



SENDAI ASTRONOMICAL OBSERVATORY

仙台市天文台

研究・実践紀要

BULLETIN : RESEARCH and PRACTICE

第11号

2024年度

目 次

C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)の低分散分光観測	仲 千春	2
	千田 華	
C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)の撮像結果報告	千田 華	5
1 等星のスペクトル再測定	細谷 直人	9
V1405 Cas (カシオペア座新星 2021) の分光観測	伊藤 芳春	18
	(共同観測者)	
仙台市内における夜空の明るさ調査	佐野 繭姫	22
	(インターン)	
音のする宇宙サウンドスケープ	NPO 法人 CURASCOPIUM	26
	(採択研究団体)	
古代の宇宙観に関する調査 (古代インド編)	高橋 知也	32
2024 年度 中期計画の評価報告	大江 宏典	36
移動天文車「ベガ号」の公園出動についての報告	林 菜の子	41

C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)の低分散分光観測

仲 千春, 千田 華

NAKA Chiharu, CHIDA Hikaru

要約

本研究は、2024年10月に観測された彗星 C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)のスペクトルを解析したものである。彗星は46億年前に形成され、氷や有機物を含む天体であり、太陽に接近するとガスを放出する。観測にはひとみ望遠鏡の中分散分光器を用い、10月20日にデータを取得した。スペクトルにはCN、C₂、NH₂などの彗星特有の成分が検出されたが、大気の影響や低高度による感度低下により、スペクトルの粗さや誤差が生じた。今後は高高度での観測や補正技術の向上を図り、より正確な分析を目指したい。

1. はじめに

彗星は46億年前に原始太陽系円盤内で形成されたのち、太陽系の外縁部に散乱された天体であると考えられている。この彗星に含まれる氷はH₂OやCO、CO₂を主成分とした様々な有機物を含んでいる。彗星は太陽に近づくと含まれる氷が昇華し、ガスとなって観測される。可視光域では、このガスに太陽紫外光が当たることによって解離されたC₂、CN、NH₂、O(1D)等の分子や原子をとらえることができる。

本研究では、2024年10月に肉眼でも観察可能となったC/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)彗星をひとみ望遠鏡の中分散分光器の低分散モードにて観測した結果を示す。

2. 観測

2.1 C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)彗星について

今回観測した彗星はC/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)彗星である。この彗星は2023年1月に中国の紫金山天文台と南アフリカ共和国の小惑星地球衝突最終警報システム(ATLAS)によって発見された。

近日点は2024年9月28日(日本時。世界時では27日)で、その際の彗星と太陽の距離は0.39AUであり、この前後で彗星活動がピークを迎えたとされている。しかし、太陽に近いいため肉眼や機材での観察は困難であった。

地球への最接近は10月13日(日本時。世界時では12日)で、この時の彗星と地球の距離は0.47AUだった。この頃には夕方西の低空で肉眼でも観察が可能となった。

軌道要素により、この彗星はオールトの雲起源であると考えられている。また今回の太陽接近が軌道要素に影響を与えてことによって、双曲線軌道を持った彗星となり、2度と戻ってこないと推測されている。

2.2 望遠鏡・観測装置

観測ではひとみ望遠鏡ナスミス焦点にある中分散分光器を使用した。彗星はコマが広がった構造

をしているので、観測の際には幅が広く長いスリットを用いることが望ましい。さらに可視光全域でのスペクトル強度分布を把握するため、スリット幅は1.35"の低分散モードで中心波長を5500Åとした。なお、観測機器の仕様についてはTab. 1を参照のこと。

2.3 観測時の条件

彗星の近日点通過前は太陽に非常に近いため観測ができず、さらに地球最接近日付近は薄明時刻とひとみ望遠鏡の機械的な高度限界の関係により観測が難しかった。そこで観測は、近日点通過後の2024年10月20日と10月25日の2夜行った。このうち25日は薄雲だったため、今回は比較的条件的良かった10月20日のデータの解析を行った。彗星の観測時の詳細はTab. 2に記す。なお、記載のairmassは観測日時中央の時刻での値であり、実際は2.95から4.17の幅がある。

また彗星は太陽系内を運動しており、一般的な恒星時追尾では正しく追尾ができない。そこでひとみ望遠鏡に搭載されているメトカーフ追尾モードを用いて追尾を行った。この際の追尾データは株式会社アストロアーツ/ステラナビゲータ12のものを使用した。

またフラックス補正および空間方向の歪み補正用として標準星4天体を観測した。観測した標準星のデータはTab. 3に記す。

3. データ解析

データの解析にはIRAFを使用した。IRAFとはImage Reduction and Analysis Facilityの略称で、天体画像解析を行うソフトウェアである。(http://iraf.noao.edu/)。解析方法については仲(2016)を参照。また今回は、空間補正に必要な標準星画像を取得することができたため、空間方向の歪み補正も行った。

4. 結果

解析結果のスペクトルをFig. 1に示した。スペクトル図の横軸は波長[Å]、縦軸はFluxes[erg/cm²/s/Å]である。

5. 考察・今後

5.1 考察

今回は CN, C₂, O(1D), NH₂ という、彗星でよく検出される成分を含んだスペクトルを得ることができた。しかし、全体的に輝線とダスト成分がなくゼロ点となっているべき部分がゼロ点になっていないことや、波長が短い部分の S/N の悪さなどスペクトルの粗さが見受けられる。この粗さにより、4000 Å 辺りによく検出される C₃ の成分が検出されているかどうかはわからなくなっている。これは観測時の高度が関係していると考えられる。今回の彗星は観測開始時で 19.6°、終了時では 13.7°とかなり高度が低いところでデータを取得している。このため大気分散の影響を大きく受けており、感度補正が正確に行えていない可能性が高い。大気分散は特に波長が短い方で顕著となるため、スペクトル全体の感度補正時に影響を与えていそうである。さらに冷却カメラの性能により波長が短い方の感度があまりよくないことも、この結果に影響していると考えられる。しかし、通常多くの彗星は、こういった成分が含まれているかわからないままとなることが多い。よって今回のように感度補正を行った上で、成分がわかるだけでも科学的に意味があると考ええる。

5.2 今後

2016 年にもひとみ望遠鏡による彗星の観測を行った。その際には天体画像の歪みについて空間方向の補正を行えなかった。今回は空間方向の補正を行えたことは前進であるが、高度が不十分なデータとなってしまったことが悔やまれる。そこで今後は高度が高い彗星でフラックス較正や画像の波長方向・空間方向の歪みを補正できるデータを全て整えた状態での解析方法を確立したい。その上で、今回のような高度が低い場合でも有効なデータを取得できる方法を検討したい。

< 参考文献 >

○仲千春 (2015) ひとみ望遠鏡による彗星の分光観測方法について 仙台市天文台研究・実践紀要 第 2 号 仙台市天文台, 19-22

○HORIZONS Web Interfac

<http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>

○月刊天文ガイド 2025 年 1 月号 (2024)

株式会社 誠文堂新光社

Tab. 1 観測機器の仕様

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)
モード		低分散(中心波長 5500 Å)
スリット		1.35"
観測可能な波長域		2805-6543 Å
波長分解能		R~ 2217
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	9×9μm
	冷却方法	ペルチェ電子冷却

Tab. 2 彗星の観測時のデータ

天体名	C/2023 A3
観測日時(JST)	2024/10/20 18:35-19:08
日心距離[AU]	0.69
地心距離[AU]	0.58
等級	4.3
airmass	3.81

Tab. 3 標準星の観測時のデータ

天体名	観測日時(JST)	airmass
HR7596	2024/10/20 19:14- 19:21	1.40
HR8634	2024/10/20 19:50- 19:56	1.13
HR718	2024/10/20 20:00- 20:06	2.13
HR7950	2024/10/20 20:24- 20:30	1.75

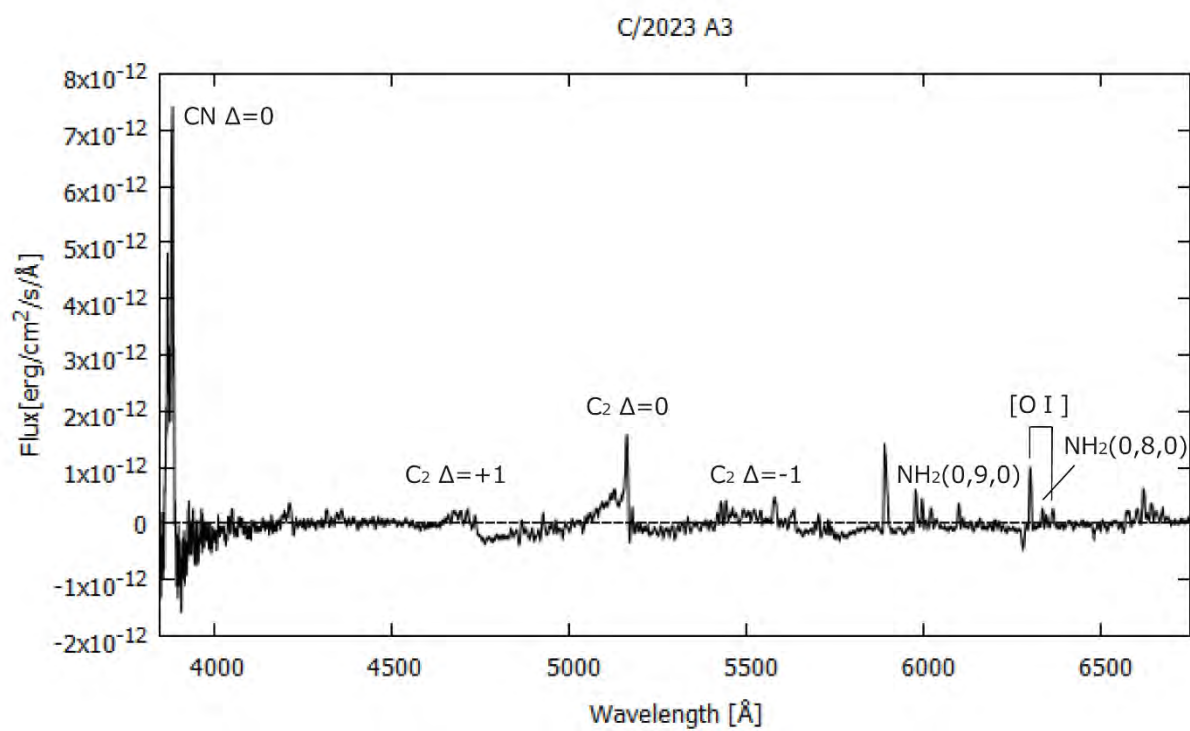


Fig. 1 C/2023 A3 のスペクトル

C/2023 A3(Tsuchinshan-ATLAS)の撮像結果報告

千田 華

CHIDA Hikaru

要約

2024年10月に肉眼でも観測可能となった彗星 C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)を、ひとみ望遠鏡の彗星観測用フィルター (C_2 , C_2c , C_3 , CO^+ , H_2O^+ , H_2O^+c) を用いて撮像した。ここでは、取得した各フィルターの取得画像と、彗星が放出する輝線成分のみを取り出した画像を報告する。定量的な議論はできなかったが、取得データから彗星の特徴的な成分の検出はできた。

1. はじめに

彗星は太陽系の内側でガスや塵を放出する氷天体である。中心部から明るく拡散的広がったコマと言われる部分と、コマから太陽とは反対方向に線状に広がる尾の部分に分けられることが知られている。この彗星に含まれる氷は H_2O や CO , CO_2 を主成分とした様々な有機物を含んでいる。彗星は太陽に近づくと含まれる氷が昇華し、ガスとなって観測される。可視光域では、このガスに太陽紫外光が当たることによって解離された C_2 , CN , NH_2 , $O(1D)$ 等の分子や原子をとらえることができる。

本研究では、C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS 彗星)を、ひとみ望遠鏡の撮像用冷却 CCD カメラを用いて、彗星観測用フィルターを通して撮像したデータを取得した。

2. 観測

2.1 C/2023 A3(Tsuchinshan-ATLAS)彗星

2023年1月に中国の紫金山天文台と南アフリカ共和国の小惑星地球衝突最終警報システム(ATLAS)によって発見された彗星である。2024年10月に肉眼でも観測可能となり、2024年10月20日に観測を行った。観測情報は Tab. 1 に示す。

2.2 観測装置

仙台市天文台のひとみ望遠鏡カセグレン焦点の撮像用冷却 CCD カメラに搭載されている彗星観測用フィルター(C_2 , C_2c , C_3 , CO^+ , H_2O^+ , H_2O^+c)を使用した。本観測で使用した観測機器の仕様は Tab. 2 に示す。

2.3 データ処理・解析

天体画像処理ソフト IRAF を用い、ダーク処理、フラット処理を行った。フラット処理の際には、別日に一様な雲を使って撮影したスカイフラットを使用した。減算処理にはすばる画像解析ソフト「マカリイ」の画像演算「減算」を使用した。

3. 結果

撮像データを Fig. 1–Fig. 6 に示す。フィルターごとに透過する波長が異なり、見た目にも違い

が見られた。

また、彗星が放出する輝線成分のみを取り出すために、取得したデータについて、 C_2 から C_2c を、 C_3 から CO^+ を、 H_2O^+ から H_2O^+c をそれぞれ減算した。その結果は Fig. 7–Fig. 9 に示す。

4. 考察

取得した画像から定量的な議論をすることは難しいので、ここでは、定性的に取得画像からわかることについて言及する。

Fig. 7 は、約 516.5nm の波長を持つ、二原子炭素 C_2 成分が見えていると考えられる。 C_2 は彗星のコマが青緑色に見える主要な原因とされている成分である。

Fig. 8 は約 405.0nm の三原子炭素 C_3 成分と、388.3nm から 400nm 台前半にかけて広がりを持つ、シアン分子 CN 成分が見えていると考えられる。 C_3 の存在は、彗星の核に含まれる有機物の種類や太陽系形成初期の科学環境を推測する上で重要な情報である。

Fig. 9 から考えられるのは中性酸素原子 $O I$ とアミドラジカル NH_2 、水分子イオン H_2O^+ である。 $O I$ は地球のオーロラにも見られる輝線で、厳密には 700nm より短い、彗星の重要な成分である水 H_2O や二酸化炭素 CO_2 の光解離によって生成される酸素原子によるもので、700nm に近い赤色の波長域で見られる。 NH_2 は、アンモニア NH_3 の光解離によって生成される分子で、630nm 台や 660nm 台、約 700nm にも輝線が観測されることがある。彗星における窒素化合物の存在を示唆し、生命の起源物質に関する研究でも注目されている。 H_2O^+ は彗星のプラズマ尾を形成する主要なイオンの一つである。

5. まとめ

2024年10月に肉眼でも観測可能となった彗星 C/2023 A3 (Tsuchinshan-ATLAS)を、ひとみ望遠鏡の彗星観測用フィルター (C_2 , C_2c , C_3 , CO^+ , H_2O^+ , H_2O^+c) を用いて撮像を行った。その結果、彗星の特徴となる成分をとらえることができた。

< 参考文献 >

○天文学辞典 公益社団法人 日本天文学会

○国立天文台 広報普及室

<https://www.nao.ac.jp/contents/astro/gallery/Comets/HB/hb213wco.jpg>

<https://www.nao.ac.jp/contents/astro/gallery/Comets/HB/hb305wco.jpg>

<https://www.nao.ac.jp/contents/astro/gallery/Comets/HB/hb213who.jpg>

<https://www.nao.ac.jp/contents/astro/gallery/Comets/HB/hb305who.jpg>

Tab. 1 観測情報

フィルター名	透過中心波長 [nm]	観測日	時間	露出時間
H2O+C	684.0	2024年10月20日	18時05分57秒	60秒
H2O+	700.0		18時07分35秒	60秒
CO+	426.0		18時11分46秒	120秒
C3	406.0		18時14分09秒	120秒
C2 c	484.5		18時16分38秒	120秒
C2	514.0		18時19分05秒	120秒

Tab. 2 観測機器の仕様

ひとみ望遠鏡の仕様	
主鏡	E2V CCD230-84
光学形式	4096 (H) × 4096 (V)
焦点	15 × 15 μm
観測装置	61.4 × 61.4 mm
撮像用冷却CCDカメラの仕様	
CCDチップ	E2V CCD230-84
ピクセル数	4096 (H) × 4096 (V)
ピクセルサイズ	15 × 15 μm
センサーサイズ	61.4 × 61.4 mm
視野角	32.6' × 32.6'
冷却方法	ペルチェ電子冷却

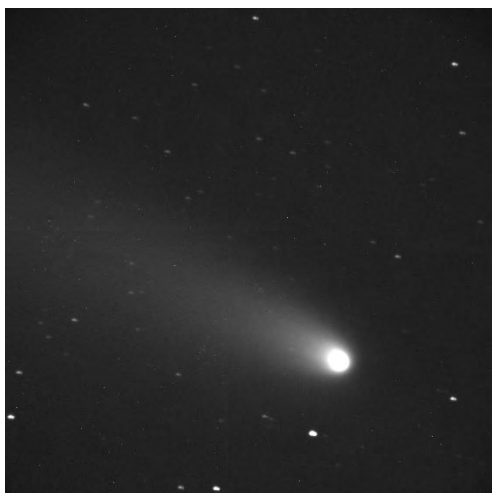


Fig. 1 C_2 フィルターの撮像データ



Fig. 2 C_2c フィルターの撮像データ



Fig. 3 C_3 フィルターの撮像データ

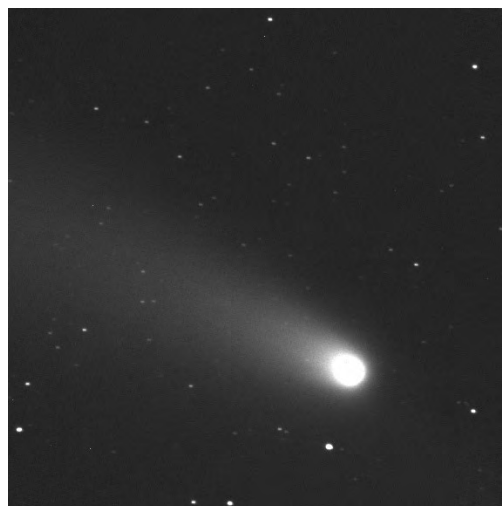


Fig. 4 CO^+ フィルターの撮像データ



Fig. 5 H_2O^+ フィルターの撮像データ

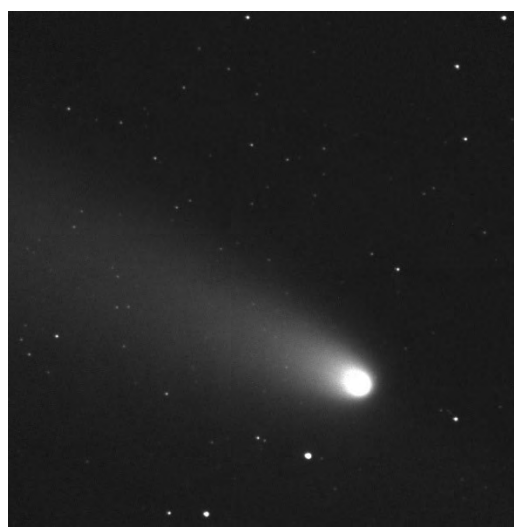


Fig. 6 H_2O^+c フィルターの撮像データ



Fig. 7 C_2 から C_2c を減算したデータ

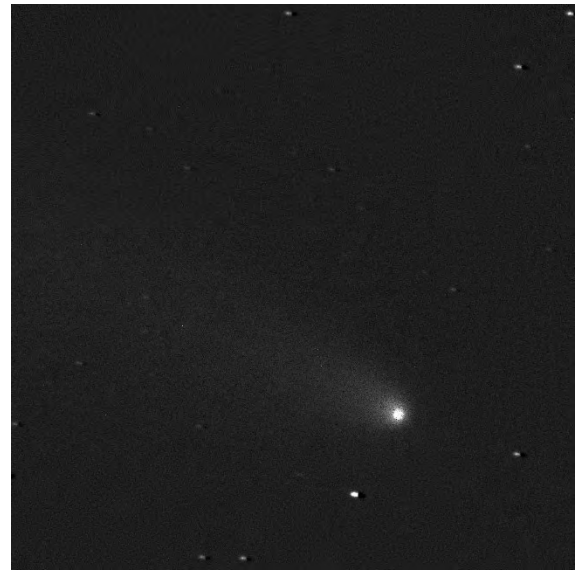


Fig. 8 C_3 から CO^+ を減算したデータ

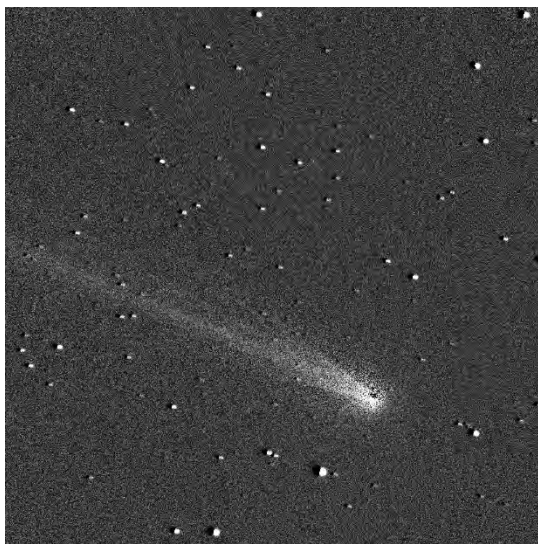


Fig. 9 H_2O^+ から H_2O^+c を減算したデータ

1等星のスペクトル再測定

細谷 直斗

HOSOYA Naoto

要約

仙台市天文台から観測可能な1等星のうち14天体についてスペクトルを取得し、ひとみ望遠鏡の分光観測精度の再評価および1等星のスペクトルが数年間で不変であるかを調査した。千田・仲・松下(2019)の記録と比較することで、分光観測精度に大きな変化は見られないこと、またスペクトルも数年間ではおよそ不変であることを確認できた。

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新作業に伴い、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。

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、千田・仲・松下(2019)で仙台市天文台から観測可能な15天体について報告している。しかし、これは2019年の観測機器の更新作業前に行われた観測によるものであった。

本研究では、仙台市天文台から観測可能な15天体のうち14天体のスペクトルを再取得し、千田・仲・松下(2019)の報告と比較することで、ひとみ望遠鏡の分光観測精度の再評価および1等星のスペクトルが数年間では不変であるかを探った。

2. 観測及びデータ解析

2.1 観測天体

本研究では、仙台市天文台から観測可能な1等星15天体のスペクトル取得を試みたが、天候等の理由でアンタレスは取得できなかった。そのため、15天体のうちアンタレスを除く14天体について分光観測を行った。観測天体と観測条件についてはTab. 1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。比較検証するため、千田・仲・松下(2019)と同様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い、中心波長は5500Åとした。本観測で使用した観測機器の仕様はTab. 3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-16830)を使用した。分光器用カメラの主な仕様はTab. 4に示す。

2.4 データ処理・解析

データ処理・解析についても、比較検討のため千田・仲・松下(2019)と同様に行った。

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、目的天体を同程度の高度にある天体を選定した。標準星の一覧はTab. 2に示し、各天体の強度補正に使用した標準星はTab. 1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、4000–6900Å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

各天体のスペクトル強度分布をFig. 1–Fig. 14に示す。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。Fig. 1からFig. 14より、千田・仲・松下(2019)で見られた各天体の強度分布や吸収線の特徴を同様に確認することができた。

4. 議論

Fig. 1–Fig. 14において、分布全体の傾きや、4000Å付近の傾きに千田・仲・松下(2019)のデータとの違いが見られるものがある。しかしすべての天体で同じ違いは見られないというところから、ひとみ望遠鏡の分光観測精度の変化によるものではないと考えられる。これは、観測時の天体高度の違いや、標準星の違いによる影響ではないかと考える。千田・仲・松下(2019)と観測時の天体高度を比べると、差が大きいものでは40度以上高度に違いが見られた。データ処理にて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ているため、高度の違いがデータの結果にも表れたと考えられる。また、各天体の強度補正として使用した標準星についても高度に差がある他、千田・仲・松下(2019)とは別の標準星を選定しているものもある。こういった違いがデータに表れたのではないと思われる。

5. 結論

14天体のスペクトル強度分布を千田・仲・松下

(2019)と比較し、ひとみ望遠鏡の分光観測精度に大きな変化はないということを、改めて確認できた。

また、各天体の強度分布や吸収線の特徴を同様に確認でき、今回観測した1等星のスペクトルが数年間ではおよそ不変であることを確認できた。

<参考文献>

○千田華, 仲千春, 松下真人 (2019)

1等星のスペクトルカタログ 仙台市天文台研究・実践紀要
第6号 仙台市天文台, 13-24

Tab. 1 観測天体一覧

観測天体	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※
ベガ	2024年8月10日	22:30:54	5	5	66.538	1.090	1
アルタイル		23:05:33	10	5	58.119	1.178	
デネブ		23:15:52	10	5	82.338	1.009	
フォーマルハウト	2024年8月11日	1:06:51	30	5	46.063	1.389	2
カペラ	2024年11月3日	21:01:41	5	5	35.858	1.707	3
アルデバラン		21:21:06	10	5	33.625	1.806	
ベテルギウス		23:39:47	10	5	39.124	1.585	
ポルクス	2024年11月4日	0:22:35	15	5	38.202	1.617	4
リゲル		0:32:31	5	5	39.434	1.574	
プロキオン		1:18:16	10	5	36.621	1.676	
シリウス		1:25:23	2	5	27.824	2.142	
レグルス	2025年1月26日	1:19:22	10	5	63.554	1.117	6
アークトゥルス		1:26:51	5	5	33.877	1.794	
スピカ		2:09:14	10	5	28.906	2.069	7

※Tab. 2 参照

Tab. 2 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	HR7596	2024年8月10日	23:51:06	150	5	46.063	1.389
2	HR718	2024年8月11日	1:18:56	120	5	34.843	1.750
3	HR718	2024年11月3日	21:39:48	120	5	53.558	1.243
4	HR9087	2024年11月4日	0:02:26	150	5	28.957	2.065
5	HR3454	2024年11月4日	1:34:21	120	5	26.651	2.229
6	HR4963	2025年1月26日	1:35:14	120	5	30.793	1.953
7	HR3454	2025年1月26日	1:53:33	120	5	46.540	1.378

Tab. 3 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. 4 分光器用カメラの仕様

CCDチップ	KAF-16830
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

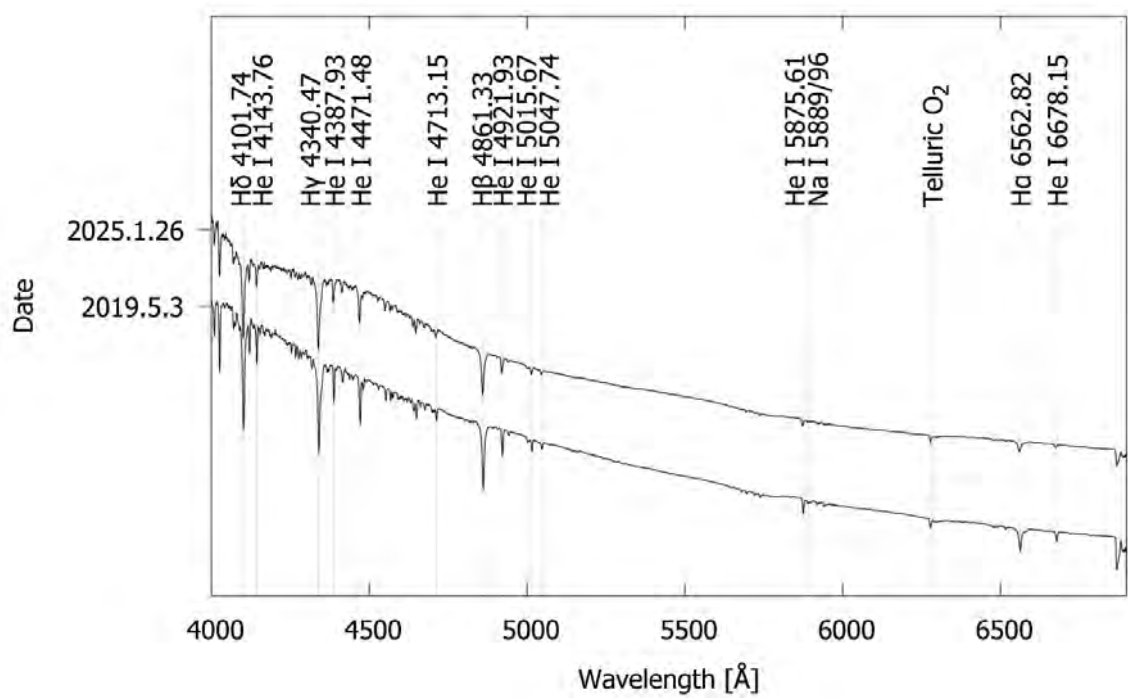


Fig. 1 スピカのスペクトル強度分布

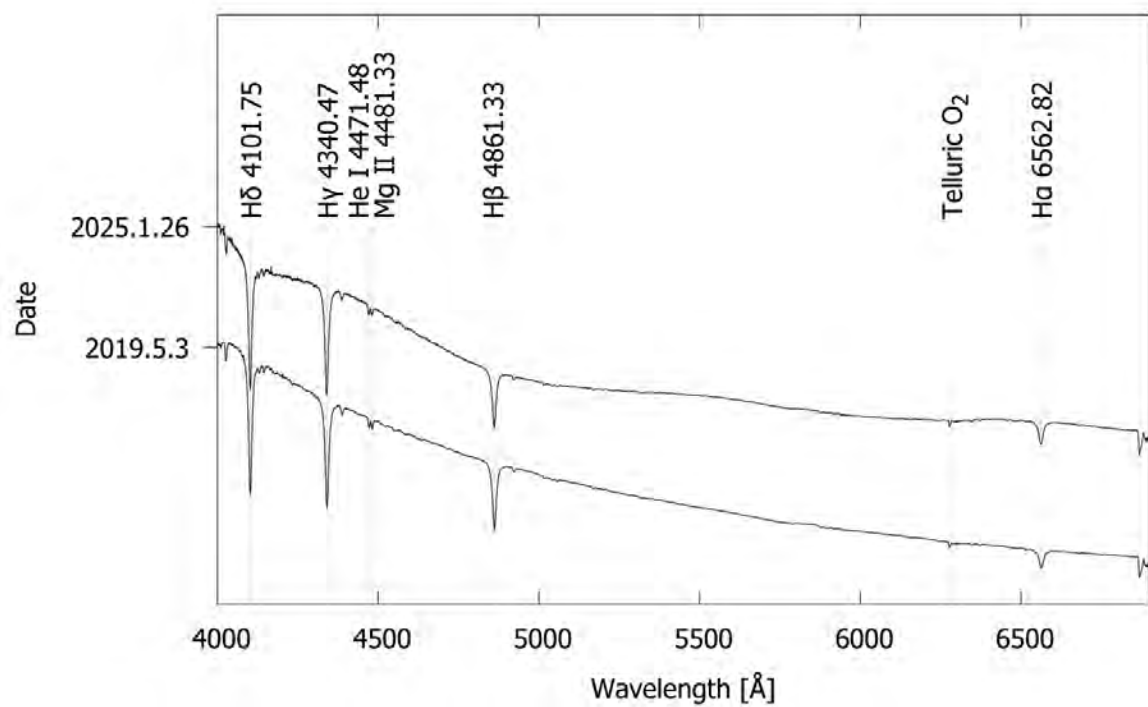


Fig. 2 レグルスのスペクトル強度分布

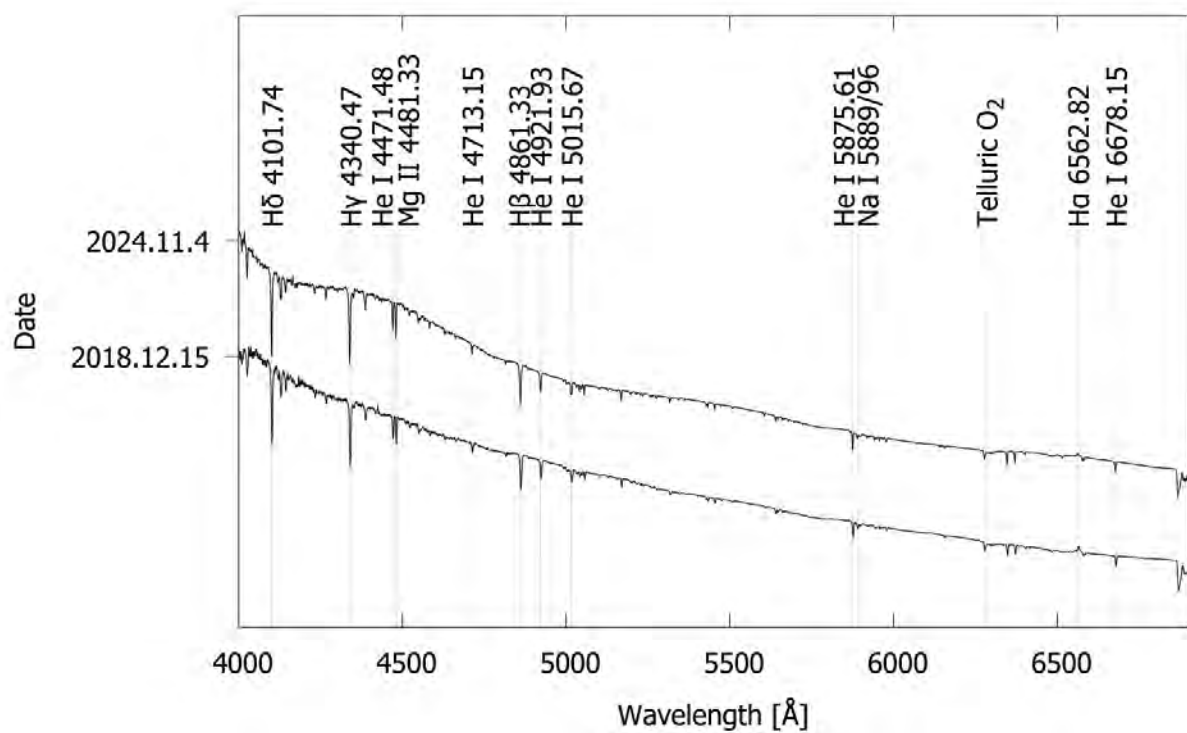


Fig. 3 リゲルのスペクトル強度分布

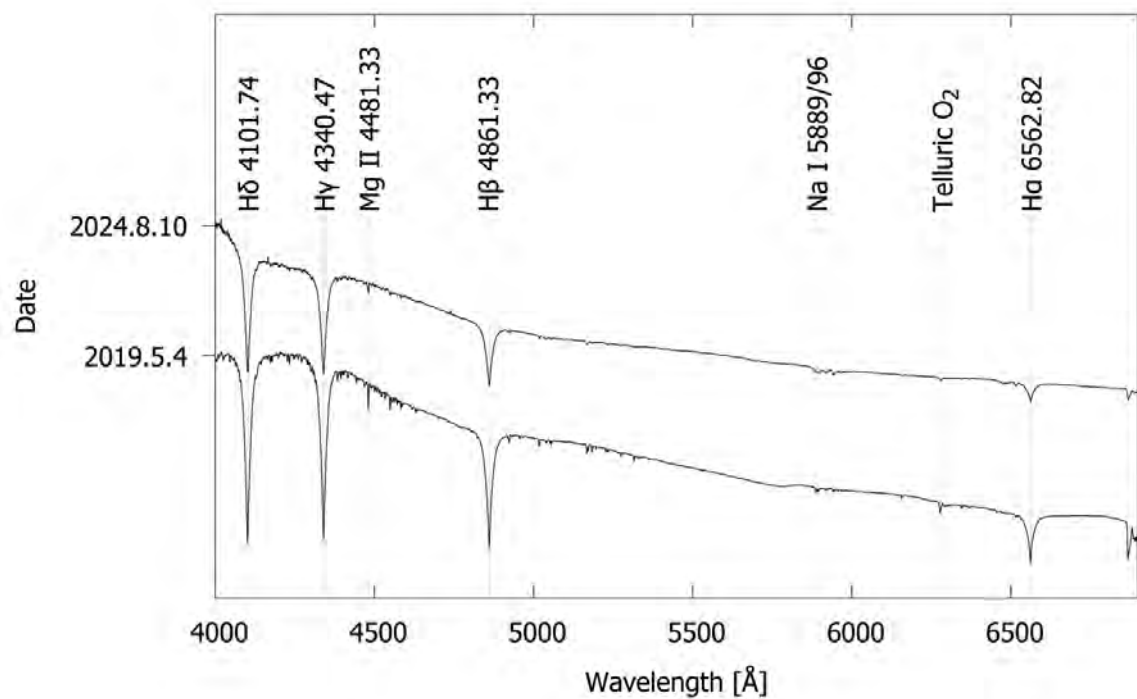


Fig. 4 ベガのスペクトル強度分布

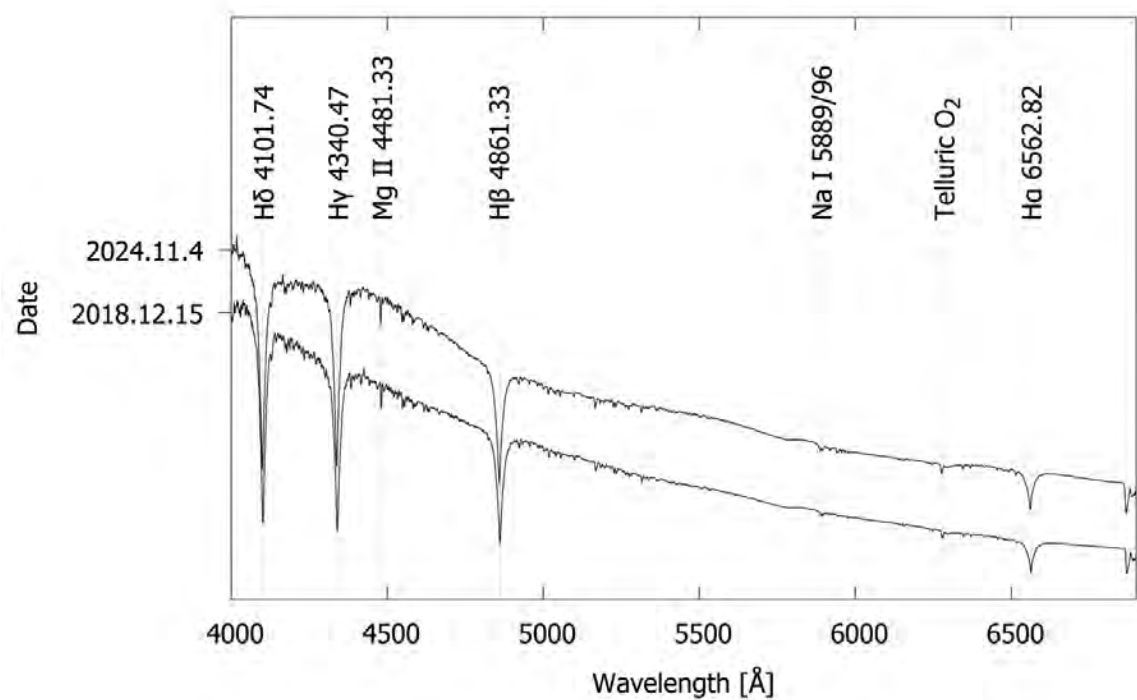


Fig. 5 シリウスのスペクトル強度分布

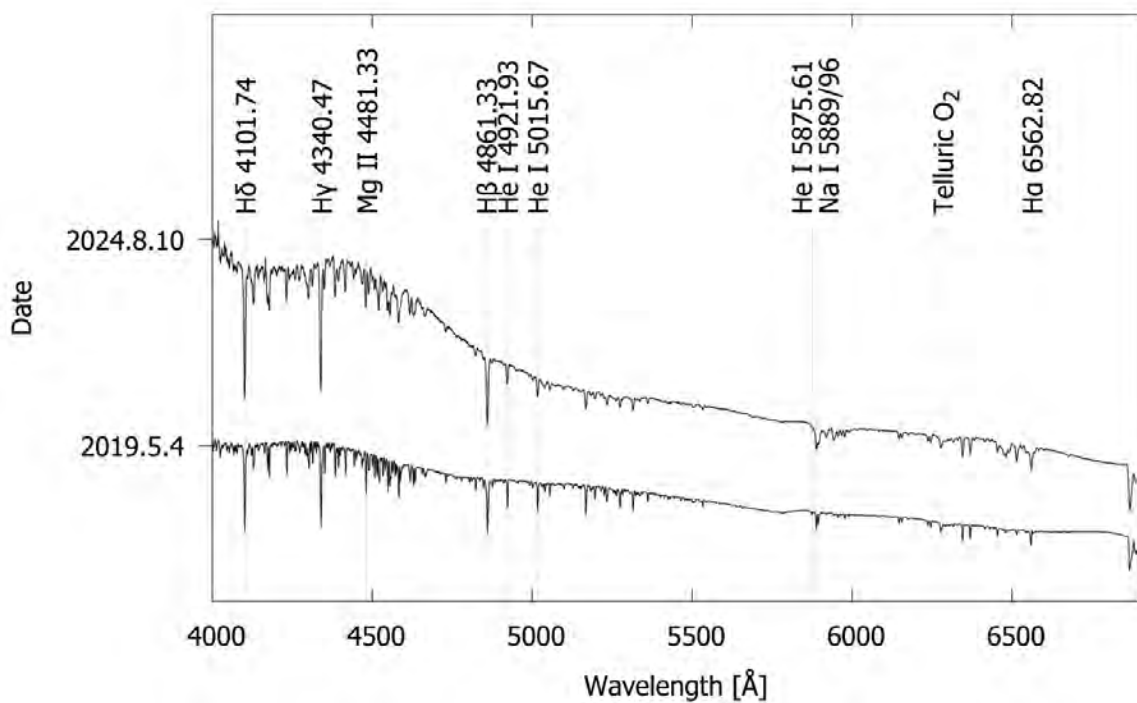


Fig. 6 デネブのスペクトル強度分布

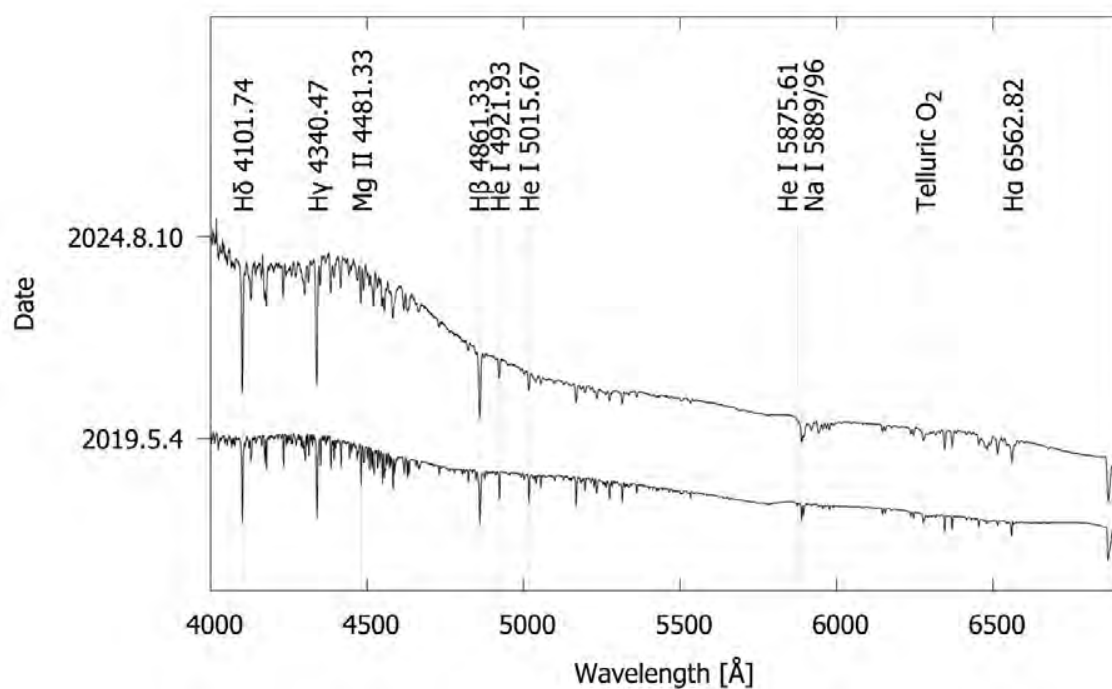


Fig. 7 フォーマルハウトのスペクトル強度分布

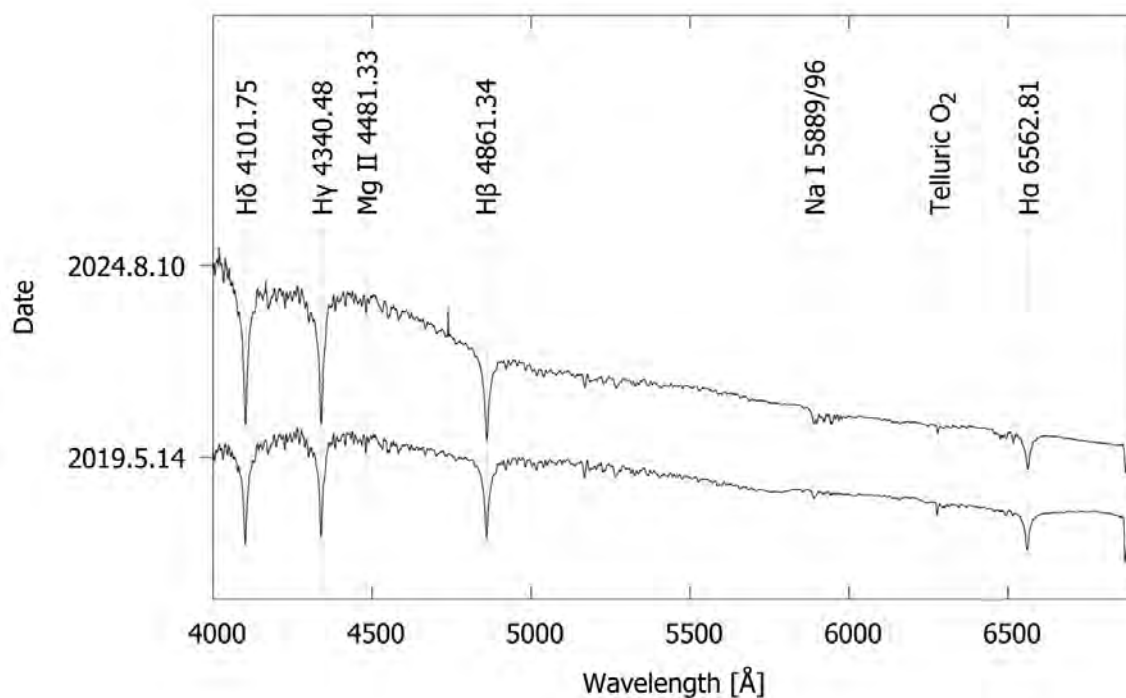


Fig. 8 アルタイルのスペクトル強度分布

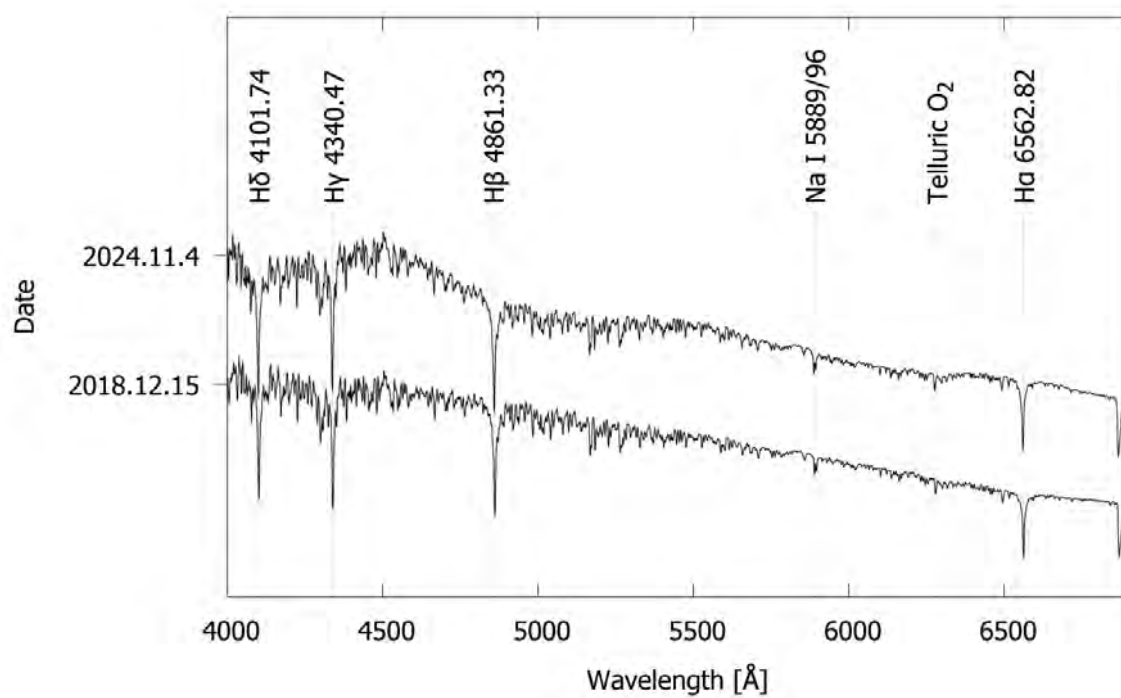


Fig. 9 プロキオンのスペクトル強度分布

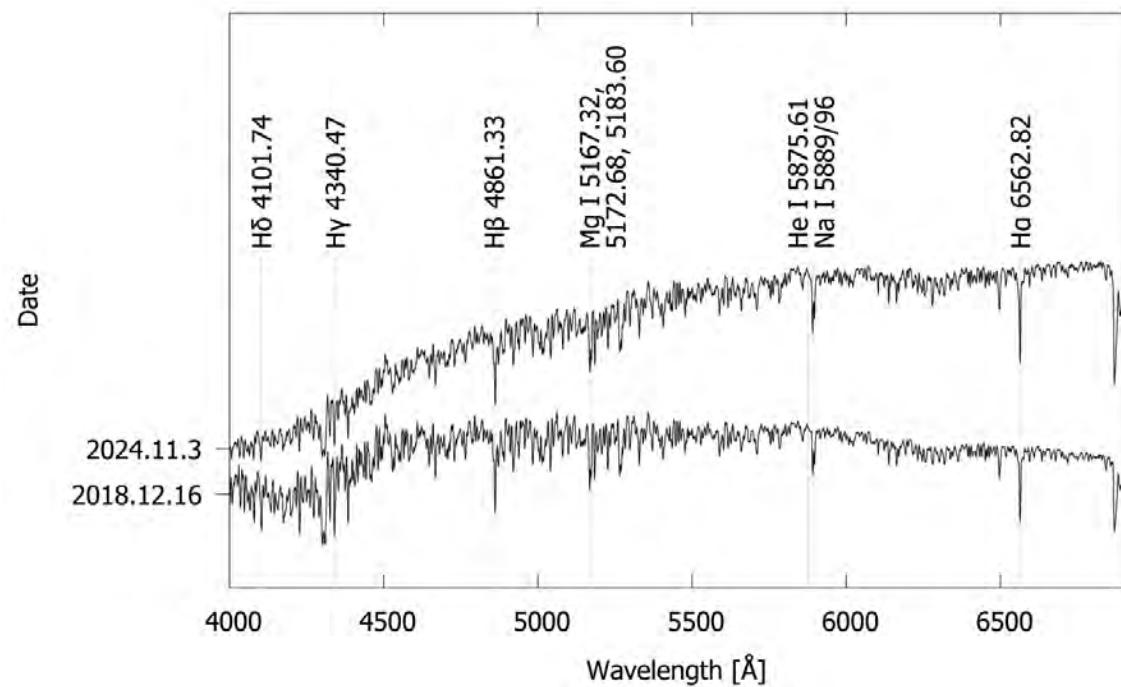


Fig. 10 カペラのスペクトル強度分布

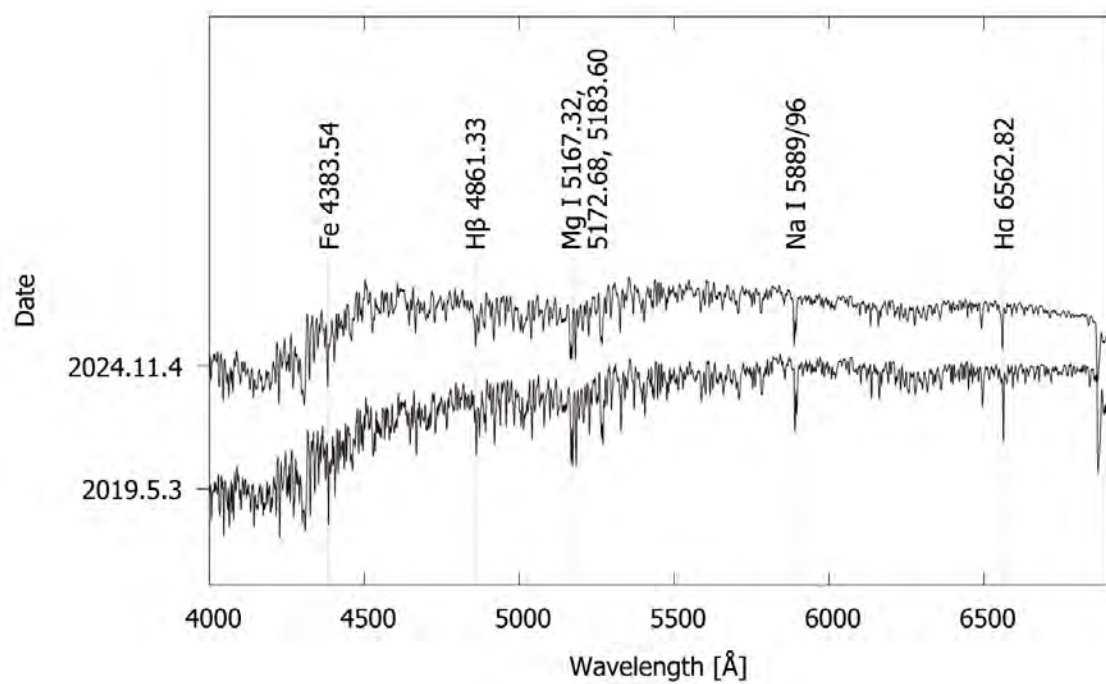


Fig. 11 ポルックスのスペクトル強度分布

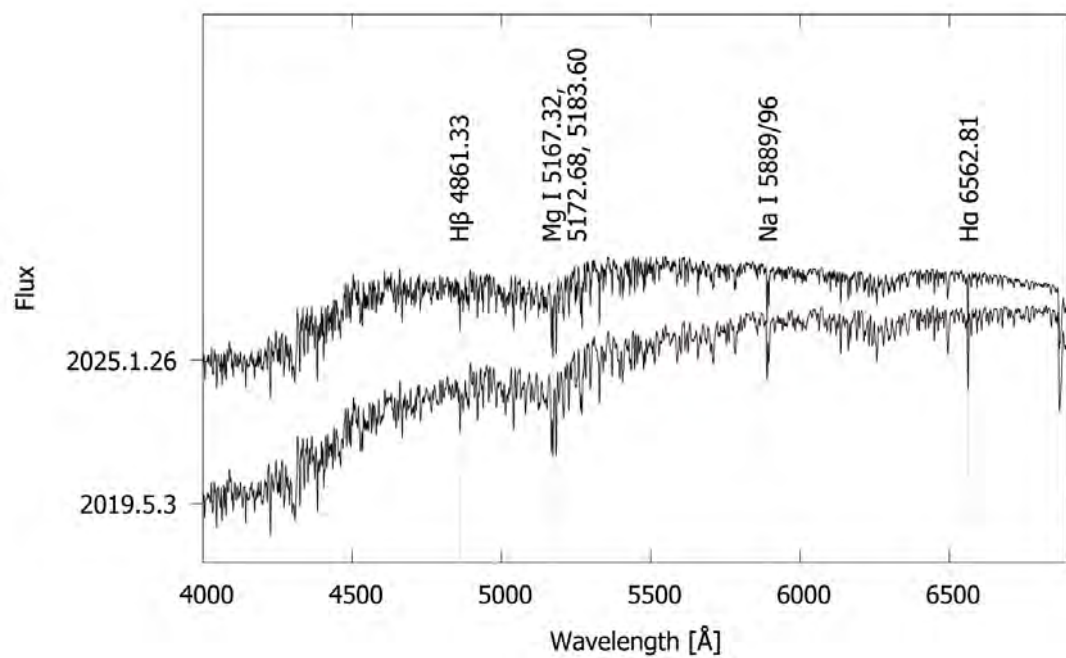


Fig. 12 アークトゥルスのスペクトル強度分布

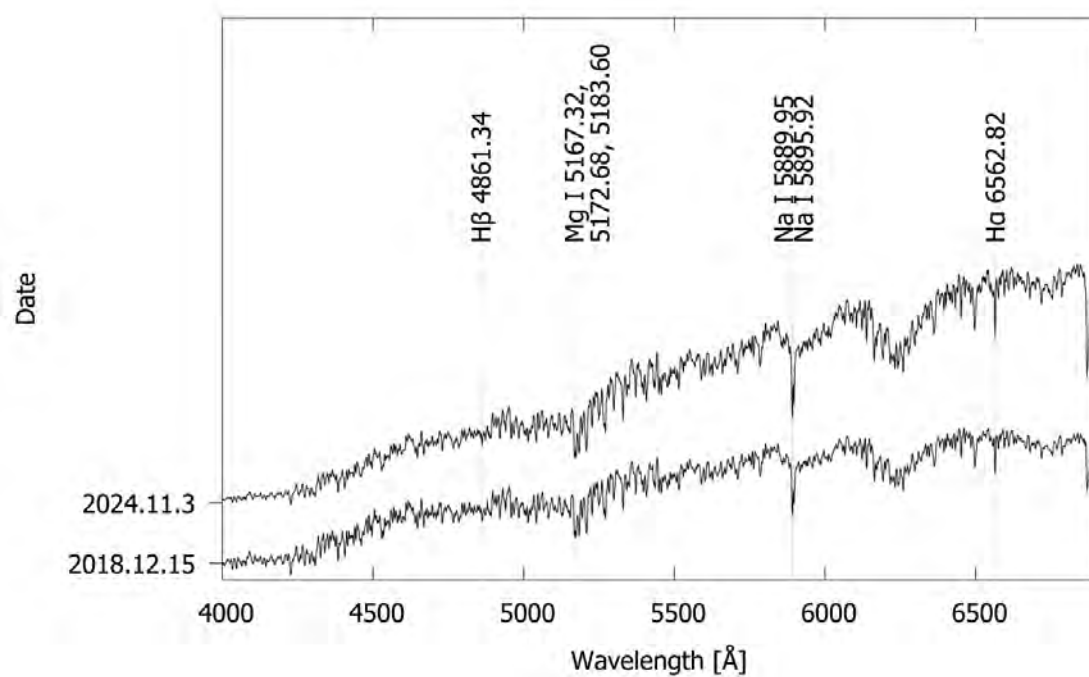


Fig. 13 アルデバランのスペクトル強度分布

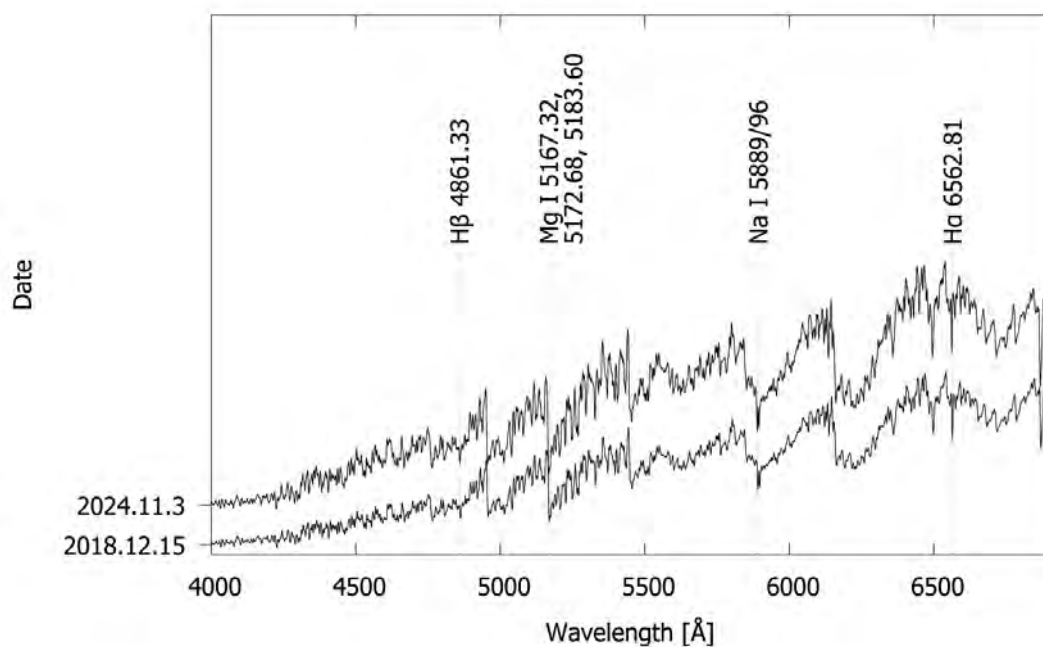


Fig. 14 ベテルギウスのスペクトル強度分布

V1405 Cas (カシオペア座新星 2021) の分光観測

伊藤 芳春 (共同観測者)

ITO Yoshiharu

要約

2021 年 3 月 18 日にカシオペア座に新星が発見され、19 日夕方から新星の分光観測を行った。分光観測は中分散分光で 2021 年 3 月 19 日、22 日、23 日、24 日の 4 日間のスペクトルを得ることができた。新星特有の P Cyg プロファイルの現れているスペクトルを得ることができた。新星爆発による膨張速度は 1600km/s であり、その後減少するようすとらえることができた。

1. はじめに

新星は毎年発見され観測されているが多くの場合は測光観測で分光観測は少ない。分光器を備えた天文台が少なく、また観測予定が組まれており臨機応変に観測できないと思われる。新星の分光観測を発表している天文台は国内で数カ所あり西日本に多い。新星の観測では地球上で夜の地域が観測を引きついで行う協同観測が重要である。天気不安定な日本では東日本に位置する仙台市天文台の観測は重要である。

2. カシオペア座新星の発見

三重県亀山市の中村祐二氏によって 2021 年 3 月 18 日 19 時に、カシオペア座に 9.6 等の新星が発見された。Tab.1 にカシオペア座新星のデータを示す。新星は一般的にそのまま減光する場合が多いが、この新星は増減光を繰り返していた。V1405 Cas の自宅の望遠鏡による V バンドの光度曲線を Fig.1 に示す。自宅の望遠鏡による CCD 測光観測では新星の最大光度は V バンドで 2021 年 5 月 11 日に 5.31 等級に達した。

Tab. 1 カシオペア座新星 V1405 Cas

発見者	中村祐二
発見時刻	2021 年 3 月 18 日 19 時
赤経	23 時 24 分 48 秒
赤緯	+61 度 11 分 15 秒
明るさ	9.6 等
距離	5600 光年

3. 観測

3.1 ひとみ望遠鏡と分光器

仙台市天文台の口径 1.3m のひとみ望遠鏡では、これまで測光観測では 17 等級の暗い星まで中分散分光観測では 9 等級の食変光星の視線速度測定を行ってきた。望遠鏡の仕様を Tab. 2 に分光器の仕様を Tab. 3 に示す。

Tab. 2 ひとみ望遠鏡の仕様

北緯	38 度 15 分 23 秒
東経	140 度 45 分 19 秒
標高	165m
口径	1300mm (主焦点 F2.3)
架台形式	経緯台
導入高度限界	14 度
冷却 CCD カメラ	FLI DC230-84

Tab. 3 中分散 5000 分光器の仕様

スリット幅	1.35"
波長分解能	R~7100
観測波長域	3600-6000 Å
分光器用カメラ	FLI-16803

3.2 分光観測

カシオペア座新星発見の情報は発見翌日の VSOLJ (日本変光星研究会) のメールから知り、3 月 19 日夕方から観測を始めた。仙台は日本列島の東に位置するため夜が早く訪れるという観測条件に恵まれている。地理的観測条件のよい観測地として貢献したいと思い薄明から観測を始めた。この時期は天文薄明終了が 19 時頃、新星の高度は 22 度で時間と共に高度は低くなる。望遠鏡の導入高度限界は 14°なので総合的に判断して天文薄明が終わる前の 18 時 30 分頃から 19 時 30 分頃まで観測することにした。新星であるため星図が無く、撮影した新星の同定が難しいと思われた。実際に撮影すると心配は杞憂に終わった。Fig. 2 の 2021 年 3 月 19 日 18 時 24 分に撮影した画像には薄明のため大気吸収線の多い画像の中に輝線の見られるスペクトルが撮影されていた。これまで変光星、スペクトル標準星、スペクトル視線速度標準星のスペクトルを撮影してきたが、全て吸収線スペクトルであった。輝線スペクトルと短波長側に吸収線を伴った P Cyg プロファイルを初めて見ることで、新星であること確信した。

Tab. 4 観測データ

露出開始時刻	露出
2021年3月19日18時28分	600秒
2021年3月22日18時46分	600秒
2021年3月23日18時45分	600秒
2021年3月24日18時28分	600秒

新星の観測では一般に低分散で撮影されるが、このときは PW Gem の食の極小観測期間中で分散分光観測に設定していたためそのまま観測することにした。スペクトル撮影日時と露出時間は Tab. 4 の観測データの通りである。他の分光観測と同様にコンパリソンと新星を交互に撮影し、新星のスペクトル撮影後、フラット、ダークの撮影も行った。

4. 結果

測定と計算には、アマチュア天文家が使いやすい川端哲也氏製作の分光データ解析ソフト BeSpec と Excel を用いた。3月19日に撮影したダーク、フラット処理の終わった V1405 Cas のスペクトルを Fig. 3 に示す。

波長校正したスペクトルの $H\beta$ の輝線と吸収線について、BeSpec のガウスフィットで中心座標を求めた。

Fourier Noise Filter 処理によりノイズを除去し日付順に並べたのが Fig.4 である。スペクトルは下から 2021 年 3 月 19 日、3 月 22 日、3 月 23 日、3 月 24 日である。短い期間であるが、輝線、吸収線ともに大きくなっている。特に Fig. 5 に $H\beta$ 付近を拡大して示したが輝線の波長変化はわずかなが、時間とともに吸収線が長波長側に移動しているのが分かる。このことから V1405 Cas の

膨張速度は、3月19日は 1600km/s だったが以降減少していることがわかった。

5. おわりに

新星発見から半日後に観測した京都大学附属岡山天文台せいめい望遠鏡のグループは分光観測により $H\alpha$ 4686 や $NIII$ 4640 の 2 本が角のように並んだ輝線を観測しており、19 日夕方のわれわれの観測では輝線がほんの少し出ているだけだった。新星爆発から一日以内の分光観測が爆発前の状態と爆発後の状態の両方が見られるということで注目されている。

比較的曇りの多い仙台であるが、観測期間中晴天が続き新星を継続観測することができ、貴重なデータを得ることができた。分光器を持つ施設が東北地方には仙台市天文台にしかなく、全国的に見て仙台しか晴れない場合もあることから、新星の分光観測は重要であると考えさせられた。

観測は池田薫氏（当時宮城教育大大学院生）と共にに行った。最後になりましたが、貴重な観測機会をいただいた仙台市天文台に感謝いたします。

<参考文献>

- 前原裕之 (2021) VSOLJ ニュース (371)
- 千田華, 松下真人 (2024) P Cyg プロファイルの取得 仙台市天文台研究・実践紀要 第10号 仙台市天文台, 2-4
- Gray, D. F. (2005) The Observation and Analysis of Stellar Photospheres 3rd(Cambridge: Cambridge Univ.)
- 田口健太 (2022) 新星 V1405 Cas (Nova Cas 2021) の最初期のスペクトル進化 2021 年度連星系・変光星研究会

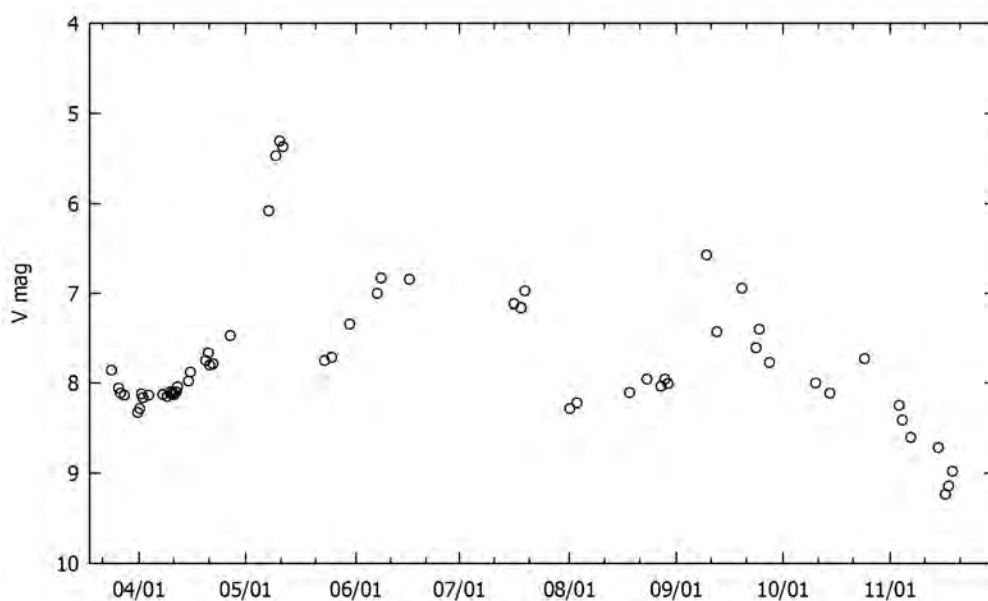


Fig. 1 V1405 Cas の 2021 年 3 月から 11 月までの V バンド光度曲線

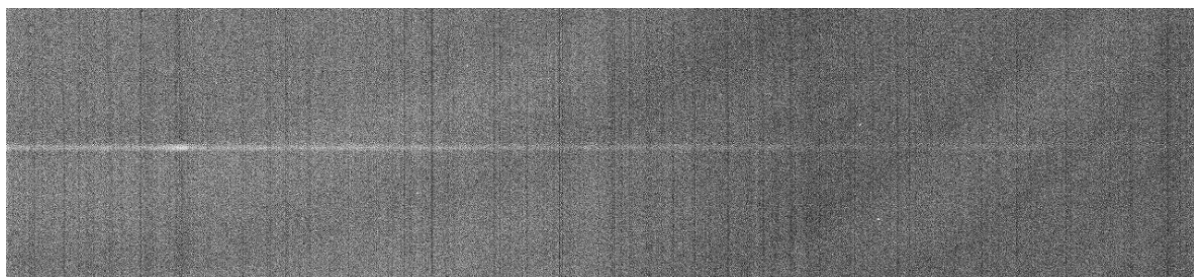


Fig. 2 薄明中のスペクトル (2021 年 3 月 19 日 18 時 24 分撮影) 右方向が短波長

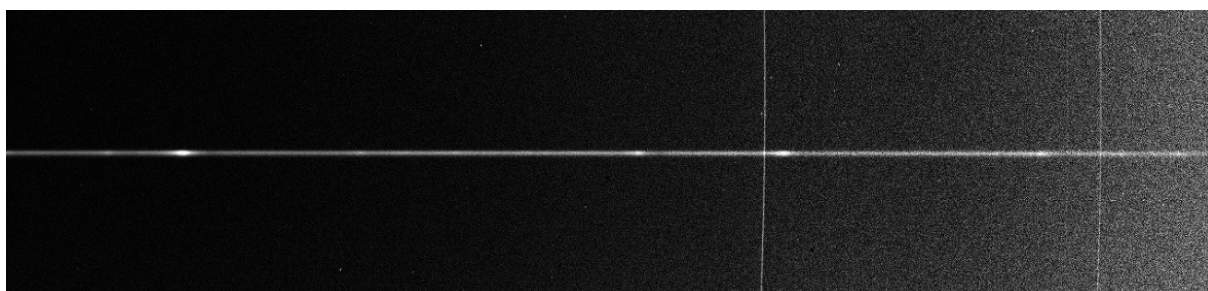


Fig. 3 ダーク，フラット処理後の画像 2021 年 3 月 19 日 18 時 49 分

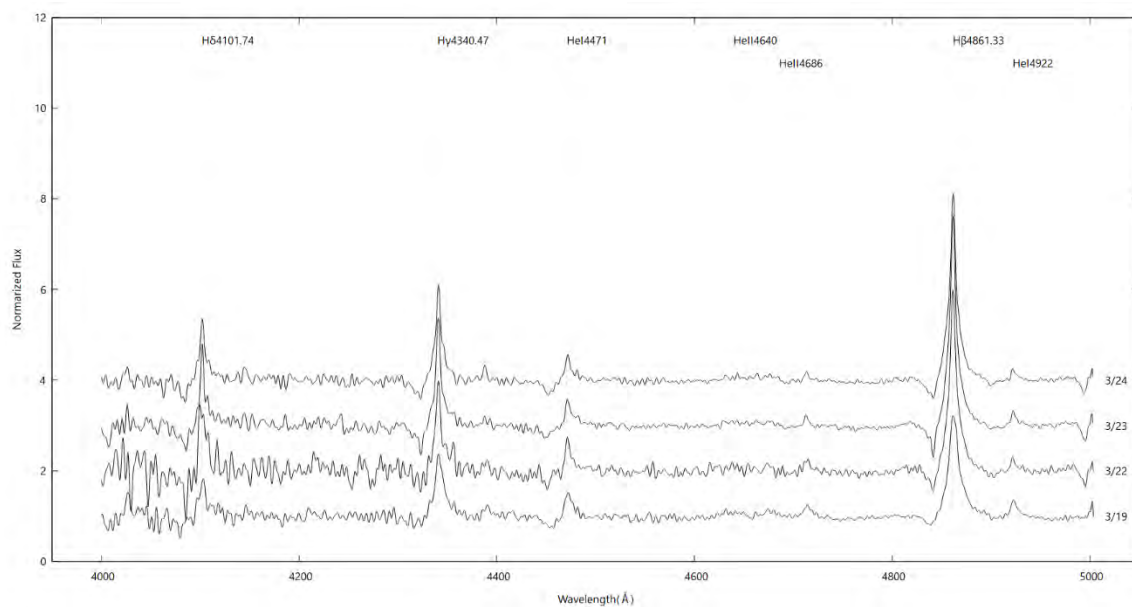


Fig. 4 V1405 Cas のスペクトルの日変化

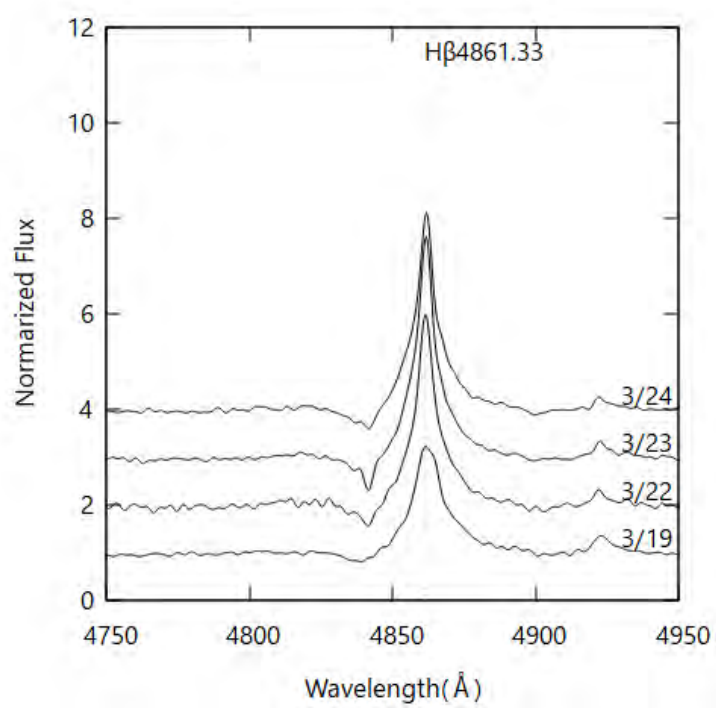


Fig. 5 V1405 Cas の H β スペクトルの日変化

仙台市内における夜空の明るさ調査

佐野 繭姫 (インターン)

Survey of Night Sky Brightness in Sendai

Mayuki Sano

要約

仙台市内で夜空の明るさを SQM-L で観測し、地域スケールの明るさマップを作成した。観測結果と既存のモデル推定値を比較し、中心部で過小評価、郊外で過大評価される傾向が見られた。雲や黄砂の影響も観測値に強く現れた。今後は、本結果を仙台市天文台のウェブサイトにて、市民向け情報として活用したい。

1. はじめに

近年、都市部で夜空を見上げても星が見えにくくなってきている。これは町明かりが夜空を照らし、夜空全体の明るさが増加していることによるもので、「光害」として知られている。この影響は、仙台市を含む日本全国に広がっているといわれている。もし日常生活の中で星空を身近に感じる事ができれば、仙台市天文台の使命である「宇宙を身近に」に近づくことができる。しかし、仙台市内において、どこで星が見えやすいのかは明らかではない。そのため、夜空の明るさマップを作成し、仙台市天文台の Web サイトで公開することは、市民にとって有益な情報となると考えられる。

これまでに Falchi et al. (2016) は夜空の明るさマップを報告しているが、そのデータは 2015 年のものであり、さらに地球全体を一様な環境として仮定したシミュレーションによる結果であるため、仙台市のような小規模地域に特化した夜空の明るさマップとしては不十分である。夜空の明るさの測定には、Unihedron 社製の SQM (Sky Quality Meter) が多く用いられ、その有用性も報告されている (星空公園, 2016)。しかし、SQM を用いて仙台市内を広く観測した事例はこれまで存在しない。そこで本研究では、地上観測に基づいて地域スケールの夜空の明るさマップを作成することを目的とする。

2. 手法

2.1 観測機器

本研究では、観測機器として SQM-L を使用した。SQM-L は視野角 10 度で天頂の光度を測定で

き、可視光帯を含む波長域の観測が可能である。

2.2 観測場所

観測地点の選定には市内の公園を対象とし、Falchi et al. (2016) による推定夜空明るさを SQM-L の単位に変換し、1 mag/arcsec²ごとにレベル分けを行った。各レベルから 1 地点を選定し、街灯から 25m 以上離れた場所で三脚に SQM を設置して測定を実施した。機材や人員に限りがあるため、観測地点数は最小限にとどめた。

2.3 観測日時

観測は 2025 年 3 月 17 日—31 日の 19:30—22:00 に実施した。観測は天文薄明終了後、月明かりの影響がない時間帯に限定し、天気予報で晴れまたは快晴が予測される時間帯に行った。

2.4 観測データの解析

各観測地点で 10 回以上の測定を行い、そのうちの最大値を採用する。夜空の明るさは雲・大気・地表面の状態などの自然環境要因にそれぞれ影響を受けることが知られている。今回実施した短時間の観測では特に雲の影響が大きくなることが予想される。激しい降水を伴うような厚い積乱雲のような雲が存在すると観測される明るさは減少するが、通常の場合では、雲が存在すると明るさは増加する。そのため、天気予報で晴れが予測される時間にのみ観測を行い、観測値の最大値を採用することとする。しかし、天気予報で晴れであっても天頂付近に雲が存在する場合もあるため、ひまわり衛星の夜間雲判定データを用いて客観的に判断し、推定される誤差についても議論する。

2.5 観測データの校正

最後に、推定値に対する補正を行うため、観測値と推定値の関係に基づいた線形回帰モデルを構築した。まず、観測値を目的変数、推定値を説明変数とし、最小二乗法に基づく単回帰モデルを学習した。このモデルは、推定値を入力としたときに、それに対応する観測値を予測する補正関数として機能する。学習後、得られた回帰モデルを用いて、推定値に対する補正値を一括して算出した。

3. 結果

Tab. 1 に観測結果を示す。5日間18回の観測で、12地点の観測を行い、各地点における最大値を示す。また、Tab. 1の時間における東北大学で実施している観測の結果をTab. 2に示す。Fig. 1はモデルによる推定値（手法2.2）を塗り潰しの等高線で示し、Tab. 1に示した推定値と観測値の誤差を点で示した。

仙台市の中心部に近いほど、推定値は明るい傾向を示したが、実際の観測値は推定値よりも暗い値を示していた。また、郊外に離れるにつれて、推定値が暗いと示していたが、実際は推定値よりも明るい値を観測していた。つまり、モデルによって推定された値の分布よりも実際の観測値の分布がフラットになっていることが分かった。上記の結果から、単回帰モデルを学習させ、Fig. 2にモデルの推定値による値のばらつきを補正した結果を示す。街灯や看板照明などの影響を受けるため、実際に感じられる明るさの分布とは異なる。これは、SQMが天頂の明るさを観測しているのに対して、私たち人間は半球から明るさを感じているからである。また、この結果は実際の夜空では人工光がより遠くまで拡散されていることを示唆し、本研究で参照された推定値は、光の拡散が十分ではない、つまり、モデルの計算において、人工光の拡散が重要なファクターになることが確かめられた。

4. 考察

Tab. 2において東北大学で観測された結果から、観測 No. 3-8, 10-12において、他の観測よりも結果が低い値を示している。Tab. 1の観測 No. 10-12においても同様に、肉眼では観測できなかった薄雲の存在を示唆している。快晴時のSQMの誤差は 0.1 mag/arcsec^2 といわれているが、雲がある場合の誤差は少なくとも 0.7 mag/arcsec^2 を超え、未知数である。つまり、その3地点の観測値

は雲の影響を受けており、実際よりも低い値を出している可能性がある。

さらに、3/25に仙台で黄砂が飛来し、光の拡散が増加したことから、実際よりも低い値を出している可能性がある。東北大学での観測結果とくらべると、黄砂飛来時の誤差は薄雲の影響よりも大きくなっている。

最後に、3/21の東北大学の観測結果が低い値を示している。先述したように、夜空の明るさは雲・大気・地表面の状態によって変化する。同日になぜ低い値を示しているのかについて、雲や大気の影響ではないとすると、地表面の状況に影響しているのかもしれない。同日に積雪は見られなかったため、植生などの影響が明確な原因は分らなかった。

5. まとめ

仙台市内における夜空の明るさは推測通り、仙台駅周辺を中心に明るく、離れるにしたがって暗くなる傾向があることが分かった。しかし、モデルとの誤差は大きく、計算過程での不十分な点を明らかにすることができた。しかし、自然環境が観測に影響するので、観測結果が必ずしも正しいとは言いきれない。観測頻度の向上が目下の課題である。今後は、この結果をもとに、仙台市天文台のウェブサイトを通して、市民にとって有益な情報を提供したい。

<参考文献>

- OF. Falchi, P. Cinzano, D. Duriscoe, C. C. M. Kyba, C. C. D. Elvidge, K. Baugh, B. A. Portnov, N. A. Rybnikova, R. Furgoni (2016) The new world atlas of artificial night sky brightness, Science Advances, Vol 2, Issue 6
- 星空公団 (2016) Sky Quality Meter の有用性, <https://www.kodan.jp/?p=sqm>
- 山本 博文, 小林 暉, 藤井 純子 (2017) SQMで福井の夜空の明るさを測る一測定方法とその問題点— 福井大学地域環境研究教育センター研究紀要 No. 24, 15-26

<謝辞>

本研究を進めるにあたり、東北大学大学院理学研究科の岩淵弘信教授には、データ解析に関して貴重なご助言を賜りました。心より感謝申し上げます。

また、観測に際しては、データの取得の際に仙台市天文台スタッフにご協力いただきました。あわせて、私の家族である相原和樹にも観測への同行および作業の補助など、協力をいただきましたことに感謝いたします。

Tab. 1 夜空の明るさ観測結果

No.	観測場所	観測日時	観測最大値	推定値との差	雲有無判定
1	岩切緑地	3/17 20:14	18.45	-1.99	無
2	八木山神社	3/17 21:12	18.39	-2.55	無
3	秋保大滝	3/21 20:03	20.65	2.17	無
4	熊ヶ根城跡	3/21 20:39	19.83	0.87	無
5	仙台市天文台	3/21 21:23	19.26	-1.00	無
6	海岸公園	3/25 20:00	18.34	0.59	無
7	今泉城跡	3/25 20:27	17.79	-0.43	無
8	杜の広場公園	3/25 20:53	17.03	-1.23	無
9	七北田公園	3/30 19:30	17.83	-2.30	無
10	オーエンス泉岳	3/30 20:10	19.85	1.79	有
11	みやぎ台三丁目公園	3/31 20:48	18.53	0.21	有
12	大町西公園	3/31 21:16	17.53	-3.15	有

Tab. 2 東北大学における同時刻の観測結果

No.	観測場所	観測日時	観測値	雲有無判定
1	東北大学 理学研究科 物理研究棟	3/17 20:14	18.55	無
2		3/17 21:12	18.56	無
3		3/21 20:03	17.11	無
4		3/21 20:39	17.24	無
5		3/21 21:23	18.11	無
6		3/25 20:00	17.56	無
7		3/25 20:27	17.67	無
8		3/25 20:53	17.73	無
9		3/30 19:30	18.33	無
10		3/30 20:10	18.01	有
11		3/31 20:48	17.88	有
12		3/31 21:16	18.04	有

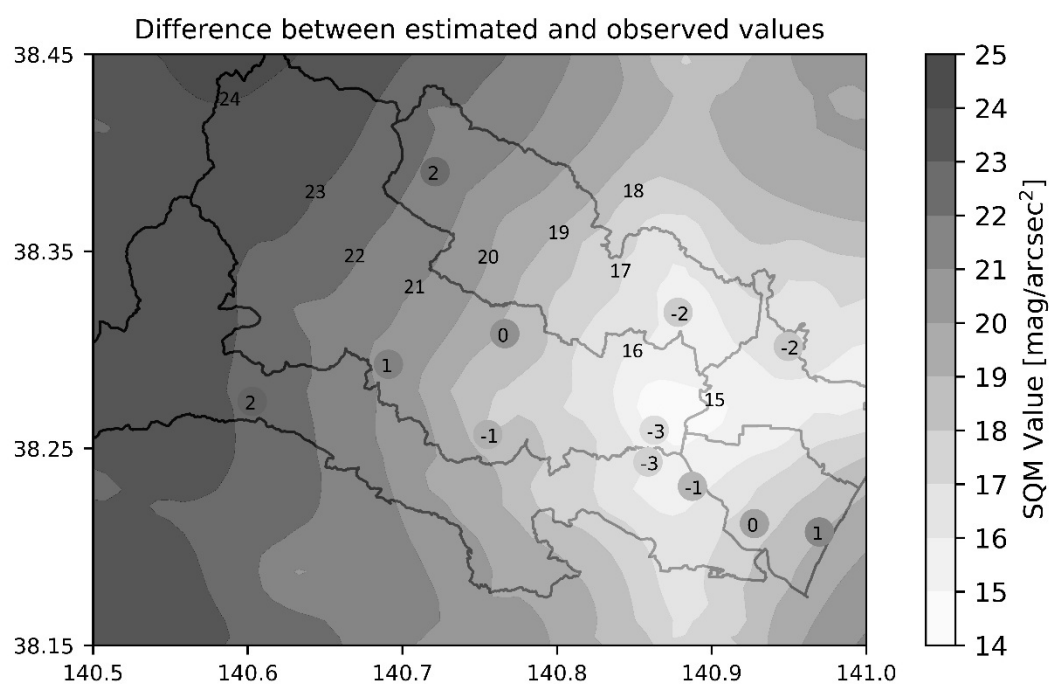


Fig. 1 夜空の明るさの推定値 (Falchi et al., 2016) (塗りつぶし等高線) と観測値 (点)。点の値は推定値と観測値との差を四捨五入した値を表示している

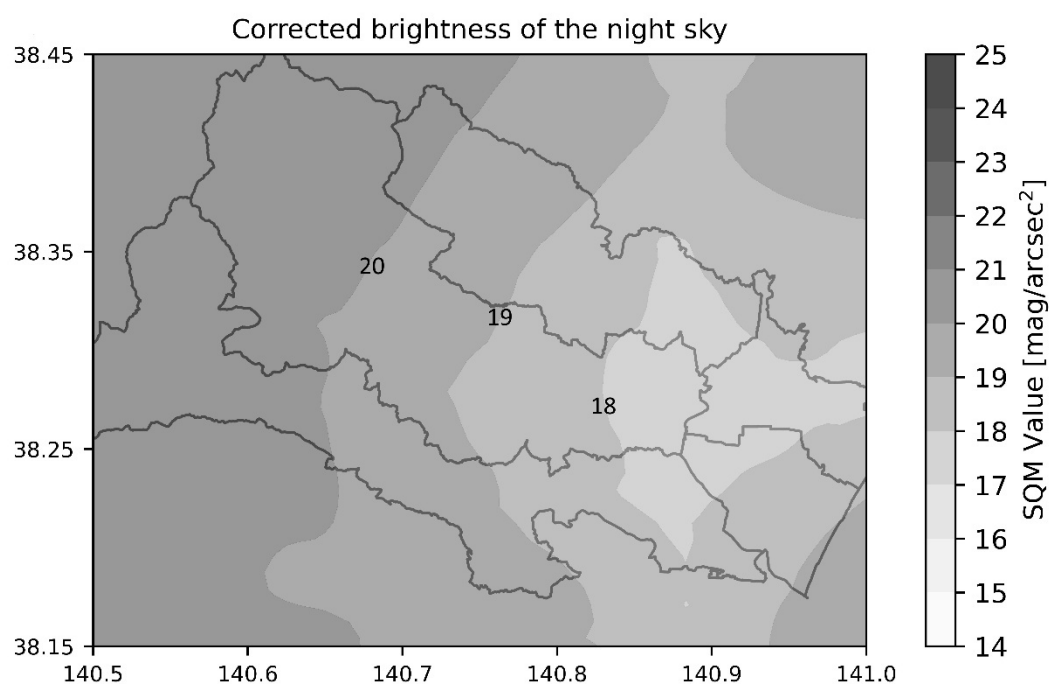


Fig. 2 夜空の明るさの補正值

音のする宇宙サウンドスケープ

NPO 法人 CURASCOPIUM (採択研究団体)

Soundscape ~ Universe Filled with Sound ~

NPO Corporation CURASCOPIUM

要約

本レポートでは、視覚障がい者と晴眼者が共に宇宙を体感できるというインクルーシブ天文学の一環で実施された「音のする宇宙～サウンドスケープ～」プロジェクトの企画と実施の報告をする。視覚情報に依存せず、音によって宇宙を表現するという試みとして、宇宙現象の物語に対する音響演出とナレーションを組み合わせ、音だけで宇宙空間を体験できるプラットフォームの実現を目指した。本取り組みは、視覚障がいの有無関係なく、だれもが宇宙に感動できるプラネタリウムの実現を目指す試みであり、次世代のインクルーシブ天文学のあり方を探究するものである。

1. はじめに

日常生活の中で人々が宇宙を『体験』できる場の一つとして、プラネタリウムがある。1923年にドイツで初めてプラネタリウムが導入されて、今年で100年以上が経過した。光や音響を駆使して五臓や映像を投影し、宇宙の世界を擬似的に表現することで、人々は宇宙を旅した気分になれる。また技術の向上と共に、映像や音響、設備の質が向上し、より宇宙の世界に対して臨場感を感じられるようにもなった。

しかしこれらのコンテンツは視覚に大きく依存したものであり、視覚障がい者にとってプラネタリウムは敬遠されがちであった。「行っても見えないからわからない」という彼らの声もしばしば聞く。多くの人にとってプラネタリウムは宇宙を知り、楽しむプラットフォームである一方で、一部の人にとってはそうでない状態が100年以上も続いている。

そこで私たち Curascopium は、弊法人が掲げる「視覚障がい者へ宇宙の素晴らしさを伝え、感動を共有する」というミッションのもと、人と宇宙を繋ぐプラットフォームであるプラネタリウムで視覚障がい者と晴眼者が同時に、インクルーシブ（包括的）に宇宙を楽しめるプログラムを作る企画が始動した。それが「宇宙のサウンドスケープ」である。

2. プロジェクト取り組み

2.1 背景

一般的なプラネタリウムでの宇宙の探求は、ランドスケープ型、つまり視覚を頼りに宇宙の景色を眺めるというものだ。それに対して、今回の企てでは視覚依存ではなく、音を駆使して宇宙の景色を描くサウンドスケープをベースとした。その背景として、仙台市天文台のプラネタリウムのリニューアルが2024年に終了し、音響スピーカの設置数が増量されたことにより、音の解像度が向上したことにある。

宇宙の現象を再現した音を作成し、仙台市天文台のプラネタリウムの音響施設下で流すことで、サウンドスケープとして宇宙の現象や世界観、景色を臨場感高く表現し、視覚障がい者と晴眼者ともに宇宙を感じられる場が実現するのではないか、という期待の元、計画が始まった。

2.2 アプローチ

視覚重視の既存のプラネタリウムではなく、インクルーシブ（包括的）に視覚の障がいの有無関係なく楽しめるプラネタリウムとして、次世代のプラネタリウムを今回の企画では想定した。教育目的ではなく、皆がエンターテインメントとして宇宙を楽しめる場を実現するために、私たちはエンターテインメントのフレームワークを以下のよう

- (a) 体験の場
- (b) 世界観と物語
- (c) (b)の演出

(a) 体験の場

「体験の場」というのは単純に、人がエンターテインメントを楽しむプラットフォームのことである。これは次の(b)世界観と物語と(c)(b)の演出が体現される場ということもできる。今回は仙台市天文台プラネタリウムが体験の場だ。

(b) 世界観と物語

世界観というのは、エンターテインメントのコンテンツの土台を定義づける設定である。今回のプロジェクトの場合、「音のする宇宙」という設定が舞台の世界観である。そして物語は、その前提設定の世界観の中で繰り広げられるストーリーライン（もしくはシナリオ）のことだ。プログラムの物語は Tab. 1 を参照していただきたい。

(c) (b)の演出

エンターテインメントを表現するために必要な要素が、世界観と物語を表現すること。つまり演出することだ。これが(a)の体験に繋がる。今回の場合だと、仙台市天文台プラネタリウムの音響施設の音量を調整すること、宇宙食を提供すること、宇宙現象ごとに流す音に特徴付けをすること、視覚的な要素である光を用いないことなどがそれに当てはまる。

以上のフレームワークを基底として、私たちは音のする宇宙のプラネタリウムプログラムの世界観の設定、シナリオ、そして音源を独自で製作した。

今回のプロジェクトでは、従来のプラネタリウムのプログラムとしてあるような、宇宙の天体や現象に迫るようなシナリオを想定した。天体や現象に迫りながら、宇宙を旅し、世界観を堪能するような流れを意図した。それらを全て音で表現するという方法をとった。

2.3 シナリオ設定根拠と演出設定根拠

「どのような人でも宇宙が楽しめる」という趣旨で、本プロジェクトでは「宇宙に興味があるがあまり知見がない状態」を想定した。プロジェクトを通して「宇宙の現象にこういうものがあるのか」などと、新しく宇宙について知ることができた喜びを感じていただくためのシナリオに設定した。

そのため本プログラムでは、特定の宇宙現象を深掘りしていくのではなく、太陽やブラックホール、ビッグバンなどの比較的多くの人が耳にするような天体を中心に現象を幅広く扱い、それと同時に天体現象同士に関連性を持たせることで「こういう現象、天体があるのか」といったように新しく宇宙を知れる状態を想定した。

例えば、太陽から始まり、赤色巨星、超新星爆発、ブラックホールという順番を採用したのにも上記の想定に従ったものである。太陽というほぼ全ての人が知っている天体を扱い、時間が経つと膨張という現象が起き赤色巨星と呼ばれる天体になり、太陽より大きな恒星が超新星爆発を起こし、一部がブラックホール化するという一連の流れがあるためだ。

また本プロジェクトの主幹が音であり、音だけを頼りに宇宙の現象を認識することは容易ではないため、上記の「(c)世界観と物語の演出」に特化し、主に3つの工夫を施した。

一つ目は「多くの人にとって既に知っていること」を大事にすること。

シナリオが地球からスタートするのも、多くの人が現在住んでいる場所が地球という環境であり、その環境の世界の音を聞くことで、物語の世界に入っていくやすい状態を想定した。また物語の中で宇宙ステーションや太陽を先に配置する理由も、多くの人にとって比較的親しみのあるものであり、想像がしやすいという想定があったためである。

二つ目の工夫点は「ナレーションの導入」である。

本プログラムは音だけで宇宙の景色をお届けするという趣旨で行ったため、音にバラエティや抑

揚が出ることに気を使った。そのため宇宙ツアーを届ける際、シナリオのシーンごとに声や感情に抑揚をつけたりなどの臨場感の調整を図り、より物語の世界観に浸れるような状態を目指した。

三つ目の工夫点は、「リアルな体験を導入すること」である。

本プログラムでは宇宙を視覚情報以外で届けるため、他の感覚器官を使用できる体験も大事にした。そこで、実際に宇宙飛行士などが国際宇宙ステーションなどで食事として使用している、本物の宇宙食を導入した。実際に宇宙に来たという臨場感を感じて、宇宙を経験したという気分を味わえることを想定しての試みでもある。

2.4 プロジェクトの指標

音で宇宙を表現する趣旨でプラネタリウムを上映するプログラムは、数多くあるわけでないため、指標として参考になるデータにも限りがある。そこで実際に本プログラムの目的である「音で宇宙を感じることができたか」を確かめる手段としてアンケートを用いた。

アンケートの観点として主に「視覚障がいのある関係なくインクルーシブに宇宙体験を楽しめる場を実現すること」、「上述した工夫点の意図」を確認できるようアンケートの質問を構成した(Tab. 2 参照)。

3. 結果と考察

まず当日の集計の結果、プラネタリウム来館者合計180名(内視覚障がい者7名)で、アンケート回答者が94名であることがわかった。

またアンケートの質問1-8までの分析結果と考察に関しては、それぞれTab. 3にまとめる。質問9, 10に関しては、本プログラムの重要要素に対するフィードバックを含むため、Tab. 4にまとめる。

Tab. 4を踏まえると全体的にエンターテインメントとしての「音のする宇宙」を構成する重要要素に対して、ポジティブな回答を得ることができた。

特に、普段のプラネタリウムでは味わえない体験(宇宙食を食すことや音のみでの宇宙の体験)をすること、音で現象を表現し宇宙の景色を想像すること、プログラムを構成するシナリオの流れや組み立ての意図などは達成されたと言えるだろう。その一方で改善点として、シナリオの内容の深さの調整や構成の工夫、プラネタリウムドーム内の暗闇の中での宇宙食食事に関する具体的な考慮点、宇宙の想像を助けるプラネタリウム以外のコンテンツフォローアップ、音の開発が挙げられる。

またプラネタリウムプログラム以外の観点として、スタッフによる対応の仕方や受付での案内などに対する指摘も多く、今後のプラネタリウムプロジェクト運営の改善点も伺えた。

4. 今後の取り組み

今回のプラネタリウム企画はCurascopium初の試みであり、過去に前例のないものであった。

その中でも「音のする宇宙」というテーマで、

視覚障がい者と晴眼者の両者が共にプラネタリウム内で宇宙を体験する場を実現できたことは、これからのインクルーシブ天文学を考える上での一歩となったと確信している。2回目以降の「音のする宇宙プラネタリウム」企画を考えた時に、プログラムの作成時、上映時、上映後の対応として改良できる点は山ほどあるが、今後のプログラム

を通してより満足のいくコンテンツを提供できるよう、試行錯誤を続けていく。

最後に本プロジェクト制作と実現に関わっていただいた関係者のみなさま、当日プラネタリウムに足を運んでいただいた来館者のみなさまに、深く謝辞を述べさせていただく。

Tab. 1 「音のする宇宙～サウンドスケープ～」のシナリオ

順番	シナリオ内容
1	地球のサウンドスケープ
2	宇宙ステーションのサウンドスケープ
3	太陽のサウンドスケープ
4	赤色巨星のサウンドスケープ
5	超新星爆発のサウンドスケープ
6	ブラックホールのサウンドスケープ
7	宇宙のはじまりビッグバンのサウンドスケープ
8	地球のサウンドスケープ

Tab. 2 主なアンケートの質問

質問番号	質問内容	質問意図	検証事項
1	年齢	参加者の年齢層を把握し、イベントの主なターゲット層を分析。今後の企画や広報戦略の参考にするため。	参加者の年齢分布（例：若年層が多いか、高齢者が多いか）。 年齢層ごとの満足度や興味の違い。イベントの内容や広報がどの世代に刺さっているのか。
2	視覚障害がありますか？	視覚障害のある方がどれくらい参加しているかを把握し、イベントのユニバーサルデザインの有効性を評価するため。	視覚障害のある人となない人の満足度の違い。 「音で体験するプラネタリウム」が視覚障害者にとってどの程度価値があったのか。 今後のアクセシビリティ向上に向けたヒント。
3	直近3年以内でプラネタリウムに何回ほど来館しましたか？	参加者が普段どれくらいプラネタリウムに訪れているのかを確認し、このイベントが新規層を呼び込めているのか、それともリピーター向けなのかを分析するため。	プラネタリウム初心者が多いのか、それとも常連が多いのか。 初めての人とリピーターで満足度や意見に違いがあるか。 初心者向けの説明を充実させるべきか、リピーター向けの深化した内容が求められるか。
4	もともと宇宙・天文学に対して興味がある（1：全くない、5：とてもある）	イベントに参加した時点での宇宙・天文学への興味を測ることで、参加者の背景を把握し、イベントの影響度を評価するため。	もともと宇宙に興味のある人が多かったのか、それとも新規層を取り込めているのか。 興味の度合いと満足度・イベント後の興味の変化との関係性。

5	今回のプラネタリウム体験は満足の行くものだった	イベントの全体的な満足度を評価し、次回の改善点を明確にするため。	参加者がどの程度満足したかの定量的な評価。 満足度の高い層と低い層の特徴（年齢層や視覚障害の有無など）。 低評価の理由を自由記述と紐づけて分析することで、改善すべき具体的なポイントを特定。
6	宇宙のイメージが頭に浮かんだ	音だけのプラネタリウムが、どの程度、参加者に宇宙のイメージを喚起できたかを評価するため。	「音で宇宙を表現する」という試みが成功したかどうか。 音の種類や演出によって、参加者の想像力を刺激できたのか。 視覚障害者と健常者で感じ方に違いがあるか。
7	プラネタリウムを終えて、宇宙・天文学への興味が沸いた	イベントが参加者の興味を刺激し、継続的な関心を生み出せたかを測るため。	もともと興味がなかった人が、どれくらい興味を持ったのか。 イベントの学習的価値や、次回以降のコンテンツ作成の方向性。
8	次回、似たイベントがあった場合、参加したいと思う	リピーターの意欲を測ることで、イベントの持続可能性を評価するため。	参加者の再訪意欲の高さ。 満足度との相関関係（満足度が高いと次回の参加意欲も高いか）。 改善すべき点を修正すれば、リピーターが増える可能性があるか。
9	特に良かった点・印象に残った点があれば教えてください	参加者がポジティブに感じたポイントを把握し、今後のイベントの強みにするため。	音の表現、演出、テーマのどの要素が高評価だったか どの体験が特に印象に残ったのか。
10	改善が必要だと感じた点や提案があれば教えてください。	参加者の不満点を特定し、次回のイベント改善につなげるため。	最も多かった不満点や改善要望（例：受付、音のバランス、説明の不足など）。 参加者が求める変更点を具体的に把握できる。

Tab. 3 質問 1-8 の分析結果と考察

質問番号	分析結果	考察
1	参加者の年齢層は10代から80代まで幅広いが、特に20代～60代が中心。 高齢者（60代以上）の参加も比較的多い。 10代の参加者は少なめ。	幅広い年齢層が参加しているため、全世代に楽しめるコンテンツ作りが重要。 若年層（10代）や高齢層（70代以上）の参加を増やす施策が必要。
2	視覚障害のある人も一定数参加しており、ユニバーサルデザインの試みが機能している。 ただし、視覚障害者と健常者で満足度に差があった可能性がある（要因分析が必要）。	視覚障害者向けのイベントとして意義があることが証明された。 視覚障害者向けの情報提供（音の解説など）をより充実させる必要がある。

3	初めてプラネタリウムに来た人が一定数いる一方、常連客も多数。 「0回」と答えた人が目立ち、普段プラネタリウムに行かない層も多く参加。	新規層の獲得に成功しているが、リピーター向けの要素も求められる。 「音のプラネタリウム」という特徴が、一般的なプラネタリウムとは異なる層を呼び込んでいる。
4	事前の宇宙への興味は高め（平均3.5～4.0程度）。 ただし、興味が低い人（1～2）も一定数存在する。	すでに宇宙好きな人が多いため、コアな天文学ファン向けの内容も検討すべき。 一方で、「興味がなかった人も楽しめる内容」にする工夫が必要。
5	平均満足度は3.0～3.5とやや高めだが、満点評価が少なく改善の余地あり。 「音の表現が素晴らしい」との好意的な意見が多い一方で、「期待と違った」という意見も。	音だけのプラネタリウムという新しい試みに一定の評価がある。 しかし、「期待と異なる体験だった」と感じる人がいたため、事前に「どんな体験ができるのか」をもっと明確に伝える必要がある。
6	「イメージできた」という回答が多いが、「音だけでは難しかった」との意見もあった。	音の効果は一定の成功を収めているが、全員が満足するには追加要素（光や映像）が必要かもしれない。 音の解説を増やし、「この音は何を表しているのか」をもっと伝える工夫が求められる。
7	イベント後に興味が増した人が多い。 事前の興味が低かった人ほど、イベントを通じて関心を持った傾向がある。	イベントが学びの場として機能していることが証明された。 より興味を深められるフォローアップ（解説資料の配布、関連イベント紹介など）が必要。
8	「ぜひ参加したい」と答えた人もいるが、「改善次第で参加したい」という意見も多い。	リピート率を高めるには改善が必要。 特に「音の説明」「受付・運営」「視覚的要素の追加」などがカギとなる。

Tab. 4 「音のする宇宙」の重要観点に対するフィードバック

観点	ポジティブ評価	改善点
シナリオ	・日常の音からの入りが良かった。 ・日常の身の回りの音からサウンドスケープが入ったことで、音でイメージをしやすかった。 ・今回のテーマ、やっぱり超新星爆発やブラックホール、ビックバンのピックアップには魅力を感じます。	・このテーマをもっと深掘りしても良いと思いました。 ・月のサウンドもあるとよい。ベテルギウスも。 ・宇宙ステーションの中の音を、もう少し聴きたいと感じました。
ナレーション	ナビゲーターの声が良かった。	-
宇宙食	・宇宙食を食べれたこと。 ・宇宙食を初めて体験できたこと。	宇宙食でゼリーが出たのは嬉しかったものの、少しベタついてしまい、そのせいでプラネタリウムに集中しきれなかった。
宇宙の想像	・サウンドスケープを通じて宇宙の想像ができた。 ・音でイメージを沸き立たせる工夫が面白かった。	・画像(天体の静止画でもよいので)と一緒にある方がより宇宙を感じ易いかなと思いました。 ・パンフレットとか作り流れを分かるようにすれば最も想像できると思う。

	・音で宇宙を旅行できて楽しい時間を過ごせたことか良かった点です。 ・音の迫力、見えなくても伝わるものがありました。(自分のイメージに重なりワクワク、面白かったです)	・音だけでなく、触覚、嗅覚なども使ったプログラムにしても、より宇宙のイメージが広がって面白いかと思います。
音についてのフィードバック	・ブラックホールに飲み込まれる音と、ビッグバン前の無音。同じ「音」なのに、それぞれの感覚が全く異なり、不思議で面白かった。 ・サウンドが非常に心地よかったです。 ・音に臨場感が、ありました。 ・体験したことの無い音を聞いたのが良かったです。 ・星に近づくと低い音がジラジラするところ。	・もっと宇宙を感じる音があると思う。 ・音のバリエーションが、今後増えていけば面白いと思う。 ・音にこだわりを感じたので、音についての説明がもっと欲しかった。 ・音の動きがあると、より風景となる感じました。 ・通常のプラネタリウムの音を作り込んだものと、サウンドスケープの違いが分かりにくいと思いました。サウンドハグのような振動で伝えるというのも良いと思います。
プラネタリウム	・今までにないプラネタリウムでの宇宙の表現で非常に面白かった。 ・視覚に頼らない上演というアプローチはとてもおもしろいと思った。 ・普段は飲食禁止のプラネタリウムで飲食ができるところが面白い。 ・見えるものを理解させるという発想ではなく、聴覚の世界に導くという発想がとても参考になった。	シンプルな映像又は、光（色）があってもいい。

古代の宇宙観に関する調査（古代インド編）

高橋 知也

TAKAHASHI Tomoya

要約

仙台市天文台の展示室では、古代の宇宙観を紹介する模型が展示されている。現在、展示解説やワークショップにおいてこの模型のさらなる活用を図るとともに、2028年に予定されている展示更新に向けて、古代宇宙観に関する資料や情報の整理を進めている。インダス文明の解明が進んでいない現在、古代インドの宇宙観として特に注目すべきは、バラモン教の聖典『ヴェーダ』に記された世界観である。『ヴェーダ』に見られる宇宙観の特徴として、宇宙の中心にそびえる山、天と地上といった階層的宇宙観が挙げられる。こうした構造は、後世に成立する仏教やヒンドゥー教の宇宙論にも継承されており、古代インドにおける基本的な宇宙観の枠組みといえる。一方で、現在展示されている模型は、「象や亀、蛇が大地を支える宇宙像」を表現しているが、これはインド発祥ではなく、ヨーロッパで構築されたイメージであると報告されている。このことは単なる事実誤認にとどまらず、インドという多様な文化・宗教・民族が共存し、異なる宇宙観を排除せずに共存させてきた伝統に対し、「古代インドの宇宙観」と一括りにしてしまう態度自体が問題であることを示唆している。

1. はじめに

1.1 展示室

仙台市天文台には全国でも有数の規模を誇る展示室があり、地球近傍から遥か彼方の大宇宙までの幅広い宇宙・天文のトピックスを紹介している。さらに古代の宇宙観の模型や仙台藩の天体観測機器といった観測の歴史に関する展示物も備えている。

1.2 宇宙創成論と宇宙構造論

現在、展示解説やワークショップにおける宇宙観模型の活用の幅を広げるため、古代宇宙観に関する資料および情報の調査を進めている。この調査は、2028年に予定されている展示リニューアルにおける宇宙観模型の更新を視野に入れたものである。本稿では、宇宙や天地の生成過程を扱う「宇宙創成論（cosmogony）」ではなく、宇宙の構造や形状に関する「宇宙構造論（cosmography）」、すなわち模型化可能な観点に着目する。

1.3 「古代インドの宇宙観」の模型

展示室には6種類の宇宙観模型が展示されているが、そのうちタイトルだけでなく説明文が添えられているのは、古代インドの宇宙観模型のみである（Fig. 1）。この説明文では、展示されている「象・亀・蛇が大地を支える宇宙」のイメージが、実はインドではなくヨーロッパで形成されたものであること、またインドという地域が多様な文化・宗教を内包しているために「古代インドの宇宙観」と一括りにするのは適切ではないことなどが紹介されている。



Fig. 1 「古代インドの宇宙観」模型

本稿では、古代の宇宙観の一例として古代インドの宇宙観についての調査結果の概要を報告する。そのうえで、現在展示されている宇宙観模型の活用および今後の更新にあたっての留意点について考察する。

2. 古代インドの宇宙観

古代インドの文明のうち、最も古いものとしては、紀元前 2500 年頃にインダス川流域で栄えたインダス文明が挙げられる。しかし、この文明で使用されていたインダス文字は現在も解読が進んでおらず、当時の宗教観や宇宙観を直接読み取ることは困難である。豊饒や生殖力に対する信仰が存在していた可能性が指摘されているが、宇宙構造や天地の構成に関する体系的な思想を明らかにするには至っていない。そのため、インダス文明における宇宙観、とくに宇宙の構造に関する推察は現時点では難しい。こうした状況を踏まえ、現

時点で最古のインドの宇宙観として注目されるのは、紀元前 1500 年頃からインダス川流域に移住したアーリア人によって成立した、バラモン教の聖典『ヴェーダ』に記された宇宙観である（荒川, 2005）（川口, 2024）。

本章では『ヴェーダ』における宇宙論の特徴を概観し、そのうえで、後の時代に成立した仏教やヒンドゥー教の宇宙観に見られる基本的な宇宙構造について、特に『ヴェーダ』の宇宙論との共通点に着目しながら論じる。

2.1 『ヴェーダ』での宇宙の構造

『ヴェーダ』は神々に捧げられた賛歌や呪文を集めた聖典の総称であり、内容や時期によって 4 つの主要な種類に分類される。その中で最も古いのが紀元前 1200 年から紀元前 1000 年頃に成立した賛歌集『リグ・ヴェーダ』である。これは賛歌や詩が中心であり、自然神への祈りが収録されており、当時の人々の宇宙観を理解する上で重要な手がかりとされる（荒川, 2005）。

『リグ・ヴェーダ』においては、宇宙構造よりも宇宙創成への関心が強く表れている。例えば、天の神ディアウスと大地の女神プリティヴィーが合体した天地両神ディヤーヴァー・プリティヴィーによる宇宙創造や、司法神ヴァルナによる天地創造および宇宙秩序の維持などの宇宙創成論が存在する（荒川, 2005）。

荒川（2005）によれば、宇宙構造については、自然神の主神的存在で嵐や雷の神インドラによる天地分離の神話から想像できる程度に留まるといえる。一方で、Gombrich（1975）は、『リグ・ヴェーダ』には「空」と「地」という二分説のほかに、「地」「空気」「天」からなるという三分説も含まれていると指摘している。

インドラは戦車で天空を駆ける武勇の神であり、車輪を車軸に固定するかのように天地を引き離し、それを安定させたとされる。このように、『ヴェーダ』の宇宙論には、時の推移や輪廻の象徴として馬車の車輪での比喩が用いられる。この比喩は、天体運動の観察に基づくだけでなく、当時の社会において馬車が権力の象徴であることに由来すると考えられている（荒川, 2005）。

車輪を引き離すよう創られた天地は平行する円盤状の構造として想像するのが自然である。しかし、荒川（2005）によると、『リグ・ヴェーダ』では天が鉢のような形をしていると詠われた表現もあり、大地についても方位を重視し、正方形として捉えられることもあったとされている。さらに、Gombrich（1975）も、天と地の構造に関して「二つの椀」や「二つの革袋」という見解があることを指摘しており、天や地の具体的な形状に統一像を見出すことは難しい。

2.2 宇宙の中心の山

『ヴェーダ』の文献を聖典とし、その儀式・宇宙観・社会秩序を基盤とした成立したのがバラモン教である。バラモン教では様々な宇宙創成論が生み出されたが、宇宙構造論は「メール山」を中心とする宇宙のみである（荒川, 2005）。

荒川（2005）は、メール山は天地を支える「車

軸」ではなく、ヒマラヤ信仰を背景とする宇宙観の系譜であると主張している。ヒマラヤ山脈はインダス川やガンジス川といった主要な河川の水源としてインドの大地を潤す重要な山として信仰されてきた。このメール山の概念は、後にヒンドゥー教へも継承され、仏教においても「須弥山（しゅみせん）」と名称を変えて登場し、宇宙の中心にそびえる山として位置づけられるようになる。

2.3 四方の大陸と七環の大陸

仏教やヒンドゥー教では、メール山（須弥山）を中心とした宇宙構造が具体化されていき、山の位置や周囲の大陸・海洋の配置も描かれるようになった。

メール山は時代とともに神々の山として人間の住む大陸と切り離され、ヒマラヤとは別の山とされるようになった。紀元前 4 世紀頃から 4 世紀頃にかけて成立したヒンドゥー教の叙事詩『マハーバータ』によると、メール山は中央の大陸「イラーヴリタ」にそびえ、その周囲には東西南北に 4 つの大陸が位置すると記されている。このうち、人間が暮らすのは南の大陸「ジャンブードゥーヴィーパ」である。こうした四方の大陸の構成は、仏教の論書『俱舍論』に登場する「四大洲（しだいしゅう）」の思想と共通している。『俱舍論』においては、四方の大陸のほかに七環の大陸も描かれている。Fig.2 は 1860 年代に日本で描かれた須弥山図であり、中心の須弥山の周囲に、七重の大陸（山脈）と大海が交互に配置された様子が視覚的に示されている。この宇宙構造は仏教独自のものではない。ヒンドゥー教の聖典『ヴィシュヌ・プラーナ』では四方の大陸の概念は登場せず、メール山は人間の住む大陸に位置するものの、そこを中心とした七重の大陸が配置されている（荒川, 2005）（中村ら, 2011）。

2.4 階層構造（天上と地下の世界）

前述のとおり『リグ・ヴェーダ』では天地を車輪に例える表現が見られる。また同書では、天がさらに三重に分かれており、最上層の天はヤマという神が支配する死者の世界「ヤマ天」とされている。このように『リグ・ヴェーダ』における上下方向の階層的な宇宙構造は、仏教やヒンドゥー教における宇宙観にも受け継がれている（荒川, 2005）。

仏教では、須弥山の頂上に忉利天（とうりてん）と呼ばれる天界が存在し、さらにその上空には夜摩天（やまてん）をはじめとする多くの天界が想像された（Fig.2）。夜摩天という名称からも示唆される通り、仏教の天界には『ヴェーダ』の神々が配されており、この仏教の天界の観念の原点が『ヴェーダ』にあるとされる（荒川, 2005）。

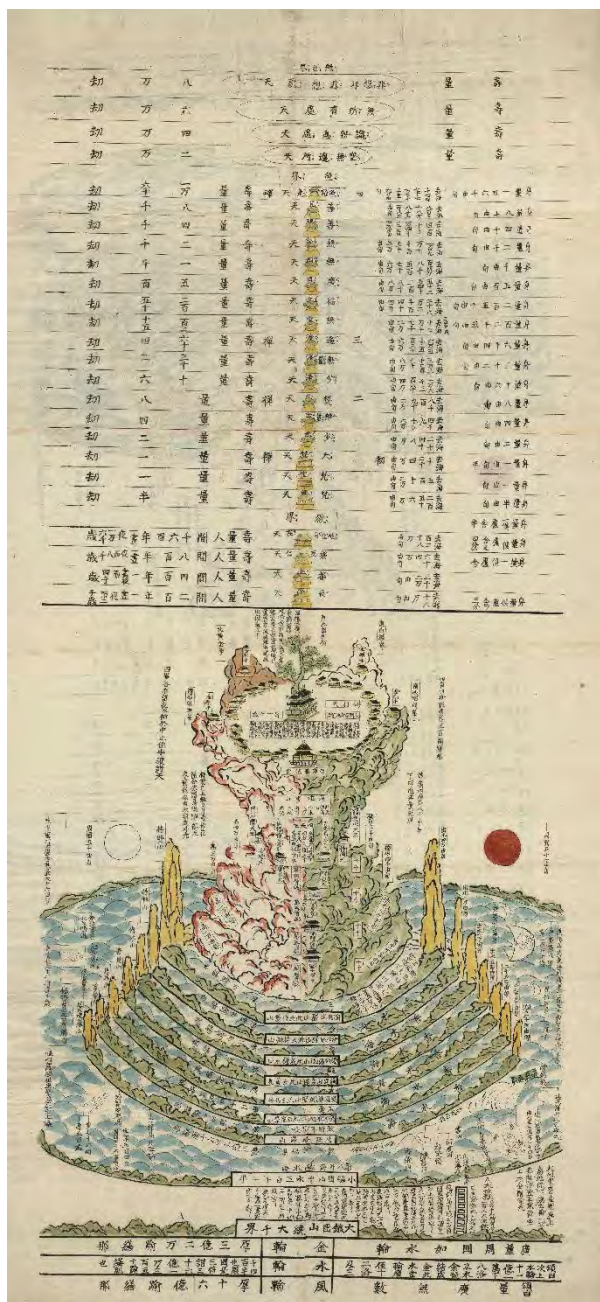


Fig. 2 須弥山図

ヒンドゥー教の『ヴィシュヌ・プラーナ』には、ギリシア天文学の影響が見られる。「スヴァール・ローカ（天界）」という世界には下から太陽、月、星宿（恒星）、水星、金星、火星、木星、土星、七仙人（おおぐま座）、北極星が配されており、北極星はあらゆる天体の回転の軸とされている。さらにその上方には、神々や不死者などの住処が四層に渡って想像されている（荒川，2005）（定方，1985）。

荒川（2005）は天上とは異なり、『リグ・ヴェーダ』には地下や地獄といった観念は存在しないと述べる。Gombrich（1975）も『リグ・ヴェーダ』の中に「下界」と明確に記述された箇所がないことを指摘している。一方で、Gombrich（1975）は「天」以外の「地」や「空気」もさらに三層に分かれており、人間は「地」の最も高い層に住む

ことから、下界の存在を示しているという。

これに対し、仏教では神々の住む大陸ではなく、人間の住む大陸の下に七層の地獄があるとされている。ヒンドゥー教でも七層の地下世界が認められているが、それらとは別に複数の地獄も存在し、『ヴィシュヌ・プラーナ』には 28 の地獄が挙げられている（荒川，2005）（定方，1985）。

3. 宇宙観模型に関する考察

本章では、前章で取り上げた古代インドの宇宙観に関する情報に加え、廣瀬（2020）による「象・亀・蛇が大地を支える宇宙」に関する報告を参照しながら、現在展示されている宇宙観模型の活用および今後の更新に向けた考察を行う。

3.1 古代インドにおける基本的な宇宙観

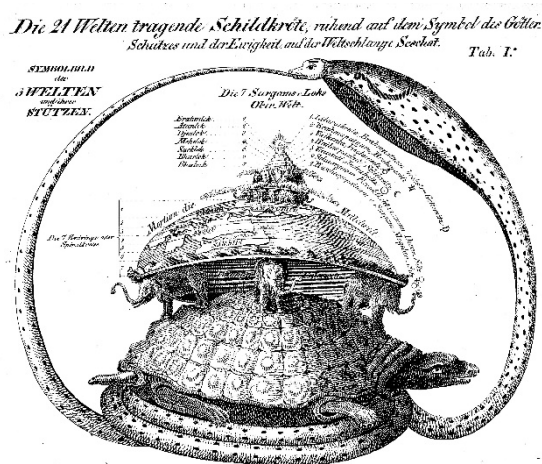


Fig. 3 象・亀・蛇が大地を支える宇宙
(Niklas Müller, 1822)

バラモン教をはじめ、仏教やヒンドゥー教に共通する宇宙観の特徴は、宇宙の中心に神聖な山（メール山／須弥山）が位置し、天地が上下に多層的な構造をなしている点にある。これはジャイナ教という宗教体系でもみられる。

このような構造的特徴は、現在展示されている模型においても一定程度反映されており、中央の山と、それを支える象・亀・蛇・大地による多層構造は、古代インドの宇宙観の基本的な要素と概ね一致している。展示の更新を行わずに現行の模型を引き続き活用する場合には、この一致点を明示的に解説することで、観覧者の理解を深めることができるだろう。

3.2 現在の模型の問題

1.2 節で述べたとおり、日本で広まっている「象・亀・蛇が大地を支える宇宙観」は、インドにおける明確な典拠が存在せず、実際にはヨーロッパで構築されたものであると報告されている。Fig.3 は、19 世紀にドイツの画家・作家によって描かれたイラストであり、現在確認できる中では最古の「象・亀・蛇が大地を支える宇宙」の図像とされている（廣瀬，2020）。

また、展示模型における象の頭数にも問題がある。象の起源が、インド神話における「方位の象

（ディグガジャ）」に求められるとすれば、本来は 4 頭または 8 頭であるべきところ、展示されている模型では 3 頭しか表現されていない。廣瀬（2020）は、この 3 頭の象という誤った描写が日本独自の解釈によって広まった可能性が高いと指摘している。

また、廣瀬（2020）は、宗教・地理・民族・時代といった多様な要因を無視し、「インド」という単一の枠組みで宇宙観を一括りにしてしまう態度そのものが問題であると指摘している。

本稿においても、例えば『リグ・ヴェーダ』における天地の構造が統一されていない点（2.1 節）、ヒンドゥー教内でも『マハーバーラタ』と『ヴィシュヌ・プラーナ』における大陸の描写が異なる点（2.3 節）、さらにヒンドゥー教の天界構造にギリシア天文学の影響が見られる点（2.4 節）など、多様な宇宙観が互いに排除されることなく共存してきた伝統について論じてきた。

したがって、現在の模型を今後の展示リニューアル後も引き続き活用する場合には、「インド」や「古代」という語に対する偏見を助長しないよう配慮し、むしろインドにおける宇宙観の多様性を積極的に紹介・普及していく姿勢が求められる。

4. 注目すべき今後の研究

近年では、人工知能を用いた言語構造の分析が試みられるほか、インド南部タミルナド州においてインダス文字との関連が指摘される古代文字が発見されるなど、インダス文字研究への関心が再び高まりを見せている（時事通信外信部, 2025）。

本稿では『ヴェーダ』以降に見られる宇宙観を中心に論じてきたが、今後インダス文明における宇宙観の解明が進展すれば、宇宙の中心に聖なる山を置き、天地を上下に多層構造として捉えるといった、「古代インドの宇宙観」における基本的な宇宙構造自体が再検討される可能性もある。

<参考文献>

- 荒川紘（2005）『東と西の宇宙観<東洋篇>』紀伊國屋書店, p.20-41, 51-53, 70-88, 113-116
- 川口和彦（2024）『天文学史と長久保赤水』長久保赤水顕彰会, p.35-37
- 定方晟（1985）『インドの宇宙誌』株式会社春秋社, p.93-107
- 時事通信外信部（2025）「インダス文字解読に 1 億 5000 万円 州首相表明で研究に活気—インド南部」時事ドットコムニュース 3 月 31 日, <https://www.jiji.com/jc/article?k=2025033100109&g=int>（参照 2025-06-09）
- 中村士・岡村定矩（2011）『宇宙観 5000 年史 人類は宇宙をどうみてきたか』財団法人東京大学出版会, p.13-14
- 廣瀬匠（2020）『作られた古代インドの宇宙観』星ナビ 2020 年 12 月号, 株式会社アストロアーツ, p.50-59
- Niklas Müller（1822）『Glauben, Wissen und Kunst der alten Hindus』Mainz: Florian Kupferberg, 図版 1, 画像出典：GRETIL（Göttingen Register of Electronic Texts in Indian Languages）
- Richard Francis Gombrich（1975）インドの宇宙論, Carmen Blacker, Michael Loewe (Eds.) 『ANCIENT COSMOLOGIES』George Allen & Unwin Ltd（矢島祐利・矢島文男訳（1976）『古代の宇宙論』海鳴社, p.107-110

2024 年度 中期計画の評価報告

大江 宏典

OOE Hironori

要約

仙台市天文台では 3 年毎に中期計画を策定している。2023 年度からは、新たに社会的インパクト・マネジメントの考え方に基いて計画を立案し、事業の推進と評価を行ってきた。本報告では、同マネジメント・サイクルに則り、中期計画策定から 2 年目となる 2024 年度の取り組みおよび分析結果について報告する。

1. はじめに

1.1 目的

仙台市天文台では、中期計画を策定・運用に際し、以下の目的を掲げている。

- ・事業の社会的インパクトを可視化し、ステークホルダーへの説明責任を果たす
- ・評価結果を基に、事業活動の改善を図る

1.2 評価方法

2024 年度も以下のインパクト・マネジメント・サイクルに則り、計画を実行し、分析・評価を実施した。

- ・計画（Plan）：
ロジックモデルの作成、評価 目標の設定
- ・実行（Do）：
プロセス管理、指標に関するデータ収集
- ・効果の把握（Assess）：
データの検証と分析
- ・報告と活用（Report&Utilize）：
分析結果の報告と事業改善に活用

2. 計画（ニーズ評価）

2.1 ロジックモデルの改定

2024 年度は当初のロジックモデルを一部改訂し、Tab. 1 に示す第二期ロジックモデルを策定した。主な修正点は以下の通り。

- ・「具体的活動」を「具体的活動例」に変更し、ロジックモデルの具体的活動欄に記載のない活動でも柔軟な採用を可能とした。
- ・E-1 と E-2 を「E-1 科学・宇宙を追求した先にある豊かさを実感する」に統合。
- ・上記に伴い、E2-1 を「E1-2 well-being な事例の発信」に変更。

2.2 ターゲットマトリクスの検討

昨年度と同じ「企画・交流活動ターゲットマトリクス（Tab. 2）」を使用した。

3. 実行（プロセス評価）

ロジックモデルに基づく活動の実施と並行して、

計画通りにアウトプットが生み出されているのか、モニタリングを実施した。

3.1 アウトプット（2024 年度実績）

2024 年度の実績は Tab. 3 に示す通りである。

「C1-3 小中高校における天文分野の再学習機会の提供」のみ未着手となったが、その他の項目については十分に具体的活動を展開できたものと考ええる。

4. 効果の把握（アウトカム評価）

4.1 指標と測定方法

アウトカム毎に異なる指標を設定し、Tab.4 に示す方法で測定と分析を行った。

4.2 評価結果

4.2.1 直接アウトカムの評価

A1) 来館により日常と宇宙とのつながりを発見する

来館前に科学・宇宙に特に興味がなかった来館者（市民A）は、来館後も興味に変化が見られなかった（Tab. 5）。

A2) 暮らしの中で日常と宇宙とのつながりを発見する

非来館者の 92.5%が「興味が高まった」と回答（Tab. 6）。ただし、回答数が少なく、回答者が市民Aに該当するか不明のため参考値として扱う。

Tab. 6 ソラリストアンケート結果

Q.ソラリストを読んで宇宙への興味・関心の度合いはどのように変化しましたか？

	回答数	割合
とても高まった	21	52.5%
高まった	16	40.0%
変化しなかった	3	7.5%
計	40	100%

B1) 体験的な活動により学びの意欲が向上する
来館前に科学・宇宙に少し興味があった来館者（市民B）は、施設体験を通して来館後に少し興味が高まった（Tab. 5）。

C1) 学校教育における天文分野の学習内容を習得する

令和6年度小学5年生「月と星」の正解率と目標値との差を令和5年度と比較した結果、マイナスとなった。一方、令和6年度中学1年生「月と太陽」の正解率と目標値との差を令和5年度と比較した結果は、大幅にプラスとなった（Tab. 7）。

ただし、この分析結果は、施設活動との因果関係は未確認。また、中学生の習得率の測定は困難であり、指標の再検討が必要。

Tab. 7 仙台市標準学力検査の結果比較

	R5	R6		R5	R6
5年理科	月と星		1年理科	月と太陽	
目標値	61.7	73.3	目標値	56.7	75.0
市平均正答率	62.6	71.7	市平均正答率	50.3	83.4
目標値との差	0.9	-1.6	目標値との差	-6.4	8.4

C2) 施設の諸活動を通して天文学の知識等を習得する

習得率の測定は困難だったため、来館者（市民C）の興味関心の変化を測定し、知識の増減とみなすことにした。その結果、来館前に科学・宇宙に興味があった来館者（市民C）は、来館後にやや興味が高まっていることがわかった（Tab. 5）。

D1) 科学的な思考力、表現力が向上する

科学的な思考力、表現力の測定は困難だったため、来館者（市民D）の興味関心の変化を測定し、科学的な思考力や表現力の増減とみなすことにした。その結果、来館前に科学・宇宙に非常に興味があった来館者（市民D）は、来館後に非常に興味が高まっていることがわかった（Tab. 5）。

D2) 研究しやすい環境が整っている

3件の環境整備を実施。

E1) 科学者・天文学者と市民との接点づくり

3件の取り組みで59回のイベントを実施し、1,733名が参加。

E2) Well-being な事例の発信

6件の事例を発信。

4.2.2 中間アウトカム評価

中間アウトカムの結果を以下の通り総括。なお、ポジティブな結果が出たアウトカムについては黒枠で示している（Tab. 4）。

A) 身近な出来事に科学・宇宙との関りを感じる市民の増加

A1は未達成であり、A2は再測定が必要。評価困難なため未達成とする。

B) 科学・宇宙に継続的な興味と好奇心をもって接する市民の増加

B1を達成したことにより、市民Bは増加したものと考えられる。よって達成とする。

C) 科学的な知識を身に付け、天文現象を正しく理解できる市民の増加

C2は達成したもののC1は再測定が必要。評価困難なため未達成とする。

D) 事象の中に自ら疑問を見出し、科学的な手法を用いて追及する市民の増加

D1・D2を達成したことから、市民Dは増加したものと考えられる。よって達成とする。

E) 科学・宇宙の知識や能力を提供する等により、豊かに生きる社会づくりに参画する市民の増加

E1・E2を達成したことから、中間アウトカムEに該当する市民は増加したものと考えられる。よって達成とする。

5. 報告と活用

5.1 指標および測定方法の改善

来年度に向けて以下の改善が必要である。

- ・市民Aの増減を測るための非来館者を対象としたデータ収集方法
- ・市民Cの増減を測るための学校教育と施設活動の相関を測る手法

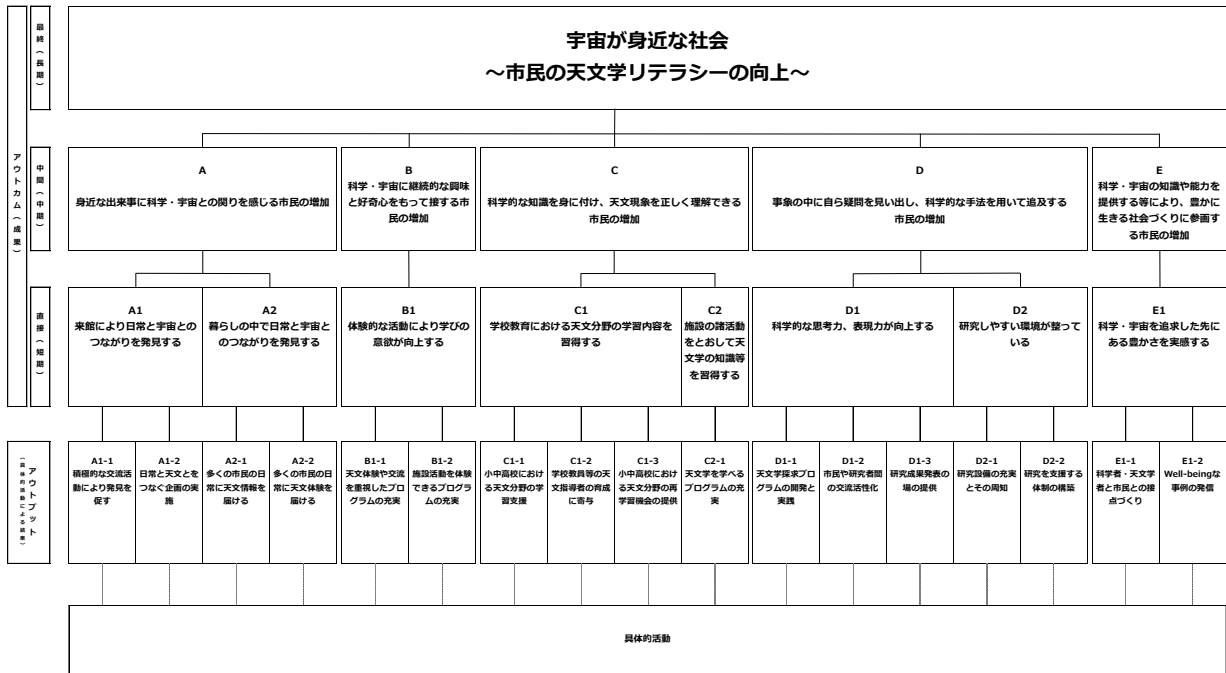
5.2 総評

社会的インパクト・マネジメントも2年目に入り、当レポートの精度も着実に高まりつつある。今後も市民の声に耳を傾けながら、施設が市民にもたらす変化を可視化していくことで、仙台市天文台が目指すべき方向性も次第に明らかになっていくものと期待される。

2024年度の総評として、最大の成果は、ロジックモデルの運用から2年目にして全てのアウトカムについて測定や分析に着手できた点である。一部に測定方法の改善の余地を残しつつも、これまで無機質に見えていた数値の中から、市民の反応やスタッフの尽力が浮かび上がってきたように思われる。

一方で、今回の分析結果で最も衝撃的だったのは、来館前後において市民Aの興味・関心に変化が見られなかった点である。昨年度は同項目においてポジティブな傾向が確認されていたことから、今年度の結果には注視する必要がある。今後は原因を丁寧に分析するとともに、必要に応じて対策を講じていきたい。

Tab. 1 第二期ロジックモデル



Tab. 2 企画・交流活動ターゲットマトリクス

				幼児～小学校低学年期	小学校高学年～中学校期	高等学校・高等教育期	子育て期 壮年期	熟年期・高齢期
市民A	・科学・宇宙への一時的な関心を持つ市民 ・マスコミ報道などによる社会的関心の高まりに反応	出会う (存在の認知)	身近な出来事に科学・宇宙との関りを感じる市民					
		感じる (感性の涵養)	科学・宇宙に継続的な興味と好奇心を持って接する市民					
市民B	・科学・宇宙への継続的な関心を持つ市民 ・初心者から愛好者までの天文ファン	知る (知識の習得・概念の理解)	科学的な知識を身に付け、天文現象を正しく理解できる市民					
		考える (科学的な思考習慣)	事象の中に自ら疑問を見出し、科学的な手法を用いて追及する市民					
市民C	・科学・宇宙への高い関心を持ち、自主的に活動をしている市民 ・サークル、天文クラブ員、天文ボランティア							
市民D	・指導者、研究者	行動する (社会の状況に適切に対応する能力)	科学・宇宙の知識や能力を提供する等により、豊かに生きる社会づくりに参画する市民					

Tab.3 アウトプット（2024年度の実績）

アウトプット		具体的活動	2024年度実績			
			対象	件数	測定値	
A1-1	積極的な交流活動により発見を促す	プラネタリウム 星空の時間「今夜の星空散歩」の放映	来館者	629回	・観覧者数	45,766名
		プラネタリウム こどもの時間「プラネくんとあそぼう！」の放映	来館者	154回	・観覧者数	13,113名
		平日の展示ツアーの実施	来館者	48回	・参加者数	229名
A1-2	日常と天文とをつなぐ企画の実施	WS「宇宙のぐるぐるみーつけた！」の改善・実施	来館者	12回	・参加者数	55名
		WS「太陽のふしぎにせまろう！」の改善・実施	来館者	6回	・参加者数	17名
		WS「石のひみつにせまろう！」の改善・実施	来館者	6回	・参加者数	22名
		七夕をテーマとしたイベントの実施（仙台市野草園との連携事業）	来館者	・企画展 53日間 ・ワークショップ 1回 ・観望会 1回	・参加者数	・カウントなし ・78名 ・40名
		大航海時代の星空をテーマとしたイベントの実施（仙台市博物館との連携事業）	来館者	・トークイベント 1回 ・七夕イベント 1回	・参加者数	・40名 ・81名
		図書×宇宙をテーマとしたイベントの実施（仙台市広瀬図書館との連携事業）	来館者	・子ども天文教室 1回 ・ブックトークと観望会 ・おはなし会 1回	・参加者数	・12名 ・14名 ・14名
		星マルシェの実施	来館者	46回	・来場者数	カウントなし
		希望の星展示会	来館者	3回	・来場者数	カウントなし
		「Mahina o hoku マヒナ オ ホク ~空とフラと語り~」の実施	来館者	1回	・観覧者数	271名
		「星に願いを音どける「チベッタシンギングボウル」の実施	来館者	1回	・観覧者数	61名
		「STAR&TRAIN 星と月と鉄道と 第3駅（サード・ステーション）～ともに～」の実施	来館者	1回	・観覧者数	847名
		「VEE Presents "Seek the Brilliance"」の実施	来館者	1回	・観覧者数	61名
		「声優星空プラネタリウム朗読会 ほし×こえ」の実施	来館者	1回	・観覧者数	979名
		「おはなしクラシック45 動物たちのパレード♪」の実施	来館者	1回	・観覧者数	264名
		ペビープラネタリウムの実施	来館者	1回	・観覧者数	207名
		プラネタリウム 星空の時間「見上げて楽しむ伝統的七夕」の放映	来館者	6回	・観覧者数	330名
		プラネタリウム 星空の時間「中秋の名月」の放映	来館者	3回	・観覧者数	463名
		スタッフサポーターによる七夕装飾とワークショップの実施	来館者	2回	・参加者数	21名
A2-1	多くの市民の日常に天文情報を届ける	センダイヘンジに関するプレスリリース	メディア担当者	1件	・取材数	6件
		オーロラに関するプレスリリース	メディア担当者	1件	・取材数	8件
		紫金山・アトラス彗星に関するプレスリリース	メディア担当者	1件	・取材数	6件
		フリーマガジン「ソラリスト」による天文情報提供	非来館者	1件	・配布部数	約57,600部
		SNSによる天文情報提供	非来館者	・X 103件 ・instagram 38件	・フォロー数	・13,026件 ・6,129件 (2024/3/31時点)
A2-2	多くの市民の日常に天文体験を届ける	移動天文台（出張観望会）の実施	非来館者	40回	・参加者数	2,282名
		講座・講演会への講師派遣	非来館者	4回	・参加者数	150名

アウトプット		具体的活動	2024年度実績			
			対象	件数	測定値	
B1-1	天文体験や交流を重視したプログラムの充実	天体望遠鏡教室(手作り望遠鏡編/初心者編/上級者編)の実施	来館者	5回	・参加者数	79名
		展示ツアー「いろいろな光で見る太陽の姿」実施	来館者	52回	・参加者数	259名
		天文の時間「THE SUN ~科学で迫る太陽の姿~」を実施	来館者	51回	・観覧者数	3,977名
		「太陽」をテーマにしたエクスぺリエンスサークルの構築	来館者	1件	・参加者数	366名
		展示ツアー「金星はいつ見える？」実施	来館者	24件	・参加者数	164名
		プラネタリウム 星空の時間「金星の姿のひみつ」の放映	来館者	23件	・観覧者数	1,133名
		「金星」をテーマにしたエクスぺリエンスサークルの構築	来館者	1件	・サークル体験人数	41名
B1-2	施設活動を体験できるプログラムの充実	「スマホで星空撮影 in プラネタリウム」の実施	来館者	11回	・参加者数	166名
		職場体験の受入れ	中学生	2件	・受入人数	5名
		博物館実習の受入れ	大学生	1件	・受入人数	1名
		インターンシップの受入れ	大学生	1件	・受入人数	1名

アウトプット		具体的活動	2024年度実績			
			対象	件数	測定値	
C1-1	小中高校における天文分野の学習支援	小学校天文台学習の実施	小学生	1件	・参加者数	14,961名
		中学校天文台学習の実施	中学生	1件	・参加者数	8,793名
		高等学校天文台学習の実施	高校生	1件	・参加者数	39名
C1-2	学校教員等の天文指導者の育成に寄与	教員研修会の実施	小中学校教員	1件	・参加者数	12名
		天体画像を使った天文教育指導者ワークショップの開催支援	天文教育指導者	1件	・参加者数	13名
C1-3	小中高校における天文分野の再学習機会の提供	なし	—	—	—	—
C2-1	天文学を学べるプログラムの充実	実験教室（スペースラボ）の実施（宮城教育大学との連携事業）	小中学生	4回	・参加者数	42名

アウトプット		具体的活動	2024年度実績			
			対象	件数	測定値	
D1-1	天文学探求プログラムの開発と実践	観測体験プログラムの企画・実施(東北大学との連携事業)	中学生	1回	・参加者数	19名
		天文学体験プログラム(もし天)の実施(東北大学・宮城教育大学との連携事業)	高校生	1件	・参加者数	12名
D1-2	市民や研究者間の交流活性化	ブレインサポーター集会の実施	ブレインサポーター	1回	・参加者数	8名
		ブレインサポーターイベント「宇宙のお悩み相談所」実施	来館者	2回	・参加者数	30名
D1-3	研究成果発表の場の提供	仙台天文同好会による成果発表会	天文関連団体	1回	・研究者数	49名
		研究・実践紀要にて市民の観測研究成果を公開	市民	2件	・研究者数	8名
		NPO団体CURASCOPIUMによる研究支援	天文関連団体	1件	・研究者数	12名
		「もしも君が杜の都で天文学者になったら。。。」研究成果ポスター掲示	高校生	3件	・研究者数	12名
D2-1	研究設備の充実とその周知	国際天文学・天体物理学オリンピック日本代表に研修の場を提供	研究者	1回	・研究者数	1名
D2-2	研究を支援する体制の構築	市民観測員の育成・認定	研究者	5件	・研究者数	2名
		企画・交流係による研究活動の推進	企画・交流係	9名	・研究成果のアウトプット数	8件

アウトプット		具体的活動	2024年度実績			
			対象	件数	測定値	
E1-1	科学者・天文学者と市民との接点づくり	トワイライトサロンの実施	来館者	53回	・来場者数	1,366名
		公開サイエンス講座の実施	来館者	2回	・参加者数	173名
		アースデイ講演会の実施	来館者	1回	・参加者数	12名
E1-2	Well-beingな事例の発信	職場体験に参加した生徒による弁論大会での発表	発信者	1件	・発信者数	1名
		視覚障害者団体による出展や点字制作活動	発信者	3件	・発信者数	1団体
		震災特別番組「星よりも、遠くへ」の放映と配給	発信者	1件	・放映館数	45館
		移動天文台に来場した生徒による宮城県高等学校放送コンテスト新人大会での発表	発信者	1件	・発信者数	1名
		NPO団体CURASCOPIUMによる視覚障害者を対象としたイベント「宇宙のサウンドスケープ」実施	発信者	1件	・発信者数 ・参加者数	・1団体 ・182名

Tab.4 アウトカム評価（2024 年度の成果）

アウトカム					指標	測定方法
最終		中間	直接			
宇宙が身近な社会 ～市民の天文学リテラシーの向上～	A	身近な出来事に科学・宇宙との関りを感じる市民の増加	A1	来館により日常と宇宙とのつながりを発見する	来館者（市民A）の科学・宇宙への興味関心の変化	Webアンケート調査によって、来館前に「科学・宇宙に特に興味はなかった」と答えた来館者の来館後の興味・関心の変化を測定
			A2	暮らしの中で日常と宇宙とのつながりを発見する	非来館者（市民A）の科学・宇宙への興味関心の変化	フリーマガジン「ソラリスト」のWebアンケート調査によって、ソラリストを読んだ後の興味・関心の変化を測定
	B	科学・宇宙に継続的な興味と好奇心をもって接する市民の増加	B1	体験的な活動により学びの意欲が向上する	来館者（市民B）の科学・宇宙への興味関心の変化	Webアンケート調査によって、来館前に「科学・宇宙に少し興味があった」と答えた来館者の来館後の興味・関心の変化を測定
	C	科学的な知識を身に付け、天文現象を正しく理解できる市民の増加	C1	学校教育における天文分野の学習内容を習得する	仙台市標準学力検査における天文分野の正答率の推移	令和5年度仙台市標準学力検査の結果を基準値として令和6年度の結果と比較
			C2	施設の諸活動をおとして天文学の知識等を習得する	来館者（市民C）の科学・宇宙への興味関心の変化	Webアンケート調査によって、来館前に「科学・宇宙に興味があった」と答えた来館者の来館後の興味・関心の変化を測定
	D	事象の中に自ら疑問を見出し、科学的な手法を用いて追及する市民の増加	D1	科学的な思考力、表現力が向上する	来館者（市民D）の科学・宇宙への興味関心の変化	・Webアンケート調査によって、来館前に「科学・宇宙に非常に興味があった」と答えた来館者の来館後の興味・関心の変化を測定
			D2	研究しやすい環境が整っている	取組み数の増加	Tab.3アウトプット（2024年度実績）の数値を増加数とする
	E	科学・宇宙の知識や能力を提供する等により、豊かに生きる社会づくりに参画する市民の増加	E1	科学者・天文学者と市民との接点づくり	イベント数と参加者数の増加	Tab.3アウトプット（2024年度実績）の数値を増加数とする
			E2	Well-beingな事例の発信	事例発信件数の増加	Tab.3アウトプット（2024年度実績）の数値を増加数とする

Tab.5 クロス集計表

（△は有意に多い、▼は有意に少ない）

			来館後の宇宙への興味の度合い				合 計
			1.変わらなかった	2.少し興味が高まった	3.やや興味が高まった	4.非常に興味が高まった	
来館前の宇宙への 興味の度合い	1.特に興味は なかった	度数	△ 14	22	14	▼ 16	66
		調整済残差	3.0	1.0	-0.9	-2.0	
	2.少し興味が あった	度数	26	△ 140	92	▼ 59	317
		調整済残差	-1.6	7.8	1.5	-7.7	
	3.興味があった	度数	25	69	△ 100	▼ 80	274
		調整済残差	-0.8	-1.3	4.7	-2.6	
	4.非常に興味が あった	度数	31	▼ 29	▼ 35	△ 172	267
		調整済残差	0.8	-7.4	-5.7	11.8	

移動天文車「ベガ号」の公園出動についての報告

林 菜の子

HAYASHI Nanoko

要約

仙台市天文台が錦ヶ丘に移転してから5年後の2013年以降の、移動天文車「ベガ号」の公園への出動を振り返った。その結果、公園ごとに参加者数に違いがあること、出動当日に天文現象等普段の出動とは異なる特別なイベントや天文現象があった場合に、参加者数が増えることが分かった。

1. はじめに

移動天文車「ベガ号」とは、1993年3月に仙台市天文台に導入された、口径20cmのクーデ式屈折望遠鏡を搭載した車両である。以来、約31年間にわたり宮城県内各地へ出向き、延べ15万人を超える市民に星空観察の機会を提供してきたが、2024年10月に車両の老朽化に伴い更新となった。本稿では、仙台市天文台が錦ヶ丘へ移転した013年以降の公園への出動状況を整理し、各公園での参加者数の増減に影響を与えた要因について考察する。また、特に参加者数が多かった出動先を取り上げ、その要因についても分析を試みる。

2. 各公園の平均参加者数

これまで「ベガ号」は勾当台公園、七北田公園、榴岡公園、杜の広場公園、海岸公園冒険広場、西公園の6つの公園へ定期的に出動してきた。まずは各公園における総参加者数と出動件数をTab. 1にまとめた。また、Fig. 1–Fig. 4には、各公園で開催した際の参加者数を天候別に分類し、グラフとして示した。なお、総参加者数および総出動件数は、昼間の開催やイベント、天文現象を目的とした特別な開催は含めず、通常の出動のみを集計対象とした。出動実績については、勾当台公園は2013-2023年、杜の広場公園は2015年以降、海岸公園冒険広場は2019年以降の出動、西公園は2021年以降の出動である。天候の分類においては、例えば「曇時々晴」は「曇」、「雪時々晴」は「雪」として集計した。

Tab. 1 各公園の総参加者数と総出動件数、平均参加者数

公園	総参加者数 (人)	総出動件数 (件)	平均参加者数 (人)
勾当台公園	1844	34	54
七北田公園	3428	54	63
榴岡公園	2217	49	45
杜の広場公園	2246	35	64
海岸公園冒険広場	399	11	36
西公園	268	7	38

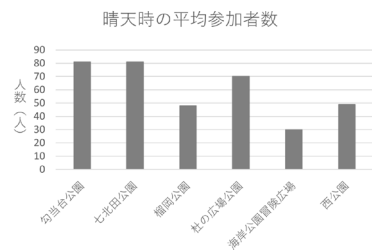


Fig. 1 晴天時の平均参加者数

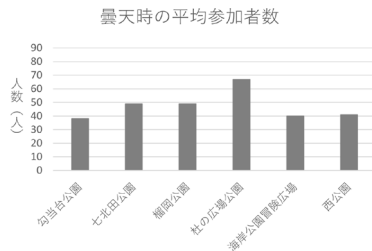


Fig. 2 曇天時の平均参加者数

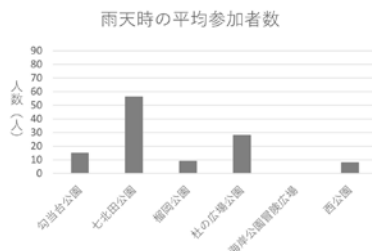


Fig. 3 雨天時の平均参加者数

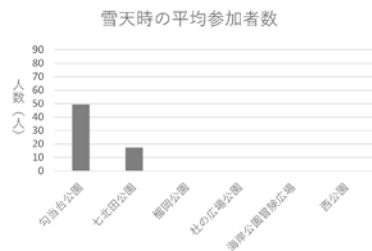


Fig. 4 雪天時の平均参加者数

平均参加者数を比較した結果、天候に関わらず七北田公園および杜の広場公園での開催時に参加者数が多い傾向が見られた。また、天候別に参加者数を比較すると、やはり晴天時に最も多くの参加者が集まり、雨天や降雪時には参加者数が減少する傾向が確認された。しかしながら、榴岡公園および杜の広場公園においては、晴天時と曇天時の間で参加者数に大きな差は見られなかった。

3. 特に参加者数が多かった出動について

特に参加者数が多かった出動例として、参加者数が100人を超えた出動を抽出し、Tab. 2に示した。さらに、参加者数が300人を超えた出動について観望天体や天文現象の有無を調査すると、以下のような特徴が見られた。

- ・2014年10月8日 榴岡公園
約3年ぶりに皆既月食が発生し、20時頃に観望の好機を迎えたことから、多くの参加者を集めた。
- ・2014年10月19日 榴岡公園
宮城野区区民まつりの開催にあわせて出動し、太陽観測を実施。イベントには多数の市民が来場した。
- ・2014年11月9日 勾当台公園
仙台市市役所前で開催されたPTAフェスティバルに出動し、多くの市民が来場した。
- ・2016年10月16日 榴岡公園
地域イベント「みやぎの・まつり」への出動時に太陽観測を実施し、多くの市民が参加した。

このように、天文現象がある日の出動や、イベントへの招致による出動では参加者数が増加する傾向が確認された。いずれも市民が参加しやすい時間帯に開催されたことが、集客の一因であったと考えられる。

なお、上記以外の日程で天文現象等があり、参加者数が100人を超えた例は、2024年10月25日に開催された「ありがとう！ベガ号〜リニューアル前のラストウォッチング〜」のみであった。また、表から明らかになった点として、2021年から2023年の間には、参加者数が100人を超えた出動実績が存在しなかった。この背景には、新型コロナウイルス感染症の拡大防止を目的として、参加人数や観望方法に制限が設けられたことが影響していると考えられる。

4. まとめ・今後の展望

これまでの内容から次のことが考えられる。

- ・平均参加者数が多い七北田公園および杜の広場公園、また天候による参加者数の変動が小さい榴岡公園には、「ベガ号」の固定的なファン層が一定数存在している可能性がある。
- ・イベントにあわせて日中に出動した場合、昼間の開催であることが影響し、通常よりも多くの参加者を集める傾向が見られる。
- ・通常とは異なる場所へ「ベガ号」を設置した場合、参加者数が増加する傾向がある。

新型コロナウイルス感染症の影響により、近年は参加者数の減少が顕著である。そのため、新車体への更新を契機として、より多くの市民に参加してもらえよう、広報活動の強化が必要であると考えられる。なお、海岸公園冒険広場および西公園については、他の公園に比べて出動の開始時期が比較的最近であるため、今後の出動データの蓄積により、より明確な傾向が把握できるようになると期待される。

現在、公園への出動スケジュールは固定化されているが、今後は本調査結果を踏まえ、出動日や出動先の選定を柔軟に見直すことが望ましい。

Tab. 2 参加者数が 100 人を超えた出動

年	月	日	出動先	晴 (人)	曇 (人)	観望可否
2013	8	9	七北田公園	154		可
2014	6	13	七北田公園	162		可
2014	10	3	勾当台公園	103		可
2014	10	8	勾当台公園	1076		可
2014	10	19	榴岡公園	497		可
2014	11	9	勾当台公園		432	否
2015	7	10	七北田公園	207		可
2015	8	7	榴岡公園		150	可
2015	9	4	榴岡公園	112		可
2015	10	2	勾当台公園	125		可
2015	10	9	七北田公園	137		可
2016	6	3	杜の広場公園		137	可
2016	9	9	杜の広場公園	167		可
2016	10	16	榴岡公園	330		可
2017	6	2	七北田公園	130		可
2017	7	14	七北田公園	105		可
2017	10	13	七北田公園	150		可
2018	7	13	七北田公園	165		可
2018	8	24	杜の広場公園		148	可
2018	9	14	杜の広場公園		116	可
2018	10	12	七北田公園		136	可
2018	11	23	杜の広場公園	125		可
2019	9	13	杜の広場公園		183	可
2019	10	31	勾当台公園	104		可
2020	1	10	七北田公園		123	可
2020	2	21	榴岡公園	111		可
2024	7	5	七北田公園		107	可
2024	10	25	西公園	157		可

※300 名を超える出動は人数を太字にした

仙台市天文台研究・実践紀要 第11号

2025年7月31日 発行

編集発行 仙台市天文台

〒989-3123

仙台市青葉区錦ヶ丘9丁目29-32

TEL 022-391-1300 FAX 022-391-1301

URL www.sendai-astro.jp

北緯 38°15'22"99 東経 140°45'18"56

標高 165m

SENDAI ASTRONOMICAL OBSERVATORY 2024

