

이론망과 실험 결과의 유의미성*

이 상 원**

실험 결과의 인식적 의미를 실험에 개입하는 이론의 관점에서 규명한다. 실험 과정에 개입하여 실험을 가능하게 해주는 이론을 포괄하여 '이론망'(theory-network)이라 개념화했다. 이러한 이론망은 일상적인 경험적 원리 및 상대적으로 안정된 이론으로 구성되는 것이어서, 인식적으로 문제를 일으킬 소지를 거의 안고 있지 않다. 즉 이론의 개입에도 불구하고 경험으로서의 실험 결과를 일정 수준에서 신뢰할 수 있다.

【주요어】 실험 결과, 이론망, 도구 이론, 해석 이론, 이론망의 상대적 안정성

근대 이후 과학에서 경험의 전형적 후보자는 '실험 결과'(experimental results)라고 볼 수 있다. 그런데 대부분의 실험 결과는 도구를 사용함으로써 얻어낼 수 있고, 도구를 바탕으로 한 실험 결과의 획득은 이론에 의존한다. 개입 이론을 근거로 실험 결과는 일정한 유의미성을 확보하게 된다. 바로 이와 같은 인식적 측면에 주요 시선을 두고 그와 관련된 질문을 제기하고 또 그러한 질문에 답하고자 하는 것이 이 논문의 의도라고 할 수 있다. 즉 도구를 쓰는 실험의 상황에 깊은 관심을 두고 이론을 매개로 실험 결과의 성격과 지위에 대해서 이해하려는 것이다. 이같은 시각을 바탕으로 실험이 어떻게 실험 결과를 산출해 내는가를 개입 이론의 성격과 이

* 이 논문은 1998년도 제 11회 한국철학자 연합대회 과학철학 분과에서 발표한 것을 수정, 보완한 것이다. 이 논문을 쓰는 데는 이종원, 장희익, 조인래 교수의 제안과 비판이 많은 도움이 되었다. 그리고 발표 당시에 이 논문에 대해 토론을 해주신 김유신 교수와 제출 원고를 읽고 좋은 지적과 비판을 해 주신 익명의 심사 위원께 감사드린다.

** 서울대 대학원 과학사 및 과학철학 협동과정 박사과정 수료

러한 개입 이론이 실험의 과정에서 어떤 역할을 하는가에 초점을 맞추어 논의하고자 한다. 그리고 개입 이론을 중심으로 실험 결과의 문제에 접근하는 이 논문의 관점이 갖는 인식적 함의가 전통적인 실증주의와 포스트 실증주의(post-positivism)와는 어떤 차이점과 공유점을 갖는가의 문제도 다루기로 한다.

1. 이론망

과학에서 실험적 작업은 도구를 통해 유의미한 실험 결과를 얻어내는 것을 주된 목표로 한다. 실험의 시작으로부터 실험 결과의 산출에 이르기까지 여러 이론이 개입한다. 실험 결과는 이들 이론의 개입을 근거로 획득되는 것이다. 이때 실험을 이루어지도록 해주는 혹은 가능하게 해주는 개입 이론을 ‘이론망’(theory-network)으로 부르하고자 한다. 성격상 구분되는 몇 가지 종류의 이론이 결합되는 형태로 이론망이 이루어진다. 이론망을 이루는 이론은 크게 다음과 같이 나눌 수 있다. ‘도구 이론’(instrument theory)이 한 영역이고 다른 영역은 ‘해석 이론’(interpretation theory)이 차지한다.

1.1. 도구 이론

도구를 통해 실험 결과를 획득하는 과정을 다루는 일은 이론망 개념을 제시함으로써 보이고자 하는 주된 내용이다. 실험 결과를 얻기까지는 일정한 절차가 필요하다. 도구를 작동시키는 데는, 도구의 작동을 이해하는 데는 이론이 요구된다. 이론망에는 실험 도구의 작동에 대한 이론들이 주요한 부분으로서 들어가 있다. 이런 류의 이론, 즉 실험 도구의 제작과 작동을 위해 요구되는 이론을 ‘도구 이론’이라 부를 것이다. 도구 이론의 도움으로 실험 도구는 세워지고, 실험적 ‘현상’의 산출이 가능해진다.

도구 이론이 구체적으로 어떤 성격의 이론인지를 예를 들어서 논의하기로 한다. 윌슨(C. T. R. Wilson)의 구름 상자(cloud chamber)를 도구로 삼

이 실험을 하면, 이 상자에는 어떤 순간에 궤적이 나타난다. 이 현상은 수증기 응축이론의 도움으로 얻을 수 있다. 즉 그 궤적은 어떤 하전된 물질을 갖는 물질이 지나가면 지나가는 동안에 그 물질 주위의 수증기를 응축시켜 궤적을 나타내게 된 결과로 이해되는 것이다. 월슨의 실험에서 도구 이론은 응축이론이다. 현상의 출현과 관계되는 이러한 이론이 바로 도구 이론이다.

마이컬슨(Albert Abraham Michelson) 간섭계(interferometer)¹⁾에 나타나는 줄무늬를 간섭 무늬로 이해되도록 해주는 것은 빛의 간섭 이론이다. 이것이 바로 마이컬슨 간섭계의 도구 이론이다. 만일 도구 이론이 존재하지 않는 상황이라면, 줄무늬는 우리의 시각에 나타나는 줄무늬로 다만 남아 있을 수밖에 없을 것이다. 그리고 만일 어떤 월슨 상자에 나타나는 입자의 궤적을 담은 사진을 우리가 가지고 있다고 가정해 보자. 이때 입자의 하전과 하전된 입자가 수증기 응축의 핵으로 작용할 수 있다는 이론을 가지고 있다면, 이 이론을 바탕으로 도구 이론을 구성할 수 있을 것이다. 하지만 입자의 하전과 하전된 입자가 수증기 응축의 핵으로 기능한다는 이론을 갖지 못하는 상태에서는 그 월슨 상자의 사진은 다만 우리의 시각에 여러 형태의 직선, 곡선, 반원, 원 등을 닮은 선들이 어지럽게 담겨 있는 아직은 과학과 연관될 수 없는 어떤 사진을 갖고 있을 뿐인 것이다. 경험적 의미를 지닌 어떤 실험 결과를 얻을 수 없게 된다.

또 다른 실험 예로서 밀리컨(R. A. Millikan)의 기름방울(oil-drop) 실험에서 기름방울을 하전시키는 데는 x선을 썼다. x선을 실험에 쓴다는 것은 x선은 무엇인지에 대한 이론적 이해를 전제로 하며 어떤 도구적 배치를 통해 x선을 방출시키는지에 대한 이론적 이해 역시 요구한다. 물론 x선에 대한 이론적 이해가 전혀 없는 이도 x선 방출 장치를 쓸 수는 있다. 만일 x선 방출 장치가 있고 그 장치가 단지 전원을 넣어주느냐 끊느냐에 따라 작동한다면, 전원스위치를 켜다 켜다하는 조작을 할 수 있는 이는 누구나 그 방출 장치를 손쉽게 이용할 수가 있는 것이다. 이는 마치 텔레비전의 작동에 대한 이론적 이해가 없어도 텔레비전을 즐길 수 있는 경우와 같다.

1) 이 사례는 2절에서 상세히 다루었다.

브라운관과 전자에 대한 지식을 결여하고 있더라도 텔레비전 화상을 감상하는 데는 아무런 지장을 받지 않는다. 하지만 그러한 도구의 이용이라는 사실 밑에는 그 도구의 이용을 가능하게 하는 이론이 바닥에 깔려 있다는 점을 간과할 수는 없다. 실험을 위해 필요로 하는 이론의 상당 부분을 도구 이론이 차지한다. 도구 이론은 실험하기의 핵심적 요인이라 해도 지나치지 않을 것이다.

위에서 이미 도구 '이론'이라는 말을 썼다. 그런데 도구의 작동에 관한 이론을 이론이라고 할 수 있을까? 그렇게 이해해야 한다고 본다. 과학이론에 대한 논의는 전통적으로 과학철학자의 가장 중심적인 문제가 되어왔다. 특히 '이론의 정당화' 문제는 논의의 주된 관심사였다. 따라서 과연 이론이 어떤 식으로 정당화되느냐를 둘러싸고 여러 가지 주장이 제기되어 온 바 있다. 예를 들어 논리실증주의자들은 과학이론을 '진술의 집합'으로 본다. 그들은 과학의 언어에 관심이 깊었고 과학의 언어가 실증적 차원의 관찰에 의해 어떤 경로를 거쳐 정당화되느냐에 연구의 초점을 놓는다. 쿤(Thomas S. Kuhn)은 '패러다임'(paradigm)으로서의 이론을 주장한다. 패러다임은 단순히 이론이라기 보다는 순수한 이론과 이들의 적용사례, 도구사용 등에 관한 내용 전반을 포괄하는 넓은 의미의 이론이다. 포퍼(Karl Popper)는 이론을 '추측'(conjecture)이라 칭한다. 이들 입장은 각각 그 구체적인 내용 면에서 여러 차이점을 나타낸다. 카르납(Rudolf Carnap)은 이론을 논리적 연산 체계로서 이해한다. 패러다임을 통해 쿤은 세계를 일정한 패턴으로 파악하게 해주는 추상적인 개념적 틀로서의 어떠한 체계로 이해한다. 포퍼의 추측은 반증되거나 확인도를 높여가는 과정을 겪는 연역적 체계라고 할 수 있다. 결국 이들 입장은 정당화 문제, 특히 이론의 시험, 이론의 선택 상황을 중심으로 상이한 측면을 강조하면서 이론에 대한 고유한 견해를 표방했었다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 위의 입장은 공유하는 것으로 보이는 사항을 가지고 있다. 그것은 이론이 진술의 집합으로 정의되든, 패러다임이든, 추측이든 일반적으로 체계적이고 고수준의 이론을 가정한다는 점이다.

도구 이론이 위에서 언급한 논리실증주의자가 이야기하는 진술의 집합으로서의 이론, 쿤의 패러다임 등에 해당하지는 않는다. 하지만 도구의 작

동에 관한 제반 원리와 관념은 실험의 상황에서 고유한 효용을 갖는 것이므로 이들을 일종의 이론으로 보아야 할 것이다. 전통적으로 과학철학자들이 관심을 집중해 온 고수준의 이론은 이론의 전형이 되어왔음에도 불구하고, 이론에는 고수준 이론이외의 다른 종류의 이론이 존재하며, 이들이 실험하기 과정에서 주목할 만한 기능을 수행한다. 바로 이러한 관점이 이론망 개념을 중심으로 하는 실험 결과에 관한 논의의 주요한 국면을 구성한다.

1.2. 해석 이론

해석 이론은 '도구 이론이외의 이론'이며, 도구 이론을 도움을 받아 도구를 통해 얻어 낸 현상이 '특정한 이론'과 관련하여 구체적인 경험적 의미를 갖도록 하는 데 매우 중요한 역할을 한다. 도구에 의해 산출되는 '현상' 혹은 '측정값'은 이론적 해석을 거쳐 실험 결과가 된다. 예를 들어 마이컬슨의 간섭계에 나타나는 줄무늬 자체는 현상이다. 마이컬슨 간섭계에 나타나는 줄무늬는 도구 이론인 빛의 간섭 이론에 의해 경험적 의미를 '일차적으로' 부여받는다. 현상으로서의 이 무늬가 도구 이론 이외의 특정 이론에 의해 해석된 것이 실험 결과라고 할 수 있다. 이런 단계로 이어지지 못한 채, 줄무늬 자체가 해석되지 않은 상태로 남아 있으면 '구체적인' 이론적 의미를 지니지 못하게 된다. 마이컬슨 실험에서 해석 이론은 실험 당시에 에테르(ether) 이론의 패러다임적 형태였던 프레넬(Fresnel) 이론이다.²⁾ 특정한 보편 이론, 예를 들어 프레넬 이론을 모르더라도 마이컬슨 간섭계에 나타난 무늬를 보고 그것이 빛의 간섭 현상에 의해 생겨나는 것임을 알 수 있다. 이러한 이해는 도구 이론인 빛의 간섭 이론에 기반하여 얻을 수 있는 것이다. 그러나 마이컬슨 간섭계를 사용하여 실험을 하고 그것의 결과물을 이용하기 위해서는 간섭계에 나타나는 줄무늬가 간섭 무늬임을 아는 것만으로 충분치가 못하다. 중요한 것은 간섭 무늬 이동의 정확한 정량적인 이동값이다. 이 값은 프레넬 이론과 같은 보편 이론이 해석 이론으로

2) 이에 대한 보다 상세한 논의에 대해서는 2.1.2절의 논의를 참조할 것.

서 개입해야만 주어지는 것이다. 그렇기 때문에, 도구 이론에 토대해서 얻는 ‘현상’과 도구 이론만이 아니라 해석 이론까지 있어야만 얻어낼 수 있는 ‘실험 결과’를 구분하고 있음에 주목해야 한다.

X선에 대한 이론을 알지 못해도 X선 발생 장치를 세울 수 있다. X선이라 불리는 어떤 현상의 본질을 알지 못하더라도 일정한 수준의 경험적 이론을 바탕으로 X선을 내는 도구를 만들 수 있다. 이때 X선 발생 장치와 같은 도구를 설계하고 세워서 작동하게 만드는 데 필요한 이론이 도구 이론이다. 해석 이론은 그렇게 세운 도구에서 생겨나는 현상을 ‘어떤 특수한 이론과의 관련’ 속에서 경험적 의미를 부과하려 할 때 필수적인 요소가 된다. X선 발생 장치는 서로 다른 이론적 목적을 위해 쓰일 수 있다. 서로 다른 이론적 목적을 위한 실험에서 도구 이론은 공유될 수 있다. 하지만 해석 이론은 차이가 나는 것이 일반적이다. X선 현상이 안정성을 얻어가면서 그리고 X선의 여러 속성이 잇달아 알려지면서 어떤 시점에서 비로소 X선의 본성에 대한 이론적 설명을 제시하기 시작한다. 라우에(Max von Laue)는 X선을 파동으로 보는 이론적 제안을 한다. 이때 X선 장치를 통해 얻은 현상은 이같은 이론을 채용하는 해석 이론을 근거로 해석되어 특정한 경험적 의미를 부여받는다. 만일 X선을 파동이 아니라 입자적으로 기술하는 이론이 있었다면, 자연히 해석 이론은 라우에의 경우와는 반대로 입자적 모형을 중심으로 하는 이론을 기초로 구성될 것이다. 이처럼 도구 이론이 같아도 해석 이론은 다르게 구성될 수 있다. 해석 이론은 어떤 실험에 관계되는 확증하려 하거나 시험하려는 이론에 따라 변화하게 된다.

이론 시험(theory testing) 실험에서 시험될 고수준 이론과 실험의 연결의 주된 고리는 바로 이론적 예측을 둘러싼 영역 주위에 존재한다. 이러한 기능을 하는 이론이 넓게 해석 이론에 속한다고 볼 수 있다. 시험을 목적으로 하는 실험에서 이론적 예측이 없으면 실험은 의미를 지니지 못하게 된다. 실험의 결과를 대조하게 될 이론적 예측에 의해 주어지는 어떤 변수 값이 존재해야 어떤 실험은 이론에 대한 시험 기능을 비로소 지니게 되기 때문이다. 이처럼 이론적 예측이 가능해야만 가설의 시험이 가능하다는 점에 주목할 필요가 있다.

2. 마이컬슨-몰리 실험과 관련된 이론망

위에서 이론망과 이론망의 중요 요소로서 도구 이론과 해석 이론에 대해 개념적 정의를 부여하는 작업을 진행해 왔다. 이러한 개념은 구체적인 실험의 실험 사례에 그것이 적절하게 적용될 때 그러한 개념의 의미와 효용이 더욱 분명하게 드러날 것으로 판단된다. 이러한 의도에서 개입 이론의 역할과 실험 결과의 획득과 그 성격을 구체적 실험 사례에 대한 분석을 통해 탐색하고자 한다. 사례로는 마이컬슨-몰리 실험을 취하기로 한다. 이 실험이 어떻게 시작되었고, 전개되었으며, 끝났는지를 그리고 실험 전체를 통해 어떤 이론적 요소들이 개입되었는지를 도구 이론과 해석 이론의 개입을 중심으로 살펴본다.

마이컬슨 실험은 과학사에 가장 널리 알려진 실험의 하나이다. 이 실험에서 도구는 과연 어떤 이론과 관련하여 현상을 산출해 내고 이어 이 현상에 대한 이론적 해석을 통해 실험 결과를 얻게 되는지를 살펴본다. 마이컬슨은 이 실험에서 그가 도입한 독특한 간섭계³⁾를 썼다. 이 간섭계를 이용한 간섭 무늬를 얻는 과정과 그에 대한 해석에 이론이 개입된다.

1881년에 마이컬슨은 단독으로 '에테르'(ether)에 대한 지구의 상대운동 효과를 측정하려 빛을 이용해 실험을 한다. 즉 그는 에테르에 대한 지구의 상대 운동 속도를 측정하려 했던 것이다. 여기서 이 실험은 에테르 이론을 의심하는 것이 아니라 에테르 이론을 의심하지 않는 상태에서 실험 결과로서의 에테르에 대한 지구의 상대적인 운동 속도를 얻어 내려는 의도에서 보다 정교한 실험을 설계하고 수행한다는 의미를 지닌다. 다시 말해서 '부정적' 실험 결과를 얻을 가능성은 고려하지 않는 상황에서 이루어지는

-
- 3) 그가 실험에 쓴 간섭계는 빛을 서로 수직한 두 방향으로 운동시키고 두 방향 각각의 동일한 위치에 거울을 설치하여 그 두 빛을 반사시켜 두 빛이 되돌아와 일정 지점에서 만나도록 만드는 도구이다. 즉 두 빛 각각을 간섭계의 두 팔의 끝에 설치한 거울로 반사시켜 그들이 원래 직교하면서 갈라진 곳에서 다시 만나도록 하는 원리를 근거로 세워졌다. 이때 다시 만난 두 빛은 두 빛의 이동 거리가 서로 다를 때 간섭 무늬를 만들어 낸다. 이 간섭계에 대해 좀 더 상세히 이해하기 위해서는 마이컬슨의 논문(Michelson, 1881)을 참조하거나 물리학 서적(예를 들면 Tipler, 1978, 5-8)을 참조하면 된다.

성격의 실험이 마이컬슨의 1881년 실험이다.

1881년 논문에서 마이컬슨은 에테르에 기초한 프레넬의 빛의 파동설로 이야기를 시작한다. 1881년 논문의 첫문단에서 마이컬슨은 다음과 같이 쓰고 있다.

빛의 파동설은 에테르라고 하는 매질의 실재를 가정하는데, 에테르의 진동은 열과 빛이라는 현상을 산출하며, 에테르는 모든 공간을 채우고 있다고 추정된다. 프레넬에 따르면, 광학적 매체에 둘러싸여 있는 에테르는 이들 매체의 운동에, 그들 매체의 굴절률에 의존하는 정도에 따라서, 함께 참여한다. 공기에 대해, 이 운동은 공중 자체의 운동의 단지 작은 부분이 되고 무시할 수 있을 것이다.(Michelson, 1881, 120)

이어 이로부터 지구의 에테르에 대한 상대운동과 관련한 기본적인 이야기를 이끌어낸다. “에테르가 정지해있다고 가정하면, 지구는 에테르를 통과해 움직이는데, 빛이 지구 위의 한점에서 다른 점까지 다녀오는 시간은 지구가 움직이는 방향에 의존할 것이다.”(Michelson, 1881, 120) 이 인용문은 그의 실험의 기본 구도를 가장 간략하게 요약해준다. 마이컬슨의 1881년 논문을 볼 때, 그가 실험을 한 방향은 다음과 같다. 마이컬슨은 프레넬 이론을 수용했다. 이어 그러한 수용을 기초로 하고 그가 만든 간섭계를 채용했다. 간섭계를 채용한 상황에서 에테르 이론과 장치를 결합시켰을 때 나오는 이론적 예측값을 뽑아냈다. 그리고 실제로 정밀한 실험을 했다. 이어 이론적 예측값과 실험 결과를 비교했다. 그런데 실험 결과는 예측값과 어긋났다.

에테르 이론에 따르면, 마이컬슨의 간섭계는 지구의 운동에 의한 간섭 무늬의 이동을 보여주어야 한다. 에테르 관성계에서는 지구의 운동 방향에 따른 빛의 이동 경로의 차이가 존재해야 하기 때문이다. 고전 이론에 따라 이동경로 차이의 값은 계산된다. 지구는 에테르 속을 일정한 속도로 움직인다. 그런데 에테르 이론과 관련하여, 과학자가 지구상에서 빛의 속도를 측정할 경우, 어떤 결과가 나와야 하는가라는 매우 중요한 문제가 있었다. 고전 에테르 이론에 따를 때, 빛이 지구의 운동 방향과 같은 방향으로 움직일 때와 그렇지 않을 때 빛의 속도는 당연히 차이가 나야하기 때문이다.

하지만 의외로 실험의 결과는 부정적이었다. 마이컬슨이 행한 실제 실험의 결과는 이러한 간섭 무늬의 이동을 보여주지 않았다. 즉 그러한 실험 결과는 나타나지 않았던 것이다. 역설적이게도 이 실험은 실험자의 원래 의도와는 달리 오히려 에테르 이론을 의심할 수 있는 여지를 마련해 준다.

6년후 마이컬슨은 이번에는 몰리(Edward Williams Morley)와 함께 1881년 실험과 같은 유형의 실험을 반복한다. 이 실험이 널리 알려져 있는 마이컬슨-몰리 실험이다.(Michelson, 1887) 1887년 실험에서 마이컬슨과 몰리 두 사람은 다시금 에테르 속을 지나는 지구의 운동 속도를 측정하고자 했다. 하지만 실험 결과는 또다시 에테르의 존재를 부정하는 것으로 나왔다. 1881, 1887년 실험 모두에서 경로차가 나타나지 않았던 것이다.

1881년 포츠담 실험 그리고 마이컬슨-몰리의 1887년 실험에서 빛의 이동 경로 차이가 있느냐의 여부는 간섭 무늬 이동이 있느냐 없느냐로 판가름난다. 간섭계의 두 팔의 길이가 정확히 같도록 조정하기는 힘들다. 빛의 속도는 엄청나게 빠르므로 아무리 두 팔의 길이가 차이가 없도록 배치해도 간섭 무늬는 생긴다. 따라서 간섭 무늬의 이동이 있느냐 없느냐로 빛의 경로를 확인해야 한다. 먼저 반은경(half-silvered mirror)을 통과한 빛이 진행하는 경로를 지구의 운동방향과 같도록 맞추어 준 상태에서 간섭 무늬를 관찰한다. 이어 실험 도구를 90° 회전시켜 다시 간섭 무늬를 관찰한다. 이때 두 관찰 결과를 대비시키면서 간섭 무늬의 이동이 실제로 얼마나 있었는가를 확인한다. 실험의 결과는 간섭 무늬의 이동을 보여주지 않았다. 광로차가 없다면 그들은 보강 간섭을 하게 된다. 광로차가 있으면 소멸 간섭을 보여주어야 한다. 그러나 실제로는 두 거울은 정확하게 수직이 되지 않으며 일정한 파들의 광로차가 있기때문에 줄무늬가 생겨나게 된다. 따라서 이러한 상황에서는 줄무늬의 '이동'을 관찰함으로써 에테르 이론을 시험하게 된다.

2.1. 개입된 도구 이론과 해석 이론

2.1.1. 도구 이론의 성격

마이컬슨의 1881년 실험에 채용된 도구 이론은 다음과 같다.

- (1) 빛의 간섭 이론
- (2) 빛의 굴절 이론
- (3) 빛의 반사 이론
- (4) 거울의 성질에 관한 이론/거울 표면 도금 효과에 관한 이론
- (5) 진동 방지에 관련한 이론
- (6) 빛 발생 이론

지구의 운동 속도를 실험실 안에서 알아내고자 하는 종류의 실험이 마이컬슨 실험이고, 이는 간섭계에 나타나는 간섭 무늬의 이동 여하에 달려 있다. 그렇다면 이러한 실험은 빛을 장치 안에 구속시켜야함을 전제로 하는 실험이다. 그리고 빛을 장치에 구속시킨다는 이야기는 빛을 굴절시키고 반사시키고 간섭을 일으키는 상황을 피해갈 수가 없음을 말한다. ‘빛의 간섭 이론’은 도구 제작을 위한 중요한 뼈대에 해당한다. 이 이론은 마이컬슨 실험에서 가장 중요한 기능을 수행한다. 속도의 덧셈 정리에 따라 장치가 속한 계가 v 라는 속도로 움직일 경우, 그 계의 이동방향이 빛의 이동 방향과 같으면 그 장치에서 발생된 빛은 계의 속도 v 를 갖고면서, 여기에 광속을 c 라 할 경우, 광속이 더해져서 결과적인 빛의 속도는 $c + v$ 라고 계산하게 된다. 반대로 계가 그 계에 속해 있는 장치에서 빛을 쏜 방향과 반대 방향으로 움직일 때는 빛의 속도가 $c - v$ 로 계산된다. 빛이 지구의 운동 방향과 같은 방향과 반대 방향으로 움직이는 데 걸리는 시간과 거리를 계산하는 데는 바로 위의 덧셈식과 뺄셈식이 중요하게 기능한다. 빛의 간섭 이론 자체는 예를 들어 두 빛의 위상차에 따라 그들이 중첩되었을 경우 보강, 상쇄간섭을 일으킨다는 이야기이다. 이러한 이론적 요소들은 우리가 일반적으로 이론이라고 부르는, 예를 들면 특수 상대성 이론이나 양자 역학과 같은 ‘고수준의 이론’과는 다르다. 또한 그러한 고수준 이론에서 바로 논리적으로 함축되는 성질의 것도 아니다. 그러나 이들 요소를 이론이라고 부를 이유가 있다. 체계적이고 형식적으로 정식화된 이론과는 수준 차이가 있지만 이들 요소들 역시 설명력에서 일반성을 지니며 경험을 통해 습득된 사고의 집합체이기 때문이다.

도구 이론에서 나열한 이론적 요소들은 그들 각각을 독립시켜 나눈 상태로 이해할 때와 그들 모두를 묶어서 전체로서 이해할 때 상이한 인식적 의미를 준다. 예를 들어 위의 4)번은 그것 자체로 쉬운 이론이다. 거울의 표면을 반정도 온도금하면 빛의 반은 반사하고 반은 통과한다는 사실과 관련한 정보 역시 어렵지 않게 습득할 수 있는 이론이다. 하지만 순수 이론 과학자에게는 그렇지 않을 수도 있다. 거울에 반도금을 하는 상황을 이론 물리학자가 자신의 탐구 과정에서 떠올려 보게 되는 상황은 드물 것으로 추측한다. 마이컬슨과 같은 실험가의 경우에 관심을 갖게 되는 그런 종류의 이론이다. (5), (6)번은 독특한 실험적 실천의 상황에서만 고려되는 성질을 더욱 강하게 갖는 도구 이론이다. 이론 물리학자가 빛을 발생시키고 더욱이 그 빛을 둘로 나누는 문제 때문에 고심해야 하는 상황과 만나기도 어렵게 된다. 진동 방지에 관련한 이론은 더욱이 그러하다. 이들 이론 모두는 구체적인 특수한 실험 상황을 전제하는 경우에만 고려하게 되는 성질의 이론들이다.

이들 도구 이론은 그들이 일정한 방식으로 한 데 묶일 때 실험적 실천에 강력한 영향을 미친다는 점에 주목할 필요가 있다. 낱알의 이론이 실험 장치와 결합되는 상황에서는 그 각각의 이론은 실험에 아무런 기여를 못한다. 즉 도구 이론들은 하나로 묶일 때에만, 즉 전체로서 실험 장치와 결합될 때에만, 실험을 가능하게 해준다.

2.1.2 해석 이론의 성격

성공적인 실험적 배치는 구체적인 실험 상황에서 이론으로부터 사실 확인 명제 혹은 시험 명제를 유도해 낼 수 있는 길을 확보해 주는 것이라야 할 것이다. 마이컬슨 실험은 바로 그러한 성공적인 실험적 배치를 보여준 전형적 사례라고 할 수 있다. 그 실험에서 도구 이론은 매우 중요한 기능을 한다. 또한 해석 이론도 마찬가지로 중요한 기능을 한다.

실험을 통한 어떠한 가설에 대한 시험은, 실시하고자 하는 특정한 실험 상황 속에서, 1) 이론으로부터 사실 확인 명제 혹은 시험 명제를 유도해 내고, 2) 실험을 행하여 실험 결과를 얻은 후 그 결과를 사실 확인 명제 혹은 시험 명제가 이야기하는 경험적 내용과 대조하는 일이다. 그 과정을

구체적으로 살펴보기로 한다. 간섭 무늬의 이동과 관련한 이론적 예측이 이루어지는 과정은 간단치만은 않다. 이론적 예측과 관련하여 가장 주목할 만한 사항은 사실 확인 명제로서의 간섭 무늬의 이동이라는 ‘이론적 예측이 시험하고자 하는 이론 자체에서 곧바로 논리적으로 유도되지 않는다’는 점이다. 사실 확인 명제 혹은 시험 명제는 ‘구체적 실험적 배치’를 염두에 둘 수 있을 때라야 비로소 얻을 수 있다. 시험 명제가 유도되지 않는 실험적 배치는 실험으로서의 자격을 일단 상실하고 있다고 보아야 한다. 왜냐하면 그러한 실험적 배치에 대해서는 어떤 이론적 예측이나 해석이 존재할 수 없기 때문이다.

마이컬슨 실험에서 해석 이론은 당시에 에테르 이론의 패러다임이었다고 할 수 있는 ‘프레넬 이론’이다. 이 프레넬 이론은 도구 이론 및 구체적인 실험적 배치와 관련된 실험 도구인 간섭계의 물리적인 값(간섭계의 팔의 길이)을 근거로 간섭 무늬의 정량적인 이동의 정도를 예측해 준다. 간섭계가 도입된 상황에서 측정하고자 하는 물리적인 양 혹은 효과를 예측할 수 있도록 해주는 기능을 하는 것이 해석 이론이다.

프레넬 이론 자체에서는 이론값이 나오지 않는다. 특수한 실험 상황이 주어져야만 이론값을 계산할 수 있다. 따라서 도구 이론을 기초로 프레넬 이론을 해석 이론으로 도입해야 하는 것이다. 간섭 무늬의 이동이라는 사실 확인 명제는 마이컬슨 간섭계를 도입한 ‘구체적 실험의 상황’에서만 가설로부터 연역되는 성격을 지니고 있다. 그런 의미에서 그러한 예측은 마이컬슨 간섭계라는 장치를 프레넬 이론과 연관시켜 만들어 낸 것이다. 이러한 이론적 예측은 어떤 물리적인 양이나 현상과 관련된 값을 특정해 준다. 간섭 무늬 이동은 에테르 이론 자체와 모순되지 않는다. 그렇기 때문에 간섭 무늬에 대한 실험 결과에 의한 옳고 그름의 판정이 가능하게 된다.

바로 이 해석 이론에 해당하는 부분이 결여되어서는 그때의 실험은 아무런 의미를 지니지 않는다. 마이컬슨 실험의 경우, 해석 이론의 역할은 간섭 무늬 이동의 구체적인 값을 예측하게 해주는 것이다. 해석 이론은 특정 이론을 실험 결과와 맺어주는 역할을 하는 고유한 의미의 이론이다.⁴⁾ 실험적 현상의 해석과 관계되는 이론이 해석 이론이며 해석 이론은

이론망에서 도구 이론과 함께 현상이 경험적 의미를 갖도록 하는데 중추적인 기능을 한다. 줄무늬 자체가 해석되지 않은 채로 남아 있으면 이론적 의미를 지니지 못하게 된다. 이러한 국면은 현상과 실험 결과의 차이를 잘 보여주는 대목이기도 하다.

여러 수준의 이론이 실험의 과정에 들어와 각각 상이한 역할을 담당하면서 실험을 가능하게 해준다. 실험에 개입하는 이론망이 존재하는 경우, 이론망을 이루는 이론들은 계층화된다. 계층화가 있다는 이야기는 이론이 균질적이거나 단일하지 않다는 함축을 갖는다.⁵⁾ 이론망을 구성하는 이론의 계층화가 있게 되는 것은 이론의 다양성을 바탕으로 한다. 결국 마이컬슨 실험에는 프래넬 이론과 같은 이론으로부터 도구 이론으로 쓰인 빛의 간섭 이론에 이르기까지 여러 수준의 이론이 관련된다.

3. 이론망의 역할과 특성

여러 수준의 이론의 도움을 근거로 해서만 실험 결과를 얻게 된다. 이때 경험적 사실, 확립된 이론은 추상적 이론과 비교할 때, 인식적인 면에서 상대적으로 큰 문제를 지니지 않기 때문에 실험 과정에서 유의미하게 쓰일 수 있는 것이다.⁶⁾

-
- 4) 해석 이론과 유사한 이론적 요소가 기존의 실험철학자의 논의에서 나타나는 데, 예를 들면 해킹(Ian Hacking)의 실험 요소 분류 내용 가운데 '주제 가설'(topical hypothesis)을 떠올릴 수 있다.(Hacking, 1992)
 - 5) 이론이나 법칙을 계층화하는 작업은 예를 들면 카트라이트(Nancy Cartwright)의 논의에서 두드러진다.(Cartwright, 1983) 카트라이트는 법칙을 '현상 법칙'(phenomenological laws)과 '이론 법칙'(theoretical laws)으로 구분한다. 현상 법칙의 예로 그는 패러디(Michael Faraday)의 자기광학 효과에 관한 에어리(George B. Airy)의 법칙을 드는 데, 반면 로렌츠(Hendrik Antoon Lorentz)의 전자 이론은 이론 법칙의 예이다. 두 종류의 이론의 차이는 현상 법칙은 기술(description)에 그치지만 이론 법칙은 설명(explanation)한다는 점이다. 그가 보기에 이론 법칙은 그르고, 현상 법칙은 옳다.
 - 6) 이러한 대목은 이론망 모형에서 강조하는 점의 일부이다. 몇몇 과학철학자는 다소 희미한 형태로 이런 측면을 지적한 바 있다. 예를 들면 프랭클린(Allan

위에서 실험의 구체적인 상황에서 현상의 산출과 그에 대한 구체적인 이론적 해석, 그리고 실험 결과와 사실 확인 명제와의 대조 문제에 대해 살펴 보았다. 이러한 논의를 통해 얻을 수 있는 것은 다음과 같다. 첫째, 여러 수준의 이론이 실험의 과정에 개입된다. 둘째, 도구 이론이 현상을 얻는 데 중요한 기능을 한다. 셋째, 해석 이론에 의해 추상적 이론은 비로소 경험적인 양과 어떤 식으로 연결된다. 이론 시험 실험은 바로 이 해석 이론에 의해 안내되고 이를 토대로 실시되며, 실험 결과를 얻게 되고 이론적인 예측값을 실험의 결과와 대조할 수 있게 된다. 도구 이론, 시험할 이론 등이 서로 상호 연관되는 형태로 해석 이론이 구성되는데 그 구성의 성공 여부는 과학자의 시행착오와 독창적 사고에 의해 많은 영향을 받게 된다. 도구 이론은 시험할 이론과 특정 실험 장치를 채용한 실험의 상황에서 서로 맞물려서 측정하고자 하는 양에 대한 '이론적 예측값'을 만들어낸다.

도구 이론은 추상적 이론보다는 상대적으로 경험적인 안정성을 갖는 이론이며 그 '일부'는 '암묵적 지식'(tacit knowledge)에 가깝다. 마이컬슨 실험에서 도구 이론으로 쓰인 여러 이론은 추상적 이론(abstract theory) 혹은 체계적 이론(systematic theory)은 아니다. 예를 들어 빛의 간섭 이론은 매우 안정된 이론이다. 이는 경험적인 확인도가 매우 높은 이론이기 때문이다. 간섭 이론은 빛의 본질이 입자로 판명나든 파동으로 판정나든 그에 관계없이 똑같은 경험적 확인가능성을 남겨둘 것이다. 반면 에테르 이론이

Franklin)은 다음과 같이 말하고 있다.

많은 저자는 관찰의 이론적재성, 즉 관찰진술이나 측정 보고가 특수한 이론을 얻게 된다는 사실에 대해 이야기해왔다. ... 따라서 그러한 이론적재적 용어가 이론을 시험하는 실험에 쓰일 수가 있느냐의 여부에 관한 질문이 생겨나게 된다. 실험장치에 대한 이론과 시험당하는 이론을, 만일 가능하다면, 여기서 유의값게 구별해야한다. 만일 그들이 구별된다면, 아무런 문제도 생기지 않는다. 우리는 앞에서 패리티 위반에 관한 실험과 관련한 논의의 적어도 일부는 장치에 관한 이론은 시험에 놓여 있는 약한 상호작용에 관한 이론과는 아주 다르다는 점임에 주목했었다.(Franklin, 1986, 109)

나 진공을 매질로 빛이 전파된다고 보는 이론 모두 고수준의 이론이다. 이들 이론과 비교하여 빛의 반사 법칙은 지속성에서 매우 길 것이다.

간접 이론과 같은 종류의 이론 이외에도 여타 종류의 이론이 도구 이론으로 쓰일 수 있다. 실험적 작업은 실천이고 기술(technology)이라고 할 수 있다. 이때 물질과 도구를 쓰는 일은 체계적 이론보다는 경험 법칙이나 일상적 진리에 바탕한다. 이런 유의 지식을 암묵적 지식이라 부를 수 있다. 라베츠(Jerome Ravets)는 과학 활동의 장인적 성격과 암묵적 지식의 역할을 강조한 대표적인 인물이다.(Ravets, 1971, 75-108) 그는 과학 활동은 그 내용 전반이 논리적 규칙을 따르는 과정이라기 보다는 마치 장인들이 하는 작업과 유사하다고 주장하는데, 시행착오와 비명시적으로 주어지는 경험적 지식을 토대로 과학 활동은 이루어지는 것으로 본다.⁷⁾ 과학자는 어떤 물리적 장치를 가지고 실험을 해서 자료를 얻으려 할 경우, 원하는 혹은 원하는 것에 가까운 값을 보이는 자료를 쉽게 수용하려 할 수가 있다. 그러나 이는 큰 실수일 수 있다. 실험 과정은 기본적으로 복잡하기 때문에 원하는 수값을 보여주는 자료가 실험을 통해서 알아 내고자 하는 대상의 성격을 과연 적절히 보여주는 것이냐는 의심을 갖을 수 있기 때문이다. 이때 이러한 의심의 일부를 털어내주는 역할을 바로 장인적 지식이 가능케 해줄 수 있다.⁸⁾

7) 라베츠의 논의는 폴라니(Michael Polanyi)의 암묵적 지식에 대한 강조(Polanyi, 1958)와 쿤의 정상과학 작업 속에서 비명시적이고 실천적인 지식에 대한 논의(Kuhn, 1962, 4-5장)와 그 맥락에서 매우 근접해 보인다.

8) 라베츠는 이런 대목과 관련하여 다음과 같이 언급하고 있다.

도구의 작동에 관한 보다 깊은 지식이 없이는, 과학자는 실험적 연구의 첫 번째 함정에 빠질 수가 있는데, 이 함정이란 온전한 보고서를 위해 필요한 눈금값을 너무 쉽게 받아들이는 일이다. 왜냐하면 기계에서 벗겨낸 눈금값은 내부에서 진행되는 과정의 어떤 측면에 대한 출력 기계에 대한 반응의 한 척도일 뿐이기 때문이다. 긴 연쇄를 이를 모든 단계에서 장치 자체는 그것을 통과해오는 신호를 수정할 것이고 그러므로 눈금값에 '체계적 오차'를 도입시킨다. 과학자는 경험으로 어떤 규모의 오차가 '무시할만한' 것인가를 안다; 그는 깨달은 오차를 그러한 규모로 축소시킬 수 있어야 한다; 그는 다른 원천으로부터 무시할 수 없는

실험가가 상당한 시간을 보내는 일은 도구를 개선하고, 보수하고, 새로운 도구를 도입하는 일이다. 특히 앞의 두 가지 일에 더 관심을 두게 된다. 이는 원하는 현상을 얻으려는 것을 목표로 이루어지게 된다. 도구를 개선하고 보수하고, 새로이 하는 것은 어떤 논리적 규칙에 의해 지배받는 것은 아니다. 시행착오, 경험, 직관 등에 의해 영향을 받게 되는 상황에서 그런 일이 가능하게 된다고 보아야 할 것이다. 라베츠는 이런 수준에서의 자료만들기 작업의 중요성을 다음과 같이 지적한다. “자료 산출의 이런 장인적 특성은 상당한 철학적 중요성을 갖는데, 왜냐하면 과학자가 외부세계와 새로운 접촉을 하거나 그의 개념적 대상의 새로운 조직화를 성취해 내는 것은 이 단계에서이기 때문이다.”(Ravets, 1971, 81)

앞서 강조했듯이 과학에 대한 이해, 경험의 이해는 이런 차원에 근거해야 한다. 경험 혹은 사실이 실제로 만들어지는 공간, 그리고 실제로 사실을 만드는 작업과 관련된 사항에 관심을 두어야 한다. 이는 지식의 논리적 정당화 작업을 강조한 과학철학자의 관심과는 다른 경향을 보여준다. 라베츠의 지적은 과학의 실천적 차원에 대한 통찰을 제공한다. 마이컬슨은 맥스웰(James Clerk Maxwell)같은 일급 이론가와 같은 수준에는 훨씬 못미치는 이론을 가지고 있었지만 그의 독창적인 간섭계를 설계하고 만들어 낼 수 있었다. 이러한 실천적 과정을 통해 습득되고 전수되는 지식의 상당 부분이 도구 이론으로 쓰이게 될 것이다. 이런 종류의 이론은 체계적인 고수준의 이론이 아니며 시간이 많이 흘러도 쉽게 붕괴하지 않는 그런 성질의 낮은 수준의 이론이라고 할 수 있다. 그렇다면 이론이 개입한다는 사실이 실험에 대한 회의주의를 불러오지는 않는다. 왜냐하면 앞서 주장했듯이 기

안정한 오차의 출현을 이야기해주는 단서에 민감해야 한다. 이런 종류의 작업에 대해, 과학자는 장치의 조작에 관한 장인이어야 한다. 그러한 숙달은 부분적으로 전통적 종류의 장인적 지식(craft knowledge)에서 오는데, 여기서 다른 이의 경험이 가르침과 모방에 의해 전수된다; 그러나 그것은 또한 그 안에서 장치에 대한 ‘이론’이 제시되는 몇몇 명시적이고 형식적인 과학지식을 포함한다. 장치에 관한 그의 지식의 이러한 형식적 요소 때문에, 과학자는 이런 점에서 전통적인 종류의 ‘장인’(craftman)이라기 보다는 ‘기술자’(technician)이어야 한다. (Ravets, 1971, 77-78)

존에 과학자 사회에서 받아들여진 그리고 공유되고 있는 안정된 이론이 실험의 과정에 채용되기 때문이다. 이러한 이론이 붕괴될 가능성은 적을 것이다. 왜냐하면 예를 들어 마이컬슨 간섭계는 수많은 세월이 흘러도 똑같은 형태의 간섭 무늬를 계속 보여줄 것이기 때문이다. 이는 도구 이론으로 쓰인 빛의 간섭 이론을 계속 지지해 줄 것이다. 만일 이런 논의가 과학 철학적으로 유의미하다면 과학적 탐구의 본성에 대한 전반적인 재검토와 새로운 관점을 제시하는 데 중요한 초석이 되리라고 본다. 실험에 이론이 개입하더라도 그 이론이 시험하고자 하는 이론이 아니라면 시험의 순환성을 일으키지 않게 되기 때문이다. 이론망의 경험적 안정성은 바로 이런 측면에 기초해 있다.

4. 이론망에 대한 관심과 그 의의

실험 결과를 얻어내는 일 그리고 그렇게 얻은 실험 결과를 과학과 관련하여 의미있는 것으로 받아들이게 되는 일은 실험의 설계로부터 최종적인 결과를 얻기까지의 과정에 개입하는 이론에 의존한다. 이론은 실험이 작동하는 데에 매우 중요한 구실을 맡고 있다.

실험의 본성과 역할을 적절히 이해한다는 차원에서 도구 이론과 해석 이론의 성격과 의미를 발굴하고 검토하는 작업은 실험을 주요 근거로 이루어지는 과학의 특성을 이해하는 데에 중요한 기초가 된다. 기존의 과학 철학 논의에서는 단지 암묵적으로 가정되거나 논의가 이루어지지 않은, '실험적 절차의 신뢰성' 여부에 대해 이론 개입의 관점에서 접근하며, 또한 그러한 접근을 바탕으로 실험 결과가 과연 어떤 의미의 경험적 사실이며, 그러한 실험 결과가 이론 시험에서 증거 기능을 할 수 있는지를 이론망 개념을 통해 검토해 왔다. 이론망은 실험 결과가 이론의 도움으로 어떤 식으로 획득되는가를 보여주는 역할을 함과 동시에 실험 결과의 정당화와 관련된 사항을 다룰 수 있게 해주는 역할을 한다. 이런 의미에서, 이론망의 관점은 전자의 취지에서 볼 때는 새로우며, 후자의 의미에서는 이 전자를 바탕으로 기존 과학철학의 주요 주제로서 취급해 온 이론 시험 문제와

부분적으로 연결된다는 점을 인식할 수 있을 것이다. 따라서 이론망의 관점은 한편으로 실증주의자의 논의에서는 언급되지 않은 혹은 암묵적으로 가정되었다고 볼 수 있는 실험적 사실의 산출 과정을 새로운 관심을 통해 탐구해 내는 의미를 지니며, 다른 한편으로 실험 결과의 신뢰성을 회의하는 상대주의자에 대해서는 한 부정적 대응이 될 수 있다.

실증주의적 과학철학에서는 사실의 문제는 주로 이론의 정당화와 관련하여 사실로서의 직접적 관찰이 강조되고, 이 직접적 관찰 내용을 담은 관찰 문장 혹은 원초 문장이 인식의 단단한 토대로 여겨졌으며, 원초 문장과 이론 문장의 논리적 연결에 대한 관심이 논리실증주의의 중심적인 철학적 과제가 된다. 하지만 달리 볼 때, 실증주의자들은 이러한 대목에 대해 직접적으로 언급하지는 않았지만, 아마도 그들은 실험 과정의 적절성에 관해서는 실제 실험실에서 작업하는 과학자들의 인식과 행위에 맡겨놓겠다는 자세를 취한 것인지도 모른다. 즉 그러한 과정의 적절성은 과학자가 담당하거나 해결해야 할 문제이고 철학의 문제는 그런 과정과 별도로 원리적 측면에서 볼 때 사실의 가장 이상적인 경우인 직접적 관찰을 기술하는 문장과 이론의 관계를 논리적으로 정식화하는 데에 초점이 맞추어져야 한다고 파악했을 것으로 짐작할 수 있지는 않을까? 실증주의자들이 이론망의 관점을 통해 제시하는 관점 즉 실험 과정에 대한 신뢰성을 검토하는 것보다 구체적으로는 도구 이론과 해석 이론의 안정성을 암묵적으로 가정했을 가능성을 생각해 볼 수 있는 것이다. 논리실증주의는 복합적 성격을 띠고 있다. 과학의 진술은 의미를 지녀야 한다고 지적한 점은 과학철학적으로 근본적 중요성을 지닌다. 실증주의 과학철학은 과학적 세계관의 정식화와 진술의 의미 확보를 위한 표준을 제시하는 전형적이고 고무적인 해결책을 제시했었다. 실증주의의 몇몇 부분이 그 정신 면에서 오늘날에도 의미를 지닐 것이며 실증주의 논의에서 빠져있거나 암묵적으로 가정되었다고 보이거나 논의가 충분치 못한 사항에 대해서는 그것을 단지 비판하는 데에 그칠 것이 아니라 그러한 문제에 더욱 적극적으로 매달려서 발전적인 전망을 제시한다면, 그것은 뜻있는 일이 될 것이다. 실증주의자들은 도구를 쓰는 관찰 및 실험에 대해 논하지는 않았다. 이 대목은 눈여겨 볼만 한데, 왜냐하면 직접적 관찰이 과연 어느 정도로 도구를 쓰는 관찰과 실험

과 구별되는 지를 깊이 있게 다룰 경우 그들의 주장의 타당성을 보다 폭 넓게 강화해 주었을 것으로 보이기 때문이다.

그렇지만 그렇게 믿거나 가정하는 일과 그것을 실제 검토하는 일은 차이를 갖을 수 있다. 그러한 검토는 실증주의의 전략을 거부하는 의미보다는 완성하는 의미를 지닌다고 본다. 원초적이고 이상적인 경험으로서의 직접적 관찰에 대한 논의를 보다 더 복잡하고 다채로운 실험의 수준에서 획득하는 사실의 문제에 대한 논의로 연결지어 다루며 사실과 이론의 문제를 논의하는 것은 그것 자체로 의미를 지닐 것이고, 나아가 전통적 과학철학의 관심사를 버리기 보다는 그것을 계속 살린 채로 확장하는 성격을 갖게 된다고 할 수 있다.

과학철학의 논의에서 관찰이나 실험에 이론이 개입하는 경우, 그 개입이 부정적 결과를 가져오는 것으로 해석되는 경우가 있고 긍정적 효과를 인정하는 형태의 해석이 있다. 사실상 논리경험주의 이후의 과학철학은 이론 개입의 부정적 효과를 보여주는 측면을 강하게 가지고 있다고 볼 수 있는데, 대표적인 경우가 헨슨(Norwood Russell Hanson)의 관찰의 이론 적재성(theory-ladenness of observation) 논제이다. 반면 이론이 실험 과정에서 하는 부정적이기 보다는 적극적 역할에 관심을 두는 것이 이론망의 관점의 주된 의도라고 할 수 있다.

헨슨의 의도는 과학의 실천을 염두에 두면서 실제 관찰이 일어나는 경우, 그 관찰은 관찰자가 갖고 있는 '선 지식'(prior knowledge)으로부터 강력하게 영향을 입는다는 견해를 제시함으로써 이론 중립적인 관찰의 성립 가능성에 대해 비판적인 시각을 제시하는 것이다. 이러한 관점 속에서 헨슨이 주로 강조한 것은 탐구자의 심리학적 측면이라고 할 수 있다. 실제로 그는 형태 전이(Gestalt shift)와 같은 심리학의 개념을 이용해서 관찰 내용은 상이한 선 지식을 지니는 상이한 관찰자에게 상이하게 구성된다고 주장한다.

형태 전이 개념은 시각 반응이 그 반응을 보이는 이가 기존에 어떤 이론과 지식, 혹은 믿음을 지녔느냐에 따라 시각의 형태가 다르게 나타난다는 개념으로, 예를 들어 물새-산양, 노파-아가씨로 보게 되는 장면이 그 유명한 예인데, 이것 아니면 저것으로 관찰 결과가 극단적으로 전이되는 내

용을 담고 있다. 이러한 이론적재성 논제는 뚜렷하게 관찰적 상황에 대한 비판을 향하고 있다. 더 구체적으로는 실증주의적인 중립적인 직접적 감각 지각 보고에 대한 비판으로 제시된 것이었다. 즉 이 주장은 실험 상황을 염두에 둔 것은 아니었으며, 실증주의적 과학관을 비판하는 데 가장 큰 비중을 두고 있었다.

그는 다음과 같이 말한다. “x에 대한 관찰은 x에 대한 선 지식에 의해 형성된다. 관찰에 대한 또다른 영향은 우리가 아는 것을 표현하는 언어나 표기에 의존하며, 이들없이 우리는 지식이로서 인정할 수 있는 것이 거의 없을 것이다.”(Hanson, 1958, 19) 다음의 헨슨의 언급은 이론 구성과 정당화가 실증주의적 방식으로 이루어진다는 데 대해 비판적인 시각을 지니고 있음을 보여준다. “물리 이론은 자료가 그 안에서 이해가능하게 되는 패턴을 제공한다. 물리 이론은 ‘개념적 게슈탈트’(conceptual Gestalt)를 구성한다. 한 이론은 관찰된 현상들로부터 조각조각 함께 짜맞추어진 것은 아니다; 그것은 오히려 현상을 특정한 종류인 것으로, 그리고 다른 현상과 관련된 것으로 관찰하는 일을 가능하게 해준다. 이론은 현상을 체계 속으로 넣는다.”(Hanson, 1958, 90) 모든 관찰에 이론이 실려있다면 관찰은 객관적이고 중립적인 사실이 될 수 없다. 관찰이 이렇게 규정되면, 논리실증주의의 관찰 문장, 혹은 관찰 언어를 중심으로 한 이론정당화 틀은 매우 허약해지는 것으로 볼 수 있게 된다. 헨슨의 이론적재성 논제는 실증주의 과학철학에게 파괴적인 공격 무기가 된다. 이제 사실은 단순히 사실이 아니었고 이론은 단순히 사실에 비춘 정당화를 기다려야 하는 대상이 아니었다.

헨슨의 이러한 견해는 과학 활동이 실증주의적 관찰 개념보다는 더 넓은 차원의 관찰에 근거하여 이루어진다는 점을 지적함으로써, 과학에서 관찰의 역할과 본성에 대한 새로운 시각을 제공한 데에 그 주요한 의의가 있다. 헨슨과 유사하지만 훨씬 더 강한 방식으로 파이어하벤트(Paul K. Feyerabend)는 실증주의자의 이론 정당화주의 즉 논리적 재구성주의를 적나라하게 비판하는 작업을 정력적으로 진행시켰다. 그는 이론다원론을 주장하면서 이론중립적인 관찰 언어는 존재하지 않으며, 따라서 이론적 추구는 관찰 문장에 얽매이는 형태가 아니라 다양하며 다원적이어야한다고 주

장했다. 결국 직접적 관찰이라는 개념은 과학이라는 인식적 작업 속에서 제대로 된 기능을 담당할 수 없다는 것이 그의 입장의 요지라고 할 수 있다.

이와 같은 헨슨의 입장을 포함하여 포스트실증주의자들의 전략은 직접적 관찰에 기초한 실증주의자의 이론정당화 구조를 논파하는 일이었다. 논리실증주의자들은 과학이론은 진술의 집합이며, 이 진술은 직접적 관찰 보고를 담고 있는 관찰 언어 더 구체적으로는 원초문장(protocol sentence)과 연결되어야만 정당화되는 것으로 보았다. 이때 관찰 언어나 원초 문장이 이론중립적인 존재로 여겨졌음은 물론이다. 그런데 헨슨이 이른바 ‘관찰의 이론적재성 논제’를 들고 나와 이론과 독립적인 중립적인 관찰 언어의 존재가능성을 부인했다. 즉 이는 직접적 관찰은 인간에게 단순히 주어지는 것으로 볼 수 없다는 견해였다. 지각 자료가 동일하게 주어지더라도 인식 과정에서 이론을 포함하여 기존에 이미 주어진 관념적 요소가 필수적으로 작용하는 상태에서 판단이 이루어지는 결과로 관찰이 성립하는 만큼, 이론 독립적인 관찰은 존재할 수 없다는 것이 헨슨의 입장이다. 이는 단순히 중립적인 관찰이 성립하느냐 그렇지 않느냐를 넘어서는 중대한 함의를 담고 있음이 곧 밝혀진다. 즉 관찰이 어떤 식으로 일어나느냐 하는 문제는 그 자체로서도 충분한 관심의 대상이었지만, 관찰의 중립성에 대한 논란은 더 심각한 철학적 함의를 갖고 있었던 것이다.

이론과 독립적인 즉, 이론의 영향이나 감염에서 벗어난 중립적인 관찰이 존재하지 않는다면, 과학이라는 기획 전체는 기초없이 건물을 축조하려는 상황과 다름없는 인식적 축조 작업에 지나지 않는다는 결론이 따라 나오게 된다. 즉 관찰 내용이 이미 다른 이론의 의해 감염되어 나타나는 결과라면 이 결과를 가지고 문제가 되고 있는 이론을 정당화할 수 있느냐하는 의문을 갖지 않을 수 없게 된다. 이러한 비판 속에서 논리실증주의자의 이론정당화 기제는 상당히 타격을 받게 되었다.

헨슨의 견해가 관찰에 대한 이론의 영향을 심리학적 차원에 강조점을 두고 제기된 반면, 이론망의 관점은 실험이 안정된 이론과 일상적 경험 법칙에 근거하고 있다는 점에서 두 견해간에는 차이가 있다. 그리고 헨슨이 선 이론의 구성이나 성격에 대해 구체적으로 혹은 뚜렷이 언급하지 않은

반면, 이론망의 관점은 상당히 구체적으로 개입하는 이론의 기능과 성격을 집중적으로 파고 든다. 또한 헨슨의 논제가 관찰에 대한 이론의 영향력 행사를 강조하는 가운데 상대주의적 함축을 지니는 것으로 이해되어 왔다면, 이론망의 관점은 상대주의를 향해 있기보다는 실험 결과의 합리성을 일정한 수준에서 받아들이고 타당화하려는 의도를 띠고 있다는 것이 두 관점의 또다른 주요 대비점이라고 할 수 있다. 헨슨의 논제와 이론망의 관점 모두 이론의 기능에 깊은 관심을 두고 있는 바, 한편 헨슨은 패턴 인식 과정에 이론이 얼마만큼 강력한 힘을 발휘하는가를 보여주는 일에 주안점을 둔다. 다른 한편 이론망의 관점은 직접적 관찰보다는 야기되는 현상 즉 실험 결과를 얻는 과정에서 이론이 하는 기능을 파악하는 일에 관심의 초점을 맞추고 있다. 즉 헨슨은 이론 개입의 불가피성을 바라보고 있고, 또 그가 본 이론의 개입은 부정적인 측면을 상대적으로 많이 가지고 있다면, 혹은 그런 식으로 그의 입장이 주로 해석되어 왔다면, 이론망의 관점은 이론 개입의 긍정적 측면에 상대적인 강조점이 부여되어 있다고 할 수 있을 것이다.

5. 경험론의 정교화와 이론의 개입

과학의 진행을 보면, 경험은 계속 확장되고 있음을 알 수 있다. 새로운 장치와 기법이 잇달아 실험과 관찰에 채용되면서, 과거에는 얻을 수 없었던 새로운 사실이 알려지게 된다. 진공은 자연 상태에서는 접하거나 찾기 어렵지만 공기 펌프를 발명한 이래로 보다 빈번히 진공을 만들 수 있게 되었고, 레이튼 병(Leyden jar)의 개발로 전하를 모을 수 있게 되었으며, 우리의 순수 감각 지각으로 그 존재를 확인하기 어려운 미시적 대상에 대해, 월슨 상자라 그러한 것의 일부의 존재를 확인할 수 있게 되었다. 단순한 직접적 경험으로부터 실험실에서 도구를 매개로 얻는 다양한 경험으로 경험의 의미가 점차로 번져나가고 있다.

현대의 실험 과학은 고전적인 경험론을 연장하는 의미에서의 새로운 경험론의 관점을 제기한다고 본다. 직접적 관찰만이 신뢰할 수 있는 유일한

경험 형태는 아니며 각종의 실험 결과에도 일정한 신뢰성을 부과할 수 있을 것이다. 이제 믿을만한 경험은 직접적 관찰에서 도구를 매개로 얻는 관찰 결과와 실험 결과로까지 이어져 있다고 보아야 할 것이다. 아리스토텔레스의 해양 동물 분류학, 근대의 천문학이 고전적 의미의 경험론에 의해 지지된다면, 제반 도구를 쓰는 근대 이후의 관찰과 실험은 이론망의 관점과 같은 형태의 관점에 의해 지지될 수 있을 것이다. 도구를 쓰는 관찰, 실험에 의해서 얻는 경험적 결과의 신뢰성을 단지 가정하거나 전제하는데에 그치는 것이 아니라, 실제로 그 결과를 얻는 과정을 살펴보고, 그 의미를 추구하며, 그러한 작업을 통해 사실과 과학적 탐구에 대한 기존의 시각에서 더 나아가는 관점을 제공하려는 것이 이론망의 관점의 기본 정신이다. 이론의 개입이라는 관념으로 전통적 경험론을 확장하고 보다 세련된 형태의 경험론 모형을 제시할 수 있다고 본다.

6. 합리화된 합리성

이론망의 관점의 주된 목적은 실험 결과의 인식적 지위를 어떻게 평가해야 하는가를 보여주는 데 있다. 이 관점은 안정된 이론을 바탕으로 산출하는 실험 결과를 유의미한 것으로 받아들이는 입장에 속하는 논변이다. 이론의 개입에 의한 실험 결과의 산출 과정을 추적하여 그 인식적 의미를 파악하는 일이 그 주된 논변 내용을 차지하고 있다. 또한 이러한 논의 결과를 기존의 과학철학 논의에서 이야기되어 온 사실의 문제와 비교하면서 그 인식적 함의를 발굴하고자 했다. 한편 이러한 주요 목적과 더불어 이론망의 관점은 이론 선택과 관련하여 실험의 긍정적 기여를 함축하는 철학적 입장을 옹호하는 측면을 지닌다. 물론 이는 실험 결과를 데카르트적인 또는 토대주의적인 확실성을 갖는 사실로서 보는 입장과는 차이를 갖는다. 하지만 그렇더라도 이론망을 기초로 얻는 실험 결과의 객관성을 인정하는 입장은 예를 들어 논리실증주의의 관찰 문장을 기초로 한 합리성 옹호 입장보다는 상당히 완화된 합리성 또는 개선된 합리성을 옹호하는 것인 만큼, 실험 결과의 인식적 결과를 회의적 시각으로 바라보는 상대주의와는

반대쪽 진영에 서게 된다고 말할 수 있다.

이론망의 관점이 사회구성주의자의 '이해 모형'(interest model)과 어떤 관계를 갖느냐고 질문받게 되면, 자연스럽게 반(反)이해모형 진영에 속한다고 대답할 수 있다. 물론 이론망의 관점은 이론 시험 상황에 국한되는 논의는 아니다. 사실 확인 기능을 포함한 여러 실험과정에서 실험 결과가 실제로 어떻게 산출되고 그 인식적 함의는 무엇인지를 탐구하는 것이 이론망의 관점의 주된 내용을 채우게 될 것이다. 이론망의 관점은 반이해모형 진영에 포함될 것인데, 이는 이론망의 관점의 주요한 수반 효과라고 볼 수 있다.

참고문헌

- Cartwright, Nancy, 1983 *How the Laws of Physics Lie*, Oxford University Press.
- Franklin, Allan, 1986 *The Neglect of Experiment*, Cambridge : Cambridge University Press.
- Hacking, Ian, 1992 "The Self-Vindication of Laboratory Sciences," in Andrew Pickering ed., *Science as Practice and Culture*, Chicago: The University of Chicago Press, pp.29-64.
- Hanson, Norwood Russell, 1962 *Patterns of Discovery: An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Michelson, Albert A. 1881 "The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether," *American Journal of Science*, 3rd ser. 22, pp.120-129.
- Michelson, Albert A. and Morley, Edward W. 1887 "On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether," *American Journal of Science*, 3rd ser. 34, pp.333-345.
- Polanyi, Michael, 1958, *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Ravets, Jerome R., 1971 *Scientific Knowledge and its Social Problems*, New York: Oxford University Press.
- Tipler, Paul A., 1978 *Modern Physics*, New York: Worth Publishing, Inc.

Theory-network and the Significance of Experimental Results

Lee Sang-Won

In this paper, the epistemic significance of experimental results are examined closely in the light of theories intervened in experimentation. I conceptualized the theories that enable experimentations to work as 'theory-network'. Since such theory-network is composed of empirical laws and relatively stabilized theories, they seldom have a foundation that raises epistemic problems. In spite of intervention of theories, we put trust in experimental results in a definite level.