

死

死

死

## 死の未来

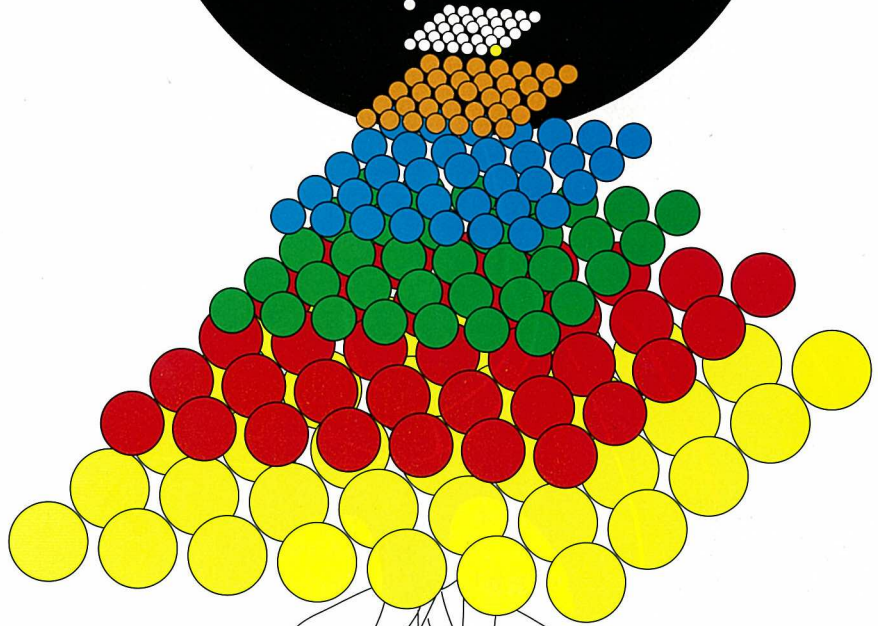
最先端のサイエンスとテクノロジーが、ぼくらの「生」を更新しようとしている。

その定義を書き換えようとしている。「生」が変わる。ならば「死」は？

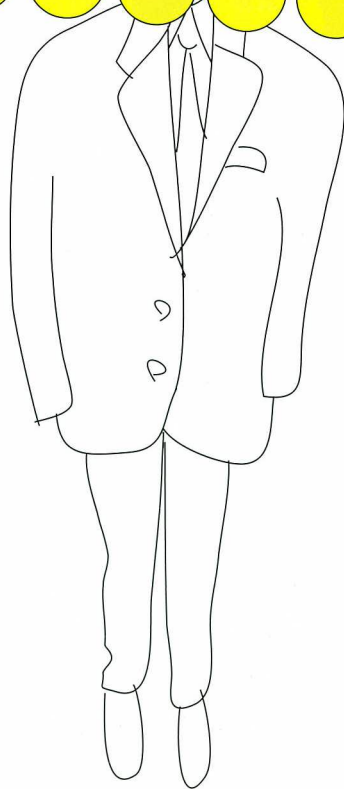
未来の「死」は、ぼくらが知ってる「死」ではないかもしれない。

そんなバカなって？ そんなバカなことが、いま起ころうとしているのである。

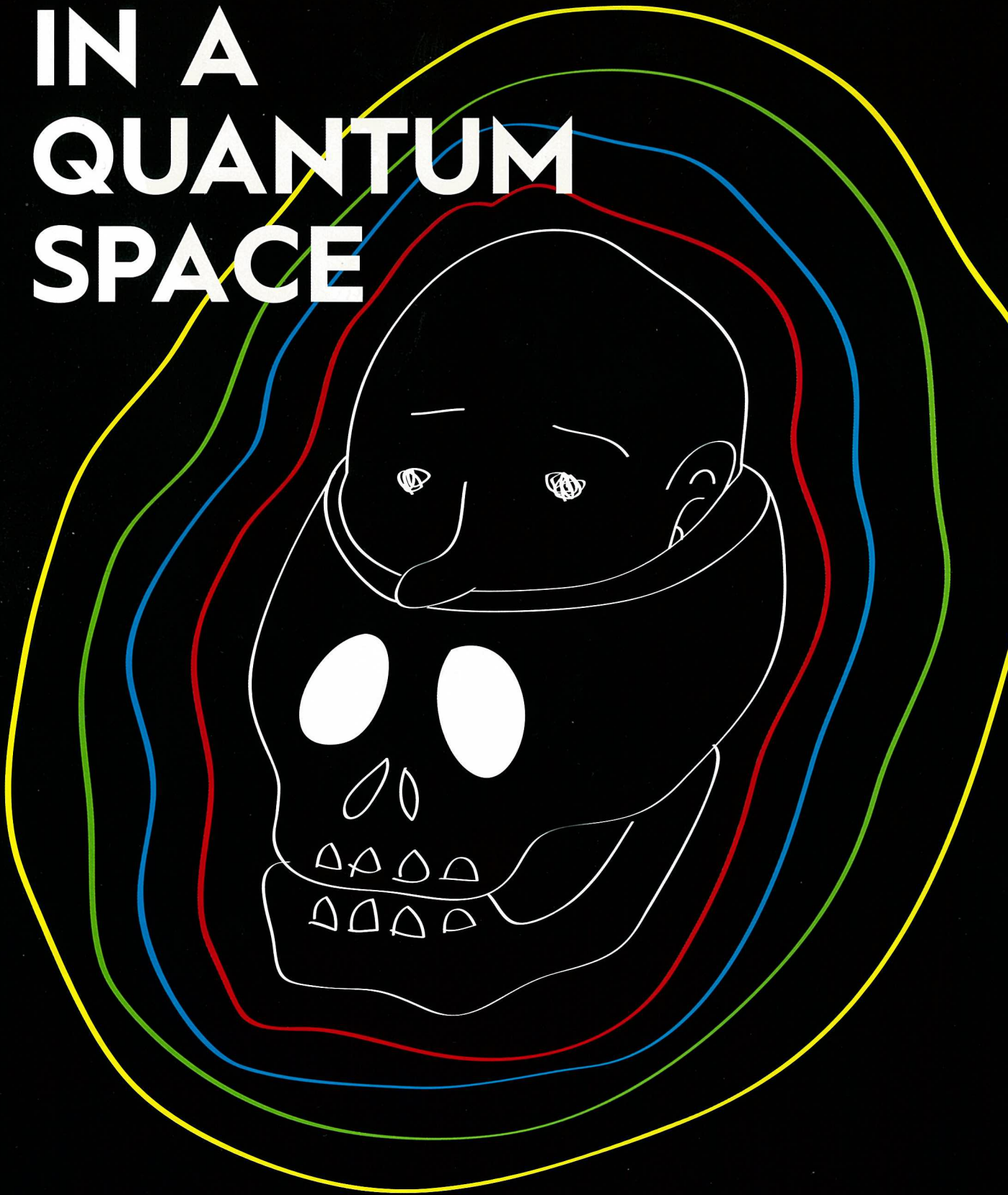
BE



H



# DEATH IN A QUANTUM SPACE





# ハメロフ博士の 世界一ぶっとんだ死の話

## 意識と「量子もつれ」と不滅の魂

人がその生をまっとうし、肉体が生命活動を終えたとき、「意識」も消えてしまうのだろうか。さにあらず。高名な麻酔医スチュアート・ハメロフ博士の言うことには、意識は量子の世界を漂い、「死などありえない」のだ。

TEXT BY SANAE AKIYAMA



### 「意識」の死を科学する

「彼らはいま『どこ』にいるんだろう?」。家族や友人を亡くしたとき、故人の生きざまや共有した出来事に思いを馳せるのと同時に、われわれの脳裏に浮かび上がってくる疑問があるはずだ。成仏するのか、天国に行くのか、生まれ変わるのか、それとも消えてなくなるのか……。人によって信念はさまざまだろうが、このときわれわれが知りたいのは、終焉を迎えた肉体のことではなく、《意識》の「死」についてだ。まぎれもなく世界で唯一無二だった意識に何が起こったのかを、求めてやまないのだ。

「『量子もつれ』によってひとかたまりになった『量子魂』なら、もしかしたら存在するかもしれないよ」と話すのは、米アリゾナ大学の名誉教授であり麻酔医でもあるスチュアート・ハメロフ博士だ。「ただしこれを理解するには、意識とは何かを科学的に知る必要があるがね」。

彼は麻酔医として患者の意識を失わせるかたわら、検査用の超音波を脳に当てて患者のムードが変わるメカニズムの研究をしたり、毎年行われる「意識の国際会議」の主宰者も務めている。

ここで議論される《意識》とは、顕著意識のことであり、無意識や潜在意識のことではない。その定義は難しいが、いうならばそれは「一人称で現象を経験できる個人の主観のこと」だと、ハメロフは言う。

毎年開催される意識の国際会議では、ありとあらゆる分野の専門家が1,000人ほど集まり、神経科学、哲学、医学、物理学、生物学、心理学、人類学、計算機科学、ロボット研究、人工知能研究、宗教、そしてスピリチュアルな視点から、意識の謎を追究している。

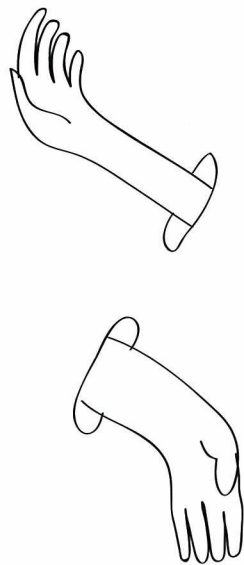
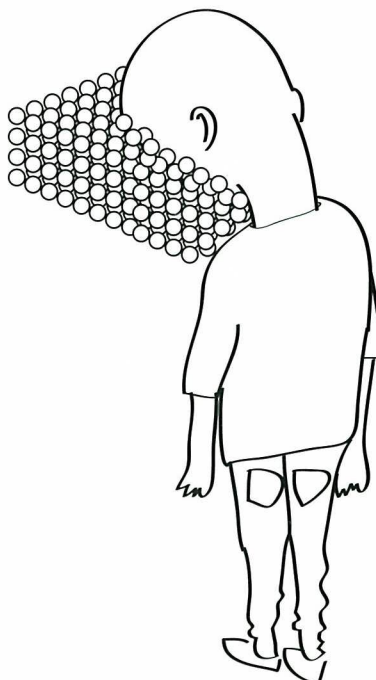
意識の何がこれほど難解なのかというと、「物質としての脳がどのように機能すれば主観的な意識体験をもつのか」というハード・プロブレムに尽きるだろう。多くの科学者は、脳に1,000億ほ

どあるニューロンが複雑に相互作用することで意識が創発的に紡ぎ出されると主張する。だが、単体では意識をもたない神経細胞が、どのようなアルゴリズムに沿って電気信号や化学物質を放出すれば、認識、主観的経験、美しさや色彩を感じるクオリアといったものが生まれるというのか。

ある意味、ミステリアスだと思われている無意識や潜在意識こそが、むしろ脳のアルゴリズムに則った「計算可能」な反応であり、環境的刺激があるがままに表現した脳内現象だといえる。しかし、そこから自分に必要な情報だけを認識し、考え、決断するという顕著意識は、非アルゴリズム的で「計算不可能」なのだ、ハメロフは言う。千差万別な人の主観を客観的に説明しようとする理論はいまのところない。

### 「意識」が量子力学と古典力学をつなぐ

英オックスフォード大学の数学者および理論物理学者であるロジャー・ペンローズ<sup>(註1)</sup>は、1989



#### 註1

ロジャー・ペンローズ  
Sir Roger Penrose

1931年イギリス生まれ。数学者、宇宙物理学・理論物理学者。スティーヴン・ホーキング博士と共にブラックホールの特異点定理を提唱したことで有名。脳内の情報処理には量子力学が関わっているという仮説にたどり着いた。

年の著書『皇帝の新しい心(原題:Emperor's New Mind)』にて、膨大な数学物理的知識のもとにひとつの疑問を投げかけた。

客観的に見て、物質が支配する世界は疑う余地もないほどに「そこ」にある。われわれの存在や観測の有無に関係なく、古典力学が表現できる物質世界は存在し、われわれの肉体や脳も間違いなく「こちら側」にある。だが意識はどうだろう。非アルゴリズム的の性質をもつ意識を古典力学で完全に説明できないのならば、量子世界にも目を向ける必要があるのではないか。

数式で表現される大まかな現実世界は、いまのところ真つ二つに分けられている。古典力学の法則が秩序を担うマクロの世界と、量子力学が支配する、素粒子、原子、分子といったミクロの世界だ。しかし2つの理論の間には断絶があり、その境目がどこにあるか完全には理解されていない。つまり物質がどれだけの「大きさ」であれば量子論が通用するのかわからない。

量子の世界における粒子の性質は、直感に反するものだ(コペンハーゲン解釈)。まずミクロの物質は、粒子にも波にもなりうる。そして最も不思議な現象は、「観測」による「波動関数<sup>(註2)</sup>の収縮」だろう。1つの粒子には、複数の箇所に同時に存在しようという「重ね合わせ」、いわゆる分身の術のような性質がある。しかし驚くことに、この分身の術は、誰かや何かの観測行為により一瞬にして複数だった状態をただ1つに決定する。ここで特筆すべきは、観測するのは意識をもたない検出器でも構わないということだ。つまり、誰かの観測の意図が、ミクロの物質の在りようを決定するのである。

ペンローズはこの未解明の現象に目をつけた。

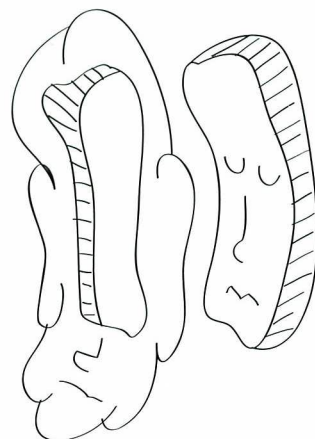
マクロの世界は、波動関数の収縮などものともせずにそこにある。しかしすべての物質はミクロなものの集合だ。波動関数の収縮がマクロの物質で起きない(ように見える)理由がどこにあるはずなのだ。おそらくそのメカニズムこそが、量子力学と古典力学の断絶をつなぐヒントになる。しかし、それには観測者自体がシステムのなかに組み込まなければならない。

ミクロとマクロの狭間。そして物質である脳のアルゴリズムに則った情報処理過程と、非アルゴリズム的な顕著意識の間に存在する狭間。おそらく双方の狭間に潜む謎をひもとく新たな理論は、人間の知覚する神秘と基礎科学の境界線上にある。

### 微小管は生体量子コンピューター？

「91年だったかな……人に勧められて『皇帝の新しい心』を読んだとき、ペンローズのアイデアに度肝を抜かれたんだ。それまで20年もの間、意識について研究してきたけれど、誰もそのメカニズムに迫った人はいなかったよ。彼は人間の脳神経であるニューロンに、量子的メカニズムがあると推測していたけれど、ニューロンでは大きすぎる。その間違いゆえに、彼は行きづまってしまった」。当時を思い出すようにハメロフは語った。「そこで彼に手紙を書いたんだ。ニューロンの中にある微小管<sup>(註3)</sup>が、もしかしたら彼の探している『生体量子コンピューター』なのかもしれないってね」。

ハメロフがこの生体構造に目をつけた理由は、麻酔がどのように意識だけを消失させるか明らかにするヒントが微小管にあったからだ。「麻酔薬の動きはとても選択的なんだ。意識をブロックし



註2

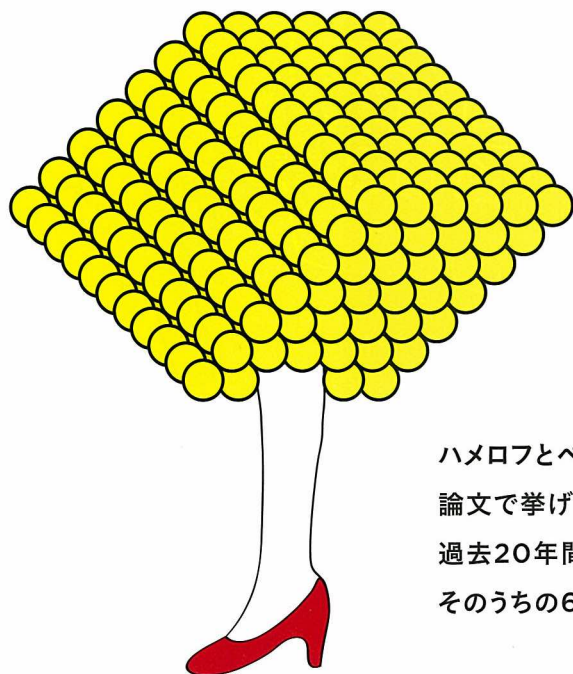
#### 波動関数 wave function

粒子であり波動でもあるミクロの物体の状態を表す関数。「重ね合わせ=分身の術」の条件を満たす。

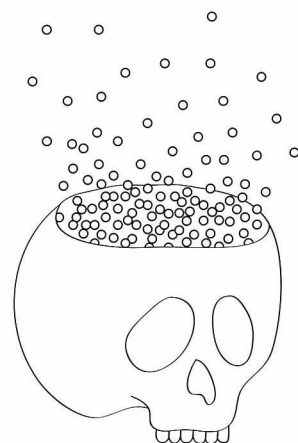
註3

#### 微小管 microtubule

微小管はすべての細胞内にある直径約25nmの管状の構造であり、4nmのチューブリンというタンパク質が規則的に並んでできている。特にニューロンの樹状突起の微小管は、その向きがばらばらであるという、通常の細胞には見られない特徴をもつ。

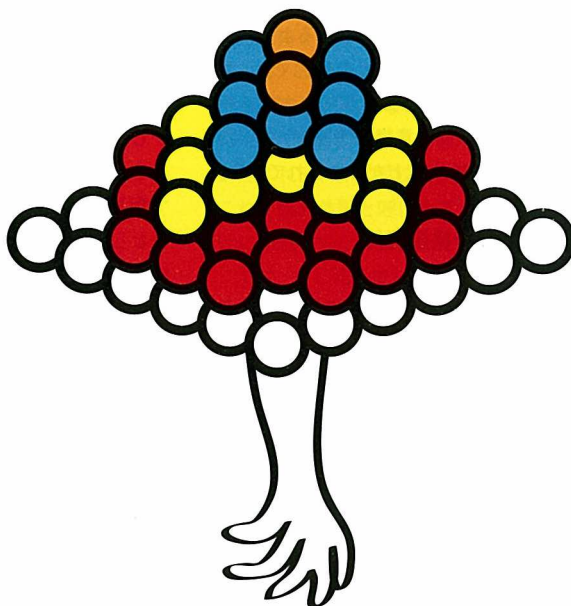


ハメロフとペンローズが、論文で挙げた20の実験アイデアのうち、過去20年間で否定されたものはひとつもなく、そのうちの6つは理論を支持するものだった。





「意識は、物質でできた肉体から離れて  
そのまま宇宙に留まるんだ。  
ひょっとすると『量子もつれ』によって  
塊になった量子情報が  
『魂』と呼ばれるものかもしれないな」



## 註4

チューブリン  
tubulin

微小管を形作るビーナッツ状のタンパク質。縦8×横4nmのチューブリンはフィボナッチ数列(0,1,1,2,3,5,8,13……)に従って並んでおり、 $\alpha$ および $\beta$ チューブリン2量体が交互になって微小管を形成する。

## 註5

双極子  
dipole

ダイポール。+極と-極を持つ物質で、とある距離を隔てて対になっている正負の電荷。

## 註6

量子もつれ  
quantum entanglement

「量子もつれ」とは、複数の粒子が媒介なしに同期して振る舞う現象。表裏一体のコインのようなもので、一方の物質の状態が決まれば、もう一方の状態が瞬時に決定する。このとき物質の距離は関係なく、2つの物質が宇宙の両端にあったとしても瞬時に遠隔作用する。

ても、脳のほかの活動は正常に機能する」。

これまでの研究によると、ニューロンの樹状突起の微小管にあるチューブリン<sup>(註4)</sup>の隙間に麻酔薬の分子が嵌まり込んで、意識に必要なと思われる双極子<sup>(註5)</sup>的な振動を分散させていることが示唆されている。となると、微小管の働きは意識の発生に重要な役割を果たしているはずだとハメロフは考えた。

「ゾウリムシのような単細胞生物でも、学習したり、餌を探したり、天敵を避けたり、生殖して子孫を残したりするんだ。ニューロンもシナプスもないのに、どうしてこんなに賢い行動をしようとする？ ゾウリムシの繊毛は微小管でできている。これがコンピューターのように情報のプロセスを処理しているんだよ」

## 『統合された客観収縮理論』の完成

その年、ハメロフはイギリスでベンローズと出会い、意識について深く語り合うことになった。「ロジャーには膨大な数学物理的な知識に基づく意識発生のメカニズムについての考えがあり、わたしにはそれをサポートする生体的構造の知見があった」。

2つのマインドが組み合わさる必要があった。彼らにとって、そうすることに矛盾はなかった。そして94年、彼らは共同で論文を発表。2人の知識を照らし合わせて編み出されたものが、『統合された客観収縮理論(Orchestrated Objective Reduction: 'Orch OR')』である。

'Orch OR'は、ベンローズの『客観収縮論(Objective Reduction: 'OR')』がもともとなっている。ベンローズは一般相対性理論において時

空が物質の重力によって湾曲する例を挙げ、これが極小粒子の時空でも「量子重力」として同様に作用しないのはおかしいと考えた。

この仮説では、物質の「重ね合わせ」の状態は、枝分かれした並行宇宙の時空として描写される。その時空に存在する物質のエネルギーが大きければ大きいほど、枝分かれしたもう一方の時空は重力の歪みで不安定となり、観測されずとも、ひとつの時空に自発的な収縮を起こす。自己収縮にかかる時間は、だいたい換算プランク定数を物質のエネルギーで割ったものだ( $\tau \approx \hbar/E_0$ )。そして、この時空の自己収縮の瞬間こそが意識発生の源泉である。ベンローズは、そう考えたのだ。

ポイントは、誰かの観測行為が物質の状態を決めるのではなく、時空の自発的な収縮が観測者の認知につながるという点だ。こうすることで宇宙の法則の根本にある微細構造の内部に意識が組み込まれることになる。

「物質を構成するすべての粒子はマクロの世界においても『重ね合わせ』の状態になる。それがほかの重ね合わせと瞬時に『もつれ』合ったり(量子もつれ<sup>(註6)</sup>)、環境的な外部刺激を受けたりするせいで、一瞬にしてあちこちでランダムな自己収縮を起こすんだ」。これがマクロの物質が常に古典力学的に振る舞うゆえんである。

「脳内には、自己収縮がランダムに起こらないような仕組みがある。そして、記憶や、シナプスからインプットされた外部刺激の情報が、あたかもオーケストラのように微小管内で重なり合って統合され、リミットを迎えると同時に自己収縮するんだ。それが知覚したものに意味をもたせる顕著意識の『瞬間』になるんだよ」

意識とは利他的なものであり、それが連続する



ことで主観的な時間の流れを感じられるようになるのだと、ハメロフは話す。多くの研究では、脳波でいう $\gamma$ （ガンマ）波が意識や認知に大きく相関しているとされ、人間の意識的瞬間は、だいたい1秒間に40回（40Hz）ほどだといわれている。

### ‘Orch OR’は実験で検証可能

‘Orch OR’は発表前から、多方面の専門家から懐疑的な批判を受けてきた。しかし、実験をするための技術が追いつくにつれ、天秤はハメロフとペンローズの理論に傾きかけている。彼らは論文において20の実験アイデア<sup>(註7)</sup>を挙げているが、過去20年間で否定されたものはひとつもなく、そのうちの6つは理論を支持するものだった。

この理論の最も大きな問題は、脳は湿っていて温度が高く、活動的な原子や分子であふれている点だ。これでは脳内で「量子コヒーレンス」<sup>(註8)</sup>の状態を保つにはノイズが多すぎ、量子ビットの状態は環境との相互作用により失われてしまう。なにより温度の高い脳内で意識のプロセスができるだけの量子コヒーレンスを一定時間保つことなど、とても信じられるものではなかったのだ。

ところが、筑波大学のNIMSでナノテクノロジーを専門としていたアニルバン・バンディオパダヤイ博士<sup>(註9)</sup>（現在はMITに在籍）は、KHz、MHz、GHzそれぞれの周波数帯において微小管の伝導性を確認。1本の微小管に電極を取り付け測定したところ、その伝導性がいちばん強かったのは低MHz（例えば8.9MHz）の帯域だった。

これにはハメロフとペンローズも考えなくてはならなかった。「意識と相関する $\gamma$ 波のリズムはだいたい30～90Hz。MHzじゃ速すぎだ」。しかし、ニューロンの樹状突起には複数の微小管がある。「ならば複数の微小管が微妙に違う振動数で相互干渉して妨害し合い、これがもっとゆっくりとしたビート周波数（うなり）になるのではないかと思ったんだ。計算すると、まあだいたい40Hzほどになる」。

実は、脳波の分析だけは長らく行われてきたものの、その起源はわかっていない。「脳波にはいろいろな種類があって、なかでも、 $\gamma$ 波はニューロンの軸索の発火じゃなく、樹状突起と細胞体の局所場電位によって起こるんだ」と、ハメロフ。MHz帯域の微小管振動がビート周波数を発生させるなら、それは $\gamma$ 波の帯域に収まることになる。そしてこれは微小管を構成するチューブリンが小さな双極子として機能し、複数の微小管は連携可能であり、さらには一定時間、量子コヒーレンスを保てることを示唆しているという。

また、微小管の量子的振動に加え、植物の光合成、鳥類の磁気感覚、人の嗅覚も、常温量子コヒーレンスを示唆しており、生体においては事実上、量子的プロセスが可能なのが、数々の研究により支持されつつある。ならば人間の脳に同じメカニズムが発見されたとしても、不思議ではない。

カリフォルニア大学サンタバーバラ校のダーク・パウミスター博士も、ペンローズと協力し、粒子よりも大きい極小物質に「量子重ね合わせ」の状態が保てるか、そしてそれらの物質は観測さ

註7

## 20の実験

‘Orch OR’の証明には、「薬の作用により微小管が認知や意識に直接必要か」「微小管に『量子コヒーレンス』が保てるか」「『量子重ね合わせ』が実際に $\tau \approx \hbar/E_0$ で自発的収縮を起こすか」「たくさんの微小管（チューブリンの数）は生物を賢くするか」など、多様な分野での、さまざまな実験が必要とされる。

註8

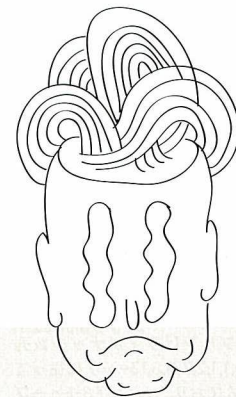
量子コヒーレンス  
quantum coherence

「量子重ね合わせ」の状態のこと。可能性が共存している量子ビットの状態。

註9

アニルバン・バンディオパダヤイ  
Anirban Bandyopadhyay

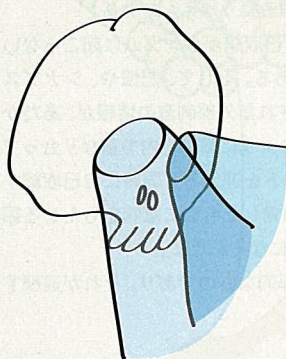
筑波大学物質・材料研究機構の極限計測ユニット主任研究員。微小管に電極を取り付け、その伝導性を証明した。



## The Penrose-Hameroff Theory

## 『統合された客観収縮理論』が説明できること

「並行宇宙」に「重ね合わせ」、「量子もつれ」。一見複雑だが、ペンローズとハメロフの2人が発表したその論文は、実は身近だ。昨晚、あなたも布団の中で経験していたかもしれない、『統合された客観収縮理論』。



## 1

## 主観的な時間

「こんな経験はないかい？ どこかから落ちたときや、事故に遭ったときに、時間の流れがスローモーションになるんだ。そんなときは1秒間に起こる意識の瞬間が多くなると考えられる。だから考えて対処することができるんだ。かつてのマイケル・ジョーダンも自分が最高のプレイをしているときは、ディフェンスがスローモーションになっていたと言っていた。彼の1秒あたりの意識の瞬間は、凡人よりも多いのかもしれないね」。つまり、意識的経験の多い人ほど時間の流れはゆっくりと感じられるのだ。

## 2

## 意識のコマ数

「何年前か、リチャード・デイヴィッドソンの研究で、ダライ・ラマ14世が瞑想の熟練者を何人か呼んで、瞑想中の僧侶の脳波をとってみたんだ。すると、僧侶たちの $\gamma$ 波は普通の人と比べてとても活動的で、しかも周波数が高かった。いちばんの熟練者で80Hzもあったんだ。かつて瞑想をしていた僧が、「意識はまるで映画の1コマのように途切れ途切れになっていて、継続的ではなく、だいたい1秒間に50回ほどだった」と報告したという。これは、意識と関連する $\gamma$ 波の周波数（30～90Hz）とだいたい一致する。



れずとも自己収縮を起こすのか研究している。これらも3～5年以内に結果が出るだろうとのことだ。

### 意識は万物に永遠に宿る

ハメロフとペンローズの理論によると、すべての物体は絶えず波動関数の自己収縮を起こしている。そして彼らは、この自己収縮の瞬間こそが意識の芽だと説いた。それでは、すべての物質に意識のようなものがあることにならないだろうか？「そう、すべての物質には、空間にできえ原始意識があるということになる。でもそれらに物事を統合する能力（微小管）はないから、意識といってもランダムで断絶していて、認識力はなく意味を感じない、原始的で未熟なものだよ。まるでメロディも音色もばらばらな、オーケストラのウォーミングアップみたいなものだね」

未熟で原始的な意識は、生物のみならず、波動関数の自発的収縮をする万物に宿る。すなわち、宇宙空間に遍満するミクロの原始意識にアクセスし、意味をもたせるよう進化したのが、生物の脳にある微小管といえるかもしれない。

では最初の質問に戻ろう。もしこの理論に少しでも真実が含まれているならば、意識の「死」などありうるのだろうか？

「ロジャーはあまりこういうことは話したがらないんだけどね、『そっち方面』はわたしが引き受けるとするよ。ハメロフは不敵に笑いながら、「あくまで可能性だし証明なんかできないが」と前置きして語り出した。

「臨床死を迎えれば、微小管は量子コヒーレンスを失うが、その人の量子的情報——意識、記憶、アイデンティティなんかは保たれたまま、『もつれ合って』時空に漂うんじゃないかな。そこから蘇生すれば、また同じ微小管によって処理される。これが臨死体験と呼ばれるもので、患者は天井付近に浮遊してたとか白い光を見たとか言うんだ」

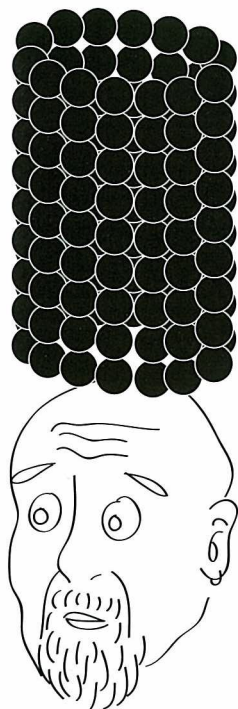
では、もし死んでしまったら？

「意識は、物質でできた肉体から離れてそのまま宇宙に留まるんだ。時間の概念がない、夢に出てくる無意識にも似た量子の世界だよ。ひょっとすると『量子もつれ』によって塊になった量子情報が『魂』と呼ばれるものかもしれない」

まだまだこれは推測の域を出ないが、'Orch OR'はそんな可能性を否定しない理論だ。生きとし生けるものすべての存在の意識を、これまででも、これからも、不滅にするものだ。そう、意識に「死」などありえない。宇宙の最も基礎的な微細構造に意識が秘められた情報として組み込まれているならば。

「いつしか波長の合う微小管をもつ肉体が生まれ出たときに、時空に満ちた量子的情報が部分的にでもプロセスされるようになるのかもしれないね。それを人々は、生まれ変わりと呼ぶんだ。」

STUART HAMEROFF | スチュアート・ハメロフ | 米アリゾナ大学の名誉教授および麻酔医。意識に関する国際会議ツーソン会議の主宰者。意識と麻酔の関係に興味をもち、以来、微小管の研究を続けている。微小管内の量子的計算が、シナプス入力と微小管に蓄積された記憶によって「統合 (Orch)」され、ペンローズの「客観的収縮 (OR)」によって意識が発生すると提唱している。



3

### 臨死体験の秘密

米ジョージ・ワシントン医科大学のラクミア・チャウラ博士は、死にゆく患者に脳波計を取り付け、臨床死後の脳を記録してみた。「脳波は呼吸や心臓が止まるまでゆっくりと低下するが、臨床死が起こって間もなく、 $\gamma$ 波がいつもの数倍も活動的になる。これが短い場合で数分、長い場合だと20分も続くんだ」。同現象はラットでも確認されており、このときの実験では、9匹のラットすべての脳で臨床死から約30秒にわたり活発な $\gamma$ 波が確認されている。研究者らはこれが「臨死体験」ではないかと推測している。

4

### 「夢」は量子の世界

「夢は、量子の世界によく似てるんだ。寝てすぐの夢はその日起こった記憶の整理をしてみたいだが、朝方の夢はたいいていランダムで時系列もロジックもぐちゃぐちゃだ。目覚まし時計を止めて数分の間に、ひどく長い夢を見たりしないかい？ 夢は、量子的な情報を抱えたまま重ね合わさっていて、自己収縮には至っていない状態なんじゃないかと思うな。夢を見ている間は意識に関連する $\gamma$ 波も現れることがある。 $\gamma$ 波と同じ40Hzの微弱な電流をレム睡眠時に流すと、夢をコントロールできる「明晰夢」になるという研究もある。

5

### 臓器に記憶が宿る

「昔、移植手術に何度か関わったんだが、レシピエントが手術後、途端にダンス好きになったことがあったんだ。そのときのドナーがガンサーだったんだよ。心臓にはニューロンがあって、そこには微小管がある。提供者の意識というのか記憶みたいなものが、微小管の中で生きているのかもしれない」

ハメロフは、記憶もまた微小管に蓄えられると考えている。アルツハイマー病を発症すると、微小管の構造が不安定化・破壊され、その結果、記憶障害が引き起こされることがわかっている。

6

### 意識と進化の関係

「生物が顕著意識を獲得するのは、進化において有利だったろうね」と、ハメロフは言う。もちろん動物にも意識はある。「ロジャーとふたりで計算してみたんだ。意識の統合に必要なニューロン数はだいたい300。すると意識の瞬間は1分間に1度ほどになる。生物のサイズがこれだけのニューロンをもてる時代に遡ると、小さな芋虫ほどの大きさになる。つまり5億4,000万年前のカンブリア爆発の時期に当てはまるんだ」。1分ごとでも「思考」できるということは、進化において強みだったということだ。