



SENDAI ASTRONOMICAL OBSERVATORY

仙台市天文台

研究・実践紀要

BULLETIN : RESEARCH and PRACTICE

第 12 号

2025 年度

目次

M31 アンドロメダ銀河の視線速度の測定.....	細谷 直斗.....	2
食変光星アルゴルの分光観測.....	松下 真人.....	5
矮新星はくちょう座 SS の低分散分光観測.....	伊藤 芳春.....	8
	阿部 幸恵	
	木皿 栄江	
	(共同観測者)	
ひとみ望遠鏡による系外惑星トランジットの観測と測光解析.....	葛西 眞一郎.....	12
	佐藤 正道	
	堀 祐司	
	今崎 篤	
	(市民観測員)	
プラネタリウムワークショップ「夜空の明るさを考えてみよう」の実施と評価.....	佐野 繭姫.....	22
	(インターン)	
来館者視点に基づく施設評価指標の検討		
ー17年間の来館者アンケートデータをもとにー.....	小野寺 正己.....	27
2025 年度 中期計画の評価報告.....	大江 宏典.....	36

M31 アンドロメダ銀河の視線速度の測定

細谷 直斗

HOSOYA Naoto

要約

ひとみ望遠鏡の中分散分光器を用い、M31 アンドロメダ銀河の分光観測を行った。観測した M31 のスペクトルからドップラーシフト法で視線速度を測定したところ、278.4km/s という結果となった。

1. はじめに

M31 アンドロメダ銀河は、天の川銀河に最も近い渦巻銀河である。そんな M31 に関しては、分光観測によって天の川銀河に接近してきていることが 100 年以上前から知られている。

本研究では、ひとみ望遠鏡の中分散分光器を用いて M31 の分光観測を行い、得られたスペクトルからドップラーシフト法で視線速度を測定した。

$\Delta\lambda = 6.09[\text{\AA}]$ 、光速 $c = 3 \times 10^5[\text{km/s}]$ の値を、下記の速度と波長変化の関係式を用いて、M31 の視線速度 v を求めた。

$$\frac{v}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

その結果、 $v = 278.4[\text{km/s}]$ となった。

2. 観測およびデータ解析

2.1 観測情報

2025 年 9 月 27 日に観測を行った。観測情報は Tab. 1 に示す。

2.2 観測装置

ひとみ望遠鏡の中分散分光器を使用した。広がりのある天体であるため 4.80" スリットを使用した。また先行研究より、M31 の視線速度はおおよそ 300km/s と知られている。この速度を検出でき、かつ今回は $H\alpha$ の吸収線に注目するため、中分散 6500 モードを使用し、中心波長は 6500 $\text{\AA}$ で分光撮像を行った。スリットは M31 の中心に合わせ、540 秒露出で分光データを取得した。なお、観測機器の仕様については Tab. 2 に示す。

2.3 データ処理・解析

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 (Fig. 1)。使用した標準星は Tab.1 に示した。

こうして得られた M31 のスペクトルから $H\alpha$ の吸収線のピーク波長をガウシアンフィッティングで読み取り、ドップラーシフトを測定した。

3. 結果

M31 スペクトルの $H\alpha$ による吸収線のピーク波長を読み取ると、その波長は 6556.73 $\text{\AA}$ となった (Fig. 2)。 $H\alpha$ の吸収線の波長は 6562.82 $\text{\AA}$ であり、その差 ($\Delta\lambda$) は 6.09 となった。

基準となる $H\alpha$ の波長 $\lambda = 6562.82[\text{\AA}]$ 、検出した波長変化

4. 考察

既知の視線速度がおおよそ 300km/s であるのに対し、本研究の結果は 278.4km/s と差異が生じた。

M31 は渦巻銀河であり、その全体は回転をしている。本研究では天体の中心にスリットを合わせたが、中心のみの成分に限定はできておらず、渦状腕の成分も含んだものとなっている。そのため、銀河の回転による影響も受けてしまった結果、このような差異が生じたと考えられる。

今後このような観測を行う際は、可能な限りスリットを中心からずらし複数箇所の視線速度の平均をとることで、銀河回転の影響を除きより差異のない結果を測定してみたい。

< 参考文献 >

- Slipher(1913) The radial velocity of the Andromeda Nebula.
- Richard Walker(2017) Spectral Atlas for Amateur Astronomers Cambridge University Press.
- 仲千春, 松下真人, 千田華 (2019) 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

Tab. 1 観測情報

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)
M31	2025 年 9 月 23 日	22:10:09	540	5
HR8634(標準星)		23:02:54	60	5

Tab. 2 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)
スリット		4.80"
モード		中分散 6500
ブレース波長における波長範囲(Å)		5997-6944
波長分解能		R~ 2362
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

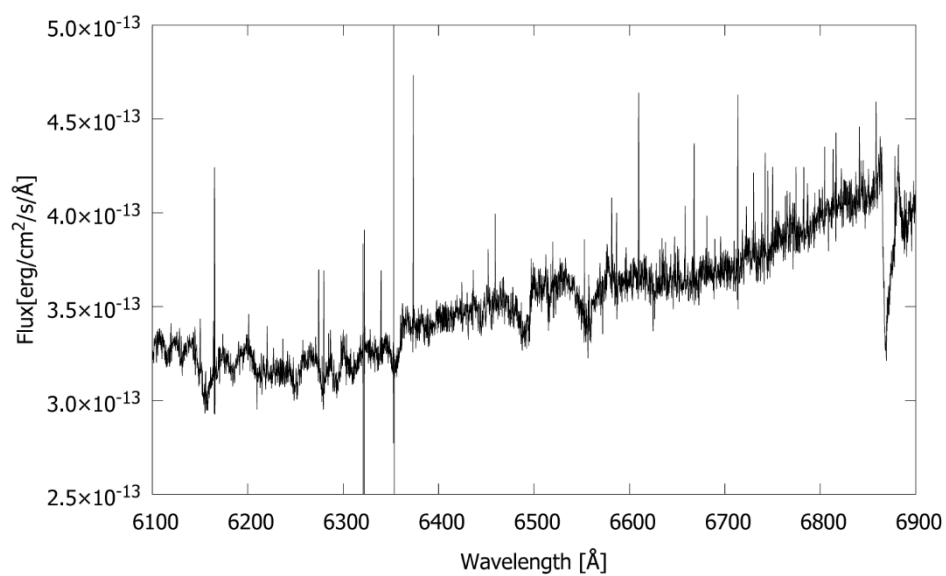


Fig. 1 M31 のスペクトル

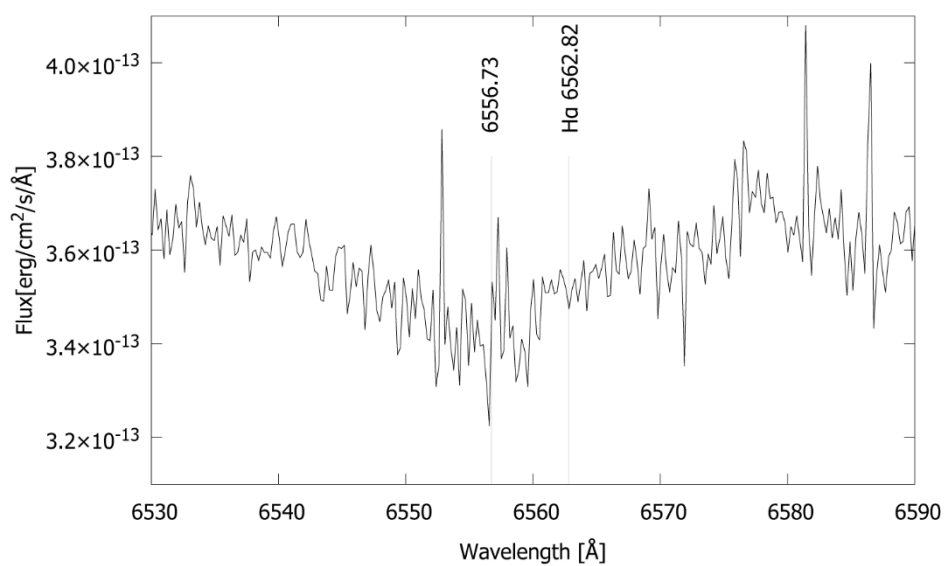


Fig. 2 $H\alpha$ 吸収線付近の拡大図

食変光星アルゴルの分光観測

松下 真人

Spectroscopic observations of the eclipsing binary Algol

MATSUSHITA Masato

要約

ひとみ望遠鏡に搭載された中分散分光器を使用し、食変光星アルゴルの主極小、及び副極小時刻付近に分光観測を行った。その結果、主極小では主星（F 型星）のスペクトルに加えて伴星（K 型星）のスペクトルの特徴が現れ、副極小では主星（F 型星）のスペクトルが顕著に表れることを確認した。

1. はじめに

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。

アルゴルは、約 2.867 日の周期で 2.1 等級から 3.4 等級まで暗くなる変光星として知られている。また、アルゴルは 3 つの星から成る連星系で、そのうちの 2 つ（アルゴル A、アルゴル B）がお互いを隠しあうように回ることによって明るさが変化するため食変光星と呼ばれている。主星のアルゴル A はスペクトル型が B8V、伴星のアルゴル B は K0IV とスペクトル型が異なるため、伴星が主星を隠す主極小時は伴星の K 型星のスペクトルが優位となり、主星が伴星を隠す副極小時は主星の B 型星のスペクトルが優位となると考えられる。そのため、主・副極小の双方のスペクトルに違いが現れると期待できる。

2. 観測方法

ひとみ望遠鏡の中分散分光器の低分散モードで、1.35" スリット、中心波長を 5500 Å に設定し、可視光域全域にわたるスペクトルを取得した。本観測で使用した観測装置、及び分光器用カメラの主な仕様は Tab. 1, Tab. 2 に示す。また、観測天体と観測条件については Tab. 3 に示す。なお、アルゴルの主極小の時刻（2025 年 1 月 19 日 21 時 34 分）は日本変光星研究会の予報を基にしている。副極小の時刻（2025 年 2 月 21 日 20 時 57 分）は、上記の主極小予想時刻から算出した。

3. 解析方法

天体画像処理ソフト IRAF を用い、取得した分光データに一次処理（ダーク処理、フラットフィールド処理）を行ったのち、比較光源を使用し identify, reidentify, fitcoord, transform の各タスクで波長校正を行った。さらに、apall タスクで一次元化し、standard, sensfunc, calibrate タスクで分光標準

星による強度補正を行った。

4. 結果

Tab. 3 において、主極小、及び、副極小の予想時刻に最も近いデータセットを太字下線付きで示しており、このデータを基にしたアルゴルのスペクトルを Fig. 1 に示す。

副極小時は B 型星の特徴である、バルマー線の深い吸収や中性ヘリウム（He I）の吸収が見られる。一方で、主極小時には B 型星の特徴に加えて、中性金属の吸収線が多く現れていることがわかる。

5. 考察

アルゴルの食では、主極小、副極小ともに皆既食となるわけではなく、部分食のような状態となる。主極小では伴星（暗い K 型星）が主星（明るい B 型星）を隠すものの、明るい主星の一部が隠されていないために F 型星のスペクトルが優位なまま、K 型星の特徴である中性金属の吸収線が多く現れていると考えられる。

副極小では、伴星の一部が隠されていないものの、伴星（K 型星）のスペクトルが、主星（F 型星）のスペクトルに埋もれてしまったために、F 型星の特徴が優位となっていると考えられる。

< 参考文献 >

○日本変光星研究会

<https://www.ananscience.jp/variablestar/>

Tab. 1 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/1300 mm, 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"
ブレイズ波長における波長範囲(Å)	3738 (2805-6543)
波長分解能	R~ 2217

Tab. 2 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 × 36.8 mm
冷却方法	ペルチェ電子冷却

Tab. 3 観測データ一覧

観測日	観測天体	観測開始時刻 (時:分:秒)	露出時間 (秒)	フレーム (枚)	観測中央時刻 (時:分:秒)	天体高度 (度)	エアマス
2025 年 1 月 19 日	HR1544	20:54:23	120	3	20:57:40	60.142	1.153
	Algol	21:03:04	30	10	21:05:59	63.889	1.114
	Algol	21:16:06	30	10	21:19:01	61.439	1.139
	<u>Algol</u>	<u>21:30:57</u>	<u>30</u>	<u>10</u>	<u>21:33:52</u>	<u>58.657</u>	<u>1.171</u>
	Algol	21:45:51	30	10	21:48:46	55.878	1.208
	Algol	22:02:12	30	10	22:05:07	52.846	1.255
	Algol	22:16:00	30	10	22:18:55	50.304	1.300
2025 年 2 月 21 日	<u>Algol</u>	<u>21:08:01</u>	<u>60</u>	<u>5</u>	<u>21:10:55</u>	<u>39.149</u>	<u>1.584</u>
	HR1544	21:17:12	120	2	21:19:18	40.679	1.534
	Algol	21:23:17	60	5	21:26:05	36.478	1.682

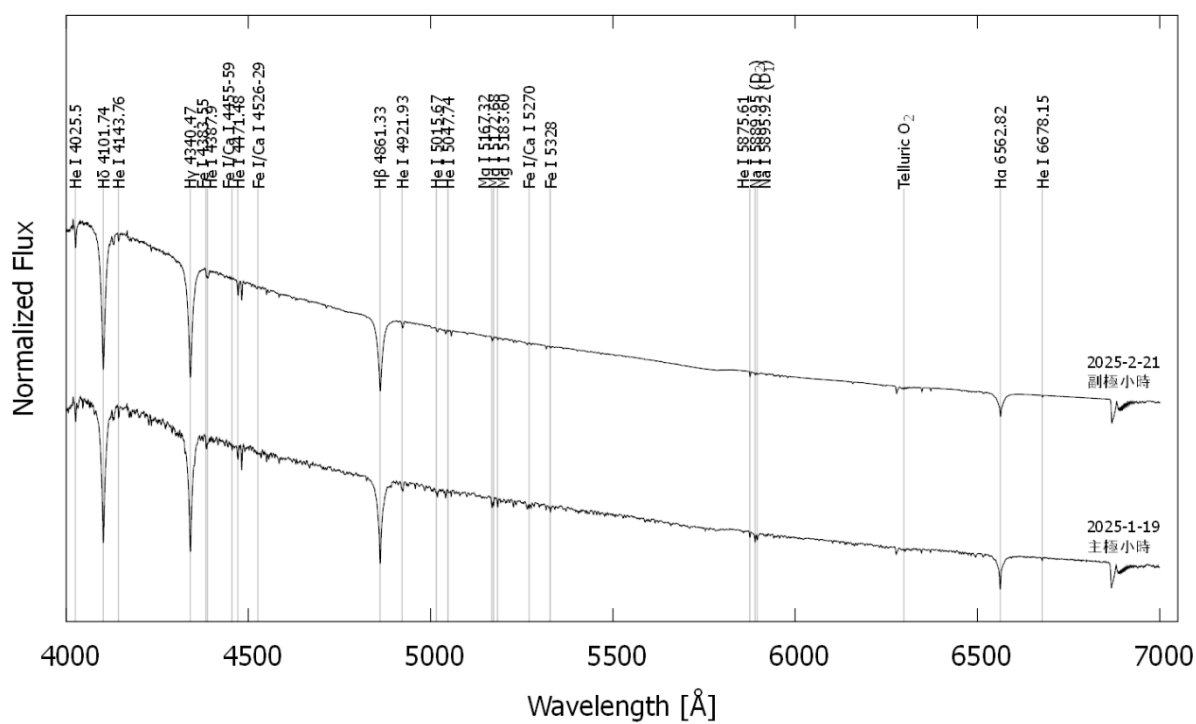


Fig. 1 アルゴルのスペクトル（副極小時：上，主極小時：下）

矮新星はくちょう座 SS の低分散分光観測

伊藤芳春, 阿部幸恵, 木皿栄江 (共同観測者)

ITO Yoshiharu · ABE Yukie · KISARA Sakae

要約

矮新星はくちょう座 SS は天球上の位置、明るさ、周期の関係で観測しやすく、測光観測や X 線天文衛星で盛んに観測が行われてきた変光星である。しかし可視光による分光観測は少ないためひとみ望遠鏡で分光観測を行ない静穏期、増光期のスペクトルを得ることを目的とした。2025 年 7 月 29 日にひとみ望遠鏡の分光器ではくちょう座 SS の低分散分光観測を行なうことができ、静穏期で水素とヘリウムの輝線の見られるスペクトルを取得することができた。

1. はじめに

矮新星はくちょう座 SS の分光観測は私たちにとって馴染みのない観測を行なったので矮新星と分光観測について解説する。

1.1 矮新星とは

はくちょう座 SS は矮新星の代表的な星である。矮新星は変光星の中で激変星に分類され、激変星は爆発の規模と頻度により新星、回帰新星、矮新星に分けられる。爆発時の増光は、新星で 10 等級以上、回帰新星で 8 から 10 等級、矮新星の場合 3 から 5 等級程度である。新星の場合、爆発の記録は一度しかない。回帰新星は、10 年から 100 年程度の間隔で爆発を繰り返している。かんむり座 T は、1787 年 12 月、1866 年 5 月、1946 年 2 月の過去 3 回の爆発の記録があり新星爆発の間隔は約 80 年であることから、近いうちに次の新星爆発があると予想されている。矮新星は、2 週間から数か月に一度の割合で爆発を繰り返している星である。矮新星は Fig. 1 のように主星が白色矮星で、伴星はロッシュローブを満たした K ~ M 型の主系列からなる近接連星系である。伴星から主星へ質量移動があり主星の白色矮星の周辺に降着円盤を形成し、質量降着率が急激に増加すると増光する。アマチュア天文家による可視光測光観測や X 線天文衛星「XRISM」により観測が行われている。可視光による分光観測は少ない。今回は広い波長域にわたる低分散分光観測により静穏期、増光期のスペクトルの取得を目的とする。一般的に爆発後の観測は重要である。爆発により近接連星系を覆っていた物質が吹き飛ばされ近接連星系が見えるからである。爆発中であれば覆っている物質と内部の物質が見えると思われる。爆発の間隔に幅があることから、爆発の予兆は可視光の観測では、爆発の直前に減光があるといわれているが確定していないので、より情報量の多いスペクトル観測で見つけ出したいと思っている。そのため特に静穏期から増光期に変わる時のスペクトルを取得したいと思い観測を計画した。

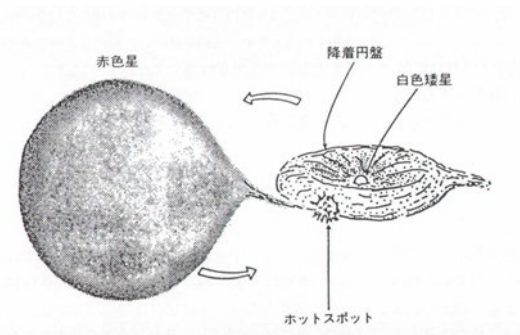


Fig. 1 SS Cyg の模式図
(尾崎, 2000)

1.2 分光観測とは

測光観測では天体を CCD カメラで撮影し天体の位置や明るさを知ることができるのに対し、分光観測では天体からの光をグレーティングを使って波長ごとに分け、天体の物理状態 (温度、密度) 化学組成、運動状態などを知ることができる重要な観測方法である。

2. 観測

矮新星はくちょう座 SS についてひとみ望遠鏡と分光器で観測を行なった。

2.1 はくちょう座 SS

はくちょう座 SS は、1896 年ハーバード天文台の L.D. Wells により発見され、約 50 日ごとに 12 等級から最大光度 8 等級になる爆発を繰り返している。はくちょう座 SS の位置と明るさ等を Tab. 1 に示す。以前に観測したはくちょう座 SS の静穏時と増光時の CCD 画像を Fig. 2 と Fig. 3 に示す。

Tab. 1 はくちょう座 SS

赤経 (2000.0)	21 時 42 分 43 秒
赤緯 (2000.0)	43 度 35 分 10 秒
等級	12.4~7.7 等級 V
増光間隔	約 50 日

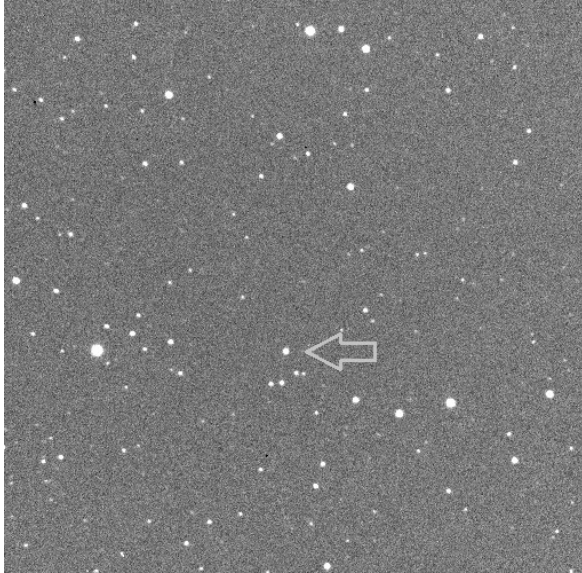


Fig. 2 2014 年 11 月 27 日静穏時

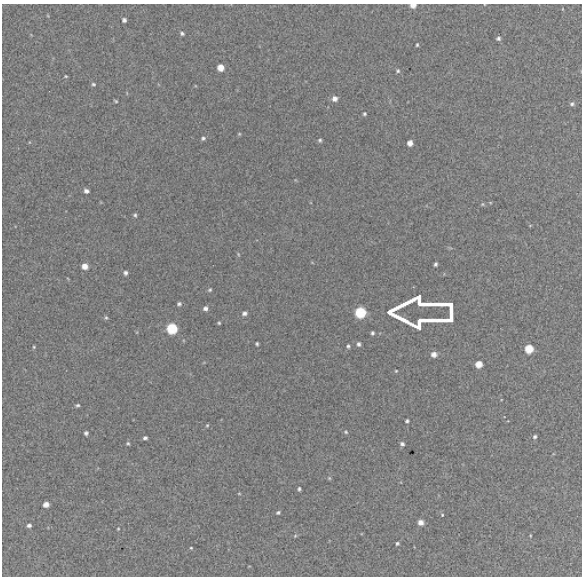


Fig. 3 2014 年 10 月 25 日増光時

2.2 ひとみ望遠鏡と低分散分光器

観測には仙台市天文台のひとみ望遠鏡と低分散分光器を使用した。望遠鏡と分光器の仕様を Tab. 2 と 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)
焦点	ナスミス分光焦点 (F9.69)
架台形式	経緯台
導入高度限界	14 度

Tab. 3 低分散分光器の仕様

スリット幅	4.80"
波長分解能	R~541
観測波長域	2851-6544 Å
分光器用カメラ	FLI PL-16803

2.3 観測

観測は静穏時、増光時を過去の観測から推定し観測に臨んだが、スペクトルを撮影できたのは 2025 年 7 月 29 日の一日のみであった。観測データを Tab. 4 に示す。

はくちょう座 SS は増光までの間隔にバラつきがあることから、伊藤は自宅の口径 35cm シュミットカセグレン望遠鏡に CCD カメラを取り付けて B, V, Rc, Ic 測光観測を 6 月から 9 月まで行った。Fig. 4 にこの観測と他の観測を参考に増光のピークの 2025 年 6 月 30 日、8 月 9 日、9 月 2 日と推定し矢印で書き込んだ。併せてひとみ望遠鏡による低分散分光の観測日の 2025 年 7 月 29 日も記入した。

Tab. 4 観測データ

撮影時刻	露出	撮影枚数
2025/7/29 21:03	600 秒	4 枚
2025/7/29 21:51	600 秒	2 枚

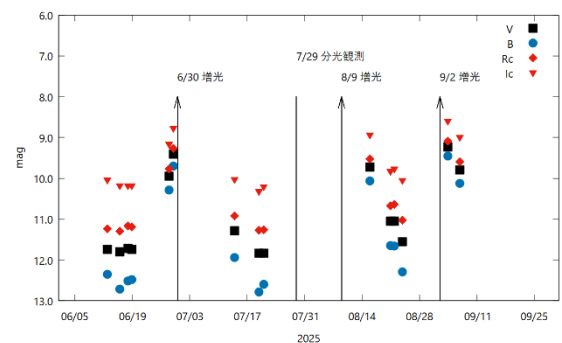


Fig. 4 SS Cyg の光度変化と観測日



Fig. 5 2025 年 7 月 29 日の SS Cyg の低分散スペクトル

3. 測定

スペクトルの測定には Windows パーソナルコンピュータで作動する BeSpec を使用した。波長同定は煩雑で時間がかかるため Python でプログラムを組み使用した。

3.1 BeSpec

BeSpec は 2002 年に当時美星天文台に勤務していた川端哲也氏が作成した分光データ解析ソフトで基本的な機能のみであるが Windows 上で動き日本語で表示されるため初心者にも使いやすい。BeSpec はスペクトル画像の一次元化、スペクトルの抽出、比較光画像のスキャン、比較光スペクトルの波長同定、そして天体スペクトルの波長校正までできるソフトである。約 50 本の比較光スペクトルを一本一本ガウスフィットさせるのは時間がかかり分光データ解析の難点である。

3.2 Python による波長校正

波長校正は予め比較光スペクトルのピークをガウスフィットさせた表を作成しておき、ピークのピクセル値を基に前後を含めガウスフィットを探し出すようプログラム言語の Python でプログラムした。ガウスフィットの画像も残すようにしているため間違いのチェックもでき、何より測定時間が大幅に改善された。はくちょう座 SS は 12 等級と暗かったため 6 枚の画像を重ね合わせノイズを低減させるため Fourier Noise Filter(Gray,2005)で処理をした結果 Fig. 6 のスペクトルを得ることができた。

4. 結果

一般的な恒星のスペクトルには吸収線が見られる。2025 年 7 月 29 日に観測された静穏期のはくちょう座 SS は、輝線スペクトルの目立つスペクトルであった。恒星本体からの光では吸収線になるので水素やヘリウムの輝線スペクトルは降着円盤由来であると考えられる。同定できた輝線は Tab. 5 の通り水素のバルマー線が 4 本、ヘリウムが 4 本の計 8 本であった。

5. おわりに

激変星は、日本人の天文学者尾崎洋二氏が 1974 年に増光現象の原因が降着円盤の不安定性にあるという説を唱え、後に増光現象を説明できることが証明され、観測、理論共に世界をリードしてきた分野である。はくちょう座 SS は最も多く観測されてきた矮新星であるが可視光による分光観測は極めて少ない。今回得られなかった増光直前から増光期の低分散分光スペクトルを得たいと思っている。

Tab. 5 検出した元素と波長

元素	波長
H α	6562.85
H β	4861.33
H γ	4340.47
H δ	4101.74
He	6678.15
He	5875.62
He	5015.68
He	4471.48

<参考文献>

- Robert Burnham, Jr., BURNHAM'S CELESTIAL HANDBOOK(1977)Dover Publications, Inc, 774-780.
- 尾崎洋二(2000) 激変性の研究－矮新星爆発メカニズム 天文月報 2000 年 7 月号 日本天文学会, 375－388.
- 伊藤芳春(2014) 矮新星のモニター観測 2014 年度連星系・変光星・低温度星研究会集録, 22－25.
- 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 仙台市天文台紀要 第 6 号 仙台市天文台, 8-12.
- Gray, D. F.(2005)The Observation and Analysis of Stellar Photospheres 3rd(Cambridge: Cambridge Univ.)
- 日本天文学会百年史編纂委員会(2008) 日本の天文学の百年 日本天文学会, 99-102.

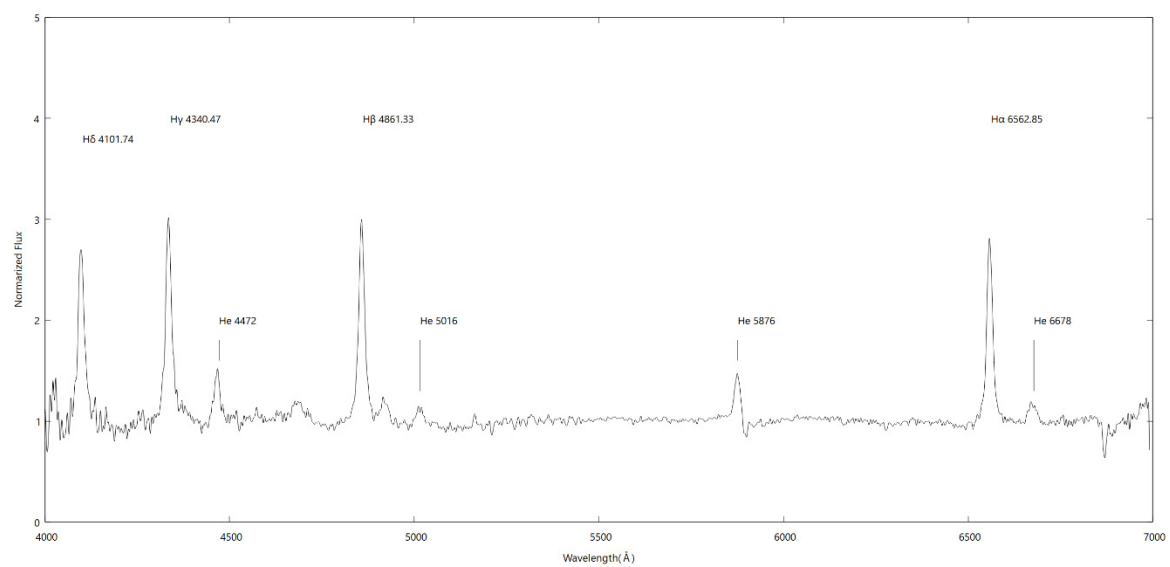


Fig. 6 SS Cyg の低分散スペクトル

ひとみ望遠鏡による系外惑星トランジットの観測と測光解析

葛西 眞一郎, 佐藤 正道, 堀 祐司, 今崎 篤 (市民観測員)

Observations and photometric analysis of exoplanet transits using the Hitomi Telescope

Shinichiro Kasai, Masamichi Sato, Yuuji Hori, Atsushilmasaki

要約

2025年3月から2026年3月に1.3mひとみ望遠鏡により、系外惑星をトランジット法で観測した結果を報告する。観測は対象星5、観測は7回実施できデータを取得した。分析の結果、系外惑星による母星の減光は確認できた。しかしながらチェック星の計算等級が $-4.9 \sim -9.1\%$ と非常に大きい誤差になり、以降観測の課題としたい。

Abstract

This report presents the results of observations of exoplanets using the transit method with the 1.3m Hitomi Telescope from March 2025 to March 2026. Observations were conducted on a target star of 5, and 7 observations were performed. The dimming of the parent star due to the exoplanet was confirmed. However, the calculated magnitude of the check star showed a very large error of -10 to 4.8% , and we would like to continue investigating the reasons for this.

1. はじめに

2020年度より「天体観察基礎講座」と「天体観測実践講座」を受講。その後、ひとみ望遠鏡により変光星の測光と分光観測を4年間指導していただいた。その測光技術を活用して、昨年より従来関心のあった系外惑星の観測を実施した。

2. 観測について

2.1 観測の目的

1.3mひとみ望遠鏡を使い、トランジット法により減光観測をする。観測データにより、以下を確認する。

- ・系外惑星での減光量、時間の観測
- ・1.3mひとみ望遠鏡で観測できる等級差範囲
- ・チェック星による等級誤差

2.2 観測対象の選定

対象星は ExoKyoto の全ての系外惑星データ (http://www.exoplanetkyoto.org/exohtml/JA_All_Exoplanets.html) より、観測回数確保のため周期7日以下、1晩で減光が1周期観測できるようトランジット時間が3時間以下、サンプリングの数を確保するため露出時間の等級12以上明るい星を選別。さらに VarAstro によるトランジット時間で、観測可能なものを5惑星選択した。

2.3 観測機材仕様

1.3mひとみ望遠鏡の仕様を Tab. 1 に CCD カメラの仕様を Tab. 2 に、冷却 CCD 特性 (at -30°C) を Tab. 3 に、限界等級(300秒積分, S/N=30) Tab. 4 に、フィルター透過率を Tab.

5 に示す。観測には V フィルターを使用した。

2.4 観測データ処理

各測光データは IRAF により Bias, Flat, Dark 処理を実施。処理した各データを, AstrolmageJ により測光する。測光にあたってマカリで半自動アパチャー測定。AstrolmageJ でのアパチャーとの比較をしたが大きな差が見られなかったのので, AstrolmageJ でのアパチャーで測光を実施した。測光結果を EXCEL で読み込み、目的星, 比較星, チェック星の等級値を、下記の数式にて等級 M を算出。

$$M = -1 * (5/2 * LOG(Sky_T1/Sky_C2) - C2)$$

Sky_T1: 算出する星の等級値 Sky_C2: 比較星の等級値
C2: 比較星の等級 (SIMBAD による等級)

さらに算出された等級と、概知の等級とを比較する。
各々の標準星とチェック星を Fig. 1 - Fig. 5 に示す。

3. 観測結果

観測できた系外惑星は、2025年3月から2026年3月までの、以下の5惑星7回である。

2025年3月14日 HAT-P-3 b

2025年3月21日 WASP-104 b

2025年4月9日 HAT-P-3 b

2025年5月8日 HAT-P-3 b

2025年9月26日 KELT-16 b

2025 年 10 月 29 日 HAT-P-32 b

2026 年 3 月 11 日 HAT-P-56 b

各々の測光画像から選出した、等級変動のグラフを Fig. 6 - Fig. 12 に示す。近似線は多項式 3 次数である。

天候等の関係で開始から終了までの完全なトランジットを観測できなかったが、すべての観測において減光がはっきりと確認できた。

4. まとめ

4.1 減光量

VarAstro データと算出結果の比較を Tab. 6 に示す。VarAstro のトランジット外の平均を母星の等級に、トランジット中央点の等級より暗いデータのある範囲の平均を減光最下点として計算している。等級算出は simbad の等級で算出している。

差異の大きい WASP-104 b は 開始時より終了後の等級が明らかに暗く、天候の影響と思われる。また KELT-16 b は、トランジット外のデータが少ないため誤差が大きくなったと思われる。これら以外は VarAstro と simbad の母星等級についての差異があるものの、減光等級の差は 0.3%未満となった。

またデータから 1.3m ひとみ望遠鏡で観測できる等級差は、0.012 はあると考えられる。

4.2 チェック星の誤差

チェック星の誤差を Tab. 7 に示す。-4.9~9.1%と大きな誤差が出ている。アパチャーのサイズ設定の変更もしてみたが、大きな変化はなかった。

- ・減光前及びアパチャー後の通常時観測データの不足
- ・CCD の撮像画素位置、シーイングなど大気状態
- ・背景明るさの変更などの相関ノイズ

などが考えられるが現時点では不明である。今後の課題としたい。

4.3 減光率

観測データから変動等級/母星等級で減光率を計算したが、VarAstro のデータと大きな差がある。(Tab. 6 参照)

トランジットデータが比較的にとれている、HAT-P-56 b で算出する。トランジットの深さは 0.01435 で、VarAstro 0.01199 と大きな差はない。

減光率の計算は以下の通りである。(rel_flux_T1 データで算出)

$$\text{減光率} = \Delta L / L$$

ΔL : 恒星の本来の光度 L : トランジットによる光度の低下分

で算出した減光率は 1.0494%, VarAstro では 1.11%である。

算出した減光率により計算式

$$r = R\sqrt{L}$$

r : 系外惑星半径 R : 母星の半径 L : 減光率

で惑星半径を算出した。

$$13.9\sqrt{1.049\%} = 1.422 \text{ (単位 } R_{\text{Jup}} \text{)}$$

VarAstro のデータ 1.466 に近い値が算出された。

5. 今後の課題

今回の観測から、以下の課題を解決したい。

- ・トランジット外も含む完全な観測データの取得
- ・チェック星誤差要因の究明
- ・AstrolmageJ での物理量推定活用

< 参考文献 >

- 河原創 (2025) 系外惑星と推定 東北大集中講義資料, 1-69.
- 山本真行 (2018) トランジット法による太陽系外惑星の観測と測光解析 高知工科大学宇宙地球探査システム研究室, 1.
- 大石尊久 (2007) トランジット法による太陽系外惑星の観測 北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻惑星物理学研究室, 1-35.
- 飯田栞大, 石田真幸, 牛之濱俊希, 山中 夏樹 (2016) 多色トランジット観測による系外惑星の半径算出 奈良県立青翔高等学校, 1-2.

Tab. 1 ひとみ望遠鏡の仕様

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	カセグレン焦点 (F4.85) ナスミス分光焦点(F9.69) ナスミス眼視焦点(F4.85)
架台形式	経緯台
架台駆動速度	2 度/秒
導入高度限界	14 度
製作	株式会社西村製作所
観測装置	観望装置(ナスミス眼視焦点) 可視域撮像冷却 CCD カメラ(カセグレン焦点) 可視域中分散分光器(ナスミス分光焦点) 高感度 3CCD カメラ
位置	北緯 38 度 15 分 22.99 秒 (+38.2564 度) 東経 140 度 45 分 18.56 秒 (+140.7552 度)
標高	165m

Tab. 2 冷却 CCD カメラ FLI DC230-84 の仕様

望遠鏡	口径 1300 mm F4.85
焦点	カセグレン焦点
CCD チップ	E2V CCD230-84
ピクセル数	4096 (H) x 4096 (V)
ピクセルサイズ	15 x 15 μ m
センサーサイズ	61.4 x 61.4 mm
ピクセルスケール	0.48"
視野角	32.6' x 32.6'
冷却能力	外気温からマイナス 60°C
A/D 変換	16 bit
読み出し	4 チャンネル
シャッタースピード	1-3600 秒

Tab. 3 冷却 CCD 特性 (at -30°C)

冷却 CCD 特性	Area A	Area B	Area C
* リニアリティ	~ 53000 ADU	~ 53000 ADU	~ 53000 ADU
* ゲイン	2.61 e-/ADU	2.60 e-/ADU	2.68 e-/ADU
* リードアウトノイズ	24.39 e-	24.66 e-	24.55 e-
* ダークカレント	0.012 e-/sec	0.012 e-/sec	0.017 e-/sec

Tab. 4 限界等級(300 秒積分, S/N=30)

フィルター	フルフレーム	オフセット有
* U (Johnson)	-	15.24 mag
* B (Johnson)	17.29 mag	17.00 mag
* V (Johnson)	17.62 mag	17.06 mag
* R (Kron-Cousins)	18.01 mag	17.47 mag
* I (Kron-Cousins)	16.59 mag	16.29 mag

Tab. 5 冷却 CCD 特性 (at -30°C)

測光用フィルター	中心波長 (nm)
U (Johnson)	350
B (Johnson)	440
V (Johnson)	550
R (Kron-Cousins)	650
I (Kron-Cousins)	800
C2	514
C2c	526
C3	406.2
CO+	426.6
H2O+	702

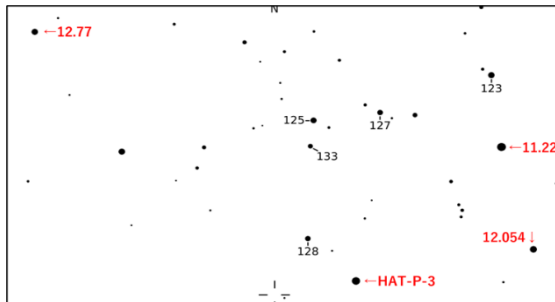


Fig. 1 HAT-P-3

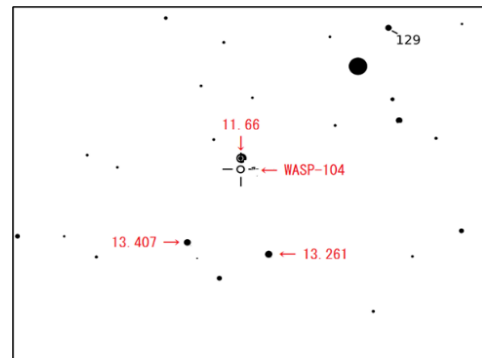


Fig. 2 WASP-104

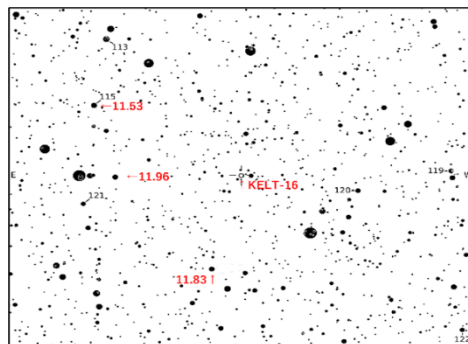


Fig. 3 KELT-16

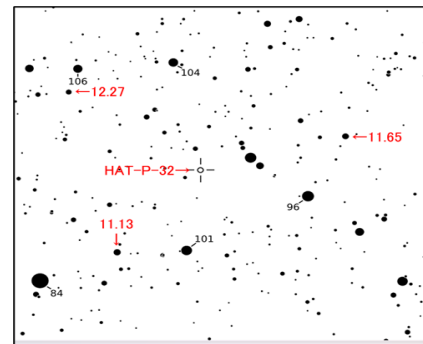


Fig. 4 HAT-P - 32

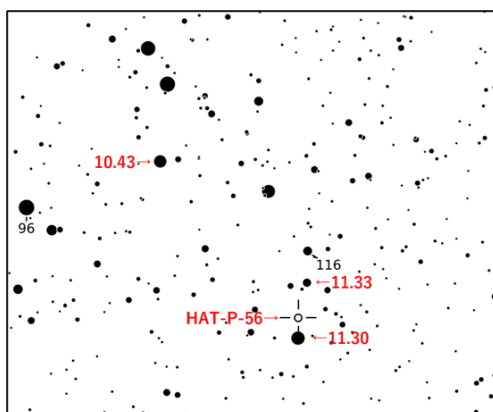


Fig. 5 HAT-P-56

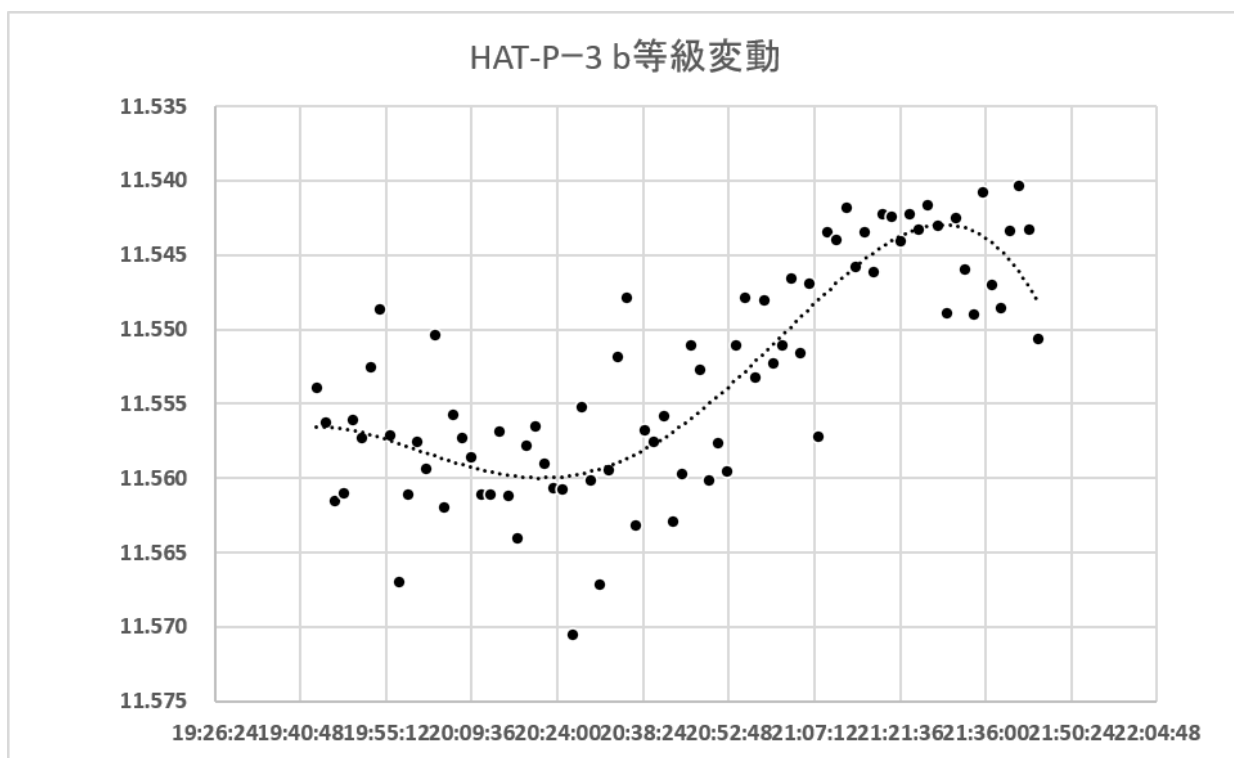


Fig. 6 2025/3/14 HAT-P-3 bの等級変動

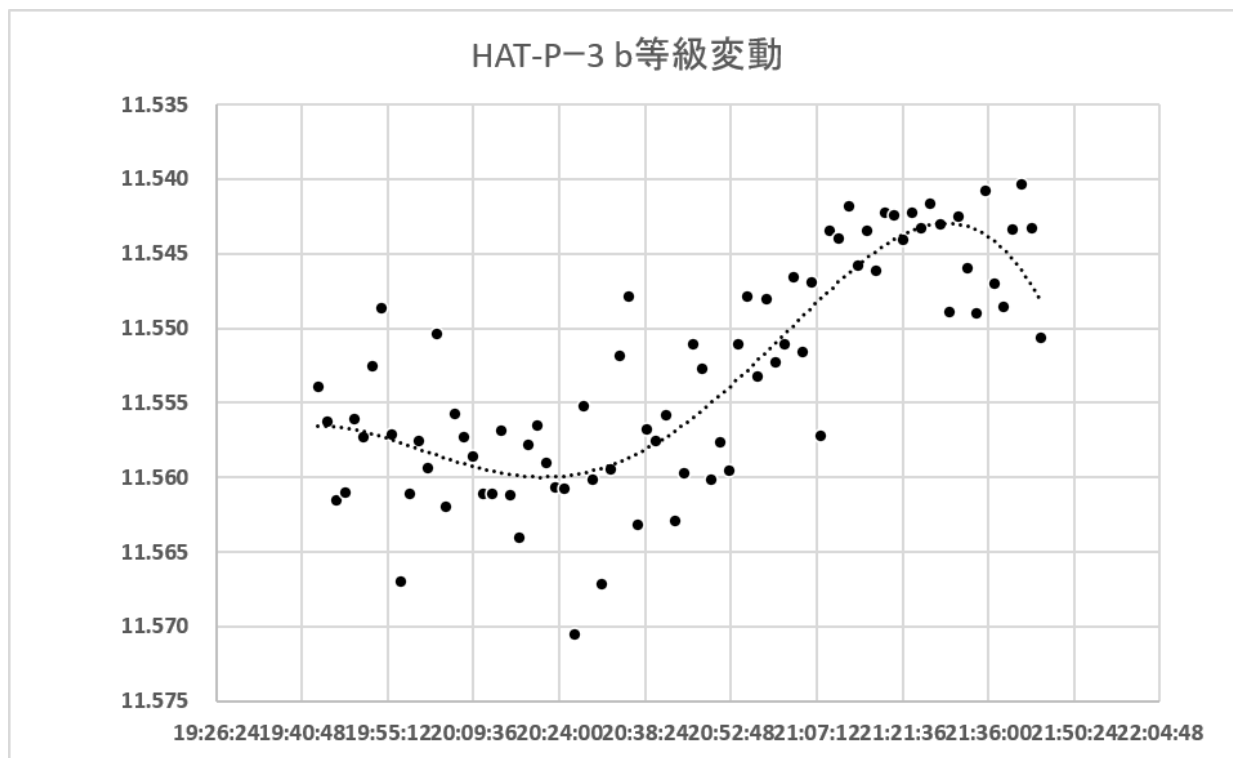


Fig. 7 2025/3/21 WASP-104 b の等級変動

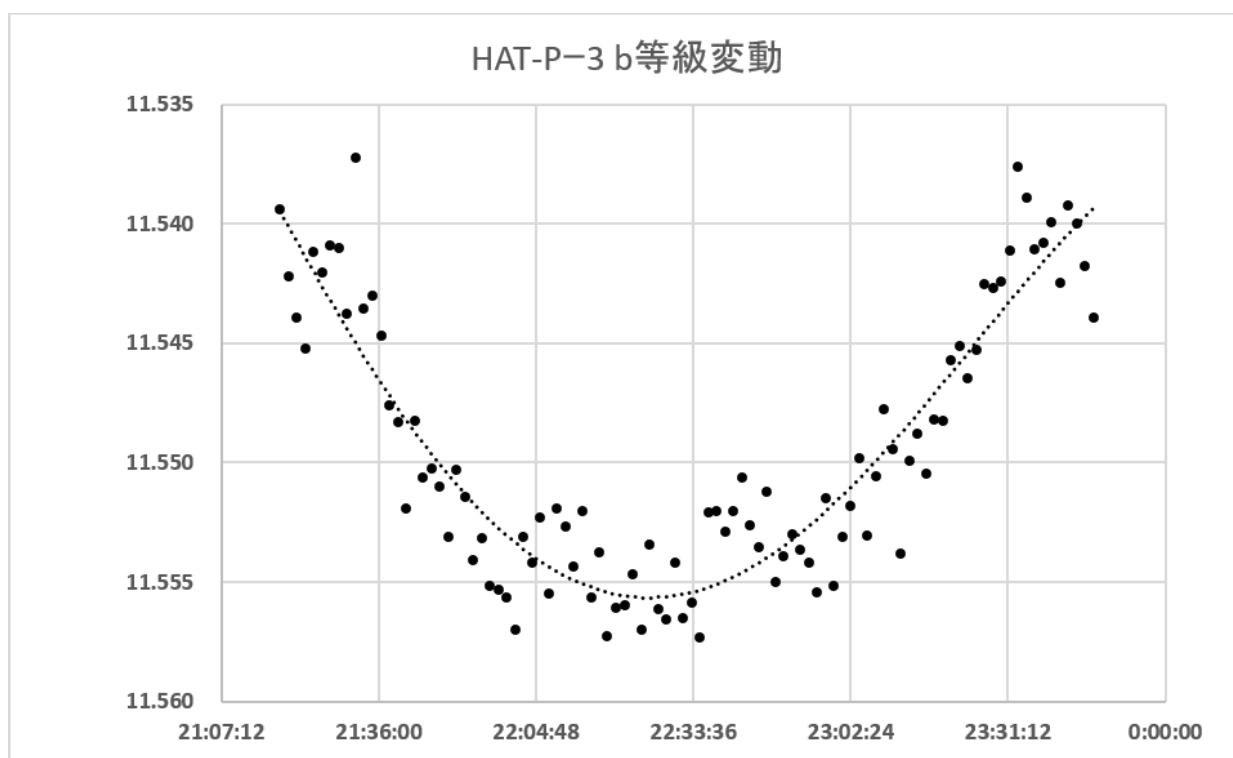


Fig. 8 2025/4/9 HAT-P-3 b の等級変動

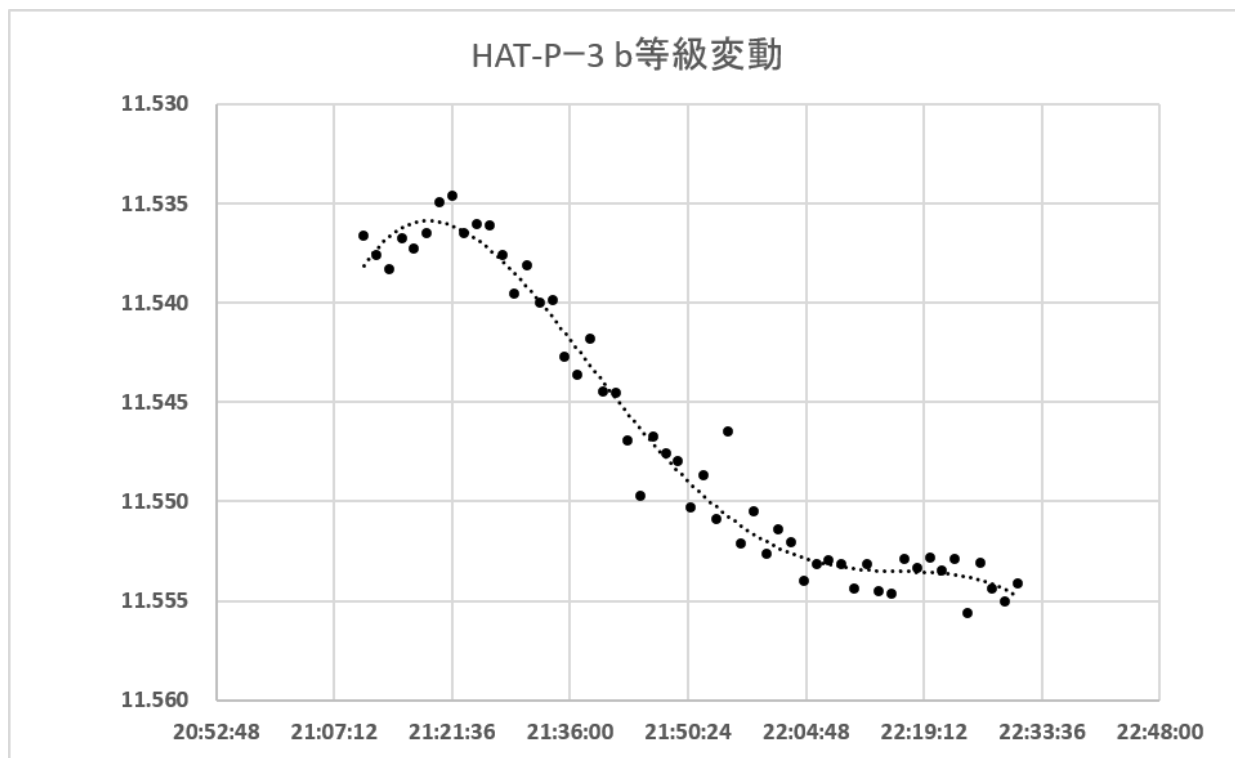


Fig. 9 2025/5/8 HAT-P-3 bの等級変動

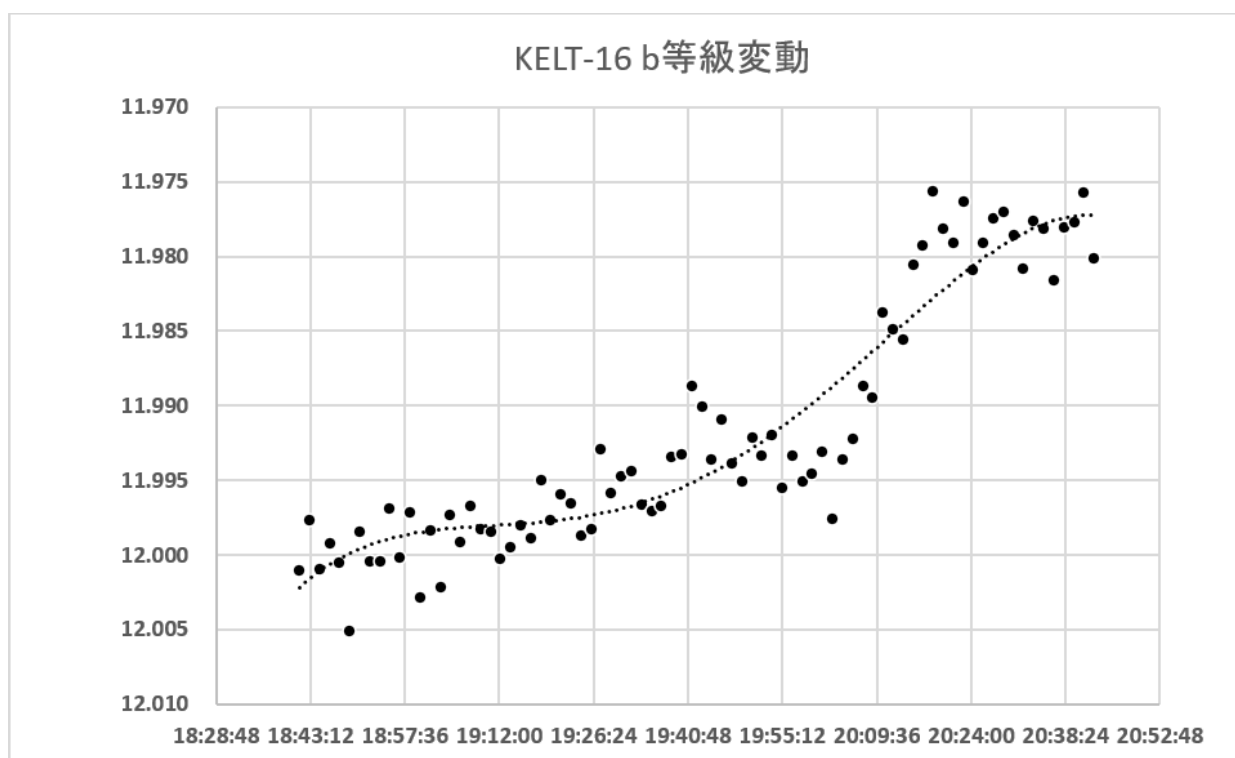


Fig. 10 2025/9/26 KELT-16 bの等級変動

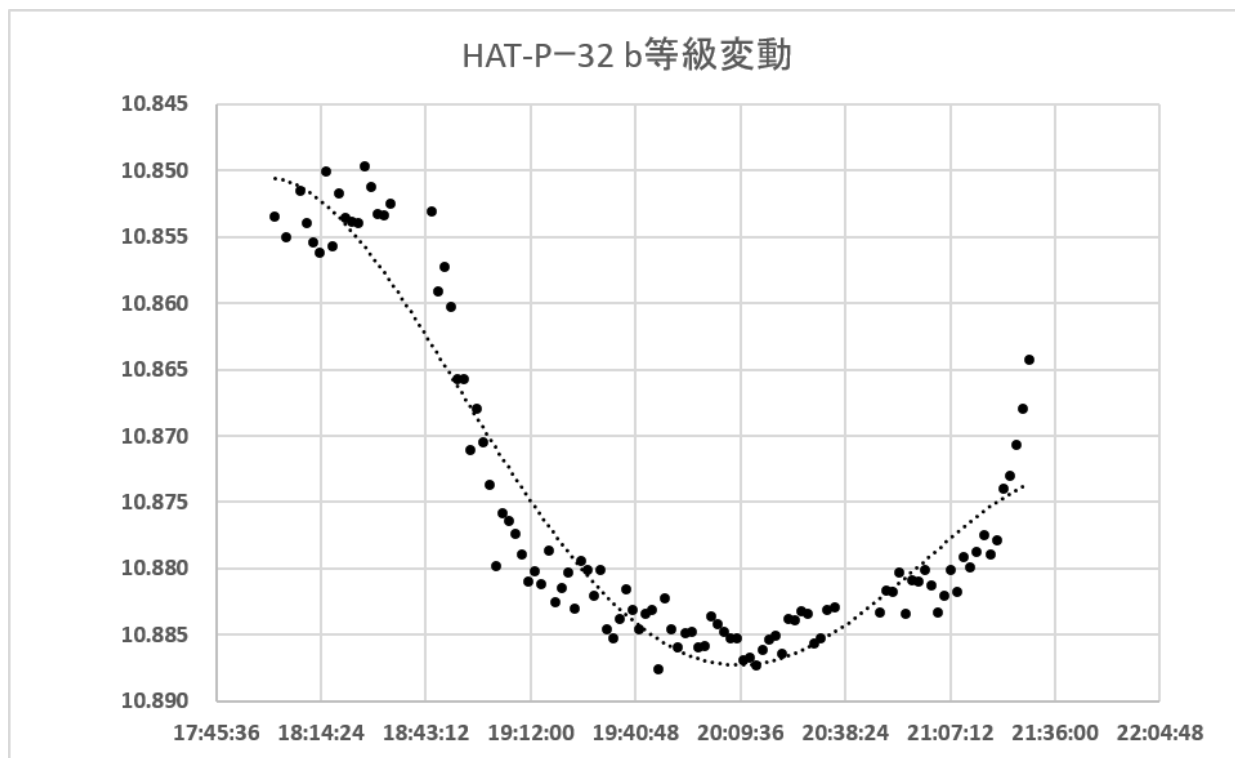


Fig. 11 2025/10/29 HAT-P-32 b の等級変動

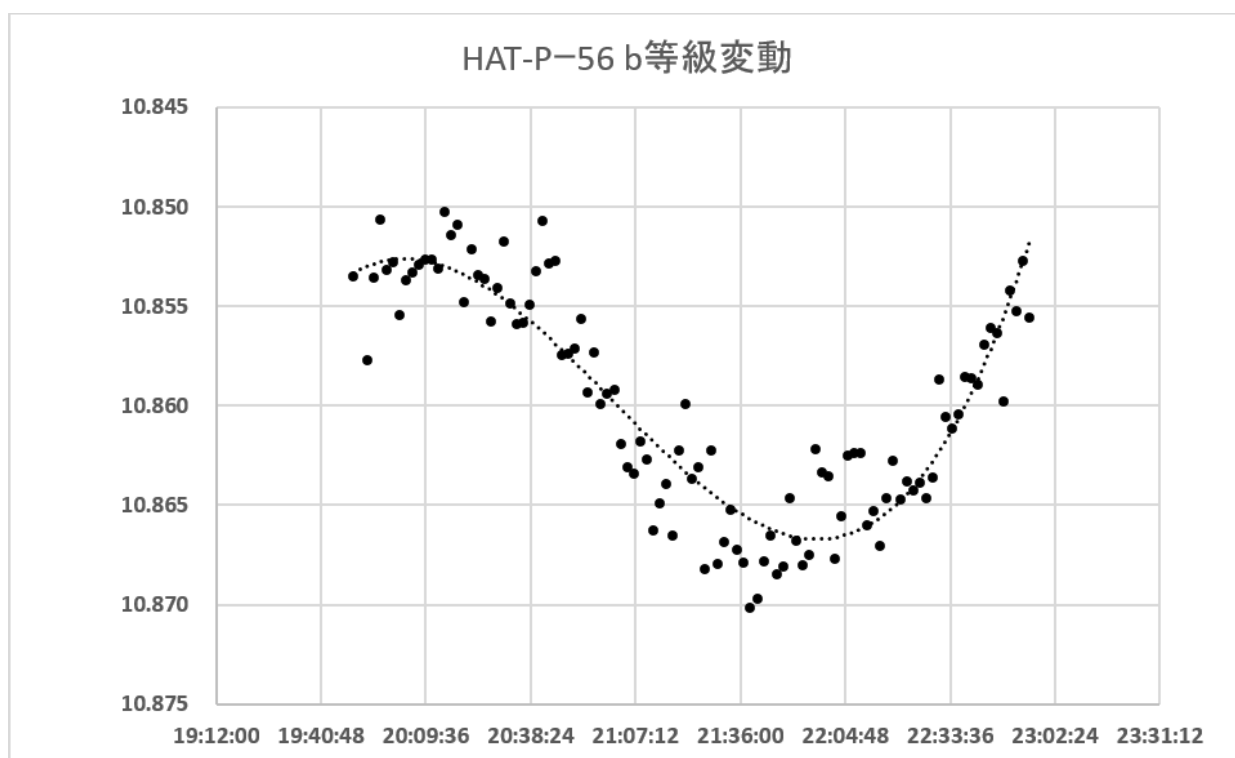


Fig. 12 2026/3/11 HAT-P-56 b の等級変動

Tab. 6 VarAstro データと算出結果の比較

観測日	対象星	VarAstro			観測算出等級			
		等級	減光等級	減光率	通常等級	中間等級	減光等級	減光率
2025 年 3 月 14 日	HAT-P-3 b	11.86000	0.01445	1.34%	11.54453	11.55930	0.01477	1.4773%
2025 年 3 月 21 日	WASP-104 b	11.12000	0.01584	1.47%	12.51800	12.54817	0.03017	0.0083%
2025 年 4 月 9 日	HAT-P-3 b	11.86000	0.01445	1.34%	11.54124	11.55592	0.01468	1.4025%
2025 年 5 月 8 日	HAT-P-3 b	11.86000	0.01445	1.34%	11.53658	11.55374	0.01716	1.5428%
2025 年 9 月 26 日	KELT-16 b	11.70000	0.01884	1.75%	11.74629	11.74721	0.00092	1.1526%
2025 年 10 月 29 日	HAT-P-32 b	11.29000	0.02437	2.27%	10.85320	10.88533	0.03213	2.9591%
2026 年 3 月 11 日	HAT-P-56 b	10.90800	0.01199	1.11%	10.85340	10.86781	0.01440	1.0494%

Tab. 7 チェック星の誤差

観測日	対象星	チェック星誤差 (平均)					
		概知 1	観測 1	誤差率 1	概知 2	観測 2	誤差率 2
2025 年 3 月 14 日	HAT-P-3 b	12.054	12.027	0.2204%	12.770	12.223	4.2824%
2025 年 3 月 21 日	WASP-104 b	13.261	13.115	1.0993%	13.407	13.316	0.6808%
2025 年 4 月 9 日	HAT-P-3 b	12.054	12.058	-0.0370%	12.770	12.212	4.3678%
2025 年 5 月 8 日	HAT-P-3 b	12.054	12.084	-0.2507%	データなし		
2025 年 9 月 26 日	KELT-16 b	11.830	11.746	0.7076%	11.960	11.802	1.3198%
2025 年 10 月 29 日	HAT-P-32 b	11.650	11.342	2.6456%	12.270	11.861	3.3334%
2026 年 3 月 11 日	HAT-P-56 b	11.300	10.277	9.0552%	11.330	11.882	-4.8719%

プラネタリウムワークショップ「夜空の明るさを考えてみよう」の実施と評価

佐野 繭姫 (インターン)

Implementation and Evaluation of the Planetarium Workshop:

'Let's Think About the Brightness of the Night Sky'

Mayuki Sano (Internship)

Abstract

本研究は、光害に対する市民の関心と理解を促すことを目的として、仙台市天文台プラネタリウムにてワークショップ「夜空の明るさを考えてみよう」を実施し、その効果を評価したものである。ワークショップは2025年4月と7月に2回開催され、延べ89名が参加した。内容は、夜空の明るさの要因や光害の影響についての解説に加え、視覚的比喻や体験型の実験を取り入れた構成とした。参加者の意識変化を把握するため、投映前後にアンケート調査を実施した結果、91%が夜空の明るさの要因について理解が深まったと回答し、84%が「夜空を暗くする必要がある」と感じていた。これにより、光害に対する問題意識の変化に一定の効果があったことが示唆された。今後は、光害の環境・健康への影響、具体的な対策についての継続的な学びの場の提供が求められる。

1. はじめに

近年、都市化の進展に伴い、人工光による夜空の明るさの増加、いわゆる光害が深刻化している。その影響により、都市部では肉眼で確認できる星の数が著しく減少し、日本に住む70%の人は自宅から天の川を見ることができないという(Falchi et al., 2016)。夜空の明るさは自然環境や生態系、さらには人々の文化的体験にも影響を及ぼす重要な問題であるにもかかわらず、その認知度や問題意識は依然として低いのが現状である。

本研究では、夜空の明るさに対する市民の理解を深め、光害という現象への関心を喚起することを目的として、仙台市天文台のプラネタリウムを活用した市民向けワークショップ「夜空の明るさを考えてみよう」を企画・実施した。ワークショップの効果は、参加者へのアンケート調査を通じて評価し、夜空の明るさに対する認識や意識の変化を明らかにすることを試みた。

2. ワークショップの内容

2.1 ワークショップの実施概要

本ワークショップは、2025年4月19日(土)および7月12日(土)の18:00~18:35に、仙台市天文台プラネタリウムにて開催された。いずれも無料で実施し、小学校高学年以上を主な対象としたが、年齢による制限は設けなかった。2回

のワークショップは共通のプログラムの内容(Tab. 1)とし、5部の校正で分けられている。参加者の住んでいる地域を事前に聞き、その地域の状況を取り上げるなど、相互コミュニケーションを意識した内容としている。

2.2 アンケートの内容

2回のワークショップにおいて共通の内容(Tab. 2)とし、プラネタリウム内の各座席に備え付けられたボタンによる選択式アンケートを行った。また、発問1と2に関しては投映前後に関連した質問を実施した。

3. 結果

3.1 参加者の概要

第1回(4月19日)は33名、第2回(7月12日)56名、合計で89名が参加した。年齢や性別の詳細な属性調査は実施しなかったが、親子だけではなく、大人のみの参加者も多く見られた。開催時間が夕方であり、ワークショップ後のプラネタリウム番組が比較的大人向けだったということが、大人のみの参加者の増加につながったのではないかと考えられる。

3.2 アンケート分析結果

本ワークショップでは途中の入退場を受け入れ

ており、投映前後で関連した発問1と2に関しては、回答の一部項目が無回答であった場合は欠損値とした。発問1の有効回答数は60、発問2の有効回答数は64、発問3の有効回答数は69であった。回答者の割合を算出する際は、四捨五入で算出している。

夜空の明るさの認識：発問1のクロス集計結果（Tab. 3）から、多くの参加者がワークショップ開始前から「明るい」と認識しており、終了後の回答にも大きな変化は見られなかった。また、ワークショップ前後でより明るいと感じた割合は37%で、より暗いと感じた割合は15%であった。

明るくなる理由の理解：発問2のクロス集計結果（Tab. 4）から、ワークショップ後に理解が深まった割合は91%であった。これは、ワークショップが情報提供および体験的学習の両面から有効に機能していたことを示している。一方で、開催時間が参加者層と合致していないことが参加数や子どもの参加率に影響した可能性があるため、今後は対象年齢に応じた時間設定の見直しも必要である。

夜空を暗くする必要性：発問3の単純集計結果（Tab. 5）、「思う」と回答した参加者の割合は84%であった。しかし、「とても思った」と「すこし思った」の回答数が半分に分かれており、夜空の明るさへの認識と具体的な行動との間にギャップが存在しているからではないかと考える。

4. 考察

本ワークショップの実施によって、夜空の明るさに関する基本的な理解が市民に浸透している一方で、その要因や対応策についての知識は限定的であることが確認された。また、体験型のプログラムを取り入れることによって、参加者の理解を深めることができた点は、今後の市民啓発活動における有効な手法の一つと考えられる。

ワークショップを通して、夜空の明るさに対する感覚はあまり変わらないが、より暗いと感じる参加者(8名)よりもより明るいと感ずる参加者(22名)のほうが多い傾向が見られた。22名の回答者のうち設問3で、「思った」と回答している回答者は18名であり、夜空を明るく感ずることは、夜空の保全意識を高めることにつながると考えられる。また、より暗いと感じた回答者(8名)のうち設問3で、「思った」と回答している回答者は0名であった。

5. まとめ

本ワークショップを通じて、「夜空の明るさ」という身近でありながら普段はあまり意識されていないテーマに、市民の関心を引き寄せることができた。光害についての認知度や問題意識は依然として低いものの、多くの参加者が「夜空が明るい」という感覚そのものは共有しており、これは今後の啓発活動の土台となる重要な気づきである。

今後は、夜空の明るさに影響を与える要因やその環境・健康への影響、さらには私たち一人ひとりにできる具体的な対策について理解を深めるための、継続的な取り組みが求められる。本活動が、より多くの市民にとって「暗い夜空」の精神的・環境的な価値を見直すきっかけとなることを願ってやまない。

<参考文献>

- F. 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
- Christopher C. M. Kyba, Theres Kuester, Alejandro Sánchez de Miguel, Kimberly Baugh, 5Andreas Jechow, Franz Höller, Jonathan Bennie, Christopher D. Elvidge, Kevin J. Gaston, Luis Guanter (2017) Artificially lit surface of Earth at night increasing irradiance and extent, Science Advances, Vol 3, Issue 11
- Windyty, SE, OpenStreetMap contributors, Windy, <https://www.windy.com/>, Version 46.0.4
- Deneb, Geoinformation solutions, Jurij Stare s.p., Radiance light trends, <https://lighttrends.lightpollutionmap.info/>, Version 1.0.9

<謝辞>

本研究を進めるにあたり、仙台市天文台のスタッフの皆様、プラネタリウムの投映プログラムの作成や操作方法などにご協力をいただきましたことに感謝いたします。

Tab. 1 プログラム構成

投映前アンケート	
発問 1, 発問 2	
夜空の明るさの仕組み	
光害の基本的な説明： 夜空の明るさが増している原因を、「地上の光」と「空気中の粒子」に絞って解説。 視覚的な比喩を用いた説明： ドームの天頂と淵を見比べることで、光の拡散の様子を視覚的に体感。 夜空が明るくなっている要因	
空気中の粒子： Windy（ウェブサイト）を用いて、地域ごとのエアロゾルの分布や濃度を確認。 地上の光： スカイライン画像で、ビルからの漏れ光を視覚的に紹介。宇宙から見た夜の地球の画像で、道路照明が光っている様子を確認。Radiance Light Trends（ウェブサイト）のデータを用い、地域ごとの放射輝度の違いや 13 年間の変化傾向を可視化。世界全体で夜空の明るさが年平均 2.2%増加していることを紹介(Kyba et al., 2017)。 プラネタリウム内での光実験	
ステージライトによる体験： 光の強さと色（赤・青）を変えて、星の見え方にどのような変化が生じるかを体験。 参加型スマホライト実験： スマホのライトで、光の方向（上・下）を変えたり、ハンカチや手を使って光が漏れ出ないようにしたりすることの効果を確認。	
投映後アンケート	
発問 1, 発問 2, 発問 3	

Tab. 2 アンケート内容

発問	質問内容	回答カテゴリー
1-前	仙台市の夜空は明るいと思いますか？	①とても明るい, ②ちょっと明るい, ③ちょっと暗い, ④とても暗い, ⑤分からない
2-前	夜空が明るくなっている理由を知っていますか？	①よく知っている, ②ちょっと知っている, ③あまり知らない, ④全く知らない
1-後	仙台市の夜空は明るいと思いますか？	①とても明るい, ②ちょっと明るい, ③ちょっと暗い, ④とても暗い, ⑤分からない
2-後	夜空が明るくなっている理由が分かりましたか？	①より深く分かった, ②少しわかった, ③わかっていて, ④あまり分からなかった, ⑤まったく分からなかった
3	夜空は暗くする必要があると思いますか？	①とても思った, ②少し思った, ③あまり思わなかった, ④まったく思わなかった

Tab. 3 発問 1 に対する投映前後でのアンケート結果

		投映後				
		とても明るい	ちょっと明るい	ちょっと暗い	とても暗い	分からない
投映前	とても明るい	14	5	2	0	0
	ちょっと明るい	10	9	2	0	0
	ちょっと暗い	4	4	4	0	0
	とても暗い	0	0	0	2	0
	分からない	2	0	2	0	0

Tab. 4 発問 2 に対する投映前後でのアンケート結果

		投映後				
		より深く 分かった	すこし わかった	分かって いた	あまり 分からな かった	まったく 分からな かった
投映前	よく 知っている	14	0	2	0	0
	ちょっと 知っている	24	1	1	0	0
	あまり 知らない	6	5	1	0	0
	まったく 知らない	6	3	0	0	1

Tab. 5 発問 3 に対する投映後のアンケート結果

とても思った	29	42%	84%
すこし思った	29	42%	
あまり思わなかった	9	13%	16%
まったく思わなかった	2	3%	

来館者視点に基づく施設評価指標の再検討

ー仙台市天文台における 17 年間の来館者調査の変遷と課題ー

小野寺 正己

Reconsidering Visitor-Centered Facility Evaluation Indicators:

A Review of 17 Years of Visitor Surveys at the Sendai Astronomical Observatory

ONODERA Masami

要約

仙台市天文台では、施設の自己評価の一環として、2009 年度から 2025 年度まで来館者アンケートを継続して実施してきた。本研究は、この 17 年間に実施した複数の来館者アンケートを対象に、調査項目、回答尺度、実施方法および分析手法の変遷と課題を整理し、来館者視点に基づく施設評価指標の在り方を再検討することを目的とした。検討の結果、来館体験に対する主観的評価と行動意向を捉える「体験評価アウトカム」と、施設のミッションに照らして来館者に生じた認知・態度等の変化を捉える「ミッションアウトカム」とを区別して測定する必要性が示唆された。また、回答の天井効果、調査方法の変更に伴う年度間比較の制約、単一項目による測定の限界が課題として整理された。これらを踏まえ、総合満足度、再来館希望、推薦意向および複数のミッションアウトカム項目を組み合わせ、回答分布ならびに尺度の信頼性・妥当性を継続的に検証する次期来館者アンケートの枠組みを提案した。

Abstract

The Sendai Astronomical Observatory continuously conducted visitor surveys from fiscal year 2009 through fiscal year 2025 as part of its institutional self-evaluation. This study reviewed the surveys conducted over this 17-year period to identify changes and challenges in survey items, response scales, administration methods, and analytical approaches, and to reconsider how facility evaluation indicators should be designed from a visitor-centered perspective. The review suggested the need to distinguish between two types of outcomes: “visitor-experience evaluation outcomes,” which capture visitors’ subjective evaluations of their experiences and their behavioral intentions, and “mission outcomes,” which capture changes in visitors’ cognition, attitudes, and related responses in relation to the institution’s mission. Several methodological challenges were also identified, including ceiling effects in responses, constraints on year-to-year comparisons resulting from changes in survey methods, and the limitations of single-item measures. Based on these findings, this study proposes a framework for future visitor surveys that combines overall satisfaction, intention to revisit, intention to recommend, and multiple mission-outcome items, while continuously examining response distributions and the reliability and validity of the measures.

1. 問題と目的

博物館は、博物館法第 9 条に基づき、運営状況の評価と改善を行うこととされている。これを踏まえ、文化庁（2009, 2010）は、博物館評価の方向性を示している。そこでは、博物館自身や設置者による評価の重要性に加え、社会教育施設に適用可能なアウトカム指標を設定する必要性が述べられている。博物館におけるアウトカム指標は、利用者の状態変化を測定するものであり、その方

法としてアンケートによる測定が示されている。来館者を評価の主体とする必要性については、寺田（2009）も、博物館評価の歴史的振り返りに基づいて指摘している。また、来館者の利用満足度やニーズの把握が、その内容になると述べている。このような指摘を踏まえ、仙台市天文台（以下、当台）では、錦ヶ丘への移転と博物館登録を契機として、移転翌年の 2009 年度から 2025 年度までの 17 年間にわたり、来館者アンケート調査を

継続して実施してきた。調査内容は同一ではなく、複数回の改訂を重ねている。これは、数年ごとに年度比較を行いながら、アンケート自体の課題への対応や、各実施年度における課題の把握を行ってきたためである。

一方、文化庁（2025）は、国立博物館に対し、5年ごとの中期目標を策定し、成果指標（KPI）を設定する方針を示した。例として挙げられた年間総来館者数、特別展の開催回数、教育プログラムの実施回数等は、文化庁（2010）が示す「顧客に提供する価値」のうち、主としてアウトプットに相当する指標である。寺田（2009）が示すように、「インプット（実施しているサービスや活動）のロスを最小限に抑え＜経済性：Economy＞」、「アウトプットの極大化を図り＜効率性：Efficiency＞」、「アウトプットを通じてアウトカムを改善する＜妥当性：Effectiveness＞」ことは、新しい行政マネジメントの基本的枠組みであり、博物館評価にも取り入れる必要がある。つまり、来館者数や事業回数のようなアウトプット指標だけでは、来館者にどのような認知的・態度的変化が生じたのかを十分に捉えることは難しいことから、博物館評価では、定量的な活動量の把握に加え、妥当性に関わるアウトカムをどのように測定するかが重要になるものと考ええる。寺田（2009）や太下（2001）も、博物館評価には定量的評価だけではなく、妥当性に関わる定性的評価も求められていると指摘している。

そこで本研究では、当台における17年間の来館者アンケート結果を踏まえ、アウトカム志向の施設評価の在り方を検討する。また、その結果に基づき、今後用いる来館者アンケートの枠組みを提案する。

2. 研究方法

本研究で扱う「来館者アンケート」は、年度によって調査目的、回答尺度、調査方法、対象者の範囲が異なるため、数値の単純な年度比較ではなく、評価指標の設計と運用上の課題を時系列に整理することに重点を置く。

2.1 対象期間

2009年度から2025年度までに実施した来館者調査のアンケート用紙、集計結果および分析資料を対象とした。

2.2 各年度の調査概要、対象および方法

(1) 2009年度から2011年度

2008年7月に当台はリニューアルオープンした。1年の運営の後、来館者数が一定程度安定し、提供する体験も通常業務として定着したことから、2009年度から来館者アンケートを実施した。初年度は、自由記述による質的アンケートを実施し、同年11月より量的アンケートを試行的に実施した。具体的な調査対象、回答者数および調査方法は以下のとおりである。

<質的アンケート>

調査対象：自由記述アンケートに回答した来館者（以下、不特定の来館者を対象とした場合は「来館者」と記載）

回答者数：180人

調査方法：自由記述を求める回答用紙を台内に配置し、希望する来館者に記載を求めた。（以下、台内にアンケート用紙を配置し、自由に記載を求めた場合には「台内配置」と記載）

<量的アンケート>

調査対象：来館者および仙台市錦ケ丘地区の住民

回答者数：来館者は4491人、錦ケ丘住民は256人

調査方法：台内配置

(2) 2012年度

この年度は、当台が目指している望遠鏡・プラネタリウム・展示室の複合的な活用の試みとして実施した企画展および関連事業に絞って、来館者アンケートを実施した。具体的には、夏季休暇中に、企画展に加えて、展示室内の企画展示ならびにプラネタリウムの「天文の時間」と「こどもの時間」における関連内容の投映を一連の評価対象とした。

調査対象：来館者

回答者数：5700人

調査方法：台内配置

(3) 2013年度

この年度は、量的アンケートと質的アンケートの2種を実施した。

前者は、2011年度から3年間の中期目標「三ツ星天文台を目指します」の最終年度であったことから、中期目標に絞って来館者アンケートを実施した。

調査対象：来館者

回答者数：595人

調査方法：台内配置

後者では対面インタビューにて、来館経験がない方（以下、「非来館者」と記載）には、来館しな

い、またはできない理由と来館意向を高めるために必要な改善点を口頭で尋ねた。また、既来館者には、当台の魅力および要望について回答を求めた。

調査対象：「仙台・宮城ミュージアムアライアンス (SMMA)」という、仙台市を中心とした博物館の連携組織が開催するイベントに参加された方

回答者数：89 人（内、非来館者 42 人）

調査方法：対面で当台職員 2 名にて上記概要の質問を行い、その内容を記録した。

(4) 2014 年度

この年度は 3 種類のアンケートを実施した。1 つは、改めて来館者満足度を測定するための基礎データとして、アンケート用紙を用い、来館目的を記述してもらい、その満足度についての回答を求めた。さらに、満足した施設に対して生じる行動を抽出するため、「気に入った場所や施設がある場合、したくなることは何ですか？」という問いを設け、具体的な行動を記述してもらう形式とした。

2 つ目は、2013 年度に引き続き、来館を阻害する内容を調査した。今回は、対面によるインタビューではなく、アンケート用紙による調査とした。

3 つ目は、来館しない理由および来館経験で印象に残ったことについて Web からの回答を求めた。

<1 つ目：台内配置アンケート>

調査対象：来館者

回答者数：1203 人

調査方法：台内配置

<2 つ目：街中アンケート>

調査対象：仙台市内のショッピングセンターおよび商店街でアンケートに興味を持った方

回答者数：156 人（内、非来館者 62 人）

調査方法：仙台市内のショッピングセンターおよび商店街にアンケート用紙を設置し、任意で記入を求めた。

<3 つ目：Web アンケート>

調査対象：株式会社河北新報社が主催する「かほピョンくらぶ」の会員

回答者数：2314 人（内、非来館者 1206 人）

調査方法：上記会員向け Web サイトにて回答を公募

(5) 2015 年度

この年度は、2014 年度に得られたデータを基に、来館者アンケートの標準化を目指した。来館目的、それに基づく来館者の体験内容、施設環境、職員の対応について回答を求める様式を作成した。さらに、総合的な満足度に関係する行動項目として、「他者推薦」「再来館希望」「SNS 発信」「知人と再来館」の 4 項目、および当台のミッションである「宇宙を身近に」に関するミッションアウトカムの項目についても回答を求める様式とした。

調査対象：来館者

回答者数：1724 人

調査方法：台内配置

(6) 2016 年度から 2019 年度

2015 年度にサンプル数が足りない課題が挙げられたことから、2016 年度から 4 年間を、回答数の確保を目的とする期間とした。さらに、2017 年度から新たな中期目標が設定されたことから、2016 年度の内容に『『宇宙』や『天文』への興味が深まりましたか』というミッションアウトカムに関する項目を追加した。

調査対象：来館者

回答者数：5154 人

調査方法：台内配置

(7) 2020 年度

この年度は、施設評価指標として Net Promoter Score (NPS®、以下、「NPS」と記載) を測定することとした。なお、NPS に影響を与える要因として想定した業務内容 10 項目についても、7 件法で同時に回答を求めた。実施に当たっては、NPS に関する書籍等を参照した上で質問内容を検討したため、実施期間は 8 か月間と短いものとなった。

調査対象：来館者

回答者数：423 人

調査方法：台内配置

(8) 2021 年度から 2025 年度

2021 年度から 5 年間は、株式会社エモーションテック（以下、エモーションテック社）のシステムを利用し、来館者アンケートを実施した。

調査対象：来館者

回答者数：4504 人

調査方法：エモーションテック社が設定した Web サイトにて回答を求めた。

2.3 整理・分析方法

各年度のアンケート用紙、集計結果および分析資料を時系列に整理し、調査項目、回答尺度、調

査方法、分析手法、得られた知見および次年度以降の修正内容を比較した。量的データについては、各年度に実施した記述統計、構造方程式モデリング、重回帰分析および対応のある t 検定の結果を整理した。質的データの自由記述および対面調査については、過年度の集計・分類結果に基づき、主な回答傾向を整理した。

3. アンケート分析結果と評価指標の変遷

上記に示した区分ごとに分析を行った結果とそれに基づいて修正を行った評価指標については、以下のとおりであった。

3.1 2009年度から2011年度

潜在変数を「企画・交流業務」「施設環境」「人的環境」「顧客満足度」とし、前3者の潜在変数が「顧客満足度」に影響を与えているというモデルを想定し、構造方程式モデリングにより分析した。その結果、Fig.1 に示すように、来館者に提供している業務、施設環境、職員の人的環境が、それぞれ顧客満足度に影響を及ぼすモデルが採択された。施設環境に関するモデルでは、「交通の便」と「観覧料」の関連が比較的弱かった。さらに、顧客満足度を測定する3つの観測変数のうち、「再来館希望」と「他者推薦」は、顧客満足度との関連が強いことが示された。ただし、多くの項目で天井効果が認められたため、アンケート方法の調整が必要であると考えられた。

なお、顧客満足度に関わる3つの観測変数は、リッカート型7件法（以下、7件法）で回答を求め、それ以外の観測変数はリッカート型5件法（以下、5件法）で回答を求めた。

3.2 2012年度

個々の事業については5件法、企画展の総合評価については7件法で回答を求めた。

企画展の満足度は、プラネタリウムおよび展示室の企画展示よりも高かった。また、総じて30代・40代の満足度が高い企画展であったことがわかった。このアンケートにおいても、5件法では多くの項目で天井効果が認められたが、総合満足度の回答を求めた7件法では天井効果は認められなかった。

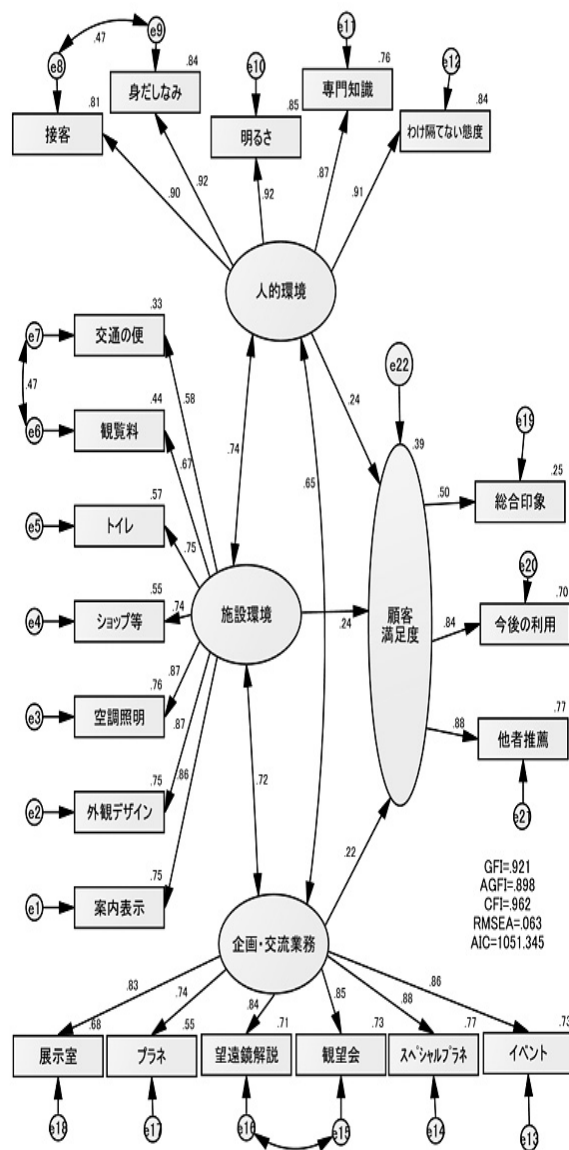


Fig. 1 共分散構造分析結果①

3.3 2013年度

(1) 台内配置アンケート

「三ツ星天文台を目指します」に関わるアンケートであったことから、回答者には、0～3の数字を選択してもらい、天文台のサービス全般を評価する形式とした。また、この年度から、来館頻度をフェイスシートに加えた。結果、星の数の平均値は、2.7であり、3点満点に近い値となった。また、回答から分かるリピーター率は、64.9%であった。

なお、自由記述を除けば1分もかからない形式としたにもかかわらず、回答者数はこれまでの水準に届かなかった。この結果から、アンケートの簡便さが必ずしも回答者数の増加につながるわけではないことが示唆された。

(2) 対面アンケート

非来館者から最も多く挙げられた理由は、移転により場所が遠くなった上、交通アクセスも悪いため来館していない、というものであった。この点は、既来館者による改善意見でも同様であった。既来館者は、これに加えて、カフェ等の飲食環境の改善を求めている。

3.4 2014年度

(1) 台内配置アンケート

来館目的としては、当台で実施している事業が広く挙げられたが、半数以上の回答者はプラネタリウムの観覧を目的としていた。

また、満足した施設に対して生じる行動として、「人に薦める(39.4%)」「再来館する(35.6%)」「SNS等で発信する(16.2%)」「知人を誘う(4.3%)」「写真を撮る(2.9%)」等が挙げられた。

2009年度から2011年度にも測定した「再来館希望」と「他者推薦」は、本アンケートにおいても、満足度と関連する行動として確認された。

(2) 街中アンケート

来館しない理由として最も多く挙げられたのは、2013年度の対面アンケートでも指摘された、交通や場所の問題であった。次いで、「機会がない」「子どもが幼い」といった、来館のきっかけに関する回答が挙げられた。一方、既来館者が評価する点としては、プラネタリウムと展示室が挙げられた。

さらに、満足した施設に対して生じる行動については、来館者アンケートと同様に、「他者推薦」と「再来館希望」が回答の大半を占めていた。

(3) Webアンケート

非来館者の回答のうち、最も多かった理由は「時間がない」の482件であり、回答数の約4割を占めていた。次いで、「遠い」「交通手段がない」という、これまでのアンケートでも課題として挙げられていた内容が394件であった。一方、既来館者による印象に残った来館経験では、プラネタリウムが、他の項目の回答を合計した件数を上回っていた。

なお、本アンケートは約半年間の実施であったが、多くの回答を得たことから、Webサイトを用いたアンケート調査が回答数を確保する手段になり得ることが示された。

3.5 2015年度

来館者アンケートの標準化を目指し、評価指標として、来館目的を選択した上で、それに基づく「来館者の体験内容」「施設環境」「職員の対応」について5件法で回答を求める様式とした。さらに、総合的な満足度に関係する行動項目として、「他者推薦」「再来館希望」「SNS発信」「知人と再来館」の4項目、および当台のミッションである「宇宙を身近に」に関するミッションアウトカムの項目についても、5件法で回答を求める様式とした。

得られたデータに基づき、アンケート用紙の信頼性と妥当性を検討した。信頼性については、すべての潜在変数において、クロンバックの α 係数が.86以上であり、十分な内的整合性があることを確認した。また、妥当性については、共分散構造分析による構成概念妥当性の検討を行った。しかし、来館目的に対応させて満足度の回答を求めたため、欠損値が多くなり、モデルの適合度指標は構成概念妥当性を支持する水準には達しなかった。よって、アンケートの課題として、欠損値のないデータ数の確保が求められることが確認された。また、スタッフに関する質問項目を複数設定する必要性も認められた。

3.6 2016年度から2019年度

上記の課題であったデータ数を確保できたことから、再度、アンケート項目の妥当性を検証するため、共分散構造分析による構成概念妥当性の検討を行った。ただし、ミッションおよび中期目標に関する項目は、本分析の対象外とし、モデルには含めなかった。

その結果、適合度指標には若干の問題が認められたが、Fig.2に示すモデルが限定的に支持されるものと考えられた。ただし、構造モデルの潜在変数とした「来館目的」と「業務内容」の相関が非常に高かったことから、モデルを安定させるためには、アンケートの目的に照らして、来館目的に関する項目は削除可能であると判断された。また、来館満足度を測定する項目のうち、「再来館希望」と「知人と再来館する」は類似した内容であると考えられた。

なお、ミッションおよび中期目標に関する項目も含め、多くの測定項目で天井効果が認められたことから、5件法による測定方法を見直す必要性も確認された。

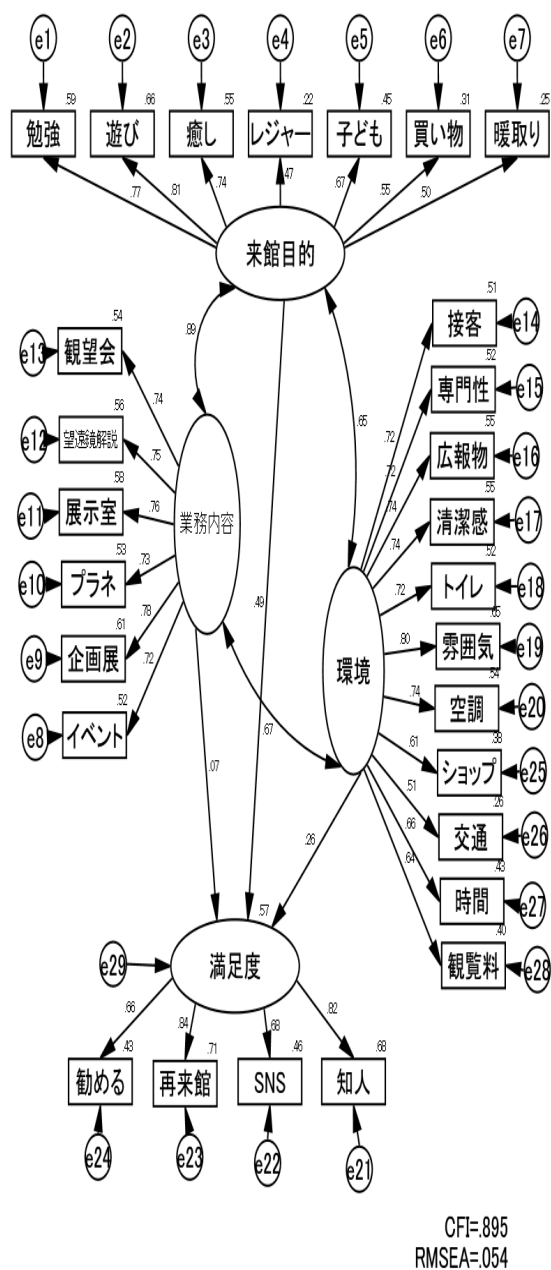


Fig. 2 共分散構造分析結果②

3.7 2020年度

集計の結果、NPSは52.5という値であった。博物館等の類似施設について、比較可能なNPSの公表値を確認できなかったことから、参考として、松本ら(2025)が示すアミューズメント施設のデータと比較した。比較の結果、アミューズメント施設と同程度のNPSであった。なお、比較対象施設が確認できないことを受けて、NPSだけでなく、NPSの算出基礎となる推薦意向得点自体についても、平均値、標準偏差、分布状況等を求めた。

その上で、業務内容と推薦意向得点との関連を検討するため、10項目の業務内容を独立変数、推薦意向得点を従属変数とする重回帰分析(ステップワイズ法)を行った。その結果、説明率は高くなかったものの($R^2=0.29$)、「展示室の体験」と「プラネタリウムの体験」が推薦意向得点と有意に関連していた。この結果は、2014年度の街中アンケートの結果と呼応するものと考えられた。

また、この年度には新型コロナウイルス感染症が流行したため、その対応についても要因項目として回答を求めた。したがって、感染状況が落ち着いた後のデータについても検討が必要であると考えた。なお、この年度の結果においても、推薦意向得点および要因項目の一部で天井効果が認められたことから、アンケートの標準化にはさらなる検討が必要であると考えられた。

3.8 2021年度から2025年度

集計の結果、NPSは39.4であった。この5年間は、エモーションテック社に分析も依頼した。同社は、来館者の一連の体験を顧客体験(Customer Experience)として位置づけ、Tab.1の②に示すAからLまでの時系列の調査項目を用いて、重回帰分析を中心とする解析を行った。解析結果は、Fig.3に示すように来館者のジャーニーマップとして可視化され、同社のシステム上では各項目の「NPSへの影響度」が示されるとともに、改善に寄与する可能性のある項目がWeb上で提示された。

ただし、これまでの課題であった回答データの天井効果は、引き続き認められた。したがって、推薦意向得点の平均値推移に関する分散分析や、施設評価指標を従属変数とする重回帰分析等を行う際には、推薦意向得点以外の施設評価指標も必要ではないかと考えられた。

なお、アウトカム指標の1つとして測定した中期目標に関する質問については、来館前後の変容を確認するため、4件法による回答を得点化した上で、参考的に対応のあるt検定を行った。その結果、平均値は上昇していたものの、有意な差は認められなかった。本項目は4件法の単一項目であり、かつ来館後に来館前の状態を回顧して回答する形式であったため、変化を精密に捉えるには限界があった。今後は、構成概念を明確化した複数項目による測定、または実際の事前・事後測定を検討する必要があるものとする。

Tab. 1 2021～2025 年度来館者アンケート質問項目概要

	2021/2022年度	2023/2024年度	2025年度
共通項目	① NPS 「仙台市天文台」の利用を親しい友人や知人にどの程度おすすめしたいと思いますか？		
	②「おすすめ度：0～10」の点数をつけるうえで、以下の項目はどのように影響しましたか。		
	A.施設の情報を収集する時		
	B.施設までの交通アクセス		
	C.施設の設備や快適性		
	D.チケットを購入する時		
	E.プラネタリウム		
	F.展示室		
	G.ひとき望遠鏡（望遠鏡案内や天体観望会）		
	H.待合スペースや天文ライブラリーの印象		
	I.講座やワークショップ		
	J.コンサート等のイベント		
	K.ミュージアムショップの印象		
	L.ミュージアムカフェの印象		
	③プラネタリウムの体験プログラムを選択		
④展示室の体験プログラムを選択			
⑤望遠鏡の体験プログラムを選択			
別質問項目	⑥上記A～Lの項目の下に具体的な選択肢を設けプラスに影響した項目とマイナスに影響した項目を選択	⑥上記CとDに関して更に具体的な選択肢を設けプラスに影響した項目とマイナスに影響した項目を選択	⑥上記Dに関して更に具体的な選択肢を設けプラスに影響した項目とマイナスに影響した項目を選択
		⑦【中期目標】ご来館前の宇宙への興味・関心の度合を教えてください	
		⑧【中期目標】ご来館後の宇宙への興味・関心の度合を教えてください	
		⑨プラネタリウムの満足度	⑨望遠鏡プログラムに不参加
		⑩展示室の満足度	の理由
		⑪望遠鏡の満足度	⑩来館きっかけ媒体

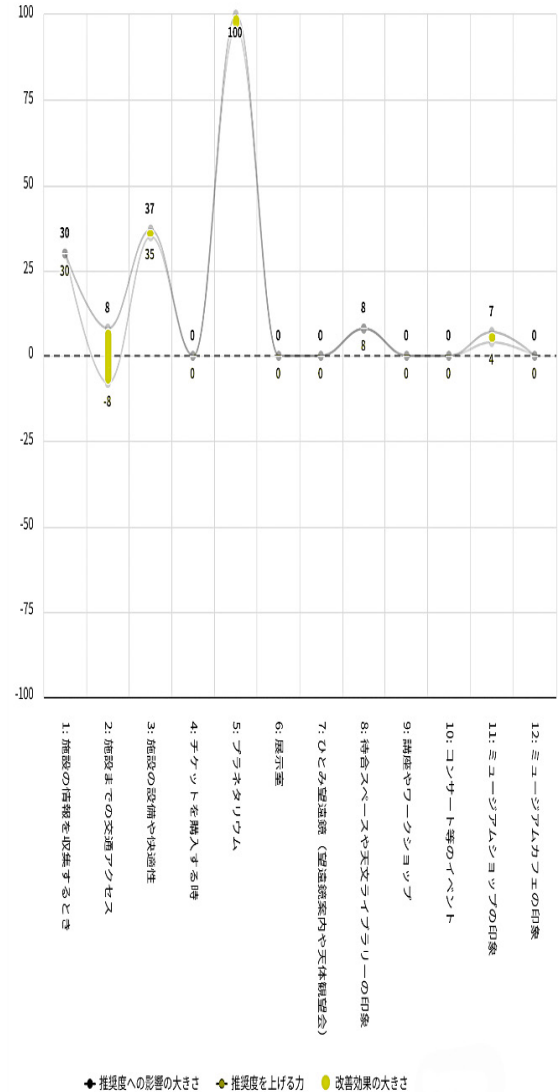


Fig. 3 2025 年度のジェーニーマップ

4. 調査から得られた課題と今後の方向性

4.1 調査から得られた課題

以上、当台における 17 年間の来館者アンケートを概観した。これらの結果を踏まえると、今後の来館者アンケートでは、以下の 4 つの課題に対応する必要がある。

第一に、質問項目の天井効果への対応である。3 件法、4 件法、5 件法、7 件法、11 件法等、試行してきたが、5 件法では多くの項目に天井効果が認められたことから、今後は 7 件法を基本とするとともに、回答分布を確認する必要がある。

また、総合評価項目である、「総合満足度」「再来館希望得点」および「推薦意向得点」については、0～10 の 11 段階で測定することが適当と考えられる。

第二に、欠損値を減らす必要がある。構造方程式モデルを作成し、その適合性を検討するには欠損値が少ないことが重要となる。よって、欠損値を減らすため、施設評価の中心となる項目を回答必須とする一方、体験の有無に応じて回答できるよう、「体験しなかった」等の選択肢を設ける必要がある。

第三に、総合評価をする項目の概念の整理も必要と考える。これまでの改訂過程では、「体験評価アウトカム」として「総合満足度」や「再来館希望得点」、「推薦意向得点」等を測定してきたが、それぞれが回答者にとってどのような意味があるのかを明確化する必要がある。その概念整理により測定モデルを構築することで、各指標の意味と相互の関係をより適切に解釈できるようになると考える。

第四に、博物館施設として、「ミッションアウトカム」を構成する各概念を適切に測定するためには、同一の構成概念について複数項目を設定することが望ましいと考える。ただし、質問項目が多くなることで回答負担が増し、回答完了率が低下する可能性があることから、「ミッションアウトカム」に関する質問項目の検討を慎重に行う必要がある。

4.2 次期来館者アンケートの枠組み

以上の課題を踏まえ、今後の来館者アンケートでは、来館体験に対する主観的評価と行動意向を捉える「体験評価アウトカム」と、施設のミッションに照らして来館者に生じた認知・態度等の変化を捉える「ミッションアウトカム」とを区別して測定する。

「体験評価アウトカム」としては、総合満足度、再来館希望および推薦意向をそれぞれ 0～10 の 11 段階で測定し、推薦意向得点から必要に応じて NPS を算出する。また、個別の来館体験については、7 件法を基本として評価を求め、回答分布と天井効果を確認する。

「ミッションアウトカム」については、施設のミッションや中期目標に対応する構成概念を明確にした上で、複数項目によって測定する。その際には、回答負担との均衡を考慮しながら質問項目を精選し、回答分布、信頼性および妥当性を継続的に検証する。

そして、これらの指標を組み合わせることにより、来館者による施設体験の評価と、施設が目指す社会的・教育的成果の双方を捉える評価枠組みを構築していく。

5. 研究の限界

本研究で扱った来館者アンケートは、各年度に異なる回答者を対象とした反復横断的な調査であり、同一の来館者を継続的に追跡したものではない。このため、年度間の比較を行ったとしても、施設の活動によって個々の来館者に生じた変化を直接示すことはできず、各年度の回答者集団における満足度、認知・態度および行動意向を捉えたものとして解釈する必要がある。

また、アンケートへの回答は任意であるため、回答者の自己選択による偏りにも留意する必要がある。多くの項目で認められた天井効果には、施設に対する評価が実際に高い可能性に加え、満足度の高い来館者が回答しやすい可能性や、回答尺度の識別力が十分でない可能性も考えられる。した

がって、アンケートに表れにくい意見や要望についても、日常的な来館者との対話や自由記述等の質的データを通じて把握する必要がある。

さらに、類似施設との比較可能性を高めるためには、調査条件や指標の定義をそろえた上でデータを蓄積し、評価の参考値の検討や質問項目の精選を進める必要がある。

以上を踏まえ、2026 年度には 2025 年度の調査内容を修正した来館者アンケートを実施し、得られた結果に基づいて継続的に改善する予定である。

6. まとめ

本研究では、仙台市天文台における 17 年間の来館者アンケートの変遷を整理し、来館者視点に基づく施設評価指標を再検討した。その結果、来館体験そのものに関する評価と、施設のミッション達成に関わるアウトカムとを区別して測定する必要性が示された。今後は、提案した枠組みに基づく継続的な調査を通じて、施設評価指標の信頼性および妥当性を検証していきたい。

<引用・参考文献>

- 文化庁 (2009) 平成 20 年度 博物館評価制度等の構築に関する調査研究報告書, 207-221.
- 文化庁 (2010) 平成 21 年度 図書館・博物館における地域の知の拠点推進事業 社会教育施設の評価に関する調査研究報告書
- 文化庁 (2025) 第 5 期中期目標の策定に向けた基本的な考え方 (案)
- Fred Reichheld (2006) The ultimate question. Harvard Business School Publishing Corporation. (フレッド・ライクヘルド, 堀新太郎 (訳) (2006) 顧客ロイヤルティを知る「究極の質問」ランダムハウス講談社)
- 木村達也 (2020) 日本人消費者を対象とする顧客推奨度指標の最適化—NPS から PSJ へ 日本マーケティング学会・カンファレンス・プロシーディングス, 9, 105-106.
- 松本萌・関ひらら・藤本莉早・岡山幸誠 (2025) NPS ランキング 2025 1 万人の推しブランド 日経ビジネス (2025 年 2 月 24 日号) 12-35. 日経 BP
- 小野寺正己 (2016) 来館者満足度の規定要因の検討 仙台市天文台研究・実践紀要, 2, 43-54.
- 太下義之 (2001) 美術館の評価 加藤哲弘・喜多村

明里・並木誠士・原久子・吉中充代編 現代美術館学 2
昭和堂 123-141.

○寺田鮎美 (2009) 来館者調査の意義と課題ー博物館
評価の現状から 日本ミュージアムマネジメント学
会研究紀要, 13, 51-56.

2025 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年ごと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づいて計画を立案し、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3年目となる2025年度の実績および分析結果について報告する。その結果、来館者・非来館者・学校教育・研究支援・社会との接点づくりなど多面的な成果が確認された一方、来館前に科学・宇宙への関心が低い層に対しては十分な変化が見られず、今後の重点課題であることが明らかとなった。

1. はじめに

1.1 目的

仙台市天文台では、中期計画の策定・運用に際し、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こと、および評価結果に基づいて事業活動の改善を図ることを目的としている。

1.2 評価方法

2025年度も、以下のインパクト・マネジメント・サイクルに則り、計画の実行および分析・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への活用

2. 計画（ニーズ評価）

2.1 ロジックモデルの改定

ロジックモデルは改訂せず、昨年度と同様に「第二期ロジックモデル（Tab. 1）」を使用した。

2.2 ターゲットマトリクスの検討

「企画・交流活動ターゲットマトリクス（Tab. 2）」についても、2023年度から改訂せず、同様の内容を使用した。

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、計画どおりにアウトプットが生み出されているかについて、モニタリングを実施した。

3.1 アウトプット（2025年度実績）

2025年度の実績は Tab. 3 に示すとおりである。2024年度に未着手であった「C1-3 小中高校における天文分野の再学習機会の提供」についても具体的活動を実施し、すべての項目において活動を展開することができた。

4. 効果の把握（アウトカム評価）

4.1 指標と測定方法

アウトカムごと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

(1) 直接アウトカムの評価（A1～E2）

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）では、来館後も「興味は変わらなかった」とする回答が有意に多く、興味関心の変化は見られなかった（Tab. 5）。この結果は、来館を通じて低関心層に日常と宇宙とのつながりを実感してもらうという点において、十分な効果が確認できなかったことを示しており、本年度の評価における最も重要な課題の一つとなった。
A2) 暮らしの中で日常と宇宙とのつながりを発見する

天文台が発刊しているフリーマガジン「ソラリスト」のアンケートでは、非来館者 56 名のうち 92.9%が、読後に科学・宇宙への興味・関心が高まったと回答した（Tab. 6）。また、「空や星を見ることが増えた」「実際の空で星図を使って星を探した」など、日常生活における宇宙との接点の増加を示す行動変化も確認された（Tab. 7）。ただし、回答者が市民 A に該当するかは不明であ

るため、参考値として扱う必要がある。

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）では、施設体験を通して、来館後に「少し興味が高まった」とする回答が有意に多かった（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

教員アンケートによる間接評価ではあるが、仙台市天文台の小学校向け学習投映では、「来館目的の効果」「授業との関連性」「学習指導要領との関連性」の3項目すべてを肯定的に評価した回答が78.9%であり、学習内容の理解促進に高い効果が示唆された（Tab. 8）。一方、中学校向け学習投映では、同割合は44.4%であり、一定の効果は確認されたものの、小学校向けと比べると改善の余地が示唆された（Tab. 9）。自由記述では、望遠鏡操作への支援、振り返りや発問の工夫、日常の星空との接続などに関する意見が見られた。

C2) 施設の諸活動を通して天文学の知識等を習得する

来館前に科学・宇宙に興味があった来館者（市民 C）では、来館後に「やや興味が高まった」とする回答が有意に多かったことから、施設体験を通して興味関心が高まったことが示された（Tab. 5）。

D1) 科学的な思考力、表現力が向上する

来館前に科学・宇宙に非常に興味があった来館者（市民 D）では、来館後に「非常に興味が高まった」とする回答が有意に多かったことから、施設体験を通して高い関心がさらに強まったことが示された（Tab. 5）。

D2) 研究しやすい環境が整っている

D2-1「研究設備の充実とその周知」については、今年度は関連する活動を実施しなかった。一方、D2-2「研究を支援する体制の構築」については、市民観測員の育成・認定を7件実施し、研究者2名を育成した。また、企画・交流係による研究活動の推進により、7名が研究活動に参画し、7件の研究成果がアウトプットされた。以上のことから、研究を支援する体制づくりには一定の進展が見られた。

E1) 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を52回、公開サイエンス講座を3回、アースデイ講演会を1回実施し、計56回の接点創出の機会を設けた。来場・参加者数は合計1,615名であったことから、科学者・

天文学者と市民との接点づくりに関する取組を着実に実施した。

E2) Well-being な事例の発信

プラネタリウムワークショップ「夜空の明るさを考えてみよう」を2回実施し、89名が参加した。また、視覚障害者団体による出展や点字制作活動を3件実施し、1団体が発信に参画した。さらに、震災特別番組「星よりも、遠くへ」の放映と配給を1件実施し、全国50館で放映された。以上のことから、Well-being に関する事例の発信を継続的に実施した。

(2) 中間アウトカムの評価（A～E）

直接アウトカムの評価結果を踏まえ、中間アウトカムの結果を以下のとおり総括する。

A) 身近な出来事に科学・宇宙との関わりを感じる市民の増加

A1では変化が確認されなかった一方、A2では参考値ながら非来館者に興味・関心の高まりや行動変化が見られたことから、Aは一部達成と判断する。

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では、来館前に少し興味があった来館者において、来館後に興味の高まりが確認されたことから、Bは達成したと判断する。

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

C1では小学校向け学習投映で高い教育効果が示唆され、中学校向けでも一定の効果が確認され、C2でも来館者の興味関心の高まりが見られたことから、Cは一部達成と判断する。

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では高関心層のさらなる関心の高まりが確認され、D2でも研究を支援する体制づくりに一定の進展が見られたことから、Dは一部達成と判断する。

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では科学者・天文学者と市民との接点創出の機会を継続的に提供し、E2ではWell-beingに関する事例発信を継続的に実施したことから、Eは達成したと判断する。

(3) 最終アウトカムの評価（総括）

直接アウトカムおよび中間アウトカムの評価結果を総合すると、来館者・非来館者・学校教育・研究支援・接点創出・事例発信の各側面において、

一定の成果が確認された。一方で、最終アウトカムである「宇宙が身近な社会 ― 市民の天文学リテラシーの向上」を直接測定する指標は十分ではなく、現時点ではその達成状況を断定することは困難である。したがって、本年度は最終アウトカムの実現に向けた基盤形成と進展が見られたものと整理する。

5. 報告と活用

5.1 ロジックモデルの改善

今年度の評価結果および専門家からの助言を踏まえ、ロジックモデルの見直しが必要であることが明らかとなった。特に、最終アウトカムについては、事業を通じて実現を目指す社会の状態を示す形で設定することが望ましいとの示唆を得た。

一方で、現行の最終アウトカムは、3年間の中期計画で達成状況を評価する目標としては大きく、やや壮大に設定されていたことも反省点である。加えて、市民 A～D の区分をロジックモデルの成果体系に組み込んだことで、アウトカムと対象軸が混在し、運用および評価が複雑になった。今後は、最終アウトカムを中期的な社会像として整理するとともに、成果の構造と対象分類とを分けて設計することで、より明確で運用しやすいロジックモデルへと見直していく必要がある。

5.2 指標および測定方法の改善

今年度の評価を通じて、指標および測定方法の設定にも課題があることが明らかとなった。特に、一部のアウトカムでは、「市民」を対象とする成果を想定しながら、実際にはスタッフを対象とした指標を用いていたため、対象設定と評価方法との対応関係が不明瞭となった。

また、「市民」を対象とする場合でも、対象範囲が広すぎることで、適切な調査設計やデータ収集が困難となるケースが見られた。今後は、次期ロジックモデルにおいて対象を明確に設定し、その対象に応じた指標と測定方法を設計する必要がある。こうした課題認識は、次期ロジックモデルの検討にも反映済みである。

5.3 事業改善に向けた主要課題

本年度の評価結果のうち、最も重要な課題として挙げられるのは、来館前に科学・宇宙への関心が低い層（市民 A）に対して、十分な変化を確認できなかった点である。この傾向は昨年度に引き続いて確認されたものであり、仙台市天文台が「宇宙が身近な社会」の実現を目指す上では、もともと関心の高い層だけでなく、関心の低い層に対しても、日常生活と宇宙とのつながりを実感できるような導入や体験設計を工夫していく必要がある。

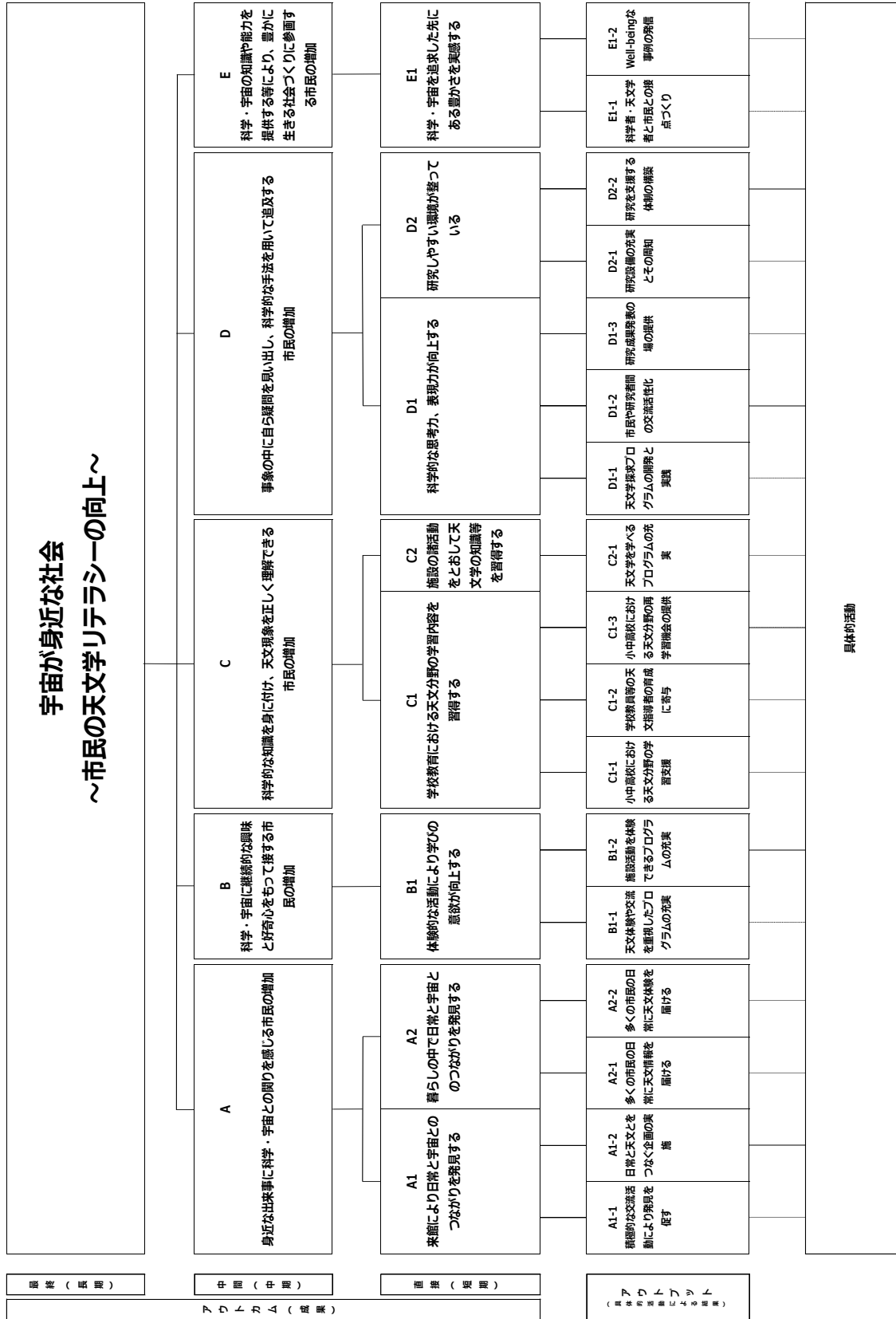
また、中学校向け学習投映については、小学校向けと比較して教員評価が相対的に低く、望遠鏡操作への支援、振り返りや発問の工夫、日常の星空との接続などに改善の余地が見られた。一方で、このプログラムは更新したばかりであり、そのねらいやコンセプトが教員側に十分共有されていない可能性も考えられる。今後は、プログラム内容そのものの改善に加え、学習投映の意図や活用方法が学校現場により適切に伝わるよう、事前案内や説明の充実を図りつつ、各校種・対象に応じたプログラム設計の最適化を進めていく必要がある。

5.4 総評

2025 年度は、中期計画の最終年度として、ロジックモデルに沿った事業の実施と評価を通じ、多様な成果を確認することができた。来館者・非来館者・学校教育・研究支援・社会との接点づくりといった各側面から得られた結果は、仙台市天文台の取組が一定の広がりや手応えを持っていることを示している。

同時に、評価を重ねる中で、ロジックモデルや指標設計の課題も明確となった。なかでも、来館前に科学・宇宙への関心が低い層に対して十分な変化を確認できなかった点は、今後重点的に改善すべき課題として位置付けられる。しかし、これらの課題は次期ロジックモデルの検討において既に反映されており、より明確で運用しやすいモデルへと整理を進めている。したがって、今年度は、現行中期計画の総括であると同時に、次期中期計画への橋渡しとなる重要な年度であったと総括できる。

Tab. 1 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					
		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					
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							
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	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（2025年度の実績）

アウトプット		具体的活動	2025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	星空の時間「今夜の星空散歩」の放映	来館者	652回	・観覧者数	46,801名
		こどもの時間「プラネくんとあそぼう！」の放映	来館者	152回	・観覧者数	11,621名
		平日の展示ツアーの実施	来館者	80回	・参加者数	646名
A1-2	日常と天文をつなぐ企画の実施	WS「宇宙のぐるぐるみつけた！」の改善・実施	来館者	12回	・参加者数	97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	20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	21名
		WS「月のクレーターをつくろう」の実施	来館者	3回	・参加者数	18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 60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 ・61名 ・11名
		「希望の星展示会」の実施	来館者	2回	・来場者数	カウントなし
		「仙台市天文台×愛子天空の湯そよぎの杜 期間限定コラボ企画！ 癒しの	来館者	7回	・観覧者数	178名
		「STAR&TRAIN 星と月と鉄道と 第4駅（フォース・ステーション） ～か	来館者	1回	・観覧者数	819名
		ベビープラネタリウムの実施	来館者	4回	・観覧者数	692名
		特別放映「伝統的七夕」の放映	来館者	6回	・観覧者数	257名
		特別放映「中秋の名月」の放映	来館者	3回	・観覧者数	203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	23名
		A2-1	多くの市民の日常に天文情報を届ける	土星の環の消失に関するプレスリリース	メディア担当者	1件
皆既月食に関するプレスリリース	メディア担当者			1件	・取材数	4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	36,000部
SNSによる天文情報提供	非来館者			・X 188件	・フォロワー数	・13,592件
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	2025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「地動説を唱えた人々」の実施	来館者	103回	・参加者数	1,062名
		天文の時間「地動説－惑星の運行から考える宇宙の姿－」の放映	来館者	101回	・観覧者数	6,604名
		展示ツアー「月食の月の色はなぜ赤い？」の実施	来館者	30件	・参加者数	164名
		「ECLIPSE 奇跡の天体ショー 日食と月食」プレショーでの演示・実験	来館者	24件	・観覧者数	1,595名
		特別観察会「皆既月食をみよう!!」の実施	来館者	1件	・参加者数	67名
		「スマホで星空撮影 in プラネタリウム」の放映	来館者	10回	・参加者数	149名
B1-2	施設活動を体験できるプログラムの充実	職場体験の受入れ	中学生	1件	・受入人数	3名
		博物館実習の受入れ	大学生	1件	・受入人数	2名
		インターンシップの受入れ	大学院生・高校生	3件	・受入人数	3名
アウトプット		具体的活動	2025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	13,099名
		中学校天文台学習の実施	中学生	1件	・参加者数	8,954名
		高等学校天文台学習の実施	高校生	1件	・参加者数	175名
C1-2	学校教員等の天文指導者の育成	教員研修会の実施	小中学校教員	1件	・参加者数	19名
C1-3	小中高校における天文分野の	「45分でわかる 小学校理科の月と星」の放映	来館者	10件	・観覧者数	276名
C2-1	天文学を学べるプログラムの	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	152名
アウトプット		具体的活動	2025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	16名
D1-2	市民や研究者間の交流活性化	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	高校生	1件	・参加者数	12名
		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	9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	39名
		研究・実践紀要にて市民の観測研究成果を公開	市民	1件	・研究者数	1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	活動なし	－	－	－	－
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	7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	7名	・研究成果のアウトプット数	7件
アウトプット		具体的活動	2025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	52回	・来場者数	1,459名
		公開サイエンス講座の実施	来館者	3回	・参加者数	147名
		アースデイ講演会の実施	来館者	1回	・参加者数	9名
E1-2	Well-beingな事例の発信	プラネタリウムワークショップ「夜空の明るさを考えてみよう」の実施	来館者	2回	・参加者数	89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	50館

Tab. 4 アウトカム評価指標と測定方法

最終	アウトカム		指標	測定方法
	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・宇宙との関わ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	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	フリーマガジン「ソラリスト」のアンケートにより、読後の行動変化を集計し、日常生活における宇宙との接点の増加を把握
	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 体系的な活動により学びの意欲が向上する	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	教員アンケートにおいて、「来館目的の効果」「授業との関連性」「学習指導要領との関連性」への回答を集計し、天文台学習が天文分野の理解促進に寄与した程度を把握
			C2 施設の話活動をとおして天文学の知識等を習得する	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	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	Tab.3アウトプット数を集計し、研究支援体制づくりの進展を把握
	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・宇宙を追求した先にある豊かさを実感する	Tab.3アウトプットに基づき、関連イベントの実施回数および参加者数を集計する

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	△ 15	20	12	13	60
		調整済残差	3.5	0.9	-1.5	-1.8	
	2.少し興味が あった	度数	▼ 26	△ 194	102	▼ 54	376
		調整済残差	-3.3	12.6	-0.7	-9.3	
	3.興味があった	度数	40	▼ 54	△ 121	▼ 81	296
		調整済残差	1.6	-4.6	5.6	-2.0	
	4.非常に興味が あった	度数	30	▼ 17	▼ 50	△ 172	269
		調整済残差	0.0	-9.4	-4.2	13.1	

Tab. 6 読後の興味・関心の変化

対象：「仙台市天文台に行ったことはない」と回答した読者56名

	回答数	割合
とても高まった	30	53.6%
高まった	22	39.3%
変化しなかった	4	7.1%
計	56	100%

Tab. 7 日常生活における宇宙との接点の増加を示す行動変化

※複数回答。割合は対象者56名に対する比率

	回答数	割合
空や星を見ることが増えた	24	42.9%
実際の空で星図を使って星を探した	15	26.8%
掲載内容を実践した	2	3.6%
上記のいずれかに該当	25	44.6%

Tab. 8 小学校向け天文台学習アンケート結果

※対象：小学校4年生および小学校6年生向け天文台学習（109件）

	回答数	割合
来館目的の効果を肯定的に評価した	108	99.1%
授業との関連性を肯定的に評価した	98	89.9%
学習指導要領との関連性を肯定的に評価した	89	81.7%
上記3項目すべてを肯定的に評価した	86	78.9%

注) 「来館目的の効果」は「非常に効果を感じている」「ある程度効果を感じている」を肯定的回答とした。「授業との関連性」および「学習指導要領との関連性」は「ややプラスに影響した」「プラスに影響した」「非常にプラスに影響した」を肯定的回答とした。

Tab. 9 中学校向け天文台学習アンケート結果

※対象：中学校1年生向け天文台学習（54件）

	回答数	割合
来館目的の効果を肯定的に評価した	42	77.8%
授業との関連性を肯定的に評価した	37	68.5%
学習指導要領との関連性を肯定的に評価した	32	59.3%
上記3項目すべてを肯定的に評価した	24	44.4%

注) 集計基準はTab. 8と同じ

仙台市天文台研究・実践紀要 第12号

2026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 2025

