

현대 물리학의 자연인식 방식과 과학의 합리성*

이 중 원**

자연을 인식하는 합리적인 과정은 과학이론을 통해 가장 잘 드러난다. 본 논문에서는 과학이론의 전형이라 할 수 있는 현대 물리학 이론 그 가운데서도 동역학 이론을 대상으로, 우선 이를 통해 자연을 인식하는 과정을 메타적으로 분석하여 모든 동역학 이론에 공통적이고 근본적인 인식구조를 밝혀 낸다. 이는 과학이론을 통한 자연 인식과정의 가장 일반적인 구조를 해명한다는 의미를 갖는다. 나아가 고전역학적 인식과정과 양자역학적 인식과정에 대한 구체적 분석을 통해, 근본적 인식구조의 동일성과 함께 양자 사이에 존재하는 차이를 드러내 보임으로써 고전역학과 양자역학 사이의 관계를 기존과 다른 방식으로 새롭게 설정할 것이다. 한편 과학이론에 의거하지 않는 일상적인 인식구조도 과학이론을 통한 일반적인 인식구조 안에 포섭될 수 있는지 그 가능성이 검토될 것이다. 이러한 분석의 결과를 토대로 과학적 합리성의 본성을 과학이론의 인식 구조적 측면에서 재조명한다.

【주요어】 인식구조, 경험표상영역, 대상서술영역, 상대, 고전역학적 인식과정, 양자역학적 인식과정, 인식구조적 합리성

1. 서언

과학은 어떤 합리적인 절차를 통해 사물을 분석하고 이해하는 대표적인 지식에 속한다. 그러한 합리적인 절차의 존재는 결과적으로 과학으로 하여금 자연 현상에 대한 신뢰할 만한 설명과 새로운 사실에 대한 성공적인

* 이 논문은 2000년도 과학문화연구센터의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

** 서울시립대학교 철학과 교수

예측을 가능토록 하며, 또한 경험적인 사실들로부터 지식 자체의 정당성을 확보할 수 있도록 만든다. 그러한 면에서 과학지식은 일상의 다른 지식들과 차별성을 갖는다고 말할 수 있다.

과학을 합리적인 지식체계로 보는 이 같은 견해가 매우 설득력 있게 받아들여지기 위해서는 과학의 합리성에 관한 충분한 분석과 해명이 필요하다. 사실상 이 문제는 논리 경험주의로 대변되는 20세기 서구 과학철학을 필두로 꾸준히 논의되어 왔던 주제이다. 그런데 여기서 한가지 짚고 넘어가야 할 점은, 기존의 연구성과들이 대체로 과학의 합리성을 과학이론의 논리적인 형식구조와 밀접히 연계시켜 도출해 내고 있다는 점이다.¹⁾ 자연에 대한 과학적 인식이 경험적인 현상자료를 추상적인 이론과의 관계를 통해 해석함으로써 이루어진다고 할 때, 과학이론의 이러한 논리적 구조를 규명하는 것은 필요하고 매우 의미 있는 일이다. 그러나 그것만으로 자연에 대한 잘 확립된 인식체계로서의 과학의 합리성을 충분히 이해하였다고 말하기 어렵다. 적어도 방법론 차원의 합리성과 관련하여 보더라도 단순히 과학이론의 논리적 구조에 관한 분석만으로는 불충분하며, 이를 넘어서서 과학이론을 통한 자연인식 과정이 어떻게 이루어지고 그 특성이 무엇인가가 밝혀져야 한다. 즉 과학적인 인식과정은 무엇이고 그것의 합리적 특성은 어디서 연유하는가를 분석하는 것이 과학의 합리성을 온전히 규명하는데 필요하다.

이를 위해서는 대표적인 과학이론을 통한 자연 인식과정에 대해 구체적이고 면밀한 분석이 필요하다. 물리학은 역사적인 발전 맥락에서 보나 인식의 구조적 특성에서 보나 자연 인식과정의 합리성을 가장 잘 보여주는 전형적인 과학지식으로 평가된다. 뉴턴의 고전물리학, 20세기의 양자물리학 모두는 자연현상에 대한 인식이 어떤 합리적 절차를 통해 이루어지며,

1) 과학의 합리성에 관한 방법론 차원의 몇몇 연구성과들이 이에 해당한다. 가령 과학이론의 논리적 구조에 대한 분석, 현상의 설명 및 예측에 대한 해명, 추상적인 과학이론의 경험적인 유의미성 및 확증의 문제, 과학이론들 간의 환원 문제 등이 그것들이다. 이에 대해서는 다음의 글들을 참조할 것. R.Carnap(1956); C. Hempel(1965); E. Nagel(1961). 과학이론의 논리적 구조분석과 관련해서는 과학이론에 관한 구문론적 관점과 의미론적 관점을 상세히 분석한 다음의 글을 참조할 것. F. Suppe(1977).

그러한 과정이 어떠한 방식으로 점점 세련화되어 가고 있고 그럼으로써 자연현상에 대한 정보가 얼마나 풍부해지는가를 생생하게 보여준다.²⁾ 따라서 현대물리학의 핵심 이론들이 지닌 자연 인식과정을 분석하는 것은, 과학적인 인식과정의 구조와 특성을 규명하고 이를 통해 과학지식이 갖는 합리성의 근거를 밝히는 데 좋은 표본이 될 것이다.

2. 자연 인식과정의 일반적 특성

2.1 대상과 인식주체 구분의 유동성

일반적으로 대상에 대한 인식이란 인식자인 인간이 경험과 관념을 통해 우선 대상 사물을 접하고 그 인식의 결과를 (경험적이건 추상적이건) 언어로 표현한 후, 그 언어적 표상들을 하나의 잘 짜여진 지식체계로 구성해 내는 과정을 통해, 세계에 관한 (단순한 것에서 복잡한 것에 이르는) 무수한 인식 정보들을 얻어내는 절차로 진행된다.

너무도 당연한 이야기지만, 이 과정에서 가장 일차적인 작업은 인식대상과 인식주체를 명확히 구분하는 것이다. 우선 우리가 관심을 갖고 있는 문제의 대상을 인식대상으로 확정하고 나면, 관측자인 인간을 포함하여 문제의 대상을 인식하기 위한 일련의 모든 인식적 장치들 전체는 하나의 인식주체³⁾로 간주된다. 여기서 인식주체가 인간으로만 규정되지 않은 까닭은, 일단 관측하고자 하는 대상이 설정되고 나면, 결국 이 대상을 인식하기 위해 사용되는 모든 인식적 도구들(바로 관측장치들)은 관측자인 인간의 연

2) 고전역학, 양자역학 그리고 상대론 역학은 특정의 대상 혹은 특정 부류의 물리 현상을 설명하는 개별 이론이 아니다. 즉 적용영역이 다른 개별이론들이 아니며, 동일한 대상에 대해서 그 인식 방식을 달리하는 근본적인 이론들로서 사물을 인식하는 기본적인 인식틀을 제공한다. 이러한 근본이론들은 인식구조 측면에서 공통의 어떤 구조적 특성을 지니고 있으며, 동역학 이론이란 바로 이러한 근본이론들을 통칭하는 메타적 개념이라고 말할 수 있다. 자세한 내용은 장희익(1990), 김재영(2000) 참조

3) 그러한 의미에서 장희익 교수는 이를 '집합적 인식주체'라 명명하고 있다. (장희익(1998), pp.13-15.)

장선상에서 대상으로부터의 물리적 자극을 인간이 인지가능한 형태의 정보로 전환하는 역할을 수행하기 때문이다. 다시 말해 관측장치는 대상으로부터의 물리적 자극에 반응하여 그 결과를 최종적으로 인간에 의해 지각가능한 정보의 형태(관측장치의 눈금값)로 바꾼다는 측면에서, 정보의 객체가 아닌 정보의 주체로 볼 수 있다. 정리하면 우리의 인식목표와 관련하여 인식대상이 먼저 설정되고, 인식주체는 인식대상에 상대적인 방식으로 규정된다고 하겠다.⁴⁾

한편 직접적으로 지각가능한 일상적인 경험세계를 대상으로 하는 경우, 별도의 특별한 인식장치들이 필요하지 않은 까닭에 인식주체가 자연스럽게 인간으로 설정될 수 있다. 그러나 이는 어디까지나 특수한 경우에 성립하는 결과라는 사실이 중요하다. 앞으로 물리학의 자연 인식과정에 대한 분석에서 살펴보겠지만, 인식대상을 거시경험세계와 더불어 미시세계와 초거시세계 모두를 포함하는 일반적인 경우로 확대하는 경우, 인식대상과 인식주체에 관한 전통적인 방식의 구분은 적절하지 못하다. 따라서 일상적인 사물 인식과정에서 나타난 특성을 일반화하여 보다 고차적인 자연 인식과정에 적용한다면, 그것은 일반화의 오류를 범하는 것으로 볼 수 있다. 결론적으로 자연 인식과정에서 인식주체의 존재단위는 전통적인 의미에서의 자연인에 국한되지 않으며, 대상과 인식주체의 구분 역시 우리의 인식목표가 무엇인가에 따라 매우 유동적이라고 말할 수 있다.⁵⁾

4) 이러한 관점은 인식주체에 관한 전통적인 관점과 구별된다. 전통적인 관점에 따르면, 인식주체는 인간으로 한정되며 문제의 대상을 인식하는데 필요한 도구들은 해당 대상과 상호작용하는 외부세계의 존재자들로써 인식주체에 포함되지 않는다. 이는 인식주체를 자연인에 국한하고 인간 밖의 모든 존재자들을 그것의 인식적 기능과 상관없이 모두 대상영역의 한 요소로 간주하는 인간중심적인 사고의 귀결이다. 이에 관한 보다 상세한 논의는 다음을 참조할 것. 이 중원(1997), pp.190-199.

5) 가령 대상 A와 측정장치 B, 그리고 인간 C가 있다고 할 때, 만약 A만이 인식대상에 포함된다면, B와 C는 대상 A에 관한 정보를 수집하는 인식주체로 귀속된다. 반면 만약 A와 B가 인식대상에 포함된다면, C만이 A와 B로 구성된 통합계의 정보를 수집하는 인식주체가 된다. 이 경우 B는 더 이상 유의미한 경험적 정보를 산출하는 측정장치가 아니라, A와 물리적으로 상호작용하는 또 하나의 대상이 된다. 그러나 그 어떤 경우이건 C가 획득한 A에 관한 최종

2.2 인식주체 내부의 인식구조

대상이 일단 설정되고 나면 인식주체는 문제의 대상과의 물리적 접촉 (곧 관측)을 통해, 일차적으로 대상에 관한 관측정보를 얻게된다. 여기서 관측정보는 인식주체의 일부인 관측장치 상에 나타난 감각지각의 자료(가령 지시능금의 값들)로서, 대상으로부터의 물리적 신호가 인식주체 안에서 각인된 결과를 가리킨다. 이 정보는 경험적인 언어로 서술되며 대상에 관한 경험적 정보가 된다. 이들은 인식주체 안에서 대상과 관련된 경험적 정보공간을 구성한다.

한편 대상은 인식주체가 관측을 통해 대상에 대한 경험정보를 얻게 되면, 관측에 따른 반사작용으로 어떤 특정한 물리적 상황에 실제로 놓이게 될 것이다. 그런데 대상에서 발생가능한 실제적인 모든 물리적 상황들을 이처럼 관측결과를 통하지 않고는 우리가 직접적으로 인지할 수 없으므로, 이를 서술하기 위해서는 별도의 서술장치가 필요하다. '상태' 개념이 바로 그것인데, 이는 어떤 물리적 속성을 지닌 대상⁶⁾에서 발생가능한 실제적인 물리적 상황을 서술하기 위한 이론적 장치이다. 이는 대상의 물리적 상황과 관련한 경험적인 관측정보들과 특정한 방식의 관련을 갖지만, 더 이상 경험적인 언어로 서술되지 않고 개개의 이론 안에서 특정한 방식으로 규정된다. 이러한 상태정보는 물론 인식주체 안에서 대상에 관한 이론적 서술공간을 구성한다.⁷⁾

적인 정보는 인식적으로 동일하다. 이에 관한 자세한 논의는 다음을 참조할 것. 이증원(1997), pp.81-87.

- 6) 인식과정에서 대상의 설정은 문제의 대상이 지닌 물리적 속성에 대한 규정을 통해 이루어진다. 그런데 여기서 유의할 점은 대상의 물리적 속성에 대한 규정이란 사실상 특정의 개념체계에 의존하여 이루어지는 추상화 작업이라는 점이다. 대상 자체의 물리적 속성에 우리가 접근할 수 있는 방법이란 관측뿐인데, 일반적으로 관측결과들은 대상의 속성을 있는 그대로 충실하게 반영한다고 볼 수 없다.
- 7) 대상에 관한 이론적 서술공간 안에는 가장 핵심적인 상태정보 외에도, 이러한 상태의 규정방식 및 변화 그리고 의미규정과 관련된 정보들이 포함되어 있다. 바로 대상의 물리적 속성에 관한 규정, 상태의 시간에 따른 변화를 주도하는

이들 두 정보집합은 일반적으로 인식적·의미론적·논리적 측면에서 그 특성이 다르다. 우선 관측정보는 특정 순간 인식주체가 대상과 접촉하여 얻은 관측결과라는 현재적 의미만을 갖기에 미래의 사건 발생이나 시간에 따른 인과적 변화 등과 아무런 상관이 없지만, 반면 상태정보는 주어진 조건에서 다음의 관측결과의 발생을 예측하는 미래지향적·시간연속적·인과적 의미를 갖는다. 또한 관측정보가 자체로 경험적인 의미를 갖고 그것들의 집합이 불리안적인 대수구조의 논리적 특성을 갖는데 반해, 상태 정보는 특정한 의미론적 규칙을 통해서만 경험적 의미가 부여되며 그것들의 집합은 특별한 경우를 제외하고는 일반적으로 비불리안적 대수구조의 논리적 특성을 지닌다.

정리하면 이들 두 부류의 정보들은 인식주체 안에서 대상에 대한 경험적 표상(이하 '경험표상영역')과 대상에 대한 이론적 서술(이하 '대상서술영역')을 위한 별개의 이질적인 정보공간들을 구성한다.⁸⁾ 그렇다면 이들 두 공간 사이에는 어떤 관계가 성립하는가? 이는 곧 자연 인식과정에서 인식주체 내부에 존재하는 인식구조를 규명하는 일이 된다. 이를 규명하기 위해 상태가 관측정보와 관련을 맺는 일반적인 방식에 관한 분석이 우선 필요하다. 일반적으로 상태는 관측이 이루어지는 순간에는 해당 관측정보와 일대일 대응관계를 갖지만, 관측이 일어나는 순간을 제외하고 나면 일반적으로 관측정보와 일대일 대응관계를 갖는다고 말할 수 없다.⁹⁾ 좀더

상태변화 방정식에 관한 정보, 추상적인 상태정보를 관측정보와 의미론적으로 연결짓는 해석규칙에 관한 주장들이 포함된다.

- 8) 장희익 교수는 같은 맥락에서 이들을 각각 '경험표상영역'과 '대상서술영역'이라고 부르고 있는데, 앞으로 이 표현을 따르기로 하겠다. 장희익(1998) pp.7-11.
- 9) 이는 사실상 대상의 상태를 어떻게 설정할 것인가의 문제와 관련을 갖는다. 만약 대상의 상태를 대상에 관한 관측치들에 의거하여 규정(명시적 혹은 조작적 정의)하는 경우, 관측여부에 상관없이 상태와 관측정보 사이에 언제나 일대일 대응관계가 성립할 것이다. 그러나 상태가 경험적인 관측정보들과 특정의 의미론적 해석규칙을 통해서만 관련을 갖는 추상적인 존재자로 규정되는 경우, 이러한 일대일 대응관계가 일반적으로 성립한다고 말할 수 없다. 물리학에서 보면 전자가 고전역학을 통한 상태규정 방식이라면, 후자는 양자역학을 통한 상태규정 방식에 해당한다.

엄밀히 말하자면 관측 순간 인식주체가 특정의 '관측결과'를 경험적 정보로 얻었다면 대상은 이에 대응하는 '상태'를 이론적 정보로 부여받는 방식으로, 관측 순간 양자사이에 일대일 대응이 이루어진다고 말할 수 있다. 그러나 관측이 없는 경우 두 공간은 보다 복잡한 논리적 대응 관계를 갖는 이질적인 두 공간으로 남아 있다. 결국 두 공간은 인식주체 내에서 하나의 중층적 구조를 형성하고 있다고 말할 수 있다.

3. 현대 물리학 이론의 자연 인식방식

3.1 인식구조 안에서의 정보 흐름

앞서 논의된 인식구조는 과학이론, 그 가운데서도 물리학 이론을 통한 자연 인식과정에서 보다 분명하게 드러나며, 동시에 그러한 자연 인식과정 자체를 명료히 이해할 수 있게 한다. 물리학은 경험과 추상 즉 수학적 이론과 경험적 관측의 적절한 융합을 통해, 자연을 매우 합리적으로 인식하는 대표적인 과학이론이다. 물리학 이론 가운데서도 특별히 동역학 이론¹⁰⁾, 가령 뉴턴의 고전물리학, 양자물리학 그리고 상대론물리학은 합리적 인식과정의 결정체라고 말할 수 있다. 따라서 이들을 통한 자연 인식과정에 내함된 인식구조를 찾아낸다면, 이는 과학이론 일반이 지닌 합리성의 좋은 근거가 될 것이다.

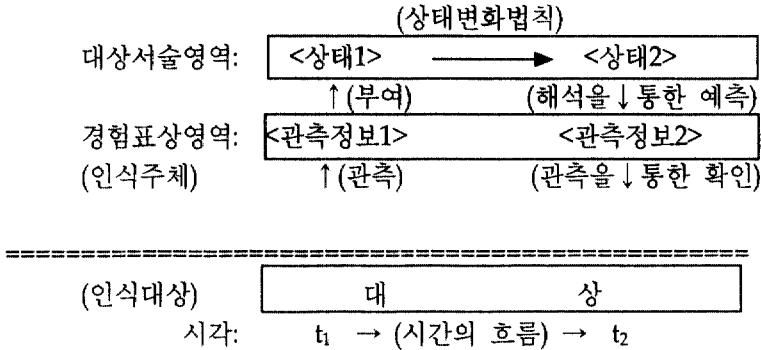
일반적으로 동역학 이론은 그것이 고전역학이건 양자역학이건, 다음의 4가지 기본적인 요소들로 구성되어 있으며, 이들은 동역학 이론을 통한 자연 인식과정에서 '대상서술영역'을 구성하게 된다. 첫째는 인식대상으로 설정된 대상의 물리적 특성을 서술하는 동역학적 특성함수로서, 대상을 구성하는 요소들이 필연적으로 지니는 불변적 속성과 이들 요소들 사이의 물리적 관계 등 대상의 존재론적 특성을 수학적으로 표상한다.¹¹⁾ 둘째는 문

10). 동역학 이론이란 대상 물체가 특정한 물리적 조건하에서, 예를 들어 힘의 작용 혹은 에너지의 영향하에서 어떻게 변화하는가를 기술하는 기본적인 사물 인식 방식의 하나이다. 따라서 동역학 이론 개념은 특정한 이론을 지칭하는 개념이 아니며, 공통의 구조적 특성을 지닌 일군의 이론들을 통칭하는 메타적 개념이다. 참조 : 장희익(1990), pp.88-95.

제의 대상이 가질 수 있는 가능한 모든 물리적 상황(상태)들을 서술하는 동역학적 상태(dynamic state)개념이다. 이는 해당 동역학적 특성을 지닌 대상에서 발생 가능한 모든 물리적 상황들 곧 대상의 운동 및 변화를 서술하는 이론적 장치이다. 이의 본질적이면서 가장 중요한 기능은, '경험표상영역'의 정보들에 대해 현재의 관측결과로부터 미래의 관측가능한 결과들에 대해 의미있는 예측을 수행하는 것이다. 셋째는 이러한 동역학적 상태의 시간에 따른 변화를 규정한 상태변화 방정식, 소위 동역학의 운동방정식이다.¹²⁾ 여기서 상태의 변화는 대상의 물리적 특성을 서술한 동역학적 특성함수에 의존하며, 대상에 대한 관측이 행해지지 않는 한 대상서술 영역 안에서 이 방정식에 따라 연속적이고 결정론적(deterministic)으로 이루어지는 특성을 지닌다. 다시 말해 초기의 상태가 결정되면, t 초 이후 대상의 상태는 운동방정식으로부터 일의적으로 결정된다. 그리고 마지막으로 동역학적 상태들을 대상에 대한 경험적 관측정보와 연결시켜 현상에 대한 설명과 예측을 가능케하는 해석규칙이다.¹³⁾

이러한 요소들로 '대상서술영역'이 구성되고 나면, 동역학 이론을 통한 자연 인식과정은 인식구조 안에서 일반적으로 다음과 같은 정보 흐름을 따르게 된다.¹⁴⁾

-
- 11) 이는 흔히 해밀토니안(Hamiltonian) 혹은 라그랑지안(Lagrangian)의 형태로 서술된다. 해밀토니안은 운동에너지와 위치에너지의 합으로, 라그랑지안은 운동에너지에서 위치에너지를 뺀 것으로 정의된다. 참조 H.Goldstein(1978), pp. 14-18.
 - 12) 고전역학에서는 뉴턴(Newton) 방정식이, 양자역학에서는 슈뢰딩거(Schrödinger) 방정식이, 그리고 일반상대론 역학에서는 아인슈타인의 장방정식이 이에 해당한다.
 - 13) 양자역학의 경우 보른(M.Born)의 해석규칙이 이에 해당한다. 그러나 고전역학의 경우 전통적으로 해석규칙이 필요하지 않는 것처럼 인식되어 왔는데 이는 잘못이다. 고전역학에서의 상태 개념도 엄연히 이론적 개념으로서 경험적인 의미부여를 위해 해석규칙이 필요하다. 다만 고전역학에서 동역학적 상태정보와 관측정보가 일대일 대응관계를 지니기 때문에 그것을 사용할 필요를 못 느낄 뿐이다. 보른의 해석규칙에 대해서는 다음을 참조. M. Jammer(1974), pp. 38-44.
 - 14) 장희익(1998), p.8.



3.2 고전역학의 자연 인식방식

간단한 사례, 즉 높이 h 에 정지해 있는 질량 m 의 사과가 중력장에서 자유 낙하하여 t 초 후에 지면에 떨어지는 고전적인 자유낙하 운동 사례를 통해 이를 분석해 보자.

사과를 대상으로 설정하면 이의 동역학적 특성함수, 즉 대상의 해밀토니안은 중력장에서 질량 m 을 가진 사과의 중력 위치에너지와 운동에너지의 합으로 주어진다. 다음으로 대상의 고전역학적 상태는 일반적으로 위치와 운동량의 값들로 규정된다. 위 사례의 경우 사과가 자유낙하 운동을 하므로, 이와 관련한 관측가능한 물리량(혹은 물리적 변수)은 수직방향의 위치(y)와 운동량(py)이 되며, 따라서 사과의 고전역학적 상태는 이들 물리량들의 값들에 의거하여 규정된다. 즉 $w(t)=(y(t), py(t))$ 로 기술된다. 그런데 이들 물리량들의 값은 실제로 이들에 대한 관측결과들로 주어지더라도 큰 문제가 발생하지 않는다. 이는 '상태'와 '관측정보' 사이에 언제나 일대일 대응관계가 성립하는 방식으로, 대상의 상태가 규정되고 있음을 의미하는 것에 다름 아니다.¹⁵⁾ 이는 매우 특수한 경우에 해당한다.

15) 이를 다음과 같이 해석하는 것은 잘못이다. 고전역학적인 물리적 상황에서 측정장치가 대상에 가하는 영향을 무시할 수 있기에 측정값 자체를 사실상 대상에 실재하는 값의 반영으로 볼 수 있다는 것이다. 다시 말해 위치와 운동량과 같은 물리량들은 대상에 실재하는 물리적 성질로 간주되며, 고전역학적 상태는 대상 실재의 값을 표상하는 것으로 해석될 수 있다는 것이다. 그러나 이

이제 사과와 현재(초기, 곧 $t=0$ 인 시점) 상태를 지정하기 위해, 사과와 자유낙하 운동을 관측할 측정도구로서 자와 속도계를 가정하자. 여기서 자와 속도계는 물론 대상인 사과로부터의 물리적 자극을 인간에게 인지가 가능한 형태의 정보로 전환한다는 측면에서, 인식주체의 일부로 기능한다. 자와 속도계를 통한 관측결과들은 사과와 초기 상태 곧 <상태1>을 규정하는데 참여하며, 그 결과 초기상태 $w_1=w(0)=(h, 0)$ 으로 기술된다. 다시 말해 인식주체가 “사과가 시각 0에서 h 높이에 정지해 있다”는 <관측정보1>을 얻었다면, 대상인 사과는 이에 대응하는 <상태1> 곧 $w_1=w(0)=(h, 0)$ 을 부여받은 셈이다. 이렇게 설정된 상태들은 뉴턴의 운동방정식에 따라 연속적이고 결정론적으로 변화하게 된다. 상태변화 방정식인 뉴턴방정식을 풀면, 우리는 이후 임의의 시각에서 사과와 상태 곧 $w(t) = (y(t), py(t))$ 를 일의적으로 결정할 수 있다. 이로부터 시각 τ 에서의 사과와 상태, 곧 말기 상태인 <상태2> $w_2 = w(\tau) = (y(\tau), py(\tau))$ 를 얻게 된다.

이 <상태2>에 해석규칙을 적용함으로써 우리는 시각 τ 에서 발생하게 될 현상(<관측정보2>), 즉 “사과가 시간 τ 에 $(2gh)^{1/2}$ 의 속도로 땅에 떨어졌다”는 현상을 예측할 수 있게 된다. 그런데 여기서 한 가지 주의할 점이 있다. 그것은 일반적으로 임의의 시각 t 에서의 상태에 대한 해석으로 우리가 얻을 수 있는 것은, 이 시각에 발생 가능한 현상(혹은 사건)에 대한 예측뿐이라는 점이다. 다시 말해 상태 $w(t)$ 가 우리에게 제공하는 것은, 사실상 실제적인 측정이 이루어지지 않은 상황에서, 시각 t 에서 발생 가능한 현상에 대한 이론적인 예측능력이다. 따라서 만약 문제의 시각 t 에서 실제로 어떤 일이 일어났는가를 알고자 한다면, 그 시각에서 대상인 사과와 운동을 직접 관측해야 한다.

이러한 분석을 토대로 우리는 고전역학적인 자연 인식과정이 다음과 같은 특성을 갖고 있다고 정리해 볼 수 있다. 첫째 대상의 상태변화가 측정

러한 주장은 적어도 고전역학 이론 그 자체로부터 정당화가 곤란한 두 가지 가정에 의존하고 있다. 하나는 위치와 운동량과 같은 물리량들이 대상에 실재한다는 형이상학적 가정이고, 다른 하나는 모사적 측정에 대한 가정이다. 이러한 가정들은 그 자체로서 매우 부담스러운 뿐 아니라, 보다 일반적인 양자역학이나 상대론 역학으로 올수록 받아들이기 곤란한 가정들로 평가받고 있다.

을 전후해서도, 사실상 관측 수행여부에 상관없이 연속적인 것으로 나타난다는 점이다. 앞서도 강조하였듯이 관측이란 인식대상과 인식주체 사이에서 실질적인 정보교환이 이루어지는 과정으로서, 관측이 수행될 경우 인식주체는 특정의 새로운 관측정보를 얻게 되고 대상은 다시금 이에 상응하도록 새로운 상태를 부여받게 된다. 이 때 새로운 관측을 통해 대상에 새롭게 부여된 상태는, 일반적으로 문제의 관측 이전에 운동방정식을 통해 결정된 관측직전의 대상의 상태와 동일하다고 말할 수 없다.(관측이란 일반적으로 대상에 대한 무해한 개입이 아님을 상기하자.) 그럼에도 불구하고 고전역학적 인식과정 안에서 두 상태는 매우 특이하게도 일치하는 것으로 나타나고 있다. 좀더 엄격히 말한다면 양자가 일치하도록 대상에 상태를 부여하는 방식이, 고전역학적인 자연 인식과정의 중요한 특성이라고 말할 수 있다.¹⁶⁾ 둘째 고전역학적인 인식과정 안에서는 ‘대상서술영역’의 <상태정보>와 ‘경험표상영역’의 <관측정보> 사이에는 언제나 일대일 대응관계가 성립한다는 점이다. 달리 말해 ‘대상서술영역’의 상태정보들의 집합과 ‘경험표상영역’의 관측정보들의 집합이 구조적으로 동형적이다. 이는 바로 고전역학적 상태가 아예 위치와 운동량이라는 한 조의 관측가능한 물리량들에 대한 관측치로 특별하게 정의된 결과이다.

그런 까닭에 고전역학의 인식과정에서 두 인식공간들의 구조적 관계는 명료하게 나타나지 않는다. 오히려 양자역학의 인식과정에 와서 비로소 그 구분이 명료하게 드러나고, 이로부터 역으로 고전역학의 인식과정 안에서도 이러한 구조적 특성이 매우 특수한 형태로 엄연히 존재하고 있음을 알게 된 셈이다. 이제 고전역학적인 자연 인식과정에 비해 훨씬 일반적인 양자역학적인 자연 인식과정을 분석하여, 이 점을 분명하게 드러내 보자.

16) 자와 속도계와 같은 장치를 통한 관측행위가 대상에 끼치는 영향이 실질적으로 무시할 수 있을 정도로 미약하기 때문에, 이러한 일이 가능하다고 주장하는 입장들이 있을 수 있다. 그러나 이 주장을 정당화하기란 그리 쉽지 않다. 따라서 이러한 상황 자체를 고전역학적인 자연 인식방식의 고유한 특성으로 간주하는 것이 바람직하다.

3.3 양자역학의 자연 인식방식

양자역학을 통한 자연 인식과정은 지금까지 알려진 것들 가운데 가장 세련된 형태를 띠고 있다. 즉 일상적인 사물 인식과정이나 고전역학적인 자연 인식과정과 비교해 볼 때, 가장 일반적인 전형을 드러내고 있다. 그러한 까닭에 2절에서 논의된 자연 인식과정의 일반적 특성은, 양자이론에서 가장 명확하게 드러난다고 해도 과언이 아니다. 이제 양자역학적인 자연 인식과정이 어떠한 절차를 통해 진행되는지 살펴보자.

우선 설정된 대상의 동역학적 특성은 고전역학의 경우와 마찬가지로, 동역학적 특성함수와 부수된 경계조건이라는 수학적 언어로 표현된다. 다만 고전역학의 경우 동역학적 특성함수에 포함되는 관측가능량이 특정한 값을 갖는 물리적 변수로서 설정되어 있는 반면, 양자역학의 경우 그것이 연산자(operator)로서 설정되어 있다는 점이 다르다. 일반적으로 연산자는 수치적 값을 갖는 변수 개념이 아니다. 따라서 양자역학의 경우 관측가능량은 고전역학의 경우와 달리 더 이상 수치적 값을 가질 수 없다. 그것은 대상의 상태와 특정한 관계 맺음으로써만 어떤 의미있는 경험적 정보를 제공하는, 매개적 역할만을 할뿐이다.

양자역학적 상태는 고전역학의 경우처럼 관측가능한 '한 조의 물리량들(의 값)'로 규정되지 않는다. 양자역학적 인식과정에서 위치와 운동량과 같은 관측가능한 물리량들의 값은 더 이상 미래의 상황을 규정하고 예측하는데 아무런 쓸모가 없기 때문이다. 그렇다면 대상의 양자역학적 상태는 어떻게 정의하고, 대상이 취할 수 있는 가능한 상태들은 어떻게 구하는가? 문제의 현상과 관련된 관심있는 관측가능량이 정해지면, 대상의 양자역학적 상태들은 소위 고유치 문제(eigenvalue problem)로부터 구해질 수 있다.¹⁷⁾ 가령 관심을 두고 있는 문제의 관측가능량을 A 라고 한다면, 이와

17) 원칙적으로 대상의 특성을 서술하는 특성함수는 하나의 변수만으로 구성되지 않기 때문에, 대상의 상태는 문제의 물리량 변수 하나만으로 완전하게 결정되지 않는다. 서로 양립가능한 변수들의 완전한(complete) 집합을 만들 때에만, 즉 완전한 집합을 구성하는 서로 양립가능한 관측가능량들을 통해서만 대상의 상태는 완전하게 결정될 수 있다. 예를 들면 수소원자의 경우 에너지, 각운동량, 스핀 물리량이 완전한 집합을 구성하는데, 이들 변수들을 통해서만 수소원자의 상태가 완전하게 결정될 수 있다. 그러나 본 논의에서는 편의상 하

관련된 대상의 가능한 고유상태들은 아래의 관계식으로부터 모두 구해진다.

$$A | a_n \rangle = a_n | a_n \rangle$$

여기서 A 는 관측가능한 물리량 A 를 연산자의 형태로 표현한 것이며, a_n 은 연산자 A 와 관련한 고유값을 나타내고, 그리고 $|a_n\rangle$ 는 대상의 고유상태를 표현한 고유벡터를 가리킨다. 여기서 고유치는 문제의 관측가능량 A 를 통해 대상을 관측할 때, 인식주체의 일부인 관측장치 상에 나타난 관측결과를 가리킨다.¹⁸⁾ 이렇게 본다면 결국 고유치 문제란 관측가능량 A 를 통해 대상을 관측한 결과로 인식주체(그 일부로서의 관측장치)가 a_n 이라는 값을 얻었다면, 그 순간 대상은 이 값에 대응하는 고유상태 $|a_n\rangle$ 으로 표현되는 물리적 상태에 있게 됨을 의미한다고 말할 수 있다. 즉 관측을 통해 정보 a_n 이 발생하는 '인식주체'와 이 정보에 대응하여 상태 $|a_n\rangle$ 이 부여되는 '대상'사이의 상관관계를 표현한 것으로 해석할 수 있다. 결과적으로 고유치들은 '경험표상영역'의 관측정보를 구성하는 반면, 고유벡터 및 이의 선형결합은 '대상표상영역'의 상태정보를 구성하게 된다

한편 관측가능량 A 와 연관된 고유벡터들은, 보통 힐버트 공간(Hilbert space) 안에서 직교 좌표계의 좌표축에 대응되는 단위 방향벡터, 소위 기저벡터(basis vector)로 설정된다.¹⁹⁾ 가령 고유벡터들을 $|a_1\rangle, |a_2\rangle, \dots$,

나의 변수로 가관측량 A 가 설정되는 경우에 국한하여 논의를 전개하고자 한다. 연산자를 이용한 고유치 문제에 관한 내용은 다음을 참조할 것. P.A.M. Dirac(1930).

- 18) 여기서 고유값의 의미를 올바르게 이해하는 것은 양자이론의 해석에서 매우 중요하다. 양자역학에 관한 통상적인 실재론적 해석에 따르면, 고유값은 대상의 물리적 성질이 실제로 소유하고 있는 값으로 간주된다. 즉 측정에 무관하게 대상 자체가 소유하고 있는 실재로 받아들인다. 그러나 이러한 해석은 양자역학의 이론적 주장들과 곧바로 충돌함으로써 많은 문제를 야기한다. 이러한 실재론적 가정의 문제점은 코헨-스펙커 정리와 벨의 정리에 의해 제기되고 있는데, 이에 대해선 다음의 논문들을 참조. S. Kochen & E. P. Specker (1967), pp.59-87 ; J. S. Bell (1964), pp.195-200.

$|an\rangle$ 라 한다면, 이들은 n -차원의 힐버트 공간 안에서 기저벡터로 기능한다. 그렇게 되면 대상의 상태를 표현하는 상태벡터는 일반적으로 이러한 고유벡터들의 선형결합인 $|\Psi\rangle = \sum c_k |ak\rangle$ 의 형태, 달리 말해 힐버트 공간상에 하나의 임의 벡터로 표현된다. 이러한 상태들의 집합은 주어진 물리적 상황에서 각각의 관측결과(고유치)와 대응되지 않는 상태(고유상태들의 선형결합인 소위 중첩상태)를 포함하므로 관측정보들의 집합과는 다른 논리적 구조를 지닌다.²⁰⁾ 다시 말해 고전역학적 인식과정과 달리 '대상서술영역'의 상태집합과 '경험표상영역'의 관측정보집합은 더 이상 구조적으로 동형적이지 않다. 여기서 대상의 상태를 이와 같은 방식으로 설정하는 특별한 선험적 이유가 있는 것은 물론 아니다. 그러나 그렇게 하는 가장 중요한 이유는 양자역학의 경우 벡터연산을 통해 상태들의 관계를 규정할 때 현상을 가장 잘 설명할 수 있기 때문이다. 달리 말해 이 같은 방식을 통해 대상을 인식하는 경우 고전역학을 능가하는 뛰어난 현상 설명력이 제공된다.

이러한 고유치 문제와 대상에 대한 관측정보로부터, 우리는 대상의 상태를 지정할 수 있게 된다. 만약 현재 시각(초기)에 관측가능량 A 를 통해 대상을 관측하여 그 결과로 고유치 a_1 을 얻었다면, 대상의 초기 상태는 이에 대응하는 고유상태인 $|a_1\rangle$ 으로 부여된다. 이처럼 대상의 현 상태가 지정

19) 힐버트 공간은 복소수 장에서의 선형 벡터공간이다. 양자역학적 상태들의 경우 다음과 같은 일반적 특성들이 있는데, 이러한 부분들이 힐버트 공간상에서 벡터들에 의해 그대로 만족된다. 우선 양자역학적 상태들은 서로 더하더라도 여전히 또 하나의 양자역학적 상태가 된다. 양자역학의 중첩(superposition) 원리가 이를 잘 보여 주고 있다. 또한 임의의 양자역학적 상태는 서로 직교하는 기저 상태들의 선형합의 형태로 표현될 수 있다. 여기서 두 상태가 직교한다는 것은 두 상태들의 내적이 0 임을 뜻한다. 한편 양자역학적 상태들은 복소수의 값을 포함하고 있다. 결론적으로 양자역학적 상태를 힐버트 공간상의 벡터로 표현하는 것은 매우 적절하다고 말할 수 있겠다. 힐버트 공간에 관한 상세한 논의는 다음을 참조할 것. J. von Neumann(1955) ; G. Birkhoff, & J. von Neumann(1936), pp.823-843.

20) 관측결과들의 집합이 불리안적 대수구조의 특성을 지니는데 반해, 양자역학적 상태들의 집합은 비불리안적 대수구조의 특성을 지닌다. 이에 관한 자세한 논의는 다음을 참조할 것. R. I. G. Hughes (1989), pp.194-201.

되었다면, 이후 대상의 상태들을 알기 위해서는 이의 시간에 따른 변화를 추적해야 한다. 이는 상태변화의 법칙인 아래의 슈뢰딩거 방정식을 적용함으로써 이루어진다.

$$i\hbar \partial |\Psi(t)\rangle / \partial t = H |\Psi(t)\rangle = [-\hbar^2 \nabla^2 / 2m + V] |\Psi(t)\rangle$$

여기서 슈뢰딩거 방정식은 뉴턴 운동방정식과 마찬가지로 결정론적인 특성을 지닌다. 즉 대상의 동역학적 특성을 알고 어떤 특정 시각에서의 대상의 상태(소위 초기 조건)를 알면 임의의 시각에서 대상의 상태를 모두 일의적으로 계산해 낼 수 있다. 실제로 이렇게 구해진 대상의 상태는 일반적으로 고유상태들의 선형결합의 형태로 나타난다. 가령 초기에 대상이 고유상태 $|\Psi>1 = |a_k>$ 에 있다고 한다면, 일정한 시간이 경과한 후 나타나는 대상의 상태는 일반적으로 다음과 같이 고유상태들의 선형결합인 $|\Psi>2 = \sum c_k |a_k>$ 로 주어진다. 슈뢰딩거 방정식에 따라 일어나는 상태의 이같은 연속적이고 결정론적인 변화는 대상에 대한 그 다음의 새로운 관측이 있을 때까지 진행된다. 이후에 새로운 관측이 행해지는 경우 대상의 상태 변화는 불연속적으로 변화한다. 바로 새롭게 획득한 관측결과에 대응하는 고유상태를 대상에 새롭게 지정하기 때문이다.

끝으로 임의의 시각 t_2 에서의 상태 $|\Psi>2 = \sum c_k |a_k>$ 에 해석규칙(곧 보른의 해석규칙²¹⁾)을 적용하면, 시각 t_2 에서 발생 가능한 현상에 대한 예측이 가능하게 된다. 그런데 여기서 중요한 점은 그러한 예측이 확률적으로 이루어진다는 점이다. 다시 말해 미래의 시각 t_2 에서 대상을 관측한다면 그 결과로 인식주체가 값 a_n 을 얻을 것이라는 현상이 발생할 확률은 $|c_n|^2$ 이라는 예측만이 가능하다. 이는 고전역학적인 자연 인식과정과 달리, 대상의 상태가 대상에 대한 관측정보와는 별도의 방식으로 변화하고 있음을 의미한다.

21) 일반적으로 보른의 해석규칙은 다음과 같이 기술된다. 관측가능량 A 와 관련하여 대상이 고유상태들의 선형결합인 상태 $|\Psi> = \sum c_k |a_k>$ 에 있을 때, 문제의 대상을 관측한다면 관측결과가 a_k 일 확률이 $|c_k|^2$ 이다.

이러한 분석을 토대로 양자역학적인 인식과정이 다음과 같은 특성을 갖고 있다고 정리해 볼 수 있다. 첫째 대상의 상태변화가 측정을 전후로 불연속적인 형태로 나타난다. 가령 시각 t2에서 새로운 관측이 이루어지는 경우, 일반적으로 인식주체는 새로운 관측결과를 얻게 될 것이고 대상은 이에 상응하는 방식으로 새로운 상태에 놓여 있게 될 것이다. 이 때 t2에서의 관측을 통해 새롭게 지정된 상태와 측정직전 이론적으로 계산된 상태인 $|\Psi\rangle$ 는 일반적으로 동일하지 않다. 왜냐하면 이미 시각 t1에서 관측이 이루어진 대상에 대해 이후의 시각 t2에서 다시 한번 관측을 하는 경우, 관측의 물리적인 영향으로 시각 t2 이후의 대상과 시각 t2 이전의 대상이 동일하다고 말할 수 없기 때문이다. 둘째 양자역학적인 인식과정 안에서 ‘대상서술영역’의 <상태정보>와 ‘경험표상영역’의 <관측정보> 사이에 일대일 대응관계가 성립할 필요가 없다. 관측순간 대상에 대한 관측정보와 이에 상응하는 대상의 상태 사이에 일대일 대응을 제외하고는, 양자간에 일대일 대응이 일반적으로 성립하지 않는다. 한마디로 인식론적으로 서로 다른 위상과 특성을 갖는 ‘두 영역’이, 관측을 매개로 상호간에 정보를 상환하는 방식으로 어떤 규약적 관계를 맺고 있다고 말할 수 있다. 그러한 의미에서 양자역학적 인식과정은 바로 2절에서 분석한, 자연 인식과정이 지니는 일반적인 구조적 특성을 가장 잘 드러내 보여준다고 말할 수 있다.

3.4 중요한 함의

지금까지의 분석이 갖는 함의를 크게 두 가지로 요약해 볼 수 있다. 하나는 고전역학이나 양자역학의 자연 인식방식 모두가 보다 일반적인 자연 인식구조 안에서 동일하게 설명될 수 있다는 점이다. 다른 하나는 일상적인 사물 인식방식과 과학이론을 통한 자연 인식방식 사이에 유사성과 함께 부분적이지만 어떤 연속성이 존재한다는 점이다.

첫 번째 함의는 결국 양자를 모두 포괄하는 동역학 이론 일반에서 공통된 인식 틀(혹은 인식구조)이 존재한다는 것이다. 이는 여기서 비록 논의되지 못했지만, 사실상 양자장 이론이나 상대성이론과 같은 보다 고차적인 이론들에도 적용될 수 있는 일반성을 띤 것으로 기대해 볼 수 있다.²²⁾ 그러나 기본적인 인식구조는 동일하더라도 각각의 이론들은 세부적인 부분

에서 분명한 차이를 드러내고 있다. 이는 자연 인식과정에 대한 분석을 통해 두 이론간 차이를 제대로 규명하는데 매우 중요하다.

자연 인식방식과 관련하여 양자의 차이에서 가장 주목해야 할 부분은 대상의 상태를 어떤 수학적 언어로 표현하는가의 문제, 달리 말하면 상태들의 집합이 어떤 논리적 특성을 지니고 있어서 관측정보들의 집합과 어떤 구조적 관계를 갖도록 설정되었는가의 문제이다. 이는 사실상 인식주체 내에서 '대상서술영역'과 '경험표상영역' 사이의 구조적 관계를 어떻게 설정할 것인가의 문제와 관련된다. 대상으로부터 획득한 경험적 관측정보를 추상적인 상태개념과 연결짓고 이러한 상태개념을 통해 현상을 설명하고 예측하는 것은, 과학 지식만이 지닌 중요한 특성 중의 하나이다. 여기서 흥미로운 점은 고전역학, 양자역학, 상대론 역학 각각이 서로 다른 상태개념을 사용하고 있다는 점이다. 즉 각각에 대한 수학적 표현이 다를 뿐 아니라 그것들이 갖는 논리대수적 특성 또한 다르다. 여기서 서로 다르게 상태를 설정한다는 것은, 곧바로 현상과 상태와의 관계를 서로 다르게 설정하여 상태개념을 통한 현상 설명방식을 서로 다르게 선택함을 의미한다. 곧 서로 다른 현상 설명방식을 함의하게 된다. 그러한 의미에서 이는 현상 설명력과 바로 이어진다. 현대의 이론으로 올수록 이전 과학이론에서의 상태 설정보다 한층 복잡하고 세련된 방식으로 이루어지는데, 이는 바로 높은 현상 설명력 때문이다.

두 번째 함의는 일상적인 사물 인식과정도 비록 과학이론을 통한 자연 인식과정 만큼이나 세련되지는 않았지만, 앞서 논의된 사물 인식과정의 일반적인 특성을 만족한다고 볼 수 있다는 것이다. 관측가능한 거시세계를 인식대상으로 하는 고전역학적인 사물 인식방식이란, 어떤 측면에서 일상적인 사물 인식과정을 보다 세련화한 것으로 볼 수 있다. 현상과 관련한 경험적인 정보를 수학적인 상태 개념과 연결시키고, 이러한 상태들의 변화를 법칙적인 수준에서 고찰하는 것을 제외한다면, 둘은 매우 유사하다.²³⁾

22) 이와 관련하여 김재영의 논문을 참조할 것. 김재영(2000), pp.262-270.

23) 앞으로 보다 많은 연구가 필요하겠지만, 이러한 맥락에서 물리학이 아닌 다른 이론들, 즉 생물과학의 이론이나 사회과학의 이론들에서도 이러한 주장이 동일하게 적용될 수 있을 것으로 충분히 기대할 수 있다.

그러한 의미에서 우리는 과학이론을 통한 인식과정의 일상적인 인식과정과 일정 부분 연속성을 갖고 있음과 더불어, 일정 부분 단절성을 갖고 있다고 말할 수 있다.

4. 자연 인식구조를 통해 본 과학의 합리성

과학의 합리성 문제는 과학 지식의 본성과 관련된 매우 중요한 문제가운데 하나이다. 많은 과학철학자들이 그러한 까닭에 과학지식의 본성을 논하면서 과학의 합리성 문제에 천착해 왔었다. 그 동안 수많은 논의들이 진행되어 왔는데, 쟁점이 되었던 내용들을 크게 다음의 두 측면에서 개략적으로 정리해 볼 수 있을 것이다. 첫째는 과학을 합리적인 것으로 보는 근거 곧 과학의 합리성의 소재와 관련된 문제이고, 둘째는 역사 속에서 전개되어 온 실제의 과학활동이 과연 합리적인가의 문제이다.

첫 번째 문제에 관한 한 주로 논리경험주의 전통의 과학철학 진영에서 활발한 논의가 이루어졌는데, 이는 과학이론의 방법론적·도구적 합리성을 규명하려는 작업과 관련을 갖는다. 대체로 과학적 설명과 예측의 논리적 구조, 이론가설과 경험적 증거 사이의 규범적 관계, 그리고 과학이론의 누적적인 발전양태 등의 도구적 특성을 합리성의 소재로서 강조하여 왔다. 그러니까 과학이론의 논리적 구조 분석에 기초한 방법론적 규범의 합리성을, 과학의 합리성의 요체로 주장해 온 것이다. 한편 이들의 논의는 두 번째의 실제적인 과학활동에 대해 그 자체를 합리적인 것으로 평가하기 보다는, 실제 과학활동의 논리적 재구성성을 통해 합리성의 근거를 찾고 있다고 말할 수 있다. 그러한 의미에서 이러한 전통적인 합리성 논의를 '형식적 합리성 논제'라고 부를 수 있을 것이다.

한편 두 번째 주제와 관련해서, 주로 '형식적인 합리성'에 반대하는 역사주의적 혹은 자연주의적인 관점의 사람들이 역사 속의 과학의 실제적인 모습에 주목하였다.²⁴⁾ 즉 현실 과학은 논리적으로 재구성된 이상적인 과

24) 그러한 주장의 근거들로서, 이론과 증거 사이의 규범적인 확증관계의 존재를 거부하는 관찰의 이론 의존성 테제, 경쟁하는 두 이론 가운데 하나를 선택할

학에서 나타나는 그러한 강한 의미의 합리성으로부터 매우 동떨어져 있다는 것이다. 심한 경우 아예 과학의 합리성 자체가 거부되기도 한다.

이러한 상황에 직면하여 오늘날 과학의 합리성을 옹호하려는 사람들 대다수는 도구적 합리성을 강조하는 경우라 할지라도, 기존에 제시된 소재들을 중심으로 다만 전통적인 강한 의미의 합리성 대신 보다 온건한 의미의 합리성을 주장하고 이를 뒷받침해 줄 지지 근거들을 찾는데 주력하고 있는 것처럼 보인다. 이는 사실상 과학의 합리성과 관련하여 지나치게 논리적으로 형식화한 부분을 과학의 실제적인 모습을 통해 조율한다는 측면에서 매우 의미있는 작업이라고 할 수 있다.²⁵⁾ 우리의 논의, 곧 과학이론을 통한 자연 인식과정에 대한 분석 또한 마찬가지로 이러한 맥락에서 논리적 규범성이 강한 ‘형식적 합리성’의 틀을 벗어나 과학의 합리성을 인식과정 영역으로 확장하여 분석함으로써, 이러한 조율을 시도하려는 하나의 작업이라고 말할 수 있다. 즉 과학활동이 어떻게 합리적인가를 온전히 이해하기 위해, 도구적 차원에서 이루어졌던 과학이론의 논리적 구조에 대한 분석을 과학이론의 인식적 구조에 대한 분석으로 보다 넓혀, 과학이론을 통한 자연인식 과정의 전반적인 모습을 그려내고 그 안에서 과학활동이 지닌 도구적 합리성의 근거를 찾아내려는 것이다. 그러한 의미에서 이를 ‘인식구조적 합리성 논제’라고 부르기로 하겠다. 이는 과학에서의 (도구적) 합리성의 소재를 인식과정으로 확장하는 의미를 갖는다. 그렇다면 과학이론을 통한 자연 인식과정의 어떤 부분들이 합리적인 과학활동을 가능하게 하는가? 지금까지의 분석결과들에 기초하여 다음의 두 가지를 ‘인식구조적 합리성 논제’의 주된 내용으로 제시하고자 한다.

수 있는 어떤 객관적인 기준의 존재를 부정하는 두 이론 사이의 공약불가능성 테제, 과학이론의 선택 과정에 암묵적으로 과학자 사회의 합의가 작용한다는 주장 등을 제시하고 있다. 이와 관련하여 다음을 참조할 것. 토마스 쿤, 김명자 역(1981).

- 25) 스니드(J. Sneed)나 스테그뮐러(W. Stegmüller) 등에 의해 이루어진 과학이론에 대한 의미론적 관점에서의 분석들은 바로 과학이론 변화의 역사성 논제와 과학이론의 형식적 합리성 논제를 결합하려 한 대표적인 시도들로 볼 수 있다. 이에 관한 자세한 논의는 다음을 참조할 것. J. Sneed(1971); W. Stegmüller(1976).

첫째 현대 물리학 이론을 통해 자연을 인식하는 과정을 메타적으로 분석해 보면, 개개의 과학이론마다 이론적 요소들이 서로 다른 내용을 갖고 작용하고 있음에도 불구하고, 이들 모두를 관통하는 어떤 공통적인 인식구조가 존재한다는 점이다. 이러한 공통의 인식구조가 존재한다는 사실로부터 우리는 적어도 다음과 같은 긍정적 결과를 기대할 수 있다. 우선 과학적인 이론 혹은 과학적인 사고가 되기 위한 조건에 대한 주장이 가능하다. 과학이론이라면 그것이 사회를 인식대상으로 하는 이론이건 자연을 인식대상으로 하는 이론이건, 공히 특정한 인식구조를 갖고 있어야 한다는 것이다. 다시 말해 그러한 인식구조의 각 부분에 해당하는 이론적 요소들을 갖고 있어야 한다는 점이다. 구체적으로 '경험표상영역'을 구성하기 위한 현상에 대한 서술체계와 '대상서술영역'을 구성하기 위한 추상적 상태에 대한 서술체계, 그리고 양자간의 구조적 관계 설정 등이 과학적인 이론이 되기 위해 반드시 필요하다고 말할 수 있다. 다음으로 과학이론들 간의 비교평가가 가능하다. 뉴턴의 고전역학과 같은 과거의 과학이론에 대해서는 그것의 본성을 올바르게 파악하게 하여 문제의 이론에 대한 잘못된 이해와 이에 근거한 잘못된 일반화의 오류들을 교정토록 하며, 앞으로 나타날 미래의 과학이론에 대해서는 특정의 인식적 절차와 요소들을 갖추도록 안내하는 조정자로서의 역할을 할 수 있다. 다시 말해 과학이론의 공통된 인식구조는 그 틀 안에서 구 이론과 신 이론을 비교 평가하는 좋은 합리적 전거가 될 수 있다.

둘째 비록 공통적인 인식구조가 존재하더라도 개별 과학이론마다 세부적인 부분들(대상의 동역학적 특성을 어떤 시간 공간에서 어떤 모형으로 서술할 것인가, 대상의 상태를 어떤 수학적 장치로 표시할 것인가 등등)에서 그 내용이 서로 다른데, 흥미로운 점은 이러한 차이에도 불구하고 현대 이론으로 올수록 현상에 대한 설명력이 높아지는 방향으로 세부적인 요소들이 선택되고 있다는 점이다. 다시 말해 개개 이론마다 대상을 바라보는 관점, 이들이 존재하는 시간·공간에 대한 이해, 그리고 대상의 상태집합이 지닌 논리적이고 수학적인 특성 등이 다르더라도, 이론의 변화 측면에서 볼 때 그것들이 현상 설명력의 증대와 어떤 밀접한 관련을 갖고 선택되고 있음을 알 수 있다. 이는 과학이론의 변화가 비록 논리적이고 규범적

인 면에서 누적적인 연속성을 지닌다고 볼 수 없더라도, 현상 설명력과 같은 인식적 능력의 증대 측면에서 어떤 연속성을 갖고 있음을 잘 보여 준다.

5. 결어

지금까지 우리는 현대 물리학 이론 그 가운데서도 특히 고전역학과 양자역학으로 대변되는 동역학 이론을 중심으로, 과학이론을 통한 사물 인식 과정이 지니는 합리적 특성을 살펴보았다. 이 과정에서 인식주체 개념에 대한 새로운 이해와 인식주체 내부의 자연 인식구조와 같은, 자연 인식과정에 필수적인 요소들을 새로이 발견할 수 있었고, 나아가 개개 이론들이 자연을 인식하는 방식의 공통점과 차이점을 분석할 수 있었다. 그러나 무엇보다도 중요한 성과는 과학의 합리성을 이론의 논리적·형식적 구조와 밀접히 관련된 (매우 논쟁적인) 문제들에 국한하지 않고, 과학이론에 내함된 자연 인식구조와 관련된 문제들로 확장함으로써 과학지식의 합리적 본성과 관련하여 (그것이 비록 도구적 합리성이라 할지라도) 보다 확장된 이해를 가질 수 있게 된 점이다. 이러한 분석이 다른 과학이론들에도 적용가능한지에 대해서는 단순히 기대 차원을 넘어서서, 이후 엄밀한 분석을 필요로 한다.

한편 이러한 분석이 보여주는 또 하나의 중요한 함의는 과학지식과 일상지식 사이에서 거론되는 합리성의 문제를 정도의 문제로 볼 수 있게 한다는 점이다. 일상적 지식의 인식구조를 상당히 체계적으로 반영하고 설명하고 있는 고전역학적인 자연 인식구조를 양자역학적인 자연 인식구조와 비교 분석한 결과를 토대로, 그들의 관계를 기하학에서의 2차원 평면과 3차원 입체에 비유해 볼 수 있다. 즉 양자역학적 인식과정 안에서 명확히 드러나는 일반적 특성들이, 고전역학적 인식과정에서는 마치 3차원의 입체가 2차원 평면으로 압축된(혹은 투사된) 것인 양 분명하게 드러나지 않는다고 볼 수 있다. 이를 받아들이다면 일상적 지식의 경우도 어떤 합리적인 구조적 특성들이 단지 드러나지 않았을 뿐, 존재하지 않는다고 말할 수는 없다는 것이다.

참고문헌

- 김재영(2000), "동역학의 이론구조 III : 일반 메타-동역학", 『새물리』, 30권 4호, pp. 262-275
- 이중원(1997) "동역학의 인식론적 구조에 기초한 양자이론 해석"(박사학위논문),
- 장희익(1990), 『과학과 메타과학』, 지식산업사
- (1998), "인식주체와 과학의 인식적 구조", 『과학철학』, 제 1권 제 1호, 가을, pp.1-33.
- 토마스 쿤, 김명자 역(1981), 『과학혁명의 구조』, 정음사
- Bell, J. S.(1964), "On the Einstein-Podolski-Rosen Paradox", *Physica* 1. 195-200
- Birkhoff, G. & von Neumann, J.(1936), 'The Logic of Quantum Mechanics', *Annals of mathematics* 37.
- Carnap, R.(1956), "The Methodological Character of Theoretical Concepts," pp.33-76 in H. Feigl and M. Scriven, eds., *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. 2, Minneapolis : Univ. of Minnesota Press, 1956.
- Dirac, P. A. M.(1930), *The Principles of Quantum Mechanics*, Clarendon Press.
- Goldstein, H.(1978), *Classical Mechanics*, Addison-Wesley Publishing Co.
- Hempel, C. G.(1965), *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, N.Y.: Free Press.
- Hughes, R. I. G.(1989), *The Structure and Interpretation of Quantum Mechanics*, Harvard Univ.
- Jammer, M.(1974), *The Philosophy of Quantum Mechanics*, A Wiley-Interscience Publication
- Kochen, S. & E. P. Specker(1967), "The Problem of Hidden Variables in

- Quantum Mechanics", *Journal of Mathematics and Mechanics* 17.
59-87
- Nagel, E.(1961), *The Structure of Science*, (NY : Harcourt, Brace, and
World)
- Sneed, J. D.(1971), *The Logical Structure of Mathematical Physics*,
Dordrecht
- Stegmuller, W.(1976), "Accidental ('non-substantial') theory change and
theory dislodgement", *Erkenntnis* 10
- Suppe, F.(1977), *The Structure of Scientific Theories*, Urbana : Univ. of
Illinois Press.
- von Neumann, J.(1955), *Mathematical foundations of Quantum Mechanics*
(trans.), R.T. Beyer, Princeton.

The Epistemic Process of Nature through Theories of Modern Physics and the Scientific Rationality

Lee Joong-Won

The rational process of cognitizing nature comes in evidence well through scientific theories. In this paper, above all by investigating this process metaphysically embedded in theories of modern physics especially dynamics, I reveal the common and fundamental epistemic structure of that process in all theories of dynamics. It is meaningful in that this makes it clear the most general structure of epistemic process through scientific theories. And then I analyse concretely the epistemic process of classical mechanics and quantum mechanics respectively, and show the type-identity of fundamental epistemic structure and token-differences between them. This establishes the relation between two mechanics in the different way from the existing view. Also I explore whether the commonsensical cognitive process not through scientific theories can be involved in the general type of one through scientific theories or not. Finally from the above results, I reexamine the nature of scientific rationality in relation to the epistemic structure.