

エイリアン

科学者たちが語る地球外生命

ALIENS: Science Asks: Is There Anyone Out There?

Edited by Jim Al-Khalili

Selection copyright © Jim Al-Khalili, 2016

Individual essay copyright per contributor © Nathalie Cabrol, Dallas Campbell, Matthew Cobb, Lewis Dartnell, Paul Davies, Chris French, Monica Grady, Nick Lane, John Joe McFadden, Chris McKay, Louisa Preston, Martin Rees, Adam Rutherford, Sara Seager, Andrea Sella, Anil Seth, Seth Shostak, Ian Stewart, Giovanna Tinetti

Japanese translation and electronic rights arranged with Profile Books Limited
c/o Andrew Nurnberg Associates Ltd, London
through Tuttle-Mori Agency, Inc., Tokyo

Chapter 01

はじめに——みんなどこにいるんだ？
ジム・アル・カリリー（理論物理学者）

009

われわれとエイリアン——ポストヒューマンはこの銀河全体に広まるのか？
マーティン・リース（宇宙論者）

024

第I部

接近遭遇

Chapter 02

招かれ（ぎ）る訪問者——エイリアンが地球を訪れるとしたらなぜか
ルイス・ダートネル（宇宙生物学者）

042

Chapter 03

空飛ぶ円盤——目撃と陰謀論をおおまかにたどる
ダラス・キヤンベル（科学番組司会者）

056

第Ⅱ部

どこで地球外生命を探したらいいか

Chapter 04 地球上のエイリアン——タコの知性からエイリアンの意識について何を知りうるか
アニル・セス（認知神経科学者）

074

Chapter 05 誘拐——地球外生命との接近遭遇の心理学
クリス・フレンチ（心理学者）

089

Chapter 06 ホーム・スウィート・ホーム——惑星をハビタブルなものにする条件は？
クリス・マツケイ（惑星科学者）

108

Chapter 07 隣家の人——火星の生命を探る
モニカ・グレイデイ（宇宙科学者）

123

Chapter 08 もっと遠く——巨大ガス惑星の衛星は生命を育めるか？
ルイーザ・プレストン（宇宙生物学者）

137

第 Ⅲ 部

われわれの知る生命

Chapter 09

怪物、獲物、友だち——SF小説のエイリアン
イアン・スチュアート（数学者）

151

Chapter 10

ランダムさと複雑さ——生命の化学反応
アンドレア・セラ（無機合成化学者）

170

Chapter 11

深海熱水孔の電氣的な起源——生命は地球でどのように生まれたか
ニック・レーン（進化生化学者）

184

Chapter 12

量子の飛躍——量子力学が（地球外）生命の秘密を握っているのか？
ジョン・ジョー・マクファデン（分子遺伝学者）

198

Chapter 13

宇宙の必然——生命の発生はどのくらい容易なのか？
ポール・C・W・デイヴィス（理論物理学者）

213

第 IV 部

エイリアンを探す

Chapter 14 宇宙のなかの孤独——異星文明はありそうにない
マシユー・コップ（進化生物学者）

227

Chapter 15 それは銀幕の向こうからやってきた！——映画に見るエイリアン
アダム・ラザフォード（遺伝学者、著作家）

244

Chapter 16 われわれは何を探しているのか？——地球外生命探査のあらまし
ナタリー・A・キャブロール（宇宙生物学者）

259

Chapter 17 宇宙にだれがいるのか？——テクノロジーと、ドレイクの方程式と、地球外生命の探索
サラ・シーガー（惑星科学者、宇宙物理学者）

273

Chapter 18 大気に期待——遠くの世界に生命のしるしを見つける
ジョヴァンナ・ティネッティ（宇宙物理学者）

287

次はどうなる？——地球外知的生命探査の未来

セス・シヨスタク（天文学者）

302

訳者あとがき

318

／ インターネット

322

／ 参考文献

325

アダム・ラザフォードの必見エイリアン映画リスト

327

／ 索引

331

／ 執筆者紹介

337

一部の章における本文中の「*1」は執筆者による注で、章ごとに番号を振り章末に記す。

〔 〕は訳者による注を示す。

『 』で括った映画名には初出時に公開年を併記する。

はじめに—— みんなどこにいるんだ？

ジム・アル＝カリリー（理論物理学者）

Introduction:
Where is Everybody?

Jim Al-Khalili

エンリコ・フェルミは、イタリア生まれのアメリカのノーベル賞物理学者で、二〇世紀の科学に莫大な貢献をいくつかしたが、一九五〇年に、自身の原子物理学の研究とはまるで関係ない、とても単純な疑問を投げかけた。ところがそれは、地球外生命の問題に関心のある人にとって、きわめ



て深い意味をもっていた。本書を読んでいるからには、あなたも関心があると思うが。

この疑問は、かつてマンハッタン計画の本拠地だったニューメキシコ州のロスアラモス国立研究所で、フェルミが仲間とランチタイムに雑談をしていて出てきたものらしい。彼らは、空飛ぶ円盤に乗ったエイリアンが地球を訪れている可能性について話していた。気軽な会話で、その場にいた科学者はだれもエイリアンの実在を信じていたように思えない。しかしフェルミは、とても単純な疑問を口にした。「みんなどこにいるんだ？」

フェルミが言いたいことは、こうだった。宇宙の誕生はるか昔で、サイズもばかでかく、天の川銀河だけで五〇〇億近くも恒星があつて、その多くには惑星系がある。だから、地球が不思議なことに特別でないかぎり、宇宙は生命でごった返しているはずで、そのなかには、宇宙旅行に必要な知識と技術をもつほど高度な知性を備えた種^{しゅ}もいるにちがいない。それならきつと、われわれの歴史上のどこかの時点でエイリアンが訪れていたはずだ。それどころか、フェルミが発言した当時報告されていた空飛ぶ円盤の目撃例も、本当だったかもしれない。フェルミにしてみれば、地球が特異でないとしたら、知的生命がほかのどこかにもいる可能性は圧倒的に高いばかりか、ある程度の勢力拡大の野心と十分に発達した宇宙旅行の技術をもつ異星文明が、これまでに天の川銀河全域に移住しているだけの時間はたんまりあつたはずなのである。ならば、彼らはみんなどこにいるのか？

フエルミが出した結論は、「恒星間旅行に要する距離はとても長いから、光速を超えるものはないという相対性理論の制約により、エイリアンはだれも途方もない長旅をして地球を訪れることなど考えないだろう」というものだった。どうやら彼は、「技術の進んだ異星文明の存在は、そうした異星人が故郷の惑星を離れなくても検知できるにちがいない」とは考えなかったらしい。なにしろ、過去一〇〇年ほどにわたり人類は、十分に進歩して十分に近いところで耳をそばだてているエイリアンに、自分たちの存在を知らせつづけてきたのだ（近いというのは、地球から九五〇兆キロメートル以内。一〇〇光年、つまり光が一〇〇年で進む距離に相当するためである）。無線やテレビが発明されて以来、さらに最近では人工衛星や携帯電話の通信も急増して、われわれは電磁波のおしゃべりを宇宙に拡散している。かなり進歩したエイリアンが、十分に近い場所において、たまたまわれわれの太陽系に電波望遠鏡を向けていたら、人類の存在を示すかすかなシグナルをとらえることだろう。

物理学の法則が宇宙のどこでも同じと考えるほかに、なにより手軽で応用の利く情報伝達手段のひとつは電磁波を使うことだとすれば、高度な異星文明は技術進歩のどこかの時点でこの種の通信手段を用いると考えられるはずだ。そしてその手段をもっていたら、そうした波はどうしてもいくらか宇宙へ漏れ出し、光速で放射状に広がるだろう。

だから、二〇世紀の後半には天文学者が、新たに建造した電波望遠鏡で宇宙からのそんなシグナ



ルを聞き取れる可能性について真剣に考えはじめたのも意外ではない。地球外知的生命探査（SETI）は、フランク・ドレイクというひとりの男の先駆的な取り組みによって始まった。彼は、みずからの名を冠した単純な方程式を思いついたことで、なによりよく知られているだろう。その式には、知的生命が宇宙のどこかほかの場所にも存在する可能性を見積もるのに必要だと彼が考えた、あらゆる条件の因子が含まれている。

今日SETIは、地球外生命のシグナルを能動的に探すべく、長年のあいだに世界じゅうで進められてきた多数のプロジェクトの総称となっている。フランク・ドレイクによるプロジェクトが最初に実施されてから、SETIの活動は本格化し、探索の範囲を太陽系のはるか外にまで広げた。カリフォルニアのSETI研究所は一九八四年に設立され、数年後に天文学者ジル・ターターの指揮のもとでフェニックス計画を始動した。一九九五年から二〇〇四年にかけて、フェニックス計画では、オーストラリアとアメリカとプエルトリコの電波望遠鏡を使って、地球から二〇〇光年以内にある太陽に似た恒星を数百個観測した。結果として何も受信できていない。それでもこの計画は、異星に存在しうる生命の研究に、貴重な情報を与えてくれた。現在、系外惑星（われわれの太陽以外の恒星を周回する惑星）の探索は、科学研究でとりわけホットな領域のひとつとなっており、使える電波望遠鏡の大きさや性能が増すにつれ、天文学者は生命が棲める可能性のある星系を頻繁に見つけている。それどころか、ほとんどひと月も間を置かずにと続々と、生命が棲める可能性のある地球



型惑星発見の知らせが飛び込んでいるようだ。

二〇一五年にSETI研究所が、宇宙の知的生命探査に一億ドルをつぎ込むと発表すると、それは世界じゅうの人々の心をとらえた。物理学者のステイヴン・ホーキングは、多くの人を代弁してこうコメントしている。「今こそ、答えを見つけるのに注力し、地球以外に生命を探すときだ。暗闇のなかでわれわれは孤独なのかどうか、知る必要がある」

一方、SETI以外の学術研究は近年、知的生命が送信する電波ではなく、それを住まわせているような惑星や衛星そのものを探すことに主眼を置いてきた。われわれの間近では、火星を越えて木星や土星の衛星に探査の足を伸ばした。それから、系外惑星もある。現在、衆目を集めているのは、二〇一八年に打ち上げられる予定のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡だ「打ち上げの予定は二〇二一年に延期されている」。これは次世代の宇宙望遠鏡として、異星の生命が存在する証拠を真に検出できる、初めてのツールとなるだろう。

もちろん、どこかの惑星が生命に適していることも大事だが、本当に大きな謎は、しかるべき条件が整ったら、地球以外で生命が進化できる可能性はどのくらいあるかというものだ。これに答えるには、地球上でどのように生命が生まれたのかを知る必要がある。われわれが広大な宇宙で本当に孤独な存在なら、なぜわれわれがそんなに特別なのかを知る必要がある。宇宙は、生命が存在す



るようにとてもうまく調整されているようなのに、なぜぼつんと一か所にしか生命を棲まわせていないのか？

これを考えるための一手は、あなたがなぜ存在するのかを自問することだ。あなたの両親が出会ってあなたを生む可能性は、どれほどあっただろうか？ さらに、両親の両親が出会う可能性は、などずっとさかのぼっていくとどうだろう？ われわれはだれもが、生命の起源そのものにまで元をたどれる、長くておそろしく希有な出来事の連鎖の末に生まれたのだ。その鎖の環^わのどれかを断つと、あなたはそもそも今存在して疑問を投げかけることもできなくなる。もしかしたら、われわれの存在は、自分の幸運について考える宝くじの当選者のように、実はびっくりするようなことではないのかもしれない。その数字の連なりでなかったなら、ほかのだれかが当選してやはり自分が当たったことの希有な可能性について考え込んでいたのではないか。

地球上の生命から天の川銀河のどこかに存在しうるエイリアンについて言えることから、統計上のサンプルがひとつしかないという事実の制約を受けている。われわれ自身の例は、ほかの星の生命の可能性や、生命が存在する場合にそれがどんなものかということについて、何も教えてはくれない。宇宙に高度な異星文明が存在するのだろうか？ それとも、単純な単細胞の微生物の形でしか存在しないのか？ この疑問に手をつけられなければ、どこを探すべきかさえ、どうやって知ることができるだろう？



なにより重大な問題は、むしろ、実際に見つかつたらわれわれにとってどんな意味があるのかだ。空飛ぶ円盤目撃が騒がれた時代からずいぶん経って、いまや科学者は地球外生命の探査そのものをもとても真面目にとらえている。本書で私は、科学者や思想家の輝かしいチーム——全員でこのテーマのあらゆる側面をカバーするような、各分野における世界の第一人者たち——を選び抜いた。

そこで、読者の皆さんが本格的に読みはじめる前に、私の「チーム・エイリアン」を紹介させていだけよう。彼らのだれもが、このテーマにユニークな視点を提供してくれることがわかるはずだ。われわれを宇宙の旅へ優しく誘い出してくれるのは、王室天文官で宇宙論者のマーティン・リースだ。彼は第1章で、宇宙におけるわれわれの位置づけについて考え、このテーマにかんする人類の思想史を手短に語り、遠い未来に投影して、いつの日かわれわれ自身が「エイリアン」となり、宇宙を探索して天の川銀河の各所に入植するかどうかを検討している。

第2章では、宇宙生物学者のルイス・ダートネルが、エンリコ・フェルミが思っていたとしても不思議ではない疑問を投げかける。宇宙を旅する高度なエイリアンがいるとしたら、われわれのもとを訪れる動機は何だろうか？ ダートネルは、エイリアンの来訪が、今の人類の終焉となるか、それとも互いに興味をもつ平和な文明同士の出会いとなるかという問題を探る。

第3章では、科学番組の司会者ダラス・キャンベルが、われわれのエイリアンへの執着と、一九



四七年の有名なケネス・アールノルド事件（空飛ぶ円盤遭遇）以来のエイリアン目撃例について、興味深い歴史のあらましを語っている。エイリアンの可能性について真の内情を知りたければ、真面目な科学の話に入る前に、陰謀論やばかげた迷信を捨て去る必要がある。ダラスがありありと語るロズウェル事件やエリア51、「メン・イン・ブラック（黒服の男たち）」、エイリアンによる誘拐の話を読めば、それがしやすくなる。

第4章では、認知神経科学と人工知能の専門家、アニル・セスが、人工知能とわれわれの知能の違いを、地球上で見られる最高に異質な知能——タコ——を調べることで探っている。彼が言うとおり、異質な知能に遭遇するのに遠くの惑星まで行く必要はない。タコの頭の働きを調べれば、地球上でそんな「異世界のもの」を見つけられるのだ。

クリス・フレンチは心理学者で、超常現象の信仰や体験、とくに陰謀論や虚偽記憶の信仰を専門とする教授だ。第5章で彼は、世界にはエイリアンが存在するかどうかを考えるのは時間の無駄だと思う人がごまんといると訴える。彼らは、エイリアンが存在するだけでなく、もうわれわれとコンタクト（接触）していることを示す、説得力のある証拠がすでにあるからと言うのだ。しかしフレンチによれば、そうした「接近遭遇」を説明できそうな十分に確かな心理学的現象があるらしい。第6、7、8章では、本格的な探究に入る。アメリカ航空宇宙局（NASA）の宇宙生物学者クリス・マッケイは、第6章の冒頭で、地球以外の生命の素材は何だろうかという疑問を提示する。



ある意味で、答えは明白と思うかもしれない。きっとどんな生命にもエネルギーは必要だろう——それは当然だ。だが、水はどうか？ また、炭素や酸素などのさまざまな元素と、それらが形成すべき分子という構成単位は？ そうしたものがどれだけ重要だろうか？ また、生命の制約を考えるうえで、われわれは豊かな発想力をもっているだろうか？

マッケイから宇宙科学者のモニカ・グレイディと惑星地質学者のルイーザ・プレストンに引き継がれると、今度は太陽系に入る。最初に立ち寄る先は、もちろん、一番近所にある火星だ。第7章で、グレイディはいみじくもこう書きだす。「エイリアンを語るどんな本にも、火星にかんする章がなければならぬ」そして、火星が地球とどう違うのかについて、また数十億年前——今では不毛の地のように見えるが——生命に満ちていた時期があった可能性について、検討する。第8章では、ルイーザ・プレストンが太陽系の外惑星——とくに巨大なガス惑星の木星と土星——へ案内し、大型の衛星——エウロパ、エンケラドゥス、タイタン——が、地球よりはるかに苛酷な環境でありながら、実はなんらかの形態のたくましい微生物の棲みかとなりうるのかどうかを問う。

エイリアンの見かけとして実際にどんなものがありうるかを探ったうえで、数学者のイアン・スチュアートは、とても創意に富むエイリアンの姿を紹介する。私は昔からイアンとは知り合いで、彼が大のSF好きなのも知っていたから（なんと八〇〇冊を超えるSF書籍を集めている）、彼に声を



かけて、第9章でSF書籍でのエイリアンを検討してもらった。H・G・ウェルズやA・E・ヴァン・ヴォークトから、アーサー・C・クラークやラリー・ニーン・ステイヴン・バクスター、そして私が個人的に大好きなロバート・A・ハインラインに至るまで、もしあなたがどの小説のエイリアンも飛び出た目と光線銃をもつ緑の小人だと思っていれば、こうした作家たちが思い描いたものをご覧あれ。イアンはまた、存在しそうなエイリアンの考案に用いられた科学原理と、SF作家が従来想定してきた範囲に疑いの目を向けている。

このあたりでもう十分に本格的な話になり、本書で最大級の難問に突入する。ご存じのとおり、宇宙のどこかほかの場所に生命がいる可能性を見積もるには、生命がどれだけ特別な存在で、なぜ、どのようにして地球に現れたのかを知る必要がある。第10、11、12章では、生命そのものの科学を探究する。まず、化学者のアンドレア・セラが基礎に立ち戻らせてくれる。結局のところ、生命現象はすべて化学反応なので、システムを——無生物から、高度に組織化された状態を維持できるものへと——複雑にさせられる化学反応があるのだろうか？ セラのあとを引き継ぐ生化学者ニック・レーンは、第11章で地球の生命の起源を検討する。四〇億年近く前にどこかの温かい水たまりがほどよい条件になって、さまざまな化学的素材が混ぜ合わさっただけのことだと思ったなら、あなたは相当時代遅れだ。科学はまだ生命の起源の謎を解いていないが、それでも近年大きな進歩を遂げている。レーンは、まず何かが「生きている」とはどういうことを定義してから、化学反応



が生命現象になった可能性のあるいくつかの道筋を探っていく。

第12章では、私の長年の同僚にして共同研究者、ジョン・ジョー・マクファデンが、生命の素材の組み合わせに新たな要素を加えている。地球上で条件が整うとはぼすぐに生命が自然に出現したという、まったく起こりそうもない現象が、そう簡単には説明できないと主張するのだ。そこで彼は、量子力学という、原子より小さな世界にあてはまる奇妙にも直感に反した理論が、事態の進行を速めるのに重要な役割を果たしたのかもしれないと推論している。

理論物理学者のポール・C・W・デイヴィスは、生命が宇宙のどこか別の場所にも存在するかどうかという問題を、縦横に論じる。数々おこなっている活動のひとつとして、彼は、SETIの「検出後の科学技術タスクグループ」における議長代理という興味深い役を務めている。その仕事は、「地球外生命が起源と推定されるシグナルの発見による問題にかんし、いつでも助言や意見の求めに応じられること」だ。つまり、もしもエイリアンが見つかったときには、デイヴィスこそがそのニュースを世界に告げる人物となるのだと思われる。第13章で彼は、異星の生命の可能性をさらに広い宇宙論的視点で検討し、あまたの著名な科学者が地球以外にも生命が存在するにちがいないと確信しているわけを考察している。

本書の一番の取り柄はバランスが取れていることであり、第14章では動物学者のマシュー・コッ



ブが、それまでの数章の樂觀論に対して冷静な反論を提示する。地球上の生命の出現、とくに複雑な多細胞の（そして知的な）生命の出現は、途方もなく希有な出来事なので、私が冒頭で示したフェルミの疑問に対する答えは、「どうしてほかにだれかがいるなんて思うのか？」だと言うのである。

第15章では、遺伝学者でテレビの司会者でもあるアダム・ラザフォードが、映画でのエイリアンの描かれ方を探る。彼は、すばらしく信憑性のあるものから、まったくひどいものまで、一世紀に及ぶ映画を通して、面白おかしい脇道へ連れ出してくれる。そうした映画にほぼ共通するのは、人間と驚くほどよく似た見かけのエイリアンが出てくることだ。これはほぼ確実に間違っている。

こうしてついに、広大な宇宙を探る準備が整う。続く四章に共通して言えるのは、著者が世界でも一流の科学者で、地球外生命の探索を^{なりわい}生業としているということである。宇宙生物学者のナタリー・キャブロールは、現在カール・セーガン宇宙生命研究センターの所長で、これまでほぼ二〇年にわたりSETIの主導的な研究者でありつづけている。第16章で彼女は、（過去・現在・未来の）地球外生命の探索にインサイダーの視点を持ち込んでいる。それから第17章では、マサチューセッツ工科大学（MIT）の天文学者サラ・シーガーが、新たに稼働するジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡で何ができるようになるかをおおまかに語り、有名なドレイクの方程式をアップデイトし、ごく最近明らかになったことをいくつか用いて異星の生命の存在確率を見積もる手だてを示している。

宇宙物理学者のジョヴァンナ・ティネットィによる第18章は、分光法という技術をどのように利用できるようになっていのかを明らかにしている。いまや分光法では、遠くの地球型系外惑星をただ見つける以上のことができるのだ。二〇一六年の初めに彼女は、系外惑星の大気に含まれるガスを初めて直接突き止めて測定したことを報告した論文の執筆者に名を連ねた。その惑星は、サイズが地球の二倍で、かに座にある四一光年離れたコペルニクスという黄色矮星わいせいのまわりを回っている。遠く離れた惑星の大気の構成を明らかにすることは、そこにいる生命の明白なしるしを見つけるすばらしい手だてとなる。たとえば、酸素や水蒸気や複雑な有機化合物を見つけたら、少なくとも私はとてもわくわくするだろう。

最後にまた大事なことを言うが、第19章は、現在SETIで主導的立場にある天文学者セス・シヨスタクが寄稿してくれた。彼は、地球外生命の探索において、どれほど創意工夫と機転が必要かを強調している。

こうした各章と、その元となる先駆的な科学者や作家による仕事は、二一世紀に入って二〇年近く経った現在、われわれが、存在にまつわる根本的な疑問——「生命とは何か?」「われわれは唯一の存在なのか?」「宇宙のなかでわれわれの占める地位は?」——の答えを求めて冒険に出たばかりであることを示している。



エイリアンの探索は、軽薄だとか、ときには——陰謀論や緑の小人が付きまとい——ばかげているとさえ見なされるテーマだ。しかし実は、地球外生命について考えることで、われわれはみずからの存在にかかわるきわめて深遠な疑問をいくつか投げかけ、答えを見つけはじめることまでできるようになっている。近年変わったのは、こうした深遠な疑問がもはや科学者や哲学者だけの領分ではなくなり、真面目な科学者も関わるようになったということである。そればかりか、われわれ科学者は積極的にこの問題に取り組みつつある。このアンソロジーは、あなた自身が結論を下すのに役立つはずだ。きっと楽しんでもらえるにちがいない。

最新のニュース

おっと、探索の旅を始める前に、最近のわくわくする発見に触れておかないといけない。ある意味でこれは、天文学の研究が、現在どれほど刺激的で進歩の速い分野であるかを強く示していると思う。

太陽系から四・二五光年の距離にあるケンタウルス座プロキシマは、太陽以外でわれわれから最も近い恒星だ。小さくて活動の穏やかな赤色矮星で、表面温度が摂氏三〇〇〇度以下なので、われわれの太陽よりかなり温度が低い。二〇一六年八月二四日、ヨーロッパ南天天文台が、そのすぐそ



ばを回るプロキシマ b という地球型惑星の発見を公表した。軌道半径は太陽を回る地球のわずか五パーセントで、その一年の長さは地球の一日にすぎない。わくわくするのは、地球の一・三倍以上の質量をもつと推定されるこの岩石惑星の温度が、表面に液体の水が存在できる範囲内と見積もられていることである。つまり、恒星のハビタブルゾーン（生命居住可能領域）のなかにあるのだ。

さらに、たった四光年あまりなら、いつかプロキシマ b へ行って自分たちで確かめることもできるかもしれない。実のところ、これを書いている時点で、プロキシマ恒星系への無人ミッションの計画——スターショット計画といい、超小型宇宙機の一群をレーザービームで推進させるもの——が持ち上がっている。宇宙機は光速の五分の一の速度で飛んで、二〇年以内にプロキシマ b に到達でき、そこに生命が存在するかどうかの情報をビームで地球へ送ってよこす。何が見つかるのかは、だれにもわからない。

二〇一六年八月二六日

ジム・アル＝カリール

