

# 科学教育とストーリー

## — 宇宙論学習におけるナラティブ思考の実践 —

川 浦 佐知子

---

### <要 旨>

---

本稿は、宇宙の開闢から現在に至るまでをひとつながりの物語として教授する宇宙論の授業実践の検討を通して、文理横断型教育の一つの在り方を提示するものである。具体的には、人文・社会科学系学生への科学教育における「ナラティブ思考」の実践を通して、出来事の連なりに意味を見出しつつ宇宙・惑星・生命の歴史を学ぶことの意義を、①知識の統合と「意味」の創出、②「相対性」、「関係性」の理解、③認識の拡大とメタコンテキストの構築、という観点から論じる。その上で、人文・社会科学系学生への科学教育における強調点を、①パラダイム、及びパラダイム・シフトの理解、②科学的発見のディテールの理解を通しての倫理・価値観の再発見、③スキーマテックな理解を促す「ナラティブ思考」の実践による視座の確立と定め、それぞれの点について学生のフィードバックを交えて検討する。学生のフィードバックからは、「宇宙」という文脈を自身の意識の射程に置くことで、世界—知識—自己の関連性の再構築、倫理・価値観の明確化がなされている様が窺える。

---

### 1. はじめに

科学的文化と人文学的文化の隔絶とその弊害について、イギリスの物理学者 C・P・スノーが 1959 年、ケンブリッジにおいて講演を行ってから半世紀が経つ。「二つの文化と科学革命」(Snow 1964=2000)と題された講演は、出版<sup>1)</sup>されるとともに世界的反響を呼び起こしたが、そうした反応からは、積年にわたる理系、文系といった学問領域の分離・対立に対する危惧が潜在的に存在していたことが窺える。スノーによって顕在化された「客

観的観察にもとづく仮説立証の世界」と「意味・解釈の世界」が分離した知的探求の在り方への疑問符は、この半世紀間、様々な形で応えられてきた。本稿はそうしたアプローチのうちの一つである「ナラティブ手法」に焦点を当て、ストーリー性のある科学教育の可能性を探るものである。

ナラティブ手法は、1990年代以降、人間科学・社会科学の諸領域において採り入れられてきた接近法であるが、本稿では特に認知心理学者J・S・ブルーナー (Bruner 1986=1998) の唱える「ナラティブ思考」を軸に、科学教育における「意味の復権」(Bruner 1990=1999)を考えたい。ブルーナーは人間の基本的認知モードを大別して「論理—科学的思考 (paradigmatic knowing)」と「ナラティブ思考 (narrative knowing)」と名付け、前者が抽象化や一般化によって文脈に縛られない説明を生み出すのに対し、後者は具体的出来事を時間軸に据えることで意味を生み出す、と主張する。ブルーナーによれば、両者は相補的關係にあり、「一方の様式を他方に還元しようとしたり、ことを全部一方に負担させておいて他方を無視しようとする試みは、必ずや思考の豊かな可能性を捉えそこなうことになる」(Bruner 1986=1998: 16)。ブルーナーの考えに則るならば、文理の隔絶は「論理—科学的思考」と「ナラティブ思考」が奏でる豊饒な相補的關係を損なうものであるといえよう。

閉塞感の強まる現代においては、「人間」が置かれている歴史的、社会的文脈を把握した上で問題提起することが重要性を増している。筆者は心理学に軸足を置き、アイデンティティをテーマに質的研究を行う者であるが、心理学においても「独立・完結した“個”としての自己」といった原子論的自己像は、見直されるべき時期に来ている<sup>2)</sup>。心理学において長く「自己」の歴史性は無視されてきたが<sup>3)</sup>、アイデンティティ、ひいては人間存在の意義を考える際、社会、国家、世界の歴史だけでなく、科学教育を通して習得される生命、惑星、宇宙の成り立ちをもその射程に入れるならば、これまで前提とされてきた存在論、認識論を超えて、より深い洞察が得られるであろう。

論を進めるにあたりまず、1) 学士課程における科学教育の意義について述べ、次に、2) 本稿が扱う宇宙論の授業概要、及び3) 宇宙論を学ぶ意義について論じ、最後に、4) 人文・社会科学系の学生へ向けての科学教育のポイントについて、学生からのフィードバックを交えて検討する。

## 2. 科学教育の意義と方向性

「若者の理科離れ」が指摘されて久しい。日本学術会議は2003年、この問題に焦点を当てた委員会を設置し、2006年には、2030年に成人となるすべての日本人を想定とした、「21世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト」<sup>4)</sup>を発足させた。このプロジェクトは「持続可能な民主的社会」の構築のために個人が理解しておくべき「科学技術の智」を、2008年に報告書<sup>5)</sup>としてまとめており、科学領域における知識、技術を一般市民が理解することが、1) 一人ひとりの人権尊重、2) 生命多様性の維持、3) 科学技術の影響の認識、4) 知識・情報にもとづく判断の実現、のために必要であると説く（科学技術の智プロジェクト 2008: 1-4）。

医療・介護・食といったいのちに関わる選択、自然環境への影響に配慮したライフスタイルの選択、人・モノ・情報の交流と経済格差の双方をもたらしたグローバル時代における人権理解など、我々はこれまでに蓄積された知識や情報を駆使するだけでなく、科学・情報技術の進展に伴って提供される新たな選択肢の可能性とリスクを鑑みつつ、様々な局面で判断を迫られる時代に生きている。こうした状況を考慮するならば、高等教育機関である大学においても文系、理系に関わらず、科学的発見、及び科学技術を個人の生活・選択に関わるかたち一所謂、倫理的側面を考慮したかたちで理解することは必須であると考えられる。

「豊かに生きるための智」プロジェクトは、個人が理解すべき科学技術の智を、1) 人間社会を軸に、2) ストーリー性をもって、3) 現在から将来を視野に入れたかたちで編纂している（Ibid: iii）。今後の学士課程における科学教育においても、科学智・科学技術と人間の関わりの検証、個々の科学的発見を繋いでのストーリー性の創出、時間的展望に根ざしたパースペクティブの確立は、重視されるべき点であろう。

## 3. 授業概要とその実践

「科学智と人間の関わり」、「ストーリー性」、「時間軸」を尊重した科学教育とは、どのようなものとなりえるのか。科学的発見と人間意識の深化の双方が関わる宇宙論という領域においては、「関わり」・「ストーリー性」・「時間軸」の融合は、その教育的意義を比較的發揮しやすいように思われ

るが、ここではまず、本稿が扱う宇宙論の授業の実際について紹介したい。

### 3.1 受講生のプロフィール

南山大学では共通教育科目のうちに、既存の学問領域を尊重した「分野科目」と、現代社会における主要テーマを扱う「テーマ科目」が配されている。本稿が扱う宇宙論の授業は、テーマ科目群の下、「知識・言語と情報社会：知識の探求」という授業名で実施されており、副題を「21世紀のコスモロジー」としている。2000年度より年に一度のペースで開講され、受講者数は毎年150～190名で推移している。受講生は人文、外国語、法、経営、経済学部とその所属はまちまちであるが、所謂理系の学生ではない。受講生の約5～6割が1年生で占められているが、3、4年生の受講生もおり、男女比はほぼ1:1である。

毎回、授業終了前にジャーナルの記入、提出を求めるのだが、2008年度、初回授業のジャーナルには下記のようなコメントが寄せられた。

- ・宇宙の起源には興味があったが、難しそうで諦めていた。心理学の先生が担当と聞いて登録してみたが、分かりやすそうで次からの授業が楽しみになった。
- ・宇宙について考えることは、ある意味人間について考えることでもあると思った。宇宙を構成する一要素として、自分ももっと宇宙について知りたいと思った。

「宇宙」は学生にとって魅力的なサブジェクトであり、知りたい、理解したいという気持ちをもって授業に臨んでいる一方、領域違いの分野を果たして自分に理解できるのだろうかという不安も抱えながら、履修している様子がジャーナルからは窺える。受講動機も予備知識も一様ではないが、中間課題を提出し、期末試験に臨んだ者の約9割が単位取得に至っている。

### 3.2 授業概要

授業では、1) 宇宙に関する科学的知見について学ぶとともに、その哲学的解釈の可能性を探る、2) 宇宙史を学ぶことで宇宙の基本的在り方についての理解を深める、3) 宇宙のダイナミズムを内包した存在として「人間」を捉える視点を培う、4) 「社会」、「環境」、「生命」に関わる諸問題をコスモロジーという大きな枠組みの中で捉える力を養う、ことを学習目標としている。授業は下記のようなスケジュールで進められている。

表1 授業スケジュール

タイトル	主な内容
1.コスモロジーとは	コスモロジーを学ぶ意義、科学と哲学、ニュートンとアイシュタインの宇宙観の違い
2.宇宙観の変遷	ローカルな宇宙観と「神」の所在、天動説から地動説へ、社会変動と宇宙観の変容
3.ビックバンの宇宙	膨張宇宙の発見、クォークの世界、粒子と反粒子（対生成と対消滅）、物質存在の安定化
4.銀河の誕生	原子の誕生、宇宙の晴れ上がり、水素・ヘリウムから銀河へ、銀河の種類と構造
5.宇宙の基本的4つの力	宇宙の進化と基本的力の分化、宇宙の大規模構造、暗黒物質（ダークマター）という仮説
6.恒星の錬金術	恒星の活動、恒星内部での新元素の形成、恒星の一生
7.恒星の死	惑星状星雲、中性子星、スーパーノバ、星間物質のサイクル、ブラックホール
8.惑星系の形成	重元素と惑星系の形成、惑星系存在の確率、地球型惑星と木星型惑星
9.海の形成と生命の誕生	太陽系惑星群のプロフィール、物質の出会いの場としての海、アミノ酸-たんぱく質-DNA
10.呼吸の始まりと共生（始生代）	自己組織化と生命活動、酸素濃度の上昇と突然変異、共生とミトコンドリア
11.有性生殖と死（原生代）	原核細胞から真核細胞へ、捕食、有性生殖、多様性の開花と「死」の誕生、ジーンプールとは
12.海から陸へ（古生代）	カンブリア爆発、重力と生命、森・沼の形成と昆虫の王国
13.生命の時代へ（中生代）	恐竜とペアレントラル・ケア、花の誕生、Co-evolution とガイア理論、進化のしくみ
14.進化というストーリー（新生代）	大陸移動と地球環境の変化、ニッチ・セレクションと種の分化、人類の特徴としての幼形成熟
15.学期末試験	科学的事実の理解を問う問題と、解釈をめぐる記述式の問題からなる。

授業のベースとなっているのは、数理宇宙論学者B・スウィム（Swimme 1984=1988, 1992）の提唱する宇宙論であり、テキストにはスウィム著『宇宙はグリーンドラゴン』（1984=1988）、及びチン・ズアン・トゥアン(Thuan 1992=1995)著、佐藤勝彦監修『宇宙の起源』を用いている。受講生はビックバン理論やその背景、恒星の活動、銀河系をはじめとする宇宙の大規模構造等について『宇宙の起源』をもとにその実際を把握し、宇宙・地球・生命を貫くテーマ、及び主要な科学的発見の解釈については『宇宙はグリーンドラゴン』を用いて洞察を深めることになる。

### 3.3 授業実践

授業では第3週までビックバン宇宙論についての本格的な講義はせず、宇宙論を学ぶことの今日的意義、ビックバン宇宙論に至るまでの主な宇宙論変遷の軌跡<sup>6)</sup>、及びニュートンの宇宙観とアインシュタインの宇宙観の根本的な違いについて学習することで、「宇宙」をいう壮大なコンテクストを自分の意識に組み入れるための準備としている。また、授業で扱う各項目について参考図書を紹介することで<sup>7)</sup>、各自が講義を通して抱いた興味をもとに受講終了後も自分なりに知識、理解を深めることを推奨している。

授業では毎回、視聴覚教材を5分から10分程度使用している。例えば初回授業では、新星誕生の現場であるオリオン大星雲、我々の銀河に最も近いアンドロメダ銀河、False Kiva 遺跡から見る天の川などの映像を用いながら、古代の人々が夜空の星々を眺めながらこの世界の成り立ちに思いを馳せたように、21世紀を生きる我々も宇宙を意識の射程に捉えることで、そうした人類の知的ベンチャーに参加していることを伝えている。銀河系の構造や、質量差がもたらす恒星の活動の終焉の在り方の違いなど、規模の大きな話についてもやはり視聴覚に訴える教材が理解の一助となっている。また、ブラックホールや暗黒物質といった、未だその全貌が明らかにされていないトピックも、教育番組の概説的クリップを視聴することによって、受講生にとって知的好奇心を掻き立てるものとなっている。

一方、ある程度既に理解が得られているトピックについても、視聴覚教材を用いることによって新たな理解が促されている。科学技術振興機構による「JST バーチャル科学館」<sup>8)</sup>は、惑星や生命についての情報をビジュアルに訴えるかたちで効果的に、分かりやすく編集しているが、授業では「惑星の旅」、「〈進化〉って何だろう？」を使用している。「惑星の旅」には太陽系の惑星の最新映像が多く盛り込まれており、特にここ数年で急速に探

索が進んだ火星の映像は、地球との相違を考える上で刺激となっている。火星で見られるかつて水の流れた跡である河床地形や、大気中成分の違いから青く見える夕焼けの映像は、流れる水を地表に湛える地球という惑星の稀有さや、赤い夕焼けを常とする我々の意識が地球の環境に根差した意識であることを喚起する。「〈進化〉って何だろう？」は、進化が生命と環境の相互作用のうちに起こるダイナミズムであることを分かりやすく説いており、進化を単なる種のバージョンアップとしてみるような、誤った認識を正す助けとなっている。

授業終了前にはジャーナル記入の時間を設け、コメントや質問などを記入してもらい、学生各自の毎回の学習のまとめとしている。翌週授業の冒頭で幾つかのコメントを紹介し、寄せられた質問に答えた後に、授業の本題に入ることとしているが、授業担当者はこの時間を学生とのやり取りの機会と捉え、できるだけ学生の問題意識にひきつけてフィードバックするよう心がけている。こうした取り組みについて、学期末に行われる「学生による授業評価」には、「他の人がどのように考えているかを知ることができ、刺激になった」、「ジャーナルが読み上げられるせいで、参加型の授業という感じがした」といったコメントが寄せられており、「ジャーナル」という、学生からのインプットを利用した「学びのまとめ」は、授業コンテンツの復習となるだけでなく、協同の学習の場を形成する一翼をも担っていると考えられる。

配布資料としては毎回、授業の主なポイントをマインドマップのかたちで提示することで、講義の流れを追いやすくしている。また、陽子、中性子、原子核、電子といった物質構造の成り立ち、恒星、惑星、衛星の定義、有性生殖における減数分裂の仕組みなどといった、ごく基礎的な知識についても、配布資料を用いながら改めて解説した上で講義している。授業が開講される秋学期にはノーベル賞受賞者の発表が重なるが、受賞内容に関する新聞記事も配布資料として役立てている。2002年には小柴氏によるスーパーカミオカンデを用いたニュートリノの観測、2008年には南部、小林、益川氏によるCP対称性の破れの発見が受賞対象となったが、そうした天文学、素粒子物理学に関する記事を理解できるようになることについて、学生は素直に喜びを表現している。科学に関する記事を以前ほど臆せず、読むようになったというコメントも、ジャーナルを通して寄せられている。

## 4. 学習意義と学生の反応

スウィムはビックバン理論をベースに、およそ 135 億年前、無から始まったこの宇宙の在り様を、「複雑化」、「自己組織化」、「共同体の形成」、「多様性」、「創造性」といった概念を用いて説明することで、宇宙の進化と地球という惑星におけるいのちの営みとを繋いでいる<sup>9)</sup>。また、僅かな差が大きな変化を生む、宇宙史における「臨界点」に焦点を当てることで、我々の意識に根強く残るニュートンの定常宇宙観を覆し、その開闢から今も膨張を続けている宇宙の進化のダイナミズムを説いている。スウィムが目指すのはビックバン理論やそれに関わる科学的事実の伝搬ではなく、20 世紀に入ってから確認された数々の科学的発見を繋いで、宇宙を「物語」として広く一般に紹介し、それによって人々の宇宙に対する意識を喚起することにあるが、この授業でも単に出来事を暗記するのではなく、自らの体験や在り方に引きつけて「宇宙」を考えることを学生に期待している。

高校までの教育、あるいは大学生となった後も、学生の多くは「学ぶことの意義」を考える暇なく、既存の学問領域・科目群に沿って知識を詰め込むことを習慣としているように思われる。しかし、あまりなじみのない領域に足を踏み出す折には、学びの目的や方向性がある程度自覚され、学びへの動機づけがされていなければ持続性のある学習は達成できない。授業初回冒頭では宇宙論を学ぶことの意義について講義しているが、そこでは次の3点に焦点を当てている。

### 4.1 知識の統合と「意味」の創出

我々の宇宙がどのような過程を経て現在に至ったのかを学ぶことは、天文、地学、化学、物理、生物、環境、哲学など、これまで個別に学んできた事柄が関連付けられるきっかけとなる。

一点から始まり、空間を押し広げながら、そのうちに光と熱を湛えた宇宙が、膨張を続けながら冷却化していく過程で粒子・反粒子が生み出され、僅かな差で物質比が勝っていたことで、やがて物質が安定して存在する宇宙となる。6種のクォークから水素、ヘリウムが生まれ、重力波の妙によって水素・ヘリウムガスから銀河、恒星が形成される。恒星の活動によって炭素、酸素、ネオン、マグネシウム、アルミニウム、硫黄、鉄など、それまで宇宙に存在しなかった物質が生み出され、またスーパーノバがもたらした重元素は、その複雑な電子軌道をもって他の物質を引きつけ、惑星



系の形成を可能とする。そうした惑星系の一つである太陽系に水を湛えた地球という惑星が生まれ、いのちの営みが始まる。

個々の出来事が繋がれることで、それらのイベントが「今」にどう影響しているのか、その意味が見出され、学生は知識を統合するチャンスを得て、「学び」を自分自身や自分を取り巻くすべての存在と直結したものとすることができる。受講生からは、下記のようなコメントが寄せられている。

- ・原子核、電子、原子については高校で勉強したが、その時はこんなことを勉強して何の意味があるのだろうかと思っていた。今日の講義を聞いて、クォークが基盤となって陽子、中性子、さらに原子核、原子が誕生したからこそ、今日生命が存在すると気づき、自分の存在と密接に関わっていることを改めて理解した。
- ・宇宙誕生直後に宇宙の基本的力が4つに分化し、3分後に強い力によって原子核が、さらに30万年後に電磁気力によって原子が成立したと知り、私たちの体や、私が握っているボールペンを構成するものたちが、想像もできないほど長い年月をかけて生成されてきたことを思うと、とてつもないロマンを感じる。私たちが今この空間、この時間に存在することの意味も、もしかしたらこの時、決まったのかもしれない。30万年の間、その役割が分からなかった電磁気力は何を考えていたのだろうか。それを考えると自分も気長にやっっていこうという気持ちになる。

## 4.2 「相対性」、「関係性」の理解

ビッグバン理論にもとづく宇宙観をストーリーとして学ぶことは、全てのものが共通の起源をもつことに気づき、相対的な時間のなかで「関係性」を捉えるチャンスとなる。

ビッグバンから約10億年後、銀河という大規模な構造をもつ天体が宇宙に初めて誕生する。アンドロメダ銀河は我々の銀河に最も近い銀河であるが、それでも約230万光年という莫大な距離を隔てている。今日我々が目にするアンドロメダの光は、約230万年前にアンドロメダから放たれたものだが、230万年前というのは、この地球上では我々の祖先が道具の使用を始めた時期にあたる。我々の銀河もアンドロメダ銀河も、また夜空に輝くどの天体も永遠に存在するわけではない。故にそれらが我々の視界に捉えられるとき、そこには時空を超えた出会いがある。

「宇宙」をすべての母体として物事を捉えるなら、我々はただ単にそこ

にあるものを見たり、触れたりしているわけではなく、相対的な関係の上になり立つ出会いを体験しているということが想起される。一方、「絶対時間」、「絶対空間」を前提に、「神の視点」からの観察を想定したニュートンの宇宙観では、宇宙は「背景」でしかあり得ない。観察者としての人間の視点を相対的なものとして理解し、「見るもの一見られるもの」の関係性のうちに人間を捉えることは、今後環境問題を考える上で特に重要であろう。学生たちは隠喩（メタファー）として宇宙を自身の意識のうちに取り込むことで、関係性を理解しているように思われる。

- ・夜空に輝く星も、実は既にその活動を終え、存在していないのかもしれないと思うと不思議な感じがした。巨大な星ですら星間物質の循環という、壮大なシステムに連なるものだと考え、身震いした。人間のもつ悩みや苦しみがちっぽけに感じられ、気力が湧いてきた。
- ・恒星の活動について知り、感動した。外部からの圧に耐え、自らを燃やしてエネルギーを放出しているという、激しい活動をしているとは今まで知らなかった。自らを燃やす方法を自分も知りたい。
- ・恒星の活動によって生み出された物質によって人体の 90%が構成されていると知り、ジャーナルを書いている私のこの活動も、宇宙の起源から始まったエネルギーの活動の一種なのだと思えた。

#### 4.3 認識の拡大とメタコンテキストの構築

宇宙観を学ぶことはより大きな器の中で、「人間の存在」、「自分の生き方」といったものを考えてみる機会となる。人間の歴史よりも長いタイムスパンを意識し、宇宙という壮大なコンテキストを背景に、今自分がどのような時代を生きているのかを問うことは、学士課程にある青年期の若者にとって一度は考えてみるべき課題ではないだろうか。

自分にとって当たり前である地球環境を宇宙という枠組みにおいて捉えなおすなら、自分のいる場所がどのような場所なのか、その特異性が見えてくる。スイムは、「われわれが全宇宙を根本的基本にすれば、流れる水の宇宙的な意味がわかりはじめる。開花していく宇宙全体の内側にわれわれを置くことによってのみ、平凡なものごとの意味と重要性がわかりはじめる」(Swimme 1984=1988: 24-5)と説く。太陽系惑星群のうち、地表に流れる水をもつ惑星は地球だけであり<sup>10)</sup>、様々な物質の化学反応の触媒となるこの水の存在は、地球における生命の誕生、進化に大きく寄与してきた。流れる水の煌めきは可視光を捉える私たちの視力によって、そのさ

ざめきは大気を伝わる特定の音波を捉える聴覚によって知覚される。濃硫酸の大気をもつ金星には可視光は届かないし、無論、流れる水もない。私たちがもし他の惑星に生きる生命体であるならば、その惑星の環境に適した身体構造、知覚機能、意識を発達させることになる。

酸素呼吸、ミトコンドリアによるエネルギー生産、食物連鎖、有性生殖などは、我々人類も恩恵を受けている原始生命体からの遺産であるが、これらは地球環境を変容させつつ、そうした環境変化に創造的に対応してきた生命の、環境と相互作用する能力の賜物である。人類も地球という惑星の環境に根づいた意識をもつ生命体であり、環境と相互作用する能力を用い、臨界点にあってニッチを開拓する可能性を秘めている。受講生は自らと地球、生命の関わりについて、下記のような解釈を試みている。

- ・今日は地球を含む太陽系について学んだが、正直こんなに面白いと思っていなかったため、衝撃を受けた。太陽からの距離、惑星自体の質量が、それぞれの惑星環境を大きく変えている。もし地球でなかったら、私たちは人間として、あるいは生き物として存在していなかったかもしれない。ヘリウムやアンモニアだったかもしれない。そう考えると地球に生命が存在すること、そして自分が人間として地球に生まれたこと確率がものすごく稀なものに思えた。
- ・突然変異の多くは目に見えてははっきりと現れるわけではないが、タイミング良くその環境状態に合えばニッチを開拓する。原始生命体と人間の共通点を見た思いがした。原始生命体とその生態系のなかで自分の占める位置を開拓するのと、人間個人が社会において自分の特性を活かして存在価値を高めることが似ているように思えた。

## 5. 人文・社会科学系学生への科学教育

以上の論を踏まえ、ここでは人文・社会科学系の学生が科学教育を修める際に強調されるべき点について、1) パラダイム、2) デイテール、3) ストーリーをキーワードに、学生からのコメントも交えて論じてみたい。

### 5.1 パラダイム、及びパラダイム・シフトの理解

いずれを専門領域とするに関わらず、学生は科学教育を通して「パラダイム」という概念を理解する必要がある。「パラダイムの転換」はいずれの学問領域においても起こりえる事象であるが、科学—所謂ハードサイエ

ンス一ほど、その影響が顕著に現れる領域はない。T・クーンの『科学革命の構造』(Kuhn 1962=1971)は、一般に科学的・客観的事実として捉えられている事象も、学術的・社会的に広く認められた、ある限定をもった思考の枠組みを通してのデータ収集・解析に依るものであることを明らかにしたが、人類の知の集積・体系化とパラダイムの関連を、人文・社会科学系の学生も科学教育を通して理解すべきであろう。

思考の枠組みとしてのパラダイムが変容するならば、問題提起の仕方、データ収集・解析の方法も当然変容する。仮説立証は理論形成のためにむしろ重要であるが、立証を妨げるデータと向き合うことは、新しいパラダイムの構築につながる。エンタープライズとしての科学、及び科学領域におけるパラダイムの転換について理解することは、いずれの領域を専門とするにせよ、方法論の問題を問う上で重要であろう。問題を生み出した元凶である思考の枠組み自体を顧みずに問題解決を試みるならば、状況は深刻化の一途を辿ることになる。人類が現在直面している環境問題を例に挙げても、既に機能不全に陥っている「経済成長」を前提としたパラダイム自体を顧みず、「自然」や「市民」<sup>シチズン</sup>を企業によって使用されるのを待つソースとしてしか見ないのであれば、人類が瀕している臨界点を創造的に超えることはできない。

「パラダイム」という概念を理解することは学生にとって、自身の理解の範疇を超えない、分かるようにしか分からないという状況を打破することにつながるように思われる。「宇宙観の変遷」、「無」、「暗黒物質」について、受講生は下記のようなコメントを寄せている。

- ・「人は見ようとするものしか見ない」というように、古代、中世の宇宙観はその時代の人たちの考えられる範囲に留まっている。今の宇宙観も、科学の発達によって観測できるギリギリの線から構想されているのだと分かった。
- ・これからも宇宙観が変わる可能性があるという事実を面白いと感じた。今まで「答え」を疑うことなんてしたことがなかったけれど、答えが必ずしも永遠の正解ではないと思った。
- ・「無」という言葉からはただ単に何もない、始めも終わりもない、ということ想像していたので、考える必要のないものと考えていた。だから無から何かが生まれるという話を聞いて驚き、無に対する認識が変わった。
- ・暗黒物質の話で、人間が観測できる物質は実際に存在する物質の約1

割程度に過ぎないと聞いて驚いた。私たちは目に見えるもの、聞こえるものをすべてだと思いがちだ。暗黒物質について考えるとき、より大きな枠組みで捉えることが求められているように思う。

パラダイムは科学を推進させる理論的フレームワークであるとともに、その時代の人々によって支持・保持される社会的構築物でもある。絶対的であると考えられがちな「理論」が、どのような前提条件下で有効であり得るのか。学生はパラダイムを考察することで理解する必要があるだろう。

## 5.2 科学的発見のディテールの理解

「パラダイム」という枠組みを把握した上で、個々の事象に関わるディテールを伴う情報と向き合いことは、文脈を意識する「ナラティブ思考」と、事象の詳細を考え抜く「論理—科学的思考」の連動という、ブルーナーの提唱する豊かな学びを可能にすると考えられる。学生にとってそれは、雑駁な理解を超えて自分なりの見識を構築することにつながる。

授業では、宇宙史における「臨界点」を繋ぐことで物語のプロットを紡ぐため、その全容の理解のためには僅かな差が大きな変化、ひいてはパラダイムの変容をもたらす臨界点についての、ディテールを伴った理解が必要となる。宇宙開闢直後のインフレーションによって起きたエネルギー分散のムラ、10億プラス1対10億という粒子—反粒子の微妙な比率、宇宙の収縮も物質の拡散も起こさない膨張速度の妙、恒星内部でおこる陽子、中性子といったマイクロなレベルでのエネルギー変換である核融合、10億年間保たれてきた21%という地球大気中の酸素濃度、遺伝子のランダムな組み換えによって「種」のうちに多様性をもたらす有性生殖のしくみ等について、改めて得られた理解を学生は「神秘」、「奇跡」、「デリケートなバランス」といった言葉を用いて表現している。

臨界点で引き起こされる変容のダイナミズムが理解されるとき、存在、いのちへの畏敬の念が呼び起こされる。その人なりの死生観、倫理観が喚起されている様が、ジャーナルからは窺える。

- ・（粒子—反粒子の対消滅、対生成の終焉という）臨界点において、宇宙はこれから先の未来に期待し、物質を僅かに多くしたように思う。我々はいわば、宇宙の未来を託された物質の子孫である。地球の危機が叫ばれる今こそが、我々人類が決断を求められている臨界点といえる。
- ・恒星の活動にもいつかは終わりが来ると知り、絶対普遍の真理のよう

なものを感じた。存在するものにはいつか必ず終わりが訪れるということなら、宇宙にも終わりがあるのだろうか。宇宙は生まれたときから存在と非存在の狭間を漂ってきた。もし臨界点で宇宙が終わっていたら、こういうことを考えることもできない、というか、こういうことを考える自分も存在しない。

- ・無性生殖による生命体は、種のすべての個体が同じだから「死」は存在しない。けれど、だからと言って無性生殖に戻りたいとは思わない。そう考えると死にも意味があり、死を意識しながら生きることは人間にとって重要なことなのだと思う。

上記のように表現される学生の死生観、倫理観が、どのような深みをもつものなのかをジャーナルのみから窺い知ることはできない。しかし、宇宙史、生命誌における幾つかの出来事の詳細を理解することで、それまでとは異なるレベルで自己の存在の稀有さ、自分のうちにも宿る生命の英知について思考するチャンスを得、よく生きるとは、唯一無二の自分を生きるとは、といった問いに彼らなりに向き合っているように思われる。

ある学生は「〈人間社会で生きること〉と〈一つの生命として生きること〉の違いが分かった気がした」とジャーナルに記しているが、宇宙・地球・生命というより大きな文脈を自分の意識のうちに置くことは、様々な状況で倫理的判断が迫られる折に、より広い視野から複数のオプションを射程に入れることを可能にするように思われる。

### 5.3 ナラティブ思考による視座の確立

宇宙や天体を擬人化したり、驚きや感動をそのまま伝える学生のコメントに触れ、情緒的でとても「科学」に向き合う態度ではない、と眉をひそめる方もあるだろう。確かにこれまでに築かれた知の体系から甚だしく外れた、科学的事実の拡大解釈には注意を払うべきだろう。その一方、学生たちが自身となんなら接点を結べないまま、科学基礎知識の羅列を記憶する学習に辟易しているのもまた事実である。彼らにとってこれまで学んできたこと、あるいはこれから学ぼうとすることがらの「意味」が感じられることは非常に重要であり、その意味において、事象が繋がれることでプロットが形成され、それによって各出来事に意味が付与される「物語」という、太古から存在する教授法は有効であるといえよう。

いうまでもなくここで重要なのは「ストーリー」の暗記ではなく、各自が学習者として能動的に出来事を繋ぎ「意味」を紡ぎだすことにある。学

生は下記のような出来事の関連付け、意味づけを行っている。

- ・今の宇宙が存在するためには、インフレーションによる熱分散のムラや、10億プラス1対10億という粒子と反粒子の微妙な差異が必要だった。生命の世界でもムラや混沌から秩序が生み出されるという説があるが、それは宇宙誕生から受け継がれていると思った。
- ・恒星の死によってできた物質が星間分子雲にまぎれ、次世代の原始星が誕生し、またその周辺で重元素によって惑星が誕生する。この流れは植物が枯れて土に還り、また他の植物の栄養になる、という流れと同じだと思った。

知識・情報を主体的に統合することで意味の創出を可能にするナラティブ思考は、学習者が自身のパースペクティブの礎を構築する上で重要な役割を果たすように思われる。様々な領域での知見を統合しながら、「物語」として宇宙を学ぶことの意義を、学生は次のように記述している。

- ・壮大な宇宙の歴史を知ることによって、今までバラバラに記憶されてきた単語のひとつひとつの本当の意味を知ることができたと感じている。流れをつかんだ上で個々の出来事を学ぶことで理解しやすかったし、理解できて嬉しかった。
- ・これまで関連性が見えず、個別に学んできた宇宙、惑星、生命、人類に関することが、関連をもって全く異なる視点から見られるようになったことは、自分にとって大きな意識改革であり、そうした意識の変化こそが、ひとつつながりの流れとして宇宙を学ぶことの意義だと思う。

各領域で練られた知見を統合し、宇宙・地球・生命を複合的視点から検討し、新しいストーリーを紡ぐ時期に我々は来ているのではないだろうか。J.ダイヤモンド(Diamond 1997=2000)は、インドネシア、ニューギニア等での33年にわたるフィールド調査をベースに、進化生物学者として人類社会の歴史を科学的手法で説明し、人類間に地域格差をもたらしたその要因を『銃・病原菌・鉄』にまとめている。領域横断型のアプローチをもって、これまでにない角度から人類史を紡ぐこのような手法は、「進化」、「進歩」、「発達」といった概念の定義をラディカルに変革するであろう。

## 6. おわりに

D.ポーキングホーン(Polkinghorne 1988)は、物語が備える「世代継承性」について、「ナラティブは歴史的体験を(現在に)開示するとともに、個人の

歴史を超えた共同体の歴史を作り出す。ナラティブは現代人同士のコミュニケーションのみならず、先駆者と後継者をとりのつものであり、(そのような過去と現在の対話は) …共同体の行方を左右するものである」(1988: 134) と述べる。20 世紀以降、我々の世界観、生命観を揺るがす数々の科学的発見がなされたが、それらが生命共同体の「可能性」を切り開く力となるようなかたちで次世代に受け継がれていくためには、人類、及び個人にとって科学的発見の「意味」が理解されるような教授法が不可欠であるように思われる。

物語には過去を想起させるとともに、未来の可能性を喚起する力があるが、それは聞き手と語り手の相互交換の場があって初めて可能となる。宇宙論の授業でも、受講生の真摯な興味・関心、感性豊かで洗練された思考、物おじしない真っ直ぐな問いかけに支えられて、相互交換の場が成立してきた。これまでの受講生の熱心な授業参加に感謝して、本論考を閉じたい。

## 注

- 1) スノーの講演は同年『エンカウンター』誌に掲載された後、翌 1960 年補筆されたものがケンブリッジ大学から出版された。
- 2) 「自己」を関係性のうちに捉える視点については、Sullivan (1953)、Gilligan (1982)、Naess (1989)らを参照。
- 3) アメリカ心理学の非歴史性については Cushman (1990)を参照。
- 4) 米国の一般市民を想定とした米国科学振興協会 (AAAS) のプロジェクト「Project2061」がモデルとなっている。研究代表者、北原和夫 (国際基督教大学教養学部教授)。
- 5) 最終報告書は <http://www.science-for-all.jp/minutes/index6.html>にて閲覧可。
- 6) 宇宙論の変遷については Ferris(1988)等を参照。
- 7) 宇宙の成り立ちについては Weinberg (1988=1995)、Hawking (1988=1989)、Barrow (1994=1996)、生命、生命誌については Margulis(1999=2000)、中村 (2000)、福岡(2007)等の著書を紹介している。
- 8) <http://jvsc.jst.go.jp/>を参照。
- 9) 「自己組織化」、「複雑系」については Kauffman(1995)、宇宙史と生命誌を繋ぐ試みについては、Bryson(2003)、Chaisson(2005)等を参照。
- 10) 木星の衛星エウロパは水の表面下に海水を湛えており、火星の地表や土星のリングでも氷が観測されているが、地表に水を湛える惑星は、地球を除いて未だ発見されていない。



## 参考文献

- Barrow, John D., 1994, *The Origin of the Universe*, New York: Basic Books. (=1996、松田卓也訳、『宇宙が始まる時』草思社。)
- Bruner, Jerome S., 1986, *Actual Minds, Possible Worlds*, Cambridge, MA: Harvard University Press. (=1998、田中一彦訳、『可能世界の心理』みすず書房。)
- Bruner, 1990, *Acts of Meaning*, Cambridge: Harvard University Press. (=1999、岡本夏木、仲渡一美、吉村啓子訳、『意味の復権：フォークサイコロジに向けて』、ミネルヴァ書房。)
- Bryson, Bill, 2003, *A Short History of Nearly Everything*, New York: Broadway Books. (=2006、楡井浩一訳、『人類が知っていることすべての短い歴史』NHK 出版。)
- Chaisson, Eric, 2005, *Epic of Evolution: Seven Ages of the Cosmos*, New York: Columbia University Press.
- Cushman, Phillip, 1990, "Why Self is Empty: Toward a Historically Situated Psychology," *American Psychologist*, 45: 599-611.
- Diamond, Jared, 1997, *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*, New York: W.W.Norton & Company, Inc. (=2000、倉骨彰訳、『鉄・病原菌・銃：1万3000年に渡る人類史の謎』草思社。)
- Ferris, Timothy, 1988, *Coming of Age in the Milky Way*, New York: Doubleday.
- 福岡伸一、2007、『生物と無生物の間』講談社現代新書。
- Gilligan, Carol, 1982, *In a Different Voice: Psychological Theory and Women's Development*, Cambridge, MA: Harvard University Press. (=1986、岩男寿美子監訳、『もう一つの声—男女の道德観のちがいと女性のアイデンティティ』川島書店。)
- Hawking, Stephen W., 1988, *A Brief History of Time: From Big Bang to Black Holes*, New York: Bantam Books. (=1989、林一訳、『ホーキング、宇宙を語る—ビッグバンからブラックホールまで』早川書房。)
- 科学技術の智プロジェクト、2008、「21世紀の科学技術リテラシー像—豊かに生きるための智—プロジェクト総合報告書」。  
(<http://www.science-for-all.jp/minutes/download/report-sougou.pdf>, 2009.10.12)
- Kauffman, Stuart, 1995, *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford: Oxford University Press. (=1999、

- 米沢富美子訳、『自己組織化と進化の論理—宇宙を貫く複雑系の法則』日本経済論理新聞社。)
- Kuhn, Thomas S., 1962, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: The University of Chicago Press. (=1971、中山茂訳、『科学革命の構造』みすず書房。)
- Margulis, Lynn, 1999, *Symbiotic Planet: A New Look at Evolution*, New York: Basic Books, (=2000、中村桂子訳、『共生生命体の30億年』草思社。)
- Naess, Arne, 1989, *Ecology, Community, and Life Style: Outline of an Ecosophy*, Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- 中村桂子、2000、『生命誌の世界—生命40億年の歴史に私たちの未来を探る』NHK出版。
- Polkinghorne, Donald E., 1988, *Narrative Knowing and the Human Sciences*, Albany, NY: State University of New York.
- Snow, Charles P., 1964, *The Two Cultures (2<sup>nd</sup> edition)*, Cambridge, MA: Cambridge University Press (=2000 第3版2刷、松井卷之助訳、『2つの文化と科学革命』みすず書房。)
- Sullivan, Harry S., 1953, *The Interpersonal Theory of Psychiatry*, New York: Norton.
- Swimme, Brian, 1984, *The Universe is a Green Dragon: A Cosmic Creation Story*, Santa Fe, NM: Bear & Company, Inc. (=1988、田中三彦訳、『宇宙はグリーンドラゴン—ビックバンは地球に何をたくしたか』TBSブリタニカ。)
- Swimme, Brian, & Berry, Thomas, 1992, *The Universe Story: From the Primordial Flaring Forth to the Ecozoic Era, Celebration of the Unfolding of the Cosmos*, New York: HarperCollins Publishers.
- Thuan, Trinh Xuan, 1992, *Le destin de l'Univers: Le big bang, et après*, Paris: Gallimard. (=1995、チン・ズアン・トゥアン著、佐藤勝彦監修、『宇宙の起源』創元社。)
- Weinberg, Steven, 1988, *The First Three Minutes*, New York: Basic Books. (=1995、小尾信彌訳、『宇宙創成はじめての3分間』ダイヤモンド社。)