を描くほど惑星に興味を持ってくれた
- ・パイラ人や ROKURO の光など初めての体験が楽し

- しかったし、よく出来ていたと思う
- ・何度も出入りできるのがよかった

<改善点が含まれたコメント>

- ・同じ家族が長時間にわたって展示物の前を陣取っていたため十分に遊べなかった。長い時間待ってみたい他の展示物を回るなどしたが、結局後からきた自分たちは覗くことしかできず悲しかった。職員の方が順番に誘導するなどして平等に遊べるようにしてほしい
- ・思いのほか狭かった
- ・内容がシュールすぎる
- ・やや値段が高く感じました
- ・コスパが悪い
- ・規模が小さい
- ・もう少し展示物があると良かった
- ・値段と内容が釣りあっていない
- ・もっと規模が大きいものを企画してほしい
- ・常設展より高いのが残念だった
- ・全く面白くない
- ・もっと内容を充実させるか、同じチケットで他の展示室にも入れるようにしてほしい
- ・小さいお子様向けで楽しめるのかもしれないが、学習の面からみると物足りない

4. まとめ

本企画展において、当台初の試みである「親子」をターゲットとした目的の観点からすると、来場者の満足度の高さから鑑みて一定の効果を得ることができた。一方で、本企画展のテーマを具現化するインタラクティブな展示を軸とした企画展全体のデザインについては、学習効果を期待する来場者にとっては充分とはいえず、工夫の余地があると考えられる。

来場者に芽生えた宇宙への興味・関心をしばませることなく、学習意欲へとつなげるためのより明確な道筋とその方法について、今後の企画の際の課題とする。

市民との交流を生む VI（ビジュアル・アイデンティティ）へと強化するための取り組み

石垣加也

ISHIGAKI Kaya

要約

仙台市天文台の VI（ビジュアル・アイデンティティ）の活用において、中期計画の一環として 2019 年度に行った「VI のアイデア公募」について、取り組みの内容、及び結果・課題を報告する。

1. はじめに

仙台市天文台（以下、当台）の VI（ビジュアル・アイデンティティ）は宇宙を身近にする矢印（指定のカラー、フォント、ロゴ）、宇宙と日常をかけたコラージュ（Fig. 1）から成り立っている。このコラージュは多種あり、様々な天文現象や天文にまつわる記念日・イベントなどに合わせて随時作成してきた。

他の VI を明確にしている博物館と比較すると、当台の VI は「宇宙×日常」というルールの下、コラージュ数を増やすという形で VI の数を増やすことができる

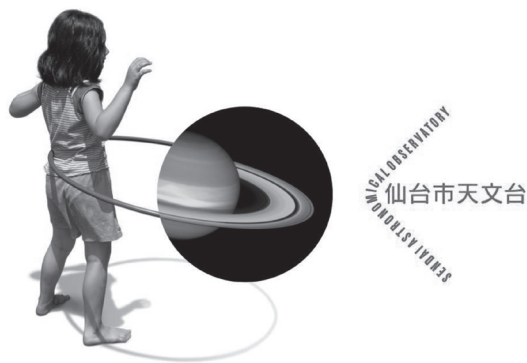


Fig. 1 VI コラージュ（フラフープと土星の環）

という特徴がある。

2. VI の活用

2.1 2018 年度までの VI 活用の取り組み

これまで VI を様々な媒体に活用し、当台のイメージの統一を示す「市民との交流媒体の一つ」としてき

た。その内容の概要は下記のとおりである。（Fig. 2 , Fig. 3）

- ・ VI の多様な媒体への反映（名刺、チケット、リーフレット、当台の発行物、オリジナルグッズ、ユニフォーム、展示・掲示物、その他）
- ・ 年に一度、目玉の天文現象などを元に VI テーマを決定した上での VI コラージュ制作
- ・ 天文現象などのテーマに沿った VI を用いての企画展や関連イベント開催
- ・ ファンサポーターへのノベルティグッズとして VI のクリアファイルを制作、配布

なお、テーマ等をスタッフ間で検討し制作を行っていた。



Fig. 2 VI が反映されたグッズ例



Fig. 3 VIに関するイベント例

2.2 2019 年度の VI のアイデア公募の取り組み

2019 年度は VI を定めてから初の試みとして、VI コラージュのアイデアを市民から公募するという方法をとった。2019 年度ソラリスト夏号 vol.43 にて公募概要を掲載し、当台の天文ライブラリーに公募コーナーを設置し募集した。公募の詳細と公募コーナー設置の様子は下記の通りである。(Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6)

< VI アイデアイラスト募集！公募概要 >

「宇宙・天文」と「日常の風景やモノ」をかけあわせた、宇宙を身近に感じられるアイデアイラストを募集した。その後、採用されたイラストを元に、当台の VI を制作した。VI は、年賀状やノベルティグッズなど、今後の仙台市天文台の事業の中で、様々な媒体に使用した。

< 特典 >

アイデアが採用された方には、VI のオリジナルグッズをプレゼントした。

< 募集テーマ >

- ①「時計」
- ②「オリンピック」(オリンピックの様々な競技での応募が可能)

< 応募に関するルール >

- ・ビジュアルが似ている「宇宙・天文」と「日常」をかけあわせること
- ・どちらかひとつのテーマでの応募が可能とした

< 注意事項 >

応募者は以下の各事項について承諾の上、ご応募い

ただいた。

- ・入選作品については VI として使用する上で、必要な修正をする場合があること
- ・入選作品の著作権は当台に帰属すること
- ・ご応募いただいた作品の返却は行わないこと

< 応募方法 >

2019 年 8 月 10 日(土)締め切り日とし、アイデアイラストと名前、住所、年齢、電話番号、何と何をかけあわせたかを記載の上、いずれかの方法で応募いただいた。(なお、はがきでの郵送、メール、FAX、館内設置の VI 公募コーナーにおいて募集した)

他、制作の例として公募コーナーの側に、VI のミニ展示と制作例の紹介を設置。さらに WEB の VI コンセプト説明ページを QR コードで誘導する形で紹介した。

VI アイデアイラスト募集！

「宇宙・天文」と「日常の風景やモノ」をかけあわせた、宇宙を身近に感じられるアイデアイラストを募集します。採用されたイラストを元に、仙台市天文台の「VI(ビジュアル・アイデンティティ)」を制作します。VI は、年賀状やノベルティグッズなど、今後の仙台市天文台の事業の中で、様々な媒体に使用予定です。

アイデアイラストが採用された方には、VI のオリジナルグッズをプレゼント！

募集テーマは…①「時計」②「オリンピック」(オリンピックの様々な競技でOK！)

◎ビジュアルが似ている「宇宙・天文」と「日常」をかけあわせよう！
◎応募はどちらかひとつのテーマでOK！

VI(Visual Identity・ビジュアルアイデンティティ)とは？
施設のミッションである「宇宙を身近にします」を象徴的に表現するコラージュ画像と矢印を組み合わせたもの。宇宙にまつわるものと身近なものを結びつけて表現します。
例/宇宙:月×日常:りんご

その他の制作例はこちら

【注意事項】応募者は以下の各事項について承諾の上、ご応募ください。
▶入選作品については VI として使用する上で、必要な修正をする場合があります。▶入選作品の著作権は仙台市天文台に帰属します。▶ご応募いただいた作品は返却いたしません。

【応募方法】アイデアイラストとお名前、ご住所、年齢、電話番号、何と何をかけあわせたかを記入し、下記のいずれかの方法でご応募ください。
※メールでご応募の際は件名に「VI アイデアイラスト募集」とご記入ください。

【あて先】
●はがき / 989-3123 仙台市青葉区錦ヶ丘 9 丁目 29-32 ●メール / soralist@sendai-astro.jp
●FAX / 022-391-1301 ●アイデア BOX / 仙台市天文台内 天文ライブラリー

応募締切
8/10
(土)

Fig. 4 公募概要記事(ソラリスト)



Fig. 5 公募コーナーと VI 制作例



Fig. 6 VI 紹介ミニ展示

3. 結果

VI アイデアイラストの応募数及び制作結果は下記の通りである。

Tab. 1 VI アイデアイラスト 応募数

テーマ	応募数
① 時計	21
② オリンピック	30
記載なし	36
応募総数 (合計)	87

※「①時計」は時の記念日制定 100 周年にちなみ、「②オリンピック」は 2020 年に開催予定であったオリンピックにちなみ設定したテーマであった。

天文ライブラリーに設置した「VI アイデアイラスト募集 BOX」への直接の応募がほとんどで、FAX・メールでの応募数は 0 通、はがきは 2 通であった。

Tab. 2 応募者年代別一覧

年齢	人数
10代以下	37
10代以上-20代	11
30代-40代	10
50代以上	1
記載なし	28
合計	87

応募者の年代をまとめたところ、10 代以下が圧倒的に多く、夏休み期間中であることに加え、「イラストを描く」というスタイルが子ども達にとって親しみやすさがあるのではないかと考えた。

< 2019 年度 採用した VI アイデア >

テーマ：①時計

何と何をかけあわせたか：惑星状星雲 × 砂時計

テキスト：宇宙で長い一生を終え、繰り返し新たな星の源となりゆく惑星状星雲を、日常の世界で繰り返し時を刻む砂時計に例えています。



Fig. 7 惑星状星雲 × 砂時計

市民のアイデアをもとにした VI 制作の結果発表は 2019 年度 ソラリスト冬号 vol.45 にて掲載。

アイデア採用者の方へは VI クリアファイルを特典として差し上げた。その後の天文台まつり【2 月 1 日（土）、2 日（日）開催】にて、来館者へ向けての直接的な発表としてプラネタリウムドーム内での投映、オープンスペース設置のスクリーンでの投映、展示室前スペースでの什器での展示を行った。下記の通りである。(Fig. 8, Fig. 9, Fig.10)

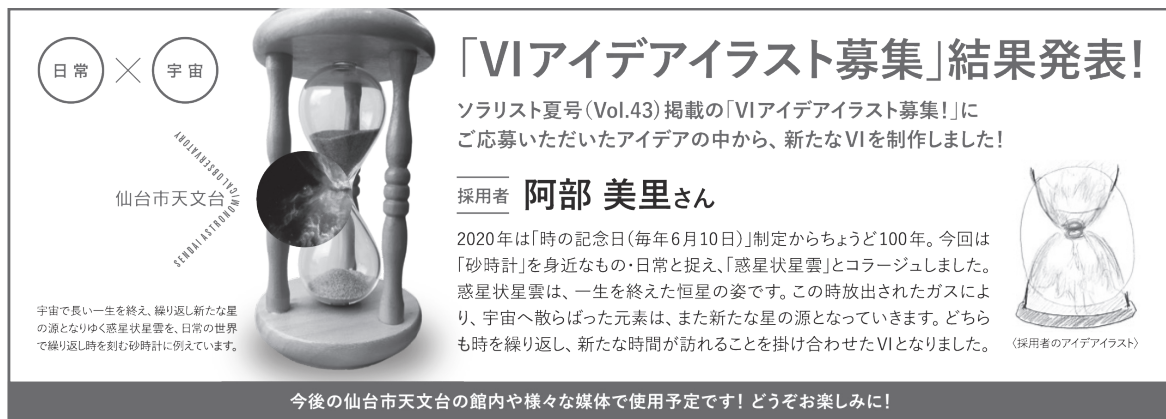


Fig. 8 ソラリスト冬号 vol.45 掲載記事



Fig. 9 採用者への特典



Fig. 10 天文台まつりでの VI 発表 (一部)

4. 成果と課題

＜アイデアイラスト公募企画の良かった点＞

- ・当台の VI について、コラージュの意図や制作工程を経てグッズとなるまで、一部始終を市民に知っていただく良い機会となった
- ・当台の VI の新たなアプローチ方法で市民との繋がりを持ち、VI のこれまで以上の浸透促進に繋がった
- ・VI を活用し、市民と交流する機会を持つことができた (VI を活用したコミュニケーション)
- ・「アイデアを公募する」という当台にとっての新しい挑戦を達成することができた

＜アイデアイラスト公募企画の反省点＞

- ・VI アイデアイラストの制作時の注意点 (VI 制作ルール) が市民に伝わりづらかった (VI という言葉自体に浸透性がないことと、「宇宙 × 日常」のルールが難しく、天文に深く興味

のない方だと考えるのが難しい。応募いただいた結果でも VI 制作ルールを捉えているものは少数であった)

- ・制作管理の都合上、アイデア採用を 1 名としていたが、良いアイデアが多数の場合は数名採用できる方が良いと感じた
- ・今回は「①時計」というテーマで採用し制作したため問題なかったが、もしも「②オリンピック」で採用していた場合、2019 年末に発生した新型コロナウイルスの影響で延期となったオリンピック開催に合わせての活用が難しかったと考えられるので、テーマ設定についても慎重に検討する必要があるかもしれないと感じた
- ・はがき、メールなどからの応募が少なかったことから、遠方からでも参加がしやすいよう広報的なアプローチを強化することが必要である (当台に訪れ、企画を知った市民が多いのではと推測する)

5. 今後の展望

これまでの流れを踏まえた今後の展望を、下記の通りまとめた。

- ・市民が「アイデアイラスト」を描きやすいよう、VI制作ルールの解説をより分かりやすくした媒体の準備をする
- ・「VI アイデアイラスト」を公募するという内容は応募形式以外にもワークショップの一環としても活用できると思ったので、別の企画にも今後応用できると尚良い（ワークショップ等の方が直接的にVIの制作ルールについて解説もできるので、市民にも理解しやすい可能性がある）
- ・テーマを検討する際は、できるだけ世の中の動きに左右されないものを挙げるのが望ましい
- ・より市民への浸透を深めるために、天文台まつりでの発表以外にも、数年に一度VIに関する企画展の開催やご応募いただいたイラストのミニギャラリーを運営するなどして、反映させていくことが望ましい

この度、「VI アイデアイラスト公募」の企画を行い、まだまだ仙台市天文台自体も含めVIの浸透性が低いと分かる結果となった。しかしながら、当台のVIの可能性の広がりを感じる事が幾度かあった。

今後もできるだけ公募企画を行い、それらに付随する形で課題にも取り上げたような新たな企画を打ち出し、「市民との交流を生みだすことができるVI」のあり方を考え、活用を目指していきたい。