

상대성 이론에 대한 솔리크와 카시러의 철학적 분석 비교 연구[†]

강 형 구[‡]

아인슈타인의 특수 및 일반 상대성 이론은 혁신적인 물리학 이론이었으며 그 출현과 더불어 중요한 철학적 문제들을 제기했다. 따라서 당대의 철학자들은 상대성 이론의 경험적 성공과 별도로 이 이론이 제기한 여러 철학적 문제들에 대해 해명할 필요를 느꼈다. 나는 본 논문에서 상대성 이론의 철학적 문제들에 대한 해명을 제시한 대표적인 두 명의 철학자 솔리크와 카시러의 철학적 분석을 검토한 후, 이들의 분석이 갖는 주요 특징들을 비교 분석한다. 논문의 서론에서 나는 상대성 이론이 제기한 철학적 문제들이 물리학자와 철학자 모두에게 중요했음을 강조한다. 논문의 2장에서 나는 솔리크의 상대성 이론 분석을 검토한 후, 솔리크의 분석은 아인슈타인의 물리학 이론에 대한 철학적 해설이라고 할 수 있을 만큼 이론의 내용에 충실하고 아인슈타인 자신의 견해와도 부합하는 것이었음을 보인다. 논문의 3장에서 나는 카시러의 상대성 이론 분석을 검토한 후, 카시러는 이 이론이 자신의 신칸트주의적 인식론을 지지하는 것으로 해석하는 데 주력했음을 보인다. 논문의 4장에서 나는 카시러의 저서에 대한 솔리크의 비판적 논평을 중심으로 상대성 이론을 분석하는 솔리크와 카시러의 입장 사이의 차이에 관해 논한다. 나는 두 사람 사이의 철학적 입장 차이가 물리학 이론에 대한 철학적 분석 방법의 차이에서 비롯되었음을 주장한다. 솔리크의 경우 문제가 되는 물리학 이론의 구체적인 내용을 분석한 후 이에 대한 철학적 해명을 제시하는 것에 주력했다면, 카시러는 자신의 신칸트주의적 관점을 전제한 후 물리학 이론을 이에 부합하는 방식으로 해석하는 것

[†] 논문을 읽고 심사해 주신 익명의 심사위원 선생님들께 진심으로 감사드립니다. 선생님들께서 주신 의견들에 대한 검토 과정에서 논문의 내용이 상당한 정도로 수정·보완될 수 있었음을 밝힌다.

[‡] 국립대구과학관 전시연구본부 전시기획실 선임연구원, hgkang82@hanmail.net

에 주력했다. 나는 술리크의 철학적 분석이 갖는 타당성을 카시러의 분석과 대비하여 편들어 옹호한다. 카시러에 대한 비판적 논평 이후 술리크는 신크란트주의와 차별화되는 논리경험주의 철학을 본격적으로 전개하기 시작했다. 논문의 결론에서 나는 본문의 내용을 요약한 후, 술리크의 상대성 이론 분석 이후 상대성 이론에 대한 추가적인 경험주의적 분석이 필요했음을 지적한다.

【주요어】 상대성 이론의 철학적 문제들, 상대성 이론의 철학적 분석, 모리츠 술리크, 에른스트 카시러, 상대성 이론에 대한 신크란트주의적 해석과 논리경험주의적 해석

1. 서론

1687년에 출판된 뉴턴의 저서 『자연철학의 수학적 원리』는 경험적으로 성공적인 물리학 이론이었다. 하지만 뉴턴의 물리학은 그것의 경험적인 성공과는 별도로 중요한 철학적 문제들을 제기했다. “나는 가설을 만들지 않는다”는 뉴턴의 방법론적 입장, 절대적이고 수학적인 시간과 공간 개념에 대한 뉴턴의 옹호, 원격작용으로서의 중력 개념 등은 당대의 학자들 사이에서 상당한 철학적 논란을 일으켰고, 뉴턴 자신 또한 자신의 물리학이 제시한 이러한 철학적 문제들로부터 벗어날 수 없었다. 17세기 말에 뉴턴의 물리학이 제시된 이후 물리학의 역사상 가장 근본적인 혁신을 일으켰다고 평가되는 20세기 초의 상대성 이론 역시 뉴턴의 물리학과 마찬가지로 그 출현과 함께 중요한 철학적 문제들을 제기했다. 그렇기에 상대성 이론은 그것의 경험적인 성공과는 별도로 물리학자와 철학자를 포함한 당대의 많은 학자들 사이에서 철학적 논란을 불러일으켰다.

상대성 이론이 고전 이론이 갖고 있던 여러 문제들을 해결했던 것은 사실이다. 이 이론은 상대성의 원리를 물리학의 전 영역으로 확장함으로써 기존의 전자기학이 갖고 있던 비대칭성을 교정했고, 새로운 중력장 방정식을 통해 뉴턴의 원격 중력 작용을 없앴다. 하지만 특수 상대성 이

론은 이전까지는 근본적이라고 여겨지지 않았던 두 개의 법칙을 물리학의 근본 원리들로 격상시켰고, 동시성의 정의와 움직이는 기준계 속 막대의 길이 정의 등과 같은 임의적 정의들을 도입했다. 특정 법칙들을 물리학의 근본 원리로서 재설정하고, 동시성과 같은 기초적인 개념에 임의적 정의를 부여하는 것은 철학적으로 논란의 여지가 다분했다.

일반 상대성 이론에 이르면 문제는 더 심각해진다. 아인슈타인은 1916년 논문 “상대성 이론의 기초”에서 시간과 공간에 대한 정당화되지 않은 다수의 철학적 주장들을 제시했다. 아인슈타인에 따르면 일반 공변성의 추구를 통해 시간과 공간에 남아 있던 물리적 객관성의 잔여물이 사라졌고, 우리는 오직 관측가능한 ‘점-일치’들에만 물리적 객관성을 부여할 수 있으며, 이러한 ‘점-일치’들을 정확하게 기술하는 한 복수의 시공간 좌표계들은 서로 동등하다. 이후 일반 상대성 이론은 다수의 실험과 관측을 통해 경험적으로 성공적임이 밝혀졌지만, 이 이론은 그것의 경험적 성공과는 별도로 시간과 공간 및 물리학 이론의 본성에 관한 중요한 철학적 문제들을 제기했다. 그러나 상대성 이론이 제기한 철학적 문제들에 대한 아인슈타인 자신의 해명은 철학적으로 만족스럽지 못했고¹⁾, 그렇기에 아인슈타인 본인 또한 이러한 문제들에 관련된 철학적 논의를 피해갈 수 없었다.

나는 1910년대 후반에서 1920년대에 상대성 이론에 대해 제시된 철학적 분석들을 이상과 같은 상대성 이론의 철학적 문제들을 배경으로 해석하고 평가하는 것이 필요하다고 생각한다. 당시 상대성 이론의 물리학을 정확하게 이해하지 못한 채 피상적으로 이 이론을 철학적으로 옹호 또는 비판한 사례들이 적지 않은 것은 사실이다.²⁾ 하지만 상대성 이론에 대한 진지한 철학적 분석들은 이에 대한 비교적 올바른 물리학적 이해에 바탕을 두었으며, 상대성 이론 속에 물리학만으로는 해결되

-
- 1) 상대성 이론의 철학적 문제들에 대한 아인슈타인의 철학적 해명이 불충분했음을 주장하는 다음의 논문을 참고. 강형구 저, 「상대성 이론의 출현과 이에 따른 철학적 문제들」, 『철학연구』 158집(2021. 5.)
 - 2) 이러한 피상적 비판에 대한 라이헨바흐의 철학적 대응을 모은 저서 *Defending Einstein*(2006)을 참고.

지 않는 중요한 철학적 문제들이 있음을 정확하게 감지한 상황에서 이루어졌다. 상대성 이론에 대한 진지한 철학적 분석을 대표하는 학자로 모리츠 쉘리크, 한스 라이헨바흐, 에른스트 카시러, 루돌프 카르납을 들 수 있다.³⁾ 나는 이들의 철학적 분석을 상대성 이론이 제기한 철학적 문제들에 대한 철학적 해명의 시도로서 읽어야 한다고 생각한다. 이들의 분석에 대한 검토와 평가 역시 이들이 어떤 부류의 철학적 사조에 속하는지를 기준으로 하기보다는, 이들이 상대성 이론이 제기한 중요한 철학적 문제들에 대해 납득할 만한 철학적 해명을 제시했는지의 관점에서 이루어지는 것이 바람직하다.⁴⁾

이상과 같은 관점을 전제한 후, 나는 본 논문에서 상대성 이론에 대한 쉘리크와 카시러의 철학적 분석을 검토 및 비교하고자 한다. 쉘리크의 1917년 저서 『현대 물리학의 시간과 공간』과 카시러의 1921년 저서 『아인슈타인의 상대성 이론』은 일반 상대성 이론이 제시된 지 얼마 지나지 않아 출판되었고, 비교적 짧은 분량의 논의 속에서 상대성 이론의 철학적 문제들을 전체적이고 포괄적인 방식으로 다루고 있다는 공통점을 갖고 있다. 또한 두 사람의 저서는 이후 상대성 이론에 대한 철학적 해석에서 중요한 분기점을 형성한다. 카시러는 칸트의 비판적 관념론을 논리적 관념주의로 독창적으로 재해석하면서 신칸트주의적 관점에서 정밀과학의 발전을 철학적으로 해석하고자 했던 반면, 쉘리크는 현대 물리학의 신칸트주의적 해석에 근본적인 회의감을 표명하며 현대 물리학을 해석하는 새로운 판본의 경험주의를 제시하고자 했다. 그렇기에 본

3) 이와 더불어 상대성 이론에 대한 주요 논자들로 수리물리학자였던 헤르만 바일(Herman Weyl), 물리학자이자 천문학자였던 아서 에딩턴(Arthur Eddington)을 들 수 있겠으나, 이들을 전문적인 철학자라고 보기는 어렵기에 본 논의에서는 제외하기로 한다.

4) 물론 내가 위에서 제시한 상대성 이론의 철학적 문제들 목록이 완전한 것은 아니며, 상대성 이론을 철학적으로 분석한 학자들이 이 모든 문제들을 다루어야만 하는 것은 아니다. 다만 내가 주장하고 싶은 것은 상대성 이론 자체에 중요한 철학적 문제들이 많이 포함되어 있으므로 상대성 이론의 철학적 분석을 상대성 이론의 철학적 문제들을 중요한 배경으로 삼아 검토하고 평가할 필요가 있다는 것이다.

논문에서 나는 상대성 이론에 대한 비교적 초기의 철학적 해명에 속하는 솔리크와 카시러의 저서에 대해 집중하여 논의할 것이다.

1915년에 아인슈타인의 상대성 원리가 갖는 철학적 의의에 대해 논한 바 있었던 솔리크는, 이후 아인슈타인과 서신교환을 하며 상대성 이론의 철학적 의미에 관한 의견 교환을 활발하게 진행했다. 그의 1917년 저작 『현대 물리학의 시간과 공간』은 그러한 의견 교환의 산물로서, 아인슈타인 이론의 중요한 철학적 문제들에 대한 포괄적이고 상세한 해설을 보여준다. 물리학자에서 철학자로 전향했던 솔리크의 상대성 이론 분석이 보여주는 가장 중요한 특성은 그의 분석이 상대성 이론의 내용에 대한 충실한 검토로부터 비롯되었다는 데 있다. 이와 같은 솔리크의 검토에 더욱 힘을 실어주는 것은 이론의 창시자였던 아인슈타인과의 활발한 의견 교환이었다. 실제로 아인슈타인은 1915년 가을에 자신의 최종적인 중력장 방정식에 이르게 되는 과정에서 솔리크가 제시한 철학적 개념인 ‘동등화의 유일성’을 중요하게 활용할 정도로 솔리크의 철학적 입장에 동의하고 있었으며, 솔리크의 1917년 저작에 대해서도 예외적인 호평을 한 바 있다.

이미 출간되어 있던 자신의 저서 『실체와 기능』의 부록으로 1921년에 출판된 카시러의 저서 「아인슈타인의 상대성 이론」은 상대성 이론이 제기한 여러 철학적 문제들을 포괄적으로 다루고 있으면서도 솔리크의 저술과는 차별화되는 면모를 보여준다. 이 저서가 일종의 ‘부록’으로서 출판된 것으로부터 알 수 있듯, 카시러는 이 저서에서 자신이 제시한 독창적인 신칸트주의적 인식론(논리적 관념론)의 전망 아래에서 상대성 이론을 이에 대한 하나의 입증 사례로 포섭하고자 했다. 카시러의 저서는 과연 신칸트주의적 인식론이 상대성 이론을 위시한 현대 물리학에 관한 적합한 철학적 해석을 제시할 수 있는지의 문제를 불러일으켰다. 카시러는 에른스트 마흐(Ernst Mach)가 제시한 현상주의적 관점이 상대성 이론을 적합하게 해석할 수 없으며 이에 대비하여 비판적 관념론의 입장을 옹호했지만, 솔리크는 카시러의 저서에 대한 비판적 논평에서 칸트적 분석이 갖는 근본적인 한계점을 지적하며 물리학 이론 속 구성적 원리들을 인정하는 새로운 판본의 경험주의

가 가능함을 역설했다.

나는 술리크와 카시러 사이의 논쟁이 그들의 철학적 분석 방법의 차이에 비롯되었다고 본다. 술리크는 특정한 철학적 관점의 옳음을 전제하지 않고 상대성 이론의 구체적인 내용에 대한 비교적 중립적인 분석을 통해서 자신의 철학적 결론들을 유도했던 반면, 카시러는 칸트적 인식론의 핵심적인 통찰을 유지하는 방식으로 상대성 이론이라는 새로운 물리학이 제기한 철학적 도전에 대응했다. 이와 같은 철학적 방법론의 차이는 공시적인 성격을 가진 ‘분석을 통한 인식론적 해명’과 통시적인 성격을 가진 ‘역사적 과정 속 자연의 단일성 성취’ 사이의 차이로 이어진다. 술리크의 철학적 방법론은 특정한 과학 이론이 갖는 인식론적 의의를 구체적으로 규명하고자 했지만, 카시러의 철학적 방법론은 역사적 관점에서 수학적 자연과학이 어떤 방식으로 일반성과 보편성을 증진시키는지 보여주고자 했다. 나는 술리크의 ‘공시적인 인식론적 해명’이 카시러의 방법론에 비해 과학 이론의 내용을 왜곡하지 않으면서도 이 이론을 철학적으로 해명할 수 있는 적절한 방법론임을 보일 것이다.

2. 술리크의 상대성 이론 분석 : 상대성 이론의 내용에 충실한 철학적 해명

아인슈타인의 특수 상대성 이론을 적극적으로 옹호했던 대표적인 물리학자는 막스 플랑크였다. 플랑크는 특수 상대성 논문이 제출된 이후 이 논문이 학자들의 관심을 크게 끌지 못했던 시기부터 이 이론에 관심을 가졌고, 본인 자신이 특수 상대성에 관한 논문을 발표했을 뿐만 아니라 막스 폰 라우에와 같은 제자들 또한 이를 연구하라고 독려했다. 플랑크의 관심을 끌었던 것은 특수 상대성 이론이 보여주는 단순성과 대칭성이었고, 이는 물리학적이라기보다는 인식론적 판단에 의한 것이었다. 모리츠 술리크는 이러한 플랑크로부터 물리학 박사학위를 받은 후 철학으로 전향한 인물이다. 술리크는 플랑크의 영향 아래에서 상대성 이론을 철학적으로 고찰했고, 1915년에 “상대성 원리의 철학적

의의”라는 논문을 발표하여 아인슈타인의 주목을 끌었다. 이후 솔리크와 아인슈타인은 다수의 서신을 교환하였고, 솔리크가 1917년에 출간한 『현대 물리학의 시간과 공간』⁵⁾(이후 『시간과 공간』이라 칭함)은 아인슈타인 자신으로부터 큰 호평을 받았다. 아인슈타인은 솔리크가 『시간과 공간』 속에서 상대성 이론의 철학적 의의를 정확하게 서술했다고 평가했다.

솔리크의 저서에 대한 아인슈타인의 평가가 정당한지를 검토하기 위해 솔리크의 『시간과 공간』을 자세히 살펴보도록 하자. 우선 솔리크는 특수 상대성 이론에 대해 논한다.⁶⁾ 물리학자들은 우주 전체에 ‘정지 상태의 에테르’가 퍼져 있고, 에테르가 빛이라는 전자기 파동의 역학적 매질이라면, 에테르를 가로질러 움직이는 기준계의 운동 방향과 속도에 따라 빛의 속도가 다르게 측정되어야 할 것이라고 추론했다. 예를 들어, 물리학자 피조(Fizeau)는 역학적 매질인 흐르는 물에서의 빛의 속도를 측정하여 빛의 속도가 매질의 상대 운동에 영향을 받는다는 것을 보인 바 있었다. 하지만 실험물리학자 마이컬슨(Michelson)의 정밀한 측정 실험 결과, 에테르와의 상대 운동에 의한 빛의 속도 차이는 발견되지 않았고 이는 역학적 매질인 에테르를 받아들였던 많은 물리학자들에게 일종의 당혹감을 불러일으켰다.

이에 대해 물리학자 로렌츠(Lorentz)와 피츠제럴드(Fitzgerald)는 물체가 에테르 속을 움직일 경우 에테르와의 전자기 상호작용에 의해 운동 방향으로 그 길이가 줄어든다는 ‘수축 가설’을 제시했다. 이들은 수축 가설을 토대로 빛의 속도 일정이라는 물리적 관측 현상을 설명할 수 있었지만, 문제는 이 가설을 수용할 경우 정지한 에테르의 존재 여부를 관측할 수 있는 방법이 없어진다는 데 있었다. 만약 에테르라는 물리적 개념이 전혀 측정될 수 없다면 이 개념은 경험적 의미를 가질 수 없을 것이었다. 그리고 경험적 의미를 전혀 가질 수 없는 개념을 물리학 이론 내에 수용하는 것은 적절하지 않다. 이에 반해 아인슈타

5) Schlick, Moritz., *Space and Time in Contemporary Physics* (Prometheus Books, 1920).

6) Schlick(1920)의 2장 “상대성의 특수 원리”(23-35쪽) 참조.

인은 경험적으로 잘 확립된 특수 상대성의 원리를 전자기 현상들에게까지 확장하기 위해 광속 일정의 원리를 하나의 공리로서 받아들였고, 이를 통해 역학과 전자기학 모두 특수 상대성의 원리를 만족시키게 했다. 그 결과 아인슈타인은 경험적 의미가 없는 에테르를 물리학에서 폐기했고, 이를 통해 물리학 이론의 단순성을 제고할 수 있었다.

다음으로 술리크는 물리적 공간의 상대성에 대해 논한다.⁷⁾ 이는 술리크에 앞서 헬름홀츠(Helmholtz)와 푸앵카레(Poincare)가 제시한 바 있는 ‘물리적 기하학’에 관한 철학적 논의의 연장선 상에 있다. 세계 A가 이와는 다른 세계 B로 변환할 경우, 만약 세계 속 대상들 사이의 모든 변화가 일양적인 방식으로 일어난다면 세계 A 속에 있던 관찰자는 세계 B로 옮겨가더라도 자신이 속한 세계가 A에서 B로 변했는지의 여부를 알아차리지 못할 것이다. 이를 수학적으로 표현하면 다음과 같다. 완벽하게 임의적인 일대일 점 변환에 의해서 상호 변환될 수 있는 두 세계 A, B는 물리적 실재성에 있어서 동일하며, 이때 두 세계는 연속적으로 일대일 대응한다. 그런데 술리크에 따르면 우리는 이러한 상황을 세계 A에서 세계 B로 ‘세계’가 달라졌다고 말하는 대신, 세계는 동일한 가운데 세계를 기술하는 ‘좌표계’가 A에서 B로 변환되었다고 말할 수 있다. 그렇게 되면 이제 좌표계 A와 좌표계 B 사이에서 어떤 좌표계를 채택할 것인지에 관한 ‘선택’의 문제가 남는다. 술리크에 따르면 우리는 좌표계 A와 좌표계 B 중 세계를 더 단순하게 기술하는 좌표계를 선택할 것이다.

앞서 논의한 공간의 상대성이 수학적인 측면에 초점을 맞춘 것이었다면, 이후 술리크는 ‘경험에서 기하학과 물리학의 분리 불가능함’을 논한다.⁸⁾ 이미 푸앵카레가 보인 바 있듯, 경험은 물리적 기하학이 무엇인지를 증명하지 못하고 단지 어떤 기하학을 이용했을 때 물리 법칙들이 가장 단순한지를 말해줄 뿐이다. 따라서 우리는 ‘증명’이라는 기준이 아니라 ‘단순성’이라는 기준으로 물리적 기하학을 선택해야 한다.

7) Schlick(1920)의 3장 “공간의 기하학적 상대성에 관한 논의”(37-42쪽) 및 4장 “공간적 상대성에 관한 수학적 공식화”(43-46쪽) 참조.

8) Schlick(1920)의 5장 “경험에서 기하학과 물리학의 분리불가능성”(47-50쪽) 참조.

푸앵카레는 수학적으로 가장 단순한 기하학인 유클리드 기하학을 선택하는 물리학이 가장 단순할 것이라 추측했지만, 아인슈타인은 비유클리드 기하학을 선택하는 물리학이 더 단순함을 보였다. 그렇다면 아인슈타인이 보인 물리학의 단순성은 무엇이었나? 이에 대해 쉐리크는, 아인슈타인이 옹호한 운동에 대한 관계론적 관점이 우리의 세계상을 더 단순화시킨다고 답했다.⁹⁾ 왜냐하면 우리에게 물리적 현상을 기술하는 기준계로서 등속 운동 기준계와 가속 운동 기준계를 구분할 인식론적 근거가 없기 때문이다. 아인슈타인은 임의의 기준계에서 표현된 물리적 법칙이 다른 기준계에서 표현된 물리적 법칙과 동일한 형식을 가져야 한다는 일반 공변성 원리를 추구함으로써, 푸앵카레가 생각했던 것보다 더 높은 수준의 이론적 단순성을 성취할 수 있었다.

이후 쉐리크는 아인슈타인이 ‘구멍 논증’을 극복하는 데 사용한 ‘점-일치 논증’을 철학적으로 상세하게 서술한다.¹⁰⁾ 쉐리크에 따르면 우리는 세계 속에서 두 점-사건들 사이의 ‘일치(점-일치, point-coincidence)’만을 관측할 수 있고, 물리적 법칙들은 이와 같은 일치들을 다룬다. 하나의 세계상에서 연속적인 일대일 변환(미분동형사상)을 통해 다른 세계상으로 변환될 경우에도 모든 점-일치들은 교란되지 않고 보존된다. 우리로 하여금 관측할 수 있는 점-일치들에 대해 동일한 법칙들에 이르게 하는 모든 세계상들은 물리학의 관점에서 동등하다. 일반 공변성이 구현됨으로써 물리학 전체는 단순해지고 점-일치들 역시 보존된다. 하지만 그 결과 더 이상 물리적 좌표들 사이의 차이가 물리적 측정 도구가 지시하는 간격과 대응되지 않게 되었으며, 이는 공간과 시간이 그 마지막 남은 객관성을 잃게 되었음을 의미한다. 쉐리크는 모든 운동과 가속이 상대적이라는 주장이 시간과 공간이 물리적 객관성을 갖지 않는다는 주장과 동등하다고 본다.¹¹⁾ 상대성 이론에 이르러 시간과 공간은 더 이상 측정

9) Schlick(1920)의 6장 “운동의 상대성과 이것이 관성 및 중력과 맺는 관계”(51-57쪽) 참조.

10) Schlick(1920)의 7장 “상대성의 일반적 공준과 시공간 연속체의 측정 결정”(59-67쪽) 참조.

11) Schlick(1920)의 8장 “새로운 이론의 근본 법칙이 갖는 의미 해명과 그 의의”(69-77쪽) 참조.

되지 않고 물리적 사건들을 배열하기 위한 틀만을 제공하게 되었다.

마지막으로 쉘리크는 물리학의 객관적 시간과 공간이 인간의 주관적 시간 공간 경험과 갖는 관계를 분석한다.¹²⁾ 쉘리크에 따르면 우리는 감각을 통해 직관적이고 심리적인 시간과 공간을 경험하며, 이후 이를 재료를 삼아 물리적이고 객관적인 시공간 다양체를 구성한다. 감각적 시간과 공간으로부터 물리적 시간과 공간을 구성하는 과정에서 일종의 ‘개념적 구성’이 일어나기 때문에, 감각적 시공간과 물리적 시공간은 서로 대응하기는 하지만 이 대응이 일대일 대응인 것은 아니다. 비록 서로 다른 개인 간에 시공간에 대한 감각적 내용은 차이가 있더라도 이들이 경험하는 ‘점-일치’는 공통되므로, 이러한 객관적 ‘점-일치’를 동등하게 설명할 수 있는 복수의 이론들(세계상들)이 존재할 수 있다. 이러한 복수의 이론들이 사실들의 세계를 ‘유일하게 지시’하는 한 모두 옳지만, 우리는 이러한 이론들 중 가장 ‘단순’하면서 그 안에 ‘임의성의 요소를 최소로 갖고 있는’ 이론을 선택한다. 쉘리크에 따르면 이와 같은 ‘단순성’을 성취한 이론이 아인슈타인의 상대성 이론이다.

상대성 이론에 대한 이상과 같은 쉘리크의 분석에서 우리가 주목해야 하는 것은 크게 세 가지이다. 첫 번째로는 그가 제시한 ‘동등화의 일의성(univocalness of coordination)’ 개념이다. 현대 수학과 물리학의 발전을 반영한 새로운 인식론을 구축하고자 했던 쉘리크는, 수학을 그 주된 언어로 삼는 정밀과학을 위한 새로운 진리 개념을 제시했다. 쉘리크에 따르면 수학적 공리체계 속 공리들은 함축적으로 정의되므로 경험과의 직접적인 연관을 갖지 않는다. 그런데 이 공리체계에 기반한 과학 이론이 복수의 추론 절차를 통해 세계 속 특정 대상에 대한 측정값을 제시하고 이 값들이 서로 일치할 경우, 이 이론은 ‘동등화의 일의성’을 만족시킴으로써 경험적으로 참이라 할 수 있다. 쉘리크에 따르면 물리학 이론은 원리, 정의 등과 같은 개념적 요소들의 구성을 통해 세계에 대한 경험적 사실들을 설명하고 예측하는데, 한 이론이 경험적 사실들을 내적인 모순 없이 일의적으로 결정할 경우 그 이론은 참이다. 이와 같은 ‘동등화의 일의성’을 만족시키는 서로 다른 복수의 이론

12) Schlick(1920)의 10장 “철학과의 관계”(87-96쪽) 참조.

체계들이 있을 수 있으며, 이때 이 이론들은 모두 참이며 그렇기에 실질적으로 동등한 이론들이다.

솔리크의 이와 같은 인식론적 입장은 아인슈타인이 자신의 ‘점-일치 논증’을 제시하는 데 중요한 참고가 되었던 것으로 보인다. 실제로 솔리크와 서신을 교환하던 1915년경에 아인슈타인은 스스로가 제기한 ‘구멍 논증(hole argument)’으로 인해 광범위한 공변성을 가진 장 방정식을 받아들이기 주저하고 있었다. 이때 아인슈타인은 그의 ‘점-일치 논증’을 통해, 만약 관측 가능한 점-일치들을 결정하는 데 있어 서로 다른 좌표계들이 동등하다면 그와 같은 이론적 동등성(혹은 이론적 미결정성)은 인식적으로 문제가 되지 않는다는 결론을 내렸다. 만약 우리가 솔리크가 제시한 ‘동등화의 일의성’을 통해 이론의 참됨을 경험적인 점-일치들에 기반하여 정의할 경우, 관측 가능한 점-일치들이 공통되는 한 복수의 대등한 이론들이 존재할 수 있다. 실제로 이와 같은 솔리크의 인식론적 입장은 ‘구멍 논증’을 극복하고 광범위한 공변성을 가진 중력장 방정식을 수용할 당시의 아인슈타인에게 중요한 영향력을 행사했고, 그런 까닭에 솔리크의 서술은 마치 아인슈타인 자신의 입장을 상술하고 있다고 판단될 정도로 둘 사이의 의견이 서로 일치함을 알 수 있다.

솔리크의 상대론 분석에서 주목해야 하는 두 번째 요소는 상대성 이론의 ‘단순성’에 대한 강조이다. 만약 ‘동등화의 유일성’을 만족하는 복수의 이론들(세계상들)이 존재한다면, 우리는 그 이론들 중 가장 단순한 이론을 선택할 것이다. 솔리크에 따르면 아인슈타인은 특수 및 일반 상대성 이론 모두에서 ‘상대성 원리’를 강조함으로써 이와 같은 단순성을 제고할 수 있었다. 특수 이론에서는 광속 일정의 원리를 통해 특수 상대성 원리의 적용 영역을 역학에서 전자기학으로 확장함으로써 물리학 이론의 일관성과 단순성을 제고했고, 일반 이론에서는 상대성 원리가 적용되는 기준계를 등속 운동 기준계에서 이보다 더 일반적인 가속 운동 기준계까지 확장함으로써 서로 다른 기준계들 사이에서의 인위적인 차별을 없애고 물리학 이론의 대칭성과 단순성을 제고했다. 이와 같은 물리학 이론의 ‘단순성’에 대한 강조는 플랑크 및 아인슈타인 역시 이론의 단순성을 강조했던 것과 일맥상통하는 것이었다.

마지막으로 술리크의 상대성 이론 분석에서 우리가 주목해야 하는 것은 그가 일반 상대성 이론을 통해 ‘시간과 공간의 물리적 객관성이 상실되었다’는 아인슈타인의 주장을 별도의 비판 없이 수용하며 이 주장의 의의를 철학적으로 해명하고자 했다는 점이다. 술리크는 인간이 감각을 통해 파악하는 직관적 시공간을 물리학 이론 속 물리적 시공간과 구분하고, 물리학에서는 직관적 시공간의 요소들 중 인지 주체들 사이에서 공통되는 ‘점-일치’라는 객관적 요소를 토대로 물리적 시공간을 구성한다고 보았다. 그런데 이때 직관적 시공간으로부터 물리적 시공간을 구성하는 과정에는 개념적 요소(동등화의 과정)가 개입되므로 점-일치로부터 유일한 물리적 시공간이 구성되리라고 보장할 수 없다. 술리크는 관측 가능한 점-일치를 보존할 경우 유클리드 기하학을 사용하는 이론과 비유클리드 기하학을 사용하는 이론 모두 동등하며, 두 이론 중 어떤 이론을 선택하는지는 이론의 ‘단순성’에 대한 판단에 의한다고 보았다. 만약 우리가 일반 공변성을 관철시키는 상대성 이론을 받아들인다면, 우리는 더 이상 우리의 직관적 시공간과 대응하는 물리적 시공간이 그 객관성을 유지하지 못함을 받아들여야 한다. 우리는 감각을 통해 측정 도구가 지시하는 간격을 인지하지만, 그와 같은 간격은 중력장 방정식 속 계량 함수가 말하는 바와 다르기 때문이다.

시간과 공간에 대한 우리의 경험적 인지는 중력장 방정식에 의해 해석되고 교정되어야 한다. 예를 들어 우리가 측정 막대의 길이를 1m로 읽는다고 해도, 만약 우리가 중력장 아래에 있다면 우리는 중력장 방정식의 계량 함수에 비추어 이 막대가 자유 낙하하는 기준계에서의 1m 측정 막대보다 약간 짧다고 판단한다. 이는 시간에 대해서도 마찬가지다. 우리가 시간 간격을 1초로 읽는다고 해도, 만약 우리가 중력장 아래에 있다면 우리는 이 시간 간격이 자유 낙하하는 기준계에서의 1초보다 느리다고 판단한다. 따라서 일반 상대성 이론을 받아들일 경우 우리가 인지하는 직관적이고 경험적인 시간은 그 물리적 객관성을 잃어버리는 것처럼 보인다. 하지만 여전히 기준계와 상관없이 세계 속 사건들의 일치(점-일치)는 공통된다. 따라서 물리적으로 객관적인 것은 시간과 공간이 아니라 관측 가능한 점-일치들의 총체일 뿐이며, 인간

의 시간과 공간 경험은 객관적인 것이 아니라 주관적이고 심리적인 것이다. 시간과 공간의 물리적 객관성에 대한 이와 같은 술리크의 평가는 정확히 아인슈타인 자신의 주장과 일치하는 것으로 보인다.

이제 우리는 아인슈타인이 술리크의 1917년 저서 『시간과 공간』을 높이 평가한 이유를 이해할 수 있다. 아인슈타인은 ‘점-일치 논증’을 제시함에 있어 술리크가 제시한 ‘동등화의 일의성’ 개념으로부터 중요한 영향을 받았으며, 술리크 역시 저서 『시간과 공간』을 통해 일반 상대성 논문에서 제시된 아인슈타인의 철학적 주장들을 대부분 수용하고 이를 자세히 해명하는 방식으로 이 책을 서술했다. 실로 술리크의 『시간과 공간』은 물리학 이론인 아인슈타인의 상대성 이론이 갖는 철학적 의의를 상세하게 설명하는 ‘철학적 해설서’라고 평가할 만했다. 특수 및 일반 상대성 이론의 내용을 면밀하게 분석한 후, 이 이론의 철학적 요소들에 대한 충실한 철학적 해명을 제시한 것이 술리크의 저서가 갖는 강점이다. 이에 더해 이론의 창시자였던 아인슈타인 자신의 높은 평가는 이 저서의 신뢰도를 높여 준다.

브라이언 피츠(Brian Pitts)는 2018년의 논문¹³⁾에서 상대성 이론에 대한 술리크의 철학적 분석을 비판한 바 있다. 피츠에 따르면 술리크의 생각과 달리 일반 상대성 이론이 칸트의 ‘선험적 종합’ 개념을 결정적으로 반박한 것은 아니다. 20세기 전반에 발전했던 ‘질량 있는 스핀-2의 중력 이론’은 일반 상대성 이론과 경험적 타당성에 있어 대등하면서도 여전히 물리적 기하학으로서 유클리드 기하학(칸트의 ‘선험적 종합’)을 사용하고 있었기 때문이다. 나는 이와 같은 피츠의 비판에 대해서 술리크의 입장에서 충분히 대응할 수 있다고 본다. 앞서 살펴본 것처럼 술리크는 경험적 참의 관점에서 동등한 복수의 이론들이 존재할 가능성을 인정한 바 있다. 따라서 술리크는 일반 상대성 이론과 경쟁하는 ‘질량 있는 스핀-2의 중력 이론’의 가능성을 받아들이면서도, 이 이론의 세계상보다는 일반 상대성 이론의 세계상이 더 단순하므로 이를 선택할 것이라고 주장할 것이다.

13) Pitts, J. Brian, “Kant, Schlick, and Friedman of Space, Time and Gravity in Light of Three Lessons from Particle Physics”, *Erkenntnis* (2018).

그러나 술리크의 상대성 이론 분석이 완전무결한 것은 아니었다. 먼저 지적해야 하는 것은 술리크가 말하는 물리적 기하학의 상대성 개념이 정확하게 일반 상대성 이론에서의 상황과 대응되지 않는다는 것이다. 아인슈타인이 광범위한 일반성을 갖는 중력장 방정식을 채택하는데에 술리크의 ‘동등화의 유일성’ 개념이 중요한 역할을 한 것은 사실이다. 그러나 아인슈타인이 ‘점-일치 논증’을 통해 극복한 것은 물질과 에너지가 존재하지 않는 좁은 시공간 영역을 기술하는 복수의 좌표계들이 존재함으로써 발생하는 미결정성의 문제였다. 이와 같은 미결정성의 상황에서 문제가 되는 복수의 좌표계들은 모두 유클리드 기하학보다 더 광범위한 미분기하학을 물리적 기하학으로 채택한다. 따라서 이것은 술리크의 설명처럼 유클리드 기하학과 비유클리드 기하학 중 어떤 기하학을 물리적 기하학으로 선택할 것인지의 문제 상황이 아니다. 아인슈타인의 미결정성 상황은 이미 물리적 기하학을 비유클리드적인 것으로 만드는 일반 공변성을 전제하고 일어나기 때문이다.¹⁴⁾

다음으로 지적할 것은, 비록 이 저서가 상대성 이론의 철학적 의의를 해명하는 저서였다고 하더라도, 상대성 이론에 대한 ‘체계적인 철학적 분석서’는 아니었다는 점이다. 그의 『시간과 공간』은 일반인들이 이해할 수 있는 수준으로 상대성 이론이 갖는 철학적 의의를 설명하는 것을 그 목적으로 갖고 있었다. 물리학에서 출발하여 점진적으로 자신의 철학적 입장을 수립하고 있었던 술리크였으므로, 이 책의 목적은 상대성 이론을 하나의 사례로 삼아 특정한 철학적 입장 혹은 사조를 적극적으로 옹호하는 것이 아니었다. 또한 이 저서에서 술리크는 상대성 이론이 제기한 첨예한 철학적 문제였던 ‘시간과 공간의 물리적 객관성 상

14) 이와 관련하여 과학철학자 마르코 지오바넬리(Marco Giovanelli)는 술리크를 비롯한 논리경험주의자들이 기하학에 대한 ‘헬름홀츠적 전통’ 아래에서 논의한 반면, 실제로 아인슈타인이 일반 상대성 이론에서 제시한 것은 이와는 차별화되는 ‘리만적 전통’ 아래에서의 논의였다고 주장했다 (Giovanelli, 2012). 나는 물리적 기하학의 문제를 리만적 전통에 비추어 이해해야 한다는 지오바넬리의 입장에 동의하지 않지만, 본 논문에서 이 문제를 상세하게 다루지는 않을 것이다.

실' 논제를 상세하게 분석하지 않았다. 실제로 쉘리크 스스로가 아인슈타인에게 보낸 서한에서도 알 수 있듯, 이 저서는 “일반 상대성 이론에 대한 해설에 지나지 않으며, 시간과 공간이 물리학 속에서 객관성을 잃었다는 논제에 대한 상세한 규명”¹⁵⁾은 아니었다. 따라서 쉘리크의 입장에서 상대성 이론이 촉발한 시간과 공간의 실재성 문제에 관한 좀 더 세밀한 인식적 분석이 필요한 상황이었다. 그런 의미에서 『시간과 공간』은 철학적 관점에서 볼 때 일종의 과도기적 성격을 갖고 있었다. 특히 쉘리크의 저서는 19세기 말과 20세기 초에 유럽의 물리학자들에게 큰 영향을 행사하고 있었던 칸트주의적 인식론이 상대성 이론과 부합하는지의 문제를 명시적으로 다루고 있지 않았다.

3. 카시러의 상대성 이론 분석 : 상대성 이론을 비판적 관념론 아래로 포섭하기

쉘리크의 저서에서 표면적으로 드러나지 않았던 ‘칸트의 비판적 철학이 상대성 이론과 부합하는지 판단하는 문제’에 대해 긍정적으로 답한 철학자는 에른스트 카시러였다. 카시러는 신칸트주의의 영향 아래에서 이를 발전시킨 철학자였는데, 특히 그는 자연과학에서의 대상 개념이 어떻게 발전했는지를 역사·철학적으로 고찰했다. 그는 1906년 베를린 대학에서 “현대의 철학과 과학에서의 지식 문제”를 주제로 교수자격취득 논문을 발표했고, 이후 베를린 대학에서 주로 수학, 물리학과 같은 정밀과학의 발전이 갖는 인식론적 의의를 연구했다. 카시러는 1910년에 저서 『실체와 기능(Substance and Function)』을 출판했는데, 이 책에서 그는 19세기까지의 물리학 발전으로 인해 물리학은 실체로서의 사물의 특성이 아니라 사물이 다른 사물들과 맺는 ‘기능적(함수적) 관계’를 다루게 되었다고 진단하고, 이러한 기능적 관계가 다

15) Oberdan, Thomas., “Moritz Schlick” in *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (2017)의 6절 참조

를 아닌 수학적 언어를 통해 표현된다고 보았다. 당시 새롭게 출현한 물리학 이론이었던 아인슈타인의 상대성 이론에 큰 관심을 가졌던 카시러는 1921년에 「아인슈타인의 상대성 이론」이라는 저서¹⁶⁾를 자신의 책 『실체와 기능』의 부록으로 출판했고, 이 저서는 이후 상대성 이론에 대한 신크트주의적 분석을 대표하는 저작으로 자리매김했다.

이제 카시러의 저작 「아인슈타인의 상대성 이론」(이하 「상대성 이론」으로 약칭)을 자세하게 검토해 보자. 우선 카시러는 측정 개념과 대상 개념에 대해 논한다.¹⁷⁾ 그는 아인슈타인의 주장인 “시간과 공간으로부터 물리적 객관성의 잔여물이 사라졌다”를 인용하며 과연 아인슈타인이 말하는 ‘물리적 객관성’이 무엇인지 묻는다. 물리적 객관성이란 감각 지각의 대상이 갖는 실재성이 아니다. 플랑크가 “측정 가능한 것만이 존재한다”고 언급한 바 있듯, 카시러는 측정 가능해야 비로소 물리적 대상으로 상정될 수 있음을 주목한다. 그런데 카시러가 볼 때 측정은 단순한 지각의 복제물이 아니라 특정한 이론적 가정 혹은 구성을 전제한다. 그리고 이러한 이론적 전제들은 감각으로부터 비롯되는 것이 아니라 ‘사고의 공준’으로서 세계에 도입된다. 예를 들어 뉴턴의 운동 제1법칙 ‘관성의 법칙’은 측정을 가능하게 하는 법칙이다. 왜냐하면 이 법칙은 특정한 상황에서 외부적 힘이 존재하는지의 여부를 알려주며, 이 법칙을 가정해야 측정 자체가 가능해지기 때문이다. 따라서 카시러에 따르면 진정한 측정 도구는 측정이 전제하는 원리들과 공준들이며, 측정을 새롭게 정의하면 우리는 세계에 대한 새로운 그림을 얻게 된다. 또한 카시러는 새로운 측정 정의를 통해 이전까지의 개념 체계가 새로운 개념 체계에 비교해 오직 근사적으로만 성립함이 밝혀진다고 보았다.

다음으로 카시러는 자연에 대한 설명이 단일하게 되지 않았던 19세기 말 물리학의 문제 상황을 지적하고, 아인슈타인이 상대성 이론을 통해 ‘자연의 단일성’을 다시 회복하는 데 성공했다고 평가한다.¹⁸⁾ 서로 상대적으로 등속 운동하는 기준계는 물리 법칙을 기술하는 데 있어 동

16) Cassirer, Ernst., *Einstein's Theory of Relativity* (Dover, 1953), pp. 351-456.

17) Cassirer(1953)의 제1장 “측정 개념과 대상 개념” (351-366쪽) 참조.

18) Cassirer(1953)의 제2장 “상대성 이론의 경험적, 개념적 기초”(367-386쪽) 참조.

등하다는 것이 특수 상대성의 원리인데, 이 원리는 역학에는 잘 적용이 되었지만 맥스웰과 로렌츠의 전자기 법칙에는 적용이 되지 않는 듯 여겨졌다. 뿐만 아니라 빛의 속도 측정을 통해 정지한 에테르 속 지구 운동을 탐지하려는 모든 시도는 실패로 돌아갔다. 카시러가 볼 때 이 두 사례는 자연에 대한 단일한 설명을 위협하는 사례들이었고, 아인슈타인은 “문제가 되는 상황을 일종의 공준으로 바꿈으로써” 이 문제를 해결했다. 즉, 아인슈타인은 문제가 된 광속 불변의 원리와 특수 상대성의 원리를 물리학 이론의 두 근본 원리로 삼음으로써, 이전까지는 절대적 값을 갖는 논리적 상수였던 시간과 공간의 측정값을 상대적인 것으로 바꾸는 대가를 치르면서도 ‘자연의 단일성’을 다시금 성취해낸 것이다.

카시러에 따르면 상대성 이론은 자연의 일정성과 단일성에 반하지 않는다. 비록 시간 간격과 길이 간격이 기준계의 운동 상태에 따라 달라질지 모르나, 로렌츠 변환 아래에서 물체의 엔트로피, 전기 전하량 등은 변하지 않고 자연 법칙의 일반 형식 또한 유지된다. 상대성 이론을 통해 이론의 고정점이 시간과 공간에서 광속 불변의 원리와 상대성의 공준으로 바뀌었지만, 이를 통해 다시 자연에 대한 단일한 설명이 가능해졌다. 카시러가 볼 때 일반 상대성 이론의 발전에서 중요한 역할을 한 것은 ‘상대성의 원리’인데, 특히 그는 아인슈타인이 형식적 원리인 상대성의 원리를 물질적인 광속 일정의 원리보다 더 우위에 두었음에 주목했다. 특수 상대성 원리는 선호되는 좌표계를 등속 운동 좌표계로 한정하였으나 이러한 제한은 인식론적 관점에서 볼 때 만족스럽지 않다. 상대성 원리를 더 일반화하면 선호되는 좌표계 없이 모든 좌표계들이 물리 법칙의 서술에서 동등해진다. 카시러는 형식적 원리인 일반 공변성 추구를 통해 상대성 이론이 자연 설명의 단일성을 더욱 심화시켰다고 평가했다.

카시러는 지식의 개념이 절대적인 개념에서 관계론적인 개념으로 바뀌었고, 이제 지식은 ‘실체’들의 ‘절대적인 속성’을 다루는 것이 아니라 ‘대상’들 사이의 ‘기능(함수, 관계)’을 다루게 되었음을 상대성 이론이 잘 보여주고 있다고 주장한다.¹⁹⁾ 상대성 이론에 이르면 감각적으로 지

19) Cassirer(1953)의 제3장 “진리의 철학적 개념과 상대성 이론”(387-393쪽) 참조

각되는 시간 간격과 공간 간격이 물리적 객관성을 잃지만, 이 이론이 자연 과정의 결정성을 포기하지는 않는다. 왜냐하면 무한히 많은 서로 다른 기준계들이 로렌츠 변환이라는 공통 규칙을 통해 서로 정량적이고 관계적으로 연결되기 때문이다. 카시러가 볼 때 상대성 이론은 모든 가능한 기준계에 적용되는 경험의 포괄적이고 최종적인 법칙을 제시했으므로, 결과적으로 이 이론은 자연 법칙의 단일성을 통해 자연 과정에 대한 전체적인 관점을 확보할 수 있었다. 감각 자료의 복수성과 다양성이 상대성 이론을 통해 경험에 대한 단일한 개념으로 통합된 것이다.

카시러는 상대성 이론이 자연의 단일성을 이론 또 다른 측면들을 주목한다. 뉴턴의 물리학에서는 텅 빈 공간과 꼭 차 있는 물체라는 두 개의 이질적인 요소가 세계를 구성했다. 이에 대해 칸트는 물질을 거리를 통해 작용하는 힘들의 순수한 상호작용으로 설명함으로써, 하인리히 헤르츠(Heinrich Hertz)는 칸트와 달리 물질들 사이의 운동 개념을 통해 힘 개념을 제거함으로써 자연에 대한 단일한 설명을 추구하고자 했다. 그런데 아인슈타인의 상대성 이론에 이르면 공간, 힘, 물질이 서로 분리되지 않으며 이들은 모두 계량 장(metrical field)의 표현으로 볼 수 있으므로, 자연에 대한 단일한 설명이 성취되었다고 볼 수 있다. 또한 상대성 이론은 이전까지 두 가지의 분리된 원리였던 에너지 보존 법칙과 질량 보존의 법칙을 하나의 단일한 법칙으로서 통합해내기도 했다.²⁰⁾

카시러는 상대성 이론에서의 시간과 공간이 비판적 관념론에서의 시간과 공간 개념과 합치한다고 진단한다.²¹⁾ 뉴턴의 절대 시간과 절대 공간을 부정한 칸트는 시간과 공간을 대상이 아닌 인간 지식의 원천이자 경험 가능성의 조건으로 간주했다. 칸트에 따르면 시간과 공간은 외적 직관의 단순한 형식에 지나지 않으며, 이 형식은 우리로 하여금 자연의 단일성을 결정할 수 있게 하는 일종의 규준이다. 카시러가 볼 때 이와 같은 칸트의 시간 공간 개념은 상대성 이론에서의 시간 공간 개념과 부합한다. 아인슈타인은 경험을 통해 지각되는 시간과 공간의

20) Cassirer(1953)의 제4장 “물질, 에테르, 공간” (394- 408쪽) 참조.

21) Cassirer(1953)의 제5장 “비판적 관념론과 상대성 이론에서의 시간과 공간 개념”(409-429쪽) 참조.

물리적 객관성이 사라졌다고 진단했는데, 이는 시간과 공간을 대상이 아니라 외적 직관의 형식으로 본 비판적 관념론의 관점과 일관된다. 카시러에 따르면 상대성 이론은 시간과 공간의 ‘기능적 단일성’을 입증하는 사례이다. 비판적 관념론에서 시간과 공간은 좌표가 아니라 좌표의 전제가 되는 직관 형식이며, 이 형식은 곧 모든 임의적인 대입에 대해 자연의 보편 법칙들이 그 형식을 유지해야 한다는 일반 공변성의 원리이다. 카시러는 사고의 전제인 일반 공변성의 원리가 시간과 공간에 대해 관측된 사실들에 새로운 해석을 부여한 것이 상대성 이론의 본질적인 성취라고 평가한다.

카시러는 상대성 이론 속에서 등장하는 기하학의 의미에 대해서도 논한다.²²⁾ 상대성 이론이 다루는 것은 물리적 다양체 내에서의 다양한 측정 관계들이다. 공간, 시간, 물리적으로 실재하는 대상 사이에는 상호 분리 불가능한 측정 관계가 있으며, 이러한 측정 관계들은 비유클리드 기하학의 언어 속에서 가장 단순하고 정확한 수학적 표현을 얻는다. 여기서 주목해야 하는 것은 이 기하학이 표현하는 실재가 존재의 세계가 아닌 법칙들과 관계들이라는 것이다. 우리의 일반적 생각과 달리 물리학적 기하학의 구조는 존재의 세계와 직접적인 상관관계를 갖지 않는다. 우리는 물리적 경험 전체를 물리학의 공리들 전체 체계와 비교할 수 있을 뿐이다. 일반 상대성 이론은 비유클리드 기하학을 물리적 측정들 사이의 관계에 적용함으로써 자연 현상의 단일성을 유지하고 상대성의 보편적 공준을 충족시킬 수 있었다. 결과적으로 상대성 이론은 지적이고 체계적인 완전성을 얻음과 동시에, 우리로 하여금 세계에 대한 직관적이고 단순한 관점을 포기하도록 만들었다. 카시러에 따르면 상대성 이론을 통해 시간과 공간은 일종의 선험적 함수, 즉 보편적이고 관념적인 관계가 되었다.

마지막으로 카시러는 상대성 이론과 실재의 문제를 다룬다.²³⁾ 카시러에 따르면 물리학은 측정 가능성의 관점과 전제 아래 현상을 고찰하

22) Cassirer(1953)의 제6장 “유클리드 기하학과 비유클리드 기하학”(430-444쪽) 참조.

23) Cassirer(1953)의 제7장 “상대성 이론과 실재의 문제” (445-456쪽) 참조.

며 존재와 과정을 순수한 구조 또는 수들의 질서로 나타낸다. 물리학이라는 학문의 임무는 모든 것을 수로 번역하고, 모든 질적 특성을 양으로 번역하고, 모든 개별적인 형식들을 보편적인 질서로 번역하는 것이다. 물리학에서의 계량적인 시간과 공간은 주관적이고 현상적인 시간 공간과 구분된다. 그렇다면 우리가 직접적으로 경험하는 시간 공간과 물리학에서의 시간 공간 중 무엇이 진정한 시간과 공간을 표현할까? 이 물음에 대해 카시러는 경험적 시공간과 물리적 시공간 모두 필요하며 어느 시공간이 옳다고 말할 수 없다고 답한다. 카시러가 보기에 두 종류의 시간과 공간은 상징적 동물인 인간이 세계를 이해하기 위해서 사용하는 서로 다른 상징체계이다. 카시러는 객관적 관점과 주관적 관점 모두를 인정할 수 있다고 주장한다. 수리물리학적 관점에서는 정성적인 특성들이 소거되지만, 심리학적 관점에서 중요한 것은 정성적인 특성들이며 수학적 매개 개념들은 임의적인 규약들에 지나지 않게 된다.

이상과 같이 살펴본 카시러의 상대성 이론 분석이 갖는 주요 특징 네 가지는 다음과 같다. 첫째, 카시러는 물리학적 탐구가 대상의 ‘실체적 속성’에 대해서가 아니라 대상이 다른 대상들과 갖는 ‘기능적 관계’에 대한 탐구로 변했으며, 이 과정에서 물리학이 자연에 대한 단일한 설명을 지속적으로 추구한다고 보았다. 그는 이와 같은 인식론적인 틀 아래에서 상대성 이론의 의미를 해석했다. 둘째, 카시러는 물리학이 자연의 단일한 설명을 추구해나가는 과정에서 고정적이고 논리적인 상수 역할을 하는 개념들 혹은 원리들을 변화시켰다고 본다. 뉴턴 역학에서는 절대 시간과 절대 공간이 그와 같은 상수 역할을 담당하였으나, 상대성 이론에 이르면 시간과 공간은 상대적인 것으로 바뀌고 상대성의 원리와 광속 일정의 원리가 새로운 상수 역할을 담당하게 된다. 셋째, 카시러는 물질적이면서 형식적인 원리인 상대성의 원리를 강조하며 자연의 단일성을 설명했다. 일반 공변성의 원리로 표현된 상대성 원리의 추구를 통해 자연의 단일성이 심화되었다는 것이다. 넷째, 카시러는 물리학이 측정 관계들 사이의 기능적 관계들을 다루는 까닭에 물리학에서 시간과 공간의 물리적 객관성이 사라졌지만, 심리적 측면에서의 인간의 시간과 공간 경험은 여전히 유효하다고 본다. 카시러에 따르면 물

리학적 체계와 심리학적 체계는 서로 대등하면서도 다른 상징체계이다.

솔리크의 철학적 해석과 비교할 때 카시러의 철학적 분석은 상대성 이론의 내용을 충실하게 분석했다기보다는 자신의 철학적 입장을 중심에 두고 상대성 이론을 비판적으로 분석했다고 평가할 수 있다. 카시러의 분석에서 상대성 이론은 자연과학적 지식이 다루는 대상이 실제 개념에서 기능 개념으로 변화했음을 잘 보여주는 중요한 사례로서 취급된다. 이러한 큰 틀 아래에서 카시러는 기존에 명시적 정의 없이 가정되었던 시간 공간 개념을 상대성 이론이 ‘측정’을 통해 새롭게 정의한 것을 ‘대상 개념의 변화’로 읽는다. 이러한 새로운 정의를 통해 물리학이 다루는 대상은 시간과 공간 그 자체가 아니라 이에 관련된 측정 결과들이 두드러지게 나타난다. 카시러는 ‘자연에 대한 단일한 설명의 추구’라는 궁극적인 목적을 추구한 결과 상대성 이론이 등장했다고 평가하는데, 이 또한 자신의 인식론적 입장인 ‘논리적 관념론’을 전제하고 있다. 카시러에 따르면 물리학적 탐구 대상이 실제에서 기능으로 변화시키는 과정에서 물리학의 자연 설명은 더 포괄적이고 단일하게 변화한다.

비록 카시러가 상대성 이론의 내용을 비교적 정확하게 분석하고 있다고 하더라도, 그의 저서가 보이는 두드러지는 특징은 칸트의 비판적 관념론을 계승한 자신의 ‘논리적 관념론’을 상대성 이론에 비추어 적극적으로 옹호하고자 하는 데 있다. 상대성 이론에 의해서 제기된 칸트주의에 대한 대표적인 비판은 다음과 같다. 칸트는 유클리드 기하학의 공리들이 갖는 선험성을 옹호한 반면 상대성 이론은 비유클리드 기하학을 물리적 기하학으로 채택했다. 따라서 칸트가 주장했던 ‘선험적 종합 판단’은 반박되지 않았는가? 이 문제에 대해 마야 르브노프(Maja Lovrenov)는 2006년 논문²⁴⁾에서 카시러 입장에서의 가능한 답변을 제시했다. 카시러가 볼 때 칸트는 공간을 ‘공존의 순수 형식’이고 시간을 ‘계열의 순수 형식’이라고 생각했으므로, 칸트의 입장에서는 이보다 더 강한 주장인 ‘공간의 유클리드적 성격’을 선험적이라고 받아들이 필요가 없다. 더 나아가 르브노프는 칸트가 선험적이라고 생각했던 것은 수학자

24) Maja Lovrenov, "The Role of Invariance in Cassirer's interpretation of the theory of relativity", *Synthesis Philosophia* 2006(2), pp. 233-241.

펠릭스 클라인(Felix Klein)이 제시한 에를랑겐 프로그램 속 ‘군(group)’의 개념으로 보아야 한다고 주장했다. 이와 같은 르브노프의 입장은 카시러의 철학적 관점과 일관된 것으로 보인다. 카시러 역시 상대성 이론에서는 더 이상 물리적 기하학이 직관적 성격을 갖지 않고 물리적 대상들 사이에 성립하는 수학적 관계들만을 나타낸다고 보았기 때문이다.

이종관은 2010년 논문에서 카시러의 철학적 분석이 갖는 중요한 한계를 지적했다.²⁵⁾ 일반 상대성 이론의 발전 과정에서는 ‘등가 원리(equivalence principle)’ 사고 실험을 토대로 리만 기하학을 이용하여 중력의 문제를 해결하는 것이 핵심적인 역할을 했는데, 이 과정에 대한 카시러 자신의 서술이 충분하지 않다는 것이다. 나는 이러한 지적이 아인슈타인이 리만 기하학을 사용하게 된 과정과 관련해서 부분적으로 타당하다고 생각한다. 카시러의 입장에서는 ‘등가 원리’ 사고 실험을 통해 일반 공변성을 도출한 것을 자신의 철학적 분석에 포함시키는 것이 적절하지 않았을 수 있다. 왜냐하면 ‘등가 원리’ 사고 실험은 경험에 기초한 사고 실험인 반면, 카시러는 일반 공변성이 경험에 기초해 있음에도 불구하고 이 원리가 이론 내에서 선험적이고 형식적인 기능을 하는 것을 더 중요하게 평가했기 때문이다.

사실 조나단 에버렛(Jonathan Everett)은 2018년의 논문²⁶⁾에서 이종관이 지적한 카시러의 단점을 보완하고자 시도한 바 있다. 에버렛은 자신의 논문에서 1907년부터 1912년까지 아인슈타인이 등가 원리를 점진적으로 발전시키는 동시에 일반 공변성을 만족시키는 중력 이론을 발전시킨 과정을 비교적 설득력 있게 서술하고 있다. 에버렛의 서술 속에서 등가 원리는 경험에 기초한 원리임에도 불구하고, 형식적인 원리인 일반 공변성을 만족시키는 과정에서 결정적인 역할을 담당한다.

25) 이종관, 「시간공간의 상대성과 인식의 통일성 : 카시러의 철학으로 본 상대성이론의 인식론적 의미」 (현상학과 현대철학 44, 2010년), 89-114쪽.

26) Everett, Jonathan., "A Kantian account of mathematical modelling and the rationality of scientific theory change : The role of the equivalence principle in the development of general relativity", *Studies in History and Philosophy of Science* 71 (2018), pp. 45-57.

이렇듯 에버렛의 논문을 통해 등가 원리와 관련하여 카시러의 서술이 갖는 단점을 부분적으로 보완할 수 있는 것은 사실이다. 하지만 문제는 에버렛의 역사적 재구성이 반드시 카시러의 입장을 지지하지는 않는다는 데 있다. 설혹 에버렛이 말하는 것처럼 아인슈타인의 등가 원리가 고전 물리학에서 충분히 수용할 수 있는 원리였다 하더라도, 이 원리를 이론의 중심축으로 삼은 것은 상대성 이론의 독창적인 측면이자 고전 물리학과는 중요하게 차별화되는 지점이었다. 따라서 에버렛의 역사적 재구성은 카시러의 ‘규제적’ 접근법과는 구분되는 라이헨바흐의 ‘구성적’ 접근법 역시 옹호할 수 있다.

더 중요한 것은 등가 원리 사고 실험에 기반하여 일반 상대성 이론을 전개해나갔던 아인슈타인의 사고 과정이 카시러가 생각하는 ‘자연의 단일성 추구’와 정확히 들어맞지는 않는 것처럼 보인다는 것이다. 등가 원리 사고 실험은 중력 질량과 관성 질량의 동등성이라는 잘 알려진 경험적 사실에 기초한다. 아인슈타인으로 하여금 비유클리드 기하학으로 나아가게 하는 결정적 계기를 제공한 회전 원판 사고 실험 역시, 강제 막대와 자연 시계라는 경험적 대상들을 전제로 한 사고 실험이었다. 따라서 아인슈타인의 실제 사고 과정은 카시러가 말하는 것처럼 자연의 단일한 설명을 위한 수학적 일반성의 추구 과정과는 달랐다. 비록 상대성 이론의 발전 과정에서 결정적 역할을 한 사고 실험의 최종 결론인 일반 공변성이 수학적으로 정식화될 수 있다고 하더라도, 우리는 물리학에서 결정적인 역할을 하는 사고 실험의 결과가 어떤 결론을 도출할 것인지를 사전에 수학적으로 정확하게 예측할 수 없다. 따라서 일반 공변성의 원리를 칸트적인 ‘규제적 원리’에 대한 근사로서 해석하는 것은 상대성 이론이 제시된 이후에만 덧붙일 수 있는 일종의 사후적 해석으로 남는다.

이상과 같이 살펴본 것처럼 상대성 이론에 대한 카시러의 철학적 해명은 상대성 이론의 출현에 대응하여 신칸트주의적인 철학적 입장을 적극적으로 옹호하고자 하는 특징을 갖고 있었다. 분명 카시러가 표방했던 신칸트주의적 입장이 유일하게 가능한 신칸트주의적 인식론인 것은 아니었다. 예를 들어 베를린 대학의 물리학자였던 헬름홀츠, 플랑

크, 라우에 등은 칸트주의 인식론에 우호적인 입장을 갖고 있었고, 라우에의 경우 상대성 이론이 칸트주의적 인식론을 반박하는 것이 아니라 이에 부합한다는 견해를 표명하기까지 했다. 이와 같은 상황에서 카시러의 저서 『상대성 이론』은 신칸트주의적 인식론이 상대성 이론에 관한 적절한 철학적 해명을 제시할 수 있는지의 문제를 명시적으로 제기하기에 이르렀다. 술리크의 입장에서는 이러한 카시러의 상대성 이론 해석을 진지하게 받아들일 수밖에 없었다.

4. 상대성 이론의 신칸트주의적 해석에 관한 술리크-카시러 논쟁

카시러의 『상대성 이론』과 비슷한 시기인 1920년에 라이헨바흐는 자신의 교수자격 취득논문인 『상대성 이론과 선험적 지식』(이후 『선험적 지식』이라 칭함)을 출판했다. 아인슈타인에게 헌정하는 이 책에서 라이헨바흐는 칸트적인 의미에서 선험적 원리들의 집합이 상대성 이론에서 전제하는 선험적 원리들의 집합과 모순됨을 보였고, 이에 따라 칸트의 선험성 개념에 내포되어 있는 필연성 개념을 버리는 대신 구성적 개념을 유지하자고 제안했다. 라이헨바흐에 따르면 물리적 지식의 근간이 되는 구성적 원리들은 물리적 대상 개념을 가능하게 하지만, 이 원리들은 칸트가 전제했던 필연성을 잃음으로써 새로운 경험적 사실을 마주하여 다른 구성적 원리들로 대체될 수 있다. 이는 라이헨바흐가 구성적 원리들을 상대화시켰음을 뜻한다.²⁷⁾ 술리크는 아인슈타인으로부터 라이헨바흐에 대한 소식을 접한 후 그의 교수자격 취득논문을 읽고 라이헨바흐가 『선험적 지식』에서 제시한 논점들에 대부분 동의한 것으로 알려진다. 다만 술리크는 ‘구성적 원리’라는 칸트적

27) 라이헨바흐의 ‘상대화된 선험성’ 개념의 출현과 전개 과정을 서술하는 다음의 논문을 참조. 강형구 저, 「라이헨바흐의 ‘상대화된 선험성’ 개념 : 그 출현과 전개」 (『과학철학』 23권 3호, 2020).

표현보다는 푸앵카레가 제안한 용어인 ‘가설’ 또는 ‘규약’을 쓰는 것이 바람직하다고 보았다.

이후 쉘리크는 1921년에 “상대성 이론에 대한 비판적 또는 경험적 해석?”이라는 제목으로 카시러의 『상대성 이론』에 대한 비교적 상세한 논평을 발표했다.²⁸⁾ 쉘리크의 이 논평은 논리경험주의의 철학적 입장이 신칸트주의적 입장과 분리되고 차별화되어 본격적으로 발전하기 시작함을 알리는 중요한 분기점으로 볼 수 있다. 따라서 나는 쉘리크가 제시한 논평을 자세히 검토해 보고자 한다. 우선 쉘리크는 과연 칸트주의가 새로운 물리학이 제시한 세계상을 포괄할 수 있을 정도의 강함과 유연함을 갖고 있는지 묻는다. 쉘리크는 이 물음에 대해 부정적인 입장을 취하며, 상대성 이론은 칸트주의적 관점에서가 아닌 경험주의적 관점에서 해석해야 한다고 본다. 그럼에도 불구하고 쉘리크는 마호가 제시한 강한 경험주의인 현상주의적 관점을 취하지 않는다. 쉘리크는 칸트주의적 관점과 현상주의적 관점 사이의 양자택일을 주장한 카시러의 주장과 달리, 두 관점 사이에 ‘제3의 길’이 있음을 주장한다.

쉘리크는 관측과 측정에 특정한 원리들이 전제되며, 이 원리들이 물리적 대상의 개념을 구성한다는 카시러와 라이헨바흐의 입장을 받아들인다. 그는 이러한 원리들로 인해 마호의 감각주의적이고 현상주의적인 입장을 끝이곧대로 받아들이기 어렵다는 사실 또한 인정한다. 그럼에도 불구하고 쉘리크가 볼 때 이러한 원리들은 카시러가 말하는 선험적 종합 원리라기보다는 구성적 원리이고, 이러한 구성적 원리들은 푸앵카레가 말한 가설 또는 규약이라고 볼 수 있다. 그렇다면 구체적으로 쉘리크는 왜 상대성 이론에 대한 신칸트주의적인 해석에 반대하여 경험주의적 해석을 옹호하는 것일까?

우선 쉘리크는 칸트 스스로가 유클리드 기하학과 갈릴레이 역학의 공리들이 선험적 성격을 갖고 있다고 믿었음을 지적한다. 그러나 상대성 이론의 등장으로 인해 더 이상 유클리드 기하학과 갈릴레이 역학의

28) Schlick, Moritz., “Empirical or Critical Interpretation of Modern Physics?” in H. Mulder and B. van de Velde-Schlick, eds. *Mortiz Schlick : Philosophical Papers*. vol. 1. (Dordrecht: Reidel, 1979).

공리들이 타당하지 않음이 밝혀졌고, 이는 칸트의 믿음이 옳지 않았음을 보여준다. 물론 카시러를 포함한 신칸트주의자들 역시 칸트가 제시한 형태 그대로의 칸트주의를 옹호하기는 어렵다는 사실을 인정한다. 하지만 술리크가 보기에 신칸트주의자들의 문제는 이들이 새롭게 등장한 물리학 이론을 근거로 ‘순수 시간’과 ‘순수 공간’의 개념을 재해석하는 데 있다. 그런데 술리크가 볼 때 이러한 재해석은 결과적으로 새롭게 등장한 이론에 비추어 이루어지는 것이므로, 새로운 이론이 실제로 등장하지 않는 이상 이들이 말하는 ‘순수 시간’과 ‘순수 공간’ 개념은 구체적인 내용을 갖지 못한다.

그렇다면 상대성 이론 내의 어떤 원리를 선험적 종합 원리라고 말할 수 있을까? 아인슈타인이 강조한 ‘점-일치’의 개념인가? 혹은 새로운 기하학에서 전제하고 있는 연속적인 ‘선-요소(line element)’의 개념인가? 이 물음들에 대해 술리크는 부정적으로 답한다. ‘점-일치’ 역시 경험에 기반하고 있는 개념이므로 선험적으로 타당하다고 말할 수 없다. ‘선-요소’의 경우 이미 수학적으로 불연속적 공간 결정이 가능함이 밝혀져 있으며, 양자 이론의 불연속성을 감안할 경우 이를 선험적으로 타당하다고 할 수 없을 것이다. 결국 카시러를 비롯한 신칸트주의자들은 자연의 단일성 개념에 호소하겠지만, 자연의 단일성 개념은 그 자체로는 추상적일 뿐이며 그것의 구체적인 내용을 얻기 위해서는 실제적인 물리학 이론에 호소할 수밖에 없다. 술리크에 따르면 우리는 자연의 단일성 개념이 경험을 통해 확인되기 때문에 믿는 것이지, 경험과는 별도로 구분되는 초월적 연역에 의해 믿는 것이 아니다.

술리크가 카시러에 대한 논평에서 의도한 것은 상대성 이론에 대한 신칸트주의적 해석을 완전하게 논박하는 것이 아니었다. 대신 술리크는 상대성 이론에 대한 신칸트주의적 해석이 유일하게 가능한 철학적 해석이 아니며, 경험주의적 해석 또한 이와 비견될 만큼의 타당성을 갖고 있음을 주장했다. 술리크에 따르면 상대성 이론에 이르러 시간과 공간이 그 물리적 객관성을 상실함에도 불구하고, 칸트주의자가 주장하는 것처럼 시간과 공간이 단순한 형식에 불과하게 되는 것은 아니다. 일반 공변성은 운동의 관계론적 관점이라는 마호적인 경험적 통찰

을 그 근거로 하므로, 이를 카시러와 같이 단순히 수학적이고 형식적인 제약 조건으로서만 이해해서는 안 된다. 논평의 마지막에서 술리크는 상대성 이론에 대한 라이헨바흐의 저서 『선험적 지식』을 언급하며, 우리가 구성적 원리들을 가설 혹은 규약으로서 받아들인다면 비판적 관념론과는 다른 경험주의적 관점에서 상대성 이론을 해석할 수 있음을 주장했다. 결국 이 논평을 기점으로 술리크는 상대성 이론의 신칸트주의적 해석에 대항하는 경험주의적 관점을 본격적으로 취하기 시작했다고 볼 수 있다.

그렇다면 카시러와 술리크 사이의 이상과 같은 철학적 입장 차이가 발생한 이유는 무엇일까? 나는 이러한 차이가 물리학 이론에 대해 두 사람이 취한 철학적 분석 방법론의 차이에서 비롯된다고 생각한다. 앞서 살펴본 것처럼, 술리크의 『시간과 공간』은 특정한 철학적 관점을 전제로 하기보다는 아인슈타인의 물리학 이론의 내용에 충실한 철학적 해명이었다. 그런 까닭에 술리크의 저서는 상대성 이론의 내용을 왜곡하지 않으면서도 이 이론이 제기한 여러 철학적 문제들에 대한 비교적 상세한 해명을 제시할 수 있었다. 특히 술리크는 상대성 이론의 중요한 철학적 주제였던 기하학의 상대성 문제와 물리적 기하학의 선택 문제를 상세하게 다루었을 뿐만 아니라, 점-일치를 교란하지 않고 보존하는 복수의 세계상들이 상호 변환 가능할 경우 이 세계상들은 모두 대등한 정도로 타당하다는 아인슈타인의 주장이 갖는 의미를 자세히 설명해냈다. 이처럼 분석 대상이 되는 물리학 이론의 내용에 충실했던 까닭에 술리크의 저서는 아인슈타인 자신으로부터 상당히 높은 수준의 동의 또한 이끌어 낼 수 있었다.

술리크가 취한 철학적 분석의 방법론은 기본적으로 ‘공시적인’ 특징을 갖는다. 분석 대상이 되는 물리학 이론의 내용을 면밀하게 살핀 후, 이론의 내용 중 철학적으로 문제가 되는 부분을 추려내어 이것의 철학적 의미를 상세하게 밝혀야 하기 때문이다. 이에 대비되는 카시러의 철학적 분석 방법론은 ‘통시적인’ 특징을 갖는다. 카시러는 수리적인 정밀 자연과학의 발전 과정을 통해 수학적으로 표현되는 기초적인 과학적 개념들이 점점 더 일반화되는 방식으로 발전하며, 이와 같은 일

반화와 단순화의 과정이 자연의 단일성을 심화시킨다고 주장한다. 이러한 카시러의 설명 속에서 역사성은 핵심적인 역할을 차지한다. 자연의 단일성은 궁극적으로는 오직 규제적인 방식으로만 요청할 수 있으므로, 그러한 단일성이 어떠한 방식으로 구현되는지를 기술하기 위해서는 이를 보여주는 구체적 사례들이 반드시 필요하다. 카시러의 입장에서 아인슈타인의 상대성 이론은 이러한 구현을 잘 보여주는 사례였다. 상대성 이론은 특수 이론에서 일반 이론으로 일반화되는 과정을 통해 전개되었으며, 그 과정에서 수학적으로 형식화된 일반 공변성의 원리가 핵심적인 역할을 했기 때문이다.

이러한 맥락에서 토머스 리크먼(Thomas Ryckman)은 카시러가 일반 공변성 원리를 일종의 ‘규제적 원리’로서 강조했다라는 점을 높이 평가했다.²⁹⁾ 리크먼에 따르면 강제 막대와 자연 시계를 이용하여 일반 상대성의 인식적 의미를 포착하고자 했던 논리경험주의의 입장은 이후의 이론 물리학 발전에 의해 그릇되었음이 밝혀졌다. 이와 달리 일반 상대성의 인식적 의미는 그것의 수학적 원리인 일반 공변성에서 찾아야 하고, 카시러가 비판적 관념론의 입장에서 이러한 일반 공변성 원리를 강조하였으므로 그의 일반 상대성 해석이 논리경험주의에 비해 더 적절한 철학적 해석이었다는 것이다.³⁰⁾ 하지만 내가 볼 때 논리경험주의자들이 강조했던 것은 강제 막대와 자연 시계라는 경험적 대상 그 자체라기보다는, 물리학이 경험적인 의미를 갖기 위해 어떤 방식으로든 특정한 경험적 대상들과 ‘동등화’되어야 하며 이를 위한 ‘임의적 정의’가 제시되어야 한다는 것이었다. 나는 이와 같은 논리경험주의의 핵심적 통찰은 상대성 이론 이후의 물리학 발전을 감안하더라도 여전히 유효하다고 생각하므로, 리크먼의 첫 번째 주장에 대응할 수 있으며 이에 대한 추가적인 논의가 필요하다.

29) Ryckman, Thomas., "Early Philosophical Interpretations of General Relativity" from *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (2018. 5. 7.) 중 3장 “칸트적, 신칸트주의적 해석” 참조.

30) Ryckman, Thomas, *The Reign of Relativity* (Oxford University Press, 2005)의 2장(13-46쪽).

리크먼은 카시러가 비판적 관념론의 관점에서 강조한 일반 공변성 개념이 이후의 물리학 발전에 의해서도 지지되었음을 강조했다. 하지만 이와 같은 상황은 앞서 솔리크가 지적한 것과 정확히 일치한다. 물리학 이론 속의 특정한 개념이 구체적인 원리인지 그렇지 않은지는 오직 역사적 발전 과정에서 제시되는 구체적인 물리학 이론의 등장에 의해서만 드러날 뿐이다. 그런데 우리는 미래의 물리학 발전에 의해 이전까지는 구성적이라고 여겨졌던 원리가 더 이상 구성적이지 않음이 밝혀질 가능성을 배제할 수 없다. 물론 카시러의 입장에서는 다음과 같이 답할 수 있을 것이다. 정밀과학은 점점 더 수학화되고 있고, 순수 수학은 좀 더 일반화되는 방식으로 변화하여 이전까지의 수학적 개념들을 일종의 근사로서 만드는 방식으로 발전하는 까닭에, 우리는 미래의 그 어떤 시점에서든 그 시점에서의 정밀과학이 그 이전 시점의 정밀과학보다 개념적으로 더 단순해졌음을 보일 수 있다.

나는 이와 같은 카시러의 신칸트주의적 입장을 경험주의적 입장에서 결정적으로 논박하기 어려울 것이라 본다. 하지만 이러한 신칸트주의적 인식론이 우리에게 물리학 이론의 철학적 의의에 대한 유용한 통찰을 줄 것이라고 생각하지는 않는다. 왜냐하면 이와 같은 인식론은 자연의 단일성이 심화되는 과정을 중심에 두고 물리학 이론의 발전 과정을 서술하고자 함으로써, 물리학 이론이 제기한 다른 구체적인 철학적 문제들에 대한 해명을 소홀히 하게 될 것이기 때문이다. 예를 들어 일반 상대성 이론이 제기한 중요한 철학적 문제들 중 하나는 시간과 공간의 물리적 객관성 상실 문제이다. 비록 아인슈타인이 이와 같은 물리적 객관성의 상실을 주장하였다고 하더라도, 이러한 주장이 인식론적으로 합당한지의 여부는 더 정밀하게 따져 보아야 한다. 나는 비단 이 문제 뿐만 아니라 물리학 이론의 구체적인 내용과 관련된 철학적 문제들이 다수 존재하며, 이러한 문제들은 카시러의 ‘통시적 분석 방법’보다는 솔리크가 취한 ‘공시적 분석 방법’을 활용하여 규명하는 것이 더 적절하고 우리에게 좀 더 풍부한 철학적 통찰을 제시해 줄 것이라 생각한다.

5. 결론

본 논문을 통해 나는 상대성 이론에 대한 술리크와 카시러의 철학적 분석 내용을 자세히 살핀 후, 카시러의 저서에 대한 술리크의 비판적인 논평을 중심에 두고 두 사람의 철학적 분석에서 보이는 차이점을 진단했다. 앞서 살펴본 것처럼 술리크의 1917년 저서 『현대 물리학에서의 시간과 공간』은 상대성 이론의 내용을 충실하게 분석하여 이 이론의 철학적 의의를 상세하게 해명한 저서였으며, 아인슈타인과의 의견 교환을 통해 이론의 창시자인 아인슈타인 본인으로부터도 큰 호평을 받았다. 이 저서를 통해 우리는 상대성 이론의 주요한 문제들에 대한 유용한 철학적 통찰을 얻을 수 있다. 하지만 술리크의 저서는 상대성 이론이 지지하는 특정한 철학적 입장이 무엇인지를 명시적으로 제시하지는 않았으며, 또한 이 저서를 시간과 공간의 물리적 객관성 상실 문제에 대한 상세한 인식론적 규명이라고 평가하기는 어려웠다.

카시러의 1921년 저서 『아인슈타인의 상대성 이론』은 카시러의 독창적인 신칸트주의적 관점 아래에서 집필된 저서였다. 카시러는 수학적 정밀과학의 발전을 통해 점점 더 과학적 개념들이 그 경험적이고 직관적인 특성을 잃는 대신, 물리적 대상들 사이의 관계를 정량적이고 수리적인 방식으로 기술함으로써 점차적으로 자연 설명의 단일성이 제고된다고 보았다. 또한 카시러는 이 저서에서 명시적으로 상대성 이론이 자신의 신칸트주의적 인식론인 논리적 관념론을 지지하는 동시에 마흐의 엄격한 현상주의적 관점을 지지하지 않는다고 주장했다. 이와 같은 카시러의 상대성 이론 분석은 과연 신칸트주의적 인식론이 새로운 물리학에 적합한 인식론인지, 만약 아니라면 과연 어떤 종류의 인식론이 새로운 물리학에 적합한 인식론인지의 문제를 당대의 학술계에 명시적으로 제기했다.

이후 술리크는 카시러의 저서에 대한 상세한 논평에서 향후 자신이 취할 철학적 입장을 명시적으로 드러냈다. 술리크가 보기에 상대성 이론에 대한 신칸트주의적 해석은 적합하지 않았다. 칸트의 시대에 믿었던 선험적 종합 원리들이 이후의 물리학 발전에 의해 반박되었을 뿐 아

나라, 오늘날의 물리학에서 토대 역할을 하고 있는 구성적 원리들 혹은 개념들 역시 이들을 선험적이라고 말할 수는 없기 때문이다. 신칸트주의의 입장에서는 정밀과학의 발전에 따라 자연의 단일성이 심화되고 구체화된다고 주장할 수 있겠지만, 실제로 이러한 심화 또는 구체화의 과정은 오직 특정한 물리학 이론이 새롭게 제시됨으로써만 실질적인 내용을 가질 수 있다. 솔리크는 신칸트주의적 인식론이 상대성 이론에 적합한 유일한 철학적 입장이 아니며, 경험주의적 입장에서 이와 대등한 수준으로 타당하게 상대성 이론을 해석할 수 있다고 주장했다.

이 논평 과정에서 솔리크는 자신을 신칸트주의의 비판적 관념론과 대비되는 경험주의적 입장에 두고, 그 철학적 동지인 라이헨바흐의 ‘상대화된 구성 원리’ 개념을 옹호했다. 솔리크 역시 물리학 이론 속에서 대상을 구성하는 역할을 하는 기초적 원리들의 존재를 받아들였지만, 그는 이 원리들을 가설 혹은 규약이라 부름으로써 새로운 판본의 경험주의 편에 섰다. 하지만 새로운 판본의 경험주의가 구체적으로 어떤 형태를 띠는 것인지는 아직 분명하지 않았다. 비록 솔리크가 자신의 1917년 저서에서 상대성 이론의 철학적 의의를 충실하게 해명했다고 하더라도, 새로운 판본의 경험주의를 분명하게 나타낼 수 있는 새로운 방식의 철학적 분석이 상대성 이론에 대해 진행될 필요가 있었다. 특히 이러한 분석은 여전히 해결되지 않았던 ‘시간과 공간의 물리적 객관성 상실 문제’와 관련되어 수행될 필요가 있었다.

솔리크와 카시러 사이의 철학적 입장 차이는 물리학 이론에 대해 취한 두 사람의 철학적 분석 방법론 차이로부터 비롯된 것이었다. 솔리크는 물리학 이론의 내용을 충실하게 분석하는 ‘공시적 접근 방법’을 취한 반면, 카시러는 자신의 독창적인 신칸트주의적 인식론인 ‘논리적 관념론’의 입장을 옹호하기 위해 ‘통시적 접근 방법’을 취한 후 상대성 이론을 자신의 철학적 입장을 옹호하는 하나의 사례로서 해석했다. 비록 카시러의 철학적 분석 방법론을 결정적으로 논박하기 힘들다고 하더라도, 나는 카시러와 같은 통시적인 철학적 분석을 통해서만 특정한 물리학 이론이 제기하는 다수의 철학적 문제들을 제대로 해명하기 어렵다고 본다. 카시러와 같은 역사적 해석 방법론은 그 어떤 종류의 물

리학 이론이 등장한다고 해도 그 이론이 이전의 이론과 비교하여 개념적으로 좀 더 단순해졌다는 해석을 하는 데 성공할 수 있겠지만, 나는 그와 같은 해석을 통해 규명되는 자연의 단일성이 우리에게 줄 수 있는 통찰의 범위와 유용성에 대해 회의적이다.

결론적으로 나는 카시러와 대비하여 물리학 이론의 구체적인 내용 분석에 충실한 술리크의 철학적 분석 방법을 옹호했다. 실제로 이 방법론의 성과는 그의 저서 『현대 물리학에서의 시간과 공간』에 잘 드러나 있다. 하지만 이후 경험주의적 관점에서 어떤 방식으로 상대성 이론에 대한 철학적 분석이 추가적으로 진행되어야 하는지는 여전히 결정되지 않은 상태로 남아 있다. 실제로 술리크 이후 이러한 철학적 과업을 수행한 대표적인 학자는 논리경험주의의 대표자인 한스 라이헨바흐와 루돌프 카르납이었다. 그렇기에 라이헨바흐와 카르납의 상대성 이론 분석이 갖는 철학적 의의가 구체적으로 무엇이었는지는 우리가 이후에 다룰 필요가 있는 중요한 논제가 될 것이다.

참고문헌

- 강형구, 「라이헨바흐의 ‘상대화된 선험성’ 개념 : 그 출현과 전개」
(『과학철학』 23권 3호, 2020), 87-114쪽.
- 강형구, 「상대성 이론의 출현과 이에 따른 철학적 문제들」(『철학 연구』 158집, 2021), 1-35쪽.
- 이종관, 「시간공간의 상대성과 인식의 통일성 : 카시러의 철학으로 본 상대성이론의 인식론적 의미」(『현상학과 현대철학』 44, 2010), 89-114쪽.
- Bengoetxea, Juan Bautista., "Intuition and evidential facts in Carnap's analysis of space", *Rev. Filos., Aurora, Curibita*, v. 31, n. 54, pp. 910-924, 2019.
- Cassirer, Ernst., *Substance and Function & Einstein's Theory of Relativity* (Dover, 1953), pp. 351-456.
- Everett, Jonathan., "A Kantian account of mathematical modelling and the rationality of scientific theory change : The role of the equivalence principle in the development of general relativity", *Studies in History and Philosophy of Science* 71 (2018), pp. 45-57.
- Friedman, Michael., "Ernst Cassirer" in *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (2014).
- Goivanelli, Marco., "Traditions in Collision : The Emergence of Logical Empiricism", *History of Philosophy of Science* (HOPOS), 2017.
- Lovrenov, Maja, "The Role of Invariance in Cassirer's Interpretation of the Theory of Relativity", *Synthesis philosophica*, 2006.
- Oberdan, Thomas., "Moritz Schlick" in *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (2017).
- Pitts, J. Brian., "Kant, Schlick and Friedman on Space, Time, and Gravity in Light of Three Lessons from Particle Physics",

Erkenntnis, 2018.

Reichenbach, Hans., *Defending Einstein : Hans Reichenbach's writings on space, time and motion*, edited by Steven Gimbel and Anke Walz (Cambridge University Press, 2006)

Ryckman, Thomas., “Early Philosophical Interpretations of General Relativity”, in *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Mar 7, 2018)

Ryckman, Thomas., “General Covariance and the “Relativized A Priori”: Two Roads from Kant”, in *The Reign of Relativity* (Oxford University Press, 2005), pp. 13-46.

Ryckman, Thomas., “1921 : Critical or Empiricist Interpretation of the New Physics?”, in *The Reign of Relativity* (Oxford University Press, 2005), pp. 47-76.

Schlick, Moritz., *Space and Time in Contemporary Physics* (Prometheus Books, 1920).

Schlick, Moritz., “Empirical or Critical Interpretation of Modern Physics?” in H. Mulder and B. van de Velde-Schlick, eds. *Mortiz Schlick : Philosophical Papers*. vol. 1. (Dordrecht: Reidel, 1979).

논문 투고일	2021. 06. 14
심사 완료일	2021. 07. 15
게재 확정일	2021. 07. 15

A Comparative Study on Schlick's and Cassirer's philosophical analysis of the relativity theory

Hyeong-gu Kang

Einstein's special and general relativity theory was an innovative physical theory, and it raised important philosophical problems with its emergence. So philosophers of the time had to explicate philosophical problems raised by the theory apart from its empirical successes. The most representative two philosophers of the time who discussed on the relativity theory were Moritz Schlick and Ernst Cassirer. In this paper, I investigate those two philosophers' philosophical analysis of the relativity theory and do the comparative study on their analyses' major features. In the paper's introduction, I emphasize that the relativity theory's philosophical problems were important for both philosophers and physicists. In Chapter 2, I argue that Schlick's philosophical analysis of the relativity theory was a detailed philosophical presentation of the theory and his philosophical conclusion was harmonious with Einstein's own opinion. In Chapter 3, I argue that Cassirer's philosophical analysis of the relativity theory was for his own philosophical view point, so he regarded the relativity theory as a confirming example for his view. In Chapter 4, I investigate the difference between Schlick's and Cassirer's standpoint based on Schlick's review on Cassirer's publication. I argue that their philosophical difference was due to their methodological difference in analyzing a physical theory. Then I support Schlick's methodology rather than Cassirer's. Finally, I summarize my arguments and point out the necessity of further analysis on the relativity theory after Schlick based on the empiricist viewpoint.

Keywords: Philosophical problems of the relativity theory, Philosophical

analysis of the relativity theory, Moritz Schlick, Ernst Cassirer,
Neo-Kantian and Logico-Empirical interpretation of the relativity
theory