



昭和6年竣工、赤道儀室（国立科学博物館, 東京）

日本公開天文台協会(JAPOS)

第7回 全国研修会

2019.01.28-30. 国立科学博物館, ギャラクシティ（東京都）

[テーマ]

理論と実践
サイエンスコミュニケーターとしての
天文台解説員

日本公開天文台協会(JAPOS)

公開プログラムワーキンググループ

- | | |
|------------|-------------------------------|
| 第1回全国研修会 | 2013.1. うすだスタードーム |
| 第1回九州地区研修会 | 2013.6. 南阿蘇ルナ天文台 |
| 第2回全国研修会 | 2014.2. かわべ天文公園 |
| 第2回九州地区研修会 | 2014.6. 南阿蘇ルナ天文台 |
| 第3回全国研修会 | 2015.2. 美星天文台 |
| 第3回九州地区研修会 | 2015.6. 南阿蘇ルナ天文台 |
| 第4回全国研修会 | 2016.1. ディスカバリーパーク
焼津天文科学館 |
| 第4回九州地区研修会 | 2016.6. 南阿蘇ルナ天文台 |
| 第5回全国研修会 | 2017.1. 星の子館 |
| 第5回九州地区研修会 | 2017.6. 南阿蘇ルナ天文台 |
| 第6回全国研修会 | 2018.1. ハートピア安八 |
| 第6回九州地区研修会 | 2018.6. 南阿蘇ルナ天文台 |
| 第7回全国研修会 | 2019.1. 国立科学博物館, ギャラクシティ |

第7回日本公開天文台協会(JAPOS) 全国研修会

「理論と実践：サイエンスコミュニケーターとしての天体解説員

2019.1.28-30 国立科学博物館, ギャラクシティ

1月28日（月）

場所：国立科学博物館

- 9:00 通用口から入館証を使って入館開始（要昼食/飲料事前購入）
- 9:30 受付開始
- 10:00 開会式
- 10:20 基調講演（60分）
「サイエンスコミュニケーションのはじめ方」
国立科学博物館 小川義和先生
- 11:20 午前セッション（90分）
§1. 「サイエンスコミュニケーターとしての天体解説員とは？」
- 12:50 休憩
- 13:50 午後セッション
§2. 「サイエンスコミュニケーションとしての天体観察会」（55分）
§3. 「機材操作技術と光学」（65分）
§4. 「対象天体観察技術」（65分）
- 17:05 発表（20分）
うすだスタードーム天体解説員 坪根徹さん
「天体解説員の『頭の中』5
星を『語る』方法 『ユニット』の実例」
- 17:25 休憩
- 18:00 国立科学博物館の洞口俊博先生と赤道儀室で天体観察会（90分）
- 19:30 終了

1月29日（火）

場所：ギャラクシティ

- 10:00 午前セッション
§5. 「観察プログラム企画技術」（65分）
§6. 「観察グループ（場の作り方）」（ファシリテーション1）（55分）
- 12:05 休憩

- 13:00 午後セッション
- §7. 「効果的な天体解説方法（場の動かし方）」
（ファシリテーション2）（55分）
 - §8. 「天体観察会で起こる気づきと発見の構造（エウレカ!）」（55分）
 - §9. 「より深い理解をもたらすナラティブな解説手法（無知の姿勢）」
（55分）
 - §10. 「観察会后へ続く学びのプロセスづくり（創発フォーラム）」（55分）
- 17:00 終了（希望者はプラネタリウム投影見学）
- 18:00 情報交換会（希望者のみ、別途実費）

1月30日（水）

場所：ギャラクシティ

- 9:00 §11. 「サイエンスコミュニケーター自身の学び & 伝えたいこと」（90分）
- 10:30 総合セッション（75分）
- §12. 「観察会のクロージングのあり方（オープンエンドとは）」（60分）
 - §13. 「次世代の天体観察会に向けて」（15分）
- 11:45 閉会式（15分）
- 12:00 終了、解散

「サイエンスコミュニケーターとしての天体解説員」

- 日本公開天文台協会(JAPOS) 第7回全国研修会 -

「公開プログラム WG」

「次世代型公開天文台検討 WG」

担当 宮本孝志（南阿蘇ルナ天文台）

【序】

「公開天文台の役割と天体観測会の目的」

公開天文台が広義の意味で担っている役割とは、古より人間が得てきた多くの知見を基に、宇宙や天体について、天体観測会の参加者たちに、自発的な学びや理解を得る機会を提供することです。

私たちが住むこの世界や宇宙についての人間の理解には、先人たちによる様々な方法や歴史的な過程があり、その中から、神話や宗教、文芸、美術、そして、人文科学や自然科学など、多岐にわたる領域が誕生しました。

なかでも、自然科学のひとつである、天文学や宇宙物理学は、宇宙を紐解くための学問として、最も大きく発展してきた分野であり、人間の長い探究の歴史の知恵と努力の結晶といえます。

公開天文台では、この自然科学としての天文学や関連の諸科学によって得られた知識、また、そこに至るまでの探求の過程を、実際に天体観測を行ないながら紹介し、市民・参加者が科学的に宇宙を理解できる体験を提供することを目的としています。

「科学的な宇宙の理解と分かりやすい天体観測会」

しかしながら、天文学や物理学などの自然科学的方法による学びは、学習過程が非常に精緻で厳格な分野です。長い時間と努力により、ひとつずつステップを踏みながら積み上げることで、理解が可能となる領域であり、専門知識を持たない一般市民が理解する事は

容易ではありません。ことに天体観測会の短い時間内では、対象天体を眺めながらの、単なる結果としての知識の紹介と暗記のみに終わってしまいがちです。しかしながらそれでは、目的としている「科学的な宇宙の理解」には十分ではありません。

そこで、市民・参加者が科学としての宇宙探究の方法や知識について、みずから関心や興味を持って学び、その学びを生活のなかで活かすために、公開天文台における天体観測会は、どのように構成し、且つ、楽しく分かりやすく実行すれば良いのか、具体的な方法について、科学を伝える手法である“サイエンスコミュニケーション”の視点から、改めてとらえ直したいと思います。

「サイエンスコミュニケーションの構造」

“サイエンスコミュニケーション”とは、サイエンス（科学）、コミュニケーション（対話・伝え合うこと）の2つの言葉で成り立っており、そこでは、以下のことが前提となっています。

- 1)サイエンス（科学）＝ 伝えあう内容
- 2)コミュニケーション（対話・伝え合うこと）
 - a) 対話の主体（私・私たち）
 - b) 対話の相手（あなた、あなたたち）
 - c) 伝え方

すなわち、「誰が、誰と、何を、どのように伝え合おうとしているのか」という意味を示しています。

そこで、サイエンスコミュニケーションとい

う視点から、公開天文台の天体観察会をとらえてみると、以下のような表現が可能となり、また、すべきことが明確になります。

- 1) 伝え合う内容である「天文学・科学（論理的
理解と観測などの検証方法）」とは何か
- 2) 「対話の主体（自分・天体解説員）」と「相手
（市民・参加者）」とは誰なのか
- 3) どのようにしたらコミュニケーションが可能
になるのか、伝え、分かり合えるのか

なお本稿では、天体観察会や施設展示などを中心とした、公開天文台でのコミュニケーションについて話を進めています。そのため、サイエンスコミュニケーションは本来、多様な人々・機関を対象として行われるものですが、ここでは観察会への参加者、施設への入館者などを想定して話を進めていきます。

【1】伝えるべき「科学・サイエンス」とは何か

「解説員は一生懸命」

解説員は、天体観察会の場において、一生懸命に天体の説明を行ないます。例えば、ご家族連れやカップル、団体のみなさんに対し、はっきりと大きく見すことが難しい火星を示して「今回はこんな模様が見えているんですよ！」と力説したり、「お月さんには“X”や“V”、“LOVE”があるんですよ」と、参加者が関心を抱きそうな話題をしてみたり…。どうしたら宇宙や天体の素晴らしさを参加者たちに知ってもらい、天文学の知識や最新の知見を得ていただけるのか、さまざまに工夫をこらして奮闘しているのです。

「科学的な考え方や手法」

ところで、解説員がそうして伝えようとしている天文学、また、天文学を含む“科学”とはそもそも何なのでしょう。

『サイエンスコミュニケーションのはじめか

た』(小川義和 国立科学博物館編)には、「サイエンスとは、自然科学だけではなく、人文科学や技術なども含み、科学的な考え方や手法により世界を理解したり、社会に変革をもたらしたりする行為」と記されています。

つまり、世界を理解したり、社会に変革をもたらしたりする行為は、他にも、神話や宗教、文芸や美術などが存在しますが、“科学的な考え方や手法”こそが、「サイエンス＝科学を他から区別している。」という訳です。

「近代科学」

それでは、“科学的な考え方や手法”とは、どのようなものなのでしょうか。

まず、この場合の科学というのは、ガリレオやデカルト、ニュートンなどの活躍により、17世紀の西欧で始まった“近代科学”という意味です。それは18世紀の産業革命に繋がり、近代文明を作り上げる基盤となりました。

「ガリレオ・ガリレイ」

ガリレオ・ガリレイ(1564-1642)は、天体を望遠鏡で初めて観察した科学者で、天文学の父と呼ばれています。月のクレーターや木星の4大衛星(ガリレオ衛星)を発見して『星界の報告』を著し、ガリレオ衛星の移動や金星の満ち欠け、太陽黒点の観測結果などから、コペルニクス(1473-1543)の地動説の正しさを確信するようになります。

また、物体の落下を観察し、アリストテレス(前384-322)が信じていたように、落下速度はその重さに比例するのではなく、重さに関わらず落下速度は一定であることを、実験によって証明しました。ガリレオは、石の落ちる時間や距離や速さを計測し、一秒ごとの速さの変化を数字で表わし、それが変わらないことを見出したのです。このガリレオの実験の歴史的な意味合いとは、目の前で起きている現象について、それがなぜ起きているのかという目的を、思弁

的に説明するのではなく、現象そのものを定量的に計測して表現したことにあります。さらに、原因と結果を数式で表わすことで、経時的変化を予測することも可能になったのです。すなわち、

- 1) 観測や実験によって、現象を量的に測定し、その関係を数式で表現する。
- 2) 原因と結果の関係を明らかにし、結果を予測する。

これが、近代科学の基礎となり、ガリレオは“近代科学の父”とも呼ばれることになりました。

「ルネ・デカルト」

さらに、仏数学者・哲学者ルネ・デカルト (1596-1650) は、著書『方法序説』によって、以下の基本的考え方を確立しました。

- 1) 先入観なしに、すべての事を疑う
- 2) 現象を小さな要素に分解することで分析・理解し、その特性を全体に適応し総合する。

これは健全な懐疑主義となって科学の考え方の基礎となり、また帰納や演繹などの手法を使い、現象を原因と結果によって説明する機械論的世界観を確立しました。数学者であったデカルトは、自然の世界の本質を数学的方法によって理解することに試み、この理念を方法論として確立しようとしたのです。

「アイザック・ニュートン」

そして、これらの偉人たちの成果を受けて、アイザック・ニュートン (1642-1727) は、以下の偉業を成し遂げました。

- 1) 質量、力、加速度、運動量などといった、さまざまな「量」の概念で、万有引力の法則や、力学の法則を発見。

- 2) さらに微分・積分によって、「量」と「量」の関係性を関数によって表現。

「科学革命と今日の科学」

こうした“科学革命”とも称される、一連の論理的な考え方や手法に基づく発見を経て、近代科学の基盤が誕生しました。

その基盤の上に、天文学も科学・技術も大きく発展し、多くの発見や成果を挙げ、今日の近代文明が成立していったのです。

今日において“科学”とは、観察を通して自然現象の根底にある法則を見つけ出し、そこから論理的な推論によって予測を導き出し、それを実験や観測などによって検証することを目的としている活動だと理解されています。そのために、仮説演繹法や反証法など、仮説を立てて結果を検証する方法が取られています。このような考え方や手法、それらによって得られた知識の上に組織された科学・技術の体系が、今の私たちの暮らしと文明を支えているのです。

参考として、その方法のいくつかを以下に紹介します。

〔仮説演繹法〕

仮説演繹法とは、ある現象を説明する理論や法則を構築するための代表的な科学研究方法のひとつです。19世紀にはこれこそが科学的方法だとされていました。帰納法によって仮説を立て、演繹法と帰納法を組み合わせることで仮説を検証する方法です。

まず観察などによって収集したデータを元に帰納法を用いて、現象をうまく説明できそうな仮説を立てます。なお、この仮説は法則を表す命題や公式の形をとります。

次に、立てた仮説を検証するため、演繹法を用いてこの仮説を具体的事例に当てはめ、「仮説が正しければこうなるはずだ」といった結果を予測します。

その後、実際に実験や観察を行い、予測を裏づけるデータが得られれば仮説は正しいとされるのです。この時、仮説が完全に真であるとなれば「検証された」と言い、より真に近づき確からしくなったとみなされれば「確証された」と言います。また、仮説に反する結果が出れば仮説は間違いであると分かるので「反証された」と言います。

しかし、仮説演繹法では、予測を検証するプロセスが必ずしも妥当な演繹となっていないために、帰納法であるとみなされます。なぜなら、これまでのデータがそうであったから、次のデータもそうなるであるだろうという推論では帰納になってしまい、その結果を論理的に正当化する事ができないからです。ですので、例えば検証結果が予測通りであったとしても「検証された」ことにならず、今日では「仮説は確からしいというレベルに留まる」とされているのです。

〔反証可能性〕

カール・ポパー (1902-1994) が提唱したもので、科学理論の客観性を保証するためには、その仮説が実験や観察によって反証される可能性がなければならないというものです。つまり「ある時点でなにか証明されても、後に反証がなされ得る」余地がかならずある、ということ。もしくは「ある仮説をもとに成り立つ証明がその後反証されたらその仮説が正しくなかったと証明されたことになる」という可能性を常に持つ、という事です。

なぜなら、もし仮説を帰納的に検証する事が論理的に出来ないのであれば、科学的に妥当な推論は演繹だけになり、したがって実験によって直接的に仮説を検証する事はできません。出来るのは反証の検証だけになるからです。

この意味は、何かの現象を説明する理論は、厳密には100%はあり得ない、確からしいというレベルに留まることを示しています。

このように、これまでに確立された科学的手法では、仮説が必ず真であるという証明はできず、蓋然的なままでとどまります。そこで、確からしいとされる仮説が、。幾多の反証の挑戦に耐えて、他と矛盾せず、予測が実際に使われていて有用であるなどの条件と合わせて、今日では定説とされているのです。

「反科学・非科学・疑似科学」

また、「科学的」とあるということは、反科学ではなく、非科学や疑似科学でもない、ということの確認作業でもあります。

科学的立場は、UFO や宇宙人を見たという事をそのまま信じるという事と、どこが違うのか。飛躍した論理やもっともらしく科学を装った立場と、本来の科学を目指す立場とはどこが違うのかを、分かりやすく説明をすることでもあるのです。

反科学とは、論理的な思考以外によって現象を説明しようとする立場です。そこには宗教的な神秘主義や、合理主義に反対するロマン主義などが含まれています。

非科学には、アメリカで根強い、進化論を否定する創造主義などがあります。強い信念や信仰などに裏打ちされると、同じ事実であっても科学的に受取られない場合があるのです。

疑似科学は、先に述べた反証条件を明確に示さないことによって、あたかも正しいかのように確かさを強調する事が多くあります。反証されることを免れようとするのは疑似科学である可能性が高いのです。反対に、科学の立場は、健全な懐疑主義によって、反証される事を受け入れる立場になります。

「科学の3つの伝え方」

さて、私たち解説員は、天体観察会やサイエンスコミュニケーションの中で、「天文学・科学を伝える、伝え合う」という場面において、こうした“科学”の何を伝えようとしているので

しょうか。

それは、以下の3つが想定されます。

- 1) 科学そのもの
- 2) 科学について
- 3) 科学を行う

1つ目は、「科学そのもの」を学ぶ、つまり学校の授業のように、科学の法則や概念の体系を学ぶという事があります。しかし、それには、学校教育現場のように、非常に精緻で厳格な過程と長い時間と努力によって、理解を積み上げていかなければなりません。到底、短時間のプログラムで習得できることではありません。

2つ目は、天体観察中に、天文学の成果としての知識も交えながら、結果を生み出した人間の歴史や発展を紹介しつつ「科学について」伝える。つまり、「科学の考え方や手法」に関する理解を深めていくことがあります。

もしも、こうした科学の本質的な考え方や手法の基礎を、自身の体験によって少しでも学ぶことができれば、単に結果や答えとしての知識を暗記するのとは違い、その後の自分の疑問や関心に沿って、自分で考え自分で探求したりする姿勢を育む可能性が生まれます。また、日常生活に応用することで、単に既成事実や知識を当たり前のものだと思わずに、改善や改良を考えたり試したりできるようにもなるでしょう。

そして3つめは、こうした学びを通して、研究者として「科学を行ない、推し進める」立場に進む方もあるでしょう。しかしながら、一般を対象とした天体観察会の場合は、研究や観測の場ではありません。そのことを前提として、ここでは、天文学を通して科学に親しみ、その考え方や手法について伝え合うということが重要であるといえます。

「天体観察会の第1世代」

そもそも天体観察会は、実際の天体の姿を天

体望遠鏡などで見て、それに関する知識を解説員から聞くという形が始まりでした。それは一方向的な、教え・教えられる関係での伝統的な学びであり、そこで伝えられるのは天体や天文に関する知識です。

こうした方法は、欠如している参加者の「科学についての知識」を、どうしたら転移することができるのか、ということが問題意識であり、目的・目標でした。そのため解説者は、実物としての天体を参加者に見せて、「結果としての知識や法則を覚えさせる」というアプローチを取ります。それには解説者自身が、天体を見せるための実技を身につけ、天文の知識や法則を学んでいなくてはなりません。

「どうして理解してもらえないのか？」

実際の天体観察会の場合に立っていると、「この方（参加者）たちは、関心をもって何かを学びに来られているのだろうか？」と思ったことは、どんな解説者でも経験があるのではないのでしょうか。というのも、解説を聞いているのかいないのか、参加者の話題となるのは、怪しげなテレビ番組の得意げな受売りだったり UFO を見たことが有るとか無いとかだったり…。

何故、解説者が一生懸命に科学や天文学を順序立てて解説しようとしているにも関わらず、参加者にきちんと聞いて理解してもらえないことがあるのでしょうか。

どうも、理屈を理解してくれと言われても、説明の途中で興味を失い退屈してしまったり、仮に論理的な仕組みを理解したとしても、それだけではなかなか納得しなかったりというのが人間というものの性質のようです。

そのことを念頭に置きながら、コミュニケーションとは何か、そして分かり合うとはどういうことなのか、相手の言うことを「理解する」、そして「納得する」とはどういうことなのか、次から詳しく見ていくことにしましょう。

【2】対話する存在 人間の脳と認知機能について

「赤ちゃんの意識の発達」

はじめに、ものごとを「理解する・分かる」という事象は、人が誕生した瞬間、あるいは誕生する前からすでに始まっているということがあります。生まれて間もない赤ちゃんには、自分と世界の区別がつきません。例えば、手や足が自分のものなのか、外部のものなのかを、区別することができないのです。

自己意識の発達は、次のように進むとされています。

1. 脳が発達し徐々に意識が獲得され始める。
2. 意識対象の観察が始まる。
3. 自分の肉体環境と外部環境が観察され始める。
4. 自分の肉体環境と外部環境情報を集めて自己のイメージと世界との関係を把握し、自分の生存に必要な情報を組立てていく。
5. 外部環境に対して、自己の行動がどのような結果になるのかを試し、結果を予想するようになる。

例：自分の手をながめながら、動かしてみたりしゃぶってみたり、またその手を何かに伸ばして触ってみたりする。これは、後には科学の仮説演繹法といった手法にも繋がる一連の実験の萌芽でもある。

こうして、自他を認識し、自己と外部環境との境目を知ることによって、自己と外部環境とのやりとりが始まります。人間としての長いコミュニケーションの旅が始まり、意識が発達していくのです。

「生命の基本 情報と物質のやりとり」

以上のような意識やコミュニケーションの発生の根源は、生命そのものの始まりにあります。生物の最小単位である細胞は、細胞膜によ

って外部環境から隔てられた一つのシステムであり、分けられた内部と外部との間の物質のやり取りによって生命活動を維持しています。生命活動を維持するために、障壁を設けて外部環境から自己というシステムを分け、自らを守ります。一方で、そのシステムを維持するために、外部情報を取得して反応し、代謝と呼ばれる物質のやりとりを行ないます。自己の保全にとって都合の良い情報は「安全・良い・好き」になり、都合の悪い情報は「危険・悪い・嫌い」情報として受容します。

生物は、初期の生命である原子細胞に始まり、複雑に進化・発展して現在の人間の姿に至りますが、生命の基本は生物の始まりの時から少しも変わってはいないのです。

「脳と知覚 分かることの第一歩」

さて、高度に進化した生物である人間は、自己と外部環境との間に、他の生物種にはない、複雑な脳という中央情報処理システムを発達させました。

人間は外部環境からの情報として、まず温度や圧力、光や音の強さなどを察知する感覚細胞によって、新しい情報として取り入れられます。そしてその情報が脳にやって来ると、情報処理が行われ、視覚・聴覚・嗅覚・味覚・体性感覚（触覚など）という五感となって、自己に知覚されるのです。

感覚はそれぞれに専門化しており、その一番の役目は区別することです。視覚であれば、明るい・暗い、赤い・青いなど、同じ視覚情報の基本的要素を分別します。これが分かる＝分ける、ということの第1歩となります。

「ニューロンネットワーク」

このようにそれぞれの感覚情報が脳に集められ、特定の「ニューロン」という神経細胞を刺激します。ニューロンは脳全体で1兆個ほどもあるといわれています。ニューロンからは、

情報を送り出す軸索と情報を受け取る樹状突起という触手が伸びて、他のニューロンと繋がっていきます。

このニューロン接続は、赤ちゃんの時には未発達ですが、乳幼児期に急速に発達し、6歳ごろに最大になります。1個のニューロンはそれぞれに、周囲の1万個ものニューロンと接続して、情報をやり取りするために、気が遠くなるほどに複雑な神経系というネットワークを作っていくのです。

「心像 思考の単位」

以上のように、外界からのさまざまな感覚情報が知覚となって脳に届き、それらが意識化されるものと意識化されずに無意識に残るものにとり分けられます。その結果として、脳に取り込まれて、自己に意識されるすべての心理現象を「心像」といいます。意識化されて心の中で再構成されるものだけがひとつの心像となり、この心像が私たちの思考の単位となるのです。

すなわち私たちは、心像を形成するという方法で外部環境の世界を読み取り、自己の意識世界の中で再構成して見ていて、見えている世界が、そのまま外部の世界というわけではないのです。

「知覚心像」

心像のうち、外界からの刺激を知覚して現在作られている心像を、「知覚心像」といいます。神経系に新しい情報が入って情報が処理されると、神経系の状態がそれまでとは変化し、新しいニューロンの繋がりができたり、いままであった繋がりの新しい活動部分だけが強化されたりします。

例えば、目で見て光が見えているからモノが見えるわけではないのです。目から入ってきた神経情報が、繰り返される経験によって知覚心像の形成基盤である視覚神経ネットワークを

つくり、知覚心像を形成するため、対象がモノとなって見えるのです。

このように、ひとつのニューロンが受けた刺激によってたくさんのニューロンが次々に活動し、複雑でまとまりのある活動が発生することで、これらが「感覚」、「思考」、「認知」となるのです。

「記憶心像」

この知覚心像に対して、過去に知覚されて、現在は脳に記録として記憶されている心像を「記憶心像」といいます。

神経系に同じような情報が幾度ももたらされ、活動が繰り返されると、共通する入力情報に共通に反応する広範囲のニューロンの物理的ネットワークが構成され、消えずに残るようになります。このパターンは、他の大きなニューロングループで起こっている活動と繋がったり、別の活動を誘発したりしていきます。この活動の心理的な現象が記憶心像で、「記憶」となったり「新しい概念」となったりするのです。

「脳 情報処理システム」

こうして脳は、外部環境との間でフィードバックシステムを作り出し、外部に何も起こってなくても、何かのきっかけで脳の内部で処理が活性化して、再現がされたり再処理されたりする、とても優秀な中央情報処理システムを作ってきたのです。

これは、生命体として生き残るため、役に立つ情報処理パターンを残し、役立たない情報処理パターンは捨てていくという適応の上に成立し、進化してきたものでもあります。

「理解する・分かるということの基本」

さて、たったひとつの知覚心像だけでは、知覚対象が分かっただけで、その「意味」はまだ生まれていません。知覚心像が、別の感覚情報からなる知覚心像や、心の内にある過去の体験

である記憶心像と照合、比較、同定、分類、関係づけられることによって初めて、現在、知覚がされていることの意味が生まれてくるのです。

そして、目の前に見える光や影、色のパターンを、形のあるモノとして認識して知覚心像が形成できるようになり、それを前にも見たことのある記憶心像と比較して、“リンゴなのだな”と認識できるようになるのです。

これが「理解する」ということ、「分かる」という事の基本です。

「言葉とコミュニケーションの誕生」

ところで、私たちは「言葉」によってコミュニケーションを行ないます。

言葉によるコミュニケーションとは、「意味や概念を交換し合う」ことであり、そのやりとりする基本単位が心像なのです。

ここで、目の前にある、あるモノについて、相手と話をするとします。相手もあるモノが何であるかを知っているの、共通の名前で呼ぶことになります。その結果、「ここにあるリンゴをあげよう」、「おいしそうなリンゴをありがとう」という会話が成立することになります。すなわち、お互いの心の中にある「共通の記憶心像＝意味・概念」があって、それに名前という記号を付けてやりとりするようになり、言葉が誕生しコミュニケーションが成立するのです。

このように、分かり・分かり合うためには、自分と相手とが同じ心像を心の中に喚起する必要があります。相手の中に自分と同じ記憶心像がなければ、自分が思うように、相手は分からないのです。また、たとえ同じ名前をつけて呼び合っていたとしても、双方の心の中で別の記憶心像＝意味があれば、誤解や解釈違いが生じる事になってしまうのです。

「記憶のいろいろ」

記憶の種類は多種存在しますが、生まれなが

らに持っている遺伝的な記憶もあります。

たとえば、熱いものに触った時にとっさに手を引っ込めるような「反射」や、悲しくなると泣いたり、愉快になると笑ったりする「情動反応」もそのひとつです。これらは、お腹の中から生まれた後に覚えたものではなく、神経系が進化する過程で、生物が身を守るために必要な行動として獲得され、神経系に記憶として残されてきたものです。こうした先天的な記憶の上に、生まれてからの経験によって、後天的な記憶が積み上げられていくのです。

この後天的な記憶も、大きくふたつの記憶に分ける事ができます。ひとつは、意識的に呼び出しやすく心像化できる「陳述性記憶」で、もうひとつは、自転車の乗り方のように体で覚えていても心像化をして説明することがむずかしい「手続き記憶」です。

また、この意識化しやすい陳述性記憶は、さらに二つに分けられます。「エピソード記憶（出来事の記憶）」と「意味の記憶」です。

「エピソード記憶」

「エピソード記憶（出来事の記憶）」は、文字通り、自分の経験した出来事の記憶です。いつ、どこで、誰と、何をしたのかという出来事そのもの、そして、その時の自分の体験した感情や気分や考えなどが一体となって、出来事の記憶になっています。

大脳生理学者のロジャー・ペンフィールド（1891-1976）はとても興味深い実験を行ないました。被験者の大脳の一部に刺激を与えると、過去のある出来事の場面や感情などが、映画のようにありありと思い出されたのです。つまり脳には、さまざまな部分に分散されて蓄えられている、色々な種類の記憶を、一連の出来事にまとめて心像化する機能があるのです。

このエピソード記憶には、感情が強く結びつけられるという性質があり、また、心に残る記憶には、必ずその時の感じた気持ちや感情が強

く残るとされています。例えば、何かを学ぶときに、無味乾燥で単純な記憶学習よりも、楽しかったり体験学習をしたりするなどで感情が伴った方が、より鮮明に残ります。また、誰かと喜んだり悲しんだりするなどの強い印象を受けた出来事の記憶は、後々まで心に残り易くなるのです。

「意味の記憶」

一方、「意味の記憶」は、出来事のように動的に変化するものではなく、固定されたさまざまな概念の記憶です。出来事の記憶が繰り返されるうちに、そのパターンが神経系の中の回路として形成・固定化されていきます。そして、重なり合う共通のものだけが残し、ひとつの心像となっていくのです。

こうして学習されたひとまとまりの「知識」・「イメージ」が、意味の記憶となります。

「脳の構造」

さて、脳の全体構造を見てみると、脳は進化と共に発達してきた三層構造になっていることが分かります。もっとも中心にあるのは「脳幹」です。脳幹は、脊髄の末端が肥大化してきたもので、進化の歴史上一番古く、5億年以上も前に発生していて、別名「爬虫類脳」とも呼ばれています。体と脳の間の情報交換をする部分で、呼吸や脈拍などの生命維持装置である「小脳」や、嗅覚や視覚などの感覚モジュールで出来ています。

そして、その周りにある小器官の集まりが「大脳辺縁系」です。「哺乳類脳」とも呼ばれていて、脳幹よりも後に発達しました。大脳辺縁系は、無意識のさまざまな欲求や情動が生まれる部分で、感覚情報の中継ステーションである「視床」、刺激に反応し身体を外部環境に適応させる「視床下部」、新しい記憶を一定期間蓄え記憶や認識を司る「海馬」、逃避や逃走など生存のための反応や情動を生み出す「偏桃体」など

で構成されています。

「海馬と偏桃体」

海馬と偏桃体は互いに強く結ばれており、偏桃体が入力情報に対する反応として喜怒哀楽などの感情を強く引き起こした時には、海馬はそれを重要なものとして記憶の中にしっかりと留めようとしています。

また、海馬は一時的に記憶を蓄えるところですが、ここで何度も繰り返し再生された記憶は、3年ほど経過すると、大脳皮質の方へ定着されていきます。これらの手順や仕組みは、生命進化の中で獲得された生き残るための反応がパターンとなり、記憶となって残ったものであると考えられます。

「大脳皮質」

人間の脳の表面にあるのが「大脳皮質」です。今から約150万年前に爆発的に発達して、脳を覆うようになり、今日においては、人間の脳の大部分を占めています。大脳皮質がさまざまな記憶の断片を定着・統合して、人間の意識を生み出す部分となり、思考・言葉・計画・組織化・コミュニケーションなどを行なっています。

このように脳は、特定の部分がひとつの機能を持っているのではなく、たくさんのニューロンネットワークが分散して並列処理を行っており、それらが互いに反応し合いながら統合されていく仕組みを持っているのです。

「感情」

その他にも「感情」という機能があります。例えば、「黒くて大きなものが近づいてくる」という外部からの情報が脳に入ってきて来るとします。するとそれが引き金となって、近づくと、逃げる、戦う、服従といった、偏桃体の無意識の4種の基本的情動反応が引き起こされます。すると、それに対応してドキドキしたり手に汗を

かいたりという体の変化が起こります。その変化に対して意識的な脳の部分である大脳皮質が注目し、「怖がっているのだろう」と、予測を交えた解釈することによって、「恐怖」や「対抗心」、「勇気」などの、さまざまな組み合わせからなる微妙な感情に変わっていきます。

感情とは、情動そのものではなく、情動が複雑に意識化されたものなのです。「悲しいから泣くのではなく、泣くから悲しいのだ」というひとつの学説が存在するほどです。

「無意識的情動と意識的コントロール」

こうした脳の回路においては、大脳辺縁系の情動中枢から、大脳皮質へと送られる情報の方が格段に多く、その逆よりも強くなるように作られています。つまり意識的・合理的に判断する部分よりも、無意識な情動を司る部分の方が、行動への影響力がはるかに強いのです。そのため、無意識の感覚によって動かされる情動を、思考の力によって意識的にコントロールしようとするのは、とても難しいことなのです。

【3】理解と納得の構造

「科学はひとつのシステムだ」

先述として、天文学や科学の世界は、科学的な考え方や手法によってもたらされた知識によって構成されています。それはまるで、ピラミッドのように精緻且つ精巧に組み上げられた構造で、ひとつの体系・システムを作っていることをお伝えしてきました。

「同じシステム同士でないと、意味は伝わらない」

ここでひとつ、天体観測会の場合において、解説者(=伝える側)と参加者(=受け入れる側)の間に起こり得る事例を使って説明します。

解説者は過去に、大小さまざまな種類の天文学に関する概念や論理、知識などを習得し、それら一つひとつ、レンガを積み上げるかの如く

構築し、大きなピラミッド (= 理解のシステム) を獲得しています。

ところが、自分の中にある理解のシステムの特定の部分(考え方・方法の概念・知識など)だけをその場にいる参加者に伝えても、天体観測会は上手くはいきません。なぜならば、受け入れる側 (= 参加者) の中には、伝える側(解説者)と同じような理解のシステムが積み上げられていないため、それらの情報を転移させ、受け入れ、意味として理解することが困難だからです。その結果として参加者は、実際に解説者が伝えたかった意味を読み取れず、訳も分からぬままに、天文の情報を単なる知識として丸暗記するしかないという状況が起きてしまうのです。

「欠如モデルと第1世代」

このような一方的な伝え方、教え方の姿勢には、“一般大衆は科学に対する知識・理解が足りないで、知っている自分たちが教えなければならぬのだ”という解説者側の思考、サイエンスコミュニケーション用語で「欠如モデル」といわれている考え方が要因であると示唆されます。学習理論でいえば、“どうしたら知識を効率よく覚えさせることが出来るか”という均一的な訓練を想定する「刺激反応理論」が影響していると考えられます。

そして更に、天体観測会の世代においては、「第1世代」の“資料陳列型の知識伝授の方法”に該当する思考であるといえます。

「同じ概念を用意する」

これら事例などからも分かるように、コミュニケーションの基本として、伝え合い理解し合うためには、以下の1) - 3) を意識した上で、伝える側 (= 自分) と受け取る側 (= 相手) の中に同じ概念を持つ事が必要です。

1) もし相手の中に同じ概念がなければ、新し

い概念としてそれを教え、作らなければなりません。

- 2) 相手の概念が不明確であやふやであれば、それを明確に定義しなければなりません。
- 3) 互いが同じ名前で違う概念を持っていたら、それを比較してどちらか一方にするか、統合しなければなりません。

このような段階を踏むことで、両者の中に同じ概念を持つ事ができるようになります。

「同じ概念構造を組み立てる」

しかし、たとえ両者が同じ概念を持っていたとしても、他のさまざまな概念や知識と繋がってひとつの意味を作る場合、その繋げ方や組み合わせ方を同じにする必要があります。例えば、4つの概念でひとつの意味を作るとき、その組み合わせで出来る結晶のような構造を、互いの中で同じように概念を組み立てるという作業が必要になります。

この作業は、論理的に概念同士を組み立てていく「科学そのものを学ぶ方法」です。また、その組み立てる過程の中で「科学に関する考え方や手法を学ぶ方法」でもあります。

解説の中で、この概念構造を参加者の中に移築するために有効な方法が、テーマ解説やテーマ展示です。参加者に素材となる知識や概念を与えつつ、それが意味するところへ筋道を立て組み立て、最後に結論に繋がります。

この構造は、基本的には筋道を立てる論文やストーリーテリングの構造と同じです。解説者の意図通りに首尾よくいろいろな概念や知識の素材が組み合わせ、ひとつの理解の構造が出来あがれば、最後に答えとなる意味が用意されているという訳です。

伝えるべき意味や理解し合うべき知識や概念が、最初から決まっているのであれば、こうして理解に至る構造を組み立て、実行していく

事が最善の方法のはずです。この方法は、教育学の中で「解説的教育理論」と呼ばれ、学校教育で一般的に行われています。

これを、天体観察会の世代でたとえるならば、「第2世代」の“テーマ解説の構造”に該当する考え方であるといえます。

しかし現実には、このような段階的な組立てをしても、意図したようには相手に伝わらないという状態が発生します。それは、論理的な意識の下にある何かが、まだ互いに共有されたり結びついたりしていないために起こり、「理屈は分かって、なんだか今一つ納得できない」といった、“腑に落ちない”という感情を生み出します。

転移された知識や移築された構造というのは、自ら得たものではなく、他者からの作用によって人為的に作られた、いわば借り物です。それは意識に上るような論理的な材料だけで作られたもので、意識下の情動の部分まで含む、すそ野の広い自分の意味心像とは異なることから、理解の消化不良が起こるのです。

「心の底からの理解 エウレカ！」

この段階的な組み立てとは違う方法として、参加者が解説者から必要になる素材の概念を転移したりシステムの組み立て方のヒントを得たりしつつも、参加者自身がその筋道や方法を自ら作り出し、自分のストーリーを組み上げるという方法があります。参加者は、自身の意識・無意識のライブラリーの中で、意味心像や記憶心像を検索し、自力で概念のピラミッドのレンガを積み上げ、システムを構築することで、全体理解に到達します。この方法は、「発見学習論」を基にしたアプローチ法で、このステップによって得た理解は、強烈な感情を伴います。また、単に論理的に理解するだけではなく、無意識を含めた新たな理解ピラミッドがカチッと出来上がった瞬間に、心の底から納得し「あ

っ、分かった！」という「心の声」を発するのです。

このように、たくさんの概念や情報が集まって、これまでとは全く違った質と意味を持つシステムを作り上げる「創発」の現象が、意識の世界で起こることを、本研修会では、「エウレカ！」と呼んでいます。“なぜだか分からないが急に分かった”、というような時、それは直感的な理解となつて意識されますが、決して論理の飛躍が起きたり、天から啓示が降りてきたりしたわけではありません。無意識の中では、“分かりたい”という欲求圧力の下で、さまざまな意味心像や記憶心像を組み立てる作業が継続的に行われ、その結果、突如としてひとつのシステムが構築され、理解したということに繋がるのです。

そのため、そのプロセスを論理立てて説明することは不可能ですが、結果としての論理は、言葉に直して説明することが可能です。

こうして得た理解は、一連の記憶として、エピソード記憶となり、強い感情の記憶と共にやがて大脳皮質に刻まれ、長く記憶されることになるのです。

そして、以上のようなコミュニケーションと理解の構造は、教育論でいえば「発見学習論」であり、天体観察会の世代に照らし合わせるならば、「第 2.5 世代」に該当すると考えられます。

「一人ひとりの物語 ナラティブ」

さて、「理解するとはどういうことか」ということに沿って、学びや気づき、コミュニケーションの構造の成り立ちなどをみてきましたが、その結果、他者が想定・準備をした答えではなく、自分の人生の中で得た経験と素材によって、二つと存在しない自分だけの答えや理解、知識を作ることが出来るのではないか、という考えが生まれます。

この考えは、これまでの科学的な思考や方法

の枠を、少々広げることにもなるかも知れません。なぜならば、科学は誰もが、客観的に観察すること、論理的に説明すること、同じ条件であれば必ず再現できる現象であることを前提としています。逆にそうでなければ、科学的な検証は出来ません。

ところが、人の人生は繰り返すことのない、一度きりの出来ごとであり、また、再現をして検証したり予測したりすることの出来ない、

“偶然の経験の積み重ね”です。それは他者の客観的な経験ではなく、自分だけの主観的な経験なのです。誰もが自分にしか語ることの出来ない「自分物語＝ナラティブ」を生きており、その中には論理的で意識的な経験知や予測も少なからず入っていますが、それ以上に、無意識の広大な領域まで含めて「生きる作業」を続けてきた、膨大なデータが自分の中に蓄えられてのいるのです。そしてそこには、豊かな生きる知恵があり、言葉にできない暗黙知がその構造を支えています。

「構成主義 第 3 世代」

外部環境や社会の人たちとの相互作用を通して、人間の中に元々備わっている理解の構造が次第に成長し再構成され、その人自身の学びや理解が能動的に作られていく、という考え方を「構成主義」といいます。それは、「自分というひとつの物語」が、人や社会という「他の物語」と出会い、「新しい物語」がつくられていく、「物語と物語の出会い」の過程であり、また、自分というシステムの中で起こる「創発」や「パラダイムシフト」として出現する過程ともいい換えることが可能です。

こうした場をつくる過程は、天体観察会の世代では、「第 3 世代」に該当するということが出来ます。

【4】「論理的理解」と「物語的理解」そして「物語どうしの出会い」へ

「コミュニケーション メッセージの交換」

さて、天体観察会で解説者が天文学や科学を参加者に伝え合おうとする時、それが単に論理的な考え方や結果としての知識を伝えるだけの場であったとしたら、参加者は、退屈したり、関心を失ったり、挙句には聞くことを止め、周囲の人と天体観測会とは全く関係ないおしゃべりを始めてしまう可能性があるということが、事例からも明らかだと思われます。

そして、この意識的な論理メッセージは、無意識も含めた自発的な意味心像に転換した上で、やり取りする方法が必要であることも理解できるのではないのでしょうか。そこで、これらを実現するための有用であると思われる事項や技法を、以下にあげてみましょう。

まず最初に、何よりも伝える側と受け取る側のコミュニケーションの場をつくり、互いのメッセージを受け取れるようにする必要があります。学ぶという行為は、外部からの情報を受け取って、自分の認識の構造が変わることを意味します。コミュニケーションを通じてメッセージを受け取らなければ、そもそも学習は起きません。

[A. ファシリテーション コミュニケーションの技法]

「場は共感と安心の関係で作られる」

良好なコミュニケーションの場は、自分と相手が共感、安心し合える関係で作られます。なぜならば、理解し合える共通の場でこそ、安心してメッセージのやり取りが出来るからです。共感と安心により、相手を拒む感情がなくなれば、相手のメッセージを受け入れ、より良好な学習が可能になります。

生命発生の太古の昔から、あるシステムが外部の情報を受け入れるには、それ相当の障壁を突破しなければならず、それはシステムの安全

を保証するものでなければならないのです。

「強力な無意識の情報」

しかし人間の理解とは、決して論理的な思考法だけで出来ているような、単純なものではありません。たとえ、ものごとを因果関係だけで見たいと思ったとしても、人間の思考は、そのようにきっぱりと割り切れないのです。一体、それはなぜなのでしょう。

その理由は、人間の脳の処理方法に関係があります。人間の脳は、一連の論理的演算を直線的に実行するコンピュータのような方法ではなく、たくさんの情報を並列的に処理する方法で情報を管理しています。これは、生物としての“生存”を目的に作られて発達してきた脳が、外部環境を把握したと同時に素早く反応し、ものごとが手遅れにならないうちに、たくさんの情報を一度に処理・決定・行動するような“統合管制システム”として出来ているためです。

またこのシステムは、生体的・無意識的な基盤構造の上に意識的な層が成り立っているため、意識的な論理メッセージに対して、より強力な基盤構造からの情報や指示が優先されてしまうという性質があります。

「意識的 & 無意識的な情報交換」

このような情報処理方法をもつ脳において、意識的な論理をメッセージとしてやりとりし、そこに理解を生むためには、まず下層構造での、協調＝納得が伴わなければなりません。アメリカの心理学者アルバート・メラビアンの実験結果は良く知られていますが、人間の対面でのコミュニケーションのうち、言葉の内容で交わされているのは全体の7%しかなく、その38%は口調や話し方、そして55%は身体的な視覚情報だとされています。すなわち、論理的な内容で説得しようとしても、無意識領域での情報交換ができていないと、人間は意思疎通ができない

のです。

以上のことから、意識的なメッセージを、無意識も含めた意味心像の交換に乗せてやり取りし、論理的理解を構築していくコミュニケーションの方法が必要になってくるのです。

「ファシリテーション」

現在、コミュニケーション手法として、特に“ファシリテーション”が有効であるとされています。ファシリテーションは、少人数のワークショップなどに活用される事が多く、同じ目的をもつ参加者同士で協力し合い、対話や作業などのグループワークを行ないます。この工程を通して、問題解決やアイデア創造、合意形成、教育・学習、変革、そして自己表現・成長など、一人ではできない成果を挙げていきます。

ファシリテーションでは、人の能力も働きも、環境や周囲の人々に応じて変化するものととらえ、人々が協働する「場」を重視します。すなわち、場のためのマネジメントの実践的スキルがファシリテーションなのです。

「ファシリテーションの技法」

ファシリテーションは、次の4つのスキルに大別されます。これにより、場を創り、保持し、動かし、収束へと導いていきます。

1) 場のデザイン

- ・チームビルディング
目的、参加者、やり方、目標の共有、協働意欲の醸成など
- ・活動プロセス設計
基本となるパターンの応用、個別アクティビティの組立

2) 対人関係のスキル

- ・発散、語り合い、仮説引き出し
- ・メッセージの受止め、意味や思いの引出し
- ・傾聴、復唱、質問、主張、非言語メッセー

ジの解説

- ・コミュニケーション系のスキル
- 3) 構造化のスキル
- ・収束
 - ・論理的まとめ、全体像整理、論点絞り込み
 - ・グラフィックなど構造化のツール
 - ・ロジカル・シンキングなど思考系スキル
- 4) 合意形成のスキル
- ・意思決定のステップ
 - ・創造的なコンセンサス
 - ・コンフリクト・マネジメントのスキル
 - ・振り返りと次に向けて
 - ・体験を学習へ、学習を行動へと向ける技術

[B. ストーリーテリング＝物語的理解]

「物語的理解」

前述の通り、人間の脳は情報を総合するようになっています。それは、脳という器官の目的が、もともと分析的に世界をとらえることではなく、外部環境からの刺激や情報に反応して、生体全体としてどう対処すればよいのかを判断することだったからです。

そして、脳が情報を受け入れて取り込みやすくするためには、複雑なものを複雑な形で伝えるのではなく、簡潔で分かりやすい形に情報を一定の形にまとめ、分かりやすいものにするという作業が不可欠となります。そのために、人間の歴史の中で、科学が生まれるはるか以前から、たくさんの情報をひとまとまりの形にして伝える素晴らしい方法が生まれ、現在に継承されています。それが、「物語」です。情報を「ストーリーテリング＝物語的理解」に変えて伝えるのです。

それでは、天体観察会も、ひとつの「物語」に成り得るのでしょうか。

たしかに「科学の考え方や手法」は、ひとつ

の物語構造を持っていますが、それは、論理的構造であり、天体観測会で使う物語構造としては、それだけでは、参加者の理解・納得には十分ではありません。

「物語の基本構造」

我々の先人たちは、この世界ではものごとがどのような原因で起こり、どのような経過を辿り、どのような結果になるのか、そしてそれは、どのような意味があるのか。そういったことを昔話やおとぎ話、神話や伝説などの物語の形で語り継ぎ、伝えてきました。

日本神話の「イザナギ・イザナミ」の黄泉の国の話とギリシャ神話の「オルフェウスとエウリディケ」の冥界の話がとても似ているように、古代の神話にも物語が成立していく原型があり、これらは人類が世界中に広がるとともに伝播していきました。

その構造の基本の中の基本が、「始まり」があり「展開」があり「結果」があるという典型的な三幕構成の物語であり、その形で伝えと、人間の脳が抵抗なく受け入れやすいという、基本的な構造がそこに存在しています。今日でも、あらゆる演劇やドラマ、小説、映画などで頻繁に使われており、それは科学論文も例外ではありません。

そして、この基本構造にプラスするかたちで、ユーモア、巧みな比喻、話の山や谷や見せ場、エピソード、メタファー、適切な仮説や上手な論証など、各々の部分の作りこみ方や技術があり、それを専門に行っている脚本家や小説家、コラムニストや論文執筆者がいるわけなのです。

「物語：A B T 構造 & 論文：I M R A D 構造」

この物語構造を踏まえた上で情報を伝えると、ものごとが順調に流れやすくなるのですが、それと同時に、物語を繋げる接続詞の選択が重要になります。

例えば、「そして= And」という接続詞で繋ぐと話がスムーズに流れ、「しかし= But」で繋ぐとそこには否定や打消し、緊張や対立が生まれ、展開が進みます。そして物語の最後を「したがって = Therefore」で結ぶと、話の結末へと物語が一気に進んでいきます。

この3つの接続詞を順番に繋ぐ、物語の基本構造を「A B T 構造」といいます。これは、日本の4コマ漫画の「起承転結」も同じ基本構造で、「起」→ そして And「承」→ しかし But「転」→ したがって Therefore「結」と繋がっていきます。

また、論文の基本構造も同様に、Introduction「序論」、Methods「手法」、Result「結果」、And、Discussion「考察」という I M R A D 構造をしています。これも「始まり」「展開」「結果」という形式を持った基本構造のひとつだとみなすことができます。

「物語としてみた時の天体観察会」

さて、天体観察会の第2世代(テーマ解説型)を改めて見てみると、第2世代も同様に、テーマをめぐる物語構造になっていることが分かります。最初の日体紹介から始まり、いくつかの日体を順に観察をしながら話が展開し、それらがひとつのまとまり(テーマ)のある話になって、最後にまとめとして結果や振り返りがあるといった構造です。

これはまさに、物語の3部構成と同じであり、博物館のテーマ展示や論文などとも同じ構造です。しかも、各々の天体を観察しながら解説をする場合においても、それぞれがその天体にまつわるひとつの物語や小話になっているのです。

つまり観察会には、いくつもの縮小された構造があり、それらが組み合わさって、大きな観察会の構造をかたちづくる、入れ子(同じ形状の小さなものを、より大きなもので囲い、それを繰り返す)構造になっているのです。

「観察会の不十分な構造」

それでは、天体観察会やサイエンスコミュニケーションの不十分な解説の事例を見て行きましょう。「始まり＝序」にあたる「なぜこの話が始まったのか」という始めの説明が無くスタートした時、参加者は、なぜ自分がこの場にいるのか、スタート直後から困惑し、たいへん居心地の悪い思いをすることになります。そして、いろんな説明や事例の紹介がなされる「展開」の部分でも、もし「そして And」、「そして And」、「そして And」と果てしなく続き、新たな話の展開がないと、とても退屈な話に感じてしまいます。逆に、「しかし But」や「でも But」ばかりで話がが続いた場合にも、話の筋が複雑で分かりにくく、その話について行くのは大変です。そして、「結果 Therefore」がなく、尻切れトンボで話が終わってしまった場合、そこまで我慢して聞いてきた参加者は、「一体これは、何の話だったんだ…、最後まで話に付き合わされて時間の無駄だった！」と腹を立てるのではないのでしょうか。

物語やストーリーは、始まりや問題に対する結果や解決を探し求め、終わりや答えに辿りつくための一連のできごとで成り立っているため、その前提となる決まりを破ると、人間の脳や心は落ち着かなくなってしまうのです。

以上のことから、ストーリーテリングは、相手に対して、ものごとを誤解の無いように分かりやすく話を進めていくために、とても有効な方法だということが分かります。

「感情のこもったエピソード記憶へ」

加えて、ストーリーテリングの手法で大切なのは、情感を込めて心に訴えることです。

人間は倫理や理屈だけでは納得しないということを述べましたが、物語の中で、ハラハラしたり、ドキドキしたり、喜んだり、悲しんだり、感情の共感や価値観の共有が進むように

コミュニケーションの前提となる場づくりをすることが重要となってきます。

たとえ、学術論文自体には感情や感情の起伏などがなくとも、いざ学会でプレゼンテーションをする際に、とたんに話のツカミやユーモアなどが必要になるのと似ています。

天体の解説も同じで、ただ知識や理由などを並べ立てるだけでは、無味乾燥になってしまうため、共感や価値観の確認などを織り交ぜながら、気持ちを和らげたり関心をひきつけたりすることがとても大切なのです。

そして、情感がこめられたコミュニケーションに共感すると、その体験は感情のこもった「エピソード記憶」となって脳の脳皮質に記憶され、知識として長く定着されていく事になります。

「物語構造にのせたメッセージと意味心像」

このように見ていくと、物語構造やストーリーテリングの構造や手法を使うことで、意識的メッセージを、無意識も含めた意味心像の交換にのせて、やり取りすることが可能となることが理解できるのではないのでしょうか。

今回のワークショップとしての研修会も、全体が物語構造で構成されていて、「ログラインメーカー」というプロット作成の手法を使って組み立てられています。

〔C. ナラティブ 物語と物語が会う〕

「ナラティブ＝自分物語」

さて、繰り返しになりますが、人はそれぞれ自分自身の物語を生きています。しかし、映画や神話のような物語は、所詮は自分のものではない「他の誰かの物語」です。

それに対して、自分が自分の事を語ることを「ナラティブ＝自分物語」といいます。

自分を物語るときに、これまでの人生の時間的な経緯が、どのように現在の自分に繋がっているのかを語ります。自分の過去をどうとらえているのか、その後の経過をどう見ているのか、そして結果として現在の自分をどう意味づけているのか、示されるのです。

「語られることで作られるナラティブ」

こうした語りは、誰に対して語られるかによっても変わります。親としての自分や、職場での誰かの部下としての自分など、違う相手に対しては違うように語られ、また語る内容も違ってきます。色々な「ナラティブ＝自分物語」を語ることによってさまざまな意味が生まれ、ナラティブが作られていくのです。

逆に、現在に繋がらない過去や経験は、語られず、省略されたり、無視されたりします。そうして、自分物語を編集しているのです。

「それぞれのナラティブ」

また語りを聞いている相手側も、語り手の話を聞きながら、自分の物語の中で語り手に反応して返答し、それに語り手側がまた応答するというように、互いの「自分物語」と「自分物語」とがやり取りをする中で、それぞれの物語がさらに書き換えられ、書き加えられていきます。双方向のやりとりがコミュニケーションであり、ナラティブ自体もそうして作られていきます。

「天体解説員のナラティブ？」

さて、「自分物語」としての「天体解説員という仕事」の意味を見てみると、以下のようにとらえることができます。

- 1) 「天文台や科学館などで、天文や天体観察の解説をする人」という文字通りの意味。
- 2) 一般の方から見た時、博物館や美術館の学芸員と同じような科学や文化の専門家で、時々テレビなどに出てくるような一般の人にくわしく説明をしてくれる役割を持っており、子どもたちや興味関心を持つ人たちにとっては一種のあこがれの仕事をしている人たち、というような社会・文化的な意味。
- 3) この仕事に就くようになったきっかけやそこに至る努力や失敗など、自分自身の個人的経験にもとづいて形作られる意味。
- 4) 職場の同僚や、家族の言葉、知人との会話など、自分の仕事を説明しようとする時に作られる意味。

こうした意味が重なり合い、自分にとっての天体観察員という意味が形作られていきます。そして、いったん出来上がったイメージに、その後のできごとや経験が結び合い、自分が天体解説員であるという「自己物語」がさらに大きく強化されていくのでしょう。

「学び 出会いによって物語が変わる」

観察会の参加者が、何かを学び、学習するということは、参加者の中の知識構造・概念構造が変わることを意味します。それを受け入れるということは、「ナラティブ」が変わることであり、そこでは、解説者の「ナラティブ」と自分の「ナラティブ」とが出会い、お互いに影響を与え合うことを受け入れるというやり取りが生まれているのです。

「ナラティブ 第3世代」

特に、第3世代の天体観察会においては、参加者の要望によって観察会の流れが変わるため、参加者がどのような意図や関心を持っているのか、期待の出口はどこか、というような情報が不可欠です。つまり、参加者の「ナラティブ＝自分物語」をある程度把握しておく必要があるのです。

第3世代の観察会とは、「自分というひとつの物語」が、人や社会という「他の物語」と出会って「新しい物語」が創られていき、「創発」や「パラダイムシフト」として現れ出てくる過程でもあります。

「社会のナラティブとドミナントストーリー」

また、この方法は「社会のナラティブ」としても応用されています。

社会のナラティブにおいても、それによって「自分のナラティブ」が大きく影響を受け、規定されていくことも見えてきます。この「社会のナラティブ」の中でも、多くの人たちに共有されている支配的な物語のことを、ドミナントストーリーと呼びます。

例えば、西欧においては、近代化による科学技術の発展に伴い、自分たちの進んだ文明が、西欧以外の文明が遅れている地域を支配し植民地化すること、「教化し、文明化し、発展させる」ことが世界の近代化の近道であり、相手の文化にとって一番幸せである、というような大きな社会の物語(ストーリー)がつくられました。そもそも博物館の第1世代はそのような目的により設立されたのです。

「科学的立場 理想的な天体解説員」

科学の立場は、“原因結果の因果律で世界を説明する”ことを前提としています。しかしその一方で、各人は自由に自分の世界を解釈しながら生きているため、多様な世界の解釈があります。

そんな中、私たちが生きる近代文明では、科学的・論理的で、且つ、効率的・生産的であることを求められ、理屈に合わないこと、非効率・非生産的なことは正しくないとする考え方が、この社会のドミナントストーリー＝支配的物語になってしまっているのかもしれません。

そうした大きな社会のナラティブに影響されている私たちは、それによって必然的に自分たちを評価し、それに合わせて自分のナラティブをつくろうとします。

そして、私たちの身近な例をあげるのであれば、「目指すべき理想の天体解説員」などという、天文関係者の誰しものが納得する物語があったとしたのならば、知らず知らずのうちに、私たちもその物語を参照し、比較をして自分を評価しながら「ナラティブ」を語ろうとするかもしれません。

良し悪しに関わらず、天体解説員やサイエンスコミュニケーターにとって、科学・天文のコミュニティの中での立派な解説者という物語は、ひとつのドミナントストーリーとして作用を及ぼしているといえるのではないのでしょうか。

「作られ、規定され、制約するナラティブ」

すなわち、このようにさまざまな物語と出会い、それによって各々が自分の新たなイメージを持ちながら「ナラティブ」を作っていくこと、さらには、そこから自分自身の意味や役割を規定し、その一方では自分自身のあり方が制約されていく、といった“ナラティブにまつわる関係”がここからみえてきます。

「説明モデル」

そこで、ナラティブ＝自分物語を、自分自身がどのように把握しているかを明らかにするために作成された「説明モデル」というものがあります。

①自分物語を継続・実現するにあたって、何

か問題・課題はあるか？

②その原因は何か？

③上記の①と②は、自分の目標にどのような影響を与えるか？

④これらの問題で引き起こされて一番困ることは何か？

⑤これを解決するにあたってどんなことを望むか？

以上の①から⑤の質問に答えることにより、自分自身のナラティブが語られることとなります。

「教える立場 教えられる立場」

さて、専門家は多くの場合、自分専門的な知識を知っているという立場に立って、専門用語を使用して、その内容を参加者に解説しようとしします。そこには、教える（伝えたい・分からせたい）立場と、教えられる（分かりたい）立場が前提として存在しています。

教える側には、因果律に基づく説明モデル（科学的世界観）があり、何かしらの現象が起きた時、その現象が起きた原因が存在し、そこから論理的に現象結果を説明できると思っています。

しかし、教えられる（分かりたい）側は、必ずしも別の説明モデル（例えば、科学的世界観）を聞きたいわけでもなく、また自分が変わること求めているわけではないかもしれないのです。

もしかすると、なぜ自分が興味を持っているのか、なぜ知りたいと思うのかを自分でも分からずにいて、そんな自分自身の状況（説明モデル）を、専門家に聞いて理解してもらい、また自分自身でもそれを理解し分かりたいと思っているのかもしれないのです。

「説明モデルのすれ違い」

観察会の場面で起きる、解説を聞いてもらえ

ない状況というのは、解説者の側が参加者の側に一方的に自分の説明モデルを押し付けようとし、参加者の側の説明モデルを聞こうとしないことに原因がある可能性があり、そこでは、互いの説明モデルがすれ違っているために、互いに分かり合えない状況に陥っているのです。

このようなすれ違いを防ぐには、互いに相手の説明モデルを教え合い、その上でこちらの説明モデルを話す、という場づくりが必要です。このように共通する場で、共通の理解を共同で作りだし、「理解させよう、伝えよう、伝えなければ」という姿勢を捨てることによって、逆に、共に楽しみ、共に探索する場が生まれるのです。

「機械モデルとテキスト・モデル」

近代科学の出発点として、デカルトが考えたように、世界は機械仕掛けのように因果律で動いているとする「機械モデル」というものがあります。世界がそのような「機械モデル」であるならば、世界で起こるあらゆる現象は、原因や結果によって説明され解明されるべき対象となります。

しかし、科学の探究において、いったい世界を論理的にどこまで説明できるのか、それ自体が大きな課題でもあり、その証拠に、不確定性原理や、無の中から量子のゆらぎによって宇宙が誕生したのではないかとといった宇宙論など、人間の通常の論理的認識能力だけでは説明や理解が難しい現象は、どうやら少なからずありそうです。

そこで、世界を、機械モデルが想定する問題解決や課題解明のストーリーとしてではなく、それに代わる別の物語としてとらえることができれば、現象やものごとを別の枠組で考えることができるのではないかという別のアプローチ方法も現れてきます。この方法は、従来の科学観からすると、一見論理的ではない非科学

的なとらえ方であるようにも思えます。しかし、人間の持つ認識の仕方が、論理的処理能力も含め、総合的にものごとをとらえる能力に依っていることを考えると、より広い科学的認識の枠組をつくろうとしているとも考えられるのです。

そのようにして「機械的モデル」に対して、「テキスト・モデル」という考え方が提唱されました。テキスト・モデルとは、人間は人生の経験というテキストを素材に、それぞれがさまざまなストーリーを作り上げながら生きている、と考えるモデルです。それは、素材の組み合わせによって違う構造(文脈)が作られれば、意味や価値も異なってくるように、世界は論理的に説明されることによって解明される対象であるだけではなく、その中で生きる事によってはじめて、一人ひとりにその意味が生まれてくる場所でもある、という意味を持っています。

当然、その意味は一人ひとり違い、客観的ではなく主観的なため、その物語の中で理解する必要が出てくるのです。

「無知の姿勢」

そうした一人ひとり違った物語を理解するために、「無知の姿勢」と呼ばれる態度が重要になってきます。コミュニケーションにおいて、相手の言うことを否定も肯定もせず、きちんと向き合って、ただ、相手の言葉のままに、相手の説明モデルを理解しようとする姿勢のことです。これが、技法や手法ではなく、姿勢と呼ばれているのは、純粹に相手の事を分かりたいという気持ちを持って、その世界理解の文脈を教えてもらおうとしているためです。教える立場や客観的であろうとする構えを一旦横において、ただ自分も相手と同じ対等な立場で、互いの説明モデルを分かり合おうとします。

すると、教える側が教えてもらう側になり、教えられる側が教える側になる、そういう新しい関係が生まれます。教えても分からない、互

いの気持ちや理屈が分かり合えないと思っていたこと、問題だと思っていた状況が、以前とは違った状況として見え、問題を問題にしまっていた構造が見えてくる、と言ってもいいかも知れません。

「“分からないこと”は、問題ではなかった」

そもそも、聞いてもらえない、分かってもらえない(と思い込んでいる)ことが問題なのではなく、互いに何かを分かりたいと思っていることがそこに事実としてあることを理解し、そのためのコミュニケーション上の必要な対処をすれば良いだけなのです。すなわち、分かりたいというそれぞれの気持ちに向き合い、どうしたら自分から分かるようになれるのか、それぞれの学びへの姿勢や認識の構造を伝え合うことで、この場でそれが可能となる方法を共につくっていけば良いのです。

すると、「いくら教えても相手に分かってももらえない自分」や、「いくら教えてもらっても、少しも理解できない自分」というような、一見すると問題や課題だと思われていたナラティブはその意味を失い、共に何かを自ら学んでいこうとする新しいナラティブがその場につくられていくことになります。

【5】天体観察会の世代の進展

「結果：現在完了形と現在進行形」

先に見てきた第2.5世代までの理解の構造は、解説者の働きかけによって、参加者の心に概念と概念との新しい結びつきが生まれ、「分かった!」という新しい理解をもたらす現在完了形の結果を想定するものでした。

しかし第3世代で重要になってくる「無知の姿勢」では、解説者も参加者も、互いに相手については自分は無知であることを前提に、相手に教えてもらい、オープンエンドの現在進行形で答えの状態を維持する事を意味しています。

オープンエンドには、ここが「分かった」という終わりはないのです。

「目指している方向性」

第3世代の構成型の考え方では、第1世代型の欠如した知識を埋めようとする発想はなく、また第2世代のような望ましい方向性も形ありません。目指しているのは答えではなく、新しい物語・ナラティブであり、新しいスキーマ・世界観なのです。

「完結する物語、しない物語」

第2世代の「ストーリーテリング」では、「めでたし、めでたし！」として完結する物語ですが、第3世代の「ナラティブ・アプローチ」では結末のないまま物語は変わり続けていき、それぞれの物語としてオープンエンドのままに続いていきます。

「パラダイムシフト 創発」

物語が変われば課題や問題も変わり、あるいは解消されてしまうのです。文脈が変われば、意味も変わり、説明モデルやスキーマが変われば、価値も変わってきます。正（テーゼ）と反（アンチテーゼ）が対立しあう関係のままではなく、新たなナラティブ・枠組みの中で、新たな意味構造を作る合（ジンテーゼ）の状態になるのです。

こうしたアプローチの仕方は、問題や目標がある事を前提とした問題解決・目標達成型ではなく、実は、問題や目標が変わったり解消したりしてしまうパラダイムシフト、創発の形なのです。

「第3世代の見分け方：原因 問題 解決 目標」

第3世代見分け方の基準は、問題解決や目標を設定していない事、解説プロセスの途中で何かに対する原因や問題を作り出してしまっ

ていない事です。そもそも問題や目標はなかったのかもしれないし、文脈が変われば問題ではなくなってしまうようなものかも知れません。

「科学のナラティブ」

科学は仮定とその検証の不断のプロセスであり、どんな結論や発見も、現在時点での最新・最良の説明でしかありません。最新の科学的知見を科学者や社会が更新し続ける事が、科学的であることの本当の意味であり、それが「科学のナラティブ＝科学が続いていく物語」ということなのでしょう。

コミュニケーターやインタープリターなど、科学と市民の間にたって媒介しようとする立場の方の中には、科学ありき、科学絶対の思い込みで、科学の無謬性を信じ、現在広く認められている最新の仮説を、まるで絶対的な真実のように語る場合があります。

子どもたちの図鑑を見れば、宇宙の年齢はかつては200億歳であり、それが100億歳になり、150億歳になり、そして137億歳から138億歳になりました。子どもたちは答案用紙に書く答えが変わるたびに科学に不信を抱きます。

こうした伝え方は科学的な態度とは言えません。知識を信じろと言わんばかりの態度は、17世紀以前の宗教社会のものなのです。

健全な懐疑主義や批判を受け入れる事が科学であり、そうした態度を科学コミュニケーションの現場で参加者が学んでいくことがサイエンスを伝えることなのです。

「創発の物語は続く」

人間は、ものごとを一連のつながりの中で理解し判断し決断します。世界をそうした物語として紡ぎだし、認識します。

いずれの物語の中にも、新しい情報を新しい概念として取り込み、概念同士の組み合わせを行って新しいネットワーク構造＝創発を生み出す仕組みがあるのです。

同様に、物質界や生物界にも、複雑性が新たなネットワーク構造を生む創発があり、生命もそのようにして誕生し、進化してきました。脳もそのようにして意識を生み出したのです。

創発には局所的で小規模のものから、構造全体を組み替える大規模な創発まであります。心で言えば納得や気づき（エウレカ！）であり、科学で言えば発明や発見であり、社会であれば改革や革命となります。

そして物語自身も、他の物語との出会いによって、創発＝新たな物語を生み出し、新たな世界で新たな旅の物語が始まるのです。

「物語が会合う場 サイエンスコミュニケーション」

こうした観点から見てくると、サイエンスコミュニケーションは、科学の物語、解説する人の物語、観察会に参加する人の物語、それを提供している天文台や科学館などの物語、社会の物語など、さまざまな物語が会合う場で成り立っていることが理解されます。

「コミュニケーションの目的と方法の進展」

サイエンスコミュニケーションとしての天体観察会は、「科学についての考え方や手法」を伝え、その成果としての「科学的な知識」を学ぶ場を提供することを目的としています。科学についての基本的な考え方とは、厳密な論理であり、手法として観察による仮説を観測や実験によって検証することを目指します。

しかし、時代が進むにつれて、論理とは何か、観察とは何か、観測や実験とは何か、そして実証するとは何かという事が、議論されより深い意味を持つようになっていきます。

そのような事を踏まえながら、ここまで科学を伝えるためのコミュニケーションとして、どのような方法があるのかを順次見てきました。

これを、天体観察会の世代ごとに見ていくと、コミュニケーションの目的や方法は以下のようになります。

1) 第1世代

参加者に、科学についての欠如している「知識」をどうしたら転移できるのか、という事がコミュニケーションの問題意識であり、目的・目標でした。

そこで、実物としての天体を見せ、「結果としての知識や法則」を覚えさせるという刺激反応論的なアプローチを取ります。

そのためには、解説者は天体を見せるための実技や、天文の知識や法則を学んでいなくてはなりません。

2) 第2世代

テーマとなる「意味」を伝えることがコミュニケーションの目的となります。意味の背景にある「科学の考え方と手法」とをよく理解させる事が必要です。仮説や仮定をおき、論理的に演繹したり帰納したりしながら科学的な結論を導いた結果としての意味がここにあるのです。

その事を理解させるために、解説的教育論的に資料を並べたり解説したりすることになります。いくつかの天体を順番に見ていき、ひとつのまとまりある説明構造を作り、分かりやすく説明していきます。

この時、物語構造にのせて説明する「ストーリーテリング」の考え方や手法が役に立ちます。また実際のコミュニケーションスキルとしては、「ファシリテーション」の技術が役に立ちます。

3) 第2.5世代

参加者自身が自分自身の心の内で試行錯誤のプロセスを進行させ、意識・無意識の概念構造を組立てて、失敗を恐れず、自ら「発見＝エウレカ！」にたどり着けるように、解説者がサポートすることをコミュニケーションを通して目指します。

足りない知識や概念を、参加者の心の中できちんと組立てられるように、発見学習論的に綿密に自立支援をしていくのです。

ここでは、「認知」や「コミュニケーション」の仕組みをよく理解し、操作的ではなく、あくまで支援として適切に使うことが不可欠です。主体は参加者自身であり、解説者は創造的な発見の場を創るファシリテーターとなり、知識を産み出すお手伝いをする助産師となるのです。

4) 第3世代

結論や答えを得ることではなく、「探求」を進めていく事、新しい物語・ナラティブを共に創っていくことがコミュニケーションの目標となります。

解説する側とされる側の分断を埋めて互いの制約を取り払い、主観・客観という筋書きから自由になり、新しい探究の冒険の旅に共に手を取り合って出かける、天体観察会はそのような場としてサポートされているということでもあるのです。

そこには結末や終わりはなく、外界である世界・宇宙や、自己自身である人生の意味を見出す作業はオープンエンドに続いていきます。観察会が終わった後でも、生涯を通して、また社会全体で、学びが続き発展していけるような「ナラティブ」をいっしょに創っていきます。

宇宙や天体を扱う天体観察会は、そのための不断の創発の場となるのです。

「第3世代までの天体観察会の実施」

公開天文台の役割は、広い意味では、これまで人間が得てきた多くの知見を基に、宇宙や天体について、参加者自身が学び・理解を得るための機会を提供することです。

そこで、公開天文台では、実際に天体を観察しながら、天文学や関連の諸科学によって得られた知識や、そこに至る探求の過程を紹介する事によって、科学の考え方や手法を学び、科学的に宇宙を理解できる体験の場を作ろうとし

ています。

そこで今回、科学としての宇宙探究の方法や知識を、市民・参加者が自ら関心や興味を持って学び、生活のなかで活かしていただくために、公開天文台における天体観察会を、どのように構成し楽しく分かりやすく実行していったら良いのかを、さまざまな具体的方法を考えながら、サイエンスコミュニケーションの視点から見てきました。

それぞれの観察会の場面では、その目的や参加者によって、どのような観察会の組み立てや進め方が必要になるのかを判断し、それによって必要な技術や知識やノウハウを使いながら、実際の観察会を行っていくのです。

「第4世代の公開天文台とは」

こうして天体観測会の世代の進展を見てきましたが、それは天文台の世代ともそのまま重なっていました。

そして今後の天文体験は、リアルとデジタルの融合になり、ネットを通して体験されるような第4世代型天文台で行われるようになるのは間違いないでしょう。

現在存在している天文体験としては 実際にリアルな天体を自分の目で見える公開天文台、宇宙を現実空間で投影しシミュレートするプラネタリウム、それを仮想現実で行う(VR)アプリケーションソフトです。

そして近い将来、リアルとヴァーチャルを重ねて体験する人工現実(AR) 天文台が登場するでしょう。

近未来には、こうした空間を融合した複合現実(MR)の中で、人工知能(AI) を駆使してネット上の世界中のさまざまなデータを重ね合わせながら、人間の感覚能力を拡張した(IoA) 解説を行うサイバー空間天文台が主流となるでしょう。

「次世代の天体解説技術」

こうした近未来の天文台や天体観測会でのヴァーチャルな世界での天体解説はどうなるのでしょうか。

まず、そもそもリアルな天体の姿を生身の人間に解説できる高度な技術を習得している必要があります。そうでないと、他にも無数に存在するエンターテインメントやヴァーチャルゲームのひとつになってしまい、天文台や天体観測会はその存在意義を失って、いずれはなくなってしまう可能性があります。第3世代までの天体解説技術の習得が、AIにはできないパフォーマンスとして、何より必須のベースとなってくるのです。

サイバー天文台の中でも最も初歩的な「インターネット電子観測会」においては、個別の天

体をひとつずつディスプレイ上に映しながら解説を行う「第1世代型観測会」や、複数の天体をいっしょに観測していきながら、そこに理解すべきテーマを設定し解説を行うツアーガイドとして、「第2世代型の天体観測会」を行う事ができるでしょう。

次の「AR天文台」になると、共通空間で複数の人々といっしょに観測しながら楽しみ学ぶ事が普通になります。そこでは、それぞれの参加者が自分自身のあらたな学びと気づき(エウレカ)を獲得していくための共通の「場」をつくり、「第2.5世代」以降の天体観測会を行えるようになる事が、より容易に行えるようになることでしょう。。

もっと進んだ「MR天文台」になると、世界中のあらゆるリアル映像や蓄積された映像・データを駆使し、時空を超え天文の世界をも超えて、深海の底からエベレストの頂上まで、また宇宙開闢の瞬間から観測できる宇宙の果てをも超えて、多元宇宙のあらゆる時間と場所を旅する事が可能となります。

そこでは、解説員は天文知識を持っただけのガイドではなく、宇宙・世界にたいする新たな発見や気づきをもたらすために、自由自在な創発フォーラムである「第3世代型天体観測会」を、ファシリテートしキュレーションしていく存在となる事でしょう。

こうしたサイバー上の「第4世代型公開天文台」で展開される「第4世代型解説技術」が、今後開発されていくことになるのです。

参考文献

国立科学博物館編(2017)『科学を伝え、社会とつなぐ サイエンスコミュニケーションのはじめかた』丸善出版。

ジョン・K・ギルバート, スーザン・ストックルマイヤー編(2015)『現代の事例から学ぶサイエンスコミュニケーション—科学技術と社会とのかかわり, その課題とジレンマ—』工藤充・中矢史雄・高梨直紘・田中幹人・赤坂亮太・北原和夫・都築章子・渡辺千秋・西森年寿・標葉隆馬・東島仁・吉田実久・川本思心訳, 慶応義塾大学出版会.

岸田一隆(2011)『科学コミュニケーション 理科の〈考え方〉をひらく』平凡社.

ジョーン・E・ハイン(2010)『博物館で学ぶ』鷹野光行訳, 同成社.

戸田山和久(2011)『「科学的思考」のレッスン 学校で教えてくれないサイエンス』NHK 出版.

戸田山和久(2005)『科学哲学の冒険 サイエンスの目的と方法をさぐる』NHK 出版.

市川伸一(1997)『考えることの科学』中央公論新社.

内井惣七(1995)『科学哲学入門—科学の方法・科学の目的—』世界思想社.

安西祐一郎(2011)『心と脳—認知科学入門』岩波書店.

リタ・カーター(2012)『ビジュアル版 新脳と心の地形図 思考・感情・意識の深淵に向かって』藤井留美訳, 原書房.

高野陽太郎(2013)『認知心理学』放送大学教育振興会.

山下富美代編(2010)『発達心理学』ナツメ社.

山鳥重(2018)『「気づく」とはどういうことか—こころと神経の科学』筑摩書房.

山鳥重(2002)『「わかる」とはどういうことか—認識の脳科学』筑摩書房.

佐伯胖(2004)『「わかり方」の探求—思索と行動の原点—』小学館.

ランディ・オルソン(2018)『なぜ科学はストーリーを必要としているのか—ハリウッドに学んだ伝え方の技術』坪子理美訳, 慶応義塾大学出版会.

堀公俊(2004)『ファシリテーション入門』日本経済新聞出版社.

堀公俊(2008)『ワークショップ入門』日本経済新聞出版社.

ブライアン・スウィム(1988)『宇宙はグリーン・ドラゴン—ビッグバンは地球に何をたくしたか』田中三彦訳, ティビーエス・ブリタニカ.

野口祐二(2002)『物語としてのケア—ナラティヴ・アプローチの世界へ』医学書院.

野村直樹(2010)『ナラティヴ・時間・コミュニケーション』遠見書房.

斎藤環(2015)『オープンダイアログとは何か』医学書院

井庭崇・長井雅史(2018)『対話の言葉 オープンダイアログに学ぶ問題解消のための対話の心得』丸善出版.

公開天文台における天体解説技術の世代進化とは～

～時代と共に変わる公開天文台の存在意義とその使命～

日本公開天文台協会

「公開プログラムワーキンググループ」

「次世代型公開天文台検討ワーキンググループ」

担当 宮本孝志（南阿蘇ルナ天文台）

1. はじめに

2013 年から始まった日本公開天文台協会（JAPOS）の「公開プログラムワーキンググループ」では、過去 6 年にわたって天体観測会の解説技術を「要素」に分解してその構造を明らかにする作業を続けてきており、それによってさまざまな天体観測会を自由に再構成して実施することが可能となるように、またそれを新人教育にも応用できるようにと、研修活動を続けてきています。

更に、急速に進展する現代の情報社会の環境に適応できるように、昨年「次世代型公開天文台検討ワーキンググループ」も発足し、ハードやソフトと連携したこれからの公開天文台と天体観測会のあり方についても、検討を開始したところです。

そこで本稿では、なぜ今天体解説技術の世代進化を問うのか、その進展の必然性とは何なのかという、これらワーキンググループの作業の一番の基礎となる部分についてまとめてみました。

その理由について一言で言えば、時代とともに社会が進展していく中で、いつの時代にもその時代に即した学びの質・学び方が問われているからであり、今後は、学びとは単に受け身で知識やセオリーを覚える事でもなければ、主体的に自分から発見していく事だけでも足りず、何を学ぶかを自分で見つけ、意味や学びそのものを自分で見出し創っていく事が求められているからに他なりません。そして、それを可能にする知識やスキルの学習と共に、そうした態度や姿勢を身に着けるこ

と自体が、学びでもあるからです。

解説技術の世代差は、まさにこのような学び方の差であり、さまざまな世代のノウハウを理解し実践できてこそ、今からの時代が求める学びも可能となるのではないかと思います。

ここでは、天体観測会の解説技術を学び実践をしていくにあたり、公開天文台のこれまでの歴史をたどりながら、時代の変遷とともに変わってきた公開天文台の存在意義と使命について振り返りつつ、これからの天体観測会のあり方を考えていきたいと思います。

2. 博物館の3つの世代

日本の博物館学者の伊藤寿朗は、その著書「市民の中の博物館（1993）」において、博物館を3つの世代に分けています。[1]

第1世代の博物館は、「国宝や天然記念物など、希少価値をもつ資料（宝物）を中心に、その保存を運営の軸とする古典的博物館」としています。これは、今でも資料館や記念館といった最も基本的な博物館の形でもあり、収集・収蔵した資料の維持・保管・修復を主な役割として、それを必要に応じて陳列し閲覧に供しています。

第2世代の博物館とは、「資料の価値が多様化するとともに、その資料の公開を運営の軸とする現在（1990年頃）の多くの博物館」だとしています。これは、「収集」「整理保管」「調査研究」「展示」「教育普及」などの機能を果たす現代の博物館の事です。そこでは資料を収集、整理保管するのみならず、研究し、

テーマに沿って分かりやすく展示・公開して、学習やレクレーションなど社会の要請にこたえる事を目的としています。

第3世代の博物館とは、「社会の要請にもとづいて、必要な資料を発見し、あるいはつくりあげていくもので、市民の参加・体験を運営の軸とする将来の博物館」であるとしています。これは、1990年代当時は将来の博物館であったわけですが、その後「参加・体験型」を標榜する施設やアクティビティは、現在の博物館の大きな特徴となってきました。

伊藤は言います。「第三世代の〈参加・体験〉ということは、目標にいたるプロセスを重視するということであり、それはまた、固定したひとつの結論を求めないということでもある。」「受け身の学習から自己教育力の形成へという、“場”を設け、その“階段”をつくる、意思と能力と条件があるかどうか、今後の博物館の分かれ道ともいえよう。」

今日、この博物館の3世代の考え方はひろく受け入れられています。そして、その後に続く次世代の博物館への展開がさまざまに試みられているところです。

3. 博物館の始まりと世代発展の意味

さて、公開天文台も広い意味ではその一つである近代的博物館の歴史を振り返ってみると、1753年の大英博物館や1793年のルーブル美術館の創設によって始まるのですが、それらは当時の医者・学者の本草学・書籍のコレクションや、王侯貴族の美術品コレクションなどが元になっていました。[2]例えば、ヨハネス・ケプラーが1627年に作成し、地動説を決定的なものにした惑星の位置推算表「ルドルフ表」のタイトルは、彼とその前任のティコ・ブラーエの二人が仕えた神聖ローマ皇帝ルドルフ2世の名前から来ていますが、そのルドルフ2世は、当時「驚異の部屋（ヴンダーカンマー）」と呼ばれた、世界中から集

めた珍奇な品物や美術品、動植物、錬金術や占星術の器物などの一大コレクションを作った事でことに有名でした。[3]

18世紀の啓蒙思想の時代には、交易や植民地からの収奪によって世界中からヨーロッパにもたらされるこうした様々な事物を整理し、秩序付けられた同じ基準のもとに並べなおし分類して、世界を網羅的に認識しようとする気運が高まります。百科全書や博物学、学校や動物園なども、このような考え方の下で誕生しました。そして近代市民社会の成立によって、自然標本や美術品などのさまざまなコレクションも整理・公開されて博物館が成立し、国民啓蒙の手段となっていくのです。

19世紀の国民国家の時代になると、万国博覧会の資料展示などを契機に、欧米から見た世界と自国のあり方を国民に教育普及しようとする博物館が、各地に続々と新設されていきます。そのような中で、日本でも明治になって、湯島聖堂で行われた博覧会を契機として、第1世代の博物館が創立されました。

ところで、こうした近代的博物館の歴史は、“資料の展示・公開”という観点から見ると、すでに見たように、その後以下のように段階を追って発展してきている事が分かります。第1世代：珍しい貴重な資料を収集・保存・陳列し、市民の閲覧に供する事を目的とする。第2世代：資料を収集、整理保管、研究し、テーマに沿って分かりやすく展示・公開する。第3世代：市民がそれぞれの興味や関心に沿って、博物館活動に参加・体験し、各自が必要な資料を発見し、その意味や価値を学んでいく。

さて、これを別の角度から見ると、第1世代から第2世代の博物館は、国家・社会の権威が意味づけし価値づけた事物を収集し体系化して陳列し、国民・市民に啓蒙・教育普及しようとする場である、と見る事ができます。それに対して、第3世代の博物館は、意

味・価値は与えられるものではなく、市民各自がオープンな学びのプロセスに参加し体験しながら、自ら自己教育し、意味や価値を創造していく場であり、またそれを可能とする学習支援の場であると見ることができます。

こうして”意味づけ・価値づけ”という観点で見ると、第3世代型の博物館では、市民・利用者は、それ以前の受身で従属的な立場からは一転して、正反対の能動的で主体的な立場に立つことになるのです。

4. 公開天文台の第1世代について

では、これを広い意味では近代的博物館の一種でもある公開天文台に当てはめて見ると、どのようになるのでしょうか。JAPOS 編纂による「公開天文台白書 2006」[4]は、多大な時間と入念な準備を経て刊行された労作ですが、その中で、公開天文台とは『天体観測設備を持ち、天体観望会など公開業務を行っている施設』であると定義[5]されています。

歴史をさかのぼってみると、江戸時代日本における光学式望遠鏡の製作や幕府天文方の司天台の設置など、日本における天文黎明の時代がありました。[6]明治の初期になって東京麻布にいくつかの官立の天象台・観象台が設置されますが、後に統合されて明治21年(1888年)に東京天文台となります。そして大正2年(1913年)に、初めて一般を対象にした天体観望会「天体博覧」が東京天文台で開催されたとされています。これは、日本の博物館の歴史の中の、後の東京国立博物館や国立科学博物館設置の契機となった、明治5年(1872年)に湯島聖堂で行われた日本初の「博覧会」にも当たるものでしょうか。もっとも東京天文台は、もとより帝国大学付属の観測・研究・学校教育機関であり、一般公開を目的とした天文台・博物館ではありませんでした。

さて、1920年ごろには、熱心な個人の天文

家などによって観望会などが開かれていたようですが、よく知られているように、据え付け型の望遠鏡を持つ日本最初の公開天文台は、32cm 反射望遠鏡を設置して1926年に開設された倉敷天文台とされています。東京上野の国立科学博物館でも、1931年に20cm 屈折望遠鏡を設置して毎週観望会を行い、好評を博したと白書にあります。その後、1936年に60cm 反射を擁する生駒天文博物館が開かれ、また1941年には25cm 反射が大阪電気科学館に設置されました。

「以上のように、20世紀の前半は公開天文台の数はごく限られており、一般の人々が望遠鏡で天体を眺めるといえるのは特別なことであつたと言えよう。」と「公開天文台白書 2006」は結んでいます。[4]こうした初期の公開天文台において、初めて宇宙のかなたの天体の姿(珍しい貴重な資料)を、天文台の望遠鏡(市民が持てない施設・設備)を通して、市民に見せるということが可能となりました。

これは、貴重な資料を施設内に収集・保存・陳列し市民の閲覧に供することを目的とする、第1世代の近代的博物館と同じ機能を果たしていたといえることができるのではないのでしょうか。そこでは、17世紀の望遠鏡の発明と共に始まった近代天文学・科学の成果を市民・国民に啓蒙し教育するという使命・目的が、自明なこととして根底にあったことも、また当然のことでした。

そうした意味で、ここでは初期の公開天文台を第1世代型の公開天文台と呼びたいと思います。こうした第1世代型の公開活動は、公開天文台において、また多くのアマチュア観望会においても、その活動の基礎となっているのではないのでしょうか。初めて天体を観る方たちのために、先ずお見せするのは月であり、土星であり、オリオン大星雲であるのは、不思議に満ちた天体の姿を見て、宇宙の

驚異を学んでもらいたいということであり、それは資料そのものの貴重性に価値を置く第1世代型の博物館・天文台の特徴にあたるものだと思います。

この第1世代型の天文公開活動は、あらゆる公開活動の基礎であり、それを内包しながら、より広く次の世代の公開活動へと幅が広がられていきます。

5. 公開天文台の第2世代について

それでは、近代的博物館の資料展示が、その後どのように発展してきたのか、もう少しくわしく見てみましょう。大航海時代が到来し、交易や植民地からの収奪によって、世界中からヨーロッパにさまざまな事物がもたらされます。そして近代市民社会の成立に伴って、これらの事物を秩序付けられた基準のもとに並べなおし分類し、世界を網羅的に認識しようとする気運が、じょじょに高まっています。王族や個人の自然標本や美術品などのさまざまなコレクションも整理・公開され、公的博物館が成立し、国民啓蒙の手段となっていくのです。こうした中、西欧では科学系の博物館（例：大英博物館）と美術系の博物館＝美術館（例：ルーブル美術館）との分化が、18世紀後半の誕生当初からすでに始まっていた。

19世紀の国民国家の時代になると、植民地経営による西欧の繁栄を背景とした万国博覧会の資料展示などを契機に、欧米から見た世界と自国のあり方を国民に教育普及しようとする博物館が、各地に続々と新設されていきます。先ず異文化をあつかう民族学博物館が、1862年オランダのライデンに、「国立民族学博物館」として初めて開設されました。それは当初「日本博物館」と呼ばれて、あのフォン・シーボルトが持ち帰った日本収集品の収蔵品が基となっており、設置当初から、今日博物館の基本的機能とされる「資料収集・研

究・展示・教育的解説」の四つの方針が、すでに存在していました。[7]

シーボルトは、バイエルン国王ルートヴィヒ1世にあてた民族学博物館設立にたいする計画草案の中で、次のように述べています。「民族学博物館の特別な目的は、いろいろな民族についての正確な知識を一般に普及する事にある。貿易を促進し、植民地統治を、より効率的に行うために、当該国を優先的に扱えば有益である。」[8]

もともと博物館は、モノとしての資料を収集し展示することで成り立っていますが、初期の博物館においては、「お宝・珍品」である個別の資料そのものに意味がありました。なぜならその価値は、当時の西欧の歴史的・社会的背景において、王侯貴族や市民・国民にとって自明なもの、言わずもがなのものだと思われていたからです。ところが、時代が変わり歴史が変遷していくにつれて、資料はテーマに沿って分かりやすく展示されるものとなり、その価値も解説・教育され、学ぶべきものになっていきました。

こうして、博物館における「テーマ（企画）展示」と「解説・教育普及」が重要な目的となって、第2世代の博物館が登場して来たのです。

今日の博物館においては、利用者とは、学び・楽しむことを目的として来館する存在であるということが前提とされています。そのため、そうした利用者の用に供するために、館の設置目的に沿った資料の展示公開を行うことが博物館の使命となっています。その充実を図るため、多くの企画展示を行い、より利用の多様性を広げ、またより多くの利用者の獲得を図ろうとしているのです。

そして、テーマ性を持った観察会が主流となった今日の公開天文台は、そうした意味で第2世代に発展したと考えられるのです。いくつかの天体を順に観ていくことによって、

同じ惑星でも岩石型や巨大ガス型などの種類があるとか、恒星の色の違いによって進化の違いが分かるとか、そういう解説をしながら観察会を行うのは、そのテーマ性に沿って天体（資料）を並べて観察（展示）し、その意味（価値）を解説（教育）し、学んでもらおうとしているということなのだと思います。

この第2世代型の公開活動では、学ぶべきは近代天文学であり、またはその体系の一部であるという、「教育普及」の目的が根底にあることもまた、自明のこととされているのではないのでしょうか。

6. 戦後の公開天文台の発展

それでは、戦後の日本の公開天文台は、どのように発展していったのでしょうか。

「公開天文台白書 2006」[4]によると、戦後まもない1950年に口径15cm屈折望遠鏡を備えた旭川市天文台が建設されたのを皮切りに、1951年名古屋市に15cm屈折望遠鏡を擁する東山天文台が開設され、続いて1955年に40cm反射を持つ仙台市天文台、1956年には同じく40cm反射を持つ富山市天文台などが一般公開を始めました。

1960年代に入ると、全国各地に科学館や青少年関連の施設が多く作られ、主として口径15cmから25cmの屈折望遠鏡が多く設置されたのです。1980年代には、1981年の札幌市青少年科学館や新潟自然科学館の60cm反射望遠鏡の設置を皮切りに、公開天文台建設ラッシュと口径60cmを超える反射望遠鏡の大口径化が始まりました。

世紀末の1990年代に入ると、尾鷲市立天文科学館の81cm、姫路市星の子館の91cmなどが設置されて、いよいよ毎年のような1cm刻みの大口径競争が本格化します。1993年に美星天文台が口径1mの壁を突破して101cmを設置すると、1994年には鳥取市さじアストロパークが103cm、1995年にはみ

さと天文台の105cmなどが設置された後、1999年に、県立ぐんま天文台に150cmが導入されて、ようやく大口径競争も落ち着いていきます。そして21世紀の幕が開けた2004年、ついに世界最大の口径2m（200cm）の公開用望遠鏡が、西はりま天文台に設置されるに至りました。

こうして、戦後半世紀が経過する中で、公開天文台施設の増加と設備の充実が進んでいったのです。今では、天体観測設備を持つ公開天文施設は全国で400か所を超え、日本は施設・設備の質・量ともに、おそらく世界一の公開天文台王国になっています。

7. 戦後の近代的博物館・美術館の展開と第3世代の博物館について

それでは一方で、公開天文台における天体の見せ方や解説の仕方（資料の収集・研究、またテーマ展示・公開）はどのように進んできたのでしょうか。そのために、ふたたび近代的博物館のその後の展開の様子を振り返りながら、両者の対比を見てみたいと思います。

1984年にニューヨークの近代美術館で行われた「20世紀美術におけるプリミティズム」展は、企画・展示する側の既成概念とその弊害について大きな論議を呼び、その後の博物館・美術館のあり方について、一石を投じました。[9]そこでは、ゴッゲンやピカソなどに始まる西洋のモダンアートと、それに通じると評価されたアフリカやオセアニアの仮面・彫像などの「部族美術」を並べて、人類の芸術的普遍性を見出そうとしたものでした。しかし、それは資料の価値や芸術的普遍性を評価し展示するという行為そのものが、世界を近代化して自分たちの価値基準の縄張りにとらえて利用しようとする、あの西欧の植民地時代の世界観の延長であり、そうした自分のあり方については何ら疑いを持たずに（つまり上から目線で）、展示される側を一方

的に評価し規定するものだ（つまり見下している）と、批判されたのです。そして、結果として、そうしたものの見方・価値観を、博物館・美術館は人々に押し付け、教育普及しようとしているのだと。

これを契機に、展示という行為の中で、展示する側と展示される側の資料の「意味」のあり方は、それぞれの側の社会的・政治的・文化的あり方、そしてお互いを見るものの見方によって実は違ってくることが意識されるようになりました。実は展示という行為は、そうした「意味」を作り出す仕掛け＝装置であることが明らかにされ、自分たちのあり方を問わずに価値観を押し付けることの危険性が、意識されるようになったのです。

こうした流れの中から、展示の中で、客観性や普遍性という言葉を用いて、いわば権威的に文化や歴史や科学を語ることの行き過ぎへの反省が生まれます。そして展示側は、それはあくまで自分たちの認識や価値観の表明であることを意識しながら説明すること、展示を見る者もまた、自分たちがどのようにそれを認識し、新たな価値観を作ろうとしているのかを、意識しながら学ぶことが求められるようになってきました。

美術史家のダンカン・キャメロンは、1974年に「テンプルとしてのミュージアム」と「フォーラムとしてのミュージアム」という二つの博物館・美術館のあり方を提示しています。テンプルとしてのミュージアムとは、すでに評価の定まった「お宝」を人びとが拝みに来る、まるで神殿のような場所、フォーラムとしてのミュージアムとは、未知なるものに出会い、そこから議論が始まる場所という意味でした。[10]

日本の博物館学者の伊藤寿朗は、「市民の中の博物館」の中で、第3世代の博物館とは、「社会の要請にもとづいて、必要な資料を発見し、あるいはつくりあげていくもので、市

民の参加・体験を運営の軸とする」と述べています。「第三世代の〈参加・体験〉ということは、目標にいたるプロセスを重視することであり、それはまた、固定したひとつの結論を求めないということでもある。」「受け身の学習から自己教育力の形成へという、“場”を設け、その“階段”をつくる・・・」

これは、第1世代や第2世代の博物館の、定まった価値の資料を展示し、その評価システムを学ばせる教育普及というあり方に対して、第3世代の博物館とは、まさにフォーラムとしてのミュージアムのあり方であるということ、述べているのではないのでしょうか。

このように、第3世代の博物館においては、「展示は議論と啓発の場」となり、「解説をする側とそれを受ける側との対話の場」となっており、「新たな意味・理解を協働作業として紡ぎだしていくフォーラム」を目指していこうとしています。「対話という共同作業のプロセスそのものが、実は展示という行為」だ、ということになるのでしょうか。

科学系の博物館のひとつであると考えられる公開天文台は、戦後の日本において世界に類を見ない大きな発展がありました。そして今や、公開天文台の第3世代として、これまでにない新しい公開方法・解説技術のあり方が、(伊藤がいうように)社会の要請となってきました。

生涯学習においては、一方的で受動的な学びというのはその趣旨に即していないということで、自分の興味関心にそって主体的に知識・理解を得たいという要求が高まってきているのです。それに対して、私たちは資料(天体の姿)をどのように展示し(見せ)、どのように理解し学んでもらったら良いのでしょうか。そして、どのように科学や天文学や宇宙論を語り、解説しようとしているのでしょうか。

8. 学校教育とアクティブラーニング

一方、日本の学校教育の現場でも、最近「アクティブラーニング」という言葉が注目されています。これは、平成30年度(2018年度)以降に学習指導要領を改定するという告示が公示されましたが、それについて文科省が出した「新しい学習指導要領等が目指す姿」という文書の中で、以下のように説明されている学習の事です[11]。

- 主体的・対話的で深い学び
- 課題の発見・解決に向けた主体的・協働的な学び
- 他者との協働や外界との相互作用を通じて、自らの考えを広げ深める、対話的な学びの過程

そして、以下のようにその意義を強調しています。「主題に対する興味を喚起して学習への動機付けを行い、目の前の問題に対しては、これまでに獲得した知識や技能だけでは必ずしも十分ではないという問題意識を生じさせ、必要となる知識や技能を獲得し、さらに試行錯誤しながら問題の解決に向けた学習活動を行い、その上で自らの学習活動を振り返って次の学びにつなげるという、深い学習のプロセスが重要である。」

さらに、その背景については、以下のように解説しているのです。「知識・情報・技術をめぐる変化の早さが加速度的となり、情報化やグローバル化といった社会的変化が、人間の予測を超えて進展するようになってきている。しかし人間は多様な文脈が複雑に入り交じった環境の中でも、場面や状況を理解して自ら目的を設定し、その目的に応じて必要な情報を見だし、情報を基に深く理解して自分の考えをまとめたり、多様な他者と協働しながら目的に応じた納得解を見いだしたりすることができるという強みを持っている。予

測困難な時代に、一人一人が未来の創り手となる。社会や産業の構造が変化し、質的な豊かさが成長を支える成熟社会に移行していく中で、様々な情報や出来事を受け止め、主体的に判断しながら、他者と一緒に生き、課題を解決していくための力の育成が社会的な要請となっている。」

こうした動きを受けて、学校教育現場では、すでに2012年度からアクティブラーニングを授業の中に取り入れようと、さまざまな教育実験や新しい手法の開発が行われています。[12]また、近い将来、大学受験もこの指導要領に沿って行われる事になっており、具体的には、現状の大学入試センター試験に代わって、2021年度より「高等学校基礎学力テスト」と「大学入学希望者学力評価テスト」の2つの試験が導入されます。その大学入学希望者学力評価テストでは、「思考力・判断力・表現力」が考査されます。さらに、大学個別の選抜においては、「主体性・多様性・協働性」などを試される事になるのです。

こうして、急速な社会の変化に対して、社会教育や学校教育の現場では、すでに待ったなしの改革が進行中なのです。

9. 公開天文台の第2.5型世代について

このような社会の進展の中で、公開天文台の天体観察会においても、大きな変化が現れて来ているようです。これまでの公開天文台での学びというのは、天文学の成果を教育普及し知識を教授しようとする、いわば従来の学校教育の延長的な「解説的教育理論型」の観察会が、ながらく主流だったのではないのでしょうか。それは、第1世代型(資料陳列型)、第2世代型(テーマ展示型)の解説と呼んでも良いかと思います。

こうした公開天文台の解説方法・技術については、次の世代は前の世代を否定することによって発展しているというよりも、前の世

代を基としてそれを内包しながら、より広くそのあり方・機能の幅を広げている、と言った方が良さそうです。第1世代や第2世代のあり方は、それが誤っているということではなく、木の形成層が幹を成長させ、それ以前の層が幹の芯となっていくように、次の世代の公開のあり方を作る大事な基本になっているということなのです。

そこで、これからの天体観察会においては、観察しようとするもの、また実際に観察しているものが何であるのか、あらかじめ用意された知識をそこで提示・解説しようとしてきた従来のやり方を見直し、さらに進展させる必要があります。そうした中、第2世代のテーマ解説型の進展を模索する中で、最初に知識や答えを教えるのではなく、実際の観察中の対象天体をよりくわしく観察（形・色・明るさ・大きさ・模様・動きなどなど）することにより、そこに生じる自分なりの発見や理解の表出と、その発見に伴う疑問や質問に応える形で解説員が天文解説を行う「発見学習型」の観察会のあり方が模索されてきました。

2013年に始まったJAPOS研修会における研修活動は、主としてこのタイプの公開活動について、解説技術の確立と実習を目的に進められてきています。そこで、これを便宜的に第2.5世代型「発見学習型」の解説と呼びたいと思います。

しかし、さらにこれから社会から求められているのは、「新たな意味・理解を協働作業として紡ぎだしていくフォーラム」としての、第3世代型の天体観察会解説技術の確立と実習です。

10. 公開天文台の第3世代について

そこで、この3つの天体観察会解説技術の実際の流れと構造を図によって見てみます（図1～4）。

第1世代型の天体観察会と解説技術（資料陳列型）

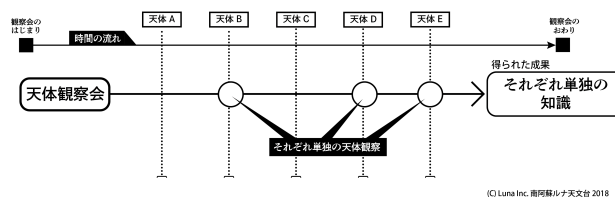


図1 第1世代型の天体観察会と解説技術（資料陳列型）

第2世代型の天体観察会と解説技術（テーマ展示型）

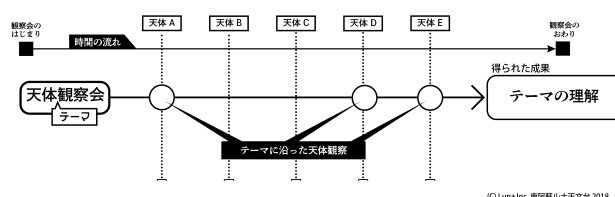


図2 第2世代型の天体観察会と解説技術（テーマ展示型）

第2.5世代型の天体観察会と解説技術（体験・発見学習型）

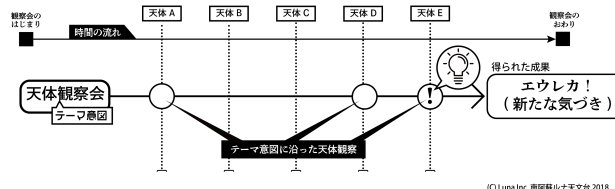


図3 第2.5世代型の天体観察会と解説技術（体験・発見学習型）

第3世代型の天体観察会と解説技術（創発フォーラム型）

（起承転結型＝発見学習型のセッションを繰り返し、最後にフォーラムとしての創発へ）

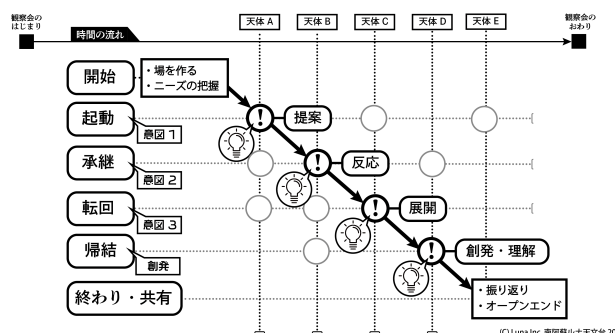


図4 第3世代型の天体観察会と解説技術（創発フォーラム型）

これら都合4種の世代の観察会は、さまざまな対象天体を見せながら、観察による天文・宇宙の理解をもたらしたいという目的は同じですが、それぞれの方法論には際立った違いがあります。

第1世代型（資料陳列型）の天体観察会では、不思議に満ちた天体の姿を見て、宇宙の驚異を学んでもらいたいという意図で、解説員が面白い天体や特徴のある天体と思うものを、一つずつ個別に観せることが行われます。

第2世代型（テーマ展示型）の観察会では、その目的にかなう学んでほしいテーマに沿っていくつかの対象天体が選ばれ、プログラムが企画されて、観察会が実施されます。

第2.5世代型（発見学習型）の天体観察会では、テーマに沿ったプログラムが企画されます。そして実際の観察に加えて、解説者による天体知識の解説や心理学的理解・スキルのサポートによって、各参加者がこれまで持っていた内面の知識・理解とが全面的に再構成されて、新たな気づき（これをJAPOS研修会では、エウレカ！と呼びます）が発現して学びが生まれるように、途中で観察会プロセスをリアルタイムで再構築していきます。

第3世代型（創発フォーラム型）の天体観察会においては、解説者（むしろファシリテーター）と参加者たちは、共に学ぶ仲間として観察会という「場」＝フォーラムを創ります。

まず初めに、会話によって参加者たちが何を求めているのかというニーズや、何を知らたいかというウォンツを探り、それに沿って、解説者からの提案としての天体A①から観察会は始まります。そして、実際の観察による反応を「場」の共通体験としながら、続けて次の知りたい方向性（天体B②）をその場で選び、向きを変えていきます。さらに、その観察体験によって新たな方向性（天体C③）へと観察会は転回します。そこで二つ以上の

天体観察から生まれる新たな発見や驚き、気づき（エウレカ！）によって、収束・帰結（天体D④）に向かい、その意味が同定され全員に共有されていきます。これらのプロセスを通して、この観察会の「場＝フォーラム」のなかで創発・理解④が生まれるのです。

そこでは、大きな宇宙という神秘を前に、解説者も参加者も共に冒険者として立ち、ワクワクしながら一緒に学びと理解の旅を続けていきます。

第2.5世代型以降の天体観察会には、想定された「結論」や「終わり」などはないと思います。むしろ各人にとっては、それは自らの関心と興味にそって学びを深め、その方途を自分自身で拓いていくという、長い自己教育の航海の始まりとなるのではないのでしょうか。

このような新しい世代の天体観察会の解説者は、解説技術としての第1世代（資料陳列型）、第2世代（テーマ展示型）の知識や技術について、深く習熟している必要があります。そして、その観察会の参加者によって、またそのニーズによって、あるいは気象などさまざまな要件によって、臨機応変にそれを組み立てなおし、活用していくのです。その世代間の違いは、目的論的な結果に重要性を置くのではなく、あくまで「一人ひとりの参加者とその理解のプロセス、そこに生まれる新しい創造性」に重要性を置くことにあります。

これまでのJAPOS研修会も、この第3世代型の天体観察会の実現に向けての研修活動でもあったのだと思います。そして、さらにこれから模索していきたいのは、この後に来るであろう第4世代型の公開天文台とその公開方法についてなのです・・・。

11. 天文台における天文・宇宙の学びについて

振り返ってみると、科学は昔から仮説を立て検証し、さらなる仮説を提示するということを繰り返してきました。よく知られているように、ケプラーの法則はティコ・ブラーエの20年にわたる惑星の位置観測のデータを引き継いだ上で、宇宙における神の秩序を信じ、占星術師でもあったケプラーの直観と努力から生み出されたもので、結果的に惑星運動の観測結果をうまく説明できる法則でした。しかしその意味を正確に説明できたのは、質量を持つ物体同士が引き合う万有引力の法則を発見し、運動方程式を天体の現象に応用したニュートンでした。しかしそのニュートンの法則も、アインシュタインの相対性理論によって引力とは重力場のゆがみによっておこる現象であるとされ、質量を持たない光さえもその影響下の例外ではなく、太陽系の中のような重力の弱い場所にのみ適用できる近似値であると、今日ではされています。

人間の抱く最大の疑問である宇宙の起源や法則についても、古今たくさんの仮説が立てられ、その時々真理とされ信じられてきましたが、今日に至るまで天文学や宇宙論の最前線で探求が続けられています。今や、宇宙やその法則はただひとつではなく、宇宙は無数に存在しその法則もさまざまに異なっており、私たちはたまたまそのうちのひとつに生まれてきただけなのかも知れないと議論されています。[13]

このように、科学の世界では昨日の真実が今日は誤りとなり、今日の仮説が明日の真実となるかも知れません。「いま真実と考えられていること」が間違いかもしれないと疑うのが科学者であり、科学的態度ではないでしょうか。「科学の永遠の無謬性(むびゅうせい)」を信じているのは、科学者ではなくて、むしろ一般の人々の方なのです。

ですから、与えられた知識やセオリーを、ただ疑いもなく覚えようとすることは、決して科学的な態度ではなく、科学的教育でもありません。自ら考え、疑問を持ち、探求し、解決していく態度をこそ、私たちは育てなければなりません。

そのような意味で、天文学や科学の成果を伝える公開天文台の観察会において、解説者はまるで自分が宇宙に行って見て来たかの如く宇宙の法則や天文知識を語るのではなく、多様な参加者の一人ひとりがコペルニクスとなりガリレオとなって、観察体験から自分なりに宇宙の現象や法則に気づいていけるように支援をすることこそが、求められているのではないのでしょうか。

12. おわりに

最初に述べたように、JAPOSの「公開プログラムワーキンググループ」では、このように第1世代から第3世代にわたる各世代の天体観察会の解説技術を「要素」に分解してその構造を明らかにする作業を続けてきており、それによってさまざまな天体観察会を自由に再構成して実施することが可能となるように、またそれを新人教育にも応用できるようにと、研修活動を続けてきています。

また、急速に進展する現代の情報社会の環境に適応できるように、昨年「次世代型公開天文台検討ワーキンググループ」も発足し、第4世代型とも言えるこれからのハードやソフトと連携した公開天文台と天体観察会のあり方についても、検討を開始したところです。

これらについては、2018年3月に福岡で行われる「IAU 国際会議 CAP (世界天文コミュニケーション会議) 2018 in Fukuoka」でも口頭発表する予定になっており、またJAPOSの公式サイト[14]においても、年次全国研修会の資料を公開することにしております。

これからも、JAPOS では、公開天文台と天体観察会の解説技術の進展のために、検討作業・研修活動を進めていきたいと思っています。

[13] 青木薫 (2013)『宇宙はなぜこのような宇宙なのか』, p.226, 講談社.

[14] <http://www.koukaitenmondai.jp/>

宮本 孝志

miyamoto@luna.jp.net

文 献 等

- [1] 伊藤寿朗 (1993)『市民の中の博物館』, pp.141-174, 吉川弘文館.
- [2] 吉田憲司 (2011)『博物館概論』, pp.36-58, 放送大学教育振興会.
- [3] 福岡市博物館 (2017)『神聖ローマ帝国皇帝ルドルフ 2 世の驚異の世界展・図録』, Bunkamura ザ・ミュージアム.
- [4] 日本公開天文台協会 (2006)『公開天文台白書 2006』, pp.1-10 など. (http://www.koukaitenmondai.jp/whitepaper/2006/japos_wp2006_link.pdf)
- [5] ここでいう天体観測設備とは、主に光学式天体望遠鏡のことで、据え付け式、移動式（移動天文車、台車付き望遠鏡）をふくみます。
- [6] 日本天文学会編 (2008)『日本の天文学の百年』, pp.1-12, 恒星社厚生閣.
- [7] 前掲書[2], p.8.
- [8] 国立歴史民俗学博物館編 (2016)『よみがえれ！シーボルトの日本博物館』, p.206, 青幻舎.
- [9] 前掲書[2], pp.82-117.
- [10] 前掲書[2], pp.97-99.
- [11] 文部科学省『新しい学習指導要領等が目指す姿』. (http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/attach/1364316.htm)
- [12] 小林昭文 (2016)『アクティブラーニングを支えるカウンセリング 24 の基本スキル』, ほんの森出版.



理論と実践 サイエンスコミュニケーターとしての 天文台解説員

日本公開天文台協会(JAPOS)

第7回全国研修会

2019.1.28 - 30. 国立科学博物館, ギャラクシティ

JAPOS公開プログラムWG 目的



これまで培われてきた天文台公開の方法や、ベテラン解説員の技や知恵をしっかりと残し、次世代に引き継ぎ、さらに発展させる。



方法や技術のデータを集め、整理し、共有できるようにする。



新人解説員の研修を体系的に行う。

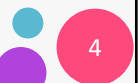
「目標」 今回の研修会・ワークショップ

- ・ 公開天文台における天体解説技術発展の各過程の習得
- ・ サイエンスコミュニケーターの養成
- ・ 次世代型公開天文台の解説技術へとつなげる
- ・ 解説技術一般の基本構造の広範な知見を得る



「ルール」 今回の研修会・ワークショップ

- ・ 思い込みを捨てましょう
- ・ 人の話をよく聞きましょう
- ・ 自分から進んで参加し、発言しましょう
- ・ みんなで協働し、ひとりではできない理解を生み出しましょう
- ・ そして何より、楽しみましょう！





基調講演

「サイエンスコミュニケーションのはじめかた」

国立科学博物館

小川義和 先生

§1. オープニングセッション



グループワーク

「サイエンスコミュニケーターとしての
天体解説員とは」

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

5



事前課題A-1：下記の文章を5つ作りなさい

(A).Who-それはどのような存在でしょうか？

記号：A-1, A-2, A-3

(B).to Whom (with Whom)-どのような人に対して？

B-1, B-2, B-3

(D).How-どのような伝え方（伝え合い方）でしょうか？

D-1, D-2, D-3

(C).What-何を伝えるのでしょうか？

C-1, C-2, C-3

⇒『私の目指すサイエンスコミュニケーター（解説員）』とは、
「(A)として、(B)に(と)、(D)で、(C)を伝える（伝え合える）」存在である。

事前課題A-2：下記の問いに、5つずつ答えなさい

(ア).§1.を実現するにあたって、
どのような問題や課題がありますか？

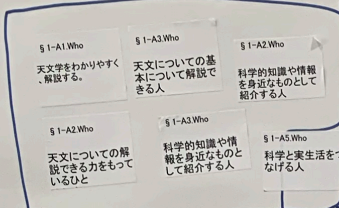
(イ).(ア)の原因は何でしょうか？

(ウ).(ア)と(イ)は、あなたの解説に
どのような悪影響を与えるでしょうか？

(エ).これらの問題によって引き起こされて
困ることは何でしょうか？

(オ).この研修会でどんなことが得られましたか？

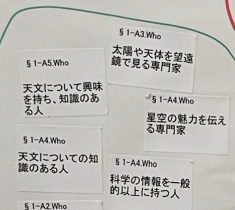
① 誰が Who



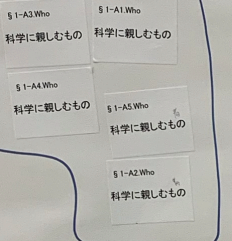
科学を身近なものとして楽しく伝える人

- § 1-A1 Who
宇宙や星を見ること、知ることの楽しさを伝える人
- § 1-A2 Who
宇宙や星を見ること、知ることの楽しさを伝える人
- § 1-A3 Who
宇宙や星を見ること、知ることの楽しさを伝える人
- § 1-A5 Who
宇宙や星を見ること、知ることの楽しさを伝える人
- § 1-A4 Who
宇宙や星を見ること、知ることの楽しさを伝える人
- § 1-A1 Who
科学的知識や情報を身近なものとして紹介する人

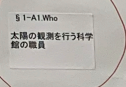
科学の知識がある人



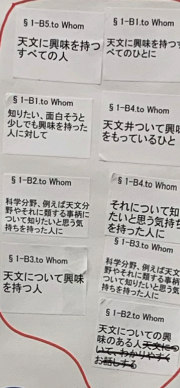
自分が科学を楽しむ人



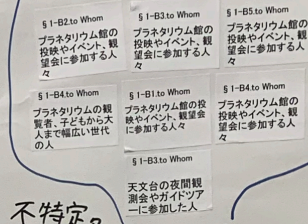
研究者をする人



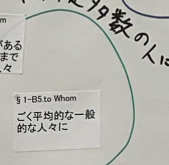
興味のある人へ



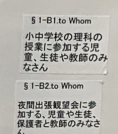
天文の専門家へ



不特定の多数の人へ

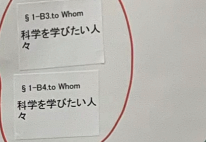


学校の行事で参加した人へ

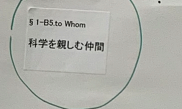


② 誰と (Whom)

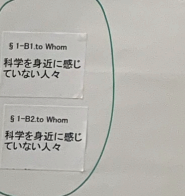
知識を学びたい人へ



科学を親しむ仲間へ



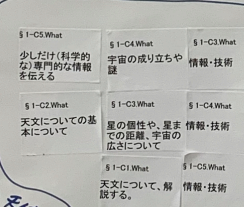
興味のない人へ



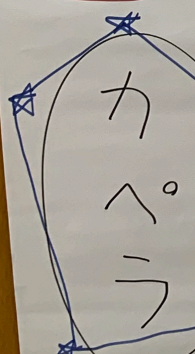
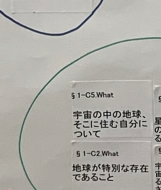
★ 何を 何と ★

③ 何を What

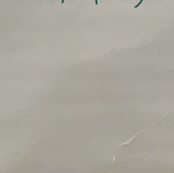
専門的な知識を伝える



本物の天体の魅力を伝える

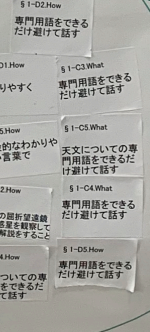


人との関わりを

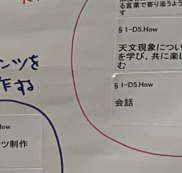


④ どうやって How

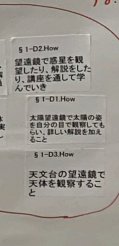
言葉で伝える



相手に伝える



実際に観測・観察する

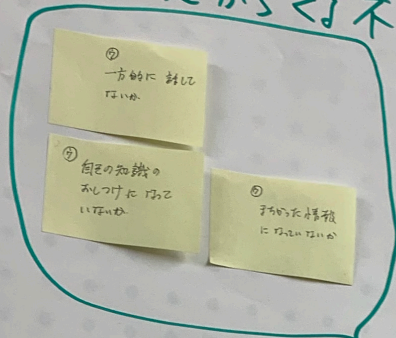


コンテンツ制作

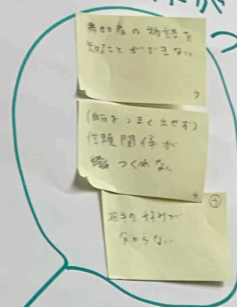


⑦ 悪影響

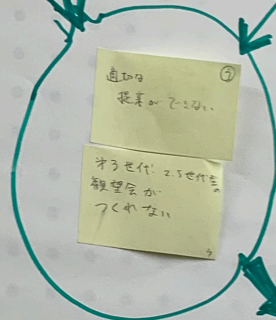
力不足から不安



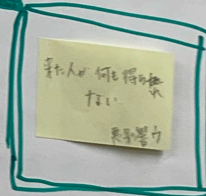
信頼関係が
つけない



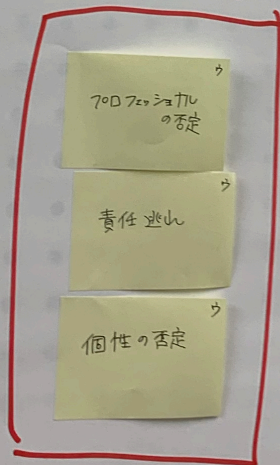
提案が
できない



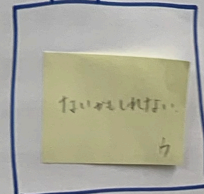
何も得られない



外的要因



問題なし?



カハワ



§2.サイエンスコミュニケーションとしての天体観覧会

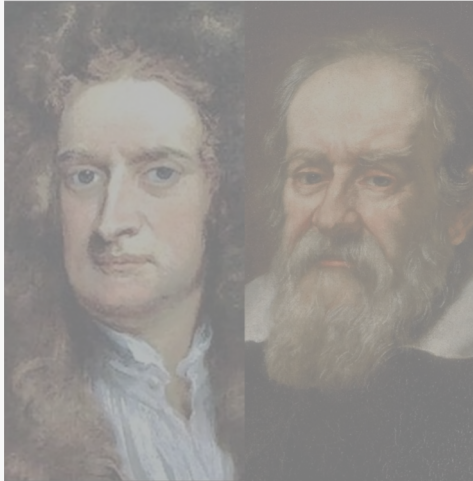


1. 何を伝え合うのか ＝サイエンス・科学

17世紀の科学革命 近代科学の誕生！
ガリレオ・デカルト・ニュートン・・・

5つの考え方と手法

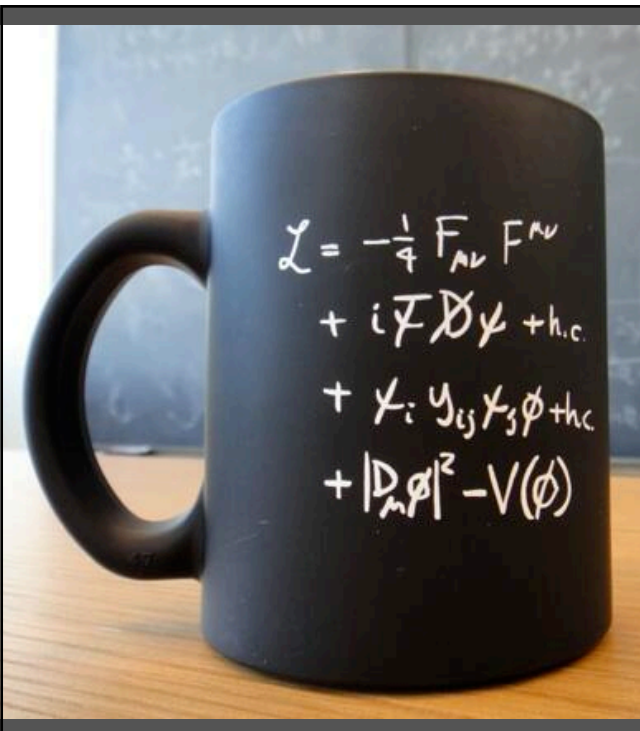
何を伝え合うのか＝サイエンス・科学



- 1 観察
- 2 仮説・法則
- 3 推論・予測
- 4 実験・観測
- 5 検証

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

8



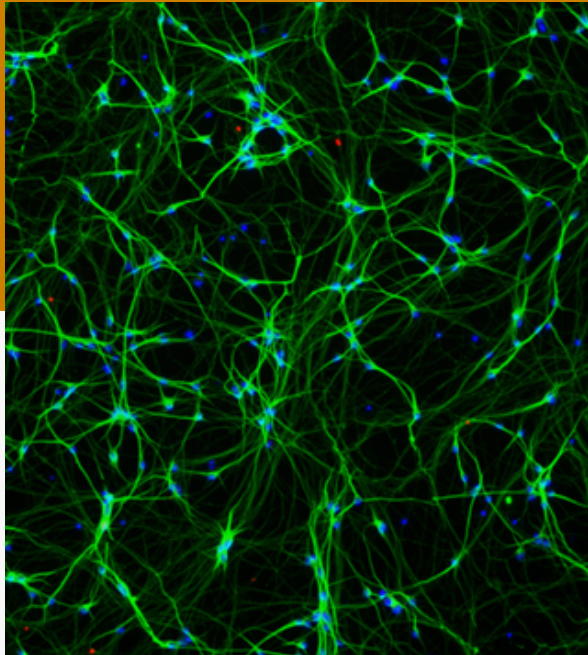
天体観察会でつたえること
＝サイエンス・科学

- ・ 科学の考え方と手法
- ・ 結果としての知識や法則

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

9

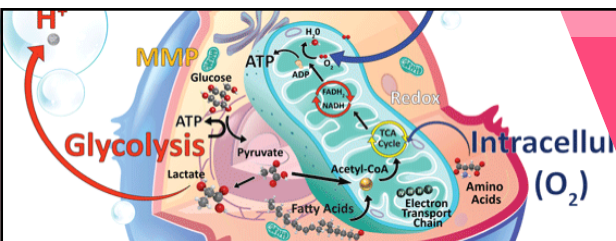
§2.サイエンスコミュニケーションとしての天体観察会



2. 誰と誰が伝え合うのか ＝対話する存在・ 人間の脳と認知機能

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

10

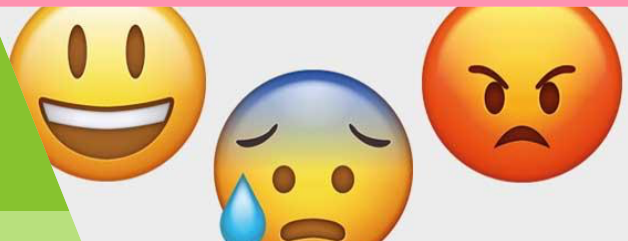


- ・細胞膜の外界との情報のやりとり
(刺激と反応)
- ・物質のやりとり (代謝)

⇒発生: 「安全・良い・好き」

⇔「危険・悪い・きらい」

⇒感情の原型 近づく・服従⇔逃げる・戦う



生命のはじまり 細胞の世界

サイエンスコミュニケーションとしての天体観察会

誰と誰が伝え合うのか = 対話する存在・人間の脳と認知機能

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

11

赤ちゃんの意識の発達

5 steps

内部環境と外部環境の違いを知る

1

2

観察と情報収集

自己と世界とのイメージ関係の把握

3

4

触ったり試してみたりする

→ 科学実験の萌芽

自己と外部とのやりとりの開始

5

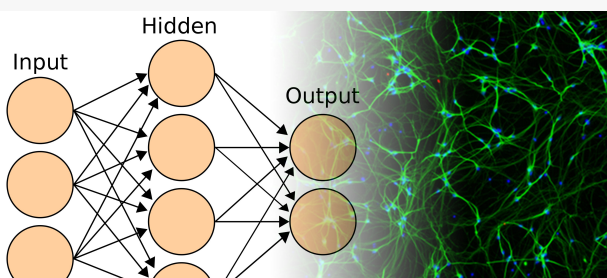
→ コミュニケーション

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

12

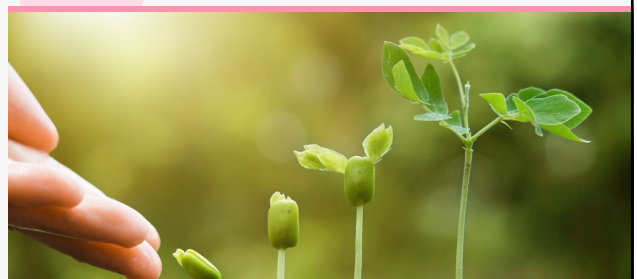
脳と認知機能の発達

誰と誰が伝え合うのか = 対話する存在・人間の脳と認知機能



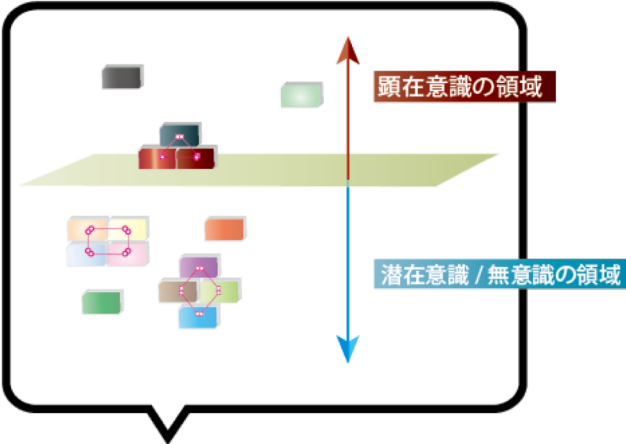
ニューロンネットワークの発達

意識の発達



日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

13



The diagram shows a person's head with a large speech bubble inside. The speech bubble is divided into two horizontal sections. The top section is labeled '顕在意識の領域' (Domain of Consciousness) and contains simple geometric shapes like a cube and a sphere. The bottom section is labeled '潜在意識 / 無意識の領域' (Domain of Preconscious / Unconscious) and contains more complex, interconnected shapes representing a network. A vertical double-headed arrow connects the two sections.

「心像」 しんぞう

知覚心像と記憶心像

「知覚心像」
外界からの刺激でつくられたネットワーク

「記憶心像」
過去の知覚の記憶のネットワーク

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

14



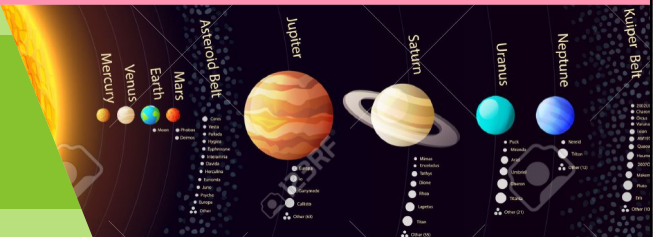
The image shows the silhouettes of five children playing in a field at sunset. They are in various poses, some jumping and some standing, against a bright orange and yellow sky.

エピソード記憶

感情と強く結びついた鮮明な記憶

意味の記憶

知識やイメージになった記憶



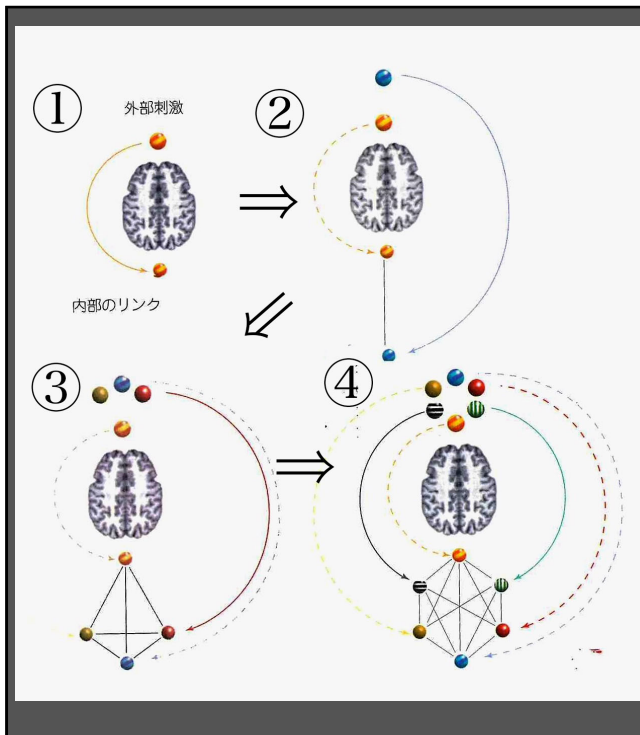
The diagram shows the solar system with the Sun at the center. Planets are shown in order of increasing distance: Mercury, Venus, Earth, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, and Neptune. The Asteroid Belt is located between Mars and Jupiter. The Kuiper Belt is shown beyond Neptune. Each planet is accompanied by a list of its moons.

2種類の記憶心像

サイエンスコミュニケーションとしての天体観察会
誰と誰が伝え合うのか = 対話する存在・人間の脳と認知機能

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

15



理解のはじまり

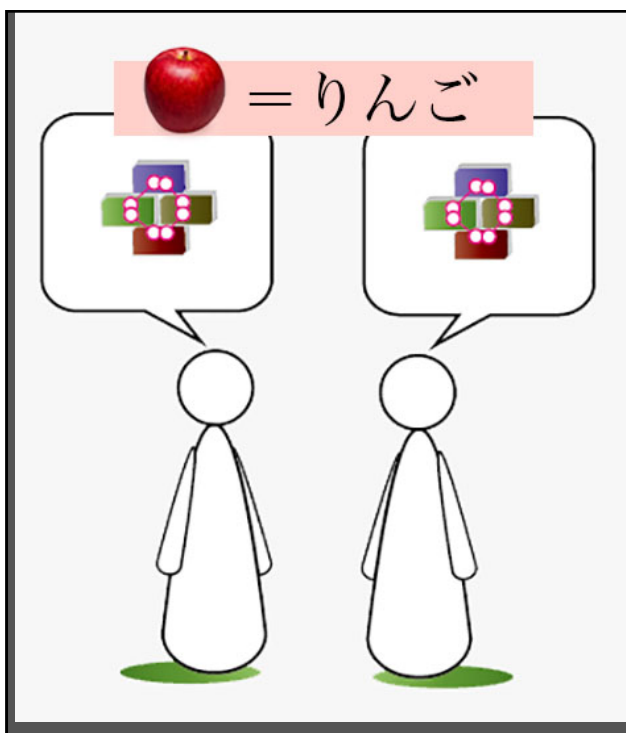
- ・ 新しい知覚心像
- ・ 過去の記憶心像
＝心のうちの様々な過去の経験

⇒ 照合・比較・同定・分類

⇒ 意味、理解、わかる

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

16



言葉とコミュニケーションのはじまり

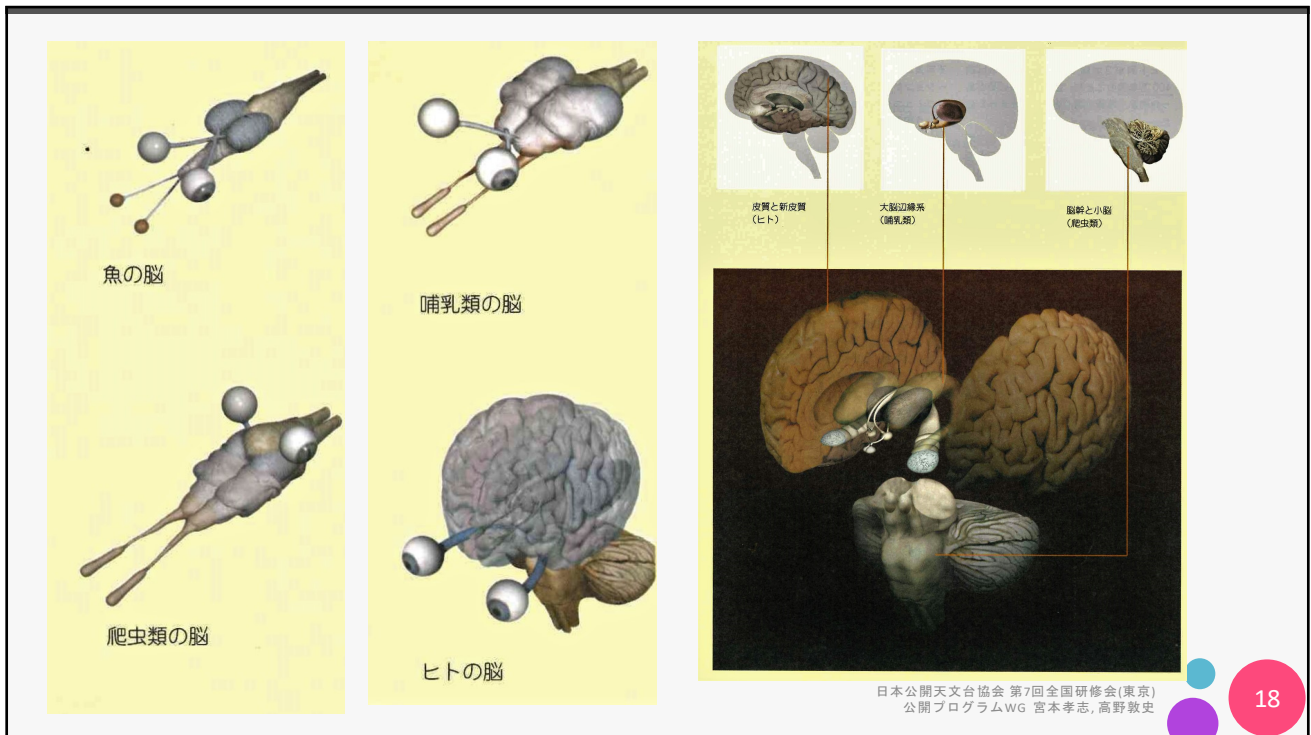
- ・ 共通の記憶心像＝意味・概念
- ・ 名前（記号）をつける

⇒ やりとり

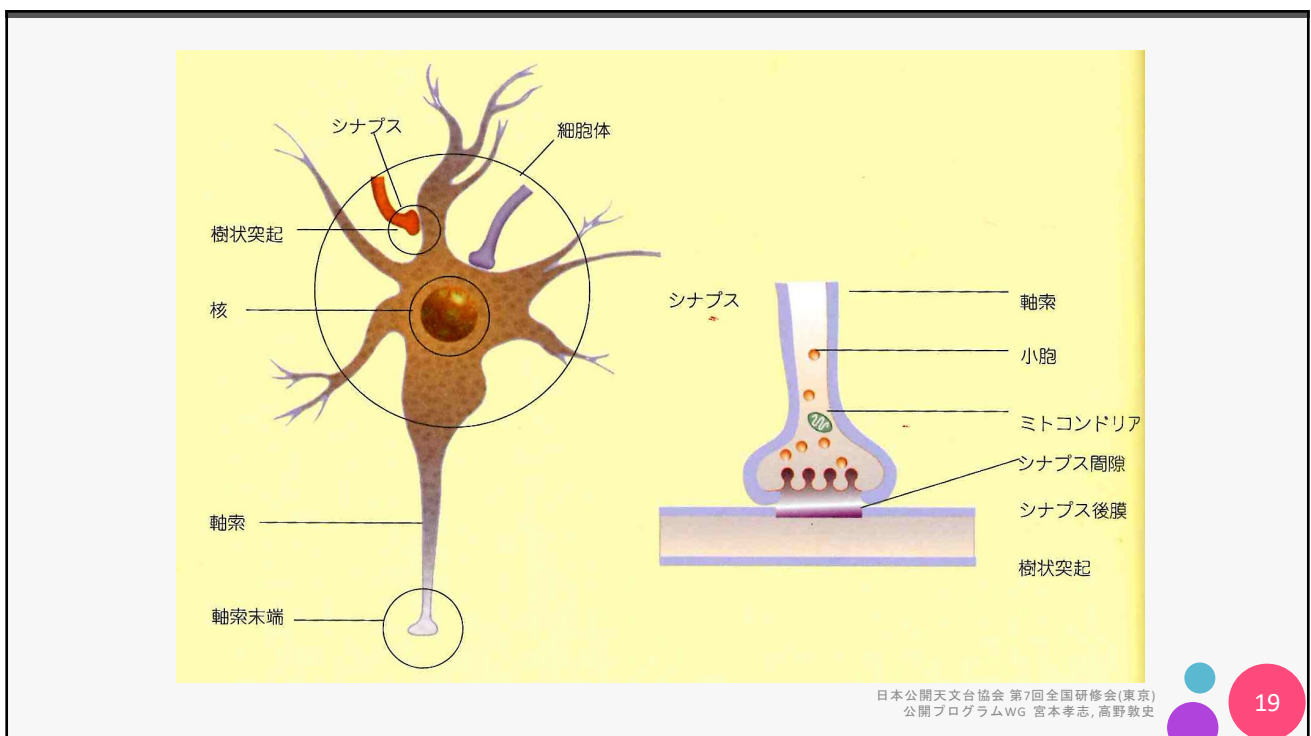
⇒ 言葉・コミュニケーション

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

17



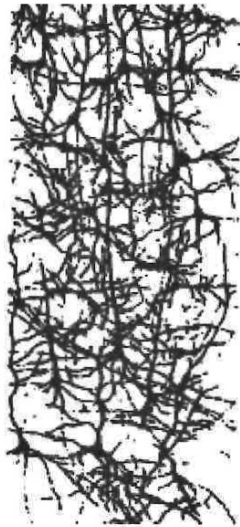
18



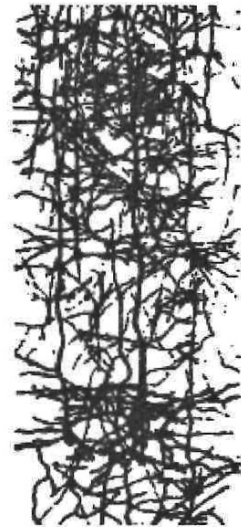
19



新生児



6ヶ月

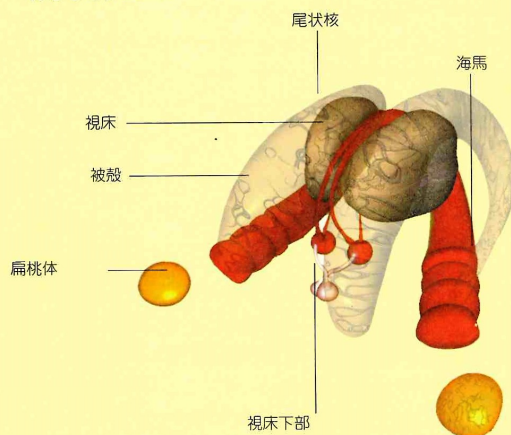


2歳

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

20

大脳辺縁系の おもなモジュール



感情の原型

基本的情動作用の発生

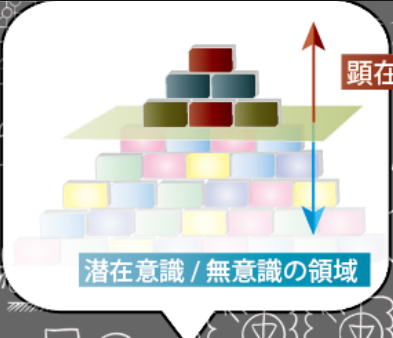
近づく・服従 ↔ 逃げる・戦う

⇒ 脳が情動反応を意識して、
複雑な感情を覚える

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

21

§2.サイエンスコミュニケーションとしての天体観望会

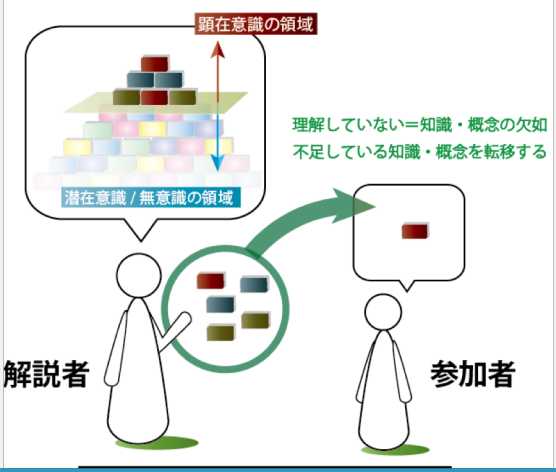


3.どのように伝え合うのか① 理解と納得の構造

- ・ 科学は、概念が積み上げられたひとつのシステム
- ・ 同じようなシステムどうししか、理解しあうことはできない

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

22

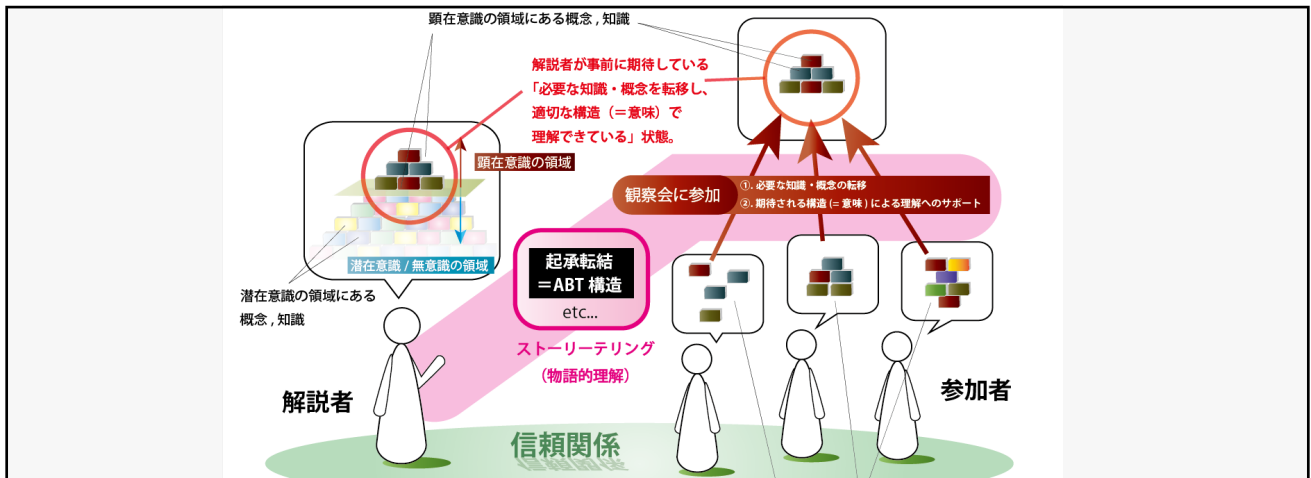


第1世代：刺激反応

- ・ 「理解していない」 = 「知識・概念が欠如している」
- ・ 不足している知識・概念を転移する

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

23

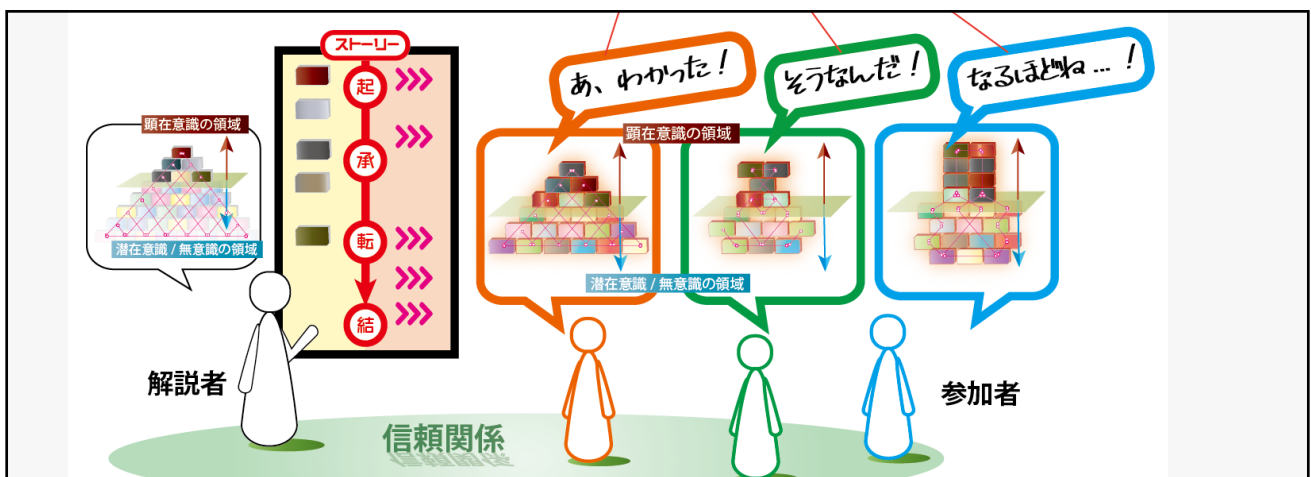


第2世代：解説教育論

- ・ 解説者と同じ概念・知識を、参加者に転移する
- ・ 解説者と同じ概念構造を、参加者の中に組み立てる

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

24



第2.5世代(エウレカ)：発見学習論

- ・ 参加者自身が、外から&自分の中から、概念・知識を探す
- ・ 参加者が、自分なりの概念構造を組み立てる

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

25



物語の基本構造

- 起承転結
- ABT (And But Therefore)
- IMRAD
(Introduction, Methods, Results, Discussion)

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

28

Jan 2016 Luna Inc. 南阿蘇ナ天文台・オーベルジュ「森のアトリエ」
第2世代「テーマ展示型」解説モデル

物語としての天体観察会

- 第2世代「テーマ展示型」
⇒ 物語構造になっている
- 起承転結、ABT、IMRADが使われる

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

29



感動的な物語 エピソード記憶

- ・ 論理＝意識的メッセージ
- ・ 無意識の意味心像

⇒ 伝えることが、
物語構造で容易になる

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

30

§ 2.

ーサイエンスコミュニケーションとしての天体観察会ー

振り返りテスト

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

31



第1世代 —刺激反応型—

理論と実践：
サイエンスコミュニケーターとしての天文台解説員



日本公開天文台協会(JAPOS)

第7回全国研修会

2019.1.28 - 30. 国立科学博物館, ギャラクシティ



§3

第1世代



機材操作技術と
光学

研修中の 6つのOK!



しゃべる



質問する



説明する



動く



チームで協力する



チームに貢献する

研修の 進め方

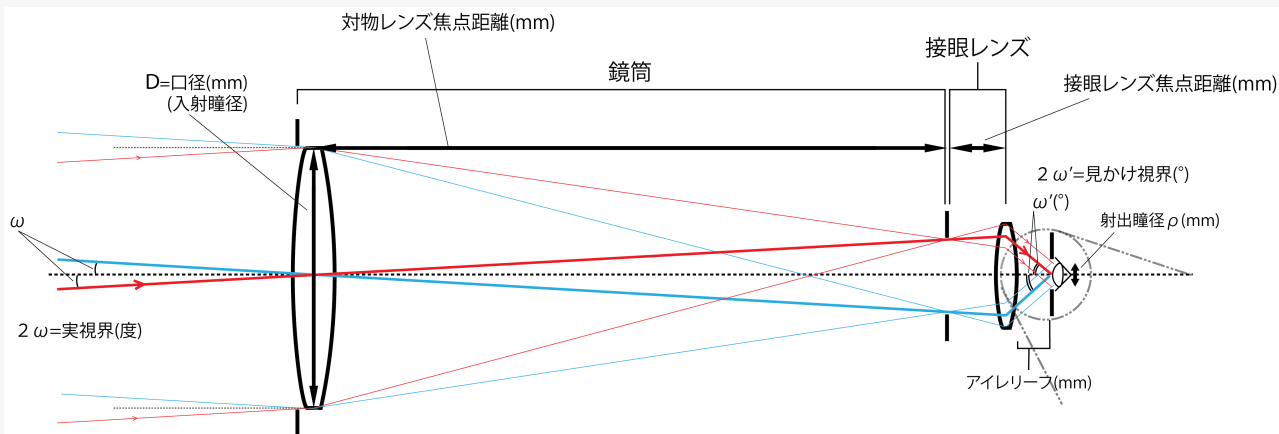


(1. 解説 15分

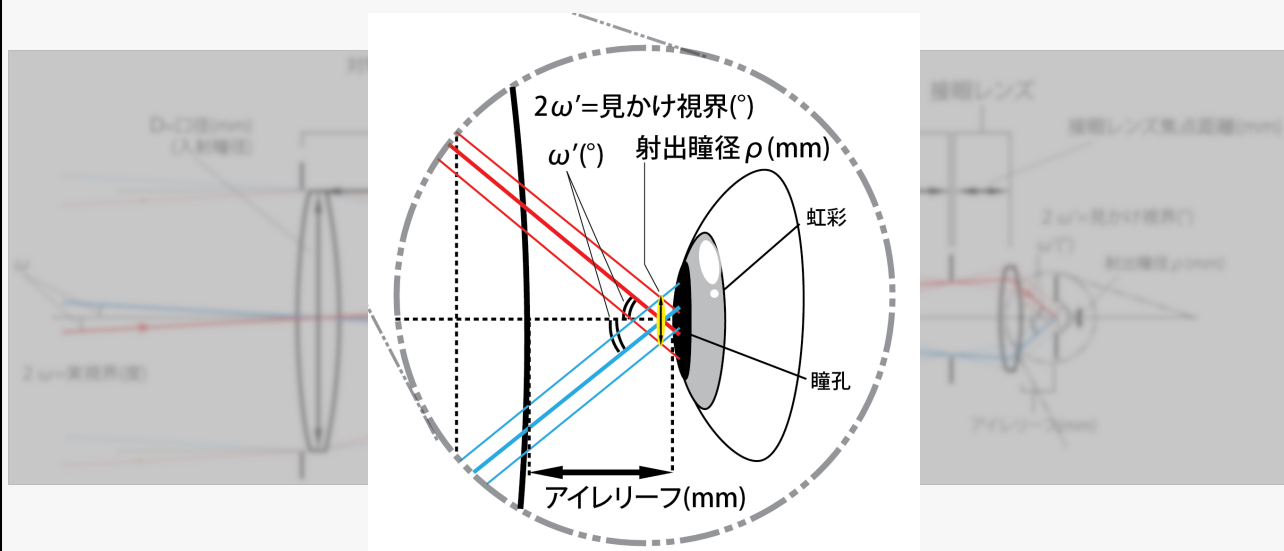
(2. グループワーク 40分

(3. 振り返り 10分

第1世代 1. 機材操作技術 (光学)



第1世代 1. 機材操作技術 (光学)



望遠鏡の3つの能力



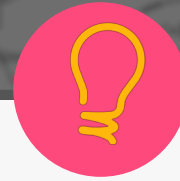
1. 大きく見せる

倍率



2. くわしく見せる

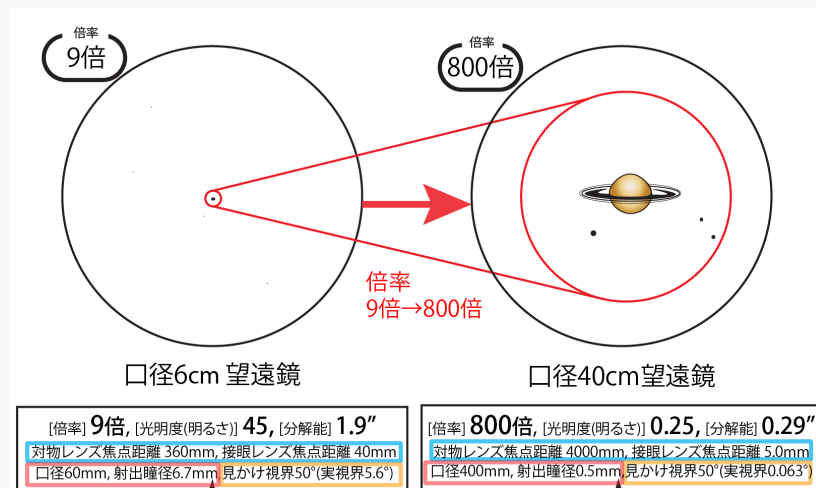
分解能



3. 明るく見せる

集光力と光亮度

1. 大きく見せる (倍率)



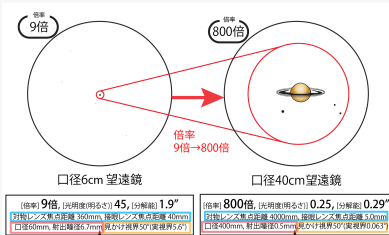
第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

1. 大きく見せる (倍率)

$$\begin{aligned}
 [\text{倍率}] &= [\text{対物レンズ焦点距離(mm)}] \div [\text{接眼レンズ焦点距離(mm)}] \\
 &= [\text{見かけ視界}(\circ)] \div [\text{実視界}(\circ)] \\
 &= [\text{対物レンズの口径(=入射瞳径)(mm)}] \div [\text{射出瞳径(mm)}]
 \end{aligned}$$

第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

1. 大きく見せる (倍率)



口径6cm 望遠鏡

[倍率] 9倍, [光度(明るさ)] 45, [分解能] 1.9"
対物レンズ焦点距離 360mm, 接眼レンズ焦点距離 40mm
口径60mm, 射出瞳径6.7mm 見かけ視界50°(実視界5.6°)

$$\begin{aligned}
 \text{倍率} &= 360\text{mm} \div 40\text{mm} = 9.0\text{倍} \\
 &= 50^\circ \div 5.6^\circ = 9.0\text{倍} \\
 &= 60\text{mm} \div 6.7\text{mm} = 9.0\text{倍}
 \end{aligned}$$

口径40cm 望遠鏡

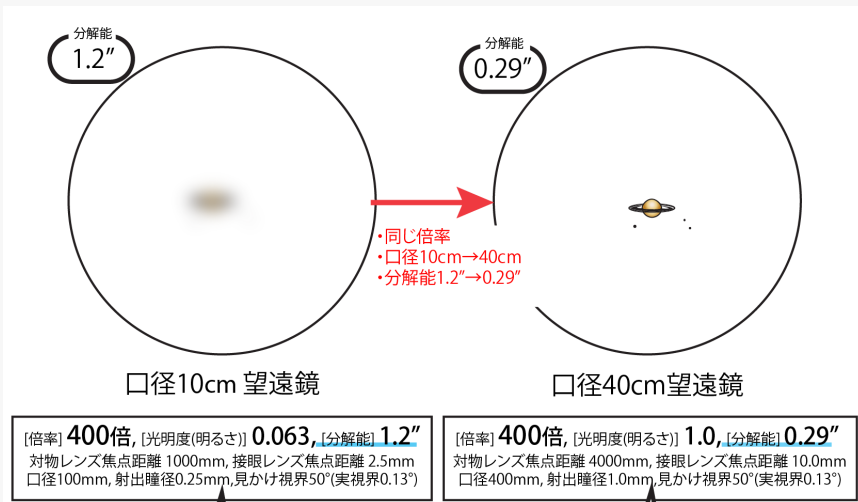
[倍率] 800倍, [光度(明るさ)] 0.25, [分解能] 0.29"
対物レンズ焦点距離 4000mm, 接眼レンズ焦点距離 5.0mm
口径400mm, 射出瞳径0.5mm 見かけ視界50°(実視界0.063°)

$$\begin{aligned}
 \text{倍率} &= 4000\text{mm} \div 5.0\text{mm} = 800\text{倍} \\
 &= 50^\circ \div 0.063^\circ = 800\text{倍} \\
 &= 400\text{mm} \div 0.5\text{mm} = 800\text{倍}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [\text{倍率}] &= [\text{対物レンズ焦点距離(mm)}] \div [\text{接眼レンズ焦点距離(mm)}] \\
 &= [\text{見かけ視界}(\circ)] \div [\text{実視界}(\circ)] \\
 &= [\text{対物レンズの口径(=入射瞳径)(mm)}] \div [\text{射出瞳径(mm)}]
 \end{aligned}$$

第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

2. くわしく見せる (分解能)



日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

42

第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

2. くわしく見せる (分解能)

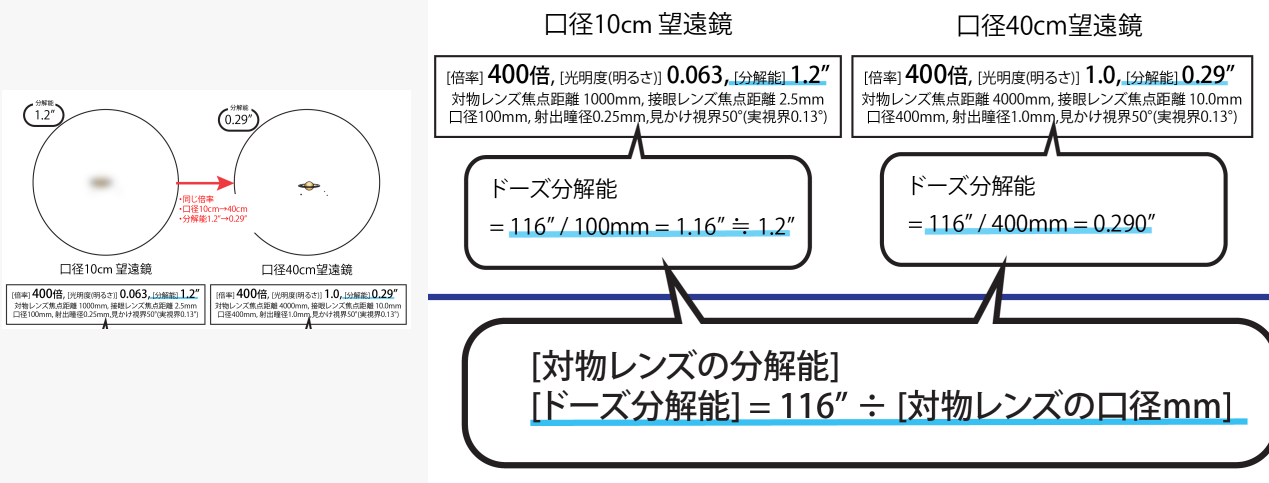
$$\text{[対物レンズの分解能]} \\ \text{[ドーズ分解能]} = 116'' \div \text{[対物レンズの口径mm]}$$

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

43

第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

2. くわしく見せる (分解能)



第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

3. 明るく見せる (集光力と光度)



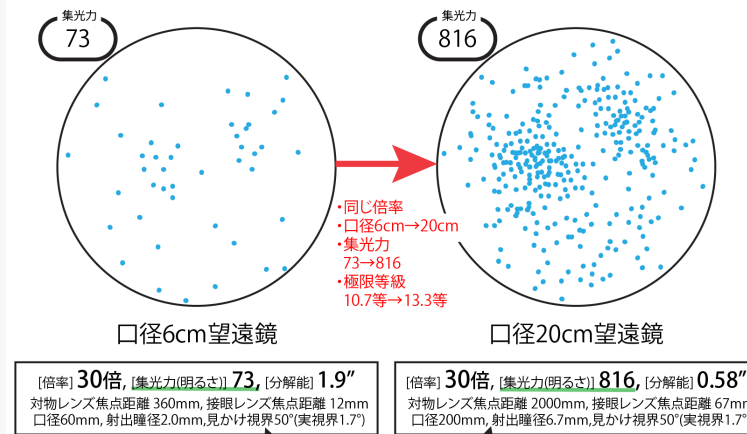
点光源 (の集合)

面光源

第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

3. 明るく見せる (集光力と光明度)

★点光源(恒星,散開星団など)の場合 (集光力)



第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

3. 明るく見せる (集光力と光明度)

点光源天体は、倍率によって明るさが変わらない
→ 口径のみに依存して、集光力(極限等級)
が決まる。

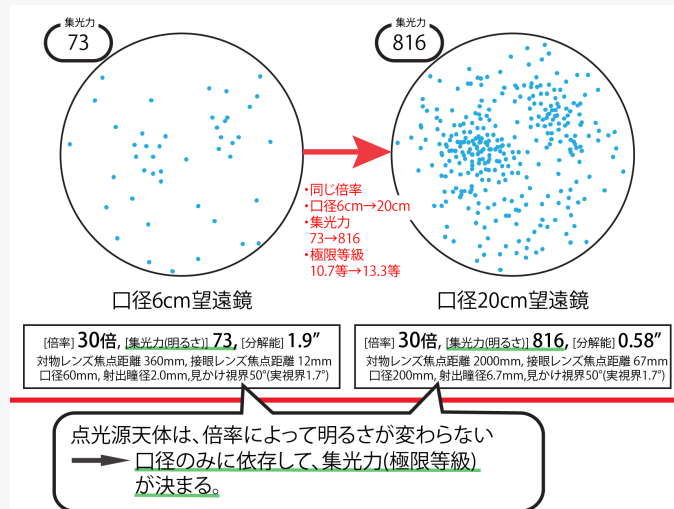
第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

3. 明るく見せる (集光力と光明度)

集光力 = (口径)² ÷ (暗所での人の瞳径)²

暗所での人の瞳径 = 7.0mm とすると...

集光力 = (口径(mm))² ÷ 49



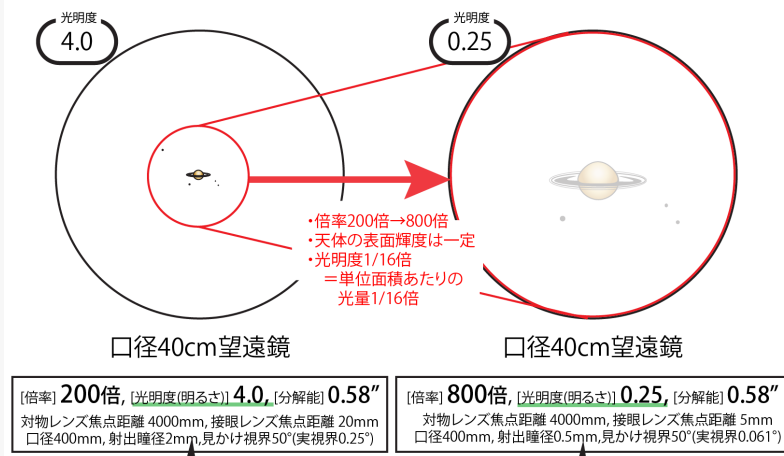
日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

48

第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

3. 明るく見せる (集光力と光明度)

★面光源(月面, 惑星面, 星雲など)の場合 (表面輝度と光明度)



日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

49

第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

3. 明るく見せる (集光力と光明度)

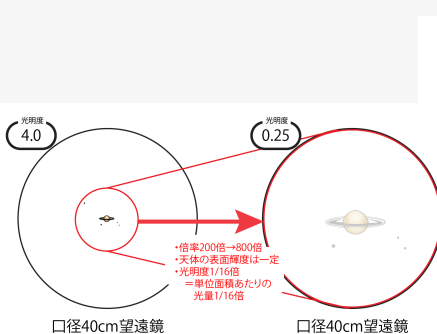
- ある表面輝度の面光源天体の見た目の明るさは、
観察した時の光明度に比例する
- ある光明度で観察したとき、
表面輝度の小さい面光源天体ほど明るく見える

$$[\text{表面輝度}] = [\text{全等級}] + \log_{10}[\text{天体の広がる面積(平方秒(1'' \times 1''))}]$$

$$[\text{光明度}] = [\text{射出瞳径}]^2$$

第1世代 1. 機材操作技術 (光学)

3. 明るく見せる (集光力と光明度)



$$\text{光明度} = (2.0)^2 = 4$$

$$\text{表面輝度} = 2.94$$

$$\text{光明度} = (0.5)^2 = 0.25$$

$$\text{表面輝度} = 2.94$$

- ある表面輝度の面光源天体の見た目の明るさは、
観察した時の光明度に比例する
- ある光明度で観察したとき、
表面輝度の小さい面光源天体ほど明るく見える

$$[\text{表面輝度}] = [\text{全等級}] + \log_{10}[\text{天体の広がる面積(平方秒(1'' \times 1''))}]$$

$$[\text{光明度}] = [\text{射出瞳径}]^2$$

望遠鏡の3つの能力

I. 大きく見せる (倍率)

[倍率] = [対物レンズ焦点距離(mm)] ÷ [接眼レンズ焦点距離(mm)]
= [見かけ視界(°)] ÷ [実視界(°)]
= [対物レンズの口径(=入射瞳径)(mm)] ÷ [射出瞳径(mm)]

II. くわしく見せる (分解能)

対物レンズの分解能

[ドーズ分解能] = $116'' \div [\text{対物レンズの口径mm}]$

III. 明るく見せる (集光力と光光度)

★点光源(恒星, 散開星団など)の場合 (集光力)

点光源天体は、倍率によって明るさが変わらない

→ 口径のみに依存して、集光力(極限等級)が決まる。

暗所での人の瞳径=7.0mmとすると...

[集光力] = $(\text{口径(mm)})^2 \div 49$

★面光源(月面, 惑星面, 星雲など)の場合 (表面輝度と光光度)

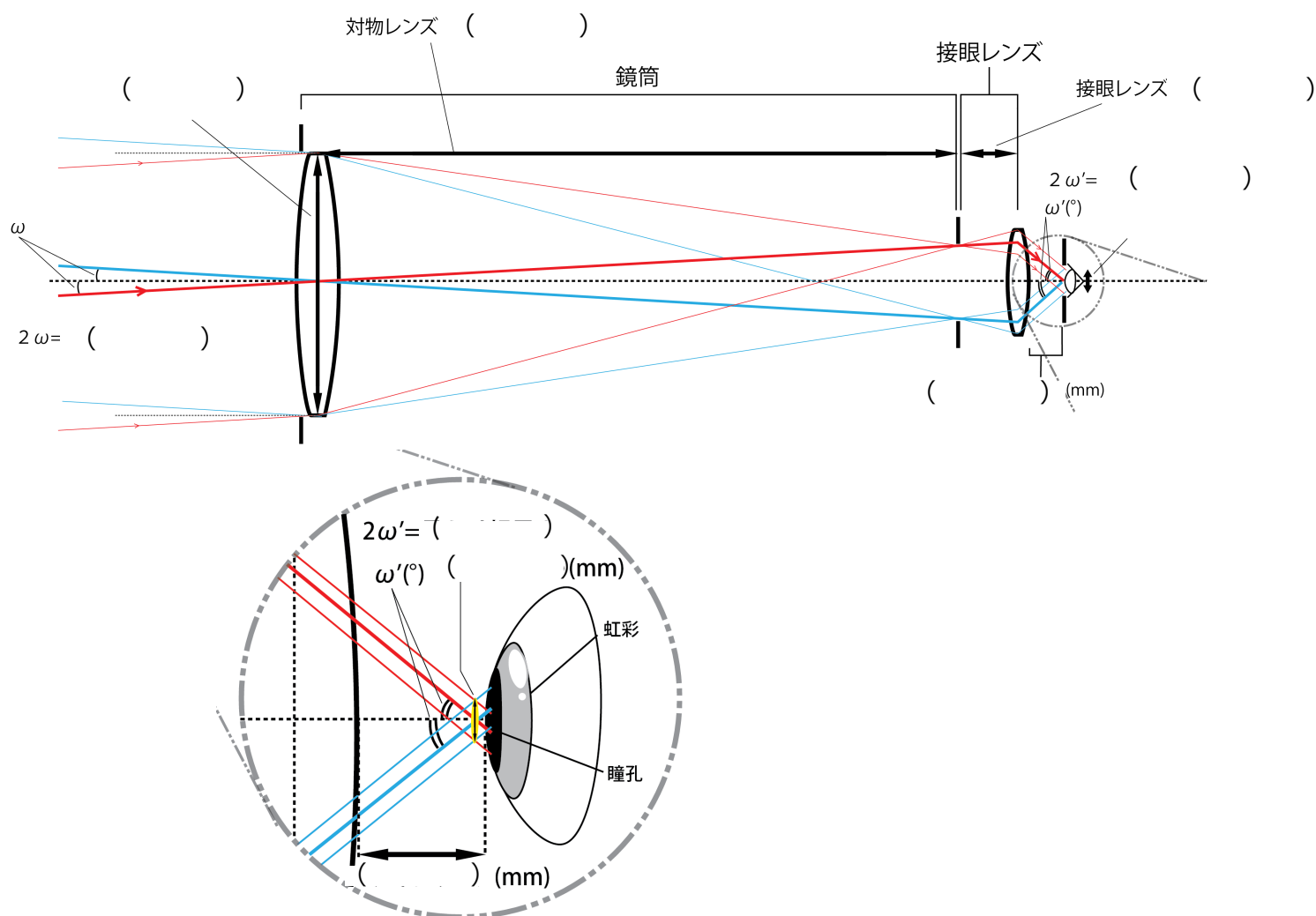
・ある表面輝度の面光源天体の見た目の明るさは、
観察した時の光光度に比例する

・ある光光度で観察したとき、
表面輝度の小さい面光源天体ほど明るく見える

[表面輝度] = [全等級] + $\log_{10}[\text{天体の広がる面積(平方秒(1'' \times 1''))}]$

[光光度] = [射出瞳径]²

Q1. 以下の図の空欄を埋めなさい



Q2. 望遠鏡AおよびBにおける、各種数値を計算し、単位を付けて示しなさい。倍率・集光力・口径は整数で、光明度、分解能は必要ならば小数第三位を四捨五入して答えなさい。必要なら電卓を用いてもよい。また、暗所での人の瞳径は7.0mmとする。

【望遠鏡A】

対物レンズ焦点距離 $L=360\text{mm}$, 接眼レンズ焦点距離 $l=40\text{mm}$,
口径 $D=60\text{mm}$, 射出瞳径 $\rho=6.7\text{mm}$

倍率 = () 光明度 = () 分解能 = ()
集光力 = ()

【望遠鏡B】

見かけ視界 $2\omega'=50^\circ$, 実視界 $2\omega=0.063^\circ$, 射出瞳径 $\rho=0.50\text{mm}$

倍率 = () 光明度 = () 口径 = ()
分解能 = ()

Q3. 以下の特徴を持った天体A, B, C, Dを観察するとき、一般の観望会参加者にとって、もっともふさわしい望遠鏡(接眼レンズ装着済)をア～ウの中からひとつ選べ。また選んだ理由を答えなさい。

必要であれば、 $1^{\circ}=60'=3600''$ 、暗所での人の瞳径=7.0mm、電卓を用いてもよい。

天体A：（面光源、表面輝度=2.94、視直径=44''）

天体B：（面光源、表面輝度=-6.27、視直径=31'）

天体C：（点光源の集合体、明るさ=5.4～8.1等級、視直径=120''）

天体D：（面光源、表面輝度=9.12、視直径=21''）

望遠鏡(ア)：口径40cm, 光明度0.16, 見かけ視界=50°

望遠鏡(イ)：口径80cm, 光明度4.0, 見かけ視界=50°

望遠鏡(ウ)：口径20cm, 光明度45, 見かけ視界=50°

>> 模範解答

Q1：割愛

Q2：

【望遠鏡A】

対物レンズ焦点距離 $L=360\text{mm}$, 接眼レンズ焦点距離 $l=40\text{mm}$,
口径 $D=60\text{mm}$, 射出瞳径 $\rho=6.7\text{mm}$

$$\therefore \text{倍率} = L \div l = 360 \div 40 = 9.0 \text{ 倍}$$

$$\therefore \text{光明度} = (\rho)^2 = (6.7)^2 = 44.89 \approx 45$$

$$\therefore \text{分解能} = 116'' \div D = 116 \div 60 = 1.93\cdots \approx 1.9''$$

$$\therefore \text{集光力} = (D)^2 \div (\text{暗所での人の瞳径})^2 = (60)^2 \div (7.0)^2 = 73.46\cdots \approx 74$$

【望遠鏡B】

見かけ視界 $2\omega'=50^\circ$, 実視界 $2\omega=0.063^\circ$, 射出瞳径 $\rho=0.50\text{mm}$

$$\text{倍率} = \text{見かけ視界} \div \text{実視界} \text{ より、} \therefore \text{倍率} = 2\omega' \div 2\omega = 50 \div 0.063 = 793.65\ldots \approx 790 \text{ 倍}$$

$$\text{射出瞳径 } \rho=0.5 \text{ より、} \therefore \text{光明度} = (\rho)^2 = 0.25$$

$$\text{倍率} = \text{対物レンズの口径} \div \text{射出瞳径} \text{ より、対物レンズの口径} = \text{倍率} \times \text{射出瞳径}$$

$$\therefore \text{口径} = 50 \div 0.063 \times 0.5 = 396.8 \approx 400\text{mm}$$

$$\therefore \text{分解能} = 116'' \div \text{口径} = 116 \div 396.8 = 0.292\cdots \approx 0.29''$$

Q3：

候補天体の正体は、以下の通り

天体A=輪を含む土星（衝の時）

（面光源、表面輝度=2.94、視直径=44''）

天体B=満月の頃の月面全体

（面光源、表面輝度=-6.27, 視直径=31'）

天体C=M42中心部、トラペジウム付近

（点光源の集合体、明るさ=5.4～8.1等級、視直径=120"）

天体D=M81(系外銀河)

（面光源、表面輝度=9.12、視直径=21"）

また、それぞれの望遠鏡の特徴を明らかにすると、

A：口径40cm, 光明度0.16, 見かけ視界=50°

光明度 0.16より、

- ・ 射出瞳径=(光明度)^(1/2) = 0.4 mm
- ・ 倍率=対物レンズの口径÷射出瞳径より、
=400÷0.4=1,000倍

倍率=見かけ視界÷実視界より、

- ・ 実視界=見かけ視界÷倍率=50÷1000 = 0.05° = 0.05 x 3600" = 180"
- ・ 分解能=116"÷400= 0.29"
- ・ 集光力=(400)²÷(暗所での人の瞳径=7.0)² = 3265.3... = 3,300

口径が大きい（＝分解能、集光力ともに比較的高い）が、口径に対して少々無理をする程度に倍率を高くするアイピースを装着した望遠鏡。

一般的に、惑星や惑星状星雲など、特殊な天体用に特化した設定。

光明度が小さいので、面光源の暗い天体には不向き。また射出瞳径が7mmよりもかなり小さいため、比較的にぞきにいく。暗い天体をのぞくときは、観察者が天体を見つけるのに苦勞するかもしれない。

同様に、

イ：口径80cm, 光明度4.0, 見かけ視界=50°

- ・ 射出瞳径=2.0 mm
- ・ 倍率=400倍
- ・ 実視界=450" (=7.5')
- ・ 分解能=0.145"
- ・ 集光力=13,000

天文台クラスの超大口径（＝分解能、集光力ともに非常に高い）に、口径に対して無理をしない倍率に抑えたアイピースを装着した望遠鏡。

光明度も比較的高く（＝射出瞳径もそこそこで、）観察者に優しいバランスのよい設定といえる。

ウ：口径20cm, 光明度45, 見かけ視界=50°

- ・ 射出瞳径 $\approx 6.7 \text{ mm}$
- ・ 倍率 ≈ 30 倍
- ・ 実視界 $= 6000'' = 100'$
- ・ 分解能 $\approx 0.58''$
- ・ 集光力 ≈ 816

大口径天体双眼鏡のスペック。倍率こそ低いが、射出瞳径が7mmに近くとてもものぞきやすい。光明度も非常に大きいため、淡い天体にもじゅうぶん対応できる。

以上をふまえて、天体ごとに最適な望遠鏡を選ぶ。

天体A=輪を含む土星（衝の時）
（面光源、表面輝度=2.94、視直径=44''）

表面輝度がじゅうぶん小さく（＝明るい）、視直径が小さいので、(ア)が最適である。

天体B=満月の頃の月面全体
（面光源、表面輝度=-6.27, 視直径=31'）

視直径が大きいので、(ウ)が最適である。

天体C=M42中心部、トラペジウム付近
（点光源の集合体、明るさ=5.4～8.1等級、視直径=120''）

視直径が小さい点光源の集合体で、(ア)、(イ)で迷う。

しかし(ア)は惑星などの十分明るい小さな面光源に対して特化しすぎた設定のため、比較的に(イ)の方が観察者にとって、もっとものぞきやすく観察しやすいといえる。

天体D=M81(系外銀河)
（面光源、表面輝度=9.12、視直径=21''）

視直径が小さく、表面輝度がかなり大きい(＝暗い)ので、(イ)が最適である。

技術的ノウハウ 例 (2016.01 ver.)

南阿蘇ルナ天文台

対象天体		形(輪郭)	大きさ(視野角・視直径)	明るさ	色	模様や構造	動き(自転や公転)
天体名		物理的性質	推奨光学系	推奨光学系	推奨光学系	推奨光学系	推奨光学系
アルクトゥールス(恒星)		・点光源 ・-0.04等			裸眼観察～	裸眼観察～	
土星(衝のとき)(惑星)		・面光源 ・表面輝度 2.94 ・輪+本体のみの視直径 44″x20″ ・本体のみの視直径 20″x18″ ・白斑や環の空隙は1″程度	本体+輪の楕円形は20倍以上、本体と輪の分離は100倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい	全体(本体+輪)は20倍以上、本体と輪の分離は100倍以上が望ましい	裸眼観察～	倍率200倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい	【輪の傾き】 本体と輪の分離は100倍以上が望ましい
プレセペ星団 (散開星団)		・点光源 ・3.3等-14.4等の恒星で構成 ・視直径90′	口径10cm以下、倍率15倍以下が望ましい 比較的低倍率の双眼鏡が望ましい		裸眼観察～	倍率7倍以上	口径10cm以下、倍率15倍以下が望ましい 比較的低倍率の双眼鏡が望ましい
M13(球状星団)		恒星が分離できない場合 ・面光源 ・表面輝度 8.3 ・視直径 20′ 恒星がじゅうぶん分離できる場合 ・点光源 ・11等以下の恒星で構成 ・視直径 20′	口径20cm以上、倍率40倍以上が望ましい	口径8cm以上、倍率20倍以上が望ましい	口径8cm以上、倍率20倍以上(=光明度16以下)が望ましい	口径20cm以上、倍率150倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい。	口径20cm以上、倍150倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい。
M42(散光星雲)	星雲全体	・面光源 ・表面輝度11.0 *注 ・視直径 65′x60′ *注 明るさのムラが大きいため、中心部はより明るく見える	口径10cm以上、倍率15倍以上が望ましい	口径10cm以上、倍率15倍以上が望ましい	口径10cm以上、倍率15倍以上が望ましい	口径10cm以上、倍率15倍以上が望ましい	口径10cm以上、倍率15倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい。
	トラペジウム付近	・点光源(星雲は面光源) ・5.4等-8.1等 ・視直径20″ (恒星間最小角距離8.7″)	口径20cm以上、倍率150倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい。	口径20cm以上、倍率150倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい。	口径20cm以上、倍率150倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい。	口径20cm以上、倍率150倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい。	口径20cm以上、倍率150倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい。
M81(系外銀河)		・面光源 ・表面輝度 9.12 ・視直径 21″x10″	口径10cm以上、倍率20倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい	口径10cm以上、倍率20倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい	口径10cm以上、倍率20倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい	口径10cm以上、倍率20倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい	口径20cm以上、倍率200倍以上、光明度1.0以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい
月	全体	・面光源 ・表面輝度 -6.27 ・視直径 31′x31′	裸眼観察～100倍程度が望ましい	裸眼観察～100倍程度が望ましい	裸眼観察～100倍程度が望ましい	裸眼観察～100倍程度が望ましい	裸眼観察～100倍程度が望ましい
	ティコクレーター周辺	・面光源 ・表面輝度 -6.27 ・視直径 40″程度	口径20cm以上、倍率200倍以上が望ましい	口径20cm以上、倍率200倍以上が望ましい	口径20cm以上、倍率200倍以上が望ましい	口径20cm以上、倍率200倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい	【満ち欠けの経過】 口径20cm以上、倍率200倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい

リフレクションカード

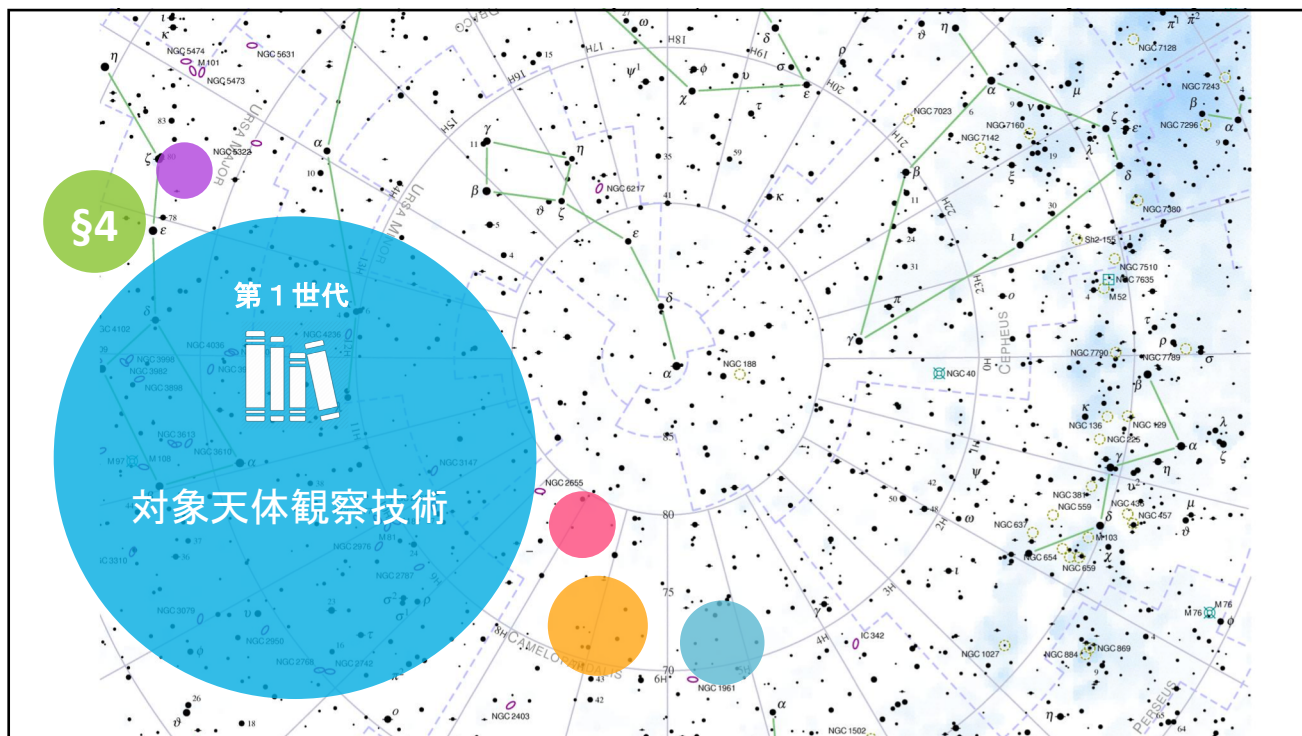
日本公開天文台協会 公開プログラムWG 第7回JAPOS全国研修会

セッション (○を付ける) : §3, §4, §5 氏名 :

A. 学習態度目標（しゃべる、質問する、説明する、動く、チームで協力する、チームに貢献する、全員で100点を取る）に沿って活動できましたか？それによって気づいたことは何ですか？

B. 学習内容についてわかったこと、わからなかったことは何ですか？

C. その他、意見、要望など



研修中の 6つのOK!



しゃべる



質問する



説明する



動く



チームで協力する



チームに貢献する

研修の 進め方



(1. 解説 15分

(2. グループワーク 40分

(3. 振り返り 10分

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

55

第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

木星を観察する



日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

56

第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

観察対象1. 木星

技術的ノウハウ

倍率 171倍
光明度 (明るさ) 0.77
分解能 0.77" (理論値)

口径15cm 屈折望遠鏡
焦点距離 1200mm(f8)

焦点距離 7mm 接眼レンズ
射出瞳径 0.88mm 見かけ視界65°

推奨性能

倍率 150倍
以上
分解能 1.0" 以上
明るさ 明るすぎず、
コントラストが
損なわれない
明るさ

観察体験

木星の大きさ

視直径 46.2' 表面輝度 0.36
倍率30倍以上 適切な明るさ

木星の模様や構造

しま模様や構造の大きさは 1"以下
口径15cm以上 (分解能1.0"以上)

木星の形

視直径 46.2' 表面輝度 0.36
倍率30倍以上 適切な明るさ

学問的知識

木星の赤道面での直径など
赤道面で約143,000km, ほか

大赤斑や大気循環など
大赤斑や白斑の成因, ほか

自転やガス惑星の特徴など
自転周期9時間55分, ほか

第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

観察対象1. 木星

観察体験

推奨性能

倍率 150倍
以上
分解能 1.0" 以上
明るさ 明るすぎず、
コントラストが
損なわれない
明るさ

木星の大きさ

視直径 46.2' 表面輝度 0.36
倍率30倍以上 適切な明るさ

木星の模様や構造

しま模様や構造の大きさは 1"以下
口径15cm以上 (分解能1.0"以上)

木星の形

視直径 46.2' 表面輝度 0.36
倍率30倍以上 適切な明るさ

第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

観察対象1. 木星

技術的ノウハウ

倍率 171倍
 光明度 (明るさ) 0.77
 分解能 0.77" (理論値)
 口径15cm 屈折望遠鏡
 焦点距離1200mm(f8)
 焦点距離 7mm 接眼レンズ
 射出瞳径 0.88mm 見かけ視界65°

推奨性能

倍率 150倍 以上
 分解能 1.0" 以上
 明るさ 明るすぎず、コントラストが損なわれない明るさ

観察体験

木星の大きさ
 視直径 46.2' 表面輝度 0.36
 倍率30倍以上 適切な明るさ

木星の模様や構造
 しま模様や構造の大きさは 1"以下
 口径15cm以上(分解能1.0"以上)

木星の形
 視直径 46.2' 表面輝度 0.36
 倍率30倍以上 適切な明るさ

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
 公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

59

第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

観察対象1. 木星

観察体験

木星の大きさ
 視直径 46.2' 表面輝度 0.36
 倍率30倍以上 適切な明るさ

木星の模様や構造
 しま模様や構造の大きさは 1"以下
 口径15cm以上(分解能1.0"以上)

木星の形
 視直径 46.2' 表面輝度 0.36
 倍率30倍以上 適切な明るさ

学問的知識

木星の赤道面での直径など
 赤道面で約143,000km, ほか

大赤斑や大気循環など
 大赤斑や白斑の成因, ほか

自転やガス惑星の特徴など
 自転周期9時間55分, ほか

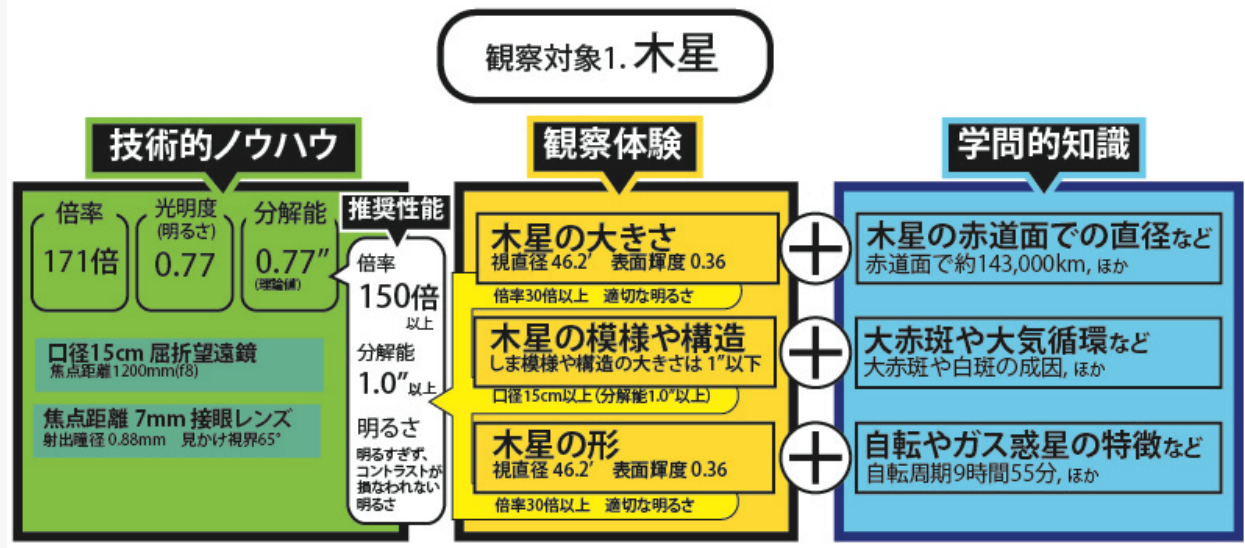
推奨性能

倍率 150倍 以上
 分解能 1.0" 以上
 明るさ 明るすぎず、コントラストが損なわれない明るさ

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
 公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

60

第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)



第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

【ある天体について...】

(2).実際に
必要な
道具まとめ

(1).可能な
観察体験
まとめ

(3).必要になる
知識まとめ

第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

【ある天体について...】

(2).実際に
必要な
道具まとめ

Ⅱ. 技術的ノウハウ
要素表

(1).可能な
観察体験
まとめ

Ⅰ. 観察体験
要素表

(3).必要になる
知識まとめ

Ⅲ. 学問的知識
要素表

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

63

第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

Ⅰ. 観察体験要素表 = 目で見てわかること

天体の種類	天体名	【1】 形	【2】 大きさ	【3】 光 (明るさ/光の質/色)	【4】 模様や構造 アステリズム	【5】 自転や公転、位置	【6】 環・衛星 その他
惑星状 星雲	M57						
	初級 (ばって見てわかる) 【前操作期(主に幼児)】	まるい	小さい	ぼんやりしている	ぼんやりした光のかたまり	ベガの側にある	
	中級 (よく見てわかる) 【具体的操作期(主に小学生)】	リングがわかる	小さいが、恒星と違ってちゃんと面積(大きさ)がある	リングの部分と中央部で明るさに差がある	リング構造をしている	こと座δ星、γ星を結んだ中央付近にある	
	上級 (何度も見たり 比較したりしてわかる) 【形式的操作期(主に中高生以上)】	形はやや楕円であり、リングや内部の濃淡がわかる			ガスのうねりや、中心星が見える		

形 大きさ 光 模様や構造 自転や公転 環や衛星
 明るさ/ アステリズム 位置 その他
 光の質/色

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

64

第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

Ⅱ. 技術的ノウハウ要素表＝体験に必要な光学性能

対象天体	
天体名	物理的性質
土星(衝のとき)(惑星)	・面光源 ・表面輝度 2.94 ・輪+本体のみの視直径 44"×20", 本体のみの視直径 20"×18" ・白斑や環の空隙は1"程度

第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

Ⅱ. 技術的ノウハウ要素表＝体験に必要な光学性能

対象天体	
天体名	物理的性質
土星(衝のとき)(惑星)	・面光源 ・表面輝度 2.94 ・輪+本体のみの視直径 44"×20", 本体のみの視直径 20"×18" ・白斑や環の空隙は1"程度

形(輪郭)	大きさ(視野角・視直径)	明るさ	色	模様や構造	動き(自転や公転)
推奨光学系	推奨光学系	推奨光学系	推奨光学系	推奨光学系	推奨光学系
本体+輪の楕円形は20倍以上、本体と輪の分離は100倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい	全体(本体+輪)は20倍以上、本体と輪の分離は100倍以上が望ましい	裸眼観察～	倍率200倍以上が望ましい	口径15cm以上、倍率200倍以上が望ましい 比較的高倍率が望ましい	【輪の傾き】 本体と輪の分離は100倍以上が望ましい

第1世代 2 対象天体観察技術（天文知識と観察体験）

Ⅲ. 学問的知識要素表＝網羅的な専門情報

天体の種類	天体名
惑星	土星

カテゴリ					
【1】 形	【2】 大きさ	【3】 光 (明るさ/光の質/色)	【4】 模様や構造 アステリズム	【5】 自転や公転(位置)	【6】 環・衛星 その他
10%程度(6,000km)膨らんだ楕円球。天体は重力の中心方向に均一化して球になる。重力と自転による遠心力が働いている	赤道直径60,268km。地球比較で質量95倍、体積318倍、環を含んだ視直径35～40秒。環は土星中心から6,630kmから120,700kmの間に広がる。厚さは最厚部でさえ20m程度と、広がりに対してきわめて薄い。	光度-1等級から0等級、アルベド(反射能)0.47、輝度、面・点光源、直接光・反射光、発光体、太陽の光を反射して輝く	水素93%、ヘリウム5%、ほかアンモニア、アセチレン、エタン、プロパン、リン化水素、メタンなどを大気を含む。木星と比較すると、表面現象を地上から光学的に捉えるのは、ごく稀な明確な白斑などをのぞいて、一般的に難しい。	公転周期29.5年、自転周期10時間3分(赤道、極は20分ほど早い)、ただし模様は明瞭でないため、自転を光学的に確かめるのは難しい。地球から位置を観察すると、逆行、留、衝が毎年観察される。	環は90%を氷が占め、シリカや酸化鉄などが含まれている。環には6つの間隙が見つかり、羊飼い衛星が関係する。環の形成は数億年と見積もられており、土星の誕生と直接の関係はない。現在60個あまりの衛星が発見されている。太陽系第二の大きさの衛星、タイタンが明るく観察しやすい。

第1世代 2 対象天体観察技術（天文知識と観察体験）



第1世代 2 対象天体観察技術 (天文知識と観察体験)

【ある天体について...】

適切な選択

(2).実際に
必要な
道具まとめ

Ⅱ. 技術的ノウハウ
要素表

(1).可能な
観察体験
まとめ

Ⅰ. 観察体験
要素表

(3).必要になる
知識まとめ

Ⅲ. 学問的知識
要素表

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

69



第2世代 —解説的教育型—

理論と実践：
サイエンスコミュニケーターとしての天文台解説員



日本公開天文台協会(JAPOS)

第7回全国研修会

2019.1.28 - 30. 国立科学博物館, ギャラクシティ



§5

第2世代



観察プログラム
企画技術



研修中の 6つのOK!



しゃべる



質問する



説明する



動く



チームで協力する



チームに貢献する

研修の 進め方



(1. 解説 15分

(2. グループワーク 40分

(3. 振り返り 10分

75

第2世代 1-観察会プログラム

プログラム構築の4ステップ

1. 前提条件

いつ? 誰に? どこで? どんな気象条件や観測条件で?

2. 原則・ミッション

なんのために?

3. テーマと成果目標

どんなテーマで?

テーマに対応するどんな成果目標を掲げて?

4. 観察対象とストーリー

どんな天体をどのように解説する?

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

76

第2世代 1-観察会プログラム

1. 前提条件

いつ? 誰に? どこで? どんな気象条件や観測条件で?

前提条件

【場所】南阿蘇ルナ天文台 【時間】20:30 - 21:30 (60分間)
【人数】9名(中学生以上 6名, 小学生 2名, 幼児以下 1名)
【天候】快晴 【雲量】0 【気温】-2℃ 【風向】- 【風速】-
【月齢】24 【天文現象】- 【特記事項】-

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

77

第2世代 1-観察会プログラム

2. 原則・ミッション

なんのために？

原則
ミッション

= 対象者(=前提条件)
によって異なる

第2世代 1-観察会プログラム

2. 原則・ミッション

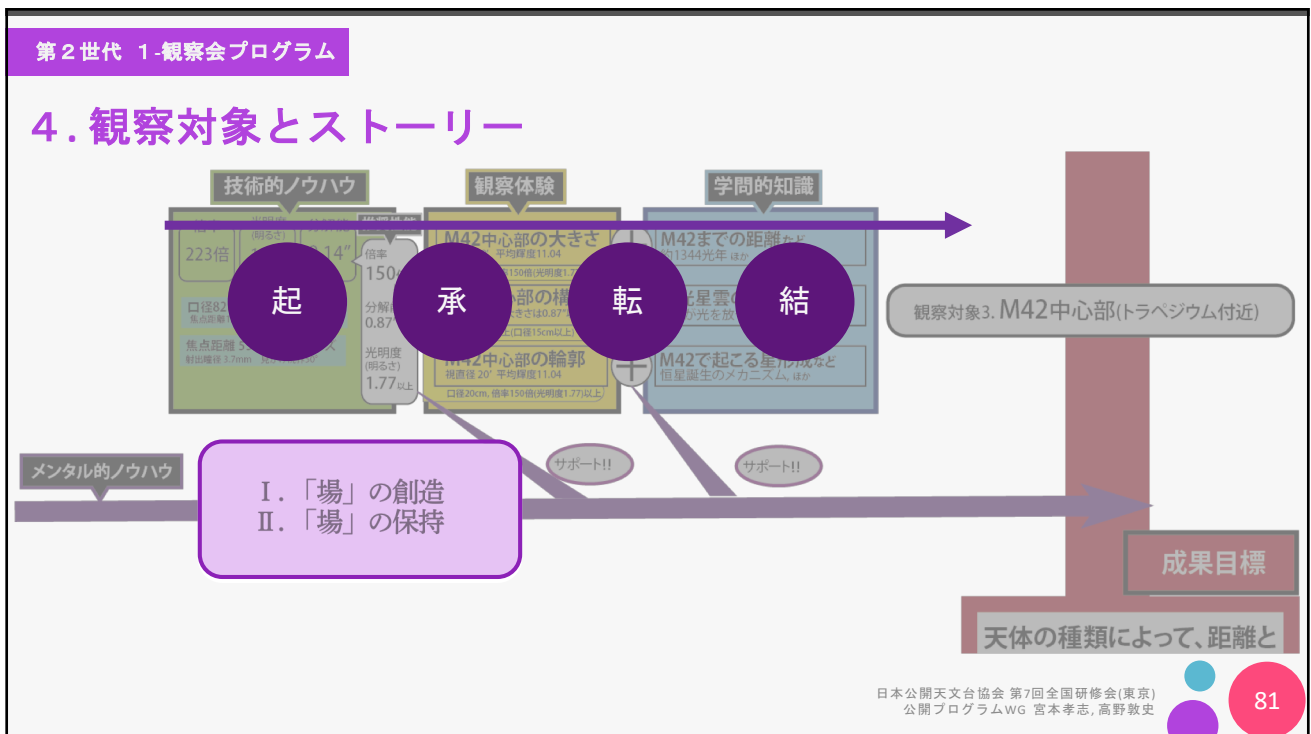
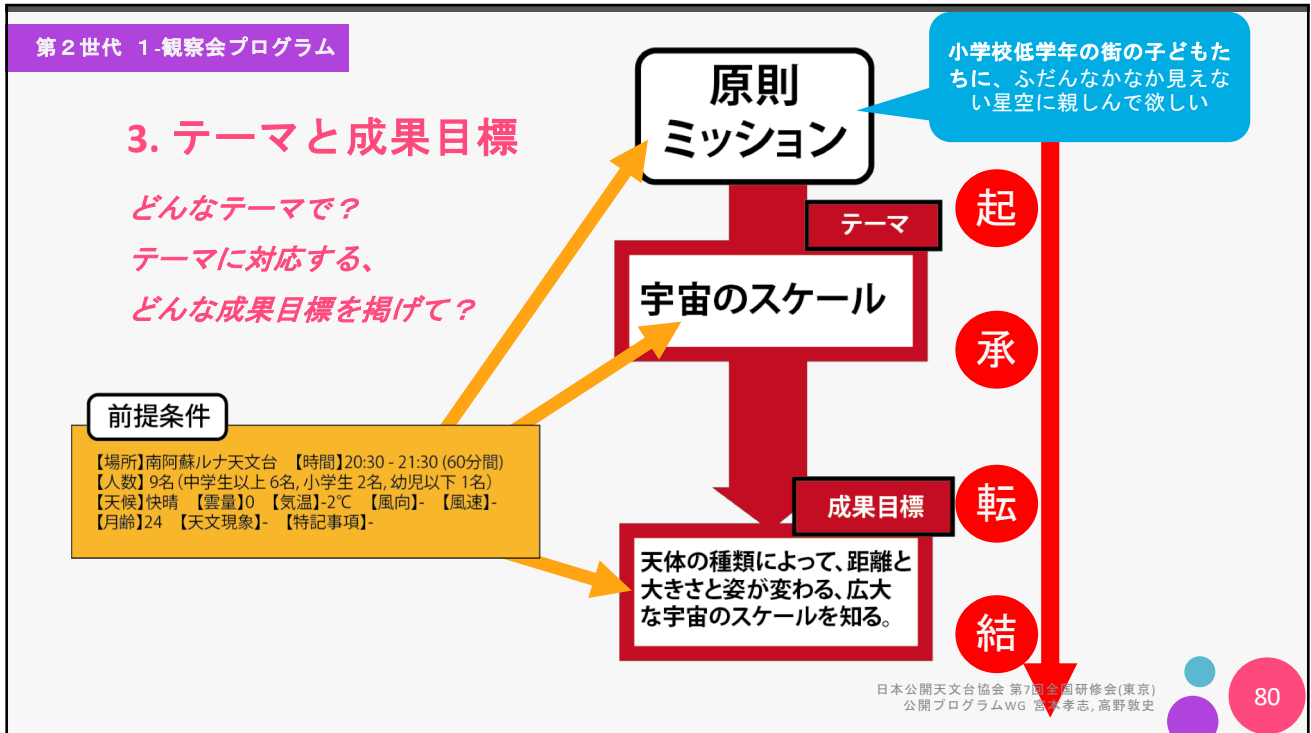
なんのために？

原則
ミッション

小学校低学年の街の子どもたちに、
ふだんなかなか見えない星空に
親しんで欲しい

カップルさんに、ロマンチックな
星空の世界を楽しんで欲しい

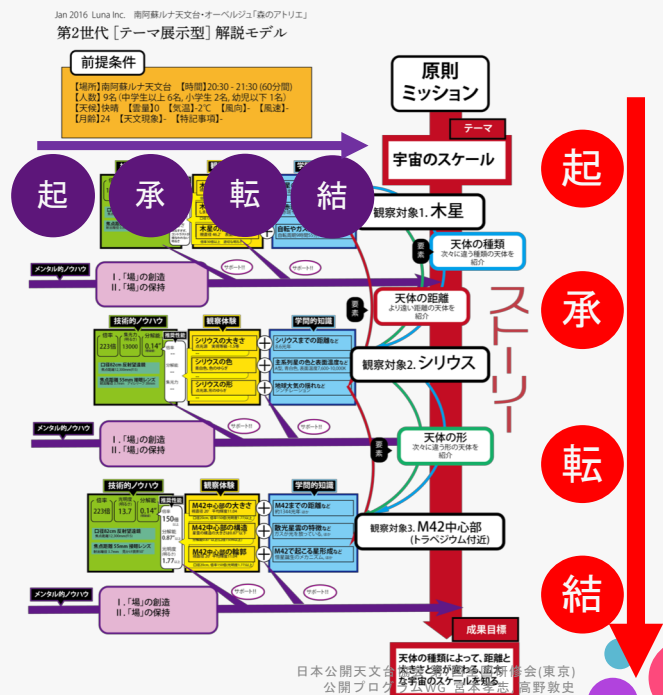
TV番組で宇宙に興味を持った
ご年配の夫婦に、
本物の宇宙の姿を知って欲しい



第2世代 1-観察会プログラム

4. 観察対象とストーリー

どんな天体をどのように
解説する？



82

第2世代 1-観察会プログラム

プログラム構築の4ステップ

1. 前提条件

いつ？ 誰に？ どこで？ どんな気象条件や観測条件で？

2. 原則・ミッション

なんのために？

3. テーマと成果目標

どんなテーマで？

テーマに対応するどんな成果目標を掲げ
て？

4. 観察対象とストーリー

どんな天体をどのように
解説する？

83

Q1. 次の個別の観察体験（ア）～（ケ）を、表の中の適切な項目に分類しなさい。

- （ア）茶色っぽく見える
- （イ）丸い
- （ウ）他の惑星と比べると比較的大きく見える
- （エ）明るい
- （オ）衛星がわかる
- （カ）楕円形の形
- （キ）環に濃淡がある
- （ク）恒星と違ってまたたかない
- （ケ）どの星座の中にあるかわかる

観察対象：土星	
1. 形	
2. 大きさ	
3. 光（明るさ, 光の質, 色）	
4. 模様や構造、アステリズム	
5. 自転や公転（位置）	
6. 環・衛星、その他	

Q2. ある児童館で次のような観察会を企画することにした。情報を整理し、下表の(1), (3), (4)にまとめなさい。

2019年の夏の夕べ、夜空に木星、土星、そしてさそり座の1等星アンタレスが美しく輝いています。望遠鏡を使って、子どもたちに木星と土星の形の違いや、色や光り方、模様、衛星や環の有無を観察します。、またアンタレスと比較することで惑星と恒星の違いを体験してもらい、太陽系のガス惑星への理解や恒星と惑星の違いを学んでいきましょう。観察は太陽系の内側の惑星からはじめて、最後にアンタレスへと進めていきます。

- ・実施日：2019年8月1日 20:00～21:00
- ・場所：児童館前の芝生広場
- ・使用機材：口径20cm天体望遠鏡（200倍になる接眼レンズ）
- ・対象：幼児～小学生連れの親子10組（20～30名程度）

1. 前提条件	
2. 原則・ミッション	子どもたちに太陽系の惑星観察を楽しんでもらい、個々の惑星や太陽系のなりたちに興味を持ってもらう。
3. テーマと成果目標	(テーマ) (成果目標)
4. 対象天体と見せ方	対象1. 対象2. 対象3.

Q3. 次の観察体験(A), (B), (C), に対して、一般の観察者にとってもっとも適切な望遠鏡(アイピース装着済)を技術的ノウハウ要素表から一つずつ選びなさい。また、それぞれの観察体験に対して、もっとも適切な学問的知識を要素表から一つずつ選びなさい。

なお、観察場所の空は十分暗く、天の川もはっきり確認できる環境であるとする。必要であれば、 $1^{\circ}=60'=3600''$ を用いてもよい。

(A). アルビレオ (二重星, 点光源, 3.1等級と5.2等級のペア) の光の観察「比較的明るい橙色の星と、比較的暗い青色の2つの恒星が見える」

- ・ 技術的ノウハウ ()
- ・ 学問的知識 ()

(B). 天の川(面光源)の構造の観察「暗黒帯は、恒星の光を遮るガスの存在であることがわかる」

- ・ 技術的ノウハウ ()
- ・ 学問的知識 ()

(C). M57(リング星雲, 惑星状星雲, 面光源9.5等級(仮))の形の観察「形はやや楕円であり、リングや内部の濃淡がわかる」

- ・ 技術的ノウハウ ()
- ・ 学問的知識 ()

【技術的ノウハウ要素表】

- (イ). 口径40cm, 光明度4.0(射出瞳径2.0mm), 見かけ視界 50°
- (ロ). 口径15cm, 光明度36(射出瞳径6.0mm), 見かけ視界 50°
- (ハ). 口径60cm, 光明度9.0(射出瞳径3.0mm), 見かけ視界 50°

【学問的知識要素表】

- (a). 暗黒物質は、銀河系内の物質とはほとんど作用しない
- (b). 観察される2つの星は、34.46秒離れている
- (c). 惑星状星雲が残したガスは、次世代の星の材料にもなる
- (d). 星雲に含まれる塵やガスは、背景の星や銀河などの光を吸収する
- (e). 恒星の色は、主に表面温度によって決まる
- (f). 赤色巨星となった際に放出したガスが光っている

Q4. 太陽系探偵事務所の名探偵であるあなたのもとに、突然こんな依頼が舞い込んだ！

『本日(2019年1月28日)夕刻、太陽系の惑星Xの衛星軌道で殺人事件が起きた！画像は被害者がダークネットを通して送ってきた、犯行直前に撮影された木星方向の星空の写真だ。残念ながら撮影された場所はわかっていない。

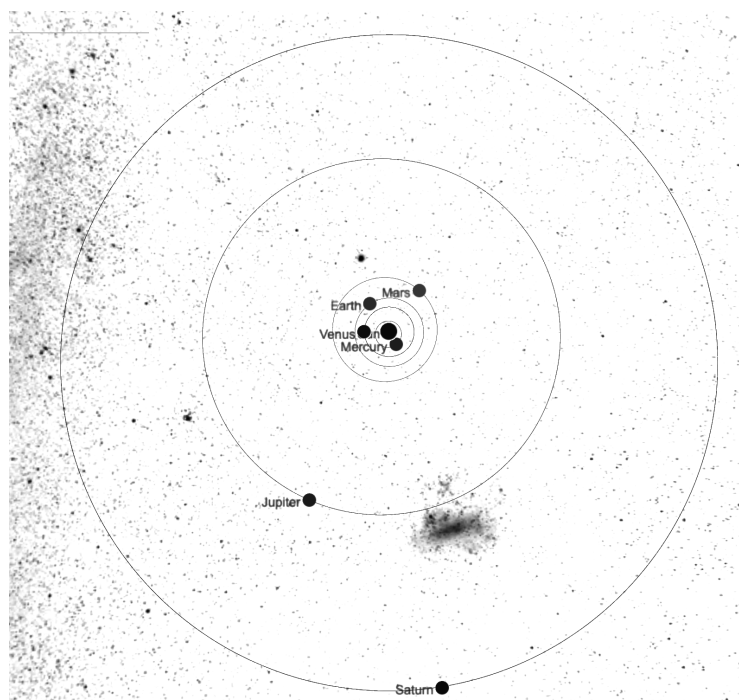
被害者のダイイングメッセージから、犯人は画像に写っている惑星Yから来て、恒星Zに逃走したようだ…！頼む、君の名推理で、犯人の足取りを明らかにしてくれ！！』

以下の情報も参考に、惑星X、惑星Y、1等星Zを明らかにしなさい。

なお、フルサイズセンサーは長方形であり、対角線の長さ=43.2mmである。また必要であれば、 $\tan \theta = 0.16$ のとき $\theta = 9.0$ (度)を用いてもよい。木星、惑星Y以外の惑星、1等星Z以外の1等星は写っていないものとする。

・画像のExif(撮影情報)：焦点距離135mm、フルサイズセンサーで撮影、ISO=12,800、 $f=2.8$ 、シャッタースピード 1秒、撮影日時 2019年1月28日 16:00(地球/日本標準時)

・犯行時刻の太陽系を北側から見たときの惑星位置



撮影された画像



>> 模範解答

Q1.

観察対象：土星	
1. 形	イ カ
2. 大きさ	ウ
3. 光（明るさ, 光の質, 色）	ア エ ク
4. 模様や構造、アステリズム	（キ）
5. 自転や公転（位置）	ケ
6. 環・衛星、その他	オ （キ）

※（キ）は、4, 6, どちらに分類しても正答とする。

Q2

回答例：

1. 前提条件	実施日：2019年8月1日 20:00～21:00 場所：児童館前の芝生広場 対象：幼児～小学生連れの親子10組（20～30名程度） 夜空に木星、土星、アンタレスがそろって輝いている。
2. 原則・ミッション	子どもたちに太陽系の惑星観察を楽しんでもらい、個々の惑星や太陽系のなりたちに興味を持ってもらう。
3. テーマと成果目標	（テーマ）木星・土星の観察と、恒星と惑星の見え方の違い （成果目標）惑星ごとの形の違いや、色や光り方、模様、衛星や環の有無を体験してもらう。また恒星と惑星の見え方の違いを体験する。
4. 対象天体と見せ方	口径20cm天体望遠鏡（200倍） 対象1. 木星（形、色や光り方、模様、衛星や環の有無） 対象2. 土星（形、色や光り方、模様、衛星や環の有無、大接近） 対象3. アンタレス（形、色や光り方）

Q3.

まず、望遠鏡の倍率を明らかにしてみる。

(イ). 口径40cm, 光明度4.0(射出瞳径2.0mm), 見かけ視界50°

倍率＝口径÷射出瞳径より、(イ)の倍率は200倍であることがわかる。

(ロ). 口径15cm, 光明度36(射出瞳径6.0mm), 見かけ視界50°

同様に、倍率は25倍であることがわかる。

(ハ). 口径60cm, 光明度9.0(射出瞳径3.0mm), 見かけ視界50°

同様に、倍率は200倍であることがわかる。

以上をふまえて、回答を進めていく。

(A). アルビレオ（二重星, 点光源, 3.1等級と5.2等級のペア）の光の観察「比較的明るい橙色の星と、比較的暗い青色の2つの恒星が見える」

- ・技術的ノウハウ（　ハ　）
- ・学問的知識（　e　）

点光源の明るい二重星なので、倍率が大きい望遠鏡が望ましい。

(イ)と(ハ)が該当するが、より光明度が大きい＝のぞきやすい(ハ)が最適である。

また、本問ではここまで議論する必要はないが、「（アルビレオの）2つの星は34.46秒離れている」（学問的知識要素表(b))に関して、(ハ)の分解能＝ $116'' \div 600 \div 0.19''$ 、実視界＝ $50 \div 200 = 0.25^\circ = 0.25 \times 60' = 15'$ より、(ハ)はアルビレオを観察するのに十分な性能である。

(A)は、**アルビレオの『光,=恒星の色』**についての観察である。よって、学問的知識は(e)が最適である。(b).はアルビレオの形や構造についての学問的知識)

(B). 天の川(面光源)の構造の観察「暗黒帯は、恒星の光を遮るガスの存在であることがわかる」

- ・技術的ノウハウ（　　口　　）
- ・学問的知識（　　d　　）

天の川は巨大な面光源なので、倍率が低く(=視野が広く)、光明度が大きな望遠鏡が望ましい。
よって(口)が最適である。

(B)は、**天の川の『構造＝暗黒帯』**についての観察である。よって学問的知識は(d)が最適である。
((a).は暗黒物質＝ダークマターに関する、本問とは全く関係ない学問的知識)

(C). M57(リング星雲, 惑星状星雲)の形の観察「形はやや楕円であり、リングや内部の濃淡がわかる」

- ・技術的ノウハウ（　　ハ　　）
- ・学問的知識（　　f　　）

典型的な惑星状星雲であるM57は、小さく明るい面光源なので、倍率が高く、光明度が大きな望遠鏡が望ましい。よって(ハ)が最適である。

(C)は、**M57の『形』**についての観察である。よって学問的知識は(f)が最適である。((c).は一般的な惑星状星雲のガスの性質に関するもので、M57の『形』に関する最適な学問的知識ではない)

Q4.

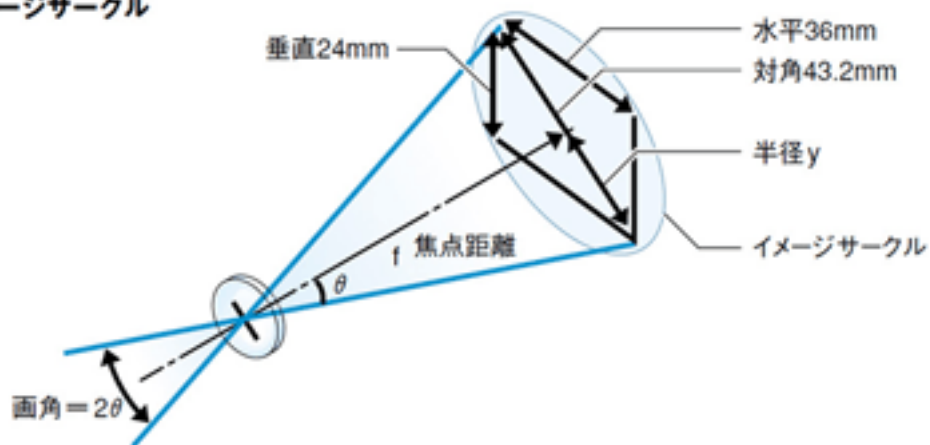
まず、撮影画像から、木星M、太陽S、観察者のいる惑星Xにおける角SXMの角度を求める。

Exif（撮影情報）に保存されているメタデータより、フルサイズセンサーと135mmのレンズで撮影されたことがわかる。

画像の画角を 2θ とすると、

$$\tan \theta = \{(\text{フルサイズセンサーの対角線の長さ}) \times 1/2\} \div (\text{レンズの焦点距離})$$

このような関係がなりたつ。

画角とイメージサークル

$$\begin{aligned}\tan \theta &= (43.2 \times 1/2) / 135 \\ &= 0.16\end{aligned}$$

ここで、条件より $\tan \theta = 0.16$ のとき $\theta = 9.0$ (度) なので、

画角 $2\theta = 18$ (度)

木星-太陽の角距離は、おおむね画像の対角線の1/2程度であるため、木星M、太陽S、観察者のいる惑星Xにおける角SXMについて、角SXMは約9(度)程度であると予想できる。

この情報と惑星の位置より、1等星とならぶ惑星Yが木星より太陽から離れて見えていることを考慮に入れると、

惑星X=火星

惑星Y=水星

また、撮影日が本日（2019年1月28日）であることと、地球の位置を考慮に入れると、火星から見た木星方向はさそり座/いて座あたりの領域であると予想される。

この領域にある1等星はアンタレスのみである。

恒星Z=アンタレス

まとめると、

この写真は、犯行時刻直前に火星の衛星軌道から木星方向を撮影した画像であることがわかった。
犯人は水星から来て、火星の衛星軌道で犯行に及び、アンタレスへと逃亡した。

第2世代「テーマ展示型」解説モデル

前提条件

【場所】南阿蘇ルナ天文台 【時間】20:30 - 21:30 (60分間)
【人数】9名 (中学生以上 6名, 小学生 2名, 幼児以下 1名)
【天候】快晴 【雲量】0 【気温】-2℃ 【風向】- 【風速】-
【月齢】24 【天文現象】- 【特記事項】-

原則
ミッション

テーマ

宇宙のスケール

観察対象1. 木星

天体の種類

次々に違う種類の天体を
紹介

天体の距離

より遠い距離の天体を
紹介

観察対象2. シリウス

天体の形

次々に違う形の天体を
紹介

観察対象3. M42中心部
(トラペジウム付近)

成果目標

天体の種類によって、距離と
大きさや姿が変わる、広大
な宇宙のスケールを知る。

技術的ノウハウ

倍率	光強度 (明るさ)	分解能	推奨性能
171倍	0.77	0.77" (理論値)	倍率 150倍 以上 分解能 1.0" 以上 明るさ 明るすぎず、 コントラストが 落ちない 明るさ
口径15cm 屈折望遠鏡 焦点距離1200mm(f8)			
焦点距離 7mm 接眼レンズ 射出瞳径 0.88mm 見かけ視界65°			

観察体験

木星の大きさ 視直径 46.2' 表面輝度 0.36 倍率30倍以上 適切な明るさ	+
木星の模様や構造 しま模様や構造の大きさは1"以下 口径15cm以上(分解能1.0"以上)	+
木星の形 視直径 46.2' 表面輝度 0.36 倍率30倍以上 適切な明るさ	+

学問的知識

木星の赤道面での直径など 赤道面で約143,000km, ほか
大赤斑や大気循環など 大赤斑や白斑の成因, ほか
自転やガス惑星の特徴など 自転周期9時間55分, ほか

メンタル的ノウハウ

I. 「場」の創造
II. 「場」の保持

サポート!!

サポート!!

技術的ノウハウ

倍率	集光力 (明るさ)	分解能	推奨性能
223倍	13000	0.14" (理論値)	倍率 -- 分解能 -- 集光力 --
口径82cm 反射望遠鏡 焦点距離12,300mm(f15)			
焦点距離 55mm 接眼レンズ 射出瞳径 3.7mm アイレリーフ 38mm			

観察体験

シリウスの大きさ 点光源 実視等級 -1.5等	+
シリウスの色 青白色、色のゆらぎ	+
シリウスの形 点光源、形のゆらぎ	+

学問的知識

シリウスまでの距離など 8.6光年
主系列星の色と表面温度など A型, 青白色, 表面温度7,600-10,000K
地球大気の揺れなど シンチレーション

メンタル的ノウハウ

I. 「場」の創造
II. 「場」の保持

サポート!!

サポート!!

技術的ノウハウ

倍率	光強度 (明るさ)	分解能	推奨性能
223倍	13.7	0.14" (理論値)	倍率 150倍 以上 分解能 0.87" 以上 光強度 (明るさ) 1.77 以上
口径82cm 反射望遠鏡 焦点距離12,300mm(f15)			
焦点距離 55mm 接眼レンズ 射出瞳径 3.7mm 見かけ視界50°			

観察体験

M42中心部の大きさ 視直径 20' 平均輝度11.04 口径20cm, 倍率150倍(光強度1.77)以上	+
M42中心部の構造 星雲の構造の大きさは0.87"以下 分解能0.87" 以上(口径15cm以上)	+
M42中心部の輪郭 視直径 20' 平均輝度11.04 口径20cm, 倍率150倍(光強度1.77)以上	+

学問的知識

M42までの距離など 約1344光年 ほか
散光星雲の特徴など ガスが光を放っている, ほか
M42で起こる星形成など 恒星誕生のメカニズム, ほか

メンタル的ノウハウ

I. 「場」の創造
II. 「場」の保持

サポート!!

サポート!!

リフレクションカード

日本公開天文台協会 公開プログラムWG 第7回JAPOS全国研修会

セッション (○を付ける) : §3, §4, §5 氏名 :

A. 学習態度目標（しゃべる、質問する、説明する、動く、チームで協力する、チームに貢献する、全員で100点を取る）に沿って活動できましたか？それによって気づいたことは何ですか？

B. 学習内容についてわかったこと、わからなかったことは何ですか？

C. その他、意見、要望など



第2世代 「場」の創造技術

観察会の 「場」をつくる



第2世代 「場」の創造技術

インストラクション (オリエンテーション)

観察会目標・ルールなどを伝える

第2世代 「場」の創造技術

ベースセッティング

～非言語のメッセージで場のムードをリード

1. 態度、身振り、手振り、歩き方、
2. 声の大小、トーン、スピード、間の置き方、抑揚
3. 表情や視線
4. 存在感、華、人格、人間性
5. まずファシリテーターからのあいさつ、

⇒ ペース&リード

第2世代 「場」の創造技術

自己開示

1. まず解説者自身が心を開き、参加者の自己開示を促す
2. 考え方や感情
3. 態度や行動の仕方
4. 過去・現在・未来
5. 個人的な経験
6. 動機や欲求
7. 場の観察結果、などなど

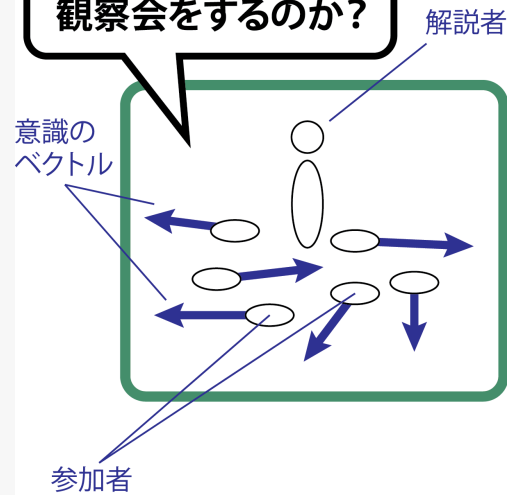
第2世代 「場」の創造技術

つかみ・アイスブレイク

興味・関心をひきつけ、参加をうながす

第2世代 「場」の創造技術

前提条件
(1).誰に
(2).何のために
観察会をするのか?

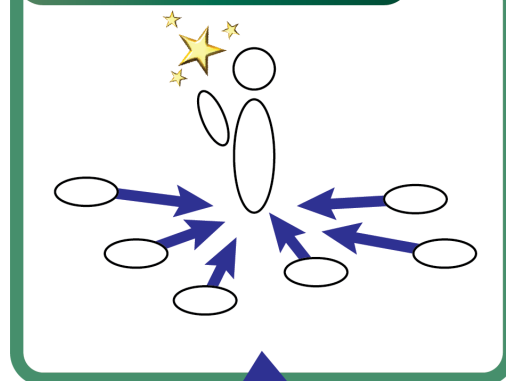


日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

90

第2世代 「場」の創造技術

1. まとまりを作る

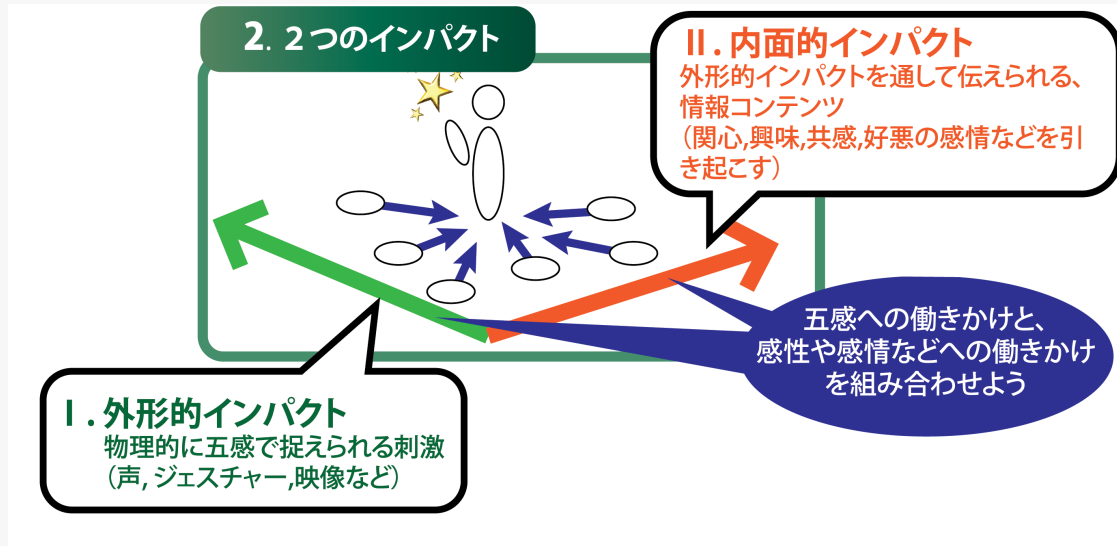


最初はばらばらだった
意識・関心を集める

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

91

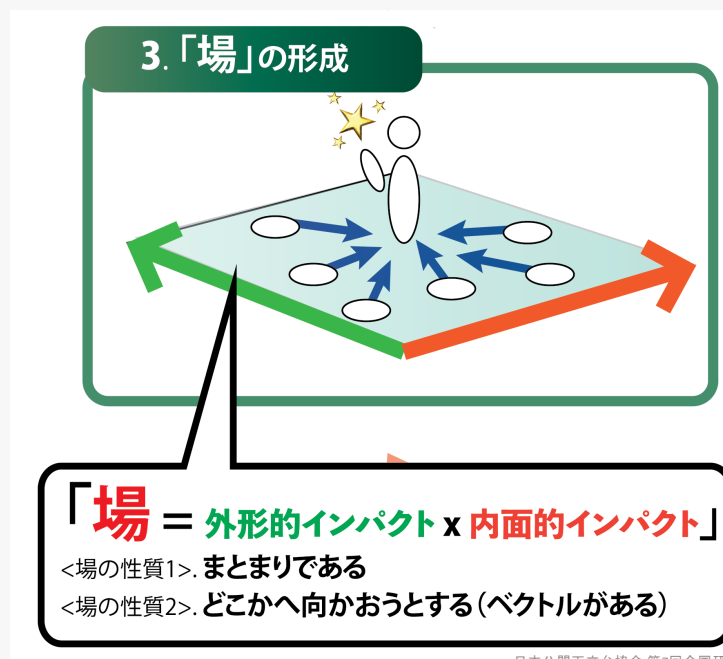
第2世代 「場」の創造技術



日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

92

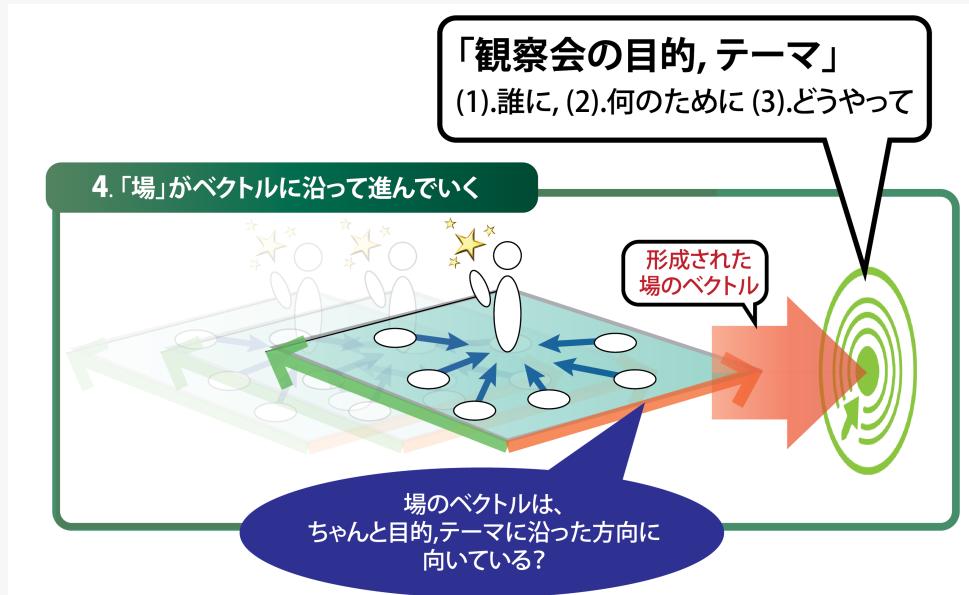
第2世代 「場」の創造技術



日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

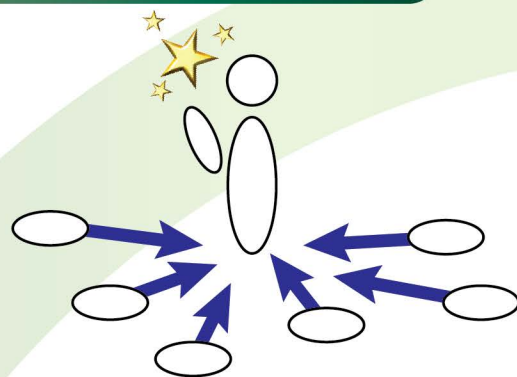
93

第2世代 「場」の創造技術



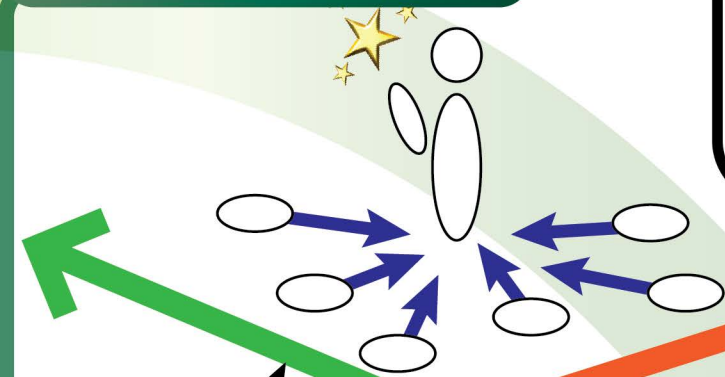
前提条件
(1).誰に
(2).何のために
観察会をするのか?

1. まとまりを作る



最初はばらばらだった
意識・関心を集める

2. 2つのインパクト



I. 外形的インパクト

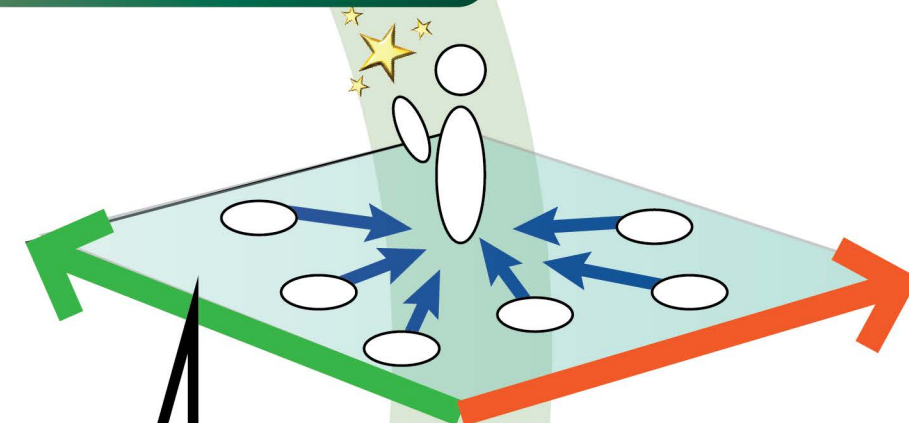
物理的に五感で捉えられる刺激
(声, ジェスチャー, 映像など)

II. 内面的インパクト

外形的インパクトを通して伝えられる、
情報コンテンツ
(関心, 興味, 共感, 好悪の感情などを引
き起こす)

五感への働きかけと、
感性や感情などへの働きかけ
を組み合わせよう

3. 「場」の形成



「場」 = 外形的インパクト x 内面的インパクト

<場の性質1>. まとまりである

<場の性質2>. どこかへ向かおうとする(ベクトルがある)

「観察会の目的, テーマ」

(1).誰に, (2).何のために (3).どうやって

4. 「場」がベクトルに沿って進んでいく

形成された
場のベクトル

場のベクトルは、
ちゃんと目的, テーマに沿った方向に
向いている?

「場」の基礎

▶▶第2世代-「場」の創造技術:

参加者の意識や注意を集めて「**場**」を作る。

START



第2世代 「場」の動かし方

1. 傾聴（アクティブリスニング）

- ・ 耳で聞くだけではなく、
相手の表情や動作を見守り、全身で受け止める
- ・ 相手の言うとおりに話を受け止め、心から共感する
- ・ 相手の人格を尊重し、承認する

第2世代「場」の動かし方

応答

- 1) うなづく
- 2) あいづちを打つ
- 3) 肯定・反復・要約する
- 4) 質問する

第2世代「場」の動かし方

応答 ～共感の気持ちを相手に返す

- ① うなづく
- ② あいづちを打つ
(ア) なるほど、そういう物が見えているんですね。
(イ) ありがとうございます。よく気が付きましたね。
- ③ 復唱する
(ア) へえー、縞模様が見えているんですか。
(イ) そうですか、ちょっと見えにくいんですね。
- ④ 要約する
(ア) 要するに（例えば）・・・という事を言いたいわけですね。
(イ) 今の観察のポイントは3点あって、1つ目は・・・、2つ目は・・・、3つ目に・・・
- ⑤ 質問する
(ア) それで？
(イ) なぜ、そういう風に思うんでしょうか？
(ウ) 今の点について、一つ聞いてもいいですか？
⇒ 同意したわけではないので、賛意や評価などは表さない

第2世代 「場」の動かし方

2. 応答とペーシング

- (ア) 言葉づかい、口調、テンポ、表情、動作、姿勢、ペース、トーン
- (イ) ペーシングで親和的、共感的な関係を創る
- (ウ) 自分のペースにひきこむ
- (エ) 論理的—論理的、視覚的—視覚的、直感的—直感的
同じジャンルでペーシング

第2世代 「場」の動かし方

参加者が声に出したり身振りなどで表す 「感想」や「観察報告」

- ・最も観察会の進行を助け
- ・参加者の理解の大きな助けになる
- ・その場に居合わせた参加者がそれを共有し楽しむ
- ・驚きや感動や参加意欲がいっそう増す

○解説者は、参加者の感想や観察報告を引き出す事が大事です。

○さらに、この「場」のなかでの気づきは何なのかを引き出していきます。

第2世代 「場」の動かし方

質問（観察報告促進・リード・介入）

答えを停止するのではなく、
質問をとおして感想や報告を引き出す

- ア) 原点を確かめる
- イ) 別の切り口を探す
- ウ) 考える枠組みを変える
- エ) 思い込みを破る

第2世代 「場」の動かし方

質問

ア) 原点を確かめる

① 目的

1. この観察会は何のためにやっているのでしょうか？
2. 星を観る以外に、宇宙を知る方法はないでしょうか？

② ゴール

まずは、観察によって宇宙について何かわかることはないのか
実際に見てみようという、私たち共通の目標にもどって見ませんか？

③ 前提

そもそも、みなさんが見たものについて話している前提は
一致しているのでしょうか？ それは星ですか、それとも別の物でしょうか？

④ 論理

その観察結果は、原因と結果が逆転していることはありませんか？

第2世代 「場」の動かし方

質問

イ) 別の切り口

① 検討範囲

パッと見た時にはそう見えても、もう少し長い時間観察しているとどうなのでしょう？

② 基準

今観察したものの例えが、どれもしっくりしないとしても、優先順位をつけるとどれがベストでしょうか？

③ 立場

もしあなたが自分の観察報告を聞いている立場だったら、どんな反応が欲しいですか？

④ 論点

見たかったものが見えていない事にがっかりするよりも、見えているものをどうやったらもっとくわしく観察できるかを考えた方が良くないですか？

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

105

第2世代 「場」の動かし方

質問

ウ) 考える枠組みを変える

① 意味的リフレーミング

観察に時間がかかるということは、慎重に観察しているという事ではありませんか？

② 状況的リフレーミング

確かに今日は曇っていて見えませんが、曇っていてもできる宇宙の感じ方、学び方はないのでしょうか？

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

106

第2世代 「場」の動かし方

質問

エ) 思い込みを破る

① 仮定

仮に何か今見えているとしたら、
一体どんなものが見えている可能性があるでしょうか？

② 極論

それは本当に100%真っ白なのでしょうか？
他の色の可能性はゼロなのでしょうか？

③ 排他的

もし観察していない事があるとしたら、それは何でしょうか？

④ 強制的発送

今から観察するポイントを5個挙げろと言われたら、
何を挙げますか？



第2.5世代 —発見学習型—

理論と実践：
サイエンスコミュニケーターとしての天文台解説員



日本公開天文台協会(JAPOS)

第7回全国研修会

2019.1.28 - 30. 国立科学博物館, ギャラクシティ



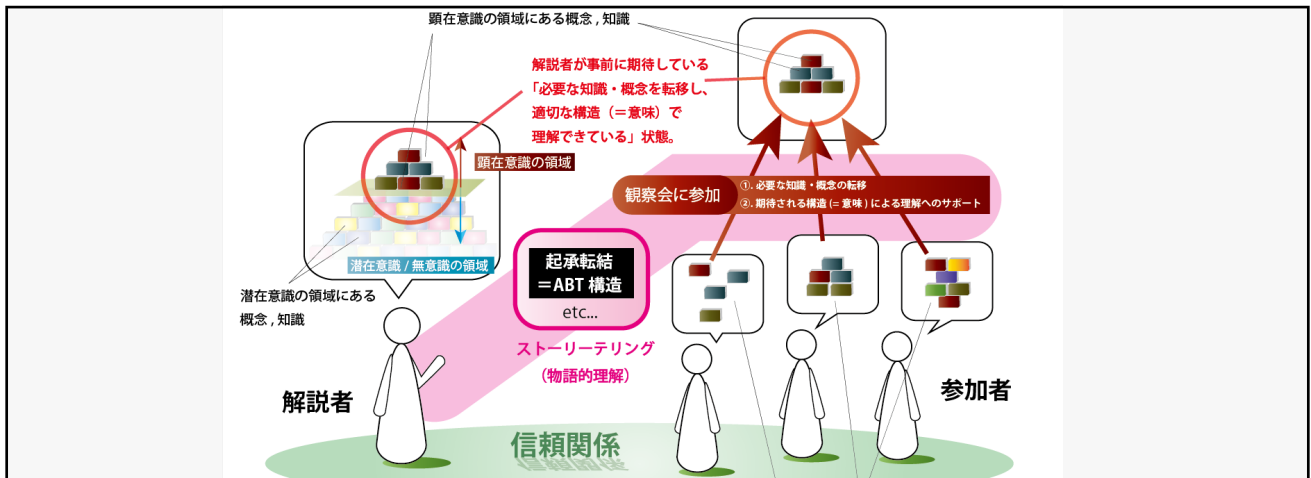
§8

第2.5世代



天体解説会で起こる
気づきと発見の構造
(エウレカ)



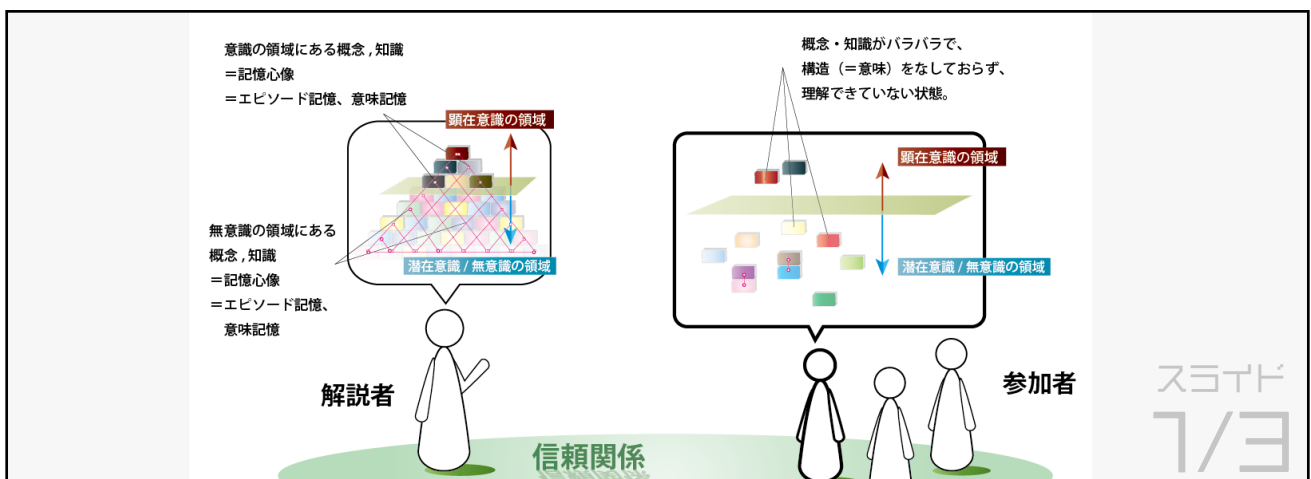


第2世代：解説教育論

- ・ 解説者と同じ概念・知識を、参加者に転移する
- ・ 解説者と同じ概念構造を、参加者の中に組み立てる

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

110



第2.5世代(エウレカ)：発見学習論

- ・ 参加者自身が、外から & 自分の中から、概念・知識を探す
- ・ 参加者が、自分なりの概念構造を組み立てる

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

111

新しい概念・知識がもたらされ、
参加者自身による試行錯誤の中で新たな構造 (=意味) をとりはじめる。

ストーリー
起
承

顕在意識の領域
潜在意識/無意識の領域

観覧会で取り上げられた
科学的な概念・知識

解説の中に織り込まれた
ヒント・ほめかし

潜在意識下のエピソード記憶・意味記憶が
新たな構造 (=意味) をとったり、
顕在意識の中に現れたりする。

解説者 参加者

信頼関係

スライド 2/3

第2.5世代(エウレカ)：発見学習論

- ・ 参加者自身が、外から&自分の中から、概念・知識を探す
- ・ 参加者が、自分なりの概念構造を組み立てる

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

112

ストーリー
起
承
転
結

顕在意識の領域
潜在意識/無意識の領域

解説者 参加者

信頼関係

あ、わかった!
理解!!
驚き・感動!

そうなんだ!
理解!!
驚き・感動!

なるほどね...!
理解!!
驚き・感動!

エウレカ

エウレカ

エウレカ

スライド 3/3

第2.5世代(エウレカ)：発見学習論

- ・ 参加者自身が、外から&自分の中から、概念・知識を探す
- ・ 参加者が、自分なりの概念構造を組み立てる

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

113

創発によって参加者にもたらされた**理解**と**心の声** (一例)

オリオン大星雲の観察で、夜空に見えて
いるのは星だけじゃないことがわかった。
雲みたいに見えるものは一体何という物
質だろう？もっと知りたい！

オリオン大星雲の観察で、星も生まれ
たり死んだりすることがわかった。
なんだか急に、両親に「ありがとう」と
伝えたくなった...

オリオン大星雲の観察で、たくさんの若
い星があつまっていることがわかった。
子どもの星にも学校ってあるのかな？す
ごく楽しそう！

解説者



はて、これは
成功だったのかな？

解説者A



Aさんの解説の目的
(サイエンスコミュニケーターとしてのあり方)

博士号を持ち、いくつもの投稿論文を書いた者として、
天文学的理解の不足している一般の方に対して、
オリオン大星雲の観察を通して、
明確に天文学の道を志す者をひとりでも多く輩出する。

創発によって参加者にもたらされた**理解**と**心の声** (一例)

オリオン大星雲の観察で、夜空に見えて
いるのは星だけじゃないことがわかった。
雲みたいに見えるものは一体何という物
質だろう？もっと知りたい！

オリオン大星雲の観察で、星も生まれ
たり死んだりすることがわかった。
なんだか急に、両親に「ありがとう」と
伝えたくなった...

オリオン大星雲の観察で、たくさんの若
い星があつまっていることがわかった。
子どもの星にも学校ってあるのかな？す
ごく楽しそう！





Bさんの解説の目的
(サイエンスコミュニケーターとしてのあり方)

宇宙を語る者として、
天文学に関する知識を持たない人に、
オリオン大星雲を観察することによって、
星空や宇宙に対して継続的な興味関心を喚起する。

創発によって参加者にもたらされた**理解**と**心の声** (一例)

オリオン大星雲の観察で、夜空に見えて
いるのは星だけじゃないことがわかった。
雲みたいに見えるものは一体何という物
質だろう？もっと知りたい！



オリオン大星雲の観察で、星も生まれ
たり死んだりすることがわかった。
なんだか急に、両親に「ありがとう」と
伝えたくなった...



オリオン大星雲の観察で、たくさんの若
い星があつまっていることがわかった。
子どもの星にも学校ってあるのかな？す
ごく楽しそう！



Cさんの解説の目的
(サイエンスコミュニケーターとしてのあり方)

宇宙が大好きないち天文ファンとして、
星空に興味を持っている人たちに対して、
オリオン大星雲を観察することによって、
その人なりの驚きや感動が得られるような時間にしたい。

創発によって参加者にもたらされた**理解**と**心の声** (一例)

オリオン大星雲の観察で、夜空に見えて
いるのは星だけじゃないことがわかった。
雲みたいに見えるものは一体何という物
質だろう？もっと知りたい！



オリオン大星雲の観察で、星も生まれ
たり死んだりすることがわかった。
なんだか急に、両親に「ありがとう」と
伝えたくなった...



オリオン大星雲の観察で、たくさんの若
い星があつまっていることがわかった。
子どもの星にも学校ってあるのかな？す
ごく楽しそう！



解説者 A



Aさんの解説の目的（サイエンスコミュニケーターとしてのあり方）

博士号を持ち、いくつもの投稿論文を書いた者として、
天文学的理解の不足している一般の方に対して、
オリオン大星雲の観察を通して、
明確に天文学の道を志す者をひとりでも多く輩出する。

解説者 B



Bさんの解説の目的（サイエンスコミュニケーターとしてのあり方）

宇宙を語る者として、
天文学に関する知識を持たない人に、
オリオン大星雲を観察することによって、
星空や宇宙に対して継続的な興味関心を喚起する。

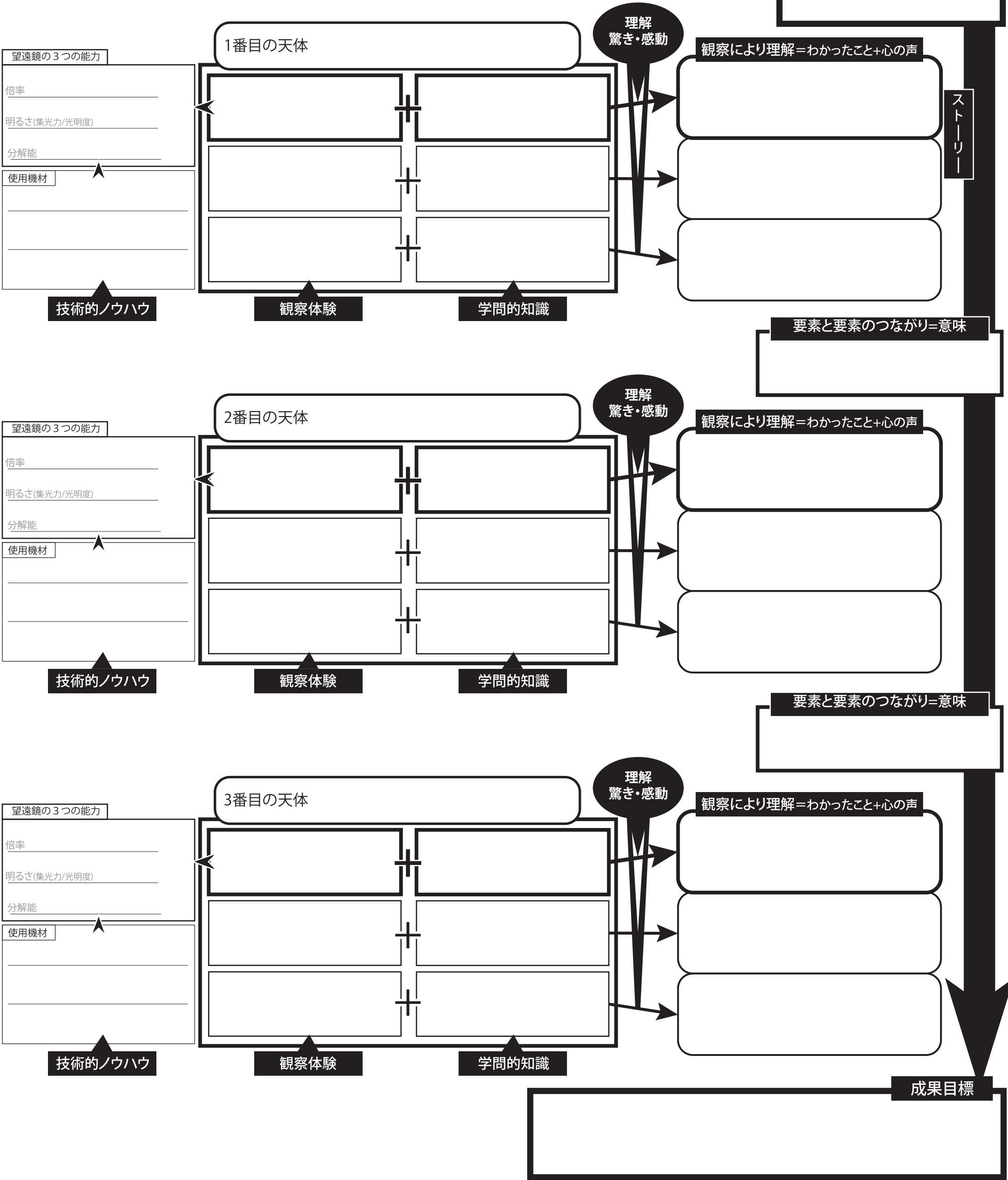
解説者 C



Cさんの解説の目的（サイエンスコミュニケーターとしてのあり方）

宇宙が大好きないち天文ファンとして、
星空に興味を持っている人たちに対して、
オリオン大星雲を観察することによって、
その人なりの驚きや感動が得られるような時間にしたい。

年	月	日	曜日	場所	解説者	(記録者)			
天候		雲量		気温		風速		風向	
月齢		天文現象			特記事項				
公開時刻	:	~	:	人数	人	(大人 人, 中高生 人, 小学生 人, 幼児~ 人)			
原則(ミッション・目的)									



2013.01.06. (日)
解説者: 宮本孝志 (南阿蘇ルナ天文台)

【場所】南阿蘇ルナ天文台 【時間】20:30 - 21:30 (60分間)
【人数】9名 (中学生以上 6名, 小学生 2名, 幼児以下 1名)
【天候】快晴 【雲量】0 【気温】-2℃ 【風向】- 【風速】-
【月齢】24 【天文現象】- 【特記事項】-

前提条件

原則 ミッション

テーマ

宇宙のスケール

天体の距離

より遠い距離の天体を
紹介

要素がつながり、
意味となる

天体の形

次々に違う形の天体を
紹介

意味がつながり、
ストーリーとなる

天体の種類

次々に違う種類の天体を
紹介

成果目標

天体の種類によって、距離と
大きさや姿が変わる、広大
な宇宙のスケールを知る。

観察対象1. 木星

理解!!
驚き・感動!

観察による理解=感動や驚き=小さな成果目標

木星は地球から光で40分ほどの位置
にいる、大きな天体であることがわか
った。**木星って遠い、宇宙ってめっちゃで
けえ!!**

わかったこと

巨大ガス惑星の木星の大気には、地球
よりも大きな渦ができる。**いったい
どうしてなんだろう?**

心の声

木星はまるいけど、ほんの少しだけつぶ
れていて、縁がゆらゆらしていた。**もしか
して地球や月もそうなんじゃないの???**

エウレカ

サポート!!

サポート!!

サポート!!

観察対象2. シリウス

理解!!
驚き・感動!

観察による理解=感動や驚き=小さな成果目標

シリウスは地球から光で8年半ほどの
位置にいる、恒星という天体であるこ
とがわかった。**夜空にくっついて見える
星は、遠いところにいるんだなあ**

シリウスの表面は9000℃を超える超高
温で、青白い色をしていた。**星の色って
温度と関係あったんだ!**

シリウスの形はまったくわからなかった
けど、ぷるぷる揺れていた。**なんだか不
思議な光り方でおもしろかったなあ**

エウレカ

サポート!!

サポート!!

サポート!!

観察対象3. M42中心部(トラペジウム付近)

理解!!
驚き・感動!

観察による理解=感動や驚き=小さな成果目標

M42は地球から光で1600年ほどの位
置にいる、巨大な天体であることが分
かった。**想像できない距離だ、実際の
広がりはどうくらいだろう?**

散光星雲であるM42は、もやもやした
雲のように見える。**“星の雲”って名前の
通り雲っぽいの、けど白黒にしかみえな
かった?色はないのかな?**

M42は星が生まれるところ。**星にもふる
さがあるんだ!ビックリ!!**

エウレカ

サポート!!

サポート!!

サポート!!

観察対象4. 天の川 (二重星団h,x)

理解!!
驚き・感動!

観察による理解=感動や驚き=小さな成果目標

銀河は何万光年という大きさと、数千
億個の星で出来ている。**すごい、銀河
って本当に星で出来てたんだ!!はじめて
みた!!**

h,xはふたつの中心を持つ散開星団。**こ
の星屑も天の川銀河の一部なんだ!**

h,xの星は若い星の大集団、その中には
青い星が多かったけど、赤い星もあっ
た。**宝宝箱みたいですごい**

エウレカ

サポート!!

サポート!!

サポート!!

技術的ノウハウ

観察体験

学問的知識

木星の大きさ
視直径 46.2' 表面輝度 0.36
倍率30倍以上 適切な明るさ

木星の模様や構造
しま模様や構造の大きさは 1"以下
口径15cm以上 (分解能1.0"以上)

木星の形
視直径 46.2' 表面輝度 0.36
倍率30倍以上 適切な明るさ

木星の赤道面での直径など
赤道面での直径 約143,000km, ほか

大赤斑や大気循環など
大赤斑や白斑の成因, ほか

自転やガス惑星の特徴など
自転周期9時間55分, ほか

技術的ノウハウ

観察体験

学問的知識

シリウスの大きさ
点光源 実視等級 -1.5等

シリウスの色
青白色、色のゆらぎ

シリウスの形
点光源、形のゆらぎ

シリウスまでの距離など
8.6光年

主系列星の色と表面温度など
A型、青白色、表面温度7,600-10,000K

地球大気の揺れなど
シンチレーション

技術的ノウハウ

観察体験

学問的知識

M42中心部の大きさ
視直径 20' 平均輝度 11.04
口径20cm, 倍率150倍(光量1.77)以上

M42中心部の構造
星雲の構造の大きさは0.87"以下
分解能0.87"以上(口径15cm以上)

M42中心部の輪郭
視直径 20' 平均輝度 11.04
口径20cm, 倍率150倍(光量1.77)以上

M42までの距離など
約1344光年 ほか

散光星雲の特徴など
ガスが光を放っている, ほか

M42で起こる星形成など
恒星誕生のメカニズム, ほか

技術的ノウハウ

観察体験

学問的知識

h,xの大きさ
視直径 約90' (星団単独では36')
20-30倍

h,xの色
視直径36' 星数350
分解能2.2"以上

h,xの構造
視直径36' 星数350
分解能2.2"以上

h,xまでの距離、実直径など
距離約7,500光年、直径約75光年 ほか

所属する恒星の年齢など
比較的若い恒星が多い, ほか

散開星団のなりたちなど
同分子雲から生まれた恒星群, ほか

メンタル的ノウハウ

I. 「場」の創造
II. 「場」の保持
III. 「場」の調整
IV. 「場」の収束

サポート!!

サポート!!

サポート!!



第3世代 ー構造型 創発フォーラムー

理論と実践：
サイエンスコミュニケーターとしての天文台解説員



日本公開天文台協会(JAPOS)

第7回全国研修会

2019.1.28 - 30. 国立科学博物館, ギャラクシティ



無知の姿勢

- 1) 相手と共に語る、
- 2) 専門用語を使わず日常・ローカルの言葉を使う、
- 3) 早すぎる理解に走らず理解途上（相手への好奇心・関心・不思議さ）に留まる。

人生の言葉 = ローカルな言葉に込められたそのひと独自の思い
⇔ 専門的で概念的な言葉

相手を理解したいと言うところから出発する会話は、その会話の領域の中に留まるだけで良く、操作する必要も説得する必要もなく、会話はそれ自身で深化していく。

対話それ自体が力を持った時、参加者は自分の参加への意義・承認・主体性を感じる。

「未だ語られていないことの無限性」

言葉は、語れば語るほど、まだ語られていない部分を暗示、示唆する。

第3世代 ナラティブな解説手法

科学教育とストーリー

ー宇宙論学習におけるナラティブ思考の実践ー

配付資料 「3. 授業概要とその実践」以降を黙読してください

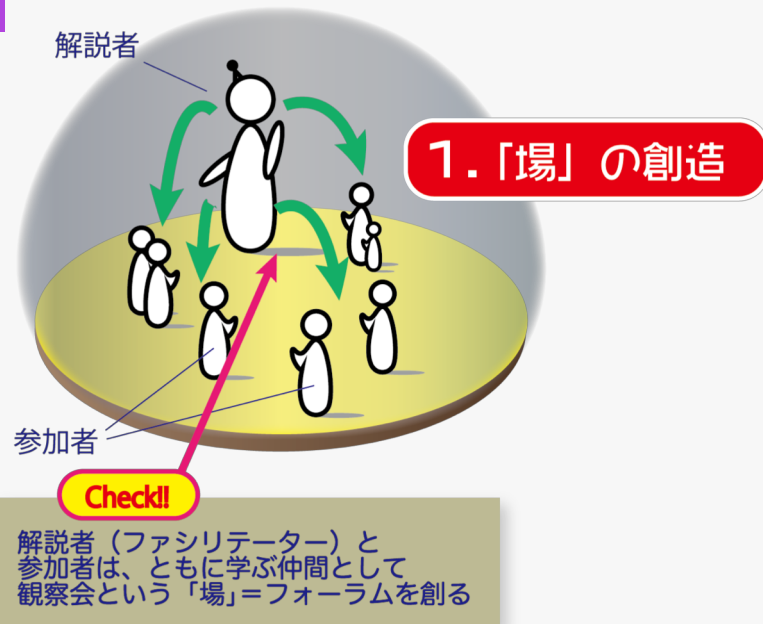


第3世代 創発フォーラム

配付テキスト：

[17ページ] 「c. ナラティブ 物語と物語が会う」以降
を黙読してください。

第3世代 創発フォーラム



日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

131

第3世代 創発フォーラム



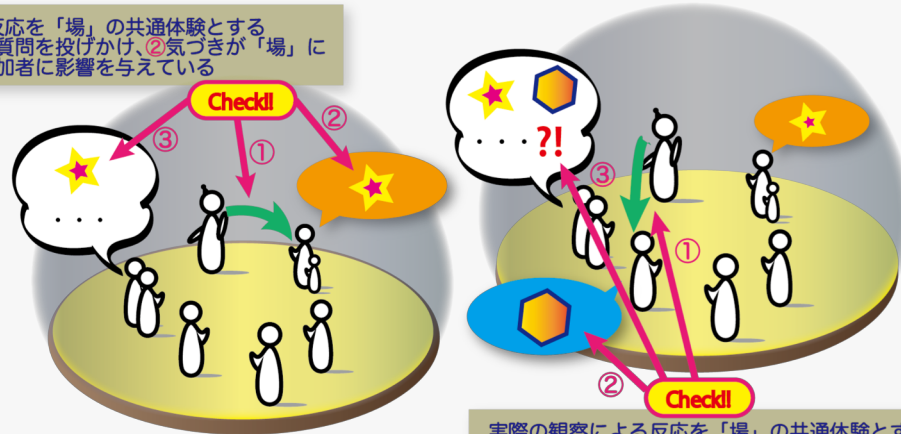
日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敏史

132

第3世代 創発フォーラム

3. 「場」の保持と調整

実際の観察による反応を「場」の共通体験とする
例えば、①参加者に質問を投げかけ、②気づきが「場」に共有され、③他の参加者に影響を与えている



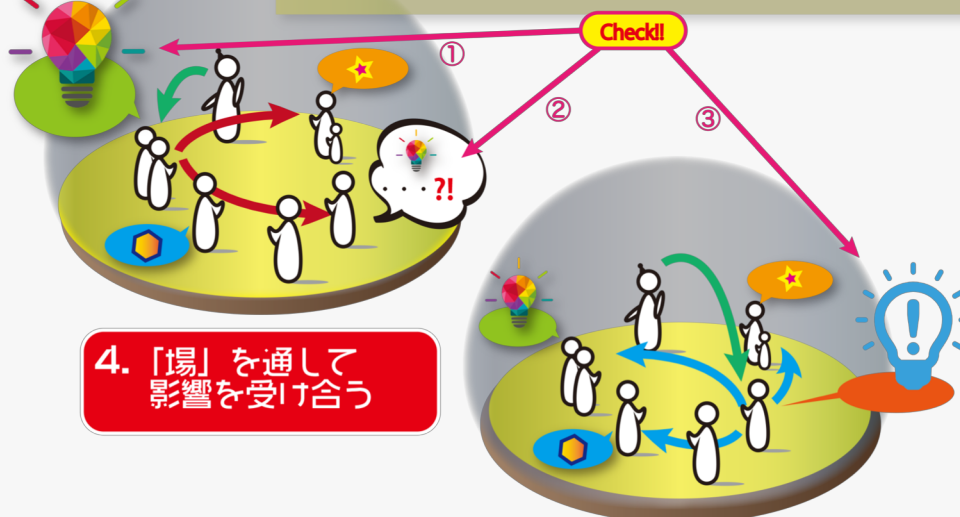
実際の観察による反応を「場」の共通体験とする
例えば、①参加者に質問を投げかけ、②気づきが「場」に共有され、③他の参加者に影響を与えている

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

133

第3世代 創発フォーラム

①「場」に共有された発見や驚きが、「気づき (エウレカ!)」をもたらし、
②さらにその気づき (エウレカ!) が「場」に共有され、他の参加者にも
影響を与え、③多様な「気づきの連鎖」が起こっている



4. 「場」を通して 影響を受け合う

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

134

第3世代 創発フォーラム

5.「場」の方向性に従い
観察会の向きを変える

実際の観察による反応を「場」の共通体験としながら、解説者は次の知りたい方向性を
①無数の選択肢の中から選び、
②観察会の向きを変えていく



日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

135

第3世代 創発フォーラム

6.「場」の収束

観察会を通して、
すばらしい気づきが
たくさん生まれました！

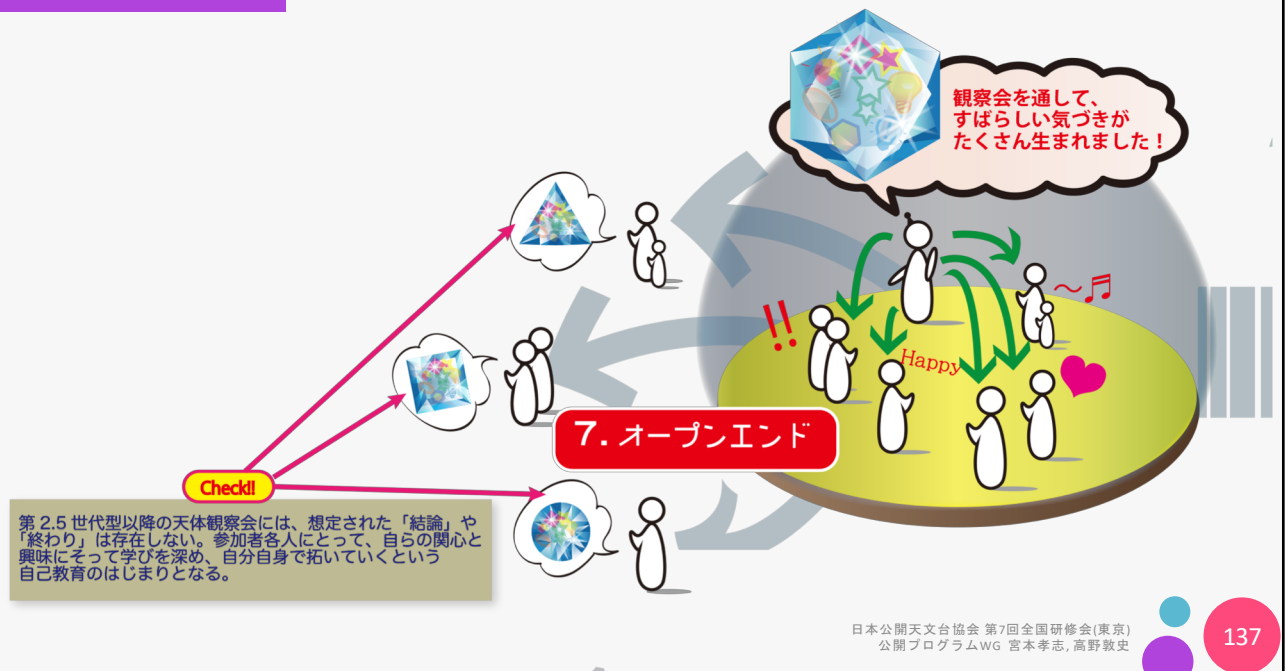


2つ以上の天体観察から生まれる新たな発見や驚き、気づき(エウレカ!)によって、「場」は収束・帰結に向かい、①観察会の意味が同定され、②全員に共有される。この一連の「場」の創造・保持、調整、収束のプロセスのなかで、創発・理解が生まれる。

日本公開天文台協会 第7回全国研修会(東京)
公開プログラムWG 宮本孝志, 高野敦史

136

第3世代 創発フォーラム



実際の観察による反応を「場」の共通体験とする
例えば、①参加者に質問を投げかけ、②気づきが「場」に共有され、③他の参加者に影響を与えている

①「場」に共有された発見や驚きが、「気づき（エウレカ!）」をもたらし、
②さらにその気づき（エウレカ!）が「場」に共有され、他の参加者にも
影響を与え、③多様な「気づきの連鎖」が起こっている



2. 天体の観察

天体観察会 解説技術

「第3世代」

▶創発フォーラム型

1. 「場」の創造

Check!!
会話によって参加者のニーズや
ウォンツを探り、解説者の提案と
して最初の天体からスタートする。
この時点で、参加者の驚きや気づきは
参加者の内面にあって外からわからない

3. 「場」の保持と調整

実際の観察による反応を「場」の共通体験とする
例えば、①参加者に質問を投げかけ、②気づきが「場」に
共有され、③他の参加者に影響を与えている

4. 「場」を通して 影響を受け合う

5. 「場」の方向性に従い 観察会の向きを変える

実際の観察による反応を「場」の共通体験と
しながら、解説者は次の知りたい方向性を
①無数の選択肢の中から選び、
②観察会の向きを変えていく

6. 「場」の収束

7. オープンエンド

解説者
参加者
Check!!
解説者（ファシリテーター）と
参加者は、ともに学ぶ仲間として
観察会という「場」=フォーラムを創る

Check!!
第2.5世代型以降の天体観察会には、想定された「結論」や
「終わり」は存在しない。参加者各人にとって、自らの関心と
興味によって学びを深め、自分自身で拓いていくという
自己教育のはじまりとなる。

観察会を通して、
すばらしい気づきが
たくさん生まれました！

Check!!

2つ以上の天体観察から生まれる新たな発見や驚き、気づき（エウレカ!）によって、
「場」は収束・帰結に向かい、①観察会の意味が同定され、②全員に共有される。
この一連の「場」の創造・保持、調整、収束のプロセスのなかで、
創発・理解が生まれる。



まとめ

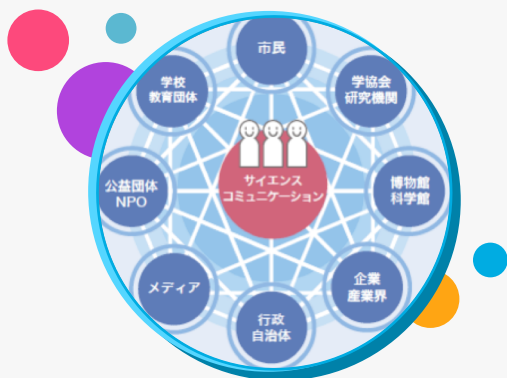
理論と実践
サイエンスコミュニケーターとしての天文台解説員



日本公開天文台協会(JAPOS)
第7回全国研修会
2019.1.28 - 30. 国立科学博物館, ギャラクシティ



§11. 総合セッション



グループワーク

「サイエンスコミュニケーターとしての
天体解説員とは-2」



まとめ

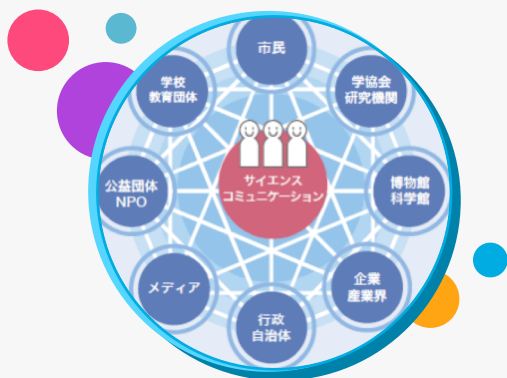
理論と実践
サイエンスコミュニケーターとしての天文台解説員



日本公開天文台協会(JAPOS)
第7回全国研修会
2019.1.28 - 30. 国立科学博物館, ギャラクシティ



§11. 総合セッション



グループワーク

「サイエンスコミュニケーターとしての
天体解説員とは-2」





第2.5世代 「場」の収束

収束の技術＝クロージング・エンディング
(初期の目的や成果目標と終了時の結果を結ぶ)

1. 期待された結果や学びが得られたら、まずは良しとします。
2. 予期されなかった結果やエンディングの場合も、それを受け入れ肯定します。
3. どのような成果も、宇宙を知る意義に結び付けていきます。
4. また、宇宙を知る主体としての人間へと視線を回帰し、参加者各人の振り返りとしていただきます。
5. 最後に、探求への答えはオープンエンドのまま、さらに探求は続いていくのではないかという問いかけを投げかけます。

§13. ファイナルセッション



「次世代の天体観察会に向けて」

JAPOS 第7回全国研修会(東京) アンケート

I. あなたの天文台での公開業務歴、公開に携わる施設形態や機材はなんですか。

また、JAPOS関連行事に参加されたことはありますか。

★ 公開業務歴 _____ 年

★ 機材 (天文台, プラネタリウム, その他 (_____))

★ 施設形態 (天文台, プラネタリウム, 科学館, 教育機関, その他 (_____))

★ JAPOS関連行事の _____ に参加したことがある

★ JAPOS関連行事は今回はじめて

II. 今回の研修で特に良かったセッション・講座に○をつけて下さい (複数回答可)

【1日目】

★ 基調講演「サイエンスコミュニケーションのはじめ方」国立科学博物館 小川義和先生

★ グループワーク1: 「観測会のつかみ」演習

★ §1. 「サイエンスコミュニケーターとしての天体解説員とは？」 (グループワーク)

★ §2. 「サイエンスコミュニケーションとしての天体観測会」

★ §3. 「機材操作技術と光学」 (アクティブラーニング1)

★ §4. 「対象天体観測技術」 (アクティブラーニング2)

★ 発表「天体解説員の『頭の中』5」うすだスタードーム 坪根徹さん

★ 国立科学博物館の洞口先生と赤道儀室で天体観測会

【2日目】

★ §5. 「観測プログラム企画技術」 (アクティブラーニング3)

★ §6. 「観測グループ (場の作り方)」 (ファシリテーション1)

★ §7. 「効果的な天体解説方法（場の動かし方）」（ファシリテーション2）

★ §8. 「天体観察会で起こる気づきと発見の構造（エウレカ!）」

★ §9. 「より深い理解をもたらすナラティブな解説手法（無知の姿勢）」

★ §10. 「観察会後へ続く学びのプロセスづくり（創発フォーラム）」

★ プラネタリウム特別投影見学@ギャラクシティ

★ 情報交換会

【3日目】

★ §11. 「サイエンスコミュニケーター自身の学び & 伝えたいこと」（グループワーク）

★ §12. 「観察会のクロージングのあり方（オープンエンドとは）」

★ §13. 「次世代の天体観察会に向けて」

★ その他： _____

III. 今回の研修でよかったことはなんですか。（2つまで可）

★ 公開天文台における天体解説技術について、新たなスキルを習得することができた。

★ サイエンスコミュニケーターの視点から天体解説を学ぶことが出来た。

★ 未来の次世代型公開天文台の解説技術を考える機会になった。

★ 解説技術一般の基本的構造の広い知見を得ることが出来た。

★ 普段会えない他館の解説員や同じ問題意識を持つ方と交流やつながりが持てた。

★ その他 _____

IV. 今回の研修会の感想を自由にお書きください

V. 今後の全国・地区研修会に参加したいと思いますか

★ 参加したい

★ 参加したくない

★ (条件) _____ であれば参加したい

VI. 今後の全国 or 地区研修会への期待や要望があればお書き下さい

VIII. 研修会や公開プログラムWGにご興味があれば取り組みをご紹介します

★ JAPOSに参加したい

★ JAPOS 公開プログラムWGに参加したい

★ 研修会などの情報が欲しい (メールやSNSなど)

ご協力ありがとうございました !! :-)