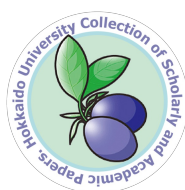




HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	非専門家の問いの特徴は何か？ それは専門家の眼にどう映るか？
Author(s)	齋藤, 芳子; 戸田山, 和久
Citation	科学技術コミュニケーション, 10, 3-15
Issue Date	2011-12
DOI	https://doi.org/10.14943/53155
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/47775
Type	departmental bulletin paper
File Information	JJSC10_001.pdf



非専門家の問いの特徴は何か？ それは専門家の眼にどう映るか？

齋藤芳子, 戸田山和久

What are the Characteristics of Non-expert's Questions? And How do Experts Feel about Them?

SAITOH Yoshiko, TODAYAMA Kazuhisa

Abstract

Questions raised by lay persons in relation with the Universe were investigated to clarify what they want to know and which aspects of the questions tend to embarrass experts trying to answer them. The seventy percent of questions are about the whole Universe or celestial bodies. In terms of the whole Universe, the beginning, the end, the edge, and the difference from everyday space are the frequently asked. Throughout the raised questions, the mechanisms, origins, and futures are featured rather than definitions or status. Experts are confused when they find questions unexpected or hard to answer. The unexpected questions are based on everyday experiences or misunderstandings, and the questioners point out contradictions among the information through logical extrapolation. The hard questions are with less considerations on whether they are answerable by science. Some of them are neglecting how science is done or what does science target for, while the others are scientific but difficult to answer with the current status of science. The results imply that embarrassing questions from lay persons are the important opportunities to deepen the two-way science communication.

Keywords: science communication, public's interests on science, the Universe, two-way communication, gap between experts and non-experts

1. はじめに

1.1 研究の目的と背景

近年, 研究者と一般の人々とは科学に関してコミュニケーションを行う機会は確実に増えているとされ(小林 2007, 加藤ほか 2007), 「市民参加」や「双方向性」というコンセプトが強く意識されるようになってきている¹⁾. しかし, それらの活動は研究者や科学コミュニケーターといった専門家の側で企画され, 取り上げられる科学技術のトピックスもまた専門家によって選定されている場合が多い²⁾. 企画段階における「市民参加」やトピックス選定における「双方向性」は, これまでほとんど意識されてこなかった.

このような状況にあっても, 人々が, 研究者の提供する話題から研究者の意図や研究の背景をとらえて「適切に」質問するならば, コミュニケーションは円滑に進むであろう. しかし, それでは「参

2011年9月15日受付 2011年12月3日受理

所 属: 名古屋大学

連絡先: saitoh@cshe.nagoya-u.ac.jp

加型」や「双方向性の」科学コミュニケーションとは言えない。適切な質問ができるように一般の人々の科学リテラシーを高めればよいとする考え方は「欠如モデル」として批判されたことを受けて「参加型」や「双方向性」が重視されるようになったのではなかっただろうか。

では、一般の人々に自由に問いを立ててよい場を提供したら、何が起きるのか。これを検証できる事例として「宇宙100の謎」プロジェクトがある。2006年に始められた「宇宙100の謎」プロジェクトは、まず専門外の人々から宇宙に関する質問を集めることからスタートした³⁾。企画自体は専門家の掌中にあったが、トピックスの選定を専門外の人々に委ねたのである。プロジェクトには約1000件の質問が寄せられ、そのなかには回答にあたる大学教員および大学院生を当惑させるようなものも含まれていた。

当惑は必ずしも悪いことではなく、コミュニケーションの円滑さを妨げるものとして予め排除すべきとは限らない。むしろ、双方向性を高め、より深い科学技術コミュニケーションを行う重要な契機になりうるのではないかと考えることができる。

以上の問題意識をもとに、本研究では、「宇宙100の謎」を足がかりにして、「非専門家」である一般の人々が自由にたてた問いが「専門家」の眼にどのように映り、その際の違和感は何に起因するのかを明らかにすることとした。この分析に基づき、「専門家と非専門家のギャップ」と称されるものの本質について検討するとともに、双方向科学コミュニケーションの充実のためにいかなる示唆を導きうるかを考察した。

1.2 先行研究

人々が一般に科学の何を知りたいのかについて、先行する研究はさきめて少ない。国内では、「科学技術と社会に関する世論調査」(内閣府 2010, 調査は数年ごとに実施)において、科学技術について知りたいことを知る機会や情報を提供してくれるところは十分にあるかどうか、知りたい分野は何か、などが尋ねられているが、知りたいことの具体的な内容については不明である。ただし、人々が知りたいことが把握できていないという事実そのものは認識されており、たとえば『エネルギー白書 2010』(経済産業省 2010)には「国は、まずエネルギーに関する国民の知りたい情報は何かを把握するために、広聴(考えの把握)を行い、それを基にして……(中略)……情報の積極的な公開や分かりやすく目に見えるエネルギー広聴・広報活動に努めることが重要」という表現が見られる。

ファルチュッティら(Falchetti et al., 2007)は、ローマ動物学博物館に寄せられた質問を分析した。純粋な好奇心に基づく質問よりも宿題のためや日常生活上の知恵を得るためなどの実用的質問が多いことや、分野による傾向の違いがあることを見いだした。さらに、回答に期待される内容により質問を3つに分類した。具体的には、「～とは何か」、「～の状態は」といった形の「情報(information)」を期待する質問、「なぜ～なのか」、「～と言うがどのように理解したら良いか」といった形の「説明(explanation)」を期待する質問、「～は本当か」、「どのようにして～が解ったのか」という形の「正当化(validation)」を期待する質問、という3分類である。その結果、「情報」が61.5%、「説明」が23.0%、「正当化」が15.5%であることなどが述べられている。

ファーマム(1992)に代表されるような、非専門家の理解の仕方についての研究は、心理学に蓄積がある。たとえば、サービンら(Sarbin et al., 1960)は、非専門家における信念の発生について①経験とそこから帰納、②観察からの解釈あるいは推論および演繹、③特別な出会いから導かれた類推や推定、④権威や他者やメディアの考え方の受容、の4つを挙げている⁴⁾。

帰納なり演繹なりが当人にとって満足いくものであれば質問は「正当化」を求めるものになり、うまく信念が形成できなければ「説明」を求めることになり、そもそも帰納や演繹をするに足る知識がないと気付けば「情報」を求めるのではないかと推測され、前述のファルチュッティらによる

質問の種類と関係づけて考えることができる。

これらの研究は、非専門家が抱きがちな疑問の研究として価値があるが、そうした質問が専門家の眼にどのように映るのかについては射程外であり、科学コミュニケーションそのものが論じられているわけではない。

一方、対象を児童生徒に限れば、学習者の興味関心をひいて学習意欲を高める意図により、質問や疑問について研究の蓄積がある。国内では、子どもが持つ問いの分類（堀 1959など）に始まり、問いの種類（疑問詞）と既存知識量との相関が主張される（岩田 1991）などしている。興味関心がどのように発展するのかを高校生を対象に検討した文献（水間・麻生 2005）では、疑問を持つか否か、疑問をもったときに解決したいと思うか否か、自身で解決しようとするのか否か、その先に問いの発展があるか否か、というように段階にそって分類している。とくに理科好きな子どもについては、解決型（与えられた問いを解くのみ）、雑学型（知ることが好きで全て先生に聞く）、体験型（本で調べるよりも体験したい）、趣味型（没頭して自分の手で解きたい）、手段型（目的がある）といった類型を提示している。

このような教育現場における知見は、学習者の変容を促すことを目的としてある種の「欠如」を指摘したり変容の過程を追ったりするものである。教育においては欠如モデル型のコミュニケーションをある程度前提とせざるを得ない。本研究は、双方向コミュニケーションの場で生じる専門家と非専門家のずれを解析しようとしており、分析の視点が異なる。

2. データ収集と分析の方法

2.1 データ収集の方法

「宇宙100の謎」の質問募集は2006年7月から2007年1月にかけて行われ、郵便ならびに電子メールにより受け付けられた。広報としては、①ホームページ立ち上げ（<http://www.a.phys.nagoya-u.ac.jp/100nazo/>）、②全国の科学館および県内の小・中・高等学校へのポスター、チラシ、応募葉書の配付、③公開講演会等における募集告知が実施された。③の場合には、現地で直接に手渡された質問もある。広報に用いられたリード文は以下のようなもので、回答者として天体物理学者のほか文学研究者、科学哲学者、科学館学芸員が付記された。

宇宙は不思議にみちています。
だから宇宙はいつも、
私たちの心をひきつけます。
私たちはだれでも、
宇宙について知りたい「謎」を持っています。
そんなあなたの「謎」を教えてください。
プロジェクト「宇宙100の謎」は、
あなたが参加してつくる宇宙の質問箱です。

寄せられた葉書やメールは1000通近くあったが、講演会等において収集した場合は質問が講演内容に関連するものに偏る可能性があるため、本研究における分析対象は郵便ならびに電子メールにより寄せられた約750通に限定した。また、1通に複数の質問を記載したものがあったため、対象となる質問総数は980件となった。

2.2 質問の科学的主題についての分析

まず、質問の科学的主題について検討した。その際、質問と同時に記入してもらった「なぜ質問

を思いついたか」の内容を併せ見て、それぞれ分類名を仮に与え、最後に全体を精査しなおして分類を決定した。

寄せられた質問の特徴を把握するため、比較対象を選択した。条件は、(1) 宇宙に関する一般向け書籍、(2) 「宇宙100の謎」プロジェクトによる書籍『珍問難問 宇宙100の謎』と同時期に刊行、(3) Q&A形式またはそれに近いトピックス提示形式で書かれていること、の3つである。この条件に合致した荒船(2008) および渡部(2008) の2点を比較対象とし、それぞれの質問／トピックスを上述べた科学的主題の分類にしたがって振り分けた。

2.3 回答に期待される知識の性質についての分析

まず、回答不能な質問を除外する作業を行った。たとえば、意見・自説を提示しているだけのものや火の玉・UFOの目撃談の記載だけのものなど、質問の形をとっていないものがあつたため、除外した。ほかに、死後の世界などの宗教的質問で宇宙との直接的関連がないもの⁵⁾についても除外した。これにより、以降の分析対象となる質問は951件に絞り込まれた。

この951件について、前述のファルチェッティら(2007)による分類、「情報」「説明」「正当化」によって分類した。この3分類では他の2冊との違いが十分に明確にならなかったため、下位分類を独自に設けて更なる分析を行った(上位分類と下位分類の対応は3.2参照)。このとき、複数カテゴリーの選択を許容した。比較対象の書籍に収録されたものについても、同様に分類した。

2.4 専門家が戸惑ったり気にかけてりする質問についての分析

「宇宙100の謎」に関わっていない宇宙物理学、天体物理学分野の研究者2名の協力を得て、個々の質問に対する印象を尋ね、その内容をもとにして「専門家」が思いつかない質問や答えにくい質問を抽出した⁶⁾。1名は理論系、もう1名は実験系であった。いずれも准教授に昇進して2年未満の研究者であり、公開講演や一般向け書籍の執筆の経験を有している。

抽出された質問について、「なぜ質問を思いついたか」の内容と併せながら質問の文脈を特定し、どのような傾向にあるかを考察した。

3. 分析結果と考察

3.1 質問の科学的主題についての分析

「宇宙100の謎」に寄せられた質問の科学的主題は8つのカテゴリーに分類された(図1参照)。「天体」に関する質問が39%でもっとも多く、次いで「宇宙全体」が33%となった。この2種類で7割強を占めており、残り3割弱は「生命」(8%)、「観測・宇宙開発・天文学」(7%)、「文化・宗教・哲学」(5%)、「物理的概念・理論」(4%)、「物質」(2%)、「超常現象・意味不明」(2%)の6種類である。

この科学的主題の分布を、他の書籍と比較した(図1参照)。他の書籍では「観測・宇宙開発・天文学」

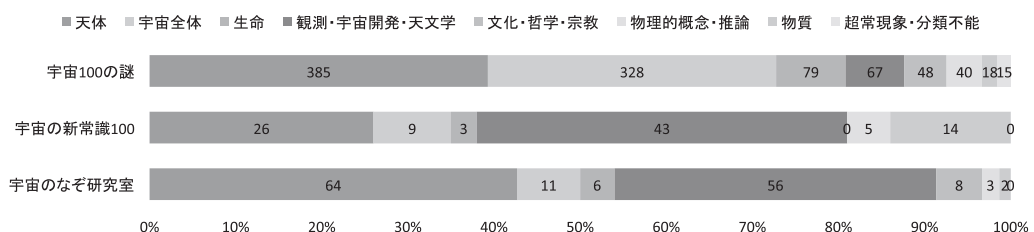


図1 「宇宙100の謎」プロジェクトにおける質問の科学的主題の分布

がより多く、「宇宙全体」はそれほど多くない。「宇宙100の謎」に寄せられた質問には、主題の分布に大きな偏りが見られる。宇宙の始まりと果て、ブラックホール、宇宙人などに関する質問が多く、暦、太陽系の起源、天球上での天体の動きなどは少ないという傾向がみられた。また「超常現象・意味不明」がわずかながらも見られたのは「宇宙100の謎」のみである。

ただし、比較対象の2冊は1問1件であるが、「宇宙100の謎」の場合は同じ質問が複数寄せられることがあり、それらを累積している。質問数のトップ6件は以下のとおりである。

1. 宇宙に果てはありますか？その先には何がありますか？ [89通]
2. 宇宙人はいますか？ [55通]
3. 宇宙の大きさはどのくらいですか？ [28通]
4. ビッグバンが起こる前の空間には何があったのですか？ [27通]
5. ブラックホールに吸い込まれるとどうなるの？ [24通]
6. なぜ宇宙には重力がないのですか？ [20通]

3.2 回答に期待される知識の性質についての分析

回答がもたらす知識の種類については、「情報」が半数以上、「説明」が3分の1程度、「正当化」が1割強となった（図2参照）。この分類においては他の書籍との大きな違いは見られず、「説明」が少し多いという程度である。先行研究の項で述べたファルチェッティら（2007）の研究と比較すると、「宇宙100の謎」においては「説明」を求める質問の割合が多く、そのぶん「情報」と「正当化」が少なめになった。

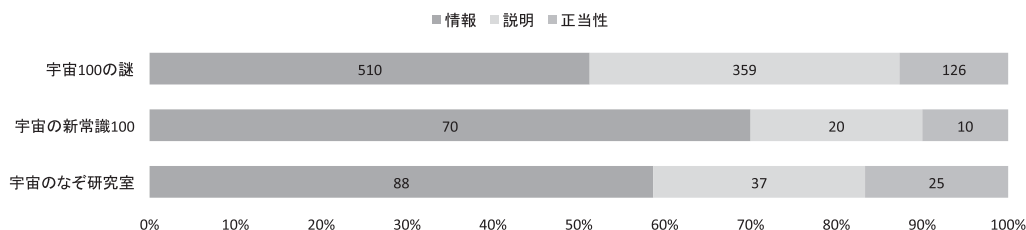


図2 宇宙に関するQ&Aにおける質問の科学的主題の比較

独自に設けた下位分類を用いた場合の結果を図3に示す。上位分類と下位分類の対応は、「情報」が「本質・意味」「状態」「結論・未来・影響」,「説明」が「メカニズム・由来」「直感的理解方法」「目的・機能」,「正当化」が「根拠・方法」「オーソライズ」である。「宇宙100の謎」においては、本質や語義を問う質問が少なく、メカニズムや由来を問う質問が多いという傾向が現れている。

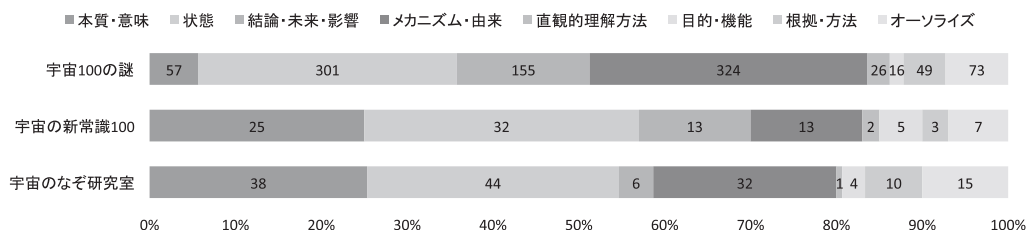


図3 宇宙に関するQ&Aにおける質問が期待する回答の種類の比較

3.3 専門家が「特徴的」と感じる質問の傾向

寄せられた質問について、プロジェクト外の天体物理学者2名に印象およびその他のコメントをもらった。以下には、その内容を (i) 質問そのものの性格についての事柄と (ii) 回答にあたっての印象にかかわる事柄に分けて、その特徴、傾向を分類して示す。質問文の文法的誤り等は適宜修正してある。

表1 専門家が「特徴的」と感じる質問の分類

(i) 質問そのものの性格による分類	いい質問 (i-1)
	・論理的に情報を組み合わせて矛盾をつく（たとえ知識不足があったとしても） ・研究の最先端と同じ問い（「講演会でもたまにある」） ・試験問題として出せるような科学においては基本的な問題 ・自分では思いつかない：日常感覚の延長や視点の転換など
	よくある質問 (i-2)
	・例）〇〇についてわかるように説明してください ・自身も子どもの頃に疑問に思ったことがある
	間違いをどこかに含む質問 (i-3)
	・言葉の意味を正確に認識していない ・2つのものを取り違えたり混同したりしている
	惜しい質問 (i-4)
	・はじめは論理的なのに途中からずれていく（考え方は面白い、「いい線いってる」）
	変な質問 (i-5)
	・意味がわかりにくい ・論理をこじつけていて、偏屈な印象がある
	科学の範疇を超える質問 (i-6)
	・地球科学、宇宙工学、哲学、宗教学、心理学といった天体物理学以外の領域について問う ・現代の科学知識では答えられない
	珍しい質問 (i-7)
(ii) 回答にあたっての印象による分類	答えやすい (ii-1)
	・単純な数値やメカニズムを尋ねている ・講演会などでよく質問されるので、答えの準備がある
	いちおう答えられる (ii-2)
	・確実な答えはないが、思考実験などで答えられる 例）重力がないとどうなるんですか？
	答えられない (ii-3)
	・現代の科学知識では答えられない／研究の最先端と同じ ・科学の範疇を超えている
	調べれば／他分野の人ならば答えられそう (ii-4)
	・科学史上の事実 ・地球科学、宇宙工学、哲学、宗教学、心理学といった天体物理学以外の領域
	答えるのが難しい (ii-5)
	・専門家自身がよく考えないと答えにたどり着かない
	答え方に注意を要する (ii-6)
	・例）いま私が死んだら宇宙は何が変わるのでしょうか？

質問そのものの性格 (i) としては、いい質問、よくある質問、間違いをどこかに含む質問、惜しい質問、変な質問、科学の範疇を超える質問、珍しい質問という7類型があった。回答にあたっての印象 (ii) としては、答えやすい、いちおう答えられる、答えられない、調べれば、または他分野の人ならば答えられそう、答えるのが難しい、答え方に注意を要する、という6類型が得られた。

3.4 専門家の戸惑いのもととは何か

前項で抽出された「特徴的な質問」群を参照しつつ、専門家の戸惑う質問の特徴を検討した。その結果、「専門家が答えられない／答えにくい質問 (A)」と「専門家の観点からは思いつきにくい質問 (B)」という大きく2つのグループに分類された。

「専門家が答えられない／答えにくい質問 (A)」とは、一言でいえば、科学で答えられる問いなのかという考慮があまりなされていないものであった。そのなかには科学の範囲内にいちおう収まるもの (A1) と科学を逸脱しているもの (A2) があり、後者はさらにどのように逸脱しているかによって大きく2つ、細かくは4つ (A2-1からA2-4) に分類できた (表2参照)。

表2 専門家が答えられない／答えにくい質問 (A) の分類

科学の範囲内 (A1)		原理的には科学で答えられるが、知識の現状からするとあまりに難しい問い (A1)
		・宇宙全体に生物はどのくらいいるのか
科学を逸脱 (A2)	科学における前提や文脈を無視	行き過ぎた懐疑にもとづく (A2-1)
		・星がある (外界がある) とどうやってわかるのか
		・我々が五感を通じて脳で捉えている宇宙が宇宙のすべてなのか
		どんなことにも十分な理由があるはずだという信念 (充足理由律) にもとづく (A2-2)
		・太陽と月の見かけの大きさが同じであることの意味
	科学の守備範囲外	科学が対象としている時空領域を超えた領域にはみ出す (A2-3)
		・宇宙の果て／宇宙の始まる前／宇宙以外に何が存在するのか
		存在の意味や価値の領域にはみ出す (A2-4)
		・なぜこの世に人がうまれたのか
		・宇宙の存在する意味は何か
		・いま私が死んだら宇宙は何が変わるのでしょうか

(A2-1) (A2-2) では、科学がある認識論的な前提を置いた上の営みであることが見失われている。つまり、科学には、我々の認識とは独立の外部世界がそれとしてあるだろうということは前提されている。また、すべての事実に説明を与えることはできず、いまのところ説明なしで受け入れる他はない裸の事実が常に存在する。たとえば、月が僅かずつ地球から遠ざかっているなかで、ちょうど月と太陽の見かけの大きさが一致するような三者の位置関係が、他ならぬ「今」成立している、という事実である。こうした、いわば科学に潜在し、科学を動かしている認識論的前提ないし文脈が無視されることによって、これらの問いが生じる。

一方、(A2-3) (A2-4) では、科学の守備範囲とする対象 (すなわち世界) がある限界内のものであることが見失われている。(A2-1) (A2-2) との対比で言えば、科学の形而上学的限界が無視されているのである。問いが、世界の限界をはみ出す仕方はおおよそ2つある。ひとつは、「その向こうは」「その前は」という問いを過剰に問うことによって、科学が有意味に問うことのできる時空領域から逸脱する、という仕方である (A2-3)。「その向こうは」「その前は」という問いは、科学の守備範囲と

する世界のなかで問う分には意味のある問いであるけれども、それを限界を超えて問い続けることによって、科学には答えられない問いを生み出してしまふ。ただし、この類いの問いは、時代とともに有意義な問いへと変貌する場合がある。もう1つは、そもそも科学に問うことのできない価値づけや意味づけの方向へと逸脱する、という仕方である (A2-4)。

重要なのは、こうした問いを、素人が陥りやすいナンセンスなものと考えerことは不適切だということである。これらの問いのうちのいくつかは、哲学によってくりかえし問われてきたという意味で、由緒正しい問いである。たとえば、「我々が五感を通じて脳で捉えている宇宙が宇宙のすべてなのか」という問いは、まさに観念論と実在論の対立、あるいは経験主義の根幹にかかわる問いであるし、(A2-2) に分類される問いは、ライプニッツが充足理由律を原理とすることによって答えようとした問いである。また、(A2-4) に分類される問いを、問う必要のない問いだと切って捨てるのには、逆にかなりの哲学的議論が必要になるだろう。ひと言でいえば、これらの問いに科学が答えにくいのは、それらが混乱しているというよりは、「過剰」だからである。いずれの問いも、問いを科学が有意義に実践できる文脈から離れるほどに、問いを進めすぎているのである。

他方、「専門家の観点からは思いつきにくい質問 (B)」は、大きく分けると2種類あった。1つは「何らかの誤解に基づいているもの」(B1)、もう1つは「日常の経験や感覚を科学の世界に持ち込んでいるもの」(B2) である。どのような誤解がありうるか、日常の経験や感覚とはどのようなものか、専門家が十分に予想できないために戸惑いが生じている。(B1)、(B2) をそれぞれさらに4つに分類した (表3参照)。

表3 専門家の観点からは思いつきにくい質問 (B) の分類

何かしらの誤解に基づくもの (B1)	科学的概念の誤解・混乱によって生じた問い (B1-1)
	・なぜ宇宙には重力がないのか／なぜ地球だけに重力があるのか ・ブラックホールは重力でつぶれた星だそうだが、宇宙は無重力なのにどうやって重力をつくれるのか ・宇宙の公転周期はどれくらいか ・月がもし自転していたら地球にどのような影響があるか ・なぜ2つ太陽があるわけではないのに惑星は楕円軌道を描くのか
	学説の部分的理解によって生じた問い (B1-2)
	・反粒子はいまどこにあるのか ・冥王星は太陽系から抜けたけど、その後どうなりましたか ・宇宙が膨張しているなら、太陽と地球の距離も離れていくのか
	学説を日常の経験の枠組みで解釈し、その結果生じた矛盾の解消を求めるもの (B1-3)
	・宇宙の膨張の中心点はどこか、ビッグバンの起きた地点は宇宙のどこか ・光の動力は何か ・天体はなぜ浮いているのか ・地球は高速で自転しているのになぜ目が回らないのか ・なぜ地球は丸いのに人は立っていられるのか
	ポピュラーサイエンスによる説明のミスリーディングな点や2つの知識の矛盾点に気づき、その解消を求めるもの (B1-4)
	・なぜ宇宙空間には酸素がないのに太陽は燃えているのか ・恒星が燃えるに従って「安定な」鉄がたまっていくそうだが、鉄より白金やプラチナの方が安定なはずではないか ・宇宙は膨張しているのに、銀河同士が衝突しているのはなぜか ・インフレーションによる膨張の速度は光速を超えているようだが、これは相対性理論に矛盾しないか ・冥王星と海王星は衝突しないのか (2つの軌道が交差している画を見た) ・太陽の光エネルギーは直進してどこかで質量になるのか ・地球は岩石でできているのに太陽は水素でできているのが理解できない ・潮の干満は月に海水がひっぱられるためだそうだが、地球の反対側も同時に満ちるのはなぜか

問いの出発点が 日常経験にあるもの (B2)	日常的に観察・経験した天文現象の科学的説明を求めるもの (B2-1)
	・月の色が様々に変わるのなぜか ・雲は星を隠すけれど、オーロラは？ 透けて見えるとしたら、違いはなに？
	科学的原理と日常経験の普遍性を逆転させて問うているもの (B2-2)
	・なぜ宇宙には空気がないのか ・なぜ宇宙は無重力なのか ・なぜ地球は動いているのか
	日常体験を宇宙空間へと外挿し、どうなるかを問うもの (B2-3)
	・宇宙空間で花火をあげるとどうなるか ・宇宙空間で釣り鐘をつくとう聞こえるか ・宇宙空間でサイコロを振ることができるか ・宇宙は何色か ・宇宙空間はにおうか ・宇宙にいった人のおなかの中の食べ物は浮かんでいるのか ・小惑星をすべてくっつけると、地球くらいの大きさになるか
	宇宙についての研究や宇宙開発の生活に密着した利点を問うもの (B2-4)
	・宇宙に住むと体にいいことがあるか ・ニュートリノ研究は何の役に立つのか ・多額の出費をしてまで宇宙開発をする理由があるのか

前者の誤解を含むパターン (B1) については、誤解の生じ方によって、科学的概念の誤解・混乱によって生じたもの、学説の部分的理解によって生じたもの、学説を日常圏の枠組みで解釈し、その結果生じた矛盾の解消を求めるもの、ポピュラーサイエンスによる説明のミスリーディングな点や2つの知識の矛盾点に気づき、その解消を求めるもの、という4つに分類した。これらは、前提に間違いはあるものの、知識を組み合わせる論理的に考えている場合が多く、藤垣・廣野編 (2008) などに見られる科学リテラシー観からすれば「理想的な」質問といえる。素人であっても、状況によっては科学的な合理性と同じような基準で説明を評価できる (堀・丸野 2003) とする説に従えば、謎を学者に投げかけて回答してもらうという今回の文脈が論理的な思考をもたらしたものと推測される。一方で、素朴理論に近い問いや、アリストテレス主義者の問いと似ているもの、さらには間違いとは言いつけられないものもこのパターンには含まれていた。間違いの発生について専門家は、「(その情報に接したときには) きちんと説明があったけれど忘れてたり覚えられなかったりしたのではと思う」というコメントを寄せている。しかし、そうとばかりも言えない。たとえば「なぜ宇宙空間には酸素がないのに太陽は燃えているのか」という問いは、太陽内部の核融合反応については知らず、「真っ赤に燃える太陽」という比喻のみを知っていたことによると考えるほうが自然であろう。

後者の日常に根ざすパターン (B2) に分類されるのは、日常的に観察・経験した天文現象の科学的説明を求めたり (B2-1)、日常経験を宇宙空間に外挿したり (B2-3)、日常感覚のまま宇宙空間を理解したり (B2-2)、宇宙についての研究開発に関して生活に密着した利点を問うたり (B2-4) する質問である。「素朴理論」のような先行研究があるため、具体的な内容までは予測できなくとも、このようなパターンの質問が来ること自体はある程度予想できた類いのものである。

中島 (1995) は、学習者は事前に「観察や経験によって得た知識」(B2の問いに用いられる) または「断片的な科学的情報」(B1の問いに用いられる) を持っているとした。そして、子どもは必ずしも新知識を既有知識に整合的に関連づけて概念を生成しているわけではないが年齢が上昇すると正しく関連づけられるようになっていくことや、新知識と既有知識、または経験的知識と断片的科学情報とのあいだの矛盾を認識できないから関連づけができないばかりではなくむしろ矛盾を明確に

認識しても関連づけしない、もしくはできない場合が多いことを指摘している。そして、知識変化のプロセスとは、一貫した理論体系から別の一貫した理論体系へと移行するのではなく、別個に存在していた知識間に潜在的な関連性のリンクが形成されるという変化であるとし、そのリンクは文脈によって現れたり消えたりすると考察している。今回Bに分類されたような問いが提示されるときは、このようなリンクが立ち現れる瞬間であると解釈できる。

4. 結論

4.1 人々は宇宙のなにを知りたいのか

(1) 特定の話題が知りたい：宇宙についての謎として一般の人々が挙げる質問は、個別の天体に関するものと、宇宙全体に関するものが7割以上を占めた。宇宙全体については、その始まりと行く末や果てに関する質問、宇宙空間と日常空間との違いに関する質問が大多数である。将来的にどうなるかを問う質問は、天体その他に関しても共通してみられた。装置や手法に関する質問や、科学史に関する質問は相対的に少なかった。

(2) メカニズム、起源、未来などが知りたい：言葉の意味や定義よりも、メカニズムや、その起源または未来を知りたいという傾向があった。わざわざ専門家に訊ねるなら、簡単には得られない情報や、さらに奥行きのある情報がほしいということであり、妥当な結果になった。メカニズムを訊ねているような場合には、間接的には手法を聞いていることになり、表立って質問されなかった装置や手法に関する情報は結果的に回答に含まれることになる。

4.2 専門家を当惑させる質問とは

専門家が思いつきにくい質問は、日常的な経験や感覚に基づくものばかりではない。専門家がなんらかの印象をもつ質問には、ポピュラーサイエンスから得た情報の組み合わせから論理的に導いた質問が多く見られた。情報を論理的に組み合わせて考えてみた結果生じた矛盾を解きたいという意図の質問である。一般的に流布している科学情報が、じつは誤解や矛盾を生じやすいということを認識しておく必要がある。さらに、研究の最先端と同じ問い、すなわち素人が提示するとは予想しにくいような問いが示された事例もあった。もちろん日常的な経験や感覚に基づくものもあった。日常経験を宇宙空間に外挿する場合など、視点の転換により得られた仮定には目新しさがあるが、求めている情報自体は単純であることが多い。なかには古くから人々が問うてきたような伝統的な「謎」も含まれていた。このような場合には、科学史上の知見が回答に収められることになる。

他方、専門家が答えにくい質問とは、科学で答えられる問いなのかという考慮があまりなされていないものであった。そのなかには、科学を逸脱しているものと、現状の科学知識が追いついていないものがあつた。科学からの逸脱については、さらに、科学という営みの前提や文脈を無視しているものと、科学が対象とする範囲をはみ出しているものがあつた。

4.3 戸惑いを契機とした科学コミュニケーション活動の充実に向けて

近年、サイエンスカフェなど科学コミュニケーションに双方向性を取り入れることが推奨されてきた。しかし多くの場合、トピックスの選定は専門家に委ねられており、専門家の話題提供の後に一般の人々が質問するという構造が固定しているかのように思われる。科学について知るべき情報を予め専門家が設定するという点で、欠如モデル型のコミュニケーションに対する反省が十分に生かされていない。科学コミュニケーションの双方向性をより高めるには、トピックス設定の権限を専門家と一般の人々の双方に与えることが有効ではないだろうか。

取り上げる科学的トピックスの選定を一般の人々に委ねた「宇宙100の謎」は、科学コミュニケーションが双方向性を追求するために不可欠な情報、すなわち「専門家は一般の人々からの発信にどのように応じればよいか」についてのヒントを与えるものとなっている。専門家に戸惑いを与える質問には幾つかの類型がある。それぞれの類型に応じて、それを科学コミュニケーションの充実に生かしていく方法は異なるであろう。

専門家の思いつきにくい質問 (B) は類型を知っていればむしろ予想しうる質問である。なにかしら誤解が含まれている質問について、誤解の4類型を予め知っていれば、質問をきっかけに対話を発展させることができる。たとえば、科学的概念の誤解に基づく質問に対しては、「あなたは、重力とはなんだと思いますか」などの問いを投げ返すことによって、正確な科学概念を伝達すると同時に、一般の人々が陥りやすい誤解を指摘することもできるであろう。ある意味でもっとも実り豊かな誤解は (B4-1) の類型である。鉄の安定性と白金の安定性に関する質問 (表3) などは、原子核の安定性と化学的安定性の違いを理解してもらうよいきっかけとなる。

また、専門家が答えにくい/答えられない質問 (A) も、一概にコミュニケーションを阻害するものとはいえない。たとえば、行き過ぎた懐疑に基づく質問は、科学がある前提のもとで営まれていることを理解してもらう格好の材料となるだろう。科学が対象とする時空領域を超える問いについては、なぜ答えられないのかを説明することで、科学とはいかなる活動なのかという話題につなげることができる。意味や価値の領域にはみ出した問いは、むしろ質問者に「あなたはどう思うか」と問い返すことによって、科学の守備範囲外にある、たとえばトランスサイエンス的な問いを考える主体は市民なのだということを伝えることができる。

このように戸惑いを与える質問は、ありきたりな質問よりもむしろ科学コミュニケーションをより深めるものとなる。よって、戸惑いをもたらし質問を減らして対話の円滑さのみを求めるのではなく、専門家の戸惑いを積極的に生かす工夫が必要であると考えられる。本研究で得られた分析結果は、戸惑いをどのように生かすかを考える枠組みとして参照可能なものとなっている。

戸惑いを与える質問は、専門家と非専門家の関係を豊かにする契機とすることができる。斬新な研究テーマを思いつくヒントになるような質問は減多にないかもしれないが、知りたいことを共有しているという実感を得たり、子どもの頃に同じ謎を抱いていたことを思い出したり、回答のために簡単な思考実験をするなかで知的刺激を受けたり、誤解のもとを探ることで相手と自分の違いを認識できたりと、両者の関係に変化が生まれるのである。質問によっては、研究の歴史や意義やかかれた現状にも目を向ける必要が生じる。こうした様々な変容を通じて、専門家が科学の特徴を把握し、またその役割を社会のなかに位置づけて認識するための基礎が提供される。

以上をふまえると、いわゆる「市民側のリテラシー」のなかみも再考が求められるであろう。科学的に妥当で、専門家が答えやすいような質問を繰り出す能力というよりも、非専門家として自身が疑問に思う内容を、公共の場にふさわしく、他者に理解できるようなしかたで述べる能力が求められると考えられる。「宇宙100の謎」プロジェクトでも、少数ではあったが、自説や目撃談を提示するだけの「質問」になっていないものが見られた。また、科学コミュニケーターの役割としては、専門家の戸惑いの状況を見極め、戸惑いがコミュニケーションを豊かにする方向へと誘導していくことが期待される。

謝辞

本研究の実施にあたり、質問データのご提供をいただきました「宇宙100の謎」プロジェクトを運営する名古屋大学天体物理学研究室の方々、およびインタビューにご協力いただいた2名の研究者に感謝申し上げます。

注

- 1) 『平成16年版科学技術白書』(文部科学省 2004) にアウトリーチ, 対話, 双方向といった用語が現れて以降のことであると指摘されている(小林 2007, 加藤ほか 2007, ほか多数).
- 2) 著者らがNDL-OPACを用いて「科学コミュニケーション」等に関連する文献を収集し, 分析した結果による. ただし, 一般の人々が企画実施するコミュニケーションは文献に残りにくいため, 文献からの推定は実情とは異なる可能性がある. それでも, 市民の側が知りたいことを定めて研究者を探すという事例は, 原子力問題や環境問題に関してはあっても, 科学分野にはまずないというのが一般的な印象であろう.
- 3) プロジェクト経緯については齋藤ほか(2009)を参照. プロジェクトが選んだベスト100のQ&Aは書籍として刊行されている(福井 2008).
- 4) 邦訳はファーナム(1992)による.
- 5) たとえば, 「神様はいますか」は除外したが「この宇宙に神はいるのか」は残留させた.
- 6) 「宇宙100の謎」プロジェクトの回答者には文学研究者, 科学哲学者, 科学館学芸員も含まれていた. 彼らの観点からの「専門家」を戸惑わせる質問は, 天体物理学者のそれとは異なることが予想される. 実際, 科学哲学者は一般の人々からの質問はほぼ予想の範囲内であったと述懐している. よって専門分野ごとの反応は独立に調査検討する必要があるが, 本稿では「専門家」の範囲を, 宇宙についての研究の専門家であり, 科学コミュニケーションを本務としていない天体物理学者に絞ることとした.

●文献:

- 荒松良孝 2008: 『宇宙の新常識100: 宇宙の姿からその進化, 宇宙論, 宇宙開発まで, あなたの常識をリフレッシュ! (サイエンス・アイ新書)』ソフトバンククリエイティブ.
- Falchetti, E., Caravita, S., Sperduti A., 2007: "What do laypersons want to know from scientists? An analysis of a dialogue between scientists and laypersons on the website Scienzaonline," *Public Understanding of Science*, 16, 489-506.
- 藤垣裕子, 廣野喜幸編 2008: 『科学コミュニケーション論』東京大学出版会.
- 福井康雄(監修) 2008: 『珍問難問 宇宙100の謎』東京新聞出版局.
- ファーナム 1992: 細江達郎監訳, 田名場忍・田中場美雪訳『しろうと理論: 日常性の社会心理学』北大路書房; Furnham, A., *Lay Theories: Everyday Understanding of Problems in the Social Sciences*, Whurr Publishers Ltd, 1988.
- 堀憲一郎, 丸野俊一 2003: 「素人は日常的説明をどのような基準のもとに評価しているのか: 日常の文脈での根拠性と科学的な文脈での根拠性の比較」『九州大学心理学研究』4, 9-26.
- 堀七蔵 1959: 『児童生徒の疑問の研究』福村書店.
- 岩田一彦 1991: 『小学校社会科の授業設計』東京書籍.
- 加藤和人, 松田健太郎, 森田華子 2007: 「科学コミュニケーション: その変遷と多様性を考える」『蛋白質核酸 酵素』52 (15), 1998-2005.
- 経済産業省 2010: 『エネルギー白書2010』.
- 小林傳司2007: 「科学技術とサイエンスコミュニケーション」『科学教育研究』31 (4), 310-318.
- 水間玲子, 麻生武 2005: 「第Ⅱ章 理数系への関心と意欲はいかに形成されるのか? 理科の好きな生徒20名へのインタビューから」, 麻生武監修『H15-16科研費特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」A05班「自然環境・人工環境・情報環境への探索的接触体験と理数系学問への関心との関連を探る」研究成果報告書』, 34-61.
- 文部科学省 2004: 『平成16年版科学技術白書』.
- 内閣府 2010: 「科学技術と社会に関する世論調査」.
- 中島伸子 1995: 「「観察によって得た知識」と「科学的情報から得た知識」をいかに関連づけるか: 地球の形の概念の場合」『教育心理学研究』43 (2), 113-124.

齋藤芳子, 戸田山和久, 福井康雄 2009: 「宇宙100の謎: 研究室をベースとする科学コミュニケーション教育の試み」『名古屋高等教育研究』9, 133-153.

Sarbin, T., Taft, R. and Bailey, D., 1960: *Clinical Inference and Cognitive Theory*, New York: Holt, Rinehalt & Winston.

渡部潤一 (監修) 2006: 『150のQ&Aで解き明かす宇宙のなぞ研究室—アリストテレスの天球から最新宇宙論まで (アスキームック—NAZOKEN series)』アストロアーツ.