화이트헤드 상대성이론의 기원과 “죽음”의 역사적 맥락: 재해석을 위하여

이 관 수 (동국대)

【한글요약】

이 소고는 화이트헤드 상대성이론의 이른바 “죽음”의 의미를 재해석하기 위한 준비 작업으로서, 화이트헤드 상대성이론의 역사적 기원과 그에 대한 물리학계의 주요 연구 및 그에 대한 반론을 서술한다.

화이트헤드는 아인슈타인과는 전혀 다른 지적 배경에서 성장하였는바, 케임브리지 대학의 수학 트라이포스 전통과 독일어권 대학의 물리학 연구 전통은 두 상대성이론의 철학적 차이를 결정하지는 않을지라도, 그 차이가 자연스러운 귀결이었던 것으로 평가할 수 있게 한다.

화이트헤드 상대성이론에 수리물리학계의 연구는 일반상대성이론과 관측적으로 유의미한 차이를 산출하는지에 집중되었고, 21세기 들어 화이트헤드 상대성이론은 중력이론으로서는 “죽음”에 이른 것으로 평가된다. 이러한 연구들에 대한 일부 철학적 반론은 화이트헤드 철학의 의의를 손상시킬 우려가 있는 바, 수학적 사고에 대한 화이트헤드의 주장부터 재검토하여 화이트헤드적 세계관을 옹호할 필요가 있다.

[주요어] 아인슈타인, 화이트헤드, 상대성이론, 수학 트라이포스, 관측.

화이트헤드가 자신의 상대성이론과 아인슈타인의 상대성이론들과 다르다는 점을 “물리와 기하 간의 오래된 구분을 유지하는 것이 내 이론에서는 본질적이다”라는 언명을 통해 강조한 이래,[1] 양자 간의 차이는 여러 선행논의를 통해 다각도로 논의되어 왔다.[2] 아쉬운 점은 1922년 화이트헤드가 『상대성 원리와 물리과학에의 응용』(이하 『상대성 원리』) 에 이른 맥락에 대해 물리학사 및 수학사적 측면에서 미시사회적 검토를 찾기 힘들고, 화이트헤드 상대성원리에 대한 물리학계의 연구가 진행되어온 과정 또한 개괄되지 않았다.

이 글에서는 2008년 주장된 화이트헤드 상대성이론의 이른바 “죽음”의 의미를 재검토하기 위한 준비로서 1장에서 아인슈타인과 화이트헤드의 지적 성장 배경의 차이를 수학 대 물리학의 관점에서 정리하고, 2장에서 1922년 이후의 화이트헤드 상대성이론 연구사를 일부 철학계의 반론과 함께 개괄한다.

---

1) P.R, p.3,

2) 물리학사적 관점에서는 다음의 두 논문이 많은 시사점을 준다. Jonathan Bain, "Whitehead's Thoery of Gravity" Stud. Hist. Philos. Mod. Phys. 29 (1998) 547-574; Ronny Desmet, "How Did Whitehead Become Einstein's Antagonist?" Process Studies 37 (2):5-23 (2008).
또한 안형관, 이태호, “화이트헤드의 상대성 원리와 범주도식” 『철학논총』 제20집. (새한철학회, 2000)에서도 접근법과 관심은 다르지만, 아인슈타인과 화이트헤드의 차이에 대한 이 소고의 입장과 거의 같은 결론을 발견하였다.

1. 화이트헤드 상대성이론의 역사적 기원과 특성 : 수학적 경험 vs 물리적 경험

근대 수학의 기원을 데카르트와 뉴턴에서 찾을 수 있고, 그들의 물리학적 공헌은 수학적 공헌과 불가분의 관계에 있다. 이러한 흐름은 18세기말 19세기 전반의 라플라스에게서도 잘 나타나는 바, 그와 그를 추종하는 집단은 오늘날의 물리학, 수학, 화학 전반에 걸쳐 각종 실험을 수행하고 수학의 새로운 영역을 개척하는 활동을 진행하였다.

하지만 19세기 중엽이면 수학과 물리학 사이의 제도적인 분리가 뚜렷해졌다. 부분적으로 공유하는 연구대상들이 있음에도 불구하고 수학자의 정체성과 물리학자의 정체성은 확연히 구분되었다. 화이트헤드 상대성이론은 케임브리지대학의 수학 전통에서, 아인슈타인의 상대성이론은 물리학 전통에서 발생하였다.

1) 독일: 괴팅겐의 수학 대 실험가들의 물리학

20세기 초까지 독일어권 지역에서 물리학 이론 또는 물리학적 설명을 연구한 학자들은 크게 두 부류로 나눌 수 있다. 실험을 자기정체성의 핵심으로 여기는 물리학자들과 펠릭스 클라인 이래의 괴팅겐 학파를 중심으로 한 일부 수학자들이 그들이다.

유의할 점은 이론적 연구에 전념한다는 의미의 이론물리학자는 아직 존재하지 않았다는 점이다. “이론물리학”이란 명칭은 19세기 말의 독일어 대학들에서 조교수(extraordinarien Professor)들 중에서도 실험실 사용권한이 없는, 즉 서열이 낮은 교수들을 지칭하는 “이론물리학 조교수”라는 표현으로 등장하였다. 즉 당시의 “이론물

리학자"는 장차 승진하여 실험실 사용권한을 획득할 것으로 기대되는 물리학자들이었다. 이들은 교육과 연구 양면에서 정교수의 호의나 허락 하에 실험실을 사용하거나, 자비로 다른 장소에서 실험을 수행하였다.[3)]

현대와 달리 물리학의 한 분과로서의 이론물리학은 존재하지 않는 상황에서, 물리학자란 실험을 통해서 채득한 물리학적 관념과 직관에 따라 이론적 논의를 이끄는 사람들이었다. 물론 그러한 논의에 때때로 연속성, 대칭성 또는 우주원리 등으로 표현될 수 있은 메타원리들을 개입시키기도 하였지만, 이 메타원리들은 구체적인 문제 상황에 따라 제각기 달리 표현되거나 정식화되었다. 수학과 수리적 원리들도 긴요하였지만, 물리학자들은 그들을 물리적 내용을 표현하고, 정리하는 언어로 여겼지, 물리학적 논의를 이끄는 지도원리로 보지는 않았다.

젊은 아인슈타인은 이러한 물리학자들의 특성을 가장 노골적으로 보여주는 사례였다. 그는 연방공대 학생시절부터 수학을 중시하지 않았고, 수학교수인 헤르만 민코프스키를 경시하였으며, 신청한 수학강의에는 장기결석하면서 나름 맥스웰 전자기학을 독학하며 각종 전자기학 실험에 몰두하였다. 수학에 대한 그의 적대적 태도는 1910년대 절정에 달했다가 후일 일반상대성이론으로 귀결되는 연구 경험을 통해 짧은 기간 내에 바뀌었다. 하지만 그 이후에도

3) 엔트로피 개념의 창안자로 기억되는 루돌프 클라우지우스는 19세기 중엽의 물리학자로서는 이론 논문만을 발표한 특이한 경우인데, 그조차 실험교육에 많은 노력을 쏟았다. 연구와 교육 양면에서 이론적 활동에만 의도적으로 전념하면서도 온전한 물리학자로 여겨진 사람은 1920년대 경력을 시작한 볼프강 파울리를 최초의 사례로 알려져 있다. 이러한 정황에 대해서는 C. Jungnickel and R. MacCormmach, Intellectual Mastery of Nature. Theoretical Physics from Ohm to Einstein, Volume 2 The Now Mighty Theoretical Physics, 1870-1925 (University of Chicago Press, 1986)을 볼 것.

꾸준히 각종 실험을 수행하려고 노력하였고, 각종 장치의 작동원리에 대한 관심을 잃지 않았다. 또한 1920년대 말 유명한 보어-아인슈타인 논쟁에서도 아인슈타인은 여전히 구체적인 실험장비들을 상정한 가상실험을 통하여 보어의 주장을 논박하려고 시도했었다. 아인슈타인의 물리학 연구가 실험실 생활에 대한 직접 접촉 없이 진행되게 바뀐 것은 1933년 되었다. 실험실과 실험 물리학자가 없었던 프린스턴 고등연구원으로 이직한 이후였다.[4)]

이러한 맥락에서 1905년 아인슈타인의 특수상대성 논문은, 통념과 달리, 그가 특허국 서기임에도 발표할 수 있었던 것이 아니라, 특허국 서기였던 덕분에 착안할 수 있었던 것으로 파악해야 한다.

아인슈타인이 학생시절부터 관심을 유지한 주제는 이른바 "전자" 이론이었다. 이 "전자"는 전자기 에테르 내의 전하입자로 상상된 것으로서, 전자기 방정식에 따르면 이 "전자"의 겉보기 질량은 "전자"의 운동 상태에 따라 증가하였다. 이에 착안한 "전자" 이론 주창자들은 물질의 질량을 전자기 에테르 내에서의 전하입자의 운동이 낳은 현상으로 환원하려고 하였다. 중력은 질량에서 비롯되므로 궁극적으로 "전자"이론가들은 모든 물리현상의 근원을 하나로 통일하려 한 것이었다.[5)] 로렌츠, 피츠제랄드 등 종종 아인슈타인의 특수

---

4) 이하의 아인슈타인과 푸앵카레에 대한 서술은 Peter L. Galison, Einstein's Clocks, Poincare's Maps: Empires of Time (W. W. Norton & Company, 2003)과 A. Pais, Subtle is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein (Oxford University Press, 1982)에 의존하였다.

5) 관점에 따라서는 전자기 에테르와 전하임자 둘로 환원하려 한 것으로 볼 수 있지만, 당시의 "전자"이론가들은 전하입자와 전자기 에테르의 구별을 심각하게 검토하지 않았다. 이에는 몇 가지 이유를 짐작할 수 있다. 첫째, 정통 맥스웰 전자기학에서는 전하를 물질적인 것으로 보지 않고 에테르의 운동이 격변하는 지점으로 파악하였다. 둘째, 완전탄성유체로 여겨진 에테르의 일부가 고리운동을 하면, 그 고리는 마치 보통물질입자처럼 서로 충돌과 반발을 겪는다는 점이 수학적으로 증명되었고, 담배연기를 이

상대성이론을 선행 발견했다고 오해되는 물리학자들의 수리적 연구는 이 맥락에서 이루어진 것들이다.[6] 그들은 관찰된 물리현상을 가장 잘 설명하는 "전자"의 형태나 전하분포를 찾으려고 하였다.

반면 아인슈타인의 특수상대성이론은 상대 운동하는 물체들 사이의 시각을 동기화하는 이상화된 실험 절차를 검토하는 방식으로 전개되었다. 이러한 발상은 당시 스위스 특허국에 다수 제출되었던 특허들과 유사하였다. 그 특허들은 철도역 사이의 시각을 전신을 이용하여 동기화하는 기술에 관한 것들이었고, 아인슈타인의 발상은 두 철도역의 시계를 동기화하는 절차를 확장하여, 움직이는 열차 내의 두 시계, 또 정지한 철도역과 움직이는 열차의 두 시계를 동기화하는 절차를 개발한 셈이었다.

이러한 과정에서 광속불변은 실험적으로 성립되었기에 수용해야 하는 물리적 원리로 간주되었다. 반면에 "전자" 이론가들은 광속불변을 자신들의 이론이 도출해야 하는 결과로 여기고 있었다. "전자" 이론가들은 여러 관련 문제들을 "전자"의 특이한 성질을 규명함으로써 해결하려고 하였지만, 아인슈타인은 보다 원론적인 물리적 관념 차원에서 문제를 접근했던 것이다.[7] 아인슈타인은 철저히

용하여 유비실험을 할 수 있었다. 셋째, 전자기학 분야에서 맥스웰의 수리이론적 적자로 여겨진 케임브리지의 라무어가 에테르 내에서 마치 입자와 같은 성질을 지닌 특이점이 발생할 수밖에 없음을 증명하였다. 따라서 비유적인 표현이 용인된다면, "전자" 이론가들은 전하입자도 결국은 에테르의 꼬임으로 환원되리라고 기대했던 것으로 추정된다.

6) 이러한 맥락이 물리학자들과 과학철학계에서 상대적으로 덜 주목되는 원인으로는, 상대성이론의 역사가 현대적 해석을 옹호하는 근거로만 사용되는 경향을 지목할 수 있다. 비슷한 논점을 Richard Staley, "On the Histories of Relativity: The Propagation and Elaboration of Relativity Theory in Participant Histories in Germany, 1905-1911," Isis, Vol.98:2 (1998), 263-299 에서도 볼 수 있다.

7) 로렌츠의 접근법이 아인슈타인 방식으로 대체된 과정에 대한 개념적 분

맥스웰적 관점에서 전자기 작용을 전자기장의 작용으로 보았지만, 일부 "전자" 이론가들 중에는 수학적 난제를 회피하기 위해 한때나마 전자기 작용을 원격작용으로 간주해보기도 할 정도였다. 그러므로 아인슈타인의 입론은 물질이 과연 "전자"로 구성되어 있는지, 그렇다면 "전자"의 성질은 무엇인지와 무관하게 전자기현상이 아닌 다른 모든 물리현상에도 동일하게 적용되는 보편적인 것이었다. 1908년까지 최종 수식 상으로는 동일한 로렌츠와 아인슈타인의 변환식이 옳음이 실험을 통해 입증되었고, 이후 "전자"이론이 쇠퇴하면서 특수상대성이론이 보편적으로 옳은 것으로 수용되었다.[8)]

물리학자들과는 달리 괴팅겐 학파의 수학자들은 실험을 통해 획득되는 물리적 직관을 엄밀하지 못한 것으로 보았다. 괴팅겐 학파는 현대적 의미의 순수수학을 정립한 것으로 알려진 펠릭스 클라인과 그를 계승한 다비드 힐베르트가 이끌었다. 그들은 엄밀한 순수수학을 건설하는 한편, 순수수학의 엄밀성을 이용하여 물리학과 공학 분야의 수리적 이론에서 직관의 필요성을 제거할 수 있을 것으로 보았다. 달리 말하자면 수학의 "제국"을 건설하고자 하였다고 할 수 있다.[9)]

석은 Eile Zahar, "Why did Einstein's Programme supersede Lorentz's?" Brit. J. Phil. Sci. 24 (1973), 95-123, 223-262을 참조.

8) 특수상대성이론 출판보다 2달 앞서 동등하게 보편적인 논문을 발표한 푸앵카레의 경우도 직업적 경험이 중요한 역할을 한 것으로 이해할 수 있다. 그는 오늘날 수학자로만 기억되지만, 광산 감독관으로 첫 경력을 시작한 이래 프랑스제국의 고위기술공무원이자 국제도량형회의 프랑스대표로서 철도와 전신에 기반한 아프리카 식민지들간의 시계동기화 문제, 세계각지의 천문관측을 동기화하는 문제 등등에 깊숙이 관여하였다.
한편 "전자" 이론의 개념적 기반인 전자기 에테르의 존재 여부 역시, 아인슈타인이 제안하였던 광량자 가설이 1920년대에 일련의 실험들에 힘입어 광자 개념으로 정립되면서, 거부되었다.

1902년 괴팅겐 대학으로 이직한 민코프스키가 “전자” 이론의 수학을 연구하기 시작한 것도 힐베르트의 권유 아래 이루어진 일이었다. 민코프스키는 1908년 유명한 『공간과 시간』에서 세계선, 로렌츠 변환, 4벡터 등의 개념과 명칭을 처음 제시하는 수학적 시공간 이론을 발표하였다.

오늘날에는 민코프스키가 특수상대성의 간결한 수리적 형태를 제시한 것으로 여겨지지만, 당대의 맥락에서는 아인슈타인의 이론과 민코프스키의 이론의 개념적 토대는 달랐다. 민코프스키는 1907년 “전자” 이론들의 수학적 토대를 검토하기 시작하여 특정 “전자” 모델에 국한되지 않는 추상적인 이론을 얻어내었다. 로렌츠 변환식을 유도해낸 점과 특정 “전자” 모델과 무관하다는 점은 특수상대성이론과 공통되지만, 민코스프스키의 이론은 암묵적으로 질량을 전자기적 상호작용에서 기인하는 것으로 보는 전자기적 세계상을 용인한 것이었다.[10]

이러한 괴팅겐 학파의 작업에 아인슈타인은 “쓸데없이 복잡한” 민코프스키의 수학에 반발하고, 한 편지에서 수학자들이 공허한 수식으로 물리학자들의 것을 도둑질하려 한다고 비난하기도 하였다.

수학에 대한 아인슈타인의 적대는 1910년대 초 그가 본격적으로 중력이론을 연구하면서 사라졌다. 1917년 아인슈타인은 힐베르트의 초청으로 괴팅겐에서 공동연구를 진행할 정도였다. 하지만 아인슈타인은 수학적 논리가 물리 연구를 이끌 수 있다고 여기지는 않는 것으로 보인다. 공동연구를 두 사람은 합의에 도달하지 못했다. 다

9) 괴팅겐 학파에 대해서는 임경순, 『20세기 과학의 쟁점』 (민음사, 1995)의 관련 장들과 참고문헌이 가장 좋은 소개이다.

10) 이는 암묵적으로 전자기적 세계상을 용인한 것으로 풀이될 수 있는바, 이 점은 1910년대 힐베르트를 비롯한 괴팅겐 학파의 중력연구로 맥락이 연결된다.

음해 그들은 일반상대성을 동시 발견했는데, 그 발견은 공동연구 이후에 아인슈타인은 물리적 논증을 위주로, 힐베르트는 수리적 관점에서 이룩하였던 것이다. 화이트헤드가 상대성이론에 접한 것이 바로 이 시기였다.

2) 케임브리지: 수학트라이포스 대 자연과학트라이포스

19세기 후엽 케임브리지 대학 내의 물리학 관련 전통은 18세기에 기원한 수학 트라이포스(Mathematical Tripos, 이하 MT)와 1860년대 신설된 자연과학 트라이포스(Natural Science Tripos, 이하 NST)로 분리되어 있었다.[11] 두 트라이포스 모두 일종의 우등졸업 경쟁으로서, 상위 통과자는 “랭글러(Wrangler)”라고 불렸다. MT 참가자들은 개인교습을 통해 기출문제를 풀면서 준비하였고, NST 참가자들은 대학 차원에서 개설된 캐번디시 연구소에서의 실험실 생활이 의무적으로 경험하였다.

MT는 3년 반에 걸친 준비가 요구되었다. MT의 진행방식과 출제문제는 시대에 따라 조금씩 달라졌지만 1909년 개혁될 때까지 큰 변화가 없었다. 예컨대 1854년의 MT는 8일에 걸쳐 16개의 소논문으로 나뉜 211개의 질문에 답하는 것이었다. MT의 문제들은 물리학적 소재와 관련된 미적분 및 수식유도 문제가 많았는데, 각

11) 수학 트리이포스와 영국에서의 상대성 이론의 수용에 대해서는 Andrew Warwick, "Cambridge Mathematics and Cavendish Physics: Cunningham, Campbell, and Einstein's Relativity, 1905-1911. Part I: The Uses of Theory," Studies in History and Philosophy of Science 23 (1992), 625-56 및 “Cambridge mathematics and Cavendish physics: Cunningham, Campbell and Einstein's relativity 1905-1911 part II: Comparing traditions in Cambridge physics” Studies in History and Philosophy of Science 24 (1993), 1-25에서 잘 설명되어 있다.

각의 질문들에 적합한 문제풀이 요령을 재빨리 생각해내지 못하면 참가자들은 절대적인 시간부족에 시달릴 수밖에 없었다. 따라서 참가자들이 준비기간 동안 다양한 문제풀이 요령을 반복훈련을 통해 암기하고 얼마나 잘 다듬느냐가 통과순위를 좌우하였다.

최우등 랭글러 중에는 법률가가 되거나 정관계에 투신한 인물들이 많았고, 케임브리지 대학 출신의 유명한 물리학자나 수학자들은 지극히 예외적인 경우에만 최우등 랭글러 출신이었다. 특히 켈빈경, 맥스웰, J. J 톰슨 등 MT 랭글러 출신 물리학자들은 MT 경쟁 참여 이전 또는 이후에 별도의 실험종사 경력이 있는 사람들이었다.

실험 위주의 NST도 MT 못지않게 경쟁 참가에 필요한 준비가 방대하였다. 따라서 그 어떤 학생도 두 경쟁에 동시에 참여하는 것이 불가능하였다. 즉, 즉 케임브리지 내에서는 대학차원에서 물리학의 수리적 측면과 실험적 측면이 제도적으로는 철저하게 분리되어 있었다. 예외는 맥스웰과 J. J. 톰슨인데, 맥스웰(1854년 2위 랭글러)은 1870년대 초대 케번디시 연구소장으로서 NST를 위한 실험 교육과정의 토대를 놓았고, J.J. 톰슨(1880년 2위 랭글러)는 실험 교육 종사 경험 없이 파격적으로 1884년 캐번디시 연구소장에 임명된 이후에 물리실험을 시작하였다.

화이트헤드(1883년 4위 랭글러)는 MT 통과한 이후 계속 수학을 가르쳤기에 당연히 실험실 생활을 경험하지 않았다. 다만 각종 전자기 이론들의 수리적 측면은 MT의 단골 출제 문제였고, 1884년에는 맥스웰 전자기학에 대한 논문으로 교내 장학금을 획득할 정도로 19세기 물리 이론들의 수리적 측면에는 능통했다. 그럼에도 불구하고 그가 맥스웰주의자였던 것은 아니다.

우선 맥스웰의 전자기이론은 MT전통 내에서 독점적인 지위를

차지하고 있지 않았다. MT의 맥락에서는 헬름홀츠 등이 제안한 전자기이론들처럼 전자기 작용을 원격작용을 보는 관점과 맥스웰의 전자기이론처럼 원격작용을 배격하고 개념적으로는 장(field) 개념에 입각하는 관점 어느 쪽도 선호하지 않았다. 각기 다른 수리적 특징을 지닌, 문제 출제 대상들이었다.

또한 당시 영국의 맥스웰주의자들은 대부분 케임브리지 대학 바깥에 재직하고 있었고, 케임브리지 대학 내에서는 J.J. 톰슨과 라무어 정도만 있었다. 화이트헤드는 그들과 별 교류가 없었다. 1884년 장학금의 심사위원도 맥스웰 전자기학을 반대하는 켈빈경이었다. 즉 화이트헤드는 케임브리지 대학 시절 맥스웰 전자기학의 물리적 직관을 진지하게 검토할 기회나 필요가 없었고, 이는 런던으로 이주한 이후에도 바뀌지 않았다.

영국에 상대성이론이 언제 알려졌는지 정확하게 이야기하기는 무척 힘들다. 세기전환기부터 "전자"이론이 일각에서 관심의 대상이 되었고, 1910년대 후반 영국에서 논의되던 상대성 이론은 대부분 "전자"이론과 민코프스키 이론의 창을 통해서 이해되고 있었다.

최근 데메(Ronny Desmet)는 화이트헤드가 상대성이론을 접한 과정을 상세히 밝혀낸 바가 있다.[12] 비록 그가 적시하지는 않았지만, 화이트헤드가 접한 상대성이론은 맥스웰에서 아인슈타인으로 이어지는 흐름과는 다른 맥락에서 발생한 것이었다. 우선 화이트헤드에게 상대성이론을 소개한 것으로 밝혀진 커닝햄은 전형적인 MT 출신자로서 "전자"이론에 기반한 상대성이론의 수리를 수학적으로 이

12) Ronny Desmet, "Whitehead and the British Reception of Einstein's Relativity: An Addendum to Victor Lowe's Whitehead Biography" Process Studies Supplement Issue 11 (2007)

해하고, MT 특유의 문제풀이 전통의 맥락에서 상대성 이론을 이해하고 소개한 대표적인 인물이었다. 또 화이트헤드가 논문을 통해 접한 것으로 데메가 파악한 과학자들 역시 화학자이거나, 맥스웰 전자기학의 경쟁이론을 제시했던 헬름홀츠의 제자들이었다.

1919년의 화이트헤드 논문, "시간, 공간, 상대성"의 한 특징은 구체적인 물리 상황을 중요하게 다루지 않는다는 점이었다.[13] 물리학계의 "전자" 이론가들이 중시하였던 고속 전자의 질량증가 문제 실험이나 기타 개별 물리학적 과제는 거의 거론되지 않는다. 민코프스키의 관점이 계속 유지된 셈이다.

이러한 특성은 1922년 『상대성 원리』에서 완화되었다. 다만 그는 시공간의 성질이 물질들의 우연한 분포에 좌우되는 것을 거부하였다. 화이트헤드가 보기에 "후기 아인슈타인 이론" 즉 일반상대성이론은 물질들의 우연한 분포가 시공간의 성질(즉 곡률)을 결정한다고 보는 것이 특징이었고, 이것은 잘못된 것이었다. 왜냐하면 "우리가 개인의 지각이 직접 경험할 수 있는 고립된 경우들 이상으로 확장된 자연을 알 수 있기 위해서는" 시공간의 균질함이 필요하기 때문이었다.[14] 하지만 그런 균질함을 부정하는 일반상대성이론에서는 시공간적으로 멀리 떨어진 사건과 직면한 사건을 일관된 방식으로 연관 지을 수 없다고 화이트헤드는 풀이한 셈이었다.

그는 로렌츠 변환식을 유도하고, 오늘날 화이트헤드의 상대성이론으로 지칭되는 중력이론을 전개하였다. 그런데 그가 중력문제를 다루는 방식은 마치 헬름홀츠 등이 전자기 상호작용을 원격작용으로 다룬 것과 대단히 유사하였다.[15] 즉 1922년의 화이트헤드 상대

13) A. N. Whitehead, "Space, Time, and Relativity," Proceedings of the Aristotelian Society, New Series, Vol. 16 (1915 - 1916), 104-129
14) R. p.64.
15) R, p.87.

성이론은 MT의 맥락에서 익숙해진 맥스웰 이전의 전자기학 이론 문제풀이 방식과 민코프스키식 접근법이 결합하여 발생한 것이라고 할 수 있다.

이러한 맥락에서 『상대성 원리』의 가시적 특징을 다음과 같이 정리할 있다.

첫째, 화이트헤드는 물리학과 기하학의 근본적인 구별을 강조하였다.
둘째, 그는 기하학적 시공간이 균질할 것을, 즉 민코프스키 시공간일 것을 요구하였다.
셋째, 그는 중력을 원격작용으로 간주하였다.

이 세 특징은 서로 자연스럽게 연관되어 있다. 중력이 원격작용이라면 태양과 목성 사이의 상호작용은 양자의 시공간 산의 위치만 고려하면 충분하고, 지구나 화성의 우연한 위치가 태양과 목성의 상호작용을 개변하지 않는다. 반면에 태양과 목성 사이의 시공간이 지구나 화성의 우연한 위치에 따라 변화한다면 그에 따라 태양과 목성의 상호작용 또한 달라질 수밖에 없다.

물질 분포에 좌우되지 않는 시공간은 민코프스키 시공간이 대표적이며 자연스럽고, 민코프스키 시공간과 원격작용을 수용하면, 물리학(물질의 우연한 분포)과 기하학(시공간의 수학적 성질)이 자연스럽게 분리된다.

화이트헤드 상대성이론에 따라 목성의 궤도를 계산한다면 태양과 목성, 지구와 목성, 화성과 목성 등등의 상호작용을 개별적으로 구해 선형으로 합산하면 되지만, 일반상대성이론에 따르면 그렇게 개념적으로는 간단한 계산이 불가능해진다. 즉 화이트헤드 상대성

이론은 선형적이었지만, 일반상대성이론은 비선형적이었다.

이러한 특징들이 케임브리지 MT전통에서 일의적으로 유도된다고 주장할 수는 없다. 하지만 MT 통과를 위해 물리학 이론을 좌표공간 상의 수학적 구조물로 간주하는 문제풀이 훈련의 관점에서는 좌표공간(민코프스키 시공간)을 전제하고, 그 위에서 물리량의 관계를 논하는 관점이 자연스러울 수밖에 없는 점도 사실이다.

지금까지 화이트헤드 상대성이론이 기원한 미시역사적 맥락을 살펴보았다. 이 맥락이 1922년 화이트헤드 상대성이론의 내용과 형식을 결정했다고 보는 것은 너무나 과도하다. 하지만 동시에 일반상대성이론과 화이트헤드 상대성이론의 여러 차원에 걸친 차이들 중에는 개인의 철학을 넘어 그들이 성장한 미시적 전통들의 차이에서 기원하는 점도 있으리라는 것 또한 분명하다. 따라서 그러한 미시적 전통이 사라진 현재에 화이트헤드 상대성이론의 여러 함의를 읽어낼 때에는 과잉해석을 경계해야 한다.

2. 화이트헤드 상대성이론에 대한 연구들

화이트헤드 상대성이론에 대한 물리학계와 수학계의 관심은 많지 않았다. 1920년대 중후반, 1950년대 중반에 일반상대성이론의 대안으로 잠시 관심의 대상이 되었다. 1970년대 이후에는 클리포드 윌Cliford Will)의 반박과 과정연구지(Process Studies) 상에 발표된 재반박이 교환되었을 뿐이다.[16)]

16) 이 장에서 논의하는 사례들 이외에 저자가 “William Band”인 논문들이 화이트헤드 상대성이론에 대해 영국의 Philosophical Magazine지에 1920년대 2편 발표되었고, 미국물리학회의 Physical Reviews지에 북경에서 1930년대

이러한 정황은 상대성이론 이외에도 일반상대성이론에 대한 경쟁이론들이 많았다는 점에서 부분적으로 설명된다. 등가원리에 기반한 아인슈타인의 중력연구는 그가 1918년 일반상대성이론을 완성하기 이전부터 다양한 중력이론의 등장을 촉진하였다. 일반상대성이론이 나중에 등장한 경쟁이론들을 제치고 가장 유력한 중력이론의 지위를 차지하게 된 것은 1960년대에 이르러서 이었다.[17] 즉 화이트헤드 상대성이론은 근 40년 동안 여러 경쟁 중력 이론들 중의 하나였을 뿐이다. 여기에 화이트헤드 본인도 물리학계와 수학계의 중력이론 연구에 더 이상 참여하지 않았다는 점도 작용하였을 것으로 추정된다.

1) 가능성의 탐색

1923년 젊은 수학자 조지 템플(George Temple)은 화이트헤드 상대성이론을 확장하는 논문들 발표하였다.[18] 논문의 요지는 1922년 화이트헤드가 시공간의 곡률을 0으로 전제하고 논의를 전개하였던

와 1940년대에 투고된 것을 확인하였다. 하지만 두 가지 이유로 이 장에서는 따로 논의하지 않았다. 우선 이 논문들의 내용이 화이트헤드 상대성이론에 연구와 반박과 재반박에 거의 영향을 주지 못한 것으로 보인다. 심지어 저자가 “A. N. Band”로 오기된 채로 언급된 경우도 있을 정도이다. 또한 논문 투고지가 스코틀랜드, 북경, 미국 등으로 다르기에 과연 동일 인물인지도 확신할 수 없었다.

17) Jean Eisenstaedt, The Curious History of Relativity: How Einstein's Theory of Gravity Was Lost and Found Again (Princeton University Press, 2006)이 일반상대론 수용과정에 저술로서는 가장 접근가능하다.

18) George Temple, "A Generalization of Professor Whitehead's Theory of Relativity." Proceedings of the Physical Society of London 36 (1923): 176-193. 템플의 발표에 대한 화이트헤드의 칭찬은 말미의 토론 부분에 실려 있다.

것과 달리, 시공간의 곡률이 일정한 값을 지닌 경우를 전제하여도 화이트헤드가 얻은 이론이 아주 약간의 수정을 무시하면 여전히 성립한다는 것이었다. 사실 이 논문의 발상은 화이트헤드 자신이 『상대성이론』의 서문에서 제시한 가능성을 따른 것이었다. 논문이 발표된 런던물리학회장에 참석한 화이트헤드는 템플에 대한 치하에 곁들여 자신의 이론은 우연한 물리적 상황에 의해 조건 지워지지 않는 균질한 공간과 물리적 관계를 구별하는 데 있다고 다시 강조하였다.

다음해 초 에딩턴은 네이처지 투고를 통해서 화이트헤드와 아인슈타인의 중력이론이, 정지해 있는 한 입자의 경우에는, 적절한 변수변환을 통해, 동일한 결과를 산출한다는 점을 지적하였다.[19] 이 편지는 화이트헤드 상대성이론과 관련된 투고로는 물리학계에서 가장 많이 인용되고 있는 것인데, 분야에 따라 인용의 맥락이 다르다. 일반화의 위험을 무릅쓰고 구별하자면, 물리학과 수학의 맥락에서는 한 입자로 단순화한 조건이 유효한 상황에서는 보다 계산이 간편한 화이트헤드 방식을 원용할 수 있다는 것으로 받아들여지는 반면, 화이트헤드 상대성이론을 옹호하는 맥락에서는 제한조건이 부여하는 한계보다는 두 이론이 동일한 수식을 산출한다는 점이 강조되었다. 몇 달 후 템플은 이상화된 조건에서는 화이트헤드 상대성이론과 일반상대성이론이 동일한 행성궤도를 산출한다는 점을 보였다.

템플은 화이트헤드의 추천으로 교직을 얻었다가, 화이트헤드가 미국으로 떠난 이후에는 에딩턴과 가까워졌다. 그런데 템플 추모기사의 저자에 따르면, 템플의 관심은 화이트헤드 상대성이론에서 멀

19) A. S. Eddington, "A Comparison of Whitehead's and Einstein's Formulae," Nature 113 (Feb., 9, 1924), 192

어졌다.[20] 그는 템플의 화이트헤드 상대성이론 연구들을 가리켜 "오늘날에는 이상해 보이는 연구들이지만, 당시에는 우아한 연습이었다."라고 평가하고, 결국 템플도 일반상대성이론이 옳다고 수용한 것으로 보았다.[21] 이 평가는 1920년대의 상황을 전한다기 보다는 1990년대 수학계의 견해를 투영한 평가이지만, 템플과 에딩턴이 화이트헤드 상대성이론을 옹호하는 것으로 풀이될 수 있는 논문을 더 이상 쓰지 않는 것은 사실이다.

1950년대에 부활한 화이트헤드 상대성이론에 대한 관심은 아일랜드 출신의 수리물리학자 존 신지(John Synge)의 연구들이 중심이었다. 해밀턴 이래 가장 위대한 아일랜드의 수학자로 칭송되기도 한 신지는 템플처럼 물리 이론의 수학적 측면에 여러 세부 분야에 걸쳐 광범위하게 활동하였는데, 1920년 중반부터 일반상대성이론 연구에 꾸준히 중요한 기여를 하였다고 평가된다.[22] 2차 대전 직후부터 1950년대를 통하여 신지가 재직하던 더블린고등연구원은 중력이론연구의 한 중심지이기도 하였다.

신지는 1951년 초 제출한 논문에서 화이트헤드 상대성이론 연구를 확장하였다.[23] 템플과 에딩턴은 질점들로 구성된 물리 상황을 상정하고 화이트헤드 상대성이론을 전개했었다. 반면 신지는 질량

---

20) C. W. Kilmister, "George Frederick James Temple, 2 September 1901 - 30 January 1992" Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society 40 (1994), 384-400.

21) 같은 글, 386.

22) Petros S. Florides, "John Lighton Synge, 23 march 1897 - 30 march 1995," Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society 54 (2008), 402-424.

23) J. L. Synge, "Orbits and Rays in the Gravitational Field of a Finite Sphere according to the Theory of A. N. Whitehead," Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, Vol. 211, No. 1106 (Mar. 6, 1952), 303-319

이 점대칭으로 분포된 구체, 즉 실제 항성과 좀 더 유사한 상황에 대해 연구를 전개하였다. 그는 빛의 굴절의 경우에는 일반상대성이론과 화이트헤드 상대성이론이 동일한 결과를 산출하고, 행성궤도의 근일점의 이동 등 당시까지 일반상대성이론의 경험적 증거로 여겨지는 사실들의 경우에는 두 이론에 다른 계산들은 극도로 작은 차이만을 낳는다는 점을 보였다. 게다가 그 차이는 구체의 질량분포 함수에 좌우되는 것이었다. 항성 내부의 실제 질량분포를 확실히 알 수는 없는 것이기 이는 실험적으로 두 상대성이론을 구별할 수 없다는 뜻이었다.

이러한 결과보다 더 흥미로운 점은 신지가 논문의 서두에서 수리물리학 논문으로서는 특이하게도 나름 철학적 논의를 길게 제시하였다는 점이다.[24] 그는 "자연주의적"일 수밖에 없는 실험 물리학자들과 자신과 같은 "수리물리학자"들을 대조시키면서, 화이트헤드 상대성이론이 중력을 원격작용으로 간주하는 것이 "자연주의적" 물리학자들에게는 거부감이 들 수밖에 없는 것이지만, "수리물리학자"들에게는 그렇지 않다고 천명하였다. 그는 일반상대성이론은 비선형방정식을 풀게 하기 때문에 수리물리학자가 관심 있는 문제들의 해답을 얻기가 무척 어렵다고 지적하고, 선형방정식을 산출하는 화이트헤드 상대성이론은 그렇지 않다고 지적하였다. 따라서 신지가 보기에 화이트헤드 상대성이론은 뉴턴 중력이론과 일반상대성이론의 중간적 존재로서 수리물리학자의 관점에서 의미 있는 탐구대상이었다.

이러한 신지의 논의는 두 가지를 함축한다. 하나는 그가 화이트헤드 상대성이론을 신봉하였다기 보다는 일반상대성이론 연구자로서 구체적인 문제를 풀어보기에 쉽다는 화이트헤드 상대성이론의

24) 같은 글, 303-308.

수리적 장점에 주목한 것일 가능성이 높다는 점이고, 다른 하나는 1950년대 중력이론 연구자들에게 화이트헤드 상대성이론에 포함된 원격작용은 개념적으로 매우 거북한 한 것이었다는 점이다.

신지를 중심으로 한 집단의 화이트헤드 상대성이론 연구는 1956년 일단락이 된다. 실드(A. Schild)가 신지를 통해 왕립학회에 투고한 논문을 통해 일반상대성이론과 화이트헤드 상대성이론의 유의미한 차이를 발견한 것이었다.[25] 그는 두 가지 조건, 첫째, 곡률이 일정한 민코프스키 공간에서 입자들 간의 중력이 원격작용으로 기술되고, 둘째, 정지해 있는 무거운 입자의 중력장 내에서 질점과 빛의 운동이 일반상대성이론과 동일하게 기술되는 모든 중력이론을 화이트헤드형 이론으로 분류하였다. 이 분류는 화이트헤드 본인의 상대성이론과 템플이 일반화한 이론이 모두 포함하는 매우 일반화된 것이었다.

실드는 선행연구들에 의지하여, 화이트헤드의 1922년 상대성이론에서는 작용과 반작용법칙이 깨지고, 일반화된 화이트헤드형 이론들도 대부분 그러할 것임을 지적하였다. 반면에 일반상대성이론은 그러하지 않았다. 즉 상호 공전하는 두 항성의 질량중심은 뉴턴 중력이론과 일반상대성이론에서는 가속되지 않지만, 화이트헤드형 중력이론에서는 질량중심이 외부의 힘이 작용하지 않아도 가속 운동할 것이라는 뜻이었다. 물론 이 효과의 크기는 당시 기술로는 관측할 수 없을 정도로 작은 것이었다. 실드는 장차 쌍성계의 중심이동에 대한 정밀한 관측이 필요하다고 지적하는 것으로 논문을 끝냈고, 신지 주변에서는 더 이상 화이트헤드 상대성이론에 대한

25) A. Schild, “On gravitational theories of Whitehead's type,” Proceedings of the Royal Society of London, A. Mathematical and Physical Sciences, Vol. 235, No. 1201, (1956), 202-209.

연구가 진행되지 않았다.

2) 화이트헤드 상대성이론에 대한 공격과 옹호

1960년대 일반상대성이론이 중력이론의 주류로 등극한 이후 화이트헤드 상대성이론이 다시 거론되었다. 1971년 칼텍의 대학원생이었던 클리포드 윌(Clifford Will)이 화이트헤드 중력이론이 관측사실과 어긋난다는 논문을 발표한 것이었다.[26] 윌은 여러 중력이론을 비교할 수 있는 이론적 틀을 지도교수인 손(Kip Thorne)의 지도 아래 개발하고 있었다. 윌에 따르면 화이트헤드 상대성이론에 따르면 은하에 대해서 자전하는 지구에서는 은하의 중력에 의한 일종의 조석력의 변화를 매 자전마다 나타나야 하는데, 그런 조석력이 관측되지 않았다. 윌은 이 점을 근거로 화이트헤드 상대성이론이 틀렸다고 단언하였다. 윌 논문의 몇 가지 문제가 지적되었지만, 그의 판단은 현재도 고전으로 여겨지는 손 등의 중력이론 교과서에 요약된 이래, 물리학계의 표준적인 견해로 자리 잡았다.[27]

윌의 논문은 물리학계의 화이트헤드 상대성이론 연구에 대한 철학적 반론이 제기된 계기가 되었다. 1974년 파울러(Dean Fowler)는 과정연구지에 윌의 견해에 대한 비판을 게재하였다.[28] 파울러는 우

---

26) C. M. Will, “Relativistic gravity in the solar system. II. Anisotropy in the Newtonian gravitational constant” Astrophysical Journal, 169 (1971), 141-145.

27) Misner, Thorne, and Wheeler. Gravitation. (San Francisco: Freeman and Co., 1973) 윌 논문에 대한 물리학자들의 비판은 M. Reinhardt, & A. Rosenblum, “Whitehead contra Einstein,” Physics Letters, A. 48 (1974). 115-116이 대표적이다. 이런 지적들은 윌이 계산과정에서 도입한 보조가정들 때문에 윌의 논문만으로 화이트헤드 상대성이론이 거부된다고 결론내릴 수 없음을 주장하였다.

28) Dean R. Fowler, "Disconfirmation of Whitehead's, Relativity Theory-A

선 윌이 사용한 계산 모형이 은하계의 질량이 은하 중심에 모여 있다는 너무나 단순한 가정을 사용하였고, 이를 완화하면 화이트헤드 상대성이론에 따른 조석력의 크기가 100배 이하로 줄어들 수 있음 지적하였다. 나아가 안드로메다은하 등 은하계 외부의 질량을 감안하면 화이트헤드 상대성이론이 예측한다는 조석력이 실제로는 관찰되지 않는 점이 문제가 되지 않는다고 주장하였다.

다른 한편으로는 윌이 사용한 화이트헤드의 상대성이론이 실은 신지가 확장한 버전이고, 신지는 수학적으로 정확할지라도 철학적으로는 오류이므로 윌의 논문이 화이트헤드 상대성이론을 철학적으로 부정하지는 못한다고 주장하였다.

윌이 사용한 계산모형의 문제점에 대한 지적은 예리했지만, 파울러 주장의 다른 부분들은 두 가지 의문을 낳는 것으로 판단된다. 우선 1922년의 화이트헤드는 우연한 물리적 조건에 좌우되지 않는 이론을 추구하였다. 그런데 화이트헤드 상대성이론이 경험적으로 부정되지 않았다고 주장하기 위해 은하수 주변 다른 은하들의 질량과 위치 등 우연한 물리적 조건을 개입시키는 것이 과연 철학적으로 일관적인 입장인지가 의문시 된다. 또한 화이트헤드 상대성이론의 수리적 형태와 철학적 의미를 분리 가능하다면, 어떠한 방식으로 분리가능한지에 대한 제안이 없었다. 만일 경험적 검증과 철학적 의미가 상호 무관하다는 의미라면 철학적인 것과 과학적인 것이 절대적으로 분리된 것으로 보지 않는 화이트헤드 철학의 중요한 의의를 포기하는 것으로 풀이될 수도 있다.[29]

파울러의 비판에 대한 윌의 재반론에 없는 상황에서 1980년대

Critical Reply" Process Studies 4:4 (1974):288-290 .

29) 파울러는 다음해 아인슈타인의 이론과 화이트헤드의 철학을 철학적 관점에서 다시 논의했다. D. Fowler, “Whitehead's Theory of Relativity,” Process Studies 5 (3):159-174 (1975). 이에 대한 검토는 차후의 논의로 미룬다.

중반 클레몬트에서 화이트헤드 상대성이론에 대한 세미나가 진행되었다. 1987년 일본과학사학회지에 발표된 다나카의 논문도 그 결과인데, 흥미롭게도 다나카는 화이트헤드 상대성이론에 대한 축자적 해석을 포기하자고 제안하였다.[30] 그는 실험적 결과들과 화이트헤드 상대성이론을 임시변통(ad hoc) 보조가설들을 이용하여 수리적으로 모순되지 않게 만들 수는 있지만, 그런 보조가설들의 함의는 물질의 분포가 시공간에 영향을 준다고 인정하는 것과 같다고 보았다. 다나카는 화이트헤드가 후기철학에서 물질과 시공간 보다는 "사건(event)"를 존재론적으로 선행함을 근거로 민코프스키 시공간에 대한 축자적 집착을 버리고, 화이트헤드가 요구한 "평평함(flatness)"을 "사건"들의 평평함으로 이해할 것을 제안하였다.

3) 화이트헤드 상대성이론의 "죽음"

이러한 논의들에 대한 윌의 반론은 "화이트헤드 중력이론의 다중적 죽음에 대하여"라는 도발적인 제목 아래 2008년에야 나왔다.[31] 신지의 제자로 화이트헤드의 교육철학을 높이 평가한 콜맨(A. J. Coleman)이 말년에 남긴 메모에 따르면, 윌은 화이트헤드 학계의 반론들에 대해 모르고 있었다가 콜맨의 요청으로 반론 논문을 쓰기 시작하였다.[32]

---

30) Yutaka Tanaka, "Einstein and Whitehead: The principle of relativity reconsidered," Historia Scientiarum, 32 (1987), 43-61.

31) Gary Gibbons & Clifford M. Will, "On the Multiple Deaths of Whitehead's Theory of Gravity," Stud. Hist. Philos. Mod. Phys. 39 (2008), 41-61.

32) A. J. Coleman, "Whitehead"s Trilogy and the Curvature of Spacetime" (2007) arXiv:0704.2223. 한편 콜맨이 장기 재직한 캐나다 퀸즈대학 수학과에서는 콜맨이 화이트헤드의 교육철학을 수학교육에 적용하려고 노력했다는 점에서 그를 화이트헤드주의자라고 기억한다. Peter Taylor, "Albert John

윌은 화이트헤드 상대성이론이 고전적인 세 가지 테스트, 즉 빛의 굴절, 중력적색편이, 수성의 근일점 이동을 통과하고, 1960년대에 등장한 샤피로 효과(중력에 의한 시간지연)도 통과하지만, 다섯 가지의 실험적 검증을 통과하지 못한다고 지적하였다.

첫째는 윌이 1971년 제시하였던, 은하에 대한 지구의 자전이 야기하는 조석효과이다. 그런 효과가 관찰되지 않았지만, 윌은 관측오차를 감안하여 있다고 가정할 수 있는 조석효과의 최대치를 산정하였다. 윌이 화이트헤드 상대성이론에 따라 계산한 조석효과의 값은 가능한 최대치 보다 100배 이상 컸다. 이 계산에서 그는 1971년과 달리 물질의 연속분포를 가정한 훨씬 일반화된 조건 아래 계산하였다. (이하 화이트헤드 상대성이론을 “이론”으로 약칭함)

둘째, 이론에 따르면 지구의 질량 대 지구가 달의 중력에 의해 가속되는 비율과 태양에 대한 그 비율이 달라야 하는데, 30여 년간에 걸쳐 레이저로 지구-달의 거리를 측정한 결과에 따르면, 이론이 예언하는 효과의 크기는 측정결과상 가능한 최대치보다 400배 크다.

셋째, 이중 펄서의 공전 주기의 변화를 측정한 결과는 일반상대성이론이 예언하는 것처럼 공전 주기가 짧아지는 효과를 보여주고, 효과의 크기도 들어맞지만, 이론은 공전 주기가 길어지는 결과를 산출하고, 그 크기도 1만 배가량 작다.

넷째, 이론과 상대성이론 모두 자전하는 물체의 크기에 따라 위성의 궤도 평면을 바꾸는 결과를 산출하는데, 그런 효과의 관측치는 상대성이론이 산출한 결과는 얼추 들어맞는 반면, 이론은 10배 정도의 다른 값을 산출한다.

Coleman, 1918-2010” http://www.mast.queensu.ca/history/AJCforCMS.pdf(2010).

다섯째, 이론에 따르면 이중 펄서의 질량중심 가속이 관측되어야 하는데(실드가 지적한 효과), 관찰 결과 인정 가능한 최대치는 이론이 예측한 값의 백만분의 1 정도이다.

윌은 자신의 지적이 화이트헤드 중력이론에 대한 반박을 위한 것이라기보다는 그 어떤 새로운 중력이론일지라도 반듯이 만족해야 하는 현대 관측결과들의 깊이와 폭과 정밀도를 보여주는 것이라고 강조하였다.

물론 화이트헤드 중력이론은 “정말로 죽었다(truly dead)”는 윌의 단언에는 여러 가지 논리적 문제들이 있다. 물론 윌의 화이트헤드 이론은 신지가 확장한 것이고, 그것을 이용하여 개별 현상들에 대한 예측을 산출하는 과정에서는 여러 가지 보조가정과 임시조치를 개입시킬 수밖에 없다. 따라서 윌이 실드가 분류한 화이트헤드형 중력이론들이 모두 그 어떤 보조가정과 임시조치를 채용한다고 할지라도 다섯 가지 관측사실과 모순되는 결과를 도출할 수밖에 없다고 수학적으로 증명하기 이전에는 여전히 윌의 반론이 불완전하다고 주장할 수는 있다.

하지만 관측사실과 오차 한계 내에 부합해야 하는 중력이론으로서는 상황이 다르다. 고도로 발달한 동시에 관측사실과 화이트헤드형 중력이론보다 더 잘 들어맞는 경쟁 중력이론들이 다수 존재한다. 이러한 상황에서 화이트헤드형 중력이론이 경험적으로 틀리지 않은 형태가 논리적으로 있을 수 있다고 주장하는 것은 실질적인 의의를 찾기 힘들다.

콜맨은 앞서 언급한 메모에서 화이트헤드 상대성이론의 철학적 지지자들과 물리학적 반대자들 모두 "움직이는 과녁(Moving

Target)"을 쫓은 것일 수 있다고 술회하였다. 그는 화이트헤드의 철학에서 1922년의 상대성이론이 유일하게 귀결되는지에 의문을 품은 것이다. 필자도 이에 동의하고, 그의 『상대성 원리』를 축자적으로 읽는 것에 반대한다.

화이트헤드는 『과학과 근대 세계』에서 순수 수학의 독창성을 높이 평가하고 다음과 같이 언급하였다.[33]

> 수학의 독창성은 다음과 같은 사실, 즉 인간 이성의 활동을 떠나서는 지극히 모호해지는 사물들 간의 여러 관계가 수리과학에서는 분명하게 드러난다고 하는 데 있다. 그래서 현대 수학자들의 머릿속에 있는 개념들은 오관을 통한 지각으로부터 직접 끌어낼 수 있는 모든 관념들과 멀리 동떨어져 있다.

화이트헤드가 도그마를 경계한 점에 기대어 위의 언급을 현재 자명한 것으로 여기는 철학적 개념들도 순수수학에 비추어 다시 검토할 수 있다는 허용으로 풀이할 수 있지 않을까? 필자는 다나카의 제안도 이런 맥락에서 이해할 수 있다고 본다. 그렇다면 화이트헤드의 철학과 일반상대성이론이 모순된다고 판단하고, 화이트헤드 철학의 함의를 스스로 좁힐 필요가 없어질 가능성이 있다.[34]

---

33) A. N. 화이트헤드, 오영환 역, 『과학과 근대세계』 (서광사, 2008), p.47.

34) 필자는 파울러의 1975년 논문(주 29 참조)은 화이트헤드 철학의 함의를 좁히고 있다고 본다. 현대 수학, 예컨대 측도론(measure theory)을 원용하면, 1922년 화이트헤드 상대성이론의 수리적 측면에 대한 철학적 해석을 더 추상화시키는 방식으로, "우주의 공동창조자로서의 인간"상에 더욱 근접할 수 있을 가능성이 있다.

참고문헌

A. N. 화이트헤드, 오영환 역, 『과학과 근대세계』, 서광사, 2008.

A. N. Whitehead, "Space, Time, and Relativity," Proceedings of the Aristotelian Society, New Series, Vol. 16, 1915-1916.

A. N. Whitehead, The Principle of Relativity with Applications to Physical Science, University Press, Cambridge, 1922.

임경순, 『20세기 과학의 쟁점』 ,민음사, 1995.

Jonathan Bain, "Whitehead's Thoery of Gravity", Stud. Hist. Philos. Mod. Phys. 29, 1998

A. J. Coleman, "Whitehead''s Trilogy and the Curvature of Spacetime", 2007, arXiv:0704.2223.

Ronny Desmet, "Whitehead and the British Reception of Einstein's Relativity: An Addendum to Victor Lowe's Whitehead Biography", Process Studies Supplement Issue 11, 2007

_____, "How Did Whitehead Become Einstein's Antagonist?", Process Studies 37, 2008.

A. S. Eddington, "A Comparison of Whitehead's and Einstein's Formulae," Nature 113, Feb., 9, 1924.

Jean Eisenstaedt, The Curious History of Relativity: How Einstein's Theory of Gravity Was Lost and Found Again, Princeton University Press, 2006

Petros S. Florides, "John Lighton Synge, 23 march 1897 - 30 march 1995," Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society 54, 2008, 402-424

Dean R. Fowler, "Disconfirmation of Whitehead's, Relativity Theory-A Critical Reply" Process Studies 4, 1974.

_____, "Whitehead's Theory of Relativity," Process Studies 5, 1975.

Peter L. Galison, Einstein's Clocks, Poincare's Maps: Empires of Time, W. W. Norton & Company, 2003

A. Schild, "On gravitational theories of Whitehead's type," Proceedings of the Royal Society of London, A. Mathematical and Physical Sciences, Vol. 235, No. 1201, 1956.

C. M. Will, "Relativistic gravity in the solar system. II. Anisotropy in the Newtonian

gravitational constant" Astrophysical Journal, 169, 1971.
Gary Gibbons & Clifford M. Will, "On the Multiple Deaths of Whitehead's Theory of Gravity," Stud. Hist. Philos. Mod. Phys. 39, 2008.
C. Jungnickel & R. MacCormmach, Intellectual Mastery of Nature. Theoretical Physics from Ohm to Einstein, Volume 2. The Now Mighty Theoretical Physics, 1870-1925, University of Chicago Press, 1986.
C. W. Kilmister, "George Frederick James Temple, 2 September 1901 - 30 January 1992" Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society 40, 1994, 384-400.
A. Pais, Subtle is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein, Oxford University Press, 1982
M. Reinhardt, & A. Rosenblum, "Whitehead contra Einstein," Physics Letters, A. 48, 1974. 115-116.
J. L. Synge, "Orbits and Rays in the Gravitational Field of a Finite Sphere according to the Theory of A. N. Whitehead," Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, Vol. 211, No. 1106, Mar. 6, 1952.
George Temple, "A Generalization of Professor Whitehead's Theory of Relativity." Proceedings of the Physical Society of London 36, 1923.
Yutaka Tanaka, "Einstein and Whitehead: The principle of relativity reconsidered," Historia Scientiarum, 32, 1987, 43-61.
Peter Taylor, "Albert John Coleman, 1918-2010" http://www.mast.queensu.ca/history/AJCforCMS.pdf
Andrew Warwick, "Cambridge Mathematics and Cavendish Physics: Cunningham, Campbell, and Einstein's Relativity, 1905-1911. Part I: The Uses of Theory," Studies in History and Philosophy of Science 23, 1992.
_____, "Cambridge mathematics and Cavendish physics: Cunningham, Campbell and Einstein's relativity 1905–1911 part II: Comparing traditions in Cambridge physics" Studies in History and Philosophy of Science 24, 1993.

[Abstract]

On historical Constexts of Whitehead's Relativity Theory and its so-called "Death"

Lee, Kwan-Soo (Dong-guk Univ.)

This essay traces the historical background of A. N. Whitehead's Relativity Theory and sketches the lineage of physicists' researches on Whitehead's theory, as a preparation to examine the meaning of so-called "Death" of Whitehead's theory of gravitation.

A. N. Whitehead came from Cambridge Mathematical Tripos tradition and A. Einstein came from German physics tradition. This micro-socio-historical difference enable us to see their difference as natural, though it never determined their theoretical and philosophical differences.

Physicists' intermittent researches on Whitehead's Relativity Theory were centered on whether it produce any observationally meaningful difference. We can now conclude that Whitehead's gravitation theory is dead as an theory of empirical science. However, reinterpretations on Whitehead along modern development of mathematics may enable to nullify past philosophical objections to General Relativity.

Key-Words: A. N. Whitehead, A. Einstein, Relativity Theory, Mathematical Tripos, measurement.

접 수 일 : 2014년 4월 3일
심사기간 : 2014년 5월 11일 ~ 13일
게재확정일 : 2014년 5월 15일