

## 哲学分野

# 現代科学・技術・芸術と多元性の問題

( PASTA: Plurality and Science, Technology, Art )

## メンバー

---

伊藤邦武 ( 京都大学大学院文学研究科教授・リーダー )  
内井惣七 ( 京都大学大学院文学研究科教授 )  
岩城見一 ( 京都大学大学院文学研究科教授 )  
水谷雅彦 ( 京都大学大学院文学研究科助教授 )  
伊藤和行 ( 京都大学大学院文学研究科助教授 )  
出口康夫 ( 京都大学大学院文学研究科助教授 )  
瀬戸口明久 ( 京都大学大学院文学研究科博士後期課程・研究会補佐員 )

## 研究会の趣旨

---

現代文化の特徴の一つとして、グローバルな規模での一元化の動きとこれに対抗する多元化の運動との緊張、軋轢ということがあげられるであろう。このことは、科学、技術、芸術など、現代の広い領域にわたる文化全体に見られる特徴である。本研究会では、このような緊張にたいする意識の重要性を認めたくえて、一般に科学、技術、芸術において一元的傾向とみなされているものの具体的なありかたを検討し、われわれの通念となっている一元性への信仰が一種の「神話」と化していることを、広範な具体例に照らして明らかにしようとするものである。すなわち、現代科学における「方法」としての一元性、技術における「標準」としての一元性、あるいは芸術における「美の規範」という一元性が、いずれもある種のバイアスのもとでのみ認められるものであり、文化の実態の理解としては偏ったものであることを明らかにしようとするのである。

本研究会では、以上のような実証的研究と平行して、「多元的な真理や価値」という概念の分析的な研究もおこなう。世界のありかたや価値の意味について多元的な観点を採用することは、哲学的にはいかなる存

在論、認識論を前提にすることなのか。この問題を追求することによって、一元性神話の解体に向けた研究が、同時に多元的世界像構築の基礎づけともなることを目指そうとするのである。

## 活動状況

---

### 2002年度

- 12月6日 第1回PaSTA研究会（三谷尚澄、出口康夫）  
 1月20日 Newsletter No.1発行  
 1月24日 第2回PaSTA研究会（伊藤和行、喜多千草）  
 2月7日 Newsletter No.2発行  
 2月28日 第3回PaSTA研究会（水谷雅彦、網谷祐一）  
 3月16日 第4回PaSTA研究会（シンポジウム「アインシュタインの思考をたどる」）  
 3月21日 ルドルフ・ベルネット教授講演会  
 3月22-23日 公開講演会「四大（地・水・火・風）の感性論  
 思想・アート・自然科学の関わりについての基盤研究」  
 3月31日 Newsletter No.3発行

### 2003年度

- 4月21日 Newsletter No.4発行  
 4月26日 第5回PaSTA研究会（瀬戸口明久、若林雅哉）  
 5月26日 Newsletter No.5発行  
 6月1日 第6回PaSTA研究会（相澤伸依、鶴田尚美、杉原桂太）  
 6月18日 Newsletter No.6発行  
 6月23日 第7回PaSTA研究会（Michael D. Gordin）

### 海外出張者

2003年1-3月

- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| 児玉斗（哲学D1、ドイツ）    | 相澤伸依（倫理学M1、フランス）   |
| 鶴田尚美（倫理D3、デンマーク） | 金田明子（科学哲学科学史D1、米国） |

瀬戸口明久 (科学哲学科学史D2、米国) 碓井みち子 (美学美術史D3、イギリス)  
鮎川真由美 (美学美術史OD、ドイツ) 若林雅哉 (美学美術史OD、オランダ)

2003年6月28日 - 7月5日

伊藤邦武教授、出口康夫助教授 (イギリス)

### 国内来訪者

2003年3月16日 石垣壽郎 (北海道大学理学部教授)

菅野礼司 (大阪市立大学名誉教授)

2003年6月1日 杉原桂太 (南山大学社会倫理研究所非常勤研究員)

### 国外来訪者

2003年3月21日 Rudolf Bernet (ルーバンカトリック大学教授)

2003年6月23日 Michael D. Gordin (Junior Fellow, Harvard University)

---

## 第1回PaSTA研究会 (2002年12月6日、文学部東館COE研究室)

---

### 研究会開会のあいさつ

伊藤邦武 (文学研究科教授、研究会リーダー)

これから「現代科学・技術・芸術と多元性の問題」(通称Pasta)の第1回研究会を開きたいと思いますが、それに先立って、研究会開会のあいさつを兼ねて、「グローバル化時代の多元的人文学の拠点形成」というプログラムのなかでの、この研究会の役割、意味についてお話ししたいと思います。

わたしたちの研究会はその表題からも見てとれるように、現代世界における科学、技術、芸術を代表とするあらゆる文化現象のなかで、多元性というものがどういう具体的な姿をとり、それにたいしてどういう評価を行うか、という問題を扱うわけですが、この問題関心の中心にあるのは、こうした文化現象の多様性の社会的、記述的な研究にあるのではなくて、これを哲学的に研究するというテーマであります。つまり、

「グローバル化時代の多元的人文学の拠点形成」という総合的なプログラムのなかの現代哲学研究班というのが、わたしたちの研究会の位置づけになります。

それでは、現代文化の多元性の「哲学的な研究」とはなにか。実は、この問題こそがこの研究会のさまざまな活動を通じて明らかにしてゆくべき当の問題だともいえるでしょう。というのも、多元性をめぐる哲学的反省というものが、どこにその焦点を置くべきであるかということは、現在の世界の哲学研究の状況を見回しても、けっして明確な指針が与えられているとは思われないからです。そして、ここにわたしたちの研究会の意義も困難さもあると思われるのです。

一例をあげてみましょう。哲学の世界で多元性を扱った代表的な理論として思い浮かぶのは、たとえばウィリアム・ジェームズの「多元的宇宙」の理論や、チャールズ・テイラーの「マルチ・カルチュラリズム」の理論です。これらは新旧の違いはあっても、20世紀のアメリカを中心とする世界の代表的な世界観であるといえます。そして、これらはいずれも、主観客観の区別を廃棄した純粹経験が構成する多元的世界や、個人に先行する文化の世界構成的機能を強調する点で、それまでの西洋の伝統的な二元論的で個人主義的な世界像にたいする強い批判という意義をもっていました。

しかし、わたしたちは今日、世界の多元性ということ、彼らのいう純粹経験の多元性や文化形式の多元性という理解だけで、なお十分に解釈できるのかどうか。たとえば、今日では一方で科学の世界で、物理的な意味での多元的な「宇宙」であるとか、宇宙的規模での多元的な「生命圏」についての探究がなされている。そしてその一方で、インターネットの世界でのこれまでとはまったく異質な情報授受の「主体」の多元性が日常的な経験となりつつある。こうした、ジェームズやテイラーの抱いた多元的世界以上に大規模な多元性の現実化を経験し、いわば「多元性の多様化」を目のあたりにするとき、われわれは哲学的な観点からこれにどう切り込んだらよいのか。

ここではこの問いを、この研究会の問題関心の具体例のひとつとして提起するにとどめますが、こうした問題関心の拡大、変化、発展によって、わたしたちの研究会が真に新しい、意義のある哲学的研究の地平を開くことができるよう、これからのメンバー相互の活発かつ批判的交流

の成果に期待したいと思います。簡単ですが、これでわたしのあいさつを終わります。

反省する理性と多元的世界：

文脈に根づいた自律 (the engaged autonomy) の可能性について

三谷 尚澄 (日本学術振興会特別研究員)

平成14年12月6日のPASTA研究会で行った報告の概要は以下の通りである。

### 1. 多元主義とリベラリズム

プロジェクトの課題である「多元性」の問題を、主として現代の政治哲学上の問題として考察した。具体的には、リベラリズムの想定する「自律的個人」の理想が、近年高まりつつある「多元主義」に立脚した「非リベラルな政治的主張」とどこまで整合的であり得るのか、という問題に焦点を絞って検討を行った。

### 2. クリスティーン・コースガードの反省的認証説 (The reflective endorsement theory)

上記検討課題の手がかりとして、「規範性の源泉」講義におけるクリスティーン・コースガードの「反省的認証説」を取り上げ、その概要を紹介した。コースガードの議論を取り上げたこと理由は、(1)「実践的アイデンティティ」及び「道徳的アイデンティティ」の概念を中心に、「自律的個人」の姿が「アイデンティティ」という現代政治哲学上の主要概念と密接に関連した形で論じられていること、(2)その意味で、「自律」を何より重視するカント主義の立場から、「アイデンティティ」概念を中心に展開される現代の多元主義の問題圏に探りを入れるのに最適の枠組みを与えてくれそうであること、の二点である。

### 3. 文脈に根づいた自律 (the engaged autonomy) と反省的認証説の問題点

「自己意識をもつ人間」という心理的・認知的能力に依拠しつつ人間

精神の自律的構造を説明するコースガードの「反省的認証説」から、より柔軟な「文脈に根ざした」形で修正されたカント的自律のあり方が読み取られうること、また、同時に、反省的認証説はそれ独自の問題を抱え込まずを得なくなることを指摘した。

#### 4．価値づけられた欲求 (value-conferred desire) としての理由

「反省的認証説」における「行為の理由」の概念を、『目的の国の創出』や「道具的理性の規範性」でコースガードが行う「意志」概念および「自己」概念の分析と総合的な形で明確化することを試みた。具体的には、「行為の理由」とは「価値づけられた欲求」として特徴づけられる概念であることを明らかにした。

#### 5．自己解釈・反省・認証

「反省的認証」の作業は「何を行為の理由として採用するか」に関する「自己解釈」の作業として定式化が可能であること、そして、「行為の理由」に関する最終審級の役割は、「反省」の過程ではなく「認証」の過程に求められること（即ち「反省的認証説」が規範性概念に関する構成主義的立場を採用していること）を明確にした。

#### 6．規範性に関する構成主義と反省的認証

以上のように解釈されたコースガードの「反省的認証説」ないし「規範性に関する構成主義」について、様々な角度から批判的検討を行った。具体的には、十分な理由付け、ないしは最終的な理由付けなしでも「反省的認証」の作業は十分に実行可能であること（＝行為主体の動機付けは完了すること）を明らかにした。

#### 7．反省的認証に対する自己解釈の先行 / 先反省的行為主体性 (Pre-reflective Agency)

6. の議論を更に進めて、「自己解釈が反省に先立つ」こと、即ち、「人間の行為主体性は先反省的に成立している」ことを明らかにした。

#### 8．義務と「人間」の不在 / あるいは非道徳的義務の成立について

修正された「反省的認証説」の提示する行為主体性のあり方に関して、

予想される反論を提示し、更にその反論に対する再反論を行っておいた。具体的には、「人間性を尊重する義務に違反するような義務」をどう考えるのか、という義務の多元主義的葛藤を問題として検討した。

## 9. 結論

以上の議論から、「自由に選択する個人」にかわる、「人格構成的目的に基づいて、反省的に認証する自律的自己」の姿をスケッチとして取り出し、この概念には非リベラルな現実に対応することのできる、それ故にいわゆる「手続き主義」批判をうまく回避することのできる、新しいリベラルな行為主体の姿を求めることができることを確認した。ここから、「文脈に根をおろした自律的行為主体の意義深い選択the significant choice of an engaged autonomous agent」を取り込んだ、新しいリベラリズムの成立可能性が読み取られうることを最後に結論として主張した。

<一元性>神話の解体 - 多元的な科学方法論をめざして - I

出口康夫 (文学研究科助教授)

### 1. 研究プロジェクト

私は、このCOE研究班において、「<一元性>神話の解体」というテーマの下に、いくつかの研究を行う予定であるが、ここではその内の一つ、「統計的方法論の多元性を扱う研究」について述べる。

統計学は、現代の数理科学において、「実証データを収集・分析し、それによってモデルや仮説を実証する方法」として、対象領域の違いを超えて広く用いられている。しかし一口に統計学といっても、異なった複数の方法論が提唱され、それらの間で論争・対立が絶えない。このような現状を前にして、「<唯一の正しい、または最も優れた統計的方法論>なるものが存在し、現在の議論はいずれ、そのような方法論へと収斂する」と考える立場を「統計的方法論に関する一元論」と呼ぶ。本研究では、これに代えて、以下の諸テーゼを核とする「方法論的多元論」の樹立が目指される。(1) <唯一正しく・最も優れた方法論>は、統計

の方法論という事柄の性質からして存在しえない。(2) 統計的方法論は原理的に多元的あり、現在の論争が将来において終息する保証はない。(3) 数理科学は、複数の統計的方法論を併用せざるを得ない。

## 2. 統計学の課題

まず、そもそも統計学の課題とは何かを、その一分野たる仮説検定論に即して見ておく。十七・十八世紀以降の科学は、理論の説明力・予測力を高めるため、モデルの数理化を進める一方、測定の精密化を図った。しかし、測定が精密になればなるほど、一回ごとの測定値がばらつきの常態となる。測定値がばらつけば、それと理論から導かれた予測値との一致・不一致を判定することが困難となる。この困難を克服するために、例えば、極端な値を「外れ値」として除外して、残りのデータから「平均」ととるといった「データ処理」が統計学の登場以前から行われてきた。しかしこのデータ処理の仕方が個々の科学者に全面的に委ねられた場合、自説に都合の良い恣意的なデータ処理や予測の成否の判定が横行する恐れがある。このような危惧を払拭し、科学的仮説の実証という作業の「主観性」を確保するために、誰もが従うべき「客観的」なデータ処理の「規則」や予測の成否の「判定基準」を設定し、それらに対して一定の「理由・根拠」を与えることが、統計的仮説検定論の課題である。

現代の様々な統計的方法論は、古典統計学とベイズ統計学の二大陣営に分けて整理できる。両方法論は測度論的確率論という数学的枠組みを共有するが、それぞれの統計的推論の核となる確率論的事実は異なる。また確率論的枠組みに両者が与える解釈にも異同がある。この解釈の違いに応じて、「統計的推論とは何か」、「統計的証拠とは何か」、「統計的規則や基準に従うべき理由とは何か」、ひいては「統計学を用いた科学の実証とは何か」という問題に対する両者の解答も異なる。

## 3. 主観性を巡る方法論的論争

古典統計学とベイズ統計学との間の論争は多岐にわたる。方法論の「主観性」を巡る議論もその一つである。ここでの主観性とは、一定の方法論に基づいて、ある仮説を同一のデータに照らして検証しても、個人によって検証結果が分かれることを言う。



この点に関して、ベイズ統計学は様々な批判を受けてきた。ベイズ的仮説検定では、「ある個人が、相対立する一群の仮説に対して、検証を行う以前に抱いている信念の度合いの分布」と解釈される「事前分布」が前提の一つとして措かれる。確率論の公理系を満たすことが、この事前分布の条件であるが、この条件を満たした無数の分布の中から何を選択するかは、各人の自由に委ねられている。ところがこの選択によって、検定結果が左右されるケースが少なくないのである。

このような主観性を克服するために、ベイズ的方法論では、これまで様々な改善策が提案されてきたが、それらは大きく次の二種類に整理できる。(1)事前分布に更なる条件を課し、個人の選択の幅を狭める。(2)確率論のある収束定理を持ち出して、個々人の間にある種の合意が成り立ってさえいれば、データが蓄積されるにつれて、個人間で異なる事前分布も一つに収束することを示す。しかし、これらに対しても種々の反論がなされており、批判の余地のない改善策は未だ得られていない。

一方、古典統計学も主観性の問題を抱えている。古典的仮説検定では、片側検定か両側検定かの選択といった細部のデザインの仕方によって、検定結果が左右される場合がある。検定の細部は、様々な事前情報を考慮に入れてデザインせざるを得ないが、それをいかにデザインするかに関しては、明確で客観的な基準は存在せず、科学者各人の判断に委ねられている。

以上のように、主観性の問題に関して、古典的方法論とベイズ方法論のどちらか一方が、「完全無欠」ないしは「全く使い物にならない」、さらには「他方に比べて議論の余地なく優れている」と論証されているとは見なせないのが現状である。同様のことは、他の論点に関しても言える。両方法論を巡る論争は、どちらかが相手を一方的に論破したとも言えない、一種の拮抗状態にある。

#### 4. 方法論的多元主義

論争のこの拮抗状態は、一時的・偶然的なものではなく、統計的方法論という事柄の性質上、不可避のものである。このことを、ここでは以下のように論じよう。

既に述べたように、統計学の課題とは、測定値のバラツキ問題を克服し、間主観的な作業としての科学的仮説の「実証」を実行可能とするこ

とであった。更に言えば、統計学は、この課題を果たすことを通じて、「誰もが経験的に実証されたと認める理論を獲得する」という科学の「目的」に奉仕しているとも見なせる。すると「この科学の目的にどれだけ貢献できているか」という観点から統計的方法論の優劣・適否を判定することが、大局的に見れば、自然であろう。しかしこのような観点から統計的方法論の優劣を判定することは、原理的に不可能なのである。

まず科学者が、背景理論 $T_0$ とデータ $D_0$ と仮説 $H_0$ を共有する二つのグループに分かれ、一方は古典的方法論、他方はベイズ的方法論のみを用いつづけるとしよう。もし古典的仮説検定によって、 $H_0$ が $D_0$ に照らして確認されれば、古典グループは $T_0$ に $H_0$ を加えたものを新たな理論として採用するであろう。他方、ベイズ的仮説検定によって、 $H_0$ が $D_0$ に照らして確認されなかったとしたら、ベイズグループは $T_0$ に $H_0$ を付加しない。このような作業を重ねて、一定期間後に、古典グループが $T_c$ 、ベイズグループが $T_b$ という相異なった二つの理論に到達したとする。これらの理論が、様々な実験・観察に照らしてどれだけ経験的に確認されているかを比べ、経験的により支持された理論を与えた方法論がより優れていると判定されるとしよう。

しかし $T_c$ と $T_b$ がどれだけ確認されているかは、何らかの統計的方法論によって判定せざるを得ない。そして古典的方法論を用いた判定結果は、ベイズ主義者にとっては受け入れることはできず、同じことはベイズ的方法論による判定結果についても言える。また古典主義者もベイズ主義者も共に受け入れるような、第三の中立的な方法論などはそもそも存在しない。結局、方法論の優劣を判定するために、当の方法論を用いざるを得ない限り、上のような思考実験は成立しないのである。

このように、両方法論の優劣・適否を一意的に判定することは原理的にできないと思われる。そもそも、古典的方法論やベイズ方法論のように、方法論的要請を一定の仕方で満たした方法論の間の優劣を問うこと自体、意味をなさないとも言える。このことはまた、先に挙げた「科学の実証とは何か」といった哲学的諸問題には、一意的な答えがありえないことをも意味するのである。

第2回PaSTA研究会 (2003年1月24日、文学部東館COE研究室)

---

電子暗号1 公開鍵暗号とは何か

伊藤 和行 (文学研究科助教授)

現代ほど暗号が一般人の日常生活に関わっている時代はかつてなかった。従来、暗号は軍事・外交の手段として一般人からは遠い世界のものだったのであり、暗号がもっとも脚光を浴びたのは戦争時だった。それに対して今日のインターネットでは、商品を購入する際に暗号化通信が日常的に用いられている。

暗号が経済的活動で用いられるようになった背景には、1960年代にコンピュータを企業が利用するようになったことがあった。各企業は、遠隔地のコンピュータ間のデータを電話回線等で伝達する際に第三者からデータを守らねばならなかったのである。最初の商業用暗号として、1971年に、IBMは“Lucifer”という暗号を開発している。さらに開発コストを下げ、異なる企業間での暗号通信を可能にするために、米国国立標準局 (後の連邦標準技術局) は、電子商用暗号の標準化を行い、1973年に「データ暗号化規格」(DES: Data Encryption Standard) を制定した。

商業活動で暗号が広く用いられるにつれて重要な問題となったのは、鍵の受け渡しにかかるコストだった。多くの受信者に鍵をどのようにして渡すかという問題を解決するために考案されたのが、公開鍵暗号 (Public key encryption) という考えである。これは、暗号化の際と復合化の際に異なる鍵を用いるというもので、その核心は暗号化鍵によっては、復号化 (解読) できない点である。暗号を送る際の手順は次のようになる。

- 1 受信者 自分の暗号化鍵 (公開鍵) を公開
  - 2 送信者 受信者の公開鍵を用いて送りたい情報を暗号化
  - 3 受信者 もう一つの復号化鍵 (秘密鍵) を用いて元の情報に変換
- 復号化鍵は公開されず、受信者以外の者は暗号化鍵しか持っていないので、暗号を解読することはできないのである。

この公開鍵暗号の考えは「暗号学の革命」と呼ばれるが、それを最初

に考案したのは、W. DiffieとM. Hellmanである（1976年）。彼らは公開鍵暗号の考えを述べつつも、そのようなアルゴリズムを発見できなかった。しかし従来の暗号（暗号化と複合化に同じ鍵を用いるので共通鍵暗号と呼ばれる）の鍵を、誰かに盗聴される可能性のある通信手段において共有する方法（Diffie-Hellman鍵交換方式）を提案している。これは、剰余体での累乗計算の一方向性を利用したもので、インターネットにおいて共通鍵暗号を用いるために広く利用されている。

DiffieとHellmanの論文に刺激を受け、L. Rivest、A. Shamir、L. Adlemanは、1977年に最初の公開鍵暗号のアルゴリズムを考案した。彼らのシステムは整数論を巧みに利用したもので、非常に大きな自然数の素因数分解が困難な利用していた。さらにそのシステムを逆することによって、発信者を特定する署名の確認（デジタル署名）も可能なことを示した。彼らの暗号はRSA公開鍵暗号と呼ばれ、最初に実用化公開鍵暗号だったが、それは1980年代後半になってからだった。RSA公開鍵暗号以後、公開鍵暗号のアルゴリズムはみな整数論を利用しており、その結果、それまで応用とはまったく関係なかった整数論という純粋数学の分野が重要な応用分野になったのである。

## デスクトップメタファはどのようにして生まれたのか

喜多 千草（文学研究科博士課程修了）

今日、人々の生活に広く普及しているパーソナルコンピュータには、「デスクトップメタファ」と呼ばれる、コンピュータ画面を机上空間と見立てるインターフェイスデザインが施されている。ファイルやフォルダー、ゴミ箱といったアイコンと呼ばれるちいさな画像を使って、机上での事務的な作業を行うというメタファによる、コンピュータのユーザ環境のことである。このような画像によるコンピュータ利用のためのインターフェイスを、グラフィカルユーザインターフェイス（Graphical User Interface, GUI）と呼ぶ。そもそもコンピュータに画像表示装置が入出力装置として接続されること自体、デジタルコンピュータが生まれたときからなされてきたわけではない。画像表示装置がコンピュータ

につけられたという記録は、1950年ごろから見られるが、当時はまだ非常に珍しいものだったとされている。今では当たり前の、人間がコンピュータを直接利用するための入出力装置がつながれるようになったのは、デジタルコンピュータが生まれてから10年ほどたってからのことであつた。例えば、マサチューセッツ工科大学で最初にWhirlwindというコンピュータにキーボードが接続されたのは1956年だつたとされる。しかし、徐々に画像表示装置を介したコンピュータの直接利用形態が洗練され、人間がコンピュータシステムをオンラインで利用することが定着していった。

やがて、大型汎用機のダウンサイジングという経済的要因からオンライン利用が一般人(事務員)にまで普及するとの予測が現実味を帯び始めた1970年代初頭に、ゼロックス社パロアルト研究所では、非プログラマのオンライン利用環境の研究開発が先鋭的に進められた。当時は、科学計算利用では、しばしば大型汎用機を時分割処理(タイムシェアリング)して多くの端末をつなぎ、同時に大勢の人々が利用する方式が広がっていたが、パロアルト研究所では、端末に独自の処理能力とメモリをおく、個人用コンピュータを端末にしたネットワークシステムへと移行する準備が進められた。こうして端末用のネットワークコンピュータとして生まれたのがAltoと呼ばれるコンピュータである。このAltoは、事務員でも簡単に使えるコンピュータを目指してデザインされたため、ハードウェア的に画像表示装置の利用を重視していた。そしてソフトウェア的にも、画面を紙とみなして、指示装置によって事務処理をしている感覚に近い使い勝手で文書作成などができるアプリケーションが開発されていった。このとき、指示装置にマウスが採用された。

パロアルト研究所では、二系統に分かれて実験的オンライン利用環境の構築が行われた。一系統は、Altoそのものをデザインしたグループによるもので、事務員のための環境をめざしたが、もう一系統は、さらに子どもでも使えるコンピューティング環境を目指していた。この二系統の環境構築により、GUIの基本ができあがっていった。やがて1970年代半ば以降、その二系統の環境が商用機へと統合される段階で、統合的インターフェイスデザインとして「デスクトップメタファ」が採用された。このメタファを提案したのは、アイコンを使ったプログラミングという新しい試みに取り組んでいた、デイブ・スミスというコンピュータ科学

者であった。ゼロックス社内の文書によれば、1976年末には、スミスによって、初期のデスクトップデザイン案が提出されており、これが、1981年に発表されたゼロックス社によるAltoシステムの商用バージョンに搭載された。

以後、このゼロックス社のメタファが、まずアップル社に移植され、さらにマイクロソフト社にも移植されたため、ゼロックス社で生まれた、事務員のためのコンピュータ環境をデザインした「デスクトップメタファ」が、多くの人々のパーソナルコンピュータ利用環境として普及した。

こうしたメタファの存在を表層とした階層構造であるコンピュータシステム自体が多層的、あるいは多元的とも言えるかもしれない。そして、デスクトップメタファがデファクトスタンダードとなることによって、コンピューティングの本来持ち得たはずの多元性が限定されているということに目を向けることもできるだろう。

---

### 第3回PaSTA研究会（2月28日、文学部東館COE研究室）

---

#### 電子ネットワーク時代のプライバシー概念をめぐって

水谷雅彦（文学研究科助教授）

「プライバシー概念の再検討と現実的諸問題」水谷雅彦・越智貢・土屋俊編、『情報倫理の構築』、新世社、2003年所収を参照。

#### 進化生物学における機能概念

網谷祐一（文学研究科博士課程）

### 1. はじめに

機能概念や機能的説明の使用は、生物学と物理学の大きな相違点のひとつと考えられてきた。生物学者は「心臓の機能は血液を循環させるこ

とである」といった言明を頻繁に用いるし、機能を用いてある器官や形質の存在を説明すること(機能的説明)もよく用いられる(「なぜ心臓はある?」「血液を循環させるため」)。しかも、説明についての一般的な枠組みとされてきた被覆法則モデルに機能的説明はうまく収まらない。こうしたことから、機能や機能的説明について長い間議論が行なわれてきた。

本発表では、機能について現在有力な見方のひとつである機能の因果説(Etiological Theory)について、(1)因果説がL・ライトによる初期の形からどのような変換をこうむってきたかを述べ(2)「偶然の瓜二つ」(Accidental Doubles)という因果説に対する反論について考えた。

## 2. 因果説

因果説を初めて提唱したL・ライトは、Xの機能がZになるのは、(i) ZはXが存在することの結果であり、かつ(ii) XがZをするからXが存在する場合であるとした。この定義の下では、あるアイテム(器官や行動など)がその属する系にたまたま恩恵をもたらすとしても、上の(ii)を満たさないのだからそれに機能を付与する必要がなくなる。ライトはこの定義の利点を、このように機能による成功と偶然による成功を区別できることにあると考えた。これに対して、肥満による運動不足[(i)]は更なる肥満を招く[(ii)]が、肥満には運動を妨げる機能はないといった反例が提出された。

そうした反例に対して因果説の支持者(R・G・ミリカン、P・グリフィスなど)は、問題は(ii)のフィードバックのメカニズムがライトの定義では特定されていないことにあり、(ii)に自然選択を導入することでライトの定義を改訂した。

またミリカンは、機能について考える際にはアイテムの現在の振る舞いではなくそれが通過してきた歴史に着目することが重要だとした。彼女はこの歴史の重視によって、「機能をもっているがそれを果たせない」という機能不全の状態を因果説は定義に組み入れられると考えた。つまり適当な選択の歴史を持っていれば、現在のアイテムの振る舞いが過去のメンバーの振る舞いと違っていても機能を付与できるわけである。

なお生物の機能を考える際、因果説では突然変異そのものには機能を付与しないということに注意する必要がある。これは突然変異で生じた

形質はまだ選択を受けていないと因果説では考えるからである。そして環境が有利であるかどうかにかかわらず突然変異の出現は左右されないという意味で突然変異がランダムであるということを考慮すると、この事例は上という偶然による成功にあたることがわかる。

### 3．偶然の瓜二つ

因果説に対する批判のひとつは、因果説が機能の同定に関してそのアイテムの歴史のみに関心を持つことを問題視する。例えば過去の自然選択の歴史をまったく持たないような、しかし現存の生物に分子レベルまでそっくりな生物（偶然の瓜二つ）が偶然によってできたとしよう。そうすると、その「器官」や「構造」は機能を持つようにみえるのに、因果説ではそれに機能を与えられないことになる。

この批判に対して前述のミリカンは、この例と双子地球の水の例との並行性と指摘することで対処しようとする。つまり双子地球の「水」が本当は水ではないとされるように、「瓜二つ」の「機能」も本当は機能ではないというのである。しかし上で述べたように「瓜二つ」の例のポイントは、因果説が機能の付与についてアイテムの歴史のみに着目することへの批判であって、それを行なうためには実際は「瓜二つ」のような極端な可能性を考える必要はない。

また、確かに現在のネオ・ダーウィニズムの立場からすると、選択の歴史を経ずにある程度完成した形質が現れる可能性は非常に低いが、必ずしもゼロでなくてもよい。しかし一回でも「瓜二つ」に類することが起これば、因果説に対して問題になる。したがって「瓜二つ」が現在の科学理論と反する仮定を持ち込んでいるという理由で因果説はこの批判をかわすことはできない。

そうすると因果説にとって問題となるのは、「(a) 非常にまれに生じるような、(b) 自然選択を経てはいないけれども、(c) 生物学的な出現の可能性のあるような、しかし (d) 因果説的な機能を持つ現存の生物の形質に分子レベルまでそっくりなアイテム」である。しかし、このような特徴は突然変異によってできた形質も持つことができる。突然変異も (a)(b)(c) を満たす。また一塩基の置換で生じるような（つまり一回の変異で生じうるような）鎌状赤血球貧血症のような事例があることを考えると、(d) 分子レベルまではそっくりとはいえないまでもかな



りの完成度を持った突然変異も存在する(した)といえる。したがって「瓜二つ」と突然変異との間には本質的な差異はないことになる。そして突然変異に(因果説が考えるような)機能を付与しなくても問題はない。したがって、「瓜二つ」による批判は因果説に対する特別な脅威にはならず、「偶然の瓜二つ」に機能を付与する必要はないことになる。

---

#### 第4回PaSTA研究会(3月16日、芝蘭会館)

---

科学哲学科学史研究室創立10周年記念行事

アインシュタインの思考をたどる 特殊相対性から一般相対性へ

あいさつ 伊藤 邦武(文学研究科教授、哲学、PaSTA研究会リーダー)  
司 会 伊藤 和行(文学研究科助教授、科学史)

講 演(一) 相対的時空と等価原理 内井 惣七(文学研究科教授、科学哲学)

講 演(二) 重力と曲がった時空 内井 惣七

コメンテーター

石垣 壽郎(北大大学院理学研究科教授、科学基礎論)

菅野 礼司(大阪市大理学部名誉教授、素粒子論・科学論)

#### 第一部 相対的時空と等価原理(内井惣七)

1. **問題状況** アインシュタインの特殊相対性理論はどういう問題状況の中で出てきたか。力学では「ガリレオの相対性」が成り立つのに対し、マクスウェル-ローレンツの電磁気学ではそれに相当するような相対性が成り立たない。電磁気が伝わる媒質として静止エーテルを想定する説が有力だった(ローレンツ)。

2. **統合への志向** アインシュタイン1905年の論文の冒頭では、「相

対運動が同じなら、同じ物理法則が成り立つべきだ」と見なすアインシュタインの基本的姿勢がよく現れている（おそらくマッハからの影響）。この姿勢と見方からすれば、静止エーテルに対する地球の運動が、光（電磁波）の運動を測定しても観測にかからないということは、当然の帰結となるはずである。

**3．二つの原理** かくして、「相対性」と電磁気学の成果を調和させようというアインシュタインの試みは、次の二つの原理を提唱することによって、一挙に解決に向かうこととなる。

相対性原理「自然法則はすべての慣性系で同じ」

光速度一定の原理「光は、真空中を光源の運動と無関係に、また方向に関わりなく、一定速度で伝わる」

アインシュタインは、光速度一定の原理について、「ローレンツの電磁気学で静止エーテル系について成り立つこの原理を借用して、慣性系一般にまで拡張した」という旨のコメントを後年残している（1912年）。

**4．時空の見直し** これら二つの原理は、当時の物理学の常識では両立不可能のように見えるのだが、アインシュタインは、「時間と空間の概念を分析し考え直せば、二つは両立する」と論じた。かくして、相対性理論が時空の概念に密接にかかわってくる。その関係で、アインシュタインが古典力学と特殊相対性理論での時空概念の比較を、物理的測定による操作的定義を通して行っているところは興味深い。

**5．古典的時空** 運動の記述には、歪まない基準枠（座標系）と、物差しおよび時計が必要。これだけを前提すれば、すべての観測者に共通する絶対的な空間や時間を前提しなくとも、物理学ができる。古典物理学で前提されていたのは、物差しの読みと時計の読み（時刻あわせを含む）が、異なる慣性系の間で共通だということ。

**6．同時性を見直し** しかし、特殊相対性理論に移ると、光速度一定の原理の縛りがあるため、離れた場所での二つの（同じ作りの）時計をいかにして時刻あわせするかという問題が出てくる。これが、「同時性の相対性」という帰結をもたらす。しかし、光速についての規約を導入することで、特殊相対性理論でも同時性の規定はきちんと行える。

**7．時空の相対性とローレンツ変換** 同時性が決まれば、異なる慣性系におけるそれぞれの時間も時計の読みによって決まるが、同時性の相対性は空間についても違いをもたらす。つまり、相対性は時間だけでな

く空間についても広がる。しかし、物差しと時計の読みの相対性は、一樣等速運動という相対的運動状態に依存して決まるきちんとしたルールによってつながれている。そのルールが「ローレンツ変換」と呼ばれる関係であり、互いにとって相手の物差しと時計の読みがどのように見えるかがわかる。これは、二つの原理から出てくる。ローレンツ変換のエッセンスは、(パワーポイントの)図にまとめておいた。

**8. 力学と電磁気学の調和** このように時空の概念と異なる慣性系の間での変換規則を組み直すことで、古典力学が改訂される。最も目立った改訂は、速度の合成規則であり、古典力学では単純な速度の足し算を前提していたので、この前提のもとではアインシュタインの二原理が両立しないように見えたのである。他方、電磁気学については、「静止エーテル系」という特権的な系を前提する必要がなくなる。電磁気学の法則は、すべての慣性系で成り立つことになり、相対性原理が満たされる。それに伴って、エーテルそのものの想定が不要となってくる。以上が、1905年の特殊相対性理論がもたらした主要な成果である。

**9. ミンコフスキ時空** 特殊相対性理論は、その後、ミンコフスキ空間において幾何学的にきわめて簡明に表現できることが明らかになった。「幾何学的」と言ったが、これは、通常の空間だけの幾何学ではなく、時間も考慮に入れた幾何学であり、ローレンツ変換で出てくる時空の相互依存がきわめてわかりやすく表現できるものである。

**10. 幾何学とメトリック** ミンコフスキ空間を二次元と三次元の場合について図で解説するが、肝要な点は、座標系だけ見ていると「幾何学」はわからないということ。その座標系で、二点の座標の値が二点間の「間隔」とどのように関係づけられるかを定める「計量、メトリック」が入って初めて、座標系が量的な、あるいは物理的な記述と橋渡しされるとのこと。特殊相対性理論を特徴づける幾何学は、ローレンツのメトリックによって特徴づけられる「ローレンツ幾何学」である。メトリックの役割は、一般相対性理論に入るとさらに大きくなるので記憶しておかれない。

**11. 特殊相対論の不備** ここまでで、特殊相対性理論の基本的な考え方を説明した。しかし、特殊相対性理論は、慣性系のみ限定されており、加速系にまで相対性原理を拡張できていないので不十分だとアインシュタインは考えた。すなわち、慣性系と、加速系とでは、成り立つ法

則が異なるように見えるのである。もう一つ、不十分である理由は、ニュートンが万有引力の法則で扱った重力が考慮の外におかれている点である。光速度一定の原理により、光速が因果作用の伝播する極限の速度となって、遠隔作用は認めにくいので、アインシュタインは近接作用で重力が作用すると見なす立場から出発する。電磁場と同じように、重力も「重力場」という場を通じて働くと見ればどうなるだろうか。

12. **等価原理の着想** こういった考察は、1907年に新しいヒラメキを得て、ある程度進展を見せる。それが「等価原理」の着想であり、アインシュタインみずからによって「わが生涯の最もすばらしい考え」と呼ばれている。それは、「重力場での自由落下の状態は、力のはたらない慣性系に等しい」という考え方。ということは、ある観測者にとって重力場があるかないかということは、その観測者の運動状態に依存すると言い換えることもできる。そこで、アインシュタインは、重力場も相対性の網にかかると考えた。また、地上に静止した者から見れば自由落下は一樣加速運動であるから、一樣重力場におかれているということと、適当な観測者から見た一樣加速運動とは等しいという観点も開ける。これが「等価原理」と呼ばれ、一般相対性理論の形成過程で重要な役割を果たす指導原理となる。

13. **慣性質量と重力質量** アインシュタインの研究を突き動かしている一つの大きな動機は、一見異なるものを同じ原理で統一するという志向であるが、等価原理は、慣性質量と重力質量の統一をもたらす。そこで、慣性質量と重力質量の違いを簡単に説明しておく。ニュートン力学に即していえば、慣性質量は運動の第二法則（運動方程式）に現れる「動かしにくさ」「運動に対する抵抗」と理解できる。これに対し、重力質量は万有引力の法則に現れ、卑近な言葉で言えば「重さ」に相当する。そして、経験的な事実としては、「動かしにくさ」は「重さ」と正確に比例しているのである。これは一体なぜだろうか？二種の質量が実は同一のものであれば、この疑問には答える必要がなくなるのである。

14. **等価原理の使い方** 等価原理の（初期の）使い方と、この原理を認めればなぜ慣性系と加速系での「法則の違い」が解消できるとアインシュタインが考えたのか、を解説しておく。第一の例は、慣性系において一樣加速運動をするエレベーターの例で、慣性系の観測者と、エレベーター内の観測者の記述は一見異なるが、実は物理的に同等だということも

の。すなわち、慣性系から見れば「一様加速運動」と第二法則に従った力となるものが、エレベーター内の観測者から見れば、「一様重力場内での静止」と重力になる。これを応用した第二の例では、地上(慣性系)から見た列車の加速(減速)運動で生じた力が、列車から見て生じた重力場による「重力」と等価となって、二つの系の違いが解消される(それゆえ、同じ法則に従う)と見なされる。もっとも、かなり長い期間にわたって、アインシュタインには「異なる運動状態にある物理系」と「異なる座標系」とを同一視する傾向があり、これが後に述べる「一般相対性原理」についてのアインシュタインの概念的混同を招く原因となっているかもしれない。等価原理は相対的に加速する二つの物理系の等価性をいう。ところが、後に触れる一般共変性は、二つの異なる座標系での記述の等価性にかかわる。

**15. 新しい重力理論へ** それはともかくとして、等価原理と特殊相対性理論を組み合わせることにより、アインシュタインは、1907年から1911年にかけて、「新しい重力理論」に向けてかなりの進展を成し遂げることができた。これを以下に解説しておく。まず、特殊相対性理論を使って加速系を扱うにはどうすればよいのだろうか？それには、加速運動の小さな一部を等速運動の慣性系(特殊相対性が成り立つ「局所ローレンツ系」)で近似させていくという手法がとられる。そして、この加速運動の結果を重力場での結果に読み替えるというのが、アインシュタインの戦略である。この読み替えに等価原理が使われる。この方策を図を使って解説するが、忘れてならないのは、「速度が変われば同時性の条件が変わる」という点である。かくして、一様加速運動を扱うためにさえ、つなぎの局所ローレンツ系が多数必要となってくる。また、慣性系から見れば、一様加速系の時間軸は「曲がった」ものとなる。これも、ミンコフスキ時空で再構成した方がわかりやすい。

**16. 一般相対性の発想** そこで、ここから一般相対性への道のりを予告し、その文脈で等価原理の後知恵に基づいた再構成を提示しておこう。1912年以後アインシュタインが目指すのは、「曲がった」座標系と「まっすぐな」座標系間の行き来を自由にすること、およびその行き来に伴って「重力法則が変わらない」ことを保証することの二点となる。この大筋に即していうなら、一様加速運動に適用された等価原理は、「まっすぐな」座標系と「曲がった」座標系をつなぎ、どちらの重力法則も

物理的に等価であることを述べたものである。直観的に図示した方がわかりやすい(図)。この図のうちに、一般相対性の基本的な発想がつまっている。

17. **重力理論の新しい成果** では最後に、1911年までにアインシュタインが重力についての初期の考察で得た結果を紹介しておく。(1) 重力場での光の湾曲、(2) 重力場での時計の振る舞い(時間の伸び縮み)、(3) 重力場でのスペクトル赤方偏移、および(4) 重力場での光速の変化。光の湾曲と光速の変化とは表裏一体なのである。

## 第二部 重力と曲がった時空(内井惣七)

18. **回転系の考察** 第一部の最後で示唆したように、重力を扱うためには「曲がった」座標系が必要らしいことにアインシュタインは気づき始めた。1911年プラハに移ったアインシュタインは、壁にぶち当たり、重力を扱うための新しい数学(幾何学)を模索する。おそらく、彼は、重力場を記述するためにはユークリッド幾何学もローレンツ幾何学もダメだと認識したはずである。1912年8月、チューリヒに帰った彼は、旧友グロスマンの助けを借りて微分幾何学の勉強を始めた。転機となったのは、おそらく、回転する円盤の考察だろうと考えられている。この例は、アインシュタイン自身の記述で何度も出てくる。

19. **空間も曲がる** この例のポイントは、回転する円盤上では、時間だけでなく「空間も曲がる」というところにある(円周上で物差しが縮み、円周率がより大きくなるので、非ユークリッド幾何学)。アインシュタインは、1907年の段階ですでに「時間が曲がる」ことに気づいていた。しかし、一様重力場では空間は「まっすぐ」である。そこで、彼は太陽や地球の周りのような、時間的に変化しない静的重力場においても空間はまっすぐだという偏見にとらわれていた。その証拠に、1911年に太陽の近くでの光線の湾曲を計算した時にも、空間はまっすぐだと仮定したので誤った値を得ていたのである。これが修正されるのは、実に1915年の11月、重力場の方程式の完成直前の時期である。

20. **自由なガウス座標とメトリック** さて、アインシュタインがここまでに得た見当では、重力場を扱うには加速系で代理させればよく、加

速系はどうやら曲がった座標系（以下では「ガウス座標」と呼ぶ）で扱う必要があるらしいということだった。グロスマンに調べてもらってわかったのは、自由で曲がった座標系による幾何学の研究は、ガウスの曲面論に発し、リーマンらが展開した「微分幾何学」においてすでになりに行われていたということ。そこで、曲がった時空を扱うためには、この微分幾何学をマスターする必要があった。ここでは、最も易しいガウスの曲面論をもとにして、微分幾何学の基本的な特徴を解説し、そこからのアナロジーで重力場の扱い方を示唆する。最も大切なポイントは、ミンコフスキ空間のところでも触れたように、座標の値から幾何学的な量に移行する際に、簡単なピタゴラスの定理ではなく、もっと複雑なメトリックの式が仲立ちとなるということ。このメトリックが、重力場の記述に必要であり、ひいては時空の構造を決めるファクターになるということである。ついでに言えば、「曲がる」とは、部分部分で寸法が変わるといことだと理解すればよい。逆に、経験的に時空の構造を知るためには、適当な規約のもとで時間と空間の測定を行っていけばよい。ただし、ミンコフスキ時空の場合よりもはるかに複雑となる。

**21. 内在的幾何学** 例えば、曲面の曲がり方を、その曲面内の測定で知ることができるだろうか？答えはイエスである。一般に、曲面にそった曲線のうちで最短のものを「測地線」と呼ぶ（ユークリッド幾何学の直線はその特別な場合）が、これも測定でわかるし、面の曲がり方、曲率も寸法の測定によってわかる。このようにして、曲面に内在的な見地から曲率を測り、その曲面の幾何学的性質を決めることができる。ガウスからリーマンらによって展開された微分幾何学は、このような手法を用いる。もちろん、曲面や曲がり方を扱うには、それを高次のユークリッド空間に埋め込んで扱うこともでき、曲率を直観的にわかりやすく「見る」ためには、こちらのやり方が便利な場合もある。しかし、現実の物理的時空を扱う場合、それを埋め込むべき高次の「空間」の想定にはいかなる経験的根拠もないので、内在的な手法による幾何学の方が望ましいはずである。

**22. 座標系に依存しない構造** そして、ここで注意すべきことは、このような内在的な手法をとり、自由な「曲がった」座標系をとっても、幾何学的な構造は座標系に依存しない形で取り出せるということである。ガウスが二次元の曲面について示したことを、リーマンは多次元の

空間にまで一般化した。例えば、二次元の曲面の曲率は、座標系の選び方に依存しない「不変量」となる。わかりやすく言えば、まっすぐな平面と球面とは種類が違い、その違いは絶対的な区別として取り出せる。そして、その違いは最終的には計量(メトリック)によって記述できる。したがって、ガウスやリーマンの意味で「ある空間が曲がっている」と言われるとき、これは「何々に相対的に曲がっている」という意味ではなく、絶対的な意味、不変量にかかわる違いを意味している。

23. **不変量と一般共変性** そこで、アインシュタインが目指したのは、このような自由な座標系の選び方によって記述しうる不変構造として、重力場を捉えようということだった。むずかしい専門用語では、重力の法則は「一般共変な、重力場の方程式」によって表されると言われるが、この「一般共変性」というのが、「重力の法則は座標系の選び方に依存せず、同じままである」ということを保証する条件である。そして、この方程式の中に現れてくるメトリックが、最終的には時空の幾何学的構造を決めるものとなる。「重力場の方程式を解く」というのは、簡単に言えば、このメトリックを求めることに相当するわけである。しかし、アインシュタインの優れた頭脳と大変な努力にもかかわらず、一般共変な重力場の方程式にたどり着くには、まだ幾つかの障壁が控えていた。

24. **静的重力場についての思い違い** 一つの障壁は、すでに触れた「静的重力場」に関するアインシュタインの偏見、思いこみだった。それは、アインシュタインとグロスマンの共著論文(1913年)「一般相対性理論および重力理論の草稿」からもわかる。アインシュタインが1911年の論文で太陽の近くでの光の湾曲を計算したときに、この偏見のため誤った数値が出されたことには、すでに触れた。ちょうどこのケースのように、星の周りにできる重力場は、時間的な変動がなく、同じままで存続する場合には「静的重力場」と呼ばれるが、アインシュタインは静的重力場では時間は曲がっても空間はまっすぐのままだと考えていた。これが彼の思いこみであり、それは回転円盤系では空間が曲がるという洞察を得た後でも継続していたわけである。完成した一般相対性理論(重力場方程式のシュヴァルツシルトの解)によれば、星の周りでは空間も曲がる。すなわち、遠くから星に近づけば近づくほど、星の半径方向の空間的距離は伸びていく。これを直観的に図示するためには、その「曲がり方」を三次元のユークリッド空間に埋め込んだ「埋め込みダイ



ヤグラム」が便利である(ただし、これは便法にすぎない)。ポイントは、座標の値と、距離のような物理的量との間の関係が「非ユークリッド的」になるということ、座標の位置によって物差しの長さが変わると理解してもらってもよい。ついでに言えば、星の内部(例えば地球の内部)では、曲がり方がまた異なるのである。二次元の平面に限って言えば、星の外部は放物線状に、星の内部は球面状に、空間が曲がる。地球を貫通する穴を穿ったとして、この中に小さな球を、時間を置いて二つ落とせばどうなるかという思考実験を試してみればよい。地球は回転せず、内部の密度は一定で、二つの球は衝突しないと仮定する。

25. **座標変換の具体例** この身近な例で、ついでに一般共変性のポイントも具体的に示すことができる。このケースでは、時間と一方向の距離の二次元座標があれば運動が記述できるが、地表に固定した直交座標、黒い球Aに固定した座標、赤い球Bに固定した座標のどれをとってもよい。いずれにおいても、地球内部の曲がり方、曲率は同じ、一つの不変量となって再現される。実は、この曲がり方によって地球内部の重力場が記述されるわけである。三つの座標系は、互いの間で、切れ目のない連続的な変形によって移行することができる。このような移行を、むずかしい専門用語では「微分同相な」座標変換というが、それによって曲率や法則が変わらないことを一般共変性というわけである。(もっと詳しいことは菅野先生が補ってくださるかもしれない。)重力場を記述するメトリックは座標ごとに変わるかもしれないが、記述された物理的内容は同じままに保たれる。

26. **アインシュタインの目標** 以上、アインシュタインの思考を少々先走って述べたのは、彼が目指そうとした目標を知っておいた方が話がわかりやすいからである。その目標をまとめておくと、(1)等価原理を使うことにより、加速系の考察から重力法則にたどりつけそうだとしたこと、(2)重力場の記述には一般的なガウス座標を使わなければならない、慣性系のような特権的な系は前提できないこと、そして(3)ガウス座標を使っても座標系に依存しない不変量が幾つかあるので、重力法則も座標に依存しない形で表現しうる、という三点ほどにまとめられる。アインシュタインとグロスマンの「草稿」はそれを目指し、いい線まで行っていたのだが、アインシュタインの静的重力場に関する思い違いがあったため、一般共変な方程式にはたどり着けなかったのである。

27. **穴の議論** さらに悪いことに、この「草稿」直後から、アインシュタインは「重力法則は一般共変な方程式では表現できない」という議論で自他を納得させようとして、ほぼ二年を費やしてしまう。これが「穴の議論」と呼ばれるもので、一般共変性を満たすと重力場の一義性が失われ、重力についての決定論的な法則が成り立たないという論証である（最も周到な議論は1914年の論文）。この議論を簡単な図を使って解説する。ニュートン力学でのわかりやすい例から出発するなら、一定の質量をもつ星が与えられたなら、他の物体がないものとすれば、星の周りの重力場は一義的に決まるはず。そして、この一義性は、当然、物質のない、星の外部の空間にも及ぶ。同じように、アインシュタインの構想する重力理論においても、重力源になる物質が与えられたなら、その周りの空っぽの空間でも重力場は一義的に決まるはずである。ところが、アインシュタインはこの予想を覆す議論が一般共変性を介して成り立つと論じた。

28. **重力法則は一般共変ではあり得ない？** まず、一般共変な方程式で重力法則が書けたとしよう。つぎに、適当な条件が与えられたとき、物質のない領域を「穴」と呼ぶことにし、この穴の中を一つの測地線（重力場の中での最もまっすぐな経路）が通っているとしよう。これは、適当な座標系 $K$ を選んだとき、一般共変な方程式の解として得られたメトリック $G(x)$  第一の解 によって決まる。ところが、一般共変性によれば座標系を変えてもよいので、穴の外では $K$ とまったく同じだが、穴の中では $K$ と異なり、しかも穴の境界ではもとの座標系とスムーズにつながるような別の座標系 $K'$ （座標変換）を考えると、この新しい $K'$ においては、もとの解は $G(x')$ に変換され、穴の中での測地線の経路は $K$ における経路とは違うはずである。ここまでは何の問題もない。しかし、一般共変性によれば、この $x'$ にもとの $x$ を代入してもとの座標系に再び戻せば、得られた $G(x)$  はもとの座標系での第二の解となる。 $G$ と $G'$ は穴の中では当然異なるので、かくして、もとの同じ座標系において二つの異なる解が得られ、それぞれに従う測地線は（穴の中では）違う経路をとって、重力場の一義性が失われるではないか！これは、アインシュタインが考える重力理論の要件を満たさない（決定論が崩れる）ので、重力法則については一般共変性をあきらめなければならない、とアインシュタインは論じた。

**29. 数学的座標と物理的時空** この議論、どこがおかしかったのだろうか？後知恵によれば簡単かもしれないが、アインシュタインにして、この議論を克服するために二年かかったのである。アインシュタインの先入見は、おそらく、「座標系を与えればそれによって物理的時空がある程度記述されている」、あるいは「重力場を与える前にすでに物理的時空が成立している」というものではなかっただろうか。「穴の中で異なる測地線が二つ以上できて困る」という考えには、メトリック $G(x)$ あるいは $G(x)$ が与えられる以前に、物理的時空の異なる点が二つあって、それぞれのメトリックが違う点を拾い出すので一義性が失われて困るという前提があったはずである。しかし、アインシュタインがたどり着いた解決策は、「二つの座標系は数学的に異なり、したがって二つのメトリックも数学的には異なるが、物理的時空を考える際には、数学的な同一性の基準とは違う基準が適用されなければならない」というものだった。つまり、物理的な時空点を拾い出すためには、座標系プラス、重力場を表すメトリックと、セットにして考えなければならず、一般共変性によってそれらがつながるからには、それらは数学的には異なっても、物理的には同一の事態を表していると思えるべきだということなのである。要するに、一般共変性によって互いに変換される解は、数学的には異なるが物理的には同一である。重力場が記述できる以前には、物理的時空については語るができないのである。これは、ニュートンの絶対的時空に反対したライプニッツに近い考え方である。この考え方にたどり着き、1915年の11月にアインシュタインはそれまでの偏見を克服して、重力場の方程式を一気に完成した。これには、もちろん、水星の近日点移動の謎が一般相対性により解決できることと、太陽の周りでの光の湾曲についての新しい予測（1911年の予測の二倍の量となる）という副産物も伴っていた。

**30. 穴の議論から学べること** 以上の顛末を踏まえて、われわれの後知恵を活用するなら、次の四点が指摘できるように思われる。

- (1) ガウス座標は時空記述の単なる数学的形式であり、それ自体では物理的意味を持たない。
- (2) 一般共変性は、ある物理的記述が座標系を変えても同じ物理的内容を維持できるための数学的条件である。
- (3) この一般共変性により、重力場の記述を座標変換によって変えて

も、物理的内容は変わらない。

(4) 物理的時空は、重力場を表すメトリックが与えられて初めて成立する。

31. **一般相対性原理の多義性** ただし、アインシュタイン自身が、一般相対性理論完成の時点で、これら四点をはっきりと自覚していたわけではなさそうである。(1)と(4)についてははっきりと自覚していたことの証拠は多いが、他についてはまだ混乱が残っていたふしがある。それがよくわかるのは、ほかならぬ「一般相対性原理」の定式化と説明の箇所である。例えば、「一般相対性理論の基礎」という1916年の総説論文では、

(a)「どのような座標系においても成り立つ方程式」  
という一般共変性の条件を満たせば、

(b)「どのような運動状態にある系も、法則の定式化に関しては同等である」

という条件　これが「一般相対性の要請、あるいは原理」と呼ばれるも満たされる、と主張されている。ところが、これら二つの条件は違うはずである。(a)において言及されているのは「座標系」であるのに対し、(b)で言及されているのは運動している物理系である。そこで、物理系に言及する一般相対性原理が、数学的条件である一般共変性だけから出てくるわけがない。ここにはアインシュタインの混同があり、事実、翌年に数学者の E. Kretschmann がこれを指摘している。

32. **一般共変性と物理的内容** この点を手っ取り早く理解するためには、慣性系と一様加速系という、運動状態の異なる二つの物理系を考えてみればよい。これは等価原理のところでも出てきた対比だが、アインシュタインの混同を見るためには有益な事例である。端的に言えば、慣性系に重力場はなく、一様加速系には重力場があるので、二つは物理的に等価ではない。「重力場のある慣性系」という表現のもとで、アインシュタインは「まっすぐな座標系で重力を記述する」ということをおそらく意味したのであろうが、そこが混同の始まりである。「まっすぐな座標系」には物理的内容はないのに対し、「慣性系」には一定の物理的内容がある。それゆえ、慣性系に言及する特殊相対性原理には物理的内容があったわけである。一般相対性がこれの拡張を目指すなら、当然物理的内容をもたなければならない。しかし、一般共変性には物理的内容

がなく、そのような内容は外から補わなければならないのである。

33. **一般共変性は一般相対論のエッセンスではない** 一般共変性が、アインシュタインの考えていたような「一般相対性」とは違うことを納得するためには、ユークリッド幾何学、ニュートン力学、あるいは特殊相対性理論についてさえ、一般共変な定式化ができることを理解しさえすればよい。物理的幾何学と理解されたユークリッド幾何学が、座標系の選び方に依存しない形で定式化できることは、微分幾何学での常識である。これは、二点間の空間的距離を不変量にするようにすれば、まっすぐであろうが曲がりくねった座標系であろうが、同じ内容を記述できる。空間の曲率はゼロ、つまり、まっすぐな幾何学である。幾つかの図で解説。

34. **アインシュタインにも相対性の誤り** 以上のような概念的混同があったからといって、アインシュタインの一般相対性理論の値打ちが損なわれることはいささかもない。ただ、アインシュタインの権威を借りて誤った哲学的議論の根拠としないように、物理学者や科学哲学者が注意すればよいことである。

コメント1 石垣 壽郎 (北海道大学大学院理学研究科教授)

## 第一部 相対的時空と等価原理

1. エーテルは、光の波動説のもとで光の伝播を担う物質として想定され、その中を運動する物体に部分的に引きずられると見なされていた。このように、エーテルが動くことを認めると、Einsteinが原理とした相対運動も、エーテルとの間の相対運動という観点が出てくるはずである。したがって、Einsteinは初めからエーテルの存在を認めずに、エーテル以外の物体の間の相対運動を考えようとしたということになるであろう。電磁波という波動を認めながら、それを担う物質を否定するという考えは、当時としてはきわめて異端であったであろう。特殊相対性理論の革新性は、時間と空間について、同時性や同所性を相対化したことだけではなくて、空間あるいは時空を物体の運動に対して中立的な存在から、物体に影響を及ぼす性質を持ちうる存在、波動の伝播を担う存在に変えたこと、つまり空間あるいは時空を物質化したことにあると思わ

れる。

2. 等価原理は2重の意味で用いられる。まず、重力場が存在し、この重力場内で静止している座標系 $K$ を考える。そのためには、この $K$ は重力場を打ち消す力で支えられていなければならない。このとき $K$ は慣性系となり、 $K$ から眺めた物体の運動は、重力の作用のもとで運動法則に従う運動となる。他方、重力場のないところで、慣性系から見て一般的な加速運動をする座標系 $K'$ を考える。 $K'$ から眺めた物体の運動は、あたかも $K$ が、 $K$ と同じように、一般的な重力場内で静止しているかのように生じる。このとき、等価原理は、 $K$ と $K'$ を物理的に同等と見なす、と主張する原理であるとされる。上記の $K$ が置かれている事態と、 $K'$ が置かれている事態は客観的に異なっているが、これら2つの異なる事態を物理的には区別できない、あるいは、区別できないものとして扱う、という説明がなされる。ということは、 $K$ が表している事態を $K'$ から眺めているかのように表してもいい、と言われる。例として、 $K'$ における光の振舞いから、 $K$ における光の屈曲が結論される。

もう1つの意味は、 $K'$ においても実際に重力場が存在している、と物理学は考える、という意味である。そうすると、等価原理は、2つの異なった事態が物理的に等価である(同等である)という意味ではなくて、単一の物理的事態があり、その表現として(局所的には)重力場による表現と加速運動による表現という、同じように正当な表現がある、という意味に解されることになる。2つの物理的に区別できない事態があるのではなくて、1つの事態に同じように正当な2つの表現がある、という意味である。それでは、これらで表現される1つの事態は何か、と言うと、その事態は、座標系を設定して成分表示する前の計量テンソルそのものによって表される、ということになる。

## 第二部 重力と曲がった時空

3. 一般相対性理論における「穴の議論」から次のような考えが導かれる。微分可能多様体 $M$ を基礎に採る数学的定式化では、 $(M, g, T)$ が1つの物理的世界に対応していると考えたと決定論が成立しないという結論が導かれる。したがって、決定論を維持するためには、 $(M, T)$ を共有する微分同相な族 $\{(M, g, T)\}$ が1つの物理的世界に対応していると見なさなければならない。したがって、 $p \in M$ は物理的な時空点に

一意に対応するとは限らない。そこで、物理的世界に一意に対応する数学的定式化を行なうには、微分同相な族  $\{(M, g, T)\}$  の  $(M, g, T)$  が共通に持っている性質を直接定式化することが考えられる。このために、 $(M, g, T)$  の定式化の途中で現れる  $C(M)$  がもつ環の構造に注目して、時空点の集合  $M$  を前提せずに、代数としての環  $R$  を基本にする定式化が考えられた。しかし、この試みは成功しなかった。 $R$  から点集合としての  $M$  が構成され、穴の議論による非決定論が再び結論されるからである。結局のところ、一般相対性理論については、決定論を維持しながら、物理的世界に一意に対応する定式化を与えることができないようである。

コメント2 菅野礼司 (大阪市立大学名誉教授)

## 第一部 相対的時空と等価原理

### 1. 時間、空間、速度の関係

絶対時空を否定して相対時空を前提にするならば、「時間、長さ、速度の定義」は相互規定的循環論となる。速度を定義するには時間と空間の測り方が決まっていなければならず、時間を決めるには、一定速度の周期運動などを用いるが、その速度が一定であることを知らねばならない。離れた2地点での長さの比較についても同様に、信号速度と伝播時間を知らねばならない。

時間、長さ、速度の3つの中の2つを何かの方法で規定(仮定)すれば、それによって残る1つが定義できる。

アインシュタインは、特殊相対性理論では「光速度一定性」の仮定により、まず速度を規定し、時空については、各慣性系ごとに、一樣時間とユークリッド空間を前提として「時間、長さ、速度」の関係を組み立てた。

### 2. 特殊相対性理論の基礎原理

特殊相対性理論は、  
運動の相対性、光速度一定性  
を基礎原理とし、それを基に運動学と力学が築かれている。

運動学では慣性系間の関係を与えるローレンツ変換 (LT) が中心的役割を担う。LTを導く際、「光速度一定性」ばかりでなく、「運動の相対性」すなわち、どちらの系から見ても相対速度の大きさは、同じ $v$ と $-v$ とすることが効いている。すべての慣性系で「光速度一定」であれば、時空尺度は慣性系ごとに異なるので、このことは自明ではなく、仮定である。時空尺度とは違い、相対速度に関しては共通なのである。

### 3. 「光速度一定性」の根拠

アインシュタインは如何にしてこの仮定に到達したかは、あまり明らかではない。今から見れば、その論理的根拠は次のようにいえる。

電磁気学のマクスウエル方程式から、電磁波 (光) の方程式が導かれ、電磁波の伝播速度は $c$ であることが帰結される。電場 $E$ の真空中の伝播方程式は

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$$

となり、磁場 $B$ についても同様。最後の時間微分の項の係数 $c$ が光速度を与える。この $c$ は普遍定数である。運動の相対性の仮定から、全ての慣性系は同等であり、マクスウエル方程式が成り立つので、同じ伝播方程式が導かれ、光速度は $c$ となる。

それゆえ、すべての慣性系は物理的に同等であるという、運動の相対性の仮定と、電磁気学のマクスウエル方程式を前提とすれば、すべての慣性系でマクスウエル方程式が成り立ち、光速度は必然的に同一の $c$ となる。

「相対性理論は間違っている」という主張をよく見かけるが、その説明に運動の相対性とマクスウエル方程式を前提にしているので論理的に矛盾している。ここで「光速度一定性」の論理的根拠を指摘しておきたい。

### 4. 座標変換に対する理論の不変性

特殊相対性理論では、すべての慣性系は物理的に同等であり、LTにより結ばれる。座標変換の下での理論の不変性 (方程式の共変性) は、



その理論の客観性を増す。

基礎方程式はその理論の性格(論理性)を表現している。その理論の性格を決めるのは座標変換の下での「不変量」である。

- ・ニュートン力学では、不変量は「空間距離と時間」：ガリレイ変換
- ・特殊相対性理論では、不変量は「4次元距離(ミンコフスキー空間の世界線)」：ロ-レンツ変換。

しかし、慣性系はまだ特殊であり、その選択は人為的である。自然法則は本来、人間の認識の仕方、理論を組み立てる基準系の選び方によらず存在している。それゆえ、より一般的な基準系を基に理論を築くべきである。そこで任意の座標系、一般座標系に進んだ。

- ・一般相対性理論では、不変量は「4次元リーマン空間の距離」：一般変換

座標変換の下での不変量を決めることで、変換の型が決まり、理論が決まる。この不変量の規定に物理が入る。時間・空間の性質(幾何学的性質、計量)はこの不変量によって規定される。したがって、時空の構造は理論と共にその中で決まる。

## 5. 物理量の数量化

物理量(数量化)が客観的に定義されるためには、次の同値関係と順序関係を満たさねばならない。

同値関係 反射律： $a \sim a$ 、対称律： $a \sim b \Rightarrow b \sim a$ 、推移律： $a \sim b, b \sim c \Rightarrow a \sim c$   
順序関係 反対称関係： $a \sim b, b \sim a \Rightarrow a = b$ 、推移律： $a \sim b, b \sim c \Rightarrow a \sim c$

同値関係の対称律は2人の間での同値関係(どちらから見ても同値)、推移律は3人以上の人の間での同値関係を与えるから、客観的等値を保証する。順序関係についても同様。

以上の条件を充たす物理量は全ての人に普遍的かつ客観的に決められたといえる。たとえば、長さ1mといえどどこでも通用する。

ところが、相対性理論では、互いに相対運動をしている物体間では、慣性系ごとに時空尺度が異なるので、この関係が崩れる。等しい長さの棒の長さでも互いに相手の棒の長さは短く観測されるからである。時間(同時性、遅れなど)についても同様。しかし、一つの慣性系で(に)変換して比較すれば、同値関係と順序関係は満たされる。また、異なる

慣性系間の物理量はLTにより一義的に変換される。それゆえ、客観的  
 数量化はでき、矛盾のない理論が組み立てられる。

## 6. 変換群の意義

物理学での座標変換は「群」を作っている。変換に対する「不変量」  
 があるから、それを不変にするすべての変換は一つの変換群に括れる。

群の定義：恒等変換（単位元）、逆変換（逆元）、結合変換（2つの積  
 元）を含む集合。

これらは、同値関係の反射律、対称律、および推移律にそれぞれ対応  
 している。恒等変換はそれ自身への変換であり、逆変換は座標系間の相  
 対性を、結合変換は引き続き2つの変換が1つの変換で表されることを意  
 味する。

変換が群を作ること、すなわち逆変換が存在すること、および、2つ  
 の変換の結合が同じ性質の1つの変換で表されることは、すべての座標  
 系が同等であることを保証している。その理由をローレンツ変換群を例  
 にとり説明する。慣性系K1からLT1で第2の慣性系K2に移り、次にK2  
 からLT2で第3の慣性系K3に移ったとすると、K1からK3に直接移る変  
 換も1つのLT3である（その逆変換も）。ここに $K1 \cdot K2 = K3$ 。したがっ  
 て、どの慣性系からLTで移ってもまた慣性系となる。それゆえ、全て  
 の慣性系が同等であることが保証される。

もしそれらが群をなさなければ、LT1とLT2はLTであっても、LT3は  
 必ずしもLTではないことになり、どの座標系から移ったかにより行き  
 先の座標系が慣性系であるとは限らないことになる。したがって、その  
 場合はすべての慣性系の同等性は失われる。

座標変換が群を作るなら、客観的物理量の定義に必要な条件（同値関  
 係）との対応からして、その変換が客観的意味を有することにもなる。

変換群を用いて、いろいろな特性が導かれる。例えば、LT群から、  
 速度の合成則が導ける。

一般相対性理論でも4次元時空のリーマン空間での線素を不変にする  
 変換は群を作るから、このことは任意変換（ただし微分可能で逆変換が  
 存在）で移る座標系がすべて同等の資格を有することを示す重要なボー

ントである。

## 7. 電磁場から重力場へ

アインシュタインは特殊相対性理論で電磁気学を完全な形式にし、場の概念を確立した。重力も重力場による近接作用として定式化に向かった。

慣性系は特殊であり、人為的系であるから、一般の基準系で成り立つような理論が望ましい。

また、エネルギーと慣性質量の同等性から、電磁場のエネルギーも重力の源になりうる(等価原理を認めるなら)。すると、電磁場だけでは不十分で、重力場を取り込んだ理論が必要になる。

特殊相対性理論は不完全 一般相対性理論へ。

## 8. 等価原理

慣性質量 $M_i$ と重力質量 $M_g$ の同等性 = 等価原理が問題になる。

等価原理は、原理的にはガリレイの落下法則(真空中で、すべての物体は重さによらず同一加速度で落下)の中にすでに含まれていた(精度が問題だが)。

すべての物体に対して、

$$\frac{M_i}{M_g} = \frac{M_i'}{M_g'} = \dots = K \text{ (一定)}$$

ならば、単位を巧く決めれば、 $K=1$ (等価原理)としうる。

もし、等価原理が成り立たなければ、重力による運動現象に矛盾が起こる。なぜならば、質量が $M_i$ 、 $M_g$ の物体の落下で、その物体に仕切(仮想的)を入れ(あるいは実際に割って) $m_i$ 、 $m_g$  と  $m_i'$ 、 $m_g'$  に分けたとする。等価原理が成り立たないなら、

$$\frac{m_i}{m_g} = k, \frac{m_i'}{m_g'} = k', \frac{m_i}{m_g} = K$$
$$\frac{m_i + m_i'}{k m_i + k' m_i'} = K$$

上式は  $k \neq k' \neq K$  なら矛盾

また、落下加速度は、ニュートンの運動方程式を使うと、(重力を $G$ とする)

$$= \frac{m_g G}{m_i} = \frac{G}{k}, \quad ' = \frac{m_g 'G}{m_i '} = \frac{G}{k'}, \quad A = \frac{M_g G}{M_i} = \frac{G}{K}$$

となり、物体を一つと見るか、2つと見るかで、加速度が異なり矛盾をきたす。切り方は任意であり、2つ以上何個にも切れる。全ての切り方に対して矛盾のないようにすることは難しい。

よって、等価原理がないと、矛盾のない力学の定式化は非常に複雑困難になる。あるいは不可能かもしれない。

## 第二部 重力と曲がった時空

### 9. 重力の幾何学化の根拠

質量に関する等価原理は、すべての物体はその質量や化学的性質などによらず重力によって同じ加速度を受ける、つまり、初期条件さえ同じなら全ての物体は同一軌道を運動することを意味する。落下法則は質量の大きさによらず全て同一加速度で落下するから、それを一般化して等価原理を次のように表現しうる：

静止系における一様重力場 = 無重力の等加速度系  
 加速度による見かけの力（慣性抗力）= 重力

非一様な任意の重力場は、場所ごとに加速度の異なる「局所加速度系」の結合系（曲線 の集合）で表現可能、すなわち曲がった空間で表現される。

重力作用の効果は物体の一切の性質に関わりなく発現するから、重力は物体を離れて 空間の構造（性質）に帰することができる：重力の幾何学化。

### 10. 重力理論は非線形理論

特殊相対性理論のエネルギーと慣性質量の同等性により、電磁場、重力場のエネルギーは慣性質量と同等である。等価原理によりそれは重力質量を生む。したがって、重力場はそれ自身が重力の源となって重力質量に跳ね返ってくる。重力は重力と相互作用する。

よって、重力場は非線形性を持った場であり、重力理論は非線形理論となる。

アインシュタインの重力場の方程式：

$$R^\mu - \frac{g^\mu R}{2} = T^\mu \quad (1) \quad (\mu, =0 \sim 4)$$

$R^\mu$  は  $\mu$  につき対称でリッチのテンソル、 $R$ はスカラー曲率と呼ばれて、ともにリーマン空間の曲率と密接に関係している。  $T^\mu$  は物質分布を与えるエネルギー・運動量テンソルである。 $R^\mu$  と  $R$ は計量テンソル  $g^\mu$  とその1回微分、2回微分のみ非線形関数であり、 $g^\mu$  だけで決まる量である。

左辺は時空間のみで決まる量、右辺は物質(エネルギー・運動量)分布のみで決まる量である。

### 11. 入れ物(時空)と中味(物質)の相互規定性

重力方程式(1)は時空の計量  $g^\mu$  と物質分布  $T^\mu$  の関係を与える式で、 $T^\mu$  が決まれば  $g^\mu$  が決まり、 $g^\mu$  が決まれば物質分布  $T^\mu$  が決まる。

時空間の構造は  $g^\mu$  で決まるから、物質の入れ物である時空間と中味の物質分布とは相互に依存して決まり、それらの運動変化も相互依存的である。つまり、時空構造と物質分布は相互規定的関係にあり、両者は持ちつ持たれつの関係で自己運動する1つのシステムである。

時空間の歪みが重力であるから、その時空間の構造によって中の物質が運動し、その物質分布の変化が時空の構造(歪み)に跳ね返って時空が変わる。その時空変化がまた物質の運動に跳ね返る。しかし、この変化過程は、いずれが原因で他方が結果というのではなく、同時的で、どちらも原因でもあり、また結果でもある。つまり、同時的に相互規定に関係にある。

宇宙はそのような自己運動系である。このように時空と物質を不可分な相互前提的存在とし、かつ相互規定的存在様式とする物理学の定式化は、一般相対性理論が最初である。

### 12. ゲージ不変性と「穴の議論」

重力方程式(1)は10個の方程式を与え、それらは一般変換に対して共変的である。10個の式の中、6個のみが  $g^\mu$  時間についての2回微分を含み、他の4個は時間の一回微分しか含まない。

(1)式の左辺を纏めて  $G^\mu$  と書くと( $i, j = 1, 2, 3$ は空間成分、 $0$ は時間成分)

$G^{ij} = (g^{ij}$  の時間の2回微分、 $g^\mu$  の時間の一回微分、 $\dots$ ) の関数、  
 $G^{\mu 0} = (g^\mu$  の時間の一回と空間の一回微分 $\dots$ ) の関数

それゆえ、 $g^{\mu 0}$  の時間の2回微分はこの方程式に含まれない。

力学では、運動方程式は時間の2回微分の方程式である。これに対して、時間の1回微分の方程式は速度と位置の関係を与える条件式、すなわち、初期条件に対する束縛条件であって、運動方程式ではない(例：ニュートンの運動方程式)。  $g^\mu$  に対しても同様。

したがって、重力方程式のうち6個の  $G^{ij}$  のみが本当の運動方程式であり、4個は初期条件に関する束縛条件なのである。すると、重力方程式で運動が決まるのは6個の  $g^{ij}$  のみであって、 $g^{\mu 0}$  は決まらない。

10個の計量  $g^\mu$  を決める運動方程式は6個しかないので、計量は一義的には決まらない。4個の  $g^{\mu 0}$  は任意に選べる。

10個の式が独立な運動方程式でないことは、ピアンキイの恒等式というのがあり、(1)式の左辺の共変微分(絶対微分)は恒等的にゼロになる。その恒等式は4個(4成分)あり、それらは  $g^\mu$  に対する4個の条件式を与えるのである。(1)式の左辺が恒等的にゼロならば、右辺もゼロでなければならない。右辺  $T^\mu$  の共変微分がゼロであることは、エネルギー・運動量の保存則である。

計量テンソル  $g^\mu$  が一義的に決まらないという、このことが一般共変性を満たす根拠である。つまり、任意関数を含む座標変換を許す理由である。

基礎方程式が運動方程式として全てが独立でなく、束縛条件を含む場合、その方程式系を特異系という。特異系であり、かつ任意変換に対して方程式系が不変なものをゲージ変換に対して不変(ゲージ不変)であるといい、そのような理論をゲージ不変理論(ゲージ理論)という。

重力方程式(1)はゲージ理論であり、4つのゲージ変換の自由度を有している。ゲージ不変な方程式の解は一義的でなく、不定な成分がある。この場合、束縛条件に矛盾しなければ4つの  $g^{\mu 0}$  は任意に与えることができる。1組の解に対して、ゲージ変換で繋がる全ての解の組は物理的に同等なのである。計量  $g^\mu$  (重力ポテンシャル) そのものには物理的意味はなく、本当の物理的状態を与えるのはその微分である。

これが、アインシュタインが一般相対性理論を築く過程で、陥った誤り、重力理論は一般共変性を充たさないという、いわゆる「穴の議論」に填った理由である（これは後で分かったこと）。当時、彼は計量テンソルは一義的に決まらなければならないと思こんでいた。

よく知られたゲージ理論は、電磁気のマクスウエル方程式である。電場 $\mathbf{E}$ と磁場 $\mathbf{B}$ は電磁ポテンシャル $A_\mu(x)$ の1回微分で表される：

$$F_{\mu\nu} = \frac{A_\nu}{x^\mu} - \frac{A_\mu}{x^\nu}, \quad F_{0i} = E_i, \quad F_{ij} = B_k$$

この $F_{\mu\nu}$  は任意変換

$$A'_\mu = A_\mu + \frac{K}{x^\mu} : K \text{ は } x \text{ の任意関数} \quad (2)$$

で変わらない。したがって、 $\mathbf{E}$ と $\mathbf{B}$ に関するマクスウエル方程式も不変である。つまり、マクスウエル方程式を解いてポテンシャル $A_\mu$ を求めても、 $A_0$ は決まらず任意性がある。物理的に意味のある物理量（観測に掛かる量）はポテンシャル $A$ ではなく、電場 $\mathbf{E}$ と磁場 $\mathbf{B}$ であるから、ゲージ変換(2)で物理的内容は変わらない。

### 13. 真空の物質性

特殊相対性理論は真空のエーテルを追放し、空の空間を電磁波が伝わる「物理的場」としたとよく言われる。しかし、空の空間がどうして物理的場となりうるのか、その疑問に対する答えはなかった。

一般相対性理論では、真空、すなわち物理的空間は「場」であり、電磁場や重力場の担い手として、単なる空虚な空間ではない。空間はその歪みによってエネルギー・運動量を有する存在であるから、物質的存在である。

さらに、場の量子論では、真空の物質性は一層強くなる。特殊相対性理論は真空からエーテルを追放して空にしたが、量子論と結合して真空を粒子・反粒子対で埋め尽くし、真空に物質性を与えた。このような真空は、電磁波を伝える物理的場となりうるだろう。

また、相互作用の統一理論では、真空をヒッグス場の縮退した空間（真

空の相転移)とした。このように、相対性理論は、真空概念にも革命的变化をもたらした。

真空概念の発展史は、物理学理論の発展史でもある。

#### 14. アインシュタインの統一場

重力場の幾何学化に成功したアインシュタインは、電磁場と重力場を統一して、両者を空間の構造に埋め込もうとした。その思想を実現しようと、多くの人たちが試みたが、遂に成功しなかった。その理由の一つに、電磁場には等価原理に当たるものがないことである。

アインシュタインの試みた統一場理論は成功しなかったが、全く異なる方面から、量子場の理論に基づく基礎的相互作用の「統一理論」が起こり、一部成功した。ワインバーグ・サラムの弱電統一理論がそれである。

重力まで含めた統一理論は非常に難しいが、いずれ成功するであろう。アインシュタインの統一的自然観への思考法は素晴らしいものである。

---

ルドルフ・ベルネット教授講演会  
(3月21日、人間・環境学研究科433室)

---

Rudolf Bernet (Husserl-Archief) 教授講演会

共催：京都大学大学院人間・環境学研究科、京都大学大学院地球環境学  
同人間環境共生基礎論分野、京都大学大学院文学研究科COEプログラム  
PaSTA研究会

Husserl's Transcendental Idealism Revisited (Summary)

Husserl's idealism essentially amounts to the affirmation that the meaning of the being of all objects depends on pure (i.e. phenomenologically reduced) and transcendental (i.e. constituting) intentional consciousness. Inspired by Descartes, Husserl concluded from this in the *Ideas I* that the actual existence of transcendent objects and of the real world necessarily depends on an actual perceptual consciousness, while the actual existence of this consciousness only depends on



its actual inner perception by itself (“*nulla re indiget ad existendum*”). Husserl was quick to realize that such a (metaphysical) formulation of phenomenological idealism was highly misleading in that it presented “absolute” consciousness as a region of being *opposed* to the region of being into which belong all transcendent objects. Also questionable was its insistence on a solipsistic form of all conscious experiences of transcendent reality. Finally, the hypothesis of a possible “annihilation of the world” gave the wrong impression that phenomenology, instead of accounting for the actual existence of transcendent objects and of the real world was inclined to enclose itself in a sphere of pure immanence.

In this paper I want to show that almost simultaneously with the *Ideas I*, in his *Revisions of the Sixth Logical Investigation* (*Husserliana XX/1*) and also in other manuscripts to be published soon for the first time (“*Transzendentaler Idealismus. Texte aus dem Nachlass (1908-1921)*”, *Husserliana*, XXXVI), Husserl developed an alternative and more acceptable line of argumentation in favor of a phenomenological idealism. This argumentation reminds one more of Leibniz than of Descartes in that it understands the actual *existence* of transcendent objects to be the result of a “realization” of a former well-grounded (“real”) *possibility*. The statement that the truth value of all belief into the actual existence of the world depends on its fulfillment by actual perceptive experiences of this world here never leads to a metaphysical opposition between the sphere of phenomenological immanence and the sphere of transcendent reality. Quite to the contrary: just as the being of an “ideal” possibility depends on its intuitive givenness in an act of phantasy, just as the being of a “real” possibility depends on former perceptions, so does the actual existence of the real world depend on its intuitive givenness in a series of concordant actual perceptions. In all this, phenomenology investigates the intentional *correlation* between the different modes of being of objects and the corresponding forms of intuitive pure consciousness.

This second line of argumentation in favor of phenomenological idealism leads to important new developments concerning the merely “presumptive” certainty with which one can “posit” the actual existence of the transcendent “things in themselves” and the regulative function and adequate givenness of transcendent things understood as “ideas in the Kantian sense”. It also contributes to a clarification of the difference between phenomenological idealism and (Humean) phenomenism. Its most spectacular contribution lays, however, in its insistence on the fact that only a coherent manifold of actual perceptions by an *intersubjective* community of *bodily* subjects can contribute to a phenomenological justification of the actual existence of the real world. The phenomenological insistence on the purity of the transcendental consciousness which constitutes the meaning of the being of the actual world of transcendent objects thus goes together with an acknowledgment of the *plurality* of transcendently constituting subjects and of their *bodily* experience of the actual existence of transcendent (“real”) objects.

---

公開講演会 四大（地・水・火・風）の感性論  
思想・アート・自然科学の関わりについての基盤研究

---

3月22日（土）

小林信之（京都市立芸術大学・助教授）「シミュラークル について」  
米澤有恒（兵庫教育大学・教授）「アナクシマン드로スと非ギリシア化」

3月23日（日）

宇佐美文理（京都大学人文科学研究所・助教授）「風と水 蘇東坡  
詩の風景把握」  
西山良平（京都大学総合人間学部・教授）「平安京の火災の感覚」

会場：京大会館 102号室

主催：岩城科研「四大（地・水・火・風）の感性論」

共催：PaSTA研究会、京都美学美術史学研究会

---

第5回PaSTA研究会（4月26日、文学部東館COE研究室）

---

環境問題における一元性と多元性 移入種の排除をめぐる意思決定の問題

瀬戸口明久（文学研究科博士課程）

近年、移入種による生態系の破壊が大きな問題になりつつある。これらの問題に対処するため、国や地方自治体による移入種排除事業が各地で始まっている。ここで哺乳類が駆除の対象とされた場合、排除派の自然保護論者と反対派の動物解放論者が激しく対立することがある。だがほとんどの事例では、前者が圧倒的に優勢である。なぜなら最近の生物多様性保全のもとでは、「移入種の排除」が国際的な原則とされているからである。しかし「移入種の排除」はそれほど当たり前のことなのだろうか。そもそも、移入種を根絶してまで守るべき「生物多様性」とは、どのような価値なのだろうか。また移入種問題のように、環境のあり方をめぐって社会的な対立がある場合、どのように意思決定をおこなうべきなのだろうか。

本報告ではこれらの問題について、台湾ザル問題を事例として考察した。この問題は、2000年8月に和歌山県が県内に生息する台湾ザルおよびニホンザル・台湾ザルの雑種個体すべてを捕獲し安楽死させる「サル保護管理計画」に着手したところ、事業の是非をめぐって大きな論争に発展した事例である。

生物多様性のために移入種を排除するという原則が叫ばれるようになったのは、移入種によって地域に固有の生物種が減少あるいは絶滅した事例が多く見られるようになったためである。けれども台湾ザル問題の場合、雑種化によってニホンザル集団が消滅してしまうわけではない。むしろ一見、多様性が高まっているようにも思える。けれども「生物多様性」とは、単に多様性が高い状態を目指しているわけではない。そこでは「進化の結果もたらされた多様性」を保存することが目指され

ているのだ。ニホンザルとタイワンザルとは数十万年前に種分化して以来、別々の環境で進化をとげてきた。その結果、両者はそれぞれ独自の遺伝的構成を持つにいたっている。このような地域固有の生物集団に「人為的な変化」を加えると、長い時間をかけて形成された遺伝的な多様性を攪乱してしまうことになる。このような移入種と在来種との交雑は「遺伝的汚染」と呼ばれ、異種間だけでなく同種間の交雑でも問題とされる。

けれども「遺伝的汚染」概念には二つの点で問題がある。第一に、「汚染」とそうでない状態との境界を一元的に引くことの困難がある。タイワンザルとニホンザルとは極めて近縁な生物であり、移入された個体数も少ない。したがって雑種化によるニホンザル集団の遺伝的構成の変化は、じつは考えられているほど大きなものではない。この程度の変化は何ら問題ではなく、「汚染」とは考えられないとする価値観も十分にありうるだろう。第二に、「人為」の介入した部分とそれ以外の境界を一元的に引くことが不可能に近いことが指摘できる。ニホンザルの場合、1960年代に盛んに捕獲・放飼が繰り返されており、種内の遺伝的汚染はある程度進んでいる可能性がある。過去に加えられた人為的な変化をすべて特定することは困難で、もし出来たとしても、元通りにすることに疑問を持つ立場もあるだろう。つまり、移入種問題をめぐる論争は「望ましい自然」をめぐる多様な価値観のあいだの衝突なのである。このような場合、適当な手続きを踏んだ「合意形成」を通じて意思決定をすすめていくべきだろう。

では、タイワンザル問題の場合にはどのようにして「合意形成」がすすめられたのだろうか。この事業は「合意形成」が望ましい形で達成された先駆的な事例とされることがある。県民千人を対象に「安楽死」か「飼育」の二者択一のアンケートがおこなわれ、意思決定に一般市民が参加することができたからである。だが、ここでは生物多様性の価値観に対抗的な選択肢があらかじめ排除されていたことに注目しなければならない。安楽死案への強い反発を受けた県は、離島に放逐するなどの代替案を検討した。だがそれらの代替案は、移入種問題の根本的解決にならないとする専門家団体の要望により、行政の内部で却下されてしまった。その結果、市民がアンケートで選択することができたのは、多額の資金が必要な飼育案と、はるかに安価な安楽死案の二つののみになって

しまったのである。つまりこの事業の意思決定では、生物多様性保全という一元的な価値観が優先することが前提とされ、市民が持つ多様な価値観は、その手続きからあらかじめ排除されていたと言えよう。

以上の考察から環境倫理的な含意を引き出すならば、次のようになる。現在の移入種問題をめぐる対立は、「全体論的環境倫理学」と「動物解放論」の二者間の対立の一つととらえられている。だが、両者のどちらが正しいかという一元的な価値を前提とした問いを立てても、移入種問題の解決には何ら結びつかない。むしろ問われているのは、移入種が持つ多様な価値をどのように評価し、社会にとって「望ましい自然」をどのように決定していくのかという、多元性を前提とした意思決定の問題なのである。

#### 適応行為としての翻案・編曲・演出

川上音二郎、安田芙充央、H. ツェンダー

若林雅哉（文学部非常勤講師）

【作品か翻案か】 翻案 (adaptation) とは、OEDによれば「あるものを他のものに相応しいように適応する処置、あるいはその成果」をいう。つまりオリジナルは、上演や受容のそのつどのシステムや文脈へと相応しいように変換され翻案となる。この適応としての翻案現象を上演芸術の動向において考察するとき、従来の“オリジナル一元論”(オリジナル>編曲や翻案やパロディなどの適応)や、上演行為に特有の“作品一元論”(作品>演出>個々の上演)の二つの序列は自明ではない。普通「作品」としての地位を疑われないギリシア悲劇も、そもそもは民衆の知る神話の、悲劇詩人による翻案制作であった。周知の神話を、舞台上で台詞を担当できる俳優を三人程度に限定するという当時の上演システムに適応するように入退場を構造化することで、それらは成立しているからである。だがギリシア悲劇は、やがて「オリジナル」とみなされフランス古典主義など多くの翻案の元となり、ギリシアの女神を人間の情念へと合理化するという適応を図ったラシーヌの翻案『フェードル』もまた、やがてオリジナルとみなされ、S. Kane (2002), *L'amour de*

*Phédre* などの翻案の元となる。以上の諸翻案が、われわれによる作家性の認定に基づき「作品」化していく一方で、たとえば『ヴェニスの商人』法廷の場を、北海道を舞台とし漁師・オ六の物語へと翻案した川上音二郎の新派劇『人肉質置裁判 白州の場』は、オリジナルならぬ二次的な翻案、明治大正の新劇運動に先立つ代用形態として低い評価が与えられてきた。しかし、文脈の変換＝翻案行為といった点では、上の諸例には程度の差しかない。もちろん、ギリシア悲劇と川上の制作の間には、翻案行為が後続するか否かの差異は認められるが、オリジナルへの昇格(?)にあたって、もともとの翻案性格がたやすく忘却されていくことを見逃してはならない。

【演出にみる翻案の性質：上演システムへの適応】 またギリシア悲劇「作品」は、いまま新しい「演出」という変換の元となっている。だが、俳優と役柄の一致が当たり前となり多くの俳優を動員する現在の上演システムへの変換を行う蜷川幸雄の演出にもまた、神話から三人俳優制システムへの変換が翻案行為であったように、翻案としての性質を認めねばならない。いやむしろギリシア悲劇作品にも、神話「演出」の性格を見て取らねばならない。さらにその都度の演出＝翻案行為にもまた、作家性の認定の後、たとえば『NINAGAWAマクベス』のように作品の地位が与えられている。つまり冒頭の二つの一元論は互いに交差するだけでなく、その各階層に認められる演出あるいは翻案などの適応という共通項によって、もはや確固たる階層関係を保持し得ないのである。

【ツェンダーの「解釈」：受容システムへの適応】 上演システムの変換という点では、編曲もまた翻案の一形態としてよい。ミュンヘン在住の作曲家・安田芙充央によるヴェルディのアリアの翻案 (*Im Zauber von Verdi, adapted after Giuseppe Verdi, 2001*) は、ピアノソロ上演システムへの適応である。これと、いまや忘れ去られたシンセサイザー伴奏編曲のバッハという当時最新のシステムへの適応 (*Concerto for 2 Keyboards & Synthorch. arranged by B. James, 1989*) との間に、制作内部での差異は殆どない。さらにまた編曲により、われわれの聴取経験の変貌と、そこへの適応を試みることも出来る。H. ツェンダーの『シューベルト『冬の旅』：作曲された解釈の試み』(1993) は、われわれの聴取経験の歴史的かつ不可逆的な変貌をなぞる、システム変換の束である。シューベルトの後にブルックナーやマーラーのロマン主義、ヴ

エーベルンの点描を經過したわれわれの耳は、シューベルトに潜む、後世の展開の萌芽を聞きつけてしまう。ツェンダーの試みは、シューベルトの音楽を、ビーダーマイヤー風の弦楽四重奏やロマン主義的な管弦楽の咆哮、緊張と弛緩の目まぐるしい交錯など、後の音楽語法展開のなかに位置づけていく。ここでは、われわれの耳の変貌への『冬の旅』の適応がはかられているのである(しかし彼の「解釈」もまた、演奏会のレパートリーとして定着し、折々の上演や録音商品化の元となる「作品」として祀りあげられる運命を免れることは出来ない)。

【翻案の諸相：パロディ、盗作・・】 従来の一元的把握の問題点、作品認定の恣意性を強調するために、以上では、適応という翻案的な性格を強調してきた。パロディという間テクスト的な装置のなかでの適応や、盗作や略奪(J. オズワルドによるPlunderphonic)といった脱法的なシステムへの適応もまた見逃すことは出来ない。しかしながら、いま新たに“翻案一元論”という一元性の神話を導入すべきではないだろう。むしろ、翻案的行為=諸システムへの適応のなかにみられる、編曲・解釈・演出などの諸相の多様性を認めていかなばならない。

---

#### 第6回PaSTA研究会(6月1日、文学部東館COE研究室)

---

#### フランス 看護の現場における倫理的問題 フランスでの研修報告

相澤伸依(文学研究科修士課程)

PaSTA研海外派遣プログラムにより、本年3月14日から15日にかけてリヨンにて開催されたReseau Ethique et Handicap主催の研究会(テーマ:“Soigner et protocoliser? Quels enjeux, quelles interpretations pour les acteurs?”)に参加した。研究会では医療・看護の現場で生じる倫理的問題について様々な立場から報告があった。ここではその中から、医療の標準化とインフォームド・コンセントの問題について簡単に紹介したい。

## 医療の標準化

フランスでは1970年代から様々な医療費抑制政策が取られてきた。70～80年代には保険料の引き上げや増税による収入の増加、医療費の償還の引き下げなど、主に医療の需要側に負担を求める方法が取られてきた。政策の転換点となったのは、1993年に制定された法律「医療業と健康保険の関係に関する法律」である。この中で初めて医療費の「医学的抑制」という概念が導入された。これは、医療の質を考慮しつつ医学的な方法によって医療費を抑制しようというものである。この法律のもと、1993年に医療協約が結ばれ、「拘束力のある医療指標（RMO）」が医療現場に導入されることになった。RMOとは、「周知の科学的規範」に基づいて医療の基準を提供するもので、医学的に無駄な医療及び処方削減することを目指している。RMOを遵守しない医師に対しては、制裁が課せられることになっており、RMOは一定の強制力をもって医療現場で機能している。しかしこの状況に対して、医療従事者側から強い批判がなされている。その主な批判点は次の三つである。一つは、医師には法律上処方の自由が保障されているが、RMOはこれに抵触するのではないかということである。次に問題視されるのは、RMOによって医療の質が低下している可能性である。RMOの目的は医療の質を確保しつつ医療費を抑制することにあったが、結局医療費抑制が中心となってしまう、質の確保が軽視されているという指摘である。三つ目に、RMOに厳格に従うことにより、医療従事者の能力の低下が懸念されるということである。RMOによって、本当に患者のためになる医療が提供されるのか、「医療費の医学的抑制」という概念に疑問が呈されている。

## インフォームド・コンセント

フランスでは長らくパターンリスティックな医師・患者関係が保たれてきたが、90年代初期からインフォームド・コンセントが明確に要求されるようになってきた。その傾向は、例えば1994年に公布された「身体の尊重に関する法律」や1995年に改正された「医師の職業倫理綱領」の中に、患者への十分な説明や治療への同意の取得義務が規定されている点に見て取れる。しかし、調査によりインフォームド・コンセントが確実に実行されているとはいえない実態が明らかにされ、不十分さが指摘されてきた。このような状況下で2002年3月に、患者自身に意思表示の



手段を与え患者自身の決定が尊重されるようにすることを目的として「患者の権利と医療システムの質に関する法律」が制定された。この法律には、患者自身の医療情報へのアクセス権や医療従事者の情報提供の義務、プライバシーの尊重などが明記されている。この法律が実際に医療従事者・患者関係にどのような変化をもたらすのか、注目されるところである。

上記以外にも、電子カルテの導入が計画されるなど、フランスの医療現場にはますます大きな変化の波が押し寄せている。これら、日本とも共有される医療・看護倫理問題について、一層注目していく必要があるだろう。

動物実験の倫理的問題 デンマーク倫理審議会の見解を一例として

鶴田尚美 (京都精華大学人文学部非常勤講師)

人間以外の動物を用いた医学研究は、被験体に何らかの危害を加えることが多いために、しばしば道徳的な非難の対象となる。アメリカ、ヨーロッパなど諸外国では動物実験に法的規制がかけられ、実験を行なう研究者達や哲学者達が動物実験の正当性を活発に議論している。本発表では、デンマーク法務省「動物に関する倫理審議会」のレポートを参照して、動物実験において倫理的に何が問題となるのかを検討した。

動物を用いた医学実験は、(A)物質が生体に与える有効性や悪影響、(B)毒性試験、(C)新薬開発、(D)研究機関での教育、(E)基礎研究の5つのカテゴリーに分けられる。使用される動物はヒト以外の脊椎動物とされ、デンマーク国内の年間使用数30万匹のうちマウスやラット等の齧歯類が90パーセントを占める。

動物の道徳的地位については、三種の見解がある。第一は、動物中心の見解 (animal-centered view) である。この見解によれば、動物には生の主体としての固有の価値があり、人間から侵害されない権利をもつ。二番目の見解は、人間中心の見解 (human-centered view) と呼ばれる。この見解をとるある論者によれば、道徳というシステムの参加者たりうるには、道徳に同意する能力を必要条件とする。また、別の論者

によれば、道徳的存在者であるには、自由意志や自律など自由に道徳判断するための能力を必要とする。いずれにせよ人間中心の見解によると、これらの能力を欠く動物は道徳的共同体の参加者とはならず、動物の権利は存在しない。

しかし、人間中心の見解は、現代の多くの人々が、動物も人間と同じように苦しむ能力をもつという信念や、無辜の生物を苦しめるのは道徳的に不正だという信念をもつことを無視している。動物中心の見解もまた、人間の利益と動物の不利益とのトレードオフを一切容認しないという点で不合理な見解である。

したがって、われわれが採用すべきは第三の見解すなわち動物福祉の見解（animal welfare view）であろう。この見解によれば、道徳的に非難されるべきは実験に動物を用いることや殺すことそれ自体ではなく、それによって被験体となる動物がもつ主観的経験すなわち痛みや苦しみ、フラストレーションなどの不快な経験である。さらに、動物の被る不利益が、それによって人間が得ると期待される利益よりもはるかに少ない場合、動物実験は道徳的に正当化される。

動物福祉の見解は、既に諸外国の法律やガイドラインなどにおいて採用されている立場であるが、どのような実験を不正とするかという実質的な道徳判断は、アメリカとヨーロッパ諸国とで大きく異なっているのが実情である。今後は、福祉という概念の明確化、福祉の実現策などがさらに検討されるべきであろう。

技術者倫理は多元的でありうるか？ - 国際倫理綱領の可能性の検討を通じて

杉原桂太（南山大学社会倫理研究所非常勤研究員）

技術者倫理（Engineering Ethics）への注目が日本で高まっている。本報告では、技術者倫理とは何かと、一元性・多元性の問題が技術者倫理にどう関わっているかを検討した。日本で技術者倫理が関心を集めている背景には、技術業（Engineering）と技術者教育（Engineering Education）のグローバル化がある。1999年にわが国の技術者教育の国際的同等性を保証するために設立された日本技術者教育認定機構

(Japan Accreditation Broad for Engineering Education: JABEE) は、米国のABET (Accreditation Broad for Engineering and Technology) に倣って、認定基準の一つで技術者倫理を明示した。こうした国際化を通して日本に導入されているのは、専門職 (Profession) としての技術業である。技術者倫理とは技術者の専門職倫理に他ならない。技術者倫理が専門職倫理であることは、米国の技術者が進めてきた技術業の専門職化を通して確認できる。米国では古くから、専門職の条件に、専門知識の水準が確保されていることや社会的責任を持っていることが数えられてきた。ABETは、専門知識についての教育が一定の水準に達していることを社会に保証するための組織として1930年代に設立された機関を源流に持つ。技術者倫理とは、科学技術の有害な影響が明らかになると同時に技術者の社会的責任が問われた1970年代に、医療倫理をモデルに学問化された分野である。当時は、各技術業協会 (Engineering Societies) が、倫理綱領の重点を顧客や上司への忠誠を果たすことから公衆の福祉を最優先することに移すなど、今日の技術者倫理の原型ができあがった時期であった。

本報告が技術者倫理を一元性・多元性の問題の中に位置づけるのは、世界共通の技術者倫理が今日提案されていることへの着目を通してである。米国で技術者倫理の教鞭を取るとともに日本への紹介に重要な役割を果たしている哲学者のルーゲンビールは、技術業が世界各国にグローバル化していることを指摘している (H. Luegenbiehl, 2002, "Issues in the Internalization of Engineering Ethics", 『科学技術社会論学会第1回年次大会 予稿集』 pp69-72)。そして、各国で技術者がおかれる文化背景の違いに配慮しながら、世界中の技術者の指針となる国際倫理綱領の制定を提唱している。彼は、日本と米国の技術者倫理の間に次のような差異があることを、つまり多元性があることを指摘する。米国の技術者倫理は、その専門職像に則って、個人主義的で独立型である。すなわち、倫理的責任の担い手は個々人の技術者であり、技術者には所属する企業の上司から独立した立場で倫理的判断が求められる。これに対して、これまで専門職としての技術者が余り強調されてこなかった日本では、独自の技術者倫理が発展する可能性がある。こうした検討を経てルーゲンビールは、世界各国の技術者の指針となる国際倫理綱領を、す

なわち一元的な技術者倫理を提案する。この内、公衆の福祉に関わる条項は次のように提唱されている。「自分達が製造したものと他の技術者達によるものの双方について、技術発展の産物によって影響を受ける人々の安全を最優先する」。たしかにこの条項は、国境や文化の違いを越えすべての技術者に求められる一元的な内容だといえるだろう。しかし、ルーゲンピールがそうしているように、国際倫理綱領を通した一元的な技術者倫理の構築は、あくまでそれぞれの国の間ある多元的な技術者倫理の存在を認めた上で行われるものなのである。それぞれの国の状況に則していなければ、実効性を持った技術者倫理とはならない。

ただ、ルーゲンピールの指摘するところの日本の技術者倫理には注意しておくべき点がある。これまでの代表的な日本の技術者像を念頭に置いている余りに、技術者倫理の専門職倫理としての特徴が見えにくくなっていることだ。米国における成立過程から確認できるとおり、技術者倫理はあくまで専門職業倫理である。従来の日本の技術者像を踏まえつつも、専門職倫理としての技術者倫理を組み立てる必要がある。ここで参考になるのが、欧州倫理ネットワークが近年行った技術倫理 (Ethics of Technology) 構築プロジェクトである (Goujon P. and B. H. Dubreuil ed, 2001, *Technology and Ethics: A European Quest for Responsible Engineering*, Peeters)。これは、米国で発展した技術者倫理を1980年代のいわゆる経験的転回を経た技術哲学を統合して技術倫理を成立させようとする試みである。この技術倫理は、専門職としての個人の技術者だけでなく上司や企業、市場という文脈に技術が位置づけられていることに着目している。そして、技術の倫理問題は、技術者の視点だけでなくこのコンテキストの中において考察される。こうした技術倫理は、専門職倫理としての特徴を保持しながら、日本の技術者に即しているといえる。

---

第7回PaSTA研究会 (6月23日、文学部東館COE研究室)

---

The Anthrax Solution:

Sverdlovsk and the Resolution of a Biological Weapons Controversy

Michael D. Gordin ( Junior Fellow, Harvard University )

From 1979 to 1994, arms control in the field of chemical and biological warfare (CBW) experienced what could be termed a “verification crisis.” With the collapse of the SALT (Strategic Arms Limitation Treaty) regime in nuclear arms control in the late 1970s and early 1980s, precisely on the issue of how to verify compliance, the international arms control community was uniquely sensitive to issues of arms control verification. The particular nature of CBW - the effects of which seemed to mimic natural outbreaks of disease - only intensified the suspicions of conservatives in the US government about verification and exacerbated the Cold War tensions surrounding this arena of arms control. At this moment, two CBW-related incidents flared up and brought the verification crisis to a head, incidents which seemed to bear all the characteristics of illegal uses of biological weapons in violation of the 1972 Biological Weapons Convention (BWC): the Sverdlovsk incident and Yellow Rain. Although the two events dovetailed in their historical interaction during the 1980s, this paper focuses on the Sverdlovsk incident in particular for two reasons: as an allegation of use of a bacteriological agent, this crisis emphasized the difficulties of detecting differences in CBW incidents from natural epidemics; and because it, more than Yellow Rain, can now be said to be definitively closed.

Due to a variety of changes in the East-West environment - not least of them the Soviet invasion of Afghanistan in 1979, the US boycott of the 1980 Summer Olympics in Moscow, and the Reagan victory in the 1980 US presidential election - by 1981 there was extraordinar-

ily little faith in CBW arms control, a remarkable contrast to the great optimism six years before in the potential of the Biological Weapons Convention to usher in a new system of international relations and cap a long quest for biological arms control. The Sverdlovsk incident was the first alleged violation to appear in the midst of this climate of distrust. In 1979, an anthrax outbreak in the Soviet city of Sverdlovsk led many Western security officials to conclude that the Soviets had been secretly developing biological weapons in violation of the 1972 BWC. Using a variety of tactics, the Soviets managed to demonstrate, for a time, that the outbreak could just as easily be explained by natural causes.

At the time, there was little the US State Department could do to answer the Soviet defense that the Sverdlovsk outbreak was caused by black-market distribution of contaminated meat, thus representing deaths by gastrointestinal anthrax and not by the militarily-viable inhalation anthrax. From 1981 to 1986, much of the attention of the arms-control community focused instead on Yellow Rain. When Sverdlovsk reappeared on the American scene as a topic of discussion, the result was an almost unanimous confirmation of the Soviet “meat defense,” as Soviet scientists, in the atmosphere of *glasnost* and *perestroika*, came to the National Academy of Sciences in Washington, DC, and displayed histological evidence that indicated a gastric origin for the anthrax deaths. With the case apparently closed, it was reopened by Soviet reporters, and later reporters from the *Wall Street Journal*, who located hidden evidence and documented the extent of the Soviet government’s cover-up - including the official Soviet misrepresentation of evidence at the National Academy in 1988. In 1994, after extensive research in the former Soviet Union and careful analysis of the recently-uncovered biological samples, survivor interviews, and local meteorological data, Harvard University professor of biochemistry Matthew Meselson, once the most prominent American advocate of the Soviet meat defense, concluded the debate by demonstrating the inhalational origins of the

1979 outbreak, which made a military accident the only possible explanation.

This paper examines the history of this “Sverdlovsk incident,” and how its peculiar nature impacted on the reformulation of a verification philosophy both for the Biological Weapons Convention and for the nascent Chemical Weapons Convention (CWC). The net result of this reformulation was the entrenchment of independent scientists as a means for establishing the “truth” of CBW violations. Both before and after a consensus was reached, it was evident to what a strong degree the standards of evidence and evaluation were created by the political climate. Both the US State Department and its opponents clamored for some form of objective resolution without recognizing the impossibility of this goal in such a tense political area. The solution embedded in the CWC, and as demonstrated by the political fractiousness of recent chemical-weapons inspections in Iraq, still hinges on communal definitions of standards of evidence.

## 海外派遣報告

---

上演芸術に見る翻案と演出 アムステルダム大学における研修報告をか  
ねて

若林雅哉 (文学部非常勤講師)

PaSTA研海外派遣プログラムにより、アムステルダム大学 (オランダ) にて一月二十八日より二月十日までの二週間、文献調査およびI. デ・ヨング教授との意見交換を行った。教授はナラトロジーの成果を取り入れた研究で著名な古典学者であり、*Narrative in Drama: the Art of the Euripidean Messenger-Speech*. (*Mnemosyne*, Suppl. 116) 1991などの著書がある。また彼女の影響下に、ギリシア劇の翻案研究や、近年の文学理論と古典学の対話を試みる研究などが進められている (J. P. Sullivanとの共編、*Modern Critical Theory & Classical Literature*,

Leiden, 1994)。わたしの関心とディスカッションの中心は、おもにギリシア劇における翻案 (adaptation) の性質についてであった。予め提出した英語原稿の小論二編を検討され、二日間の議論の場と調査の便宜を提供して下さった教授に、そしてこのような機会を与えてくれた本研究会に感謝したい。

わたしは、「作品」概念にまつわる「オリジナル」一元論を、主に翻案現象 (adaptation) の検討から再考し、それを通じて本研究会の課題「一元性神話の解体」に取りくんでいる。オリジナルを頂点とする序列のなかに翻案を位置づける従来の見方は、わたしには自明であると思われぬ。それは、作品をわれわれが享受する際の受容の問題圏にとどまらず、作品の存在論的なあり方としても、再検討が迫られているのではないか。また同時に、作品を出発点 = オリジンとし、演出や個々の上演が派生するという見方もまた今や自明であるとは思われぬ。メディアの変換を伴う多様な転用 (例えば無数の映画“作品”(film adaptation) や、ドイツの作曲家Zenderによる“作曲された解釈”(Eine komponierte Interpretation) の試みなど) のあり方は、もはや派生という見方にとどまらない、作品と解釈や上演のあたらしい関係を提出しているように思われるからである。

現在、当然のように「作品」として認められているギリシア悲劇作品もまた、制作当初は翻案の性質を帯びていた。それらは、観客の知悉する少数の有名な家系にまつわる伝承や英雄伝説、神話に基づいて繰り返し作られていた。それはいわば、観客の雑多な知識に取材する“オリジナルなき翻案”なのである。詩人は、その中から素材の取捨選択を行い、自らの作品の統一を形成するといえる (cf. アリストテレス『詩学』8章)。これらが「作品」として地位を得るのは、オリジナルを持たないからだろうか。ちがう。例えばエウリピデスの『ヒッポリュトス』を自らのオリジナルとして持つ、ラシーヌの『フェードル』はどうか。

ラシーヌは自ら序文の中で、原作がエウリピデスであることを述べている (ギリシア悲劇は、もはや「作品」となっているが、それが伝説にまで遡ることに言及していることも見逃せない)。そればかりか、第一幕においてラシーヌは、衰弱する女主人公の台詞をエウリピデス作品から引用している。古代の劇の中で愛欲の女神アプロディテによって恋を吹き込まれたパイドラは、その治療として (相反する貞潔の女神アル



テミスのアトリビュートである)馬場や森に憧れる。ラシーヌはその台詞をほとんどそのまま引用したのである。しかし17世紀古典主義の劇の中には、すでに二柱の神は存在せず(漠然とした愛の女神ウエヌスがいるのみ)、ラシーヌの銜学を差し引いても唐突な印象は免れない。この古代の痕跡はエウリピデスの作品を参照することなくしては、意味が理解できない。件の台詞によって、17世紀の翻案は、そこにはない古代のオリジナルを指し示そうとしているのである。ラシーヌの劇全体は、近代に大量発生したアンティゴネーたちめぐる劇についてG. スタイナーが主張したように、むしろ恋と政治の相克を扱うものなのである。フェードルが、恋の駆け引きと政治的同盟に二度、敗北を喫せねばならないのもそのためである。たとえば、こんなふう理解することも出来るだろう。個人と共同体の相克をめぐる『ル・シッド』論争を経た近代の作家として、ラシーヌは、情念と政治に翻弄されるフェードルを描いた。しかし彼女は成長していくヒロインである。第一幕・二幕での、政治的な和解を装いつつも情念のみに突き動かされる恋一途のフェードルは、いまだ古代のパイドラの面影そのものである。つまり、件の台詞は、近代劇の中に嵌め込まれた古代のイコンの様に機能しているのである。

もちろん、以上の解決は一つの可能性にとどまる。むしろこの可能性から、翻案から作品へと位置づけが変換される問題を、二点みてとりたい。(1) 明らかなオリジナルの痕跡、しかもそれがいかに翻案の内部で異質に見えるときも、われわれは、コンテクストを(この場合、近代劇特有のねじれ、個人と共同体の利益の相克)を提供することで、たやすく構造内の意味づけを新たに与えることができる。その結果、あたらしい統一感を見出し、あらたな「作品」の誕生を認定することになる(われわれは、H. Bloom以降、その気になればクロノロジーを無視するようにさえなった)。ちょうどギリシア悲劇というオリジナルなき翻案について、伝承上のキャラクターによってでも物語の時間によってでもなく、詩人は、作品の統一によって「作者」になるとアリストテレスが述べたように。そして、(2) 事後的に与えられた、この“作家性”こそが、翻案にあらたな「作品」としての地位を与えるのではないか。しかも、受容美学を経過した現代に生き、「作者の死」というスローガンに馴染んでいるにもかかわらずにである。今なお支配的な、“創造”の近代的な幻想は、翻案をたやすく作品へと変換してしまうのである

(Greek Tragedies as/in Adaptations: The Poetics of Fragments and Body, 15<sup>th</sup> International Congress of Aesthetics, 30 August, 2001)

以上に加えて、デ・ヨンゲ教授には、アリストパネスによるエウリピデス作品の多彩なパロディをもつ喜劇『テスモボリアズーサイ』についての小論を提出したが、こちらについては省略する (Intertextuality in Aristophanes' *Thesmophoriazousae*, *Aesthetics* 10, 2002)。教授は、ギリシア劇の翻案研究を上演様式研究と並んで重要であるとし、オックスフォード大学で進行中のアーカイヴを紹介してくださったが、しかし「物語 (narrative) と performance には厳然とした区別がある」ことを強調された。そこには、作品・翻案の序列と、作品・演出・上演という問題圏を重ねて見るわたしの研究計画への批判がこめられていたのかも知れない。しかし、翻案が作品へとすくい上げられるのと同様の事情によって、すなわち個々の演出・上演もまた、その“作家性”を認められることによって、現代では作品としての地位を獲得しつつあるのではないか。演出家の死後も各地の歌劇場で受け継がれる「ポネル演出」、そして氾濫するリミックス群に付される有名DJの名前など、鍵は固有名詞、作者項の再生であるとおもわれる。

あるいは、個々の演出自体が、既に翻案の様相を示しているとしたらどうか。そもそもは三人に限られた俳優により (仮面の交換で多数の役柄を処理しつつ) 上演されていたギリシア悲劇 (入退場の工夫により、その処理はテキストに構造化されている) を、ふんだんに俳優を投入し俳優 = 役柄のアイデンティティを保持しつつ進行する「蜷川演出」へと変換することと、原作小説を他のメディアに、たとえば映画へと翻案することの間には、程度の違いしかないのではないか。この時、むしろ警戒すべきは、諸翻案、諸演出のステイタスの違いを、どう分析していくかということであろう。もちろん、新たな序列を試みて唯一の源への憧憬に賛辞をおくってはならないだろう。

## 今後の活動

---

2003年

7月25日 第8回PaSTA研究会 (岸田功平、神崎宣次)

- 7月下旬 網谷祐一(科学哲学科学史D3)海外出張
- 8月 内井愨七教授海外出張
- 9月3日 第9回PaSTA研究会(シンポジウム 力学と数学 歴史的視点から)
- 9月5日 Michael Luntley 教授(University of Warwick)講演会
- 10月上旬 David Hugh Mellor 教授(Cambridge University)講演会
- 11月下旬 Vladimir Sotirov教授(Bulgarian Academy of Sciences)講演会