

統一思想の量子力学の基礎

秦聖培
韓国統一思想研究院院長

I. 量子力学の实在論と実証論

1. 伝統物理学科量子力学の实在論

a) 伝統物理学の粒子/波動实在論

b) 量子力学の粒子/波動实在論

2. 量子力学の標準理論と実証論

a) ハイゼンベルグの不確定性原理

b) ボーアの相補性原理

II 統一思想の量子力学解釈とその基礎

1. 内的性相と量子力学の標準理論

2. 内的形状と量子力学の数学原理

3. 統一思想から見た量子力学のパラドックス

a) 統一思想物質観と粒子/動二重性.

b) 統一思想から見たシュレーディンガー波動関数

本稿は一般的に社会科学の主題として認知される平和の問題を自然科学の見解から考察して、科学史の論争過程から得られる探求の論理と知恵を、平和の理念や平和研究に適用してみようとする試みとして用意された。

科学技術を平和に利用しようとする観点から科学を扱う試みは多いだろうが、科学の論争史を通じて、平和の理念を構築しようとする試みはまれなことであり、それだけ本稿の議論は限界を持たざるをえない。

論者はこのように味つけない純正科学と平和問題の距離感はもちろん、越えられない自然科学と社会科学の強固な壁を実感しながら、その解決策の一環として、量子力学のモデルを主題として扱おうとする。

第一に、論者は 20 世紀の科学革命の頂点であるアインシュタインとコペンハーゲン学派の量子力学に対する火花散る論争を整理して、その論争に現れた量子力学の实在論と実証論に対する科学的な実体観を吟味して、その議論の争点を受け入れながら、現代物理学の実体観を新しく理解する地平を用意してみようとする。

二番目に、前章の議論を通じて引き起こされた量子力学の実体観と標準理論が残したパ

ラドックス、そして科学革命の性格を分析して、その分析を通じて、対立と葛藤を共存と統一へと導く平和の理念を導き出すのである。

まず‘科学とは何か’という定義から始めることにしよう。

一般的に英語では **science** と訳され、ドイツ語では **wissenschaft** と訳される広い意味の科学は、普遍的な真理や法則の発見を目的にした体系的な知識をいう。

そのような意味で、人文科学、社会科学、自然科学などの色々な学問を科学の領域に含まれるが、一般的に科学とは、‘自然科学 **natural science**’ という狭い意味で使う。本稿で扱う科学は通常の意味の自然科学であるが、特に現代物理学の主題について扱うことにする。自然科学は物理学、化学、生物学、天文学、地球科学など自然現象を対象にした学問であり、自然の合法則性に対する理論を研究する分野を意味する。

本来アリストテレスは第一哲学を‘メタフィジカ **metaphysica**’ と称して、自然科学 (**physica**) の‘一番後ろ(**meta:after**)’ に、第一哲学を配列した。

ところが後に、彼の弟子らが‘メタ **meta**’ という語を強調して、自然科学を‘超越する(メタ **meta**)’ という意味に解釈して、第一哲学を形而上学(**metaphysics**) と命名した。

そのような意味から見る時、アリストテレスにおいて自然科学は形而下学である故、自然科学が独立した学問分野と認定される前まで、物理学や自然科学は‘自然哲学’の名称で使われた。

物理学(**physics**)という名称が細分されること以前、‘プリンキピア **principia**’ で広く知られたニュートン古典力学の名著の‘自然哲学の原理 **philosophiae naturalis principia**’ も物理学でなく自然哲学という名前で出版された。

現代の論理哲学で‘メタ言語 **meta language**’ と‘対象言語 **object language**’ を区分して使っているが、自然科学は自然現象を指示する対象言語と関連した学問ならば哲学は対象言語自体を扱うメタ言語と関連した学問ということができる。

対象言語とメタ言語を分けるバートランド・ラッセルの方式を適用しなくても、哲学や人文学は対象言語を扱う自然科学と異なるから‘人文学’を科学の領域で分類して‘人文科学’という名称を使うのは熟考してみなければならぬ課題と見る。

I. 量子力学の实在論と実証論

1. 現代物理学と量子力学の实在論

物理学は科学法則を通して、自然現象を普遍統一的に記述する精良な精密科学だ。

古典力学でも量子力学でも物理学は物理的実体に対応する定量的な観測により、その物理的量を説明できる理論や法則を追求する。

物理学が精密科学と認められる理由は、理論的に計算した物理量と実験を通じて得た物理量が誤差範囲内で一致しない時、理論を修正するか、実験条件を改善して、精密な過程を経て、観測した物理量に対応する理論を合理的に説明することができるからである。

物理学が現代文明を先導する学問の位置を占めた理由も、他の学問より理論にとまらな

経験的物理量を精密に対応させられ、したがって因果律にともなう自然現象を合理的に説明できたためであった。

反面、種の起源を進化論で説明する生物学は、その因果関係を経験的に証明できず、人間行動と心理過程を扱う心理学も人間の感情を心理的量で測定できないから理論の説明に限界があるしかなかった。量子力学で現在進行中の論争も理論と測定間で発生した問題とその問題に対する解釈と関連する。

現代物理学の基盤になる量子力学はアインシュタインによって、不完全な理論とされているけれど、標準的量子力学理論として知られているコペンハーゲン学派の理論体系は、それ自体、完全な理論体系をそなえていると認められている。

量子力学に対するアインシュタインとコペンハーゲン学派の鋭い論争は科学史にその例を探ることができないほど緊迫感を与えたが、量子力学のパラダイム転換により科学革命を成功させた立派な論争の事例になった。

標準理論に対してアインシュタインが指摘するのは、因果律や事物の連続性など日常的な経験における標準理論の量子解釈と関連した問題であり、この問題はいわゆる粒子・波動の二重性を持った量子の実在性と量子跳躍など量子力学自体で発生した乖離に由来する。

アインシュタインとコペンハーゲン学派の論争において、コペンハーゲン学派の解釈が体系内で完ぺきな説明を見せたので、量子力学の標準理論として定着したが、アインシュタインが提起した問題は相変わらず議論が進行中であり、量子現象を説明するより良い理論に向かう科学的探求は続いている。

私たちが一般物理学教材に‘コペンハーゲン解釈’と説明した部分は、ハイゼンベルグがボーアの相補性理論の枠組みの中で粒子/波動の二重性を受け入れた量子力学の標準解釈を意味する。

本論告の主題もこの二人の巨人の論争、すなわちボーアに代表されるコペンハーゲン学派の標準理論とアインシュタインに代表される反論らについて調べる。

量子力学で引き起こされる最初の課題はアインシュタインの実在論とコペンハーゲン学派の実証論で大別される存在論と認識論の問題である。

この二つの理論は自然を構成している究極的実体を物質と見る点では同一であるが、物質の実在に対する認識の差で区分される。

中世の普遍論争の実在論と区分して、科学的実在論と呼ばれるアインシュタインの実在論は、古典力学のように量子力学も量子の実在性を認めて、それにとともなう量子の局所性原理(principle of locality)、因果律、連続性、そして隠れた変数にとともなう量子運動の予測の可能性も認めようとする立場である。だ。

そしてド・ブロイ、プランク、アインシュタイン、シュレーディンガー、ボームなどに代表される量子力学の実在論的立場を検討してみよう。

a)現代物理学の粒子/波動実在論

古典力学で粒子の特性は質量と時間により変わる位置と運動量ベクトルによって決定される。このようなニュートンの力学体系はリンゴの落下、潮の干満、天体の運動に至るまですべての物体の運動を説明できる決定論的世界観を代表する。

ニュートンは光が真空中で動くことができるとも小さい粒子で形成されていると考えた。したがって太陽から来る光や熱を物質だと考えた。しかしトーマス・ヤングによる二つの格子を通過する光が互いに重なって、干渉紋を見せる実験を通じて、光が波動であるという事実を発見した。

一方ファラデーは導線の中で棒磁石を回転させることによって磁場が電流を誘導することができるという事実を見せてくれた。そしてマクスウェルはファラデーの発見を数学的に整理する過程で電気と磁気が互いに変換するという事実を発見してヤングが発見した光の波動が電磁氣的振動と同じだと考えた。

また彼は電磁氣的振動が正確に光の速度で動く事実も発見して驚きに耐えなかった。今や彼らはニュートンの粒子間の力の概念を電磁氣的波長(電荷)が及ぼす空間の場(field)の概念に変えるに至った。

一方、ド・ブロイは光と同じように物質も粒子と波動の二重性を持っていることだと仮定して物質波、すなわち波束(wave packet)の概念を提案した。

彼は粒子とは、ド・ブロイの波長(wave length)として知られる $\lambda = h/p$ の公式に記述されることを証明した。この公式によって、波長 λ と運動量 p は、プランク定数 h を媒介変化として関連されることが立証され、波動と粒子の相互交換が数学的等式によって、記述されることができるとを見せた。一歩進んで彼はこの公式を代入して、ボーアの量子跳躍による水素原子模型を定常波形態として置き換えた。

ド・ブロイの物質波概念はニュートンの实在論と連続的力学観を量子力学理論において復活させ、アインシュタインはこれを歓迎した。

b)量子力学の粒子/波動实在論

アインシュタインの特殊相対性理論は、ニュートンの力学とマクスウェルの電磁気学をローレンツ対称性により統一して、時間拡張と空間縮小、そして $E=mc^2$ という質量/エネルギー同等性を証明した。

彼は一般相対性理論で重力の实在性を否定し、重力をリーマン幾何学の曲率に置き換えて、太陽周辺で光が曲率にとって曲がることを予測した。今や重力があるのではなく実在する時空について動く物体だけが存在することになった。質量/エネルギー同等性は質量を持った素粒子がエネルギー形態に過ぎないということで、エネルギー微粒子という量子概念を導入する転機になった。

光は波動に見えたり、粒子の流れと見えたりもする。プランクは熱い物体が一定のパターンの色を帯びる熱輻射現象で熱エネルギーが電磁波として放出される関係式を発見した。エネルギーと波長の関数と表現された‘プランク公式’ $E=hf$ (h はプランク定数、 f は振動

数)は驚くべき事実を見せてくれた。物質の波動は音波や力学的波動とは異なり、連続的でなく不連続的に hf の整数倍のエネルギーの塊りを放出するという事実を知らせた。とにかく物質はエネルギーを不連続的な量子形態として放出するだけであることが確認された。

アインシュタインはこの不連続性の原因が物質原子でなく、光エネルギーに由来すると考えた。1921年、冷たい金属表面から電子が飛び出してくる光電効果を発表して、ノーベル賞を受賞した彼は、光の粒子論を土台に光量子または光子(**photon**)という量子概念を創案した。光の波動はエネルギー微粒子(光子)の塊りで、その微粒子単位はプランクの $E=hf$ ぐらゐのエネルギーを持つという事実も明らかにした。この量子エネルギーは光の振動数と比例関係にあることが分かった。そして量子の不連続的な放出にもかかわらず、彼は光の波動が物質粒子のように運動量とエネルギーを持って運動すると見た。相変わらずアインシュタインは因果律と決定論、そして科学的客観主義と実在論を代表し、その守護者であった。アインシュタインの光子仮説で見せてくれるエネルギー E と振動数 ν の相互関連性を記述した等式 $\nu=E/h$ は ‘ド・ブロイ公式 $\lambda = h/p$ ’ (λ は波長、 p は運動量)と比較され、量子力学に新しい展望を与えることになる。

"アインシュタインは光が常に小さい束の形態、すなわち光子(**photon**)あるいは光量子(**light quanta**)として現れると仮定して、単一光子のエネルギーの量を $E = h\nu$ と表した。" ハイゼンベルグは量子力学の解釈において、伝統的な電子の粒子理論から出発したが、シュレーディンガーはド・ブロイの波動理論から出発した。

ポパーはシュレーディンガーが粒子の存在を信じたが、粒子でないものとして粒子を説明する必要性を感じた最初の人だと言う。ド・ブロイの物質波概念はシュレーディンガーの波動力学によって、精巧な数学的体系を備えることになった。シュレーディンガー方程式は、物質の電子のような粒子が持っている物理量情報を持つ波動関数を求める微分方程式である。ボーアは輻射熱で電子が光を発生する理由を、電子模型において電子が不連続的な量子跳躍により他の軌道に離脱することと理解した。

しかしド・ブロイに関して、シュレーディンガーは量子跳躍をあたかも音波のビートのように数学的な関数で表現した波動のビートとして理解し記述することによって量子力学の連続性を堅持した。原子が光を輻射する理由は電子がある軌道から他の軌道に量子跳躍するからでなく、二つの軌道間の連続的な波動のビート ハーモニーのためだと見た。この時ビート音の振動数に該当する二つの振動数の差は観測された光の振動数と一致した。これとして実在論の自然の連続性は維持されることができた。

しかしシュレーディンガーの波動方程式は単に粒子が示す可能性、すなわち数学的確率だけを言うことのみであった。粒子は実験を通じて実際に発見でき、十分に小さい波長の光を利用した実験を通して電子の位置を決めることができる。逆説的だが、シュレーディンガーの波動方程式は、測定問題と関連して、コペンハーゲン学派の観測者による ‘波動関数の崩壊’ という名前の下で量子力学の不連続性概念を再生させる。そしてコペンハーゲン学派によって、実世界の連続性と客観性は否定され、観測者によって、観測された

実証的世界だけを認める新しい世界観すなわち、実証論が誕生する。

シュレーディンガーは波動方程式からハイゼンベルグの不確定性公式を導き出すことで波動力学が粒子力学と数学的な同値であるという結論に到達した。波動方程式の核である波動関数 $\Psi(\mathbf{r}, t)$ は時間 t と位置 \mathbf{r} で波束と関連した力学的状態を現わすが、それ自体は直接実験によって、測定されない数学的関数である。しかしボルンの統計的解釈によって、波動振幅の絶対値を自乗して得た $|\Psi|^2$ は試験的に測定されることができた。ポパーはこのようなボルンの統計的解釈によって、確率が波動振幅の自乗として確認見なす。粒子存在論を支持するボルンは彼の統計的解釈によって、シュレーディンガーの波動方程式を与えられた空間中で粒子発見の確率であると解釈した。ボルンの規則によれば $|\Psi|^2$ は、ある波束が t 時間に \mathbf{r} 場所で発見される確率を現わす。このようなボルンの規則を一般化すれば、物理的量(physical quantity)の確率も計算することができるようになる。このようなボルンの統計的解釈はハイゼンベルグの解釈によって、拒否された。

言わば量子力学の多い論争の争点はシュレーディンガーの波動関数と関連した問題とその解釈から始まったといっても過言ではない。量子論の数式が完成された後にも、この数式の概念的構造が簡単に納得されなかった理由もこの波動関数の性格と関連がある。シュレーディンガーの数学的形式と表現された波動関数 Ψ は確かに起きるのではなく‘起きようとする傾向’を見せる確率と表現され、波動形態の量と関係がある。これは音波や波のように実在する波動でない。ポパーは粒子/波動の二重性を解決するために‘確率場 quantum field’ 概念を導入するのであるが、波動関数は波動のすべての特性を持った抽象的な数学の量だけで、特定の時間と空間に粒子を発見できる確率と関連していると見た。このように私たちは粒子の発見をはっきりと予言できず、その可能性だけを予測できるだけである。シュレーディンガーも波動関数に対するこのような解釈を支持しながら、実在論的立場を堅持した。

しかしコペンハーゲン学派の解釈は異なる。彼らにおいて、波動のような確率パターンは物体の確率でなく観測過程で起きる相互関係の確率を現わすと解釈する。なぜなら独立した物体粒子は他の物体との相互作用を通じることによってのみ観測され、定義されると見るためだ。このような確率解釈に対するシュレーディンガーとコペンハーゲン学派の差異点は実在論と実証論の認識論的見解の差から始まったのだ。

2.量子力学の標準理論と実証論

ハイゼンベルグの不確定性原理

アインシュタインの決定論的実在論と異なり、違い、量子力学において、実証論は理論から得た測定値と観測装置で得た実証的データの一致の有無を検討して、整合的な理論を構築する作業を言う。

実証論は‘測定できることだけ定義することができる’という前提から出発する。この見解は物理学の一般理論が持つ性格と似ているが、特に量子力学では連続性と因果律、決

定論などを排除して、物質粒子の実在性の有無を認めない特徴を持つ。

このように実証論は量子の実在性を無視して量子の非局所性、非連続的量子跳躍、量子運動の不確定性など、量子力学で実証的に起きるパラドックスを扱いながら、それにとりまなう理論を構築する。

量子力学で引き起こされたこの逆説に対するコペンハーゲン学派の解釈は科学的实在観に革命的变化をもたらし、デカルトの機械的世界観を有機的な世界観で置き換える契機になった。

今や宇宙を物体や素粒子世界の粒子と波動が連続的な運動を通じて連結した巨大な機械として見るのではなく、非連続的な跳躍により相互連結した躍動的な全体として理解することになった。コペンハーゲン学派によって代表される実証論は大変精巧な理論体系で武装し、機械論が説明できない部分を説明できる論理と理論的な長所をそなえている。本稿では量子力学で標準理論の基本になる理論、すなわち、ハイゼンベルグの不確定性原理とボーアの相補性原理を中心に考察する。

光と物質の粒子/波動異同性が提起した問題は、空間を占有する粒子と広まる波動の性質上の矛盾だけでなく、測定前は粒子が宇宙空間全体にある確率で分布していて、測定時にはいずれか一つの所にだけ存在する確率が 1 で現れるという信じ難い過程を要求する。

シュレーディンガーの猫で知られたこの逆説は、測定前は宇宙空間に確率に広まっていた粒子存在の可能性が測定と同時に粒子存在の確率が 1 になり、他の場所で粒子存在の確率は 0 の‘波動関数の崩壊’を起こすということである。

ともあれシュレーディンガーのように粒子/波動の二重性が粒子存在を確率で現わす指向を持った波動に起因すると見るならば、実際の物理量の測定では、ある制約が伴うはずだ。

私たちが顕微鏡で電子を観測する時、光が電子にぶつかった後、顕微鏡を経て目に映ってこそ電子の位置が分かる。

この時、電子の位置を正確に知るために波長が短い光を使えば、大きい運動量を持つようになった光が電子をかく乱させて、電子の正確な運動量を測定できなくなる。

そのように電子の位置を精密に測定するほど電子の運動量に対する情報は精密度が落ちる。

反対に運動量を正確に分かるために波長の長い光を使えば、小さい運動量を持つようになった光の広がりのために正確な電子の位置を測定できなくなる。

このように、ある粒子の物理的状态は位置と運動量をととも正確に決定できず、ある程度の不確定も誤差を持って記述されるほかはないということだ。

このような不確定程度に関連して、粒子/波動の二重性が測定する機構と相互作用する実験的状况において、古典的概念の限界性を正確な数学的方程式で表現したのが不確定性原理である。

不確定性公式 $\Delta p \cdot \Delta q \geq \hbar/2$ が成立する過程を追跡してみれば、この公式が古典的波動

力学の統計的理論から論理的に導き出された理論であることを知ることになる。

古典力学では物体の位置と速度(運動量)が正確に測定され、未来を予想できる反面、量子力学では不確定性の原理により、現在の物理的状態はもちろん未来の事態も予測できない。

今や、古典物理学の決定論的因果律は、量子力学の確率論的因果律で修正されるほかにはなくなった。不確定性原理で提起される不確定性は、観測対象の粒子と観測者を含んだ実験道具間で発生した観測行為が根本的な問題である。

この問題を解決するために初期に、ハイゼンベルグは実験状況において、観測者の観測行為が不確定性の原因だと主張したのだが、アインシュタイン、ポドルスキー、ロジェンの名前を取った EPR 思考実験において、かく乱がない方式で位置と運動量を測定できるとみられ、観測者の介入にともなうハイゼンベルグの観測問題は新しい局面に処することになった。

アインシュタインによって主に導かれた EPR 実験は、観測者の介入にともなう量子力学の不確定性と不連続性概念を否定しようとする意図から設計された。

量子力学が完全な理論になろうとすれば、観測者が介入した実験状況の下で本来カップルだった電子・陽電子の二つの素粒子が、いくら距離が離れていても、互いに影響をやりとりするのであり、EPR を通じて、観測者なくても二つの素粒子の位置と運動量を正確に測定することができるかと主張した。

アインシュタインは EPR で、‘光より速い物質はない’という相対性理論の確実性を確認して、観測者の介入がない実験を見せたが、‘いかにして一組の二つの粒子が、光のように速い信号がなくても、互いに反応する情報を交換したのだろうか?’という新しい問題が提起された。

この問題と関連して、アインシュタインは不確定性の原因が観測者に起因する主観的要因でなく、粒子の客観的性質に起因する局所的‘隠れた変数’のためだと主張した。

不確定性原理における観測対象と実験器具は、局所性原理によって、互いに影響を与えることができないが、不確定性が起きる理由は、局所的‘隠れた変化の要素’ためというものだ。その‘隠れた変数’が分かれば不確定性問題を解決することができるかと解釈することによって決定論的立場を守った。

これに反し、ボーアは不確定性は観測者が介入する全体的実験状況において、二つの粒子が宇宙全体の連結網と関連して起きる非局所的自然の原理なので、不確定性は局所的‘隠れた変数’で解決できない問題と見た。

30年後、アインシュタインの‘隠れた変化の要素’理論は‘ベルの公式’によって、拒否された。EPR で‘隠れた変化の要素’を仮定して、‘隠れた変化の要素’のために位置と運動量の二種類観測可能量を同時に測定できないという‘隠れた変数’仮説が不確定性原理と併行できないという事実が数学的公式によって、証明されたのだ。

今や、すべての実験状況に適用されるハイゼンベルグの不確定性原理を廃棄できない限

り、アインシュタインの‘局所的’隠れた変化の要素仮説は再検討されるほかはなくなった。‘局所的’隠れた変化の要素仮説は‘非局所的’隠れた仮説で再確立されたりでなければ、不確定性原理の誤りを立証するほかはない事情に処することになった。EPRで発生した量子力学の連続性と非連続性にまつわる激しい論争はここで終わったのではない。

自然の連続性と実在性、そして科学の客観主義を信仰するアインシュタインの精神は、その後裔に伝えられて、コペンハーゲン学派の‘標準理論’とその理論に対する‘解釈’に対抗する新しい武器を探すために、相変らず巡礼の行進を継続している。

b) ボーアの相補性原理

ボーアは不確定性原理がすべての物理量に適用されると見て、不確定性原理を一般化して、相補性原理を提案した。彼は一組の概念すなわち、粒子/波動、位置/運動量、測定時間/エネルギーなど物理学に現れる二重性を自然の本質と見た。

そして二重性が自然の本質である以上、ここに対応する基本的な物理量も相補的な量でなければならず、不確定性原理によって、相補的な量は、二つのうち一つだけが精密に測定できるという限界を持つと主張した。

相補的な二つの物理量を共に精密に測定することはできない。すなわち、観測する瞬間に、二重的相補性はこわれて、一つの側面だけが見られて、他の面は隠れたりなくなるということである。相補性原理が厳格に適用されることができるといえる世界は、基本的物理量を持つ量子力学の世界であるが、ボーアは確率論的に量子力学を適用して、相補性原理を拡大して、決定論的因果律によって、支配されることマクロの世界に適用しても矛盾しないといった。

なぜならミクロ世界は、プランク定数という非常に小さい限界値と関連しているが、マクロ世界は物理状態が重なり、非常に大きい物理量を持つ事物を観測するから不確定性は現れないためである。

このように量子力学もマクロ世界では決定論的因果律が適用されるのであり、この時、古典力学の物理量は、量子力学的物理量の平均値を持つ。このように量子力学の平均的物理量は、正確にニュートンの法則に従い、量子法則が古典力学の法則に従うのをボーアの対応原理(correspondence principle)という。

対応原理から見れば、ミクロ世界はプランク定数と関連した不確定性原理に支配されるが、質量が大きくてプランク定数をはるかに越えた、マクロ世界は不確定性原理が適用されず、古典力学の法則がそのまま適用されることができるのである。

こういう意味で量子力学の法則は、古典力学と相反せず、さらに包括的に適用されることができるといえる事実を知ることになった。これと共にミクロ世界とマクロ世界を包括する相補性理論は、測定問題において観測者の決定的な役割を扱い、相補性理論が提起する認識の問題は実証論を越えて、唯我論に達するほど革新的な主張に展開した。

量子力学の論理的性格を調べてみれば、量子力学は古典力学の決定論的因果律の代わり

に確率にともなう蓋然的因果律に従う。確率と可能性によって、陳述される論理は古典的な形式論理の排中率に反し、このような点で相補性の論理は‘ジン’と‘ウイ’、そして‘蓋然性’という三数論理に該当すると見ることができる。なぜなら量子力学は古典力学と異なり、粒子と波動、位置と運動量などは各々独立的な変化の要素であるのではなく、互いに相補的であり、矛盾的な状況で共存するためだ。このように相補的に共存する状態に対する解釈問題の論争において、ハイゼンベルグとボーアはしばらく意見を異にした。

ハイゼンベルグの行列関数は粒子論を中心にした並列的数学関数である。これとは異なり、ボーアは電子の位置を粒子状態と見て、運動量をド・ブロイとプランクの波動関数と解釈することで、ハイゼンベルグの並列的相補性を循環的相補性と別に解釈した。

激しい論争後、ハイゼンベルグはボーアの解釈を受け入れ、互いに次元を異にしながら、循環的關係を結ぶ粒子と波動の概念が量子力学に席を占めることになった。ボーアによれば粒子と波動、位置と運動量、観測者と観測対象などの相補性は並列的相補性でなく循環的相補性を意味する。すなわち相補性原理に適用される相補的な関係は互いに同じ次元の並列的な関係でなく、相補的な一組の二つの側面で互いに異なる次元の循環的な関係という。このような循環的な相補性の原理は私たちの思考体系を逆転させる。

これは日常生活で感覚的に経験する世界を‘実在’と見る実在論の立場を逆転させることができる契機を用意しながら、見える一方の側面の背後に相補的に隠された他の側面を暗示するためだ。

私たちの日常的な知覚は主体-客体の二元論になじんでいて、実在の全体的な真の姿を見ることができず、知覚に現れた姿、すなわち相補性の一面だけを‘実在’と信じる傾向がある。

不確定性原理によって、粒子の位置を正確に測定すればするほど波動の運動量は散乱の幅が大きくなって、測定できなくなり、反対に運動量を正確に測定すればするほど粒子の位置は曖昧になって、測定できなくなる。

私たちの観測行為から引き起こされた位置-運動量の相補性は、ある面があらわれることと他の面がかくされることを循環的に見せる。運動量が隠れたように見えるとしても、観測行為から隠れてしまったことであるだけで、その運動量は潜在的に存在すると見なければならぬ。

隠された運動量の情報は、相補性の‘全体’構造どこかに隠れていて、その情報はド・ブロイの関係式 $P=h/L$ の形式で保存されるというのである。

ヤングの実験で、光粒子の干渉紋は観測者の介入なくとも現れるが、ハイゼンベルグの思考実験では粒子/波動の不確定的二重性は観測者の介入で引き起こされた事態なので、ヤング実験とは違った問題を引き起こす。特に量子力学に現れる逆説の中で代表的であるのは測定問題から始まった不確定性と測定時引き起こされる波動関数の崩壊であるが、これは皆観測者の介入によって引き起こされた状況である。

相補的に関連して、存在した粒子/波動の二重性が観測者の介入で粒子が発見されながら、

波動の散乱が極大化されることになりながら、ついに波動関数の崩壊ということになる。波動関数の崩壊を数学的に述べるのは不可能である。観測前と観測後の間に観測者が介入したし、観測者が観測対象を発見した瞬間に起きる波動関数の崩壊は古典力学の論理では解決しにくい問題である。

この問題に対してボーアは実験状況で観測者の役割を重視しながら、観測は単純な外部的受け入れでなく、観測者の選択によるとみられる側面であるだけで、存在の全体的な姿ではないという解釈を加える。

プラトン哲学が量子力学によみがえったように、発見された粒子は粒子のように見える姿であるだけで、実際には異なる次元に隠されている波動関数と関連して‘全体’を成し遂げるといふことだ。量子力学は、ミクロ世界で粒子とは、どんな微粒子でもなく確率パターンであり、これらは分離できない宇宙的網の中で相互連結されて影響を及ぼしており、観測者の人間と人間の意識も網の中に含まれているという。このように量子力学は宇宙が分解されることができず、躍動的な全体であり、全体の各部分は相互関連になっているということを見せる。

アインシュタインは EPR 実験を通じて、相対性理論の正当性を確保したが、ほとんど無限大に落ちた、からまった状態の一組の二つの粒子どうしの情報交換の問題、すなわち非局所性問題を解決できなかった。アインシュタインの意図とは異なり、予想外に彼はすでに相互接触した素粒子の間に結ばれる驚異的な相関関係を見せたし、コペンハーゲン学派の全体的世界観の道を開くことになった。

今や、ボーアによって、部分によって、全体が理解されるという決定論的な世界観は、全体によって、部分が理解されるという非決定論的世界観に置き換えられた。古典力学では、部分の性質と行動が全体を決める機械的構造である反面、量子力学は全体が部分の性質と行動を決める有機体的構造を見せるのであり、このような全体的なモデルも標準理論の解釈に由来したのだ。このような世界観に対する考え方の転換には観測者の観測行為がその中心に位置している。

マクロ世界とは異なり、ミクロ世界では観測者によって、観測対象が決定されると解釈することができるのであるが、このように経験的状況と相反する量子力学の解釈方式によってパラドックスがあらわれるのだ。この問題はアインシュタインが取ったデカルト的の二元論では理解できなくて、認識の主体と客体、そして観測者と観測対象が一つに交わった全体的状況を考慮する時にのみ理解できることになる。

相補性原理が主張するのは、実在は私たちが見たい対象を選択する時、その姿を現わすということだ。私たちの心の数多くの選択の可能性の中から一つを選択することで実在を構築できるというのだ。

カントが見るように、実在とは物資体にかくされていて、観測者に‘見える姿’の実相は観測者によって構成された姿というのだ。この解釈によれば、日常生活で毎瞬間ごとに起きる行為自体が実在を構築する行為であり、観測対象と観測方法を選択する時ごとに実

在は異なる姿を見せるのである。実在とは、存在するのではなく、私たちが知覚する‘方式’であり、知覚されない限り実在は存在しないのだ。

例えば、ある光子が数年前どの星から放出されて、今、私の目に映れば、光子は‘実在’だが、私がそこになれば‘実在しない’。電子や原子の領域では、私たちが選択を認知できないから波動関数という‘数学的実在’だけを見ることになる。このように世界とは、私に相補性の一面だけがあらわれるとみられる姿であるだけで、客観的に‘外に’実在するのではない。

これが不確定性の逆説が見せた世界で量子力学を実証論で呼ぶ理由もここにある。私たちが観測対象を選択し、その対象を観察する時、粒子と波動の連続性はこわれて非連続的な不確定性が現れる。観測と共に対象と関連したすべての連続性はこわれて、相補性の一側面だけ私たちにあらわれる。そのような意味で少なくともミクロ世界においては、観測者が実在を構成して創造するのである。こういう過程を経て、量子力学は実証論を越えて‘世界がすなわち私’という量子論的唯我論に出会うことになる。ボーアは量子力学の逆説を観測行為で‘見える世界’と‘隠された世界’の相補性を通じて説明した。

ハイゼンベルグはこの潜在された実在を不確定性原理と結びつけて‘第3の実在’または‘中間的実在’とした。存在の可能性を持った数学的関数としての波動が、観測者が粒子を発見する瞬間、波動関数の崩壊を起こして、確率 0 で消えたという事実は、少なくとも三次元の世界を仮定する時にだけ解決されることができ問題である。

論者は、ボーアが少なくとも三次元の世界すなわち、発見された粒子の実在世界、波動関数の存在の可能性の世界、そして観測する主観の世界など三世界を想定して、これらの相互関係で交わった全体的世界像を、相補性原理を通じて描き出したと見る。

II. 統一思想の量子力学解釈とその基礎

‘普遍学としての統一思想’は、プラトンからフッサールまで、そして啓蒙主義の百科事典学派やウィーン学派の統一科学運動など、学問の統一を試みた色々な学問の方法論とその理論的基礎に対する二者択一性格を持つ。

今日議論する主題と関連して、その準拠の枠組みで普遍学としての統一思想の立場を提示して本論文の主題を扱うことが全体的な議論に役に立つだろう。

先に、‘普遍学として統一思想’を扱った論文で結論の部分を引用すれば次のようだ。

“論者は普遍学の認識論的根拠で理性的直観の役割を遂行する霊的統覚の明証性、そして霊的統覚の意識指向性から普遍学の主体的条件を確保した。そして経験の構成問題において、霊的統覚の指向性に対する意識対象の世界へ性相内部の内的形状を提示することによって、普遍学の对象的条件を確保した。

普遍学とは、すべての経験世界とすべての学問を担保できる論理的地平を必然的に要請するのであるが、普遍学を数学や物理学など個別学問に基礎づけようとしていた啓蒙主義と統一科学運動などが挫折するほかはなかった理由もここにあったのだ。

統一思想の意識対象としての内的形状は経験を可能にする根拠で先在的に与えられており、すべての道徳法則、数学の体系、観念の法則、科学法則はもちろん個別科学と生活世界全体を合わせることができる論理的基礎をそなえているのだ。こういう作業を通じて、はじめて普遍学を基礎づける論理的構造すなわち、主体的条件と対象的条件が確保された。”

ここで一つ言及することは、統一思想の根拠として設定されたすべての論理的基礎は原相構造に由来するということだ。

先に言及した普遍学の基礎の原理として設定した‘心’も‘世界が私’という唯我論的立場での人間の心でなく、原相構造にあらわれた心すなわち、本性相の内部構造に該当するのだ。人間の心の性相は、原相構造の本性相との存在論的類比の関係から、その根源はあくまでも原相構造に由来する。私たちは人間の性相の内部構造を理解することで原相構造の姿を表わせるが、その理由は両者が存在論的類比の関係で互いに似ているためだ。

私たちの人間の視野に直接あらわれない原相構造の世界は、私たちの人間の心を通じて、そしてその場合にだけ逆説的に表わすことができるのだ。

統一思想において、原相構造はすべての存在する万物の存在論的で論理的な最終根拠だが、実際的には私たちの人間の心と意識構造を通じて存在類比的にあらわれることになる。では、このような統一思想の準拠枠組みを持って現代物理学の報告の量子理論の内面を覗いて見ることにしよう。

1.内的性相と量子力学の標準理論

論者は量子力学で提起されたパラドックスを理解してその理論の整合性を説明するだけでなく、量子力学で提起された躍動性と理論体系をどのように統一思想の全体的脈絡で理解して位置を占めるのかを考察してみる。まず、量子力学の唯我論を批判的に検討してみよう。

統一思想において、原相構造はすべての存在構造の存在論的、論理的根拠となる。したがって統一思想は、原相構造と存在構造の存在次元のレベルを別に見ながら、いつも両者関係を存在類比的に見る。したがって量子力学で‘世界が私’という量子論的唯我論は統一思想の原相構造に該当すると言えるが、原相構造とは全く異なる次元の意味を持つ。

量子物理学で最も大きい特徴は、粒子と波動という実在だけを扱った古典物理学とは異なり、観測する私たちの自身も実在の一部ということを知らせたのだ。量子論の唯我論は不確定性原理から導き出された論理的に矛盾がない仮説としての長所を持つ反面、私たちが生きていく経験世界を理解する‘常識’に似合わないという短所を持つ。

量子論的唯我論は感覚的に経験する常識的な実在世界を、もしかしたら幻影か分からない非実在と見て、量子力学の実験状況で観測者によって構成され、創造された世界だけを認めようとする傾向を持つ。

量子跳躍なしでは観測者が観測対象を‘見る’という現象がありえないので、量子跳躍という非連続的、非決定論的事態を通じることによってのみ世界は見えることになる。と

ここで理解を前提としない盲目的観測は成立できないから‘見る’ということはすなわち‘理解’するということだ。

したがって量子論的唯我論の立場で私の意識を通じて感覚的に‘ボン’世界というのは、私の思考によって構成されて作られた世界であるからと言える。それで世界は、すなわち私である。量子力学を東洋哲学と関係させて、新しい物理学として展開した新科学運動も量子論の唯我論的世界観と一脈相通じる点がある。

統一思想立場で世界とは、原相の世界と存在の世界に区分され、人間は二つの世界を媒介する存在だ。量子論的唯我論の世界観は、統一思想において存在世界と人間世界、特に存在世界と主観的な‘私’を結合した世界像を見せる。私たちは哲学史でこのような量子論的唯我論を主観的観念論の哲学と見る。

この哲学の旨点は、出勤の交通の道でつまずいた石ころの実在性を疑うという非常に非常識な態度を見せる。石ころがその場において過ぎ行く人々が、つまずくかも知れないという‘局所性’を否定して、倒れたのを錯覚や幻影というならば、倒れて痛いのも錯覚であろうか？ 主観的観念論と量子力学の差異点は、前者が‘世界は私の表象’という個別的主観による表象(観念)を問題視したとすれば、後者は個別と全体が交わった世界—私による唯我論的実在を問題で提起したという事実にある。

マイクロ世界で起きる不確定性原理は非局所的な波動関数で由来するのに、その現象をマクロ世界に適用することができるだろうか？ ボーアは対応原理により‘そうだ’と答えるだろう。

量子論の唯我論が提起した問題を論理的にさらにおかしな世界へ導いていった理論がエボレッツ(Hugh Everett III)の意識を排除した多重世界では(平行宇宙)とウィグナー(Eugene Wigner)の‘ウィグナーの友’のパラドックスだ。

量子論の唯我論で‘私’を除去するために用意したエボレッツの仮説は非局所的波動関数の可能世界が作った‘この世界’のように、互いに断絶したすべての可能な実在の世界すなわち、平行した宇宙(量子機械)が本当に存在すると設定した。

一方ノーベル賞を受賞したウィグナーは‘ウィグナーの友’という逆説で量子論の‘私’をより一層強化した。ウィグナー教授と友が共に粒子を‘創造’し、友の友がさらに箱の中の箱、箱の中の箱……箱の中の箱という宇宙箱の最終観察者の‘私’を設定することで量子論の唯我論は完結する。

これが、私たちが同じ‘花’を見て同じ‘花’と理解する日常生活の経験をウィグナーは量子論の唯我論で説明したのだ。ウィグナーの量子力学で窮極的に私たちが‘見る’という行為は、外部を受け入れる行為でなく、観測者自ら認識対象を構成してその対象を存在するようにする積極的な創造行為である。

観測者の立場から見れば、‘見る’という行為以外、外部事物の実在性は分からなくて、そのような意味で外部の実在は存在しない。この点でウィグナーはボーアの見解に従う。一歩進んで彼は‘見る’という行為には自身の見る行為も含まれていて、そのような推論

の連鎖過程でついに最終の観測者を設定することになる。私たちが今花を‘見る’という観測行為は無数に、多いウィグナーの友を含んだ最終観測者と同時に花を‘見る’という行為である。こういう推論過程を通じて、私たちの‘見る’という経験を私たちとともに共有する最終の観測者または‘意識’が量子力学の主題として浮び上がる。

ここで私たちはライプニッツの予定調和説を思い出される。ウィグナーの逆説が予定調和説と異なる点は、観測者の選択という自由意志が介入したという事実である。私たちが‘見る’ということは色々な状況で私たちが‘選択した’ということの意味するためだ。このように量子力学の不確実性が意味する非連続的非決定論の世界観には観測者の‘選択’という自由意志が位置しているのだ。

統一思想で量子力学を注目するのは、不確定性原理で提起された観測者の選択という‘自由意志’という概念だ。ウィグナーの友への粒子観測、ウィグナーのその友へを含んだ粒子観測、ウィグナーの友の友へ……ついにすべての友を含んだ最終観測者の粒子観測に到達して、はじめて同時的な粒子観測行為は終了する。最初の粒子観測者と最終の粒子観測者の同時的な粒子の観測行為で、ついに観測行為は終了する。これが‘見る’という観測行為に対するウィグナーの量子力学的な答えである。

統一思想の立場で見る時、これら全部一連の量子力学の観測行為は原相構造の‘意識指向性’と人間の心の‘意識指向性’が組み合わさる過程をいう。

統一思想が量子力学と異なる点は、量子論の唯我論では、私の観測がすなわち最終観測者との同時的観測である反面、統一思想は原相における本性相の意識指向性が人間性相の意識指向性と有形的なレベルの差異点を持つという点だ。

量子論の唯我論のように‘私’の意識と‘最終観測者’の意識が同じ‘選択’と同じ‘自由意志’を持つのではなく、統一思想では、原相における本性相の自由意志と、人間性相における自由意志を同じ‘意識指向性’と見るのでなくて、各レベルで独立的な自由意志と解釈する。

量子力学で不確定性の原理が成立する理由は、統一思想の‘意識指向性’による自由意志、すなわち実験状況に対する観測者の‘選択’ためであるという事実が明らかになったのだ。そして統一思想の量子力学解釈がより一層説得力を持った理論である理由は、量子力学の唯我論が説明できない連続的実在世界の客観性を保障するということだ。

統一思想によれば‘あの外の’実在性を否定する量子力学と違い、忙しい出勤の交通便につまづいた石ころは実在しない幻影でなく、明確に‘実在する’石ころという経験的事実を悟らせる。

2.内的形状と量子力学の数学原理

科学法則を探求する過程で何より優先するのは科学者らの真理探求に対する欲求であるが、統一思想では、それは内的性相の意識指向性であると表現される。この意識指向性こそ科学文明を胎動させた源泉であり、根拠である。

科学的難題に直面した時、科学者らはその問題のパズルを解くために、数えきれない程多くの考えと実験操作をしながら、問題解決の糸口を見つけようとする。この時、科学者は理性と経験的手段をすべて動員して、問題解決に没頭するのであり、その行為がまさに意識指向性である。

このように科学現場の実用的次元で、帰納(経験)と演繹(理性)は先後の関係であるだけで、どれ一つが他の一つを一方的に廃棄したり傷つけられない。科学探求において帰納と演繹は相互補完的な関係である。

したがって統一思想の立場から見る時、科学探求の論理は科学法則を追求する科学者の意識指向性(内的性相)とそれに対応して、科学者の心で浮び上がった科学法則(内的形状)が授受作用して組み合わせるという論理構造を持つ。

それでは自然を対象に探求する科学者の探求対象である科学法則とは何か? その科学法則は経験世界に実在するのか、でなければ先験的に人間の精神に与えられているのか? 科学法則が経験を土台に帰納過程を経て、発生するのか、でなければ、ふと浮び上がった理性の推測によって、発生するのかに関する問題は、現代科学哲学において帰納主義と演繹主義の対決を産んだ。

ニュートンはケプラーの天体運動現象を観測して、重力法則を推論して導き出し、アンペアも電流に対する細心な観測を通じて、帰納的に電気力学法則を発見した。一方カントはニュートンの万有引力の法則を、先験的原理によって、演繹されることが法則と理解した。科学法則の発生根拠が経験にしる、理性にしる、その法則は私たちの人間の精神によって認識されて理解される法則だ。

統一思想は科学法則を、外部事物を規制する実在的な法則だけでなく、人間の心の性相内部の構造で先在的な規範として内的形状に内在する法則と理解する。ところで科学者の心に浮び上がった科学法則は科学者によって、創造されたものでなく、どこかに隠されていた秩序が科学者の心に浮び上がったのだ。その隠されていた秩序の世界が原相構造の本性相の内的形状である。人間の心は本性相と存在類比的な関係を持つので、科学者の心に浮び上がった科学法則は本性相の内的形状に隠されていた秩序の反映である。

ニュートンが重力法則を、現象世界を規制する実在的な法則と理解したように、またはカントがそれを心の先験的な法則であり、質料世界を構成する原理と理解したように、統一思想はどちらか一方の方式だけで科学法則を理解しない。

現象世界を規制する原理として科学法則が実在しないならば、現象世界は質料の束でごちゃごちゃになった混とんだけであろう。また、科学法則が私たちの心に先在的に与えられていないならば、科学法則を認識できる根拠がないから、いくら学習が反復されるにしても科学法則を認識できなくなる。私たちの心の内的形状に先在的に与えられた科学法則は、現象世界に与えられた科学法則と照合される時、はじめてその法則を理解し、認識できることになる。

このように、科学法則を探求する科学者の作業は、性相内部の内的形状に与えられた科

学法則を発見して認識する行為に他ならないのだ。それでは量子力学の理論が定着する過程で展開した色々な理論の数学的原理らに関して調べてみよう。

本格的に量子力学が出現する前まで、物理学のパラダイムはニュートンの決定論と機械論に基づいた力学体系であったし、力学体系が完成される時までの 150 年間、科学革命期間の間にニュートンが言及した‘巨人ら’すなわち、コペルニクス、ブルーノ、ケプラー、ガリレイ、デカルトなどの名前を取り上げて論じることができる。

彼らは終始一貫して、自然の連続性と因果律に対する信念を持っていて、その世界観の基礎にはアインシュタインにまで影響を及ぼしたデカルトの代数幾何学と機械論の理想があった。ここでアインシュタインに至るまで、連続性を主題にしたデカルトのモデルについて統一思想の量子力学基礎問題として扱ってみるようにしよう。

音波や波浪など波動の性格を持つ物体とは別に、光を波動説で説明するほかはない干渉現象が 1801 年に発見されたのであるが、古典力学の粒子説をひっくり返したこの事件がヤングの二重スリット実験だった。

当時ニュートンの光の粒子説に反論したヤングお波動説は嘲笑と冷遇を免れなかったが、1831 年のファラデーによる電磁気の誘導発見とそれを数学方程式で確立したマクスウェルによって、1860 年代にきて光を見ることになった。

1900 年、プランクは黒体輻射実験を通じて不連続的な光エネルギーの放出を発見し、その現象を説明するための‘プランク公式’ $E=hf$ (h はプランク定数、 f は振動数)を発表した。 h は概略 $6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ という非常に小さい値段であることが明らかになったし、放出されるエネルギーは光の振動数によりそれぞれ異なったエネルギーの束(量子)であった。ここで見られるように、量子の概念が理論の性格を持って初めて登場したことにたいしては、プランクの功績にしなければならないようだ。

アインシュタインの光量子(光子)仮説を量子力学の基点としようとする見解もあるが、それはやはりプランク定数と関連した量子概念を光の研究に適用させることができるという仮定の下で光量子を発見することになった。

1922 年、ド・ブロイは光の粒子/波動の二重性を物質の粒子/波動二重性に適用して、物質波を主張した。定常波概念で予測したド・ブロイの物質波軌道は、ボーアの原子模型軌道と正確に一致し、軌道を回る電子の運動量 P はプランク定数を物質波の波長で分けた値段 h/λ と同一だった。すなわち $P = h/\lambda$ だ。

これでボーアの軌道は定常波形態に置き換えられ、‘量子跳躍’の問題は解消されて、量子力学の‘連続性’を堅持することができた。ド・ブロイの公式はアインシュタインの光子仮説で見せてくれるエネルギー E と振動数 ν との相互関連性を記述した等式 $\nu = E/h$ と比較されて量子理論に新しい展望を与えることになった。ここに、プランク公式 $E=hf$ により物質波の振動数は粒子エネルギーによって決定され、ド・ブロイ公式 $\lambda = h/P$ により波長は粒子の運動量によって決定されるという事実が知られることになった。

実際に物質波の波動は 1\AA 原子大きさの中の軌道に限定されるので光の波長の $1/5000$ 程

度の長さぐらい極微な波長だ。ド・ブロイに続いて量子力学の‘連続性’の走者はシュレーディンガーで、コペンハーゲン学派の解釈に懐疑的なシュレーディンガーはド・ブロイの物質波概念について波動力学の体系を完成させた。シュレーディンガーの波動力学に対しては次の場で詳しく議論してみよう。

次に、量子力学の‘連続性’を支持する数学公式を統一思想におけるで本性相の自同的四位基台と関連して調べることにしよう。

統一思想は事物を二つの側面すなわち、永続的に自分の同一性を維持しようとする側面と変化発展しようとする側面で分けて、その二つの側面を各々‘自同的四位基台’と‘発展的四位基台’で区分する。自同的四位基台と発展的四位基台は、中心・主体・対象・結果の四つの要素で構成されるという点では同じだが、自同的四位基台の中心には‘心情’、そして発展的四位基台の中心には‘目的’が位置するという差異がある。

科学者の科学的探求とそれにとまなう結果として量子力学の数学公式は科学者の心に起きる内的授受作用と関係を持つ。自然を支配する隠れた秩序としての数学公式は原相構造の内的形状に客観的な情報として潜在しているが、その潜在した秩序を発見した科学者らによって、その心にあらわれた情報と表現される。すなわち科学的探求の過程を論理的構造で説明すれば、中心—科学者(主体)—数学公式(対象)—目的実現(結果)という四位基台が形成される。

このような四位基台の形成過程において量子力学の連続性を主張する数学公式は自然の‘斉一性’と‘自己同一性’を指示する公式に寄与することになる。たとえ粒子が他の物質らと関係を結んで変わるにしても、量子力学の数学公式は前項と後項の関数的同値を意味し、それにとまなう物理量も実験的に確認されたので、全体的な‘自己同一性’を維持することになる。

自然の‘斉一性’と‘自己同一性’が否定されれば、自同的四位基台は崩れて自然の連続性と因果律は成立できなくなるためだ。そのために統一思想の自同的四位基台は‘自己同一性’と‘連続性’の基盤の上で維持され、したがって量子力学の連続性を主張する数学公式は自同的四位基台を維持する基盤になるのだ。すなわち、量子力学の連続性を主張する数学公式は、統一思想の原相構造における自同的四位基台を構築する基礎として自然の‘斉一性’と‘自己同一性’を維持する根本法則である。

次に量子力学の非連続性と関連したコペンハーゲン学派の数学パターンに関して調べることにしよう。以上で調べたデカルトのモデルは、物理学の主題である自然の連続性と因果律を代数幾何学の体系によって説明することであつたし、その体系が完ぺきに成立すれば、普遍学としての数学は、正当性を確保することができるようになり、デカルトの理想は実現されることができた。しかしこの普遍学に対する理想が挑戦を受けて亀裂し始めたのは‘不確定性’に対する量子力学の標準解釈のためだった。

普遍学として、統一思想の原相モデルとそれにとまなう解釈が量子力学の難問題を解決して新しいモデルとして登場できるのも、‘不確定性’問題と関連した標準解釈と関連して

いる。ハイゼンベルグの不確定性原理 $\Delta p \cdot \Delta q \geq h/2\pi$ は、すでに詳しく調べたので、ここではボーアの‘量子跳躍’を考察してみることにしよう。

ボーアは原子軌道を回る電子の運動量をプランク定数 h の整数倍($1h, 2h, 3h..$)と見て、その整数を量子数 ‘quantum number’ とした。そして電子軌道の直径比率を整数の自乗の $1:4:9..$ として、‘原子模型’を考案した。そして物体が加熱する時、特定の色の光を発散する理由を、原子軌道を回る電子が内側軌道から‘量子跳躍’する時、放出するエネルギーのためだと考えた。一步進んで、彼は古典電子軌道力学で見た光のスペクトルとフーリエ級数から見た原子を回転する電子周波数相互間の一致の有無を見せることによって、対応原理 $\nu = \tau \omega$ を誘導した。すなわち、定常状態の電子の間で軌道変動が起きる時、光学的周波数 ν は定常状態の n 番目の電子軌道運動を、フーリエ級数で展開した τ 番目の調和関数の周波数 $\tau \omega$ と一致するということだ。

したがってボーアは対応原理を通じて量子力学を古典力学の廃棄でなく古典力学の一般化として構築したのだ。量子力学の標準理論として提示されたハイゼンベルグの不確定性原理 $\Delta p \cdot \Delta q \geq h/2\pi$ は、ボーアの対応原理とともに量子力学に対するコペンハーゲン解釈の二大軸をなしている。コペンハーゲン解釈の特徴は、原子の超マイクロ界で粒子は観測器を含んだ観測者との全体関連性を持つ。

先に論者は量子力学の‘連続性’を主張した実在論と‘非連続性’を主張した実証論の立場と、それに関連した色々な種類の数学的公式や方程式を調べた。まず実在論と関連した数学パターンに対して検討してみよう。

これら実在論の立場は、光や物質の粒子/波動二重性をみな認めながら、量子力学に関連した問題に対して数学パターンを利用して、自然の連続性と因果律に一致する方向で量子力学を解釈する。これらの中で、ヤングやアインシュタインは粒子論の立場で、そしてプランクやド・ブロイ、シュレーディンガーなどは波動論の立場で理論を展開するという差異点を除いて、彼らは終始一貫して量子力学の連続性と決定論を支持した。

彼らが理論を説明するために使った数学の公式は統一思想では原相の内的形状に該当する。プラトンの方式によれば、量子力学の数学の公式はアイデア界の普遍者で、その公式に従う量子力学の現象は個別者である。そのような側面からプラトンのアイデア論は正に統一思想の原相構造における内的形状に該当する。

論者がデカルトモデルよりプラトンモデルについて普遍学の理念を定礎することが妥当性を持つと考えたのも、プラトンのアイデア論に対する卓越した説明方式のためだ。そして合理論の伝統により、プラトンとデカルトはともに数学の演繹体系を学問の理想としたが、プラトンが提示した客観的観念世界を前提にしなくては、‘普遍者’に対する学問の理念を成就できないためだ。

そのような側面で、普遍学としての数学を前提にしてすべての学問を数学に還元することができる考えたデカルトとは異なり、客観的観念の世界であるアイデア界を学問の基礎としたプラトンこそ、真の学問の理念を提示したと見る。そのような意味でプラトンのイ

デア思想は統一思想の普遍学基礎に大きく寄与できると見る。類比的に言ってみれば、統一思想の原相構造の内的形状はプラトンのアイデア界に該当すると言うことができる。

マクスウェルの数学方程式、ド・ブロイの公式、プランクの公式、アインシュタインの方程式、そしてシュレーディンガーの方程式に至るまで、これら科学探求の挑戦は、一言で、数学の公式を通じて、自然の因果性と連続性を一括して説明するための粘り強い努力ということができる。

統一思想の立場から見れば、これら量子力学の数学公式は、原相構造において内的形状に先在的に与えられた法則であり、科学者らはその先在的法則を発見して、それを、現象世界を説明する原理として適用するのである。内的形状に隠された先在的法則は、いつの時か、科学の天才らを通じて、その姿を表わすはずである。

別の見方をすれば、神の摂理と自然の秩序は、原相構造における内的形状の内面に含まれていて、数学公式という秩序体系で隠れているのかもしれない。

アインシュタインの連続性概念の強力な継承者で、ノーベル賞を受賞したボームは‘隠れた秩序’または‘内包された秩序’概念を量子力学に導入している。

3.統一思想から見た量子力学のパラドックス

a)統一思想の物質観と粒子/波動二重性

統一思想は宇宙を性相と形状の二性相の合性体と見る。宇宙の性相と形状は、根源的な本質において同質同要素なので‘一つ’だが、宇宙構成の二つの要素として分化して具現されており、したがって宇宙のすべての存在者は性相と形状の二性相の合性体である。

これはアリストテレスの質料・形相論を連想させるが、論理的可能世界として第一質料と第一形相に分化したアリストテレスの二元論と違い、デカルトの精神・物質の二元論とも区別される。統一思想では、性相と形状は互いに情報をやりとりして交流しながら、統一的な個体を成し遂げることができるのも、性相と形状の根源的同質性に由来するためだ。

通常、性相は心の世界に該当し、形状は宇宙という体の世界に該当する。統一思想の物質観は、原相構造における本形状に起因するが、本形状は質料的部分とエネルギー的部分で構成されている。この部分が統一思想と科学的物質観が会う部分で、物理学の課題は統一思想の形状に該当する物質の実在性を糾明し、それにともなう理論を開発することを目標にする。

物理学の概念を借りれば、統一思想の質料的部分は物質の質量に該当する。統一思想の本形状はアリストテレスの第一質料のように、純粹精神的実体の神すなわち、第一形相と論理的な対照点にある論理的可能世界を意味するのではない。本形状は本性相の意識(指向性)と相互関連して、それに反応しながら、現象世界物質の根本原因である。

光は粒子にも波動としてでも見られるが、物質が光を放出する時には、プランクの公式 $E=hf$ により、いつも不連続的な量子方式で放出する。この点に着目して、アインシュタインは、質量もなくて互いに干渉できる光の量子すなわち、光子を発見することになった。

先に言及した、統一思想の形状は質料的部分とエネルギー的要素で構成されているので、質料的部分は質量を持つ物質の粒子的性質に該当し、エネルギー的部分は物質の波動的性質に該当する。そして一定の質量を持つ質料は、アインシュタインの $E=mc^2$ により、エネルギーの他の形態であることを知ることができ、質量とエネルギーは互いに互換することができる。

そして量子概念が構築されて、粒子を物質で構成されたものでなく、エネルギーの塊りと見ることになったし、物質の堅固性とは、原子の電気力に縛られて、回転する電子の途方もない速度(6百マイル/秒)のためだということが明らかになった。

素粒子世界のエネルギーパターンは、核、原子、分子構造を形成し、物質を作り、マクロ世界のかたい固体性を表わしている。統一思想も物質世界の質料的部分を究極的にエネルギーパターンで構成されたものと見て、宇宙は躍動的な波動とエネルギーのゆらぎであり、宇宙意識が宿った場(field)と見る。

したがって粒子は全体宇宙の網と関連しながら、有機体的な世界を構成しているということが統一思想の物質観だ。物質の粒子はエネルギーパターンによる全体宇宙と関連性を持つようになる時、存立することができるし、独立した個体立体では存立できない。有機体論を堅持する統一思想において、すべての存在構造がそのように全体が個体に先んじるのであり、そのために全体を部分に還元する機械論と還元論の立場に反対する。

b)統一思想から見たシュレーディンガー波動関数

古典力学の光の粒子と波動の性質が電磁気の性質と同一なことと明らかになり、この二つは難なく統一的に理解された。物質の波動的性質は、統一思想においては形状のエネルギー的性質から現れ、エネルギーは波動の性格を帯びながら、空間に連続的に広まる性質を持つのである。電磁気とは異なり、光の波動は媒質の振動を通じて伝えられて、その波動が振動すれば干渉現象を起こすことになる。

量子力学で最も核心的な問題は、ハイゼンベルグの不確定性原理と観測対象を観測する時に、生じる波動関数の崩壊現象だ。量子力学はこの二種類のパラドックスで引き起こされた問題を解決する過程で引き起こされた主張と理論等で装飾されている。統一思想の観点から不確定性原理の観測者と関連したパラドックスは、すでに前章で叙述したので、この章ではシュレーディンガーの波動関数にまつわる問題を調べてみることにしよう。

すでに記述した通り、シュレーディンガーの波動中心の波動方程式は、ハイゼンベルグの粒子中心の行列方程式と同値であることが明らかになった。シュレーディンガーの波動方程式はすべての原子模型をよく説明する立派なモデルだから、これでド・ブロイの物質波概念はシュレーディンガーの波動関数に置き換えて、波動概念を理解するモデルになった。ここでド・ブロイの物質波、そしてシュレーディンガーの波動関数を統一思想的な観点から整理してみれば、物質波が万有原力の外形的な要素である反面、波動関数は原力の内面的な要素として表現されたと見る。

統一思想で波動関数を原力の内面的要素と見る理由は、それが波や音波のような 3 次元的な実在の波動でなく、抽象的な数学的量和表現される‘確率波’であるためだ。これは波動のすべての特徴は持つが、粒子を発現できる‘存在しようとする指向’を見る確率だけである。この‘存在しようとする指向’は数学的形式では確率と表現され、波動形態の量と関連する。さらに波動関数の確率パターンは、独立した個体粒子の確率でなく、それが観測者と観測器などと相互関連した確率を現わすのだ。

統一思想の立場から見れば、数学的形式としての波動関数の確率パターンは本性相の‘内的形状’に該当して、波動関数の確率パターンについてできた‘確率波’は本形状の原力に該当する。あくまでも波動関数は実在するのではなく、数学的形式の一種の情報形態であり、したがってこの情報形態は内的形状に保管されて、確率を指示する確率パターンとして作用する。この確率パターンに対応して、数学的な様相で存在傾向性を見せながら現れたのが確率波だ。

シュレーディンガーの波動関数 ψ の絶対値段に自乗をした $|\psi|^2$ を実際的に粒子の発見される確率密度関数であると解釈したのがボーアだった。彼はシュレーディンガーの波動方程式を満足する波動は、物質粒子の運動を全く現わさなくて、単に粒子の可能的運動あるいは状態を現わすだけだと考えた。それで彼は連続性を主張するシュレーディンガーとはことなり、ハイゼンベルグの非決定論と粒子存在論を精巧に確立するための一貫した確率密度関数を解釈したのだ。

統一思想の立場から見る時、シュレーディンガーの波動関数はそれ自体が本性相の意識関連性を持った内的形状の情報だけでなく、あたかも設計図が家に対する情報を指示するように確率波に対する指示的意味を持つ。存在の可能性を現わすシュレーディンガー波動の確率分布は電子ビームで電子が最も密集したところに最も大きい分布を持つようになり、その時、波動関数の情報量は極大化され、シュレーディンガーのパルスは最小に狭まる。それにたいして、観察が行われない場合、パルスは宇宙空間に広がって、粒子が発見される情報量は最小となる。発見される確率が大きくなるほど、パルスは狭くなって発見される瞬間、波動関数は崩壊し、シュレーディンガー方程式は無意味になる。このようなパルスの収縮作用は数学的に描写できない。

ボーアはパルスの収縮作用に決定的行為をしたのは観測者の観測行為という事実を知り、彼の解釈を不確定性の尺度とした。もし宇宙が非常に小さくて軽い粒子で構成されているならば、宇宙は私たちが見る時にだけ現存することになる。位置と運動量は自然の中に潜在していて、それを測定しようとする時、はじめて実質的に存在することになる。観測行為から隠れているものも潜在的に存在する。

統一思想で見れば、相補的物理量を持つ一組の観測対象すなわち、粒子/波動、位置/運動量、時間/空間、質量/空間、エネルギー/時間などは、どちらか一方が万有原力の次元の現象界といて発見された瞬間、他の片方は原力次元の本形状でエネルギー状態の潜在的な状態として存在する。原力と万有原力は可能態と現実態、そして潜在態と完成態の関係性を持つ

つ。そして原力と万有原力は相互連続的である。

物質の粒子は独立した個体の個性真理体で存在するだけでなく、全体的な連体として全体関連性を持つ。原力を根拠として発現した万有原力は、前述したように、宇宙全体を構成する根本的な力であり、全宇宙に広まっていながら、宇宙全体と関連した意識指向的な力だ。万有原力は内在する力や機械的作用の力ではなく、全宇宙の意識作用と相互関連された有機体的合目的な力であり、万有原力に作用する性相的要素が意識指向性と意識対象である内的形状だ。

したがって数学的等式で表現されたシュレーディンガーの波動関数は本性相の内的形状に該当し、波動関数と表現されたシュレーディンガーの波動がすなわち万有原力の内面的要素である。