과학철학 23권 2호 (2020) pp. 83-107

베이즈주의는 무관한 연언의 문제를 해결했는가†

허 원 기‡

가설-연역적 입증 이론에서는 증거 e가 가설 h를 입증하는 경우, e는 또한 연언 $h.i$를 입증한다. 문제는 i가 e 및 h와 완전히 무관한 가설인 경우에도 그러하다는 것이다. 그러나 이는 매우 받아들이기 힘든 주장이다. 이를 무관한 연언의 문제(혹은 부착 문제)라고 한다. 가설-연역적 입증 이론의 대안 이론인 베이즈주의 입증 이론 역시 이와 유사한 문제를 안고 있다. 그러나 베이즈주의자들은 자신들의 이론이 무관한 연언의 문제를 극복할 수 있다고 주장한다. 왜냐하면 이러한 무관한 연언지는 항상 입증력의 손실을 가져오기 때문이다. ($p(h.i|e)-p(h.i)<p(h|e)-p(h)$) 나는 이 논문에서 이와 같

† 이 논문에서 등장하는 아이디어의 일부는 2019년 7월 한국과학철학회 학술대회에서 발표된 바 있다. (발표 제목: 긍정적 유관성과 증거적 유관성) 해당 발표에 대해 관심을 가지고 여러 질문과 논평을 해 주신 여러 선생님들께 감사드린다. 유익한 논평과 지적으로 논문 속의 실수들을 교정하고 논문을 더 명료하게 가다듬을 수 있도록 도와주신 두 분의 심사위원께도 감사드린다. 심사위원들의 날카로운 통찰에 비해 보완된 부분은 다소 불만족스럽다. 이에 대해서는 후속 연구를 통해 부족한 부분을 더 보완하겠다고 말씀드리고자 한다. 덧붙여 논문에 등장한 사례들에 대해 자신들의 판단을 가감 없이 알려준 한국교원대학교 '과학철학 및 과학사' 세미나 수강생들, 논문의 초고를 읽고 문장들을 어법에 맞고 더 자연스럽게 고치도록 도와준 권오현 선생에게도 감사의 말을 전한다.
이 논문은 2019년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2019S1A5B5A07089419).

‡ 서울시립대학교, 동덕여자대학교, 한국교원대학교 강사, soulbird@outlook.com.

은 베이즈주의적 해결책에 대한 반례들을 제시하고, 이를 통해 베이즈주의가 무관한 연언의 문제를 만족스럽게 해결하지 못함을 보일 것이다. 그리고 베이즈적 접근의 대안으로 입증에 대한 설명적 접근이 필요하다고 주장할 것이다.

【주요어】 입증, 무관한 연언의 문제, 부착 문제, 베이즈주의, 입증에 대한 설명적 접근

1. 가설-연역적 입증 이론의 아픈 가시

다음은 한 물리학 교과서에서 발췌한 내용이다.

> 물리학 이론은 정확한 수치적 예측을 할 수 있어야 하며, 이론의 타당성(validity)은 궁극적으로 예측이 실험을 통해 검증되느냐에 달려 있다. 이론은 모든 실험적 시험(experimental tests)을 통과할 때만 그럴 듯하다고 여겨지고 받아들여진다. (Benson 1996:4)

위의 인용문은 다소 거칠게 말하고 있으나, 과학적 가설은 가설에서 도출된 예측이 관찰 결과에 잘 들어맞을 때 입증된다고 하는 주요한 방법론적 견해를 잘 나타낸다. 표준적인 가설-연역적 입증 이론은 이러한 견해를 다음과 같이 정리한다. (Glymour 1980a: 322)

가설-연역적 입증 기준 오직 다음의 경우에 한하여 증거 e는 배경 가정 b에 상대적으로 가설 h를 입증한다.

(a) e는 참이다.
(b) $h.b$가 일관적이다.
(c) $h.b$가 e를 함축한다.
(d) b는 e를 함축하지 않는다.

가설-연역적 입증은 그 명칭과 형식화에서 잘 알 수 있는 것처럼 증거에 의한 가설의 입증을 증거 진술과 가설 사이의 연역적 도출 관계

를 통해 해명한다. 그런데 바로 이 점 때문에 지금 살펴볼 무관한 연언의 문제(problem of irrelevant conjunction, 혹은 부착 문제 tacking problem)가 발생한다.

> e가 b에 상대적으로 h를 입증하면,
> e는 b에 상대적으로 $h.i$도 입증한다. (i는 h와 양립 가능한 임의의 가설)

$h.b$가 e를 함축한다면 $h.i.b$ 역시 e를 함축한다. 따라서 가설-연역적 입증 기준을 받아들인다면, e가 연언 $h.i$를 입증한다는 주장 역시 수용하여야 한다. 여기서 문제는 i가 e와 무관한 경우에도 가설-연역적 입증이 일어난다는 점이다. 이를테면 1758년, 핼리 혜성이 다시 관찰된 사건(e)은 뉴턴의 보편 중력 이론(h)에서 매우 정확히 예측되었기에 —당시 배경 지식 b에 상대적으로— 뉴턴의 이론을 입증하는 것으로 여겨졌다. 그런데 가설-연역적 입증 기준에 따르면 핼리 혜성이 다시 관찰된 사건은 보편 중력 이론과 양립 가능한 임의의 가설(i)의 연언(예. 모든 육상 사지동물(Tetrapods)은 어류를 공통조상으로 한다)을 입증한다. 즉 실제 탐구의 과정에서 확인된 e와 무관한 가설 i가 e에 의한 h의 입증에 무임승차하는 상황이 발생하는 것이다. 이는 매우 받아들이기 힘든 결과이다.

이는 표준적인 가설-연역적 입증 이론 내에서는 쉽게 해결될 수 없는 문제이다. 이를 해결하려면 가설-연역적 입증 이론을 대대적으로 수정하거나, 그것을 대체할 다른 입증 이론을 찾아야 한다.[1] 이에 대해 '베이즈주의자'로 불리는 일군의 철학자들은 후자의 길을 선택한다. 가설과 증거 사이의 연역적 도출 관계를 통해 입증 개념을 해명하려는 가설-연역주의자들과는 달리 베이즈주자들은 행위자가 새로운 증거를 획득했을 때, 그가 가설을 합리적으로 믿는 정도(rational degrees of belief, 이하 '신념도')가 어떻게 변화하는지를 통해 입증 개념을 해명

1) 가설-연역적 입증 이론의 기본 골격을 유지하면서 무관한 연언의 문제를 해결하려는 시도에 대해서는 Gemes (1998)을 참고하라.

하고자 한다. 베이즈주의자들에 따르면 증거 e가 가설 h를 입증하는 경우, e가 h에 대한 신념도를 변화시키는 정도와 무관한 연언 $h.i$에 대한 신념도를 변화시키는 정도를 비교하면 항상 전자가 후자보다 크기 때문에 우리는 무관한 가설 i가 입증에 무임승차하는 것에 거부반응을 보인다.

그러나 이러한 해명이 무관한 연언의 문제를 진정으로 해결했다고 할 수 있는가? 나는 이 논문에서 베이즈적 해결책에 대한 반례들을 제시하고, 이를 통해 베이즈주의 입증 이론 역시 무관한 연언의 문제를 해결하지 못함을 보일 것이다. 그리고 베이즈적 접근의 대안으로 입증에 대한 설명적 접근이 필요하다고 주장할 것이다. 과학적, 일상적 탐구 과정에서 등장하는 입증 개념은 가설에 대한 신념도 증가만으로는 해명할 수 없다.

2. 베이즈적 해결책

통상적으로 베이즈주의자는 다음의 원칙을 채택하는 이들을 말한다. 하나, 개인의 합리적 신념도는 다음의 베이즈 정리(Bayes’ theorem)를 따른다.

$$p(h|e.b) = \frac{p(h|b) \times p(e|h.b)}{p(e|b)}$$

둘, 새로운 정보를 획득하였을 때, 개인의 신념도는 다음의 조건화 규칙(rule of conditionalization)에 따라 변한다.

$$p_{new}(h|b) = p_{old}(h|e.b)$$

이에 더해 이러한 신념도의 변화를 이용하여 과학적 탐구에서 나타나는 입증 개념을 해명하고자 한다면, 그러한 이를 가리켜 ‘베이즈주의

입증 이론가'(이하 '베이즈주의자')라고 할 수 있을 것이다. 이들은 새롭게 획득한 증거 e에 의한 가설 h의 입증 여부를 다음과 같이 정의한다.

베이즈적 입증 기준

$p(h|e.b) > p(h|b)$이면 오직 그러한 경우에만
e는 b에 상대적으로 h를 입증한다.
$p(h|e.b) < p(h|b)$이면 오직 그러한 경우에만
e는 b에 상대적으로 h를 반입증한다.
$p(h|e.b) = p(h|b)$이면 오직 그러한 경우에만
e는 b에 상대적으로 h에 중립적이다.

제시한 정의는 증거 e가 새롭게 추가되었을 때 행위자가 가설 h를 믿는 정도가 증가하는 경우, 즉 가설에 대해 좀 더 긍정적이게 되는 경우에 한하여 e가 h를 입증한다고 규정한다. 이 때문에 이를 가리켜 '긍정적 유관성 기준(positive relevance criterion)'이라 부르기도 한다.

얼핏 보기에 긍정적 유관성 기준을 받아들이면 베이즈주의 내에서도 무관한 연언의 문제는 해결되지 않는 것 같다. 우선 가설-연역적 입증 기준에 맞는 사례, 즉 $h.b$가 일관적이고 b가 e를 함축하지는 않으나 $h.b$는 e를 함축하는 사례를 고려해 보자. 이 경우 $0 < p(h|b) < 1$이고 $p(e|h.b) = 1$이므로 다음을 얻는다.

$$p(h|e.b) = p(h|b) \times \frac{1}{p(e|b)}$$

그런데 증거 e의 기대도는 $0 < p(e|b) < 1$이므로 $p(h|e.b) > p(h|b)$이다. 즉 e는 h를 입증한다. 간단히 말해 베이즈주의 내에서도 h가 e를 예측하는 경우에는 입증이 이루어진다. 그런데 이는 무관한 연언이 구성된 경우에도 마찬가지이다. h와 양립 가능한 임의의 i에 대해 $0 < p(h.i|b) < 1$인데 $h.b$가 e를 함축하면, $h.i.b$ 역시 e를 함축하기

때문이다. 즉 $p(h.i|e.b) > p(h.i|b)$가 성립한다. 베이즈주의 내에서도 증거 e가 그와 무관한 가설을 포함하는 연언 가설 $h.i$를 입증하는 셈이다.

그러나 베이즈주의 입증 이론은 무관한 연언의 문제에 대해 가설-연역적 입증 이론보다 더 유연하게 대처할 여지가 있다. 베이즈주의 입증 이론은 어떤 자료가 가설을 입증하는지, 그렇지 않은지에 대한 질적 기준만을 제공하는 것이 아니라 다음과 같이 자료가 가설을 얼마나 잘 입증하는지에 대한 양적 기준 역시 제공하기 때문이다.[2] (Carnap 1962: xvi)

증거가 가설을 입증하는 정도(증거의 입증력) 측정[3]

$d(h,e|b) = p(h|e.b) - p(h|b)$

두 가설, h_1과 h_2에 대해 $d(h_1,e|b) > d(h_2,e|b)$이면

e는 h_2보다 h_1을 더 강하게 입증한다.

증거의 입증력에 대한 위와 같은 정의를 받아들일 경우, 베이즈주의자는 무관한 연언의 문제에 다음과 같이 대응할 수 있다. (Hawthorne &

---

2) 증거가 가설을 입증하는 정도에 대한 이러한 정의에 모두가 동의하는 것은 아니다. 이외에도 아래와 같이 다양한 정의가 제안되었다. 그러나 일단 이 논문에서는 차이 척도인 $d(h,e|b)$를 증거가 가설을 입증하는 정도에 대한 기본 정의로 사용할 것이다. 참고로 비율 척도인 $r(h,e|b)$를 정의를 채택하였을 경우에는 $r(h.i|b) = r(h,e|b)$를 얻기 때문에 무관한 연언의 문제에 대응할 수 없다. 그리고 우도비 척도 $l(h,e|b)$를 채택했을 경우에는 입증도의 차이를 보여줄 수 있으나, $l(h,e|b)$과 $l(h.i,e|b)$ 사이의 관계를 차이 척도 만큼 깔끔하게 보여주기 어렵다. 입증도에 관련된 논의는 여영서(2010); 전영삼(2012) 등을 참고하라. 다른 척도들에 대한 계산은 Hawthorne & Fitelson (2004)을 참고하라.

$r(h,e|b) = p(h|e.b)/p(h|b)$

$l(h,e|b) = p(e|h.b)/p(e|\neg h.b)$

3) '입증력(confirmational power)'이라는 표현은 다음에서 빌려왔다. Fitelson (2002), 617.

Fitelson 2004: 509-510)

무관한 연언 기준 $p(e|h.i.b)=p(e|h.b)$을 만족하는 경우에 한하여, b에 상대적으로 i는 h와 e에 무관한 연언을 구성한다. 즉 $h.b$하에서 e는 i에 독립적이다.

무관한 연언의 입증 e가 h를 b에 상대적으로 입증하고 $p(e|h.i.b)=p(e|h.b)$이면, e는 b에 상대적으로 $h.i$도 입증한다. 그러나 e가 $h.i$를 입증하는 정도는 e가 h를 입증하는 정도보다 약하다. 즉 $d(h,e|b)>d(h.i,e|b)$이 성립한다. 단, $p(i|h.b)\neq 1$.

호손과 피텔슨에 따르면 $d(h.i,e|b)=p(i|h.b)\times d(h,e|b)$이다.[4) (Hawthorne & Fitelson 2004: 512-513) 여기서 $p(i|h.b)$는 항상 1보다 작으므로 e와 무관한 가설 i를 포함하는 무관한 연언은 i를 포함하지 않는 경우와 대조했을 때, 항상 증거의 입증력에서 손실을 입는다. 이처럼 베이즈주의 입증 이론은 가설-연역적 입증 이론과는 달리 무관한 가설을 포함하는 가설과 그렇지 않은 가설 사이에는 증거의 입증력에 차이가 있음을 보임으로써, 무관한 연언의 문제에 대응할 수 있다.[5)]

3. 만족스럽지 않은 해결책

2절에서 살펴본 바와 같이 베이즈주의자는 가설에 대한 증거의 입증력에 차이가 있음을 보임으로써 무관한 연언의 문제를 해결한다. 그러나 과연 이것으로 만족할 수 있는가? 뉴턴의 영향 아래 빛의 성질에 대한

4) 이에 대한 증명은 부록을 참고하기 바란다.

5) 덧붙여 가설이 관찰 진술을 함축하는 특수한 사례만이 아닌, 일반적인 사례($p(e|h.b)>p(e|b)$)에도 이 해결책을 적용할 수 있다는 점에서 베이즈주의 입증 이론은 가설-연역적 이론보다 무관한 연언의 문제에 더 유연한 방식으로 대응할 수 있다.

입자설이 주류이던 19세기 초의 프랑스로 돌아가 보자. 1818년, 토목 공학자이자 물리학자 프레넬(Augustin-Jean Fresnel)은 프랑스 학술원에서 주는 논문상을 받고자 빛의 회절 현상을 파동설에 입각하여 해명하는 논문을 제출하였다. 그런데 파동설에 회의적인 심사위원 푸아송(Siméon Denis Poisson)은 프레넬의 주장을 따를 경우, 점광원(point light source)에 의해 만들어진 원반의 그림자에 대해, 광원과 원반이 적당한 거리를 두고 떨어져 있으면 그림자 한가운데에 밝은 점이 나타날 것이라 예측했다. 이러한 예측은 너무나도 이상해서 도저히 받아들일 수 없는 것이었다. 그러나 프레넬에 우호적이었던 심사위원장 아라고(François Arago)에 의해 정밀한 실험이 수행되었으며, 실제 실험 결과 원반의 그림자 한가운데에 희미한 밝은 점(푸아송 반점 Poisson's spot)이 나타났다. 이 결과로 프레넬은 학술원 논문상을 수상했으며, 대부분의 프랑스 학자들은 파동설로 전향하게 되었다.[6)]

이 유명한 에피소드는 베이즈주의 입증 이론으로 매우 아름답게 분석할 수 있다. 당시의 배경 지식(b) 아래에서, 푸아송 반점이 실제로 관찰될 것(e)이라고는 거의 기대할 수 없었기 때문에, 증거의 기대도, $p(e|b)$에 0에 가까운 낮은 값을 부여할 수 있다. 그리고 푸아송 반점을 예측하는 파동설(h)은 당시 프랑스 학계에서는 비주류였기에 파동설의 사전확률, $p(h|b)$에도 역시 매우 낮은 값을 부여할 수 있다. 마지막으로 파동설이 푸아송 반점을 거의 확실히 예측했기에 우도 $p(e|h.b)$에는 매우 높은, 거의 1의 값을 부여할 수 있다. 이를 바탕으로 푸아송 반점의 관찰이 파동설을 입증하는 정도를 계산하면 다음과 같다.

$$
\begin{aligned}
d(h,e|b) &= p(h|e.b) - p(h|b) \\
&= p(h|b) \times \frac{p(e|h.b)}{p(e|b)} - p(h|b) \\
&= p(h|b) \times \left[\frac{p(e|h.b)}{p(e|b)} - 1 \right]
\end{aligned}
$$

6) 이 사건에 대해 쿤은 "(미립자론을 옹호하던) 프랑스 학자들의 저항은 순식간에 그리고 거의 완전하게 붕괴되었다"고 평했다. Kuhn (1970), 155.

$p(e|h.b)/p(e|b) \gg 1$이므로, 푸아송 반점을 관찰한 것은 파동설을 매우 강하게 지지하는 증거이다.7) 이러한 분석은 실제 과학사의 사례에도, 입증에 관한 우리의 직관에도 잘 들어맞는 것처럼 보인다. 그러나 무관한 가설이 추가되면 어떻게 될까? 이를테면 "지구는 대체로 정육면체 모양이다."라는 가설(i)을 생각해 보자. 주어진 배경 지식하에서 가설 i는 e는 물론, h와 완전히 독립적인 가설이다. 즉 무관한 연언 기준, $p(e|h.i.b) = p(e|h.b)$을 완전히 만족한다.8)

이제 다음과 같은 질문을 던져보자. "푸아송 반점의 발견 e가 가설 $h.i$, 즉 '빛은 파동의 성질을 지니며, 지구는 대체로 정육면체 모양이다.'라는 가설을 (b에 상대적으로) 입증하는가?" 이 질문에 대해 베이즈주의자라면, "그렇다. e는 $h.i$를 입증한다."라고 대답해야 한다. $p(e|h.i.b)/p(e|b) \gg 1$이고 이를 베이즈 정리에 대입하면 $p(h.i|e.b) > p(h.i|b)$를 얻기 때문이다. 그러나 언급한 질문에 대해 —철학자들을 제외한—대부분의 사람들은 "그렇지 않다"고 답할 것이다. 연언지인 "지구는 대체로 정육면체 모양이다."가 파동설의 입증 과정에 무임승차하는 것을 도저히 받아들일 수 없기 때문이다.

이에 대해 베이즈주의자는 "문제의 가설 $h.i$가 매우 미미한 정도로만 입증되기 때문에 사람들이 입증이 발생하지 않는다고 착각하고 있다"라고 대답할 수도 있다. 아래의 식에서 드러나는 것처럼 이 경우에는 연언 가설의 확률 혹은 신념도의 증가가 우리가 인지하기 힘들 정도로 미미하기 때문에 e와 $h.i$ 사이의 유관성을 무시할 수 있다는 것이다.9)

---

7) 편의상 $p(h|b) = 0.01$, $p(e|h.b) = 0.95$, 파동설이 아닌 다른 광학 이론이 푸아송 반점과 같은 것을 예측할 확률을 $p(e|\neg h.b) = 0.001$라고 두면, $d(h,e|b) \approx 0.902$를 얻는다.

8) 이에 더해 $p(i|e.b) = p(i|b)$ 및 $p(i.h|b) = p(i|b)$도 만족할 것이다.

9) 베이즈주의자가 까마귀 역설을 해명하는 전형적인 방식이 이러하다. 베이즈주의자는 검지도 않고 까마귀도 아닌 것의 발견이 "모든 까마귀는 검다."라는 가설을 입증하는 것은 분명하다고 주장한다. 그러나 가설의 신념도 증가폭이 매우 작기 때문에 우리가 검지도 않고 까마귀도 아닌 것이 까마귀의 색 가설과 무관하다고 여긴다는 것이다.

$$d(h.i, e|b) = p(i|h.b) \times d(h, e|b)$$
$$\approx 0 \qquad\qquad \because\ p(i|h.b) = p(i|b) \approx 0$$

그러나 이러한 대응은 한계가 명백하다. 유사한 다른 가설 $h.i'$, 즉 “빛은 파동의 성질을 지니며, 지구는 대체로 둥글다.”라는 가설에 대해 동일한 질문을 던져보자. “푸아송 반점의 발견 e가 가설 $h.i'$, 즉 ‘빛은 파동의 성질을 지니며, 지구는 대체로 둥글다.’라는 가설을 입증하는가?” 분명한 것은 베이즈주의자는 이에 대해 “그렇다, e는 $h.i'$를 강하게 입증한다”라고 대답해야 한다.[10] 반면 대부분의 사람은 “그렇지 않다.”라고 대답하거나 적어도 푸아송 반점의 발견 e가 “빛은 파동의 성질은 지닌다”는 가설을 입증하는 만큼 “빛은 파동의 성질을 지니며, 지구는 대체로 둥글다.”라는 연언을 입증한다고 여기지 않는다.[11]

이에 대해 사람들이 두 연언, “빛은 파동의 성질을 지니며, 지구는 대체로 둥글다.”와 “빛은 파동의 성질을 지니며, 지구는 대체로 정육면

---

10) $p(i'|h.b) \approx 1$이기 때문에 $d(h'.i, e|b) \approx d(h, e|b)$를 얻는다.

11) 익명의 심사위원이 지적한 바와 같이 호손과 피텔슨은 무관한 연언의 문제를 해결하는 과정에서 $p(i|h.b) \neq 1$이라는 조건을 요구한다. 그리고 이러한 조건을 염두에 둔다면, “빛은 파동의 성질을 지니며, 지구는 대체로 둥글다.”는 연언 가설의 예는 부당하게 여겨질 수도 있다. 그러나 이러한 조건이 도입되었다는 것 자체가 베이즈주의 입증 이론이 무관한 연언의 문제를 만족스럽게 해결하지 못한다는 점을 보여준다. 이는 무관한 연언이 우리가 관심을 가지고 있는 관찰 결과나 가설과는 전적으로 무관한 내용을 담고 있기 때문에 문제가 되고 배제할 수 있음을 보여주는 것은 아니기 때문이다. 이러한 제한 조건은 단지 무관한 연언지의 확률이 1보다 작기 때문에 입증력의 손실을 입는다고 주장할 뿐이다.

우리의 예에서 i를 “5만년 전의 캐나다 지역 대부분은 빙하로 덮여있었다.”라고 하고, i'를 “5만년 전의 캐나다 지역 대부분은 초원 지대였다.”라고 하자. 베이즈주의 해결책에 따르면 $p(i|h.b) > p(i'|h.b)$라고 할 때, 푸아송 반점의 발견 e는 $h.i$를 $h.i'$보다 더 강하게 입증한다. 즉 둘 다 내용상 e 및 h와 무관한 가설이지만 하나가 다른 하나보다 기존 지식에 비추어 잘 뒷받침되기 때문에 더 강하게 입증된다고 주장하는 셈이다. 그러나 이를 받아들일 수 있을까?

체 모양이다."의 확률 변화에 대해 제대로 판단하지 못한다고 대응하고 싶을지도 모른다. 그러나 확률 연산에 관한 기초적인 수준의 교육을 받은 이조차도 후자는 푸아송 반점을 확인해도 그 확률이 거의 변화하지 않지만, 전자의 경우에는 매우 크게 변화할 것이라고 옳게 답한다. 요점은 확률의 문제와는 별개로 사람들은 획득한 증거와 무관한 내용을 담은 가설이 연언의 형태로 입증에 무임승차하는 것을 거부한다는 점이다.[12)]

4. 믿음의 변화와 증거적 지지의 구분

표준적인 베이즈주의 입증 이론에서 증거가 가설을 입증한다는 것은 새로운 증거를 획득했을 때, 가설에 대한 나의 믿음의 정도, 즉 확률이 증가함을 뜻한다. 그러나 이러한 입증 개념은 우리가 사용하는 입증 개념과 매우 동떨어진 것 같다. 다음의 사례들을 보라.[13)]

수영 연습

b = 영철은 올림픽에서 여러번 메달을 딴 적이 있는 현역 수영 선수이다.

e = 영철은 대회 준비를 위해 선수촌 수영장에서 수영 연습을 하였다.

h = 영철은 익사하였다.

---

12) 동일한 문제는 입증의 정도 기준을 바꾼다고 해결되지는 않는 것 같다. 어떤 기준을 채택하건, 무관한 가설 i의 확률이 영향을 미치기 때문에, 대부분 e가 $h.i$를 입증하는 정도와 e가 $h.\neg i$를 입증하는 정도 사이에는 차이가 발생한다.(단, $p(i|b) \neq p(\neg i|b)$인 경우) 그러나 우리는 i와 $\neg i$의 확률과는 별개로 그것의 내용 때문에 입증이 일어나지 않는다고 여긴다.

13) 이는 애친슈타인이 베이즈주의 입증 이론을 비판하면서 제시한 사례를 변형한 것이다. Achinstein (2001), 69-71.

러시안 룰렛

$b =$ 한 불법적인 러시안 룰렛 대회가 있다. 이 대회에서 참가자는 4발의 탄환이 장전된 6발 탄창의 리볼버, 또는 3발의 탄환의 장전된 6발 탄창의 리볼버를 무작위로 받는다. 만약 참가자가 10회 시행을 거쳤음에도 살아남는다면, 그는 1억 달러를 받는다. 성택은 단시간에 1억 달러를 벌고자 이 게임에 참가했다.

$e =$ 성택은 참가 신청을 한 직후, 주최측은 모든 참가자에게 3발의 탄환을 넣은 리볼버를 제공하기로 결정하였다.

$h =$ 성택은 사망하였다.

처음의 수영 연습 사례에서 영철이 수영 연습을 했다는 사실은, 설령 영철이 올림픽 수영 메달리스트라고 해도 영철이 익사할 확률을 매우 조금이라도 높인다. 따라서 베이즈적 입증 기준에 따르면 영철이 대회를 준비하며 수영장에서 수영 연습을 했다는 바로 그 사실은 영철이 익사했다는 가설을 입증하여야 한다. 그러나 우리는 이 경우, 가설이 입증된다고 여기지 않는다. 영철의 익사를 입증하는 사실은 다른 것이어야 할 것 같다.

두 번째의 러시안 룰렛 사례에서는 베이즈적 입증 기준에 따르면, 주최측이 모든 참가자에게 3발의 탄환을 넣은 리볼버를 제공하기로 결정했다는 사실은 성택이 사망하였다는 가설의 확률을 낮추기 때문에 해당 가설을 반입증한다. 그러나 이 경우에 우리는 주최측이 모든 참가자에게 3발의 탄환을 넣은 리볼버를 제공하기로 결정했다는 사실이 성택이 죽는다는 가설을 반입증한다고 여기지 않는다. 오히려 이는 가설을 입증하는 것으로 여기는 것 같다. 성택이 이러한 게임을 하면 그는 거의 확실히 죽지 않겠는가?

제시한 두 사례에 대해 이렇게 대응할 수도 있다.

> “지금 당신은 서로 다른 두 개념, 즉 절대적 입증(absolute confirmation)과 증가적 입증(incremental confirmation)을 제대로 구분하지 못하고 있다. 절대적 입증은 우리의 총체적 증거가 가설

> 을 얼마나 잘 입증하는지, 혹은 얼마나 잘 지지하는지에 관한 것이다. 그러나 증가적 입증은 새로운 증거를 획득했을 때, 그 새로운 증거가 가설에 대한 행위자의 신념도를 얼마나 증가시키는지에 관한 것이다. 수영 선수 사례에서 획득한 증거를 포함한 총체적 증거하에서는 가설에 대한 신념도가 매우 낮다. 반면에 러시안 룰렛 사례에서는 획득한 증거를 포함한 총체적 증거하에서 가설에 대한 신념도는 매우 높다. 즉 전자의 사례에는 절대적 입증도가 매우 낮기 때문에 새로이 획득한 증거에 의한 입증이 일어나지 않는다고 생각하는 것이고, 후자의 사례에서는 절대적 입증도가 여전히 매우 높은 상태이기 때문에 새로이 획득한 증거에 의한 반입증이 일어나지 않는다고 생각하는 것이다. 그러나 새롭게 획득한 증거 덕분에 전자의 사례에서는 입증도가 증가하고, 후자의 경우에는 입증도가 감소하는 것은 분명하다."

이렇게 절대적 입증도(혹은 총체적 입증도 degree of total confirmation)와 입증도의 증가(degree of incremental confirmation)를 구분하는 것이 유용할 수는 있다. 이러한 구분 하에서 제시한 반례는 베이즈주의자들이 보기에 확률적 유관성을 절대적 입증도와 혼동하여서는 안 된다는 점을 보여줄 뿐이다. 그러나 특정 증거가 가설의 입증하는 정도를 신념도의 증가와 연결해야 한다는 주장은 도대체 어떻게 정당화되는가? 왜 신념도의 증가가 일어나는 경우, "이 증거는 가설을 입증한다"라고 주장해야 하는가? 이에 대한 정당화는 불충분한 것 같다. 우리의 직관인가?[14] 그러나 그 증가적 입증에 관한 직관은 적어도 입증에 대한 우리의 실제 직관과는 거리가 있는 것 같다. 다음의 이야기를 보라.

---

14) 베이즈주의 입증 이론을 옹호하는 새먼은 일반적으로 사람들이 "입증한다."라는 어휘를 유관하다는 의미로 사용한다고 주장한다. 즉 우리의 직관에 호소하는 셈이다. 이에 따르면 "시험 결과가 가설을 입증한다."라고 말하는 것은 통상적으로 그 시험 결과가 가설과 긍정적으로 유관하다는 뜻이다. Salmon (1975), 13. 엘스 역시 "(증거가 가설의 확률이 감소시킴에도 증거가 가설을 입증한다는 주장은) 입증에 대한 우리의 직관과 상반되는 것 같다"고 주장하고 있다. Eells (1982), 52.

한국 대 독일전의 결과는?

오늘은 카잔 아레나에서 한국 대 독일의 월드컵 조별리그 마지막 경기가 있는 날이다. 수철은 이 경기를 꼭 생방송으로 보고 싶었으나, 중요한 출장 때문에 그러지 못하게 되었다. 이에 수철은 오전에 출근하면서 경기를 예약 녹화했고, 대중교통을 이용하다 다른 사람에게 경기에 관련된 내용을 듣게 될까 출장지까지 자차를 이용하여 다녀왔다. 밤늦게 업무가 끝나고 집으로 돌아온 수철은 조심스레 TV를 켰다. 그런데 하필 TV를 켠 시점에 <러시아 월드컵 조별리그 결과 - 대한민국 0:3 독일>이라는 자막이 화면 아래로 지나가는 것이 아니겠는가. 수철은 경기 결과를 미리 알게 되었다는 실망감에 맥주나 마시려고 냉장고 문을 열었다. 그런데 그 순간, 뉴스 앵커가 "시청자 여러분께 사과드립니다. 방금 자막 담당자의 실수로 대한민국 국가 대표팀 대 독일 국가 대표팀 간의 경기 결과가 잘못 표시되었습니다. 방금 자막으로 송출된 경기 결과는 타 구장 결과이며..." 수철은 이 말을 듣자마자 재빨리 TV로 달려가 비디오 모드로 전환 후, 녹화 영상을 재생하기 시작했다. 경기 결과는 대한민국 대표팀의 2 대 0 승리, 수철은 경기를 녹화하기 잘 했다는 생각을 하며 기분 좋게 잠자리에 들었다.

지금 이야기에서 수철이 TV를 켜고 자막의 내용을 확인한 시점에서, "한국 대표팀이 승리했다."라는 가설 h에 대한 수철의 신념도는 매우 낮았을 것이다. 그런데 뉴스 앵커의 사과를 듣는 순간, 해당 가설에 대한 수철의 신념도는 급상승했을 것이다. 자막으로 송출된 경기 결과가 타 구장 결과라는 사실을 e라고 하면, $p(h|e.b) \gg p(h|b)$인 셈이다. 즉 베이즈적 입증 기준에 따르면 자막으로 송출된 경기 결과가 타 구장 결과라는 사실은 대한민국 대표팀이 승리했다는 가설을 입증한다.

그러나 상당수의 사람들은 자막으로 송출된 경기 결과가 타 구장 결과라는 사실 e가 한국 대표팀이 승리했다는 가설 h의 확률(신념도)을 증가시킨다는 점에는 동의하지만, e가 h를 입증한다고 여기지는 않는

다. 경기가 시작하기 전에 한국 대표팀의 승리를 점쳤던 이들조차 그렇게 여기지는 않을 것이다.15) 어떤 사실이 가설을 입증하는 증거가 되려면 둘 사이에 더 직접적인 연결이 존재해야 한다. 그러한 연결 때문에 가설의 확률이 증가할 수는 있겠지만, 지금의 이야기에서 나타나는 것처럼 확률의 증가가 그러한 연결이 있음을 보장하는 것은 아니다.

5. 설명적 연결과 입증

축구 국가 대표팀의 경기 결과 사례에서 많은 사람들이 자막으로 송출된 경기 결과가 타 구장 경기 결과라는 사실이 한국 대표팀이 승리했다는 가설을 입증하지 않는다고 여긴다. 사람들이 이렇게 판단하는 이유는 자막 담당자가 실수로 타 구장의 결과를 입력했다는 사실과 한국 대표팀의 승리 여부는 인과적이건, 법칙적이건, 혹은 다른 어떤 방식으로든 연결되지 않는다고 생각하기 때문이다. 새롭게 확인한 사실은 단지 앞서 송출된 자막의 내용이 한국 대표팀의 경기 결과와 인과적으로 아무런 접점이 없음을 보여줄 뿐이다. 이는 단지 한국 대표팀의 승리에 대한 수철의 믿음을 변화시킬 뿐이다. 그러나 수철 자신조차도 자신이 얻은 새로운 정보가 한국 대표팀이 승리했다는 가설을 입증한다고 주장하지 않을 것이다.16)

15) 이들은 뉴스 앵커의 사과방송을 확인하는 순간, 한국대표팀이 승리했을 것이라는 가설을 매우 높은 정도로 믿을 것이다. 그럼에도 이들이 자막으로 송출된 경기 결과가 타 구장 결과라는 사실이 대한민국 대표팀이 승리했다는 가설을 입증한다고 생각하지는 않을 것 같다.

16) 유사한 사례: pH 측정기를 이용하여 어떤 용액의 pH를 측정했는데, 그 값이 3.3이 나왔다고 하자. 이에 근거하여 우리는 해당 용액이 산성 용액이고 염기성 용액이 아니라는 가설을 강하게 믿을 수 있다. 그런데 그러한 결과를 얻은 직후, pH 미터가 사실 고장난 것임을 알았다고 하자. 그렇다면 분명 이 용액이 염기성 용액이고 산성 용액이 아니라는 가설의 확률은 증가할 것이다. 그러나 철학자를 제외한다면 그 누구도 pH 측정기가 고장

글리머가 제시한 오래된 증거의 문제(problem of old evidence) 역시 베이즈주의에 유사한 질문을 던진다. 코페르니쿠스는 수천 년간 누적된 천문학적 관찰 자료를 이용하여 자신의 천문학 이론을 옹호했다. 뉴턴은 이미 확립된 케플러의 법칙 및 다른 관찰 자료를 근거 삼아 보편 중력의 법칙을 옹호했다. 아인슈타인 역시 반세기 전에 획득한 수성의 근일점 관측 자료를 자신의 중력장 방정식을 옹호하는 데 사용하였다. (Glymour 1980b: 85-86) 다윈 역시 자신을 비롯한 수많은 자연학자가 이전부터 수집한 자료를 자연 선택 이론을 입증하는 증거로 간주하였다. 제시한 사례들에서는 오래된 증거들의 기대도가 1, 혹은 거의 1에 가깝기 때문에 가설의 확률이 (거의) 증가하지 않는다. 그러나 우리는 이러한 오래된 증거들이 가설과 어떤 중요한 접점을 가지기 때문에 설령 가설에 대한 신뢰도가 증가하지 않는다고 해도 오래된 증거들이 가설을 입증한다고 여긴다.

잘 확립된 가설, 이를테면 “지구는 대체로 둥글다.”라는 가설에 대해서도 유사한 문제가 나타난다. 극히 일부를 제외하면 대부분의 사람은 지구가 대체로 둥글다는 가설에 거의 1의 신념도를 부여한다. 이렇게 지구가 둥글다는 가설을 매우 신뢰하는 몇 명이 국제우주정거장(International Space Station, 이하 ISS)을 방문했다고 하자. 그러면 이들은 ISS에서 지구의 지평선을 관찰할 수 있으며, 지평선이 대체로 둥글게 보임을 확인할 것이다. 그리고 이는 지구가 둥글다는 가설을 강하게 입증하는 증거일 것이며, ISS를 방문한 이들 역시 이에 동의할 것이다. 그러나 ISS를 방문한 이 지구구형론자들의 신념도에는 거의 변화가 없다. 가설에 대한 신념도의 증가폭이 극히 작기 때문에 베이즈주의자는 지구의 지평선 관찰 결과는 지구가 둥글다는 가설을 극히 미미한 정도로 입증하거나 가설과 거의 무관하다고 말해야 한다. 그러나 우리는 지구의 둥금과 지평선이 둥글게 보이는 것 사이에 어떤 연결이 있기 때문에 확률 변화에 상관없이 관찰 결과가 가설을 잘 입증

났다는 사실이 이 용액이 염기성 용액이라는 가설을 입증한다고 여기지 않는다. 증거가 가설의 입증하느냐의 문제와 신념도 증가의 문제는 분명히 구분되어야 한다.

한다고 여긴다.

이상의 예에서 우리는 증거적 지지의 핵심에는 확률 혹은 신념도의 증가가 아니라 가설과 증거 사이에 있는 다른 연결이 더 중요하다는 점을 쉽게 확인할 수 있다. 그리고 이러한 연결은 가설과 증거 사이의 설명적 연결을 통해 해명할 수 있다.[17] 왜 자막 담당자의 실수로 타 구장의 경기 결과가 송출되었다는 사실이 “한국 대표팀이 승리했다.”라는 가설을 지지하는 증거가 아닌가? 이는 주어진 배경 지식하에서 둘 사이에 어떠한 설명적 연결도 구성할 수 없기 때문이다. 적어도 우리의 배경 지식하에서 타 구장의 경기 결과는, 설령 그 경기의 최종 점수가 우리가 궁금해 하는 한국-독일전의 경기 결과와 일치하는 경우에도 그 일치는 우연에 불과하며 한국 대표팀의 경기 결과와는 무관하다.

마찬가지로 오래된 증거의 문제에서 수성의 근일점 이동에 대한 관측 결과는 일반 상대성 이론으로 잘 설명되며, 다윈 이전의 자연학자들이 수집한 자료 역시 자연 선택에 의한 진화 이론으로 잘 설명된다. 그렇기에 오래된 증거가 가설의 확률을 증가시키지 않는 경우에도 그것을 가설을 입증하는 증거로 여기는 것이다. 마찬가지로 ISS에서 지평선을 관찰했을 때, 왜 지평선이 대체로 둥글게 보이는지는 지구가 둥글다는 가설로 설명할 수 있다.

---

17) ‘설명적 연결’을 어떻게 규정할 것인지에 대한 더 세밀한 논의가 필요하지만 일단 이 글에서는 애친슈타인은 설명적 연결 규정을 참고하도록 하자. Achinstein (2001), 150.

(a) h는 왜 e인지 옳게 설명한다.

(b) e는 왜 h인지 옳게 설명한다.

(c) 어떤 가설 H는 왜 h인지, 그리고 왜 e인지 옳게 설명한다.

(a)의 예. h= 이 물체에 힘이 가해진다. e= 이 물체는 가속한다.

(b)의 예. h= 철수는 죽었다. e= 철수의 목이 잘렸다.

(c)의 예. h= 이 동전의 다음 번(101회) 동전 던지기 시행의 결과는 앞면이다. e= 이 동전을 100회 던졌더니 모두 앞면이 나왔다. H= 이 동전은 앞면 쪽으로 매우 강하게 편향된 동전이다.

이처럼 설명적 연결은 확률 증가보다 실제 일상인과 과학자가 사용하는 입증 개념을 해명하는 데 더 효과적이다. 그렇다면 입증에 대한 설명적 접근은 무관한 연언의 문제를 어떻게 처리할 수 있을까? 설명의 과정에서 가설에 임의의 연언지를 추가하는 일은 설명을 더 매력적으로 만드는 것이 아니라 설명을 망가트린다. 인과적 맥락에서 어떤 사건 C_1이 다른 사건 E의 원인이라 하자. 그리고 E와는 무관한, 다시 말해 E를 야기하는 원인의 일부도 아니고, C_1을 야기하는 것도 아닌 C_2가 있다고 하자. 이 경우 E가 발생했고, C_1과 C_2가 같이 발생한 사건이라 해도 C_1과 C_2가 함께 E의 원인이라고 설명할 수는 없다. (Achinstein 2001: 146; Lipton 2004: 91-92) 이를테면 왜 타이타닉이 정상적으로 항해를 마치지 못하고 침몰했는지에 대해, "타이타닉이 빙산과 충돌했기 때문에 타이타닉이 침몰하였다."는 적절한 설명이 될 수 있으나 "타이타닉이 빙산과 충돌했고 1등 객실에 있던 벤저민 구겐하임(Benjamin Guggenheim)이 시가를 피웠기 때문에 타이타닉이 침몰하였다."는 적절한 설명이 될 수 없다.[18)]

이제 3절에서 논한 푸아송 반점의 사례를 다시 살펴보자. "빛이 파동의 성질을 지니기 때문에 푸아송 반점이 나타난다."는 왜 푸아송 반점과 같은 신비로운 현상이 관찰되는지에 대해 적절한 설명이다. 그러나 "빛이 파동의 성질을 지니고 지구는 대체로 둥글기 때문에 푸아송 반점이 나타난다.", "빛이 파동의 성질을 지니고 지구는 대체로 정육면

---

18) 일단 이 논문에서 P가 Q를 설명한다는 것은 "왜 Q인가?"라는 질문에 대해, "P이기 때문에 Q이다."라는 식의 대답을 제시하는 것을 뜻한다. 그리고 그것이 옳은 설명이라는 의미는 "P이기 때문에 Q이다."가 (거의) 참임을 뜻한다. 그러나 익명의 심사위원이 지적한 바와 같이 "적절한 설명"이나 "좋은 설명"이 정확히 무엇을 뜻하고 어떻게 규정되는지에 대해서는 더 심도 깊은 논의를 할 필요가 있다. 입증의 문제를 해결하기 위해 더 골치아픈 설명 개념을 들여온다는 것 자체가 문제가 될 수 있으며 나 역시 이러한 우려에 동의한다. 아마 설명이 아닌 다른 관계를 끌어오는 것이 더 나을 수 있다. 그러나 현재로는 가설과 증거 사이에 성립하는 특정한 관계를 설명 외의 다른 것을 이용하여 해명할 수 있을 것 같지는 않다.

체 모양이기 때문에 푸아송 반점이 나타난다."는 왜 푸아송 반점이 나타나는지에 대한 적절한 설명이 아니다. 지구의 모양은 그것이 어떤 모양이건 —적어도 19세기에 수용된 배경 지식 아래에서는— 푸아송 반점이 나타나는 것과 전적으로 무관하기 때문이다. 이는 연언을 구성하는 가설의 확률이 아니라 가설의 내용과 관련된 문제이다. 적절한 설명은 설명하려는 현상과 무관한 영역의 내용을 포함해서는 안 된다.

이러한 접근을 수용한다면 왜 베이즈주의가 무관한 연언의 문제를 만족스럽게 해결하지 못하는지 드러난다. 무관한 연언의 문제를 해결한다는 것은 증거와 무관한 내용이 입증에 무임승차하는 것을 막는 것이다. 그러나 긍정적 유관성 기준에는 가설의 내용에 대한 고려가 없다. 가설의 내용과 상관없이 가설과 증거 사이에 특정한 관계만 만족하면, 즉 $p(e|h.i.b) > p(e|\neg h.i.b)$를 만족하면 i가 극도로 이상한 내용을 포함해도 e는 $h.i$를 입증한다. 또한 그러한 i가 역시 e 및 h와 무관한 내용을 포함하는 임의의 i^*보다 더 높은 사전 확률을 가지면, e는 $h.i$를 $h.i^*$보다 더 강하게 지지한다. 따라서 푸아송 반점의 관찰은 "빛은 파동의 성질을 지니며 나폴레옹은 독살당했다."라는 가설보다 "빛은 파동의 성질을 지니며 지구는 대체로 둥글다."를 더 잘 입증한다. 그러나 이러한 베이즈주의적 결론은 무관한 연언의 문제를 해결하는 것이 아니라 문제를 더욱 뒤틀어버릴 뿐이다.

6. 맺음말

탐구의 과정에서 획득한 증거 e가 가설 h를 입증하는 경우, e 및 h와 무관한 임의의 가설 i가 $h.i$의 형태로 입증에 무임승차한다는 무관한 연언의 문제는 증거적 지지를 연역적 도출 관계로 해명하려는 가설-연역적 입증 이론에 심각한 타격을 준다. 베이즈주의 입증 이론 역시 동일한 상황에서 가설의 확률이 증가하기 때문에 무관한 연언의 문제에서 자유롭지 않다. 이에 대해 베이즈주의자는 무관한 연언이 가설에 대한 증거의 입증력에 항상 손해를 입힌다는 점을 보여줌으로써 무관

한 연언의 문제에 대응한다.

그러나 이러한 대응책에서는 증거의 입증력을 계산하는 과정에서 무관한 가설 i의 확률을 고려할 수 밖에 없다. 따라서 i의 사전 확률이 충분히 높으면, 연언 $h.i$는 e에 의한 증거적 지지를 거의 온전히 보존한다. 무관한 가설이라도 증거에 의한 입증에 무사히 무임승차할 수 있는 것이다. 이러한 무임승차 가설을 추방하지 않는 이상 무관한 연언의 문제는 만족스럽게 해결되었다고 볼 수 없다.

내가 보기에 무관한 연언의 문제는 가설의 내용을 고려하는 접근법에서만 해결이 가능하다. 즉 가설의 입증을 증거와 가설 사이의 설명적 연결을 통해 해명하려는 입증 이론이 무관한 연언의 문제를 진정으로 해결할 수 있는 유력한 이론이라 할 수 있겠다. 베이즈주의 입증 이론에서는 가설의 내용에 직접적으로 접근할 길이 없기 때문에 무관한 연언의 문제를 해결하는 데 명백한 한계가 있다.

나는 여기서 베이즈주의의 핵심에 놓인 베이즈 정리와 조건화 규칙이 쓸모 없다고 주장하는 것은 아니다. 이상적인 합리적 행위자는 새로운 경험에 맞추어 자신의 신념도를 베이즈 정리와 조건화 규칙에 따라 형성하고 개정해야 한다. 그러나 이는 개인의 신념도 형성 및 변화에 관한 이야기일 뿐이다. 입증의 문제는 단순히 신념도 변화의 문제가 아니라 세계의 구조나 상태에 관해 이야기하는 가설과 우리가 세계 속에서 획득한 관찰 자료 사이의 문제이다. 따라서 입증 개념을 제대로 해명하려면 다른 접근법이 필요하다. 다시 말해 베이즈주의는 합리적 행위자의 신념도 변화에 대한 동역학(dynamics)이 될 수는 있을 것이다. 그러나 베이즈주의가 실제 과학적 탐구, 일상적 추론의 상황에서 등장하는 입증의 동역학이 될 수는 없다. 신념도 변화의 문제와 입증의 문제는 동일하지 않다. 오래된 증거의 문제가 그러했던 것처럼, 무관한 연언의 문제 역시 신념도의 증가와 입증을 동일시하는 베이즈주의 입증 이론의 한계를 잘 보여준다.[19]

---

19) 이 논문에서는 ‘우리’의 직관에 호소하는 다양한 사례들이 등장한다. 익명의 심사위원이 지적한 바와 같이 우리의 직관은 때때로 의심스럽고 여러 한계를 안고 있다. 그러한 점에서 제시한 사례가 베이즈적 해결책에 대한

진정한 반례인지는 따져볼 여지가 있다. 그럼에도 불구하고 베이즈주의 입증 이론이 실제 과학적-일상적 탐구의 과정에서 등장하는 입증을 잘 기술하는 이론이 되려면, 이러한 반례들을 제대로 다룰 수 있어야 할 것이다. 베이즈주의 이론가들의 세련된 대응을 기대해 본다.

부록

$d(h.i, e|b) = p(i|h.b) \times d(h, e|b)$의 증명(Hawthorne & Fitelson 2004)

무관한 연언 기준 $p(e|h.i.b) = p(e|h.b)$을 만족하는 경우에 한하여, b에 상대적으로 i는 h와 e에 무관한 연언을 구성한다. 즉 $h.b$ 하에서 e는 i에 독립적이다.

증거의 입증력 정의
$d(h,e|b) = p(h|e.b) - p(h|b)$,
$d(h.i,e|b) = p(h.i|e.b) - p(h.i|b)$

$$p(h.i|e.b) = p(h.i|b) \times \frac{p(e|h.i.b)}{p(e|b)}$$

$$= p(h.i|b) \times \frac{p(e|h.b)}{p(e|b)}$$

[$p(e|h.i.b) = p(e|h.b)$라는 가정에 따라]

$$= p(i|h.b) \times p(h|e.b) \times \frac{p(e|h.b)}{p(e|b)}$$

[일반 곱셈 규칙 적용]

$$= p(i|h.b) \times p(h|e.b)$$

[베이즈 정리 적용]

따라서

$$d(h.i,e|b) = p(h.i|e.b) - p(h.i|b)$$

$$= p(i|h.b) \times p(h|e.b) - p(i|h.b) \times p(h|b)$$

[앞의 결과 및 일반 곱셈 규칙 적용]

$$= p(i|h.b) \times [p(h|e.b) - p(h|b)]$$

$$= p(i|h.b) \times d(h,e|b)$$

[증거의 입증력 정의에 따라]

참고문헌

여영서 (2010), 「입증의 정도를 어떻게 측정할 것인가?」, 『과학철학』 13(2): 41-69.

전영삼 (2012), 「총체적 입증도, 입증도의 증가, 그리고 귀납의 방법론」, 『과학철학』 15(2): 101-137.

Achinstein, Peter (2001), *The Book of Evidence*, New York, NY: Oxford University Press.

Benson, Harris (1996), *University Physics*, Chichester, NY: Wiley.

Carnap, Rudolf (1962), *Logical Foundations of Probability*, 2nd ed., Chicago, IL: The University of Chicago Press.

Eells, Ellery (1982), *Rational Decision and Causality*. New York, NY: Cambridge University Press.

Fitelson, Branden (2002), “Putting the Irrelevance Back Into the Problem of Irrelevant Conjunction”, *Philosophy of Science*, **69**(4): 611-622.

Gemes, Ken (1998), “Hypothetico-Deductivism: The Current State of Play; The Criterion of Empirical Significance: Endgame”, *Erkenntnis* **49**(1): 1-20.

Glymour, Clark (1980a), “Hypothetico-Deductivism is Hopless”, *Philosophy of Science*, **47**(2): 322-325.

Glymour, Clark (1980b), *Theory and Evidence*, Princeton, NJ: Princeton University Press.

Hawthorne, James and Branden Fitelson (2004), “Discussion: Re-solving Irrelevant Conjunction with Probabilistic Independence”, *Philosophy of Science*, **71**(4): 505-514.

Kuhn, T. S. (1970), *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd edn., Chicago, IL: The Univ. of Chicago Press.

Lipton, Peter (2004), *Inference to the Best Explanation*, 2nd edn. Abington, Oxon: Routledge.

Salmon, Wesley C. (1975), “Confirmation and Relevance”, in Grover Maxwell and Robert M. Anderson Jr. (eds.), *Induction, Probability, and Confirmation, (Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Volume 6, Minneapolis: University of Minnesota Press: 3 - 36.

논문 투고일	2020. 06. 24
심사 완료일	2020. 07. 07
게재 확정일	2020. 07. 07

Does Baysianism Solve the Problem of Irrelevant Conjunction?

Wonki Her

According to standard hypothetico-deductive (H-D) theory of confirmation, if an evidence e confirms a hypothesis h, then e also confirms the conjunction $h.i$, for any i – even if i is utterly irrelevant to e and h. It is an abominable consequence. This problem is called the “problem of irrelevant conjunction.” (a. k. a., the tacking problem) Bayesian theory of confirmation also has the same problem. However, Bayesians claim that their account can overcome this problem. Because such irrelevant conjuncts lead to decreased conformational power. ($p(h.i|e)-p(h.i)<p(h|e)-p(h)$) In this paper, I present some counterexamples to the Bayesian solution. Bayesian theory cannot solve the problem of irrelevant conjunction. Furthermore, I suggest the explanationist approach of confirmation as an alternative to the Bayesian approach.

keywords: confirmation, the problem of irrelevant conjunction, the tacking problem, Bayesianism, explanationist approach of confirmation