



医学と芸術展

MEDICINE AND ART

生命と愛の未来を探る——ダ・ヴィンチ、応挙、デミアン・ハースト
Imagining a Future for Life and Love——Leonardo da Vinci, Okyo, Damien Hirst

トークセッション／MAM×RIKENサイエンスセミナー
TALK SESSIONS／MAM×RIKEN SCIENCE SEMINARS

本アーカイブは、森美術館の「医学と芸術展：生命と愛の未来を探る——ダ・ヴィンチ、応挙、デミアン・ハースト」に
合わせて開催されたパブリックプログラム（トークセッションおよびMAM×RIKENサイエンスセミナー）の記録です。
同プログラムは、独立行政法人理化学研究所の協力により企画、実施されました。

▶マーク、またはタイトルをクリックすると、各プログラムの詳細がご覧いただけます。

This document is a summary of public programs (Talk Sessions and MAM×RIKEN Science Seminars) organized
in conjunction with the exhibition, “Medicine and Art: Imagining a Future for Life and Love — Leonardo da Vinci,
Okyo, Damien Hirst” at Mori Art Museum. The programs were planned and realized with assistance of RIKEN.
Please click the mark ▶ or the title to go directly to each program.

▶ **トークセッション No.1 | TALK SESSION No.1**

生命とは何か — 新しい医療と生命の未来

WHAT IS LIFE? NEW MEDICINE AND THE FUTURE OF LIFE

▶ **トークセッション No.2 | TALK SESSION No.2**

医学と芸術が出会うとき

WHEN ART AND SCIENCE MEET

▶ **MAM×RIKENサイエンスセミナー No.1 | MAM×RIKEN SCIENCE SEMINAR No.1**

生物のかたちと人工物のかたち

THE SHAPES OF LIVING THINGS AND THE SHAPES OF ARTIFICIAL MATERIALS

▶ **MAM×RIKENサイエンスセミナー No.2 | MAM×RIKEN SCIENCE SEMINAR No.2**

つながる“愛”

DOES LOVE INTERFACE BRAINS?

▶ **奥付 | COLOPHON**



トークセッション No.1 | Talk Session No.1

生命とは何か — 新しい医療と生命の未来

WHAT IS LIFE? NEW MEDICINE AND THE FUTURE OF LIFE

日時: 2009年12月7日(月) 18:00-21:00 | 会場: 六本木ヒルズ森タワー アカデミーヒルズ49 タワーホール

Date: 18:00-21:00 Monday, 7 December 2009 | Venue: Tower Hall, Academyhills49, Roppongi Hills Mori Tower

出演 | SPEAKERS

- ▶ ジョン・E.サルストン 生物学者、マンチェスター大学 科学・倫理・イノベーション研究所 理事
SIR JOHN E. SULSTON Biologist, Chair of the Institute of Science Ethics and Innovation, the University of Manchester
- ▶ オロン・カツ アーティスト、組織培養&アート・プロジェクト
ORON CATTS Artist, The Tissue Culture & Art Project
- ▶ 林崎良英 分子遺伝学者、理化学研究所 オミックス基盤研究領域 領域長
HAYASHIZAKI YOSHIHIDE Molecular Genetics Researcher, Director of RIKEN Omics Science Center
- ▶ 南條史生 森美術館 館長
NANJO FUMIO Director, Mori Art Museum

第1部 | PART 1

- ▶ 開会の挨拶 南條史生
- ▶ GREETING Nanjo Fumio
- ▶ 基調講演「生命とは何か」 ジョン・E.サルストン
- ▶ KEYNOTE SPEECH “WHAT IS LIFE?” Sir John E. Sulston

第2部 | PART 2

- ▶ プレゼンテーション1「生命とは何か?—客観性と主観性」 林崎良英
- ▶ PRESENTATION 1 “WHAT IS LIFE? OBJECTIVITY AND SUBJECTIVITY” Hayashizaki Yoshihide
- ▶ プレゼンテーション2「分類学上の危機:研究室育ちの生命と『博物陳列室(驚異の部屋)』への回帰」 オロン・カツ
- ▶ PRESENTATION 2 “THE TAXONOMICAL CRISIS: LAB GROWN LIFE AND THE RETURN OF THE CABINET OF CURIOSITIES” Oron Catts
- ▶ パネルディスカッション ジョン・E.サルストン/オロン・カツ/林崎良英/モデレーター:南條史生
- ▶ PANEL DISCUSSION Sir John E. Sulston / Oron Catts / Hayashizaki Yoshihide / Moderator: Nanjo Fumio

SIR JOHN E. SULSTON ジョン・E.サルストン

1942年生まれ | 生物学者、マンチェスター大学 科学・倫理・イノベーション研究所 理事

Born in 1942 | Biologist, Chair of the Institute of Science Ethics and Innovation, the University of Manchester



ケンブリッジ大学化学博士。ソーク研究所、MRC分子生物学研究所を経て、1998年に世界初の多細胞生物ゲノム地図を完成させた。国際ヒトゲノム解析プロジェクト(ヒトゲノム計画)では、前ウエルカム・トラスト・サンガー研究所所長(1992-2000年)として中心的な役割を果たした。2002年に、シドニー・ブレナー及びロバート・ホロビッツと共にノーベル生理学・医学賞を受賞。

John E. Sulston graduated from the University of Cambridge, and worked at the Medical Research Council Laboratory of Molecular Biology. He and his collaborators sequenced the nematode genome, and subsequently participated in sequencing the human genome. The UK part of this enterprise was based at the Wellcome Trust Sanger Institute, which Sulston directed from 1992 to 2000. In 2002, he shared the Nobel Prize in Physiology or Medicine with Sydney Brenner and H. Robert Horvitz.

ORON CATTS オロン・カツ

1967年生まれ | アーティスト、組織培養&アート・プロジェクト

Born in 1967 | Artist, The Tissue Culture & Art Project



組織培養&アート・プロジェクトの一員として活動しているアーティスト、研究者、キュレーター。西オーストラリア大学解剖・ヒト生物学部に、アートの視点から研究を行う実験室、シンバイオティカを2000年に設立。彼のリーダーシップのもと、シンバイオティカは2007年にメディア・アートの祭典として国際的に有名なアルス・エレクトロニカのハイブリッド・アート部門でグランプリ(ゴールデン・ニカ賞)を受賞。2009年、カツスはデザイン誌『Icon』(イギリス)で「未来を創造し働き方を変える」デザイナー20人の一人に選出される。

Oron Catts is an artist, researcher and curator whose work with the Tissue Culture and Art Project has won numerous international awards. In 2000 he founded SymbioticA, an artistic research laboratory housed within the School of Anatomy and Human Biology, The University of Western Australia. Under Catts's leadership SymbioticA has gone on to win the Prix Ars Electronica Golden Nica in Hybrid Art (2007). In April 2009 Catts was recognised by *Icon* Magazine (UK) as one of the top 20 Designers, "making the future and transforming the way we work."

HAYASHIZAKI YOSHIHIDE 林崎良英

1957年生まれ | 分子遺伝学者、理化学研究所 オミックス基盤研究領域 領域長

Born in 1957 | Molecular Genetics Researcher, Director of RIKEN Omics Science Center



大阪大学医学部医学科卒業。医学博士。1992年より理化学研究所にてゲノム科学、特に遺伝子構造・機能に係わる研究を推進。2008年より現職。2003年より、スウェーデン王立カロリンスカ研究所客員教授、およびオーストラリア・クイーンズランド大学名誉教授兼務。2007年紫綬褒章を受章。

Hayashizaki Yoshihide received his M.D. and Ph.D. from the Osaka University Graduate School of Medicine. He joined RIKEN in 1992 to pursue research on genomics, with a particular focus on genetic structure and function. In 2008, he was appointed Director of the Omics Science Center. Since 2003, he has also acted as visiting professor at the Karolinska Institutet in Sweden and as professor emeritus at the University of Queensland in Australia. He was awarded the Medal with Purple Ribbon in 2007.

NANJO FUMIO 南條史生

1949年生まれ | 森美術館 館長

Born in 1949 | Director, Mori Art Museum



慶應義塾大学経済学部、文学部哲学科美学美術史学専攻卒業。国際交流基金などを経て、2002年より森美術館副館長、2006年11月より現職。ヴェネツィアビエンナーレ日本館、台北ビエンナーレのコミッショナー、横浜トリエンナーレ、およびシンガポールビエンナーレのアートディレクター等を歴任。CIMAM(国際美術館会議)理事。

Nanjo Fumio graduated from Keio University first in the Faculty of Economics, then in Aesthetics/Art History. After organizing numerous exhibitions for the Japan Foundation and other institutions, he joined the Mori Art Museum as deputy director in 2002, and then became director in November 2006. International appointments include commissioner of the Japan Pavilion at the Venice Biennale, commissioner at the Taipei Biennale, and artistic director of the Yokohama Triennale and the Singapore Biennale. He is a board member of CIMAM (International Committee of ICOM for Museums and Collections of Modern Art).

開会の挨拶 | GREETING

南條史生 (森美術館 館長) | Nanjo Fumio (Director, Mori Art Museum)

「医学と芸術展」の関連企画としての、本日のトークセッションにお越し下さり、誠にありがとうございます。近年日本では、不安定な社会情勢を反映してか、各種の占いが流行っているようです。しかし、私たちはもう一度客観的で、立証可能な科学的方法論の重要性を理解していきたいと思います。科学的な思考によって私たちは発展してきましたし、物事を科学的に考察して、現実の姿を把握することは私たちにとって非常に重要です。

私たちは、科学と芸術の両面から身体についての真理が探究されてきたことを考慮して、本展覧会を企画致しました。歴史的に身体は、科学と芸術が会う場であり、またそれぞれ異なるジャンルへの出発点にもなってきました。このような考えを体現している人物として、私たちが最も称賛する人物は、レオナルド・ダ・ヴィンチではないでしょうか。本展覧会においては、英国ロイヤル・コレクション所蔵の解剖図3点を展示して、本展の精神を象徴することができたことを私たちはうれしく思っております。

生命科学と遺伝子工学は医学の発展を促してきました。そして間もなく私たちは、患者の遺伝子に合わせて作られたテーラード医療や、患者自身の細胞から作られた器官によって患部を置き換えるなどといった、今までとは全く異なる医療技術を経験することになるでしょう。同じように芸術は、こうした新しい医術を適用して、全く新しい芸術作品を創造するでしょう。その最も進んだ例として、本展覧会において私たちは、エドワード・カッツ氏の遺伝子操作によって光るようになったウサギや、オロン・カッツ氏のマウスとヒトの細胞から作った皮のジャケットなどの作品を展示しております。

こうした生命科学技術の発展は、倫理的、道徳的な問題も提起しています。こうした議論ももっとなされるべきだろうと思います。なぜなら、私たちは皆、すでにこのような技術を手に入れてしまっているというのが現実だからです。このことを念頭に置いて、本日のトークセッション第1回で私たちは、「生命とは何か。人間の命とは何か。そして生きることの意味は何なのか。」という問いについて考えていきたいと思っております。

当方は美術館ですから、生命科学の分野に精通しているわけではありません。しかし、本展覧会の企画を実現し、関連プログラムを開催するにあたり、ウエルカム財団にご協力をいただき、また本日のトークセッションおよびMAM×RIKENサイエンスセミナーは、独立行政法人理化学研究所に共催していただきました。この2つの組織と、本展覧会および関連プログラムの開催実現にご協力いただいた、他の全ての組織、企業、芸術家、そして所蔵家の皆様に厚く御礼申し上げます。

Thank you for coming to our talk session, as part of our exhibition entitled “Medicine and Art.” In recent years, fortune telling has become popular in Japan. But we would like to be aware, again, of the importance of objective and verifiable methodology of science. Our development has been enabled by scientific thought, and it is important for us to have the ability to scientifically examine what reality is.

As we planned this exhibition, we had in mind that science and art have both sought truth in the human body. Historically, the body has been a meeting place of science and art, and it has also become a starting point for different genres. The person we might most credit with being the force behind such an idea was Leonardo da Vinci. And in our exhibition, we are pleased to display three of his anatomical drawings from The Royal Collection of the United Kingdom to symbolize the spirit of our exhibition.

Life science and genetic engineering have helped medicine progress. And soon we will enjoy unprecedented medical therapies, from customized medicines manufactured according to patients' genes to body parts generated from one's own cells. Similarly, art will apply new techniques to create unprecedented art objects. As examples, we are pleased to show in our exhibition the glowing rabbits made by genetic technology of Eduardo Kac, and Oron Catts's *Victimless Leather* jacket which is alive and is made of cells from mouse and human skin.

While we cannot ignore the ethical and moral issues that arise with progress, the reality is that we all have access to such technology. With that in mind, today at our talk session we would like to address the questions of: What is life? What is human life? And what is the meaning and significance of living?

As a museum, we are not versed in the genre of life science, but we are pleased to have the support of the Wellcome Trust in realizing this project and in the design of the program and RIKEN as a co-organizer of the talk sessions and seminars. I thank them, and other organizations, companies, artists and collectors who have made this exhibition and symposium possible.

基調講演「生命とは何か？」

ジョン・E.サルストン

これから生命とは何か、特にヒトの生命とは何かについて個人的な見解からお話させていただきます。これからの数分間で、科学がどのように我々、そして我々を取り巻く世界に対する知識を形作ってきたのか、科学が将来どこに行き着き、そしてその結果に対して我々がどう向き合っていくべきなのかについて考えていきたいと思えます。

昔から人々は、周囲の環境を探索し、そして観察と実験を通して科学を効率的に実践してきました。しかし、ここ400年の間に科学はより正確で力強いものとなり、ヒトの生命について数多くの深遠な謎に迫ってきました。

17世紀、望遠鏡の発明は、夜空を動く物体を鮮明に我々に見せてくれました。よくあることですが、器具の発達によって、より鮮明な観察が可能となり、結果として飛躍的な理解につながったのです。この際、ガリレオは木星の月を観測し、それまでの説と比較して合理的に推論することにより、コペルニクスの太陽を中心とする太陽系に関する概説が正しいことを証明しました。このようにして宇宙論は我々を取り巻く時間と空間の謎を解明し、人類が宇宙の中心にいるという想像を退けました。おそらく驚くべきことではないでしょうが、このような革新的な概説を最初に発表した者たちは、当時の支配者に迫害されました。というのも、あらゆる支配者と同様に、当時の支配者達は現状維持によって多くを得ていたからです。カトリック教会は、説を取り消さなければ拷問にかけるとガリレオを脅しました。名目上、ガリレオは説を取り消しましたが、すでに世界中に広まっており、それ以来、当然のことながら、当時のカトリック教会は愚かだったと思われてきました。

ヒトの生命の話をするのに宇宙論の話から入ることを不思議に思っておられるかもしれませんが、太陽系の本質と規模への理解なしには次のステップに進むことはできなかつたでしょう。18世紀に複雑な数学によって新しい宇宙論を確立したアイザック・ニュートンは、「もし、もっと先が見えていたとしたら、それは巨人の肩の上に立っていたからでしょう。」と言いました。言い換えると、それぞれの時代の研究者たちは次の一連の発見に必要な基礎を築いているのだということです。

それから数十年の間に、物理学と化学の基礎に関して非常に大きな進歩がありました。生物学は、主に分類学の領域にとどまり、その後の発見にとって重要ではありましたが、基礎的なメカニズムについては解明されませんでした。つまり、生命は謎のままでした。

19世紀には、生命そのものの本質に迫る発見がありました。今年はその150周年にあたります。1831年にチャールズ・ダーウィンはビーグル船に乗り込み、5年間の航海の間に、生物学、および地質学の様々な標本を採取しました。彼はこれを観察し、植物と動物育種に関して彼が知っていた知識と統合して熟考を重ねた結果、1つの種は長い年月をかけて別の種に変わることがあるという結論に至りました。ダーウィンは、各世代での繁殖における変異が少ないことと、限りある資源をめぐる競争の結果から、これは避けられない過程であり、各世代でそれぞれの環境に最も適合した個体が生存・繁殖するのだと考えました。この過程全体は、自然淘汰と呼ばれました。

ダーウィンは、このような結論を導き出した唯一の人物だったわけではなく、最初の人物でもありませんでした。実際、『種の起源』という彼の偉大な著作を発表したのは、アルフレッド・ウォレスが彼自身の結論についてダーウィンに手紙をよこしてからのものでした。しかし、我々がダーウィンを特別崇敬するのは間違っています。というのも、彼の著書は、他の証拠と比べて、はるかに広範にわたり、かつ疑いようのない証拠だったからです。地球は宗教的権力者が提唱していた数千年よりもはるかに古いことを裏付けた彼の地質学的観察も非常に重要なものでした。どちらの発見も異端とされ、今日でも、キリスト教原理主義者、イスラム教徒や他の人達に進化論は受け入れられていません。自然淘汰は、我々の起源は原初の祖先種からであることを説明しており、特別な生物であると仮定する必要性から解放しました。これは、どんな理由であれ、人間はユニークで特別に作られた生物だという考えにしがみついている人々にとっては受け入れ難い考えです。それでも、この問題についてよく考えれば、進化論は理解できるだけでなく、必然的に避けられないものであることがわかります。トーマス・ハクスリーは、『種の起源』を初めて読んだときに、「こんなことも考えつかなかつたなんて、なんと愚かだったのだろう」と発言しました。

進化論は、別の意味でも生命の中心に位置します。私が学生だった頃、生き物の7つの特徴を教わりました。私の記憶が正しければ、それらは、成長、繁殖、運動、呼吸、感覚、栄養摂取、排出だったと思います。今日、このリストはある程度まではその機能を保ち、性質を突きとめるには有益です。しかし哲学的には、私が学んだときにはすでに時代遅れでした。ウォレスとダーウィンによる進化論の発見以来、我々は、生命とは自然淘汰によって進化するシステムであるというより、ずっと優れた生命の定義を持ち合わせています。この定義は、生命体の構成要素に関して何の条件もつけず、また自ら動くものである必要がないという点において幅広いものになっていますが、それでも生命を素晴らしいものにしていく本質をとらえているのです。その素晴らしい本質とは、単純な法則から、無数のかたちと計り

知れない複雑さを作り出す能力にあるでしょう。実際、生命の誕生があまりにも意外なものであるため、『種の起源』が出版されるまで、ほとんどの人々は、生命の誕生には特別な創造の過程があるのだろうと推測していました。ダーウィンが、必ずしもそうではないことを証明して以来、他の科学的結論と同じように、進化論がただの学説ではなく、事実であると言えるまでの証拠が集められていったのです。

驚くべきことに、ダーウィンは生命進化の根底にあるメカニズムについて何も知らずに、この結論を導き出しました。彼の同年輩であるグレゴール・メンデルは遺伝の法則を発見し、全体的な特徴の混合よりむしろ、個々の因子が遺伝を決定していると結論付けることができました。因子そのものは隠されているため、特徴は各世代で目に見えていなくても受け継がれるのです。しかし、メンデルもまた、現在我々が遺伝子と呼んでいる因子が何なのか、その本質については全く分かっていませんでした。

20世紀には、生命の核となるプロセスが徐々に明らかになっていきました。顕微鏡検査能力の向上は、非常に複雑な細胞という生命の単位を解明しました。細胞の分裂が成長と繁殖の基本であり、染色体と呼ばれる小さな塊が分かれて子孫に分配されるのだと考えられました。生命体の大部分を構成しているタンパク質は様々な種類から成ることが発見されました。また、染色体内に存在するDNAという一見、面白みに欠ける分子は、的確な実験によって、遺伝に関与していることが明らかにされました。1953年にDNAの構造が解明されると全てが明らかになりました。この分子は、たった4種類の要素が長い糸状に並んでいるという、非常に単純な構造であるために、初見ではつまらなく見えます。しかし、これら4種類の要素の正確な配列が、デジタル符号化によって生命体の全ての部分を構成するための指示を表しているのです。しばらくして、それぞれのタンパク質が別々の配列部分によって符号化されていることが解明されました。この不思議な遺伝子はそれぞれDNA配列の一部に他ならないのです。これで、やっと生命は理解されたのですが、まだまだ完全に理解されたわけではありません。

生命の解明につながる次の非常に大きな進歩が起こりました。20世紀中ごろのこれらの主要な発見は、現在我々がその発展を目の当たりにしている、分子生物学の分野の始まりでした。しかし、生命がいかに複雑であるかということに、我々はやっと気づき始めたに過ぎないのです。たいていの場合、1つの遺伝子は関連する複数のタンパク質を生成しますが、1つの遺伝子が1つのタンパク質を生成するというのはおおむね事実です。しかし、1つの機能につき1つのタンパク質が存在するという単純な考えはたいてい間違っています。遺伝子は多くの場合、その生成物が様々な場所で働き、他の遺伝子の生成物と様々な組み合わせで結合します。基本的な構成要素を把握しているとはいえ、生命の複雑さを理解するためには、計算やモデル化などシステム生物学と呼ばれる分野の発展が欠かせないでしょう。

生命の複雑さを理解することは、非常に難しいことではありますが、不可能ではないと思います。巨大さに絶望し、何も得られていないと悲観している人もいます。しかし、そうではありません。我々は理解できるようになるでしょう。ただ、時間がかかることですので、最前線で早急な結論を出そうとすれば誤解が生まれるでしょう。

世紀の変わり目に、ヒトゲノムの解読がほぼ完了しましたが、これは理解のための補足説明程度のものでした。しかし、ヒトゲノム解読は2つの意味で重要です。1つは、期待されたとおり、我々の遺伝子の発見と単離、そして異なる人々での変異を観察するための非常に強力なツールとなるということです。2つ目に、40億年も続いている進化の過程のあとに、自身の存在について考えるだけでなく、自身の符号化された遺伝情報で読めるようになった生命体が誕生したことが、非常に特別なことだということです。我々ヒトがその生命体です。我々はまだその遺伝情報をよく理解できていないのであまり得意になることではないでしょうが、それでもなお、興味深く、奇異と言ってもいいくらいの出来事ではあると思います。

21世紀に入った今、我々は生物学に関するこれらの新しい理解で、フランシス・ベーコンの言葉を借りると、「可能なかぎり全てに影響を与える」段階に入っています。そして、我々は望むなら自分自身を改良するチャンスさえ与えられているのです。人々はすでに、どのようにこの知識を利用したら、もっと賢くなり、もっと長生きできるかを考えるようになっています。そしてどうやったら、我々の可能性を制限し、老化し最終的に死に至るという欠損を克服できるのかと考えているのです。このような応用はエンハンスメント¹と呼ばれ、様々なカテゴリに分けられます。幹細胞技術に関しては、非常に刺激的な進歩があり、体の修復が可能になるかもしれません。様々な形で能力を高める薬物もあります。ただ、どれも長期的な意味での価値をもたらしてくれるかは私にも分かりません。遺伝子治療は、いったんデリバリー技術問題²が解決されれば(予想以上に大変だということが分かってきましたが)、現在治療可能な少数の欠陥遺

1 エンハンスメント:「治療目的を超えて、ヒトの能力を向上に向けて、科学、もしくは技術を基盤とした人体への介入によってなされる改良」という定義が定着しつつある。日本語では「能力増強」、「増強的介入」と訳すこともある。

2 遺伝子デリバリー技術: 遺伝子治療を目的としたDNAの細胞内への輸送方法には、ウイルスに治療用遺伝子を組み込んで標的細胞に感染させるウイルス法や、人工化合物を遺伝子キャリアーとして用いる非ウイルス法などがある。

伝子よりもさらに多くを置き換えることができるようになるでしょう。原理上は、頭をよくすることはできるでしょうが、我々はまだまだ脳の発達について理解できておらず、また遺伝子が非常に複雑に働くことを考えると、非常に長い道のりになるのではないかと私は思います。そうは言っても、そのうち理解を深め、望むなら、改良することができるようになるでしょう。しかし、実際にそうすべきかどうかはまた別問題で、第2部のディスカッションで再び触れることができると思います。

私はもう一つの種類のエンハンスメントに興味があります。というのは、すでに我々とともに存在しているからで、それはすなわち電子機器との一体化による能力増強のことです。例えば、人工内耳は生まれつき耳内部の受容細胞がない人でも聞こえるようにしてくれますし、受容体配列は目が不自由な人でもある程度見えるようにしてくれます。電気回路を脳細胞とつなぐ技術が発達すれば、これらの技術は、われわれと能力増強する外部装置とのこれまで以上の精巧な結合をもたらすかもしれません。もちろん、これは一部用語の問題でもあります。例えば、車は人間が移動できる速度をはるかに超えたスピードで移動することを可能としているエンハンスメントと考えられますが、我々が行っているのは、車より敏感な能力を持ち、身体に緊密に結合する装置へと移行しているということなのです。

21世紀の科学の成果の一つは、我々の思考過程に関する理解かもしれません。この研究は、非常に大きな挑戦です。脳は1000億もの神経細胞から成り、それぞれの神経細胞は他の神経細胞と数百もの接合を持っています。全ての脳活動を同時計測することは想定しにくいので、この分野の発展はサンプリングとモデル構築にかかっています。事故でけがをしてしまった人達を観察したり、システマチックな動物実験を行なった結果から、我々は主要な脳の情報の伝達経路について、一部理解することができました。しかし、我々はまだまだ、意識があるとはどういうことなのか、そして自由意志を働かせていることをどう感じているのかについて、理解するには至っていません。

我々の思考が高次の脳中枢に分配された機能によって起こっていることは、かなり明白なことです。その過程に関わる具体的な回路をはっきりと見ることは、理解したとは言えないでしょう。さらに言えば、思考過程の理解に達するまでは、心と脳は別々で、例えば心は魂の一部だとか、物理学的あるいは化学的な解析では見極めることのできない付帯現象なのだとか、もっと微妙なものでは、心は我々が理解できない複雑さのレベルによるものだ、などといった主張をすることも、それぞれの人の自由なのです。

最後の論点は、おそらく理解できるでしょう。仮に、心について脳の神経活動で完全に説明できたととしても、心が心そのものを理解するというに矛盾があるのではないのでしょうか？ 心を理解するためにはより高次の心が必要ではないのでしょうか？ 私個人としては、このような思考について説明し、理解することも可能ではないかと考えています。我々はすでに非常に複雑な問題をいくつも取り扱ってきましたし、私は、問題をパーツに分けて考え、それぞれをつなぐための計算モデルを構築する限り、解析を広げることは難しくないと思うのです。

興味深いことに、心と脳の理解は、人工知能の発達につながります。というのも、心や脳のモデルを動かすことはもちろん人工知能のいい例となるからです。この線で考えてみると、我々は自らの脳をモデルにした人工脳と、全く異なる法則に基づいて作った同等の知能を持つ脳のうち、どちらが最初に開発されるか推測できるでしょう。どちらの方法にせよ、一方は他方を補足することができると思います。

ヒトの脳の重要な特徴は、もちろん、完全に完成していない状態で生命が始まるということです。産まれた後でさえ、赤ちゃんの脳はあまりたくさんのことを行っているわけではありませんが、発達し、また同時にたくさん情報を取り込んでいることは明らかです。端的に言えば、脳は学習する機械なのです。

もともと人工知能デバイスは完全に完成した状態でプログラミングされており、そのためにしばしば我々自身の心とははっきり違うものだと考えられてきました。人工知能は、計算したりあるいはチェスをしたりすることに関しては、我々よりも優れています。独自に考えることはできません。そのように作られていないのですから、できるはずはありません。我々の脳と同じあるいはそれ以上の知能をもった人工知能を作るには、我々と同じように発達したり学習したりすることのできるデバイスを作る必要があり、そのような研究に取り組む人が増えています。このような機械が学習するには、子供と同じように身の回りの世界を探索する必要があります。考えてみると、この可能性は少し怖いぐらいです。

それはさておき、我々はどちらかの方法で、我々自身の思考過程をそれなりに理解できると思います。自己に関する認識とは、何を意味するのでしょうか？ 私が、あなたが考えたり、あなた自身や身の回りの世界を意識したりすることがどういうことなのかを完璧に説明できるような神経細胞とその結合の仕方の地図、つまり脳の回路をお見せできたとしましょう。するとそこにはもう、機械の中のゴースト³が存在する余地はなく、その回路自体があなた自身となります。そうした場合、あなたはあなた自身のことをどう思いますか？

3 ゴースト：合理性（機械）の中にある感情を司る原始的な部分。

そういったことを知ること自体、非常に受け入れがたいと感じるのではないのでしょうか。我々自身についての謎は一切なくなります、それでもなお、歩き回ったり、おしゃべりしたり、食事をしたり、独自の芸術を生み出したり、研究を通して新しいことを知ったりするのではないのでしょうか？ それとも、我々に関する謎がなくなると、自分の行動や思考を理解できてしまって、朝起きることに意味を感じなくなり、我々の存在は損なわれてしまうのでしょうか？

以前にもこのような状況はあったと思います。500年ほど前には、多くの人々は地球が宇宙の中心になれば、人間の存在意義は理解できなくなってしまうと考えていました。しかし、ほとんどの人がそれを乗り越えることができました。キリスト教会は、400年もかかりましたが、ガリレオの名誉を回復させました。また150年前には、人々は、人類がチンパンジーと進化的に関連があるという考えに気を悪くしました。今でもそのことにあまりいい思いをしておらず、進化論を否定する理由をでっち上げている人も多くいますが、それでも、こちらについてもほとんどの人が乗り越えました。

同じように、我々の意識を理解することにも慣れることはできるのでしょうか？ もしかしたら、これまでのことよりは難しいことかもしれませんが。祖先を放棄することになるというのも1つの理由ですが、これは自分自身の魂を放棄することになるからです。それでも、私はこれについても乗り越えられると思っています。私がこのことにどう対応していくかという（いやむしろ私はすでに脳の回路が思考を決めているという考えを受け入れているので、どう対応しているか、と言うべきかもしれませんが）、「私はここにおいて、私が思考機械であることをこのように感じている、なんて興味深いことだろう、さあ生きていこう」と言うことです。

人は適応能力に優れています。我々はすでに、様々なレベルで生活しています。そして、それぞれの段階で知識が増えていくことで、我々はさらに多くのレベルで生きていこう。リチャード・ドーキンスは、その印象的な言葉の一つで、これを虹の解体と呼びました。虹の原理を解明するとその美しさが失われてしまうと感じる人もいます。しかし、私はそうは思いません。様々なレベルで経験されると、その美しさは際立つと思います。科学と美術が融合することで、それぞれ理解を深め、美しさを引き立てるのではないのでしょうか。今回の展覧会がその素晴らしい例だと思います。

しかし、自由意志についてはどうでしょうか？ 物事を理解可能な機械が、自由意志を持つことはありえるのでしょうか？

我々人間は予測不可能な部分があり、そのことを理解するのは非常に簡単なことです。我々の脳内回路には小規模のカオスがたくさんあります。それはおそらく不安定性のふちに存在するシステムであるために、小規模の事象が予測不可能なまでに増幅されるでしょう。しかし、予測不可能ということと自由意志は一緒ではありません。時々、ハイゼンベルクの不確定性原理が自由意志を説明できると主張する人がいます。しかし、そのようなことは一切できません。我々の不規則な振る舞いの一因となることができるだけです。これは、全ての生命体についても言えることですので、重要なことです。少なくとも、我々が行き詰まり、前例に捕われないように、斬新な方法で調査する手助けをしてくれます。

しかし、自由意志は何かということに関しては、私も答えを知りません。もしかしたら、この疑問自体間違っているのかもしれないとさえ思っています。我々が何を学んだとしても、そしてどんなに完璧に我々自身の思考を理解したとしても、我々はおそらく、存在するための戦略として、自由意志を持った生物であると考えられることになるでしょう。このこともまた、おそらく簡単で、自然なことでしょう。例えば私は、ぼんやりと何もせずに過ごすよりも、何かをしたり、何か新しいことを発見したりする方がよほど楽しいと思います。10代の頃、私は何もせずに過ごしましたが、しばらくするとひどく退屈になりました。ここにいる皆さんも同じように思っているかお聞きしたいと思います。ラボに行って新しいものを作りませんか？ もちろんですよ？ そして、そうしている間、何が起こっていたのか多かれ少なかれ分かることは楽しいのではないのでしょうか。

我々は、知的で並外れた思考をする機械としての生命について、まだまだ学ぶべきことがたくさんあり、それは非常に興味深い旅となるでしょう。

さあ、それでは最後の数分間で、我々が今後どこに向かっていくのかについて考えていきたいと思います。

よく出てくる問いですが、我々人類は進化し続けているのでしょうか？ 人々が異なる数の子供を持つ事実⁴から、人類の間で遺伝的進化が続いていることは明らかです。しかし、文化の進化の方がはるかに重要です。ほかの生命体と比較してヒトの生命の重要な特徴は、我々の知性です。我々は知性があるからこそ、並外れた思考をすることができ、とりわけ、世代を超えて知識を積み重ねることができるのです。我々が知る地球上の生物も一部、これらの能力を小さい規模で持っていますが、我々の能力は他の生物よりはるかに勝っていますので、その能力は独特で、確固たる優位性を我々に与えているわけです。記録を取ることを通じて知識を蓄積すること

4 人々が異なる数の子供を持つという事実は、その差を生む要因、選択圧、あるいは淘汰圧が働いていると示している。

は文化の発展を可能にし、それにより遺伝的進化がなくても、他のどの種よりも先へと進化することができるのです。

社会的な動物として、我々はコミュニケーションを取り、一人では成しえない仕事を進めるためにグループを作る能力に優れています。我々が国家と呼ぶ、もっとも大きな集団の間で衝突を繰り返してきた長い歴史があります。我々の技術が地球上の生命の大部分を消滅させてしまうほどに強力になった今、これをいかに回避するかが課題となっています。我々が個人として能力を高めるよりも、社会や治世を改善することが非常に重要なのです。

現在の政治思考の主流になっているのは、我々の存在を生み出した自然淘汰を継続する、自由競争の原則が我々を進歩させるという考えです。私は、これは大きな間違いだと思いますし、この政策がもたらす有害な影響が明らかになり始めています。あまりにも多くの人々が、あまりにも過剰に消費し過ぎて、エネルギーや食料の不足、不平等な医療、そして緊急の問題ですが、気候変動が起こっているのです。

このように、自然淘汰は我々の存在を説明していますが、我々がどう行動するべきなのかを教えてくれるわけではありません。我々は自分自身で、思考能力を持ち、力のある動物、地球上の支配的な種として、そして我々自身の安全と地球の未来に責任のある存在として、我々の未来と向き合っていかなければならないのです。

他の生命体が存在するはずだという評論家は非常に多いですが、地球以外には、我々に近い生命体はおろか、どんな生命体の証拠も一切見つかっていません。これは怪しいと私は思います。というのも、我々の誕生につながる多様な段階の可能性さえも我々は知らないからです。これらの段階を一つずつ考えてみたいと思います。

まず、地球の存在を可能にする物理学の本質は、特定の基礎定数がびったり適当な値を取っているかどうかによるようです。宗教的信仰に傾倒しやすい人たちにとって、これは創造者の行為を見る新しい視点となるでしょう。それはともかく、第1の段階として、現状のような宇宙が存在する必要があるということです。

次に、天文学者は今、地球と似た惑星がこの銀河系に存在する可能性について考えています。そうした惑星は現在観測によって探されているわけですが、まだ、どのくらいそういった惑星が存在するのか、また実際どういった形で発見されるのかは分かりません。

そして次に、生命の起源があります。我々は、生命がいったん誕生してから、どのように進化が起こったかは明確に理解していますが、実際にゼロから自己を再生するシステムの生成には至っておらず、そのためどこか別の場所に生命が誕生する可能性を推定することはできません。

いったん進化が始まると、我々のように知性を持った生命体を作るのにどれくらいの時間がかかるのでしょうか。我々が言えることは、我々人類の誕生の場合には40億年かかっているということです。これは、地球が誕生してから膨張する太陽に飲み込まれてしまうまでの時間の半分くらいですから、時間的に非常にきついのではないかと思います。

さらに観察を続けることによってこのような見方は変わってくるかもしれません。他の不確定要素はさておき、我々とは全く異なった物理学的法則のもとで作られた生命体が存在する可能性について熟慮したわけではありませんが、やはり現時点では、我々が宇宙で唯一知性を持った生命体であると言えます。

フランシス・ベーコンに倣うと、科学の目的は、「理解し、可能な限り全てに影響を与え、そして善を成すこと」と言うことができます。これらは人類全体としての目的であり、科学はそれに対応するための一つの方法に過ぎないのではないかと思います。我々は、歴史上まれに見る時期にいます。今までに例のないほどの理解と、ますます増加する力を持っています。我々は、すでに多くを達成しましたが、我々が互いに殺し合い、絶滅しない限り、人類の前方には、莫大な空間、時間が広がっています。

我々は、生き残ることができるのでしょうか？ここ数分間に我々が考えてきたことを踏まえると、我々が生き残ることは非常に重要です。お互いに競争して我々の将来を、危険にさらすことは極めて愚かなことです。我々は特に急ぐ必要はありません。小惑星に注意しなければなりません、それでも太陽系はまだ数10億年は続きます。より速い改革や終わりのない経済成長を目指すことは間違っています。正しく行動することが重要なのです。我々は、受け継いだもの、そしてその受け継いだものによって可能になることを誇りに思うべきです。そして、一人ひとりが謙虚になり、破壊的に競い合わないことが重要です。我々は国家同士が死ぬまで競うような悲劇を回避しなければなりません。それができれば、我々の前方には、素晴らしく、創造的で、美しく、また胸を躍らせるような旅が広がることでしょう。

ジョン・E・サルストン(生物学者、マンチェスター大学 科学・倫理・イノベーション研究所 理事)

KEYNOTE SPEECH “WHAT IS LIFE?”

Sir John E. Sulston

This talk is a personal view of the nature of life, and of human life in particular. During the next few minutes we shall trace ways in which science has shaped our perceptions of ourselves and the world about us, where it may go in the future, and how we should deal with the consequences.

From the earliest times people have explored their surroundings and have effectively practised science through observation and experiment, but during the last 400 years science has become more formalised and powerful and has successfully tackled many deep mysteries concerning the nature of human life.

In the 17th century the invention of the telescope revealed with new clarity the objects that move across the night sky. As has happened many times, an advance in instrumentation allowed better observations that in turn led to a leap in understanding. In this case, Galileo's observation of the moons of Jupiter led inescapably to the conclusion that Copernicus' view of the solar system, with the sun at its centre, is correct, because of its power to rationalise and predict compared with the earlier arbitrary models. Thus cosmology elucidated our surroundings in time and place and removed us from an imagined position at the centre of the universe. Not surprisingly, perhaps, those who first put these revolutionary views forward were persecuted by the rulers of the day, who like all rulers had much to gain from maintaining the status quo. The Catholic Church threatened Galileo with torture if he did not recant. He recanted, nominally, but the cat was out of the bag, and the Catholics have looked deservedly foolish ever since.

You may feel that cosmology is an odd place to start in considering human life, but without an appreciation of the nature and scale of the solar system it would have been impossible to take the next step. Isaac Newton, who in the 18th century provided the detailed mathematics that firmly established the new cosmology, said “If I have seen further it is because I have stood on the shoulders of giants.” Or to put it another way each generation of researchers sets the stage for the next round of discovery.

In the following decades there were immense advances in the fundamentals of physics and chemistry. Biology remained largely the preserve of taxonomy, which though important to what came later did not reveal basic mechanisms: life remained a mysterious thing.

Then, in the 19th century came the discovery whose 150th anniversary we celebrated this year, and which takes us to the nature of life itself. In 1831 Charles Darwin joined the *Beagle* for a five year voyage in the course of which he collected specimens of all kinds both biological and geological. His observations as he mulled over them and consolidated them with what he knew of plant and animal breeding led him ineluctably to the conclusion that one species could over historical time turn into another. He saw that the process was inevitable as the result of small variations in reproduction at each generation and the competition for available resources, so that those individuals most fitted to their environment would survive and reproduce in their turn. The whole process was called natural selection.

Darwin was not the only one to draw such conclusions, or even the first, and indeed he only published his great work *The Origin of Species* when Alfred Wallace wrote to him with his own conclusions. But we are right to revere Darwin in particular, because his was by far the largest and most compelling body of evidence. His geological observations were also of great importance, confirming that the earth is much older than the few thousand years proposed by religious authorities. Both advances were thought heretical, and to this day fundamentalist Christians, Islamists and others reject evolution. Natural selection provides an explanation of our origins from earlier ancestors, liberating us from the need to posit special creation. This is anathema to those who, for whatever reason, cling to the concept of humans as being uniquely and specially created. Yet, as soon as one thinks carefully about the matter, evolution is not only understandable but inevitable. Thomas Huxley, on first reading *The Origin of Species*, remarked “How extremely stupid not to have thought of that.”

Evolution lies at the heart of life in another way too. When I was at school, we were taught the 7 characteristics of living things. If I remember correctly they were growth, reproduction, movement, respiration, sensitivity, nutrition and excretion. Now, this list works up to a point, and is useful diagnostically. But philosophically it was already years out of date when I had to learn it. Following the discovery of evolution by Wallace and Darwin we now have a much better definition of life, as a system that evolves by natural selection. This is a broader definition in that it makes no assumption about the material form of the living organism, and does not require that it is free living, but it captures the essence that makes life so amazing: the ability to generate myriad forms and immense complexity by the application of simple rules. Indeed the manifestations of life are so extraordinary that until *The Origin of Species* was published most people assumed that there must be some special process of creation that generated them. Darwin showed that this was not necessarily the case, and since then the evidence has built up to the point that evolution is no longer a theory but is a fact like any other scientific conclusion.

Remarkably, Darwin drew his conclusions without any knowledge of the underlying mechanisms. His contemporary Gregor

Mendel discovered the key rules of heredity, and was able to conclude that discrete factors were responsible rather than a general mixing of characteristics. Since the factors themselves are hidden, characteristics can be inherited without necessarily being visible in every generation. But Mendel too, had no idea of the nature of his factors, which we now call genes.

During the 20th century the core processes of life were progressively revealed. The increasing power of microscopy had revealed the unit of life, the cell, in all its complexity. The division of cells was seen to be the basis of growth and reproduction, and little bodies called chromosomes were seen to divide and partition between descendants. Proteins, which form most of the building blocks of a living organism, were found to be of discrete kinds. An apparently uninteresting molecule, DNA, which lay within the chromosomes, was shown by elegant experiments to embody heredity. With the discovery of the structure of DNA in 1953 everything came into focus. This molecule is dull at first sight because its structure is so simple—just four different components arranged in a long thread. But the precise sequence of those four components embodies, in a digitally encoded form, the instructions to make all the parts of the organism. The discrete proteins were soon shown to be encoded by discrete parts of the sequence. The mysterious genes are no more or less than those discrete parts of the DNA sequence. Life had finally become comprehensible—or had it?

What had happened was another step—a huge step—in its elucidation. Those key discoveries in the mid 20th century were the beginning of the discipline of molecular biology, whose flowering we are now witnessing. But what we are only just starting to realise is the immense complexity of life. One gene giving rise to one protein is close to the truth (though often a gene produces a set of related proteins), but the simple notion of one protein per function is seldom correct. More often we have to deal with genes whose products participate at many different places, combined with other gene products in various combinations. Though the basic components are within our grasp we have to turn increasingly to computation and modelling, a field known as systems biology, to make sense of it all.

That is not to say that we can't do it. There are some who despair at the enormity and feel that nothing has been gained at all. Not so, we shall undoubtedly be able to understand, but it will take time, and hasty conclusions at the cutting edge may be misleading.

Although much has been made of it, the sequencing of the human genome at the turn of the millennium was almost a footnote to this understanding. However it is important—in two ways. First, as expected it is a hugely powerful tool for discovery and isolation of our genes and for looking at their variants in different people. Second, it is rather remarkable that after a process of evolution lasting some 4 billion years a life form has arisen that is not only able to think about its existence but has gone so far as to read out its own code of instructions. We are that life form; we don't understand the instructions very well yet so no false pride is called for, but nevertheless it is an intriguing, almost paradoxical, event.

Now, in the 21st century we are in the process of, in Francis Bacon's phrase, "effecting all things possible" with this new understanding of biology, which will even give us the opportunity to modify ourselves if we so choose. People are already thinking about how the knowledge can be used to make us more intelligent or longer lasting, to overcome the deficiencies that limit our abilities and lead to aging and ultimately death. Such applications are known as enhancements, and fall into many categories. There is exciting progress in stem cell technology that may allow repair to be carried out. Drugs are available that improve performance in various ways, though it's unclear to me whether any of them provide much long term value. Gene therapy, once delivery problems are sorted out (which is proving more difficult than hoped for) will eventually allow replacement of many more defective genes than the few that can be treated so far. In principle, one can imagine making brains better, but I think this will be a long haul because we understand so little of development, and as we have seen the genes act in complex ways. Nevertheless in time we shall understand and will be able, if we so choose, to enhance. Whether we ought to do so is another matter, to which we can return in the discussion.

I'm intrigued by another sort of enhancement, because it's with us already, namely coupling ourselves with electronic devices. For example, cochlear implants can provide hearing to individuals who congenitally lack the receptive cells in the inner ear, and receptor arrays are providing some limited vision to the blind. With the advance of technology to connect electronic circuits to brain cells such technology may provide ever more elaborate connectivity to external devices that enhance our capabilities. Of course, this is partly a matter of terminology: a car for example is an enhancement, allowing you to travel at speeds that are otherwise impossible, and all we are doing is to move on to devices that have more subtle powers and are more intimately connected with you.

One accomplishment of 21st century science may be the understanding of our thought processes. The research will be a tremendous challenge. The brain consists of 100 billion nerve cells, each with hundreds of connections to other nerve cells. It is inconceivable to simultaneously monitor all the activity in a brain, so progress depends heavily on sampling and model building. From observations of accidentally injured people, and from systematic experiments in animals, we know about some of the main pathways by which information travels into and out of the brain. But we have as yet no real sense of how it is that we are conscious, and how we feel that we exercise free will.

It's pretty clear that our thoughts arise from distributed functions of higher brain centres, but until we can see clearly the detailed circuitry involved we cannot say that we understand. Furthermore, until we reach that point it is open for people to say that the mind is

really separate from the brain, that it is part of a soul for example, or that it is due to some epiphenomenon that is not subject to physical and chemical analysis, or, more subtly, that it is due to levels of complexity that we cannot comprehend.

This last objection is perhaps understandable. Even if a mind can be wholly explained by neural activity in the brain, is there not a paradox in such a mind understanding itself? Would it not need a higher mind to perform that feat of comprehension? Personally I suspect that both the explanation and the understanding are possible. We deal with many highly complex situations already, and I see no difficulty in extending our analysis so long as we are willing to break problems into parts and then build computational models to draw the parts together.

Interestingly, this takes us into convergence with the development of artificial intelligence, for a working model of a mind/brain would of course be an example of AI. Along these lines we can speculate which will be first: an artificial brain modelled on our own, or a similarly intelligent brain built according to entirely different principles. Either way, one approach will inform the other.

An important feature of the human brain is that, of course, it doesn't begin life fully formed. Even after birth the baby's brain isn't obviously doing much, but it is developing and picking up information at the same time. It is in short a learning machine.

Originally AI devices were programmed fully formed, and for that reason they are often regarded as clearly different from our own minds. They can be better than us at doing arithmetic or even at playing chess, but they don't have the capacity to think independently. Of course not—they aren't designed that way. The most likely way to build an AI machine with the same or greater intelligence as our own is to make a device that develops and learns just like us, and this is what people are increasingly doing. Such machines in order to learn will have to explore the world as a child does—the prospect is even a little scary!

Anyway, in one way or another, we can reasonably expect that we shall come to an understanding of our thought processes. What will that mean for our sense of self? Suppose I were able to show you a map of nerve cells and their connections—a brain circuit—that completely explains how it is that you think and are conscious of yourself and the world around you. There would no longer be room for a ghost in the machine, the circuit would be you. How would you then feel about yourself?

Perhaps it seems that such knowledge will be a tremendous challenge for us to assimilate. We would no longer be a mystery to ourselves, and yet we would still be walking around, chatting, eating, producing original works of art, finding out new stuff through our research—wouldn't we? Or would the lack of mystery destroy us, because if we understood our every move and our every thought it wouldn't be worth getting up in the morning?

Well, I think we've been here before. Half a millennium ago many people thought that unless the earth lay at the centre of the universe then our existence would be incomprehensible. Pretty much everyone has got over that. The Catholic Church rehabilitated Galileo, though it took them 400 years to do so. 150 years ago people were upset at the idea of our being related to chimpanzees; quite a lot are still bothered about that, and are inventing reasons why evolution doesn't work, but most have got over that too.

Can we similarly get used to understanding our minds? Perhaps more difficult: giving up your ancestry is one thing, but this amounts to giving up your soul. Yet I think we shall get over this too. The way I would go about it (or rather do go about it, since in principle I already accept the idea) is to say: here I am, this is what it feels like to be a thinking machine, how interesting, now let's get on with life.

You see, humans are good at adapting. We already live our lives on many levels, and at each stage in our increase of understanding we can glory in yet more levels. Richard Dawkins in one of his many memorable phrases called it unweaving the rainbow. Some may feel that explaining the rainbow takes away its beauty. I don't, I find that the beauty is greater for being experienced at many levels. This exhibition is a great example—science and art coming together, enhancing both understanding and beauty.

But what about free will? How can it be that a comprehensible machine has free will?

It's not at all hard to understand why we are unpredictable. There is a lot of small scale chaos in our brain circuitry. It is probably a system on the edge of instability, so that small scale events get amplified unpredictably. But unpredictable is not the same as free will. Sometimes people suggest that Heisenberg's uncertainty principle can explain free will. It can do no such thing, all it can do is to contribute to our erratic behaviour, which is important, as it is for all organisms. At the very least it helps us to explore in novel ways, so that we don't get stuck and are not hidebound by what has gone before.

But free will? I don't know the answer, and suspect that this may even be the wrong question. Whatever we learn and however fully we understand our own thoughts we shall probably have to regard ourselves as creatures of free will; as a strategy for existence if you like. This too will probably not be hard or unnatural. I know, for example, that it's far more fun to do things and find things out than sitting around. As a teenager I did a lot of sitting around and it became horribly boring after a while. I'll be interested to hear whether the others here feel the same—wouldn't you go to the lab, make a new object. Why not? And it would not be dull or reductionist that while you were doing these things you would know more or less what was going on.

We have much to learn about life as an intelligent transcendentally thinking machine, and it will be a fascinating journey.

So, in the final few minutes, let's think about where we're going.

A question that often comes up is whether we are continuing to evolve. From the fact that people have different numbers of children it is obvious that genetic evolution is continuing in the human species. However cultural evolution is of far greater importance. The important characteristics of human life, compared with other organisms, are our intelligence, which gives us an extraordinary capacity for transcendent thought, and above all our ability to accumulate knowledge from one generation to the next. Some other species that we know on the earth have each of these in small measure, but our capabilities so far outstrip the others that they are unique and give us unchallenged dominance. The accumulation of knowledge through record keeping allows cultural development that, even without genetic change, puts us further and further ahead of any competitor.

As social animals, we have a tremendous ability to communicate and organise into groups to carry out tasks that no one person could perform. We have a long history of conflict between larger and larger groups, which we call nations. The challenge, now that our technology is powerful enough to destroy most of life on earth, is to avoid doing exactly that. Rather than enhancing ourselves as individuals it is more important to enhance society and governance.

A dominant school of political thought at the moment feels that the principle of unlimited competition, continuing the process of natural selection that gave rise to us, is the obvious way for us to proceed. I believe that this is a great mistake, and that we are beginning to see the deleterious effects of such policies clearly around us. Too many people consuming too greedily, leading to shortages of energy and food, inequitable health care and, most pressingly, climate change.

Natural selection, you see, provides an explanation for our existence, but that does not mean that it tells us how to behave. We must ourselves face up to our future as a thinking and powerful animal, the dominant species on earth, and as such responsible both for our own safety and for the future of the planet.

Beyond the earth we have as yet no evidence for any life form, let alone one like us, though many commentators take it for granted that others must exist. This seems to me unwarranted, because we have no idea of the probabilities of the various steps that led to our emergence. Let's think through those steps.

First, the nature of the physics that can permit an earth's existence seems to depend critically on certain fundamental constants having exactly the right values. For those who are inclined to religious belief, this is a new place to look for the actions of a creator. Anyway, first one has to have the right kind of universe.

Then, astronomers are now considering the likelihood of earth-like planets elsewhere in our galaxy, and such bodies are now being sought observationally, but we don't yet know how many there are or exactly what they will be like.

Next there is the origin of life: we understand clearly how evolution occurs once life exists, but we have not yet achieved the generation of such a self replicating system from scratch and so cannot estimate the probability of its occurrence elsewhere.

Once evolution is under way, how long will it take to produce an intelligent being like ourselves? All we can say is that in our case it took 4 billion years—that's about half the time available from the birth of the earth to its engulfment by an expanding sun: this time period seems uncomfortably tight!

Further observations may eventually change this perspective. Apart from other uncertainties, we have not considered here the possibility of life forms built on totally different physical principles from us. Nevertheless, for the moment I conclude that at this point our working assumption should be that we are the only intelligent life form in the universe.

Following Francis Bacon, we can say that the purposes of science are: to understand, to effect all things possible, and to do good. It seems to me that these are the purposes of humanity as a whole, and science is just one way of going about it. We have reached an extraordinary point in our history, at which we have unprecedented understanding and ever growing powers. We have achieved much already, but have a vastly greater arena ahead of us in both space and time, just so long as we avoid mutual annihilation.

Can we survive? Given what we have been thinking about for the last few minutes, it seems enormously important that we do so. It is foolish in the extreme to risk our future for the sake of competition among ourselves. There really is no hurry: we have to beware of asteroids, but the solar system has a few billion years to go. The drive to ever faster innovation and endless economic growth is a false goal: the important thing is to get our actions right. We should be collectively proud of our inheritance and what we can do with it. And individually humble, so that we do not compete destructively. We must avoid the tragedy of the nations, competing to the death—and if we can do so we have a marvellous, creative, beautiful and exciting journey ahead of us.

Sir John E. Sulston (Biologist, Chair of the Institute of Science Ethics and Innovation, the University of Manchester)

プレゼンテーション1「生命とは何か? —客観性と主観性」

林崎良英

科学と芸術の活性力としての客観性と主観性

普段は遺伝子の転写因子や遺伝子の翻訳についてお話するのですが、本日は芸術とそれが扱う主なテーマの一つである「生命とは何か」ということについてお話したいと思います。

まずは、科学と芸術に適合されている非常に重要な2つのコンセプト、客観性と主観性についてお話したいと思います。オックスフォード辞書によると、生物学における「生命」とは、無機物質とは違い、成長と繁殖を含めた活動ができる生命体のことです。つまり、生命とは無機物質と異なり、サルストン氏が指摘されたように、私たちは、自身の青写真を描き、繁殖することができるのです。

生命は科学者たちによって研究され、生命科学という分野ができました。論理物理学者のエルヴィン・シュレディンガー博士は、その著書『生命とは何か』の中で、生命の基本原則は化学的、生物学的反応の連続であると提唱しました。この時点から、科学者たちは生命を分子構造と考え、分子レベルで研究してきました。

私個人の見解は、科学と芸術という2つの極めて創造的な活動は、観察、成果物、そして文化の3つのカテゴリーで考えることができるというものです。科学は客観的に研究することができる、生きた現象です。例えば、細胞や人の身体は観測したり、観察したりすることができます。しかし、芸術において真実を明らかにする方法はずっと主観的です。芸術においては、個人の視点の方が重要です。科学においては、データと人が観察したものが最終的な成果物となり、自然現象は文書などに記録されます。一方で芸術では、芸術家はそれぞれが感じたものを見、それを主観的に表現します。究極の成果物は芸術なのです。

どちらも文化の形成において、方法は異なりますが重要です。科学は、文化を一層進歩させる、人類共通の知識の集積です。芸術は、新しい感情や新しい考えを促すことで、鑑賞者に主観性を発揮させ、文化を創造します。主観性とは芸術においてのみならず、科学的思考のプロセスを開始する際にも必要不可欠なものです。科学においては、1人が出した結果を、他の人がもう一度再現できることが不可欠です。しかし芸術では、芸術家によって生み出された作品は鑑賞者の感じ方によって異なり、全く同じ反応を示す人は2人といません。従って、作者と鑑賞者は主観性によって分けられているのです。

主観性の主成分：先入観

先入観は知識、教育、そして文化の影響を受けます。もし、事前に情報を持っていれば、その情報が私たち個人の背景や文化であっても、私たちは見るものをより簡単に特別な方法で識別できるのです。例えば、虹に何色あるかを聞くと別々の文化ではそれぞれ答が異なります。帯があるわけではないので、色の数を数えることはできません。人々が認識する色の数は教育で決定されるのです。

この前提条件なしで、芸術と科学は交わることができます。「型破りな視点」による観察は大切です。例えば、ヒルシュスプルング病は、単純には検出できない組織の異状によって引き起こされます。もし、私が細胞の欠損が病気の原因であるという知識を欠いていたとすると、私は何が足りないかを調べられないので、問題の原因を突き止めることはできません。

2005年に、私はRNAのグループ研究を行いました。サルストン氏がおっしゃったように、DNAは遺伝子を決定し、RNAを介してたんぱく質を生成します。この過程は、現代の全ての教科書に載っているセントラルドグマです。しかし私たちのグループでは、ノンコーディングRNA(たんぱく質をコードしていないRNA)が観察したRNAの半分以上を占めていることを発見しました。最初は、この観察結果を疑いました。というのも、「常識」ではこのデータが非常に多くの人為構造を含んでいると信じさせるものであったためです。しかし、実験の結果をさらに研究したところ、非機能性RNAの大部分が実は機能していることが分かりました。そしてこれにより、RNA干渉が発見され、「RNA新大陸」¹という概念が生まれました。

最後に、科学と芸術の共通点は創造性です。科学と芸術は、社会と文明の発展のための原動力となることができます。新しい現象の発見が新しい疑問と挑戦につながるため、科学と芸術は終わることはありません。これは、科学者にとっても芸術家にとっても同じです。そして、発見の過程としての「生命」は、とらえどころのないままなのです。

はやしぎき・よしひで(分子遺伝学者、理化学研究所 オミックス基盤研究領域 領域長)

¹ 長いゲノムの中で遺伝子はボツボツとオアシスのように散在すると考えられていたが、実はゲノムの大部分がRNAに転写され、たんぱく質をコードしてなくても独自に機能を果たしていることから。

PRESENTATION 1 “WHAT IS LIFE? OBJECTIVITY AND SUBJECTIVITY”

Hayashizaki Yoshihide

Objectivity and Subjectivity as Active Forces in Science and Art

While I usually talk about transcriptors or the decoding of genes, I will talk today about art and one of the central themes it addresses: What is life.

I would like to begin with objectivity and subjectivity, two very important concepts, as applied to science and art. I will start by defining life, as according to the Oxford dictionary: in biology, “life” is the condition that distinguishes active organisms from inorganic matter, including the capacity for growth and replication. In other words, life is different from inorganic matter and, as Sir Sulston has pointed out, we have the ability to create our own blueprint and to reproduce.

Life, as studied by scientists, falls into the field of life science. In his book, *What is Life*, theoretical physicist Dr. Erwin Schrödinger proposed a basic principle of life as the cascade of chemical and biological events. From this point on, scientists have looked at life on a molecular level, as a molecular mechanism.

My personal perspective is that science and art—two very creative activities—can be addressed in three categories: observation, products and culture. Science is a live phenomenon that can be looked at objectively, as cells and the human body have functions that can be monitored and observed. But the approach taken to elucidate the truth in art is much more subjective. In art, the perspective of the individual is more important. In science, data and what one has observed culminate in the product, and natural events in science become recorded in documents and so forth. In art, on the other hand, artists look at what they have felt and their view is expressed subjectively. The ultimate product is art.

Both are critical in the formation of culture in different ways. Science is an accumulation of mankind’s common knowledge, advancing culture further. Art creates culture by bringing the viewer’s subjectivity into play, encouraging new feelings and new thoughts. Subjectivity is not limited to art, however, as it is essential to start the process of scientific thought. The ability to reproduce one’s results is essential in science. But in art the product of the artist’s work depends on the perception of the viewer—and no two people will have the exact same response. Thus, the creator and the viewer are divided by subjectivity.

A Primary Component of Subjectivity: Preconceived Notions

Preconceived notions are influenced by knowledge, education and culture. If we have information beforehand—whether that information is our personal background or our culture—we are more readily able to identify what we see in a particular way. For example, ask how many colors are in a rainbow and different cultures have different answers. There are no bands, so you cannot count the number of colors. Education determines the number that people perceive.

Without this precondition, art and science can meet. Observation with a “non-stereotypic view” is important. For example, Hirschsprung’s disease is caused by an abnormality of tissue, which is not readily detectable. If I lack the knowledge that missing cells are the cause of the disease, I am unable to diagnose the problem because I am not looking for what is missing.

In 2005, I conducted group research on RNA. DNA, as Dr. Sulston said, dominates genes and DNA creates proteins using RNA—a process that is central dogma in any modern textbook. In our group, however, we discovered that non-coding RNAs accounted for more than half of what we observed. At first, we doubted this observation, since “common knowledge” led us to believe that the data contained numerous artifacts. But further study of the experimental data showed that the great percentage of non-functioning RNA was actually functioning. And with this RNA interference was discovered and the concept of the “RNA continent.”

In conclusion, the common ground of science and art is creativity. In order to develop society and civilization, science and art can be driving forces. Science and art never end, as the discovery of new phenomena leads to new questions and new challenges. It is for scientists as it is for artists. And “life,” as a process of discovery, remains elusive.

Hayashizaki Yoshihide (Molecular Genetics Researcher, Director of RIKEN Omics Science Center)

プレゼンテーション2

「分類学上の危機：研究室育ちの生命と『博物陳列室（驚異の部屋）』への回帰」

オロン・カツ

私は、生命の奇妙さ、特に研究室で育った生命について、そして芸術家としての生命への興味と、その興味の結果、制作した作品についてお話したいと思います。

20世紀末の最も重要なイメージの一つは、背中からヒトの耳が生えているマウスのイメージです。現在、再生医学の基礎となっている組織工学を利用して、ボストンの科学者がポリマーの足場を希望の形状に形作り、研究室で細胞を培養した後、マウスの体に導入したのです。

このイメージに芸術家として私は刺激を受けました。なぜなら、彫刻という方法で生命に関与できる可能性を感じたと共に、従来の社会では理解することもできないような新しい生命のかたちが研究室から芽吹き始めていることに気づいたからです。

私は共同研究員であるイオナ・ズールと共に、私たちが半生命体と呼んでいるもの、すなわち複雑な生命体由来する段階でのみ生命体として存在するが、絶対にもとの体に導入されることのないものを作り始めました。私たちは組織工学で作ったグアテマラのウォーリードールを展示しました。私たちが使用した細胞は本物で、もともとヒトのものでしたが今はマウスの細胞と見なされています。何か、非常に奇妙なことが研究室で起きているのです。

その後、私たちはヒトゲノム計画にまつわる作品を制作し、バイオテクノロジーの発展をめぐる誇大な発言に着目しました。非現実的な、ほとんど不可能なほどの見通しが語られていたからです。

不可能なことも、豚が飛べるようになったときには可能になるという意味の、「豚が飛べたなら」という表現があります。私たちは「豚の羽」プロジェクトにおいて、そのような羽がどのような形になるのかを見てみることにしました。私たちは、鳥、コウモリ、そして飛行する恐竜といった、飛行する脊椎動物の進化を調査しました。そして、西洋文化における羽の図像も見ました。天使は鳥の羽、悪魔はコウモリの羽を持っており、恐竜の羽は比較的最近発見されたため見当たりません。ある意味で、このようにして私たちは新しい知識を理解するのです。つまり新しい知識は、私たちが救うかもしれませんが、私たちに駄目にするかもしれません。あるいは、それが何なのか、どう定義すべきかを解明するのにまだ時間が必要かもしれません。

歴史的な知識は生命と生物学における工学の捉え方を転換させる

歴史は、定義付けを助けてくれます。いわゆる博物陳列室（驚異の部屋）は、神が間違っつつくった事物の例として認識されています。1735年に、カール・リンネは生命という発想と、それをどのように分類すれば神の創造物（生物）をよりよく理解することができるかということについて、体系的に調査することにしました。リンネは隠喩として聖書の箱舟を利用し、生命を性の親和性によって整理しました。

リンネが始めた仕事を引き継ぐ形で、ダーウィンが1859年に、生命の樹（系統樹）と種がどのように分かれていったかを示す、『種の起源』という本を著しました。ダーウィンの自然淘汰による進化という発想は、すぐ後にH.G.ウェルズが、「私たちは生命体が、可塑性があり、変えることのできる原材料と見なすこともできるという事実をあまりにも頻繁に見落としてしまう」と書いたほどに、私たちの生命の理解を助けてくれました。

知識は空白ではありません。知識は応用されており、この場合、生命について私たちが獲得し始めている知識は、私たちに生物学における工学について考えさせ始めています。生物学における工学とは、生命を私たちが形作り、変えるための原材料として捉えるもので、これは、生命の体系的な理解の結果として起こった、私たちの生命に対する考え方の最も大きな転換であると私は思います。

巧みな操り手としての人間と研究室生まれの生命の誕生

生命と技術が交わる時、奇妙なことが起こります。1913年に、議論的となったアレクシス・カレルは組織培養と呼ばれる技術を開発しました。彼は、細胞は体外でも生きることができることを知っていました。普通の細胞分裂は56回から65回と制限されています（ヘイフリックの限界）が、がん細胞は永遠に細胞分裂し続けられます。そして1948年に、マウスから採取したがん細胞によって、今日もまだ使われている、絶え間なく分裂し続ける細胞株が作られました。最初のヒト細胞株であるHeLa細胞は1951年に、ヘンリエッタ・ラックスというアフリカ系アメリカ人から採取した細胞から始まりました。

しかし、これらの細胞は分類学上、どこに属するのでしょうか？ 1991年に、ヴァン・ヴェーレンとマイオラナという2人の進化生物学者は、HeLa細胞は新しい生命の形態の構成要素かもしれないと提案し、「HeLa細胞はヒトが源の培養細胞として最もよく知られているものです。この細胞は特定の環境に制限された別の種となっています。」と語っています。つまり、奇妙な生命は、研究室の環境のもとで形成されるのです。

科学者に細胞株を提供するカタログを見ると、様々な奇妙なものが見つかります。3つの異なる生命体を源とする細胞や、ヒトとマウスを源とするハイブリッドマスと呼ばれる融合細胞などです。これらの細胞の存在を本当に知っている唯一の人たちである研究所の科学者たちは、これらの細胞をカタログ番号か非常に奇妙な名前前で分類します。

NoArkの文化背景

しかし、文化はこれらとどのように折り合いをつけるのでしょうか？ 博物館は、生物界を、類人猿とヒトといった霊長類で終わる絶え間ない発生系譜として見せることで、生物の分類を説明します。

イオナ・ズールと私は、私たちがNoArkと呼んでいるプロジェクトを立ち上げることにしました。これらの新しく完全に抽象化された生命の形態である細胞に、聖書の隠喩（箱船）はもう適応されません。私たちはあの博物陳列室が復活していると感じています。しかし今回のコレクションは、遠隔地からよりも、科学者と研究室にものを提供するカタログから集められています。私たちは、もともと17世紀に集められた奇妙な生物の形態、そして、博物館に保存された生物展示を象徴する双頭の鳥を持っています。唯一の生命体は見ることでできないような非常に概念化された生命の形です。しかし、それらの生命体は保存された標本と一緒に生きているのです。

オロン・カツ (アーティスト、組織培養 & アート・プロジェクト)

PRESENTATION 2 “THE TAXONOMICAL CRISIS: LAB GROWN LIFE AND THE RETURN OF THE CABINET OF CURIOSITIES”

Oron Catts

I will discuss the oddity of life—particularly, laboratory-grown life—and my interest in that as an artist, and the work I’ve done as a result.

One of the most important images of the late 20th century is that of a mouse with a human ear growing out of its back. Using tissue engineering—now the basis of regenerative medicine—scientists in Boston molded a polymer scaffold into a desired shape, cultured it with cells in a lab environment and then introduced it to the body.

The image inspired me as an artist because I realized the potential to engage with life in a sculptural way, and that new life forms that we can’t even comprehend as a society are starting to sprout out of laboratories.

My collaborator, Ionat Zurr, and I began to develop what we called semi-living entities: life forms that exist only in the stage of having come from complex organisms but are never introduced back into a body. The time we were able to exhibit tissue engineered sculptures for were our version of the Guatemalan worry dolls. The cells we used, McCoy, were originally human but are now considered mouse cells. Something really weird is happening in laboratories.

Then we did a piece around the human genome project, looking at the hyperbole and rhetoric that surrounded development in biotechnology because there were some unrealistic, almost impossible promises around that.

There is a statement “If pigs could fly” meaning if the something is impossible (it would become possible when pigs will fly...). So in our Pigs Wings Project, we decided to see what shape those wings would take. We looked at the evolutionary solution of flying vertebrates—birds, bats, and flying dinosaurs. And looked at wing iconography in Western culture, in which angels have bird, devils have bat wings, and dinosaur wings are unattached because we found them relatively recently. In a sense, this is how we can relate to this new knowledge: it can save us, it can destroy us, or we still need time to figure out what it is—and how to define it.

Historical Knowledge Leads to Shift in Perception of Life and Biology’s Engineering

History can help us with definition. So-called cabinets of curiosities (*Wunderkammer*) were perceived as examples of where God got things wrong. In 1735, Carl Linnaeus decided to systematically look at the idea of life and how it can be divided in order to understand God’s handiwork better. Linnaeus used the metaphor of the Biblical ark and ordered life according to sexual compatibility.

Continuing what Linnaeus began, Darwin published *The Origin of Species* in 1859, showing the tree of life and how species separate. Darwin’s idea of evolution by natural selection helped us to understand life to such an extent that soon after, H.G. Wells wrote: “We overlook only too often the fact that a living being may also be regarded as raw material, as something plastic, as something that may be shaped and altered.”

Knowledge is not in a vacuum. Knowledge is being applied, and in this case, knowledge that we started to gain about life started to make us think about biology’s engineering—life as a raw material as something for us to shape and alter—which I think is the greatest conceptual shift in our perception of life, as a result of the systematic understanding of life.

Humans as Great Manipulators, and the Birth of Lab Life

Whenever life and technology mix, odd things happen. In 1913, controversial surgeon Alexis Carrel developed a technique called tissue culture. He understood that cells could live outside the body. Normal cell division is limited to between 56 and 65 times (Hayflick’s limit) but cancer cells can continue division forever. And in 1948, a cancerous cell from a mouse created the base for a continuous line of cells that are still being used today. The first human cell line, HeLa cells, started in 1951 with cells from Henrietta Lacks, an African-American woman.

But where do these cells fit in taxonomy? In 1991, two evolutionary scientists, Van Velen and Maiorana, suggested that HeLa cells might constitute a new life form: “HeLa cells are the best-known cultured cells of human origin...they have become a separate species restricted to a particular environment.” In other words, odd life forms in a laboratory environment.

In catalogs that now provide scientists with cell lines, one starts to find all number of weird oddities. Cells that have three different organisms as its origins, or fused cells that have origins in human and mouse, called hybridomas. Scientists in research labs, the only ones who really know of these cells existence, classify them by catalog numbers or by very odd names.

Cultural Identification in NoArk

But how does culture come to terms with them? Museums explain the taxonomy of life, showing us the living kingdom as a continuous

developmental lineage, culminating with primates, the apes and the humans, often shown in those strange artifacts.

Ionat Zurr and I decided to set up a work that we call NoArk. Through these new, totally abstracted life forms—cells—the metaphor of the ark no longer applies. We see a return of those cabinets of curiosities. But this time, rather than come from faraway places, collections come from catalogs that supply scientists and laboratories. We have a two-headed bird that represents those odd life forms collected originally in the 17th century, and then a museum-style display of preserved life forms. The only living things are life forms so abstracted that you can't even see them. But they are there, living alongside preserved specimens.

Oron Catts (Artist, The Tissue Culture & Art Project)

パネルディスカッション

ジョン・E.サルストン／オロン・カツ／林崎良英 モデレーター：南條史生

現代における生命

南條 本展覧会では、耳を自身の腕に移植したオーストラリア人のアーティスト(ステラーク)の写真を展示しています。彼は、展覧会のオープニングに出席した際に、皆に自身の腕を見せてくれました。耳は遺伝子工学ではなく、外科手術によって形成されていました。しかしそれは、人の耳を背中に形成されたマウスに似ていると感じ、衝撃を受けました。このことに関して、ご意見はありますか？

カツ ステラーク氏は、人の耳を背中に形成されたマウスの写真が社会にどれだけ強い衝撃を与えたかを示したのです。私は彼の腕に耳を移植した外科医が、その文化的衝撃を完全に理解して行ったとは思いません。科学者たちが同じ過ちを犯さないために、科学の研究室にはもっとたくさんのアーティストが必要です。もしくは、科学者が私たちを刺激しているとしたら、もしかしたら別の形で、刺激してくれるでしょう。

ステラーク氏の写真は、私たちに人間の身体は可塑性があり、現在ではステラーク氏が腕に耳を形成したり、マウスの背中に耳を形成したりできるほどまでに生命を操作できることを示しています。しかし、私たちはその文化的な意味を本当によく考えなければなりません。

このことは私に、「生命とは何か？」という問いについて考えさせます。芸術家、そして唯物主義者である私は、ここ17年間、生命工学の進歩に非常に関心があるため、生命を題材に仕事をしています。私は、生命は人間が取り扱う、他の物質とは本質的に異なる部分があるのだろうか、そしてどうやって私の唯物論的視点と、生命には特別な何かがあるという私の内面にある気持ちを調整することができるのかということを知りたいのです。芸術家として、これは私の旅なのです。

サルストン 人間の生命は新しく、人類誕生以前の生命とは異なります。私たちは、別の進化の段階にいるのです。ここでの議論は外形を強調し過ぎています。人は異なる形になることができますし、私たちはみんな、自身の身体の大部分を失っても、心と頭脳が変更されていなければ、人のままであると感じると思います。そして、私たち人間を社会的動物であると強調することは重要です。私は、人間は、何か重要なことは自分ひとりで行うのではなく、むしろ社会の一員として行うと思います。

カツ氏の科学における創造性への注目は非常に重要です。科学、特に生命科学は、発見という次元を超えて創造性に向かって進んでいます。議論においては、外形より本質を強調することが重要であり、そのことは私が人工知能について言及したことであります。私たちは、これまでの成果と、これからの可能性を過小評価していると思います。私は、新しい思考力を備えた生命の形態に興味があります。なぜなら、そのような生命が誕生する可能性に、未来があるからです。最終的に、私はあまり生物学を気にしていません。ですから、カツ氏の生命の本質に関する質問への答えは、確かに、HeLa細胞や他の細胞株は新しい生命の形態ですが、進化はしないということだだと思います。本当に進化するのは、「思考する機械」であると思います。

林崎 ここ最近、科学の進歩を見てみると、技術は著しく発展しています。人類は、このまま放置しておく、生き残ることはできません。科学的な情報も進歩しなければなりません。私たちは、個人個人のゲノムを作り出すことや、人類が以前にはできなかったことができるようになりました。このようなことを実現可能にする能力を私たちに与えてくれるのは技術です。この同じ技術によって、芸術ももっと挑戦的になるかもしれません。そして、もし芸術が人々に考えさせ、人々の感情反応を引き起こすものであるとしたら、科学がどう社会に寄与するのかを考えなければならないと、私は思います。

思考における自然淘汰

南條 芸術には様々な定義があり、多くの場合、芸術は個人的な経験であると定義付けられています。私たちはみんなそれぞれ、異なる背景を持ち、異なる方法で生活しているため、体験には違いがあります。また、日本ではアートという言葉が明治時代にヨーロッパから入ってきたとき、芸術は何か審美的できれいなものを作る「技術」であると考えられ、「美術」という言葉ができました。しかしヨーロッパでは、芸術という言葉の認識のされ方は違います。むしろ工芸に対して、美術(芸術)とは物事の真実を語るもので

す。たとえば古代ギリシャでは、美は真と善に並ぶ、何か本質的なものと位置づけられていました。

サルストン氏が、人はそれぞれ別々の考え方をし、それぞれの感じ方は無数にあるとおっしゃいました。芸術からは様々な概念と考え方が生まれますが、多くの表現の中から、自然淘汰の中で生き残るものが最も説得力のあるものなのかもしれないですね。それは進化のプロセスと似ているような気がします。こうした考え方について、サルストン氏のご意見を伺ってみましょう。

サルストン そうですね、私たちは、リチャード・ドーキンスが遺伝子と同じようなものとして提案した概念であるミーム¹の生き残りに関して何らかの合意をすることが重要です。社会のミームは常に厳選されています。我々はみな、(特定のミームの選択において)競争をしており、人々はこれ(ミームの選択)を表す多くの言葉を用います。例えば、いまヨーロッパの政治やビジネスで流布している表現に「世論形成者」というものがありますが、それは影響力を持ち先導的な役割を担う傾向のある人々を指しています。社会において正しい意見を形成することは、私たちが生き残るために必要不可欠です。そして、正しい意見形成を阻害する破壊的なミームも存在します。その一例は、グループ間での強い憎しみです。ブッシュ大統領は、東西の最後の争いを終わらせるために、繰り返し文化の対立について言及しました。これは、常軌を逸しています。しかし、権力のある人が言うと、間違ったミームは生き残ってしまうのです。そして、ミームは私たちが自発的に変えるという選択をすることもできるため、遺伝子と同じとは言えません。しかし、複雑です。お分かりのように、私たちは私たちのミームについて考えており、ミームは思考の一部なのです。

カツ サルストン氏は、生物学的なもの文化的なもの、2つのタイプの進化についてお話しました。そして1863年には、サミュエル・バトラーが3つ目の進化を特定しました。私は、この3つ目が、文化からある程度独立している、技術の進化との関連として、最も重要であると思います。

そして、私たちの文化は、生体システムに応用されている工学の論理に基づく技術の進歩や、この技術的進歩がどれだけ強い影響を与えるのかといったことについて、受け入れる準備が整っていません。私たちは、生命に対する文化的理解について、技術の進化や、あなたたちのような専門家からの知識の習得に対応するには不十分である時代に生きています。残念ではありますが、ほとんどの人は進化を信じていません。そのために、技術的かつ科学的な知識を備えた専門家は、世間の文化的な立ち遅れを後目に一足飛びに先を行ってしまうのです。

ここに芸術家が介入し、これらの知識を生み出し適用する「人間」と、「文化」の両側面を照らすべきなのです。しかし、急ぐべきではないと思います。

科学と文化の隙間を埋めるために

林崎 もし、科学と技術が文化を置いてどんどん先に進んでいるとしたら、その隙間を埋めることができるのは芸術なのでしょうか？ それとも、だんだんその役割を担うようになるのでしょうか？

カツ 一部の科学者は、芸術家が介入して科学を広報し、文化にそれを疑問をはさまず受け入れさせるようにすべきだと考えています。これに対する私の回答は、このような考えに対して疑問を呈し、時と場合によってはこれを問題にすることで、この穴を埋めていく必要があるだろうということです。芸術家が介入し、ステラーク氏のような人が、技術を称賛するためではなく、身体の可塑性の限界を示し、論争できるようにするために、自分の腕に耳を付けるのです。

私たちは、論争できる状況によって隙間を埋める必要があります。これはミームという観点からみた知識がどのように適応されているかということも含みます。この隙間を埋めるためにやるべきことの可能性は多くあり、それは世論形成者でも、知識が不十分な人でも、誰もが主導することのできるものです。この可能性の領域には、当然芸術家も含まれるべきなのです。

サルストン これは、巨大な規模で起こっています。科学者の大部分は企業に雇われており、もともと研究開発として行われていた科学的な基礎研究も、今はほとんどが商業的な目的で行われています。これら(カツ氏の言及を受けて、芸術における創造活動や科

¹ 英国の進化生物学者リチャード・ドーキンスが1976年に著した『利己的な遺伝子』で提唱した概念。生物学的進化における自然選択は、自己複製子(情報)の複製、伝達、異変が基本となっており、生命情報の基本単位が遺伝子であることのアナロジーから発して、文化を形成する情報の基本単位を「ミーム」と名付けた。

学者の基礎研究活動と、商業を目的とする活動)を区別することが重要であることには同意しますが、実際には今日、科学者も芸術家も一様に広告活動に加担しています。

その結果、最も洗練された芸術形態のいくつかは広告業界にあります。しかし、広告は意図的な誤報を含むため、よく考えなければならぬ事柄です。私たちは、正しい意見を持たないということだけでなく、有害な意見の形成においても共謀しているのです。これに関しては、どうすればよいのでしょうか？

カツ 私は彼らが行なっていることは芸術ではないと思います。芸術はこうしたものにならないように努める必要があると思います。私の仕事では、ある団体は私たちが広告塔になるべきだと考えたのですが、それに対して私たちは、彼らがヒトゲノム計画に関してかくあるべしと考える世論を提示しなかったため、気分を害しました。私は、この拒絶を名誉の印として持っています。というのも、私は個人的な視点を示すことができ、私の提案によって世論形成者が不快感を覚えるだろうという私のねらいを実行できたからです。

南條 遺伝情報は個人の領域に属するものではなく、人類の共有財産です。森美術館では、最近の展覧会において、会場で写真を撮り、それをブログやウェブサイトに掲載することを来場者に許可しています。私たちは社会の改善のために、芸術家の権利を守りつつ、シェアしていくことを考えなければなりません。サルストン氏は、一部の人が巨大なビジネスチャンスについて利用することを避けて、遺伝情報は多くの人に利用しやすくするべきだと書かれました。芸術家と科学者は商業的なチャンスをあえて選ばないという選択肢も与えられているということかと思いますがどうでしょうか。

林崎 ヒトゲノム配列が解読されたとき、この情報を企業が独占すべきでないと言われました。これには、2つの面があります。配列そのものは人工的に作られたものではなく、共有された情報として、人類の宝なのです。データ主導型の科学では、情報公開はその積み重ねにより、情報それ自体の拡大をもたらします。

しかし、これには他の考え方があります。研究者は特許を申請した後で、自身の発見を公開することができます。これについて、意見はありますか？

サルストン それは重要な第一歩であったと思います。私たちが基礎研究段階と称する段階においてそれが研究の基幹を成す情報となるように、ヒトゲノム配列は自然そのものの発見です。そして当時、生命工学や生命科学分野に携わる人たちが皆がこの情報を利用することを望んでいました。この分野に特許権が存在すべきではないと示唆しているわけではありません。

例えて言うと、特許法や一般的な知的所有権は良い奉仕者となることはできますが、非常に不適切な指導者でもあります。特に、保健に関する倫理基準を定める際にこれは非常に不適切となります。これは世界中の保健問題に関して生じていることです。知的所有権によって、どの病気に対処するかが判断されることを、私たちは容認しているのであり、これは不適切です。特許権は非常に強く広範であり、私たちはこれに頼りすぎているのです。このように、パミュダ協定は事態が異なる方向へ向かうように行使されたのです。

影響力を持った中核的人物や組織がこのような公開性を先導することもできます。現在普及しているフリーソフトの促進運動の中心には、かつてリチャード・ストールマン²がいました。そして、森美術館は、自身が、美術作品の共有に同じように影響力があることを示すことができると思います。

どの時点で生命が始まったか？

サルストン どんな種類のものからであっても、ゼロから生命体を創造することは誰もしなかったでしょう。たんぱく質のない状態で、無機物質からどのようにして生命体に至ったのかについては、ほとんど分かっていません。一部の人は、特定のミネラルが関係している可能性があると考えています。しかし、研究は続いています。ただ、私たちがこの隙間を埋めない限り、生命体の誕生に創造的な道程(創造主の関与)がなかったとは言い切れません。しかし、私の意見は、生命誕生は、恐らく非常に低い確率で自動的に起こったというものです。知的設計論(インテリジェント・デザイン)、創造的な行為、そして、とても稀にしか起こらないこととの間には違

² 1980年代よりフリーソフトウェアの普及運動を主導した米国のコンピューター・プログラマー。現在、最も普及しているフリーソフトウェアライセンスGNU General Public Licenseを手がけた人物。90年代半ばから、ソフトウェア特許や過剰な著作権延長に対する反対運動の中心人物として活躍した。

いがあるのです。私たちはただ、知らないだけなのです。

カツ 私は本当の疑問は、私たちがいつ、社会として生命に対して何か特別な考慮を与えるのかということだと思います。これは、私が人生でずっと抱いてきた疑問にまでさかのぼります。生命(生物)に他の物質と本質的に異なる何かが存在するのかどうかを突きとめようとする、また、この問題に関わることは、私の芸術家としての探究の重要な要素なのです。

私は、この意味で反、あるいは脱人間中心主義者ですので、人間の特別な立ち位置についてサルストン氏と議論したいと思います。しかし、私は絶えず、この生命というとても特別なものに驚かされており、創造的な力や何らかのものに訴えずに、なぜ生命が比類なく重要であるかを理解しているような、世俗的な生氣論というものがある存在するだろうかと思っています。私は、生きていることがある程度、その証明になると思います。

林崎 自然界では、自分自身を複製する能力が、積極的な選択の非常にユニークな例であると思います。遺伝子増幅は大きくなり続けますが、このような選択があったとしても、生命が実際に起こったように起こる確率は非常に低いように思われます。もしかしたら、何らかの力があるのかもしれませんが。この謎について、人類が答えを見つけることは絶対にないと私は思います。

人類は変わるか？

サルストン これは、非常に重要な問いです！私の予測は、私たちの集団的な知識を築いている文化的進化の過程は、遺伝的な変化をはるかにしのぐということです。

林崎 もし人類が脳と知識という観点で新しい機能を持つなら、それは非常に素晴らしいことです。しかし、その新しい人類によって文化も文明も変わってしまうため、少し恐ろしいことでもあります。これは、非常におもしろいことです。

質疑応答

Q サルストン氏への質問 宇宙論や現在の宇宙を存在可能にするために必要な定数についてのお話をされましたね。宇宙における恒常性についてどうお考えですか？あともう一つ、生物学的恒常性(ホメオスタシス)に関して質問があります。遺伝子学的研究では、この恒常性を解明するための技術はあったのでしょうか？

サルストン 宇宙論に関する質問に対してですが、私たちは、ただ事物のあり方を観察しているだけです。宇宙は、生物学的あるいは地質学的な時間の観点で非常にゆっくり動きます。そのため、もし私たちが非常に長く生き残った場合、差し迫った運命を避けて、太陽系から立ち去り、もしかしたら星を私たち自身で操作させることで、自分たち自身の恒常性を備えることになるでしょう。私たちは知ることはできません。時間さえかければ、できるかもしれないことに限りはありません。人類は短い期間でできることを過大評価する傾向があり、長い期間でやることを完全に過小評価しています。恒常性があるかどうかは大して問題ではありません。なぜなら、私たちは問題の現場に行って問題を直すでしょうから。

生物学的な質問に対してですが、これに関しては私もあまり良く分かりません。おそらく恒常性は、基本的には8個目の特徴として、生命の定義に含まれるべきでしょう。私たちは変異を強調しますがそれは自然淘汰の基盤だからであり、(変異によって生物は)あらゆる類の環境の衝撃にさらされても、ある程度一定の生存状態を保つことができます。程度の差こそあれ、正しい形態と成長パターンを生み出す能力は、明らかに生物の特徴です。この意味で私は、恒常性は非常に素晴らしく、大変うまく調整されたネガティブ・フィードバック(負のフィードバック)の一例であると認識しています。

全ての音響技術者、全ての電子設計者はネガティブ・フィードバックを理解しています。もしシステムが不安定ならば、フィードバックを与えて制御するものを導入します。生命はこのようなフィードバック機構でいっぱいです。これらのシステムは、細菌の仕組みの中ですぐに大量に発見されました。細菌の遺伝子の発現を調整することは、何十年前に理解されていました。私たちは、恒常性について多くのことを理解していると思いますが、もちろん私たちがいかに精神的安定性を保つかに関する疑問については、まだまだ不十分であると思います。

Q 林崎氏への質問 私たちは、道徳的、倫理的意味で、どのように生命を取り扱っていくのでしょうか？そして、私たちはどのようにして主観性から客観性に切り替えるのでしょうか？

林崎 もし私たちが科学を発展させようとするならば、バランスを考える必要があります。自分自身に、どういった形で社会に貢献できるかを問いかけ、社会の知識を増やすのです。これは芸術においても同じです。と言うのも、作品は何らかの影響を与えるからです。芸術家はバランスを持ってしっかりと取り組む必要もあります。科学についても芸術についても、最低基準は政府によって合意されなければなりません。

Q 私たちは、老化について考えなければなりません。HeLa細胞は永遠に生きることができますが、人類には制限があります。このような制限を破る方法は何かないのでしょうか？

サルストン どうして、破りたいのですか？あなたは自分自身がそんなに重要だと思うのですか？私たちは、巨人の肩に乗っていますし、もし運が良ければ、私たちは少なくとも次の世代の人たちが乗るための肩を提供する小さな巨人になることができます。そして、考えられる最良の事態は、より多くの人たちが後に続くことです。

老化に関して言うと、よく生きることです。もし、若い人が現れるよりも、200歳の人がいるとしたら、私たちはより小さな進歩しかできないでしょう。あなたは、そのような若々しい顔立ちをしています。このことに関して、いい例があります。前世紀、イギリスの科学研究において、かなりよい成果が得られてきた理由の一つは、大学が高齢の教授に関するルールを改正し、若い人がその代わりを務めることができるように、退職させたことです。年を取った教授が自分たちの考えを変えないことはよく知られています。これが、人が死を迎えることの理由です。そして、死は、私たちの活動的な人生の最後に、無痛のうちに速やかにやって来るべきです。

林崎 私たちが、永遠の命を得ることが可能かということ、得るべきかどうかということには、違いがあります。私たちは、サルストン氏が言うように、活動的に生き、すばやく死ぬべきです。医学が本来、命を延長する方向に発展しているとは思いませんが、生活の質を向上させていると思います。これが、医学の目的であり、それぞれが生命をどう理解するかによって異なります。

南條 これは文化的な論点かもしれません。人間が生きるとはどういうことでしょうか？単に、ただ長く生きればよいということではないでしょう。

Q 21世紀には、どのような一般教養を勉強するべきでしょうか？

カツ 私は、「シンバイオティカ」と呼ばれる研究室を西オーストラリア大学において運営しています。これは、生命科学学部に所属する、芸術的研究の研究室です。私たちが行なっていることの一つは、芸術家と科学以外の分野出身の人を研究室に連れてきて、生命を操作するとはどういうことか実験を通して関与させることです。このことに関して直接実験することで、人により有用な情報を与え、他の人にこのことについて教育するときに、微妙なニュアンスを含めて、より複雑に関与することができるようになります。

人を別の環境に引き入れ、そのことについて話をするだけでなく体験させるというこの発想は、非常に重要です。

サルストン 私も、生き生きとした、確かな情報に基づく歴史教育を行なって欲しいと強く望んでいます。これは、文化的進化の一部であり、私たちが集団で創造し、私たちがどこから来たのかを理解しようとするべきミームの一部でもあると思います。何をすべきか教わるのではなく、今までにしてしまった間違いを理解し、未来にはどううまくやるかを理解するためです。

南條 どうして、遺伝子はその情報を次の世代に引き継ぐ必要があるのでしょうか？

カツ 私は、あなたがこの質問をしてくれて非常にうれしいです。2人の有名な分子細胞生物学者の隣に座っていることに少し不安を感じていますが、私は遺伝子以上のことがあると信じています。残りは、文脈です。分子生物学においてさえも、今エビデ

ネティクス(後天的遺伝学)³という分野があり、情報が伝播される非常に重要な方法です。私はこの文脈に注目し、あなたがそう呼んだように、青写真として、あるいは取扱説明書としてのゲノムの概念について、謙虚に議論したいと思います。私は、ゲノムはその文脈の中で開かれ、読まれている図書館であると思います。そして、この世代から世代へと引き継がれている文脈が、図書館である遺伝子のデータそのものよりも、重要なものなのです。

サルストン 私も、全く同じ意見です。だから、私はヒトゲノムの配列は、補足情報であると言ったのです。ゲノムは、取扱説明書、ツールなのです。小説のように読んだりしません。必要なときに、参考にするのです。

青写真は一層避けるべきです。というのも、正確な描写だからです。人々は、以前は小人説という青写真を実際に信じていました。顕微鏡の初期の頃は、人々は見下ろし、「精子の中に小人が見える」といったものです。彼らは、これが青写真だと思ったのです。私は、ゲノムを命令の暗号と呼んでいます。ゲノムは、基準を含んだデジタル表現なのです。

ゲノムを2つのレベルで見ると、私たちは、自分たちの遺伝子であるだけではありません。遺伝子は私たちの身体の材料のための指示(命令)をつくります。しかし、それらを統合する方法は環境に依存しています。そして、成長するにつれて全員を違うようにする、学習と経験の過程が存在します。

遺伝子とゲノムに注目しないのは、全く正しいと思います。人の生命の話に戻ると、私が長寿化に興味がないのは、私たちの貢献は集団的で、社会的に記録されているからです。ただ、本に書かれているだけでなく、社会の一部となります。芸術と科学、そして私たちの考えなどについて、今夜私たちはみんな、私たちが話し、聞いたことのために、それぞれが違う人となってこのホールから離れて行きます。私は、私に対して神を信じないのかと尋ねる人たちに対し、私は人本主義者(ヒューマニスト)だと答えます。私は、人類を信じています。だから、私たちは遺伝子やゲノムについて心配する必要はないのです。

³ 後天的な修飾により遺伝子の発現が制御されることに起因する分子生物学の研究分野

PANEL DISCUSSION

Sir John E. Sulston / Hayashizaki Yoshihide / Oron Catts Moderator: Nanjo Fumio

Life in the Modern Age

NANJO In the exhibit, there is a photo from an Australian artist (Stelarc) who implanted an ear on his arm. When he came to the opening, he showed everyone his arm, although the ear wasn't created by genetic engineering, it was done by surgery. Still, it strikes me that it is like the mouse with the human ear. Any comments on this?

CATTS What Stelarc demonstrates is what a strong impact the original image of a mouse with an ear planted on the back had on society. I don't think the scientists who did it totally comprehended the cultural impact it would have. We need more artists in laboratories, so scientists might not make the same mistake. Or if they are inspiring us, they might inspire us in different ways.

This also shows us the plasticity of the human body, that we can now manipulate life to such an extent that we can create an ear on Stelarc's arm, or an ear on the back of the mouse. But we really have to consider the cultural implications.

That leads me to: what is life. As an artist, a materialist, I am working with life for the last 17 years because I am very interested in advances in engineering life. I want to know if there is something that is intrinsically different about life than any other raw material that humans are using to manipulate, and how I can reconcile my materialistic views with my gut feeling that there is something special about life. As an artist, this is my journey.

SULSTON Human life is new and different from previous life. We are in a different phase of evolution. I think we're over emphasizing form, here. People can come in different forms and I think we all feel that you can lose a lot of your body, but so long as your mind and brain are intact you're still human. And it is important to emphasize us as social animals. I don't think that humans do anything at all significant on their own, but more as part of society.

Oron's emphasis on the creativity of science is very important. Science, most obviously bioscience, is moving beyond discovery into creativity. Again, however, is important to emphasize substance rather than simply form—and that is my reference to artificial intelligence. I think we underestimate what has been achieved and how far that can go in the future. I'm more interested in the new thinking life forms because that's where the future is. In the end, I don't care so much about the biology. So the answer to your question about the nature of life, I think certainly, those HeLa cells and others are new life forms but they're not evolving. I think what's really going to evolve are the thinking machines.

HAYASHIZAKI More recently, when we look at the progress of science, technology is advancing remarkably. Mankind, if we leave it as is, we cannot survive. Science information should also be developed. We can create individual genomes and do what man could not do before. That is technology—it gives us that ability. With that maybe art will be more aggressive. And if art is to make people think and respond emotionally, I think science needs to think about how it contributes to society.

Natural Selection at Work in Thought

NANJO Art has many definitions—often determined by personal experience. We all live in different ways, with different backgrounds, so there are gaps in definition. It's useless to argue. In Japan, art is the technique to make something aesthetic and beautiful—that was what was interpreted from word "Art" in Meiji Period. But in Europe, the word "Art" is perceived differently. Compared to the craft, art is to reveal the truth. In Greece, the beauty was put together with truth and ethics. Not just appearance, but essential importance.

I think Sir Sulston mentioned that people think in different ways and their perceptions are numerous. From art, many concepts and ways of thought are born and perhaps it is the most persuasive of these which survive, through a kind of natural selection. It looks similar to the process of evolution. And how these ideas serve to form culture, let's ask Sir Sulston.

SULSTON Yes, it's important that we come to some agreement about survival memes, a concept Richard Dawkins introduced as the thought analogy of genes. The memes of society are being selected all the time. We're competing, and people use many terms for this, for example a popular term in politics and business in Europe at the moment is "opinion formers," people with influence who tend to lead.

The forming of the correct opinions in society is essential for our survival—and there are destructive memes that can work against that. One example is hatred between groups. President Bush spoke repeatedly about the clash of civilizations, to culminate in a final battle

between East and West. This is crazy. But when powerful people say this then the wrong memes survive. And memes aren't quite like genes because we can actively choose to change them. But it's complex. We're thinking about our memes and memes are part of thinking, you see.

CATTS John spoke of two types of evolution, the biological one, and the cultural one. And in 1863, Samuel Butler identified a third, which I think is the most important in this context, the evolution of technology, which is to some extent independent from culture.

And our culture is not prepared for the evolution of technology based on the engineering logic applied to biological systems and how that impacts culture. We live in a time when our cultural understanding of life is ill equipped to deal with the technological evolution and the collection of knowledge that is coming from people like yourselves. I think that most people still don't believe in evolution, as regrettable as that is, so you are jumping ahead with your technological and scientific knowledge, while culture is lagging behind.

That's where artists should come in, to shine a mirror on both sides; both to the people who generate and apply this knowledge and to the culture. But I agree we shouldn't rush into things.

On Filling the Gap between Science and Culture

HAYASHIZAKI If science and technology jump ahead and leaves culture behind, then is it art that can fill that gap? Or will it increasingly take on that role?

CATTS Some scientists think that artists should come in and sell the science, and make the culture accept it without questioning. My answer would be that we have to fill up this hole by questioning and making it even more problematic in some cases. Artists would come in, and people like Stelarc would add an ear on his arm, not to celebrate the technology, but to show us the extent of the plasticity of the body and put it, as the way Stelarc put it, as a contestable scenario.

We have to fill up the gap with contestable scenarios. That includes how knowledge—in terms of memes—is applied. There's a spectrum of possibilities, driven by anyone from the opinion makers to the ill-informed, and that spectrum should also include artists.

SULSTON This is happening on an enormous scale. The majority of scientists are hired by companies and while it used to be R&D so much of science takes place now with a commercial objective. It is important, I agree, to separate those. Scientists and artists alike contribute to the advertising industry.

As a result, some of the most sophisticated art forms are in advertising. But this is something to consider because advertising contains a lot of deliberate misinformation. We're in a conspiracy not only to not have good opinions, but creating bad ones. What are we going to do about that?

CATTS I don't think that what they're doing is art. I think that art should strive to be something else. In my work, an organization thought that we should act as advertisers and were highly offended by us not presenting what they thought the public opinions ought to be in regard in the human genome project. I hold this rejection as a badge of honor because I was able to present an individual view and target exactly the point where the public opinion makers felt offended by my proposition.

NANJO Genomic information doesn't belong in the private domain; it is a public asset. In the Mori Art Museum, during recent exhibitions, we allowed visitors to take photos and post it to their blogs and websites. We know we should protect artists' rights but not over protect. It should also be shared, which can for society's betterment. Sir Sulston wrote that genomic information should be made accessible, which shuns what some might consider a tremendous business opportunity. That reflects that artists and scientists have the opportunity not to take these commercial opportunities. What do you think?

HAYASHIZAKI When the human genome sequence was decoded, it was said that a company shouldn't monopolize it. There are two sides to this. The sequence itself is nothing that was artificially created and, as shared information, it is a treasure of mankind. In data-driven science, disclosure leads to the growth of information, brick upon brick. But there's another way to consider this. Researchers can also apply for a patent and then disclose their discoveries. Thoughts?

SULSTON I agree it was an important step. As a body of information, which we call pre-competitive, it is a discovery of nature and at a stage where everybody in biotechnology and bioscience wants to use it. That isn't to suggest that there shouldn't be patents in this area.

The message is that patent law, or intellectual property in general, can be a good servant, but it's a very bad master. It's particularly a bad master when you set ethical standards in health, which is what's happening in global health today. We are allowing intellectual property

to decide which diseases are worked on and that's bad. The patenting is too strong, too broad and we're depending too much on it. So the Bermuda Agreement was used for driving things in another way.

Influential centers can also drive this openness. Richard Stallman was at the center of promoting free software, which is spreading. And the Mori Museum can prove itself similarly influential in sharing art.

Where Did Life Start?

SULSTON Nobody has created a life form from scratch of any kind. We really don't know how to get from inorganic to life forms without proteins. Some think certain minerals might have been involved. But the work continues. Until we close that gap, however, I can't say that there was no creative step there. But my opinion is that it happened automatically, but perhaps, with very low probability. There's a difference between intelligent design, a creative act, and something that happens very rarely. We just don't know.

CATTS I think the real question is: when do we as a society give something, some special consideration to life? That goes back to my life-long question, trying to find if there is something intrinsically different about life than any other material, and engaging with that is part of my exploration as an artist.

I would debate John around the special position of humans, as I'm anti-anthropocentric, or post-anthropocentric, in this sense. But I'm constantly amazed by this very special thing that is life, and I wonder if there's something like secular vitalism, understanding why it is uniquely important without resorting to the creative force or anything else. I think being alive is the proof to some extent.

HAYASHIZAKI In the natural world, the ability to replicate oneself seems to me an extremely unique case of positive selection. Amplification will continue to grow, but even with that selection it seems there is a low probability that life could occur as it has. Perhaps there is some force. I don't think that mankind will ever find an answer to this mystery.

Can the Human Being Change?

SULSTON It's an important question! My expectation is that this process of cultural evolution which is building up our collective knowledge far outstrips what's going to happen genetically.

HAYASHIZAKI If a human being has a new function in terms of the brain and intelligence, it's a great thing. But it's a little frightening, since culture and civilization would change according to that new human being. It's fascinating.

Q & A

Q **Question to SULSTON** You talk about cosmology and necessary constants to make the universe possible. What do you think about homeostasis in the universe? My second question has to do with biological homeostasis. In genetic research, has there been a technique to elucidate this homeostasis?

SULSTON To the question of cosmology, we're just observing the way things are. The universe moves very slowly in terms of biological or even geological times, so I would say that if we survive for so long, then we shall provide our own homeostasis by getting out of the way of any impending doom, moving off the solar system, maybe even manipulate the stars ourselves. We don't know; there is no limit to the ability of what we might be able to do, if we give ourselves time. Humans have a great propensity to overestimate what they can do in the short term, and completely underestimate what they would do in the long term. Whether there is homeostasis or not doesn't matter much because we're going to go out there and fix it.

On the biological question, I don't know much about this. Homeostasis should probably be put into the definition of life, as basically an eighth characteristic. Although we emphasize variation because that's the raw material for natural selection, more or less keeping the same, even if buffeted by all sorts of environmental impacts, the ability to more or less produce the correct form and growth pattern is clearly a feature. In this way, I see homeostasis as an example of very, very good, very tuned negative feedback.

Every audio engineer, every electronic designer knows about negative feedback. If a system is going unstable, then you introduce something that feeds back and controls it. Life is full of these feedback mechanisms. They were discovered in huge numbers in bacteria

straight away. Controlling the expression of bacterial genes was understood many decades ago. I think that we do understand a lot about homeostasis but of course when it comes to questions about the way we retain our mental stability, I think it is very marginal.

Q **Question to HAYASHIZAKI** How are we going to treat life—the moralistic and ethical implications? And how do we shift from subjectivity to objectivity?

HAYASHIZAKI If we are to develop science, what needs to be considered is the balance. You ask yourself in what way you can contribute to society, and increase societal knowledge. The same is for art, as objects create a certain impact. They also have to grapple with balance. The minimum standards need to be agreed upon by governments, both for science and art.

Q We have to think about aging. HeLa cells can live forever, but humans have limitations, but is there anyway that we can break this limit?

SULSTON Why do you want to break it? Do you think that you are so important? We stand on the shoulders of giants, and if we're lucky we can at least be small giants for the next people to stand on the shoulders of, and the best possible thing is to have more people coming along.

As far as aging is concerned, live well. We would make less progress if we had 200-year-old people rather than young ones coming along. You have that fresh look. There are some good examples of this. One reason why we have had quite good success with our science in the U.K., in the last century, is because the universities revised their rules about aging professors and made them retire so that young people could take their place.

It's well known that old professors do not change their ideas. This is the reason for having death. And it should come painlessly and quickly, just at the end of your active life.

HAYASHIZAKI There's a difference between whether or not it's possible, and whether or not we should have perpetual life. We should be active and die promptly, as Sir Sulston said.

I don't think medical science is growing toward prolonging life, per se, but improving the quality of life. That's the mission of medicine—and varies with how one perceives life.

NANJO That might be a cultural issue. What is the meaning of living? Surely it's not just to live longer.

Q What sort of liberal arts education should be studied in the 21st century?

CATTS I run a laboratory called SymbioticA at the University of Western Australia that is an artistic research lab within the biological science department. One thing we do is get artists and people who come from fields other than the sciences to come into the laboratory to engage experientially in what it means to manipulate life. Direct experience with this makes people more informed so that when they educate others about it, they have the ability to be much more nuanced, much more complex in the way they engage with it.

This idea of getting people into other environments and get them to experience it, not just talk about it, is extremely important.

SULSTON I think I would also like really lively and informed teaching of history. I think it's part of this cultural evolution and part of the memes that we should collectively make and try and understand where we've come from. Not be told what to do, but to understand mistakes that were made and how we might do better in the future.

NANJO Why must the genes hand over its own information to the next generation?

CATTS I'm really happy you asked this question. I feel a bit insecure sitting next to two eminent molecular biologists, but I believe there is more than genes. The rest is the context. Even in molecular biology there's epigenetics now, an extremely important way in which information is being transmitted. I would like to focus on the context, and humbly debate the notion of the genome as either a blueprint or an instruction manual, as you've called it. I would say it's a library, which is being open and read in context. And this context that is passed from generation to generation is what is important, rather than just those data, which is the library.

SULSTON I completely agree. That's why I said the sequencing of the human genome is a footnote. It's a tool, an instruction manual. You don't read it like a novel. You refer to it when you need it.

Blueprint is better avoided because that's an exact depiction. People used to actually believe in blueprint, it was the homunculus theory. In the earlier days of the microscope, people looked down, and said, "I can see a little man in the sperm!" They thought that was the blueprint. I call it a code of instructions. It's a digital representation—it contains the basis.

Looking at it on two levels, we are not just our genes. The genes make instructions for the materials of our bodies. But the way they put them together is environmentally dependent. And then there's learning and experiencing, processes that make everybody different as they mature.

You're absolutely right not to focus on genes and genomes, Coming back to human life, the reason I'm not so interested in longevity is because our contributions are collectively, socially recorded. Not just written in a book, but they become part of society. The art, and the science and our thoughts, tonight we are all going to go away from this hall different people, because of what we've said, what we've heard. I say to people who ask me that I don't believe in God that I am a humanist. I believe in the human race. That's why we don't have to worry about the genes and the genome.



トークセッション No.2 | Talk Session No.2

医学と芸術が会うとき

WHEN ART AND SCIENCE MEET

日時: 2010年1月11日(月・祝) 14:00-17:00 | 会場: 六本木ヒルズ森タワー アカデミーヒルズ49 タワーホール

Date: 14:00-17:00 Monday, 11 January 2010 | Venue: Tower Hall, Academyhills49, Roppongi Hills Mori Tower

出演 | SPEAKERS

- ▶ マーティン・ケンプ 美術史家、オックスフォード大学美術史名誉教授
MARTIN KEMP Art Historian, Emeritus Professor of the History of Art, University of Oxford
- ▶ 養老孟司 解剖学者、東京大学 名誉教授、サイエンス映像学会 会長
YORO TAKESHI Anatomist, Professor Emeritus of the University of Tokyo, President of Science Visualization Society of Japan
- ▶ 西川伸一 幹細胞研究者、理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター 副センター長
NISHIKAWA SHIN-ICHI Stem Cell Biologist, Deputy Director of RIKEN Center for Developmental Biology
- ▶ 松井冬子 アーティスト
MATSUI FUYUKO Artist

第1部 | PART 1

- ▶ 開会の挨拶 南條史生
- ▶ GREETING Nanjo Fumio
- ▶ 基調講演1「レオナルド・ダ・ヴィンチの哲学的解剖」 マーティン・ケンプ
- ▶ KEYNOTE SPEECH 1 "LEONARDO'S PHILOSOPHICAL ANATOMIES" Martin Kemp
- ▶ 基調講演2「レオナルド・ダ・ヴィンチから見る解剖学の発展」 養老孟司
- ▶ KEYNOTE SPEECH 2 "EVOLUTION OF THE ANATOMICAL STUDY
— IN REFERENCES TO LEONARDO'S ANATOMICAL DRAWINGS" Yoro Takeshi

第2部 | PART 2

- ▶ プレゼンテーション1 松井冬子
- ▶ PRESENTATION 1 Matsui Fuyuko
- ▶ プレゼンテーション2 西川伸一
- ▶ PRESENTATION 2 Nishikawa Shin-ichi
- ▶ パネルディスカッション マーティン・ケンプ/養老孟司/西川伸一/松井冬子/モデレーター:南條史生
- ▶ PANEL DISCUSSION Martin Kemp / Yoro Takeshi / Nishikawa Shin-ichi / Matsui Fuyuko / Moderator: Nanjo Fumio

MARTIN KEMP マーティン・ケンプ

美術史家、オックスフォード大学美術史名誉教授

Art Historian, Emeritus Professor of the History of Art, University of Oxford



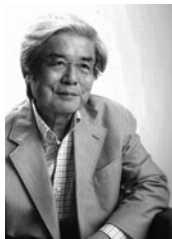
ケンブリッジ大学等で自然科学と美術史を学ぶ。レオナルド・ダ・ヴィンチの芸術・科学・技術面の総合的研究における世界的な第一人者。ヨーロッパ各国のキュレーター、歴史学者、科学者たちによる企画「ユニヴァーサル・レオナルド」のオーガナイザーを務めた。主著に『レオナルド・ダ・ヴィンチ——自然と人間に関する驚異的偉業』。

Trained in Natural Sciences and Art History at Cambridge University, Kemp has made a comprehensive study of Leonardo da Vinci's art, science, and technology, becoming the world's leading authority in the field. He organized the Universal Leonardo project, bringing together the work of curators, historians, and scientists from around Europe. Publications include *Leonardo da Vinci. The Marvellous Works of Nature and Man*.

YORO TAKESHI 養老孟司

1937年生まれ | 解剖学者、東京大学 名誉教授、サイエンス映像学会 会長

Born in 1937 | Anatomist, Professor Emeritus of the University of Tokyo, President of Science Visualization Society of Japan



文明、社会制度、言語、意識、心など人のあらゆる営みは脳の構造に対応するという「唯脳論」を提唱。脳科学、解剖学をはじめ医学・生物学領域の雑多な知識を交えて心の問題や社会現象を広く論じている。主著に『からだの見方』（サントリー学芸賞受賞）、『バカの壁』（毎日出版文化賞受賞）他多数。

Yoro Takeshi proposed "Yui-no ron" (The brain-only theory), in which all human acts, including civilization, social systems, languages, consciousness and mind, correspond to cerebral organization. He discusses the problems of the mind and social phenomena widely, drawing on knowledge of medicine and biology, including brain sciences and anatomy. He has written numerous books, including *Karada no Mikata* (The way to look at the body; winner of The Suntory Prize) and *Baka no Kabe* (The wall of fools; winner of The MAINICHI Publication and Culture Award).

NISHIKAWA SHIN-ICHI 西川伸一

1948年生まれ | 幹細胞研究者、理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター 副センター長

Born in 1948 | Stem Cell Biologist, Deputy Director of RIKEN Center for Developmental Biology



1973年京都大学医学部卒、7年間同大学医学部胸部疾患研究所で医師として過ごし、1980年から82年までドイツ、ケルン大学遺伝学研究所で過ごす。以後基礎医学研究者として、毎日作られては壊される細胞の新陳代謝の根元を支えている「幹細胞」について研究を続けている。1987年熊本大学医学部教授、1993年京都大学医学部教授を経て、2000年より現職。

Nishikawa Shin-ichi received his M. D. from the Kyoto University School of Medicine in 1973. He spent the next 7 years doing an internship and residency at the Kyoto University Department of Internal Medicine, after which he spent a 2-year period from 1980–1982 at the University of Cologne Institute for Genetics in Germany. As a researcher in basic medicine, he has been engaged since this time in ongoing research on stem cells. He was appointed professor at the Kumamoto University Medical School in 1987, and in 1993 returned to Kyoto to become a professor at the Kyoto Graduate School of Medicine Department of Molecular Genetics. He was appointed CDB group director in 2000.

MATSUI FUYUKO 松井冬子

1974年生まれ | アーティスト

Born in 1974 | Artist



「Narcissus」（2007年、成山画廊）、「松井冬子展」（2008年、平野美術館）などの個展に加え、「MOTアニュアル2006—No Border『日本画』から『日本画』へ」（2006年、東京都現代美術館）、「日本×画展」（2006年、横浜美術館）、「医学と芸術展—生命と愛の未来を探る」（2009年、森美術館）にも出展。2008年、静岡県文化奨励賞受賞。

Solo exhibitions include "Narcissus" (Gallery Naruyama, 2007) and "Matsui Fuyuko Exhibition" (Hirano Museum of Art, 2008). She has also participated in numerous group exhibitions, including "MOT Annual 2006: No Border" (Museum of Contemporary Art, Tokyo, 2006), "NIHONGA Painting: Six Provocative Artists" (Yokohama Museum of Art, 2006), "Medicine and Art: Imagining a Future for Life and Love" (Mori Art Museum, 2009) and others. She was awarded the Shizuoka Prefectural Award of Cultural Advancement in 2008.

開会の挨拶 | GREETING

南條史生 (森美術館 館長) | Nanjo Fumio (Director, Mori Art Museum)

今回開催する「医学と芸術展」の着想の背景には、近年の生命科学の驚くべき進展があります。医学は、新たな発展の段階に入りつつあります。一方で人間は、太古の時代から美しい身体を描くことを試みてきました。身体とはまさに医学と芸術が出会う場所だったと言えるのではないのでしょうか。

12月の半ばに、私はエジプトのアレクサンドリアで事故に遭って、全身4カ所を骨折し、眼底の骨の修復手術を受けました。言うまでもなく、私はまさに現代医学の洗練された技術を、身をもって体験したばかりです。本展のタイトルも、「医学は芸術」と言い換えてもいいのではないかなと冗談を言っております。

このような科学と芸術の融合を体現する業績を残した象徴的な芸術家は、もちろんレオナルド・ダ・ヴィンチでしょう。本展にはロンドンのウエルカム財団から借用した約150点の医学資料に加え、英国ロイヤル・コレクション所蔵のレオナルド・ダ・ヴィンチの解剖図3点を展示しています。

医学も芸術も同じように、人間が生きるということとは何か、人間の幸せとは何か、そしてわれわれはいかに生きるべきか、という問題に対する探究の道です。そのような観点で展覧会を構成し、本日はこのトークセッションに、レオナルド・ダ・ヴィンチの研究者として知られるマーティン・ケンプ氏、脳科学の専門家である養老孟司先生、理化学研究所の西川伸一先生、また本展の出品作家の一人である松井冬子さんをお招きしました。

基調講演をお願いするケンプ氏は、ロンドンのハイワード・ギャラリーで開催された「スペクタキュラー・ボディー」という展覧会のキュレーターを務められ、種々の学際的な展示に関わってこられました。「ユニヴァーサル・レオナルド」というプロジェクトのオーガナイザーも務めるなど、ケンプ氏はこの分野での第一人者でおられ、レオナルドについて広範囲にわたる著書が出版されています。今日は、「レオナルドの哲学的解剖」というテーマでお話を伺います。

This exhibition, “Medicine and Art,” was planned because of the surprising developments in life science in recent years. Medicine is entering a new stage of development. And while the beauty of the human body has long been depicted in art, it now suggests to us that it is the place where medicine and art meet.

In mid-December I had an accident while in Alexandria, Egypt, and suffered four major fractures throughout my body, for which I underwent extensive surgery around my eye area. Needless to say, I have had a very recent, first-hand experience with modern medicine, and I’ve been joking that perhaps we should instead call this exhibition: “Medicine is Art.”

One of the symbolic creators who integrated science and art is, of course, Leonardo da Vinci. For this exhibition, we have three anatomical drawings of his pieces from the Royal Collection of the United Kingdom, and about 150 medical artifacts from the Wellcome Collection in London.

Medicine and art both engage in the same pursuit of what it is to be human, what is happiness and how we should live our lives. With this in mind, we planned and organized this exhibition and have invited for this talk session Professor Martin Kemp, a researcher of Leonardo, Yoro Takeshi, a specialist of brain science, Professor Nishikawa Shin-ichi, from RIKEN, and Matsui Fuyuko, one of this exhibition’s participating artists.

Our keynote speaker, Professor Kemp, was a curator for “Spectacular Bodies” at London’s Hayward Gallery and has been involved in various multidisciplinary exhibits. He is also the organizer for the Universal Leonardo Project. A foremost expert in his field, Professor Kemp has written extensively on Leonardo and we are pleased to have him here today to discuss “Leonardo’s Philosophical Anatomies.”

基調講演1「レオナルド・ダ・ヴィンチの哲学的解剖」

マーティン・ケンブ

私は、医学的解剖ではなく「哲学的解剖」というタイトルを選びました。というのも、レオナルドは常に形態と機能に興味を持っているためです。彼は人体の部分がどのように見えるのかを観察するだけでなく、それが何を行ない、どのように機能するのかということに関心を持っています。本質的には、彼は解剖学と生理学を融合させているのです。観察記述的な形式としての解剖学の意識はありません。そのことは次の2つのイメージにおいて象徴されています。1つ目は《ウィトルウィウスの人体》です。この図は、円に内接した人間という古代ローマの概念を表しています。2つ目は、彼の描いた聖堂の素描のうちの一つです。レオナルドにとって、これらは同じものです。人体は神によって設計された聖堂です。聖堂は人間によって設計された神的なものです。この自然界における神の構想という文脈においてこそ、我々は人体を分析することができるのです。

この文脈は、人間工学者レオナルドによって適用され、彼が1488年にミラノ大聖堂の当局に宛てた書簡において端的に説明されています。彼は大聖堂のドーム設計に名乗りを上げていました。彼はこう書きました。「病人の世話をする医者たちは、人間とは何か、生命とは何か、健康とは何か、そして、四大元素がどのようにバランスを維持しているのか、また同様に、この調和が崩れたときにどのように健康が害されるのかを理解する必要があります。前述の特性について知識を十分に備えている者は、知識のない者よりも優れた治療を施すことができます。……病んだ聖堂にも全く同じことが要求されます。つまり建築とは何か、正しい建築はどのような規則で成り立っているのか、そしてこのような規則はどこから引き出されるのかをよく理解している医者たる建築家が必要なのです。」これは今日の医学の概念とはかなり異なるものです。

ルネサンスにおいて、解剖学は哲学を志向していました。近代医学とは非常に異なります。実際、近代医学は、ベルギーの解剖学者、アンドレアス・ヴェサルイウスから始まりました。彼の著書『人体の構造について(ファブリカ)』(1543年)は、人体の構造を示していますが、それは哲学的な文脈においてでした。その挿図の1つにおいて、自らの死すべき運命を瞑想しながら立つ骸骨が、「天才は生き続け、他は全て滅びる」という意味のラテン語の銘文とともに表されています。他の挿図では、裸体の人物が死を予示する頭蓋骨を持っています。そして、有名な筋肉を示す人体図があります。これらは人間の生死に対する英雄的な概念、何よりもあなた自身、つまり神による驚異の一部分を観察者に提示しているのです。

レオナルドの哲学的解剖を、ディスカッションに役立つと思われる主要な側面を説明する事例とともに、時代順に4つのセクションで考察していきます。第1に、1489年からの頭蓋骨と脳の研究、第2に、1507年から1508年にかけての冬に行なわれた、自身を百歳だと言う老人の解剖、第3に、1510年からの筋肉と骸骨の研究、そして第4に、1513~14年からの心臓の研究です。

頭蓋骨の習作(頭蓋骨、脳、そして精神の意図)(1489年)

レオナルドは、人間の頭蓋骨の切断面を描いた、並はずれた素描のシリーズを制作しました。これらの素描は前例のないものでした。こちらでは、眼窩の部分を垂直方向に切断した断面と、その横に歯がいくつか描かれており、彼が歯の性質にも興味を持っていたことがわかります。しかし彼は、何よりもまず脳に関心を抱いています。彼はこの器官がこの骨格構造の中で、どのように外部と連絡を取るのかということに興味を持っています。脳はどのように内部に情報を取り込むのでしょうか。そして、どのように衝撃を外部へ押し出すのでしょうか。

レオナルドは、脳が骨格の外部と連絡を取るための手段とする、さまざまな窪みについて書き記しています。「『ホールb(眼球に通じる窪み)』は視覚能力がセンス・コムニス(共通感覚)に伝えられる場所」です。「センス・コムニス(Sensus Communis)」は、イタリア語では「センソ・コムーネ(senso comune)」、つまり英語では「コモン・センス(common sense)」と訳されますが、現在用いられている意味とはかなり異なります。彼は伝統的な脳機能のシステムのことを言っているのです。神経が集中し、五感が集まる中枢が「コモン・センス(共通感覚)」です。彼が脳の中に存在すると考えていた配置案には、脳室が含まれているのが見られます。彼はすべての精神的処理が脳室において行なわれると考えました。眼球から視神経を通して感覚の受容器官へ、それから知性、想像力、そして動作をともなう中枢の共通感覚に伝わります。最後に、彼が「メモリア(memoria)」と言うところの記憶に達します。本展に出品されている素描から、彼が後に脳室の形状をかなり正確に見出したことがわかります。

レオナルドは、ものの見た目だけではなく、我々がそれをどのように認識しているのかを理解する必要がありました。彼は視覚のメカニズムを追究します。ある素描において、彼は球体を示し、その外観をさまざまな距離から見て説明しています。彼は根本的な説明

を行なおうとしているのです。たいていの画家が単純に遠近法を用いて、こうして機能するものだとやってしまうところを、レオナルドはそれがなぜ機能するのかを追究しています。

《最後の晩餐》においてレオナルドは、なぜ身体が動くのか、どのように思考が手、顔、そして身体を通じて表現されるのかということにも関心を抱いています。彼がどのように解剖学的な構造を考察しているのかを知るために、2つの素描を並べてみました。こちらの腕神経叢、つまり肩の神経網は、組織の(図解ではなく)実証を行なうために、意図的に単純化されています。彼はこう言います。「有能な文法学者にとってラテン語の語彙の語形変化が必要であるように、この実証は有能な素描家にとって必要なものである。」彼は、我々が何かを聴いたとき、見たとき、そして味わったときに、反応して手を動かすというダイナミックな内部のシステムを、より良く理解するために実証を行なうのです。《最後の晩餐》では、彼が「コンチェット・デッラニマ(魂の意図)」と呼ぶところの、精神の目的あるいは意図の効果が示されています。

マイクロコスモス(小宇宙)とマクロコスモス(大宇宙)、肝臓の血管(老人の解剖)(1507-08年)

2つ目の事例は、日本の思想とも類似するマイクロコスモス(小宇宙)とマクロコスモス(大宇宙)の概念に特徴づけられます。人体は小さな世界で、我々の身体のうちには、外の世界の特徴が全て映し出されているという概念です。

レオナルドはこう書きました。「古代ギリシア人によって、人間はより小さな世界であると定義された。水、土、空気、火から構成された人体には、世界との類似が認められる。人間には支えとなる肉付けされた骨があるように、地球には岩石層がある。人間の内部には血の湖があり、その中で肺が呼吸にあわせて拡大と縮小を繰り返すように、地球には海洋があり、6時間ごとに満ち干を繰り返す。」という具合に続きます。

レオナルドが視覚化しているのは、古代の概念です。これを、とりわけ人体や自然のあらゆる様相の素描で表現したのは、彼が初めてでした。2つの図解が、その概念をみごとに表しています。1つ目には、肝臓に流れ込む血管、つまり動脈と肝臓血管が描かれています。また、発芽している木の実あるいは種、桃の種のようなものが、上方に枝を広げ、下方に根を張る様子も描かれています。こちらには心臓が描かれています。上方には大動脈が伸び、下方には根が張られています。ここでは彼が「肥やし」と呼ぶところの肝臓に根ざしています。彼がとりわけこのことに関心を抱いたのは、動脈系の起点は肝臓か心臓かという、古典古代からの議論があったからです。レオナルドは、小さな世界としての人体というマイクロコスモスの概念を用いて、種の発芽の様子から、そしてそれが心臓と血管に類似していることから、動脈系が始まるのは心臓からであると論じています。これはアナロジー(類推)による証明の一形態です。

2つ目の素描では、「アルベロ・デッレ・ヴェーネ(albero delle vene)」、すなわち「血管の木」を描いています。彼は初めてそれを人体とは切り離して考えています。これは視覚的なアナロジーであると同時に、血管系がどのように機能するのかを表しています。展覧会にも出品されているこの素描を見ると、彼がこれらをまるで木の根や枝のように捉えているという実感を得ることができます。マイクロコスモスとしての人体には普遍性があるのです。

これらの素描は、1507年から1508年にかけての冬に、サンタ・マリア・ヌオーヴァ病院で行なわれた男性の解剖によってもたらされたものです。男性は安らかな死を迎えました。レオナルドは「このような苦痛のない死の原因をつきとめるために」解剖を行なったのだと言いました。レオナルドは男性の血管系——彼の体内にある河川、小川、灌漑システム、運河——が、要するに塞がってしまったのだと判断しました。生命を維持するための栄養がもはや血管を流れなくなってしまった結果、彼は死を迎えたのです。

この腕の素描では、表面の血管が蛇行している様子が表されています。彼は河川の研究から、蛇行が入り組んでくると土壌が堆積し、沈泥で塞がってしまうことを知っていました。彼はこのことが、特に心臓を取り巻く血管の場合に当てはまると言いました。これは驚嘆すべき洞察です。(時代錯誤的な言い方をしても差し支えなければ)冠動脈閉塞の一種です。見事なヴィジョンです。

レオナルドはこれを、自然界において枝分かれするものが効果的に分岐するための、ある特定の法則に結びつけます。レオナルドは、管を通る液体の量は管の断面積に比例するという、17世紀に発見される法則を直観で理解します。分岐システムでは、半分、4分の1、8分の1というように分割していくにつれて、次第にそれぞれの枝の断面積が数学的に減っていくのだ、と彼は言います。本質的には、木にも同様のことが当てはまります。木は多少不規則に成長しますので、正確にそのような外観を呈するというわけではありませんが、分岐の法則は、分岐システムのそれぞれの段階において、断面積の総和が理論上は等しくなるはずだということを示唆しています。彼は分岐するもの全てに適用される根本的な法則を探求しているのです。

この解剖の結果として、彼は人体の灌漑システムの全体を、1つの身体のうちにとまとめて描こうとします。女性の体内を描いた

この卓越したイメージにおいて彼は、空気を通す脈管、心臓、腎臓、肝臓、子宮などを調べ、人体における完全な分岐システムを見出そうとしています。これは、彼が「ヴェーネ・ダクア(vene d'aqua)」と呼ぶところの水脈に満ちた、地球の雛型としての人体です。大変美しく、魅力的なヴィジョンです。

筋肉組織と骸骨(1510年)

すぐ後の1510年に、レオナルドは筋肉組織と骸骨の研究に移りました。おそらくこれは、彼の最も素晴らしい解剖学素描のシリーズです。回転する肩のシステムがどのように機能するかを示した2枚の素描を、私の方で組み合わせてみました。彼は8つの視点を示した視覚の図式を用いて、解剖の8つの位置が、この8つの視点に対応していることを説明しています。これは映画のようなもので、一種の視覚的な解剖学です。彼は、これらの等間隔に置かれた視点から肩を見ています。彼は基本的に、この連続的に回転する一連の視点を巧みに取り入れています。これは彼が「連続する量(quantita continua)」と呼んだところの、連続的空間を表しています。

レオナルドは常にメカニズムを探究しています。彼は手がどのように動くのかを見ることで、手のジェスチャーを詳細に分析することができました。彼は靭帯、腱——とりわけ屈筋腱がその下にある腱をどのように開き、締め付けるのかを観察しています。

小宇宙と大宇宙のアナロジーを前提として、彼は自然におけるさまざまな形態が、いかに類似した構造を共有しているのかを見出すことができました。彼は初めて、鳥の翼が基本的には腕であることに注目します。これは比較解剖学が考案される以前に行なわれた比較解剖学であると言えますが、実際に小宇宙と大宇宙という概念には不可欠なものです。人間と同じように、鳥も小宇宙なのです。それゆえ、構造の観点から、人間はすべての動物と共通点を持っています。そして、建築家が建造物を構築する際に自然の幾何学を用いるように、レオナルドは飛行機を組み立てるために、自然の解剖学的な構造を用います。彼は特にコウモリの翼の構造を調べました。

この手の働きに対する関心は、レンブラントの《トゥルプ博士の解剖学講義》(本展に模写が出品されています)の主題となっています。トゥルプ博士は、明らかに弟子の解剖学者たちが驚いたことに、親指と向かい合わされた指と、相互に貫通する腱の精巧なメカニズムの驚異を示しました。そして彼はそれを機能させている筋肉を持ち上げて、まさにレオナルドが関心を抱いたメカニズムを実証しています。興味深いことに、トゥルプ博士は類人猿について書き記した最初の一人です。彼は要するに、人間の手のこのような性質が、我々と他の類人猿とを分けているのだと言っています。

レオナルドはこれらを機械に置き換えます。彼は肩を観察し、それを徐々に一種の連結装置に変えていきます。彼は上部脊椎の巧妙な仕組を、船のマストに置き換えます。こうして彼は、このようなアナロジーが絶え間なく引き出されることを示唆しています。彼は脊柱を支える角度——頭、垂直な支柱、筋肉——を観察し、船の上のマストと同様に、もしロープがあったならば、支柱の基部を広げることができ、非常に強化されるだろうと説明しています。そして頭は、解剖学的に可能な範囲において、筋肉によって支えられています。

レオナルドは人体における重力の中心を考察します。人間は上に踏み出す時、頭の重心を前に傾けることで、上に進むことができます。膝の上に手を乗せることも助けになります。これは、彼が描いた肩の連続的動作の描写とも類似しています。《絵画について(de pictura)》と題された彼の素描は、人間の動きを映画のように表現したものだと言えます。

レオナルドのホイヘンス稿本の挿図の一つは、人体を完全に抽象的な形で、動的なシステムとして見えています。ほとんど回転するレバーであるかのようです。ヴィクトリア・アンド・アルバート美術館での展覧会のために、我々はこれらのイメージ——歩みを進める男、ハンマーを打つ男——をつなげ、スティーヴ・マイヤー氏に依頼してアニメーション化しました。これらのイメージは、全てレオナルドの素描から直接取られたものです。レオナルドはこれら全ての間にあるポーズを、我々のためにアニメーション化してくれていると言っても良いほどに、完璧に捉えています。ただただ驚嘆するばかりです。

心臓の研究(1513-14年)

最後に紹介する事例は、晩年の最も素晴らしい心臓の素描のシリーズです。雄牛の心臓に基づいて制作されたものですが、人間の心臓との共通点も見られます。レオナルドは特に、3つの小さな弁膜を持つ弁に関心を抱いています。これらの弁は筋肉によって開閉するのではなく、受動的に開閉されます。これらがどのように機能するかを説明するために、彼は詳細な研究を行ないます。閉じた弁と開いた弁、下から見た閉じた弁と開いた弁、といった具合です。ここでは、彼が抽象幾何学において考察した法則が用いられています。それは、ある幾何学的な形を別の形に変換する方法や、円形を垂直な辺を持つ形に変える方法を

示すものでした。これらはレオナルドの存命中に、数学者ルカ・パチオーリの著書『神聖比例』において出版された有名な挿図です。他の素描は、レオナルドの尽きることのない幾何学的なパターンの実験を示しています。

さて、この幾何学がどのように機能するかの説明ですが、彼は渦、心臓の中の乱流、血液の循環が、弁を作動させているに違いないと考えました。弁の内側を見ることができないため、彼はそこに存在すると考えられる旋回する渦のメカニズムを、巧妙に予想する方法を思いつきます。血液が心臓から動脈の頸部に流れ込むと同時に、動脈の頸部は狭まり、血液が逆さに渦巻くことで、弁が閉じます。こうして、次の脈動までにより多くの血液を心臓に引き込むことができるのです。水の動きに関する知識を適用することで、理論的な説明を組み立て、図形化することができたのです。

軍事技術者として、また都市の技術者として、レオナルドは河川の研究に取り組みました。フィレンツェの大運河の計画を組み立てる際に、彼はフィレンツェ当局に対して、土手が崩壊する理由を詳細に説明することができました。渦巻く水流が注ぎ込み、回転し、またさらに逆に回転することで、被害をもたらしたのでした。レオナルドはこの知識と理解を心臓の研究に適用したのです。

レオナルドが心臓弁の研究の際に思い起こしたのは、水の動き、運河、河川に関する知識でした。これらは普遍的な動きなのです。ある素描において彼は、水の動きは髪の毛の動きに似ていると説明しています。その流れは垂直方向への運動力に従うとともに、回転する傾向を持ちます。それゆえ、渦巻き、あるいは螺旋が生じるのです。髪の毛には重さがあり、カールする性質があるため、螺旋が生じます。同じように、彼はかなり詳しく、水中の渦が髪の毛のように見える理由を説明します。彼は物事を統一しようとする感覚を持っています。しかしながら、現代の思想や学問においては、物事を区分し、切り離すことばかりに時間をかけ過ぎているように思われます。

レオナルドは、いつでも物事を統合されたものとしてとらえようとしていました。彼は人間工学者として、現在行方不明になっている《レダと白鳥》の絵画に登場するレダの髪型を考案するにあたって、自然工学を用います。そこでは髪の毛が自由に吹き出しているのを見ることができます。これらは、人間の髪の毛の本質的な動きに基づく髪型の「機械的な」バリエーションです。そしてオオアマナ(別名:ベツレヘムの星)の植物を見ると、彼はそこに螺旋葉序、つまり葉の螺旋状の発生を見出し、これを誇張します。これらの知識は全て心臓の研究の際に思い起こされるものです。

ヴィクトリア・アンド・アルパート美術館の展覧会の仕事をしているときに、素晴らしい出来事が2つありました。カリフォルニア工科大学の航空学と生物工学の教授であるモリー・ガリブ氏から私に連絡があり、レオナルドの弁を模型として組み立ててみたいということでした。これはまさにレオナルド自身が行なおうとしていたことでした。乱流を描いた複雑で見事な素描において彼は、長方形の穴から水が注がれ、空気が下方に押さえつけられることで生じる四つの異なる渦を描き、それぞれに名前を付けています。レオナルドは、ガラス製の弁膜の模型を作ろうとも言っています。これは素晴らしく聡明な発案です。彼以前に、物理的な模型製作によって解剖学的な動作を証明しようと試みた人はいませんでした。

レバノン出身のガリブ教授と私は、この模型の組み立て方について話し合い、それについて論文を発表しました。模型の内側を見てみると、3つの弁が見られます。先ほど申し上げたように、これらはカップ状で、だらりと垂れています。筋肉がないためです。それから、渦を巻いては戻る流体の動きを理解するために、現代の映像化技術を用いました。この素描はそれに対するレオナルドの考えを示しています。彼は実際に心臓の中でその動きを見る術を持ってはいませんでしたが、水の研究で得た知識を心臓に応用しました。それは驚異的なことです。私は、彼が正しかったかということよりも、彼の思考様式に興味があります。知識を水平方向に転換していくレオナルドの思考様式は、並はずれて強力なものです。

同じ頃、ケンブリッジ近郊のパップワース病院に勤める外科医のフランシス・ウェルズ氏から連絡がありました。この病院は世界有数の心臓手術センターの1つで、フランシス・ウェルズ氏は一流の心臓弁の外科医です。彼はレオナルドの心臓の素描に関心を抱いて、さらに調査を進めてみたいと言いました。ウェルズ氏は、ひとたび流体の動きという観点から心臓弁を分析し始めると、それをより良く理解することができることに気がつきました。今では彼はガリブ氏と協力して、心臓弁の手術と血液の動力の両方に関する論文を2つ発表しています。

レオナルドの研究をしていると、予想もつかないところへと導かれます。彼のヴィジョンは非常に優れたものです。ダイナミックなシステムとしての人体の一体性を、世界全体の一体性のうちに見ようとするものなのです。

KEYNOTE SPEECH 1 “LEONARDO’S PHILOSOPHICAL ANATOMIES”

Martin Kemp

I chose the title “philosophical anatomies,” rather than medical anatomies, because Leonardo is always involved in form and function. He doesn’t just look at what something looks like in the human body, but he deals with what it does and how it works. In essence, he’s combining anatomy and physiology. There is no sense of anatomy in its descriptive form. We can see it symbolized in two images. One is *Vitruvian Man*, the ancient Roman idea of the man inscribed in a circle. The second, one of his drawings of a temple. For Leonardo, these are the same. The body is a temple designed by God. The temple is a God-like thing designed by man. It is within this context, the context of divine design in nature, that we can analyze the human body.

This context, applied by the human engineer, is vividly illustrated by a letter that Leonardo wrote in 1488 to the authorities of the Milan cathedral. He was bidding for the job of building the main dome. He wrote: “Just as it is necessary for doctors who are the guardians of the sick to understand what man is, what life is, and what health is, and in what way a balance and harmony of these elements maintains it, and how similarly when these are out of harmony, it is ruined and destroyed and whoever has a good knowledge of the aforesaid characteristics will be better able to heal than one who is lacking that knowledge... The very same is required of an ailing cathedral, a sick cathedral; that is a doctor architect who well understands what a building is. And from what rules correct buildings derive and where such rules are drawn.” It’s a very different image from today’s notion of medicine.

In the Renaissance, anatomy was orientated toward the philosophical—very different from modern medicine. Modern anatomy in effect started with Belgian anatomist Andreas Vesalius. His book, *De Humani Corporis Fabrica* (1543), showed the structure of the human body but within a philosophical context. In one illustration, a skeleton stands contemplating its own mortality with a Latin inscription which means, “genius lives on, everything else will perish.” Elsewhere, a nude holds a skull, prefiguring death, and the famous illustration of the muscle men are part of a heroic notion of the human condition of life, death, and above all of displaying yourself, displaying God’s wonders for the observer.

I will look at Leonardo’s philosophical anatomies chronologically in four sections, with incidents to illustrate major aspects that I think helpful to the discussion. First, his study of the skull and the human brain from 1489; second, the dissection of the old man who claimed to be 100-years old, in the winter of 1507 to 1508; third, studies of the muscles and skeleton from 1510; and fourth, studies of the heart from 1513 or 1514.

The Skull, the Brain and the Intention of the Mind (1489)

Leonardo produced an extraordinary series of unprecedented drawings of the human skull with sections. Here you see a vertical section through the eye socket, with some teeth beside it, as he’s also interested in nature of the teeth. But he’s primarily interested in the brain. He is wondering how this organ inside this bony structure communicates with the outside. How does it receive things into it? How does it push out impulses?

He writes about various holes, as a means for the brain to communicate through this bony exterior. “*Hole b* (the hole through to the eyes) is where the visual power passes to the *Sensus Communis*” or *senso commune* in Italian, translated as “common sense,” but very much unlike the current English definition. He is referring to a traditional system of brain functions. The nerves converge, and the five senses are tipped to that central point, the “common sense.” You can see the arrangement he thought existed inside the brain, including the ventricles, where he thought all mental processing occurred. The eye with the optic nerve passes to the receptor of impressions, and then to the central *Sensus Communis*, the common sense, with intellect, imagination and motion. At the end comes memory, *memoria* as he describes it. We know from the drawing in the exhibition that he later found out the shape of the ventricles rather accurately.

Leonardo has to understand not just *what* things look like but *how* do we see them. He asks about the mechanisms of vision. In one drawing, he shows a sphere and explains its appearance from various distances. He’s interested in fundamental explanations. Whereas most artists will simply do perspective and say that’s how it works, Leonardo will ask why it works.

In *Last Supper*, Leonardo is also interested in why the body moves and how thoughts are expressed in our hands, face and body. To see how he looks at the anatomical structures, I’ve realigned two drawings. Here is the brachial plexus, the network of nerves in the shoulders, deliberately simplified to create a demonstration (not an illustration) of the structures. He says that “This demonstration is as necessary for good draftsman as is the declension of the Latin words for the grammarian.” He does this to better understand this dynamic inner system by which if we hear something, see something, taste something, we react and we move our hands. In *Last Supper*, the effects of what he called *il conceto dell’anima*, the purpose or intention of the mind.

Microcosm and Macrocosm, and the Dissection of an Old Man (1507/1508)

The second incident is dominated by a concept, one that has a parallel in Japanese thought: microcosm and macrocosm. The idea that the body is a little world, that within our own body all the features of the exterior world are mirrored.

He wrote that, "By the ancient Greeks, man was termed a lesser world. Composed of water, earth, air and fire, his body is an analogue for the world. As man has bones, the supports and armature of his flesh, the world has rocks; as man has the lake of the blood, in which the lungs increase and decrease during breathing, so the body of the earth has its oceanic seas, which increase and decrease every six hours," and so forth.

It is an ancient idea that Leonardo puts into visual form. He's the first to express it specifically through drawings of the human body and of all aspects of nature. Two illustrations show it beautifully. In one, he shows the veins going into the liver, the arteries and hepatic vessels. He also shows a generating nut or stone, like a peach stone, sending its branches up and its roots down. Here he shows the heart, the *cuore*. The aorta is going up, the roots coming down, and the roots here go into what he calls the "manure" or "dung" of the liver. The reason he's particularly interested in this is because of a dispute in classical antiquity as to whether the arterial system arose from the liver or the heart. Leonardo uses the microcosm, the idea of the body as a little world, to argue that nut, the generation of the nut, and its similarity to the heart and the vessels, shows that it's the heart which is primary in the system. It's a form of proof by analogy.

In the second sketch, he shows his tree of the vessels, or *albero delle vene*. For the first time, he's thinking of them in isolation from the body. He intends this both as a visual analogy and in terms of how the vascular system operates. Looking at this sketch, which is in the exhibition, one can get a real sense of the way he sees these as if they are like roots, and like branches of trees. As a microcosm, there is universality in the human body.

These drawings were triggered by the dissection of a man in the hospital of Santa Maria Nuova in the winter of 1507 to 1508. The man died a peaceful death, and Leonardo said he made an anatomy "to find the cause of so sweet a death." Leonardo decided that his system of vessels—his rivers, his streams, the system of the irrigation in the body, his canals—had basically become silted up. Vital nourishment no longer flowed through the vessels, resulting in death.

In this drawing of the arm, he shows that the superficial vessels are tortuous. And as he knew from his study of rivers, when the meanderings become tortuous, you have earth and soil deposited, you have silting. He said that was particularly the case in the vessel that runs around the heart. It's an amazing insight. It's a kind of diagnosis of coronary heart blockage (if I may put it in anachronistic terms). It's a beautiful vision.

He translates this into a specific law, so that things in nature that branch should do so efficiently. Leonardo intuitively discovered in the 17th century that the amount of fluid passed in a channel is proportional to its cross-sectional area. He says that a bifurcating system divides into two halves, four quarters, eight eighths etc., and gradually the cross-sectional area of each branch diminishes in this mathematical way. He says trees basically do this—not that they look precisely that way as they grow irregularly to some extent, but the *principle* of branching suggests that the total area of the cross sections at each stage of the branching system should ideally be equal. He's searching for the underlying law that governs all branching things.

As a result of this dissection, he tries to envisage all the irrigation of the human body together in one body. In his remarkable image of the interior of a woman, he looks at the air vessels, the heart, the kidneys, the liver, the womb, etc., in an attempt to see a complete system of branching in the human body. This is the human body as a model of the earth—full of vessels of water, which he calls *vene d'acqua*. It's a very beautiful, compelling vision.

Musculature and the Skeleton (1510)

Shortly after this, in 1510, he moved onto what are probably his greatest set of anatomical studies, those of musculature and the skeleton. I've combined two sheets to show how this system of revolving shoulders work. And with an optical diagram with its 8 viewing points, he explains that 8 positions of the dissection correspond to these 8 viewing points. It's like cinema, a kind of optical anatomy. He's looking at the shoulders from these equally spaced viewpoints. He basically operates with this continuously revolving series of views, what he calls *quantita continua* or continuous space.

He's always looking for the mechanism. He can dissect a hand gesture by looking at the way that the hand moves. He looks at the ligaments, tendons—particularly how the flexor tendon, opens up and clamps down the tendon beneath it.

Given the microcosm-macrocosm analogy, he is able to see how different forms in nature share similar structure. For the first time, he notes that a bird's wing is basically an arm. They share analogous bone structures. This is comparative anatomy before comparative anatomy was invented, but it's actually integral to this microcosm and macrocosm concept. Like a human, a bird is a microcosm. Therefore, we have an affinity with all animals in terms of our structures. And as an architect uses geometry from nature to construct buildings, Leonardo uses anatomical structures of nature to build a flying machine. He looked particularly to bats for wing structure.

This interest in the operation of the hand is what Rembrandt's *The Anatomy Lesson of Doctor Tulp* (a copy of which is in the exhibition), is about. Doctor Tulp, to the apparent amazement of his fellow anatomists, shows this wondrous mechanism, the delicately opposed finger and thumb and the interpenetration of the tendons. And he holds up the muscles that operate this, demonstrating exactly the mechanism that interested Leonardo. Interestingly, Tulp was one of the first to write about apes and he's basically saying this aspect of the human hand is what separates us from the apes.

Leonardo goes on to translate these into mechanical terms. He looks at the shoulder and gradually turns it into a kind of linear machine. He talks about the engineering of the upper spine in terms of the mast of a ship, suggesting that we can draw these analogies all the time. He looks at the angles—the head, the vertical column, the muscles—at which the spine is supported, and explains that if you had ropes, as on the mast of a ship, it would be very strong if the bases of the support were to be widely separated. And the head is supported by the muscles in a way that achieves this within the limits of what is anatomically possible.

He looks at centers of gravity in the human body. He explains that when we step upwards, we throw the weight of the head forward to help us on the way up, and a hand on the knee helps. This is similar to his depiction of the shoulders at sequential motion. His drawings labeled *de pictura* (on painting) act as a kind of cinematographic expression of human motion.

One illustration in the Codex Huygens looks at the human body as a dynamic system in a totally abstract way, almost as orbiting levers. For the Victorian and Albert Museum exhibition, we put these images—the stepping man, the man hammering—together into an animation, done by Steve Maher. These are all taken from Leonardo drawings directly. Leonardo could see all these intermediate positions so perfectly that he'd basically animated it for us; it is just extraordinary.

Studies of the Heart (1513/1514)

The final incident I will introduce is the great late series of heart studies. They are based on an ox heart but the findings are transferable to a human heart. Leonardo is particularly interested in the valves that have three little cusps of membrane. These valves don't open and close by muscles, but are passive. But to explain how they function, he looks in more detail. The cusps closed; cusps open. Cusps from below closed; cusps from below open. It uses the principles he looked at in his abstract geometry, which showed how to transform one geometrical shape into another and how a round shape turns into a shape with straight sides. These are very famous illustrations published in his lifetime in the book of mathematician Luca Pacioli, called *On Divine Proportion*. Other drawings show Leonardo's endless experiments of geometrical patterns.

Now, to explain how this geometry works. He considers that the vortices, the turbulence in the heart, the circulation of the blood must be operating the valve. He comes up with an ingenious envisaging of the mechanism, since he can't see inside the valve, that there must be swirling vortices. As the blood passes from the heart into the neck of the aorta, which gets narrower, the blood spirals back, closing the valve so that more blood can be drawn into the heart before the next pump. By applying his knowledge of how water moves he is able to form a theoretical explanation and draw a model.

As a military engineer, as a civil engineer, he worked with rivers. In formulating his scheme for a great canal in Florence, he was able to explain in detail, to the Florentine authorities, why the bank was breaking. A vortex came down, spun around, and then spun back further and created damage. Leonardo takes this knowledge and understanding and puts it into the heart.

The knowledge of water in movement, and the knowledge of canals, the knowledge of rivers is what he takes back into the heart valve. These are universal motions. In one drawing he explains that the movement of water is like the movement of hair. The current has a straight impetus, and the current tends to revolve. You therefore get a spiral or a helix. With hair you've got the weight of the hair and you have the propensity of hair to curl, so you have a helix. So he explains in some detail why these vortices in water look like hair. He has a sense of the unity of things. And, yet, in modern thought, modern knowledge, we spend too much of our time sectioning and separating things.

Leonardo always wanted things to be joined up. As a human engineer, he uses natural engineering in inventing a wig for Leda in his lost painting of *Leda and the Swan*. You can see free hair spouting out. These are his "mechanical" variations in the wig upon the innate motions of human hair. And looking at the Star of Bethlehem plant, he sees a spiral phyllotaxis, the spiral generation of the leaves, which he exaggerates. And all this knowledge comes back into the heart.

While working on the exhibition at the Victoria and Albert Museum, two very remarkable things happened. A professor of aeronautical and biological engineering in CalTech in California, Mory Gharib, contacted me because he wanted to build the Leonardo valve as a model. Indeed, Leonardo himself had intended to do this. In an amazing complex drawing of turbulence, he has water pouring from a rectangular aperture, pressing air down, with four different spirals, each with a different name. Leonardo also says to make a model of the valve in glass and add the membranes, which is a fantastically bright idea. No-one had previously tried to prove anatomical actions by physical modeling.

Professor Gharib, who is from Lebanon, and I talked about how to build this model and we published a paper on it. Looking inside the model, you see the three flaps of the valve. As I said, they're cup-shaped and floppy, as there is no muscle in them. And we used modern imaging techniques to see how the fluid moved, curling back in this way, and that way. And this drawing shows Leonardo's thinking about it. He didn't have the ability actually to see that in an actual heart, but he transferred knowledge from the science of water into the heart. It's uncanny. I am less interested in whether he's right than his mode of thinking. The mode of his thinking, this lateral transfer of knowledge, is extraordinarily powerful.

Around the same time, I was contacted by a surgeon, Francis Wells who works at Papworth near Cambridge, a hospital that is one of the world's leading centers for heart surgery. And Francis Wells is a major surgeon of heart valves. He became interested in Leonardo's heart designs and said he would like to explore them further. Wells found that once you started analyzing the valve in terms of the motion of fluids, you understood it better. He has now collaborated with Mory Gharib and they've published two papers on both the surgery of the heart valve and the dynamics of blood.

With Leonardo you never know where you are going to taken. His vision is remarkable. It sees the totality of the body as a dynamic system in the totality of the world as a whole.

Martin Kemp (Art Historian, Emeritus Professor of the History of Art, University of Oxford)

基調講演2「レオナルド・ダ・ヴィンチから見る解剖学の発展」

養老孟司

本日の発表は、以前サイエンス映像学会でさせていただいたものです。はじめに、私の同僚が書いたレオナルド・ダ・ヴィンチに関する著書についてお話ししたいと思います。昨年出版されたこの著書¹では、実はモナ・リザは微笑んでいないという考えが示されています。《モナ・リザ》を部分的に見ていきますと、実はそれが2つの絵の合成であることが分かります。視点を組み合わせるとということに関して、同様のコンセプトがピカソやキュビズムにも見られ、1つの絵の中に様々な視点が含まれることがあります。興味深いことに、ちょうどピカソがキュビズムを開拓していた頃に《モナ・リザ》が盗まれていて、ピカソが盗んだというわけではないのですけれども、非常に面白い本ですので、ぜひお読みになっていただきたいと思います。ともかく、要は1つの絵の中に複数の視点を入れるということを最初に行なった人物がレオナルド・ダ・ヴィンチなのです。

それでは、解剖学者の観点からレオナルド・ダ・ヴィンチについてお話ししたいと思います。近代解剖学はレオナルドが行なった解剖とは異なる視点を持っています。レオナルドの解剖図は消えてしまい、学界には隠されたまま、19世紀になってウィンザー城のトラंकの中から発見されました。しかし解剖学者としては、近代解剖学の始まりはアンドレアス・ヴェサリウスの『人体の構造について(フアブリカ)』にあると言わざるを得ません。ここでその話を掘り下げる前に、感覚の世界と概念の世界についてお話ししたいと思います。

感覚世界と概念世界

芸術においても科学においても、我々は世界を感覚でとらえています。我々は感覚で捉えたものを、他の人に伝えるため、様々な方法で概念化したり情報化したりします。その最も普遍的な方法が近代科学で、情報や出来事などを伝えるために言葉にしていく方法です。もう一つの方法は、レオナルドがしたように図解や絵で示すことです。現代では写真を撮って情報を伝えることもできますし、テレビで映像を流して出来事を伝えることもできます。情報を概念化する方法がたくさんあることは明らかです。

近代の解剖学のルーツについてお話するために、最初にヴィトロの解剖図を1つ見てみたいと思いますが、この図の中にとまっているハエに特に注目してください。拡大して見てみると、銅版画ですから当たり前ですが、この絵には輪郭線がありません。輪郭線はむしろ見る人の頭の中で作られます。点や線が輪郭線の知覚を作り出すのですが、人の頭の中にあるイメージが映し出されて輪郭線が見えるのです。

光と影

こちらの手の甲と上腕の解剖図には影が描いてあります。画家はたいいてい自然の光のもとで絵を描いていますから、たびたび休憩をとったり、たとえば昼食を食べに出かけたりしている間に、時の経過とともに影の位置は当然ずれてしまいます。影が描き込まれているということは、特定の場所と時間を後から示そうとする試み、そして頭の中の写真を描き出そうという意図を暗に示しています。そしてまた写真にも輪郭線はありません。当時写真の技術はありませんでしたから、この図は写真的な概念を用いて、言わばある瞬間のスナップショットを見せているのです。先ほどの例におけるハエも、同様の時間的な視点の扱いを示唆しています。

次に、より概念的なアプローチの例としてまず、アラブの解剖図があります。頭が逆になっているように見えますが、これは骨格が後ろから描かれたからです。遠近法がない時代には、人々はこのように描きました。画家の立っている点に視点が固定されているのではなく、自由に動きまわる視点で、あらゆる角度から見られ、描かれているのです。

ヨーロッパの人々は遠近法を用いました。例えば、ヴェサリウスの3枚からなる骸骨の絵で、ハムレットというあだ名のものがあります。なぜ近代解剖学の始まりといわれるこの本に、このように生きている、あるいはあたかも生きているように見える骨を描いたのか、と問わなければなりません。ヴェサリウスはこれまでになされなかったこととして、一個一個の骨を描きました。それまでに、人の骨は骨格の一部として、あるいは複数の骨や関節を組み合わせたものとして描かれることはあっても、骨が一つひとつ描かれるということはありませんでした。レオナルド・ダ・ヴィンチが芸術家として関心を持ったのは感情を伝える運動と、それを支える人体の構造でした。それゆえレオナルドは仕組みを理解するために、骨を骨格の部分として描きました。最初の一つひとつの骨を描いたのはレオナルドの後に出てきたヴェサリウスです。そのため近代解剖学の出発点であると私は考えます。

1 『「モナリザ」の微笑み』布施英利著、PHP研究所、2009年

骸骨の誕生

このような出発点は骨の名付け方の変遷においても明らかです。ヴェサリウス以前には人体の全身骨格は、ラテン語で「Ossa corporis humani」、つまり文字通り「人の体の骨」と名付けられていました。ところがヴェサリウスは初めて「skeleton(骸骨)」という言葉を用います。これは元々ギリシャ語の言葉で、より正確に言うと、干からびたミイラを意味する形容詞でした。最初はあだ名として生じ、ヴェサリウスが持っていた標本のあだ名だったものから、一般的な骸骨の概念として、普通名詞に変わってしまいました。

「skeleton」という言葉は文字をある順序で並べることで意味を生じます。文字を正しい順序で並べないと意味を成しません。何を言いたいかという、世界はいわゆる有限要素理論で成り立っているということです。我々は言葉を作り、言葉で概念を作っていきます。言葉で記述できないものは存在しません。本質的には、言葉で記述される世界は、実は26の文字でできているのです。そう考えますと、世界というのは有限の数の要素の組合せでできているということになります。ある有限の要素の正しい組合せによって世界を説明することができるということは、科学の根本的な原理で、これを要素還元論と呼んでおります。

余談ですが、漢字は英語のアルファベットとは異なります。例えば、犬には「犬」というそれだけに当てられた漢字があります。極東の日本では、世界は漢字で理解されていて、漢字が真の字となりました。日本のアルファベットに相当する仮名は、漢字を表す真名に対応している名前です。

解剖学の話に戻りますと、ヴェサリウスから近代解剖学が始まったと我々は認識していますが、どうしてそれが近代解剖学の始まりを示すのかという議論はほとんどなされていないと思います。私の考えでは、解剖学とは何か、ということに対するヴェサリウスのアプローチの仕方に要素還元論の始まりを見ることができます。説明をしますと、現在の医学では、私どもの人体は細胞からできていて、その細胞は分子からできており、その分子は原子からできている、というような考え方を正当のものとしてとります。それが正当であるかないかは、私は知りませんが、19世紀以降、それが一つのしっかりしたある種の概念的な世界を作り上げており、現在の医学もそれを基礎にしているというわけです。その始まりが、ヴェサリウスにあります。ヴェサリウスは文字でそれを書いたというわけではありませんが、絵の中にそのような考え方が見られるということです。

他方、レオナルドは芸術の世界にいて、解剖学そのものへの影響は限られていました。私は感覚と概念について最初に少し申し上げましたが、現代社会では感覚システムが非常に衰えてきています。お気づきかと思いますが、日常生活の中で、働いたり住んだりしている建物の外で、太陽がどこの位置にあるかわかりませんし、風が吹いているかどうかもわかりません。例えば、このような部屋では環境的な要素が完全にコントロールされていて、これが当たり前だと思われています。現代人は感覚要素を奪われてきています。外を歩いていると、見えるもの触れるもののほとんどがコンクリートですが、私はコンクリートというものは人間の接触を拒否していると思います。これが文明化あるいは近代化された生活様式だと言われるかもしれませんが、人間の頭の中ではこのようなものと要素還元論的な世界とは明らかに親近性があるのです。そのような世界で人間が暮らしていると何が起るか、我々は大規模な実験をしているようなものです。

対象ではなく方法の学問

我々は感覚で世界を捉えていると言いましたが、それをどういう形で概念化するかというところで、芸術と科学が分かれていきます。概念化は相対的なもので、人によって異なり、個人によってその方法は自由に決められます。どの概念を取り上げて、どのように人に伝えるか。そこに創造性があります。

これまでお話してきたところの学問を解剖学と言いますが、解剖学というのは対象によって付けられた名前ではなく、例えば経済を対象にして勉強するのが経済学ですが、解剖学では解剖を対象にしても、これは哲学になってしまいます。解剖学とはまさに方法で、世界というものを我々がどのように見ていくかという方法を教えるものです。レオナルドはまさに方法の人で、対象の人ではありませんでした。対象を選んでそれだけに注目して学問をしますと、学問は死んでいきます。法律を勉強することだけに集中して何がわかるのでしょうか。それが生きた理論として存在するという事です。

レオナルドは感覚の世界から始めて、感覚で受け取ったものをどのように概念化していくかということを様々な方法で試みました。それをある特定の方向に動かしたのがヴェサリウスで、それが近代医学と直接に結びついています。レオナルドは芸術の方へ進みました。芸術も科学も生きるとは何かということを見つめるための方法であるということでは同じで、そのことはレオナルドからよく教えてもらうことができます。

KEYNOTE SPEECH 2 “EVOLUTION OF THE ANATOMICAL STUDY — IN REFERENCES TO LEONARDO’S ANATOMICAL DRAWINGS”

Yoro Takeshi

The presentation I have for you today is the same that I gave before my science society. I'd like to begin by drawing your attention to a recent book that my colleague wrote on Leonardo da Vinci, published last year, which suggests that *Mona Lisa* isn't actually smiling. When you take a closer look at *Mona Lisa*, you can see that it's actually a combination of two drawings. The same kind of concept—related to the combining of perspective—is visible with Picasso and Cubism. One drawing can contain many different perspectives. Interestingly, at about the same time that Picasso pioneered with Cubism, *Mona Lisa* was stolen. In no way am I suggesting that Picasso is the culprit, but the book is fascinating and I highly recommend it. It brings me to my point, however, which is that the first person to include many perspectives in one painting is Leonardo da Vinci.

And I would like to discuss Leonardo da Vinci from the perspective of an anatomist. Modern science clearly has different views of anatomy than Leonardo did in his day. His anatomy drawings disappeared and in the 19th century we discovered them in a trunk, hidden away from society, in Windsor. But as an anatomist, I have to say that the origins of modern human anatomy began with Andreas Vesalius and his anatomical atlas entitled *De Humani Corporis Fabrica*. But before I delve into that topic, I would like to discuss the world of concept and of senses.

Sensory Perception and Conceptualization

Be it in art or science, we capture the world through our senses. We can translate what we perceive through our senses in many different ways to develop concepts and information that we can communicate to others. The most universal way to do this is through science, and the way we use words to convey information, events and so forth. Another way is that which Leonardo often chose: illustrations and drawing. In the modern age, you can take a photo to convey information or broadcast images on television to tell what has happened. Clearly, there are many ways to conceptualize information.

I would like to discuss the roots of modern anatomy. First, I'd like to do this by looking at one of Vittoro's anatomical drawings, and ask you to pay special attention to a fly perched within this illustration. Upon closer view, we see that the illustration has no contour lines to it, naturally it wouldn't as a copper print, and the contour lines are instead created in the mind of the viewer. Dots and lines create the perception of contour lines, but seeing contour reflects the image that exists within one's own mind.

Light and Shadow

In a drawing of a hand and forearm, we see there is shadow. As artists often did their work using natural light, the change in position of the shadow is natural with the passage of time, as the artist would often take breaks, or, say, leave the room to take his lunch. The evidence of shadow suggests an attempt to show a specific place and time, done in sequence, and the intent to illustrate photographic concepts. And in photos, again, there are no contour lines. Since photography wasn't available, this illustration utilizes photographic concepts—revealing a snapshot in time, as it were. The fly in the previous example suggests a similar treatment of temporal perspective.

Moving on, we have a more conceptual approach, the first example being an Arabian anatomy chart. It may appear that the head is reversed. That is because the bone structure was drawn from behind. Without the theory of perspective, this is how people drew. Rather than have a fixed location in perspective, of where the artist stands, the perspective is free to be drawn, and seen, from any angle.

Europeans applied perspective techniques. For example, the skeleton illustrations by Vesalius in three variations, called Hamlet. Why is it a drawing of living bones, or a drawing of bones suggesting that they are alive? With this book as the start of modern anatomy, these are the questions that we must ask. Vesalius took the unprecedented step of drawing bones one by one. Previously, human bones had been drawn as part of the skeleton or as a combination of bones or joints, but not singly. As an artist, Leonardo da Vinci was interested in emotions conveyed and what lie behind those gestures, the mechanism of the body. And so he drew bones as component parts to understand the mechanism. Vesalius, who came after Leonardo, was the first to draw bones one by one, which is why I think this is the starting point of modern anatomical science.

The Birth of the Skeleton

This starting point is also evident in the way that the naming of bones transformed. Before Vesalius's time, the name of the complete human bone structure was written in Latin as *Ossa corporis humani*, meaning literally “human body bones.” But Vesalius introduced the

word, “skeleton.” It began as a word in Greek—more specifically, as an adjective—meaning a desiccated mummy. The word “skeleton” came about as almost a nickname, as it was the name of Vesalius’s specimen, which transformed the concept of skeleton into a pronoun.

The word “skeleton” derives meaning from the order of its letters. There is no meaning without that ordering of letters. What I mean by this is that the world is being constructed by the so-called finite element theory. We create words, and with words we create concepts. If it isn’t describable then it doesn’t exist. In essence, the world described by words is actually being constructed with 26 letters. As a result, the world is a combination of finite elements. It might seem a far cry from common sense, but, in a way, there are parallels between this idea and the idea that atoms create everything that exists in the world and that the number of atoms is also limited. The ability to combine finite elements in the right sequence to explain the world around us is the founding concept of science: elemental reductionism.

As an aside, Chinese characters are different from the English alphabet. A dog, for instance, has its own, exclusive Chinese character. In Japan, the world was understood by Chinese characters, which became a kind of truth, and the Japanese alphabet—the *kana* syllabaries—corresponds to name that truth.

Returning to the subject of anatomy, however, we can see that Vesalius started modern anatomy. Why his work marks the beginning is something I don’t think is often discussed. My thinking is that his approach to what is anatomy was the beginning of (elemental) reductionism. Let me explain. In modern medicine, we believe that our bodies are made of cells, cells are made of molecules, molecules made of atoms, and so forth. I don’t know if this is correct, but it is a conceptual structure that has held strong since the 19th century and our current medical sciences are built upon that concept. This all started with Vesalius. He didn’t write about this, but he drew it in his illustrations.

On the other hand, Leonardo lived in the world of art and his influence on science was limited. I spoke earlier on sensation and conceptualization. In the modern world, the sensory system is weakening. As you may have noticed, that in our daily lives we don’t know where the sun is; whether it’s windy outside the building in which we work or live. In this room, for instance, all the environmental factors are controlled for us and we take it for granted. We deprive ourselves of sensory elements. And if we walk outside, we see and feel concrete—concrete, which I think, rejects human touch. This might be called modern or civil modes of living, but this goes well with the concept of reductionism in people’s minds. We are conducting an enormous experiment to see what happens to humans living in this world.

The Study of Processes, Not Objects

As I said, we take in the world through our senses. But how what we take in is conceptualized creates the divide between art and science. That conceptualization is relative, changing from person to person, and is an open process that depends on the individual. Which concept do you start from and how do you communicate that to others? This is where creativity comes into play.

We call the science that I have described to you anatomy, but rather than have it be a field of study named for the focus study—as, say, economics is called such as it is the study of economics—anatomy is less about anatomy than it is about philosophy. Anatomy is all about methodology, seeing the world and teaching people how to see it. Leonardo was all about methodology, but not objects. If you choose an object of study and only focus on that, the study dies. If you focus on studying the law—what you can understand, how—it lives as theory.

Leonardo started from the sensory world, and conceptualized his sensory input in many different ways. Vesalius went in one direction, a direct line toward modern medicine. Leonardo went toward art. But both art and science are ways to look into life and its meaning—certainly this can be learned from Leonardo.

Yoro Takeshi (Anatomist, Professor Emeritus of the University of Tokyo, President of Science Visualization Society of Japan)

プレゼンテーション1

松井冬子

最初に本展覧会に展示されている《無傷の標本》という私の作品についてお話したいと思います。この少女の顔に見える裂け目、そして性器にある裂け目には、地球上の生命の1億年分の歴史が刻まれています。これらは傷ではありません。むしろ、私は無傷の人体の標本のようなものを描きたかった。それがこの作品の趣旨です。しかしこれらの裂け目は時間と連続を表しているという点で意味の深いものです。胎児は、私たちが経験してきた1億年分の進化の過程、つまり魚類から始まり、両生類、爬虫類を経て、最終的に哺乳類の形をとるといった変態の過程を自らの身体で示します。

人間の身体には想像を絶するほどの歳月が塗り込められており、その内には生き物の記憶が眠っています。我々が抑圧や痛みや複数性、記憶、高揚、怒りを感じる時、このような感覚の全てが身体に刻印され、次の世代に引き継がれます。これは、このプロセスを誰が支配しているのか、という問いも提起しています。この作品の左上に見える肌色のかたまりは、母体から胎児へ伝えられた髪と歯を示しています。これは物理的な形を得た生命の記憶の断片です。

私が人間の身体に興味を持っているのは、精神の解剖図をご覧いただきたいからです。心や行動から解剖することはまた、人間の真実に近づく方法でもあると思っています。

《浄相の持続》は2004年の作品で、男性に対するコンプレックスあるいは憎悪を持つ女性を表しています。彼女は自ら腹を切り裂いて、赤子のいる子宮を見せびらかしています。あからさまに優雅とも言えるしぐさで子宮をこちらに向ける様子は、攻撃的な態度とも取れますが、この破壊的衝動は自己防衛という本能的な欲求から発現したもので、暴力的な自己防衛を示しています。彼女の周りに咲く花々は、彼女に同調するように切断され、生殖能力を見せびらかしています。卵を作り、分身を作ることのできる子宮を持つということは強い特権であり、同様の能力を持つものに共感を与え、同調を引き起こすことができるのです。

《この疾患を治癒させるために破壊する》も2004年の作品で、こちらは東京の千鳥ヶ淵から着想を得ました。そこで桜が水に映る様子を眺めていたとき、私は凝視する核を失い、視覚の持続力を奪われ、渦に巻かれるように落ちそうになりました。同じように、反復は二人組精神病あるいは感応精神病を想起させます。感応精神病では、正常者が精神病者に感応されて妄想を共有する症状を示します。このような症状は家族間、恋人同士、カルト宗教や集団ヒステリーの場合に時折見られます。

次に進みますと、《思考螺旋》では何度も繰り返される強迫観念的なものが表わされています。複雑な人間関係のストレスや経験によって、鬱屈した情念が積み積もり、人は完全に精神的に追い詰められます。これは髪の長い女が天井を這いずり回っているようなイメージで、家にこもっている主婦、あるいは檻の中で行き来する動物と似ています。この種のループする反復は、1つの思考を繰り返すという点で、思索行為とは別のものです。そして、この思考を克服し、抑制するためにこのような反復が引き起こされ、時には人体の意識的な行動の範囲を超えた、ある種の憑依のような不安対処の行動が見られます。

《完全な幸福をもたらす普遍的万能薬》は、私がウェディングドレスというものを見るときに感じる薄気味悪さを表しているのですが、このイメージにぴったりの女性を描きました。ドレスが幸福を表す一方で、彼女は彼への思いが強すぎるあまり、頭髮が抜け落ちています。美しい髪飾りのようなものは、実は彼女の脳なのですが、まるで彼からの贈り物のようにも見えます。これはクレランボウ症候群または情熱精神病を表しています。この病気になる、ある特定の相手が自分と恋愛関係にあるという妄想を持ちます。現代社会では、拒絶や否定、抑圧の反復によって、個人の自己存立とアイデンティティが危機にさらされています。このことが人間をナルシズムに生きるように誘導している、というのが私の考えです。

しかし、悪いことばかりではありません。ナルシズムという用語には一般的に、耽溺や自己陶醉につながる「自己愛」の意味を連想させる否定的なニュアンスがこめられます。しかし、自己愛という概念は個人を抑圧から解放することを可能にするものでもあり、意識的に自らを好む行動は、自信やより大きな自己認識を与える力を持ちます。私はそれが健康的な態度であり、自己アイデンティティの柱であると考えていて、最近よく画題に取り上げています。その一例が《終極にある異体の散在》という作品です。《腑分図 第七頸椎》では、作者自身の身体の壊れた部分を見せていますが、そこには生命を維持するための金属が埋め込まれています。自分の身体に異質な部品を組み込んででも生き延びようとするところにナルシズムを感じます。

最後に、人体そのものをいくら細かく解剖できるとしても、人は精神や魂に深い敬意を持っているということを認めざるを得ません。今後も精神と身体につながりに着目して制作を続けていきたいと思っております。

まつい・ふゆこ(アーティスト)

PRESENTATION 1

Matsui Fuyuko

I would first like to talk about my *Virgin Specimen* painting that is in the exhibition. You can see that there is a scar on her face, and another scar to represent her vagina, which signifies the history of all living things on earth over one hundred million years. These are not injuries. In fact, my intent was to paint a flawless human form, as that is the point of this painting. But the scars are significant in that they represent the marks of time and continuity. A fetus physically transforms through the stages of evolution that we have experienced over the same one hundred million years, beginning as a fish-like form, then becoming an amphibious sort of creature, and into a reptile to finally take the mammalian form.

The human body is the product of an unimaginably long history, a memory that lies dormant within the body. When we feel oppression, injury or pain, multiplicity, memory, arousal, anger, all of these sensations will be contained in the body to be passed on to the next generation. This raises the question of who is in control through this process. You can see that in the painting there is a flesh-colored lump and that signifies the passing of hair and teeth from the mother's body to the baby. This, in its physical form, is a fragment of the life memory.

I'm interested in the human body because I want to show psychological anatomy—anatomy from the emotional and behavioral aspects. I think that this brings us closer to the truth of what it is to be human.

My painting *Keeping up the Pureness*, from 2004, shows a woman with a complex or hatred against men. She cut open her stomach to reveal her uterus and the baby within. It may be perceived as an aggressive attitude—the way that she holds her womb almost with a palpable elegance. But this destructive impulse originates from her innate desire to defend herself. The violence of self-defense. The flowers surrounding her are in synchronicity, cut and also showing their reproductive capacity. Possession of a womb, with the ability to produce eggs and deliver one's progeny, is kind of privilege that allows one to feel sympathy, synchronicity, to others who can do the same.

Another painting, *Destruction Needed to Cure this Disease* from 2004, was inspired by Chidorigafuchi in Tokyo (note: one of the areas near the moat of the Imperial Palace), where one can see the reflection of cherry blossoms on the water. When I was there, I lost my focus and continuity of vision and nearly fell into the water. Similarly, repetition could be associated with double insanity or induced psychosis, when a person who is psychologically healthy becomes “infected” with insanity, or delusions, through others. Such is the case sometimes between family members, lovers, cults or situations of mass hysteria.

Moving on, the *Spiral of Thought* represents something obsessive that is repetitive in its nature. The stress of complicated human relations and experiences can generate negative emotions and literally drive people to the psychological edge. This image is like that of a long-haired woman crawling on the ceiling, like a shut-in housewife or an animal pacing behind the bars of a cage. This kind of looping repetition is different from thinking, in that this revolves around one thought. And how one is able to overcome and repress this thought is what causes this repetition, sometimes transcending the intentional movements of the human body in a kind of addictive reflex to deal with the anxiety.

Eternal Almighty Medicine for the Perfect Happiness reflects the eeriness with which I see wedding dresses, and I've drawn a woman who perfectly fits this image. While the dress represents happiness, the woman's feelings for the man are so strong that she is losing hair. The beautiful hair ornament is actually her brain matter, almost offered as if a gift to her husband. This is to represent Clérambault's syndrome, or erotomania, a condition in which one has the delusion of a special relationship toward a counterpart. In modern society, rejection, denial, and repeated suppression of emotions endanger one's existence and identity. My thinking is that this leads people to live in a world of narcissism.

But that is not all bad. Narcissism often has negative connotations associated with its meaning of “self love” that often leads to indulgence and debauchery. But the concept of self-love can also allow one to liberalize oneself from oppression and, as an intentional act of liking oneself, it has the power to impart confidence and greater self-awareness. I view it as a healthy act and a pillar of self-identity and have recently used this theme more in my work, such as in *Scattered Deformities in the End*. In *Anatomy Chart*, I show the subject's deformed body, with a metal implant that sustains life. There is narcissism in wanting to live even with foreign parts added to the body.

In conclusion, while we can dissect the body into so many parts, it is undeniable that we have a deep respect for the mind and the soul. This is what I would like to continue to focus on in my future work.

Matsui Fuyuko (Artist)

プレゼンテーション2

西川伸一

最初に、「個体発生は系統発生を繰り返す」というヘッケルによって初めて提唱された概念と同様のテーマを持つご自身の絵画作品を見せてくださった松井さんにお礼を申し上げます。理化学研究所の発生・再生科学総合研究センターは、このような複雑な個体が単純な受精卵からどのように発生するのかを理解することを主要な目的としています。人体の数多くある組織の中でも、私のグループは幹細胞のシステムに関心を持っています。幹細胞システムは組織の新陳代謝に共通するメカニズムです。人体の中で、皮膚、髪、血液や内臓といった多くの組織の細胞は、壊れては新しいものに置き換えられるということを繰り返しています。幹細胞は壊れた細胞を置き換える源となります。高等生物の生命は幹細胞システムなくしては成り立ちません。

幹細胞は医学に応用される可能性があるため、一般の方々の関心を引きつけています。実際に、幹細胞は骨髄移植や重度のやけどの際の皮膚移植といった治療に使われています。もし試験管の中で幹細胞を作る方法を開発することができれば、皮膚や歯やあるいは心臓などの古い組織を再生することが可能になります。このような再生の概念が松井さんの絵画にも描かれています。

私たち一人ひとりの幹細胞を作ることは、京都大学の山中伸弥氏によるiPS細胞(人工多能性幹細胞)の発見によって現実味を帯びてきています。基本的に、皆さんは体の中のどんな種類の細胞にでもなりうる多能性幹細胞をそれぞれ作ることができます。このことは治療に革命をもたらすでしょう。確かにこの研究に関しては様々な期待がありますが、このような可能性は明らかに私たちの文化に対する挑戦であり、それゆえ一般の議論を要する問題です。この種の議論は、生殖補助医療や試験管ベビーに関しても生じましたが、医療が向かう方法に賛成する方と反対する方との間で話し合いを持ち続けることが重要です。そのためにも私はこのディスカッションに参加しています。

医学の発達そのものは、物理や化学だけでなく芸術、哲学、そして宗教といった他の分野と関連しています。逆に、医学が目指すところと共通するテーマをこのような分野において探することで、私たちの研究が社会の中でどのように位置づけられているのかを理解することができます。

本日のパネルディスカッションには大変期待をしています。正直に言うと、レオナルド・ダ・ヴィンチの絵はよく見るのですが、苦手の画家でもあります。というのも、画家が生きていた時代の雰囲気といったような絵の背景が理解しにくいと感じるためです。その理由を考えていて、ひょっとしたら何か精神的な異常があったのではないかという考えにとらわれました。このような意味で、ケンブ氏とお話することで疑問が解消されるのではないかと思います。

にしかわ・しんいち(幹細胞研究者、理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター 副センター長)

PRESENTATION 2

Nishikawa Shin-ichi

Let me first thank Ms. Matsui for showing her painting that addresses a similar concept first proposed by Heckel, “Ontogeny recapitulates phylogeny.” The major aim of our institute, RIKEN Center for Developmental Biology is to understand how these complex organisms are generated from simple fertilized egg. Among many tissues in our body, my group is interested in stem cell system. Stem cell system is a common mechanism for renewing our tissues. In our body, cells of many tissues, such as skin, hair, blood and gut, are constantly lost and replaced by new cells. Stem cell plays a role as the source of cells to fill the loss. In higher organisms, there is no life without stem cell system.

The reason why stem cells are attracting public interests is its potential for applied medicine. Indeed, stem cells have been used in therapy such as in the case of bone marrow transplants and skin grafts for severe burns. If we are able to develop methods to prepare stem cells in the test tube, it would be possible to regenerate our old tissues such as skin, teeth and even hearts. This concept of regeneration is also depicted in Ms. Matsui’s painting.

Making our own stem cells is getting a grip on reality by a remarkable discovery of iPS (induced pluripotent stem cells) by Dr. Yamanaka Shinya of Kyoto University. Basically, you are able to make your own pluripotent stem cells that can give rise to any types of body cells, which will bring a revolution in therapy. Surely there are many expectations around this research. However, this potential is definitely a challenge to our culture and thus the issue requiring public discussion. This kind of discussion also came up with reproductive technology and test-tube babies and it’s important to keep a running dialogue between people who agree with the direction medical technology is going and those who disagree. This is another reason for my attending this workshop.

As such, the advancement of medicine is the relevance of other fields not only as physics and chemistry but also art, philosophy and religion. Conversely, finding analogous theme that medicine is aiming at in such fields helps me a lot to understand the position of our research in our society.

I look forward to the panel discussion. One thing to confess is that, while I’m quite familiar with Leonardo da Vinci, he’s not my favorite artist. This is because I always feel difficulty in comprehending background of his painting, such as atmosphere of the time he lived. Looking for this reason, I was obsessed by an idea that he may have suffered a kind of psychosis. In this sense, talking with Dr. Kemp would clear up this obsession.

Nishikawa Shin-ichi (Stem Cell Biologist, Deputy Director of RIKEN Center for Developmental Biology)

パネルディスカッション

マーティン・ケンブ／養老孟司／西川伸一／松井冬子 モデレーター：南條史生

南條 パネリストの方々からケンブさんに質問をしていただきたいと思いますが、いかがでしょうか。

西川 レオナルドはどのくらい医学的な面から見て正常であったと言えますか。

ケンブ 私たちはそれぞれに特別な能力を持っていますが、レオナルドの能力は特に並外れたものでした。彼は精神異常ではなく、物事がどのように関連しているのかを見抜く特異な能力を持っていたのです。私たちは物事を区分して見ようとしますが、レオナルドは、例えば水という1つの現象を見つめ、そこに髪の毛や植物の成長、織物のひだの動きをも見て取りました。もし病的な要素があったとするならば、このような見方をせずにはいられなかったということでしょう。

私たちはたいてい自分の学問分野で研究し、その分野を追究します。レオナルドは常に自分の向き合っている問題とは別の問題を同時に見ることができました。その結果、アイデアが次々と横に広がっていきます。ご存知のように、偉大な研究は狭い分野に留まることなく、アイデアを取り入れていくことから生まれます。レオナルドは、想像力に富んだアイデアの転換の見事な例を示しています。これは、何事も単純に専門化すべきではないという優れた教訓です。専門化してきたことで、人類はかなり混乱しています。レオナルドは物事の全体像を見ることができました。これは日本や中国の伝統的な哲学に通じるものです。

西川 レオナルドは、他のルネサンスの画家たちとは非常に異なっていると思います。最近、マリアンヌ・ウルフの『ブルーストとイカ』という本を読みました。この著作は、脳の発達過程における言語とイメージの対立をテーマにしています。その中で著者は、レオナルドが1つの絵の中に複数の視点を取り入れることに長けていたことから、言語障害を持っていた可能性を提示しています。

ケンブ その可能性はありますが、実証はできません。それに大きな限界もあります。つまりそれは、フロイトがレオナルドを精神分析するようなものです。歴史的記録から読み取れることに限界があることは認めざるをえません。しかし、言語とイメージの問題に関して言うと、レオナルドは解剖においてその両方に関心を持っています。彼は初めのうちは素描だけで全てを表すことができると考えました。そして人体の複雑さを感じ取り始めると、図解と同時に言葉でも記述しなければならないと言うようになります。彼の手稿の中で、図解に対する言葉の比率は時を経るごとに大きくなりました。彼は解剖学あるいは生理学の記述においても素晴らしい言葉の使い手でした。

私の師のひとりであるエルンスト・ゴンブリッチ卿は、レオナルドは言葉の人でありイメージの人でもあると主張しました。レオナルドにとって、究極的にはイメージが感覚を記録するための最良の手段でした。というのも、視覚は聴覚よりも優れた感覚であるからです。しかし彼はそれでもなお、言語による記述の価値を認識していました。

南條 レオナルドは視覚的なコミュニケーションに非常に優れていたということですが、このことは脳科学の文脈ではどのようなことを意味しているのでしょうか。

養老 私自身の体験を例に引きますと、東京藝術大学の大学院生と外国語の本を読むことになった際に、一緒に連れて行った医学生が、美大生は英語ができないのですね、と感心するんですね。絵で表現できれば、言葉で表現する必要はないですよね。ですから、絶えず自分自身を絵で表現しているうちに、言語能力が減じるということは起こりうることです。視覚志向の人や美術に関心のある人は言語が得意ではない、ということが時としてあるのは必然のような気がします。

松井 私の場合は、先にコンセプトを考えて、後で作品を描きます。作品の後にタイトルを考えますので、言葉が嫌いというわけではないのですが、人前で話すのは苦手です。

養老 (ケンブ氏に対して)レオナルドを説明する際に、アナロジー(類推)という言葉が使われていないようですね。

ケンブ いえ、アナロジーという言葉を用います。実際、科学的推論におけるアナロジーについて話すこともあります。レオナルドにとって、アナロジーは表面的な類似を指摘するためのものではなく、論証するための手立てでした。心臓と種子を比べた場合にも、単なる類推には留まりません。現代の科学者は、両者の類似性を指摘するにとどまるかもしれませんが、レオナルドにとっては実際に、血管が心臓から発生するということを論証する手立てになります。

南條 それは興味深いですね。似ていると機能も同じということを証明することになるのでしょうか。

科学と芸術の共通点

西川 生命科学におけるビジュアル・イメージング(視覚映像化)と芸術には共通するものがあるのではないかと思います。先ほど指摘したように、芸術も生命科学も、生きているものの背景にある何かを理解するために、視覚的イメージを用います。

養老 私は江戸時代の解剖図に関心を抱いてきました。そこでは彩色が用いられています。最初に解剖を行ったのは医師の山脇東洋で、これは18世紀の半ばですが、その絵にも色がついています。日本では解剖の記録には必ず色をつけます。私の考えでは、遠近法がなかったので、ある一定の真実を伝えるために色を用いたのだと思います。例えば、臓器の色は別の死体と同じ色になるはずでしょう。色は日本では客観性を証明する手立てになりました。ある医師が臓器の色を比べるために何十体もの人体を研究しましたが、その際、彼は形ではなく、色に注目しました。おそらくその方が、新鮮さをより正確に写すことができると考えたのではないのでしょうか。

遠近法と再現表象の機能について

南條 ヨーロッパと日本の遠近法の絵画を比較して、どのように考えていらっしゃいますか。

松井 西洋のデッサンを見ていると明暗で物をとらえています。日本では輪郭だけを取ることが多いですね。なぜこのようにアプローチが異なるのかということに、奈良に行った時に気づきました。霧がかかっていてあまり太陽が入ってこないという状況では、明暗があまり強く出てこないで、明暗や白と黒で物を把握するのではなく、色を使って描いていくのではないかと考えたことがあります。

ケンブ 共通理解を図るためには、準備段階を経なければなりません。ある特定の文化における再現表象の機能を定義する必要があります。西洋においてルネサンスと中世では、再現表象の機能はかなり異なっていました。ルネサンスにおいて、再現表象は形態と空間を規則性をもって描写する機能を持つようになります。それは芸術の機能のひとつである、「目撃者」としての機能と関連しています。ある一定の視覚の法則に従って描かれることにより、聖なる人物や出来事の場面に観者が立ち合うことができます。それゆえ遠近法、陰影、投影は、そのような芸術の機能に伴って発展するものなのです。

中国や日本において、芸術は異なった機能を持っています。言葉との関わり方も異なりますし、正確に測定された空間や光を描写することとも関係がありません。再現表象の機能が何であるかを定義しない限りは、なぜ表現形式が異なるのかを問うことはできません。それは視覚的イメージの微妙な役割によって異なるのです。

西洋中世においても、やはり芸術の機能は異なっていました。写本は装飾され、宗教的な説明の機能を有する様々な絵画が制作されましたが、ルネサンスのような「目撃者」の原理には基づいていませんでした。ルネサンスになると、地球をプトレマイオスのモデルに基づく体系的な地図で説明できるようになります。人体に関しても体系的な説明が可能になり、全てのものが正確な測定に基づく視覚の原理に基づくようになります。明らかに、再現表象の機能は全く異なるものになりました。その後19世紀に、これらの多くの文化において一つにまとまるのを見ることができます。

南條 人体の中がどうなっているのかを明確にしようという強い意志があったのだと思いますが、それは医学的な目的を持っていたのでしょうか。

ケンブ 西洋医学の歴史においては、古代ギリシャ以来、人体を描くに際してきびしい規定がありました。結果として、多くの本には図解(illustration)がありません。この場合、書かれたテキストに対して、実際の人体そのものがテキストの図解ということになります。

南條 これらの図解の裏にある意図は何だったのでしょうか。好奇心を満たすだけのものではあったのか、それとも人間の病気や怪我を調べて治そうという意図があったのでしょうか。

西川 人体の機能の裏にある神の創造としてのメカニズム、つまりマイクロコスモス(小宇宙)として人体を理解するという意図があったのでしょうか。

ケンブ ミクロコスモスの概念は、図解が全くない時期にも、たくさんある時期にも普及しています。西洋の解剖学では、その概念は18世紀を通して存続しています。ヴェサリウスの偉大な著書は、自然の一部としての人体という概念に結びついています。しかし、マイクロコスモスの概念が図解を生じさせるものではありません。図解は西洋の哲学と芸術において、物事を正確な測定に基づいて表象することを望んだ際に生じました。そこでは、幾何学が知の枠組みとなります。

そのことはレオナルドによく見られます。彼は、「数学者でない者には私の原理を読ませてはならない」と言っています。こうして幾何学、特に立体幾何学は、デカルトの代数による分析に至るまで、知の枠組みであり続けます。

レオナルドは、芸術は自然を再構築するための手段であると考えました。《モナ・リザ》は、画家がモデルの女性を前にして、見たままを描いたという種の肖像画とは言えません。人物を描くために彼は、髪の毛や皮膚がどのように機能するのか、筋肉がどこにあるのかを把握し、陰影を光学的に理解する必要があると考えました。彼にとって、芸術は視覚的な知識でした。視覚的な知識を表現する至高の方法こそが、芸術による再構築だったのです。

芸術作品は自然の再現ではありません。法則に基づいて自然を再構築したもののなのです。これは非常に特異な芸術観です。

「科学」という概念について

南條 ルネサンスの時代には、科学と芸術は今日ほど明確に分化されていませんでした。そうだとすると、科学的な探究と芸術的な探究は彼にとって同じものだったのでしょうか。

ケンブ そのことを論じる際には、言葉が問題となります。今日の私たちとは言葉の使い方が異なるからです。今日では「科学」と言っても、それが何を指すのか大まかにしか認識していません。ラテン語の「*siensa*」あるいは「*scientia*」という言葉は、ルネサンスにおいては体系的な知識のことを指し、探究(pursuit)のことではありませんでした。科学者という用語もありませんでした。科学者というのは19世紀の用語です。レオナルドに向かって「あなたは科学者です」とは言えません。科学は知識の体系的な統一体です。一方、芸術は実践的な技能です。彼は古い職人の伝統において手技とみなされていたものを、「*siensa*」として、つまり体系的な知識として表現するのだと主張しています。

学際的な共同研究

南條 近代以降、私たちは世界に対して分析的なアプローチをとるようになってしまい、むしろ分断化された知の領域の専門家がたくさんできてしまいました。複雑な現実をトータルに見る視点を失ってしまったと言われているわけですがそれでも、それに対してもう一度、包括的に他の領域と連携しながら研究を進めようという話が最近よく聞かれます。今後の可能性についてどのようにお考えですか。

西川 その点について、養老先生と私では意見が異なります。素粒子論や相対性理論といった現代の物理学の概念、例えば11次元論などは、還元的な見方ではありえなかったと思います。例えばユークリッド幾何学というのは、当然私たちの空間や時間概念の延長としてあります。ところが、リーマン幾何学のような非ユークリッド幾何学は、私たちの身体とは抽象的に離れていき、科学の、特に物理のプロセスを経て、真理とは言わないですけども、皆が同意できるようなある種の客観的な統一見解に到達します。

そのプロセスが科学であるとは私は考えます。ですから、科学は単なる要素還元論ではないと思います。

ケンブ 科学における主要な転換が、学問領域を横断した際に生ずるということにしばしば驚かされます。例としてコペルニクスを取り上げてみましょう。プトレマイオスを研究していた者は皆、プトレマイオスのモデルを守ろうとし、周転円や離心円などについて研究を続けていました。コペルニクスは天文学者として修養を積みましたが、視覚芸術や建築にも非常に興味を持っていました。そして、後の複雑化したプトレマイオスのシステムは、そのシステムを守るためのものであったにもかかわらず、結果としては醜いものになってしまった、と彼は述べています。

1543年に出版された『天体の回転について』の主要な部分において、太陽を中心としたシステムを提案した際に、「神殿を建てるときに光を中心に据えない者はいまい」、とコペルニクスは述べています。彼はルネサンスの調和による美という考えを、建築の分野に持ち込んだのです。彼がこのようなことを言えたのは、彼の観測データがより優れていたからではなく、既存の天体モデルがあまりにも醜かったからです。大いなる知識の刷新は、他分野の視点を持ち込んだことで生じました。

C60の発見でノーベル賞を受賞したハリー・クロートは、若い頃はデザイナーを目指していました。彼は1967年のモントリオール万博で、バックミンスター・フラーのジオデシックドームを目にしました。その後、彼の研究チームが60個の炭素原子を組み立てなければならなかった際に、ドームが幾何学的な立体を作るのに役立つのではないかとハリーがひらめいたのでした。C60はこのような観点から、今ではバックミンスターフラーレンと呼ばれています。他分野からのアイデアがうまく機能しない場合もあります。多くの場合うまくいきません。それでもうまく機能する可能性に対して、注意を向けていなければなりません。

真理の探究における美と美的判断について

南條 判断の際に、しばしば「醜い」という言葉をお使いになられたのは興味深いですね。一般に主観的と見なされるこの言葉は、コペルニクスにおいては真理を判断するのに用いられると見なされています。真理の判断に、美学的判断を用いることは可能なのでしょうか。真理は美しいという言葉もあります。

西川 美しいものを求めることは、科学においては一般的です。形の成り立ちを研究するために、生物学では突然変異を誘導するという方法を用います。突然変異によって、醜い形態が生じることもあれば、美しい形態が生じることもあります。その中でも、研究者はたいてい美しいものを残したがります。汚いというか、醜い突然変異というのはなかなか研究されません。生命科学の重要なテーマは、形態と機能に潜在するデザインと意図であるわけですが、この問題に対して私たちは答えを持っていません。生物のデザインは進化の結果として生じたとしか言いようがないのです。

私たちの身体的な制限を越えて、なぜある種のものを美しいと思うのか、ということを考えていかなければならないと思います。

松井 生物学において「醜い」と言うと、どのような意味になるのでしょうか。

西川 それこそ、よく養老さんのお話に出てきますが、例えば突然変異をしてストライプが何本か増えると、研究者は喜んで研究するわけです。ところが、浮腫を引き起こすような突然変異はなかなか研究されません。

芸術と科学の共通点(続き)

南條 科学と芸術との共通点は何か、ということをお聞きしたかったのですが、将来の可能性としてどんなことがありうるのでしょうか。

ケンブ 科学と芸術は非常に多様ですので、この質問に答えることは不可能です。理論物理学と環境生物学とは大きく異なります。あらゆる科学について、それぞれの異なる精神習慣を問わなければならないと思います。

医者と原子物理学者とは、精神科学的な習慣が全く異なります。両者は全く異なる直観を持っており、非常に異なった考え方をします。芸術家に関しても同じことが言えます。伝統的な肖像画家と、目に見えないものを対象としたコンセプチュアル・アートの

作家とでは、全く異なることをしていると言わざるをえません。科学と芸術の共通点が何であるのかと問うことをやめて、様々な科学と様々な芸術が、様々な方法で一直線に並んでいるのだと言うしかないと思います。

もうひとつ私が興味を持っているのは、直観の共有です。科学的研究のプログラムは、「ほら、おもしろいでしょう？ これについて理解できることが必ずあるはずですよ。」と科学者が言い出すところから始まるのがしばしばです。芸術家はそれを見て「何ておもしろいんだ！」と言うでしょう。両者とも、その見た目以上のことを理解しようとします。その後、芸術家と科学者とは異なった行動をとります。原子物理学者と生物学者とではそれぞれ異なることをするでしょうし、松井さんもまた異なったことをするでしょう。それでも出発点は同一の純粋な興奮にあり、それは言葉ではないのです。

西川 科学が異なるのは、概念を皆で共有しなければならないという点においてです。真理とは何か、ということに同意するための手続きがあります。科学者の中で同意できた手続きのプロセスを、世の中の人々にどのように伝えることができるか。科学的な真理を皆さんと共有するためには、技術化が必要です。携帯電話を使うことで、誰もが物理学の真理を共有できるということです。そういうプロセスを持っていることが唯一、科学の特徴です。科学には広く同意を得る手続きとして、実験を繰り返し、論文を書き、あるいは他の人たちと意見を交わすというプロセスがあります。

松井 最終的には、真理を追究するプロセスが科学と芸術に共通するものだと考えます。例えばこのグラスを見て、この中で何が起きているのかを考える、何を追求していくか、追求していく姿勢が共通するところかなと思います。芸術の場合には、自己完結的なものですので、証明を必要としないですね。

ケンブ 重要な相違点は、論文を書いている科学者は、あらゆる読者が同じ結論を導き出すように、できるかぎり一義的であろうとすることです。芸術家は、コンセプトを持っていたとしても、それがどのように受け取られるのかをコントロールできないのです。何かを伝えようとするわけですから、自由気ままというわけではありませんが、解釈を排除しようとする科学者とは異なります。むしろ観客を招き入れようとしています。

養老 私にとっては、芸術も科学も同じものに思えます。というのも、どちらも感覚から始まり、それぞれの方法で情報として概念化されるからです。

質疑応答

Q 東洋医学の文脈で、レオナルドを論じてください。

養老 先ほど申し上げたことを言うと、日本や中国の文化は漢字に基づいています。漢字は意味を含んでいて、1つの字に対して1つの概念、1つの意味がもとから割り当てられています。それに対してアルファベットは、文字を組み合わせることで言葉が形成されますので、表象される意味は一つひとつの文字からは切り離されています。このような記号化、つまりもともと全く関係のない文字に概念を割り当てることは、私たちの身の回りの世界を「情報化」する際の基本となります。

ケンブ レオナルドの元素に対する理解と、彼が「精神の力(virtù spirituale)」と呼んだものとの間には、非常に興味深い並行関係が見られます。この非物質的な力は、生命を生み出す安定した元素体系に必要なものです。このような安定を何らかの方法で崩し、元素全体を動かし続けねばなりません。それは、「気」と呼ぼうが「精神の力」と呼ぼうが、ニュートン力学とは異なるものです。ニュートン力学では抑止する力が働かない限り、物体は動き続けます。ところが、この静的な体系には活気を与える必要があります。

レオナルドは四大元素について考える時、「生命はどのように体系化されるのだろうか」という基本的な問いを投げかけます。それは何かしらの原動力から生じるはずですよ。ここで、中国や日本の哲学にかなり近いものを持ち始めることとなります。影響からではなく、同じ出発点からです。レオナルドと雪舟の展覧会が、一方は西洋、もう一方は日本のものであるにもかかわらず、2人の自然の巨匠に共通する「精神的」な洞察を見出すことができるのは、このような理由のためでもあります。

Q 本日のディスカッションは、ほとんど視覚、つまりどのように何を見るのかということについてだったと思います。このような人体に関する進んだ視点が、私たちのお互いの関係にどのような影響を及ぼす可能性があるのか、それぞれのパネリストの方からお聞かせください。

西川 それにお答えするのは難しいですね。生命科学者は、分子が人体の機能にどのように関わっているのかを理解することを目指しています。しかし、全てをシステムとして見ることができるのか、という新たな疑問が生まれます。実際、システム生物学は現在、重要な問題となっています。

ケンプ 西洋の生物学、解剖学、そして医学は人体を機械化してきました。その大きな発展段階を特徴づけているのは、人体の小さな構成要素を機械の部品として理解することで、全てを説明することができる、という考えだと思います。将来の展望として、人体のメカニズムを完全に機械的なものとしてではなく、その複合的な体系の複雑さを扱うような方法で理解することを私は目指しています。新しい科学の複雑さは、非常に単純な構成要素が、ごくわずかなゆらぎによって、結果的に限りなく複雑なものになりうるということを示すでしょう。美術史家として、生物学の限られたシステムの中で、物事がいかに組み合わさるのかということの複雑さを、新たに理解しなければならないと感じています。現代のコンピュータの使用によって、それに対処することが可能でしょう。人間の脳ではうまく対処できないと思います。コンピュータは、複雑さと予測不能さを描き出すことができます。科学はそのような方向に向かっていくのではないかと思います。

養老 私たちは進歩についてよく話しますが、ある部分を細かく見ていくと、全体像を見失ってしまいます。細かく見ていくほど、はっきりと正確に見ているだろう、と人は考えます。このような意味での進歩にだまされないことが重要だと思います。

Q 人々は健康体には美しい体として惹かれますが、奇形や病的なものに関してはどうでしょうか。

養老 美の基準は時代によって変わります。私の考えでは、何が普通で平均的かということはどこかで教え込まれてきているもので、その判断をするために脳はエネルギーを使う必要がありません。それが美しいということだと思います。脳がエネルギーを使わなくて済む、見ているのが楽だということです。

ケンプ 歴史的にも文化的にも、そして同時代的にも極めて複雑な問題だと思います。この展示会に出品しているマーク・クインという作家の、身体障害者同士がキスをしているところを表した彫刻作品を見てみましょう。マークはこれよりも前に、生まれつき腕のないアリソン・ラッパーという女性の彫刻を制作しました。腕が取れてしまっている古代ローマの彫刻を見て美しいと思えるのはなぜでしょうか、と彼は私に言いました。腕のない人間を見ても美しいと思えないのはなぜなのでしょう、と。これは非常に興味深い問題です。

人間の脳は非常に現実的で、普通は美しいと思わないものを美しいと理解することがあると思います。科学者ではなく、芸術家の仕事の一つは、まず醜いと見なされるものを取り上げて、そこに美を見出すことです。人体の内部はとても美しいですが、ヴェサリウスやレオナルドのような腕のいい芸術家、素描家は、体内の景色を外の景色と同じくらい美しく表すことができるのです。

松井 個人の趣味や、好き嫌いの判断というのは、その個人の琴線にいかにつれていくかということだと思います。それは鏡のように機能するものです。自分に良く似たものを好きになるという傾向があると思います。

南條 人間は常に異質なものを、つまり普通とは違うものを求めています。それが現代美術を動かす原動力になっています。それはおそらく、人間の遺伝子のメカニズムに関してもあてはまるのではないのでしょうか。

PANEL DISCUSSION

Martin Kemp / Yoro Takeshi / Nishikawa Shin-ichi / Matsui Fuyuko Moderator: Nanjo Fumio

NANJO I'll give panelists the ability to ask Professor Kemp questions, if they like.

NISHIKAWA How normal can we say Leonardo was?

KEMP We all have extraordinary capacities, but Leonardo's capacities were more extraordinary than most. What he had was not a psychosis, but an extraordinary ability to see how things were related. We tend to see things in categories, but he looked at one phenomenon in the world, such as water, and he would see hair or the growth of plants or how draperies behave. If there were a pathological element, it was that he couldn't stop himself from doing that.

Most of us work well in our disciplines and push them forward. Leonardo could always see another question besides the one he was asking—with his ideas spreading laterally from one thing to the next. Great research as you know often comes from importing an idea, not from staying in a narrow channel. It is a wonderful example of the sheer imaginative transfer of ideas. There is a great message for us not simply to specialize. Specialization has got us into something of a mess as a human race. His was the ability to see the whole picture, sharing something of Japanese and Chinese traditional philosophies.

NISHIKAWA I find Leonardo very different from other painters of the Renaissance. Recently, I read a book by Maryanne Wolf entitled *Proust and the Squid* that deals with a conflict between language and visual image during development of our brain. In this book, the author suggested that Leonardo could have been dyslexic because he's good with capturing images that include many perspectives.

KEMP It is possible. But we can't bring him back for testing. And there is a great limit to that—it is like Freud psychoanalyzing Leonardo. We have to accept there is a limitation to the questions we can ask from the historical records. But when it comes to words and images, Leonardo is interested in both in anatomy. He thought that initially a drawing could do everything. And as he began to get a sense of the complexity of the human body, he said you have to illustrate and you have to describe. This ratio of words to illustration in his notes grew over time. He's a wonderful user of words, and in anatomy and in description, or physiology.

Sir Ernst Gombrich, one of my mentors insisted Leonardo was a word person and an image person. Ultimately for Leonardo, the image is the best record of the senses because sight is a greater sense than hearing, but he still knows about the worth of verbal description.

NANJO Leonardo was good at visual communication, but what does this mean in the context of brain science?

YORO I can draw on an experience I had at Tokyo university of the Arts. The graduate students and I tried to read books in a foreign language, and a medical student who accompanied me was surprised at how bad these art students were at reading in English. If you can express through images, there's no need for words. So it's possible that their skills in language were diminished by constantly expressing themselves with image. Sometimes people who are more visually oriented and who have an interest in art are not as good at language.

MATSUI In my work, I first develop a concept and then make the painting. Then I come up with the title. It's not that I dislike words, but I'm not very good at public speaking.

YORO (to Kemp) You don't use the word analogy to explain Leonardo, do you?

KEMP I do use the word and I actually have a talk on analogy in scientific reasoning. For Leonardo analogy was not simply similarity, it was proof. If you have a heart and a seed, that is not just an analogy. A modern scientist might draw similarities, but for Leonardo, he was actually saying this is a way of proving how the vessels originate from the heart.

NANJO I'm interested in analogy. But if there are similarities, does this imply that the functions are the same?

Commonality in Art and Science

NISHIKAWA I think that visual imaging in life sciences and art share something that is similar. As pointed out earlier, art and life sciences use visual image to understand something behind the life.

YORO I have been curious about anatomy illustrations from the Edo period, in which color was used. The first physician to conduct this was Yamawaki Toyo in the mid-18th century, and his drawings were not monochromatic. Anatomy documents are always in color in Japan. My thinking is that this is the result of a lack of a method for perspective drawing, and so color became the means to show, to convey, a certain truth. The color of the organs, for instance, should match that of the next body. Color became a Japanese proof of objectivity. One doctor wanted to compare the colors of the organs and researched many bodies for this. For him, color, not shape, was the focus. Perhaps he thought it to be more precise as an indication of health.

On Perspective and the Function of Representation

NANJO What can you share with us about perspective drawing in Europe and Japan?

MATSUI European drawings incorporate light and shadow, whereas painting in Japan is more about contour. I realized why we have this different approach while in Nara. I noticed that with the mist and lack of strong sunshine, the visual one gets from the surroundings is less monochromatic and less about light and shadow, light and dark, than it is about color.

KEMP We have to make a preliminary step here to put us on the same page. We have to say what the function of representation is in a particular culture. Now, the function of representation in Renaissance was very different from the Middle Ages in the West. That function became the systematic description of form and space. And that is in relation to a function of art—which is an eyewitness function—that suggests we are showing sacred events or people as they are according to certain optical rules. Therefore, perspective, shadow, cast shadows come with that function of art.

The role of art in China and in Japan has a different function. It relates to words differently. It is not about describing measured space and light. Unless we say what is the function of representation, then we can't even begin to ask the question as to why the vocabulary is different. They differ according to very subtle roles of visual images.

In the Middle Ages in the West, they are not doing that. They are illustrating manuscripts and doing various kinds of paintings that perform a certain function in religious narrative, but they're not relying upon this eyewitness principle. In the Renaissance you begin to get the description of the earth in maps systematically in the Ptolemaic manner and a systematic description of the human body—all according to a measured optical principle. Clearly, the function of representation was quite different. We then see them converging in 19th century across many of these civilizations.

NANJO There is a strong desire to show the inside of the human body—but was the intent medical?

KEMP In the history of western medicine, from Greece onwards, there was a strong prescription against illustrating the human body. As a result, many books are not illustrated. In that case, one writes the text and the body becomes the illustration.

NANJO What I want to ask is what is the purpose behind these illustrations? Was it to satisfy mere curiosity, or was it an attempt to investigate and cure an illness or treat an injury?

NISHIKAWA Was it an attempt to see the mechanism behind the functions of the body, as a divine creation? The body as a microcosm?

KEMP The notion of the microcosm runs through phases where there is no illustration and phases with much illustration. And in western anatomy the notion continues through the 18th century. Vesalius's great book is related to these notions of the human body as part of nature. But it isn't the microcosm idea that triggers the illustration. Illustration arises when in western philosophy and art there is the desire to represent things in a measured way, in which geometry becomes the paradigm of knowledge.

You see that very much in Leonardo. He says, "Let no one who is not a mathematician read my principles." So we see geometry and particularly three-dimensional geometry as the paradigm of knowledge that goes through to Descartes where it becomes analyzed through algebra.

Leonardo saw art as a remaking of nature. *Mona Lisa* is not so much a portrait in terms of an artist sitting down to paint a woman. To portray a person he needed to know how the hair works, how the skin works, where the muscle is, and to understand the optics of shadow. For him, art is visual knowledge. And the supreme expression of visual knowledge is remaking it in a work of art.

A work of art isn't a representation of nature. It's a remaking of nature on the basis of the laws. It's a very special vision of art.

On the Notion of “Science”

NANJO During the Renaissance, science and art were not as segregated as they are today. So was the pursuit of art and the pursuit of science the same?

KEMP One of the difficulties in discussing this is vocabulary, as the terms are very different from how we use them. Today we say “science” and we know roughly what we mean by it. *Siensa*, or *scientia* in Latin, in the Renaissance was systematic knowledge. It wasn’t a pursuit. There was no term for a scientist. Scientist is a 19th century term. You couldn’t say to Leonardo “You are a scientist.” Science is a systematic body of knowledge; art is skill or practice. He is saying that he is turning something that is seen as practice in the old craft tradition and he’s doing it as a *siensa*, systematic knowledge.

Cross Disciplinary Collaboration

NANJO We tend to take an analytical approach to the world today, with many different disciplines and experts within these disciplines. It’s said that we’ve lost sight of the larger picture. As we begin to engage comprehensively in interdisciplinary collaboration, what do you think are the possibilities for this kind of activity?

NISHIKAWA Dr. Yoro and I have different views on this point. The theory of elementary particles and relativity, those kinds of concepts in modern physics, like having 11 dimensions, I don’t think that those aren’t had from a reductive approach—we couldn’t have deduced them. If we talk about Euclidian geometry, it’s our understanding of space and time. But non-Euclidian geometry, such as Riemannian geometry, is abstractly separate from our bodies and through a process of science, specifically physics, we come to not truth per se but a kind of intersubject consensus upon which we can agree. That process, to me, is science. Science is not just elemental reductionism.

KEMP It’s amazing how often you find major episodes of scientific change come when somebody moves into a discipline from outside, or brings in other thinking. Take Copernicus, for example. All the people working with Ptolemy were trying to save Ptolemy and they kept working on epicycles, eccentrics and so on. Copernicus was trained as an astronomer but he was also very interested in visual arts and architecture. And he said that the later Ptolemaic system with all its complications, which were meant to save the system, made it ugly.

In a key page in *De revolutionibus* in 1543 when he proposed the system with the sun at the center, he said who would build a temple and have the light other than in the central position. He was bringing in Renaissance ideas of harmonic beauty from architecture. He was able to say this not because his observational data were better, but because the model of the universe was so ugly. That great sweep of revised understanding came from bringing in insight from another area into play.

Harry Kroto, who won the Nobel Prize for Carbon 60, wanted to be a designer as a young man. He went to Expo ’67 in Montreal and saw Buckminster Fuller’s geodesic dome. And when the team had to put together 60 carbons, it was Harry who thought that perhaps the dome can help with packing these to make a geometric solid. Carbon 60 is now called Buckminsterfullerene from that insight. An idea from the outside might not work—a lot of them don’t, but you have to be open to the possibility that it might.

On Beauty and Aesthetic Judgment in Seeking Truth

NANJO It’s interesting that you chose to describe something as “ugly,” which is considered subjective, in Copernicus being able to decipher truth. Can we use aesthetic judgment to decide the truth? Someone once said truth is beautiful.

NISHIKAWA The pursuit of beauty is very common in science. Upon pursuing the mechanisms how forms are generated (morphogenesis), biologists often use genetic mutation as a method. Those mutations affecting body form result in sometimes ugly form and sometimes beautiful form. Interestingly, dirty or ugly mutations are not studied as much, because scientists prefer mutations causing some beautiful form. While the major subject of life science is design and intention underlying the form and function of life, we do not have any answer to this question except that the design of life is an outcome of evolution. We need to go beyond the limits of the body and think about why we find these things beautiful.

MATSUI What do you mean by “ugly” in biology?

NISHIKAWA Dr. Yoro talks about this a lot, but there might be a mutation that causes additional stripes or some such that makes researchers happy and so they study it. But such mutation that cause edema of body are often not selected.

Commonality in Art and Science (*continued*)

NANJO I wanted to return us to the commonalities between science and art. And what can we expect the future to bring given these commonalities?

KEMP The question isn't answerable because science and art are so diverse. Theoretical physics is so different from environmental biology. I think you have to ask about different sciences and different mental habits in science.

The habits of mental science of a doctor are terrifically different from somebody doing atomic physics. They have very different intuitions; they think in different ways. And it is the same with artists. You have to say that an artist who does academic portraiture and another one who does conceptual art, with nothing visible at all, are doing quite different kinds of thing. I think you have to break the question down and say that different sciences and different arts align in different ways.

One another thing I'd be interested in is shared intuitions. Scientific research programs often begin with scientists saying, "Look. Isn't that interesting? Surely there's something we can understand about this." An artist would look at it and say, "Isn't that interesting!" Both have a desire to go beyond what something looks like to understand it. Subsequently, what the artist does and what the scientist does are different. A nuclear physicist would do one thing, but a biologist would do another, Ms. Matsui would do something else. But the starting point is often just that sheer excitement, which isn't verbal.

NISHIKAWA Science is different because we need to share the concept with everyone else. We have a procedure of agreeing what the truth is. We can agree on a procedural process among scientists, but can we communicate it to the rest of the world? How the scientific truth is shared is through technology. Anyone can share the truth of physics by using handy-phone. Perhaps that process is something unique to science, and the rest is fairly similar.

Science is indeed such process to expand the people agreeing with a concept repeating experiments, writing paper and having dialogue with other peoples.

MATSUI Ultimately, the desire toward the pursuit of truth is common between science and art. For instance, if we look at this glass, we wonder what's going on with it, what to pursue and what position to take. Art, however, doesn't require proof, as art is self-contained.

KEMP A key difference is that the scientist writing a paper is trying to be as unambiguous as possible so that all readers get the same thing out of it. An artist, however much they have a concept, can't control how it's perceived. It's not arbitrary, because you convey certain things, but you are not like a scientist trying to shut down the interpretation. You invite the audience in.

YORO Art and science to me seem identical because they begin with the senses, which we all conceptualize as information in our own manner.

Q & A

Q Discuss Leonardo in the context of Asian or Oriental medicine.

YORO Returning to my earlier points, Japanese and Chinese cultures are based on characters, in which meaning is self-contained. In contrast, the alphabet—and using letters to form words—liberates meaning in words that are representative, rather than exclusive to single concepts and singular meaning, as with characters. This type of coding, assigning that which isn't related to the concept to represent the concept, is almost a kind of "information-izing" the world around us.

KEMP There is a fascinating parallel with how Leonardo conceived the elements and what he called the *virtù spirituale*, an immaterial power, which you need for the stable system of elements to produce life. You have somehow to disrupt that stability to get the whole of this pot of elements moving. Whether you call it *chi* or *virtù spiritual*, it is not like Newtonian dynamics, in which things are moving until force stops the moving. It is instead a static system, which has to be brought into life.

When Leonardo thinks about the four elements and asks this basic question of "How does life come into the system?" It has to come in from the prime mover, a *primum mobile*. Here, you begin to get something that is quite close to aspects of Chinese and Japanese philosophy, not through influence but just by the same starting point. That is one reason why I think an exhibition of Leonardo and Sesshu, one western

and one Japanese, would reveal a common “spiritual” insight in these great masters of nature.

Q Much of today’s discussion revolves around sight — how and what you see. Could each of the panelists comment on how this advanced insight into our own bodies might influence how we relate to one another?

NISHIKAWA It’s difficult to answer that. Life scientists are working towards understanding how each molecule is involved in the body function. But whether we are able to see everything as a system is a new question. In fact, systems biology is an important issue now.

KEMP I would characterise the big phase of western biology, anatomy and medicine, which has mechanized the body, as saying if we understand the small components as a machine, we can explain everything. What I’m looking for in the future is a means of understanding the mechanism of the body that is not wholly mechanistic but deals with the sheer complexity of complex systems. The new science’s complexity will show how you can have some very simple components, which with minimal perturbation can result in infinite complexity. As a historian, my feeling is that we’re in a limited system of biology and we need to get a fresh understanding of the complexity of how things fit together. Modern computation stands some chance of handling that. The human brain doesn’t do that well other than intuitively. Computers can map that level of complexity and unpredictability. That’s the direction I think science will take.

YORO We often talk about progress, but if you drill into a certain detail you lose sight of the big picture. People think that seeing such detail means that they’re seeing more clearly, or accurately. It’s important not to be deceived by such notions of “progress.”

Q People are attracted by healthy bodies because they look beautiful to us. What about deformity and sickness?

YORO The standard of beauty changes with time. I think we’re taught what is normal or standard, and the brain doesn’t have to work to process it. I think that’s what beauty is—something easy to process for the brain.

KEMP I think it’s a question that is incredibly complicated in historical, cultural, and contemporary terms. We can look at the work of Mark Quinn, an artist is in the exhibition, who has two disabled people kissing. Mark earlier made a figure of Alison Lapper who was born without arms. And he said to me, why is it we can look at a Roman sculpture with its arms broken off and think it’s beautiful. Why do we look at a human being like that and we tend not to see them as beautiful? It’s a very interesting question.

I think that human mind is extraordinary plastic and can be worked to see things as beautiful that you wouldn’t normally do. One of the jobs of artists—not scientists—is to take something that initially we see as ugly and say there’s beauty in that. The inside of the body is very beautiful. But a good artist, a good draftsman, say Vesalius or Leonardo, can make the inner landscape as beautiful as the outer landscape.

MATSUI Personal taste, likes and dislikes, are about how much something touches the heart. It works like a mirror. You tend to like that which is familiar to you.

NANJO I think that living things are looking for what is different from the standard all the time. That is the driving force behind modern art. Perhaps it is also the case with human genes.



MAM×RIKEN サイエンスセミナー No.1 | MAM×RIKEN Science Seminar No.1

生物のかたちと人工物のかたち

THE SHAPES OF LIVING THINGS

AND THE SHAPES OF ARTIFICIAL MATERIALS

日時:2010年2月4日(木) 19:00-20:30 | 会場:六本木ヒルズ森タワー アカデミーヒルズ49 オーディトリウム

Date: 19:00-20:30 Thursday, 4 February 2010 | Venue: Auditorium, Academyhills49, Roppongi Hills Mori Tower

出演 | SPEAKERS

- ▶ 山中俊治 インダストリアルデザイナー、慶應義塾大学 教授
YAMANAKA SHUNJI Industrial Designer, Professor of Keio University
- ▶ 倉谷 滋 進化生物学者、理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター 形態進化研究グループ グループディレクター
KURATANI SHIGERU
Evolutionary Biologist, Group Director of Laboratory for Evolutionary Morphology, RIKEN Center for Developmental Biology

概要 | OUTLINE

- ▶ セミナーNo.1「生物のかたちと人工物のかたち」
- ▶ SEMINAR No.1 “THE SHAPES OF LIVING THINGS AND THE SHAPES OF ARTIFICIAL MATERIALS”



MAM×RIKEN サイエンスセミナー No.2 | MAM×RIKEN Science Seminar No.2

つながる“愛”

DOES LOVE INTERFACE BRAINS?

日時:2010年2月12日(金) 19:00-20:30 | 会場:六本木ヒルズ森タワー アカデミーヒルズ49 オーディトリウム

Date: 19:00-20:30 Friday, 12 February 2010 | Venue: Auditorium, Academyhills49, Roppongi Hills Mori Tower

出演 | SPEAKERS

- ▶ 櫻井圭記 脚本家、プロダクションI.G所属
SAKURAI YOSHIKI Scriptwriter, Production I.G
- ▶ 藤井直敬 神経科学者、理化学研究所 脳科学総合研究センター 適応知性研究チーム チームリーダー
FUJII NAOTAKA Neuroscientist, Laboratory Head of Laboratory for Adaptive Intelligence, RIKEN Brain Science Institute

概要 | OUTLINE

- ▶ セミナーNo.2「つながる“愛”」
- ▶ SEMINAR No.2 “DOES LOVE INTERFACE BRAINS?”

YAMANAKA SHUNJI 山中俊治

1957年生まれ | インダストリアルデザイナー、慶應義塾大学 教授
Born in 1957 | Industrial Designer, Professor of Keio University



東京大学工学部卒業後、日産自動車、東京大学助教授を経て、94年にリーディング・エッジ・デザイン設立。2008年より慶應義塾大学教授。腕時計から鉄道車両に至る幅広い製品をデザインする一方、自動改札や電子マネー等の基礎技術開発にも参画。Gマーク金賞、ニューヨーク近代美術館永久所蔵品選定など受賞多数。

Yamanaka Shunji graduated with a degree in mechanical engineering from the University of Tokyo. In 1994, he founded LEADING EDGE DESIGN corp., after working as an exterior designer at Nissan Motor Co., Ltd. and as an Associate Professor at the University of Tokyo. In 2008, he became a professor at Keio University. He designed various products including watches and train cars and participated in the technological development of automatic ticket gates and digital cash. He won the Good Design Award Gold Prize and has had products acquired by the Museum of Modern Art, New York.

KURATANI SHIGERU 倉谷 滋

1958年生まれ | 進化生物学者、理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター 形態進化研究グループ グループディレクター
Born in 1958 | Evolutionary Biologist, Group Director of Laboratory for Evolutionary Morphology, RIKEN Center for Developmental Biology



1986年京都大学博士課程修了。1988年から1991年米ジョージア医科大学、91年から94年まで米ベイラー医科大学に留学。94年より熊本大学医学部助教授、97年岡山大学理学部教授。理化学研究所発生・再生科学総合研究センターチームリーダーを経て、2005年4月より同研究所グループディレクター。専門は進化発生学、脊椎動物の比較発生学、形態学。

Kuratani Shigeru received his Ph.D. in 1986 from Kyoto University, after which, from 1988 to 1991, he studied at the Medical College of Georgia, and from 1991 to 1994 at the Baylor College of Medicine. He became an associate professor at the Kumamoto University School of Medicine in 1994, and moved to Okayama University in 1997 to assume a professorship in the Department of Biology. Following his work as a Team Leader at the Center for Developmental Biology, he was promoted in 2005 to the position of Group Director. His research focuses on evolutionary developmental biology and on comparative embryology and morphology of vertebrates.

SAKURAI YOSHIKI 櫻井圭記

1977年生まれ | 脚本家、プロダクションI.G所属
Born in 1977 | Scriptwriter, Production I.G



幼少をイギリスのロンドンで暮らす。東京大学経済学部卒業。同大学院新領域創成科学研究科在籍時より脚本を書き始め、卒業と共にアニメーション制作会社のプロダクションI.Gに入社。以後、脚本を手がける。代表作は『攻殻機動隊S.A.C.』、『お伽草子』、『精霊の守り人』、『RD潜脳調査室』など。現在、月刊『ヤングマガジン』にて漫画『タチコマなヒビ』を連載中。現在、アニメーション界で最も注目を浴びている若手脚本家。

Sakurai Yoshiki spent his childhood in London, UK. He graduated in economics from the Tokyo University School of Economics. He started his career as a scriptwriter when he was a student at Tokyo University's Graduate School of Frontier Sciences, and joined the animation production company Production I.G after graduation. He has worked on several popular anime including, *Kokaku Kidotai S.A.C.* (The Ghost in the Shell: S.A.C.) series, *Otogi Zoshi*, *Seirei No Moribito* (Moribito: Guardian of the Spirit), and *RD Senno Chosashitsu* (Real Drive). His latest work *Tachikoma Na Hibi* (Tachikomatic Days) is currently being serialized in Young Magazine, a Japanese manga magazine published monthly. Sakurai is one of the most prominent young scriptwriters in the animation industry today.

FUJII NAOTAKA 藤井直敬

1965年生まれ | 神経科学者、理化学研究所 脳科学総合研究センター 適応知性研究チーム チームリーダー
Born in 1965 | Neuroscientist, Laboratory Head of Laboratory for Adaptive Intelligence, RIKEN Brain Science Institute



東北大学医学部卒業、眼科にて初期研修後、同大学大学院に入学し博士号取得。1998年からマサチューセッツ工科大学にてポスドク研究員。2004年より理化学研究所脳科学総合研究センターにて、社会的脳機能研究を始める。2008年より同センター適応知性研究チームチームリーダー。2009年『つながる脳』が第63回毎日出版文化賞自然科学部門を受賞。

Fujii Naotaka received M.D. and Ph.D. at TOHOKU University Graduate School of Medicine. In 1998, he moved to MIT and worked as Postdoc researcher. In 2004, he moved to BSI, RIKEN and started series of social neuroscience studies. In 2008, he was appointed Lab head at BSI and started Laboratory for Adaptive Intelligence. His book *Tsunagaru No* (Social Brains) published in 2009 was awarded as a recipient of The 63rd MAINICHI Publication and Culture Award, Natural Science Category.

MAM×RIKENサイエンスセミナーNo.1

「生物のかたちと人工物のかたち」

当セミナーでは、インダストリアルデザイナーの山中俊治氏と、進化生物学者の倉谷滋氏がかたちの進化について語り合いました。対談に先立ち、まず山中氏が「人工物のかたち」に対し、デザイナーとしてどのように向き合っているのかについて語り、その後、倉谷氏が「生物のかたち」とその進化について説明を行いました。

山中氏は、生物のかたちはデザイナーにとって理想のかたちであり、人工物に生き生きとした生命感を持たせることはデザインの重要なテーマのひとつであるが、外観として生命体の形態を模倣したり参照したりするのではなく、機能の最適化を目指すことにより、結果的に有機的な印象を与えることができれば、それが理想であると語りました。ロボットのデザインに関しては、「単なる生命現象の模倣ではない」と語り、「私たちが生き物のようだと感じる感覚に基づいて効果的に機能や外観をデザインされたロボットを造ることである」としました。また、生命らしさとは何かを考えることが将来のヒューマノイドロボットのあり方を考える上で有効だと語りました。

倉谷氏は、脊椎動物における骨の形態進化について話しました。脊椎動物は、同じパーツが同じ順番で連なってかたちを形成しており、この各パーツの結合関係(コネクティビティ)はどの動物を見ても同じであり、生物のかたちの多様性はこれらのパーツが少しずつ変形することにより生み出されると説明しました。さらに、生物の形態進化には、物と物とのつながりによってどうしても変えることのできないルールがあり、生物は基本的な形を保持しながら徐々に変化しながら進化していくのであり、進化は変わらないものと変わっていくもののせめぎあいの中で起こっていると説明しました。

対談では、どのようにかたちづくられるかについて人工物と生物の共通性と違いが議論されました。人工物では、パーツの設計やその配置に可変性があるが、生物の場合、遺伝子にコードされたかたちは変えられないと倉谷氏は述べ、「有機体とはパーツが常に融合しているという意味合いがあり、成体のかたちだけではなく、発達中の状態においてもすでにつながっている」と話しました。これに対し山中氏は、「人工物はバラバラに製造された部品を組み立てて作るのかたちの上での連続性という制約はなく、それが人工物の特徴にもなっている」と述べました。しかし一方で、統一された規格やルール、さらには文化的な継承もあり、生物と同じように過去を継承しながら改良されて行く面もあると指摘しました。これに対して倉谷氏は、工業製品と生物の構造的ネットワークとの類似性を指摘し、脊椎動物の目を例に、精密なパーツの寄せ集めでつくられている器官は各パーツの複雑なネットワークにより機能しており、どれか1つだけを変えることはできないと話しました。また、山中氏は、私たちの身の回りのものはすでに充分複雑な構造をもっており、例えば最新の機械式腕時計を取ってみても、歴史的な積み重ねの中で様々な技術者が局所的な最適解を見つけた結果としてできあがった各パーツが、生物の体の一部に見えるという写真を紹介しました。これに対して倉谷氏も、あるパーツが耳小骨に似ていることなどを指摘し、人工物においても世代を重ねることにより進化のようなことが起こるのではないかという見方を示しました。

最後に、倉谷氏が高等動物のかたちの特徴について触れ、螺旋構造と分節的な繰り返し構造という2つの特徴を挙げました。これに対し山中氏は、そうした特徴は装飾においてしばしば引用されてきたが、一方で、装飾などのない平面や立方体など自然界にはめったに存在しないものに対しても美を感じるという側面を考えることが重要であると語りました。そして、私たちの技術がかなり複雑で繊細なものになってきた今、デザインアプローチとしても自然物のかたちや構造から学ぶことができ、また、自然発生の過程(製造過程)や、進化の過程(開発過程)から学んでいく機会がますます増えるだろうと述べました。

MAM×RIKEN Science Seminar No.1

“THE SHAPES OF LIVING THINGS AND THE SHAPES OF ARTIFICIAL MATERIALS”

At this seminar, industrial designer Mr. Yamanaka Shunji and evolutionary biologist Dr. Kuratani Shigeru discussed the evolution of form. Prior to the discussion, Mr. Yamanaka spoke about looking at manmade forms from the perspective of a designer. He was followed by Mr. Kuratani, who spoke about how living forms evolved.

Mr. Yamanaka talked about how living forms represented ideal forms for designers and that an important theme in design is how to imbue manmade objects with the vitality of life. This, he said, does not involve merely imitating or referencing living forms in appearance. The aim is to optimize capability and ideally, in the end, to create objects that give the impression of being organic. In terms of robot design, “it is not simply a matter of copying living phenomenon,” he said, “it is about creating a robot and designing its appearance, capabilities, etc., basing it on our sense of what makes something seem like a living thing.” He claimed that thinking about humanoid robots in the future will entail thinking about what makes something seem alive.

Dr. Kuratani spoke about the evolutionary morphology of bones in vertebrates. He explained how a vertebrate’s form is made up of the same components in the same order, and the way each component is connected (its connectivity) is the same in all animals. The reason there has come to be such a diversity of living forms is because these components have gradually changed shape. In evolutionary morphology, there are certain unalterable rules because of the connections between the components. In this way, living things retain their basic forms while evolving through gradual change. Evolution takes place in a conflict between what can change and what cannot change.

In the discussion, Dr. Kuratani and Mr. Yamanaka talked about the common features and the differences between manmade objects and living organisms due to the way they are created. Dr. Kuratani said that in manmade things, it is possible to design and configure the components whereas in a living organism the form is encoded within its genes and cannot be altered. “There is the sense that the components of a living organism are always integrated. The components must be connected not only in a completed form but in an ongoing developmental process.” Mr. Yamanaka said manmade objects are constructed from separately made components and that continuity of form imposed no limitations. This, he said, is a salient feature of manmade objects. On the other hand, he pointed out that there are consistent standards and rules, and there is a cultural inheritance, so in some respects manmade objects also improve through the inheritance of the past in a similar way to living things. Dr. Kuratani gave an analogy between the structural network of industrial products and living organisms, giving the eyes of vertebrates as an example. The eye is an organ made up of a variety of very precise components. Each component functions as part of a complex network, and it is impossible to change just one component. Mr. Yamanaka added that the objects that surround us already have complex structures. Take, for example, a mechanical wristwatch. He produced a photograph that showed the parts of a wristwatch, which, within the accumulation of history, were the result of a number of technical experts each finding the best solution in a specific area. The image looked like part of a living organism’s body. Dr. Kuratani indicated that some parts resembled the auditory ossicle. He shared the view that a kind of evolution does occur in manmade objects over a number of generations.

To conclude, Dr. Kuratani spoke about the distinctive characteristics of higher animals’ forms, two of which are the helix structure and the structure of segmented repetition. Mr. Yamanaka said these patterns are frequently used in decorations, but on the other hand, it is important to consider another side of the question, which was that we find beauty in unmarked surfaces and cubes, and both these forms seldom exist in the natural world. In modern times, when technology is becoming ever more complicated and intricate, he said one can learn from the forms and structures of nature even from a design perspective, and there will be more and more occasions to learn from the process of natural production (the manufacturing process) and the process of evolution (the development process).

MAM×RIKENサイエンスセミナーNo.2

「つながる“愛”」

当セミナーでは、アニメ『攻殻機動隊SAC』の脚本家である櫻井圭記氏と、神経科学者である藤井直敬氏が、脳とコンピュータの双方向の情報交換を可能とするBMI(ブレイン・マシン・インタフェース)などの新しい技術が人と人とのつながりをどのように変えていくのかについて語り合いました。

藤井氏は、人と人とのつながりには尊敬と信頼で成り立つ母子関係と、各人の「がまん」がつくる他者関係のふたつがあると話し、社会関係というのはこのふたつの関係のせめぎあいでは成り立っていると話しました。またミラーニューロンについて触れ、ヒトの脳には、他人を自分の体の一部として認識し、その意図や感情を読み取るメカニズムが本来備わっているという可能性について語りました。他者を自分の一部として内部に組み込み、そこに何らかの関係性をつくるというのは大変なリスクであり、愛とは本来つながることのない他者に尊敬と信頼をもってつながる行為であると述べました。さらにBMIなどの科学的な装置を使い、脳と直接対話をすることで、個人間をつなぐ脳の仕組みが理解できるかもしれないと語りました。BMIは、脳が外部の機械を操作したり、外部の機械が脳に対して何らかの情報を与えたりする技術で、すでに現実のものとなっている様々なBMI技術や筋電図を使った義肢などの例をあげ、身体の限界を超えてその機能を拡張する技術が次第に現実味を帯びてきていることを示唆しました。またBMI研究が進むに従い、人のこころと身体の境界はどこにあるのかといった問題が取り上げられるようになったと話し、対談では、自他の境界が曖昧となったときに人と人との関係性がどうなるかについて議論したいと述べました。

櫻井氏は、情報ネットワークでつながる新しい社会的関係性について話しました。近年のコミュニケーションツールの多くがその商品名に英語の一人称「I(i)」や二人称「You」を使用している例(i-mode, mixi, iPod, YouTubeなど)や、情報ネットワークのインフラを表す言葉が三人称の「IT(it)」であることに言及し、ネットワークインフラの整備に伴って出現するメディアのようなものは四人称的なイメージで語れるのではと話しました。そして、このような新しい技術やツール、メディアなどの出現により、コミュニケーションのあり方や友情、愛情、恋愛の定義も今後は大きく様変わりしていくのではと述べました。

対談では、近年コミュニケーションのあり方を大きく変えつつあるインターネット上のコミュニケーションツールの特徴や魅力が語られ、ヴァーチャルなコミュニケーションの中に生まれつつある新しい文化のあり様が示されました。「twitter」というサイトでオンライン友達がチャットボット(ネット上のコミュニケーションで自動応答を行うプログラムの総称)であることに2年間気づかなかったユーザーの話や、「ラブプラス」という携帯ゲーム機向けの恋愛シミュレーションゲームで、ヴァーチャルな世界の女性キャラクターに感情移入をし、現実世界との境界を見失ってしまう人々の話を取り上げられました。またBMIなどの技術によって、今後現実の愛のあり方はどのように変わっていくのか、生殖行為と愛情が切り離される可能性はあるのかなどについて議論されました。藤井氏は、身体的な接触を伴わず、純粋な娯楽を目的とした性行為を可能とするテクノロジーが今後出現してくる可能性は否定できないと述べ、チャットボットのような欲望を満たしてくれるエージェントがあれば、それが実体を伴わないコンピュータープログラムであっても意に介さないという時代がやってくるかもしれないと話しました。そして、今までにない新しいコミュニケーションが可能となったときに、それが利益を生むものなのだとしたら、法的な規制や強制力がない限りその普及を止めることは難しいだろうと話しました。

MAM×RIKEN Science Seminar No.2

“DOES LOVE INTERFACE BRAINS?”

At this seminar, Mr. Sakurai Yoshiki, scriptwriter for the anime *Kokaku Kidotai S.A.C* (The Ghost in the Shell: S.A.C.), and neuroscientist Dr. Fujii Naotaka, spoke about how new technology, such as the BMI (Brain Machine Interface), which allows a two-way exchange of information between computers and the brain, will change the way people relate to one another.

Dr. Fujii said there are two types of human relationship: the relationship of respect and trust between mother and child, and the relationship of endurance toward other people. An individual's social relationships are a conflict between these two types of relationships. He went on to speak about mirror neurons and about the possibility that in the human brain there is an inherent mechanism that recognizes other people as part of one's body and allows one to interpret the feelings and desires of others. Internalizing others as part of oneself and creating a kind of relationship comes with great risks, and he spoke of love as an act of connecting through respect and trust with people with whom one would otherwise fundamentally have no connection. Moreover, using a scientific measuring device such as the BMI, and by communicating directly with the brain, one could understand the mechanism of the brain that connects one individual to another. The BMI is a technology that allows the brain to control external devices or else allows external devices to convey information to the brain, and he gave as examples prosthetic limbs that use electromyograms and a variety of BMI technology that have already become a reality. He suggested that technology that allows us to go beyond the limitations of our own bodies and that will expand our capabilities is increasingly becoming a reality. Moreover, with advances in BMI research, there are now discussions of where the boundaries of the human mind and body are, and he expressed a wish to talk about what happens to human relationships when the boundaries between oneself and others becomes blurred.

Mr. Sakurai talked about social relationships brought about by information networks. He spoke about recent communication tools that refer in their name to the first-person “I(i)” and to the second-person “You” (e.g., i-mode, mixi, iPod, YouTube, etc.) and to information network infrastructure that use the third-person “IT(it).” He suggested that things like the media that emerge from this network infrastructure could be referred to as the fourth-person. With the appearance of this new technology and tools and media, he said there will be a major shift from now on in how we communicate and how we define friendship, love and romantic love.

In the discussion, Dr. Fujii and Mr. Sakurai talked about the attractions and the distinctive features of online communication tools and how these tools are having a great impact in recent years in changing the way we communicate. They pointed to a new culture that was born from this kind of virtual communication. They mentioned some users of the “twitter” site who did not realize for two years that an online friend was a “chat-bot” (an online communication automatic response program). They also mentioned how some users of the “Love Plus,” love simulation mobile phone game, became so emotionally involved in the female characters of this virtual world that they lost any sense of its boundaries with the real world. Moreover, they discussed how BMI will hereafter change the concept of real love and if there was the possibility, in the future, of a separation between reproduction and love. Dr. Fujii said he could not deny there will be new technology that will allow sexual acts that do not involve any physical interaction and its aim will be pure pleasure. They said that we may face, in the future, a new era when no one will care whether or not it comes from a software program and does not involve physical interaction as long as there is something like a chat-bot that can fulfill desire. When new forms of communication become possible and they will bring about great profits, without legal regulation and force, it will be difficult to stop them from becoming widespread.

関連パブリックプログラム | PUBLIC PROGRAMS

「^{いのち}医学と芸術展：生命と愛の未来を探る〜ダ・ヴィンチ、応挙、デミアン・ハースト」関連パブリックプログラム
トークセッション／MAM×RIKENサイエンスセミナー
“Medicine and Art: Imagining a Future for Life and Love — Leonardo da Vinci, Okyo, Damien Hirst” Public Programs
TALK SESSIONS／MAM×RIKEN SCIENCE SEMINARS

主催：森美術館、独立行政法人理化学研究所、アカデミーヒルズ
助成：社団法人東京倶楽部 | 協賛：トヨタ自動車株式会社
寄付：曙ブレーキ工業株式会社、株式会社浅井ゲルマニウム研究所、株式会社梓設計、エーザイ株式会社、健康センターアスカ、株式会社池田理化、日本電子株式会社、株式会社メガオプト、日産化学工業株式会社、キューピー株式会社、理研計器株式会社、理研香料工業株式会社、理研ビタミン株式会社、株式会社島津製作所、高砂香料工業株式会社、竹田理化工業株式会社、タマノ井酢株式会社、株式会社ビット、浜松ホトニクス株式会社、株式会社ナード研究所、三機工業株式会社、仙波糖化工業株式会社、株式会社トライアルパーク（アルファベット順）
後援：サイエンス映像学会（トークセッションNo.2）

企画：

[森美術館] 館長：南條史生 | パブリックプログラム：白濱恵里子、酒井敦子、白木栄世、品川知子、西紗貴子、藤川悠
学芸部：広瀬麻美、土屋隆英、椿玲子、西牧佐知子
[理化学研究所] 伊東はる奈、栢森祐子

ORGANIZERS: Mori Art Museum, RIKEN, Academyhills | GRANT FROM: The Tokyo Club | CORPORATE SPONSOR: TOYOTA MOTOR CORPORATION
CONTRIBUTIONS: Akebono Brake Industry Co., Ltd., Asai Germanium Research Institute Co., Ltd, Azusa Sekkei Co., Ltd., Eisai Co., Ltd., Health Center Asuka, Ikeda Scientific Co., Ltd., JEOL Ltd., Megaopto Co., Ltd., Nissan Chemical Industries, Ltd., Q.P. Corporation, Riken Keiki Co., Ltd., Riken Perfumery Co., Ltd., Riken Vitamin Co., Ltd., SHIMADZU CORPORATION, TAKASAGO INTERNATIONAL CORPORATION, Takeda Rika Kogyo Co.,Ltd., Tamanoi vinegar Co., Ltd., BIT Co., Ltd, Hamamatsu Photonics K.K., Ltd., NARD Institute, SANKI ENGINEERING CO.,LTD., Semba Tohka Industries Co., Ltd., Trial Park Co., Ltd. (in alphabetic order)
IN ASSOCIATION WITH: Science Visualization Society of Japan (Talk Session No.2)

PROGRAMMING:

[Mori Art Museum] Director: Nanjo Fumio | Public Programs: Shirahama Eriko, Sakai Atsuko, Shiraki Eise, Shinagawa Tomoko, Nishi Sakiko, Fujikawa Haruka | Curatorial: Hirose Mami, Tsuchiya Takahide, Tsubaki Reiko, Nishimaki Sachiko
[RIKEN] Ito Haruna, Kayamori Yuko



アーカイブ記録集 | ARCHIVES

編集：[森美術館] 学芸部：広瀬麻美、土屋隆英 | パブリックプログラム：白濱恵里子、酒井敦子、西牧佐知子
編集協力：[理化学研究所] 伊東はる奈
英文要約：ココ・マスターズ
翻訳：吉野寛子（トークセッションNo.1）、市川佳世子（トークセッションNo.2）、株式会社テンナイン・コミュニケーション
協力：独立行政法人理化学研究所
協賛：トヨタ自動車株式会社

EDITORS: [Mori Art Museum] Curatorial: Hirose Mami, Tsuchiya Takahide | Public Programs: Shirahama Eriko, Sakai Atsuko, Nishimaki Sachiko
EDITORIAL ASSISTANCE: [RIKEN] Ito Haruna
EDITORIAL ASSISTANCE (English): Coco Masters
TRANSLATION: Yoshino Hiroko (Talk Session No.1), Ichikawa Kayoko (Talk Session No.2), Ten-Nine Communications, Inc.
COOPERATION: RIKEN
CORPORATE SPONSOR: TOYOTA MOTOR CORPORATION

▶ WWW.MORI.ART.MUSEUM（森美術館 | MORI ART MUSEUM）

▶ WWW.RIKEN.JP（独立行政法人理化学研究所 | RIKEN）

「医学と芸術展：生命と愛の未来を探る～ダ・ヴィンチ、応挙、デミアン・ハースト」

会期：2009年11月28日（土）～2010年2月28日（日） | 主催：森美術館、ウエルカム財団、読売新聞東京本社

“Medicine and Art: Imagining a Future for Life and Love — Leonardo da Vinci, Okyo, Damien Hirst”

Date: Saturday, 28 November 2009 – Sunday, 28 February 2010

Organizers: Mori Art Museum, Wellcome Trust, THE YOMIURI SHIMBUN

医学と芸術展

MEDICINE AND ART

生命と愛の未来を探る—
Imagining a Future for Life and Love

ダ・ヴィンチ、応挙、デミアン・ハースト
— Leonardo da Vinci, Okyo, Damien Hirst

森美術館 六本木ヒルズ森タワー

53階

2009年11月28日[土]

2010年2月28日[日]

Mori Art Museum 53F Roppongi Hills Mori Tower

28 November, 2009 – 28 February, 2010

MAM MAMプロジェクト010: テレルヴォ
MAM Project 010: Tellervo Kal

カルレイネン+オリヴァー・コフタ=カルレイネン
leinen and Oliver Kochta-Kalleinen

▶ 展覧会詳細 | MORE INFORMATION OF THE EXHIBITION