

쿤과 베이즈의 세 번째 만남[†]

여 영 서[‡]

본 논문은 쿤과 베이즈의 세 번째 만남을 주선하여, 첫째, 역사주의와 논리경험주의라는 전혀 다른 두 철학적 입장의 접점을 찾아보려는 쉘먼과 이어만 각각의 시도가 이룩한 성과를 정리하고, 둘째, 호이닝엔의 제안에 따라 과학혁명을 혁명을 일으키는 개별 과학자의 선택으로부터 과학자 사회의 결정에 이르러 완성되는 것으로 설명함으로써, 셋째, 공약불가능성에 근거하여 쿤과 베이즈가 만나지 못할 거라고 주장하는 화마키스의 회의적 평가를 논박한다. 화마키스의 핵심 논거는 국소적 공약불가능성 때문에 경쟁이론 간에는 증거조차 공유하지 못한다는 것이다. 이에 대해 본 논문은 관찰의 이론적재성을 화마키스처럼 강하게 해석한다고 해도 쉘먼이 제시한 (BA)를 응용한 (PBA)에 의해 이론 선택의 매커니즘이 과학혁명의 순간에 과학자 사회의 수준에서 작동할 것이라고 제안한다. (PBA)를 통해 쿤과 베이즈의 만남이 가능함을 보인 후 본 논문에서는 (PBA)가 궁극적으로 개별 과학자의 마음속에서도 작동할 수 있을 것이라는 전망을 제기한다.

【주요어】 쿤, 베이즈, 화마키스, 이어만, 쉘먼

* 접수완료: 2011.05.16 / 심사완료 및 게재확정: 2011.06.07 /

수정완성본 접수: 2011.06.14

† 본 논문은 2006년도 한국연구재단의 지원에 의해 연구되었음. (KRF-2006-332-A0071). 본 논문의 초고는 2011년 4월 한국분석철학회에서 발표된 바 있다. 좋은 논평 및 질문을 주신 이정민 선생님 및 여러 선생님들께 감사드립니다. 따로 초고를 읽고 좋은 지적을 해 주신 박일호 선생님께도 감사드립니다.

‡ 동덕여대

1. 들어가기

쿤과 베이즈는 이미 두 번 만난 적이 있다.¹⁾ 각각 셸먼²⁾과 이어만³⁾의 주선에 의해서였는데, 두 번의 만남은 역사주의와 논리경험주의라는 전혀 다른 두 철학적 입장의 접점을 찾아보려는 시도로 평가받았다. 그런데 최근 화마키스(Farmakis)⁴⁾는 두 사람이 실제로 만났는지 의심스럽다는 부

1) 사실 쿤 자신이 1973년의 한 강연에서 베이즈와의 가상 만남을 시도한다. 이 강연문은 그의 책 *The Essential Tension* (1977)에 “객관성, 가치판단 그리고 이론 선택”이라는 제목으로 출판되었다. 이 논문에 실린 가상 대화에서 쿤은 이론 선택에 대한 자신의 입장을 제시하며 베이즈주의의 입장을 지닌 비판가의 비판으로부터 옹호한다. 본 논문에서는 이렇게 쿤이 설정한 가상 대화를 따로 논의하지 않았으며 그래서 두 번의 만남이라는 셈에서도 제외했다. 본 논문은 논의의 초점을 셸먼의 작업과 이어만의 작업, 그리고 화마키스의 반론에 맞출 것이다.

쿤과 베이즈를 연결하려는 셸먼과 이어만의 시도 중 누구의 시도가 먼저 이루어졌는지에 대해 필자는 아직 확인하지 못했다. 이어만은 자신의 논문을 1990년 5월에 MIT에서 열린 쿤의 작업을 조명하는 학회에서 발표했다. 이어만의 글을 포함하여 그 학회에서 발표된 글을 모은 책 *World Changes*는 1992년에 출간되었고, 또 일부 겹치는 내용이 이어만의 책 *Bayes or Bust?*에 포함되어 1992년에 출판되었다. 한편 셸먼은 자신의 논문을 1983년에 처음 구상하였다고 말한다. 이 논문이 *Scientific Theories*(1990)에 출판되었는데 여기에 실린 글들은 대개 1985년에서 1987년 사이에 미네소타 대학 과학철학 심포지엄에서 발표된 것이라고 한다. 하지만 그 책에는 그 이외의 글들도 포함하고 있다고 한다. 셸먼의 글이 1985년에서 1987년 사이에 발표된 글인지는 확인하지 못했다. 비슷한 내용을 지닌 셸먼의 또 다른 글 역시 1990년 PSA에서 발표되고 1991년에 출판되었다. 흥미롭게도 이어만은 *World Changes*에 실린 그의 글 맨 마지막에 좀 더 유능한 학자가 쿤과 베이즈의 관계를 분석하는 작업을 수행해 주기를 희망한다고 쓴 뒤, 셸먼이 1990년 논문에서 그 작업을 수행했다고 각주를 달고 있다. 그러나 이 정도의 정보로는 셸먼과 이어만의 작업 중 누구의 작업이 먼저 발표된 것인지를 판단하기 어렵다. 출판 날짜로 판단한다면 셸먼이 먼저다. 본 논문에서 어느 만남이 먼저였는지는 중요하지 않다.

2) Salmon (1990)

3) Earman (1992)

4) Farmakis (2008)

정적 평가를 내렸다. 만남의 성과가 기대했던 것에 크게 못 미친다는 것이다. 나아가 화마키스는 공약불가능성 개념에 초점을 맞추며 쿤과 베이즈의 만남이 아예 성립할 수 없다고 주장한다. 본 논문은 쿤과 베이즈의 세 번째 만남을 주선하여 첫째, 앞선 두 번의 만남이 이룩한 성과를 정리하고, 둘째, 과학혁명의 과정을 혁명을 일으키는 개별 과학자의 선택으로부터 시작되어 과학자 사회의 결정에 의해 완성되는 것으로 설명함으로써, 셋째, 공약불가능성에 근거하여 쿤과 베이즈가 만나지 못할 거라고 주장하는 화마키스의 회의적 평가를 논박할 것이다.

2. 베이즈주의

베이즈주의에 대한 이해와 해석은 너무 다양하다. 굿(Good)은 베이즈주의를 구분할 수 있는 11가지의 기준을 제시하며 베이즈주의가 적어도 46656가지로 구분될 수 있다고 주장한 바 있다. 이에 이 글에서 쿤과 베이즈의 만남을 주선함에 있어 베이즈의 입장으로 제시되는 베이즈주의를 간략히 특징짓고자 한다.

먼저 베이즈주의의 핵심이 되는 베이즈 정리를 소개할 필요가 있다. 베이즈 정리는 어떤 종류의 베이즈주의를 표방하더라도 받아들여야만 하는 것으로 베이즈주의의 공통분모에 해당한다. 베이즈 정리는 간결하게 다음처럼 제시할 수 있다.

$$[\text{베이즈 정리 1}] \Pr(H|EK) = \frac{\Pr(H|K)\Pr(E|HK)}{\Pr(E|K)}$$

여기서 \Pr 은 확률함수이다. 이 확률함수는 배경지식 K 를 기반으로 하여 새롭게 얻은 증거 E 및 논의의 대상인 가설 H 에 대한 신뢰의 정도를 확률값으로 부여한다. [베이즈 정리 1]의 등식 왼편에 놓여있는 $\Pr(H|EK)$ 는 사후확률이다. 이는 배경지식과 새로운 증거를 기반으로 한 가설에 대한 신뢰의 정도를 나타낸다. 등식 오른편의 분모인 $\Pr(E|K)$ 는 증

거의 기대치이다. 이것은 배경지식을 근거로 증거가 얼마나 그럴듯한지의 정도를 나타낸다. 증거의 기대치는 확률 총합(total probability)의 정리에 의해 다음처럼 정의할 수 있다.

[확률 총합의 정리]

$$\Pr(E|K) = \Pr(H|K)\Pr(E|HK) + \Pr(\sim H|K)\Pr(E|\sim HK)$$

확률 총합의 정리를 이용하면 [베이즈 정리 1]은 다음처럼 쓸 수 있다.

[베이즈 정리 2]

$$\Pr(H|EK) = \frac{\Pr(H|K)\Pr(E|HK)}{\Pr(H|K)\Pr(E|HK) + \Pr(\sim H|K)\Pr(E|\sim HK)}$$

등식 오른편의 $\Pr(H|K)$ 와 $\Pr(\sim H|K)$ 는 새로운 증거를 습득하지 않은 상태에서 오직 배경지식에 기반할 때 가설에 대해 갖게 되는 신뢰의 정도이다. 둘 모두 사전확률이라 불리는데, 둘의 합은 1이기 때문에 하나를 구하면 다른 하나를 쉽게 계산해 낼 수 있다. [베이즈 정리 2]의 등식 오른편의 $\Pr(E|HK)$ 와 $\Pr(E|\sim HK)$ 는 가능도(likelihood)⁵⁾이다. 이들은 배경지식과 더불어 각각 가설이 참일 때, 그리고 가설이 거짓일 때 증거가 참일 확률을 나타낸다. 앞의 두 사전확률과는 달리 이 두 가능도는 하나의 값으로부터 다른 하나의 값을 추론할 수 없다. 각각 독립적으로 구해야 한다. 따라서 [베이즈 정리 2]에 따를 때, 사후확률은 하나의 사전확률과 두 개의 가능도로부터 계산할 수 있다.⁶⁾ 그리고 사전확률과 사후확률의 비교를 통해 새로운 증거가 논의되는 가설에 어떤 영향을 끼

5) 'likelihood'는 이전에 종종 '우도'로 번역되곤 했으나 새로운 표현이 모색되는 중이다. '가망도', '개연도' 등의 제안이 있으나 학계의 합의가 없는 상태이다. 신중섭 선생님과 이상원 선생님이 번역하신 차머스의 『과학이란 무엇인가?』에서는 가능도로 번역하고 있다. 이 글에서도 일단 '가능도'로 쓰겠다.

6) 베이즈주의에 관한 이와 같은 일반적인 설명은 여러 곳에 제시되어 있다. 여영서 (2003) 및 Salmon (1990) 참조. 이 글에서는 셸먼의 설명을 참조했다.

쳤는지를 판단할 수 있다.⁷⁾

베이즈 정리를 좀 더 현실적으로 적용가능하게 만들기 위해서는 제시된 가설 하나를 놓고 맞거나 틀리는 상황을 따지기 보다는 더 복잡한 상황, 즉 다양한 가설들이 경합하는 상황을 고려해야 한다. 이를 위해 확률 총합의 정리를 가능한 가설들 모두에 대해 적용하면 다음처럼 쓸 수 있다.

$$[\text{베이즈 정리 3}] \Pr(H|EK) = \frac{\Pr(H|K)\Pr(E|HK)}{\sum \Pr(H_j|K)\Pr(E|H_jK)}$$

여기서 H_j 는 서로 배타적이면서도 가능한 가설 모두를 망라한다. 경쟁하는 가설이 H_1 과 H_2 로 둘이라면, 시모니(A. Shimony)가 제시하듯, 둘을 제외하고 앞으로 제시될 수 있지만 아직 나타나지 않은 가설을 모두 포괄하는 것으로 H_3 을 생각할 수 있다. H_3 을 남겨진 모든 가설(catchall hypothesis)⁸⁾이라고 부르는데, 이렇게 H_3 을 포함시킴으로써 H_1 , H_2 그리고 H_3 이 서로 배타적이면서도 가능한 가설 모두를 망라하게 된다.

베이즈 정리와 더불어 베이즈주의를 규정하는 가장 중요한 부분은 확률을 이해하는 방식이다. 특히 사전확률을 어떻게 결정할 것인지에 따라 다양한 입장의 베이즈주의를 구분할 수 있다. 베이즈주의가 주관적이라는 비판에 직면해 객관적 베이즈주의를 내세우는 베이즈주의자들이 많기에 이 부분은 특히 중요한 기준이 된다. 일단 사전확률을 결정하는 데에 확률론의 공리가 제한하고 있는 바처럼 0과 1 사이의 어떤 값도 가능하다는 입장이 있다. 이 입장은 확률을 믿음의 정도로 해석하는 전형적인 베이즈주의의 입장으로, 확률의 부여가 임의적이라는 비판을 받고 있다. 베이즈주의의 개인주의(personalism)라고 불리기도 하는 이 입장은 확률의 부여가 심리적 상태를 반영하는 것이어서 개인의 기분에 따라 그리고 개

⁷⁾ 사전확률과 사후확률의 비교를 통해 가설과 증거 사이의 입증 관계, 반입증 관계, 무관한 관계를 구분할 수 있다. 사전확률과 사후확률의 비교 방식은 여러 가지로 제시되고 있는 상황이다. 입증의 정도를 측정하는 방식에 대한 논의는 다음 논문 여영서 (2010) 참조.

⁸⁾ Shimony (1993).

인의 취향에 따라 사전확률이 달리 결정될 수 있다는 비판에 시달린다. 이와 달리 사전확률이 객관적이고 경험적으로 결정된다는 입장도 있다. 특히 설편이 제시한 객관적 베이즈주의의 입장은 확률을 빈도로 보려는 시도이다. 또 논리학에서 명제의 참, 거짓을 이미 주어진 것으로 보는 것처럼 사전확률의 결정 방식에 대한 논의 자체를 베이즈주의의 논의로부터 독립시키려는 입장이 있을 수 있다. 하우슨(C. Howson)이 이러한 입장에 서 있다.

이 글에서 필자가 제시하는 베이즈주의의 입장은 확률을 믿음의 정도로 해석하되, 사전확률이 임의적이라는 비판에 적극적으로 대응하는 것이다. 즉 사전확률이 0과 1 사이의 어떤 값도 가능하다는 입장이지만 그 확률의 부여가 배경지식 등과 같이 적절한 근거 위에서 이루어지기 때문에 베이즈주의가 주관적이어서 과학의 방법이 되기 어렵다는 비판은 적절하지 않다고 답변하는 것이다. 이것이 확률 부여에 있어 새로운 조건을 덧붙인 것이라면, 즉 사전확률을 결정하는 데에 확률론의 공리를 넘어선 제한이 가해진 것이라면, 소위 조정된 베이즈주의(tempered Bayesianism)라고 불릴 수 있다.⁹⁾ 이 때 논란이 되는 것은 도대체 어떤 조건을 덧붙여 베이즈주의를 조정하고 있는 것인지의 문제이다. 일단 그 조건은 행위자가 사전확률을 기분이나 취향 등에 따라 임의적으로 부여할 수 있는 것은 아니라는 최소한의 합리성으로 이해하고, 그 조건에 대한 구체적 논의는 다른 곳으로 미루려 한다.¹⁰⁾

선택의 의미에 대해서도 언급할 필요가 있다. 베이즈주의는 전통적으로 주어진 각각의 선택지에 대한 확률 분석을 제시할 뿐 선택 또는 수용을 하는 데는 아무런 규칙을 제시하지 않는다.¹¹⁾ 이어만은 이 사실이 쿤의 철학과 베이즈주의를 확실하게 구분짓는 부분이라고 지적한다. 반귀납주

9) 조정된 베이즈주의는 시모니에 의해 처음 논의되었다. Shimony (1993).

10) 사전확률의 주관성 및 객관성 문제에 관해서는 다음 논문 여영서 (2007) 참조.

11) 굿이 제시한 베이즈주의의 구분 기준 중 하나는 효용 개념을 베이즈주의에 어떻게 도입할 것인지의 문제이다. 처음부터 인정할 수도 있고, 제프리스(Jeffreys)처럼 아예 사용하지 않을 수도 있으며, 직관적 확률과 독립적으로 도입하는 방안이 있다고도 한다.

의자인 쿤에게는 확률 분석이 없고 다만 이론 선택 및 수용이 있기 때문이다. 하지만 효용 개념을 인정하고, 베이지주의 결정 이론을 적극적으로 적용한다면, 베이지주의도 단순한 확률 분석을 넘어서서 전통적 의미의 선택과 수용에 대해 언급할 수 있을 것이다. 경쟁이론들에 대해 확률 분석을 한 뒤 선택 및 수용에 대해 아무런 지침을 갖지 않는다는 것이 오히려 어불성설이다. 레비(Levi) 등은 베이지주의에 전통적인 의미에서의 선택 및 수용 개념을 첨가해야 한다는 입장에 서 있다. 효용의 분석 및 선택의 규칙에 대해서는 해결해야 할 문제가 많겠지만 그 문제 때문에 베이지주의의 입장이 한정되는 것으로 볼 필요는 없다. 물론 이러한 종류의 선택 및 수용은 쿤이 의도한 선택 및 수용의 의미와는 다르다. 이어만의 생각은 베이지주의에서의 선택은 기껏해야 실용적이라는 것이다. 선택과 수용의 의미를 실용적으로 해석하는 것은 선택한 이론에 시간과 에너지를 투자해서 그 이론을 정교하게 제시하고, 발전시키고, 귀결들을 끄집어내고, 관찰과 실험 결과들을 검토하겠다는 의미이다. 그러나 쿤에게 선택은, 이어만이 지적하듯이, 신성하고 영원한 인식적 태도이다.¹²⁾ 이에 이어만은 쿤과 베이지가 선택의 의미에서 접점을 찾기 위해서는 쿤의 정상 과학에 대한 설명, 특히 과학혁명과 극단적으로 대비되고 구분되는 정상 과학의 특성을 약화시켜야 한다고 주장한다. 이 글에서는 쿤과 베이지를 연결지는 방안으로 이어만의 제안을 따르되, 쿤의 입장이 어떻게 원래의 핵심적인 내용을 유지하면서 선택 및 수용의 의미를 실용적으로 해석하는 것을 가능하게 하는지에 대한 논의는 차후로 미루고자 한다.

3. 샐먼의 주선

샐먼은 1983년 동부 APA(미국철학자연합) 심포지엄에서 쿤과 험펠이 동일한 단상에 올라 과학의 합리성에 대해 발표하는 모습을 목격한 후, 베이지 정리를 이용하여 쿤과 험펠의 입장을 연결할 생각을 하게 됐다고

¹²⁾ Earman (1992), pp.192-195.

고백한다.¹³⁾ 그 결과 나온 논문이 “과학의 합리성과 객관성 또는 톰 쿤과 톰 베이즈의 만남”(1990)이다. 이후 동일한 주제를 가지고 쓴 논문 “이론 평가: 쿤이 베이즈를 만나다”(1991)에서도 셸먼은 최소한 이론 선택의 문제에 관해서는 역사주의와 논리경험주의가 점점을 지닐 수 있다고 주장했다.

최근 화마키스는 셸먼이 공약불가능성 개념에 대해 아무런 논의를 시도하지 않은 점을 지적하며 셸먼의 방식에 따른 쿤과 베이즈의 만남이 유효했는지에 대해 의구심을 제기했다.¹⁴⁾ 사실 셸먼의 논문으로부터 쿤과 베이즈가 유의미한 접점을 찾았다는 주장을 읽게 되면, 공약불가능성 문제에 대해서는 쿤과 베이즈가 어떻게 조우할 수 있을지를 궁금해 하는 것이 당연하다. 하지만 셸먼이 두 철학적 입장이 모든 측면에서 합의할 수 있다는 것을 주장하려던 것도 아니다. 공약불가능성 문제에 대한 논의가 빠졌다고 하더라도 이론 선택의 문제에 있어 쿤과 베이즈가 어떻게 조우하고 있는지를 밝힌 셸먼의 작업은 충분한 의의를 지닐 수 있다. 셸먼의 작업 내용을 상세히 검토하자.

먼저 셸먼은 쿤이 제시한 이론 선택의 기준이 베이즈 정리를 이용한 입증 개념에 의해 어떻게 적용될 수 있는지를 설명한다. 셸먼이 주목하는 점은 먼저 과학의 실제에서 하나의 가설 또는 이론이 독립적으로 평가 대상이 되는 경우가 드물고, 거의 언제나 가능한 대안 둘 이상 중에서 선택하는 문제라는 것이다.¹⁵⁾ 특히 두 가설간의 선택 문제를 분석함에 있어 셸먼은 베이즈의 정리에서 증거의 기댓값을 고려하지 않아도 되는 다음 공식을 제시한다.

$$(BA) \quad \frac{\Pr(H_1|EK)}{\Pr(H_2|EK)} = \frac{\Pr(H_1|K)\Pr(E|H_1K)}{\Pr(H_2|K)\Pr(E|H_2K)}$$

¹³⁾ Salmon (1990), p.175.

¹⁴⁾ Farmakis (2008), p.42.

¹⁵⁾ Salmon (1990), p.191. 및 Salmon (1991), p.331. 셸먼은 특히 후자의 논문에서 바로 이 점을 논리경험주의자들이 쿤에게서 배워야 할 점이라고 지적한다.

위의 공식 (BA)에서 증거의 기댓값 $\Pr(E | K)$ 를 고려하지 않아도 되는 것은 H_1 이나 H_2 모두에 대해 그 값이 동일하기 때문이다.¹⁶⁾

샐먼은 (BA)가 이론 선택에 관한 베이즈주의의 알고리즘을 제시한다고 말한다.¹⁷⁾ 즉 (BA)의 왼편에 놓인 $\Pr(H_1 | EK)/\Pr(H_2 | EK)$ 의 값이 1보다 크면, H_1 을 H_2 보다 선호하고, 그 값이 0이면 어느 하나를 선호하지 않고, 그 값이 1보다 작으면 H_2 를 H_1 보다 선호한다는 것이다.¹⁸⁾ 샐먼이 (BA)를 알고리즘이라고 부르는 것은 (BA)에 따를 경우 경쟁하는 두 가설 중 하나를 선호하는 판단 방식이 주어진다고 볼 수 있기 때문이다.¹⁹⁾ 하지만 샐먼은 (BA)를 이론 선택의 알고리즘으로 사용한다고 해서 모든 과학자가 동일한 이론을 선호한다는 것을 주장하려는 것은 아니라고 강조한다. 그 이유는 개개 과학자가 독립적으로 사전확률을 평가하기 때문이고, 나아가 과학자는 대개의 경우 하나의 이론을 독립적으로 평가하지 않고 둘 이상의 이론들을 비교하여 평가하기 때문이다.

그러나 이론 선택의 알고리즘을 (BA)로 제시하는 샐먼의 설명은 쿤의 입장과 당장 양립가능하다고 말하기 어렵다. 쿤은 이론 선택의 알고리즘이 없다고 주장하기 때문이다. 이에 샐먼은 쿤과 베이즈의 입장 차이를 해소하는 방안을 제시하기 위해 쿤의 입장을 분석한다. 과연 쿤은 꼭 과학자들이 서로 다른 알고리즘을 사용한다고 주장해야 하는 것인가? 아니

16) (BA)가 남겨진 모든 가설을 고려해야 한다면 가능도를 계산함에 있어 좀 더 복잡한 문제를 낳는다. 이 문제에 대한 논의는 다음 참조. Salmon (1991), pp.328-329.

17) Salmon (1990), p.192.

18) Salmon (1991), p.329. 마찬가지로이지만 다음처럼 설명할 수도 있다. 새로운 증거 E가 제시되기에 앞서 과학자가 H_1 을 H_2 보다 선호하고, 즉 $\Pr(H_1 | K) > \Pr(H_2 | K)$ 이고, 그 후 증거 E를 얻게 되었다고 하자. 이제 증거 E에 의해 행위자가 T_2 를 T_1 보다 선호한다면 그것은 $\Pr(H_2 | EK) > \Pr(H_1 | EK)$ 라는 것이고 오직 그 경우뿐이라는 것이다.

19) (BA)는 확률값의 비교만을 하고 있기에 확률값의 비교로부터 이론 선택에 이르는 또 다른 규칙이 있어야 하는 것이 아닌지에 대해 생각할 수 있다. 그렇다면 (BA)만으로는 이론 선택의 알고리즘이 제시되었다고 말하기 어려울 것이다. 샐먼은 확률값의 비교로부터 이론 선택에 이르는 다른 규칙이 필요하다고 생각하지 못했다.

면 모든 과학자가 확률함수 Pr 의 값으로 유일한, 동일한 값을 부여하지 않는다는 것을 보이면 되는가? 셸먼의 전략은 동일한 알고리즘을 사용하더라도 그 알고리즘을 사용하기 위해 필요로 하는 값들이 개개 과학자마다 서로 다를 경우 확률함수 Pr 의 값으로 서로 다른 값이 나올 것이라는 점을 제시하는 것이다.

(BA)를 이론 선택의 알고리즘으로 사용한다고 하더라도 (BA)에서 필요로 하는 사전확률 $Pr(H_1 | K)$ 및 $Pr(H_2 | K)$ 와 가능도 $Pr(E | H_1K)$ 및 $Pr(E | H_2K)$ 가 개개의 과학자들마다 서로 다를 수 있다. 그 결과 $Pr(H_1 | EK)$ 및 $Pr(H_2 | EK)$ 도 각기 서로 다를 수 있다. 사전확률 및 가능도가 개개 과학자마다 다른 것은 바로 쿤이 제시한 이론 선택의 다섯 가지 기준, 정확성, 일관성, 넓은 적용 범위, 단순성, 다산성 등이 (BA)에 사용되는 사전확률과 가능도를 결정하기 때문이다.²⁰⁾ 여기서 셸먼은 이론 선택의 다섯 가지 기준이 (BA)에 사용되는 사전확률과 가능도를 어떻게 결정하는지에 대해서는 그럴듯함의 논증(plausibility argument)²¹⁾에 의존한다고 할 뿐, 그 논증이 사전확률과 가능도를 어떻게 결정하는지에 대해구체적인 어떤 규칙은 없다고 본다. 이 점에서 셸먼

20) 셸먼은 쿤이 제시한 이론의 다섯 가지 특성, 정확성, 일관성, 넓은 적용 범위, 단순성, 다산성을 각각 정보적 덕목, 입증적 덕목, 경제적 덕목 등의 세 종류로 분류한다. 여기서 셸먼은 이론 선택의 문제에 있어 베이지 정리를 사용하는 것은 이론의 입증적 덕목만을 문제 삼기 때문에 정보적 덕목에 해당하는 넓은 적용 범위와 정보적 덕목 및 경제적 덕목으로 생각할 수 있는 정확성은 베이지주의에서 아무런 역할을 하지 않는 것으로 제외시킨다 (Salmon (1990), p.197.). 셸먼은 이때까지 사전확률의 결정 과정에서만 입증적 덕목인 일관성, 단순성, 다산성이 역할을 한다고 말하고, 가능도의 결정 과정에서 쿤이 제시한 이론의 특성들이 어떤 역할을 하고 있는지에 대해 생각하지 못했다. 하지만 셸먼은 1991년 논문에서 곧 쿤이 제시한 다섯 가지 이론의 특성이 모두 (BA)에 사용되는 사전확률과 가능도를 결정하는데에 역할을 하고 있다는 점을 분명히 한다 (Salmon (1991), p.328.). 화마키스는 셸먼의 논문을 참조하지 못한 것 같다. 화마키스는 셸먼이 베이지 정리를 이론 선택의 과정에서 사용할 때 넓은 적용 범위와 정확성을 배제했다고 지적한다. Farmakis (2008), p.43.

21) Salmon (2005), pp.74-75.

은 쿤의 입장에 가까워질 수 있다고 생각한 것이다.

샐먼은 이론 선택의 문제에 있어 개개 과학자의 독립적 판단이 어떻게 쿤이 제시한 이론의 다섯 가지 특성에 의존하는가를 설명하되, 동시에 베이즈 정리에 근거한 (BA)가 이론 선택의 알고리즘으로 사용될 수 있도록 설명함으로써 쿤과 베이즈의 접점을 찾고자 했다. 만약 쿤의 입장에서 중요한 부분이 만약 확률함수 Pr 의 값으로 과학자들이 서로 다른 값을 제시할 수 있다는 주장 정도라면, 쿤은 샐먼의 설명을 받아들이지 않을 이유가 없다. 특히 쿤이 분명하게 밝히고 있듯이 이론의 특성 다섯 가지는 여러 수준에서 서로 충돌할 수 있다. 샐먼은 그 점이 (BA)에서 충분히 반영된다고 판단한 것이다. 이론의 특성 다섯 가지에 의해 사전확률과 가능도가 달라지기 때문이다. 그리고 사실 쿤은 이 점에 대해 이미 동의한 것으로 보인다. 쿤의 다음과 같은 진술들을 보면 그렇다.

과학자들이 경쟁하는 이론들 중에서 선택해야 하는 경우, 두 사람이 동일한 선택 기준을 받아들인다고 하더라도 다른 결론에 도달할 수 있다.²²⁾

물론 내가 제안하려는 바는 ... 선택의 기준이 선택을 결정하는 규칙으로서가 아니라 선택에 영향을 주는 가치로써 작용한다는 것이다.²³⁾

하지만 쿤은 동시에 ‘알고리즘’이란 용어에 민감하게 반응한다. 쿤의 다음과 같은 진술들을 보면 그렇다.

각 과학자는 $p(T, E)$ 의 값을 계산할 수 있게 하는 베이즈주의의 알고리즘에 의해 경쟁 이론들 사이에서 선택한다 ... 그럼에도 불구하고 나는 개개인의 알고리즘이 궁극적으로 서로 다르다는 주장을 고수한다. 그것은 어떤 계산을 하기 이전에 주관적인 고려에 의해 그 객관적 기준에 대해 결정해야 하기 때문이다. ... 시간의 흐름에 따라 알고리즘 자체가 점점 비슷해진다고 생각할 수 있지만, 이론 선택이 궁극적으로 일치한다고 하는 사실이 알고리즘 자체가 점점 비슷해진다고 생각할 수 있는 증거는 결코 아니다.²⁴⁾

²²⁾ Kuhn (1977), p.324.

²³⁾ Kuhn (1977), p.331.

²⁴⁾ Kuhn (1977), pp.328-329.

샐먼과 쿤의 생각이 어떻게 다른지 비교보자. 샐먼은 개별 과학자가 이론의 특성 다섯 가지에 근거해 사전확률과 가능성 등의 값을 결정하고 난 후 (BA)라는 알고리즘을 통해 이론 선택의 방법을 얻는다고 생각한다. 하지만 쿤은 (BA) 같은 종류만이 알고리즘이 아니라 이론의 특성 다섯 가지가 사전확률과 가능성 등의 값을 결정하는 방식까지를 포함하는 것이 알고리즘이라고 보는 듯 하다. 쿤의 다음과 같은 진술들을 보면 그렇다.

... 각 과학자가 공유하는 기준의 목록을 넘어서서 선택을 하는 개인의 특성을 제시해야 한다. 과학자마다 다른 그 특성을 반영한다고 해서 **과학을 과학적이게 만드는 규범**을 충실히 따르지 못하는 일이 생기면 안 된다. 그 규범이 존재하고 발견 가능해야 하지만 ... 그것만으로는 과학자 개인의 선택을 결정하기에 충분하지 않다. 그런[결정하기에 충분하기 위한] 목적을 위해 공유된 규범은 개인마다 서로 다르게 구현되어야 한다.²⁵⁾

만약 ‘알고리즘’ 개념에 대한 의미 차이 뿐이라면 샐먼과 쿤의 거리는 그렇게 멀지 않다. 무엇보다도 쿤의 입장이 이론 선택의 문제에서 관찰과 논리의 영역을 넘어 설득의 역할을 인정함에도 불구하고 과학의 합리성을 옹호하고자 하는 것일 때, 과학자들이 이론 선택의 결정을 내리는 과정에서 샐먼이 사용하듯이 제한된 의미의 알고리즘을 ‘과학을 과학적이게 만드는 규범’으로써 사용한다는 점을 인정하는 것은 쿤이 옹호하려는 과학의 합리성을 위한 좋은 근거가 될 수 있다. 샐먼이 비록 공약불가능성에 대해 논의하지 않았지만, 쿤과 베이즈의 간극은 적어도 쿤의 정상과학의 시기에 대한 설명에 있어 여러 모로 가까워졌다. 특히 전통적인 목록과 유사한 이론 선택의 특성 다섯 가지를 제시하며 쿤이 자신의 입장에서 이론 선택의 문제에서 과학적 합리성을 옹호할 수 있다고 주장하는 바를 베이즈주의의 입장에서 설명한 것은 분명히 쿤과 베이즈의 만남에 성과가 있었다는 평가를 할 수 있다.

²⁵⁾ Kuhn (1977), pp.324-325. 논자의 삼입 및 강조.

4. 이어만의 주선

이어만은 “카르납, 쿤, 그리고 과학방법론의 철학”이란 글을 1990년 5월에 MIT에서 열린 학회에서 발표했다. 이 학회는 쿤의 작업을 조명하는 것이 목표였고, 이 때 발표된 글들은 이후 *World Changes*(1992)에 출판되었다. 또 이 글의 일부 내용은 “정상과학, 과학혁명, 그리고 모든 것: 토머스 베이즈 대 토머스 쿤”이란 제목으로 자신의 책 *Bayes or Bust?*(1992)의 8장으로 출판된다. 두 편의 글에서 베이즈와 쿤을 조우시킨 이어만은 기본적으로 베이즈주의의 관점에서 쿤이 제시한 과학철학의 문제들을 비판적으로 검토하고, 베이즈주의 관점에서 쿤의 과학혁명을 설명할 수 있는 방안을 모색하였다.

이어만은 쿤의 과학혁명 개념을 베이즈주의에서 새로운 이론의 도입으로 해석할 수 있다는 제안으로 쿤과 베이즈의 접점을 찾는다.²⁶⁾ 새로운 이론이라고 할 때에는 강한 의미와 약한 의미의 두 가지로 구분할 수 있다. 먼저 약한 의미의 새로운 이론은 과학자가 기존의 탐구 영역을 좀 더 꼼꼼하게 검토했다라면 생각해낼 수 있었던 종류의 새로운 이론을 의미한다. 이와는 달리 강한 의미의 새로운 이론은 탐구 영역 자체가 변화했다는 것을 의미한다. 이 때 과학자가 새로운 이론을 미처 생각내지 못한 이유는 여러 가지 가능성을 꼼꼼하게 검토하지 못했기 때문이 아니라 아예 가능성의 영역 자체가 달라졌기 때문이다. 쿤의 과학혁명을 새로운 이론의 도입이라고 할 때 이어만의 의도한 것은 강한 의미의 새로운 이론이 도입되었다는 것을 의미한다.

이 두 가지 의미의 새로운 이론들이 서로 명확하게 구분될 수 있는가? 이어만 자신도 그것이 어려운 문제임을 인정한다.²⁷⁾ 그럼에도 불구하고 이어만은 둘을 명확하게 구분할 수 있다는 가정 아래 자신의 논지를 전개한다. 그것은 강한 의미가 아니라 약한 의미의 새로운 이론이 도입되었다고 전형적인 베이즈주의는 문제에 부딪치게 되기 때문이다. 전형적인 베이즈주의는 모든 가능한 가설에 대해 사전확률을 이미 부여한 확률함

²⁶⁾ Earman (1992), pp.195-196.

²⁷⁾ Earman (1992), p.196.

수를 전제한다. 그 확률함수를 수정하는 것은 새로운 증거가 제시될 경우 뿐이다. 사전확률을 부여받은 각 이론에 대해 새로운 증거의 영향을 조건화 규칙에 의해 반영함으로써 확률함수를 수정하는 것이다. 그런데 사전확률을 부여받지 못한 새로운 이론을 도입할 수 있다고 인정하는 것은 그 새로운 이론이 강한 의미이든 약한 의미이든 상관없이 그 새로운 이론에 사전확률을 새로 부여해야 하는 문제를 낳는다.

이미 고려하고 있는 다양한 가설에 대해 부여된 사전확률의 총합은 이미 1이다. 새로운 이론이 도입될 수 있다는 것을 미리 고려해서 새로 부여할 확률값을 염두에 두면 1의 확률값 중 일부를 남겨두어야 한다. 그러나 얼마만큼을 남겨두어야 하는 것인지 정답이 없다. 새로운 이론이 어떤 것일지 미리 알 수 없기 때문이다. 남겨진 모든 가설을 고려하고 그 남겨진 모든 가설에 대한 사전확률을 할당할 수 있다. 하지만 이 역시 임시방편적일 수밖에 없다. 남겨진 모든 가설이 몇 개가 될지, 어떤 것일지 미리 알 수 없기 때문이다. 사전확률이 임의적으로 배정되는 것이 아니라고 본다면 문제는 더욱 복잡하다. 새로운 이론이 도입될 때 확률함수를 어떻게 수정해야 하는 것인지에 대해서 전형적인 베이즈주의는 마련된 해결절차가 없다.

이어만은 이러한 상황을 간단하게 해결하고자 한다. 그것은 사전확률을 새롭게 부여하기 위해 확률함수 자체를 아예 새 것으로 대체하자는 것이다. 이어만은 이러한 접근 방식이 전형적인 베이즈주의와 다르기 때문에 비베이즈주의적(non-Bayesian)이라고 할 수 있지만, 그렇다고 해서 새로운 확률함수를 제시하려는 시도가 베이즈주의에서 고려하는 사항들을 무시하는 것은 아니라고 지적한다. 사실 확률함수를 바꾸는 문제는 베이즈주의에서 처음에 사전확률을 결정하는 문제와 다르지 않다. 차이점이 있다면, 새로운 이론이 덧붙여졌고, 그에 상응하는 새로운 배경지식의 상태라는 것일 뿐이다.

새로운 이론의 도입으로 인해 새롭게 사전확률을 결정해야 상황에서는, 이어만이 정확하게 지적하듯이, 전통적인 무차별의 원리라든가 아니면 그 현대적 변형이라고 볼 수 있는 제인스(Jaynes)의 엔트로피 최대화의 원리에 따를 수 없다. 그 대안들은 사전확률을 맨 처음 부여하는 방법으로

제시된 것으로 모두 문제 상황에서의 배경지식을 상당히 제한하고 있기 때문이다. 새로운 이론이 도입된 경우의 상황에서는 배경지식을 그렇게 제한할 수 없다. 이어만은 새롭게 사전확률을 결정할 때 어떤 특정한 형식을 갖춘 규칙이 있지 않다고 인정한다. 새롭게 사전확률을 결정하는 것은 쿤이 말하듯이 알고리즘에 따르는 것이 아니어서 증명의 과정이 아니라 설득의 과정이라고 말할 수 있다는 것이다. 하지만 이어만은 그렇다고 해서 그 과정을 비합리적(irrational)이라고 할 수는 없다고 주장한다. 이어만은 그 설득의 과정에서 합리적 이유들이 그럴듯함의 논증(plausibility argument)이라는 형태로 작용하여 새롭게 사전확률을 결정한다는 것이다.

이어만은 그럴듯함의 논증의 달인으로써 아인슈타인을 예로 든다. 이어만에 따르면, 아인슈타인은 유비에 호소하고, 대칭성을 고려하며, 사고실험 및 발견법적 원리들을 잘 사용하여 사전확률의 결정을 도왔다고 한다. 흥미롭게도 이어만은 쉘먼과 달리 사전확률을 결정하는 과정에서 사용되는 그럴듯함의 논증이 쿤이 제시한 좋은 이론의 특성들, 즉 정확성, 일관성, 넓은 적용 범위, 단순성, 다산성 등과 연관을 지닌다고 명확하게 말하지 않는다. 물론 이어만은 그런 연관이 없다고 부정하지도 않았다. 비록 이어만이 제시하는 그럴듯함의 논증에 작용하는 합리적 이유들 속에 쿤이 제시한 좋은 이론의 특성들을 포함시킬 수 있을 것으로 보이지만²⁸⁾ 이어만이 쿤과 베이즈를 이 부분에서까지 연결하는 것에 동의할지의 여부는 명확하지 않다. 화마키스도 이어만이 그러한 연결을 인정하고 있다고 인정하기는 하지만 말이다.²⁹⁾

과학혁명을 새로운 이론의 도입과 동일시하려는 이어만의 시도는 전형적인 베이즈주의에서 생각하지 못했던 새로운 확률함수의 도입을 통해 쿤과 베이즈의 접점을 찾아낸 것이다. 이어만의 제안이 과연 쿤의 공약불

²⁸⁾ 쉘먼은 사전확률의 결정 과정에서 역할을 하는 요소들로 쿤이 제시한 다섯 가지 기준 이외에도 대칭성과 유비를 포함시킨다. 또 쉘먼은 사전확률의 결정 과정에 그럴듯함의 논증이 역할을 한다는 주장을 1970년대부터 해왔는데 이어만이 염두에 둔 그럴듯함의 논증은 쉘먼의 의도와 다르지 않을 것으로 판단된다. Salmon (1990), p.186.

²⁹⁾ Farmakis (2008), p.45.

가능성을 충분히 정확하게 해석하고 있는가의 문제와 상관없이 이어만의 시도는 쿤의 과학혁명의 시기에 대한 설명에 있어서 쿤과 베이지를 연결할 수 있는 접점을 찾아냈다는 점에서 의의가 있다.

5. 화마키스와 공약불가능성

화마키스는 쿤의 공약불가능성을 강하게 해석하든 약하게 해석하든 쿤과 베이지를 연결하려는 시도가 실패할 수밖에 없다고 주장한다. 쿤이 나중에 부정함에도 불구하고, 공약불가능하다는 말을 소통불가능하다는 것을 함축하는 것으로 강하게 읽을 때, 공약불가능한 이론 중 어느 하나에 매여 있다면 소통불가능한 경쟁 이론에 대해 사전확률조차 부여할 수 없다는 것이다. 또 공약불가능하다는 말이 소통불가능성을 함축하지 않는다고 하여 공약불가능성을 약하게 해석하더라도 부분적인 의미총체론(local holism)은 함축하기 때문에, 공약불가능한 이론 중 어느 하나에 매여 있다면 경쟁 이론의 용어인 가능도를 정의할 수 없다는 것이다. 화마키스의 이상과 같은 논증을 상세하게 검토해보자.

먼저 패러다임과 이론을 동일시하여 논의를 진행하는 것은 아무런 문제가 되지 않는다는 점을 확인하고 넘어가자. 사실 쿤의 패러다임 개념은 원래 이론 개념보다 넓은 의미를 지니는 것으로 제시되었다. 쿤은 초기에 패러다임을 구체적인 문제 해결 사례라는 의미로 제시했다. 이는 과학적 탐구의 모범 사례로써 유비추리의 근거가 되었다. 하지만 쿤은 자신의 패러다임 개념이 애매하고 불명료하게 사용되었다는 비판에 따라 이후 패러다임을 전문분야 행렬(disciplinary matrix)과 범례(exemplars)의 두 가지 의미로 구분하여 제시한다. 범례는 패러다임이라는 용어가 너무 다양하고 넓은 의미로 사용되니까 초기에 제시했던 패러다임의 의미를 유지하기 위해 새로 고안한 용어이다. 즉 범례는 구체적인 문제 해결 사례를 뜻하며, 전문분야 행렬의 하나의 요소가 된다. 전문분야 행렬은 패러다임 개념을 넓은 의미로 사용하기 위한 것으로 기호적 일반화, 모형, 가치³⁰⁾, 모범적인 문제 해결 사례 등의 다양한 요소로 구성된다.³¹⁾ 전문분

야 행렬은 곧 관련된 공동체 구성원들이 공유하는 것을 가리킨다.³²⁾ 이처럼 쿤은 특정 전문과학분야의 하나의 이론을 가리키기 위해 패러다임 개념을 도입하지 않았다.

하지만 쿤은 과학혁명의 의미를 확대하여 이론의 변화까지도 포괄하여 설명하고자 했고, 쿤 자신이 패러다임과 이론을 혼동해서 사용하는 경우도 종종 있다. 나아가 이론의 의미가 단지 기호적 일반화가 아니라 보조가설과 초기 조건 등을 모두 포함하는 넓은 의미로 해석되다 보니, 과학혁명을 새로운 이론의 도입으로 해석한다거나 패러다임의 선택 과정에서 좋은 이론의 특성을 기준으로 삼는 것이 허용될 수 있다. 다만 경우에 따라 이론을 더 큰 개념으로서의 패러다임 또는 역사적 전통 등과 구분해야 할 수도 있다. 그 때 이론은 패러다임, 개념 체계 또는 역사적 전통 등의 구성물이다. 맥락상 이론 개념과 이론을 포함한 패러다임 개념을 동시에 사용해야 하는 예외적인 경우를 제외하면 쿤에 관한 논의에서 패러다임 개념 대신 이론 개념으로 사용해도 큰 문제가 없다.

화마키스는 먼저 쿤의 공약불가능성을 강력하게 해석한다. 화마키스는 공약불가능성이 불명료한 측면이 있지만 의미총체론을 함축하는 것으로 본다. 의미총체론은 문장 또는 용어의 의미가 전문과학에서 수용된 명제들과의 상관관계에 의해 결정된다는 것이다. 의미총체론을 아무런 제한없이 순수한 형태 그대로 적용한다고 해보자. 그러면 개념 체계의 일부분의 변화는 결국 개념 체계 전체를 변화시키게 되고, 새로운 개념 체계는 과거의 개념 체계와 아예 양립불가능한 것이 된다. 그 말은 결국 서로 다른 패러다임 아래에 속한 과학자들이 서로 다른 언어를 사용한다는 것이고, 그 결과 의미있는 소통조차 불가능하다는 것을 함축한다. 소통불가능성을 함축하는 강력한 의미의 의미총체론이야말로 공약불가능성을 순수하게 이해한 귀결이라는 것이 화마키스의 생각이다. 또 그렇게 공약불가능성을

30) 호이닝엔은 가치가 전문분야 행렬의 요소이지만 모든 과학자들이 공유하는 부분이 존재하기 때문에 그에 대한 추상적이고 보편적인 기술이 가능하다고 설명한다. 또한 바로 이렇게 공유하는 가치가 존재하기 때문에 과학자 집단이 하나의 공동체를 형성하고 있다고 말할 수 있다. p.148.

31) Hoyningen (1993), p.145.

32) Kuhn (1970), p.175.

이해할 때라야 쿤의 관찰의 이론적재성 문제와도 잘 들어맞는다는 것이다. 후자에 따르면, 모든 관찰문장의 의미는 이론문장을 포함한 전문과학의 명제들과 어떤 상관관계에 놓여 있는냐에 의해 결정되기 때문에 모든 문장은 동등하게 이론적이다. 이렇게 극단적인 형태로 공약불가능성을 이해할 때 바로 [과학혁명의 구조]의 철학적 의미를 명료하게 드러낼 수 있다는 것이다.³³⁾

공약불가능성을 이렇게 강하게 설정해 놓은 후, 화마키스는 쿤과 베이즈주의가 양립할 수 없다는 논증을 매우 간결하게 제시한다. 화마키스는 쿤에 따를 때, 베이즈주의 행위자가 경쟁하는 과학적 전통 중 하나에 속해 있어야만 하고, 그런 전체 아래 양립불가능한 경쟁이론 중 하나를 선택해야 하는 문제에 부딪치게 된다고 설명한다. 베이즈주의 행위자는 어떤 형태의 베이즈 정리를 사용하는 상관없이 자신이 속해 있는 과학적 전통에서 제시하고 있는 이론에 대해서는 완벽하게 정의된 사전확률을 부여할 수 있다. 하지만 경쟁하는 과학적 전통에서 제시하는 이론에 대해서는 그렇지 못하다. 그 이유는 공약불가능성이 소통불가능성까지 함축하기 때문이다. 하나의 과학적 전통에 속해 있는 베이즈주의 행위자는 소통불가능한 다른 과학적 전통의 경쟁이론을 이해할 수 없다. 이해할 수 없는 이론에 대해 베이즈주의 행위자는 0의 사전확률조차 부여할 수 없다는 것이다. 따라서 쿤의 공약불가능성을 엄밀한 의미의 의미총체론을 함축하는 것으로 강하게 읽으면 쿤과 베이즈의 접점은 찾을 수 없다는 것이 화마키스의 결론이다.

그렇다면 쿤의 공약불가능성은 과연 엄밀한 의미의 의미총체론을 함축하는 것인가? 화마키스도 공약불가능성을 앞에서처럼 강하게 해석하는 것에 대해 쿤이 동의하지 않는다는 점, 특히 그렇게 순수하고 조건없는 의미총체론을 쿤이 의도하지 않았다는 점을 인정한다. 화마키스도 쿤이 단지 의도가 그렇지 않았다는 것을 넘어서서 그런 의도를 지니지 않았음을 살필 수 있는 구절들을 이미 [과학혁명의 구조]에서 찾아낼 수 있다는 점을 인정한다. 쿤은 “최소한 과학의 언어에서 사용하는 많은 지칭 용어들은 매순간마다 차례차례 배우거나 정의될 수 있는 것이 아니라 한꺼번

33) Farmakis (2008), p.48.

에 배워야만 하는 것”³⁴⁾이라는 국소적인 의미총체론을 수용한다. 화마키스는 [과학혁명의 구조]는 엄밀한 의미의 의미총체론을 주장하는 것으로 읽는 것이 가장 일관적이라고 생각하지만, 국소적인 의미총체론이라는 약한 의미의 공약불가능성을 주장하는 것으로 전제하더라도 쿤과 베이지의 접점은 역시 찾을 수 없다고 주장함으로써 쿤의 공약불가능성의 정확한 의미에 대한 논의를 피한다.

약한 의미의 공약불가능성은 의미총체론을 국소적인 것으로 제한함으로써 인해 양립불가능한 이론들간의, 적어도 부분적인, 소통가능성을 인정하는 것이다. 이로써, 화마키스가 인정하듯이, 베이지주의 행위자는 경쟁하는 과학적 전통에서 제시하는 이론에 대해 사전확률을 부여할 수 있는 가능성을 가진다. 강한 의미의 공약불가능성을 전제할 때 공약불가능한 경쟁이론에 대해 사전확률을 아예 부여할 수 없다고 한 것에 비하면 베이지주의의 입장에서는 일단 하나의 탈출구를 확보한 것이다. 그러나 화마키스가 주장하고자 하는 것은 그렇게 사전확률을 정의할 수 있다고 하더라도 그 값은 편향되었을 것이기 때문에 결국 편향된 결과를 낳을 것이라는 비판이다. 자신이 속해 있는 과학적 전통에서 제시되고 있는 이론에 대해서는 사전확률을 높은 값으로 부여하겠지만 경쟁하는 과학적 전통에서 제시되는 이론에 대해서는 그렇지 않을 것이라는 지적이다. 그리고 그 결과 베이지 정리를 이용하더라도 이론 선택은 편향된 값에 의해 결정된다는 것이다. 화마키스의 이러한 우려는 베이지주의에서 걱정할 바가 아니다. 일단 사전확률만 정의되면 추가적인 증거의 작용에 의해 이론 선택이 결국 올바른 값에 근거하게 될 것이기 때문이다. 화마키스의 비판을 좀 더 따라가 보자.

화마키스는 이러한 난제가 결국 증거의 개념에 문제가 있기 때문이라고 주장한다. 두 경쟁이론을 지지하는 서로 다른 두 과학자간 의사소통이 가능하고, 상대방의 이론, 즉 경쟁이론에 대해서도 사전확률을 정의할 수 있다고 가정하더라도, 화마키스에 따르면, 증거를 공유하지는 않는다는 것이다. 화마키스는 베이지주의가 동일한 증거를 출발점으로 삼는다고 지적한다. 즉 동일한 증거에 기초하여 이론 각각의 사후확률을 조건화 규칙에

³⁴⁾ Kuhn (2000), p.211.

의해 계산해내고 그 결과를 비교하여 두 이론 중 하나를 선택한다는 것이다. 그렇지만 두 이론이 국소적으로라도 공약불가능하다면, 두 이론 모두에 대해 동일한 증거라고 하는 관찰 현상 또는 실험 결과는 서로 달리 해석될 것이고 서로 다른 의미를 지닐 것이기 때문에, 베이즈주의의 출발점인 동일한 증거 자체가 없다는 것이다.

국소적인 의미충체론을 인정할 때 경쟁하는 두 이론도 경우에 따라서는 동일한 증거를 가질 수 있다는 점을 화마키스는 인정한다. 하지만 화마키스는 과학혁명의 과정에서 증거로 채택되고 논의되는 대부분의 것은 그렇지 않다고 주장한다. 하나의 이론에서는 중요한 여러 관찰 및 실험 결과들이 다른 하나의 이론에서는 무의미한 경우가 대부분이라는 것이다. 이 점을 화마키스는 다음처럼 쓰고 있다.

... 비록 우리의 행위자는 자신의 과학적 전통에 따른 이론 T_1 에 따를 때 증거의 가능성도[즉 $\Pr(E | T_1K)$]를 잘 정의할 수 있지만, 자신의 이론과 **반대되는 그리고 공약불가능한** 이론 T_2 에 따를 때에도 증거의 가능성도[즉 $\Pr(E | T_2K)$]를 잘 정의할 수 있을 거라는 것은 말이 되지 않는다. 그 이유는 E 가 그 행위자에게 T_2 를 위한 **가능한** 증거로서조차도 받아들여지지 않기 때문이다. 다시 말해 E 는 T_2 를 **위해서는 무의미**하다.³⁵⁾

화마키스가 강조하고자 하는 점은 모든 경쟁하는 이론 사이에서도 동일한 증거에 대해 논의할 수 있어야 하는 베이즈주의와 달리 공약불가능한 이론끼리는 동일한 증거를 지니지 못한다는 쿤의 관찰의 이론적재성 논제에 대한 강한 해석이다. 경쟁 이론을 아예 이해할 수 없다는 입장에서 경쟁 이론과 소통할 수는 있다고 약화시킨 국소적 공약불가능성의 개념조차도 주요 증거는 공약불가능한 이론 사이에서는 동일하게 수용되지 않는다는 점에서 여전히 쿤과 베이즈를 결합시키는 데에 결정적인 장애물이 존재한다고 결론짓는 것이다.

이제 화마키스의 논증을 논박하기 위해 쿤이 제시한 과학혁명의 본 모

³⁵⁾ Farmankis (2008), p.51. 삽입 및 강조는 원저자의 것. 기호는 본 논문의 형식으로 바꿈.

습을 지적하고자 한다. 특히 과학혁명은 과학자 집단에 의해 이루어지는 것이지 어느 한 개별 과학자에 의해 이뤄지는 것이 아니고 또 어느 한 순간에 이뤄지는 것도 아니기 때문에, 더군다나 공약불가능한 이론 중 어느 하나에 매여 있는 것도 서로간의 소통불가능성을 부정하지 않는 것이 분명하다면, 심각한 이상현상이 반복적으로 발생하여 패러다임이 과학자들을 구속하는 힘이 약화된 상황이 과학혁명기이다. 그리고 과학혁명기의 과학자들은 자신의 패러다임과 경쟁하는 이론에 대해 고려할 수 있고, 경쟁이론의 사전확률 및 가능도 역시 정의할 수 있을 것이라고 주장할 것이다.

6. 과학혁명: 개별 과학자와 과학자 사회

과학혁명에 관한 쿤의 다음과 같은 설명을 보자.

“하나의 패러다임을 거부하기로 결정하는 것은 언제나 다른 패러다임을 수용하기로 결정하는 것과 동시에 일어난다. 그와 같은 결정을 이끌어내기 위해서는 두 패러다임을 자연과 비교할 뿐만 아니라 서로 간에 비교해야 한다.”³⁶⁾

위의 인용에서 쿤은 두 경쟁하는 패러다임을 서로 비교하는 것이 가능하다고 밝혔다.³⁷⁾ 화마키스는 쿤의 이 문장이 쿤 자신의 원래 의도, 공약불가능성을 강하게 해석하려던 본래 의도를 드러내지 못한다고 주장할 수 있다. 그렇다면 가정해보자. 쿤의 위의 인용에서 논자가 주목하고자 하는 부분은 패러다임을 거부하고 수용하는 주체가 누구인가 하는 것과 두 패러다임을 비교하는 주체가 누구인가 하는 문제이다. 과학혁명에 관한 쿤의 생각을 설명할 때 과학자 사회와 개별 과학자를 명확하게 구분

³⁶⁾ Kuhn (1970), p.77.

³⁷⁾ 이와 같은 쿤의 진술을 무시하고 공약불가능성을 꼭 더 강하게 소통불가능성을 함의하는 것으로 이해해야만 쿤의 입장이 철학적으로 유의미하다는 화마키스의 주장에 대해서는 좀 더 상세한 논의를 필요로 한다.

하지 않는다면 커다란 오해가 생길 수 있다. 둘 사이의 관계는 개별 과학자가 비록 과학혁명을 일으킬 수 있지만 과학자 사회에서 결정한 패러다임의 지배를 받는다는 점에서 드러난다. 개별 과학자는 과학자 사회의 구성원으로써 과학자 사회의 결정에 영향력을 행사할 수 있다. 그러나 개별 과학자의 선택과 결정이 과학자 사회의 선택 및 결정과 언제나 일치하는 것은 아니다. 이상과 같은 과학자 집단과 개별 과학자의 구분을 염두에 두고 호이닝엔이 구분한 다음 세 가지 질문을 검토하자.³⁸⁾

호이닝엔은 쿤이 제시하는 이론 선택의 과정 및 근거를 올바르게 이해하기 위해 먼저 다음과 같이 질문한다. 새로운 이론을 제일 처음 제안하고 지지하는 과학자들은 어떤 이유를 가지고 그렇게 하는가? 과거의 이론이 위기에 봉착했기 때문이라는 간단한 답변이 가능하다. 과거의 이론은 문제 해결의 능력이 증명된 바 있고, 그에 따라 분명히 새로운 이론보다 우위에 있다. 다만 일부 과학자들이 나타나 과거의 이론은 심각한 이상현상(anomaly)을 더 이상 해결할 능력이 없다고 판단한 것일 뿐이다. 그런 과학자들 중 누군가가 새로운 이론을 처음 제안했을 때 과학자 사회에서 그 새로운 이론에 대한 관심은 호의적이지 않을 가능성이 높다. 제안된 새로운 이론은 과거의 이론이 부딪친 심각한 이상현상을 잘 해결하는 것도 아닐 수 있다. 따라서 소수의 개별 과학자들이 새로운 이론을 선택하여 연구하기로 결정하는 근거는 적어도 제일 처음에는 막연한 기대일 뿐이다. 막연한 기대라고 해서 무조건 임의적이고 비합리적이라고 말할 수 있는 것은 아니다. 새로운 이론을 창안하고 선택한 근거는 일단 과거의 이론이 실패했다는 판단에서 출발했기 때문이다. 그 판단에는 반복된 이상현상이라는 어느 정도 믿을만한 근거를 지닌다고 볼 수 있다. 그렇다고 그 근거가 궁극적으로 옳은 것일 필요도 없다. 새로운 이론의 성공 여부를 이 단계에서 미리 알 수 없기 때문이다. 이제 처음 제안한 단계이기 때문에 새로운 이론이 반복된 이상현상을 어떻게 해결할 지에 대해 아무런 방안도 제시하지 못하는 상황일 수 있다.

둘째, 새로운 이론으로 작업하면서 소수의 개별 과학자들은 어떤 종류의 근거들을 생성해 냈는가? 그러한 근거들은 결국 더 많은 과학자들이

³⁸⁾ Hoyningen (1993), p.239.

새로운 이론을 채택하도록 유도하는 것이라고 할 때 말이다. 호이닝엔은 그러한 근거들을 두 가지 종류를 구분한다. 한 가지 종류는 더 많은 문제를 더 정교하게 해결하고 있는지를 평가하는 문제 해결 능력이다. 문제 해결 능력을 갖췄다면 기본적으로 과거의 이론이 해결하지 못했던 심각한 이상현상을 새로운 이론은 정교하게 해결한다는 점을 보여야 한다. 또 과거의 이론만큼은 아니더라도 꽤 많은 문제를 해결한다는 점을 제시해야 한다. 마지막으로 과거의 이론이 예상하지 못했던 현상을 예측해야 한다. 이상의 문제 해결 능력을 갖추어야만 새로운 이론은 더 많은 과학자들을 유도할 수 있다. 그러나 그것만으로는 부족하다. 그래서 필요한 다른 한 가지는 ‘좀 더 주관적이고 심미적 고려’³⁹⁾이다. 바로 이 두 번째 종류의 고려 사항이 더 많은 과학자들을 새로운 이론으로 유도하는 데에 중요한 역할을 한다. 그것은 문제 해결 능력만을 평가할 때에는 과거의 이론이 새로운 이론보다 더 좋은 평가를 받을 것이기 때문이다. 새로운 이론이 과거의 이론보다 문제 해결 능력이 미래에는 더 생산적일 것이라고 기대할 수 있는 근거는 결국 이론의 심미적 특성 등과 같은 것에서 나오는 것이다. 이상과 같은 판단의 주체는 개별 과학자이다. 개별 과학자가 새로운 이론을 선택해서 연구한다. 그러한 연구 결과로 새로운 이론의 문제 해결 능력을 보여주게 되고, 나아가 새로운 이론의 심미적 특성 등도 드러나게 된다. 그러한 근거들이 다시 더 많은 과학자들을 새로운 이론으로 유도하게 된다.⁴⁰⁾

마지막 질문은 다음과 같다. 과학자 집단이 이론을 선택함에 있어 결정

³⁹⁾ Kuhn (1970), p.156.

⁴⁰⁾ 이 두 번째 단계에 새로운 패러다임이 형성된 것으로 볼 것인지 아닌지는 논란의 소지가 있다. 한 과학자 사회에는 하나의 패러다임이 존재한다는 점에서 보면 이 두 번째 단계에 새로운 패러다임은 없다. 다만 새로운 이론이 존재할 뿐이다. 하지만 하나의 과학자 사회가 둘로 나뉘어 경쟁하는 상황으로 분석한다면 이 두 번째 단계는 두 개의 패러다임이 존재하는 것이고 새로운 이론이 얼마만큼의 지지 세력을 끌어 모았느냐에 의해 새로운 패러다임의 성립 여부를 판단해야 한다. 쿤은 초기에 과학자 사회의 완전한 합의를 강조하여 하나의 과학자 사회가 둘로 쪼개지는 것에 대해 적극적이지 않았으나 이후 그런 강한 입장에서 후퇴해 두 패러다임이 동시에 존재하는 것을 인정한다.

적인 역할을 하는 근거는 무엇인가? 쿤은 이 마지막 세 번째 질문을 앞의 두 질문과 분명하게 구분해야 한다고 강조한다.⁴¹⁾ 쿤의 그와 같은 강조의 이유는 아마도 판단 주체가 더 이상 개별 과학자가 아니라 과학자 집단이라는 것을 강조해야 하기 때문이다. 무엇보다 중요한 점은 과학자 집단이 이론 선택을 할 때의 기준과 개별 과학자가 이론 선택을 할 때의 기준이 다르다는 것이다. 개별 과학자의 경우와는 달리 과학자 집단은 더 이상 이론의 심미적 특성과 같은 주관적 근거들을 기준으로 삼지 않는다. 호이닝엔은 쿤이 이 점을 아주 분명하게 제시했다며 다음과 같은 쿤의 말을 인용한다. “[개인에게 이론의 심미적 측면 등을 제시하는 것은] 궁극적으로 어떤 신비한 심미적 측면을 통해 새로운 패러다임이 승리한다는 것을 말하고자 함이 아니다. 반대로 그러한 이유만을 들어 이론을 포기하는 사람은 거의 없다.”⁴²⁾ 그 대신 과학자 집단의 이론 선택에서 결정적인 역할을 하는 기준은 문제 해결 능력이라는 것이다. 문제 해결 능력만으로도 새로운 이론이 과거의 이론보다 우위에 있다는 평가가 있을 때 전체 과학자 집단은 새로운 이론을 선택하기로 결정하는 것이고, 그러한 결정이야말로 새로운 정상과학의 출발점이 되는 것이다.

이상과 같은 세 가지 질문은 이론 선택의 과정 및 근거를 잘 드러내면서 동시에 과학혁명이 어떤 과정을 거쳐 진행되는 것인지를 설명하고 있다. 심각한 이상현상의 반복과 새로운 이론의 출현 단계를 거쳐 새로운 이론을 지지하는 과학자가 점점 늘어가는 단계, 그리고 결국 과학자 사회의 결정에 의해 새로운 정상과학의 시기로 진입하게 되는 과학혁명의 완성 단계로 마무리된다. 이처럼 과학혁명은 분명히 어느 한 순간에 이루어질 수 있는 것이 아니다. 특히 개별 과학자의 선택과 연구 단계는 과학자 사회의 결정 단계로부터 분명하게 구분된다. 과학자 사회는 새로운 정상과학의 탄생을 알리는 과학혁명을 결정한다.

앞의 인용에서 첫 문장 즉 “하나의 패러다임을 거부하기로 결정하는 것은 언제나 다른 패러다임을 수용하기로 결정하는 것과 동시에 일어난다.”를 문자 그대로 해석하면, 화마키스의 논증에서 주목해야 할 첫 번째

41) Hoyningen (1993), p.239.

42) Kuhn (1970), p.158. 다음에서 재인용. Hoyningen (1993), p.242.

전제가 나온다. 베이즈주의 행위자가 경쟁하는 패러다임 중 하나에 꼭 속해 있어야만 한다는 것이다.

기존의 패러다임이 위기에 봉착하면, 과학자는 기존의 패러다임에서 제시된 이론을 ‘신입하지 않게 되고 대안을 고려하게 되는’⁴³⁾ 상황에 이르게 된다. 하지만 이런 상황에서도 과학자들은 여전히 기존의 패러다임에 따라 연구한다. 기존의 패러다임에 문제가 있다고 느끼고 새로운 이론을 추구하는 과학자라고 하더라도 새로운 패러다임이 성립하기 이전에는 기존의 패러다임을 버리고서 연구하는 것이 가능하지 않다. 새로운 이론은 기존의 패러다임을 무너뜨릴 수 있지만 새로운 패러다임을 형성하기 이전에는 여전히 기존의 패러다임 속에서 연구되는 것이다. 쿤이 말하듯이 자연을 조망할 수 있는 패러다임이 한번 세워지고 나면 아무런 패러다임도 없는 상태에서의 연구는 더 이상 없기 때문이다.⁴⁴⁾

이 점을 과학자 사회의 수준과 개별 과학자 수준을 구분해 정리해보자. 과학자 사회는 언제나 하나의 패러다임을 지니고 있다. 개별 과학자 역시 언제나 하나의 패러다임 속에서 연구한다. 따라서 화마키스의 전제, 즉 베이즈주의 행위자는 경쟁하는 패러다임 중 하나에 속해 있어야만 한다는 것은 옳다. 그러나 개별 과학자가 하나의 과학적 전통에 속해 있다는 것은 결국 과학자 사회가 결정한 사항이다. 그렇다고 해서 어느 개별 과학자도 그 과학적 전통을 무너뜨릴 수 있는 이론을 선택하여 연구할 수 없다고 말할 수는 없다. 그렇지만 그러한 새로운 이론을 선택하여 연구하는 개별 과학자는 여전히 연구 방법이나 평가 기준 등에 있어 많은 부분들을 과거의 과학적 전통에서 가져온다. 그렇다면 자신이 속한 과학적 전통을 무너뜨릴 수도 있는 이론, 즉 경쟁하는 과학적 전통의 이론에 대해 사전확률을 부여할 수 있을 것이다. 과거의 과학적 전통에 속해 있는 과학자가 많다고 하더라도 심각한 이상현상을 경험하고 있는 위기의 상황에 놓인 소수의 과학자는 새로운 경쟁 이론을 창안하고 지지할 수 있다. 그러한 소수의 과학자는 과거의 과학적 전통에 속해 있지만 새로운 경쟁 이론에 대해 사전확률을 부여할 수 있는 것이다. 그렇기 때문에 적어도

⁴³⁾ Kuhn (1970), p.77.

⁴⁴⁾ Kuhn (1970), p.79. 다음에서 재인용. Hoyningen (1993), p.238.

새로운 경쟁 이론을 창안하고 지지하는 과학자들이 새로운 경쟁 이론에 부여하는 사전확률은 극단적으로 편향된 값이 아닐 수 있다.

과학혁명은 순식간에 일어나는 일이 아니다. 기존의 과학적 전통을 무너뜨리는 데에는 많은 시간이 필요하다. 새로운 경쟁 이론이 생성되어야 하고 또 새로운 이론을 옹호하고 연구할 지지자도 구해야 한다. 그 시간 동안에 과학자 사회는 여전히 과거의 과학적 전통에 속해 있다. 하지만 그 과학자 사회의 일원이더라도 개별 과학자는 과거의 과학적 전통을 무너뜨릴 수 있는 경쟁 이론을 선택하여 연구할 수 있다.

혹 과거의 과학적 전통을 무너뜨릴 수 있는 경쟁 이론을 선택하여 연구하는 개별 과학자는 이미 기존의 과학적 전통에서 벗어나 있는 것이라고 주장할 수도 있다. 그 경우 아무런 과학적 전통에 속해 있지 않을 수는 없기 때문에 그 과학자는 벌써 새로운 과학적 전통을 형성한 것이라고 봐야 할까? 적어도 새로운 이론을 처음 창안하고 연구를 시작한 단계에서는 그렇게 볼 수 없다. 그렇기에 혁명을 처음 일으키는 사람은 이전의 패러다임에 누구보다도 긴밀하게 연결되어 있다. 코페르니쿠스가 여전히 프톨레마이우스의 전통 안에 속해 있다고 볼 수도 있는 것이 바로 그런 이유 때문이다. 나아가 여러 과학자들이 새로운 이론을 믿고 연구하기 시작한 상황에서도 마찬가지이다. 여전히 그 과학자들은 기존의 과학적 전통에서 제시한 방법과 평가 기준 등에 의존할 것이다. 따라서 베이즈주의 행위자는 다른 과학적 전통의 경쟁 이론에 대해 0의 사전확률조차 부여할 수 없다는 화마키스의 주장은 쿤의 공약불가능성을 추상적으로 이해한 결과라고 할 수 있다.

7. 국소적 공약불가능성과 증거

공약불가능성을 국소적으로 해석하더라도 쿤과 베이즈의 만남이 성립할 수 없다고 주장하는 화마키스는 결국 경쟁하는 이론들이 동일한 증거를 동일하게 사용하지 못하기 때문이라는 근거를 제시한다. 두 이론이 국소적으로라도 공약불가능하다면, 동일한 증거가 각각의 이론에서 달리 해

석될 것이고, 그 결과 동일한 현상을 놓고서도 각각의 이론에서는 서로 다른 의미를 지닌, 서로 다른 증거로 판단된다는 것이다. 화마키스는 특히 과학혁명의 과정에서 증거로 채택되고 논의되는 것은 모두 이렇게 서로 공유할 수 없는 증거라고 주장한다. 그 결과 어느 하나의 패러다임에 매여 있는 과학자는 경쟁이론의 가능도를 결정할 수 없고, 따라서 베이지주의 방법으로는 증거에 근거한 이론 선택이 가능하지 않다는 것이 화마키스의 결론이다. 화마키스는 결국 관찰의 이론적재성 문제가 베이지주의 방법에서 필요로 하는 증거 개념과 양립할 수 없기 때문에 쿤과 베이지를 연결하려는 시도는 실패한다고 주장하는 것이다.

사실 이어만도 관찰의 문제에 있어 쿤과 베이지가 양립하기 어렵다고 언급한다. 베이지주의의 시각에서 볼 때, 관찰의 이론적재성 문제를 강하게 해석하는 것에 동의하기 어렵다는 것이다. 이어만은 베이지주의 인식론을 옹호하고자 한다면, 양립불가능한 이론을 지지하는 과학자라고 하더라도 같은 현상에 대해 서로 다른 것을 보고 있다고 말하는 것에 대해 강력하게 대응할 필요가 있다고 지적한다.⁴⁵⁾ 하지만 이어만은 쿤과 베이지를 연결하려는 시도에서 필요로 하는 것은 관찰의 이론적재성 문제가 아예 틀렸다는 강한 평가가 아니기 때문에 전략적으로 좀 더 약한 주장, 즉 과학혁명의 시기에도 물리과학에서는 원칙적으로 언제나 중립적인 관찰 근거를 찾을 수 있다는 주장이라며 이 주장에 대해 검토한다. 이어만은 이 주장이 쿤이 말하는 공통언어의 존재를 주장하는 것은 아니라고 밝힌다. 예를 들어 뉴턴주의자와 아인슈타인주의자가 동시에 어떤 문제가 유의미한 문제인지에 대해 동의할 수 있는지를 보여주는 언어가 존재한다는 주장은 아니라는 것이다.⁴⁶⁾ 이어만은 프랭클린(A. Franklin)이 중립적인 관찰 근거와 관련해 좋은 사례를 제시했으며, 탄성충돌의 경우 흠여지는 입자의 각도를 측정하는 절차에 대해 뉴턴주의자와 아인슈타인주의자가 합의할 수 있다는 사실을 지적한다. 여기서 뉴턴주의자와 아인슈타인주의자는 서로 다른 예측을 할 뿐이라는 것이다.⁴⁷⁾

⁴⁵⁾ Earman (1992), p.190.

⁴⁶⁾ Earman (1992), p.191.

⁴⁷⁾ Earman (1992), p.189.

화마키스와 이어만은 과학혁명의 시기에 중립적인 관찰 근거를 찾을 수 있는지 없는지의 문제에 대해 정반대의 입장에 있다. 화마키스는 국소적 공약불가능성을 전제하기 때문에 과학혁명기의 주요 증거에 대해서는 중립적인 관찰 근거를 절대 찾을 수 없다고 주장한다. 이와는 달리 이어만은 국소적 공약불가능성을 전제하더라도 이론 선택과 입증을 위해 필요한 정도의 중립적인 관찰 근거는 과학혁명의 시기에도 원칙적으로 찾을 수 있다는 것이다. 둘 사이의 이런 입장 차이를 해결하기 위해서는 과학사에서 과학혁명의 시기를 검토한 후 중립적인 관찰 근거가 존재하는지의 여부를 따져보아야 할 것이다. 하지만 그렇게 해도 쉽게 결론이 나지 않을 문제이다. 원칙적으로 무엇을 찾을 수 있다는 주장을 평가하기란 매우 어렵기 때문이다. 양편이 동의할만한 만족스러운 결론이 나오지는 쉽지 않을 것이다.

그렇다면 관찰의 이론적재성 논제를 받아들이면서도 베이즈주의 인식론을 옹호하는 방안이 있는지를 따져볼 수 있다. 과연 화마키스가 주장하듯이 증거에 근거한 이론 선택이 아예 가능하지 않게 되는가? 앞에서 정리했듯이 화마키스는 $\Pr(E \mid T_1K)$ 가 정의가능하다고 할 때, $\Pr(E \mid T_2K)$ 는 정의조차 가능하지 않다고 비판한다. 확률함수 \Pr 을 지니고 있는 행위자에게 T_2 의 입장은 이제 소통가능한 이론이지만, T_2 를 고려할 수 있다고 해도 E 는 T_1 을 고려할 때처럼 해석될 뿐, 예를 들어 E^* 로 파악할 수 없다는 비판이다. 화마키스가 볼 때, T_2 를 옹호하는 과학자에게는 E^* 만 유의미한 증거이고, T_1 을 옹호하는 과학자에게는 E 만 유의미한 증거이다. $\Pr(E \mid T_1K)$ 가 정의가능하다고 할 때, $\Pr(T_2 \mid K)$ 는 정의가능하다고 하더라도 $\Pr(E \mid T_2K)$ 는 정의불가능하다는 것이다.

화마키스의 의도는 국소적 공약불가능성에 충실하고자 하는 것인데, 잘 생각해보면 경쟁이론 T_2 는 고려할 수 있지만 경쟁이론을 지지하는 증거 E^* 를 파악할 수 없다고 주장하는 것이 과연 그럴듯한지 의심스럽다. 화마키스가 의존하는 논제가 바로 관찰의 이론적재성인데, 그 말은 곧 E^* 가 의존하는 이론이 T_2 라는 것이다. 그런데 T_2 는 고려할 수 있지만 T_2 에 근거한 E^* 는 여전히 파악할 수 없다고 주장하는 것이다. 대체적으로 이론과 증거의 관계를 볼 때, 이론은 증거보다 복잡하여 그 이해가 더 어렵고,

그 결과 증거를 따라갈 수는 있어도 이론은 이해하지 못 하는 경우가 많다. 이러한 일반적 관계에 역행하여 경쟁이론 T_2 는 고려할 수 있지만 경쟁이론을 지지하는 증거 E^* 는 파악할 수 없다고 주장하는 화마키스의 결론은 설득력이 약하다.

사실 $\Pr(E | T_1K)$ 및 $\Pr(T_2 | K)$ 가 정의가능해도 $\Pr(E | T_2K)$ 는 정의 불가능하다는 화마키스의 주장을 그대로 다 받아들인다고 하더라도 화마키스의 논증은 특별한 힘을 발휘하지 못한다. 그것은 바로 앞 절에서 강조했다시피 과학혁명은 과학자 사회의 결정이기 때문이다. 과학혁명기에 기존의 패러다임은 그 힘이 약화되어 모든 과학자를 확실하게 지배하지 못한다. 따라서 확률함수 \Pr 이 기존의 패러다임을 대변하는 것이라면 일부 과학자가 기존의 패러다임과 구분되는 다른 확률함수 \Pr^* 를 지닐 수도 있는 것이다. \Pr^* 를 처음 제기하는 사람이 바로 코페르니쿠스같이 과학혁명을 일으키는 사람이다. 그리고 만약 확률함수 \Pr 가 점점 더 많은 과학자들을 유인하고 결국 기존의 확률함수 \Pr 보다 더 성공적이라고 과학자 사회에서 인정받게 된다면 기존의 확률함수 \Pr 을 옹호하던 과학자의 수와 힘보다 새로운 확률함수 \Pr^* 를 옹호하는 과학자의 수와 힘이 더 커졌다는 것을 의미하고 그것이 바로 과학혁명인 것이다.

$\Pr(E | T_1K)$ 가 정의가능할 때 새로운 확률함수 \Pr^* 에 따라 $\Pr^*(E^* | T_2K)$ 가 정의가능하다.⁴⁸⁾ $\Pr(E | T_1K)$ 가 정의가능하고 $\Pr^*(E^* | T_2K^*)$ 역시 정의가능하다는 점을 근거로 증거에 근거한 이론 선택을 할 수는 없을까? 일단 분명한 것은 $\Pr(E | T_1K)$ 등에 근거해 $\Pr(T_1 | EK)$ 를 계산하고 $\Pr^*(E^* | T_2K)$ 등에 근거해 $\Pr^*(T_2 | E^* \& K)$ 를 계산할 수 있다는 것이다. 그것은 각각 다음과 같다.

$$\Pr(T_1 | EK) = \frac{\Pr(E | T_1K) \Pr(T_1 | K)}{\Pr(E | K)}$$

⁴⁸⁾ 여기에서 배경지식 K 는 변경되지 않은 것으로 표현했다. 여전히 기존의 패러다임 내에 있는 상황이라고 가정하기 때문이다. 하지만 이를 K^* 로 표현해도 큰 문제는 없을 것이다. 과학혁명이 일어난 다음에는 K^* 로 변경하는 것이 적절할 것으로 보인다.

$$\Pr^*(T_2|E^*K) = \frac{\Pr^*(E^*|T_2K)\Pr^*(T_2|K)}{\Pr^*(E^*|K)}$$

이제 셸먼이 베이즈 정리를 응용하여 두 가설간의 선택 문제를 해결하려 제시한 (BA)를 다시 기억해보자.

$$(BA) \quad \frac{\Pr(T_1|EK)}{\Pr(T_2|EK)} = \frac{\Pr(T_1|K)\Pr(E|T_1K)}{\Pr(T_2|K)\Pr(E|T_2K)}$$

(BA)를 응용하여 우리는 (PBA)를 다음처럼 제시할 수 있다.

$$(PBA) \quad \frac{\Pr(T_1|EK)}{\Pr^*(T_2|E^*K)} = \frac{\frac{\Pr(E|T_1K)\Pr(T_1|K)}{\Pr(E|K)}}{\frac{\Pr^*(E^*|T_2K)\Pr^*(T_2|K)}{\Pr^*(E^*|K)}}$$

(PBA)는 각각 서로 다른 확률함수를 지닌 서로 다른 과학자가 동일한 현상에 대해 서로 다른 관찰 증거 E 와 E^* 로 해석할 수 있다는 점을 인정하면서 베이즈 정리를 이용해 각각 T_1 과 T_2 의 사후확률을 계산하여 비교하는 방안을 제시한다. (BA)와 마찬가지로 (PBA)는 T_1 과 T_2 를 비교하여 둘 사이에 선택을 할 수 있는 알고리즘을 제시한다고 할 수 있다.

(PBA)와 같은 유형으로 이론 선택의 알고리즘을 제시하는 것을 패러다임 의존적인 방식의 베이즈주의라고 부를 수 있다.⁴⁹⁾ 이에 대해 화마키스는 베이즈주의를 느슨하게 해석함으로써 쿤과 베이즈를 연결하려는 이러한 시도가 베이즈주의의 본래 목적을 정면으로 부정한다고 비판한다. 화마키스에 따르면, 이론간 비교를 위해 증거가 이론에 미치는 영향을 평가하는 것이 베이즈주의의 본래 목적인데⁵⁰⁾ $\Pr(T_1 | EK)$ 와 $\Pr^*(T_2 |$

⁴⁹⁾ 화마키스는 이러한 가능성에 대해 무명의 심사위원에게 지적받았다고 밝히며, 패러다임 의존적인 베이즈주의를 검토하고 있다. Farmakis, L. 2008, p. 51.

E^*K)로는 공통의 증거를 부정하므로, 즉 증거를 E 와 E^* 로 달리 해석하므로 그러한 비교 및 평가가 가능하지 않다는 것이다.

앞에서도 언급했지만 관찰의 이론적재성 문제에 대해 판단을 유보한 상태에서조차도 이상과 같은 화마키스의 비판에 대해 대응 방안이 있다. 그것은 화마키스가 증거 개념에 불필요하게 너무 많은 부담을 지우기 때문에 가능하다. 가설을 뒷받침하는 증거가 언제나 경쟁 가설을 반입증해야 할 필요는 없다. 하나의 증거는 두 가설을 모두 입증할 수도 있다. 그럼에도 불구하고 하나의 가설을 더 잘 입증하고 다른 경쟁 가설을 덜 입증할 수도 있다. 즉 $\Pr(E \mid T_1K)$ 와 $\Pr^*(E^* \mid T_2K)$ 를 결정할 수 있기에 (PBA)에 의해서 $\Pr(T_1 \mid EK)$ 와 $\Pr(T_2 \mid E^*K)$ 를 계산할 수 있고, 그것은 증거를 어떻게 해석하는지에 상관없이 증거가 여러 이론에 미치는 영향을 계산하여 각각의 이론이 얼마만큼 더 그럴듯한 이론이 되었는지를 살펴볼 수 있도록 하고, 궁극적으로 이론들 간의 비교 및 선택을 가능하게 할 수 있다.

이러한 답변에 아마도 화마키스는 만족하지 못할 것이다. 결국 화마키스는 문제의 증거가 어느 가설을 더 강하게 입증하는지에 대해 객관적으로 판단하기가 어렵다는 점을 문제로 지적할 것이다. 두 다른 과학자가 서로 달리 생각하는 것은 너무나 당연할 일이라는 것이다. 따라서 화마키스는 (PBA)가 이론 선택의 알고리즘을 제공한다고 볼 수 없다는 비판을 제시할 수 있을 것이다.

이 점은 일견 타당한 지적일 수 있다. 사실 (PBA)는 이론 선택의 완전한 알고리즘을 제공하지 않는다. 이 때 이론 선택은 한 개인의 이론 선택이 아니라 과학자 집단의 이론 선택이라는 의미이다. 즉 패러다임의 결정이 (PBA)에 근거해서만은 가능하지 않다는 것이다. 그 점은 (BA)도 마찬가지이다. 개별 과학자가 (BA)에 의해 하나의 이론을 선택했다고 하더라도 여전히 패러다임의 선택에 대해서는 구성원 간의 역학 관계까지도 고려해야 하기 때문에 (BA)가 패러다임 선택의 알고리즘을 제공한다고 말할 수 없다. 집단 결정 이론(group decision theory)이 요청되는 부분이다. 하지만 그 문제는 당장 본 논문의 문제가 아니다. 나아가

⁵⁰⁾ Farmakis, L. 2008, p. 51.

$\Pr(T_1 | EK)$ 와 $\Pr^*(T_2 | E^*K)$ 의 구체적 값이 결정될 수 있는지, 그리고 결정된다고 하더라도 그 값의 유의미한 값인지 등을 문제 삼는 것도 베이즈주의 자체에 대한 문제 제기를 하는 것이지 (PBA)와 같은 분석이 베이즈주의의 본래 목적을 정면으로 부정한다는 점을 문제 삼는 것이 아니기 때문에 당장에는 논외가 된다. 결국 이러한 비판의 초점은 이론 선택의 객관적인 판단 근거가 있느냐는 것인데, 아무리 주관적 요소가 나름대로의 역할을 한다고 해도 개별 과학자의 판단을 증거에 근거한 객관적인 판단이라고 인정하는 만큼 과학혁명이 발생하는 순간의 과학자 사회의 선택도 결국 객관적이라고 말할 수 있을 것이다. 과학혁명기에 과학자의 수와 힘에 따라 과학혁명 여부가 결정된다고 해서 군중심리라고 비난할 것이 아니라 과학자의 수와 힘이 어떤 매커니즘에 따라 결정되고 결국 그것이 과학자 사회의 결정에 어떻게 작용하는지를 세밀하게 분석한다면 이론 선택과 과학혁명이 비합리적 과정이라는 단순한 비난은 피할 수 있을 것이다. 이러한 기대와 함께 (PBA)와 같은 분석에 의존하는 패러다임 의존적인 방식의 베이즈주의는 화마키스의 공격을 피하는 하나의 방안이 될 수 있다.

8. 남겨진 문제들

이제 마지막으로 \Pr 과 \Pr^* 를 두 서로 다른 과학자의 확률함수라고 하지 않고 한 명의 과학자의 두 개의 확률함수라고 가정하는 것이 가능한지에 대해 생각해보자.

과학자 집단 내에는 전혀 다른 생각을 하는 구성원이 존재한다. 그와 같은 종류의 구성원이 결국 혁명을 일으킨다고 할 수 있다. 그렇다면 혁명을 일으킨 구성원은 처음부터 혁명적 패러다임을 생각하고 있었던 것일까? 그럴 수도 있다. 아닐 수도 있다. 기존의 패러다임에 매여 있다가 점차 기존의 패러다임을 불신하게 되고 그렇게 불신의 원인을 제공한 이상현상을 해결할 수 있는 새로운 단초를 찾아다니던 과정에서 혁명적인 이론을 생각해 냈을 수도 있다.

예를 들어, 코페르니쿠스처럼 혁명을 일으킨 과학자는 어떻게 새로운 생각을 창안해 내고 혁명을 일으키게 된 것인지를 생각해보자. 이에 대한 쿤의 설명 역시 코페르니쿠스가 기존의 패러다임으로부터 독립적인 상태가 아니었음을 시사한다. 이 점을 이상옥 교수는 다음과 같이 설명한다.

쿤은 코페르니쿠스로부터 출발한 서양 천문학의 혁명적 변화를 연구한 자신의 저서에서 코페르니쿠스가 ‘코페르니쿠스적 전환’이라는 칸트의 격찬을 받을 만큼 그렇게 혁명적인 사람이 아니었음을 설득력있게 보여주었다. 코페르니쿠스 체계가 이론적인 몇 가지 측면에서 경쟁하는 아리스토텔레스-프톨레마이오스 체계보다 더 단순했던 것은 사실이지만, 그 단순성은 천문학에서 특정한 형태의 수학적 미를 추구했던 케플러나 갈릴레오와 같은 사람들에게만 인식될 수 있는 것이었다. ... 쿤은 코페르니쿠스를 ‘혁명적(revolutionary)’이었다기보다는 ‘혁명을 시작한(revolution-making)’ 인물로 평가하고 있다. 다시 말하자면 코페르니쿠스는 ... 근대과학을 형성시킬 여러 생각들의 단초를 제공한 인물임에는 틀림없지만 여러 이유로 철저하게 혁명적이기에는 미흡했다는 것이다.⁵¹⁾

혁명적이라기보다는 혁명을 시작한 코페르니쿠스는 처음부터 새로운 확률함수 Pr^* 를 지니고 있었다고 말하기 어렵다. 오히려 처음에는 Pr 을 확률함수로 지니고 있다가 점차 Pr 에 대한 신뢰가 낮아졌을 것이고, 그 과정에서 Pr^* 를 생각해 냈을 것이다. 그렇다면 코페르니쿠스는 두 확률함수 Pr 과 Pr^* 를 동시에 고려하고 있던 시점이 있었다고 생각할 수 있다. 과학자는 언제나 하나의 패러다임에 속박되어 있다고 주장하는 쿤의 입장에서는 코페르니쿠스가 두 확률함수 Pr 과 Pr^* 를 동시에 고려하고 있다고 인정하기 어렵다. 하지만 과학자 사회의 구성원들이 적어도 과학혁명기에는 제각기 다른 생각을 하고 있는 것이 인정되듯이, 개별 과학자도 과학혁명기에는 여러 이론을 다양하게 고려해 보는 것을 인정할 수 있어

51) 이상옥 (2004), p.65. 이상옥 교수는 쿤의 과학철학 역시 쿤 “자신이 분석했던 코페르니쿠스와 마찬가지로 ‘혁명적인(revolutionary)’ 측면과 ‘혁명을 촉발시킨(revolution-making)’ 측면을 모두 가지고 있었”고, “쿤은 전통적 과학철학과 의견을 같이하거나 그보다 더 보수적인 면모를 드러내기도 하였”다고 평가한다. (이상옥 (2004), p.85.)

야 하지 않을까?

두 확률함수 Pr 과 Pr^* 를 동시에 고려하고 있다는 점을 좀 더 약하게 주장할 수도 있다. 천동설의 확률함수에 속박되어 있지만, 코페르니쿠스는 지동설에 적절한 확률을 부여하는 Pr^* 의 확률함수를 반사실적으로 고려할 수 있다는 것이다. 그와 같은 반사실적 고려 과정에서도 점차 지동설을 지지하는 증거들을 찾아낼 수 있다. 다만 쿤은 과학혁명이 게슈탈트 전환과 달리 한 번 성공하고 나면 다시 과거로 돌아갈 수 없는 것이라고 말하지만, 과학혁명이 완전히 마무리되기 이전에는 경쟁하는 패러다임들을 모두 다 고려하는 시점이 있을 것이라고 생각한다면, 새로운 확률함수에 대한 반사실적 고려가 가능할 수도 있다.

이와 같은 이야기를 베이지주의에서 어떻게 구체적으로 분석할 수 있을지는 차후의 문제이다. 본 논문에서 제안했듯이 과학자 사회와 개별 과학자를 구별함으로써 패러다임 수준의 이론 선택의 문제에서 쿤과 베이즈가 접점을 찾을 수 있었다면, 이제 개별 과학자의 수준에서도 이론 선택의 문제에서 쿤과 베이즈를 연결할 수 있는 가능성을 탐구할 수 있을 것이다. 즉 앞 절에서 제시한 (PBA)를 개별 과학자가 사용할 수도 있을 것이다. 그 구체성의 문제는 남겨진 문제 중의 하나가 될 것이다.

쿤과 베이즈의 세 번째 만남은 쿤과 베이즈의 충분한 교감을 확인하기에 너무 짧았다. 나아가 세 번째 만남에서 남겨진 문제들로 시급히 검토해야 할 것들이 앞에서 언급한 것 이외에도 여럿이다. 관찰의 이론적재성 문제 자체에 대한 적극적인 평가가 있어야 하고, 집단 결정 이론의 검토를 필요로 하며, 반사실적 확률함수의 가능성 및 그 의미에 대해 검토할 필요가 있다. 그러나 적어도 둘의 만남이 유의미한 성과를 가져왔고 또 앞으로도 유의미한 성과를 가져올 것으로 기대할 수 있다는 점에 대해서는 의심의 여지가 없다. 쿤과 베이즈의 또 다른 만남을 기대해본다.

참고문헌

- 여영서 (2003), “베이즈주의와 오래된 증거의 문제”, 『논리연구』, vol. 6.2. pp.135-158.
- 여영서 (2007), “베이즈주의의 사전확률과 과학적 객관성”, 『철학탐구』, vol. 27. pp.147-171.
- 여영서 (2010), “입증의 정도를 어떻게 측정할 것인가?”, 『과학철학』, vol. 13.2. pp.41-69.
- 이상욱 (2004), “전통과 혁명”, 『과학철학』, vol. 7.1. pp.57-89.
- Salmon, W. (1990), "Rationality and Objectivity in science or Tom Kuhn meets Tom Bayes" in C. Wade Savage (ed.), *Scientific Theories, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Vol. 14*, Minneapolis: Univ. of Minnesota Press.
- Salmon, W. (1991), "The appraisal of theories: Kuhn meets Bayes," *PSA 1990*, vol 2, pp. 325-332.
- Salmon, W. (2005), *Reality and Rationality* P. Dowe & M. Salmon (eds.), Oxford: Oxford Univ. Press.
- Earman, J. (1992), *Bayes or Bust?*, Cambridge: MIT Press.
- Earman, J. (1993), "Carnap, Kuhn, and the philosophy of scientific methodology" in P. Horwich (ed.), *World Changes*, Cambridge: MA, MIT Press.
- Farmakis, L. (2008), "Did Tom Kuhn actually meet Tom Bayes?" *Erkenntnis*, 68. pp. 41-53.
- Hoyningen-Huene, P. (1993), *Reconstructing scientific revolutions*, Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Kuhn, T. (1970), *The structure of scientific revolutions*, Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Kuhn, T. (2000), *The Road since Structure* J. Conant & J. Haugeland (eds.), Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Kuhn, T. (1993), "Afterwords" in P. Horwich (ed.), *World*

Changes, Cambridge: MIT Press.

Shimony, A. (1993), *Search for a Naturalistic World View Vol. 1*,
New York: Cambridge Univ. Press.

Kuhn and Bayes, Their Third Meeting

Yeongseo Yeo

In response to a recent paper by Farmakis, "Did Tom Kuhn actually meet Tom Bayes?"(2008), this paper arranges the third meeting between Kuhn and Bayes. This paper aims to bring together historicism and logical empiricism by reevaluating Salmon's and Earman's arrangements for Kuhn and Bayes. Following Hoyningen's explanation, I suggest that scientific revolution starts from a scientist's choice and completes the revolution with the decision of the scientific community. Although Farmakis claims that competing paradigms do not share evidence because of incommensurability, this paper develops (PBA), based upon Salmon's (BA), as the mechanism of theory choice which works at the moment scientific revolution occurs at the level of scientific community. I claim that (PBA) provides a point where Kuhn and Bayes can meet without losing any of their core theses.

Key Words: Kuhn, Bayes, Farmakis, Earman, Salmon