

総合研究大学院大学・学融合推進センター研究費助成プロジェクト

「日本における諸科学の編制と基礎概念の検討」

# 文理統合研究の有効性を探る 総括シンポジウム 2013

**鈴木 貞美**

(国際日本文化研究センター名誉教授、清華大学偉倫特任教授)

**金子 務**

(大阪府立大学名誉教授)

**米本 昌平**

(東京大学教養学部客員教授)

**森 洋久**

(国際日本文化研究センター文化資料研究企画室准教授)



総合研究大学院大学・学融合推進センター研究費助成プロジェクト

「日本における諸科学の編制と基礎概念の検討」



文理統合研究の有効性を探る

総括シンポジウム 2013



目次



まえがき  
鈴木貞美

1



西欧近現代の基礎概念の受容と学の編制：エネルギー・生命・情報  
鈴木貞美

3

質疑応答

28



学融合と発散の諸条件：エネルギー概念を中心に  
金子務

33



生命の認識：19世紀から21世紀へ  
——バイオエピステモロジーが提示する100年の認識落差の意義——  
米本昌平

49

質疑応答

67



情報とは何か：乱雑性と規則性についての一考察  
森洋久

71

質疑応答

97



総合討論  
鈴木貞美・米本昌平・金子務・森洋久

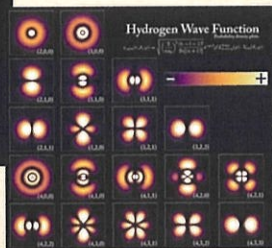
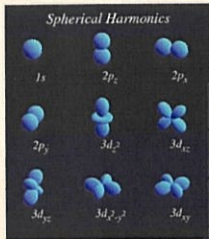
99

KUNSTMUSEUM BERN  
PAUL KLEE-STIFTUNG · RUPF-STIFTUNG  
MUSEUMSSAMMLUNG

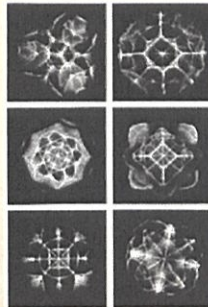


『当惑する場所』のポスター (P35)

### 水素原子軌道



### 音の波紋



<http://www.sasophy.kyoto-u.ac.jp/person/yonezawa/contents/program/gnuplot/gallery/spherical-harmonics-list.html>

[http://www.world-mysteries.com/sci\\_cymatics.htm](http://www.world-mysteries.com/sci_cymatics.htm)

水素原子軌道、音の波紋 (P83)

## まえがき

2013年10月13日に東京で行われた「文理統合研究の有効性をさぐる：総括シンポジウム」は、2011年度に立ち上げた、総合研究大学院大学・学融合推進支援プロジェクト「日本における諸科学の編制と基礎概念の検討—文理統合の有効性を探る」（総研大「戦略的共同研究支援事業」「戦略的共同研究Ⅱ」代表：2011～2012年度・鈴木貞美、2013年度・稲賀繁美〔文化科学研究科国際日本研究専攻〕）の最終総括にあたります。このプロジェクトは、日本における人文社会諸科学の展開と科学技術との関連を総合的に検討する有効な方法を開発し、文理統合研究の有効性を具体的に示すことを目的に発足しました。その基本は、今日に至る日本の学術システムとその基礎概念の形成過程について、輸入先の西欧文化との価値体系の違い、それを受け取る際に働いた漢字文化圏における伝統、受け入れ時期や再編の歴史的条件などを勘案し、新概念の創始、流布、定着、再編を総合して考察し、日本の近現代の独自の知的システム、学術編制の特徴を明らかにすること、また、それが東アジア諸国に輸出されて果たした役割を解明すること、また国際的、総合的な視野に立つ「知のシステム」再編制とはどのようにあるべきか、新たな方法を提案し、将来を展望した学術再編に向けて、具体的な提言を行いうるかどうか、までを射程にいられています。

「エネルギー」「生命」「情報」「科学行政」の四つのチームに分かれて活動を行いましたが、「科学行政」チームはチーム・リーダーの体調思わしくなく、また東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故に対する世論が沸騰したことを背景に、いわば「エネルギー」班の論議に集約するかたちになりました。「生命」チームに関しては、チーム・リーダーの池村淑道先生よりバイオ・テクノロジーの開発に関し

て、総研大の諸先輩から聞き書きを行い、オーラル・ヒストリーの編集を行ってはいかがでしょうか、という提案をいただきました。大事なことと受け取りましたが、残念ながら、このプロジェクトでは取組むことができませんでした。学融合推進支援プロジェクトに引き継ぎ提案にしたいと思います。

「総括シンポジウム」は上記の二班をふくめ、各班で実質的に活動された方々によりご報告いただき、討論を行いました。総括を鈴木が担当、「エネルギー」班を代表の金子務先生、「生命」班は米本昌平先生、「情報」班は森洋久先生です。本報告書をもって、「文理統合研究の有効性をさぐる」プロジェクトの最終報告書といたします。

代表代理 鈴木貞美

(国際日本文化研究センター名誉教授・清華大学偉倫特任教授)

## 追記

2013年12月に、エネルギー班報告書『エネルギーを考える』韓国語翻訳版の刊行が決定しました。また、2014年、それをもとにした文理統合研究の国際シンポジウムの開催が韓国、済州大学で計画されています。

**西欧近現代の基礎概念の受容と学の編制：  
エネルギー・生命・情報**

鈴木 貞美

(国際日本文化研究センター名誉教授、清華大学偉倫特任教授)



## はじめに

このシンポジウムは、2011年度に「日本における諸科学の編制と基礎概念の検討—文理統合の有効性をさぐる」として立ち上げたプロジェクトの最終総括にあたるものです。研究テーマの概要は「日本における人文社会諸科学の展開と科学技術との関連を総合的に検討する。それを通じて文理統合研究の有効性を具体的に示す」です。

最近、「文理融合」という言葉をよく聞くと思います。例えば一つの地域を文科系・理科系の人たちが共同して調べるとか、あるいは一つのテーマを文科系・理科系両方から研究するということは、すでにさまざまに行われてきています。が、それらと違って、学問の編制そのものから問うていくというプロジェクトは、ほとんどないと思います。

例えば環境問題。中国では、今、とんでもなく大気汚染が進行しているというニュースが伝わってきていますが、すでに大きな環境大学を立ち上げる準備をかなり長い時間をかけてしてきています。環境というのも一つのテーマには違いありませんが、調査や考察に終わらず、具体的な対策を講じるための学問は、セクショナリズムであっては問題の解決にあたれない。各分野をどのように組み合わせていくのか、が問われてくる。そのためには、これまでどのように各分野の学問が進んできたのか、どのような制度で進んできたのか、を反省しながら、どうすれば、総合的な新しい研究ができるか、その方向をひらくことにチャレンジしてゆこうというのが、このプロジェクトのそもそもの基本理念です。

今は、このプロジェクトのテーマを「人文諸科学と科学技術の文理統合」としていますが、発足時は「学融合推進センター」の助成を受けるプロジェクトなので、全体に合わせて「文理融合」としていまし

た。半分冗談ですが、メルティング・ダウンが大問題になっていますから、あまり「融合」という語は使いたくない、ダウンしないように「統合」にしました。冗談でない部分としては、セクションを溶かした新たな分野をつくる方式ではなく、分野を跨いで総合して研究し、その成果を各分野の研究に戻したとき、各分野の研究を変えうる、そういう有効性を示しながら、総合的研究を盛んにしてゆく方式であることを明確にすべきと考えたためです。そのため、途中でタイトルを替えたことをお断りしておきます。

## 1. プロジェクトの概要

### 1-1 どのような方法をとるのか

20世紀後期に、地球資源の枯渇の問題と地球温暖化の問題が浮上りました。フロンガスなど特定物質の問題もありましたが、大きくまとめれば「エネルギー」資源とその消費の問題です。地球環境問題は人間中心主義からの脱却を促しており、これが「生命」の問題です。また情報化社会はグローバルに展開し、社会現象を加速化している。21世紀に入って、もう13年も経とうとしています、これらの問題は深刻化するばかりです。これらは、そのときどきの政治状況と直接関係しない人類全体が直面している問題です。

しかし、これらに対して、今までの学問の体制で対応しきれないことは、はっきりしています。例えば環境倫理とか、何か新しい分野を付け加えるということではなく、全体にこれでやっていけるのだろうかという論議が、どこかで行われなくてはならないとわたしは思ってきました。けれども、今の日本にそういう議論の場所はありません。本当ならば学会会議などが取り組むべきであろうと思いますが、学術

会議に、その気配は感じられません。やれるとしたら総研大の学融合推進助成センターだけだろう、ということで、持ち込んだわけです。

まず一つの大きな課題は、概念の問題です。例えば熱力学という学問分野ができるときには、クラウジウス (Rudolf Julius Emmanuel Clausius 1822-1888) にしても、カルノー機関で知られるニコラ・レオナール・サディ・カルノー (Nicolas Leonard Sadi Carnot 1796-1832) の父親、ラザール・ニコラ・マルグリット・カルノー (Lazare Nicolas Marguerite Carnot 1753-1823) にしても、産業発展期の経済学の用語を使っています。新たな分野は基礎概念を他の分野から借りてしかつけれないのです。「いろは」の「い」、ゼロからある概念をつくっても——そもそも、それも不可能なことなのですが——、たとえできたとしても、ほかの分野の人には全然わからないものになるわけですから。

今日、宇宙科学で一つの焦点になっているダーク・エネルギーをめぐっても、そうですね。宇宙のビッグバンの最初、エネルギーの過密な状態をインフレーションと言っています。経済学者が聞いたら、びっくりするような用法ですが。

そういう概念の貸し借り関係がありながら、分野が固定して発展してゆくと、その分野でしか通じない、いわばジャーゴンになってゆくわけです。それがどういう偏差を生んでいくのか。それによって、その分野では問題は起こらなくとも、さまざまなズレから生じる問題も起きてきているのではないが。

情報学は、エネルギー工学から概念を借りてつくられたものです。現在、「情報エントロピー」という考え方が国際的に通用しているようですが、かなりの異論も出されてきていた。この研究会では、そういう論議もしてきました。森先生から、「情報エントロピー」についてのお話が出るのではないかと、思います。

もう一つの大きな問題が学術システムです。大学の学部編制から学科の編制。今日、世界中の大学でシステムの組み換えが行われています。大きな流れとしては学生の要望に応える科目をどんどんつくってゆく方向にあります。マーケットの需要に応えるのは当然、という考え方で、編制そのものも変わってきていますし、名前の付け替えがはなはだしい。「名前だけ付け替わっていて、中身はちっとも変わっていないじゃないか」という声も大学のなかから聞こえてきますけれども、そもそもそのような形で編制替えが進んでいって果たしていいのか、もう一回考え直すべきことが多々あるのではないかと。そういうことから提言ができるプロジェクトにしてゆこうと、最初は夢を描いたわけです。

だが、いったい3年間で何ができるのか、たいしたことはできないだろうとも思っていました。皆様のご協力を得られて、予想を超える進展ができたところもあると思っております。

## 1-2 プロジェクトの構成

このプロジェクトでは、先に述べましたように、「エネルギー」「生命」「情報」という三つのキーワードを選び、さらに科学行政の問題をそれに少しでもかみ合わせていこうということを出発いたしました。メンバーはお手元にある通りです（章末に一覧表を掲載）。

「エネルギー」班はオーガナイザーを金子務先生にいただき、1年弱の準備期間で、2012年3月10日と11日、東京で、その不足を補う意味で、9月29日と30日、京都で、「エネルギーを考える」というシンポジウムを開催しました。その前に2011年の3.11があり、福島第一原発の事故をきっかけにして、科学技術総体が問われ、特にエネルギーの問題をどうするのか、ということがかなりの関心と呼ん

でいます。その前からわたしたちは少し違う準備をしていたのですが、そういう意味では福島第一原発の事故に背中を押されるような形になり、東京と京都と2回のシンポジウムをもつことができました。

その報告書は本日、皆さんにお目にかけるつもりでいたのですが、滞ってしまって、間に合いませんでした（『エネルギーを考える—学の融合と拡散』2013年10月31日発行）。あとで金子先生に、これについてのお話をさせていただきます。

「情報」班は、森洋久先生にオーガナイザーになっていただき、今年の3月31日、品川で「情報を考える」というシンポジウムを開きました。この話を森先生にしていただけると思います。

「生命」班は、国立遺伝学研究所の池村淑道先生にリーダーになっていただきました。最初の打ち合わせには加わってくださり、池村先生の言葉通りにきちっと伝えられるかどうか自信がないのですが、先生からは、特にバイオ・テクノロジーに関して、研究者としては大きなプロジェクトの科研費を取ることで精いっぱい、バイオの技術がどのように社会に影響を与えるかというところまで、責任をもってアプローチし、社会に発信してゆくところまではやりきれなかった、それについて、遺伝研のOBにインタビューし、オーラル・ヒストリーをつくったらどうか、という提案をいただきました。その必要は十分感じられるご提案です。

これについては、わたしは、今の科研費など学術振興会や文科省のプロジェクトの在り方からもう一度、振り返ってみるべきだということまで含まれていると感じます。大型予算の策定や審査方法など、いくつか不透明なところも感じています。ただ、この課題自体は、このプロジェクトが担うべき課題というより、遺伝研なり、総研大本部なりに担ってもらうべきものと思い、わたし自身が積極的に取り組むことはしませんでした。

もう一つ「科学行政」班は、代表の体調などの事情もあり、会議が一度も開けませんでした。これは、先にも申し上げましたが、福島の第一原発事故によって原発関連の、あるいはエネルギー対策をどうするのかという論議が盛んになっています。何日か前に小泉純一郎さんがいわゆる「ゴミ」処理の問題を焦点にして、原発をゼロにしようと言いはじめましたが——それは、最初からわかっていた話で、いったい、今ごろになって、という冷たい声も多いようですけども——、自民党の有力な政治家のOB——OBと言ったら怒られるのかな——のなかからも出てきている状態です。結局のところ、科学行政の問題は、「エネルギー」班の論議のなかに、いわば回収されるかたちになりました。

これについて、素人が対比して考えることがあります。クローンの問題では、羊のドリーちゃんのところで、生物学者たちは「これは人間の能力を超える」という一線を引いた。わたしはこれにはキリスト教倫理が働いていると思っています——もちろんそれでも、ヒト・クローンの実験に突き進んだ人もいたわけですが。そして、ニセ・データの問題が発覚した事件もありましたが——。それはともかく、一定のコンセンサスができたわけですが。ところが原発問題については、人間の能力の限界という線引きの議論が行われない。かつては、日本の学会にチームができたこともあったことはあったが、うやむやになり、原発の放射性廃棄物については、コストの問題を含め、より効果的な処理方法が検討されていると考えてよいのですが、なぜ、そんなにオポチュニスティックな対応になるのか。一方は、人知を超えるという結論が出、他方はそういう議論すら行われない。その違いがなぜ、生じるのか。わたしにはよくわからなかったのです。「エネルギーを考える」の会議で、そのような素朴な疑問を出したのですが、私にとって衝撃的だったのは、それについての答えでした。

原発全体の仕組みについて、物理系の研究者と化学系の研究者との間で自分の分野以外はわからないということらしいのです。廃棄物処理まで含めて全体のプロセスを理解し、見ている科学者がいないというご指摘が——発言者の名前は、ここではあげませんが——あったことです。これは行政の在り方とか東電という企業の問題とかとは別のことです。科学におけるセクショナリズムが、はっきりと浮上しているのです。これは学の「融合」とか「統合」とかいう以前、わたしたち研究者サイドの問題として、一連のテクノロジーに関して、担当分野間のリレーションがとれていないという問題ですね。

科学と社会、あるいはメディアとの関係を問うことも大事だと思いますが、一つひとつの事象、例えば原子力発電なら原子力発電、バイオ・テクノロジーならバイオ・テクノロジーというテクノロジーの全体について、研究組織の、いったいどこが責任をもって総合的に推進しているのか、という問題です。行政は行政で責任や対応があるでしょうし、商売は——と言ったらいけないかな——、事業者は事業者としての組織や対応が当然ある。それら相互の調停以前の問題として、研究者サイドでやらなくてはいけないことができていない、それを行う統合的装置が備わっていないという問題です。これが本研究の総括の第一番目になると思います。

## 2. 学問の概念と制度

### 2-1 西欧における概念構成

次にわたしが研究を行ってきた学問の制度の問題、概念と各分野の構成の問題です。これは諸外国で、イギリスではケンブリッジのニューレフトを名乗る連中のおおもとみたいな役割を果たしたレイモンド・

ウィリアムズ (Raymond Henry Williams 1921-1988) が着手したものがある。個性が強すぎて使いにくいところもあるが、『キーワード辞典』(1976, 晶文社 1980) (『完訳キーワード事典』平凡社 2011) という書物です。ドイツでは、歴史学者、オットー・ブルンナー (Otto Brunner 1898-1982)、ヴェルナー・コンツェ (Werner Conze 1910-1986)、ラインハルト・コゼレック (Reinhart Koselleck 1923-2006) 編『歴史の基礎概念—ドイツにおける政治-社会用語の歴史辞典』(1972~77) という、社会の仕組みと基本概念をまとめた大きな成果がある。フランスではミシェル・フコー (Michel Foucault 1926-1984) が19世紀フランス近代の社会システムとディスクールに対応を扱い、日本でもかなり知られています。そのフコーの先生にあたるジョルジュ・カンギレム (Georges Canguilhem 1904-1995) は、生物学の歴史を徹底的に批判的に検討した『生命の認識』(1952, 法政大学出版局 2002) という大変面白い本を出しています。これは機械論対ヴィタリズム (ヴァイタリズム) の対立、あるいはデカルトの「二元論」対「一元論」のような既成の知の構図をひっくり返す、——例えばデカルトが言っていることはアリストテレスが言っていることと同じではないか、というように問題の設定の仕方を台無しにしてしまう、問題設定を組み換える提案があちこちでなされています。イヴァン・パヴロフ (Ivan Petrovich Pavlov 1849-1936) のような動物 - 機械論系の嫌いな人で、ベルクソン (Henri-Louis Bergson 1859-1941) の味方をしています。フコーもヴィタリズムのインディケーターとしての有効性を英語のインタヴュー集で言っていたと思いますが、1960年代にヨーロッパの生命観の総ざらいに向かうチャレンジ、哲学と生物学の統合が試みられ、そのような下地があつてこそ、フランスだけでなく国際的に大きな影響を与えた分子生物学者、ジャック・モノー (Jacques Lucien Monod 1910-1976) の『偶然と必然』(1970, みすず書房



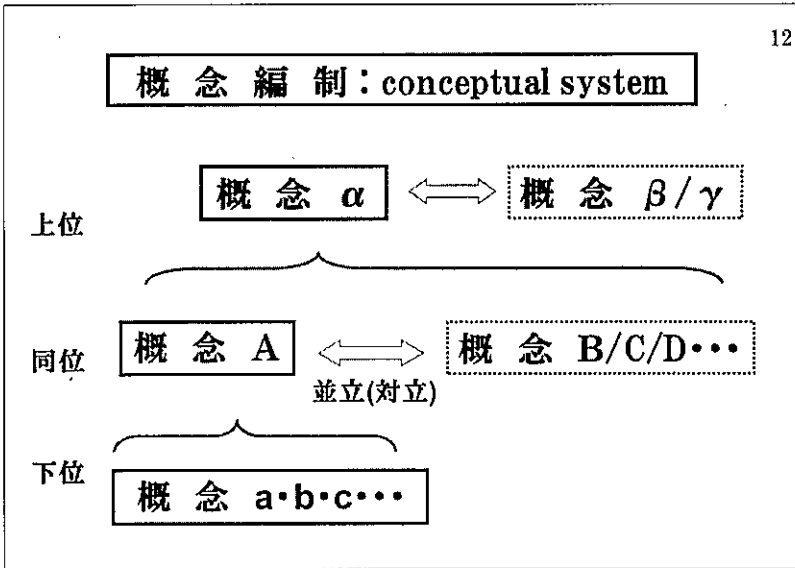


図1 概念編制

1972) という提起がなされたと考えられます。それらをヒントに、いわば、それに対応する仕事、アジアの概念構成や生命観の歴史を検討すること、それを通じて、ヨーロッパの思考を相対化するような試みがひらけると思っています。

概念のことは、どうも日本人は苦手みたいな意識があり、避ける風潮が長く続いてきたようですが、それらヨーロッパの仕事を参照にしながら、概念相互の構成、概念編制の組み替えを、このような図式で考えてきました(図1)。概念というと、すぐ定義がどうの、と考えるのですが、定義は一人ひとり違うことがほとんどです。そのような定義ではなく、概念相互間の関係、上位、下位や並立の、どの位置(ポジション)にあるのか、その構成が組み替わってきた歴史を考えることを提案しながら、研究を進めてきました。ヨーロッパ近代は比較的

単純で、もう先行きが見えていると言われてはいますが、東アジアではまだこれからですし、きわめて複雑です。東アジアの20世紀について、この研究が進めば、欧米にも逆にはねかえってゆくと考えています。大学の学部・学科の構成などに、直接の対応関係が見られますので、その点でも、今日の学の編制の問題を考える際に、具体的な有効性があると思っています。

## 2-2 大学の学部編制

例えば、日本の1872年の学制では、ヨーロッパのキリスト教神学にあたるものを大学に設置することが考えられていましたが、1877年、東京大学ができたときには消えていた。そして1886年に帝国大学ができたとき、工科大学を抱え、3年後には農科大学を抱えた。そのような編制の総合大学は、当時、世界にありませんでした。アメリカでもヨーロッパでも大学が工学部をもつのは、ほとんど1970年前後からです。端的にいうと日本の場合は、欧米より1世紀ほど早いわけですが。早ければいいかというとは決してそういう問題ではないのですが。どうしてこのような編制になったか、その歴史について東大工学部の先生方は研究しておられますが、東京帝国大学は「実学主義」で「先進的」と言われています。

この編制は伊藤博文がドイツでは反主流派のローレンツ・フォン・シュタイン(Lorenz von Stein 1815-1890)をウイーンに訪ね、ヨーロッパの国法事情とともに大学の組織についても学び、テクノクラート、官僚と技術官僚をつくる大学として帝国大学を発足させたわけです。その国策推進の体質を東大は戦後もずっと引きずってきたと言ってよいでしょう。いいかえると、基礎科学を尊重する制度になっていない。

農学部を入れたのは、別の事情、ドイツで農業に生物学と化学を導

入し、つまり化学肥料によるもの変わったとき、総合大学のなかに農学部がつくられた。それを導入したもので、農商務省のお雇い外国人がドイツ系だったからに違いありません。

そして、この総合大学の編制は、日本の植民地統治を通じて台湾、そして朝鮮半島に縮小版がつけられました。地域的な特殊性を勘案したものです。中国からは視察に来て、北京大学のものは、東京帝国大学のシステムを学んでいってできたものです。ほかにもカイロ大学は第二次世界大戦後に工学部をもちますが、これも東京大学にならったものでしょう。たくさんの留学生が来て、帰国後、カイロ大学の工学部で教え、エジプトの国家事業を支えてきました。そのように国際的な役割を果たしてきたわけです。

第二次世界大戦後にはドイツでは総合大学は農学部を切り離します。北京大学も切り離しました。また、アメリカなどで神学部をもたない大学ができてはじめます。神学部をいわば文学部にあたるところに移管する動きもありました。その移管のために、アメリカの大学から日本に視察に来てもあります。日本は最初からなかったのだけれど、向こうにとっては19世紀のうちに神学部抜きで大学をつくることは考えられないことでした。そういう編制の基本から考え直していかないと、よく解けないことがたくさんあると思います。そして、第二次世界大戦後の編制替えにより、日本の明治からの大学制度の特殊性が、今は、わからなくなっているわけです。ほぼ1世紀の間、日本の大学がよかれあしかれ非常にユニークだったことは間違いない。

### 3. 「エネルギー」をどう受け止めたか

#### 3-1 エネルギーという概念

第三に、日本において中国よりも先に科学技術が発達したのはなぜか。各藩の官僚にあたる層が武士で、中国の士大夫とは向きが違っていたということは言われてきました。19世紀半ばに、ランキン(William John Macquorn Rankine 1820-1872)がエネルギー概念を統一し、それを伊藤博文らの長州ファイブ(長州五傑)と言われる人たちがキャッチし、山尾庸三がグラスゴー大学で見習い工の訓練を受け、今日では「日本の工学の父」と言われるようになりました。西周はそれより1年前にオランダのライデン大学でそれをキャッチしていた。どちらも非常に早かった。

それについて、彼らも中国でできた訳語を借りながら、エネルギー一元論をキャッチしたということをめぐる、少し新しい研究ができると思います。ヨーロッパの物理学界にエネルギー一元論が台頭した時代に、それを日本人はどのように受け止めたか、という研究はほとんどなされていないようですから。

ロブシャイド(W. Lobscheid)『英華字典』(1866~69)の翻訳版の変化を見ますと、1879年版では、「エナジー」の訳語としては「力」とか「勢力」、「心力」も使われます。1897年、19世紀終わりぐらいになると、「エナジー」が完全に物理学の用語として知識人の間に定着していることがはっきりします。“inherent power”という意味も明確です。外からもらうにしても、物体が中に蓄えた力が「エナジー」ですね。

これで、「力」の概念がニュートン力学と違うことがはっきりわかります。ニュートン力学の“universal gravitation”を、なぜ、「万有

引力」と訳してしまったのだろうか、という疑問も浮かびます。物体が力をもっているなどとニュートンは考えていませんでした。物体が引き合う力の原因はわからないと言っていた。要するに神様を示唆していたのです。ニュートンが敬虔なユニテリアン（Biblical Unitarianism）だったことはよく知られています。

井上哲次郎（1856-1944）『哲学字彙』（1881）では「元氣」という訳語が出てきます。「元氣」というのは宇宙の根源の「氣」、いわば道教的な「氣」です。これについては今日、詳しくお話する時間はないのですが、上海の近くの寧波で“electricity”が「電気」と訳されます。「電気」の「氣」は「エネルギー」の翻訳語に転用されたと考えて間違いないと思います。

熱力学の成立については——金子先生からお話があると思いますが——、そのとき諸概念は産業革命時の経済学から借用していますが、それはともかく、中国ではキリスト教宣教師が放電管のような実験をして見せ、「一神教でない、こういうことはわからない。多神教は迷信みたいなもの」とキリスト教の宣伝をしていたわけです。イギリスでは、ちょうど、聖職者でもあったマイケル・ファラデー（Michael Faraday 1791-1867）が実験に活躍していた時代です。今でも中国の広東のシャーマン（沙面）地区の教会に大きなパネルが張ってあって、「自然科学というのは神の力を解き明かすもの…」と書いてあります。

江戸後期に平賀源内（1728-1780）が“electricity”を「エレキ」などの語を用いて訳していたことはよく知られていますが、それを日本で受け止め、その訳語が「電気」に替わる。寧波で出た本が上海から幕末の日本に入ったこともわかっています。それを明らかにされた方は「なぜ、『雷』ではなくて『電』だったのか。光だから『電』だった」と解き明かされたのですけれど、わたしは「氣」の方が気になって調べていたのです。

先の辞典類と合わせて、「気」がエネルギーの訳語として使われていたことははっきりしたのですが、しかし、それにも変化があります。“radio activity”の発見のニュースが日本に入ってくると——この経緯についても金子先生が書いておられますが——これを「放射能」と翻訳した。「気」で押し切ることもできたのですが、“activity”なので「能」と訳したわけです。

今、中国ではエネルギーの訳語は「能」です。石油などエネルギー資源は「能源」と言う。日本では、エネルギーとその資源の使い分けはしないで、全部「エネルギー」ですませ、「自然エネルギー」とか言っていますが、このこと自体、いろいろな問題をはらんでいると思います。最近、栄養士さんも、食べ物について、以前のように「カロリー」

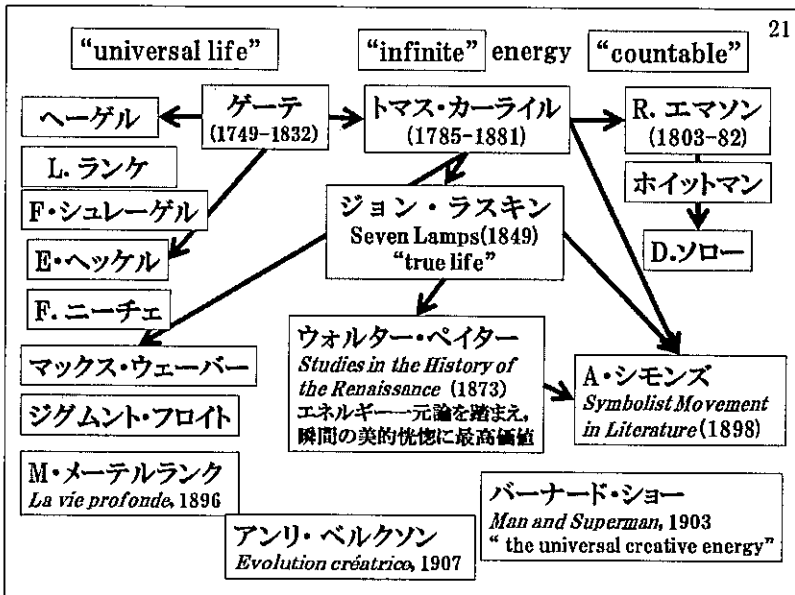


図2 欧米思想の分類図

と言わなくなって——カロリーは単位の名称ですが——エネルギーを体内に取り込むという言い方をしているようです。エネルギーのもとを取り込むのか、エネルギーそのものを取り込むのか、体内でどのように効率的な変換が行われるか、そこに阻害要因があるかどうか、などなどの話を抜きにして——これは「カロリー摂取」でも同じことだったので——ともかく、今日の日本では、エネルギーとそのもとの区別をしない用法が広がっているわけです。

この欧米思想の分類図（図2）は、英語圏では、まだ多分研究されていないと思いますが、19世紀の半ばぐらいから20世紀の初めぐらいにかけての、英語圏、ドイツ語圏、そしてフランス語圏の文科系の主要な人たちをエナジーを“infinite”なもの、「永遠なるもの」と考えている人と、そうではなくて“countable”と考えている人をおおざっぱに、色分けしています。こんなにはっきり分けられないところもあるので、色分けして見ました。カーライル（Thomas Carlyle 1795-1881）は、もちろんヴィクトリア朝の代表的な思想家で、産業革命が一段落したのち、人間の身体、教会の組織が機械のようになっていることに反対し、そして彼が労働者が賃金奴隷になっていることを指摘したことは、よく知られています。彼は、それに対して、神聖なスピリチュアルな“infinite energy”の働きを対置していたのです。その思想は、アメリカのエマソン（Ralf Wald Emerson 1803-1882）に共有され、その流れがラスキン（John Ruskin 1819-1900）へ、またホイットマン（Walter Whitman 1819-1892）に受け止められてゆくというようなことです。各人、内容に変化を伴っていますので、かなり面白い研究だと思います。

わたしは生命中心主義（life-centrism）について長く研究してきましたが、それにエネルギー概念が非常に大きな働きをしたことが、だんだんはっきりしてきたので、全体をもう一度、見直さないとイケな

い。生命とエネルギーとの関係が19世紀後半に組み換えが起こり、20世紀に入ってくる、という見取り図で考えています。米本先生は多分ドリーシュ（Hans A.E. Driesch 1867-1941）がらみで、そのあたりのことをお話くださると思います。

### 3-2 エネルギー一元論の受け止め

さて、そのエネルギー一元論は日本で、どのように受け止められたのか。次は、その問題です。エネルギー一元論、エネルギー *énergétique*、あるいはエネルギー *energetische* の受け止めについて、少し研究をしてみました。非常に面白いことに、志賀重昂（1863-1927）の有名な『日本風景論』（1894）は、エネルギー一元論を受け止め、火山の活力が盛んな「日本は素晴らしい」と言っている本だったのです。だから日本は日清戦争に頑張ろうという論調です。日本人は火山の噴火で、いろいろひどい目にあってきたが、そんなことはたいしたことじゃない、それより活力にあふれていることが大事という意味のことをはっきり書いています。これまで『日本風景論』については、江戸時代の漢籍の流れが強調されてきましたが、それだけではない。根本的な考えがエネルギー一元論だったのです。そのような読み直しができるのです。

井上円了（1858-1919）というお化けの先生も、まず迷信撲滅をぶつたのは、それを受け止めてのことでしたが、仏教で、それを超えることを述べるようになります（『哲学一夕話第二篇 神ノ本体ヲ論ズ』1886）。西村茂樹（1828-1902）は文部省の書記官で書物の編纂掛、すべての書物の元締めをやった人で、俗に「大書記官」などと呼ばれています。退職したのちに「宇宙間唯一ノ元氣アルノミ」と言っています（『自識録』1900）。この「元氣」は道教の「元氣」ですが、その



「元氣」が“spirit”と“matter”に分かれ、“matter”が“form”をつくる。そして「形成りテ力之二寓ス」という。「形」ができて、その内に存在するものですから、この「力」は“energy”です。すると、エネルギー一元論を受け止めはしたが、道教の「元氣」の下位に“energy”を置いたということがわかる。これは何をやろうとしているかという、唯物論と唯心論（観念論）の対立を解決しようとしたのです。井上円了もそうですが、そのような問題意識は1900年前後の日本の知識人のなかにならかなりあったのです。

夏目漱石（1867-1916）も「元来人間の命とか生とか称するものは……活力の示現とか進行とか持続とか評するより外に致し方ないもの」（『現代日本の開化』1911）という。これは命、生命をエネルギーに還元して考えている。この「活力」がエネルギーの訳語だということは別の講演で言っています。「持続」の方は、ベルクソンの *durée* で、間断のない意識の流れです。漱石はほかの講演で、ベルクソンをしょっちゅう引用しています。ただし、漱石は『創造的進化』（1907）には反対の立場をとっています。個人が活力を勝手に発現したら、世の中の秩序がめっちゃめっちゃになるから、それをなんとかしなくてはいけないというのが漱石の考えでした。明治の末期から大正初期にかけての知識人にエネルギー一元論は確実に受け止められており、その世界の根本に働いたことは、これまでの例で明らかだと思います。

もう一人あげておきます。幸田露伴（1867-1947）。露伴『努力論』（1912）は「宇宙の大動力による生成活動」を言っていますが、ただし、「力不滅説」（エネルギー保存則）には懐疑的で、非ユークリッド系幾何学などを引き合いに出し、自然科学はその圏内のもの、その時代時代に真理は変わると言うことを言っています。この「圏」はカテゴリーの翻訳語だと思います。露伴は高等専門課程にあたる東京電信学校を出た人で、ほとんどイギリスから来たお雇い外人から英語で電信の基

礎を習っていたのです。こういう訓練を受けているので、自然科学の基礎はわかっていたと思います。真理は一つのカテゴリーのなかで、その時代にしか通用しないということを叩きこまれていたのです。

これはトマス・クーン (Thomas Samuel Kuhn 1922-1996) のパラダイム変換論のおおもとのところですね。クーンの「パラダイム」の語は、「一つの学問分野の原理」というもとの意味を外れているとか、一冊の本のなかで「パラダイム」の用法が21通りもあるなどと、ケチをつけられましたが、露伴のように言うなら、そのようなことは起こらない。当時の大ベストセラー、今でも岩波文庫で買える大ロングセラーになった『努力論』のなかで、こんなことをちりりと言っていたのです。ただしエネルギー保存則を疑っていますから、「宇宙は不滅」だなんてあり得ない、と考えていました。「でも、当面はまだ大丈夫」と言っています。

このようなことが次第にわかってきたのですが、エネルギー概念を日本人はどう受け止め考えてきたのかということについては、まだまだ先の長い話になります。英語、ドイツ語、フランス語の文献では電子テキストで“energy”まで入れて検索すれば、確実にヒットするのでピック・アップが非常に簡単です。もちろん“power”、“force”と使い分けしているかどうか、計量化しうるものと考えているかどうか、をチェックする。ところが、日本の文献では「勢力」「元気」など訳語もさまざまですし、特に困るのは、ただ「力」としていて、“energy”の意味で用いているのかどうか、見分けるのがなかなかむづかしい文章もかなりあるのです。先の一覧表にした英独仏の思想家たちの著作の翻訳本でも、単に「力」と訳されていることが多い。翻訳者が“power”、“force”と“energy”の使い分けを意識していないことが明らかです。つまり、この問題は、これまで翻訳者たちの問題意識にのぼるような提起がなされたことがないようです。この問題は、とても

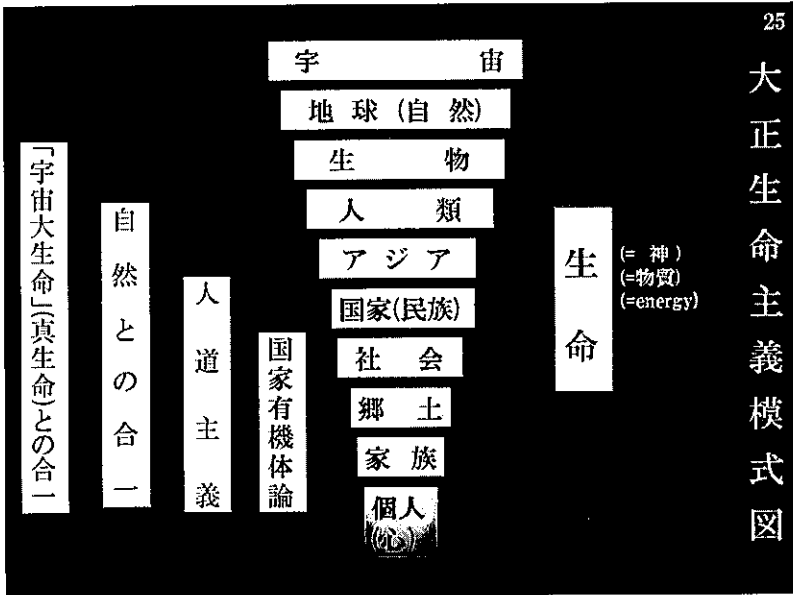


図3 「生命主義」概念図

わたしひとりの手に負える問題ではないことも明らかです。

#### 4. 新たな「生命観」の構築

これはわたしの言う「生命主義」の概念図です(図3)。「生命」なるものを宇宙や世界の第一原理に立てる思想を「生命主義」と呼んでいます。神学でも物質でもなく——欧米の理神論では、神学も自然科学も目的は一つとなります。マックス・プランク(Max Prank 1858-1947)は1937年の講演で、そう言っていますが——、それらに代えて「生命」を世界の原理とする思想です。ただし、「神は生命である」というトルストイの考えや、「エネルギー保存則」と「生物進化論」

を同等のものとして世界の原理に立てるエルンスト・ヘッケル (Ernst H.P.A. Haeckel 1834-1919) の生命一元論——「エネルギー一元論」と「生命」を重ねていました——の考えも 20 世紀の特に前半には大きな働きをしてきたので、そこで、「神」や「物質」と同等のものとして「生命」を宇宙の原理として立てる思想も一括して、「生命」原理主義と定義し、その流れを一括して考えることを提案してきたのです。しかし、ここへきて、“energy”に着目してみると、西村茂樹や漱石、また志賀重昂のような例が出てきたので、「物質」と分けて、「エネルギー」概念を立てた方がよいということになるわけです。これで、もう一度、やり直しというわけです。

こちらは日本の「生命主義」者の一覧表 (図 4) です。「大正生命

生命主義の思想家・作家・詩人・歌人・俳人・美術家				26
〈先駆け〉	北村透谷	国木田独歩	小川未明	太田水穂
	岡倉天心	徳富蘆花	北原白秋	若山牧水
	高山樗牛	島崎藤村	三木露風	前田夕暮
	木下尚江	岩野泡鳴	高村光太郎	斉藤茂吉
	西田幾多郎	有島武郎	神原 泰	折口信夫
	和辻哲郎	武者小路實篤	萩原朔太郎	高浜虚子
	土田杏村	柳 宗悦	室生犀星	(ca1930)
	谷川徹三	島村抱月	白鳥省吾	福原有信
	笈 克彦	金子筑水	宮沢賢治	福来友吉
	田中智学	相馬御風	中原中也	川村理助
大杉 榮	片上 伸	三好達治	松浦 一	
賀川豊彦	生田長江	岡本かの子	岡本太郎	
平塚らいてう	中沢臨川	西脇順三郎	高見順;反省	
倉田百三	厨川白村	芹沢光治良	大庭みな子	
		〈昭和戦前〉		
		〈戦後〉		

図 4 日本の「生命主義」者

主義」と言っていたときと違って、日露戦争前と昭和戦前期、戦後期の人名も加えています。これについて述べることは、時間の関係もありますし、わたしの我田引水と思われそうなので、すべて割愛します。

総じていえば、多分、わたしたちはエネルギーの文化史をつくりだしていかないといけないのだと思います。『エネルギーの科学史』（小山慶太 河出書房新社 2012）という本が出ています。大いに参考にしようと思ったのですが、概念のことをまったく扱っていない。これではニュートン力学の時代とエネルギー力学の世界で何が変わったのか、それすらわかりません。

ランキンがエネルギー概念を統一したことについて、次に金子先生からお話があると思います。なぜかわかりませんが、ケンブリッジの物理学史の教科書では、ランキンの果たした役割が、はっきり書いてないようです。ケンブリッジとグラスゴーとがライバル関係にあるのか、それともランキンはエンジニアで、サイエンティストより位が低いから、あまり評価しないのか、それとも、ランキンはエネルギー概念の統一を学生用の教科書に書いたからなのか、素人のわたしには、よくわかりません。日本の大学制度から見る限り、ランキンはとんでもない役割を果たした人に見えてくるのですが、イギリスの物理学史のなかでは必ずしもそうになっていない。そんな問題もあります。

今では、国別のエネルギー消費が人口比と組み合わせられて国際的に示されている時代です。CO<sub>2</sub>の規制と同様、エネルギー消費率も売り買いの対象になる日がくるのかもしれない。これは国民経済学の展開と密接にからむ問題ですね。一つの国のなかのエネルギー資源がどれくらいあるか、という関心は、ニューデールのころ、アメリカで調査が始まった。これは世界大戦に備える意味もあったと推測されます。日本が東南アジアに侵出し、対米英蘭との開戦を決定的にしたのも、よく知られているように、煎じ詰めれば原油の問題です。ジャワ（イ

インドネシア)の原油が欲しかったから、宗主国オランダに開戦宣言したのです。20世紀の前半の終わりは、エネルギー資源の確保が問われていたのです。そして、今は、地球環境問題とならんで、地球資源の問題が問われている。

科学技術の問題は科学技術が解決するという意気込みは結構ですが、それではすまないことが多すぎるでしょう。20世紀の世界を見れば一目瞭然だと思うのですが。「エネルギーの科学史」も結構ですが、概念の問題を考えれば、熱力学が産業経済学から概念を借りていることにもつながりますし、エネルギー元論は、太陽からの熱をエネルギー源に用いることができるというバラ色の夢をまき散らしもし、オストヴァルト (Friedrich Wilhelm Ostwald 1853-1932) は「エネルギーの尊重」を言わなければならなかったようです。また経済学が国民経済学になったときに、エネルギー問題は、どんなふうに展開したのか、というように設問の範囲が拡大して当然なので、それゆえ多分野間の協力が問われてくるのです。

わたしがやろうとしているのはポスト・ヒューマニズム (脱人間中心主義) の新たな生命観をつくることです。人間だけでなしに、生物全体の命を大切にしようというのは大変結構なことだけれど、生命本位という考えには危ないところがある。端的に言えば、それが「民族の生命」に収斂したとき、死して「民族の生命」と一体となるという「高邁な」考えが蔓延したのです。2001年の9.11は、神風特攻隊にヒントを得たものということがずいぶんはっきりしてきているらしい。ただし、9.11は、死してアッラーの神に召されて「永遠の生命」の流れに生きるという考えがおおもとにあり、日本の特攻隊とは支えている理念が違います。

ポスト・ヒューマニズムの生命本位主義に忍び込む危険性をチェックするために、わたしは20世紀の生命中心主義の研究を続けてきた

のですが、それにエネルギーの概念がかなり関わってくるのがわかってきた。またエネルギー概念に着目することによって、その流れが、「歴史主義」と言ってきた思想の系譜や日本における「近代の超克」思想、「生成発展する民族の生命」説とかにも密接に関わることが明確になってきたわけです。歴史主義は、唯物史観のように歴史は法則によって発展するものではなく、歴史事象の「生成」を促す根源的な生命の流れを想定する歴史観です。マックス・ヴェーバー (Max Weber 1864-1920) の『社会科学と社会政策にかかわる認識の「客観性」』(1904) に登場する「計りがたい生起の流れは、永遠に、かぎりなく転変を遂げていく」という歴史観も、これに深く関わるでしょう。そのような考え、つまり 20 世紀を通してマルクス主義に対抗した生命主義思想の形成には、エネルギー一元論の台頭に大いに促されたところがあります。ただし、マックス・ヴェーバーは、文化の底に物理力を見るオストヴァルトには反対していました。そういう分岐はありますが、20 世紀では「生成」や「生起」は、いわば無意識に突き動かされていることを含意する語だということが、日本では、特に最近、ほとんど意識されていないということにも気がつきました。

## 5. 「情報」について

最後に、情報化社会の弊害について。脳内にまるでコンピュータが仕掛けられているかのように考えることが非常に広がっている。先日テレビの動物番組で、ムササビが木に飛び移るときの筋肉の動きを解析して、「すごいコンピュータが脳内にあって調節している」と生物学者が説明していました。言語学ではチョムスキー (Avram Noam Chomsky 1928-) の普遍文法論もその発想で、アメリカでは言語学者の半分くらいが信奉し、残りの半分はまるで馬鹿にしていると

いう状態で、そのあいだに論議もなされないようです。

もう一つの問題は、遺伝子を情報として読むことが常識になっている。あるいは設計図にもたとえます。それは、自然は神によって設計されているという理神論の展開、自然が情報を発信しているという考え方に属することになります。人間同士の合図に使ったものの歴史をたどることはできますが、それとは異なる用法ですね。それについて尋ねると、森さんが「情報を考える」のシンポジウムで、「情報は世界です」とまとめた。世界は情報でできており、それを人間が受け取っているという、いわば情報世界観です。人為でやっていることと、人間のタッチしない自然が行っていることとの混同が非常に起こりやすい状態になっている。もちろん、お前は人為と自然を簡単に分けるが、人間だって自然の一部、という反論がすぐ出ることはわかっています。その関係は、では、どうなっているのかについて、もう一度考え直していったほうがいい。ということでわたしのご報告を終わりたいと思います。



## 質疑応答

荒川 確かに鈴木先生が言われた通り、日本人は概念操作が苦手で、そのことと「気」の使い方は大いに関係していると思います。道教の影響は大いにあったけれど、江戸時代の日本の知識人は皆、朱子学の知識をもっていたのであって、「気」と言った場合、「理」に対する「気」、理気二元論ですね。そして朱子学者はだんだん気一元論になっていくわけです。朱子学の貝原益軒（1630-1714）も古学の伊藤仁斎（1627-1705）もそうで、もう「理」はいいんだとなる。安井息軒（1799-1876）の門人だった西村茂樹の気一元論もその流れにあると思います。江戸時代の日本人がそのように受け止めた朱子学的な理解が明治になっても、また現代でも続いているのではないかと思います。

西洋の科学が入ってきて、もちろん「心理」というように「理」という言葉も使うのですけれど、日本人特有の言葉としては「元気」というような言葉が定着していく。「理」というのは非常に概念的なもので、日本人にはあまりなじまない。それが現代にもつながっているとします。

鈴木 ありがとうございます。ただし、陽明学も「一気」をよく使いますね。西周（1829-1897）は、最初西洋の「理」を朱子学で受け止め、自然と人為の区別が気がついてゆく。山路愛山などはキリスト教も儒学も仏教も「理」で受け止めるので、宇宙の外も内も区別がつかなくなる。さまざまなトレンドがあると思うのです。その働きを荒川先生がおっしゃるように、もう一回整理してみる必要があると思います。わたしは、むしろ理一元論でヨーロッパの理を受け止めたと…。

荒川 そうです。ヨーロッパの学問が入ってきて理一元論になった。

鈴木 キリスト教の神が精妙につくった宇宙の仕組み、その解明に向かう情熱がニュートンの法則の発見につながったという関係をつかまないうで、簡単に「天理」で受け止めた。だから仮説も仮説としないで、自然科学崇拝が生じたと考えてよいと思います。朱子学はもちろん「理」を先に立てます。「気」は形而下で動くものです。「理」が大事だという考え方の装置はあったわけです。

他方で、先生がおっしゃるように気一元論的な流れもある。それによってエネルギーが「気」や「元気」と翻訳された。その筋道がはっきりしてゆくと思います。岡倉天心なども象徴主義に向かうヨーロッパ美術の流れを「気」一元論的に受け止める。つまりヨーロッパの科学や思想を受け止めるときに、東洋思想の働きが二通りあって、それらがどう働いたのか、それを考えてゆく研究につながるご質問だと思います。ありがとうございます。

プロジェクトメンバー表

A: エネルギー		
金子 務 (リーダー)	大阪府立大学名誉教授	(科学ジャーナリズム)
米本 昌平	東京大学先端科学技術研究センター特任教授 / 総研大客員教授	(生命倫理、地球、環境問題)
稲賀 繁美	(総研大) 国際日本研究専攻教授	(異文化交流史・美術史)
劉 建輝	(総研大) 国際日本研究専攻准教授	(日中比較文化、文化交流史)
鈴木 貞美	(総研大) 国際日本研究専攻教授	(日本文芸・文化・思想史)

B: 生命		
池村 淑道 (リーダー)	長浜バイオ大学 バイオサイエンス学部 学部長 (国立遺伝学研究所名誉教授 / 総研大名誉教授)	(遺伝学)
米本 昌平	東京大学先端科学技術研究センター特任教授 / 総研大客員教授	(生命倫理、地球、環境問題)
原 正一郎	京都大学地域研究統合情報センター教授	(歴史文学とコンピュータ・サイエンス)
金森 修	東京大学情報学環 教授	(科学思想史・科学文化史、医療・医学史)
金子 務	大阪府立大学名誉教授	(科学ジャーナリズム)
柴崎 茂光	(総研大) 日本歴史研究専攻准教授	(歴史と科学技術)
稲賀 繁美	(総研大) 国際日本研究専攻教授	(異文化交流史・美術史)
伊東 貴之	(総研大) 国際日本研究専攻教授	(中国思想史・心身関係論)
劉 建輝	(総研大) 国際日本研究専攻准教授	(日中比較文化、文化交流史)
鈴木 貞美	(総研大) 国際日本研究専攻教授	(日本文芸・文化・思想史)

C：情報		
中村 康夫 (リーダー)	(総研大) 日本文学研究専攻教授、専攻長	(歴史文学とコンピュータ・サイエンス)
原 正一郎	京都大学地域研究統合情報センター教授	(歴史文学とコンピュータ・サイエンス)
池村 淑道	長浜バイオ大学 バイオサイエンス学部 学部長 (国立遺伝学研究所名誉教授 / 総研大名誉教授)	(遺伝学)
金子 務	大阪府立大学名誉教授	(科学ジャーナリズム)
稲賀 繁美	(総研大) 国際日本研究専攻教授	(異文化交流史・美術史)
鈴木 貞美	(総研大) 国際日本研究専攻教授	(日本文芸・文化・思想史)

D：科学行政		
金森 修 (リーダー)	東京大学情報学環 教授	(科学思想史・科学文化史、医療・医学史)
原 正一郎	京都大学地域研究統合情報センター教授	(歴史文学とコンピュータ・サイエンス)
池村 淑道	長浜バイオ大学 バイオサイエンス学部 学部長 (国立遺伝学研究所名誉教授 / 総研大名誉教授)	(遺伝学)
金子 務	大阪府立大学名誉教授	(科学ジャーナリズム)
斎藤 努	(総研大) 日本歴史研究専攻教授、専攻長	(歴史と科学技術)
柴崎 茂光	(総研大) 日本歴史研究専攻准教授	(歴史と科学技術)
戸部 良一	(総研大) 国際日本研究専攻教授、専攻長	(軍事・外交と科学技術)
伊東 貴之	(総研大) 国際日本研究専攻教授	(中国思想史・心身関係論)
鈴木 貞美	(総研大) 国際日本研究専攻教授	(日本文芸・文化・思想史)

若手研究者による協力

その他 / 補助		
石川 肇	国際日本文化研究センタープロジェクト研究員	(日本近現代文学・レトリック史)
堀 まどか	国際日本文化研究センター機関研究員	(比較文化・比較文学)
長門 洋平	国際日本文化研究センター機関研究員	(メディア音楽学)
上條 真弘	(総研大) 生命科学研究科生理科学院生	(生理科学)
徳永 誓子	(総研大) 文化科学研究科国際日本研究院生	(国際日本研究)
楊 爽	(総研大) 文化科学研究科国際日本研究院生	(国際日本研究)

**学融合と発散の諸条件：  
エネルギー概念を中心に**

**金子 務**

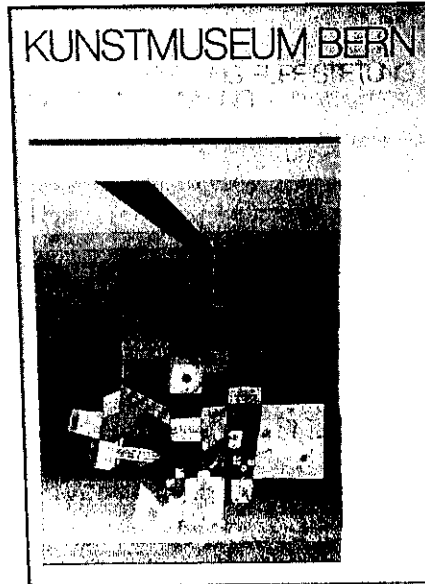
(大阪府立大学名誉教授)

## はじめに—クレーとエネルギー

本プロジェクト全体の大きなスキームのなかに、エネルギーをテーマにして学問のいろいろな融合について考えようというエネルギー班があり、私はその班のまとめをやらせていただきました。諸概念、あるいは概念を構成している学問が多角的に融合し、また融合してできた概念が拡散していくという現象が、エネルギーという概念についても見られます。今日はそれについて若干考えたことをお話しします。

パウル・クレー (Paul Klee 1879-1940) の有名な 1922 年の絵『当惑する場所』(P35) を見ていただきます。スイスのベルン市立美術館では、パウル・クレー・センターに移管する 10 年ぐらい前までクレーの所蔵品をほとんどみな所蔵していました。アインシュタイン (Albert Einstein 1879-1955) は特殊相対性理論を樹立した 1905 年当時ベルンにいて、転々と下宿を替えていましたが、一番長くいたところが今、アインシュタイン・ハウスという形で博物館になっています。私はそこに行ったときに、何度かこの美術館に寄りました。エネルギーのことをまともに考え、それを表現しようとした画家がクレーだったと思います。クレーは日記のなかで、「光のエネルギーを写真のネガのように記録するのだ」と言っています。クレーには星や波などいろんなシンボルが出てきますが、この絵にある矢の印は 1922 年ごろ、彼の作品の一番初期から登場していて有名です。ゲーテの研究もされた前田富士男先生 (慶應義塾大学名誉教授) はクレーの国際的な研究者ですが、クレーについての研究を集大成された最近の著作 (『パウル・クレー 造形の宇宙』[慶應義塾大学出版会 2012]) でも、矢印について触れておられます。

矢印には多様な意味があって、まず根源には太陽から降る光エネルギーが植物の葉などに捉えられて炭酸同化作用で化学的に変化して、



『当惑する場所』のポスター

地上生命の根源になっていくシンボルでもあります。『当惑する場所』は光の層を縦に荒々しく引き裂くような矢印と、横向きの小さな矢印が特徴的です。クレーは第一次世界大戦のときに、自分で志願して航空関係の兵役についています。この絵はおそらく空襲の悪夢を想定している場面で、下は波止場らしいと言われています。上からドスンと異常なエネルギーが降ってきて、右矢印方向に待避しようという図かもしれません。

次の作品は『バラの風』（1922年）です。クレーはよく植物を描いていますが、真っ赤な太陽の光に満ちた世界の中に矢印が飛び回っているという絵です。こういうものを見るにつけても、クレーはゲーテの影響を非常に強く受けていることがわかります。私は「ゲーテ自然科学の集い」という研究会（1969年設立）を半世紀ほど前に立ち上



げた一人です。ゲーテはメタモルフォーゼ、形態変化を非常に重要視しています。ゲーテのメタモルフォーゼというのは、一直線の高みにどんどん高まっていく、エアハイテルング (Erheiterung)、高昇という矢印と、それがポラリテート (Polarität)、分極という、プラス・マイナスに分かれ、分節するのですから、らせん構造を描いて変化し伸びていく像になります。ゲーテが描いた原植物の図にあるような、高昇の矢印と分極というダイナミックな要素をもって、生命現象が啓示されていく、とゲーテは考えていたと思います。

ゲーテの文献、『色彩論』(1810)の教示篇のなかにエネルギーという言葉が一回出てきます。けれどもゲーテが亡くなったのは1832年で、熱力学のエネルギー論の成立以前です。エネルギーという言葉自体は、トーマス・ヤング (Thomas Young 1773-1829) という光の波動説を唱えた有名なイギリスの科学者が19世紀の初めに光の強さを表すために使っています。しかしそれは広く認知されることはなくて、一部で使われていただけで、ゲーテ自身はむしろアリストテレスのエンテレケイア (entelecheia) という言葉 (完全な生命力が発揮された現実態) のほうが好きで、よくそれを使っています。

貝原益軒は自分の体の中に植物の若芽が萌えいずるような気を感じることが「楽」であると言っています。貝原益軒のことを「知楽の人」と言いますが、知楽というのは楽しみを知る人、楽を知る人ということです。植物好きで気とエネルギーを重視した点でまさに益軒の世界とクレーの世界は続いているのではないか、その間にエネルギーという概念が横たわっていると思います。

## 1. なぜ 19 世紀フランスでなくイギリスかー ワット機関と気象学の有無

エネルギーという概念はイギリスを中心としてできてきますが、なぜフランスではなくてイギリスなのか。なぜフランスではない、ということに拘るのかというと、フランスには当時名だたる科学者がいっぱいいたのです。例えばフーリエ (Jean Baptiste Joseph Fourier 1768-1830) とカラヴォアジェ (Antoine-Laurent de Lavoisier 1743-1794) とか、その他大勢、挙げればきりがなし。それほど、当時の科学の最先端のいろんな問題は、むしろフランスでナポレオンが出てくる前後の時代にたくさん輩出しているのです。にもかかわらずフランスではなくてイギリスでエネルギーという概念が出てきた。

第一に、ワット機関が本場のイギリスにおいて生まれたということが圧倒的に大きい。1815 年ごろナポレオン戦争が終わって、フランスは少し平和に戻りますが、その時点ですでにイギリスでは産業革命がものすごい勢いで進行していた。ワット (James Watt 1736-1819) の回転機関のみならず、イギリスにおいて 1775 年にワットの分離凝縮器の特許切れ対策に 25 年間特許延長が認められるのです。イギリスの国王が、イギリスの国益から考えて非常に重要だということで特別に認めます。ワットのセパレート・コンデンサーという分離凝縮器がワット機関の生命中の生命です。これは熱いところと冷たいところを常に分けておくという考え方です。熱いところというのはボイラー、冷たいところというのは蒸気を凝縮させるところです。それをきちんと分離すればニューコメン機関のようなエネルギーロスとは起こらないということです。その特許がないと蒸気機関は成立しなかったのです。その特許が切れてしまうので、1775 年に 25 年間特許延長が認められて、1800 年までワット機関が独占するのです。とはいえ、その間も

闇で他の人たちが類似の物を作ってボウルトン・ワット商会に摘発されたり、裁判が起きるということはありました。

おおむね 1800 年を境に高圧蒸気機関の時代が始まる。そしてイギリスの産業革命はものすごい勢いで加速していきます。1830 年には営業運転第 1 号列車である蒸気機関車ロケット号が、綿工業都市マンチェスターと港湾都市リバプール間 48km を走る。今もマンチェスターの科学技術博物館に実物模型のロケット号があり、時々動かしています。その前には蒸気船も出現していて、19 世紀は完全に蒸気の時代に入ってきます。

こういうものを背景としてイギリスの熱学が非常に深みを増していく。非常に無骨なワットの蒸気機関から突きつけられた問題が差し迫っていて、それに対する回答を出さなくてはいけないということが一方であった。

フランスが遅れをとったもう一つの理由は、フランスには気象学が存在しなかったということです。これは航海術と関係あります。イギリスは海洋ないし海軍国家、フランスは陸軍国家です。だから海洋気象に関してそれほど関心がなかった。スイス人やイギリス人には気象学者もいましたけど、フランスにはいなかった。イギリスでは、例えばニュートンの友人であった、ハレー彗星の軌道を確定したエドモンド・ハレー (Edmond Halley 1656-1742) は貿易風をきちんと説明しています。貿易風というのは太陽に照らされて大気が熱せられて膨張して、上に行って凝縮し、またそれが雨になって戻ってくるという、大気の大循環という現象に結び付いていくのです。気体の膨張、凝縮、収縮といった熱力学の基本的なタームに関わる問題というのは、フランスにおいては大きな問題にならなかった。ところがそれを問題にしたのがイギリスなのです。ですからその両方からいって、熱力学という学問は、そういうイギリスの風土のなかから出てきたということ

す。

## 2. 二つの学派（グラスゴーとマンチェスター）の 成立と連携

### 2-1 グラスゴー学派

ワットがいたのはグラスゴーです。グラスゴー大学付き数学器具製造人というポストをもらい、グラスゴー大学に職場を与えられた。ワットの周辺には『国富論』（1776）のアダム・スミス（Adam Smith 1723-1790）のほか、ジョゼフ・ブラック（Joseph Black 1728-1799）という医師もいた。彼は化学教授で、潜熱というものを発見し、ワットの熱科学に対する基本的な理解を大変助けたのです。ワットは水の化学組成についても調べていますし、水が蒸気になると何倍の体積になるかということについてかなり正確な値を追究する実験もやっています。そのほかアンダーソン（John Anderson 1726-1796）というグラスゴー大学の自然哲学の教授がワットの職場に出入りしていました。その教授がある時ニューコメン機関の模型を持ってきて、「動かないんだけど直してくれ」とワットに頼んだのです。これは現在でもロンドンにある模型メーカーが作った非常に精密な縮尺モデルだったのです。ボイラーなども全部寸法を合わせてきちんと作ってありました。けれども10分の1の縮尺モデルにすると、面積は100分の1、体積は1000分1になる。こういうスケール・エフェクトが働く。そうするとボイラーで作る蒸気の絶対量が足りない。だから理屈からいってこれは動かないということがワットの結論だった。そしてワットはこの修理体験にヒントを得て、ワット機関の開発という大事業に乗り出していくのです。

そういうきっかけを与えたのはみんなグラスゴーだったのです。少なくともグラスゴーと、その近辺のエディンバラ大学——やがてスミスもブラックもこちらに移ります——も含めてグラスゴー学派と言ってもいいのではないかと私は思います。そういった環境のなかでワット機関というのは生まれてくる。

18世紀の終わりごろ、グラスゴー大学に時の政府が「欽定講座」ということで工学教育を担当する教授職を初めて制定します。その2代目教授に就任したのがウィリアム・ランキン (William John Macquorn Rankine 1820-1872) です。伊藤博文がランキンにも会っています。ランキンは工学の基本的な問題を初めて体系的に講義をした人物で、その弟子にダイアー (Henry Dyer 1848-1918) がいました。ダイアーが日本に来て、工部大学校をつくり、そこの教頭職として非常に大きな役割を果たしてくれたということがありました。またランキンの同僚に有力者のケルヴィン (Kelvin) 卿がいたのですが、ケルヴィン卿はあとで触れます。ランキンについての科学史家の評価があまり高くないのは、彼が早く死んでしまったということがあるのではないかと思います。彼は工学者で、今日でいえば運動エネルギーに当たる顕在エネルギーと、位置のエネルギーに当たるポテンシャル・エネルギーという2種のエネルギー概念に整理したという非常に大きな貢献をしています。このポテンシャル・エネルギーという言葉自体、ランキンがつくるのです。運動エネルギーも重要ですが、より重要なのはポテンシャル・エネルギーで、これが基本だと私は思います。太陽熱をもとにした自然力のエネルギーのことを考えるときもポテンシャル・エネルギーが非常に問題ですし、原子の中のいろんな電子の位置とか準位によってどういうエネルギーが出てくるかというのも、ポテンシャル・エネルギーと関係あるわけです。ですから原子の内部、あるいは原子間の問題、あるいはそういう化学的な問題も、全部ポテン

シャル・エナジーという言葉で現在統一的に理解できるようになってきていると私は思います。

そういうものをランキンは提示した。

## 2-2 マンチェスター学派

もう一つ、エネルギー概念を成立させる役割を果たしたのがマンチェスター学派です。イングランドのマンチェスターは、スコットランドのグラスゴーから150kmほど南下したところにある産業革命の中心地、綿織物工業の集積地です。エンゲルス（Friedrich Engels 1820-1895）がかなり長く住み、イギリスの労働者の状態について書いた有名な本、『イギリスにおける労働者階級の状態』（1845）があります。18世紀後半のマンチェスターに、一つの研究集団が誕生します。マンチェスター文芸哲学協会で、宗教や政治的信条を離れて、自然の合理的研究と成果の発表を目指す科学の学会として、1781年に設立されます。1662年設立のロンドン王立協会に次いでイギリスでは2番目の学会です。

このマンチェスター学派の中心にいたのがジョン・ドルトン（John Dalton 1766-1844）という人です。ドルトンは化学的な原子論の創始者でありますし、同時に彼によって初めて物理学的な原子論と化学者が結び付きます。フランスのラヴォアジエも含めて、（当時）化学者の大半は、熱というのは物質であるという熱素説だった。ジョセフ・ブラックも完全に熱素説で、熱素説を使って非常に手際良く実験的推理を重ねて潜熱現象や気化熱や融解熱なども提示しています。フランスのカルノーですら、カルノー機関で熱力学の基本をつくりあげたときにはまだほとんど熱素説だったのです。途中から、分子の運動によって熱は生じる、運動が激しくなればなるほど熱は生じる、分子の運動

状態によって熱というものは記述できるという熱運動論に変わってきます。熱が決して物質的な存在ではなく分子運動状態を示すものであることが明らかになっていくのが、19世紀の中ごろに成立する熱力学の思想です。

マンチェスター学派の外縁にいたのが、ドルトンを家庭教師として雇って独学していたジェイムズ・プレスコット・ジュール（James Prescott Joule 1818-1889）です。ジュールは酒屋さんで学会とまったく関係ありません。自分でお金があったから実験室も自分のところで作った。有名な羽根車の実験を通して、どれだけの羽根を回したらどれだけの熱が発生するかということを追究し、熱は運動によって起こるのであって、決して物質的なものではない、運動を重ねればそこからいくらかでも熱が生じてくるという「ジュール原理」を明らかにしたのです。

ジュールはその成果を学会で発表するのですが、誰も相手にしてくれない。ジュールはとにかく素人ですし、専門家のほうは、またいい加減なことを言ってるのだらうと、聞く耳を持たなかった。1、2回発表しても最初はほとんど評価されなかった。ところがグラスゴー学派の中心人物のケルヴィンがたまたまジュールの発表をロンドンで聞くのです。ケルヴィンは爵位をもらった最初の科学者で、ケルヴィン卿と言われています。ジュールの発表を聞くのは、まだ爵位をもらう前で、ウィリアム・トムソン（William Thomson 1824-1907）と言っていた時代です。彼がジュールの発表をこれは大変だと取り上げて、2人が共同で細かな実験を積み重ねていくことによって熱力学の第一法則、やがて第二法則——これはエントロピー増大の法則ですけれども——、それを樹立するに至る。それが1850年前後です。

ワットはワット機関を作るためにグラスゴーを去って、共同事業人のボウルトン（Mathew Boulton 1728-1809）がいるイングランドの

バーミンガム、金属工業の町に出てきますが、ここはマンチェスターからもう少し北部ですけれども比較的近いところです。バーミンガムの郊外のソホーに工場を作って、ワット機関を作ります。このボウルトン・ワット商会からマンチェスターの代理人として派遣されたのがピーター・エワート (Peter Ewart 1767-1842) です。彼がマンチェスターの学会で活躍し、エワートが講演した記録をのちにジュールが読み、それが熱運動論構築のヒントになったということがわかっています。

このようにグラスゴーとマンチェスターの二つの学派がエネルギー保存の法則というものを編み出していったと言っていると思います。

### 3. 新概念を産むための学の融合・統合の諸要件

新しい概念を産むための学の融合・統合の諸要件の第一として、新しい概念や新しい分野の提唱者は周辺を説得するだけの合理性と有効性を明示できなければならないということがあります。例えばジュールの場合、周辺を説得するだけの実験的な手続きをやりましたが、ランフォード伯、ベンジャミン・トンプソン (Benjamin Thompson, Count Rumford 1753-1814) の場合はそうではなかった。トンプソンはアメリカ生まれでイギリスに亡命して、兵器工廠で大砲の砲身をくり抜く作業中に膨大な摩擦熱が発生するのを目撃して、熱運動論を唱えた有名な人物です。ランフォードの実験には周辺を説得できるだけの精密さ、精緻なところがなかったので、かなりアバウトな話でした。しかし熱素説に対しては大打撃のはずなのですが、科学者というのはおおかた保守的で、簡単には賛同してくれなかったのです。

第二は、開放的な研究集団が存在していて、その集団は異質な外部の見解であっても積極的にこれを取り上げ、提案者を受け入れるよう



でなければならない。マンチェスターの学会もグラスゴウの学者たちの集団もそうでした。ワットみたいな職人、あるいはジュールみたいな異端者のやっていることをきちんと評価して、そういった者にも耳を傾けて、そして逃さないという受容者側の態度が存在しないと、せっかくのよいアイデアも立ち消えになってしまうということです。

第三、提案者は自分の成果をレフェリーに当たる大きな学会、あるいは学会誌、あるいは図書などで公開しなければいけない。これは publish or perish、と言われるように科学者であったら当然なことで、そういった手続きを踏んで初めて、新しい概念が認知されていくのです。そして今日なら、報奨システムがあって、各種の名誉や研究費を与えられていくのです。

## エネルギー概念の深化・展開例

### 4-1 ネガワット

現在、エネルギーという概念から省エネが非常に問題になっていますが、それに関係してネガワットという概念が出てきています。アメリカのロビンス（Amory Robbins）教授が提案して、広く受け入れられているもので、省エネによって消費されなかったエネルギーを他のエネルギーと同じ価値があるとみなして、これをカウントするという考え方です。特に 3.11 以降、わが国でも電力会社は大口需要者との間でネガワットの契約を結びまして、エアコンなどの主要電気機器の効率改善によって、無駄になる無効電力の量を効率化によって減らすことができれば、その分だけ電気料金を割引くというネガワット制度を導入しています。

こういう省エネの力が非常に大きい。有名なローゼンフェルド

(Rosenfeld) の法則があります。産業革命期の 1845 年以来、GDP の 1 ドルを生産するのに必要なエネルギーは年率 1% の割合で減少してきた。ローゼンフェルドの計算によると、年 2% に高める省力に成功すれば、20 年後には 80 億人のエネルギー需要をまかなえると言われています。だからこういうエネルギー概念は経済界・産業界で非常に重要な問題になってくる。

## 4-2 ダーク・エネルギー

宇宙論ではダーク・エネルギーの問題があります。1998 年にアメリカの 3 人の学者が加速膨張宇宙を発見して、2011 年にノーベル賞をもらった有名な話があります。今まではビッグバン以降の等速膨張宇宙で、宇宙はある質量を持っているため、やがて宇宙全体の中心に向かう引力が働いて収縮していき、最後はつぶれてしまうという考え方が強かったのです。ところが加速膨張宇宙論が出てきて、宇宙はますます加速膨張していき、100 億年たつと今の倍の大きさに、100 億年ごとに倍になっていく。そういったことがほぼ承認されています。

アインシュタインは一般相対性理論から理想としていた静止宇宙論を導き出すときに、そのまま解を解いていくと宇宙がつぶれて静止宇宙にならないから、静止宇宙にさせるためには反重力のなんらかの力を想定しないとイケない、と考えた。これはハッブル (Edwin Powell Hubble 1889-1953) が宇宙膨張の大発見をする前の話で、当時は静止宇宙論が圧倒的だった。静止宇宙を保つためにラムダ ( $\Lambda$ ) 項という項目が必要だった。これは反重力、反発する力です。これを導入して初めて宇宙がつぶれないで一定の大きさに均衡しているんだということです。けれどハッブルが膨張宇宙をウィルソン山天文台で発見した。アインシュタインもこれを認めざるを得ないというので、

「自分がラムダ項を導入したのは我が人生における最大の過ちであった」ということを、アインシュタインは述べたのです。しかし1998年の加速膨張宇宙の発見で反重力の力が必要になり、アインシュタインのラムダ項がまた蘇ったということです。

#### 4-3 テクノクラートとエネルギー・マネージメントの夢

日本と関係あるので、テクノクラートについて述べます。日本でテクノクラートを非常に鋭く主張し始めたのは、大正から昭和の戦前期です。その中心人物の一人が直木倫太郎（1876-1943）で、満州の大陸科学院の院長になる土木技師です。直木はイギリスのトマス・トレッドゴールド（Thomas Tredgold 1788-1829）のシビル・エンジニア論（1828年）を日本で紹介し、「技術即事業」論を展開しました。技術者は特殊領域の専門家であることから事業全体を統御できる経営者・行政家たれ、という主張だった。日本で昭和17年ですか、技術院が設立されます。この設立に尽力して当時の科学技術動員体制の中心にいたのが直木と連合した宮本武之輔（1892-1941）です。宮本は興亜院技術部長、第七代企画院次長だが、技術院設立を見ずに亡くなってしまいます。この宮本武之輔たち、技術官僚が皆、政官界における文科系優先体制の打破を唱えて技術系の自立と地位向上を指向して運動を展開しました。この時重要なことは、「科学・技術」ではなく四字熟語の単語として「科学技術」という言葉が出現するのが昭和15年です。僕は新聞その他で調べ上げて「科学技術の成立」という論文を書いて出しています。科学技術という言葉が日本の官僚、テクノクラートを中心としてつくられたわけで、このことは非常に重要なことだと思います。テクノクラシーというのはフランスのサン＝シモン（Claude Henri de Saint-Simon 1760-1825）に源流があり、『有閑階級

の理論』(1899)を書いたソースタイン・ヴェブレン (Thorstein Veblen 1857-1929)、アメリカのハワード・スコット (Howard Scott 1890-1970) などによって広められた思想です。経済をマネーではなくエネルギーをもとにして考えるべきだという主張が基本に入っているのです。これは重要な考え方だと思います。

## おわりに—エネルギーを巡る新しい概念

最後にレオナルド・フジタ (藤田嗣治 1886-1968) の、子どもを主題にした一連の創作『小さな職人たち』の「天才」という作品を見てください。現物は15センチ角ぐらいの絵です。ここにフランス語でジェニー (génie) 「天才、才能ある人」と書いてある。天才の坊やがべたべた手や足で床にあとをつけていきます。学会でも、ネガワットも含めて、エネルギーという概念を巡って、才能ある人たちが次から次へと現れて、いろいろな新概念を所狭しとくっつけている状態になっていると思います。物理学で一番の問題であるダーク・エネルギーは現在の標準理論でも解けません。ですから新しい物理学が構築されないと無理でしょう。これはエンドレスに続いていくのではないか。概念の運命は予見できません。ここで終わりにします。



# 生命の認識：19世紀から21世紀へ

—バイオエコシステムロジーが提示する

100年の認識落差の意義—

米本 昌平

(東京大学教養学部客員教授)

## はじめに——ハンス・ドリーシュとの出会い

私は、本プロジェクトのエネルギー班と生命班の両方に属しております。来春、『バイオエピステモロジー』（書籍工房早山）という本を上梓しますが、その内容がこのプロジェクトの目的にそっていると考え、この場で発表することをお許しいただきたいと思えます。

今なぜ「バイオエピステモロジー」という新しい概念を提出するのか。この問いに答えるために、この考えにたどりついた経緯をお話します。私は1966年に京都大学に入りました。その2年後に大学紛争が起きました。東大より1年遅れて教養部は全共闘の学生によって封鎖されました。山岳部の部員であった私は、その最中に、京大ブータン学術調査隊の学生としてインドに行き、調査隊がブータンに入国する許可証が下りるのを待っていました。そんな折、コルカタの日本領事館で偶然、目にした写真に人生を決める衝撃を受けました。百万遍の交差点で全共闘学生が、火炎瓶の投げ方を間違えて、自分が火だるまになった写真でした。私はごく普通の学生として、ときにはデモに加わりながら、他方では山岳部員として関西財界を回って、企業にヒマラヤ遠征の資金をお願いするということをしていました。これに矛盾は感じませんでした。しかし教養部のバリケード封鎖がどうなるか、非常に気になっていました。そんな非常に後ろめたい気持ちでいたとき、暑い暑いインドで衝撃的な写真に出会い、打ちのめされました。俺はなんと悪い人間なのだと反省し、日本に戻ったらまじめに大学問題を考えようと思いました。

帰国して生物物理学科の学生になったのですが、この時代の学生らしく、生物学の本流の学説を批判してやろうと思いました。今、振り返ると、67年に設置された京大生物物理学科は60年代に学問の骨格ができあがった分子生物学を日本に導入する組織でした。そんなこと

はつゆ知らず、分子生物学は根本的に批判されるべきだと考えました。当時、こういう態度はごく普通の学生がもっているものでした。勝手に生物学を勉強し始めると、わずか30年前に死んだ、ハンス・ドリッシュ (Hans A.E. Driesch 1867-1941) という人が「新生気論 Neovitalismus」を、20世紀になって主張していたことがわかりました。このドリッシュの Vitalismus を、できれば卒論で取り上げたかった。しかし、ドリッシュの「ド」の字を口にするだけで、袋叩きにあう状態でした。Vitalismus を純粋な知的好奇心から研究することすら危険な行為だとする確信が大学には充満していることを、肌で感じました。そこで私は大学の外で、大学批判の意味を込めて、このテーマを研究し続けようと決心しました。郷里に帰って、偶然、証券会社に採用され、昼間は働いて、夜は独学でドイツ語から勉強し直して、ドリッシュの主著を読みました。すると、彼が言おうとしていたことは見えてきましたので、『生物史研究』という雑誌に投稿しました。当時、この研究誌は査読などありませんでした。私が見よう見まねで書いた論文を掲載してくれました。最初のもは「エンテレヒーと情報概念」(『生物学史研究』No.26,1974)です。

ちょうどその時、三菱化成生命科学研究所の社会生命科学研究室が生物学史を担当する研究者を公募しておりました。その研究室長の中村桂子氏は、卒論も書いていない、大学院も行っていない、地方企業の社員で勝手に科学史の論文らしいものを書いている私を、正規の研究者として採用してくれました。30歳になる直前でした。こうして給料をもらって24時間研究ができる身分になりました。この頃、社会生命科学研究室は、アメリカで始まった遺伝子組換え論争を追いかけっていました。中村室長から、その科学史な側面を分担するよう言われ、ドイツ優生学史の研究を始めました。そうこうしていると、外部からの求めもあり、徐々に生命倫理政策をてがけました。80年代末には、



地球環境が重要になると考え、地球温暖化問題を科学と外交の両面の問題として研究を行なってきました。

私はたまたま民間の研究者となることができ、そのポストの者として研究すべき課題を研究して定年をむかえました。ここに至って、自分がやりたかったことをまだしていないことに気がつきました。そこで、とにかく課題の在りかを示そうと思い、書いたのが『時間と生命』（書籍工房早山 2010）という本です。この内容をさらに一般化し、現代の生物学が立脚する生命観を研究対象とし、そのなかでドリーシュを20世紀の自然哲学のなかでの特異点 singularity point に立つ者という構図で、今『バイオエピステモロジー』を書いています。20歳台の初め、分子生物学批判を志し、人生の終わりでそれをまとめようとしています。

## 1. バイオエピステモロジー：100年の対比

バイオエピステモロジーを粗く定義すると、「それぞれの時代の生物学者が、自覚的であれ無自覚であれ、生命をどのようなものと見立てて研究したのか、つまり、生物学が拠って立つ自然哲学を比較分析する立場」です。

人間は「世界を理解したいという欲望の奴隷」と言ってよい。だからつねに、手に入る情報を総動員して世界観を描いており、新しいことが見つければ書き直してきています。書き直しを公言はしない。だから世界観は気づかれないまま変質していきます。だから、生物学が拠って立つ自然哲学の問題は生物学者に任せてはだめで、科学史や思想史の研究者には、これを相対化し可視化する使命がある。ここで重要なのは、各時代の生物学が拠って立つ自然哲学は、まったく同等で同格であることです。

バイオエピステモロジーは、レヴィ・ストロース (Claude Lévi-Strauss 1908-2009) がうち立てた文化人類学の眼差しを生物学に向け、世紀単位の時差を設けて、その時代その時代の生命に関する自然哲学を照らし出そうとする立場です。なぜこのような視点を構築する必要があるのか。それは現代の生命科学が、その物量的隆盛とは裏腹に、思想的沈滞に陥っているからです。生物学の実験研究を長年、横から見てきた者として、現代の生命科学が方法論の面で袋小路に陥っており、思想的に沈滞しているのがよくわかります。有能な研究者ほどこの事態がわかっていますが、そう公言はできない。振り返ってみると、1970年代までは、自然科学そのものに批判的な眼差しを向ける科学者がいました。柴谷篤弘 (1920-2011) がその代表です。ところが、80年代に入ると、科学に対するラジカルな内在的批判は弱体化し、いまや完全に消失しました。

バイオエピステモロジーは、既存の科学史、科学哲学、生命論、生命の哲学とは一線を画し、啓蒙色を慎重に払拭する視点に立ちます。それぞれの時代の生命に関する自然哲学を同格のものとして扱うことで、現代と過去の生物学との対話が成立し、歴史を俯瞰的に見ることができる。それは現代の生命科学に対してラジカルな批判をもたらします。

私はドリーシュ研究から入りましたが、現代人の過去に対する傲慢さから逃れるための枠組み造りが不可欠です。この作業に有効な時間間隔は、いろいろな理由で一世紀ぐらいが良い。30年ほどの、一世代の時間差で有意義な研究となる対象は、例えば「ヒトゲノム」という概念です。この言葉には当初、その全解読は潜在的に底知れぬ危険をとまなうという響きがありました。これと現在普通に語られる「ヒトゲノム」という言葉が漂わせる緩い雰囲気とは、まるで違います。1970年代の遺伝子組換え論争からヒトゲノム計画に至る、ゲノムという言葉が漂わせる語感の違いをその歴史の細部に入り込んで分析す

べきです。

バイオエピステモロジーの一つの方法論として、典型的な自然哲学が表出していると思われる資料の箇所を、長文になることを厭わず訳出します。文章をまるごと現代の人間にぶつけないといけないから、この作業は非常に重要です。問題とするのは、歴史的な事実の要約ではなく、自然に関する心の「ひだ」だからです。

## 2. 19世紀生物学＝大因果論化の時代

### 2-1 Mechanismusの眼差し

現在の生物学の認識論的な基本は、19世紀後半のドイツ生物学で成立したものが継承されています。これを一言で言えば、Mechanismusの眼差しで生物現象を読み解こうという態度です。現代の生物学者のほとんどは、これが科学的態度だと信じています。生命をどう見立てるか、という次元の議論を行なったのはドイツ生物学です。他の国々ではあまりやらない。この自然哲学の部分を無視することで成功したのが20世紀に入って展開する、アメリカ生物学であり、とくにモーガン(Thomas Hunt Morgan 1866-1945)が始めたショウジョウバエの遺伝研究です。ドイツ生物学におけるMechanismusとは、生命までもを含めて自然現象のいっさいを力学モデルによって説明しようとする大構想です。これに対する立場がVitalismusであり、これは生命現象に関してMechanismusを否認する自然哲学です。生命現象の解釈の力学化を企てても空しい、と明言する立場であり、普通の感覚からすれば、この方が常識的なものだと思います。つまり、非常に挑戦的な自然哲学的主張がMechanismusだったのです。

その影響は強烈で、拡大された「弱いMechanismus」と言うべき

自然哲学が、現在の科学精神を貫いています。「弱い Mechanismus」とは、未知の領域はとりあえず無機的なものと仮置きするという思想的態度です。何にもわからない自然領域はともかく統計力学に立脚した扱いをするという態度が科学的な常識になっている。何もわかっていないから、というのがその理由なのでしょうが、実は立派な主張であることに気がついていない。その結果、いまだに古典力学が過大に評価され、21世紀の生命科学における自然哲学の基盤になっている。いまだに論文の最後で、これは熱力学第二法則を破っていない、とつけてつけたような一文がある場合がある。私が学生であった時代、これを否定するのに近い発言をすると、「生氣論者！」と、激しく批判されました。今は、「生氣論をやっている」と言っても何の反応もない。大学もずいぶん変わったものだと思います。

Mechanismus vs Vitalismus は、19世紀ドイツ生物学における自然哲学の二つの立場であり、議論を戦わせるものであれ、それ自体深刻な対立をもたらすものではなかった。前者を「力学主義」、後者を「生命主義」と訳した方が、その主張内容に近いと思います。しかしながら、本論考では混乱を避けるために、以下では従来の「機械論」「生氣論」という訳語を用いておきます。

## 2-2 19世紀ドイツ生物学：大因果論化への衝動

19世紀ドイツ生物学に浸透した Mechanismus は科学論として希釈され、力学的=因果論的という意味に拡大されていきます。19世紀は、大雑把に「大因果論化の時代」であったと言ってもよい。例えば、ヘッケル (Ernst H.P.A. Haeckel 1834-1919) が33歳のときに書いた大著『一般形態学』(1866)があります。ヘッケルを一躍有名にした出世作ですが、その副タイトルは、『Ch. ダーウィンによって再建された進

化論を通して力学的に基礎づけられた有機体の形態科学の全概要』というものです。ここで、「進化論が再建された」とは、ゲーテのメタモルフォーゼ説を進化論の先駆とみなし、ドイツ起原の思想としているからです。この本でヘッケルが主張したことはこういうことです。分類学は成体の形だけに興味をもってきたが、比較解剖学の成果も入れて個体発生の過程も考慮すると、系統分類と系統発生と個体発生とは同一の根本原理に従っており、これが進化の結果であり原理だ、というのです。その法則が biogenetische Grundgesetz (生物発生の根本法則) で、俗にヘッケルの法則とよばれるものです。

それから、ネーゲリ (Karl W. von Nägeli 1817-1891) という植物学者がいます。ドイツ語文化圏では、ヘッケルが動物学、ネーゲリが植物学の大権威でした。ネーゲリも『進化説の力学的 = 生理学的理論』(1884) という本を書きます。ここでも「力学的」とは「因果論的」とほぼ同じ意味です。ここでネーゲリは、当時の原子論や分子論から細胞を論じ、遺伝・発生における源基 (Anlage) を論じました。彼は、メンデルが送ってきた論文を評価しなかったため、科学史では旧時代の権威とされています。しかしネーゲリは、メンデルの論文には発生理論がなく、理論体系として不完全だと考えたのです。

もう一つの力学化 = 因果論化の例が、実験発生学の成立です。19世紀の生物学における実験とは生理学実験を意味しました。ミュラーの電気生理学がその典型です。それまで、生物の形態形成を因果論的に分析する目的で実験をするという発想はありませんでした。その基礎づけを行なったのがウィルヘルム・ルー (Wilhelm Roux 1850-1924) という人で、生物の形態形成の研究に実験という手段を導入することについての哲学的な正当化が「発生力学 Entwicklungsmechanik」の提唱です。形態形成の過程に実験を導入して因果論的 = 力学的に解明するという立場で、『発生力学雑誌』が

1894年に創刊され、現在は『Gene & Development』というタイトルに変わっています。この雑誌以降、生物学の他領域においても実験を行なうのが当然、という考え方が浸透していきます。旧来の記述生物学から実験生物学への革新運動です。

### 2-3 科学的世界解釈の提供という職業的使命

19世紀ドイツの自然科学の一つの特徴は、世界に関する科学的な解釈を提供することが科学者としての職業的使命であると考えられていたことです。ともかく彼らは、今の感覚からすると思弁(speculation)以外の何ものでもない、自然についての説明をえんえん行なっている。われわれの眼には空疎な作業に知的エネルギーを費やしてきたようにしか映らないのですが、彼らにしてみると、そうではない。世界がどうなっているのか、世界についての解釈権の問題なのです。世界の解釈権は、西欧ではキリスト教会の専権事項とされてきた。そのなかで、天文学については17世紀の科学革命が起こり、キリスト教の側が教義内容を組み替えた。結果的に、宇宙についての解釈権は自然科学が奪還した形になった。1859年にダーウィン(Charles Robert Darwin 1809-1882)の『種の起原』が出版されると、自然科学者の側は、生命の解釈に関して闘争の山場が訪れた、という筋書きを考え出した。なかでもドイツ生物学は、ダーウィンの自然選択説は生命の由来とその合目的性を、因果論的=力学的に説明するものと位置づけ、これを具体的に語ってみせることにエネルギーを投入した。

科学者という職業が確立した19世紀中葉のドイツと、世界の科学的説明を社会に提供するのが科学者の使命とする意識が現れたことが、ほぼ重なっている。その舞台となったのが、ドイツ自然科学者・

医学者大会 (VDNÄ) の場でした。ここで世界を自然科学的にどう解釈するか、さらにはその方法論的妥当性について講演し、その内容を別刷りにして配り、議論することが始まりました。科学的な世界解釈に人生をかけるのがこの時代の科学者の矜持でした。不利になると気の弱い人は自殺する。ボルツマン (Ludwig E. Boltzman 1844-1906) がなぜ自殺したのか、その理由は伝記を読んでもはっきりしないのですが、カンメラー (Paul Kanmerer 1880-1926) は明らかに科学的理由で自殺しました。獲得形質の遺伝を実証したと主張したのですが、実験の不正が疑われピストル自殺しました。

### 3. Mechanismus vs Vitalismus :

#### 思想史上の特異点としてのドリーシュ

ハンス・ドリーシュは、終生、エンテレヒー概念を主張しましたが、その論理も、また一人の人間の生き方としても一貫していた。ルーの発生力学に共鳴したドリーシュは、ウニの初期胚を強く振るという簡単な方法で二つに分けると、小さいながら完全な幼生ができました。この結果に衝撃をうけ深く考えたすえに、この現象は力学的な意味の機械論では説明できないと確信し、エンテレヒー概念を提出します。昔から生氣論 vs 機械論という対立があり、科学が進むにつれて機械論が勝利をおさめるようになった、という教科書的史観は、ドリーシュが出版社の求めに応じて 1905 年に書いた『生氣論の歴史と理論』(書籍工房早山 2007) を暗黙のうちに前提として、その後により作られた歴史観です。この本でドリーシュが生氣論者としてあげた人物が、正統派から批判されることになります。

ドリーシュは、間違った体系を構築しましたが、結果的に 19 世紀 Mechanismus の哲学的な弱点に着目して、これに対抗する哲学体系

を考え出した人です。こういう大風呂敷を広げることは、ドイツの知的伝統であって、カントとかヘーゲルなどと比べれば、まだ控えめな問題設定と言えます。また、ヘッケルやルーやワイズマン (August Weismann 1834-1914) の学説を批判的に乗り越えようとした点で、ドイツの知的伝統にそったものといって良い。ドリーシュの哲学は、生命現象には多様性の供給源が作用しているはずで、これは古典物理学ではまったく説明できないものであり、それをエンテレヒーと名づけました。エンテレヒーは現象空間の外から秩序を供給するものであり、そのような構造に世界はなっているはずだと主張し続けたのです。

生物物理学的な研究の末尾で、この現象は熱力学第二法則を破ってはいない、と指摘する例をみかけます。その一方で、生命現象の特徴は秩序の増大であり、これが熱力学第二法則の主張内容とは相容れない事実だと主張し続けたのがドリーシュでした。19世紀末は熱力学の完成期にあたり、この時点で有力な物理学者が熱力学第二法則と生命現象との関係をどう考えているか、詳細にチェックしたのもドリーシュでした。一般にドリーシュの主著は『有機体の哲学』(1909)とされていますが、彼は『自然概念と自然判断』(1904)という本において、生命現象と熱力学との矛盾の考察をした上で、その解決策としてエンテレヒーを提案するという形の主張を展開しました。その隙のない論理構成に、正統派の科学者も困っただろうと思います。結局、ドリーシュの「新生氣論 Neovitalismus」とは、「熱力学第二法則の主張と拮抗する自然的要因としてエンテレヒーが存在する、というものでした。エネルギー一元論者である W・オストワルドが、1901年から『自然哲学年報 Annalen der Naturphilosophie』という雑誌を開始し、その第7巻(1908)にドリーシュは、「生命とエネルギー第二法則」という論文を書いており、「自然哲学」について考察をめぐらしていた、当時の科学者はこれも読んだのだと思います。



1920年代末までに、ドリーシュは知的社会のなかで独自の地位を獲得します。ドリーシュの主張内容は、生物学実験の成果に立脚し、加えて物理学も深く研究した上の主張でしたから、簡単に無視はできません。1921年にライプチヒ大学の哲学教授になりますが、このとき競合した候補者は、カッシーラ、フッサールなどそうそうたる巨匠でした。ところが1930年に論理実証主義派が正式に旗揚げし、間接的にドリーシュのエンテレヒーのようなものを自動的に非科学だとして排除するような理論を案出しようとしていました。今日、ドリーシュが非科学の典型とされているのは、論理実証主義派の強烈なドリーシュ批判の残響が響いているからだと思います。

#### 4. DNA二重らせんモデルの自然哲学的解釈の失敗

以上を踏まえて、21世紀生命科学の哲学的な行き詰まりについて考えてみます。この問題は、結局、ニールス・ボーア (Niels H. D. Bohr 1885-1962) が1933年に行なった「光と生命」(Nature, p.457, 1933) という有名な講演に戻ってきます。量子力学を確立させた物理学者であるボーアが講演するのだから、生物研究に関してアイデアを出すだろうと思って聞いてみたら、「生物を研究するのは難しい」という内容であったため、逆に若手が発奮して後の分子生物学への流れが刺激された、いわくつきの講演です。ここでボーアは、量子力学における相補性原理を生物学にアナロジーとしてあてはめました。生命現象を物理学的に研究するには分子や原子に関する情報を大量にとる必要があります、そのためには生物を殺さないといけない。結局、生命現象の解明は物理学では困難だということです。

1930年から論理実証主義派が旗揚げしました。彼らは改めてドリーシュを批判し、第二次世界大戦に入ると、生命の独自性など議論する

と形而上学に転落するのがおちという気分が広がった。そんな折、E・シュレディンガー (Erwin R.J.A. Schrödinger 1887-1961) は亡命先のダブリンで、『生命とは何か』(1944, 岩波書店 2008) という本を書きました。ここでシュレディンガーは、遺伝現象を物理的に追究すべきであり、これが解明された先には、物理学の諸法則に従うが、それまで知られていない別の法則が現れると主張した。また、「有機体は負エントロピーを食べて生きている」という非常に示唆的な言い方をしました。しかしその後、DNA の二重らせん構造が発見され、DNA の意味づけが行なわれたのですが、著しく機械論寄りの、物理・化学還元論的な解釈がなされ、その後、これが定番のものとなった。しかし、遺伝現象を物理・化学的に解明しようと努力した結果、見えてきたのは新しい物理法則ではなく、分子レベルの非常に複雑な生体内反応系であったのです。この桁外れに複雑な生体内反応系の特性を抽象化する方向の努力は試みられてはおりません。

批判的な視点に立って言うと、分子生物学の成果の自然哲学的解釈を、DNA モデルの発見者たちに委ねた結果、それは物理・化学的成果の一部として統合されてしまった。事実、現在では、分子生物学の成果はすっかり生化学の教科書に取り込まれている。生体内高分子の研究になり下がっている。どこで間違ったのか。例えばDNA の構造を見てみると、塩基配列が任意であるのに、エネルギー論的にはすべてが同等に安定状態であるという稀有な構造になっている。古典物理学では隣あう分子は、統計学の対象で、完全にランダムな関係でしかない。しかしDNA をはじめとするセントラル・ドグマの系は、個々の分子そのものが意味をもつという、反・古典力学的な分子の系であり、それが自然状態として存在しているのが生命なのです。分子そのものが情報の単体であることなど、古典物理学ではまったく想定していませんでした。実は、細胞内反応系の複雑さの度合いを、完全に過

小評価してきたことの反省が始まっている。生命現象を物理・化学の言葉で表すことが現代生物学の究極の目標だと言ったのはクリック (Francis H.C. Crick 1916-2004) だが、彼を悪く言うのは誤りです。クリックを正面から批判してこなかった、他の学者や哲学者が批判されるべきなのです。

ボーアの定式化に戻ってみます。ボーアの研究者 (David Farvrholdt) は、ボーアのアナロジーを「死亡学的原理 thanatological principle」と表現しています。しかし、一步退いてみると、現代生物学は、この原理をその中核に置き、全体として「法医学的証拠の積み上げ」が体制化され、それが完成の域に達している。生物は生きているのに、好むと好まざるとに関わらず、死亡状態經由の情報を収集して生体内反応を推測している。生物学者は当然の作業だと言うのですが、一般の人間は「えっ、だまされた」という感覚が残るはずです。この巨大問題を明確に指摘しない科学哲学がよくない。

現代生物学が法医学的証拠をかき集める体制であることを示す具体例が、ENCODE という国際プロジェクトです。これは、ヒトゲノムを全解読した後、DNA → RNA → タンパク質のそれぞれの段階での遺伝子発現に関して、欧米と中国の研究所が協力して網羅的に読んだものです。その結論は、複雑でなかなか見通しづらいのが実際です。このエンコード・プロジェクトの大量の論文を読んで、ハワード・ヒューズ医学研究所の J.R. エッカーは、「エンコードは今後、遺伝子調節のダイナミックな側面を把握するよう努力すべきである」と言った上で、「これらのデータの大半は、細胞内の調節についてのスナップショットである」と言い切っている。細胞内のいろんな反応がわかったかのように生物学の教科書には書いてあるのだが、科学者の実感としては前途ほど遠い、というのが本音です。

## 5. 細胞内反応系：古典力学が適用できない分子の世界

細胞内反応系と熱力学第二法則の関係を整理するのに格好の教科書があります。Henry A.Bent 著『The Second Law』（Oxford UP, 1965）という本です。その136ページに、物理学の理論が扱うのに得意な自然が分類してあります。（表1）

表1

	非常に小さい	中程度	非常に大きい
物体の数	ニュートン力学	***	統計力学、化学
物体の大きさ	量子力学、化学	ニュートン力学	古典天文学
物体の速度	統計学	ニュートン力学	相対論

(Henry A.Bent: The Second Law, Oxford UP, 1965,p.136. を改作)

対象とする物体の数・速度・大きさが極端に大きかったり小さかったりする場合は、物理学は強力で有効な理論たりえるのですが、中程度のわれわれの日常世界の自然について使える理論はなく、空欄になっています。この表を見れば、この次元が生物の世界に相当することはすぐ読み取れます。この本には、古典力学ではありえない事態を示す絵が載っていますが、実は生物はこの逆流の現象の上に成立している自然と言ってよい。（図1）

日常世界のなかでの微視的な自然に目を向ければ、現行の物理学では扱えない次元の自然が豊かに展開しており、それはすべて進化の結果として存在しているのです。分子レベルの自然で、驚くべき合目的性が展開されているに、この自然の振る舞いを抽象化する努力はまったく行なわれてきていない。

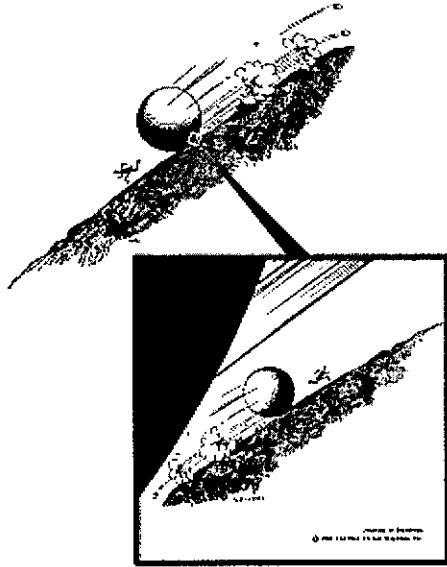


図1

細胞生物学は今、自然哲学の次元でもがいている、と言ってよい。たいへんに影響力をもった『Nature』に載った評論 (J.H.Hartwell, et. al., Nature, Vol.402, p.C47, 1999) にこう書いてあります。「生命のシステムは、物理・化学の法則に従うが、機能や目的という概念使用が、生物学に他の自然科学からの違いをもたらしている。宗教的な信仰などとは別個に、岩や星はいっさい目的をもたないが、生物は生殖のために存在する。機能をもとめての選択によって、非生物系の分子相互作用とは異なった独特の性質を有する、細胞が生まれ出されてきた。細胞は環境からエネルギーを調達することで、熱力学的平衡からははるかけ離れた状態で存在する。それは、数千種の異なった型の分子から構成されている」。こういう自然は最初から、古典物理学の対象にはいけないのです。

## 6. 課題設定の形：100年の落差

21世紀生命科学としての問題意識を、20世紀初頭の生物学が立脚する自然哲学と比べると、100年の落差から、両者の自然観の違いがはっきりする。現在の生命科学に対して言えば、これだけ合目的な分子構造を眼前にしなが、合目的であるとは絶対に言わない。100年前の生物学は、生命現象の合目的性を直視していたのに、この眼差しを、どこかの時点から蒸発させてしまった。また、生物 vs 非生物という対立図式が消えてしまっている。生命に対する哲学も絶滅している。バイオエピステモロジーというのは、ベルクソンのような生命の哲学と区別するための表現でもあります。科学者に関して言えば、科学的世界観の提示という使命感は今の科学者にはまったくない。

20世紀初頭にどのような議論があったか。例えば生理学者のパウル・ジェンセン (Paul Jensen 1868-1952) は『生理学の視点から見た有機体の合目的性、発生、そして遺伝』(1907) という、生命現象の合目的性を正面から扱った本を書いている。ここでジェンセンは、進化論は認めた上で、進化論によって生命の合目的性すべてが本当に説明できているのか、と問うのです。有機体の合目的性すべてを説明しえないという意味で、ダーウィン理論は未完成だという議論をしている。ダーウィンの進化論は生物の部分的改良を説明しはするが、発生現象が提示する根源的な合目的性はどうか、と問いかけている。

現在、改めて、生命の合目的性を議論しようとする、欧米的な文化圏では、キリスト教会との対峙という構図にどうしてもなってしまう。この点に関して、進化について膨大な著作を残したグールド (Stephen Jay Gould 1941-2002) は、「非重複教導権」という考え方を提示しました。科学と宗教は、互いに主張内容やその意図が違うことを相互に認め、侵害しあうのをやめようという提案です。

以上のような主張に対しては、「vitalism を復活させようとする者」という非難が必ず飛んできます。私が意図しているのはそうではありません。機械論と生氣論との調停でもありません。機械論に立った自然哲学が圧勝した形になっている現代の生命科学と、これが撲滅させた「生命主義的自然哲学」という、二つの自然哲学的世界との間での、国交を回復すべきだと言うのです。20 世紀中に、mechanismus としてやれることはほぼやりつくしてしまった。しかし、20 世紀初頭の資料を詳しく読み直すことで、これまでの科学哲学が最大限に警戒してきたドリーシュのエンテレヒーが何であったかは明らかになった。だから、非力学主義的 non-mechanism な自然哲学とは、安心して国交回復してよいのであり、異質であった相手側の自然哲学を吟味すべきときなのです。ドリーシュの構築した哲学的体系は、今から見れば、壮大な見立て違いの上に構築されたもので、21 世紀生命科学におけるバイオエピステモロジーの基礎にはなりえない。この意味で、ドリーシュの復活の選択肢はないのです。にもかかわらず、ドリーシュは決定的に重要な指摘をし、20 世紀の科学哲学に大きな刻印を残しました。私は 40 年前からドリーシュ研究を行ない、日本語で発表してきましたが、私の書いたものを引用する人間は現れません。どう考えても、この問題は時代精神 *Zeitgeist* に関わるものだと思います。ドリーシュを総括すれば、生命現象の力学化 *mechanization* という 19 世紀の自然哲学の構想について、その矛盾点を突いた、自然哲学の歴史のなかの特異点に立つのがドリーシュだと思います。発表の機会を与えていただき感謝いたします。

## 質疑応答

荒川 田舎で自然のなかで暮らしていると、生命進化についても何か目的論的なようだと感じたりするし、キリスト教が生まれ、育まれたのは農村部だと思いますし、そういう宗教的な世界の衰弱というようなことが、科学の在り方とも関わってくるように思います。つまり純粋な科学的な問題だけじゃないんじゃないかという気がするのですが、その辺どう考えますか。

米本 私も似たようなものを感じております。科学に対する対抗勢力の勢いがある時代の方が、科学理論の側もシャープになる。批判勢力が弱くなると焦点がぼやけてゆき、理論化のためのエネルギーも低くなる感じがします。先生のご指摘のお答えになっていないことは承知しておりますが。

荒川 宗教と科学の緊張関係というのがなくなってきたことが、こういう研究を墮落させているというか、衰退させているんじゃないかという気がするんですがね。

米本 そうだと思います。例えば現代では、アメリカのゲノムセンターの所長をやっていたフランシス・コリンズ (Francis S. Collins) が『ゲノムと聖書——科学者、〈神〉について考える』(NTT出版 2008) という本を書いています。コリンズはヒトゲノム・プロジェクトの責任者を務めました。彼は、自分は敬虔なキリスト教徒であり、このプロジェクトを重要な宗教的感銘を抱いて引き受け、この本を書いたのです。アメリカ社会のなかではこういう態度も許容されるのです。しかし、むしろコリンズがそう考えるのであれば、DNA分子の不思議さ



についてもっと考察を深めてほしい。キリスト教が考える神は、もっと迫力のある深みのある位置にあるもの、という立場から思索を深めるべきではないのか。たぶん、荒川先生のご指摘と同じことだと思うのですが、あえて言えば、現在の教会の知的エネルギーも低落しているのではないかと思います。

森 ENCODE プロジェクトでちょっと行き詰まった感があるとおっしゃいました。かつてセントラル・ドグマが出てきたときに、ゲノムを読もうといった場合、ゲノムなんて読めないんじゃないかという行き詰まった感がやっぱりあったと思うのです。その辺を比較するとどうなるのですか。

米本 ENCODE というのは、研究費さえ投入すれば実現可能なポストゲノムのプロジェクトで、ほとんどが機械的な作業です。ENCODE には日本の研究者はほとんど関与しておらず、この点は非常によくありません。ビッグデータ・バイオロジーという言葉がすでにあり、科学哲学の次元の研究が行なわれています。全部コンピュータに読ませるのですが、この成果を統合する方向に向かっているようには見えません。次のステップとして何をやるか、これといった見通しが科学者の間にあるとは思えません。

森 考えてはいない。

米本 考えてはいるのですが、戦略的な見通しがありません。自然には必ずどこか弱点がありますから、いつか誰かが突破口を見つけるはずですが、マウスや線虫というモデル動物において、ゲノム・RNA・タンパク質の解読に関して、組織分化したさまざまなステージごとに、

膨大なデータが蓄積されようとしている、その途上です。今の感覚では、その先は、より複雑なシグナル伝達というような話になるのですが、悪くするとその段階にずっと留まっている恐れがあると思います。



**情報とは何か：  
乱雑性と規則性についての一考察**

**森 洋久**

(国際日本文化研究センター文化資料研究企画室准教授)

## はじめに

国際日本文化研究センターの企画室准教授の森洋久と申します。米本先生のお話とかなりかぶる部分もあり、しかも素晴らしい発表のあとなので、僕の方も批判されるのを覚悟で発表しないといけないなと思っております。

ちょっと私の経歴を話しておきます。私も1988年に、東大の理科二類で生物化学系に入って、しばらく生物化学をやり、分子生物学などを勉強した時期があります。その後、専門は少し方向を変えて情報科学の方へ移りました。それから東大理学系研究科情報科学専攻を経て、同大学総合研究博物館へ助手として就職しました。博物館のデジタル化をすることになって、文献的なもの、資料的なものに接するようになり、3年半後、国際日本文化研究センターにやってきました。現在もデータベースや情報系のいろいろなネットワークの研究をしています。そういった流れも今日の話に出てきます。

レジュメ (P87 参照) には「乱雑性と規則性についての一考察」という副題を書いています。今回の学融合プロジェクトに本格的にコミットし始めたのは去年の今ごろでした。一回、「情報を考える」というシンポジウム (2013年3月30日) をやりましたが、突貫的なところもありまして、改めて自分も情報周辺のいろいろな考察や思想を調べ始めました。勉強自体に少し突貫的なところもあります。今日の発表のためのレジュメは、どうまとめていこうかという全体像がまだ未熟だったころだったので、一つのテーマとして「乱雑性と規則性」というタイトルをつくりました。今日は、情報班をどうまとめるかというところで全体的な話もしていきたいと思えます。

## 1. 情報とは「確からしさ」

まず「情報とは何か」ということを一つの切り口として、「情報とは確からしさのことである」というような情報の定義を立ててみて、そこから考えていこうとしました。前回のシンポジウムではいろいろな話が出たのですが、その後、こういう柱で考えてみると、いろいろなことが見えてくるかなと思いました。情報系に関する哲学的な論議は、探してみるといろいろあることが分かってきました。特に面白いと思ったのが、藤本一勇先生の『情報のマテリアリズム』（NTT出版2013）という本で、ちょうど今年の3月にシンポジウムをやっているころに出ました。もしこの本を先に知っていれば、藤本先生を呼んだらよかったのと思いました。情報に関して情報科学者たちがやっていること、あるいは唱えていることには、西洋哲学的な背景がずっとあって、記号論やアリストテレスなどのいろいろな言説から情報系に焼き写したような話がいっぱいある、といったところから立ち上げていって情報を論じています。

西垣進の『基礎情報学—生命から社会へ』（NTT出版2004）という本があります。西垣進自身はかつて情報系の技術者であり研究者でした。物作りの方の立場からのちに哲学的な方向に移っていったということで、実際の物作りの人が考えるとどういうふうになるのかという議論が見えてくると思います。田中久美子の『記号と再帰—記号論の形式・プログラムの必然』（東京大学出版会2010）は、パース（Charles Sanders Peirce 1839-1914）とソシュール（Ferdinand de Saussure 1857-1913）をはじめとした記号論を、コンピュータの機械言語に当てはめてみたらどういうふうに見えるのかを論じている。そのほかにも哲学の諸分野や人類学などと情報機械や情報の議論とをすり合わせていく、いろいろな分野がある。Informational Realityという世

界が——これは僕は「あるんだ」ということを最近知ったところで、全体像を説明することは出来ないのですが——あるということが分かってきました。それに対して、シュレディンガーの『生命とは何か』(1944)、ウィーナー (Norbert Wiener 1894-1964) の『サイバネティクス』(1948, 岩波書店 2011) など、生命を取り扱ったものがありますが、その中に情報そのもの、あるいは情報に関連する言及が出てきます。

これらのことを総合して考察すると、生命と情報は密接な関係をもっていると言えます。情報の一般的な定義の一つとして、「情報とは確からしさのことである」。何か「あること」があって、これは正しいのだろうか、間違っているのだろうか、それを見極める、選択するものが情報であるとするならば、それは誰にとって確からしいのかというふう考えることになります。

## 2. 「誰」にとって確からしいのか

「誰にとって」ということを考えると、それは生命であったり、人であったり、そして機械や自然も入るのだろうかということになってくるわけです。面白いことに、工学系の研究者は生命と機械をごっちゃにするというのを意外といやがるのです。この前のシンポジウムでも今井浩先生、高野明彦先生が発表されましたが、このお二方でも、自分の研究が「生命」というものに立ち入って見られることに対して非常に違和感を感じている。「そうではない」と常に言って歩いているという立場をとっています。西垣進も同じような立場をとっています。彼は情報というものを、自然の発する情報・生命の発する情報・機械の発する情報の三つに分けていて、さらに、生命のなかに人がいて、人が社会をつくるという形で見ているのですけれども、情報を生産す

るのは生命であって、その中で彼が特に注目するのは人が生産する情報であると言う。機械はそれを伝えているにすぎない。あるいは、自然が発する情報も、人間が自然のなかに情報を見いだすのだという考えであります。工学系の研究者にはそういう立場がずっと根底にあるということは、私が情報科学をやっていて常を感じるところです。

これが、皆さんが言っておられるヴァイタリズムとメカニズムにどう対応してくるのか、まだよく分かりません。対応しただけけれども、ちょっと違う面もあるかなというような、自分的にはまだよく分からない面があります。分子生物学のように、生命のなかを分子の構造として見ていくと、論理的にどこまで説明できるかという問題があるのですけれども、因果関係で全部説明できると言う人もいます。生命というものをどんどん機械として捉えていく、捉えていこうとする一種のアクティビティに見えるのですけど、逆に情報系の先生たちの抵抗感はあるのです。けれども、機械というものも実際の使われ方のなかで、人間の社会という一種の生命現象のなかに取り込まれていくなかで、実は生命と機械の境界線は曖昧化していると言えるのではないかと思います。

工学系の先生の、「機械は情報を生産しない」という話を見ると、西垣進のほかにも、たとえばメディア・ラボでは「コンピュータはメディアである」という言い方をします。一時期日本で注目された TRON プロジェクトでは「コンピュータは生活である」。メディアであったり生活であったり、生命あるいは人間に非常に近いところを言うのですけれども、コンピュータは生命であるとか、生命体であるとか、人であるというように、絶対に生命そのものに踏み込むことはしません。その一歩手前で止まるということがよく見てとれると思います。

しかし、www、world wide web が出てきて、少々違った考え方が出てきます。皆さん www をよく使われているので、ある意味道具と



してしか捉えていない、見えないかもしれないですけども、www を考えたティム・バーナズ＝リー (Timothy John Berners-Lee 1955-) が言っているネットワーク・オートマタという概念があります。のちにセマンティック・ウェブとかネットワーク・オントロジーといった技術の元の概念と言えると思います。www 以前に、マービン・ミンスキー (Marvin Minsky 1927-) の人工知能の研究、あるいは自然言語理解の研究がずっと続いてきているのですが、そういったものは人工知能としてはある意味失敗だなというのが、感覚としてなんとなくあるのですね。その中でwwwが出てきた。これは単なるネットワーク技術で人工知能とは無関係だろうと思ったら、ティム・バーナズ＝リーが、www というのは人間の知識を全部つなげあわせる道具である、と言った。つなぎあわせることに成功したら、それをマニピュレーションして、いろいろ情報を加工して、新たな人間の活動に活かしていく。つまり、機械だけでは出来ないけれども、人間と、www というネットワーク、あるいは機械が得意な部分をふくらませたような高性能なネットワークが結び付きあうと、全体として、人間をも巻き込んだ人工知能とみなしていいんじゃないかという考え方を始めるわけです。

実際、インターネットが普及するに従って、今までになかった社会活動が起き始めた。よく知られている「アラブの春」のように、非常に大きな社会的なアクティビティになったり、あるいは『フラッシュモブズ—儀礼と運動の交わる場所』(伊藤昌亮 NTT 出版 2011) という本で紹介されていること、世界的なアートインスタレーションがネットワークを介して躍動的に発展していく現象、そういったことが起きています。

ちょっと変わったものでは、augmented environment という概念があります。ネットワーク技術と、www などとも非常に関係が深い

ものだと思いますが、環境のいたるところにコンピュータを埋め込んで——現在、それに近い状態になってきていますけれども——、人間とコミュニケーションしてデータをマニピュレーションしていく。ちょっと見方を変えると、これは人間がネットワークを利用しているというよりも、ネットワークが人間を利用しているというように見えてくる。こんな捉え方が出来るのではないかと思います。

ネットワーク上にいろんな社会から送られてくるデータを蓄積して、それをマニピュレーションする。すると、一人ひとり単独では見えなかったこと、あるいは知り得なかったこと、行動できなかったことが、コンピュータに入っているデータがフィードバックされることによって、いろいろ起こってくる。それがビッグデータとかデータ・マイニングという世界です。たとえばグーグルの検索だとか、アマゾンの本の検索だとか、ぴったりとした広告を出すといった技術に応用されているわけです。現在では「そんなものか」と思えるような技術だと思うのですが、そういう方向を目指している人たちがいるということです。

これはネットワークのなかに人間を巻き込んでいくという話ですけど、またちょっと違ったレベルで見ると、それを縮小化していく個体レベルの話になっていく。機械仕掛けのセンサーだとなかなかうまくいかないこと、たとえば匂いのセンサーとかを実際に生物を使ってやってしまう。生物をコンピュータにつなげて匂いをディテクションしよう、と。バイオセンサー Bio-censer とか、電子的な義足とか義手、ブレイン・マシン・インターフェイス Brain Machine Interface という、生体の神経信号を受けて動く義手とかの開発。いわゆる人工的な生命をつくりだすのではなくて、実際にある生命をうまく利用して、機械とアタッチメントして何かやろうという技術が現在いろいろ開発されています。実際に実用化されているものも出始めているということで

す。最後、バイオハイブリッド Bio-hybrid という分野があります。上の二つ、あるいはそれより大きな領域で、バイオ的なものと機械的なものを組み合わせることによって、今まで実現できなかったことを実現していこうという分野です。こういう工学分野が出てきて機械と生命の境目がだんだん曖昧化してきています。

「情報」、「誰」ということをフィーチャーすると、こういう話になる。一つのテーマ設定として、こういうものがあるのではないか。これをまとめていこうと考えています。

### 3. 「確からしさ」とは何か

もう一つの柱、キーは、「情報は確からしさだ」ならば、その「確からしさ」とは何か、ということです。端的にいつてしまえば、正しいか間違っているか、どうなんだということです。これをどうやって判断するのだと。「確からしさ」という言葉自体は確率論とか統計学の言葉ですが、正しいか間違っているかというのは確率論・統計学である必然性はなく、普通の人がやっているようなやり方でも、その人にとってはかまわないわけです。たとえば、なんとなくそう思うとか、虫の知らせとか、そういった直感的、主観的判断も、その人にとって確からしいならば、それは「確からしい」一つの基準になるはずで

す。

科学的な世界に絞っても、確率論・統計学による「確からしさ」ばかりではありません。論理的な思考あるいは論理学による推論も「確からしさ」の一つの捉え方であると考えられます。また物理学等における実験の再現性も一つの「確からしさ」の指標です。

このように「確からしさ」についてはいろんな捉え方、定義があると考えられますが、おそらく我々がターゲットとしている諸問題であ

るエネルギーの議論や生命論の議論でよく出てくるのが、確率論・統計学に基づく「確からしさ」であると思われます。

#### 4. 情報エントロピー

エントロピーという問題です。情報系の世界でもシャノン (Claude Elwood Shannon 1916-2001) の情報理論のなかに情報エントロピーという概念が出てきます。情報エントロピーと熱力学のエントロピーは同じなのか違うのかという議論がよく出てきます。レジュメの方には一番目が「乱雑性」、二番目が「情報エントロピー」となっていますが、今日は二番の方を主体的にあと10分間話し、一番の方は時間があったら戻っていきたいと思います。

結論から言ってしまうと、熱力学エントロピーは情報エントロピーの特殊な場合であるというものです。情報エントロピーは熱力学エントロピーを含んでいるけれど、基本的には違うものであります。そして、熱力学エントロピーにおいては熱力学第二法則は成り立つけれども、情報エントロピーでは成り立たない。なぜ成り立たないかという、熱力学の場合は、「エントロピー」という概念のほかに、「エネルギー」という概念が必要だからです。熱力学第二法則というのは、この「エントロピー」と「エネルギー」という二つの概念の関連のなかで生まれてくる法則です。ところが、情報エントロピーの方には、「エントロピー」に対になるべき「エネルギー」という概念がないのです。従って、そもそも熱力学第二法則に相当する命題を構成することが出来ないわけです。

熱力学においては、まず熱力学第一法則、つまりエネルギー保存則があります。それからここが重要ですが、熱力学第二法則に至るまえにクラウジウス・トムソンの原理があります。一番最初に金子先生の

ワットの特許の話がありました。あれがまさにクラウジウス・トムソンの原理だと思いますが、熱源が二つないと熱エネルギーは存在しても取り出せない、使うことが出来ないという原理です。この二つが成り立っているときに、エネルギーに関する情報を取り出そうとすると、エントロピーの増大則が生まれてくるということで熱力学第二法則が得られます。従って、クラジウス・トムソンの原理もエネルギー保存則も基本的に仮定されていない情報エントロピーでは、単なる数式的な一致のみでは、一般的にはエントロピー増大則は成り立たないというのが僕の見解です。

そこまで言うておいて、エントロピーの話に戻ります。情報エントロピーの話をする場合、シャノンの情報理論というのが出てきます。私も学生時代に習いましたが、習ったときから少し違和感がありました。それは、シャノンの情報理論では情報量と情報エントロピーが同じものとして扱われているということです。実はある意味いたしかたない話です。シャノンは情報を伝達するときに、いかに効率的に伝達するか、あるいはいかに誤りを少なく伝達するかということを理論化していたわけです。伝達を効率化するというのは情報量を押さえるということですね。その方法は、一番効率のいい情報を、一番効率のいい状態にして送るということなので、効率というところが情報エントロピーなのです。だからシャノンの情報理論では「効率=情報量」というようになっています。

シャノン自身は最初に論文を書くときには情報エントロピーという概念はもっておらず、情報量を押さえるということで、「情報量」という言葉で論文を書いたらしいのです。それを読んだフォン・ノイマン (John von Neumann 1903-1957) が——現代のコンピュータ・アーキテクチャーの基本的なものを決めた人です——、「これは情報エントロピーという名前にした方がいい」と助言をしたと言われています。

もしそれが本当だとすると、「情報量」という言葉が先に生まれて、「情報エントロピー」という言葉を上からかぶせたと考えれば、情報量と情報エントロピーが同一に扱われているのは納得いくなと思います。シャノン himself で考えたと言っていますが、実際のところはよく分かりません。

しかし、私は、これは紛らわしさを助長しているように思います。情報量が増えると判断基準がいろいろと増えるので情報量が増えた方がいい。けれども情報エントロピーが低い方が物事が明確になる、あるいは乱雑性が少なくなる。いったいどちらが本当なのか、混乱してしまう。それはまさに情報量と情報エントロピーを混同しているからだと思うのです。そこで、情報エントロピーを少し違った定義で考えてみましょう。

このレジユメの例では、「カラスの色は何色か」という問いを考えています。この問いの答えとしてどんなものが返ってくるか。「カラスは黒い」とか、「白い」、「赤い」、「緑だ」というような返答が返ってくるでしょう。ここには四つの答えが想定されているわけですが、そしてこれ以上考えられる答えがないと仮定しましょう。このとき四つの答えを相手に伝えようと思ったときに、相手と自分と答えをどうコーディングするかに合意しておく必要があります。四つのパターンがコーディングできれば、相手に答えが分かったときに伝えられる。従って0と1の組み合わせでいくと、2ビットあれば、「カラスは何色ですか」という問いに対して一応答えられる。従ってその問いに対する答えの揺らぎ、考えられる答えのパターンは2ビットと表すことができます。この2ビットというのが情報エントロピーです。

では、すべての場合を尽くすならば四つの答えが考えられるが、実はカラスはもうほぼ黒い色に決まっている、9割がた黒いということが分かっていたとしたらどうでしょうか。これがまさにシャノンの情

報理論なのですが、「カラスは黒い」という情報だけビット数を減らしてやると、相手に伝える情報量は減ります。92ページの(3)の式によると、平均1.2ビットで相手に伝えることが出来ることとなります。先ほどの2ビットよりも少しビット数が減る、つまり答えの揺らぎがある程度確度をもってきた。五分五分というよりも、ある答え、つまり「黒い」というところに偏りが生じると、情報エントロピーが下がってくる。もしこの分で情報エントロピーを下げる事が出来、情報エントロピーがゼロになったならば、何も言わなくても相手に伝わるといことです。「言わずもがな」というのが情報エントロピー・ゼロというわけです。

情報エントロピーというのは、このようにある種の「問い」を想定したときの、それに対する「答え」の揺らぎだ、というふうに考えることが出来ます。一方「情報量」というのは単純に何ビットでコーディングされたか、文章でいうと何文字で書けるか、文字数、ビット数のことです。このように考えれば「情報エントロピー」と「情報量」は区別できます。

シャノンの情報理論もこの話の流れとは矛盾はしません。実際にどう一致するかを詳しく知りたい方は、レジユメを読んでいただきたいと思ひます。

## 5. 平均化と量子飛躍

もう一つだけ情報エントロピーについてお話しします。情報エントロピーが高いと、答えにいろいろなヴァリエーションが出て、問いを発した人は答えが得られないという状況になります。情報エントロピーが下がると答えが絞られてくる。ゼロになると「言わずもがな」になるので、情報を求める人にとっては情報エントロピーが小さい方

がいいわけですが。いろいろな情報があるときに、情報エントロピーを下げていく手段がいろいろある。一つは論理的な推論で、別の「確かだ」と思われる情報からターゲットになっている問いの答えを推論してやる。そうするとその問い／答えの情報エントロピーが下がるはずだと言えます。これは非常に分かりやすい下げ方です。

シュレディンガーが『生命とは何か』で二つの方法を挙げています。統計力学的な安定性と量子飛躍です。まずは量子飛躍から見てみましょう。

シュレディンガーは、量子飛躍という現象が生命を維持、成立させる上で重要な現象で、生命の根源であると予測しています。それは、古典的な統計力学的な安定性よりもっと小さいところで、生命を安定にもっていけるからだと言うのです。量子飛躍とは何かを説明するのは結構難しいのですが、楽器のメカニズムにたとえるのも面白いのです。図1の左側は水素原子のエネルギー準位、電子軌道です。電子軌道は、エネルギー準位ごとに有限個の複数のパターンがあり、中間的な状態

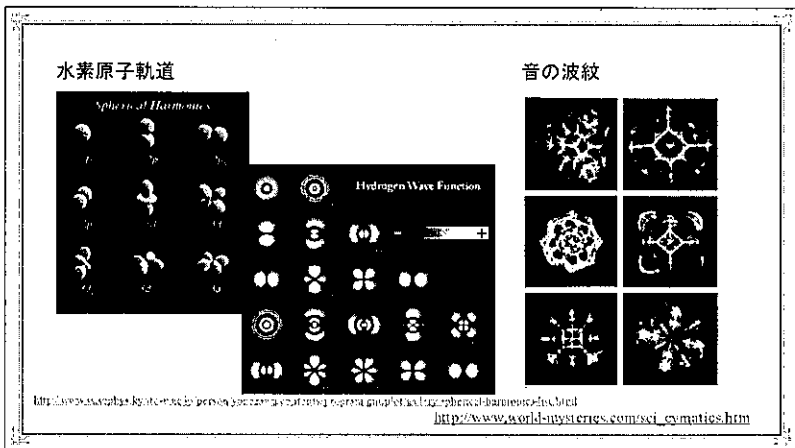


図1 水素原子軌道、音の波紋



をとらない。そのためエネルギー準位が離散的になる、これが量子飛躍です。エネルギーというのは連続だと思ったら離散的であるということです。似た現象に音の波紋があります。ティンパニの上に塩粒を置いておいて、ティンパニをバーンと叩くと紋様を作ります。叩き方の強さによっていろいろな紋様が出来る。叩いたときのエネルギー準位で、ティンパニのエネルギーが量子飛躍のように離散的になる現象です。離散的になるから人間の声がハーモニクス（共鳴）をもつのです。実際に水素原子の軌道はスフェリカル・ハーモニクスというように音楽と同じ用語を使っているわけです。離散化すると、連続的なものよりも情報量は減ります。

もう一つの安定性、統計力学的な安定性、平たくいえば、平均化という方法があります。シュレディンガーは、なぜ原子がそんなに小さいのかという問いのなかで、ランダムに動く原子が統計的に平均的に一つの性質に見えるためには、これだけの多量の原子が集まらないと困るんだ、と言っている。それがまさに平均化の考え方です。この考え方は最近のインターネットでは積極的に利用されている原理で、ビッグデータと呼ばれます。顧客情報のように大量に情報を集めると、一人ひとりの挙動には揺らぎがあるのですけれども、大量のデータの平均的なデータにおいては揺らぎが非常に少なくなる。そこからそれを商売に利用しようというような発想が生まれてきます。

お金の貸し付けで説明してみましよう。平均化によってローン返済の確度を上げる方法です。サブプライムローンがなぜ起こったかという話に通ずるところがあります。70%しか信頼度がない人に「10年後に2倍にして返してね」と言って、お金を貸す場合を考えます。たとえば1人の人に100万円貸したいと思いますか。10年後、30%の確率で貸倒れます。この比率を見ると多分皆さん貸したくないと思うでしょう。けれども、同じ70%の信頼度の人2人いました。1

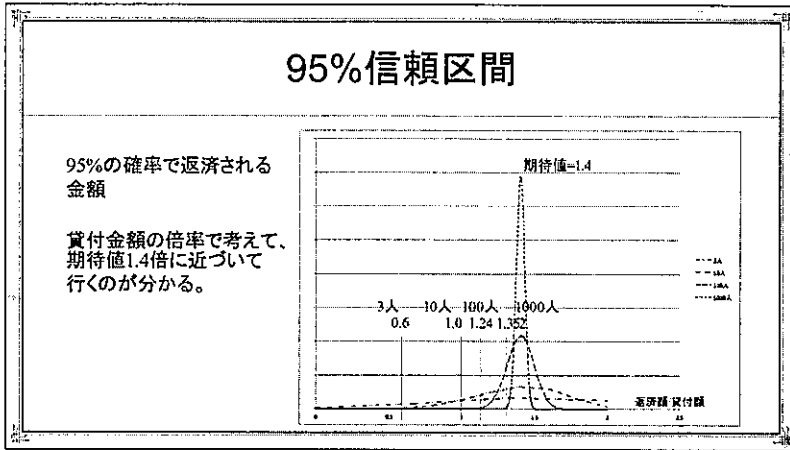


図2 95%信頼区間

人50万円ずつ合計100万円貸すとする。そうすると10年後どっちにも踏み倒されて、完全に戻ってこないという確率は9%なのです。どちらか一方が返してくれたらトントンで、その確率は42%。両方返してくれたら恩の字です。どちらか一方が返す場合と、両方が返済する場合をあわせると91%になります、と言うと、ちょっと貸してみたくありませんか。これが平均化の原理です。

実際、3人、10人、100人というように同じパラメーターでやっていくとどうなるのでしょうか。図2の95%信頼区間とは、この金額の返済を見込むのだったら95%保障できるという領域のことです。3人だったら貸し付けの0.6倍の返済なので、3人のみに貸すのはやめておいたほうがいいでしょう。10人ぐらい集めてくると返済額はとんとんになる。100人だと1.24倍。つまり24%プラスして戻ってくる。1000人になると35.2%プラスして戻ってくる。100万人になると結構儲かるかもしれません。ということです。要するに、一人ひとり是非常に信頼性がないのですけれども、人が集まってくると信頼で

きない者が信用できるようになってくる。こういう現象が平均化の原理で、さまざまなローンや保険の貸し付けで利用されている理論です。

こういったものが情報科学の世界でいろいろ応用されているのですが、けれども、本当に情報エントロピーは小さい方がいいのだろうか、よくよく考えていくと、そうではない面、あるいは非常に問題がある面があるのではないかと。今日はここを説明できないのですが、一言で言うと、平均化の情報エントロピーの問題です。情報エントロピーという情報そのものが本当に正しいのかという議論があります。サブプライムローンの問題は、結局そういうことだったわけですね。ここに「情報エントロピーの情報エントロピー」という問題、情報の主体が情報について「知る」ということはどういうことなのかという問題が出てきます。

別の視点で見るならば、確率論、統計学というのは分からないことを知ろうとする努力をあきらめ、「確率」という指標に落とし込もうとする学問であります。たとえば、金を貸す相手 1000 人のすべてを知り尽くしている「超人」セールスマンが居たとしましょう。そのセールスマンの営業先のローン返済は百戦錬磨であるはずで、常に「倍返し」で利息が戻ってくるはずですね。物理学の世界でいえばマックスウェルの悪魔です。マックスウェルの悪魔は熱力学第二法則でしっかり存在が否定されています。しかし、エネルギーの概念がない情報の世界では、原理的にはあり得ます。

今日お話しできなかった「乱雑性」の問題からいくと、乱雑性と確実性あるいは法則との境界は、実は曖昧であるということ、この辺を中心に、最終的にシンポジウムで議論をまとめていきたいと思っています。以上です。

## 資料：シンポジウム・レジュメ

### 1 乱雑性

ランダムというのは本当にランダムなのだろうか。いま私はここに0から9までの数字が出るルーレットを用意した。1から10までの数字が出るルーレットでもよい。出た結果から1を引き算すれば良い。このルーレットを使って、以下のような7つのランダムな数を得たところで、

1,6,4,8,9,0,6

Pi-Search (<http://www.angio.net/pi/bigpi.cgi>) というサイトを発見した。上記の数列为円周率2億桁の中で出現するかどうかを検索してくれるサイトだ。早速入力してみると、2,921,388 桁目から7桁が上記の数列に相当するという。その周囲の数は、

3.1415926535 .... 61208857262385180467 1648906 80209319525601512169  
....

円周率は誰が計算しても正しい計算結果は同一になるランダムではない数である。従ってこの7つの数はランダムではない。円周率は同じ数列为反復することのない無理数である。また、0から9までの数が、かなり均等に出現することによく知られている。となると、2億桁くらいあると7つの数の組み合わせが存在する確率は高い。十分大きな桁数を準備すれば、7つの数の組み合わせは確実に存在すると言える。つまり7つくらいの数をルーレットで得たとしてもそれは円周率の一部なのでランダムとはならない。ではルーレットで14個の数字を得た場合はどうだろうか。おそらく同じことが言えるだろう。

確かに、与えた任意の  $n$  桁の数が円周率の何桁目に存在するか、ということを計算することは  $n$  が十分小さければ可能であるし、その結果は確定する。 $n$  がどんなに大きくても確定できるかどうかは証明されていない。しかしここで「確定できる」と仮定し、かつ、数の出現が一様である<sup>1</sup>と仮定するならば、 $n$

<sup>1</sup>注意深く「ランダムである」とは言っていない。

個の数の組み合わせが、円周率  $N$  桁中に出現する確率  $1 - \epsilon$  を計算すると、以下ようになる。

$$1 - \epsilon = 1 - \left(1 - \frac{1}{10^n}\right)^{N-n+1} \quad (1)$$

逆に、 $n$  個の与えられた数が確率  $1 - \epsilon$  で出現するためには、円周率が何桁必要かと言えば、

$$N = \frac{\log \epsilon}{\log \left(1 - \frac{1}{10^n}\right)} \quad (2)$$

である。ある意味高い確率で出現する長さというものがある。

どうもおかしい。ランダムとはなんだろうか。ランダムとは、どうも、ルーレットなどで得られた数そのもののことをさすのではなさそう。むしろ「ルーレットなどで数を得る」行為のことを言っているのではないだろうか。そう考えたとしてもまだ懸念が残る。「ルーレット」だ。ルーレットがアルゴリズムによって動いていたならば、それはランダムとは言えない。ルーレットがアルゴリズムで動いていたとするならば、長いこと使い続けていると、あるところから最初と同じ数列が現れてくる。実際にそのようなアルゴリズムは存在する。疑似乱数である。ではルーレットの動作がアルゴリズムでなければその出力は乱数となるだろうか。そうでもない。例えば先の例にならって円周率を計算する機械を考えよう。円周率の2億桁、あるいは1京桁にしろ、途方もなく大きな桁にしても、それが有限桁の近似値を計算するものであれば、アルゴリズムは存在する。しかし、円周率全体を計算する、あるいは計算し続ける機械は、有限時間内に停止することが出来ないでアルゴリズムではない。実際そんな機械を我々は作ることが出来ない。だが、円周率の計算であるからには、そこには計算式が存在する。

では、全く法則性のない数列を生成し続ける機械、つまり真のルーレットというのはこの世に存在するのであろうか。物理乱数生成器という電子回路がある。ダイオードの熱変動など、量子力学的な確率過程を利用し、乱数を生成する回路である。おそらくこの回路が無限に動けば、円周率のどの部分にも相当しない数列が得られるはずである。だが、所詮は電子回路である。いつかは壊れて動かなくなる。壊れぬまでも、お役御免になり捨てられる運命にある。つ

まりその時点で生成できた数列は有限であり、その時点で円周率の途方もない数列のどこかに取り込まれてしまう。

無限に動き続ける物理乱数生成器、そのような数学的空想世界の機械こそが真の意味でのランダムなのだ。だが我々有限世界の住民としては、真の数学的ランダムが必要になることはないと言断できる。せいぜい、耐用年数を過ぎればお役御免の物理乱数生成器で十分である。物理乱数生成器もあまり出番はない。一番使いやすいのはアルゴリズムで生成できる疑似乱数である。疑似乱数の使いやすさはなんといいても、はじめからやり直すと同じ数列が出てくることである。乱数を使ったシステムを開発しようとした場合、悩ましいことは、同じ状態が再現できないと、おこるバグもおこらなかつたりする。物理乱数生成器をつかった際には、たまたま発見したバグが次に再現するのは数百年後、といった場合もあり得る。疑似乱数を使っていれば、システムをリセットすれば同じ状況が再現できる。これは便利。

すこし見方を変えよう。最後に私がぼやいたように、実際には疑似乱数がランダムの代替として利用価値がある。また円周率も大変質のよい乱数として使われることがある。これで十分ことが足りる場合が多いということはどういうことであろうか。円周率を乱数として使えるのは0から9までの各数の出現頻度が一樣であるということだけではない。ある桁のあと続く、その次の桁がなんであるかを予測するのが大変難しいという点にある。つまり次の桁が「わからない」ということなのだ。五分五分という言葉がある。つまり二つの起こり得る事象が確率的に0.5ずつである、という意味であるが、等確率ということはないがおきるか「分からない」ということなのだ。

「分からない」ということは主観的な言葉だ。量子力学的な確率過程であれば、だれも予測できる人はいない。その意味で「分からない」ことである。しかし多くのことは誰かが知っているがある人には「分からない」ことであつたり、あるいは調べれば分かることであるが、調べていないから「分からない」ことだつたりする。円周率を計算する力量やその時間のある人にとっては次の桁がなにかということは分かりきつたことである。しかし、そのような力量や時間がない場合、次にくる数字は「分からない」、分かりきつた人から与えられたときに初めて「分かる」のである。

確率は、事情はどうであれ「分からない」状況をいかにモデル化するか、ということである。完全にランダム＝法則性のない数列、つまり「分からない」

数列なのである。先に述べたランダムのパラドックスは、言い換えれば、「分からない」ことを「分かったように」語るからおきるパラドックスである。

## 2 情報エントロピー

情報理論ではシャノンの情報エントロピーの話がしばしばお目見えする。熱力学エントロピーとの間で性質がよく似ているという点から、物理学的な要素を情報理論に持ち込もうとする理論家も少なくない。また、社会的なコミュニケーションを論ずるときに情報理論的な発想を持ち込むこともしばしばである。だが、それらの多くを見ていると、ある種の混乱がおきている。

典型的な例として「外交は情報戦だ。情報量が多いほどイニシアチブを握ることが出来る。」と言われる。一方で、「現代における情報社会では情報が氾濫し、ひとつひとつの情報の価値が下がっている。」とも言われる。一体、情報量は多いほどいいのか、少ない方がいいのか....。「情報エントロピー」は別名「情報量」とも呼ばれる。まずはこの二つの意味の差がくせ者である。

「情報エントロピー」の概念を初めて示したのはシャノンである。しかしシャノンはそれを「情報量」と定義していた。シャノンの論文を読み「情報エントロピー」という名が良いのではないかという提案は、フォン・ノイマンだったと言われる。こうして「情報量」と「情報エントロピー」の混同が始まった。まずは、私なりに「情報エントロピー」を整理してみよう。

「カラスは黒い」という文章はまるでからすが黒いことが正しいかのようなイメージを喚起する。だが厳密に言えば（しかし、当たり前なことでもあるが）、この文章（＝コードとしての情報）が間違っている可能性も含んでいる。「カラスは黒い」という命題をもう少し詳しく吟味するならば、背後に「カラスは何色だ？」という疑問文があり、これに対する解答として「カラスは黒い」というコードが提示されている。この疑問文に対する答えとしては、「カラスは白い」「カラスは赤い」「カラスは緑だ」...といった同種の異なる命題が想定され、その想定される幾種類かの命題の中で「カラスは黒い」のみが正しいということを主張しているのが「カラスは黒い」という文章なのだ。「疑問文に対する解答の可能性」あるいは、「疑問文に対する解答＝情報の揺らぎ」が情報エントロピーである。

解答の可能性、「カラスは黒い」「カラスは白い」「カラスは赤い」「カラスは

緑だ」という4種のパターンが想定されたとしよう。この4種のうちどれが優位か、あなたの持つ知識からは決め難い場合、それぞれの命題の確からしきは1/4である。

カラスが何色か、あなたが友達にメールで解答を報告する必要があった場合、上記4つの可能性を考えて、何ビットを送信することが可能なメールがあれば、報告に備えることが出来るだろうか。答えは2ビットである。

「カラスは黒い」 = 00

「カラスは白い」 = 01

「カラスは赤い」 = 10

「カラスは緑だ」 = 11

という4つのコードを友達と申し合わせておけば、カラスが実際に何色だったかを報告するには十分である。このときの2ビットというのがこの場合の情報エントロピーである。

もし、あなたが事前にカラスの色についてもうすこし情報を持ち合わせており、どうも「カラスは黒い」というのがおおよそ9割がた確からしいと分かっていたとしよう。他の3つの命題の可能性については、1/30の確率としよう。このような場合、コーディングのビット長に偏りを入れて、こんなコーディングはどうであろう。

「カラスは黒い」 = 0

「カラスは白い」 = 100

「カラスは赤い」 = 101

「カラスは緑だ」 = 110

「カラスは黒い」という可能性が高いのだから、メールで用意するビット長はさつきより短くなる可能性が高い。まあ、運悪く3ビットになってしまう可能性もあるが....。では平均的に期待できるビット長（ビット長期待値）はどれくらいであろうか。

$$1.2bit = \frac{9}{10} \times 1bit + \frac{1}{30} \times 3bit + \frac{1}{30} \times 3bit + \frac{1}{30} \times 3bit \quad (3)$$



となる。この場合の情報エントロピーは1.2bitということになる。一つ確度の高い命題があると情報エントロピーは減少することがわかる。別の言い方をすれば情報としての揺らぎが減少する。当然のことながら、最初から「カラスは黒い」と分かっているならば、メールを送る必然性はない。つまり情報エントロピーは0である。(=全く揺らぎが無い。)

ここで、情報エントロピーをもう少し形式的に定義してみよう。ある疑問文  $P = \{p, p_n\}$  とは、ひとつの疑問  $p$  に対する解答を表す  $N$  個の命題  $p_n (n = 0 \dots N-1)$  のことであり、それぞれの確からしさを  $p_n$  とする。そのとき各解答に割り振るコードのコード量を  $-p_n \log_2 p_n$  とし、情報エントロピーは

$$H(p_n) = - \sum_{n=0}^{N-1} p_n \log_2 p_n \quad \text{ただし、} \quad \sum_{n=0}^{N-1} p_n = 1 \quad (4)$$

と定義できる。この定義に従って、2番目のカラスの例を計算し直すと、 $H = 0.627491844bit$  となる。

このように「情報エントロピー」はあくまでも疑問文とそれに対する解答のヴァリエーション（揺らぎ）の対のなかで意味を持つてくる。これに対して、「カラスは黒い」という「文章」は「カ」「ラ」「ス」「は」「黒」「い」とう6文字のコードである。これは解答の一つを意味しているかもしれないし、あるいは、確定した答えを意味しているかもしれないが、とにかく、コード量=6文字の文章である。

この私の「情報エントロピー」は一見シャノンの情報エントロピーとかけ離れているようにも見える。次に、実はそうではないことを示そう。同時に、シャノンの「情報量」がこの「情報エントロピー」と「コード量」を混同していることも示される。

シャノンの情報理論では転送されるコードの圧縮を目的としている。たとえば画像を転送する場合を考えよう。現代の情報システムでは画像は、長方形の全体をピクセルとよぶ小さな区画からなるグリッドに切り刻む。各ピクセルに相当する色彩を三原色に分解し、各色 8bit の合計 24bit の「色彩コード」でコーディングする。たとえば、一つの画像を  $1000 \times 1000$  の格子に分解したとすれば、合計  $S = 24,000,000 \text{ bit} = 1000 \times 1000 \times 24bit$  の「コード量」が必要である。シャノンはこれをもっと圧縮できると主張した。

どんな画像もそれぞれの色が同一の割合で含まれている訳ではない。使われ

ていない色もあればよく使われている色もある。色彩コード  $n$  の色が使われている割合を  $p_n$  とすれば、 $n$  の色を 24bit ではなく、 $-p_n \log_2 p_n$  bit にコーディングすれば、全体のコード量を

$$S_{after} = -S \sum_{n=0}^{N-1} p_n \log_2 p_n \quad \text{ただし、} \quad \sum_{n=0}^{N-1} p_n = 1 \quad (5)$$

とすることが出来る。一般に  $S_{after} \leq S$  である。 $S_{after}$  は式 (4) に画像のものとコード量  $S$  を掛けたものである。シャノンこれを元の画像の「情報量」と呼んだ。だがこの場合、画像全体については、最初から与えられたものであるから、これ自体に揺らぎはない。つまり画像自体に情報エントロピーはなく、コード量があるのみであると考えべきである。乱雑性を含んでいるのはピクセルである。任意のピクセルを選び、「このピクセルは何色か」という問いに対する解答の揺らぎ、つまりピクセルの情報エントロピーは式 (4) となる。これでシャノンの言う情報エントロピーはこれの  $S$  倍であり、私の定義した情報エントロピーに相関があることが示された。

最初に挙げた二つの問題に戻ろう。「外交は情報戦だ。情報量が多いほどインシアチブを握ることが出来る。」というのはどういう意味だろうか。外交官は確かな情報を集めなければならない。確かだと分かっている情報を出来るだけ多く集めれば、情報戦に勝てる。つまり確かな情報の「コード量」のことを言っている。「現代における情報社会では情報が氾濫し、ひとつひとつの情報の価値が下がっている。」はどうだろうか。「京都の美味しいイタめし屋はどこか」探そうとして、ぐるなびを引けばレストラン A がヒットし、友達に聞くとレストラン B だと言う。さらには、町歩きガイドブックではレストラン C... ということであるから、情報を集めれば集めるほど「情報エントロピー」が増大して行くことに悩める文章である。

「コード量」はとてもシンプルな性質をもっている。情報 A のコード量を  $S(A)$  として情報 B のコード量を  $S(B)$  としよう。情報 A と B をあわせたとときのコード量は単純な加算  $S(A) + S(B)$  である。だが、「情報エントロピー」はそうはいかない。情報 A の情報エントロピーを  $H(A)$  としよう。情報 B は情報 A のコピーであったとする。すると情報 B 単独ではこの情報エントロピーは情報 A と同じ  $H(A)$  であるはずである。このとき、情報 A と情報 B をあわせても情報エントロピーは倍にも半分にもならず、 $H(A)$  のままである。情報 B は

情報 A があればコピーとして確定した情報である。つまり情報 A の元では、情報エントロピー 0 なのである。これは情報 A, B のそれぞれの確率過程が相互に依存しているかどうかということに起因する。依存の如何によって情報エントロピーは複雑に変化する。

複数の情報をあわせた場合のエントロピーがどうなるか、という議論をするためには、情報をあわせるということはどういうことを考えなければならない。全く依存しない疑問文とその解答、たとえば  $P = \{「カラスは何色か」, p_n\}_{0 \leq n \leq N}$  と  $Q = \{「鳩は何色か」, q_n\}_{0 \leq n \leq M}$  をあわせたでしょう。それぞれの答えは全く関係ないので、二の答えの組み合わせパターンは  $NM$  個である。そしてその情報エントロピーはそのまま両者を加算した以下となる<sup>2</sup>。

$$H(\{p_i\} + \{q_j\}) = H(\{p_i\}) + H(\{q_j\}) \quad (9)$$

次に考えられる「あわせ」として、同じ疑問文に対する、異なった揺らぎをもった解答である。先のイタめしレストランの例で考えてみよう。レストランは A, B, C の 3 店あるとして、ぐるなびの答え、友達の答え、町歩きガイドブックの答えと 3 つの答えがある、ということである。だがこれだけでは、情報をあわせることは出来ない。これに対してもう一つ疑問文が必要である。つまり「どの答えが正しいか」という疑問文である。その答えとしては、「ぐるなびの答えが正しい」「友達の答えが正しい」「町歩きガイドブックの答えが正しい」という 3 つがあることは言うまでもない。この合計 4 つの疑問文と答えをあわせることによって、あなた自身の情報が得られる。

話を簡単にするために、同じ疑問文  $\pi$  による 2 つの情報  $P = \{p, p_n\}$  と  $Q = \{q, q_n\}$  があり、どちらの情報が正しいかの判断を  $R = \{r, r, 1-r\}$  としよう。判断の結果を、 $P \oplus Q | R = \{\pi + r, r p_n + (1-r) q_n\}$  とあらわすことが出来る。このときのエントロピーの関係は、

<sup>2</sup>詳しくは以下のような展開となる。

$$H(\{p_i\} + \{q_j\}) = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} p_i q_j \log_2 p_i q_j \quad (6)$$

$$= \sum_{i=0}^{M-1} p_i \left( \sum_{j=0}^{N-1} q_j \right) \log_2 p_i + \sum_{j=0}^{N-1} q_j \left( \sum_{i=0}^{M-1} p_i \right) \log_2 q_j \quad (7)$$

$$= H(\{p_i\}) + H(\{q_j\}) \quad (8)$$

$$\min\{H(P), H(Q)\} \leq H(P \oplus Q|R) \tag{10}$$

である<sup>3</sup>。

この式は、 $P, Q$  から判断する限り、双方の情報よりも確実な情報は得られないと言っている。また、 $H(P \oplus Q|R)$  が  $H(P)$  と一致するのは、 $r = 1$  のとき、 $H(Q)$  と一致するのは、 $r = 0$  のときである。これは、 $P, Q$  のより確実な方を一つ積極的に選び他方を捨てる、という判断が最適であることを言っている。 $R$  という最終判断が、情報エントロピーを増大させるか否かということは、大組織の決められない会議を思わせる結果である。

このようにしてみると、情報を集めることによって情報エントロピーは減少しない様子である。ある意味情報理論におけるエントロピー増大の法則である。だが熱力学とははなはだ異なることを注意しておきたい。だが我々は最

<sup>3</sup>この導出は少々ややこしい。 $P, Q, R$  をそれぞれ  $N$  次元空間上の点と考えると、 $R$  は  $P$  と  $Q$  を結ぶ直線上、 $1-r : r$  に分割する点である。 $R$  は、 $r = 0$  のとき  $Q$  と、 $r = 1$  のとき  $P$  と一致する。 $r$  を 0 から 1 まで変化させる時、情報エントロピー  $h = H(P \oplus Q|R)$  は  $r$  の関数となっている。この関数は、(1) 右上がり、(2) 右下がり、あるいは、(3) 1カ所最大値をもつかのいずれかである。(1)~(3) をグラフ化してみれば分かることであるが、式 (??) が証明される。 $r$  の関数  $h$  が、(1)~(3) のいずれかであることを示すには、 $h$  の導関数を求めればよい。

$$\begin{aligned} h'(r) &= - \sum_{n=0}^{N-1} \frac{d \{(p_n - q_n)r + q_n\} \log_2 \{(p_n - q_n)r + q_n\}}{dr} \\ &= - \sum_{n=0}^{N-1} (p_n - q_n) \log_2 \{(p_n - q_n)r + q_n\} \end{aligned} \tag{11}$$

この式の各項の構造を見てみよう。

- $p_n - q_n = 0$  の場合の項 項全体も 0 である。
- $p_n - q_n > 0$  の場合の項  $r$  の変化に対して右上がりとなる。
- $p_n - q_n < 0$  の場合の項  $\log_2$  の中身は、 $q_n$  から  $p_n$  にかけて右下がりとなり、 $\log_2 \{(p_n - q_n)r + q_n\}$  全体としても右下がりとなるが、定数が負であるために、項全体としては右上がりとなる。

従って、0 以外の項はすべて右上がりであり、式 (11) 全体も右上がりとなる。ということは、 $h'(0) \geq 0$  ならば、 $h'$  は  $r \in (0, 1)$  のすべてにおいて正であり、 $h$  は右上がりの関数となる。 $h'(0) < 0$  かつ  $h'(1) \leq 0$  のとき、 $h'$  は  $r \in (0, 1)$  のすべてにおいて負であり、右下がりの関数となる。

$h'(0) < 0$  かつ  $h'(1) > 0$  のとき、ある一カ所  $r_0 \in (0, 1)$  において、 $h'(r_0) = 0$  なる点が存在する。 $h$  はここを最大とした関数となる。

$h$  の形状は以上ですべてである。

最終的に決断をするためには、情報エントロピーは大きくては困る。「外交は情報戦だ。情報量が多いほどイニシアチブを握ることが出来る。」ということはどういうことなのか、あらためて疑問が生じる。

情報を集めると情報エントロピーが増大して行くならば、不要な情報を捨て去るしか無い。実はこれこそが推論の根幹をなす概念である。たとえば「AならばBかつBならばC、ゆえに、AならばC」という古典的三段論法を考えてみよう。これは、2つの情報「AならばB」と「BならばC」から1つの情報「AならばC」が導出できると主張している。なぜ1つを導出しなければならないのかを考えると、それは、2つの情報「AならばB」と「BならばC」があるだけでは役に立たないからである。そこから、三段論法という推論をつかい、1つの情報「AならばC」を引き出し、役に立たないはじめの2つの情報は捨て去る。「AならばC」という情報はBを含まない。従って、「AならばB」と「BならばC」をあわせるよりBを含まない分だけ「AならばC」の方が情報エントロピーは小さくなる。

情報を集めるのは、最初から最小情報エントロピーの情報にたどり着けないからである。式(10)が成り立つ以上、注意深く、出来るだけ情報エントロピーの小さい情報をつつめ、それらをいったん総合するも、推論によって不要な情報は捨てることによって、最終的に必要な情報へたどり着く。

推論の方法にはいろいろある。一つの命題から古典論理によって推論される別の命題は、同一の情報と考えてよい。上記の三段論法はその一つであるが、同一と見なせる情報が複数ある場合は、必要なものだけを残してあとは捨て去ることが出来る。ほかにもたとえば、集めた情報の共通項をくり出すという方法がある。これは、共通項という部分が情報エントロピーの小さい部分であるということである。このような、不要な情報を消去する特筆すべき方法に平均化という手法がある。一つ一つの情報のばらつきは大きいものの、それらを平均化した情報の情報エントロピーは小さい。

## 質疑応答

**質問** 乱雑性、「ラプラスの悪魔」対「人間の原理」、崩壊現象、生命の死、サバイバル理論について簡単に説明してください。

森 レジユメの1番でお話をしようと思っていました。「人間原理」とは、「世の中というのは基本的には乱雑なのよ」ということです。本当に乱雑で、その乱雑な状態がすごい量で延々と起きているならば、あるところを切り出すと非常に規則的に見える可能性は高いのではないかと。自分たちはこの世の中の乱雑のなかの非常に規則的に見えている部分だけを見ている。これが一種の「人間原理」です。しかもこの規則性のなかに人間がいる、規則性のないところには我々はいない。だから、どうしても世の中が規則的にしか見えないでしょ、というのが「人間原理」なのです。「人間原理」側は「理論なんてまったく必要ないよ派」です。

それに対して数学者のラプラスは、ニュートン力学なり古典力学のように、すべての粒子の運動形式は理論的に分かっていると言う。そうすると、今、現在のすべての粒子の位置を全部把握すれば未来も過去も全部予定説的に決まってしまうということになる。ラプラス側は理論派ですよ。もっと極端な言い方をすれば、対象が一見乱雑に見えていても、有限であるならば、たとえ、それが途方もなく巨大な有限であったとしても、乱雑な対象をすべて列挙することが出来るわけで、それを有限個の記述で記述することが出来るわけです。その有限個の記述全体を一つの法則とみなすならば、世の中はすべて法則で表すことが出来る。

エントロピーの話も、物理学、あるいは進化論とかいろいろなものを見てみると、この二つの間で揺らいでいる。だけど人間にとってみ

ると、どちらが正しいかなんて見極めるすべはまったくないわけです。ですから適当にどこか中間的なところに位置を決めて、そこで議論するしかないという、ある意味、人間の力のなさとか弱さがある。結局そういうことではないかなと思うのです。どちらかと決める意味もないし、この中のこのポイントが正しいと位置づける意味もない。その時の議論で、どの位置にするのが一番いいかということをやうまく決めれば、それでいいのではないかということをおもうかなと思ったのです。

先ほど、生命科学は全部死んでる (in Vitro) ものの議論ではないかという話がありましたけれども、今までの生命科学を見ていても、基本的には生きているものはどうか、というのを求めていくわけですよ。求めていく志向のなかで、死という、崩壊していくという問題がどこか抜け落ちてしまう。進化論についても、ある種の性質が出来あがっていく方向の議論はするのですが、それが崩壊していくときにどうなるのか。崩壊していくのと生まれてくるのが、どういう関わりになっているのかという議論は、どこか抜け落ちているのではないかなと思っていて、それを少し議論したいというところです。

**文理統合研究の有効性を探る：  
総括シンポジウム**

総合討論



鈴木 まず、会場の質問を受け付けたいと思います。

質問 生物の話を開放系とか複雑系ということで整理したり、特にアーサー・ケストラー (Arthur Koestler 1905-1983) はホーリズムでなんとか整理しようとしていたということがありますが、その辺の議論はどうなっていますか。

米本 20世紀の歴史のなかでハンス・ドリーシュが提示したものを、戦後どういうふうの問題として受け止めているかということ、フォン・ベルタランフィ (Ludwig von Bertalanffy 1901-1972) が、ハンス・ドリーシュの思想からエンテルヒーを抜いた生物理論を志向し、それを一般化して「一般システム論」の方向に進みます。これと似た見解が、おっしゃったアーサー・ケストラーですが、ケストラーはいわばライターですね。動的平衡とか一般システムという概念そのものが、古典物理学から見た問題整理です。細胞が外部とのやりとりをするのは当たり前で、これらの考え方は当たり前のことしか言っていない。

もう一つ、全体論やホーリズムについてですが、ドリーシュは、秩序の増大とともに、発生の過程は合目的な事態の進行であるとして、その特別な因果形態を「全機性」と言います。ただし、ドリーシュの全体論は秩序を重視しますが、これを社会的にも適用します。ただし、ナチズムとは全然、方向性が違います。ドリーシュの全体論は社会が秩序だったことを意味し、民族差別や戦争は反秩序だと言うのです。

彼は、スマッツ (Jan Christiaan Smuts 1870-1950) 流の全体論を、単に政治思想として強調しているだけ、と批判します。特殊な因果論である全機性は、自然現象から抽出した厳然たる事実であるが、政治的な全体論一般は単なる意見の表明でしかない、と言うのです。彼はナチスの暴力的体質を早くから批判し、1934年に大学の職を辞すことを強要されます。ドリーシュは1941年に死にますが、平和主義を信奉する知識人でした。

ドリーシュの体系は間違っていました。正統派の自然科学の自然哲学的弱点を鋭く指摘した点で、重要な仕事をしました。しかし、戦後、ドリーシュの知的遺産はすべて破産財とみなされ、全否定されました。

金子 今のご説明を聞いて、わたしは生物学に関してはかなり変わった教育を受けたのかもしれないと思っています。東大の教養学科で生物学を中心に教えていたのは、ゲーテ学者木村謹治氏の令弟で、東大医科学研究所教授に転任された生化学者の木村雄吉先生です。先生の名著、画のない解剖書、『動物の解剖と観察』（寧楽書房 1954）で動物実験をやった覚えもあります。同時に近角常観師の求道学舎を継いで主宰されていました。戦前に、マイヤー (Adolph Meyer 1866-1950) の本（『生物学思想の危機と転回点』[弘文堂 1943]）を訳出されていましたから、ドリーシュの話もよく伺いました。この木村先生は口癖のように、in vitro ではなくて in vivo で生命を考えるのが当

たり前だという立場でした。ですから分子生物学批判という立場であったことは確かです。in vitro というのは「ガラス管、ビーカーの中で」という意味で、in vivo というのは「生きた状態のままです」という意味です。また、僕たちがゼミで読んでいたのが、ベルタランフィ、ウォディングトン (C.H.Waddington 1905-1975)、とくにランスロット・ロー・ホワイト (Lancelot Law Whyte 1896-1972) です。木村先生を中心として卒業してから先生が亡くなるまでずっと「白雄会」と称して、ランスロット・ロー・ホワイトの本を読んでいました。

プリゴジン (Ilya Prigogine 1917-2003) の本が出てくる前から開放系の熱力学などの問題をホワイトは論じていました。ホワイトは「造形的」(morphic) という概念を重視して、単なる「エントロピー的」(entropic) とは区別していました。ラッセル (Bertrand Arthur William Russell 1872-1970) はホワイトのことを高く評価していたのですが、彼は日本でいえばジャーナリスト、科学哲学関係の雑誌の編集長だったのです。学歴からいうとラザフォード (Ernest Rutherford 1871-1937) の弟子で物理学から生命論の世界に転向した人物です。

今、ケストラーが話題に出てきて懐かしいです。日本では『現代思想』という雑誌で一番最初にケストラー特集をやったのですが、その時に僕はケストラーの論文を1本翻訳しました。おそらくそれが日本で最初にケストラーのホロン概念を紹介した論文です。ずいぶん前の話で何年だったか忘れましたが、中野幹隆君という有名な編集者がい

まして、彼に頼まれて翻訳をやったのです。

米本先生の話の聞いていると、僕は大変懐かしいし、米本先生が徒手空拳というか、大変頑張ってやっていらっしゃるのはお気の毒だなと思うのだけど、僕らにしてみると、「ああ、まだ元気でやっている人がいるのだ」というので、大変嬉しかったです。

ただ、米本先生のお考えについて、それでいいのかお尋ねしたいと思います。メカニクスを「機械論的」と訳すところを「力学的」と訳すべきだとおっしゃっていますが、物理学史をやってきた者の立場からすると、そんなに簡単に「力学的」と言ってもらっても困るという感じがするのです。アルキメデスの静力学 (statics) があって機械学 (mechanics) が成立し、ガリレオの運動学 (motion theory) があって、その後、力の変化を伴う、つまり加速度などの問題が入ってくるとニュートン-ライプニッツの動力学 (dynamics) が成立します。静力学と運動学の形成の上に動力学があって、これらをひっくるめて力学と言ひ、メカニクスは狭義では「機械学」、広義では「力学」ですね。ですからただ「力学的」と訳されてしまうと困ることがある。先ほど、エンコードの話のところで、「遺伝子調節のダイナミックな側面に注目しろ」というのが出てきましたね。ああいうところでダイナミックと言っているのは、しいて訳せば「力動的」となると思うのです。時間的に変わっていく力が働いている状態がダイナミックなのですね。だから僕らの立場からすると、「力学的」と言われると元の言葉は何だったのかなという心配が一つあるという感じがしました。

米本 ご指摘の通りだと思います。19世紀の先鋭的な生物学者の構想を込めて訳すと力学主義の方がよいと思います。しかし20世紀を通して、機械論 vs 生氣論という日本語が定着しておりますので、20世紀の論争を扱う場合は、この表現でよいと思います。金子先生のご指摘を踏まえて、言葉遣いは慎重に検討いたします。

鈴木 わたしから、金子先生、米本先生に質問があります。米本さんが「古典力学に対して」19世紀に新しい動きが出てきたとおっしゃるのは、ニュートン力学の世界で生物学者も考えていたことに対して、という意味でとってよいですね。そこへエネルギー一元論が出てきた。それで、どういふ変化が起こったのか。その整理は、まだ行われてないのではないのでしょうか。

金子 整理は行われてないと思います。要するに、エネルギーという言葉自体が生まれたのはかなり新しいんですよ。ヤングの使用例は19世紀初頭ですから。

鈴木 金子先生のおっしゃるのは物理学の内部の話ですね。

金子 例えば鈴木先生の幸田露伴の話のなかに、「力の話です」というのが出てきますね。これはエネルギー保存の法則ではなくて…。

鈴木 いや、違います。露伴が「力不滅」の法則と用いているのですが。

金子 わたしが言いたいのは、運動量保存の法則というのは古典的にずっとあって、そういったものから力の保存則という言い方をする人もいるし、力の不滅の法則という言い方をする者もいるし、多分その路線だろうと思います。

鈴木 いや、20世紀に入ったら、エネルギー一元論は日本でもよく知られています。1912年に書き足した論文のなかでのことです。日本の知識人一般に、物質不滅説と運動量不滅説とエネルギー不滅説を混同しているという言い方はできると思いますが。露伴はお雇い外国人から電信技士の訓練を受けていますし。

金子 20世紀に入っているわけですね。20世紀に入っていれば問題ないかもしれない。

鈴木 「宇宙の大動力」とも言っていますし。日本だけではなく、いろいろな混乱状態にあったことは言えますね。生氣論と物質還元論をシステム論で超えられると主張したベルタランフィにしても、あるいはドリーシュにしても、エネルギーをどう扱ったのかということをもう一回チェックしないと、その整理ができないのではないかと思うの

ですが。

米本 ご指摘の通り、ドリーシュの位置づけをどうしたものか、少々考えあぐねているところです。実は、初期の分子生物学者が生化学の学会で発表すると、分子の間でのエネルギーのやりとりや、構造的な安定性については質問が山のように出るのですが、分子生物学者が、「こういう順序で並んでいるそのことが重要だ」と力説しても、当時の生化学者たちはエネルギー論問題にしかまったく興味を示さなかった。彼らは、分子配列の問題は生化学が取り組む問題ではないと考えた。それが今では、分厚い『バイオケミストリー Biochemistry』という教科書のなかに、分子生物学の成果は、当然のこのように取り込まれている。生体内の分子部品に関する研究はすべて、生化学の領分に組み込まれ、分子生物学はそこに吸収されてしまった。これは、現代生命科学における「生化学の圧勝」という事態で、一つの自然哲学の反映だと思います。この事態は、わたしが言うところの、現代生命科学は「法医学的証拠の積み上げ」の体制であることの意味です。

鈴木 金子先生のおっしゃったことについてですが、「エネルギー energy」という言葉は、英語では17世紀の用例もあり、18世紀から19世紀にかけて、世間的には「パワー power」や「フォース force」と混同されて、ずっと飛び交っていたのです。熱力学が出てきてもその状態はすぐには変わらなかった。ランキンが「エネルギー」概念を統

一し、他方で、オストヴァルトがいわゆる物理化学みたいな新しい科学を作った。けれども、世間では、内燃機関の拡がりが大きいのです。エナジーをチャージする、外から注入するという言い方が一般化するわけです。カーライルも用いていますし、例えばトマス・ハーディ (Thomas Hardy 1840-1928) という小説家も「エナジー」を“inherent power” (内在的な力) の意味で使っています。それらは、しかし、スピリチュアルな、精神的な「エナジー」の意味なのです。

物理学、熱力学では、概念が統一されたとは言えるが、その外の領域ではそうではないのですね。そのような付き合いができるので、領域をまたがって議論できる機会が面白いのです。それとは別に、イギリスとドイツで「エナジー」「エネルギー」の概念が統一されたが、では、フランスではどうだったのか、とか、日本では、という国際的にまたがる問題もありますね。

このシンポジウムに森先生に来ていただいたのは、では、「情報」という概念が今のような用法で飛び交い始めたとき、どうだったのか、ということをお話しいただこうと思ってのことです。分子生物学は、遺伝子を「情報」として読むということを始めたわけです。それが、今、かなり決定的な役割を果たしている。まるで自然が「情報」を発信しているかのような用法ですね。概念のアナロジーによる世界観の組み換えが起こっているわけです。これも、また米本先生に質問になります。



米本 おっしゃる通りでして、DNA 二重らせんモデルの分子構造の発見があって、1953年から遺伝現象が解明されてしまったように言う人がいます。けれども、あの論文には「非常に興味ある構造である」という表現までしかありません。同じ年の第二論文で、DNAの複製については論じますが、『ネイチャー』に掲載可能なのはここまでです。これに続いて クリック (Francis Harry Compton Crick 1916-2004) が、セントラル・ドグマを提唱します。これは DNA → RNA → タンパク質という具合に、情報は一方向に流れるとする作業仮説です。RNA ウイルスの発見で一部修正されますが、この仮説は基本的に正しかった。ただし、クリックは、1958年の「タンパク質の合成について」というレビュー論文のなかで、「情報」という言葉は、タンパク質の並び方を示す意味で、1回しか使っていない。その後、分子生物学者自身が、この言葉をどう使ったか、という視点から問題を整理した研究はないのだと思います。わたしは、分子生物学者はDNAの二重らせんモデル以降の自らあげた学術的成果の哲学的意味、より正確に言えば「自然哲学」的意味、の解釈に失敗したのだと思います。

鈴木 DNAのことは、僕ら素人にはまったく分からないのですが、「情報」なんだよとか、「設計図」として理解すればよいと言われると、「ああ、そういうふうに理解すればいいのだな」というように刷り込まれてしまっている。「情報」と「設計図」は違うよな、とか思いながらも、そういうことは物理・化学でも起こってきたと思うのですが、それ

をもう一回、整理しなおしてみようと…。

米本 おっしゃる通り、もう一度、分子生物学の成果の解釈について反省すべきときに来ていると思います。初期の分子生物学は、大腸菌に感染する T 系ファージというウイルスを集中的に研究することで、予想外の成果をあげました。しかしその後、大腸菌から、真核生物の酵母や、高等動物の細胞を分子レベルで研究していくと、当初の予想はことごとく裏切られ、桁はずれて複雑で多目的な分子メカニズムであることが明らかになりました。このような複雑さはまったく想定されていなかった。これほど複雑な現象が古典物理学だけで説明しきれないわけではない。しかし、それを言うと、「生氣論だ」と非難する言説が、かつては非常に力をもっていた。根拠のない過度の「生氣論非難への怯え」は克服しないといけない。

例えば、DNA は A、T、C、G という 4 種の塩基の配列が意味をもっている、と説明します。A とか C とか記号で表現すると、当然のことが起こっているように見えます。しかし、DNA 分子自体は非常に単純な素材からできた、いわば紐であり、こんなわずかな分子の配列が意味をもつような自然現象は、古典物理学の常識からすれば、驚天動地のことです。こんなに微妙な分子構造の違いを、リボゾーム RNA が丁寧に順に読んでいき、タンパク質が正確にできるというのは、わたしは、不思議で不思議で仕方がないのです。

「DNA は生命の設計図」という比喩は、非常にミスリーディング

だと思っています。現在なら、「DNA = USBメモリ説」が、その機能を説明するのにいちばん近いと思います。DNAは単に情報のデポジットリーであって、この中から何を、いつ、どれだけ読むかについて、DNAにも一部書いてはありますが、読む主体は細胞質の側にあるのだと思います。DNA = USBメモリの方に焦点を合わせて、これが生命の設計図だという比喻を、長い間、用いてきたのですが、情報の取り出しは細胞の側がやっている。そして、USBメモリを読むマシンは生物種ごとに全部違う。当然、そのソフトも違ってくるわけで、このあたりの複雑な生体内反応を、まだまだ非常に単純化して説明しているのだと思います。

森 僕は学生のころからそれは思っていたのです。学生のころ、情報と分子生物学をやっていて、授業でセントラル・ドグマを習っていたときに、「DNAはプログラムです」と言われて、「うーん、違うんじゃないか。これUSBメモリだな」と思った。そこにはタンパクのコーディング・データが入っているだけで、そのコーディング・データをどう利用するかは細胞が決めているのだと思うのです。だから人間の遺伝情報を大腸菌に入れても、大腸菌が人間になるわけではないということですよ。

最近はもう一度、考え直しているところです。当時の情報科学も非常に単純な情報科学だったのですよね。現代になってくると、「プログラムとは何か」というときの「プログラム」という言葉自体もかな

り様相が変わってきている。昔はCPUがあって、それを駆動するためのプログラムというイメージだった。最近は違っている。特に world wide web が大きな変化だったと思うのですが、ウェブに表示されているドキュメントを書くHTMLという記述言語があります。HTMLという言葉は、何か完全な動作を完全に規定しているわけではないのです。たまたまウェブページはドキュメントを表示しているけれども、HTMLという言葉を読んで何か別のものをインデックスするプログラムにしてもいいのです。コンピュータプログラムとしてどう解釈するかは、読み手の采配で決めるのだというコンピュータ言語もあるのです。

DNA というのも、そういうHTMLのような言語だと考えればいいのかなと最近思っています。HTMLだけでは完全には動かないわけです。DNAだけでも完全には動かなくて、DNAというある種の言語を駆動する駆動系が細胞にあって、それはRNAであったり、タンパクそのものであったり、いろんな言語で書かれている。そういうふう to 考えてくると、情報科学的なアナロジーでいくと、細胞というのが一種のオペレーティング・システムみたいなものであると見えてきます。

確かに、十数年前のコンピュータ・サイエンスの言葉で細胞というものを捉えようとするならば、舌足らずですが、現代のコンピュータ・サイエンスのさまざまなパラダイムで細胞を見ると、人間の作ったコンピュータという機械と非常に似たような形で見えてきます。私は分

子生物学とは、生命を機械として捉えるということとある意味同義であると考えています。逆に、機械として捉えられなければ、分子生物学的成果ではない、ということです。先に述べたように情報科学者が踏み入らないでおこうとしていた分野に踏み込んでいく話なのです。であるならば、分子生物学をコンピュータ・サイエンス的に見るならばどう見えるか、ということは、どこかではやっておかなければならないことだと思います。丁寧にオペレーティング・システムと細胞の動きを一対一対応させていく作業をやってみようかなと思っています。その過程で、生命と機械との相違も明らかになると期待できます。

鈴木 どんどんそういうふうに進んでいくのですね。わたしが繰り返し言っているのは、コンピュータは自動制御のシステムをいわば生物から盗んで、それを機械に投影させてできたものじゃないですか。自動制御システム、コントロールシステムは、もともと生物の仕組みをまねたのだから、対応するのは当然なのではないでしょうか。もちろん、どこまでもとの生物に戻せるか、という問題もありますが。分子レベル、細胞レベルでも、あるいは臓器レベルでも、それが可能なのだという話でしょうか。

森 生物から取ってきてるというよりも——取ってきてる部分もあると思いますけど——、逆にコンピュータを生物に投影して見ていると

いう面も結構あるんじゃないかなと思います。

鈴木 70年代から完全にその通りです。まず機械そのものがそうやって作られている。例えば人間の耳がキャッチできる周波数は範囲が決まっている。機械の場合には、フィルターをかけることでその限界をつくる。コンピュータは、そもそもそうやって作られたものでしょう。それが、今度は逆の発想がどんどん進んでいる。チョムスキーの普遍文法論も、そうやってつくられたものです。それをアメリカの言語学者の半数くらいは認めてしまっている。科学的に思えるのでしょうか。それがどこまで可能なのか、というのも面白い問題かもしれない。が、そこには危うい面もあると思うのですけれど。

森 まず一つは、多分分子生物学者がコンピュータチックに細胞を見ている面があるのですが、コンピュータ・サイエンティストではないだけに生ぬるいところもある。そこをコンピュータ・サイエンティストの方から徹底的にやったらどう見えるか、どれくらい変わってくるかというのが、知りたいところですよね。

もう一つは、そんなふうにはコンピュータ的に見ていって、本当の生物としての機能として、合目的と言っても、コンピュータも人間が合目的に作っていて、道具ですから人間が使いやすいように作っているわけですよね。生物はコンピュータと違って、人間が使いやすいように細胞ができていないのではないですよね。その差がどういうふう

出てくるか。

鈴木 オペレーティング・システムのオペレートするのは誰なのかが問われるわけですね。

森 そうです。オペレートするのは誰か。生物の場合はオペレートするのがいないわけですよ。

鈴木 例えば、動物行動学のユクスキュル (Jakob Johann Baron von Uexküll 1864-1944) は、生物に、ある種の主体性みたいなのを想定します。その世界認知——彼の考えは認知より表現なのが面白いのですが——そのシステムが設計されていると考える。

森 例えば細胞がオペレーティング・システムだとすると、その主体というのはどこにいるのですか。

鈴木 いわゆる高等動物なら中枢神経なら中枢神経を主体と言うわけです。中枢神経もないダニみたいな生物にも、尿酸に反応しうる主体、サブジェクトを想定するのです。

森 その主体も何かでできているとすると、それをコントロールするまた何か主体が必要になってきませんか。

鈴木 ユクスキュルの場合は、20世紀前半の学説ですが、自然神みたいなものを想定しないと自分の説は成り立たないだろうと『生物から見た世界』（1934, 岩波書店 2005）の最後で述べています。生物を「設計された機械」として徹底的に考える人で、そうするとそういう発想になる。

荒川 僕は文理融合研究の有効性というのはどういうことだったのかということで、福島からやってきたのですが、情報については、今、話されて——よく分かりませんでしたけど——、そういうことなのかと思いました。けれども一般的に文理融合の有効性については3年間研究されてどう捉えておられるのか。例えば、今、原発問題が背中にある福島に住んでいるのですが、裁判がまさに文理融合の世界です。裁判官がどれだけ科学的技術的な知識をもっているかどうか。水俣の問題を考えると、あの裁判は本当に深刻でした。原発についてもそうです。原発の訴訟は全敗です。裁判官が原発をどれだけ知っているかということ、ほとんど分かっていない。電力会社が用意した東大教授の証言をほとんどそのまま採用したりする歴史がずっと続いてきて、こういう悲劇が起きているわけです。今福島でも裁判が起きている。住民が原告団を結成して、東電や国、あるいは県を訴えるということが起きていますが、起訴猶予ではなくて起訴そのものを認めなかった。いろいろ聞いてみると裁判官はきちんと考えてない。考えようとしていない。



つまり文理融合が成り立っていないということです。コンピュータのことはわかりましたが、どういうふうに関、研究をまとめられたのか、もっと一般的な話を代表者の鈴木さんから教えていただければありがたいです。

鈴木 「エネルギー」については、さっき質問を投げたようなことです。エネルギーという概念は、もちろん社会的に変化しているわけですが、その総合的な研究はまだ行われていないようだ。例えば「エネルギーの文化史」は、わたしが調べてみた限り英語圏でなされていないようです。そのような総合的研究の発展可能性を発信する、ということがまず一つです。文化系の間がエネルギー、エナジーという概念に取り組むことで、例えばトマス・カーライルが1830年代からスピリチュアルなエナジーという概念を盾にして、産業革命が生んだ人間の機械化、社会の機械化に反対した。アメリカではエマソンがそれを受けて、宇宙のスピリチュアルな「エナジー」を用いて超越論哲学を説く。けれども『森の生活』(1854, 宝島社 2005)のデイビッド・ソロー (Henry David Thoreau 1817-1862) は、エナジーというのは全部カウントできる、定量化できるものとしてしか使っていない。そのように読めるのです。同じ系列と見なされるホイットマンの場合は全く民間哲学的です。その3人でも、それだけ違う。というようなことから始めて、英語で「エナジー」がどういう役割を果たしてきたのか、洗い直していくことができますね。

では、国民経済学の発想で「エネルギー」の問題は、どのように扱われて、今日に至っているか、という問題にも行きつく。もちろん、「原発」のことを念頭に置いています。高度な放射性廃棄物を天然ウランの状態まで戻すには、どれくらいかかるかを考えてかかる文化もあれば、そういうことを全然考えてこなかった文化もある。小泉元首相がフィンランドまで行かなくても、そんなことわかっている人は最初からわかっているわけでしょう。ただそれが伝わらないような文化の状態に、この30年くらいにわたしたちは置かれていたのです。で、エネルギーとは何なのかということから、もう一回みんなが考え直すきっかけになればいいというのが一つ。

クローン羊のドリーちゃんには、生物学者が協定をつくってストップがかかった。これはキリスト教の倫理が働いたからでしょう。けれども、原発の廃棄物に関しては、今後、よりよい処理方法を開発していけるのではないかと、いう、いわばオポチュニズムになる。どうして、そうなるのか。考えてみるとかなり面白い、というより深刻な問題をはらんでいるように思えるのですが。

原発訴訟が「全敗」ということはないと思いますが、それはともかく、荒川先生のおっしゃる裁判の問題やエネルギー政策の問題は、専門委員会の制度設計の問題ですね。それはそれで提案できることです。アカデミズムについては、米本さんは反大学の立場をはっきりさせていますが、わたしは、今度の報告書（『エネルギーを考える』2013）の「まえがき」でも高木仁三郎さんのことを書いています。きちんと

根拠をあげて論じている人を排除してきたアカデミズムとは何なのか、ということを知りたいのです。たまたまわたしが原子力資料情報室の人を知っていたので、日文研では、高木さんをお招きして、話を聞く機会があったのですけれども。研究者としての規定性においては、わたしにはせいぜい、それくらいのことしかできないし、言えない。

荒川 もう一つ言うと、70年代安保の学生運動のときに教養教育は徹底的に叩かれたのです。70年代後半ごろから教養教育の改革が行われた。その時の目玉が総合科目の設定、文理融合です。つまり人文・社会・自然が別々に立っているが、その関連性が一体何なのかという問いが、教員の間からも生まれ、総合科目が生まれた。僕は科学史担当だったのですけれども、科学史も最初の総合科目だった。自然と人間とを総合的に捉える。かつてのカント時代の哲学に戻ろうという意識だった。やがてそれも教養改組で続かなくなる。混乱に混乱をして、最後に総合科目がまた生き返ってくるわけです。結果的にはほとんどうまくいかなかったのです。

裁判官でいうと、裁判官が法学だけではだめだと、自然科学を身に付けた裁判官も必要だということで、裁判員制度の改革がありました。それもうまくいってないでしょ。教養改組の文理融合も、僕もずっと担当してきたのですが失敗の連続でした。だからなおのこと、このグループの——今またもう一度やり直そうということでしょうけどー

一展望というか、その辺のことを知りたいのです。

金子 これだけやってきて何が成果として言えるのだというお話がありましたよね。成果なんかないですよ。さっき僕はクレアの例を出して言ったのだけど、エネルギーをどういう角度から自分は面白いと思っているか、ここではそれが問題なのですよ。文学者は、例えば幸田露伴でも夏目漱石でも、どういうふうにエネルギーを面白いと思って使っているのか。それも分析の対象になるでしょ。

裁判官云々の問題というのはサイエンティフィック・コミュニケーターの問題であります。今の科学はどんどん最先端に行ってしまうし、用語は専門用語だし、ジャルゴンだし、一般の人にはわからないから、それをきちんとわかるように、本当はジャーナリストとかが中間に入るという、それだけの大きな役目があると思うのだけど、不十分ですよ。科学コミュニケーターというのは何という訳にしているのかな。科学博物館とか社会教育する場で、もっときちんとやってレベルを上げていただかななくてははいけない。

だけど例えばエネルギーというのをわかってほしいと言っても、わかり方のレベルはいろいろあるわけです。エネルギーというのを、誰もが科学者のように、専門家の物理学者のようにわからなくてははいけないのかと言えば、そんなことはないのです。一つのコンテキストのなかで正しく使える形でエネルギーという用語にアクセスできていれば、それで十分なのです。電気洗濯機の仕組みをよく理解していな

くても、使えるわけでしょ。使えればそれでわかったというレベルがあります。自動車も中の仕組みがよくわからなくても、きちんと間違えなく動かして、ぶつけなければ自動車に乗れることになるのだから、わかり方、verstehenという理解のレベルはいろいろあるわけです。だから裁判所のレベルで「わかる」ということはかなり高度な「わかる」。そのことについて議論しなければ、裁判所については問題になりませんね。

ですから文理融合というのは、文化系の方が理科系の用語を大いに誤解しまくって、どういうふうに面白いのかということ、自分でそれぞれ発表してそれぞれ普及する。そうすると言葉に対して慣れてきますよ。慣れるということも大事だと思うんですよ。科学用語に慣れるということも、それについて理解する第一歩ですから。そういう意味では文理融合と言っても、お互いに誤解しまくるわけです。大体、科学界でも術語というのはよい意味で誤解され、それを批判することで新しい理論を樹立するとか。自分なりにうまく誤解して科学理論なんて出てくるわけです。ファイヤアーベント (Paul Karl Feyerabend 1924-1994) という科学哲学者が、科学理論について Anything goes! (なんでもあり) と言いましたが、ある意味自暴自棄的結論で申し訳ないんですけど、僕はそういうふうに思いました。

**鈴木** 社会制度とか裁判のこと、また大学の学問の制度については、総合的判断のできる専門委員会をきちんとつくる制度設計をしないと

いけないことははっきりしていると思います。原発については、物理と化学の部門とで連携がとれていない、総合的にすべての過程がわかる仕組みになっていない、というご指摘が議論のなかでありました。悪しきセクショナリズムを廃する制度にする。そういう提言はできると思います。

それとは別に、自然科学者が社会とどうコミュニケーションするか、社会との関わりという問題の立て方も重要でしょうが、大学、研究教育の制度そのものをどう立て直すか、というふうに問いが立っていない。そこで概念編制、コンセプトual・システムのことを問題にしてきたのです。遠回りのように見えるかもしれないけれど、これが根本問題でしょう。

それが、今、金子先生がおっしゃった概念のことです。今度のわたしの企画は、いわば理科系に媚びた企画に見えると思います。実際、「生命」「エネルギー」「情報」は、みな自然科学の概念のように思えるという反応が審査会のなかでありました。わたしは、ちょっと待ってください、自分の用いているコンセプトをもう一度、世界のなかに置きなおしてみてくださいと言いたいのです。そこから自分の分野を相対化できるという提言なのです。

先ほどから森さんも米本さんもちらつかせているようにわたしには感じられますが、理科系の学問も、西洋の神学のもとでつくられてきた学問だということははっきりしているわけです。ところが、それが日本に移されたときに、そのことがまったく忘れられてしまう。それ

を逆手にとれば、ヨーロッパの学問自体を相対化できるのに、そういうことを考えない。西欧中心主義を相対化するということは、西欧の多くの学者も考えている。そういう場を、日本や中国、韓国、東アジアでつくっていくことは比較的容易なのです。それが一番大きな目的です。

このプロジェクトでは、「生命」と「エネルギー」と「情報」というキー・コンセプトを並べてやってみた。「情報」の概念がわたしは全然わかっていないということがわかった。「情報エントロピー」についてよくわからないので、森さんに質問して、それに批判的な議論を聞いたのですが、しかし、国際的には一応、通用しているものです。もともと、熱力学のアナロジーだということははっきりしている。そのアナロジーが効かないのは、どこなのか、そのチェックをしてほしいのです。そういう作業をやっていく場所をセットするくらいしか、わたしたちにはできない。

荒川 1970年代、スノー (C. P. Snow 1905-1980) の『二つの文化と科学革命』(1959, みすず書房 1999) がものすごいベストセラーになりましたね。あの中で確か文化系の間が物理学の熱力学第二法則をどれだけ知っているかということが書いてありますよね。同じような、文化の分離、かい離というようなことがアメリカで起きていた。それが我々の時代にも起きて、教育制度にも関わっている。

鈴木 そのような議論自体をもう一度、相対化しないとイケないと思っているのです。わたしが「融合」や「混在」ではなく、「統合」というのは、ブリッジを掛けること、その掛け方を工夫する。それには自分の分野を相対化しうる場をつくるということやってきたつもりなのですが。アメリカで「文理融合」に前向きにならない理由の一つに、社会学の連中がすべての領域は自分たちが受け持つから、という理由で反対していることがある。そういうレポートが出されています。国際的に、そのような学問編制からもう一回、考え直さないといけないところがある。ごめんなさい、時間がきました。荒川先生の提起を、最後に総合的な提起として受け取って、このシンポジウムを締めさせていただきます。



## 文理統合研究の有効性を探る 総括シンポジウム 2013

---

2014年3月25日発行

---

非売品

---

編著者 鈴木貞美

発行者 総合研究大学院大学・学融合推進センター研究費助成プロジェクト  
「日本における諸科学の編制と基礎概念の検討：文理統合研究の有効性を探る」  
代表（平成23～24年度）鈴木貞美

大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 国際日本文化研究センター  
〒610-1192 京都市西京区御陵大枝山町3丁目2番地

電話 (075) 335-2222 (代表) ホームページ <http://www.nichibun.ac.jp/>

編集 岡田真紀・楠K&K事務所

〒151-0005 東京都渋谷区千駄ヶ谷2-36-9-406

制作 楠アートマン

〒145-0004 東京都江東区森下4-24-8

---

© 国際日本文化センター 2014 Printed in Japan

ISBN-978-4-901558-70-9