

1. 最近の動向

自然主義が芸術史上でさまざまに議論されてきたこと、そして農業と品種改良（つまりは遺伝子操作）が時を同じくして出現したことは、本書の各論で取り上げられている。こうした話題とは異なり、私が特に論じたいのは、今日の哲学と技術の土台、そして、私がアートと遺伝学に関わるようになった重要な動機についてである。

1970年、モートン・マンデルと比嘉昭子（ハワイ大学医学部）は、(大腸菌の)細胞を塩化カルシウムで処理すると、ウイルスのDNAを取り込むようになることを発見した。遺伝子を組み換えたバクテリオファージのDNAは、1971年にポール・バーグによって初めて作られた。遺伝子組み換えバクテリアの生成に最初に成功したのは1974年、H・ボイヤー、スタンリー・コーエン、アニー・チャンらである。DNA分子を簡単に合成して組み立てる技術は、1980年代初期には広く応用されるようになった。合成DNAと遺伝子組み換えバクテリアを使った最初の芸術作品は、1986年に創作された。完全な機能を備えた合成ゲノム(合成ポリオ・ウイルス)が初めて生成されたのは、2002年のことである(Couzin 2002)。

人類はわずか30年間で、生命のない素材に〈生命〉を与える方法を学んだ。少なくとも、最初の数歩を注意深く踏み出して、アイデアに〈命〉を与える術を学んでいると言っても、決して大げさではないだろう。

2. 異星人

〈命のないものに命を与える〉ことを目指す、最も意味深長な例が、地球外に知能を持った生命体がいらないかどうかを科学的に真剣に探

索する試みだろう。なぜなら、この問題を探求するだけで、全宇宙に〈命〉を見出すことができるからだ。そうなると人間は、あの古臭いネタ——宇宙人による誘拐——を繰り返し思い出しでは妄想する。多くの人が抱く、この種のヒステリックな妄想は、性的で複雑な要因に満ちている。そこにあるのは、恐れと期待だ。

異星人から性的な関係を誘われた場合の態度は、明らかに恐怖症的であるが、人間から誘う場合は正反対である。たとえば、1960年代に制作された『スタートレック』では、宇宙船の船長のジェームズ・カークが他の種(地球外生物)の者たちとロマンチックな出会いを経験する。こうしたことはおそらく、最近発表された統計——アメリカ人の8人に1人は(地球の)動物とセックスしているという——に比べれば、それほど恐ろしくはないだろう。ジェームズ・カークを演じたウィリアム・シャトナーはカナダ人であることも、指摘しておかなければなるまい。

3. 怪物的な存在

興味深いことに、〈命のないものに命を与える〉物語では大抵、恐ろしい怪物的な存在が登場して、人間とロマンチックな、あるいは性的な交流を持つ。古典的な怪物的存在は総じて臨床心理学の実例と一致することがわかっている。〈我々の怪物〉は、すべて我々自身の化身なのだ。

アーティストたちは、現代科学的な意味ではないにしろ、少なくとも古典的な意味でキメラを創案した^{訳1}。身体の一部は人間で一部は動物という、複合的な要素から成る古代の神々の姿は、総じて異種混合の怪物的存在の恐ろしさを予測したかのようだ。遺伝子組み換え食品に反対している反遺伝学的なロビー団体や活動家を悩ませているのは、この〈怪物〉の恐ろし

さだ。それでも、これらの空想的な〈怪物〉は、人々に疑念を抱かせることなく、すでにさまざまな様相をとって存在している。

ホモ・サピエンスは、その多くの重要な遺伝子を、地球上の他の動植物と共有している。我々人間は、有能で比類なき存在を自認していたとしても、その遺伝子の約70パーセントはトマトの遺伝子と一致している。ホモ・サピエンスの遺伝子と、チンパンジーをはじめとする大型類人猿の遺伝子は、99パーセント近くが一致している。

想像上のものであろうがなかりうが、〈怪物〉は独自の進化を遂げてきた。しかも時間の経過とともに、磨きがかかってきたようだ。今日では、最新の科学的・技術的進歩にアクセスできる、最新の創造物となっている。神が介入することによって成されてきた、命のないものに命を与えるという技は、放射線とバイオテクノロジーという現代の代理人に引き継がれた。竜は、古生物学的に正しい恐竜^{ドラゴン}に取って代わられたが、ワシントン・アービングがその小説で取り上げた伝説の〈首なしの騎士〉は、〈無頭人〉^{ヘッドレス・ホースマン}——移植用の臓器を作るために生み出された頭部のないクローン人間——という、新たな想像上の〈怪物〉となったのである。

1世紀を超える時間をかけて、遺伝子学的に調整された〈怪物〉は地球上に溢れ、今では人間よりも大きな領域を占めている。映画『メン・イン・ブラック』に登場する異星人のように、我々の〈怪物〉は名前を隠して、そこらじゅうに山ほどいる。そして、その多くが、食品と関わりを持っている。

ここでもう一度、トマトを例にとってみよう。いわゆる〈オーガニック〉とか〈自然食品〉の店で入手できるトマトには、化学的な農薬や肥料が直接使われることは決していない。しかし、この最も純粋なトマトでさえ、厳密に定義され

遺伝子芸術の諸例

ジョー・デイヴィス

ば、〈怪物〉なのである。トマトがふっくらとして美味しいのは、干しブドウほどの大きさしかなかった先祖の正常補体³よりも多くの、自身の染色体の複製を有しているからである。

今日のトマトにDNAが追加されているということは、多くの遺伝子が何度も変換されたことを意味している。そのことが、本来の果実を巨大化させる効果をもたらしたのだ。大昔から、巨大化したトマトは栽培されてきた。トマトを様変わりさせたのが、伝統的な園芸技術であろうが、突然変異を誘発する物質であろうが、あるいは分子生物学に基づいた遺伝子組み換え技術であろうが、大した違いはなく、結果は同じである。トマトは〈怪物〉なのだ。ほとんどの人が、それを知らないだけである。

遺伝子組み換え食品への反対運動が始まってすぐに槍玉に挙げられたのが、〈フレーバーセーバー〉というトマトだった。遺伝子組み換えで作られて、〈通常の〉トマトよりも店頭で鮮度が長持ちするのが特徴だ。この品種の場合、染色体が追加的に作られることも、トマトのゲノムに遺伝子が追加されることもなかった。実のところ、フレーバーセーバーのDNAは、他の品種のトマトよりもわずかに少ないのだ。フレーバーセーバーは、(トマトを内部から分解させる酵素をコード化して)トマトを〈腐らせる〉遺伝子のひとつが取り除かれている。このことを別にすれば、フレーバーセーバーは他のトマトと何ら変わらない。

バラもまた〈フランケンシュタイン〉である。さまざまなバラの亜種のゲノム構造を部分的に組み合わせることで出来上がっているからだ。

やがて人間は、〈怪物〉の創造者であるばかりでなく、自分たちが創造した〈怪物〉に感染するバクテリオファージ⁴となり、〈怪物〉を食物にする者となった。その際、人間は間接的に自分自身を改造した。我々が今日食べている食料の原種を遺伝子〈改造〉しなければ、現代のホモ・サピエンスはこうして生き延びることはできなかった。我々人間は、原初のヒト科動物の表現型⁵を自分自身に再び与えなければならぬが、そのためには、これら〈怪物〉である食材を集めて食べる必要があるのである。

歴史を振り返ると、我々人間は〈怪物〉の正体がわからずに困惑してきたが、異星人も人間と同じくらい困惑していると思うべきだろう。

4. 探索

我々が元々意図したことかどうかはさておき、まさにヒトという種になりすますために、我々は奇妙に誤った自画像を宇宙に発信してきた。その自画像は金属板に刻まれたメッセージとして、NASAの惑星間探査機であるパイオニアやボイジャーに搭載されて、太陽系外に向けて打ち上げられた。このメッセージは、異星人とコミュニケーションを取ろうとする、最初の真剣な科学的試みであると評価されている。

1970年代初頭から中期にかけて、パイオニアとボイジャーは、木星の重力場の助けを借りれば太陽系を脱出できるだけの十分な速度を出せるようになった。これらの惑星探査機は、人間が作った最速の飛行物体であり、現在、光速の約2万分の1のスピード——弾丸の何倍もの速さ——で進んでいる。

パイオニア探査機のメッセージ板には、さまざまな視覚的な情報が記載されている。たとえば、太陽系と探査機の軌道をだまかに示した地図、「パルサー」と呼ばれている準恒星状天体の座標系(これは、関心を抱いた地球外生物を太陽系付近へ導くためのものである)、パイオニア探査機そのものの画図、ホモ・サピエンスの一般的な男女を描いた線画などである。その人物像は、体毛やひげを帯びていない、手入れの行き届いた体つきのコーカソイド⁶である。男性像は、腕を上げて掌を開くという謎めいた仕草をしており、その性器は〈適切に〉描かれている。一方、男性像よりも小さく描かれた女性像には、性器は全く描かれていない。

パイオニア探査機の次に太陽系外に出発した、2機のボイジャー探査機に搭載されたメッセージでは、NASAの決定によって、裸の人類を描く試みは一切排除された。もちろん、このような検閲が異星人のために行われたわけではない。

言うまでもないことだが、我々は異星人についてほとんど何も知らない。コミュニケーションを取る相手は異星の〈動物〉に決まっている、と考えるとしたら、それは極めて自己中心的な見解である。柔軟な考えを持つ研究者であれば、相手は知的な植物、あるいは植物に似た存在かもしれないと考えるだろう。人体の細胞と同様、植物の細胞も真核性(つまり、核を有しているということ)であり、バクテリアなどの原核生

物の特徴である単純な細胞とは異なっている。もっとも、こうした見解もまた、近視眼的であろう。

先カンブリア時代には生物の大絶滅が起きた。その原因が何であれ、生物学分類上のあらゆる種類の生物が、比較的短期間に一掃された。この大絶滅が起こらなければ、これら未知の生物は、今日の地球上の動植物とは全く異なるものに進化していたかもしれない。つまり、いつかは見つかるかもしれない異星の生命体よりも、地球上の植物のほうが我々の期待に応える可能性が高く、もっと容易にコミュニケーションを取ることができるかもしれないのだ。

ウィトゲンシュタインその他の人々は、知的な種にとって数学的知識が必須であると主張しているけれども、そう決めつけることは近視眼的なのかもしれない。ついでに言うと、この宇宙に存在する人間以外の実体にとっても、我々が考えるような〈知性〉が重要であるとは限らないのだ。

しかしそれでも、〈知的〉な生物が存在するならば、それは〈性的〉な存在でもあると断言できるだろう。なぜなら、生命体が進化・発展するためには、遺伝物質を交換しなければならないからだ。ジョシュア・レダーバーグが1958年にノーベル賞を受賞したのは、バクテリアも性交することを発見したからだ。バクテリアも遺伝物質を交換して進化する。事実、バクテリアは地球上に生息した最初の生物だとされており、(大腸菌の場合は)約20分ごとに1世代を生み出すことができるので、厳密に言えば、我々人間よりもはるかに高度に進化しているのである。

我々人間は意図的に、あるいは偶然に、我々の不寛容をことさら強調していると解釈されかねないメッセージを何度も宇宙に送ってきた。我々のメッセージは、異星人には人間の姿かたちを知る資格はない、と言っているようなものだ。異星人が人間を誘拐して性器を調べている、という報告を疑うべきではないのかもしれない。

1974年、天文学者たちは地球外生物とコミュニケーションを取ろうとして、初めて光速のメッセージを宇宙に送った。人類史上最速の飛行物体である宇宙探査機のパイオニアとボイジャーにしても、出せる速度は光速の2万分の1なので、最も近い恒星に到達するのに10万年を要する。残念な(あるいは幸いな)ことに、

バイオニアとポイジャーが目指しているのは最も近い恒星ではないので、少なくとも10億年はいずれの恒星の惑星環境にも入ることはない。

1974年、天文学者のフランク・ドレイクとカール・セーガンは、プエルトリコのアレシポにある100万ワットの送信機を使って、ヘラクレス座に向けてメッセージを3分間、光速で発信した。

ドレイクとセーガンは、二進法の計算が最も簡潔で、普遍的に許容可能な情報処理の形式であると判断した。また、異星人が数学を理解しているならば、素数や、いわゆる「ツェルメロ数」⁸⁷も理解できると考えた。たとえば、35という数字のように、それ自体と1、および2つの素因数(この場合は5と7)でのみ割ることができる数字群が存在する。ドレイクとセーガンはアレシポ天文台のレーダーを用いて、1679個の「オン」と「オフ」(つまり0と1)から成る信号を送信した。1679は、それ自体と1、23、73という素数でのみ割り切れるツェルメロ数である。知性を備えた異星人ならば、1679ビットのストリームを、23×73の格子状のラスター画像に変換することができるだろう。〈0〉と〈1〉に対照的な意味(たとえば「明」と「暗」)を持たせて、23×73の格子状の模様で示すことができれば、意図した画像が出現する。さらに期待を膨らませるなら、異星人は画像の組み合わせから、発信者が意図した情報を読み取るだろう。

バイオニアに搭載されたメッセージ板と同様に、アレシポ天文台のレーダーで送信されたメッセージを正しく読み取ることができたら、そこに描かれているのは、送信手段(アレシポ天文台のお椀型のレーダー)、太陽系の大まかな地図、線で単純に表現した1人の人間の姿である。これ以外にアレシポ・メッセージに含まれているのは、右回りのDNA螺旋図、5元素の原子量、ヒトゲノム中のDNA塩基の大まかな数、1974年当時の地球の人口である。

5. たくさんの瓶に入ったメッセージ

1989年、私はアレシポ・メッセージに着想を得た芸術作品をMITのヘイデン・メモリアル図書館に設置した。この《たくさんの瓶に入ったメッセージ》と題した作品は、通称「ポストン・ラウンド」と呼ばれる容量6オンスの市販の薬瓶(フェノール樹脂製の蓋付き)1679本を、大きな仕切り棚に並べたものだ。〈1〉の瓶は水入り、

〈0〉は空^{カラ}である。作品を展示したのは、図書館地下の〈書庫〉にある18本の廊下だった。ヘイデン・メモリアル図書館は、MIT付属の図書館の中でも最大級の施設だ。作品に込められたメッセージが言及している、あらゆる情報——それは、メッセージを解読するために必要な、あらゆる情報でもある——が収蔵されており、この地球上で平均以上の知性を持つ人々がこの図書館を頻りに訪れている。

しかし、誰もメッセージを解読しようとはしなかった。瓶を並べて通路に設置された棚が研究者たちの邪魔になるかもしれないという懸念は常にあったし、展示品がアートであるかどうかについても、相当の議論がなされた。明らかなのは、地球外生物とのコミュニケーションを図る際に生じる特有の問題と、人間同士でコミュニケーションを取ろうとする際に遭遇する問題は、少なくとも部分的には同じである、ということだ。

人間が地球外の知的存在とコミュニケーションを取る目的で作成したメッセージは、内容的に膨大だが、人間の本心を明らかにするものでもなければならぬ。アリストテレスが示唆したように、他人に本心を伝えるためには、まず自分自身が己の本心を知らなければならない。アリストテレスは芸術を論じた著作『詩学』で、この自己顕示という問題が悲劇にとって重要な要素であるとして、これを「認知と逆転」の原則と呼んでいる。事実、この「認知と逆転」は、芸術と文学の歴史全体に影響を与えるテーマだ。たとえば、こんな風に——聖杯を探して地の果てまで旅をする。その途上、母親を殺し、逆境に陥り、筆舌に尽くしがたい苦痛と艱苦辛辛に喘ぐ。結局、最後にわかったのは、聖杯は旅の間中、自分のポケットの中にあったということだった。

このテーマを土台にしたのが、『ジキルとハイド』、『白鯨』、『オイディプス』、『マルタン・ゲールの帰還』、『フィツカラルド』⁸⁸、『オズの魔法使い』などの作品だ。

〈他者〉は〈怪物〉と同様、常に内在している。どこに行こうと、何をしようと、この世界からどれほど遠くかけ離れた場所であろうと、そこで見つかるのは、自己の鏡像^{リフレクション}だけなのだ。アリストテレス的な世界観に従い、我々が最終的に宇宙の果てに到着しても、そこに聳える壁に我々の大脳皮質が刻み込まれていることを発見し、突如自身の脳内を見ていたにすぎないことに

気がつく、ということなのだ。

地球外の知的生命体を真剣に探索している科学者たちは、精巧ではあるが、実際には判読の難しいデジタル・メッセージを、星間レーダーで送信するためにつくり続けている。しかし、二進法言語が果たして普遍的であるかどうかは、いくつかの理由から疑わしい。

まず、我々人間は両側に対称的な生物であり、他にも対称的なものが存在する世界に住んでいる。我々は伝統的に二分法的な認識の仕方——たとえば、左右、正負、真偽、善悪など——にどっぷりと浸かっている。もし、我々が放射状に対称的であったならば、二進法以外の数式を〈普遍的〉だと考えただろう。

そしてゼロという概念は、この地球上では約千年前まで確立されていなかった。もっとも、パルテノンやローマの水道橋やエジプトのピラミッドを建設し、最初に星図を作成し、地球の円周を計算するだけの知性を備えた人々なら、ゼロの概念を用いていただろうが。

さらに、もうひとつの問題ある先入観としては、画素を水平方向に並べるにせよ、板にメッセージを刻むにせよ、科学者たちが視覚的情報に頼っていることが挙げられる。つまり、異星人の視覚器官がこれらのメッセージを見ることができると仮定しているわけだ。しかし現実には、この地球上でも、長年NASAの主任研究員として地球外の知的生命体を研究してきたケント・カラーズ⁸⁹は、視覚障がい者である。

6. ポエティカ・ヴァギナル

1986年、私は地球外知的生命体とコミュニケーションを取るために、膣の収縮運動を宇宙に送信するという、アートプロジェクトを立ち上げた。この《ポエティカ・ヴァギナル (Poetica Vaginal, 「膣の詩」を意味するラテン語)》というプロジェクトには、アーティスト、機械工学や電気工学のエンジニア、生物学者、天文学者、プロのダンサー、建築家、言語学者、哲学者が参加した。

機械工学の研究所で製作された〈膣の測定器〉は、水を満たしたポリアロマー遠心分離機チューブを、高感度の圧力変換器を内蔵した硬いナイロンの土台の上に設置したものだ。ダンサーその他の(自発的な)女性ボランティアたちは、膣の収縮(最も速いものは0.8ヘルツで計測さ

れた)の特徴を記録するために、測定器を衛生的に体内に収めた。埋め込み式の圧力変換器は、音声、心拍、呼吸、そして随意的・非随意的な膣の収縮を測定できるだけの感度を備えていた。

電子音楽用のソフトウェアを用いて、膣の収縮の周波数が英語の音声に特有の周波数に一致するように、膣の収縮のリアルタイムな高調波を作り出した。

言語学者に協力してもらって、英語の音声のビットマップ(これを〈音素〉という)を作成し、膣からの〈入力〉にリアルタイムに反応して音素を生成できるようにした。つまり、アナログな検出器の出力を、即時にデジタルマップ化するのである。以上の方法で、メッセージの3つの形式を作り出した。すなわち、⁽¹⁾膣の収縮によって直接生成されたアナログ信号、⁽²⁾収縮のデジタル地図、⁽³⁾音声(英語の音声地図)である。

電気工学のエンジニアの協力を得てゲート制御回路を作り、《ポエティカ・ヴァギナル》の信号をMITのヘイスタック天文台(マサチューセッツ州グロトン/ウェストフォード)の100万ワット級のミルストーン・レーダー送信機から発信できるようにした。

アーティスト、建築家、機械工学のエンジニアが協力して、電子機器を搭載してオペレーターが乗り込む〈膣の着陸船〉を通信中継局に作り上げた。スチール、ケーブル、木材、屋根ふき材料で作られた、折りたたみ構造の〈膣の着陸船〉は、火星着陸機にネイティブ・アメリカンのスウェット・ロッジ(儀式用の小屋)を乗せたような形をしていた。

天文学者と宇宙物理学者が、地球に近い太陽類似星を4つ——エリダヌス座イブシロン星、くじら座タウ星、無名だがRGO(王立グリニッジ天文台)のカタログでナンバリングされているGタイプの太陽類似星2つ——を選び出した。これらの星は、地球から10~40光年離れている。レーダー信号の狙いを定めるために、これらの星の位置(赤経と赤緯)を算出した。〈膣の着陸船〉はヘイスタックで組み立てられて、〈膣の信号〉を送信するための先行試験が、テープに録音されたサンプル信号を使って行われた。ところが、予定されていた生放送の直前に、ミルストーン・プロジェクト・グループのリーダーである米国空軍大佐がプロジェクトを中止させたのだ(米国空軍はMITと契約して、ミルストーン・レーダーを利用していた)。

7. 光速の遅さとその他の諸問題

宇宙船を拠点とする実験と同様、恒星間でコミュニケーションを取るためのレーダー送信実験にも克服すべき重要な問題点がある。宇宙には強力なレーダー送信機を設置できないので、送信は大気というかなり汚れた窓を通じて行わなければならない。これは事実上、送信できる周波数の範囲を狭めることになる。

送信手段としてのミルストーン・レーダーは、《ポエティカ・ヴァギナル》プロジェクトにとって都合の良い選択肢だった。なぜなら、協力者の多くが属しているMITの施設であるだけでなく、太陽類似星の周波数——それ自体はかなり弱い信号でしかない——で強力な信号を送ることのできる数少ないレーダー送信機のひとつだったからだ。100万ワット級レーダーの1~10ギガヘルツの信号は、太陽の光よりも十分に〈鮮明〉だ。すなわち、この特定の周波数でならば、1メガワットの信号でも、太陽を他のG型恒星よりも〈鮮明〉に見せるのに十分なのだ。

この作戦の問題点は、送信された無線通信の光子の束の真ん中(つまり、束ねられたレーダー信号の中央)に、受信側が位置しているという状況が起きなければ役に立たない、ということだ。なぜなら、レーダー波は光子であり、光子は「逆2乗則」に従って自動車のヘッドライトや携帯用フラッシュライトから放たれたように分岐するので、受信体に入射する信号は、光束の中心から遠く離れるほどに、急激に弱まる。したがって、遠く離れた恒星に対して極めて正確に狙いを定めなければならない。

我々が属する銀河系には2000億~4000億個の星が存在し、そのかなりの割合が(太陽に類似した)G型恒星である。技術的な限界があるため、レーダー送信は1度に1個の星に対してしか行えない。大局的に見て、天の川の星は海の魚よりも多いのだ。ある日、3分間だけ釣りを行ったとする。海にはたくさんの魚がいるというのに、我々の道具では特定の1匹の魚しか釣れない。成功の可能性はほんのわずかだ。

地球外知的生命体に高速でメッセージを送る際の最大の問題点は、宇宙の規模では、たとえ光速のメッセージでも〈手漕ぎボート〉並みに遅いということだ。銀河系の直径は、ほぼ10万光年である。銀河系の端から端まで行って帰ってくるのは、光速で20万年かかる周遊旅行なのだ。すべての人類の祖とされる「ミトコンド

リア・イブ」が誕生したのも約20万年前だ。

ミトコンドリア・イブがどうにかして、正しい周波数と十分な出力で信号を銀河系の向こう側まで送る能力を手に入れていたとしても、さらにはその信号を地球外生命体がちょうど10万年前に受け取って、直ちにこちら側に返事を送信してきたとしても、その返事は受け取られていなかったかもしれない。なぜなら、その間にミトコンドリア・イブは別の種に進化して、それは我々が知っているようなホモ・サピエンスではなかったかもしれないからだ。

アレシボのレーダーは死火山のクレーターの窪みに建設されているので、操作性はあまり高くない。いわば、狭い窓から信号の照準を定めることになる。セーガンとドレイクは恒星間メッセージを発信するときに、この窓から見える星の中から対象を選ぶしかなかった。結局、アレシボから発信された光速度のメッセージは、2万5000光年離れたヘラクレス座の星々に向けられた。そういうわけで、我々はチャペルで花束を抱えたまま、5万年の間、配偶者を待っているのだ。裸体はひたすら階段を下り続け、独身者はひたすら花嫁を裸にするのを待ち続けるのだ——何という悲劇だろう¹⁰。

メッセージの内容に関する問題は別として、恒星間のコミュニケーションを目指す実験プロジェクトでは、基本的で技術的な3つの問題が必ず浮上する。第1に、何億もの受信者にメッセージを送るとなれば、何億ものコピーが必要になる。第2に、メッセージを輸送する装置は、真空、放射線、極端な温度などの過酷な宇宙環境を乗り切れるだけの頑丈なものでなければならない。第3に、実際問題として、メッセージの輸送装置の健全性は無期限に(少なくとも「地質年代」に匹敵する期間は)完璧に保たなければならない。要するに、無限の大宇宙と極小の小宇宙を縫い合わせようとする問題なのだ。このことに着想を得て、私は分子生物学における最初のアートプロジェクトを立ち上げた。

つまりはこういうことだ——バクテリア(特に孢子形成細菌)は、これらの3つの問題に十分に対処することができる。バクテリアは宇宙環境を長期にわたって、ほぼ無期限に生き延びることができると想定される。1個のバクテリアから何億個もの正確なコピーを、簡便に安価に、一夜にして作ることもできる。

8. マイクロビーナス

1986年、『ポエティカ・ヴァギナル』プロジェクトで協力し合った2人——この私と、ハーバード大学の遺伝学と分子生物学の研究者であるダナ・ポイド——は、人間に関する知的情報を保有するバクテリアのモデルを作ることにした。この『マイクロビーナス』という作品は、分子生物学の遺伝子組み換えツールを用いて、DNAの形で作られた最初の芸術作品である (Davis 1996)。『マイクロビーナス』は、“Y”と“I”を重ね合わせたようなグラフィック・アイコンで構成されており、このアイコンはDNAヌクレオチドの配列に暗号化されていた。そしてこの配列は、ハーバード大学のマーティン・ポットフィールドによって合成された。出来上がった合成オリゴヌクレオチド¹¹は、ダナ・ポイドがいるカリフォルニア大学バークレー校で精製されて、その後、平滑末端ライゲーション¹²という手法を用いて2種類のプラスミド・ベクター¹³ (pUC19とpSK-M13+)と融合させた一本鎖DNAに由来する人口遺伝子断片を、ハーバード大学で大腸菌の実験株に導入した。

『マイクロビーナス』は、人間の知識を暗号化して人工的にDNAに仕込んだ——この方法はますます複雑化している——初期の芸術作品のひとつだ。一連の位相値にDNAの4つの塩基を割り当てて (C = x; T = xx; A = xxx; G = xxxx)、『マイクロビーナス』のアイコンを暗号化した。この方法に、ドレイクとセーガンがアレシボ・メッセージを作成するために使った、ツェルメロの定理を用いた水平走査線マッピングのテクニックと組み合わせた。『マイクロビーナス』を暗号化した35ビットのツェルメロ走査線 (7ビット×5ビット) には、以下のアイコンが含まれている。

10101
01110
00100
00100
00100
00100
00100

位相値にDNAの4種の塩基を割り当てることで、2進法の水平走査線を構成する数字は“CCCCCAACGCGCGCT”と表現され

る。(最上列の) 左上にある最初の二進数は“C”として表現される。なぜなら、数字は単一の位相を有する、つまり、直近では繰り返されないからである。この数字は一度だけ同じ状態 (1) であったのちに、次の二進数に切り替わる。第2行における、第2、第3、第4の数字は、単一の〈A〉として表現できる。なぜなら、その数〈1〉が3回繰り返されてから、別の二進数に切り替わるからである。次の4個の二進数は、〈G〉と表現できる。このようにして、35ビットの『マイクロビーナス』の走査線は、18個のDNA塩基に暗号化される。さらに、“CTTAAAGGGG”という短い配列が、DNA塩基と位相値の組み合わせを解読するための手掛かりとして加えられた。結合された28塩基長の『マイクロビーナス』のDNAは“CTTAAAGGGGCCCCCAACGCGCGCT”となる。

『マイクロビーナス』のアイコンは、地母神を表す古代ゲルマン語のルーン文字であり、これまでの地球外知的生命体に宛てたメッセージから検閲で排除されてきた、女性器でもある。『マイクロビーナス』のバクテリアを宇宙に広めて、地球外の環境を地球のバクテリアで汚染するリスクを冒すような計画は一度も準備されていない。だが、細菌の孢子である『マイクロビーナス』のバクテリアには、地球外知的生命体に宛てたメッセージの搬送装置としては、レーダーや宇宙船に勝る利点がある。

9. 生命の謎

実は、『マイクロビーナス』という生命体で作られる30年以上前に、DNAにメッセージを書き込むことを考えた科学者たちがいたのである。科学史上、ほとんど知られていないこのエピソードについて短く言及している書籍2冊を私が見つけたのは1990年代初めだった (Fischer and Lipson 1988; Beadle and Beadle 1966)。エピソードの出来事が起きたのは1958年のことだ。

すでに1953年に、ワトソンとクリックが (ロザリンド・フランクリンの助けを借りて) DNAの構造を解明していたが、それから10年近くが経過してからようやく、科学者たちは遺伝暗号の働きの詳細を明らかにできた。コドン (連続する塩基3個が1組、つまりトリプレット) になっている遺

DELBRÜCK RIDDLE OF LIFE RNA CODE (ABCD=UCAG)

FIRST PLACE	URACIL	CYTOSINE	ADENINE	GUANINE	THIRD PLACE
URACIL	UUU-RHF UUC-RHF UUG-LEU UUG-LEU	UCU-SEC UCA-SER UCG-SER UCG-SER	UAU-TYE-S UAC-TYE-T UAA-STP UAG-STP	UGU-CYS-S UGC-LYS-S UGA-STP-E UGG-TRP	URACIL CYTOSINE ADENINE GUANINE
CYTOSINE	CUU-LEU CUC-LEU CUA-LEU CCG-PRO	CCU-PRO- * CCG-PRO CCG-PRO	CAU-HIS-U CAC-HIS-W CAA-GLN CAG-GLN	CGU-ARG-H CGC-ARG-T CGA-ARG-T CGG-ARG	URACIL CYTOSINE ADENINE GUANINE
ADENINE	AUU-LEU AUC-LEU AUG-LEU AUG-LEU	ACU-THR ACU-THR ACG-THR ACG-THR	AUU-ASN-Y AUA-ASN-W AAG-LYS AAG-LYS	AUU-SER-I AUG-SER-I AUA-ARG-H AAG-ARG-H	URACIL CYTOSINE ADENINE GUANINE
GUANINE	GUU-YAL GUC-YAL GUA-YAL GUG-YAL	GCU-ALA GCC-ALA GCA-ALA GCG-ALA	GAU-ASP GAC-ASP GAA-ASP GAG-GLU	GGU-GLY-N GGC-GLY-D GGA-GLY-R GGG-GLY	URACIL CYTOSINE ADENINE GUANINE

1 デルブリュック 〈生命の謎〉 RNAコード
DELBRÜCK RIDDLE OF LIFE RNA CODE
(ABCD=UCAG)

伝暗号) が、DNAでどのような働きをしているかはわかっていたが、64通りのトリプレットによって現わされる20種類のアミノ酸の配列が明らかになったのは、1967年のことだ。その間に生物学者は、遺伝暗号の働きがさまざまな点で、自然言語の働きに似ていることに気づいた。「赤」という言葉は、赤い色を示す概念や現象とも関係があるのと同様に、コドンに現すアミノ酸は、コドンそのものと大いに関係があるのだという。このように遺伝暗号は、形式的で言語学的な意味で言葉のように作用する。このことを発見した科学者たちは、少しばかり詩的な感慨を抱いたようだ。しばらくの間、生物学界では、それらの〈言葉〉の間に区切りの「空白^{スペース}」があるかどうかが議論されたという。生物学者たちは、これらの対立する見解を、「コンマあり」の暗号と「コンマなし」の暗号という言い方で表現した。またもや、科学は理解の限界にぶつかり、その限界に科学自体の言葉が反映されていることが認識されたのである。

1958年にストックホルムでのノーベル賞授賞式で、2人の科学者が遺伝暗号の言語学的な働きに基づいて、暗号化されたメッセージを交換した。マックス・デルブリュックとジョージ・ビードルが互いに送り合ったメッセージは、英語のアルファベットの文字をアミノ酸の64種の位置コードに置換したものだった (Fischer and Lipson 1988)¹⁴。デルブリュックのメッセージには「コンマ」もしくは「スペース」に相当するコドンが含まれていた。一方、ビードルのメッセージには「コンマ」はなかった。

このとき最後に交換されたメッセージは、異なる4色の爪楊枝174本で作られたDNAモデルだった。デルブリュックがこのDNAモデルをストックホルムに発送して、ビードルが授賞式後の公式講演で解読した。DNAモデルに含ま

れていたメッセージは「私は生命の謎だ／私のことがわかればあなた自身のこともわかるだろう (I am the riddle of life know me and you will know yourself)」だった。

デルブリュックが問いかけた謎は「スフィンクスの謎」だった。「汝自身を知れ (Know Thyself (=yourself))」は、デルポイのアポロン神殿で下された有名な神託だ。それこそが、ソクラテスがアテネを走り回って「自分は何も知らない」ことを証明しようとした理由だった(そのことがソクラテスの死を招いたことは明らかだが)。

私は以上の出来事に触発されて、1995年にハーバード大学のボイルストン・ホールとハーバード・ヤードで「生命の謎」と題した展示会を行った。その特徴は、アーティストと科学者がともに参加したことだ(Nadis 1995)。

当時ロードアイランド・スクール・オブ・デザイン (RISD) の絵画部門の長だったアル・ワンダーリッチ教授の助力を得て、4種類の蛍光物質を入れた174本の試験管を並べた棚を用意した。ハーバード・ヤードに設置したフェンスの174本の杭には、RISDの学生たちが4匹の異なる動物の絵をステンシルで描いてくれた。MITで建築を専攻している大学院生のロブ・スタベイは、マサチューセッツのサマヴィル通りに建つ174軒の1階建て、2階建て、3階建て、4階建ての家々をコンピュータグラフィックスで描いてくれた。また、それぞれ174本の爪楊枝、174本のほうきの柄、174段のはしご、174個の結び目のある4本の綱を使って、モデルを作成した。これらすべての芸術作品には「私は生命の謎だ／私のことがわかればあなた自身のこともわかるだろう」というメッセージが込められていた。私自身が最も力を入れたのは、《174個の塩基が投げかける生命の謎としてのDNA (the 174-mer Riddle of Life DNA)》という作品だった。

実は1980年代中頃までは、DNAの合成は簡単なことではなく、《174個の塩基が投げかける生命の謎としてのDNA》と同じくらいの大きさの分子の合成も、PCR (ポリメラーゼ連鎖反応)¹⁴が出現するまでは難しかった。このPCR法による合成にしても、1990年代初めまでは、生物学者にとっても簡単に使える方法ではなかった。

1993～1994年の冬、ベルリン自由大学のブルクハルト・ウィッティヒの実験室で、私は「生命の謎」のためのDNAの合成・精製する準備に取りかかった。その後1994年に、MITのアレキサ

ンダー・リッチの実験室でステファン・ヴェルフルとともに「生命の謎」のためのオリゴヌクレオチドを大腸菌内で組み立ててクローニングを行った。

ハーバード大学とケンブリッジ市 (マサチューセッツ州) のバイオセーフティ委員会から、この「生命の謎」のための大腸菌を、ハーバード大学ボイルストン・ホール内の鍵のかかる二重ガラスの扉付きの専用の冷蔵庫内に置くことが許可された。

『ネイチャー』は丸々1ページを割いて、ハーバード大学で開催された「生命の謎」展に関する記事を掲載し、私たちが科学と芸術という「2つの文化の懸け橋」となったことを伝えた。しかし残念ながら、私たちがその橋を渡ることは全くなかったのだ。

10. 規制に関する問題： 遺伝子アートの制作、展示、公開

ギリギリ最後になってから、ハーバード大学のバイオセーフティ委員会は「説明」を行って当初の許可を撤回し、「生命の謎」のための大腸菌をボイルストン・ホール内の冷蔵庫に置くことを拒否した。こんな結論が出されたものの、現実にも目を向ければ、『サイエンティフィック・アメリカン』誌などは近年、DIY的な(アマチュア科学者)向けコラムで大々的に、インキュベータ用電球付きの水槽でオリジナルの遺伝子組み換え大腸菌を作る方法を伝授しているのだ。

この5年後、「生命の謎」のための大腸菌は、アルス・エレクトロニカ2000 (オーストリアのリンツで開催)において、特別に用意された閉鎖空間内でついに公開された(Nadis 2000)。大腸菌を物理的・生物学的に封じ込める作業は、オーストリア当局のバイオセーフティ担当者の全権的な承認と監視のもとで行われた。

遺伝子を扱うアーティストは、生命体のDNAを操作することを選択した以上、遺伝子組み換え生命体を展示するにあたって、技術と建築構造と環境コントロールとバイオセーフティに関する重大な問題に直面しなければならない。広く一般の人々が訪れる展示会を開催するつもりでキュレーターにとっても、同じことが言える。ギャラリーや博物館の運営者は、多くの場合、(組み換えられた) 遺伝子芸術を取り扱って展示することは、自分たちには無理であり、そん

な意思もないことを悟るものだ。気が滅入るようなセキュリティと責任に関する問題に対処しなければならないからだ。大衆が遺伝子操作一般に対して、根拠のあるなしにかかわらず発症するヒステリーや、報道機関の反応にも、キュレーターは気を揉むことになる。

実験室における生命体は、人間を含めた他の生命体に対する危険度に応じて、封じ込めのレベルが上がっていく。人間の腸にいるバクテリアである大腸菌は、生物学では便利な道具として使われている。なぜなら、大腸菌は通常、病気を発症させることなく人間と共存しているからだ。もともと、人間とは共存できても、大腸菌は他のバクテリアにとっては有害なバクテリア毒素を作り出す。人間の腸管に生息するバクテリア集団の中で、大腸菌が圧倒的多数を占めているのは、そのためである。実際、大腸菌は我々の周囲の至る所で、常にうごめいている。人間がいる場所なら、人間の体内、体外を問わず、大腸菌は存在している。

基本的に、実験室で大腸菌を扱う際は、常識的に衛生面に配慮すればよい。遺伝子工学によって操作された大腸菌は、密閉容器に保存される。汚染された廃棄物と使用済みの容器は、廃棄される前に必ず加圧滅菌器で処理されることになっている。

特に危険な生物は、衛生面でより厳密に取り扱われて、細心の注意をもって隔離・密封される。発疹チフス、HIV、炭疽菌のような病原体は、外気と遮断されたグローブ・ボックス¹⁵で処理される。この種の生物と接触した空気を含む気体は、建物の外に排出される際には熱処理されるので、空中の病原性分子は焼却される。

しかし、最も危険な生物は、別の方法で対処されている。毎日(あるいは毎分)いずれかの生物の種を絶滅の危機にさらしている生物は、いうまでもなくホモ・サピエンスである。つまり、生物学者たち自身を封じ込める方法はないのだ。

ときとして、科学者たちは軽微なルールを破ることがある。たとえば、大腸菌を培養したシャーレ1枚を、ハーバード大学とMITの間の1マイルの距離を移動させるためには、3つの異なるバイオセーフティ許認可機関で煩雑な手続きを取らなければならない。このような規則は面倒くさいと思いき、法的な管理に必要な事務処理や面談を省いて、培養したものをやり取りする科学者もいる。

科学者たちがこれらの原則をきちんと守るか

どうかはさておき、遺伝子芸術の作品を制作するアーティストは、科学的に懸念すべき事態に遭遇する可能性を想定して、科学者たちの行動を注視しなければならない。実際、芸術作品の制作に使われている遺伝子工学で生成された生物の譲渡に関しては、はっきりと決まった手続きは存在しない。その結果、科学的な作業に従事する人々の中には、他の人が遺伝子組み換えの産物を安全に扱っているのだから自分も大丈夫、と考える人がいる。しかし科学の世界には、結果責任を負う組織など存在しない。科学的にずさんな管理が人類と環境に恐ろしい結果をもたらして、しかも科学が主な言い訳に使われてきたという歴史は、今や明らかである。これまでアーティストたちは、遺伝子芸術を制作する際に、科学的実験を行う研究室等に協力してもらってきた。しかしアーティストたちは今、芸術的な目的のために遺伝子工学を実行する場としてのスタジオを構想し始めている。実験室で芸術的な共同制作を行うための重要な条件は、アーティストたちは科学的手続きを順守しなければならないということ、それができなければ直ちに実験室を使うことはできなくなる、ということだ。実験室と特別な管理体制を必要とし、しかも倫理に関わる行動——たとえば、実験室の外に生物を持ち出すといった行為——の責任が問われる場合、その生物を生み出した実験室も罪に問われるのは当然のことだ。

11. ゲノム芸術

アーティストたちは比較的短期間で、模倣表現としての自然主義的伝統を脱却して、生命そのものを直接操作するようになった。現在のところ、アーティストたちが操作できる範囲は、単一の遺伝子(または遺伝子群)を、宿主となる生物の細胞内で発現させたり破壊したりすることにとどまっている。

しかしやがては、アーティストたちはもっと野心的なプロジェクトに携わるようになるだろう。分子遺伝学と分子生物学の技術に関与することで、テクノロジーとしての遺伝学に対するアーティストたちの理解は深まるだろう。そして今、人間のゲノムに関する研究も進んでいる。近い将来、多くの遺伝子もしくは全ゲノムを用いる規模の芸術作品が制作されるだろう。

ゲノムとは、莫大な情報が高度に体系化されて蓄積されたものであり、データを分析・解釈するための綿密なシステム——内蔵されていたか、あるいは自然発生したシステム——を備えている。これらのシステムは核酸とタンパク質でできていて、その動作は極めて洗練されており、従来のデータベースを操作する直截な数学演算では見られなかったものである。

生物学的意味で、ランダムに編集された大きなDNA配列からなる芸術は、生体内で自動的に複製されることはない。単一または少数のDNA塩基対を単純に繰り返した場合、その大多数は生物学的に不安定である。いくつかの配列には不安定性をもたらす特徴があり、宿主細胞にとって有毒なこともある。

ゲノム芸術は、たとえ大規模なものでも、大量の任意の情報を〈生物学的に扱いやすい〉DNA分子に暗号化できなければならない。「DNAスーパーコード」は、この目的のために設計されたものだ。

12. スーパーコードと天の川DNA

1995年、私は最初の「DNAスーパーコード」¹⁶を作成した。その目的は、天の川銀河の地図をDNAの分子内に暗号化することだった(Davis 2000)。

この天の川銀河の地図は、NASAの宇宙背景放射探査機(Cosmic Background Explorer、略称COBE)が作成した天の川の地図を含む、1.1キロバイトのデジタル画像ファイルである。この画像ファイルは、二進数の文字列として表示される。

「DNAスーパーコード」では、入力情報(この場合は、COBEが作成した天の川の地図)を暗号化するための基礎となる20種類のアミノ酸を、64種類のヌクレオチド・トリプレットの大半を用いて表している。なお、任意のデータを暗号化してDNAに直接的に組み込むことに伴う、生物学的問題を解決するためには、第2水準の暗号化を用いている。終了または〈ストップ〉を意味する3つのコドン(TAA、TGAとTAG)は、異なる暗号化の方式間の「スイッチ」として機能し、モノヌクレオチド¹⁶の単純な繰り返しが入力データに現われることを示している。4種類のモノヌクレオチド・トリプレット(CCC、TTT、AAA、GGG)は、対応するDNA塩基(C、T、A、G)を指定する

FIRST PLACE	URACIL	CYTOSINE	ADENINE	GUANINE	THIRD PLACE
URACIL	UUU-PHE-7 UUC-PHE-7 UGA-LEU-8 UGU-LEU-8	UCU-SER-2 UCC-SER-2 UCA-SER-2 UCG-SER-2	UAU-TYR-F UAC-TYR-F UAA-STP-*	UGU-CYS-G UGC-CYS-G UGA-STP-*** UGG-TRP-J	URACIL CYTOSINE ADENINE GUANINE
CYTOSINE	CUU-LEU-8 CUC-LEU-8 CUA-LEU-8 CUG-LEU-9	CCU-PRO-8 CCC-PRO-8 CCA-PRO-8 CCG-PRO-8	CAU-HIS-H CAC-HIS-H CAA-GLN-B CAG-GLN-B	CGU-ARG-9 CGC-ARG-9 CGA-ARG-9 CGG-ARG-9	URACIL CYTOSINE ADENINE GUANINE
ADENINE	AUU-ILEU-C AUA-ILEU-C AUG-ILEU-C AUG-MET-1	ACU-THR-7 ACC-THR-7 ACA-THR-7 ACG-THR-7	AUU-ASN-D AAC-ASN-D AAA-LYS-8 AAG-LYS-8	AGU-SER-2 AGC-SER-2 AGA-ARG-9 AGG-ARG-9	URACIL CYTOSINE ADENINE GUANINE
GUANINE	GUU-VAL-6 GUC-VAL-6 GUA-VAL-6 GUG-VAL-6	GCU-ALA-3 GCC-ALA-3 GCA-ALA-3 GCG-ALA-3	GAU-ASP-A GAC-ASP-A GAA-GLU-4 GAG-GLU-4	GGU-GLY-1 GGC-GLY-1 GGA-GLY-1 GGG-GLY-8	URACIL CYTOSINE ADENINE GUANINE

SILENT CODE
amino acid [codon = silent code value]

- 1) PHE = [UUU = 0, UUC = 1]
- 2) LEU = [UUA = 0, UUG = 1; CUU = 10; CUC = 11; CUA = 00; CUG = 01]
- 3) ILEU = [AUU = 0; AUC = 1; AUA = 00]
 -) MET = [AUG = X]
- 4) VAL = [GUU = 0; GUC = 1; GUA = 10; GUG = 11]
- 5) SER = [AGU = 0; AGC = 1; UCU = 10; UCC = 11; UCA = 00; UCG = 01]
- 6) PRO = [CCU = 0; CCC = 1; CCA = 10; CCG = 11]
- 7) THR = [ACU = 0; ACC = 1; ACA = 10; ACG = 11]
- 8) ALA = [GCU = 0; GCC = 1; GCA = 10; GCG = 11]
- 9) TYR = [UAU = 0; UAC = 1]
- 10) STOP = [UAA = X, UAG = X; UGA = X]
- 10) HIS = [CAU = 0; CAC = 1]
- 11) GLN = [CAA = 0; CAG = 1]
- 12) ASN = [AAU = 0; AAC = 1]
- 13) LYS = [AAA = 0; AAG = 1]
- 14) ASP = [GAU = 0; GAC = 1]
- 15) GLU = [GAA = 0; GAG = 1]
- 16) CYS = [UGU = 0; UGC = 1]
-) TRP = [UGG = X]
- 17) ARG = [AGA = 0; AGG = 1; CGU = 10; CGC = 11; CGA = 00; CGG = 01]
- 18) GLY = [GGU = 0; GGC = 1; GGA = 10; GGG = 11]

2 基本となる20種の縮重DNA暗号の鍵
Key for a base-20 degenerate DNA code.

3 「サイレント・コード」
SILENT CODE

ために用いられる。「DNAスーパーコード」には、3つの暗号化の方式がある。(1)〈TGA〉は、DNAに直接暗号化される入力データの、生物学的に互換性を持つ箇所を示す。(2)〈TAA〉は、特定のDNA塩基を示すトリプレットのひとつに先立つ、ベースとなる20種のDNA暗号のひとつをトリプレットが引き起こす場所で、モノヌクレオチドの繰り返しを示すために用いられる。(3)〈TAG〉はノンコード、つまり〈削除〉するモードであり、配列が入力データを含まないことを示している。TAGと指定された配列は酵素を認識する部位を含み、この酵素は①完全な配列を組み立てて操作するために必要となり、②さらには生体内で完全に組み立てられた配列の安定性促進という重要な機能を持つ遺伝子の挿入にも必要である。特定のデータベースを「スーパーコード」化するための最初のステップは、DNA内に直接

暗号化されて入力されたデータに現われる、すべての終了コドン、TAAモードを用いて暗号化することだ。「スーパーコード」のモードを切り替えるための部品として挿入された終了コドンはすべて、解読過程で削除される。宿主細胞の生物学的機械による入力データの変換を始めるコドン(ATC、GTG、TTG、CTGなど)は、生体内に発現しないように暗号化されることがある。

「スーパーコード」は遺伝暗号そのものと同様に、高度に縮重されているので、大多数のDNA配列は、それぞれが正確に同じ入力データに解読されるように作られている。たとえば《天の川DNA》の場合、実際に天の川に含まれている星の数よりも多くの配列が作られて、銀河の地図に入れられている。

私が《天の川DNA》を創作するきっかけとなったのは、ある童話だった。その主人公は傲慢な少女で、1匹のネズミに出会って、ようやく幸せというものを理解できるようになったという。実はそのネズミ、耳に宇宙の地図を宿していたのだ。

最初の《天の川DNA》は2002年に制作して、同年にポルトガルのバルカレナで開催されたピオロジア・コモ・アルテ(芸術としての生物学/Biologia Como Arte)で発表した(Queiroz 2002)。《天の川DNA》の配列全体は、3867個の塩基対から成るDNA分子——多くのプラスミドより大きくて、多くのウイルスの完全ゲノムとほぼ同じ大きさである——で構成されている。

13. サイレント・コード

巨大なデータベースを暗号化してDNAに組み込む際に発生する多くの諸問題を、「DNAスーパーコード」は解決した。しかし、重要な問題がひとつだけ残った。それは、生体の重要な機能に貢献しないDNA配列を、生物は削除する傾向がある、という問題だ。

ダナ・ポイドと私は最近、「サイレント・コード」という次世代の暗号を開発した。この「サイレント・コード」は、遺伝暗号の縮重を利用して、遺伝子の転写産物¹⁷を変更することなく、任意の情報を遺伝子の塩基配列に挿入することができる。暗号化された任意の情報は、重要な遺伝子の暗号配列内に存在する限り、宿主生物によって再配置されることも削除されることもない。

「サイレント・コード」では、遺伝暗号の20種類のアミノ酸のうちの18種類を示すコドン(つまり64種類のコドンのうちの44種類)が用いられている。これら18種類のアミノ酸のそれぞれは、2~6種類のトリプレット・コドンによって表される(18種類のコドンは18~20種類のアミノ酸に相当する。)¹⁸「サイレント・コード」では、これらのコドンのそれぞれに二進数を割り当てている。2種類のトリプレットから成るコドンの組には、〈0〉と〈1〉が割り当てられる。3種類のトリプレットを含むコドンの組には、〈0〉、〈1〉、〈00〉が割り当てられる。4種類のトリプレットを含むコドンの組には、〈0〉、〈1〉、〈10〉、〈11〉が割り当てられる。6種類のコドンから成る組には、〈0〉、〈1〉、〈10〉、〈11〉、〈00〉、〈01〉が割り当てられる。

終止コドン(TAA、TGA、TAG)と、単一のコドンで構成されてメチオニンとトリプトファンを表す組(ATGとTGG)は、「サイレント・コード」では使用しない¹⁹。

「サイレント・コード」に含まれる、DNA塩基対に対応する任意に暗号化された情報は、「DNAスーパーコード」に含まれるものよりも少ない。しかし、生物学的に言って「サイレント・コード」は極めて〈静か〉である。タンパク質の構造と相互作用、塩基対の総数、宿主細胞¹⁸のエネルギー必要量は、「サイレント・コード」の情報のあるなしにかかわらず、基本的に同じである。

明確に異なる、多重化された(生物学以外の)データベースを同時に暗号化することは、自然に発生する遺伝子の個々のDNA配列の範囲内でも可能である。これが〈静か〉ということである。なぜなら、暗号化されていない本来のDNA配列の翻訳産物(たとえば、自然に発生するアミノ酸、ペプチド、タンパク質)を変化させることも、個々のヌクレオチド——ヌクレオチドは通常、変更されていない自然な遺伝子から成っている——の数を変えることもないからである(この「サイレント・コード」の形式については、稿を改めて説明したい)。「DNAスーパーコード」と「サイレント・コード」が構成している遺伝子操作の形式は、これまでの遺伝子組み換えに比べると、宿主生物に〈干渉〉する可能性が低く、環境にも優しい。これらの暗号を行使しても、生態環境に対して——つまり、宿主生物が他の生物や環境全般と相互に作用する際の生態環境に対して——ごくわずかな影響しか与えないだろう。

14. 結論

芸術における自然主義に対する歴史的な概念を越えて、アーティストは今や、文字通り自然と一致する芸術と対峙している。単に生物学的相互作用を起こすための遺伝子の命令以上のもの内包する、新たなゲノムを創造する機会も出てきた。アーティストは、人間の精神と想像力を永続させられるようなゲノムを創造するだろう。科学界の懐疑心や無関心が、この流れを押し止めることはできないだろう。逆に、科学に固執する偏狭な態度は、アーティストにインスピレーションの重要な源泉を提供し続けるだろう。結局のところ、皮肉な話だが、遺伝子を媒体に用いるアーティストたちは現在の科学界よりも、もっと繊細な感性を環境に対して示すのではないだろうか。

現在、「DNAサイレント・コード」に関わる2つのプロジェクトが進行中である。

(訳:村上 彩)

Eduardo Kac, ed., *Signs of Life: Bio Art and Beyond*, pp.249-266, Joe Davis, "Cases of Genetic Art," © 2007 Massachusetts Institute of Technology, by permission of The MIT Press.

謝辞

《天の川DNA》の合成と組み立てを手助けしてくれたピーター・サイドラーに、心からの謝辞を捧げたい。

出典および参考文献

- Beadle, George Wells, and Beadle, Mudel. 1966. *The Language of Life: An Introduction to Science of Genetics*. Garden City, NY: Doubleday.
- Couzini, Jennifer. 2002. "Active polio Virus Baked From Scratch." *Science* 297 (July 12).
- Davis, Joe. 1966. "Microvenus." *Art Journal* 55, no.1: 70–74.
- Davis, Joe. 2000. "Romance, Supercodes and the Milky way DNA," In *Ars Electronica 2000: Next Sex*, edited by Gerfried Stocker and Christine Schopf, 217–235. Vienna: Springer Verlag.
- Fischer, Ernst Peter, and Carol Lipson. 1988. *Thinking About Science: Max Delbrück and the Origins of Molecular Biology*. New York: Norton. (『分子生物学の誕生: マックス・デルブリュックの生涯』エルンスト・ペーター・フィッシャー、キャロル・リップソン著、石館三枝子・石館康平訳、朝日新聞社、1993年12月。)
- Nadis, Steve. 1995. "Genetic Art Builds Cryptic Bridge Between Two Cultures." *Nature* 378 (November 16): 229.
- Nadis, Steve. 2000. "Science for Arts Sake," *Nature* 407 (October 12): 668–670.
- Queiroz, I. P. 2002. "A Biologia Ao Serviço Da Arte," *A Capital* (May 19).

訳註+編集註

- 1 現代的な意味でのキメラとは、生物学において異なった遺伝情報を持つ細胞が同一体内に存在する状態のこと。
- 2 哲学者ジョルジュ・バタイユは岡本太郎やアンドレ・マンソンらと神不在の宗教結社「無頭人」を設立したが、無頭人は神の断首のシンボルだった。デイヴィスは、科学が寓話的な怪物にとって代わったことを無頭人という語で表現している。
- 3 遺伝に関わるタンパク質。生体が病原体を排除する際に抗体を補助する免疫システムを構成する。
- 4 細菌に感染して菌体を溶かして増殖するウイルスの総称。餌となる細菌を食べ尽くすかのように死滅させる様を人間に重ねている。
- 5 ある生物のもつ遺伝子の構成が形態、構造、行動、生理的性質などを含む形質として発言したもののこと。
- 6 白色人種と同義。
- 7 この場合のツェルメロ数とは、半素数を意味すると思われる。
- 8 ヴェルナー・ヘルツォーク監督による西ドイツで1982年に公開された超現実主義的な冒険活劇映画。
- 9 現在は、地球外知的生命体探査研究所 (SETI) 勤務。
- 10 デュシャンの《彼女の独身者たちによって裸にされた花嫁、さえも》にかけた表現で「永遠に未完のまま放棄される他ない」という意味。
- 11 約20塩基対程度の短いヌクレオチドの配列。自動合成装置によって160から200塩基対程度のオリゴヌクレオチドは自動的に合成できる。
- 12 突出している末端を持たない二重鎖DNAの末端同士を酵素を用いて連結すること。
- 13 遺伝子を組み換える際に利用する環状のDNAのこと。
- 14 DNAポリメラーゼと呼ばれる酵素を用いてDNAの必要な部分だけを増幅するための原理または手法。
- 15 外気を遮断した作業ができるように、内部にゴム手袋などで手だけが入れられるよう設計された密閉容器。
- 16 リン酸、塩基、糖の一分子の結合から生じるヌクレオチド。
- 17 酵素によりゲノムを鋳型として合成されたメッセンジャーRNA (タンパク質を合成する遺伝情報を写しとる一本鎖のヌクレオチド)。
- 18 ウイルスなどの微生物によって感染を受けた細胞のこと。

(訳註:村上 彩 編集註:高橋洋介)

謝辞

本論文訳出にあたり、ご指導賜りました早稲田大学教授岩崎秀雄先生に感謝の意を表する。

ジョー・デイヴィス

1951年アメリカ合衆国生まれ。芸術家、マサチューセッツ工科大学生物学科およびハーバード大学ジョージ・チャーチ研究室研究員。彼の作品と研究は、分子生物学、生物情報工学、宇宙芸術、彫刻など多岐の分野にわたり、DIYバイオの先駆者として知られる。2001年に、ワシントンポストに「バイオアートのゴッドファーザー」と言わしめた。主な受賞にアルスエレクトロニカ・グランプリ (ゴールドニカ賞、2012) など。