

全体性と科学

大原 莊 司
Souji, OHARA

本ノートは、「全体性と科学」についての考察をまとめたものである。きっかけのひとつは科学史を講ずるに際し、神秘主義や東洋の科学について考える機会を得たこと。今ひとつは本学名誉教授上山安敏先生の「神話と科学」¹⁾に述べられるM. ウェーバーの全体知批判である。また筆者の最近の研究テーマのひとつであるカオス（非線形科学）²⁾の根本的視点は、ものごとの「全体」のすがたを探求することであり、加えて物質科学や情報科学、社会科学で最近話題の自己組織化という見方、あるいはシステム科学という還元主義からの合理的脱却と受け取れるとらえ方の存在もこの考察のきっかけとなっている。

屋上という限られた人工の空間を庭園にすることが、エコロジーの立場から推奨されている。単に植木鉢を並べるのではなく、防水、防根シートの上に軽量な土を入れ通常の庭のような連続性を確保するのである。天地を逆転しておそらく風水の理にはかなわないと思うが、エコシステムの理にはかなっている。ウッドデッキには人の生活を受け入れる暖かみがある。この屋上庭園という個でありかつまた全体でもあるものをてがかりに、まず「全体性」を定義してみたい。第1に要素を形成する芝生、ウッドデッキ、個々の草花や土など互いに異質なものが個別的に歴然と安定かつある程度自律的に存在すること。第2にそれらのあいだが当面断絶なくなんらかのやわらかな相互作用によってダイナミックにつながっているということ。それは空間的に接しているにすぎない部分もあるが、見るものの違和感を呼ばない。第3に背景に伝統文化があり文脈性があり全体としての法則性（物質代謝など）や調和があり、借景である山の緑との融合、生活との融合という連続性、開放性があること³⁾。

次にこの定義をテンプレートにして科学が対象とするものの全体性について考察したい。上山先生の「神話と科学」で述べられていることは主として社会科学における、全体知と価値自由な合理精神との葛藤の歴史であるが、精神や生命にかかわる科学にも神話性（全体知）の入る余地を歴史的に見いだしている。生態学の祖の一人であるE. ヘッケルの生氣論がその例としてあげられている。東洋の「気」にもつながる連続性のイメージが「生態」に全体性を帯びさせている。生態学の分野⁴⁾では、歴史上しばしば全体論の復活がみられるようである。一方「神話と科学」ではあまり扱われていない物理学の分野では、全体性に正面から対峙してきたように思う。ゲーリケによる真空ポンプの発明（1647）をきっかけとして、人間のほんのちょっとした工夫で自然界からべらぼうな力を引き出すことができるという体験が、熱力学という学問体系の確立と相俟って産業革命への原動力となったであろう。その過程で、熱力学的自然観の総括的性格や気体の持つ全体性による⁵⁾力学の神話化が起こらなかったのはなぜか。ライプニッツやニュートンも、東洋の自然観や錬金術など全体知的なもの神秘主義的なものに強い関心を持ちながらも、彼らの物理学は厳密性から逸脱しなかった。それは、ユークリッド原論という手本によ

るものか、キリスト教思想の階層性によるものか、あるいはガリレオ以来の質量、速度、時間などの物理量の独立性についての信念にもよるものと思われる。「物体の運動量が変化するとき、物体は力を受ける、あるいは物体に力が働くという。」これが現在の一般力学における力の定義である⁶⁾。実験の再現性を保証する物理量の独立性を認め、実験の結果から合理的に推論されるものだけに原因を求めて行く。これがヨーロッパのいわゆる科学革命の本質であると理解するが、われわれ東洋人にはすんなり受け入れがたい不安感がつきまとう。いわば、犯人を捕まえる前に裁判をしてしまうような不安である。これに対し結果からは原因が直接確定できない現象があることにマックスウェルが初めて気づいたところから、カオスを通じて全体にふれるという研究が始まるが⁷⁾、こちらのほうにむしろ安心感がある。東洋の自然主義は全体性を暗黙に前提としている⁸⁾。いわば原因をはじめから捕まえてしまっている。宇宙に充満する「気」の連続性からすれば、原因は特定する必要はなく、自ずから結果する。全体性の属性のうち、第3の法則性が抜けたものが東洋の科学の全体性である。個別の現象の観察や実験から地道に当面の普遍性を求めて、けっして全体性にあせらないというのが近代ヨーロッパ科学の生き方である。熱力学は、統計力学、量子力学と発展合体して、20世紀前半の物質科学の拠り所となる理論を形成するが、全体性については継続して慎重である。現代科学のうちでも環境科学は、生態学や熱力学⁹⁾の全体論的性格の影響もあって、かなり全体性に寛容であるように思われる。

D. ボームの量子論には全体性の主張がある¹⁰⁾。量子力学的実体の分割不可能性や場に付随する素粒子(場の量子化)といった観点から量子論的世界観に全体性を見出そうとするものであるが、前述した全体性の3つの属性のうち連続性のみが強調されており別途検討を要する。この立場のアナロジーは、刺激と感覚の間の一対一対応を否定するゲシュタルト心理学(プレントナーノ、1874)にみられる。

屋上の庭で述べた要素間の相互作用は物質科学のキーワードであり、電子の間の相互作用が物質の特性を決定していると考えられる。物質の全体としての形の変化を扱う相転位という現象もL.オンサーガーのIsingモデル(1944)では、隣り同士の原子の相互作用と $1/kT$ (k :定数、 T :絶対温度)が関係する統計的法則によって説明された¹¹⁾。この事実は、「自然界の秩序は全体に働く諸法則が存在するために生ずるのではなく、個体間の競争の結果として現れる。」というダーウィンの信念¹²⁾を思い合わせると興味深い。磁性体のバルク全体の性質が格子点に局在した電子の性質によるものか(局在電子モデル)、格子点全体を動き回る遍歴電子の性質によるものか(バンドモデル)という議論は筆者もかつて取り組んだ物質科学の重要な課題のひとつである。バンドモデルが全体性を現し、磁性は全体性に根拠を持った現象であるといえるかどうかという問題である。Si原子では3p軌道が空いていて安定でない。結晶Siではsp³混成軌道から結合軌道がつかられ3s3p電子4個がここに収まり安定な結合状態となる。Siにとって原子状態と結晶状態とどちらが本質的か。どちらがSiの自己(個)といえるか。

一般に熱平衡状態で形成される原子、分子の組織化された集合を自己集合、非平衡な条件におけるパターンの不可逆な形成は散逸構造と呼ばれている¹³⁾。外部から物質、エネルギーを主として取り込んで成長する生命は後者の自己組織化の典型例である。放散虫は海洋性プランクトンである。その全体形状は複雑奇妙であるが、部分の遺伝子に含まれる内容だけではその形状は決定できない¹⁴⁾。自己組織化による全体の形成に際して何らかの全体に関わる法則の存在を感じさせる。散逸構造の特長は、個の間の相互作用が水素結合のように弱いことと相互作用の働き方が単なる総和ではなく非線形的であることである¹⁵⁾。一方の自己集合は、デカルトの「延長」にむしろ近いものであり、デカルトのように原子(個)の存在を棚上げしても不都合は生じない。SiはどこまでもSiの自己のままであり、鉄の塊はどこま

でも鉄である。自己集合はこのように自分自身の連続性は持つが異質なものと連続性、開放性は乏しい¹⁶⁾。一方、原子や分子が数個から数千個（有限個）集まって形成されるマイクロクラスターの場合は、無限個集団のバルクとは全く違う性質を引き出すことができ、それぞれが集団でありながら個である。バルクよりも割合としてはるかに大きな外界との出入り口（表面）をもつことがクラスターの構造や性質を決める。クラスターも一種の散逸構造である¹⁷⁾。散逸構造の場合は個の自己からは予測できない形態や性質が創発される。全体性の条件として開放系であること、サイズはともかく複数の個で成り立つことを重視すれば、散逸構造の方が全体性を持つといえよう。

しかし、全体としての法則性は常に見出されるとは限らない。森林でみられるパターン形成が、木同士の相互作用だけで説明できるということである¹⁸⁾。そうならば、森全体に関わる法則が森を形成しているとはいい難くなる。経済学での一般均衡理論のように「木を見て森を見ず」で結構ということになるだろうか。

20世紀後半の科学は、全体性に対して寛容な態度をとるようになる。そのことは、「価値自由な全体性」の発見といってもよいかもしれない。サイバネティクス（情報科学）、システム科学、複雑性の科学および環境科学である。全体を統率する法則があると考えられれば価値自由は成立する。フォン・ベルタランフィが「一般システム理論」¹⁹⁾の中で主に主張したことは、科学の同型性、統一性ということである。定式化された同型のモデルが制御工学にも生物学にも経済学にも社会学にも効果的かつ精密に適用できるという発見である。この世のシステムと解釈できる多くのものは確かに前述した全体性の属性である開放系であること、非線形の相互作用をもつことなどとの一致から、全体性をもつものと考えて良さそうにも見える。N.ルーマンの相互作用システム論²⁰⁾も社会学に及ぼす影響は大きいだが、システムを構成する「個」の設定に恣意性が大きいことに問題を感じず。個がかなりの自律性をもった自律分散システム²¹⁾がモデルとして設定されるべきものではなかろうか。

科学は理論を前提とした経験知であり、特に知の成立条件あるいは境界条件や適用限界を明らかにすることに意義をもつと考える。したがって、その境界を取り払った無限の全体につながる神話的知は科学的知とはいえない。しかし、新たな科学的知が創発されるべき状況においては、この境界はある期間ある程度開かれなければならないのだろう。全体性の属性として物語性をあげたが、これは開放系としての性質ともいえる。新たな科学的発想は、体験性、身体性との文脈の中で生まれると考える²²⁾。いくつかの重要な科学史上の発見が理性を手放しにした睡眠状態で発想されている事実と関連している。神秘主義²³⁾やサイエンスフィクションが実際の科学の進展に時として影響を与えるのは、相互関連を持った体験的文脈の中で物語れていることに意味があるのではないかと推測する²⁴⁾。サイモン・メイワースは「Science in literature」²⁵⁾のなかで、量子論でよく知られた、「シュレーディンガーの猫」を「文学的な着想」と表現していることなどは示唆的である。

マッカロッツとピッツのモデルニューロン（1943）とフォン・ノイマンのセルオートマトン（1957）に始まる人工知能の分野で、「集合知」という概念が生み出されている²⁶⁾。そこでの集合知の定義は、「相互作用し合う多数の自律主体集団に生まれる知性の総称」である。問題解決能力などの集合知は主体間の相互作用の適切な設計によって創発され、その因果関係は明確でない点は自然界のカオスと類似している。また、全体としての創造的な力の発揮を現実の社会組織の中で実現する目的で自己組織化のもつ創発性の研究がはじめられている²⁷⁾。

個の集合した全体にみられる創発現象は、構成要素の性質からは予想できないような性質を示すこと

をいうが、それは結局非線形効果であり多体効果なのではないか。哲学事典の「全体」についての解説に述べられる全体としての意義と本質を有するといえるだろうか。全体は調和したものであるというのが東洋における伝統的な認識であるかと思う。また、多様性といびつ性をそなえた上での全体としての均衡と調和が科学革命を支えたバロック精神であると考えているが、カオスの発見は全体だからといってその背後に調和や直接的な法則性を当てにすることはできないということを意味していないか。偶然性²⁸⁾にさらされながらも全体としての法則性や秩序を維持している「個の集まり」の存在の有無についてはまだ検討が必要だ。

以上、主として科学の研究対象そのものの全体性について考察したが、混乱を承知の上で織り交ぜて述べた認識の全体性ということも一方で重要なテーマである²⁹⁾。クワインのホーリズムで主張される事柄や、最近のサイエンスウォーズでの論争点も関連するところである³⁰⁾。いずれも科学的認識の意義付けの問題であり本論の今回の主題から外れると考えるが、自然科学と人文科学の間に連続性を見出そうとする近年の傾向は重要である。人間の所作をモデルとして発展してきた技術が、20世紀後半コンピュータの出現によってついに人間の認識の世界を再現しようとする事となった故であろう。

勉学を通じての人間の成長においても自己を含めたこの世界の全体性についての認識の問題は重要である。要素的学習や体験をもとにして、外界についての全体像を総合することは人間のアプリオリな能力に任されてきたが、現実の学習者の多くは外界の全体像を独善的に固定してしまって開放性を失うか、多様な学習要素に振り回されて全体像が形成されないでさ迷うかのいずれかの状況に陥っているように見える³¹⁾。要素還元主義の傾向の強い「知」のみによる教育の場の形成から、文脈性、身体性を重んじ「情」や「意」を刺激する教育の場の再形成を指導者が心がけ、全体像形成の支援をする必要があると思う³²⁾。

注および参考文献

- 1) 上山安敏 「神話と科学」岩波文庫、1984

学問は価値自由でなければならない、というのがウエーバーの論点である。

全体知については、直観や体験を拠り所とした反合理主義精神に基づく知的体系という受け止め方かと思う。

- 2) S.Ohara, T.Konishi et., al. "Chaos in different far-off cosmic rays: a fractal wave model, Journal of Physics, G, Vol.29 (2003)

- 3) 環境空間の認識の仕方としてのローカリティとグローバリティについては、

桑子敏雄「環境の哲学」講談社学術文庫、1999にくわしい。

哲学辞典で全体性とは、「全体と考えられる事物に特有とみられる法則性や目的性をいう」とある。

- 4) ジョン・ハート 「ニュートンの世界像とダーウィンの世界像の統合をめざして」パリティ、Vol.18, No.64 2003-04

の中に、物理学と生態学の見解の比較が述べられている。

R.T.マッキントッシュ「生態学・概念と理論の歴史」大串隆之他訳、1989 思索社

に紹介されているシステム生態学という捉え方も、生態系の全体性を強調したものである。

- 5) 自然界での存在の仕方の全体性と自然観（認識の仕方）の全体性との区別は意識しながらあまり際立たせないで論を進める。

- 6) 今井 功「新感覚物理入門」岩波書店、2003

- 7) C. マックスウェル 「物質と運動」1877

鉄道のポイントを少し動かすだけで全く別の方向に走るように、初期条件のわずかな違いが非常に大きな変化をあたえる場合があることを初めて指摘した。

一般にはポアンカレの業績とされるが、マックスウェルにあることを広島大学名誉教授鳴海元先生に教えていただいた。

- 8) 「あるがまま」の自然主義は、「部分が全体であり、全体が部分である」という天台思想の影響も大きいと思う。天台思想に

については、末木剛博「東洋の合理思想」法蔵館 2001 参照

エックハルトからニコラウス・クサヌスに至るドイツ神秘主義の「世界の多において常に全が一にあらわになる。」は東洋思想によく類似しているが、東洋ではなぜ「個別性重視」に傾いたのか疑問に思う。全体性を暗黙の前提としてきたためかもしれない。

個別性重視については、E. サイド「オリエンタリズム」に引用されるキブについての記述参照。神秘主義については、本学情報学部吉村文男教授にいろいろお教えいただいた。(上田閑照「神秘主義」岩波書店 参照)

- 9) 植田 敦 「熱学外論、生命と環境を含む開放系の熱理論」朝倉書店 1992
I. プリゴジン、D. コンデブディ 「現代熱力学」妹尾学、岩本和敏訳 2001 朝倉書店
- 10) D. ボーム「全体性と内蔵秩序」井上忠他訳、青土社、1986
D. ボーム「断片と全体」佐野正博訳、工作舎、1985
ボームの量子論は、ボルンの確率論的解釈に対して実在論的解釈を掲げる。
- 11) 黒田耕嗣「秩序・無秩序の世界」丸善、1987に詳しく論ぜられている。
- 12) S. グールド「パンダの親指」桜町翠軒訳 早川書房 昭和61年
- 13) 山口智彦「自己組織化とエントロピー生成速度」応用数理, Vol.12, No.3, 2002
増田秀樹「自己組織化とは」現代化学 2003年2月
- 14) 遺伝子と生命システムの全体性については、
金子 勝、児玉龍彦「逆システム学」岩波書店、2004 に詳しい。
- 15) 散逸構造のカオスで連想するのは、佛説の十二支縁起である。宇宙観を排し、相互作用に当たる縁起のみで純化された全体性を導こうとするのが佛説の本質ではないか。
- 16) 固体物性は同質の個(原子)の間の比較的強い相互作用のもとにあり、異質なものとの連続性、開放性にかける。凝縮系(固体結晶)における結晶場のように個の集合によって発生すると考える近似概念もあるが、多体系を近似的に扱うための便法であってここでいう全体性に関わる法則とはいえないと思う。
正しい全体性の意義はそれが普遍を意味せず全体でありながら無常である点にあると思われる。(東洋人は自ずからある全体の存在を認めてはきたが普遍の存在は認めてこなかった。)
- 17) 茅 幸二、西 信之 「クラスター」産業図書、1994
T.Endo, T.Sumomogi, H.Maeta, S.Ohara and H.Fujita, "STM Study of Nanostructure of Au and Al Deposits on HOPG and Amorphous Carbon", Materials Transactions, JIM, Vol.40, No.9 (1999)
谷垣勝巳「IV族クラスターの科学」現代化学、7月、2005
- 18) 佐竹暁子「森のパターンはどうしてできるか？」パリティ、Vol.18、2003-04
- 19) ベルタランフィ「一般システム理論」1945年提唱
社会科学への適用については、K. ボールディング「経済学を越えて」公文俊平訳、昭和50年、学習研究社の「一般システムと社会」参照。
- 20) J. ハーバーマス、N. ルーマン「批判理論と社会システムの理論」佐藤嘉一他訳、木鐸社、1987
佐藤俊樹「社会システムは何でありうるのか-N. ルーマンの相互作用システム論から」理論と方法、2000. Vol.15
N. ルーマンのシステム論を「システムの実在性を不当前提している可能性が高い」と評している。
- 21) 自律分散システムについては、
橋本周司「ロボティクスにおける部分と全体」数理科学、No.368、Feb. 1994 にも興味深い記述がある。
- 22) この場合の文脈は、物質が研究対象である場合実験装置との応答関係を意味してもよいかと思う。
ゲーテの自然科学(「色彩論」(1810) 生理的色彩論)もここでいう文脈性や身体性を重んじたものといえよう。金子隆芳「色彩の心理学」岩波文庫 1990 に詳しい解説がある。
ケクレの白昼夢をヒントにしたベンゼン環の発見は有名であるが、ガルバーニの動物電気なども理性手放しの生気論的発想といえよう。メンデレーエフは周期律という文脈の発見によって、Geなどの個の存在を予言できた。
- 23) 神秘主義の一つであるヘルメス主義は、ヘルメス文書(エジプト、3CBC~AC3C)を拠り所とする錬金術や占星術の思想で、実験を重んじ数学を重視しアラビア科学にも大きな影響を与えた。
- 24) 野家啓一「物語の哲学」岩波書店、2005 の第5章「物語と科学のあいだ」に興味深い記述がある。

社会現象や科学技術についての解説者に時々文学者が登場し、全体の文脈の中で旨く物事を位置づけて説明することに興味をおぼえるが、文脈だけによるとらえ方は対象のサイズが大きいくほど危険であることは歴史が示している。

- 25) Simon Mawer "Science in literature", Nature, Vol.434, 17, March, 2005
- 26) 高玉圭樹 「相互作用に埋め込まれた集合知」、人工知能学会誌、18巻6号(2003)
- 27) 井口征士 「感性はインタラクションにより創発されるか」システム・制御・情報、Vol.45, No.6, 291 (2001)
藤本隆宏 「能力構築競争」中公新書、2003年 所収の「創発的な能力構築の論理」
C. O. シャーマー 「自己超越する知識」組織科学、Vol.33, No.3, 2000
などに発想の創発性についてくわしい議論がある。
- 28) カオスの研究は、偶然性の研究ともいえる。
偶然性については、
相沢洋二、田中健二「偶然と必然」数学セミナー、Vol.30、(1991) 38
D. ルエール「偶然とカオス」青木 薫訳、岩波書店、1993 などに興味深い記述がある。
- 29) 認識の世界では、全体性に対して総合が、個に対して分析が対応概念になるだろう。
G. サートンの「総合のない分析は必ず経験主義と迷信に墮落する。分析のない総合は必ず独断論に転落する。」という有名な言葉は、全体性を理解する上でも有益である。
- 30) W. クワイン「論理的観点から」飯田 隆訳、勁草書房、1992
「外部世界についてのわれわれの言明は、個々独立ではなく一つの集まりとしてのみ感覚的経験の審判を受ける。」：クワインのホーリズム
サイエンスウォーズについては、
和田純夫 「科学者と科学論者のずれはどこからくるのか」Sekai, 1999, 7 が参考になる。
合理精神の目標としての普遍性に信念体系としての普遍性をだぶらせて観るところに、クワインのホーリズムや最近のサイエンスウォーズなどにみられる主張の拠り所がありそうである。またシステム論の全体性とホワイトヘッドの有機体の哲学との比較など哲学の分野でも興味深い議論があるが今のところ認識するこちら側の問題であると理解する。
田中 裕「個と普遍」ホワイトヘッド学会、2004、奈良産業大学
- 31) 若い学習者に限らず、現代人が社会の全体性の把握に大きな迷いや課題を持っていることは自明である。身近には我が国の街並みの美学の欠落（芦原義信「街並みの美学」岩波書店、2001参照）にも現れている。
部分的、個別的でつまらないことを正しくしっかり実践することが全体の成果につながるという理解のためには、全体性についての肯定的で、柔軟で価値自由なイメージが若い時代に形成されている必要があるように思う。全体性の純化の実践が宗教の役割である。「百尺竿頭一歩」ということが刻々理解されなければならない。
- 32) 「情が受け入れられて意が高まり知が働く」というのが現代脳科学の一つの結論のようである。
松本元・小野武年共編「情と意の脳科学」培風館、2002年 に詳しい。