화이트헤드의 주체적 지향과 양자역학의 세계관

임 진 아 (경북대)

【한글요약】

20세기 초, 플랑크의 양자가설로 시작된 양자역학은 인간이 자연을 해석하는데 있어 두 가지 큰 변화를 가져오게 하였다. 첫 번째, 고전 역학적 사고방식에 기반을 두고 있는 결정론적 세계관을 붕괴시킨 것이다. 두 번째, 인간의 지적능력과는 상관없는 자연의 인식에 대한 한계점이 존재한다는 사실이다.

우리는 뉴턴의 운동방정식을 이용해서 물체(입자)의 운동 상태를 완벽하게 알 수 있다고 생각했다. 즉 현재 물체의 위치와 운동량을 토대로 그 물체의 과거 및 미래의 상태를 정확히 알 수 있다고 생각했다. 이런 사고방식을 과학적 결정론이라 부른다. 그러나 20세기의 여러 실험결과들은 결정론적 사고로 자연을 바라볼 수 없음을 인식하게 만들었다. 결정론적 세계관을 대신해서 확률론적 세계관이 자리잡게 되었고, 이 새로운 세계관은 하이젠베르크의 불확정성원리를 기반으로 확립되었다. 그의 불확정성원리가 가진 진정한 의미는 인간이 자연을 인식함에 있어 근본적으로 한계를 가지고 있다는 것을 주지시켜주는 데 있다.

본고는 화이트헤드의 가능태이론의 주체적 지향개념으로 확률론적 세계관을 고찰하고자 한다. ‘확률’개념은 자연에 대한 법칙과 이론을 정립하기 위한 자연과학의 방법론을 한마디로 요약한다면, ‘귀납’이라고 말할 수 있고, ‘귀납’은 확률개념과 밀접한 관계가 있다. 그렇지만 수학이나 통계학의 확률개념과 슈뢰딩거의 파동방정식의 푸를 ‘확률’이라고 말한 보른의 개념은 결코 동일하지 않다. 양자역학에서의 확률개념은 ‘지향성’이라고 하는 것이 적절하다. 그

렇다면 무엇을 지향하는 것이며, 지향성은 무엇인가 하는 물음이 생긴다. 화이트헤드의 주제적 지향은 주체의 본성을 결정하는 목적이며, 주체가 실현하고자 하는 목적을 의미한다. 양자역학의 독특한 세계관을 ‘확률’이라는 개념으로는 충분히 설명할 수 없다고 판단되며, 이에 화이트헤드의 ‘주제적 지향’ 개념으로 더 적절하게 설명할 수 있으리라 생각된다.

[주요어] 화이트헤드, 하이젠베르크, 슈뢰딩거, 불확정성원리, 파동방정식, 보른의 확률해석, 창조성, 주제적 지향, 확률론적 세계관, 결정론, 비결정론.

1. 들어가는 말

기계론적 사고를 기반으로 하는 고전역학이 견지한 세계관은 뉴턴이 전제하고 있는 절대 시공간 개념과, 그 시공간 내에서 움직이는 물체의 운동에 대해서 결정론적 원리에 기반을 하고 있다. 이에 반해 20세기 초반 새로운 물리학인 양자역학은 우리에게 중첩의 원리(principle of superposition¹⁾와 불확정성원리(uncertainty principle)라는 두 개의 원리를 양대 축²⁾으로 하고 있으며, 확률론적 세계관 혹은 비결정론적 세계관으로 관점으로 전환할 것을 요구한다. 수리물리적으로만 따지면 불확정성원리는 지극히 간단한 수식으로 정리되지만, 결정론적 세계관을 재고(再考)하여 새로운 세계관(확률론적 세계관)으로 전환하도록 하였다. 그렇지만 무엇보다도 자연의 진정한 모습을 인지하는데 있어 우리의 지적능력의 한계를

1) 중첩의 원리는 우리에게 친숙한 ‘슈뢰딩거의 고양이’라는 사고실험으로 유명한데, 근본 원리는 양립할 수 없는 두 개(이상의) 상태가 동일한 시간에 공존하고 있다는 것을 말한다.

2) 다케우치 가오루, 김재호 · 이문숙 역, 『한권으로 충분한 양자론』, 전나무숲, 2010, p.53. 참조.

인식하게 했다는 점이 가장 크다고 할 것이다.

본고는 화이트헤드의 가능태이론의 창조성 개념으로 양자역학의 확률론적 세계관을 살펴보고자 한다. 그 목적을 위해 첫째, 하이젠베르크의 불확정성원리와 화이트헤드의 가능태개념에 대해 살펴볼 것이다. 둘째, 일반적으로 고전역학적 세계관은 결정론적 세계관이라고 하고 양자역학적 세계상은 확률론적 세계상이라고 말한다. 그렇다면, 확률론적 세계관은 비결정론적 세계관과 어떤 관계에 있는지에 대해서 고찰해볼 필요가 있다. 필자는 양자역학적 세계상을 확률론적 세계관 혹은 비결정론적 세계관이라고 표현하는 것은 부적절하다고 생각한다. 왜냐하면, 양자역학의 확률은 거시세계의 주사위던지기과 같은 의미의 확률개념과 동일한 의미를 가지고 있는 것이 아니며, 더군다나 비결정론을 의미하는 것도 아니기 때문이다. 따라서 화이트헤드는 가능태적 세계관을 가진 철학자이다. 필자는 마지막으로, 그의 세계관의 특징이 무엇인지 살펴보고, 확률론적 세계관을 어떻게 해석할 수 있는지를 살펴보고자 한다. 그리고 양자역학적 세계관을 화이트헤드적 의미의 가능태적 세계관으로 해석하는 것이 적절하다는 것을 논의할 것이다.

양자역학의 확률론적 세계관을 논의하는데 있어 '인과성'문제는 매우 중요한 개념임에 틀림없다. 그러나 본고에서는 인과성에 관한 논의는 다음으로 미루고 보른의 확률해석에 초점을 두고 고전역학의 결정론적 세계관과의 차이점에 대해서 논의하고자 한다.

2. 하이젠베르크의 불확정성원리와 확률해석

1) 하이젠베르크의 불확정성원리

불확정성 원리는 “양자론이 말하는 자연현상의 원리는 고전적 세계관을 완전히 뒤엎고 전혀 다른 개념체계를 요구”³⁾하고 있는 근거라고 해도 그리 틀린 말은 아니다. 왜냐하면 물리학이 자연에 대한 인식을 하는 데 있어 암묵적으로 가정하고 있는 근본적인 구조에 변화를 요구하기 때문이다. 그것도 하부구조에 내재된 뜻밖의 약점을 조준⁴⁾하고 있으며, 또한 불확정성은 양자 시스템에서 제거될 수 없다고 확언⁵⁾한다.

하이젠베르크의 ‘불확정성 원리uncertainty principle’는 입자(예를 들어 원자 속의 전자)의 위치를 정확하게 측정하면 그 입자가 그 다음 순간에 어떻게 행동할지 전혀 알 수 없게 된다는 것이다. 좀 더 형식적으로 말하면 Δx 를 전자의 위치 불확정량이라 하고, Δp_x 를 그 방향의 운동량 불확정량이라고 할 때, $\Delta p_x \Delta x \geq \frac{h}{2\pi}$ 라는 관계가 성립된다.⁶⁾

따라서 고전역학은 초기 상태를 명확하게 확정지을 수 있다고 보는 반면에 양자역학에서는 초기 상태를 확정지을 수 없다고 전제한다. 특히 이 오차는 그 어떤 방법으로도 없앨 수 없는 자연의 근원적인 사실이라고 인정한다.

3) 소광섭, 『물리학과 대승기신론』, 서울대학교 출판부, 1999, p.30.

4) 데이비드 린들리, 박배식 역, 『불확정성』, 마루별, 2009, p.13.

5) Aczel. A. D., 김형도 역, 『업힙』, 지식의 풍경, 2007, p.99.

6) Cropper. W. H., Great Physicists, UK: Oxford University Press, 2001 : 『위대한 물리학자 4』, 김희봉 역, 사이언스북스, 2007, p.203.

[확률과 개념을 통해 생긴 의문에 대한] 결정적인 해결책으로의 접근은 두 가지 행로를 따라 진행되었다. 첫째는 불확정성원리이다.(두 번째는 보어의 상보성이다.) 사람들은 뉴턴역학에 있어서와 같이 전자의 위치와 속도를 말할 수 있고, 그 크기를 관찰하고 잴 수 있지만, 두 가지를 동시에 정확하게 규정할 수 없다. 속도와 위치의 부정확성의 제곱은 플랑크 상수보다 작을 수 없다는 사실이 주어진다. 아울러 그것은 입자의 질량으로 나누어진 플랑크상수보다 작을 수 없다. 이로써 우리는 고전물리학의 개념이 지금까지 자연을 부정확하게 파악해왔음을 알게 되었다.7)

그런데, 일반적으로 불확정성원리에 대해 잘못 알고 있는 점이 있다. 그것은 자연의 미래에 대해 불확실함을 의미한다고 생각하는 것이다. 불확정성원리는 물체의 위치와 속도를 명확하게 알 수 없다는 의미가 아니다. 고전역학에서는 우리는 어느 특정한 시각에 운동하는 물체의 위치와 속도(운동량)를 동시에 정확하게 측정할 수 있다. 여기서 중요한 것은 '동시에'라는 표현이다. 불확정성원리는 운동하는 광양자의 위치와 속도(운동량)를 동시에 측정할 수 없다는 것을 말한다. 다시 말하면 최고의 기술을 동원한 실험기구를 사용하더라도, 실험의 부정확성을 최대한으로 줄여도, 우리는 최소한 $h/2\pi$ 만큼의 비정확도를 가질 수밖에 없다.

뉴턴의 역학체계와 양자역학의 체계를 비교해보면 그 차이점을 잘 알 수 있다.8)

7) 베르너 하이젠베르크, 구승희 역, 『물리학과 철학』, 도서출판 온누리, 2011, p.28

8) 소광섭, 『물리학과 대승기신론』, 서울대학교 출판부, 1999, pp.32-3.

<p>*현재 상태 (입자들의 위치와 속도)</p> <p>*위치와 속도를 무한히 정확히 알 수 있 다</p>	$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}$ <p>-----</p> <p style="text-align: center;">→ 뉴턴방정식 (시간적 진행이 결정됨)</p>	<p>*미래 상태 (바뀐 위치와 속 도)</p>
<p>*현재 상태(상태 함수 Ψ)</p> <p>*위치와 속도는 Ψ로부터 확률적으로 구함(불확정성 원리)</p>	$i \frac{\partial \Psi}{\partial t} = H\Psi$ <p>-----</p> <p style="text-align: center;">→ 슈뢰딩거방정식 (시간적 진행이 결정됨)</p>	<p>*미래 상태 (바뀐 상태함수)</p>

위의 표를 살펴보면 시간적 진행에 관해 두 체계 모두 방정식이 존재한다. 방정식이 존재한다는 것은 해(解)가 존재한다는 것을 의미하며, 해가 말하는 숫자는 물체의 위치와 속도이다. 따라서 둘 다 미래 결정론적 관점을 취하고 있지만, 방정식의 형태가 다른 것에 지나지 않게 된다. 그러므로 양자역학에서는 미래가 불확실하게 확률적으로 전개된다고 생각하는 것은 잘못이다. 다시 한 번 강조한다면, 상태를 측정 인식하는 데에만 확률과 불확정성이 있을 뿐, 상태의 진행은 결정론적이다.

2) 슈뢰딩거의 파동방정식과 보른의 확률해석

(1) 슈뢰딩거의 파동방정식

고전역학에서는 물체의 움직임을 뉴턴의 운동방정식을 통해 서술한다. 양자역학에서 뉴턴의 운동방정식에 해당하는 것이 바로 ‘슈뢰딩거의 파동방정식’이다. 이 방정식은 물질이 어떠한 형태의

파동을 가지고 그 파동이 시간의 경과와 함께 어떻게 전해지는지를 계산할 수 있도록 표현된다. 간단한 형태의 시간 의존형 슈뢰딩거 방정식은 $i\frac{\hbar}{2\pi} \cdot \frac{\partial\Psi}{\partial t} = H\Phi$ 로 기술할 수 있고, Ψ 를 파동함수⁹⁾라고 말한다. 슈뢰딩거 방정식의 수리물리학적 의미에 대해 설명하면 다음과 같다.

i 는 허수의 단위이고, H 는 해밀토니안 연산자를 가리킨다. 해밀토니안 연산자는 ‘에너지’를 의미하는데, 이는 운동에너지와 위치에너지를 합한 것이다. 슈뢰딩거 방정식의 좌변은 ‘변수 Ψ 의 미소한 시간적 변화’라는 의미이다. Ψ 는 시간 t 와 공간 x 의 함수로서 ‘파동함수 wave function’이라고 한다. 따라서 우변의 에너지를 알고 있으면 변수 Ψ 의 시간적 변화를 계산할 수 있게 되었다.¹⁰⁾

슈뢰딩거의 파동방정식이 정식화되면서 물리학자들은 양자적인 확률파가 어떻게 운동하는가를 계산할 수 있었고, 확률파의 움직임에 대한 예측을 할 수 있었고, 실험결과와 대조할 수 있게 되었다.

그런데 슈뢰딩거 방정식의 파동함수는 광양자의 움직임에 대한 직접적인 운동방정식이 아니다. 이 점이 뉴턴의 운동방정식과 다른 점이다. Ψ 는 대체 ‘무엇’의 파동을 나타내는 것일까? Ψ 는 ‘확률의

9) Ψ 가 파동함수라고 불리는 이유는 이것이 파동과 같은 성질을 보이기 때문이다. 이 함수는 시간과 공간상의 위치에 따라 값을 지정한다. 따라서 전자와 같은 입자 하나를 서술할 때 파동함수의 수학적 형태는 $\Psi(x, y, z, t)$ 와 같은 형태를 가진다. 교란되지 않은 원자나 분자는 시간에 대해서 변하지 않는다. 이 경우에 파동함수에서 t 를 생략할 수 있고, 입자 하나에 대해 $\psi(x, y, z)$ 로 쓴다(Cropper. W. H., *Great Physicists*, UK: Oxford University Press, UK, 2001: 『위대한 물리학자 4』, 김희봉 역, 사이언스북스, 2007, p.201 참조).

10) 다케우치 가오루, 김재호 · 이문숙 역, 『한권으로 충분한 양자론』, 전나무숲, 2010, pp.30-1.

파'를 나타낸다. 공기나 지각이나 바닷물은 눈으로 보고 만질 수 있는 물질이다. 이들의 진동으로 에너지가 전해지는 것을 우리는 '파'라고 불렀다. 그런데 Ψ 는 그러한 '물질'이 아니라 추상적인 '확률'의 파¹¹⁾라고 생각한다. 이런 해석은 슈뢰딩거 자신이 직접 제시한 것이 아니고 보른의 해석이다.

(2) 보른의 확률해석 : 슈뢰딩거 파동방정식의 의미

1926년 보른은 슈뢰딩거의 Ψ 를 확률로 해석했다. 좀 상세히 말하면, Ψ 는 상태 n 에 있는 전자가 m 의 상태로 흩어져 가는 확률 진폭이며, 그것은 그 자신의 세기를 나타내는 파동이라고 주장한 것이다. 보른은 한 상태의 존재 확률은 개개 파동함수의 진폭의 제곱(Ψ^2)으로 주어지며, 그 값은 특정 양자 상태의 존재확률인 된다는 것이다. 그는 원자론에서 우리가 얻을 수 있는 것은 확률뿐¹²⁾이며 그것보다 더 정확한 답은 없다고 생각했다. 즉 Ψ 는 물리적 실체를 가리키고 있지 않다. 다만 특정 위치에 존재할 확률값을 알려 줄 뿐이다.

슈뢰딩거의 파동함수 Ψ 가 '확률파'라는 의미는 직접적인 실체의 파동이 아니라 '가능성의 파'라고 말해야 한다. 이 가능성이란 전자가 어디서 관측될 수 있을 확률값의 크고 작음을 나타내는 확률의 파동이라는 의미이다. 슈뢰딩거의 파동함수는 실재가 아니기 때문이다. 실재가 아니라는 말의 의미는 파동함수 그 자체를 관찰할 수 없다. 우리가 전자기파나 지진파 혹은 음파를 관찰하는 것과는 완전히 다른 의미를 가지고 있다. 고전역학의 운동방정식이 어느 시

11) 다케우치 가오루, 같은 책, p.35

12) J. P. 매키보이, 이충호 역, 『양자론』, 김영사, 2001, p.148

점, 어느 장소에 물체가 존재할 것이라는 것을 말하고 있지만, 슈뢰딩거 방정식을 풀어서 얻는 파동함수는 그 위치에 전자가 있을 가능성을 말하고 있을 뿐이다. 이에 대해 하이젠베르크가 말한 것을 살펴보자.

양자론에 대한 구체적인 이해로의 매우 흥미로운 최초의 진일보
는 이미 1924년에 보어, 크라머스, 그리고 슬레터에 의해 착수되었
다. 이들은 파동성과 입자성 간의 눈에 보이는 모순을 ‘확률파’개
념으로 부정하고자 했다. 전자기파는 실제파(實際派)가 아니라 확률
파(確率派)라는 것이다. 가설적 파의 강도는 각각의 점에서 정해지
는 바, 원자의 빛 입자는 이 지점에서 흡수되고 결국 방출될 수 있
는 확률로써 정해진다. 이러한 가설은 에너지 보존법칙이나 운동크
기의 보존법칙은 모든 개개의 경우에 필연적으로 맞아 떨어져야
한다는 의미로서가 아니라 통계적인 법칙이라는 귀결을 낳았다. 즉
에너지는 통계적으로만 보존된다는 의미이다. 수학이나 통계학에
있어서 ‘확률’이라는 개념은 실제 상황에 대한 우리의 인지(지식)의
정도를 나타내는 말이다.¹³⁾

조금 더 상세히 설명하자면, 슈뢰딩거 방정식을 이용해서 구한
확률의 파동함수 Ψ 는 ‘전자가 어디에 있는지’에 대하여, 즉 ‘좌표
 $x=3.256$ 에 16.389%의 확률로 존재한다.’라고 예측한다. 실제로 관측
장치로 전자의 위치를 측정하며, 같은 상황에서 측정을 100회 반복
했을 때, 약 16회 정도 $x=3.256$ 위치에서 전자를 발견할 수 있다.¹⁴⁾
는 것을 의미한다. 이것 역시 우리가 흔히 알고 있는 거시세계의
확률의 가능성 개념과도 약간 다르다는 점을 발견할 것이다. 슈뢰

13) 베르너 하이젠베르크, 구승희 역, 『물리학과 철학』, 온누리, 2011, p.26.

14) 다케우치 가오루, 김재호·이문숙 역, 『한권으로 충분한 양자론』, 전나무
숲, 2010, p.41.

당거의 파동함수를 확률해석으로 한다면 우리는 다음과 같은 결론에 도달하게 된다.

입자는 어느 곳인가 존재해야 한다. 입자는 공간 전체에 균질하게 퍼져있을 수 없다. 충돌의 최종 결과는 두 개의 다른 입자가 정해진 방향으로 달아나야 한다는 것이다. 그것이 바로 콤프턴 효과에서 일어나는 현상이다. 이러한 맥락에서 생각해보면 보른은 멋진 결론에 다다른 것 같다. 충돌 지점을 떠나 퍼져나가는 파동은 실제 입자가 아니라 그것들의 확률을 나타낸다. 다시 말해 파동이 강한 곳은 되튀어 나오는 입자가 나타날 방향을 가리켰다. 반면에 파동이 약한 곳은 입자들이 나타날 가능성이 낮은 곳이다.¹⁵⁾

3. 과학적 결정론과 확률개념

이 절에서는 결정론과 비결정론, 그리고 과학적 결정론에 대해 살펴보고자 한다. 왜냐하면, 일반적으로 철학에서 비결정론이라고 하면, 물리학자들이 언급하는 의미와는 조금 차이가 있는 경우가 많기 때문이다. 그러므로 결정론, 비결정론, 확률에 관한 개념을 살펴보는 것이 필요하다.

1) 결정론과 과학적 결정론

철학에서는 결정론과 비결정론은 인과율과 관련되어 논의된다.

15) 데이비드 린들리, 박배식 역, 『불확정성』, 마루별, 2009, pp.150-1. 참조.

결정론은 ‘이 우주에서 일어나는 모든 사건은 어느 것이던, 선행하는 조건 집단의 결과’라는 견해를 말한다. 결정론은 신학적 결정론, 과학적 결정론, 기계적 결정론으로 구분되며, 그 중에서 과학적 결정론은 모든 사건이 자연적 세계 안에 있는 선행하는 사건과 조건에 의해 일어난다고 주장하는 관점을 말한다.¹⁶⁾

과학적 결정론은 뉴턴의 만유인력의 법칙이 발표되고 난 이후 지구 표면에 있는 물체와 천체들의 움직임이 예측 가능해졌다. 더욱이 물체의 운동 법칙도 정교한 수학적 체계를 정립하게 되면서, 사람들은 자연은 결정론적 체계를 따른다고 믿게 되었다.

좀 더 상세히 말하면, 고전물리학자들은 현재(지금) 이곳에 놓여 있는 입자(물체)는 선행조건인 과거의 위치와 운동이 원인(조건)이고 물체의 운동을 완벽하게 기술하는 방정식이 존재하며, 방정식을 풀어 나오는 해는 그 물체가 어느 특정한 시간에 존재하는 위치와 운동에 대해 말하고 있다고 믿었다. 따라서 나아가 “어느 한 시점에 우주에 존재하는 모든 입자들의 위치와 운동을 안다면, 과거든 미래든 그 어떤 시간에서도 그 입자들의 행동을 계산할 수 있다.”¹⁷⁾는 주장으로까지 나아갔다. 위와 같이 물체의 운동에 대해 극적인 설명을 한 사람은 프랑스의 물리학자 라플라스이다. 그가 주장한 과학적 결정론은 원리적으로¹⁸⁾ 초기 조건을 정확하게 알

16) 신학적 결정론은 모든 사건이 신에 의해 일어나며, 과학적 결정론은 선행하는 사건과 조건이 원인이라고 생각하고, 초자연적 요소를 배제한다. 기계적 결정론이 과학적 결정론과 다른 점은 사건을 물리적 세계만으로 제한하며, 정신적 원인을 배제한다는 점에 있다.; 존 호스퍼스, 이재훈·박강제 역, 『철학적 분석 입문』, 답론사, 1997, p.465. 참조.

17) J. P. 매키보이, 이충호 역, 『양자론』, 김영사, 2001, p.163.

18) 라플라스가 과학적 결정론을 주장했다고 해서 미래에 대한 확실성을 온전히 믿었다고 오해하지는 않아야 한다. 그도 원리적으로 과학적 결정론이 가능하다는 견해를 주장한 것이다.

수 있고, 입자의 운동을 정확하게 기술해주는 운동방정식이 존재한다는 것을 전제로 한다. 즉 과학적 결정론은 정확한 초기조건과 운동방정식, 이 두 가지에 대한 신뢰에서 근거한다.

하지만, 우리가 알고 있듯이 하이젠베르크의 불확정성 원리는 입자의 위치와 운동량을 동시에 정확하게 알 수 없다는 원리이다. 다시 말하면, 정확한 초기조건을 만족시킬 수 없다. 그러므로 라플라스의 결정론은 양자역학에는 적용할 수 없음을 알 수 있다.

불확정성은 물리학 속에 파고 들어가서 뉴턴 역학의 지배적인 결정론을 바꾸었다. 고전 물리학에서 위치와 속도를 충분히 정확하게 측정하면, 임의의 시간에서의 운동을 예언할 수 있다. 또한 무엇을 측정한다고 해도 정확도에 제한 없이 측정할 수 있는 것이 명백했다. 문제는 충분히 감도가 좋은 측정 장치만이 필요했다. 양자 역학은 미래에 대한 결정론적 견해를 단순히 무너뜨리고 물리학이 행하는 예언에 불확정성이라는 본질적인 요소를 가져왔다. 이것은 고전 물리학자가 갖는 자기가 바라는 만큼 정확하게 입자의 위치와 속도의 양쪽 모두를 측정할 수 있다고 하는 언뜻 보기에 순진한 신념이 옳지 않았기 때문이다. 양자역학에서는 측정 장치를 아무리 교묘하고 감도 좋게 만들었다고 해도, 달성할 수 있는 정확도에는 기본적으로 한계가 있다.¹⁹⁾

미시세계에서 개별적인 입자의 궤적은 결코 알 수 없다. 정확하게 말하면 결정할 수 없다. 이것은 우리의 인식 능력이나 과학적 장비의 불완전함이 아니라, ‘결정 불가능성’이 자연의 참 모습이며, 우리는 입자의 운동에 대해 확률적으로 인지할 수밖에 없음을 받아들여야 한다는 것을 불확정성원리는 강변(強辯)하고 있다.

결정론은 모든 일에는 우리가 알지 못하지만 반드시 원인이 있

19) T. Heny · P. Walters, 강석태 역, 『양자의 세계』, 대영사, 1993, pp.19-20.

다는 견해라면 비결정론은 원인의 존재를 부정하는 주장이라고 생각할 수 있으나, 그렇지 않다. 비결정론자는 일어나는 모든 일에 원인이 있다는 것은 당연한 일이라고 생각한다. 원인이 없다고 주장할 수 없고, 그렇게 주장하지도 않는다. 다만 인간 행위의 영역으로만 국한해야 한다고 주장한다. 그들은 인간의 행위는 원인에 의해 영향을 받을 수 있을 뿐 결정되지는 않는다고 생각한다. 즉 인간의 행위는 불가항력적인 원인으로 인한 결과가 아니며, 스스로 자신의 행위를 선택하고, 그 선택도 선행조건에 의해 결정되지 않는다고 생각한다.²⁰⁾

2) 과학철학에서의 ‘확률’ 과 여러 해석

우리는 확률을 균등한 가능성과 거의 동일한 개념으로 여기고 있는 경향이 있는 것 같다. 과학철학에서 ‘확률’에 대한 철학적 문제는 매우 중요하게 여겨지고 있다. 자연과학의 방법론을 한마디로 요약한다면, ‘귀납’이라고 말할 수 있고, ‘귀납’은 확률개념과 밀접한 관계가 있기 때문이다. 여기서는 확률에 대해 살펴보고자 한다.

확률이 자연과학의 방법론의 하나로서 수학적 논의를 떠나 실제로 적용되기 시작한 것은 18세기에 접어들면서이다.²¹⁾

새먼은 확률개념의 적합성을 위해서 용인가능성, 확정가능성, 적용가능성이라는 세 가지의 기준을 소개한다. 용인가능성은 확률의 수학적 표현(기호)이 가진 의미에 대한 조건이다. 그는 확률의 개념들이 수학의 형식적인 속성들을 위반해서는 안 된다고 말한다. 확

20) 존 호스퍼스, 이재훈 · 곽강제 역, 『철학적 분석 입문』, 담론사, 1997, p.487. 참조.

21) 베리 가우어, 박영태 역, 『과학의 방법』, 이학사, 2013, p.167. 참조.

정가능성은 확률의 정도를 나타내는 값들을 결정할 수 있는 방법은 존재해야 한다는 것이다. 그는 우리가 추구하는 확률은 우리의 예측을 뒷받침해 줄 수 있는 지침의 의미가 있음을 말하면서, 그것이 적용가능성이라고 한다. 그는 과학적 추론의 결과는 확률론적이지만, 과학적 추론 그 자체는 확정적이라고 말하면서, 과학적 확증은 확률론적이라고 말할 수밖에 없음을 인정하고 있다.²²⁾

또한 새먼은 같은 책에서 확률에 대해서 다섯 가지의 해석을 소개하고 있다. 첫째, 동일한 가능성을 지닌 여러 경우들 중에 선호 비율로 확률을 정의하는 고전적 해석이 있다. 여기서 '선호하는'이라는 표현을 사용하지만, 특정한 경우에 대한 호(好)불호(不好)를 말하는 것은 아니다. 예를 들어 옷을 던질 때, 개-선호되는 경우-가 나올 확률은 1/5이고, 동등한 가능성을 지닌 옷패는 모두 5가지가 된다. 이 해석의 난점은 '가능성possibility'과 '개연성probability'의 차이를 구분하기 힘들다는 점이다. 두 번째, 주관적 해석이 있다. 이 해석은 확률은 개인의 신념의 정도의 척도라고 생각한다. 그렇지만 주관적 해석은 의미있는 해석이라 하기 어렵다는 것은 쉽게 알 수 있을 것이다.

세 번째, 논리적 해석이 있다. 이 해석은 주관적 해석이 확률이 비록 실제로 신념의 정도가 될 수 없지만, 합리적인 신념의 정도는 측정할 수 있다고 생각한다. 확률연산을 위해서 납득할 수 있는 증거가 존재한다면, 합리적으로 정당화될 수 있는 확신의 정도는 측정할 수 있을 것이라는 것이다. 논리적 해석은 확률을 가능한 경우들에 대한 척도로 이해할 수 있다. 다만, 그 척도를 할당하는 것에 있어서 난점이 있다.

22) W. C. 새먼, 양승렬 역, 『과학적 추론의 기초』, 서광사, 1994, pp.114-6 참조.

네 번째, 주관주의적 해석의 단점을 극복하고자 하는 개인주의적 해석이 있다. 개인주의적 해석은 확률연산에 적합한 신념체계는 인정한다. 그렇지만, 이 해석 역시 개인적 신념과 현실과의 연계는 객관적인 척도가 있을 수 없다는 문제점이 있다.

다섯 번째, 확률은 일어날 수 있는 경우들에 대한 상도빈도의 극한값이라고 생각하는 빈도해석이 있다. 충분한 숫자의 주사위를 던지면 1이 나올 확률값이 1/6로 수렴한다는 것을 의미한다. 이 해석이 가장 만족할 만한 해석이기는 하지만, 새면이 지적한 대로 극한에 대한 진술을 검증할 수 있는가 하는 문제점이 있는 것도 사실이다.

3) 빈도로서의 확률개념과 양자역학적 확률개념

양자역학의 확률개념은 앞에서 소개한 새면의 다섯 가지 해석 가운데 빈도해석이 가장 유사하다고 생각한다. 이에 대해 좀 더 상세히 고찰해 보고자 한다.

확률의 빈도해석에 대한 주장은 벤다이어그램으로 유명한 벤과 퍼스가 유명하다.²³⁾ 벤은 어떤 사건이 일어날 확률은 사건들이 발생할 통계적 빈도라고 생각했다. 즉 인간의 믿음과 실제로 일어나는 사건은 서로 독립적이라는 입장을 취하고 있다.

퍼스는 3가지의 개연적 추론법을 제시했는데, 첫 번째, 일반적 통계에서 특정한 결론을 추론하는 방법, 두 번째, 계량적 귀납논증, 세 번째, 가설추론, 정성적 귀납이 그것이다. 여기서 확률빈도와 관련된 논의는 첫 번째와 두 번째의 논의이다. 이 두 논의 모두 표본

23) 베리 가우어, 박영태 역, 『과학의 방법』, 이학사, 2013, pp.296-302. 참조.

의 크기에 따라 확률값이 차이가 날 수 있다고 말한다. 즉 결론이 옳을 확률은 표본이 크기에 의해 좌우되며, 따라서 결론이 바뀔 수도 있음을 예측할 수 있다.

이제 보른의 확률해석을 빈도해석으로 설명될 수 있는가를 살펴보자. 양자역학의 확률개념을 벤과 퍼스의 빈도해석으로 고찰하고자 한다면, 여러 가지 난점에 부딪힌다. 먼저 논의하고자 하는 대상을 동일하게 대응할 수 없다는 점이 명백하다.

벤과 퍼스의 빈도해석은 두 가지를 고려해야 한다. 첫 번째 결과적으로 일어나는 사건들에 대한 동일한 가능성을 전제로 하고 있다는 점이다. 두 번째, 표본의 크기에 의해 확률값이 변할 수도 있다는 점을 인정한다. 즉 ‘이러한 유형의 논증에서 참인 전제가 참인 결론을 산출하는 횟수의 비율은 표본의 크기가 더 클수록 더 높아진다’는 것을 추정하거나 알고 있다는 점을 전제로 하기 때문이다.

이 사실을 양자역학적 사실에 대응시킨다면 다음과 같을 것이다. 우리는 관찰된 전자의 위치를 결과로 볼 수 있다면, 그 결과치는 다른 전자들이 가질 수 있는 위치값들과 동일한 가능성을 가지고 있어야 한다. 그리고 조사횟수에 따라 그 결과치(위치의 확률값)이 변할 수도 있다는 사실을 인정해야 한다.

보른의 확률해석에 대해서 좀 더 상세하게 살펴보자. 다음과 같은 사고 실험을 생각해보자.

상자 안에 전자 하나만 넣고 닫는다. 여기에서 전자를 파동이라고 생각하면 파동인 전자는 상자 안에서 어떤 범위를 가지고 존재하는 것이 된다. 실제로 슈뢰딩거 방정식을 사용해서 계산하면, 전자파는 시간의 경과와 함께 거의 균일하게 상자 속에 펼쳐지는 것을 알 수 있다. 여기서 판으로 상자 내부를 두 개의 공간으로 나

는다. 그러면 전자파도 두 개로 나누어진다. 만약 전자파가 수면의 파도 같은 것이거나 또한 구름처럼 얽혀 펼쳐져 있는 것이라면, 그 파동은 판자에 의해서 두 개로 나누어 질 것이다. 상자 안에는 한 개의 전자를 넣었다. 그러면 판자에 의해 분할된 전자파라는 것은 무엇인가? 보른은 앞서 사고실험을 이렇게 이해했다. 상자 안에 하나의 전자를 집어넣고 닫고 정중앙에 판자를 넣어 상자 속을 좌우로 나누면, 전자는 반드시 오른쪽이나 왼쪽에서 발견될 것이 분명하다. 좌우 양쪽의 공간에서 반쪽씩 나누어진 전자가 발견되는 것은 없다. 그러면 이 경우에 ‘나누어져 있다.’라는 것은 무엇인가? 그것은 전자가 좌우 어느 쪽의 공간에서 발견되는지의 ‘확률’이다. 즉 전자가 왼쪽의 공간에서 발견되는 확률이 1/2, 오른쪽에서 발견되는 확률이 1/2처럼 전체에서 하나가 되는 확률이 나누어져 있다.²⁴⁾

양자역학적 확률이란 것은 전자는 분명히 어느 쪽 공간에 존재하는 것은 확실하지만 둘 중 어느 쪽 공간에서 발견될 것인가를 확률로 계산할 수밖에 없다는 점을 말하고 있는 것이다. 확률값이 더 높은 곳에서 전자가 발견된 가능성이 많다는 것은 당연하다. 확률적으로 미래가 결정된다는 의미는 결코 아니다. 양자역학적 세계상이 확률적인 특징을 가지게 되는 것은 초기 조건에 대한 명확한 인식을 할 수 없다는 점에서 유래한다.

지금까지의 논의를 종합해보면, 양자역학에서 말하는 확률은 소립자의 초기 위치 값에 대한 확률적인 결과를 말하고 있다. 소립자의 미래 상태가 확률 값으로 주어진다는 의미는 아니다. 양자역학에서는 초기 위치와 속도가 확률 값으로 정해지고, 그 초기 조건에

24) 사토 가즈히코, 봉영아 역, 『양자론이 뭐야』, 비타민북스, 2006, pp.115-8 참조.

의한 진행 상태는 슈뢰딩거 방정식에서 예견한 그대로 진행되어 나간다. 그러므로 양자역학에서도 미래를 충분히 예측 가능하지만 결정되어 있지는 않다. 불확실한 초기조건으로 인해 어떤 확률값을 얻을지를 미리 결정할 수 없기 때문이다. 따라서 양자역학에서 말하는 ‘확률’은 어떤 특정한 사건이 일어날 것이라는 방향성 혹은 경향성이라 말할 수 있다.

거시세계에서 주사위를 던져서 나오는 숫자는 1/6의 동일한 가능성을 가지고 있다. 즉 미래에 대한 6개의 가능성을 예측한다. 그러나 미시세계에서는 거시세계에서 말하는 확률적 ‘예측’이라는 개념과는 다르게 초기 조건에 대한 부정확성으로 인한 미래의 가능성을 말하고 있다. 따라서 확률론적 세계관으로 표현하기에는 적절하지 않다.

4. 주체적 지향 그리고 양자역학적 세계관

1) 화이트헤드의 가능태 이론과 주체적 지향

필자는 양자역학의 확률개념을 화이트헤드의 가능태이론의 하나인 ‘주체적 지향’개념으로 고찰할 것이다. 왜냐하면, 양자역학의 확률 개념은 경향성, 방향성이라고 한다면, 화이트헤드의 주체적 지향 개념은 경향성과 방향성에 대해 적절한 설명을 제공할 것이기 때문이다.

우리는 화이트헤드의 주체적 지향 개념으로 양자역학의 확률 개

념을 살펴보기 전에 하이젠베르크는 확률에 대해 어떻게 생각하고 있는가를 다시 한 번 살펴보자.

양자론에 있어서 출발시점에 대한 확률함수가 관찰에 의해 규정되는 한, 우리는 이 이론의 법칙으로부터 나중의 일정한 시점에 대한 확률함수를 계산할 수 있다. 아울러 우리는 이런 방식에서의 측정이 측정될 크기에 대한 일정한 값을 준다는 사실에 대한 확률을 미리 규정할 수 있다. 예를 들어 우리는 확률에 대한 예언도 할 수 있는데, 이로써 나중의 일정한 시점에서 전자가 있게 될 안개상자의 일정한 지점을 발견할 수도 있다. **확률함수는 그 자체로서는 시간 속에서 사태의 경과를 서술하지 않는다는 사실에 주목해야 한다. 그것은 진행과정에 대한 경향, 그 가능성 혹은 이 과정에 대한 우리의 인식을 서술한다.** 확률함수는 그 본질적인 조건이 충족되었을 때, 환언하면 구조의 독특한 성질을 확정하기 위해 새로운 측정이나 관찰이 이루어졌을 때만 현실과 연관을 갖는다. 그럴 때 비로소 확률함수는 새로운 측정의 있을 법한 결과를 계산하도록 허용한다.²⁵⁾(굵은 서체는 필자의 임의대로 한 것임)

화이트헤드는 ‘주체적 지향’을 다음과 같이 설명한다.²⁶⁾

근거를 탐색한다는 것은 하나 내지 그 이상의 현실적 존재를 탐색하는 것을 말한다. 그 결과 과정에 있는 하나의 현실적 존재에 의해서 충족되어야 하는 조건들은 모두, 다른 현실적 존재의 ‘실재적인 내적 구조real internal constitution’에 관한 사실이나, 그 과정을 제약하고 있는 ‘주체적 지향subjective aim’에 관한 사실을 표현하고

25) 베르너 하이젠베르크, 구승희 역, 『물리학과 철학』, 도서출판 온누리, 2011, p.33.

26) 이하 주체적 지향에 대한 내용은 임진아, 「화이트헤드 유기체 철학과 양자역학적 세계상」, 경북대학교 철학과 박사학위논문, 2012, pp.106-110 참조.

있는 것이 된다. ... 주체의 생성을 통제하고 있는 '주체적 지향'은 자기 창조의 과정에서 어떤 명제를 실현시키려는 주목적의 주체적 형식을 가지고 있다.²⁷⁾

주체적 지향은 현실적 존재자가 여건을 수용하는 방식 혹은 경향이라고 말할 수 있다. 왜냐하면, 주체로서 작용하는 현실적 존재자는 수많은 여건 중에서 어떤 것을 수용할 것인가 하는 가능성은 수없이 존재하기 때문이다. 예를 들면 어느 한 시점에 두 개의 현실적 존재자가 존재하고 있다고 가정해보자. 그 시점에서는 두 개의 현실적 존재자의 차이를 구별할 수 없을 수도 있다. 그런데 한 현실적 존재자가 수용한 대상과 다른 현실적 존재자가 수용한 대상이 다를 경우, 각각의 현실적 존재자가 추구하는 만족상태는 다를 것이며, 만족이 끝난 이후에는 완전히 다른 존재자로 구분되게 될 것이다. 그래서 화이트헤드는 주체적 지향이 주체의 생성을 통제한다고 기술한 것이다.

2) 주체적 지향과 양자역학적 세계관

주체적 지향개념을 전자의 궤도를 예로 들어 살펴보자. 양자역학에서 '궤도'라는 용어는 사용할 수 없다. 왜냐하면 오늘날 물리학자들이 생각하는 정확한 원자모델은 원자핵 주변을 전자 구름이 둘러싼 모습으로 그려지고 있기 때문이다. 이 '전자의 구름'은 여러 개의 전자가 존재해서 그런 것이 아니라 한 개의 전자가 원자 주위의 어느 곳이나 존재할 가능성이 있다는 것을 말하기 위함이다. 앞에서 언급한 바와 같이 방정식을 풀어서 임의의 위치에서 전자

27) PR. pp.24-5/ 89-90.

가 발견될 확률값을 계산할 수 있을 뿐이다. 오늘날 고전적인 모델이나 심지어 보어의 원자 모델에서와 같이 명백한 위치를 알 수 없으므로, 양자역학에서는 ‘궤도’라 하면 전자가 존재할 확률이 가장 높은 곳이라는 의미로 이해할 수 있다.²⁸⁾

이 경우, 전자가 존재할 수 있는 각각의 위치는 ‘영원한 대상’에 대응할 수 있고, 전자는 하나의 현실적 존재자로 대응²⁹⁾시켜 생각할 수 있다. 영원한 대상은 시간에 초월해 있고, 가능태로서만 존재하기 때문에 현실적 존재자의 수용이 절대적으로 필요하다는 것은 잘 알고 있다.

세계의 과정을 구성하는 현실태가 모든 현실적 존재에 있어 그 한정(definiteness)의 가능태를 구성하는 다른 사물의 진입(ingression) 또는 관여(participation)의 가능태를 구성하는 것으로 간주되고 있다. 시간적인 사물들은 영원적인 사물에 관여함으로써 생겨난다.³⁰⁾

King은 “사회는 어떤 통계적 안정성을 보이는 원자적 사건들의 복합체이다. 사회는 질서를 만든다. 질서에 대응되는 ‘무질서’는 ‘어떤’이라는 자격에 의해 적용되는 예외상황이다. 그것은 가능성이 창발성이 되는 것으로 자유의 증거가 된다. 원자적 존재의 생성을 개별화하는 행위의 자유에 대한 요소는 어떤 의미에서 과정은 *causa sui*임을 함축할 것이다. 더욱이 개별화 혹은 종합화 하는 행위는 주

28) 가다야마 야수히사, 김명수 역, 『양자역학의 세계』, 전파과학사, 1997, p.149.

29) 우리가 지각할 수 있는 물체는 ‘현실적 존재자’라고 지칭할 수 없다. 화이트헤드의 용어로는 ‘사회’ 혹은 ‘결합체(nexus)’가 옳은 표현이지만, 여기서는 현실적 존재자와 사회 혹은 결합체와의 관계에 대해 언급하지 않았으므로 현실적 존재자로 표현했다.

30) PR. pp.39-40/ 118-9.

관적 통일(subjective unity)을 전제한다. 그것은 발단(inception)으로부터 원자적 창조를 지배한다.”³¹⁾라고 기술한다. 이 말을 미시세계에도 충분히 적용할 수 있을 것이다.

영원한 대상은 현실적 존재자가 자신을 수용해주시기를 바라면서 유혹(lure)할 수 있을 뿐이다. 그러므로 현실적 존재자인 전자는 자기의 위치를 결정할 수 있는 무한히 많은 가능성을 가지고 있다. 다만, 전자가 무조건 자기의 위치를 (무작위로) 결정하는 것은 아니다. 다른 현실적 존재자와의 관련 속에서 자신의 위치를 결정하여야 할 것이다.

전자에게 영향을 미칠 다른 현실적 존재자에는 어떤 것이 있을 수 있는가를 생각해보자. 전자는 매우 하위등급의 현실적 존재자(사회)이므로, 다른 여러 요인들의 직접적인 영향을 받을 가능성이 매우 높다. 예를 들면, 다른 전자들과의 상호관련성이 있을 수 있다.(이런 상호관련성은 인간의 관점으로는 전자들 간의 전자기력으로 드러난다.) 그러므로 전자는 모든 상황을 고려해서 가장 자신의 목적을 실현시키고자 하는 방향에 적합한 영원한 대상, 즉 위치를 결정하여 수용할 것이다.

이런 미시세계에서 일어나는 일들을 우리는 ‘확률’이라는 용어로서 설명할 수밖에 없을지도 모른다. 분명히 수많은 위치라는 영원한 대상은 순수한 가능태로서 존재하고 있으며, 그 가능태를 수학적으로 계산하기 위해서 우리는 파동함수의 확률해석을 하고 있을 뿐이며 수학적으로 파동함수의 절대값의 제곱으로 표현하는 것에 지나지 않을 수도 있을 것이다. 중요한 것은 일단 자신의 위치라는 영원한 대상을 수용한 전자는 수많은 다른 위치에 존재할 가능성

31) King. H. R., “A. N. Whitehead and the Concept of Metaphysics”, in *Philosophy of Science*, Vol. 14, No. 2. 1947, pp.138-9.

은 완전히 사라져 버리고 오직 그 위치에 존재한다는 현실만이 구체화되어 우리에게 드러나게 될 것이다.

현실적 존재자는 다른 현실적 존재자와 영원한 대상들을 여건으로 파악하면서 모든 여건들을 동일하게 수용하지 않는다. 다시 여건의 특징으로 “여건은 느낌 속의 구성 요소로서의 가능성이다. 따라서 ‘여건’, ‘대상’, ‘가능성’은 동의어”³²⁾가 될 수 있다. 그런데, 이미 대상이나 여건은 이미 확정적이며, 명확한 것이다. 어떤 현실태에 어떤 방식으로 언제 수용되는가 하는 것이 결정되어 있지 않은 상태로 존재한다.

앞에서 살펴본 전자의 궤도에 대한 설명에서 살펴본 바와 같이 주체적 형식은 현실적 존재자가 어떤 여건을 선택하는가를 알려주고, 주체적 지향은 그 방향성을 결정한다고 할 수 있다. 즉 현실적 존재자는 그 스스로 자체적으로 자신의 만족을 결정하고 그 만족을 실현하기 위해 나아간다는 받아들일 수 있을 것이다.

결정론이 붕괴되었다고 해도 우리는 뉴턴계와 양자역학은 결정론적 관점을 견지하고 있음을 살펴보았다. 양자역학에서 미래는 완전히 예측할 수 없으며, 예측할 수 있다고 해도 확률적으로만 진행될 것이므로 불확실할 것이라는 생각은 양자역학에서 말하는 ‘확률’개념의 의미를 제대로 알고 있지 않다는 것을 말한다. 불확정성원리가 말하고 있는 것은 상태를 측정 인식하는 데에만 확률과 불확정성이 있을 뿐, 상태의 진행은 결정론적³³⁾임을 잊어서는 안 된다.

그러므로 양자역학적 세계관을 단순히 ‘확률론적 세계관’ 혹은 ‘비결정론적 세계관’이라고 표현하기에는 적절하지 않다고 생각된다.

32) 정연홍, 『화이트헤드의 과정철학』, 충남대학교 출판부, 2004, p.98.

33) 소광섭, 『물리학과 대승기신론』, 서울대학교 출판부, 1999, pp.32-3 참조.

다. 필자는 조심스럽게 화이트헤드의 용어를 빌려 ‘가능태적 세계관’이라는 새로운 해법을 제시하는 것으로 이 장을 마칠까 한다.

5. 나가는 말

지금까지 고전역학적 세계관과 양자역학적 세계관이 물리학적으로 철학적으로 어떤 의미를 가지고 있는가에 대해서 살펴보았다. 고전역학은 뉴턴의 운동방정식을 통해서 거시세계 물체들의 미래를 예측한다. 결정론적 세계관을 근거로 하고 있기 때문에, 그의 방정식을 풀면 임의의 시간에 그 물체의 위치와 속도를 알 수 있다.

반면, 양자역학에서는 뉴턴의 운동방정식에 대응하는 슈뢰딩거의 파동방정식을 이용하여 미시세계 물체들의 운동에 대해 예측한다. 하지만, 미시세계는 하이젠베르크의 불확정성원리가 지배적으로 영향력을 행사하는 규모를 가지고 있다. 그러므로 우리는 전자의 위치와 속도를 동시에 정확하게 측정할 수 없다는 것을 인식하게 되었다. 이런 제약은 비록 슈뢰딩거의 파동방정식은 결정론적인 성질을 가지고 있으나, 우리는 전자의 미래 상태에 대한 정확한 값을 알 수 없게 되었다. 이런 특징을 일컬어 ‘확률론적 세계관’이라고 한다.

그렇지만, 수학이나 통계학의 확률개념과 ‘확률론적 세계관’에서의 ‘확률’개념은 결코 동일한 의미를 가진 용어가 아니다. 전자는 빈도, 혹은 동일한 가능성을 가진 여러 상태를 말하는 반면, 후자는 초기조건의 불명확성으로 인해 우리는 정확한 상태값을 알 수

없다는 점을 말하고 있다.

확률론적 세계관을 촉발시킨 하이젠베르크의 불확정성원리는 사람들에게 오해를 받고 있는데, 그의 불확정성원리는 결정론적인 법칙으로 환원할 수 없는 비결정론적 상태, 즉 확률론적 세계관을 확립하게 된 이론적 근거가 된다.³⁴⁾

거시세계와는 달리 ‘확률론적 세계관’이라는 탈-결정론적 세계관으로 전환하게 된 이유는 미시세계에서는 어떤 현상이 발생할 시간도 예측가능하지 않으며, 원자 주위에서 발견되어야 하는 전자의 위치값이 동일하지 않다는 점에서 기인할 것이다.

하지만 수학이나 통계학의 확률개념은 동일한 가능성을 가진 미래 상태와 발생할 사건의 빈도 개념인데 반해, 양자역학의 확률개념은 ‘지향’개념이 더 강하다는 점을 살펴보았다. 그러므로 미시세계를 ‘확률론적 세계관’이라고 표현하는 것은 적절하지 못하다고 생각된다.

화이트헤드의 가능태 이론 중에서 ‘주체적 지향’ 개념이 있다. 그것은 주체가 실현하고자 하는 이상을 의미하는데, 주체의 본성을 결정하는 매우 중요한 의미를 가지고 있다. 전자와 같은 현실적 존재자(사회)는 다른 현실적 존재자 혹은 영원한 대상과의 관계맺음을 통해 자신의 이상을 실현시켜 나간다. 그 관계맺음의 강도와 방식이 거시세계와 미시세계는 매우 상이할 것이다. 왜냐하면, 전자와 같은 미시세계의 현실적 존재자는 매우 낮은 등급의 현실적 존재자일 것이기 때문이다. 그래서 우리 인간의 인지영역에서는 거시세계와 미시세계의 관찰 가능한 물체들이 다른 방식으로 작용한다고 지각될 수도 있을 것이다. 그렇지만 화이트헤드의 현실적 존재자라는 사건개념으로 보면, 관계맺음의 강도와 영역의 차이가 있을

34) 스티븐 스티글러, 조재근 역, 『통계학의 역사』, 한길사, 2005, p.18. 참조.

뿐 관계맺음 속에 자신의 만족을 향해 쉽없이 추이해가는 것이 자연이다. 그러므로 결정론적 세계관과 확률론적 세계관의 대립이 아니라, 이 자연 그 자체가 거대한 현실적 존재자이며, 그 주체적 지향을 가지고 나아가고 있는 과정 중에 있다는 점을 말하고 싶다. 이에 양자역학적 세계관을 ‘가능태적 세계관’이라고 말할 수 있지 않을까 생각한다.

참고문헌

- Whitehead, A. N. *Process and Reality*. Edited by David Ray Griffin & Donald W. Sherburne, New York : The Free Press, 1978.(『과정과 실재』, 오영환 역, 민음사, 2011.)
- Aczel. A. D., 김형도 역, 『업힙』, 지식의 풍경, 2007.
- Cropper. W. H., *Great Physicists*, UK: Oxford University Press, 2001: 『위대한 물리학자 4』, 김희봉 역, 사이언스북스, 2007.
- Hartshorne, C., "Bell's Theorem and Stapp's Revised View of Space-Time", in *Process Studies* 7, no 3. 1977.
- J. P. 매키보이, 이충호 역, 『양자론』, 김영사, 2001.
- King. H. R., "A. N. Whitehead and the Concept of Metaphysics", in *Philosophy of Science*, Vol. 14, No. 2. 1947.
- Omnès. R., *The Interpretation of Quantum Mechanics*, Princeton, N.J., Princeton University Press, 1944.
- T. Heny · P. Walters, 강석태 역, 『양자의 세계』, 대영사, 1993.
- W.C. 새먼, 양승렬 역, 『과학적 추론의 기초』, 서광사, 1994.
- 다케우치 가오루, 김재호 · 이문숙 역, 『한권으로 충분한 양자론』, 전나무숲, 2010.
- 데이비드 린들리, 박배식 역, 『불확정성』, 도서출판 마루벌, 2009.
- 베르너 하이젠베르크, 구승희 역, 『물리학과 철학』, 도서출판 온누리, 2011.
- 사토 가즈히코, 봉영아 역, 『양자론이 뭐야』, 비타민 북스, 2006.
- 소광섭, 『물리학과 대승기신론』, 서울대학교 출판부, 1999.
- 스티븐 스티글러, 조재근 역, 『통계학의 역사』, 한길사, 2005.
- 임진아, 「화이트헤드 유기체 철학과 양자역학적 세계상」, 경북대학교 철학과 박사학위논문, 2012.
- 정영홍, 『화이트헤드의 과정철학』, 충남대학교 출판부, 2004.
- 존 호스퍼스, 이재훈 · 광강제 역, 『철학적 분석 입문』, 담론사, 1997.

[Abstract]

Whitehead's subjective Aim and World View of Quantum Mechanics

Yim, Jin-A (Kyung-buk national Univ.)

As for the quantum mechanics which began in a quantum hypothesis of beginning Planck in the 20th century, a human being brought big changes two kinds in the place that interpreted nature. It collapsed a deterministic view of the world that put base for the rough going dynamic way of thinking first. It is the fact that there are the second, critical point for the recognition of nature irrelevant to the human intellectual faculty.

It thought that we could completely know the motion of object(a particle)status using exercise of Newton equation. In other words, it thought position and the momentum of the current object to be can know the past and future status of the object precisely based on. When it is scientific determinism, it calls for such a thought. However, the various experiment results of the 20th century let you recognize that you could not look at nature in a deterministic accident(a thought). It substituted for the deterministic view of the world, and a probabilistic view of the world would be located, and, as for this new view of the world, it was established Uncertainty principle of Heisenberg in base. When the true meaning that his uncertainty principle had disseminates that it has limitation in a human being recognizing nature for the root, it is about time when it.

This report thinks to consider a probabilistic view of the world in the independent point concept of the available Potentiality of Whitehead.

The probability concept can talk with recursion if it summarizes methodology of the natural science to establish laws and theories for nature with a word, and recursion has close relation to probability concept. However, the concept of probability and Born which it talked about determines mathematics and statistical probability concept and Ψ of the wave equation of Schrodinger and is nonidentical. As for the probability concept, a thing called 'directivity' is appropriate to quantum mechanics. Then it is to point to what, and the directivity can speak a question called something. There is the point of Whitehead for the purpose of deciding the true character of the subject and means a purpose to think so that a subject comes true. It is judged that it cannot explain a quantum-mechanical unique view of the world in the concept called 'probability' enough, and it is thought that it may explain it in the point' concept of the subjective aim of Whitehead in this more properly.

Key-Words: Whitehead, Heisenberg, Schrödinger, Uncertainty Principle, Wave Equation, Probability Interpretation, Creativity, Subjective aim, Probabilistic view of the world, Determinism, Indeterminism.

접수일 : 2013년 11월 7일

심사기간 : 2013년 11월 15일 ~ 18일

게재확정일 : 2013년 11월 30일