

力学前構造論

量子論の構造および解釈の問題への一つの解法

小野俊彦¹

東京都八王子市明神町4-2-7-703

0.1 はじめに

人間は有限な生き物である。そのささやかな生き物が、自然を全てといわなくともかなり理解できると期待するのは、身の程知らずに違いない。実際、20世紀前半に創られた量子力学の教えは、少なくとも原子レベル以下の小さなスケールを語るには、人間の日常的経験に基づく言葉は機能しないというものであった。そして、この創始者たちのうち主導権を握ったのは、このようなミクロな領域を解釈や理解しようという企てを禁止する不可知論者たちであった。これは、科学の目的は、自然の理解にあらず、経験を的確に再現し、未来の挙動を预言する計算をすることだけだという、経験主義によって、より強固になっていった。

20世紀後半の物理学者の多くは、この思想の敬虔な信者であったのだろう。そして、現在でもこれが主流を形成していると思われる。よく、万物の理論として度々脚光を浴びる理論もあるが、このような理論は、量子論を完全に前提にしている、その説明不能部分を取り除いた意味で、全てという意味なので、注意せねばならない。つまり、あらかじめ引いた境界線の内側について全てという限定的完全性である。

この不可知論というのは、アインシュタインの言葉にもあるように、なんとも心地のよいものである。新しい理解が実現しない限り、否定されることはないだけでなく、それ以上考える必要がないからである。しかし、予め知識の限界を設けてしまうことは、誠に科学の進歩にとって不幸なことであり、危険ですらある。この閉塞状態を打開するたった一つの方法は、実際に、古い存在論について量子論がもたらした疑念を消化し、新しい存在論をも構築することである。そして、できれば、そこから導出される物理理論は、量子論や相対論を無矛盾に再現するようなものでなくてはならない。

著者は、この条件を満たす一つの理論の候補を構成することができたので、この場をかりてこれを紹介したい。この理論は、量子論と古典論を統合する、それ故、スケールにはよらない非構成的なもので、「力学前構造論」と名付けた。1997年の量子化の研究[O1]が契機となり、1999年7月にロスアラモスのプレプリントから最初の試みを発表し、何度も更新をして、同年9月にほぼ現在の形[O2]に落ち着いた([O3]は大まかな解説)。2000年1月発行の「物性研究」の研究会報告での筆者の解説[O4]は、まさにこの過渡期のものである。そして、当の論文は、西洋の論文誌に投稿され、十分な数のレフリーに査読されている(2000年5月)が、これまでのところ内容的誤りは指摘されていない。ただし、数学的難解さ、具体例の欠如、計算可能な新しい結果などについての注文がされてきた。そして、これらの不評に一挙に答える再公表を2000年9月にすることを目している。したがって、この論文をお読みになる時は、既にこれがなされた後であると期待される。

尚、当研究会での発表を許して下さった主催者にお礼を述べたい。

0.2 存在の階層

この力学前構造論は、これまで量子論の構造と解釈をめぐるなされてきた数々の議論を、一つのストーリーにまとめたような性格をもっている。この理論は、量子論の構造面への分析において、幾何学的量子化[K,S]とモワイヤル量子化[M]の双方の影響を強く受けている。そして、この点については、量子論の流

¹E-mail: ono.phys@nifty.com

体力学的表現法やファインマンの経路積分法とも緊密な関係をもっている。一方、量子論の解釈については、様態的(モーダル)解釈の一種であるドブローイ・ボームの理論と同様な実在論的洞察[B]を基礎にしている。しかし、ここで展開される理論は、ボーアのコペンハーゲン解釈を支持するものでもあり、かつノイマン、ウィグナーといった認識論的解釈をも網羅するという包括的性格をもっている。

このような、一見矛盾することが両立することとなった根本的原因是、この理論がプラトンのそれに類似した多重存在論を基礎にしていることである。プラトンは、存在をアイデアと現象とに分割した。現象の背後には、潜勢的な存在、つまりアイデアがあり、その存在はそれ自身にとって自明(self-evident)と考えられる。存在の下に別の存在を仮定するということは、問題の解決を先送りしかねないと考えられる上、それが存在である以上、なんら本質的に新しいものではないという考え方が今まで支配的であった。顕在化していないものについて語るのとは形而上学(=metaphysics)に属することであり、現象に拘わる物理学を初めとする諸科学にとっては無縁とされてきたのである。とくに、この形而上学という言葉は、科学者にとって否定的な意味をもつものであった。そして、この態度こそ、近代科学があらゆる先入観を乗り越えて、今日まで発展することができた理由でもあろう。しかし、このような潜勢的な存在=アイデアと現象との区別を導入することが、量子力学の不可解な問題を解決するのであれば、これを拒むことはないであろう。事実、以下に見るように、これまで考えられてきた物理的対象のあるものはアイデアに、あるものは現象に割り当てられることになる。その結果、形而上は形而下と滑らかにつながり、これまでの物理学の対象を越えて、自然記述の可能性が一挙に広がるようになる。

ここで、主観というものは、この世で唯一自身の存在を確定できるものである。それが、まさしく人間である著者、もしくは読者に直接的であり、それがまさしく世界に意味を与え、分析せんとしているのだから、つきつめていくと、私という人間という有限な存在が世界を成り立たせていると思われてくるものである。そのような人間中心主義的な思想が、まさしく20世紀において、理系と文系という2つの文化を分離し分けへだててきたと考えられるし、その一方で、一部、科学の経験主義と同盟関係を保持してきたと言える。一方で、数学の基礎においても形式主義的方法が成果をあげてきたのも20世紀の特徴であった。ここでは、公理系と論理計算規則以上に命題に意味を与えるものはない。形式主義は、(筆者をも含む)数理物理学にも影響を与え、ある種の直感による美意識を尊重しはするものの、哲学的解釈といったものを否定または拒否しさえする態度を助長したとも思われる。そして、経験主義とともに量子論の不可知論の基礎を形成していったのだった。

ところで、主観の本性が人間の有限性にあるという印象は正しいであろうか。この中で、カオスや複雑系の科学の発展という20世紀終わりの現象は、新たな視点をもたらした。ここでは、非線形性や散逸の特徴が生物学、社会学、そして経済学などの幅広い応用を見だし、脳といった人間の主観の宿る構造にまで及ぼうとしている。そして、ここに拘わる科学者達の多くは、意識のようなものまでこの非線形や複雑性で説明されるか、説明されないまでもつくり出すことができているように見える。このような流れの中では、主観の本性を率ろその無限性、もしくは非人称性に求めることがより自然であろう。このような思想は、東洋において存在したことは言うまでもないが、20世紀の西洋に於いても存在した。とくに、ホワイトヘッドの「過程と実在」と、ベルクソンの解説を基礎にしたドゥルーズの「差異と反復」は、以下に述べるように力学前構造論の解釈にとって、とても役立つ概念を提供する。ただし、以下の形式が保証されたとしても、解釈には依然任意性が残り得ることを予め断っておきたい。

はじめに差異が、対象となる客体 X を見だし、同時にそれ以外、つまり非 X として主体を見いだすと考えよう。対象化されるもの X は、このままでは潜勢的な存在であり、これらをアイデアと呼ぼう。又は、古代のインドでは非 X によって常に X は指定され得るという考えもあったようである。主観の一般化された定義としてのこの非 X は、決して完全に客観的なものになり得ないことに注意されたい。 X と非 X を含む「全て」というものが考えられた途端、それに含まれないものとしての非「全て」が想定され続けるのである。主観の源泉を辿る無限の差異の手前につねに残り続ける絶対無として、決して対象化されない無底が、つまり、この文をいま読んでいる読者の主観の底につねに取り残される対象化されない読者の「私」が背後に残る。そして、宇宙の全てのもの U のようなものとして客体を極力おききとったとしても、それ以外のものは常に想定されるのであり、これこそ主観の背後にある絶対的無とでもいうべきものであり得る。また、宇宙全体を対象化して、そこに於いて X 以外のもの $\bar{X}$ を対象とすることもできる。この場合、 $\bar{X}$ 以外の非 $\bar{X}$ の側に主体が反転して現れることもあり得る。ヴィトゲンシュタインは、この状況を、次のように述べる(「論理哲学論考」命題5.633)。

世界の中の何処に、形而上学的主体は認められるべきか。君は、こう言うであろう。ここに於ける事態は、視野と視線の関係と同じである。しかし、君は実際には眼を見ていない。そして、視野にある何ものからも、それが眼によって見られているということを察することはできない。

対象化されないということが主観の性質なのであり、この世界を客体化するやいなや、その中に主体はもはやないのである。

ここで、この客体は(問題的なものと捉えられるが、)可能的なものではなく、それ自身にとって判明な実在性をもったものと考えられている。この差異の取り方は極めて任意性をもっている。例えば、時空の任意の開集合はこのような意味でアイデアとしての客体でもあって、この時空の多様体としての位相的性質は、その開集合の取り方の任意性と相互のしかるべき関係、つまり一つの開集合族の定義によってつくられる。また、この差異化=分割の他方には、記述者または観測者たるこちら側の主観が控えている。つまり、差異化=分割は、対象の反映としての、はるか遠くまで延長された我々の側の主観を定義する。ただし、この差異化=分割は必ずしも空間的なものでないことにも注意しておこう。例えば、時空上の場を客体として抽出することもある。

しかし、この差異化=分割これだけでは、この対象は、現実的な物理的存在=現象には至らない。その為には、この「もの」はこちらに現れなければならない。つまり、この内外を隔てる分割の境界を通して、対象の外部、すなわち我々の側に感知され、一方ではその内部に我々が影響せねばならない。また、対象およびそれ以外のものは、世界の分割=差異化によって定義されるものであるから、その差異化=見方を変えてしまうと、それまで対象のアイデアとみなされていたものは、ある意味で新たな対象にとって現象的なものになったり、逆に現象的なものがアイデアに繰り込まれることになる。それでも、差異化の構造、この現象/アイデアの二重構造は依然として保持される。このことは、スケールを変えるという行為を通しても成立している。

さらに、量子力学の無矛盾な解釈を可能にするには、如上の現象/アイデアの構造では十分ではない。つまり、ここでは、存在を現象=事実/現出=可能/実在=アイデアの3つの段階にさらに分類する必要がある。

「実在」は自身存在の確定した主観の基体としてのアイデア的存在、「現出」はアイデアが内外の境界を介して現象をつくる可能性のある状態、「現象」は実際にアイデアが内外の境界を介して現れた状態を意味する。ようするに、現出といういわば可能的な状態、しかし、後に明確な数学的定義を得る段階が、アイデアと現象の間に挿入されたのである(アリストテレスは現象/可能性の二重構造を想定していたとされる)。とくに、古典力学及び量子力学は、この現出に直接拘わるものであり、非可逆性の起源と目されてきた熱力学の第2法則及び観測などは、現象に拘わるものである。そして、理論の全体性を回復するには、この両者を分け、さらにアイデアを考慮に入れなければならない。一般相対論が拘わっているのはまさにこのアイデアと考えられるのである。こうして、理論は、幾何学的なアイデア=実在の表現からはじまって、いかに現出、現象が起こるのかを説明するものとなる(ただし、後で述べるように、現象こそアイデアに新たな初期条件を与える)。

ところで、基本法則が幾何学的な言葉で記述されることに抵抗を感じるかもしれない。量子論の出現で、古典論の幾何学的性質は、量子論の語る奇妙な統計的性質の極限として現れると考えられるようになったからである。この量子論の背後に再び幾何学を想像することは、古典論に戻ると直感されるから、回避されることが殆どだったと考えられる。一方、量子論は、新しい代数的構造を表していると思われたため、このような性質をその基礎に求める努力が多くなされた。そして、「量子幾何」のような数学や、「量子論理」などの超数学に、一部解決策を求める向きもある。確かに、多くの直感と同じく、筆者も古典的存在論に戻ることは正しくないと考えているし、ここでもそれをするつもりは当然ない。しかし、そもそも、「幾何学=古典論」という図式が間違っていたら、どうだろうか。古典論のもつ幾何学的性質は、量子の霧の中で一旦は見失われ、その向こうで、古典力学的存在とは異なったその本来の存在性を回復することがあり得るのである。そして、この存在こそがアイデアなのである。幸い、このような微分幾何学の位置づけを、ドゥルーズ[D]にも見ることができる。そこでは、先に述べたような意味で、多様体をアイデアに対応させ、そこに差異の多様性を見いだしているのである。さらに、彼は、そうして、そこで差異化されるある問題(解ではない)としての客体のアイデア的存在性が、特異的な状況でアクチュアルなもの(解)に異化=現象化されとしている。

0.3 時間の性質

ある分割=差異化によって、アイデアとして、4次元時空 $M^{(4)}$ 及びその上の対象 X が見いだされる。我々、 X の記述者は、 X の反映としての非 X という極めて一般化された主体の側にいることに注意しよう。そして、この主体の主体たる所以は、それが未来を未だ来ぬものとしていることである。つまり、主体は、時空上の未来の領域(開集合)に属するあらゆるものを客体(=問題)とする、その反映としての過去領域に属している。つまり、このもっとも一般化した主体は、丁度、ある時空点での時刻が t であるような、境界となる3D超局面が現在、その内包が過去となる時空領域 P_t をその内部に含んでいるはずである。現象は、常に客体と主体のインターフェイスである現在面を通して行われるのであり、これがまさしく現在という瞬間の特殊性である。そして、以下何度か注意することだが、現在面の取り方は相対論的に非時間的であれば自由であり、その取り方に応じた主体の定義がある。人間個人の大きさが空間的にあまり大きくないことが、この効果の任意性の影響を感じさせず、一通りの己を確認することを可能にすると考えられる。さらに、過去というものは、つねに我々の「内」にあり、それ故に確定したものとなっている。我々は過去の経験=現象につくられた状態を己の内部に保持することによって、現在に於いてこの過去の内容に触れることができる。このような記憶こそ自我、つまり、私がついさっきまでの私と同一であると確認させるものである。これは、現象=事実に関する熱力学第2法則以前の、観測者を含む主体のアイデア=実在の性質による時間の非可逆性の起源の一端を担っている。このような記述者が X を記述することは、 P_t 以外の時空領域としての未来領域と時空上に横たわる記述対象 X を分割=差異化によって対象として見いだすことを意味する。

このように任意に与えられ得る対象 X が、いかに現在面上に(主体側へと)実際に現れ、または生起するかを考えたのである。その過程を説明するには、時空の一つの座標として見なされている時間とは別に、もっとも豊富な内容を秘めた、例えば「年齢」のような生物学的な時間や心理学的時間のもととなる(と期待される)ような時間を想定したくなる。そこで、時空の座標としての時間以外に、いかなる対象 X もそれ自身の内に「内部時間」 $O_{P_t}(X)$ なるものをもっていると仮定する。そして、この内部時間はあとで作用関数によって具体的に表される。一方、その対象 X は、全宇宙 U に対する X 以外である $\bar{X}$ の反映としての非 $\bar{X}$ の側にいる。記述者の肉体を含む $\bar{X}$ に対する内部時間として「外部時間」 $O_{P_t}^*(X)$ を定義する。つまり、外部時間は、この宇宙全体 U の内部時間 $O_{P_t}(U)$ に対して、次式で与えられると期待される。

$$O_{P_t}(X) \cdot O_{P_t}^*(X) = O_{P_t}(U) \cdot 1. \quad (0.1)$$

つまり、ここに書かれていることも含め一切の存在は、宇宙全体 U を対象化しても対象化されずに残り続ける読者の背後の絶対無を、安定した基準としてしていると仮定される。さらに対象 X に付随したこれらの時間は擬周期的な時計のような性質をもっていて、円環 S^1 で表され、異なった速さで進む。また、時間と呼んでいるが、一般には、通常の時間に対して一定でない進み方をするものを考えているので注意されたい。そして、 X が現出する条件を次のように仮定しよう。

$$O_{P_t}(X) = O_{P_t}^*(X). \quad (0.2)$$

この内外の時間が一致する時間的に擬周期的な瞬間だけ、 X は自分以外のものとの相互作用を許される。この外部に開かれ、或いは、影響される可能性をもった状態が「現出」である。この現出する時間間隔が非常に小さい場合、この可能的存在が古典力学及び量子力学が拘わる対象となる。そうして、実際に、この対象を観察する為には、記述対象以外である我々側との相互作用が現出時に必要で、このときその外部に確認される現実がその他者によって測定され得る「現象」である。この現象=異化が起こる度に、その系も外部も乱される。

何故、時計のような円形の時計が想定されるのであろうか。これは、いかなるものも有限な時間だけでしか、完全な同一性を保って生きながらえないことを意味している。つまり、時計の針と対応させられる円上の点は、実直線の有界閉区間の両境界を一点に表し、その内包においてのみ対象と非対象それぞれの同一性を保証するのである。従って、条件(0.2)が成り立つ瞬間にこのアイデアは外的理由なく消滅をいちいち迎えることになるのだが、その度に外的な要因によって新たな初期条件のもとに再定義される可能性をもつ。この消滅=再定義可能性が現出である。このような瞬間的消滅は、古代インド仏教において論じられていたとされるものかもしれない。そして、このようなプロセス自体が現実の時を刻み、時間のテンポを

生んでいる。通常の時空の一つの座標とされてきた時間は、過去と未来を分ける基準を提供するもので、時空はあくまで4次元多様体としての空間的実在である。後に述べるように、この座標の時間としての性質は、我々が時計として使い得るような運動の内部時間によって、はじめて補われるのである。

さらに、現出条件(0.2)は、いわば時間が離散化されることを表している。これは、すでにホワイヘッドによって指摘されていたことである(そして、ハイゼンベルグでさえ仄めかしている)。ホワイヘッドは、ゼノンのパラドックスを利用して、これを証明している。ゼノンの弓矢のパラドックスは、極限操作の無知によると一般に思われているが、ホワイヘッドはそれにとどまらない重要な意味をとりだしたのである。もし、存在が生成されるようなものであるならば、飛んでいる弓矢が時間的になめらかに(現象として)存在し得ないことは、直感的にもおわかりであろう。バシュラールも、物理学に瞬間の働きを取り戻すために、このような時間の算術化を支持した。そして、なによりも、現出の際に起こるこの時間の離散化により、場の理論における発散を取り除く正則化手付きが正統化されるのである。自由粒子の生成・消滅の起こる時間間隔、つまり粒子間の反応が起こりえる時間間隔には下限があり、これが散乱振幅の計算における高波数でのカットオフの正体となる。というのも、計算の過程で、自由粒子を対象として取り出すことで、他との反応は現象と見なされ、それは現出条件(0.2)を満たす少なくともとびとびの時間においてのみ起こり得るからである。そして、差異化の仕方を変えたとこの効果は繰り込まれ、再定義された自由粒子について同様の計算が成り立つことになるのである。また、現出条件(0.2)は、現在-過去領域 P_t に対して相対的に決まる。つまり、この系が経験される現実には現在面 ∂P_t の取り方に依存することになる。これは、観測者の取り方に現象が依存してしまうことを意味するが、これは現象そのものの定義の上で当然のことであって、その一方で、定義に応じた対象及び観測者のイデオロギカルな変化は確実に起こるのである。ただし、空間的に余り大きくない人間個人=身体の反映にとって、相対論的效果と言える現在面の取り方の任意性は感じ取ることはできず、自己の経験する現実には、または現在の自分自身に一定の定義を得ることができる。

より具体的には、内部時間は次のように与えられる。

$$O_{P_t}(X) = e^{iS_{P_t}}. \quad (0.3)$$

ただし、 S_{P_t} は、領域 P_t 内での作用積分であり、スカラー場 $X = \phi_t$ の場合、ラグランジアン密度 $\mathcal{L}$ について、

$$S_{P_t} = \frac{2}{\hbar} \int_{P_t} d^4x \mathcal{L}(\phi_t(x), d\phi_t(x)). \quad (0.4)$$

ここで重要なのは、この積分の中には対象 X が持っている初期条件の情報が全て含まれることである。例えば、粒子 $X = x_t$ の場合、ラグランジアン L^{TM} について、

$$S_{P_t} = \frac{2}{\hbar} \int_{-\infty}^t dt' L^{TM}\left(x'_t, \frac{dx'_t}{dt'}\right). \quad (0.5)$$

厳密には、時間積分は $t = -\infty$ からとるのではなく、一つ昔に起きた現象=異化によってつくられた初期条件のもとに、その時刻からとらねばならない。さもなくば、宇宙の初期の状態まで考慮せねばならないからである。また、ラグランジアンが内部の時間の進む速さと解釈できることは、例えば相対論的自由粒子の運動という特別な場合を考えれば理解できる。

$$L(x_t, v_t) = mc^2 \sqrt{1 - \left(\frac{v_t}{c}\right)^2}. \quad (0.6)$$

逆にこのような関係が、この特別な場合に成り立つことが、時空の一つの特別な座標を時間と解釈させるのである。そもそも、ボーム[B]によるとドブローイも作用積分(0.3)と同様なものを時間のようにみなしていた。そして、運動方程式及び現出の頻度の保存則(質量保存則のようなもの)は、これらの変分によって表される。

$$\delta O_{P_t}(X) = 0, \quad \delta O_{P_t}^*(X) = 0. \quad (0.7)$$

この最後の式(0.7)は、逆に、対象 X が差異化によって自身を表す仕方でもあり、 X の反映としての X の記述者が X を見いだす正しい仕方でもある。さらに、外部時間はその形が明確に与えられない場合には、変

分原理(0.7)を満たす範囲内の任意性をもって定義される。つまり、外部時間についても作用関数のようなものが構成されるが、具体的には、それは実際のラグランジアンと保存量の汎関数として与えられる。とくに、外部時間が X に依存しないという特別な場合、原理(0.7)の第2式は自明となる。

ここで、考えていることは極めて一般性の高い構造である。上のような対象 X の差異化の原理は、ありとあらゆるスケールで成り立つと期待されているのである。スケールを下げていけば、より小さな粒子=場の構成要素を見いだす場合でも、対応するラグランジアン、内部時間が差異化を通してのそれらの存在性を、関係(0.7)にしたがってつくりだすのである。このことは、スケールによって物理法則または内部時間の形が不変であるという繰り込み群の法則的根拠を支持している。その一方で、作用関数が常に有限に定義されるように、その一部が外部時間の要素へと次の関係に従って移動することができる。

$$O_{P_t}(X) \cdot O_{P_t}^*(X) = O'_{P_t}(X) \cdot O_{P_t}^*(X). \quad (0.8)$$

これは、現出の頻度を変えることにもなる。例えば、場の理論に於ける最初の発散を与えるエネルギーの真空期待値の効果は、このように現出の頻度へと取り込まれるのである。一方で、我々一人一人の人間は、 X を己の身体の周りの全環境として見いだすとき、または、感情や自我を感じるには、 X を脳以外の身体を含む(そしてそれがもっとも身近であるが)全環境として見いだすとき、そのいわば反映として定義されていることになる。我々の感情は常に身体(とくに内蔵)の変化によって修飾される(ソマティック仮説と呼ばれる)のである。そして、これは脳神経の部分系を含む場合ですら、成り立つと考えられる原理であって、我々のいづくイメージ=問題的なものや印象といった抽象的なものをも対象にし得るのである。つまり、未だ具体的に現象を説明できたという訳ではないが、心理学的または生物学的な対象に対しても、あまねく同じ原理が成り立つことが期待されているのである。さらに、対象を時空上全ての物質とみなすとき、宇宙全体の発展が始めて考えらるようになる。このとき、当然主観をもちやこの世に見いだすことはできない(ただし、外部には見いだし得る)。また、例えばブラックホールの中の発展というものは、当然物理現象として考えられないことに注意されたい。なぜなら、我々の延長が基礎にしている過去領域 P_t にとっては、ブラックホールの内部は永遠に未来とみなせる領域なのである。

さて、現出条件(0.2)が成り立つ瞬間に対象 X はイデア的であった存在から現実的になるのだが、その為には、 X はその(記述者を含む)外部と相互作用しなければならない。これは、これまでの一定の差異のとりかたでは偶然の要素を原因とし、この原因は別の差異によってはじめて明らかに、または必然になる。これまでの記述から漏れた下部スケールの効果や、空間的に離れた別の対象からの影響など、異なる分割=差異化によってこの効果は新たな対象の内部にイデアとしてとり入れることができるのである。特定の差異を基にした記述にとって未知なこの要素による反応は、対象 X が別の対象 X' に再定義されることを意味する。この時、一般的には、内部及び外部時間もまた $O'_{P_t}(X')$ 、 $O_{P_t}^*(X')$ へと変化する。そこで、次の関係が成り立つはずである。

$$O_{P_t}(X) \cdot O_{P_t}^*(X) = O'_{P_t}(X') \cdot O_{P_t}^*(X'). \quad (0.9)$$

これは、この反応が、この世界の全てのもの U の内的状態 $O_{P_t}(U)$ を変えないことを表している。異なる分割=差異化によって、具体的にこの反応を与える記述に含めなかった要素、たとえば、電子が放射する光子を新たに記述に含めると、関係式(0.2)は運動量及びエネルギーの保存を意味することになる。この式は、まさしく、量子力学における観測の瞬間、または、電子の瞬間的量子飛跳による励起を実現する。そして、多世界解釈とは異なって、各現実化のプロセスがこの世界全体へ甚大な影響を及ぼすことはないのである。

このような、現象の定式化は、本質的に確率論的にならざるを得ない。あらゆる時間に渡って決定論的に対象を記述する為には、現象の原因をイデアの内へと取り込むようにあらゆる差異化を無限に追行せねばならない。全ての差異を問題にするならば、それはたちまち対象化されないものが残り続け、その外に主観は居座り続けるだろう。つまり、ある差異において偶然の原因と思われた現象が、別の差異によって必然的イデアと化したかにみえても、新たな差異において現れる新たな現象の原因を求めるということを続けるならば、それに終わりがないことは容易に認められる。そもそも、読者の主観が自由を感じるのも、この無限連鎖の無底が背後に控えているからである。この意味で宇宙は問題として客体化されるやいなや閉じることはできず、これに含まれるあらゆる差異によっても偶然とされる原因によって、現象として存在し得ることになる。量子論を含むいかなる物理理論も確率論を免れないのである。

こうして、以上の設定の一つの結果として、実際、量子論が導出されるのだが、そうだとすると、相対論と量子論の意味論的な矛盾もすっかり解消されたように見える。相対論は実在=イデアについての理論で

あり、量子論は現出～現象についての理論である。時間的持続を伴うアイデアは決定論的であり、時間的瞬間に起こる現象はその本性上確率論的である。そして、相対論の量子化という問題は、まさしくあるアイデア的存在が現象としていかに現れるかを説明する問題となる。

0.4 作用原理の洗練化

離散化される時間間隔が十分小さい場合、力学前構造論がつくる力学をプロト力学(protomechanics)と呼ぶことにする。この力学は、古典論と量子論を含み、さらに新しい力学(量子論の拡張)を予言する。ここでは、この構成法の概略を述べる。

まず、現在面 $\partial P(t)$ を考える。物体 X は、この面上に擬周期的に現出する。実際に、外部環境との相互作用によって観測されることがない限り、 X の具体的状態は境界を隔ててこちらに伝わることはない。つまり、観測者は判明なアイデア＝実在的状态にありながら、対象の状態、それ故己の状態を知ること、つまり異化＝現象化することができないのである。ここで、知る＝外部からの情報を得る(かそれによって自分を解釈する)ということが、実在＝イデア的なものではなく、現象＝意識のレベルに属していることに注意することが必要である。たとえば、粒子 $X = x_t$ の場合を考えてみよう。観測前には、どこにいるのか確定しているにも拘わらずその外部(つまり観測者の側)からは「分からない」。つまり、現象化＝異化される前、影響関係を絶っているこの暗黙の期間、まさしくその理由によって、記述者はこの対象に対する内部時間を把握できないのである。これは、我々の汎化された無意識の判明にしてしかし意識にとっては「曖昧」な状態を的確に表している。そして、ある時刻での現象＝異化＝意識は、その時刻までの記憶を想起すること、意識に上らせることとも解釈できる。しかし、それだけではない。その瞬間に、外部からの擾乱によって、我々は新たな初期条件から始めねばならなくなり、それは確定するにも拘わらず、次の現象まで知られることはない。

観測者を含む汎化された主観にとって、現在面 $\partial P(t)$ 上の対象 X が多様体 M 上の位置として表されよう。対象 X が粒子ならば、 M は $\partial P(t)$ と同一視できるかもしれないし、場であれば、それは場の様々な状態を表す無限次元の適切な多様体(そのようなものがあると仮定して)を表している。多様体 M は、粒子が現れる状態の可能性を表す、その可能性の程度は M 上の確率測度によって与えられる。実際に現象化されない限り、この主体の対象 X に対する無知は、 M 粒子の状態は、記述者からは M 上の S^1 ファイバー束の断面 η_t として表されることとなる。この為に、そして、後述の運動方程式のもとになる変分原理それ自体の為に、これは、各点 x にある場合の粒子の速度 $v_t(x)$ に対して、次のように書ける。

$$O_{P_t}(X) = o_t(x, v_t(x)) \quad (0.10)$$

$$= \eta_t(x). \quad (0.11)$$

この η_t を、共時体(synchronicity)と呼ぶことにする。この名称は、ユングの共時性の概念[J]に由来する。ユングは、非因果的な意味のあるパターンの同時生起を因果性とともに自然界の基本原則と考え、共時性と名付けている。現時点ではこれから直接的にユングの報告にあるような現象を導出することはないのであるが、量子論を意識したパウリとの対話の中で確信したとされることから、ドブローイ波の起源となるこの断面をこのように呼ぶことは許されよう。さらに、この共時体という名称には、特殊相対性理論との関係もある。後述のように、ラグランジアン(0.6)について、共時体(0.10)は異なる位置での同時刻を表している。これは、アインシュタインによって排除された離れた点の同時性の概念を、相対論と無矛盾な形で復活させることを意味する。これが可能となった主な原因は、現在面 ∂P_t 上に巻き込まれた時計を想定したことによる。

このようにすると、ラグランジアンは次のように得られる。

$$L_t^{TM} \left(x_t, \frac{dx_t}{dt} \right) = -i\hbar o_t \left(x_t, \frac{dx_t}{dt} \right)^{-1} \frac{d}{dt} o_t \left(x_t, \frac{dx_t}{dt} \right). \quad (0.12)$$

ただし、 $\bar{\hbar} = \hbar/2$ とする。これは、リー微分を用いて次のようにも表される。

$$L_t^{TM} (x, v_t(x)) = -i\bar{\hbar} \eta_t(x)^{-1} \left(\frac{\partial}{\partial t} + \mathcal{L}_{v_t} \right) \eta_t(x). \quad (0.13)$$

さらに、写像 p を次のように導入する。

$$p(\eta_t) = -i\hbar\eta_t^{-1}d\eta_t. \quad (0.14)$$

これは、粒子の運動量の第一義的定義である。例えば、相対論的ラグランジアン(0.6)について、この運動量1形式の意味を考えよう。このとき、運動量を場所によらず一定にする共時体(0.10)は、この運動量で運動する座標系にとっての同時刻を静止系での同時刻を基に表している。すなわち、任意の原点からこの断面=共時体によって時間を計っていくと、たどり着いた点での時刻が得られる。

さらに、一般的な問題に戻って、エネルギー $E_t(\eta_t)$ を

$$E_t(\eta_t)(x) = i\hbar\eta_t(x)^{-1}\frac{\partial}{\partial t}\eta_t(x), \quad (0.15)$$

と定義すると、(0.13)は次のようになる。

$$E_t(\eta_t)(x) = v_t(x) \cdot p(\eta_t)(x) - L_t^{TM}(x, v_t(x)). \quad (0.16)$$

さて、(0.13)から次が成り立つ。

$$-i\hbar\frac{\partial}{\partial v}\left\{o_t(x, v_t(x))^{-1}\left(\frac{\partial}{\partial t} + \mathcal{L}_{v_t}\right)o_t(x, v_t(x))\right\} = \frac{\partial L_t^{TM}}{\partial v}(x, v_t(x)). \quad (0.17)$$

一方、変分原理(0.7)の初めの式は、内部時間 $O_t(x, \dot{x})$ が、すべての点 $(x, \dot{x})$ で $\dot{x}$ に依存しないことを意味するので、

$$\frac{\partial}{\partial \dot{x}}o_t(x, \dot{x}) = 0 \quad \Longleftrightarrow \quad \frac{\partial}{\partial v}o_t(x, v_t(x)) = 0. \quad (0.18)$$

これから、(0.17)は次のようにも表されることになる。

$$\begin{aligned} -i\hbar\frac{\partial}{\partial v}\left\{o_t(x, v_t(x))^{-1}\left(\frac{\partial}{\partial t} + \mathcal{L}_{v_t}\right)o_t(x, v_t(x))\right\} &= \frac{\partial}{\partial v}\{v_t(x) \cdot p(\eta_t)(x)\} \\ &= p(\eta_t)(x). \end{aligned} \quad (0.19)$$

2つの方程式(0.18)と(0.19)を比較すると、次の修正アインシュタイン-ドブローイ関係式が得られる。

$$p(\eta_t)(x) = \frac{\partial L_t^{TM}}{\partial v}(x, v_t(x)). \quad (0.20)$$

これは良く知られているドブローイ関係式を修正したもので、これ自体運動方程式を表している。というのも、両辺を時間で全微分すると、次のように運動方程式が得られるからである。

$$dL_t^{TM}(x, v_t(x)) - \left(\frac{\partial}{\partial t} + \mathcal{L}_{v_t}\right)\frac{\partial L_t^{TM}}{\partial v}(x, v_t(x)) = 0 \quad (0.21)$$

$$\Longleftrightarrow \quad \frac{\partial L_t^{TM}}{\partial x^j}(x_t, \dot{x}_t) - \frac{d}{dt}\frac{\partial L_t^{TM}}{\partial \dot{x}^j}(x_t, \dot{x}_t) = 0. \quad (0.22)$$

さらに、共時体とその非局所的な存在性を獲得するのは、まさに運動方程式(0.7)の結果であって、修正アインシュタイン-ドブローイ関係式(0.20)によってである。

修正アインシュタイン-ドブローイ関係式(0.20)は、ルジャンドル変換も意味するから、ハミルトニアン $H_t^{T^*M}$ が位相空間 T^*M 上の関数として得られる。

$$E_t(\eta_t)(x) = H_t^{T^*M}(x, p(\eta_t)(x)). \quad (0.23)$$

ただし、拘束系の場合は、十分なラグランジュ未定係数によって、ラグランジアンは補われていると仮定する。このとき、速度場は次のように再構成される。

$$v_t(x) = \frac{\partial H_t^{T^*M}}{\partial p}(x, p(\eta_t)(x)). \quad (0.24)$$

勿論、これも関係式(0.20)を反映したものであるから、これ自体で運動方程式を内包しているはずである。実際、可積分条件 $\left[\frac{\partial}{\partial t}, d\right] = 0$ から、ハミルトンの正準方程式が得られる。

$$\frac{\partial}{\partial t} p(\eta_t)(x) = -dH_t^{T^*M}(x, p(\eta_t)(x)). \quad (0.25)$$

もし、ラグランジアン L_t^{TM} が時間に陽には依存しないなら、つまり、

$$\frac{\partial L_t^{TM}}{\partial t} = 0, \quad (0.26)$$

運動方程式(0.24)及び(0.25)から、エネルギーの保存則が帰結する。

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + \mathcal{L}_{v_t}\right) H_t^{T^*M}(x, p(\eta_t)(x)) = 0. \quad (0.27)$$

ところで、以上の議論だけでは、運動は決まらない。粒子は常に物理的存在であるわけではないからである。そこで、現出条件(0.2)を考えよう。これは、影 $s_{P_t}(X)$ を

$$\tilde{s}_{P_t}(O)(X) = O_{P_t}(X)^{-1} O_{P_t}^*(X). \quad (0.28)$$

と導入すれば、

$$\tilde{s}_{P_t}(X) = 1. \quad (0.29)$$

で表される。影の現在面 M での表現を $s_t(o_t)$ とする。

$$s_t(o_t) \left(x_t, \frac{dx_t}{dt} \right) = \tilde{s}_{P_t}(O)(X). \quad (0.30)$$

これは、次のような S^1 ファイバー束の断面に対応する。

$$\varsigma_t(\eta_t)(x) = s_t(o_t)(x, v_t(x)). \quad (0.31)$$

ここで、次のように関数 $T_t(o_t)^{TM}$ を導入しよう。

$$T_t(o_t)^{TM} \left(x_t, \frac{dx_t}{dt} \right) = -i\hbar s_t(o_t) \left(x_t, \frac{dx_t}{dt} \right)^{-1} \frac{d}{dt} s_t(o_t) \left(x_t, \frac{dx_t}{dt} \right). \quad (0.32)$$

リー微分を用いれば、

$$T_t(o_t)^{TM}(x, v_t(x)) = -i\hbar \varsigma_t(\eta_t)^{-1} \left\{ \frac{\partial}{\partial t} + \mathcal{L}_{v_t} \right\} \varsigma_t(\eta_t). \quad (0.33)$$

共時体に対してハミルトニアンがあったように、この影に対しても次のような関数 $f_t(\eta_t) : M \rightarrow \mathbb{R}$ が存在する。

$$2\pi\hbar f_t(\eta_t)(x) = i\hbar \varsigma_t(\eta_t)(x)^{-1} \frac{\partial}{\partial t} \varsigma_t(\eta_t)(x), \quad (0.34)$$

これは、現出する頻度を表すので、現出頻度関数と呼ぶことにした。この場合も、(0.33)から、

$$2\pi\hbar f_t(\eta_t)(x) = v_t(x) \cdot p(s_t(\eta_t))(x) - T_t(o_t)^{TM}(x, v_t(x)). \quad (0.35)$$

さらに、変分原理(0.7)の両式から、

$$\delta \tilde{s}_{P_t}(X) = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\partial}{\partial v} s_t(o_t)(x, v_t(x)) = 0. \quad (0.36)$$

先と同様な議論によって、次のような運動方程式が得られる。

$$p(\varsigma_t(\eta_t))(x) = \frac{\partial T_t^{TM}(o_t)}{\partial v}(x, v_t(x)). \quad (0.37)$$

エネルギー保存則に対応するのが、次の現出頻度保存則である。

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + \mathcal{L}_{v_t}\right) f_t(\eta_t)(x) = 0. \quad (0.38)$$

ここで、現出頻度関数は、負の値もとれることを注意しよう。このことが、ベルの不等式の破れ[Be]を創り出す。実際に、ベルの不等式の証明には確率とみなされる量の正值性が不可欠であった。

さて、粒子が共時体 η_t で表される確率測度 $\nu_t(\eta_t)$ を考えよう。確率測度の保存から、

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + \mathcal{L}_{v_t}\right) d\nu_t(\eta_t) = 0. \quad (0.39)$$

このとき、現出測度 $\mu_t(\eta_t)$ を次のように定義する。

$$d\mu_t(\eta_t)(x) = d\nu_t(\eta_t)(x) \cdot f_t(\eta_t)(x). \quad (0.40)$$

このように、現出測度を定めることは、相対論的共変性からも不可欠なことである。というのも、現出測度は「体積測度 $\times$ 位相空間 T^*M 上の確率密度」に対応するからで、その確率密度はスカラーとして変換するからである。ただし、この導出は、数学的準備がかなり必要なため、日本語での解説は別の機会に譲りたい([O2]を参照)。保存則(0.38)及び(0.39)より、現出測度保存がなりたつ。

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + \mathcal{L}_{v_t}\right) d\mu_t(\eta_t) = 0. \quad (0.41)$$

ここで表された確率論は、頻度論的確率解釈と現在主流であるコルモゴロフによる測度論的確率論とが融合したものである。さらには、主観主義的確率論とそうでないものの接点にある。事実、いわば非人称的な状況が確率を決めているというポッパーの主張に符合しているのである。

0.5 諸力学の導出

支配方程式 (0.25) と (0.41) で与えられる前節で構成した力学は、古典論と量子論、そしてそのどちらでもない理論を含んでいる。ここでは、この関係の概略を示す。ただし、詳細は論文[O2]または、他の解説を参照されたい。

まず、微分作用素 $D = \hbar dx^j \partial_j$ を考える。

$$D^n p(x) = \hbar^n \left(\prod_{k=1}^n \partial_{j_k} p_j(x) \right) dx^j \otimes \left(\otimes_{k=1}^n dx^{j_k} \right). \quad (0.42)$$

この作用素 D によって、物理量は次のような関数空間を構成する。

$$C_g = \left\{ p^* F \mid p^* F(\eta)(x) = F^G(x, p(\eta)(x), \dots, D^n p(\eta)(x), \dots) \right\}. \quad (0.43)$$

$|p(\eta)(x)|$ を任意の $x \in M$ で有限に留め、 $\hbar \rightarrow 0$ とする古典極限をとろう。すると、特徴的長さ $[x]$ と運動量 $[p]$ について、 $x/[x] \approx 1$ and $p/[p] \approx 1$ で、

$$[p]^{-n-1} D^n p(\eta)(x) \ll 1. \quad (0.44)$$

従って、古典的物理量の空間は、

$$C_{cl} = \left\{ p^* F \mid p^* F(\eta)(x) = F^{T^*M}(x, p(\eta)(x)) \right\}. \quad (0.45)$$

一方、量子論における物理量、つまりオブザーバブルのなす空間 C_q は次を満たす。

$$C_{cl} \subset C_q \subset C_g. \quad (0.46)$$

C_q は、通常の正準量子化で対応するエルミート演算子が存在するような物理量のなす空間である。

一方で、現出測度 $\mu(\eta)$ には、対応するラドン測度 $\tilde{\mu}(\eta)$ というものがある、

$$\tilde{\mu}(\eta) (F(p(\eta))) = \int_M d\mu(\eta)(x) F(p(\eta))(x). \quad (0.47)$$

こういうラドン測度は、丁度物理量の双対であるので、そのなす空間を C_g^* で表そう。そうすると、数学で一般に知られているように、次のような関係が得られる。

$$C_{cl}^* \supset C_q^* \supset C_g^*. \quad (0.48)$$

C_{cl}^* は、位相空間 T^*M 上の古典的確率密度関数のなす空間、 C_q^* は、量子論における密度演算子のなす空間に対応する。これにより、量子論において、束縛状態で離散的な状態のみが許される場合があったことの直感的理解ができる。

支配方程式 (0.25) と (0.41) の群論的性質を明らかにする為に、微分同相写像群と関数空間のなす半直積群 $S(M)$ を導入する [MRW]。

$$S(M) = \text{Diff}(M) \times C^\infty(M). \quad (0.49)$$

この群の要素 $\Phi = (\phi, \theta) \in S(M)$ は、切断 $e^{i\zeta} \in \Gamma[E(M)]$ に次のように作用する。

$$\Phi \cdot e^{i\zeta(x)} = e^{i\{\phi^*\zeta(x) + \theta(x)\}}. \quad (0.50)$$

この群 (の無限直和) に対して、基礎方程式 (0.25) と (0.41) は次のようなリー・ポアソン方程式にまとめられる。

$$\frac{\partial \mathcal{J}_t}{\partial t} = \text{ad}_{\mathcal{H}_t}^* \mathcal{J}_t. \quad (0.51)$$

ここの記号の詳細は、論文 [O2]などを参照されたい。

リー・ポアソン方程式 (0.51) において、時間発展に直接関わらない無限自由度を積分すると、古典リウビウ方程式

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_t^{T^*M} = \{\rho_t^{T^*M}, H^{T^*M}\}. \quad (0.52)$$

及び量子リウビウ方程式(シュレディンガー方程式)

$$\frac{\partial}{\partial t} \hat{\rho}_t = [\hat{\rho}_t, \hat{H}] / (-i\hbar). \quad (0.53)$$

が、それぞれの条件のもとに得られる。(この導出過程にもあいにく十分な数学的道具立てが必要なので、これも論文 [O2] を参照されたい。)

リー・ポアソン方程式 (0.51) は、古典、量子以上の意味をもっている。実際、量子論で、演算子順序が問題となるハミルトニアンを扱う場合 [vH]、もはや従来の式 (0.53) では駄目で、一般的な (0.51) を用いなければならない。なぜなら、このような物理量は、 C_q に入らないからである。しかし、方程式 (0.51) は一般に計算には向かない複雑なものである。実は、この一般的な場合も、超演算子を用いて、通常の量子論に似たオペレーターによる構成が可能であることが分かってきている。つまり、演算子順序の問題(例えば、古典ハミルトニアン $H = xpp$ について量子対応を $\hat{H} = \hat{x}\hat{p}\hat{p}$ とするか $\hat{H} = \hat{p}\hat{x}\hat{p}$ とするか、他の順序やその組み合わせにするかという任意性を確定する原理上の問題)が、その(超演算子による)具体的表式も含め、完全に解決されることを意味する。そして、これは通常の量子論を含んでいることも示される。この内容も、2000年8月ころ公表する予定である。

0.6 観測と認識

この新しい体系は、量子論の不可解な性質を我々が納得するかたちで、本当に理解させてくれるのだろうか。この解釈問題は、長く混迷を極めてきた問題であった[BLM]。あれほど重要な役割を果たしたボーアのコペンハーゲン解釈も、現在のこの分野の研究者たちにとっては、疑わしいものとなっている。ボーアの解釈では、観測器は古典的対象である。この点で、量子論がユニバーサルに成立し、古典はその近似に過ぎないと考えるこの分野の主流には受け入れられなくなっている。しかし、力学前構造論では、古典と量子を含むさらに大きな力学で完全性が仮定されるから、この点でボーアの立場を支持することとなる。

ところが、コペンハーゲン解釈には、もう一つ問題がある。それは、測定器の古典的記述を受け入れたとしても、波束の収縮または密度演算子の位相破壊(decoherence)は、当然ながら何らかの極限操作や近似を伴うのである。測定する人間は、確かに確定した現実に出会わなければならない。しかし、そういう実在化が近似を伴うとしたら、概念的に不可解なこととなる。そこで、ノイマン、ウィグナーという科学者たちは、人間の主観が波束の収縮をもたらすと考えようになった。そして、これは多世界解釈と呼ばれるものに結実した。ここでは、宇宙が無限に分離していく中で、自我を伴った主観がどの宇宙に自分がいるのかを気づけばよいのである。現在の主流は、まさしくこの奇妙な解釈となってしまうている。

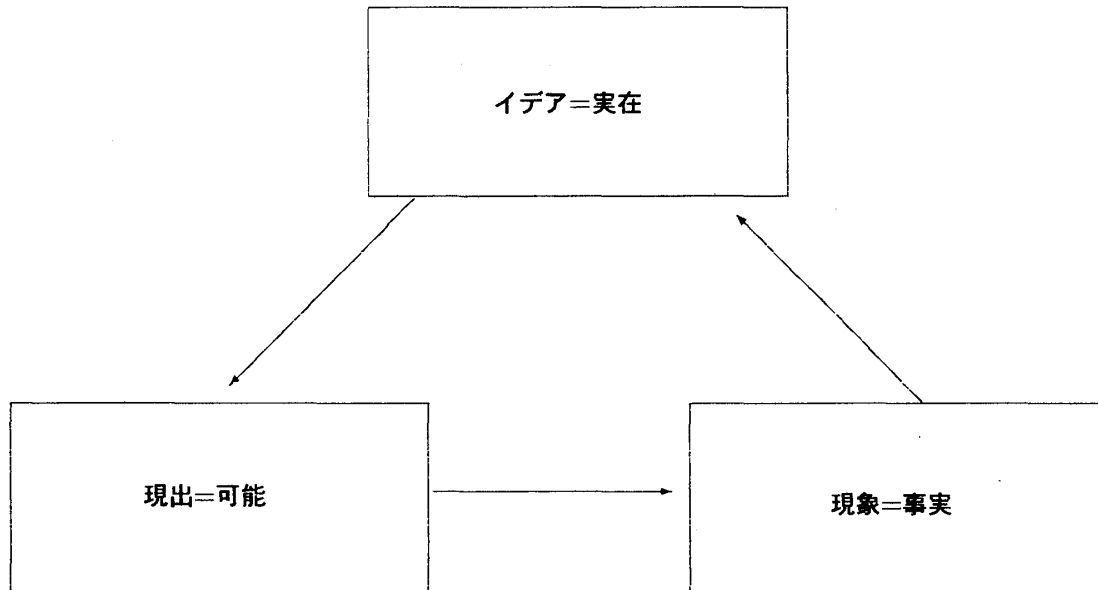
しかし、ここで問題になっているのは、量子力学特有の観測にとどまらず、人間の認識とはどのようなことか、そもそも我々はいかにあるのかという問題まで含む複雑なものである。その中で、量子力学特有の奇妙な性質、非因果的性質が現れるのは、主に「翻訳」のプロセスによってである。例えば、粒子の運動量を測定することを考えてみよう。このとき、町田・並木の理論[MN]でも指摘されているように、観測課程はスペクトル分解などの前段階と検出段階に分けられることが多い。初めの段階は、粒子の運動量の現出測度を粒子の位置の現出測度に翻訳する。そして、実際に、散乱されるような非束縛状態の粒子の位置の現出測度は至る所正であり、実際に粒子が現れる確率測度と主体側に解釈される。これは、シュテルン・ゲルラッハ型のスピンの測定でも同様である。このような方法でなくても、最終的には巨視的な物体の位置の現出測度＝確率測度に翻訳される。これは、まさしくボーアの解釈そのものであり、古典と量子を同等に含む力学前構造論では無矛盾に成立する。対象のあるイデア的状态がこちら側の別のイデア的状态へと翻訳され、観測者個人＝身体の反映が得る最終的な翻訳が、つねに正の現出測度で特徴づけられる巨視的、古典的なものであることが、ボルの解釈を可能にしているのである。現実には現在面の任意性を感じず、かつ、(別の問題では出会うかもしれないが)負の現出に出会わないのは、まさしく、我々の存在が光速が無限大、プランク定数がゼロにとれる適度な大きさだからである。

このように、一般的には、現実を対象とこちら側を隔てる境界をどこにとるかで変わることをも意味していることに注意されたい。対象にもっとも接近した境界に於ける現実は、より手前でまったく別のものに翻訳され、こちら側の内部の変化を創り出すのである。つまり、現実の相対主義を主張しているのである。そして、この境界線の規定こそ、対象とその反映としての汎化した主観の明確な表現なのである。観測者個人が観測する為には、身体の反映として世界から切り取られるコギトは己の側にある対象(己以外)について内部時間を持ち、その変化を伴う観測(0.9)を行う。このような変化がなければ、観測者ではないし、その反映としての観測対象は観測されないことになる。これは、そもそも観測者をも定義するのである。そして、人間にとっても自身のイデア的状态は、明確な具体的変化を遂げるのである。対象と観測者個人の間の任意の分割＝差異化によっても同じ事が起こっている。勿論、物質の側でも、その深いところで、常に実在は確定していることになる。さらに、関係(0.9)は、多世界解釈も否定していた。

ドブローイ・ボームの理論との共通した部分は、量子力学的粒子の運動量と位置のうち、位置のみが対象の実在に属するとしている点である。これは、場の量子論の場合、場そのものとなる。これらの実在＝イデア的なものとは区別される観測される位置、運動量、エネルギー、粒子数などは、情報論的な確率変数なのである。さらに、この確率性は、現象がそもそもその本性上もっているものとされた。これらの確率変数は、我々の身体のような巨視的な系のイデア的变化に最終的には翻訳される。しかし、力学前構造論が「隠れた変数」の理論であるかどうかを問題にするのは誤りであろう。確かに外部時間なるものがそれにあたると考えられるかもしれないが、これは対象の運動そのものには影響を与えない。その上、古典論と量子論が平行して構成されてきた従来の理論に必要な仮定より、この統一された理論の仮定は当然単純なものになっているのである。

0.7 結語

以上で、量子論と古典論を統合する新しい理論の候補として、力学前構造論の概略を紹介した。ここでは、存在は3つの段階からなっているとされ、それらは親密な関係をもっていた。とくに、ここで強調されたのは、潜勢的存在＝アイデアからいかに対象が現出し、現象となるかというプロセスであった。しかし、先にも述べたように、現象こそ新たな初期条件にアイデアを再定義するものだったのである。つまり、次のようなサイクルが成り立っている。



もし、アイデア、現出、現象をそれぞれ「量子力学の解釈」、「対象系」、「観測過程」と粗っぽく置き換えると、ベンローズによって描かれたエッシャー的三角形(不可能図形)を思い浮かべることができる。今の図形は、もはや不可能図形ではなく、不可解なものではなくなったと期待される。さらに、この三角形は、可能性から現象を通して創造を考えるという現在の複雑系の物理の思想的背景も含んでいる。理論の中で様々に差異化され定義される対象の運動の非線形性は、別の差異化による現象を複雑に構成し、この世界の多様性を創り出しているに違いない。

既存の理論との比較

一般相対論 的時空構造	正則化 の起源	演算子順序	基本対象	基礎空間	量子化法	解釈/観測理論	哲学的立場	実在化	観測の影響	完全性	因果律
否定	不明	未解決	波動関数	ヒルベルト空間	正準量子化 (1926-)	コペンハーゲン解釈	条件付き 存在論	測定器	射影	不完全	不成立
			密度行列		代数的量子化 (1932-)	正統派解釈 (1932-)	認識論	人間の主観		完全	
			密度関数	実空間	流体類似 (1926-)	ドブローイ・ボーム解釈 (1952-)	存在論	記述対象系	波束の収縮	未知のレベル で完全	
		変形		位相空間	モワイヤル量子化 (1949-)	エルゴード環境理論				不可逆性 として完全	
				時空	経路積分法/ 確率過程量子化 (1965-)	多世界解釈 (新正統派解釈) (1973-)			世界の分岐		
		準同型		シンプレクティック多様体	幾何学的量子化 (1969-)	無矛盾履歴解釈			干渉性破壊		
肯定	離散的時空	準同型	密度行列 (基本原理 から導出)	時空	力学前構造論 (仮称) (1999-)		多重存在論	記述対象系	干渉性破壊	新しいレベル で完全	成立

小野による分類
(2000年2月現在)

文献

- [O1] T. Ono, *Phys. Lett. A* **230** (1997), 253.
- [O2] T. Ono, lanl.gov/quant-ph/9906130
- [O3] T. Ono, lanl.gov/quant-ph/9912021
- [O4] T. Ono, 物性研究, 2000年1月.
- [K] B. Kostant, in "Lectures in Modern Analysis and Applications III," Lecture Notes in Mathematics 170, Springer, Berlin, 1970.
- [S] J. M. Soriau, "Structures des Systèmes Dynamiques," Dunod, Paris, 1969.
- [M] J.E. Moyal, *Proc. Camb. Phil. Soc.* **45** (1949), 99.
- [B] D. Bohm, "Wholeness and the Implicate Order," 1980.
(「全体性と秩序」D. ボーム著、井上忠、他訳、青土社)
- [D1] G. Deleuze, "Différence et Répétition," Presses Universitaires de France, 1968.
(「差異と反復」G. ドゥルーズ著、財津理訳、河出書房新社)
- [D2] G. Deleuze, "Le Bergsonisme," Presses Universitaires de France, 1966.
(「ベルクソンの哲学」G. ドゥルーズ著、宇波彰訳、法政大学出版局)
- [Wh] A.N. Whitehead, "Process and Reality," ed. D.R. Griffin and D.W. Sherburne The Free Press, New York and London, 1979.
(「実在と過程(上・下)」A. ホワイトヘッド著、山本誠作訳、松籟社)
- [KM] J. Klose, 23-42/ S. Malin 43-52 in "Time, Temporality, Now," ed. H. Atmanspacher and E. Ruhnau, Springer-Verlag, Berlin, 1997.
- [J] C.G. Jung, "Synchronicity-An Acausal Connecting Principle," translated by R.F.C. Hull, Princeton University Press, Princeton, N.J., 1973.
- [Be] J. S. Bell, *Physics* **1** (1964) 195./ "Speakable and unspeakable in quantum mechanics," Cambridge University Press, 1987.
- [MRW] J. Marsden, T. Ratiu and A. Weinstein, *Trans. Am. Math. Soc.* **281** (1984), 147.
- [vH] van Hove, *Mem. Acad. Roy. Belg.* **26** (1951), 61.
- [BLM] P. Busch, P.J. Lahti and P. Mittelstaedt, "The Quantum Theory of Measurement," 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1994.