과학철학 21권 1호 (2018) pp. 39-67

까마귀 가설과 까마귀가 아닌 것†

허 원 기‡

빨간 구두가 모든 까마귀는 검다는 증거가 될 수 있는가? 많은 사람들은 이에 대해 ‘아니오’라고 말한다. 왜냐하면 빨간 구두는 까마귀의 색과 무관하기 때문이다. 그러나 헴펠은 빨간 구두, 흰 분필, 노란 송충이와 같이 검지도 않고 까마귀도 아닌 것은 모든 까마귀가 검다는 증거라고 주장한다. 이것이 “까마귀 역설”로 알려진 입증의 유명한 수수께끼이다.
이 논문에서 나는 애친슈타인이 제안한 증거 이론을 이용하여 보편조건문과 관찰 사이의 증거적 지지 관계의 특징을 해명할 것이다. 이를 통해 검지만 까마귀가 아닌 것, 검지도 않고 까마귀도 아닌 것이 까마귀 가설의 증거가 될 수 있을 뿐만 아니라 까마귀 가설을 반박하는 증거가 될 수 있음을 알 수 있다. 증거적 지지는 형식 논리만으로 분석하기에는 복잡한 개념이다. 어떤 관찰 집합이 가설의 증거로 간주될 수 있는지는 가설과 대상 사이의 설명적 연결 및 관찰 대상을 고를 때 채택하는 선택 절차에 달려있다.

【주요어】 입증의 역설, 까마귀 역설, 입증, 증거, 설명적 연결, 칼 G. 헴펠, 피터 애친슈타인

---

† 핵심적인 아이디어 정리 및 논문 수정 과정에 큰 도움을 준 권오현, 김범용, 김진영, 이병호, 정원호 선생님 및 익명의 심사위원 두 분께 감사의 말을 전한다. 특히 두 분 심사위원의 날카로운 논평 및 조언 덕분에 논문이 더 개선될 수 있었다. 두 분의 논평 내용을 최대한 반영하려 노력하였으나 여전히 부족한 면이 있다. 후속 연구를 통해 부족한 부분을 보충하겠다고 약속 드린다.

‡ 서울대학교 과학사 및 과학철학 협동과정, soulbird@outlook.com.

1. 들어가며

여자 친구가 신은 빨간 구두가 “모든 까마귀는 검다”는 가설의 증거일 수 있는가? 일상적 직관에 따르면 빨간 구두는 까마귀의 색과 무관하기 때문에 까마귀가 검다는 증거가 될 수 없다. 그러나 이 질문을 던진 헴펠(Carl G. Hempel)은 빨간 구두, 노란 송충이, 흰 분필 같이 검지도 않고 까마귀도 아닌 대상들이 “모든 까마귀는 검다”는 가설의 증거이며, 그렇지 않다는 우리의 직관은 일종의 심리적 착각에 불과하다고 주장했다.[1] 이것이 바로 까마귀 역설(혹은 입증의 역설)이다. 까마귀 역설은 다음의 두 가정을 출발점으로 삼는다.[2]

> **니코 기준(Nicod’s Criterion)**: 보편 조건문 형식의 가설에 대해 전건 및 후건을 모두 만족하는 대상은 가설을 입증한다. 반면 전건은 만족하나 후건을 만족하지 않는 대상은 가설을 반입증 한다.
>
> **동치 조건(Equivalent Condition):** 동치인 두 가설 중 하나를 입증하는(혹은 반입증 하는) 자료는 다른 하나의 가설도 입증(또는 반입증)한다

“모든 까마귀는 검다”(h, $(x)(Rx \rightarrow Bx)$)는 보편조건문 형식의 가설이므로 조건문의 전건과 후건을 모두 만족하는 대상인 검은 까마귀($Ra\&Ba$)는 가설 h를 입증하는 증거가 된다. 반대로 전건은 만족하나 후건을 만족하지 않는 대상인 검지 않은 까마귀($Rb\&\neg Bb$)는 h를 반입증 한다. 이제 니코 기준을 “검지 않은 것은 까마귀가 아니다”(h', $(x)(\neg Bx \rightarrow \neg Rx)$)라는 가설에 적용해 보

[1] Hempel (1965), pp.14-20.

[2] 특별한 언급이 없는 이상, 이 논문에서 “e는 h를 입증한다”와 “e는 h의 증거이다”, “e는 h를 반입증 한다”와 “e는 h를 반박하는 증거이다”를 서로 교환 가능한 표현으로 사용한다.

자. 이 경우에도 역시 전건과 후건을 모두 만족하는 대상인 검지도 않고 까마귀도 아닌 것($\neg Rd \& \neg Bd$)은 h'를 입증하고, 전건은 만족하나 후건을 만족하지 않는 검지 않은 까마귀($Ra \& \neg Ba$)는 h'를 반입증 한다.

다음으로 동치 조건을 살펴보자. 과학적 가설의 논리적 형식은 매우 다양하다. 이를테면 뉴턴의 제 2 법칙을 $F_{net} = ma$, 또는 $a = F_{net}/m$과 같이 형식화할 수 있다. 그런데 동일한 법칙을 다르게 형식화했다는 이유만으로 전자의 증거가 후자의 증거가 될 수 없다는 생각은 수용하기 어렵다. 따라서 우리는 동치인 두 가설 중 하나를 입증(또는 반입증)하는 대상은 다른 하나의 가설도 입증(또는 반입증)한다고 여겨야 한다.

이제 이 두 조건을 수용하면, 우리는 “검지 않은 것은 까마귀가 아니다”의 증거인 검지도 않고 까마귀도 아닌 것이 그와 동치인 가설, “모든 까마귀는 검다”의 증거라는 결론을 얻는다. 즉 빨간 구두, 하얀 분필, 노란 송충이가 까마귀 가설의 증거인 셈이다. 이는 매우 곤혹스러운 결론이다. 까마귀 역설의 함축은 이에 그치지 않는다. 까마귀 가설과 논리적으로 동치인 또 다른 가설, “까마귀이거나 까마귀가 아닌 것은 까마귀가 아니거나 검다”($(x)((Rx \vee \neg Rx) \rightarrow (\neg Rx \vee Bx))$)를 고려하면, 이 새로운 동치 가설의 전건과 후건을 만족하는 대상인 까마귀가 아니고 검은 것($\neg Rc \& Bc$) 역시 까마귀 가설을 입증한다는 결론을 얻는다.[3)]

지금의 논의를 정리해 까마귀 가설과 세계 속의 대상이 맺는 관계를 표로 나타내면 다음과 같다.

	검다	검지 않다
까마귀이다	$Ra \& Ba$ 가설을 입증	$Rb \& \neg Bb$ 가설을 반입증
까마귀가 아니다	$\neg Rc \& Bc$ 가설을 입증	$\neg Rd \& \neg Bd$ 가설을 입증

3) Ibid., p. 15.

정리하면 어떤 대상이 검지 않은 까마귀가 아니면, 그것이 무엇이건 까마귀 가설을 입증하는 증거가 된다. 이는 그대로 받아들이기 쉽지 않다. 바로 이것이 유명한 수수께끼인 까마귀 역설이다.

헴펠 이후, 까마귀 역설을 해결하기 위한 다양한 방법이 제안되었다.[4] 이 논문 역시 그러한 방법을 제시한다. 나는 이 논문에서 애친슈타인(Peter Achinstein)의 증거 이론에 기초해 까마귀 가설을 포함한 보편 조건문 가설과 관찰 대상이 맺는 증거적 지지 관계의 주요한 특징을 해명하고자 한다.[5] 이 과정에서 검지 않고 까마귀가 아닌 것에 속하는 대상, 그리고 검지만 까마귀가 아닌 것에 속하는 대상이 어떻게 가설과 증거적 관계를 맺을 수 있는지 살펴본다. 이 과정에서 이 대상들은 까마귀 가설을 지지할 수도, 반박할 수도 있음을 드러낼 것이다. 증거적 관계라는 개념은 헴펠의 생각과 달리 형식논리학만으로 분석할 수 없다. 관찰한 어떤 대상을 가설의 증거로 간주할 수 있는지는 주어진 배경 정보 하에서 가설과 대상 사이에 설명적 연결이 성립하는지, 그리고 관찰 대상을 고를 때 채택하는 선택 절차가 어떤 것인지에 달려 있다.

---

[4] 까마귀 역설에 관한 국내외 연구자들의 주요한 논의는 다음의 문헌을 참고하라. Mackie (1963); Swinburne (1971); Horwich (1982), ch.3; Lipton (2004), ch.6; Fitelson (2006); 전영삼 (2003); 박제철 (2014); 최원배 (2017).

[5] 이 논문에서 따로 애친슈타인의 증거 이론을 옹호하지는 않는다. 나는 이 논문에서 애친슈타인의 증거 이론이 증거에 관한 우리의 직관 및 실천을 잘 반영한다고 가정하고 이를 바탕으로 까마귀 역설에서 나타나는 문제들을 검토하는 데 집중한다. 그러나 증거와 입증에 관한 기존의 문제들을 얼마나 잘 해결하느냐가 증거 이론의 정당화에 기여한다면 나의 까마귀 역설 분석은 애친슈타인의 증거 이론을 간접적으로 옹호하는 논증이다.

2. 애친슈타인의 증거 이론

이후의 논의를 위해 애친슈타인이 가설의 증거를 어떻게 규정하는지 간단히 살펴보자. 애친슈타인은 오랫동안 여러 저작에서 가설-연역적 증거 이론, 베이즈주의 증거 이론 같은 기존의 증거 이론을 비판하고, 다음과 같이 정의하는 자신의 독특한 증거 이론을 발전시켜 왔다. (Achinstein 1983; 2000; 2001; 2013)

주어진 b 하에서 e는 h의 잠재적 증거(potential evidence)이다.

(1) $p(\mathrm{E}(h, e)|e\&b) > 0.5$

(2) e와 b는 참이다.

(3) e는 h를 함축하지 않는다.

여기서 “$\mathrm{E}(h, e)$”는 “h와 e 사이에 설명적 연결이 있다”를 나타내는 것으로 다음과 같이 규정한다.[6]

h와 e 사이에 설명적 연결이 있다.

(a) h는 왜 e가 참인지 옳게 설명한다.[7]

(b) e는 왜 h가 참인지 옳게 설명한다.[8]

(c) 어떤 가설 h^*는 왜 e가 참인지, 그리고 왜 h가 참인지 옳게 설명한다.[9]

---

6) Achinstein (2001), p. 150; Achinstein (2013), p. 28.

7) 예시. h = 이 물체에 힘이 가해진다. e = 이 물체는 가속한다.

8) 예시. h = 철수는 죽었다. e = 철수의 목이 잘렸다.

9) 예시. h = 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.

애친슈타인의 증거 개념에서 핵심 축은 h와 e 사이에 설명적 연결이 있을 확률이 높아야 한다는 것이다(조건 (1)). 그리고 이 조건 (1)은 다음의 두 세부 조건을 함축한다.[10]

> **가설의 높은 확률 조건:** $e\&b$하에서 가설 h가 참일 확률이 높다. $p(h|e\&b) > 0.5$.
> **설명적 연결의 높은 확률 조건:** $h\&e\&b$하에서, h와 e 사이에 설명적 연결이 있을 확률이 높다. $p(\mathrm{E}(h,e)|h\&e\&b) > 0.5$.

애친슈타인에 따르면 증거 e는 $\neg h$가 아닌 h를 수용할 “좋은 이유(good reason)”가 돼야한다. 따라서 $p(h|e\&b)$는 0.5 보다 커야 한다. 예를 들어 $p(h|e\&b) = 0.5$라고 한다면, e에 근거해 h와 $\neg h$ 중 어느 쪽을 수용해야 할 지 결정할 수 없다. 또한 $p(h|e\&b) < 0.5$라고 하면, 이 경우에는 e는 오히려 h가 아니라 $\neg h$를 수용할 좋은 이유가 된다. 따라서 $p(h|e\&b) > 0.5$여야만 e는 h를 수용할 좋은 이유가 된다.[11]

그러나 $p(h|e\&b) > 0.5$만으로는 e가 h를 수용할 좋은 이유가 될 수 없다. “마이클 조던(Michael Jordan)은 임신하지 못한다”는 가설을 h라고 하자. 그리고 그가 매일 아침 샌드위치를 먹는다는 사실을 e라 하자. 물론 우리는 조던이 남자라는 사실을 잘 알고 있으며, 이는 배경 정보 b를 구성한다. 이에 따르면 $p(h|e\&b) \gg 0.5$를 얻지만, 우리는 e를 h의 증거로 여기지 않는다. 왜냐하면 조던이 임신하지 못하는 이유는 그가 매일 아침 샌드위치를 먹기 때문이 아니라 남자이기 때문이다. 즉 조던이 남자라는 사실은 그가 왜 임신하지 못하는지 설명하지만, 조던이 매일 아침 샌드위치를 먹는다는 사실은 그가 왜 임신하지 못하는

10) $p(\mathrm{E}(h,e)|e\&b) = p(\mathrm{E}(h,e)|h\&e\&b) \times p(h|e\&b)$이기 때문이다. 이에 대한 증명은 다음을 참고하라. Achinstein (2001), p. 153, fn. 6.

11) Ibid., pp. 115-116.

지 설명할 수 없다. 이 때문에 애친슈타인은 가설 h의 높은 확률만이 아니라 h가 참이라고 했을 때, h와 e 사이에 어떤 설명적 관계가 성립해야 한다고 주장한다.[12)]

애친슈타인의 증거 이론은 기존의 가설-연역적 증거 이론이나 베이즈주의 증거 이론과는 다음과 같이 차별화된 특징이 있다. 하나, 기존의 몇몇 증거 이론과는 달리 애친슈타인의 증거 이론에서는 $p(h|e\&b) > 0.5$를 요구하므로, e가 h의 증거라면 e는 h와 양립 불가능한 가설 h'의 증거가 될 수 없다. 반면 가설-연역적 증거 이론에서는 양립 불가능한 두 가설, h와 h'가 모두 e를 연역적으로 도출한다면, e는 두 가설 모두의 증거이다. 베이즈주의 증거 이론에서도 $p(h|e\&b) > p(h|b)$와 $p(h'|e\&b) > p(h'|b)$가 모두 성립하면, e는 h의 증거임과 동시에 h'의 증거이다. 둘, 애친슈타인의 증거 이론에서 h와 e 사이의 증거적 연결은 설명적 연결로 해명된다. 반면 가설-연역적 증거 이론에서 증거적 연결은 연역적 도출로, 베이즈주의 증거 이론에서는 확률 변화로 해명된다. 셋, 애친슈타인의 증거 이론은 가설을 수용하는 지침을 제공한다. e가 참이고 e가 h의 증거라면 우리는 h를 수용할 좋은 이유가 있으며, h를 수용해야만 한다. 그러나 가설-연역적 증거 이론이나 베이즈주의 증거 이론에서는 가설을 수용하게 돕는 구체적 지침을 제공하지 않는다. 즉 e가 h의 증거여도 e에 근거해 h를 수용할 필요는 없다.[13)] 이제 이와 같은 특징이 있는 애친슈타인의 증거 이론을 바탕으로 까마귀 역설의 문제를 살펴보자.

[12)] Ibid., pp. 115-116. 적법한 설명의 구조가 어떠해야 하는지를 규정하는 통일된 견해는 없다. 애친슈타인은 특정한 설명 이론을 전제하지 않으며 설명을 실용적으로 정의하는 입장을 취한다. 일단 이 논문에서는 “왜 B인가?”라는 질문에 대한 답변인 “A이기 때문에 B이다”가 참이라면, A가 B를 옳게 설명한다고 규정한다. 이러한 규정에 따르면 A와 B 사이에 옳은 설명적 연결이 있다면, A와 B는 모두 참이다.

[13)] 이러한 점에서 애친슈타인의 증거 이론은 증가적 입증(incremental confirmation) 개념을 거부하고 절대적 입증(absolute confirmation) 개념

3. 검지도 않고 까마귀도 아닌 것: 더 근본적인 가설과의 관계 속에서

F도 아니고 G도 아닌 것들의 집합을 $\{\neg Fi \& \neg Gi\}$라 하자. 까마귀 가설과 관련된 통상적 직관에 따르면 $\{\neg Fi \& \neg Gi\}$에 속하는 대상은 "(x)$(Fx \rightarrow Gx)$" 형식의 보편 조건문 가설의 증거가 될 수 없다. 그러나 이러한 직관이 옳은가? 다음의 사례를 살펴보자.

(i) 소듐의 불꽃색

b = 금속의 불꽃색을 확인하고자 다음과 같은 선택 절차에 따라 실험을 수행했다. 참고로 소듐의 미시 구조는 A이고, 리튬의 미시 구조는 B이고, 칼슘의 미시 구조는 C이고, 포타슘의 미시 구조는 D이다.

e_1 = 리튬 시료 b_1, $b_2, \ldots, b_n$은 붉은색 불꽃을 내며 탄다.

e_2 = 칼슘 시료 c_1, $c_2, \ldots, c_n$은 오렌지색 불꽃을 내며 탄다.

e_3 = 포타슘 시료 d_1, $d_2, \ldots, d_n$은 연보라색 불꽃을 내며 탄다.

h = 소듐은 노란 불꽃을 내며 탄다.

(i)에서 가설 h는 "$(x)(Sx \rightarrow Yx)$"와 같은 형식의 보편 조건문 가설로 나타낼 수 있다. e_1, e_2, e_3 각각은 $\{Lb_i \& Rb_i\}$, $\{Cc_i \& Oc_i\}$, $\{Pd_i \& Vd_i\}$ 같이 나타낼 수 있다. 그런데 e_1, e_2, e_3의 원소들은 모두 $\{\neg Si \& \neg Yi\}$의 원소이다. 까마귀 역설에 관한 헴펠의 해명을 수용한다면, 이것들은 가설 h의 증거이다. 나 역시 이러한 결론에는 동의한다. 그러나 그 이유에는 동의하지 않는다. 일단 이 사례에서 금속 원자의 미시 구조를 설명하는 이론 H가 확립되어 있다고 하자. 그리고 이 H를 바탕으로 적절한 가정을 덧붙여 만

을 채택한다. 즉 어떤 자료가 가설을 더 그럴 법하게 만드는 것만으로는 가설을 입증하는 증거가 될 수 없다. 가설을 입증하는 증거는 어떤 문턱을 넘어서야만 한다.

든 가설 h^*가 있다고 하자. h^*는 금속 원자를 구성하는 전자의 배치에 따라 원자의 스펙트럼이 어떻게 달라지는지 해명하는 가설이다. 따라서 왜 소듐이 노란 불꽃을 내며 타는지를 미시 구조 A에, 왜 리튬, 칼슘, 포타슘이 각각 붉은색, 오렌지색, 연보라색 불꽃을 내며 타는지를 각각의 구조에 호소해 설명한다고 하자.

이러한 상황에서 $e_1 \& e_2 \& e_3$는 h^*를 입증하는 높은 확률을 보장한다. $e_1 \& e_2 \& e_3$을 e라고 하면 $p(e|h^* \& b) = 1$이다. 그리고 $\neg h^*$일 때 e 같은 결과를 얻을 확률이 극히 낮다고 하면 다음을 얻는다.[14)]

$$p(h^*|e\&b) = \frac{p(h^*|b) \times p(e|h^*\&b)}{p(e|b)}$$
$$= \frac{p(h^*|b) \times p(e|h^*\&b)}{p(h^*|b) \times p(e|h^*\&b) + p(\neg h^*|b) \times p(e|\neg h^*\&b)}$$

$p(e|\neg h^* \& b) \ll 0.5$이고 $p(e|h^* \& b) = 1$이기 때문에 다음과 같다.

$$\approx \frac{p(h^*|b) \times 1}{p(h^*|b) \times 1 + p(\neg h^*|b) \times 0} \gg 0.5$$

다음으로 h^*가 참이라면 "왜 소듐은 노란 불꽃을 내며 타는가?" 및 "왜 리튬 시료, 칼슘 시료, 포타슘 시료는 각각 붉은 불꽃, 오렌지색 불꽃, 연보라 불꽃을 내며 타는가?"라는 질문에 답변하는 다음의 설명은 참일 것이다.

> h^*가 h를 설명: h^*이기 때문에 (A 구조를 가진) 소듐은 노란 불꽃을 내며 탄다.

---

14) 실제로는 더 많은 금속의 불꽃 반응색을 확인해야 하겠지만 편의상 $e_1 \& e_2 \& e_3$만으로 h^*를 입증하는 높은 확률을 확보하는 데에 문제가 없다고 상정한다.

> h^*가 e를 설명: h^*이기 때문에 (B 구조를 가진) 리튬의 시료 b_1, b_2, …, b_n은 붉은 불꽃, (C 구조를 가진) 칼슘의 시료 c_1, c_2, …, c_n은 오렌지 불꽃, (D 구조를 가진) 포타슘의 시료 d_1, d_2, …, d_n은 연보라 불꽃을 내며 탄다.

위와 같은 설명이 맞는다면, 소듐이 A 구조라는 배경 정보 b와 가설 h^*에서 h를 도출할 수 있으므로, $p(h|e\&b) \gg 0.5$를 얻는다. 이 경우, 위의 설명이 참일 확률이 높기 때문에 e와 h 사이에 h^*를 매개로 하는 설명적 연결이 있을 확률 역시 높다. 즉 $p(\mathrm{E}(h,e)|h\&e\&b) \gg 0.5$ 이 성립한다. 그렇다면 $p(\mathrm{E}(h,e)|e\&b) > 0.5$ 역시 확보되기 때문에 애친슈타인의 증거 정의에 따라 리튬 시료는 붉은 불꽃, 칼슘 시료는 오렌지 불꽃, 포타슘 시료는 연보라 불꽃을 내며 탄다는 사실은 "소듐은 노란 불꽃을 내며 탄다"는 가설의 증거가 된다. 즉 소듐도 아니고 노란 불꽃을 내며 타지도 않는 대상 중에 어떤 것은 미시 이론 h^*로 옳게 설명됨으로써, 역시 h^*가 옳게 설명하는 가설 h의 증거가 될 수 있다.[15)]

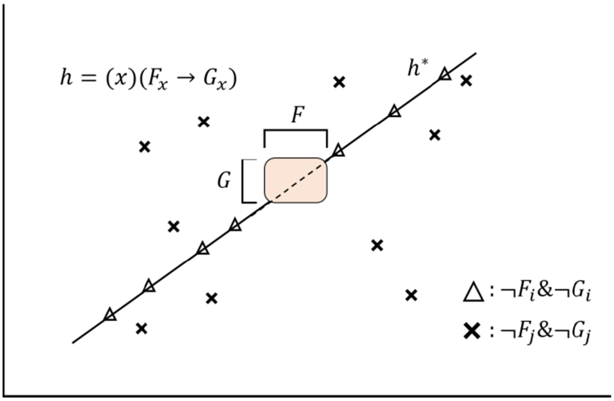
이제 까마귀 가설로 돌아와서, 관찰한 백조(*Cygnus*) a_1, a_2, …, a_n은 하얗고, 닭(*Gallus*) b_1, b_2, …, b_n은 갈색이며, 홍관조(*Cardinalis*) c_1, c_2, …, c_n은 빨갛다고 하자(e). 만약 관찰한 새들이 왜 이런 색을 띠는지 설명하는 이론 h^*가 있고, 그것이 관찰 자료 e를 옳게 설명할 수 있다면, e는 h^*의 증거이자 "모든 까마귀는 검다"는 가설의 증거가 될 수 있다. 정말로 이러한 이론 h^*가 있다면, 새의 색을 밝히는 다음의 두 설명 역시 참일 확률이 높다.

---

15) 여기서 어떤 가설 h^*가 h를 설명한다고 해서 h^*가 h를 논리적으로 함축한다는 결론이 따라나오지 않는다는 점에 유의하라. 마찬가지로 h^*가 h를 함축하지만 h^*가 h를 설명하지 않을 수 있다. 일단 사례 (i)에서는 h^*가 아닌 $h^*\&b$가 h를 함축한다.

h^*가 h를 설명: h^*이기 때문에 모든 까마귀는 검다.
h^*가 e를 설명: h^*이기 때문에 관찰한 백조 a_1, a_2, …, a_n은 하얗고, 닭 b_1, b_2, …, b_n은 갈색이며, 홍관조 c_1, c_2, …, c_n은 빨갛다.

문제는 우리가 까마귀의 색을 포함해 여러 종류의 새가 왜 각각 관찰한 것과 같은 색을 띠는지를 동시에 해명하는 근본적 가설 h^*를 모를 뿐만 아니라 그러한 가설이 될 후보조차 상상하기 어렵다는 것이다. 생물의 색은 매우 다양한 요소가 결합해 결정된다. 따라서 어떤 경향이 있다고는 할 수 있어도 까마귀 가설처럼 특정 속이나 종에 속하는 모든 구성원의 색을 하나로 말하기는 어렵다. 사실 우리의 생물학은 같은 속 및 종 내의 다양한 변이를 허용하기 때문에 같은 속이나 종 내의 모든 구성원이 특정한 표현형을 공유한다는 이론을 거부한다. 반면 소듐의 노란 불꽃 가설은 까마귀 가설과 사정이 다르다. 우리는 원자 구조를 설명하는 (완벽하지는 않으나) 잘 지지 받는 이론을 안다. 또한 동일한 종류의 원자는 서로 구별할 방법이 없다는 점 역시 잘 안다. 그리고 이를 바탕으로 금속 원자의 미시 구조에 호소하는 원자 스펙트럼 이론을 구축할 수 있다. 이렇게 더 근본적인 이론이 있기 때문에 소듐이 아닌 다른 금속의 성질과 소듐의 성질을 함께 설명할 수 있다. 이처럼 어떤 대상이 보편 조건문 가설의 증거가 될 수 있는지는 관찰 보고 및 가설의 논리적 형식으로 결정되지 않는다. 관찰한 대상 및 가설에서 다루는 대상이 공유하는 중요한 속성(금속, 동물)과 그것들과 관련된 속성(불꽃 반응색, 색)과의 연결을 해명하는 더 기초적인 가설이 있는지 확인해야 한다.



[그림 1]

이해를 돕고자 그림 1 을 제시한다. 사각형 내에 있는 점선을 $h(= (x)(Fx \to Gx))$라 하고 h를 포함하는 실선을 h^*라 하자. 여기서 점선 h 위에 있지 않으나 실선 h^* 상에 있는 점, $\Delta(\neg F_i \& \neg G_i)$를 가로축의 변수를 조정하며 얻은 점이라고 하자. 이 점 Δ들은 실선 h^*를 지지하는 자료이다. 그리고 h^*가 올바른 곡선이면, h 역시 올바른 곡선이다. 소듐 가설과 원자의 미시 구조 가설, 까마귀 가설과 조류의 색에 관한 가설 역시 유사한 관계에 있다. 점 Δ 같은 자료가 더 근본적인 가설 h^*의 증거라면, 그 가설이 설명하는 특수한 가설의 증거이기도 하다.[16)]

그런데 그림 1 에서 점 Δ가 아닌 점 $\times(\neg F_j \& \neg G_j)$는 실선 h^* 상에 있지 않다. 즉 점 $\times$는 h^*가 올바른 곡선임을 보여주지 못한다. h^*가 종류 i 에 속하는 대상에만 설명을 제공하는 가설이라면, 종류 j의 자료는 h^*와 설명적으로 무관하다. 이는 까마귀 가설에도 똑같이 적용된다. 이를테면 왜 오늘 여자 친구가 신은 구두가 빨간색인지, 왜 내 책상 위에 있는 잉크가 파란색인지, 왜 강의

---

16) 이 곡선 맞춤 그림은 이해를 도우려는 제한적 유비이다. 여기서 h는 일련의 자료 e가 증거인 가설 h^*로 함축되기 때문에 e를 증거로 하는 것이 아니라, h^*로 설명되기 때문에 e를 증거로 한다.

실 칠판 앞에 놓여 있는 분필이 하얀색인지 설명하는 가설이 있다고 해도 그 가설 각각은 왜 모든 까마귀가 검은지 설명하는 가설과 동일하지 않다. 즉 까마귀 가설과 언급한 대상들 사이에는 옳은 설명적 연결이 없다. 이것이 빨간 구두가 “모든 까마귀는 검다”의 증거가 되지 못하는 중요한 이유이다.

덧붙여 집합 $\{\neg Fi \& \neg Gi\}$에 속하는 대상이 보편 조건문 가설, $(x)(Fx \rightarrow Gx)$를 부정하는 경우도 있다. 일단 “모든 까마귀는 검다”는 가설은 까마귀 속에 속하는 모든 새는 단 하나의 색을 띤다는 내용을 함축한다. 따라서 만약 까마귀 속(*Corvus*)에 속하는 새들이 다양한 색을 띤다면, 까마귀 가설은 부정된다. 닭은 하얀색, 갈색, 빨간색처럼 다양한 색을 띤다. 왜가리(*Ardea*) 역시 하얀색, 갈색, 짙은 회색처럼 다양한 색을 띤다. 홍관조는 빨강-검정, 빨강-파랑 같은 다양한 색 조합을 띤다. 새는 아니지만 소(*Bos*)나 말(*Equus*) 역시 색이 다양하다. 이렇게 까마귀 이외의 새 및 동물을 관찰한 결과를 얻었다고 하자.[17] 이 대상은 모두 검지 않고 까마귀가 아닌 것의 집합 $\{\neg Ri \& \neg Bi\}$에 속하며, “관찰한 닭, 왜가리, 홍관조 등은 다양한 색을 띤다”로 기술할 수 있다. 이를 e로 나타내고 단 하나의 색을 가진 동물 속은 없다는 가설을 h'라 하자.

이제 e가 주어진 상황에서 가설 h'의 확률을 고려해 보자. 까마귀가 아닌 다양한 동물 속 각각에 여러 가지 색 표현형이 나타났음은 단 하나의 색을 띤 동물 속은 없다는 가설을 입증하는 높은 확률을 보장한다. 즉 $p(h'|e\&b) \gg 0.5$이다.[18] 또한 생물의

[17] 이 절에서는 검지 않고 까마귀가 아닌 대상의 증거 능력의 문제를 다루고 있으므로 일단 검지만 까마귀가 아닌 대상은 고려하지 않는다.

[18] $p(e|h'\&b) = 1$이고 $\neg h'$, 즉 단 하나의 색을 가진 동물 속이 있다는 가설은 $p(e|\neg h'\&b) \ll 0.5$이다. 그리고 우리의 배경 정보에 다양한 종류의 표현형 차이를 설명하는 정보가 포함되어 있다면, h'와 $\neg h$의 사전 확률을 비교할 경우 $p(h'|b) > p(\neg h'|b)$라 놓을 수 있다. 이를 바탕으로 베이즈 정리를 이용해 h'의 사후 확률을 계산하면 $p(h'|e\&b) \gg$

표현형을 밝히는 더 기초적인 생물학 이론은 왜 관찰한 일련의 동물이 다양한 색을 띠는지, 또 왜 단 하나의 색을 띤 동물 속이 없는지 옳게 설명한다. 이 때문에 $p(\mathrm{E}(h', e)|e\&b) > 0.5$이며, 애친슈타인의 증거 정의에 따라 e는 h'의 증거이다. 그런데 h'는 "모든 까마귀는 검다"는 가설과 양립 불가능하므로 e는 까마귀 가설을 부정한다. 그리고 여기서 e가 가리키는 대상들은 모두 검지 않고 까마귀가 아닌 것의 집합에 속한다.

정리하면 $(x)(Fx \to Gx)$ 형태의 보편 조건문 가설에 대해 $\{\neg Fi\&\neg Gi\}$에 속하는 대상 중 일부는 문제의 가설과 그러한 대상 사이에 설명적 연결이 있을 확률이 매우 낮거나 없기 때문에 가설과 무관하다. 그러나 어떤 가설이 왜 $(x)(Fx \to Gx)$가 참인지 옳게 설명할 수 있는 기초적 가설이고, 또 $\{\neg Fi\&\neg Gi\}$에 속하는 대상 중 특정한 종류의 대상에 대해 왜 그것이 특정한 성질을 띠는지 옳게 설명한다고 하자. 이 경우에는 그러한 대상과 가설 사이에 설명적 연결이 있기 때문에 대상은 $(x)(Fx \to Gx)$의 증거가 될 수 있다. 마지막으로 $(x)(Fx \to Gx)$와 양립 불가능한 어떤 가설이 $\{\neg Fi\&\neg Gi\}$에 속하는 대상 중 일부에 대해 왜 그것이 특정한 성질을 띠는지 옳게 설명한다고 하자. 그렇다면 이때 대상은 문제의 가설을 부정하는 증거가 된다. 따라서 어떤 대상이 $\{\neg Fi\&\neg Gi\}$에 속한다는 사실만으로 해당 대상이 $(x)(Fx \to Gx)$라는 보편 조건문 가설의 증거라 말할 수 없다.

4. 검지만 까마귀가 아닌 것: 더 근본적인 가설과의 관계 속에서

헴펠은 까마귀 역설을 소개하면서 검지도 않고 까마귀가 아닌 대상만이 아니라 검지만 까마귀가 아닌 대상 역시 "모든 까마귀

0.5를 얻는다.

는 검다"의 증거라고 주장했다.[19] 그러나 까마귀 역설을 다루는 많은 문헌에서 검지만 까마귀가 아닌 대상이 까마귀 가설의 증거가 될 수 있는지를 분석하는 논의는 상대적으로 소홀하다. (최원배 2017) 그러나 까마귀 역설의 문제는 까마귀가 아니고 검은 대상까지 확장되기 때문에 짚고 넘어가야 한다. 이 문제 역시 3절과 유사한 방식으로 해명할 수 있다. 다음의 사례가 이 문제를 분석하는 데 유용하다.

(ii) 태양계 행성들의 모양

b = 일반적 배경 정보

e_1 = 일정한 크기 이상인 태양계 밖의 천체 a_1, a_2, …, a_n은 둥글다.

e_2 = 야구공 b_1, 축구공 b_2, …, 공 b_n은 둥글다.

h = 태양계 내의 행성은 모두 둥글다.

(ii)에서 가설 h는 "$(x)(Ix \rightarrow Rx)$"로, e_1과 e_2는 각각은 $\{Oa_i \& Ra_i\}$ 및 $\{Ba_i \& Ra_i\}$로 나타낼 수 있다. 그리고 e_1과 e_2의 원소들은 모두 집합 $\{\neg Ii \& Ri\}$의 원소이다. 따라서 까마귀 역설에 관한 헴펠의 주장을 수용한다면, (ii)에서 태양계 밖의 둥근 천체 및 다양한 둥근 공은 모두 태양계 내의 행성은 둥글다는 가설의 증거이다. 그러나 통상적으로 e_1은 h의 증거로 보는 반면, e_2는 h와 무관하다고 본다. 이에 대해 헴펠은 이 둘 사이에 질적 차이가 없으며 증거를 보는 우리 직관에 문제가 있다고 주장해야 한다. 반면 애친슈타인의 증거 이론에 따르면, e_1과 e_2를 동등하게 취급할 수 없다.

우리의 배경 정보를 구성하는 더 근본적인 중력 이론 h^*는 일정한 질량 이상의 물체는 자기 중력 때문에 자연스럽게 둥근 형상을 취할 수 밖에 없다고 설명한다. 즉 h^*가 참이라면 "왜 태양

[19] Hempel (1965), p. 15.

계 밖의 천체 a_1, a_2, …, a_n은 둥근 형상인가?” 및 “왜 태양계 내의 행성은 모두 둥근 형상인가?”라는 질문에 답변하는 다음의 설명은 참일 것이다.

> h^*가 h를 설명: h^*이기 때문에 태양계 내의 행성은 모두 둥글다.
>
> h^*가 e_1을 설명: h^*이기 때문에 태양계 밖의 천체 a_1, a_2, …, a_n은 둥글다.

중력 이론 h^*는 우리의 배경 정보 b를 구성할 정도로 확립된 이론이고 $e_1 \& b$ 하에서 h^*는 왜 h가 참인지 옳게 설명하므로, $p(h|e_1 \& b) \gg 0.5$이다. 또한 설명적 연결을 논하는 애친슈타인의 정의에 따라, e_1과 h 사이에는 h^*를 매개로 하는 설명적 연결이 있으므로 $p(\mathrm{E}(h, e_1)|h \& e_1 \& b) \gg 0.5$ 역시 성립한다. 그렇다면 $p(\mathrm{E}(h, e_1)|e_1 \& b) > 0.5$이며 애친슈타인의 증거 정의에 따라 e_1은 h의 증거이다.

이에 반해 둥근 야구공 b_1, 둥근 축구공 b_2 등은 이 공들이 왜 둥근 형상인지 옳게 설명함과 동시에 왜 태양계 내의 행성이 둥근 형상인지 설명하는 가설이 없다. 또한 태양계 내의 행성이 둥글다는 가설은 왜 일단의 공이 둥근 형상인지 설명할 수 없다. 그 역도 마찬가지이다. h의 참을 전제하더라도 e_2와 h 사이에 설명적 연결이 없거나 설명적 연결이 있을 확률이 매우 낮은 셈이다. 따라서 $p(h|e_2 \& b) > 0.5$인 경우에도 $p(\mathrm{E}(h, e_2)|h \& e_2 \& b) \ll 0.5$이기 때문에 e_2는 h의 증거가 될 수 없다.

정리하면 태양계 외부의 천체와 태양계 내부의 행성은 질량이 충분히 크다는 속성을 공유한다. 그리고 그러한 속성과 천체의 모양 사이를 연결해 설명하는 더 근본적인 이론이 있거나 그러한 이론이 매우 있을 법하다. 반면 다양한 종류의 공과 태양계 내부의 행성 사이에는 그 모양을 제외하고는 공유하는 속성이 어떤 것인지 분명하게 드러나지 않으며 공유하는 속성(예. 투명

하지 않다)이 둥근 모양과 어떻게 연결되는지 설명하는 더 근본적인 이론이 없거나 있을 것 같지 않다. 그렇기에 태양계 외부의 둥근 천체는 가설의 증거가 될 수 있지만 둥근 공은 가설의 증거가 되지 못한다.

이제 까마귀 가설로 돌아와서, 우리가 다수의 석탄 시료를 관찰했다고 하자. 그리고 석탄이 검은 이유가 석탄이 가진 어떤 요소 B 때문이라고 가정하자. 나아가 까마귀 역시 B 를 가지며 B 때문에 까마귀가 검다고 하자. 그렇다면 왜 석탄이 검은지, 그리고 왜 모든 까마귀가 검은지는 모두 B 의 작용을 밝히는 더 근본적인 가설로 옳게 설명할 수 있다. 이 경우에는 관찰한 석탄 시료와 까마귀 가설 사이에 옳은 설명적 연결이 있기 때문에 검은 석탄은 까마귀 가설의 증거가 될 수 있다. 문제는 우리가 석탄과 까마귀가 그러한 B 를 가지는지 모른다는 점이다. 이를 알려면 더 정교하고 다양한 연구가 필요하며 이는 단순히 석탄을 관찰하는 것만으로는 얻을 수 없다. 이 때문에 관찰한 어떤 대상이 검고 까마귀가 아닌 것의 집합에 속한다는 이유만으로 까마귀 가설의 증거가 된다고 말할 수 없다.

나아가 검고 까마귀가 아닌 것이 까마귀 가설을 부정하는 증거를 구성할 수도 있다. 3 절에서 나는 다양한 색을 띤 동물이 “단 하나의 색을 띤 동물 속은 없다”는 가설의 증거가 됨으로써 까마귀 가설을 부정함을 보였다. 동일한 방식으로 검고 까마귀가 아닌 것은 검지도 않고 까마귀도 아닌 것과 결합해 “단 하나의 색을 띤 동물 속은 없다”는 가설의 증거를 구성할 수 있다. 검은 고니(*Cygnus atratus*), 검은 닭이 좋은 사례이다. 검은 고니는 흰 고니와, 검은 닭은 다른 색을 띤 닭과 결합해 “단 하나의 색을 딴 동물 속은 없다”는 가설의 증거를 구성한다.

지금까지의 논의를 정리하면 보편 조건문 가설 “$(x)(Fx \rightarrow Gx)$” 및 "$\neg F$”라는 속성을 가진 대상 사이의 증거적 지지 관계는 다음과 같이 해명할 수 있다.

(1) $\neg G$이고 또 F인 대상과 공유하는 속성 K를 가진 경우,

(a) K를 이용해 관찰한 $\neg F$인 대상이 왜 $\neg G$에 속하는 속성을 가지는지, 그리고 왜 F인 대상은 G인지 설명하는 더 근본적인 가설이 있으면, 관찰한 대상은 가설의 증거.

(b) K를 이용해 관찰한 $\neg F$인 대상이 왜 $\neg G$에 속하는 다양한 속성을 가지는지 설명할 수 있으나, 그러한 설명이 F인 대상 역시 다양한 속성을 가질 수 밖에 없음을 설명한다면 관찰한 대상은 가설을 부정.

(c) K를 이용한 설명이 가능하지 않다면 관찰한 대상은 가설과 무관.

(2) G이고 또 F인 대상과 공유하는 속성 K를 가진 경우,

(a) K를 이용해 관찰한 $\neg F$인 대상이 왜 G인지, 그리고 왜 F인 대상은 G인지 설명하는 더 근본적인 가설이 있으면, 관찰한 대상은 가설의 증거.

(b) K를 이용해 관찰한 $\neg F$인 대상이 왜 하나가 아닌 다양한 속성을 가지는지 설명할 뿐만 아니라, 그러한 설명이 F인 대상 역시 다양한 속성을 가질 수 밖에 없음을 설명한다면, 관찰한 대상은 가설을 부정하는 증거를 구성. (K를 공유하는 $\neg F$이고 $\neg G$인 대상이 있는 경우)

(c) K를 이용한 설명이 가능하지 않다면 관찰한 대상은 가설과 무관.

(3) 관찰한 $\neg F$가 F인 대상과 공유하는 속성 K이 없다면, 관찰한 대상은 가설과 무관.

5. 관찰을 위한 선택 절차

호위치(Paul Horwich)와 애친슈타인은 어떤 자료가 가설의 증거인지는 그러한 자료를 획득하는 방식에 민감하다고 주장했다. 이를테면 검은 까마귀를 관찰하고자 이미 까마귀라고 알려진 대상

중에서 하나를 골라 검은지 확인할 수 있다. 혹은 검은 동물만 전시하는 동물원에 가서 그 중 하나를 골라 까마귀인지 확인할 수도 있다. 호위치에 따르면 전자의 결과는 까마귀 가설의 베이즈적 증거가 될 수 있지만 후자는 그렇지 않다. 애초에 검은 동물에서 하나를 골라 까마귀임을 확인하는 것은 까마귀 가설을 시험하는 적절한 방식이 아니다.[20] 애친슈타인 역시 유사한 이유로 관찰할 때 쓰는 선택 절차(selection procedure)의 중요성을 강조했다. 예를 들어 어떤 기침약을 시험하는데 기침 증상이 없는 사람으로 한정한다고 하자. 그렇다면 관찰한 대상은 모두 기침약을 복용했고, 기침을 하지 않은 대상이지만, 그것은 기침약의 효과를 보여주는 증거가 될 수 없다.[21] 이처럼 특정한 대상을 관찰할 때 쓰는 선택 절차는 매우 중요하며, 까마귀 역설의 문제에서도 관찰 선택 절차를 고려하면 흥미로운 결론이 나온다. 다음의 사례를 보자.

(iii) 형광등 수명 시험

b = P 공장은 형광등을 생산한다. 이 공장의 품질관리부는 생산한 형광등 일부를 무작위 추출해 그 수명을 시험한다. 품질관리부는 잘 통제한 고온, 고습도, 고전력 환경하에서 가속 수명 시험(accelerated life test)을 수행한다. 확립된 시험 모형 M에 따르면, 이처럼 가혹한 환경하에서 나온 형광등의 연속사용시간에 100 을 곱하면 통상적 환경하에서 형광등의 연속사용시간이 산출된다.

SP = 공장 생산 라인에서 무작위로 추출한 형광등을 품질관리부가 설정한 가혹 환경하에서 점등한 후, 스스로 꺼질 때까지 걸린 시간을 측정했다.

e = 형광등 a_1, a_2, a_3는 모두 100 시간 만에 꺼졌다.

---

[20] Horwich (1982), pp. 58-61.

[21] Achinstein (2001), pp. 39-43.

h = P 공장에서 생산한 모든 형광등은 일상적 환경에서 사용했을 때, 연속사용시간이 1 만 시간이다.

실제 공장에서는 더 다양한 표본으로 시험하지만, 편의상 세 개의 표본만 다루어 보자. (iii)에서 가설 h는 "$(x)(Nx \rightarrow Lx)$"로 나타낼 수 있으며, SP는 형광등의 수명을 시험하려고 품질관리부에서 쓰는 선택 절차이다.[22] 그리고 시험 수행 결과에 따르면, 형광등 a_1, a_2, a_3를 통상적 환경이 아닌 가혹 환경에 노출했고, 또 그 수명이 모두 1 만 시간 이하이기 때문에 집합 $\{\neg Ni \& \neg Li\}$에 속하는 대상이다. 그러나 이것은 가설의 증거이다. 왜 그러한가?

왜냐하면 확립된 가속 시험 모형 M에 따르면 (iii)의 환경에서 형광등의 수명은 통상적 사용 환경에서 얻는 수명의 100 분의 1이기 때문이다. 이 때문에 무작위로 추출한 다수의 형광등을 시험해서 나온 결과가 e와 같다면, 가설 h의 높은 확률은 보장된다. ($p(h|e\&SP\&b) \gg 0.5$) 그리고 형광등이 통상적 환경에서 수명이 1 만 시간이라는 가설은 참인 경우 왜 가혹 환경 아래에 놓인 형광등 a_1, a_2, a_3이 100 시간 만에 꺼지는지도 설명한다. ($p(\mathrm{E}(h,e)|h\&e\&SP\&b) \gg 0.5$) 따라서 e는 h의 증거가 된다. ($p(\mathrm{E}(h,e)|e\&SP\&b) > 0.5$) 덧붙여 해당 가속 시험 결과가 e와는 다른, 이를테면 a_1, a_2, a_3이 50 시간 만에 꺼졌다고 하자. 이 경우에도 a_1, a_2, a_3은 집합 $\{\neg Ni \& \neg Li\}$에 속하는 대상이다. 그러나 이것은 가설의 증거가 될 수 없다 a_1, a_2, a_3는 h와 양립 불가능한 다른 가설, "P 공장 형광등은 일상적 환경에서 사용했을 때, 연속사용시간이 5 천 시간이다"라는 가설의 증거로, 가설 h를 부정한다.

그런데 잘 준비한 환경에서 시험하는 것이 아니라, 매우 이상한 환경, 이를테면 전압 및 습도가 불규칙적으로 변하는 환경에

---

[22] 술어 N은 통상적 환경에 있는 형광등을 나타낸다.

서 시험한다고 하자. 그리고 이러한 환경하에서 나온 형광등 수명과 통상적 환경하에서 나온 수명 사이의 관계를 알려주는 모형도 없다고 하자. 이러한 선택 절차를 SP'라 했을 때, SP'를 써서 얻은 결과가 (iii)의 e와 같다고 하자. 이 경우에도 형광등 a_1, a_2, a_3를 통상적 환경이 아닌 비정상 환경에 노출했고, 그 수명이 모두 1 만 시간 이하이기 때문에 집합 $\{\neg Ni\&\neg Li\}$에 속하는 대상이다. 그러나 이것은 가설의 증거가 될 수 없다. 왜냐하면 SP'를 썼을 때에는 해당 시험 환경과 형광등의 수명을 이어주는 어떤 정보도 없기에 형광등 a_1, a_2, a_3이 왜 100 시간 만에 꺼졌는지를 P 공장에서 생산한 형광등이 통상적 환경에서 수명이 1 만 시간이라는 가설을 이용해 설명할 길이 없기 때문이다. ($p(\mathrm{E}(h,e)|e\&SP'\&b) \ll 0.5$) 따라서 이와 같은 이상한 선택 절차로 관찰한 경우에 관찰한 대상들은 가설과 무관하다.

형광등의 수명 시험 사례는 우리가 직접 확인할 수 없는 대상의 속성을 기존 지식으로 확립한 선택 절차로써 간접적으로 관찰하는 것이다. 이와 같은 간접적 관찰은 과학에서 흔하다. 다음의 사례를 보자.

(iv) 까마귀 가설을 시험하기

b = 무인 드론에 카메라를 설치하고, 까마귀를 발견하면 사진을 찍도록 프로그래밍했다.

SP = 까마귀를 발견하면 사진을 찍도록 프로그래밍한 드론을 다양한 계절 및 장소에서 운용한 후, 드론이 촬영한 사진을 출력해 확인했다.

e = 사진 a_1, a_2, a_3는 검다.

h = 모든 까마귀는 검다

(iv)에서 우리가 직접 관찰하는 대상은 까마귀가 아닌 사진이다. 사진 a_1, a_2, a_3는 검기 때문에 이것은 검고 까마귀가 아닌 것의 집합, $\{\neg Ri\&Bi\}$에 속한다. 그리고 이 사진은 까마귀 가설의 증거

가 될 수 있다.[23] 왜냐하면 주어진 배경 정보 및 선택 절차 하에서 까마귀 가설을 이용해 왜 사진이 검은색인지 설명할 수 있기 때문이다. 우리에게는 확립된 사진 이론이 있고 이러한 설명이 옳다고 여긴다. 만약 촬영한 사진이 모두 검은색이 아니라 다른 색이었다면(검지도 않고 까마귀도 아닌 것), 그 사진들은 까마귀 가설을 부정하는 증거이다. 여기서 중요한 점은 사진이라는 대상을 얻고자 어떤 절차를 선택했는지(프로그래밍한 드론의 이용), 까마귀와 선택 절차, 관찰한 대상의 속성에 관한 충분한 정보가 있는 지이다.

덧붙여 사례 (iii)과 (iv)는 까마귀 역설만 아니라 실제 과학 탐구에서 더 생각해 봐야 할 문제를 던져준다. 까마귀 역설을 해명하면서 많은 이는 보편 조건문 가설 $(x)(Fx \rightarrow Gx)$에 대한 입증과 반입증은 주로 $\{Fi\&Gi\}$ 및 $\{Fi\&\neg Gi\}$에 속하는 대상으로 이루어진다고 여긴다. 그렇기에 $\{\neg Fi\&Gi\}$ 또는 $\{\neg Fi\&\neg Gi\}$에 속하는 대상은 가설의 입증에 기여하지 않거나 기여하더라도 매우 미약하다고 본다.[24] 그러나 실제 과학 탐구에서 나타나는 보편 조건문 가설의 입증과 반입증의 상당수는 $\{\neg Fi\&Gi\}$ 또는 $\{\neg Fi\&\neg Gi\}$에 속하는 대상으로 이루어진다. 우리는 어떤 대상의 속성을 확인하고자 그와 연결된 다른 대상의 속성을 관찰한다. 이를테면 정상적 환경에 놓인 형광등의 수명을 확인하려고 비정상적 환경에 놓인 형광등의 수명을 관찰한다. 화성의 표면이 어떤지 알려고 렌즈의 맺힌 상이나 화성 탐사선이 보내온 사진을 확인한다. 과거의 지형을 다루는 가설을 입증하려고 현재의 지형을 살펴본다. 이를 까마귀 가설에 적용하면 많은 경우, 까마귀가 아닌 대

[23] 물론 까마귀 가설의 높은 확률을 확보하려면 이보다 많은 사진이 필요하다. 편의상 이 정도로 $p(h|e\&b) \gg 0.5$가 확보된다고 하자.

[24] Mackie (1963); Horwich (1982), chapter 3; Howson and Urbach (2006), pp. 99-103; 박제철 (2014).

상의 속성으로 모든 까마귀가 검다는 가설을 입증하거나 반입증하려 한다.[25)]

6. 헴펠의 해명과 그 문제점

헴펠은 사람들이 검지도 않고 까마귀도 아닌 것이 “모든 까마귀가 검다”는 가설을 지지하지 않는이유는 객관적 근거 때문이 아니라 잘못된 직관 때문이라고 말한다. 그러면서 소듐이 없는 얼음을 태웠을 때를 논의했다. 이때 헴펠이 지적한 문제는 우리가 이미 시험 대상인 물질이 얼음이라는 사실과 그리고 ‘어떻게든(know anyhow)’ 얼음에는 소듐 염이 없다는 점을 미리 알았고, 바로 이 때문에 그러한 결과가 가설과 관련해 새로운 증거가 되지 못한다고 여긴다는 것이다. 그러나 우리가 문제에 영향을 미치는 부가적 지식을 주의 깊게 배제하고 증거가 가설을 지지하는지만 질문한다면 이미 얼음을 불에 태웠을 때 노란 빛이 나지 않는다는 사실이 “소듐은 노란 불꽃을 내면서 탄다”는 가설의 증거라는 점을 인정할 수 밖에 없다고 말했다.[26)]

그런데 정말로 어떤 실험의 결과를 미리 알았다면, 우리가 그러한 시험 결과를 증거로 간주하기를 거부하는가? 어떤 실험실에서 적절한 절차로 1M 염산 용액을 합성했다고 하자. 이 용액을 알루미늄에 부었더니 수소가 발생했고, pH 미터, pH 시험지 지시약 등을 이용해 시험한 결과 이 용액이 산이라는 결론을 내렸다. 이러한 상황에서 이 용액에 메틸 레드 지시약을 첨가했더니 용액이 붉은색으로 변했다고 하자. 우리는 이 용액이 적절한

---

25) 물론 까마귀는 과거의 지형이나 화성과 달리 우리가 직접 관찰할 수 있다. 다만 개인적 경험을 이야기하자면, 내가 까마귀를 직접 관찰한 사례보다 까마귀 영상이나 사진을 ‘관찰’한 사례가 훨씬 많다.

26) Hempel (1965), pp. 18-20.

절차에 따라 합성한, 산성인 염산 용액이라는 사실을 이미 안다. 그리고 용액에 메틸 레드 지시약을 첨가했을 때, 붉은색으로 변하면 용액이 산성이라는 점 역시, 헴펠의 표현처럼 ‘어떻게든’ 알고 있다. 직관에 대한 헴펠의 해석에 따르면 메틸 레드 지시약을 첨가한 결과를 그 용액이 산이라는 가설의 증거로 여기지 말아야 한다. 그러나 우리는 메틸 레드 지시약을 첨가했을 때, 용액이 붉은 색으로 변했다는 사실을 그 용액이 산이라는 가설의 또 다른 증거로 간주한다. 헴펠의 진단은 근본적으로 잘못됐다.

다음으로 헴펠은 “모든 까마귀는 검다”, “모든 소듐 염은 노란 빛을 내면서 탄다” 같은 가설을 시험하려고 검지 않은 것이나 노랗게 타지 않는 대상을 선택할 때, 검지 않거나 노랗게 타지 않는다는 사실 이외에도 대상에 관한 여러 가지 사실을 안다는 점을 지적했다. 이러한 지적은 옳다. 이 때문에 헴펠은 증거적 지지에 관한 심리적 환상이 발생하며, 증거적 관계를 제대로 파악하려면 배경 정보의 상당 부분을 제거해야만 한다고 주장했다. 그렇게 해야만 증거적 관계의 본질을 짚어낼 수 있다는 것이다. 헴펠의 주장을 따른다면 우리는 “모든 소듐 염은 노란 빛을 내면서 탄다”는 가설과 “소듐을 포함하지 않은 이 물질은 노란 빛을 내며 타지 않는다”는 관찰 보고만을 고려해야 한다. 그러나 이는 매우 기괴한 주장이다.

물론 어떤 추론 과정에서, 혹은 추론을 재검토하는 과정에서 배경 정보의 일부를 무시해 이상화된 상황을 상정할 수 있다. 그러나 지나친 이상화는 추론에 아무런 도움이 되지 않는다. 립튼이 지적한 바 같이 제거할 수 없는 배경 정보가 있다. 진자의 주기를 계산할 때 마찰이 없다고 상정할 수 있다. 그런데 진자를 매단 줄이나 그러한 줄의 길이를 무시한 이상화는 가능하지 않다. (Lipton 2004: 93) “모든 까마귀는 검다”는 가설에서 까마귀 및 검은색과 관련된 수많은 배경 정보, 이를테면 동물학, 조류학, 색지각, 빛의 성질 같은 정보 없이는 “모든 까마귀는 검다”는 가설이 무엇을 뜻하는지 분명하지 않으며, 그와 관련된 관찰조차 제

대로 수행할 수 없다. 이상화를 금지하지는 않지만 지나친 이상화는 아무것도 산출하지 못한다. 즉 배경정보를 극단적으로 제거하면 까마귀 역설에 문제가 없다는 헴펠의 반론은 과학적 탐구의 핵심 측면을 심하게 뒤틀어 버린다.

지금까지 살펴본 다양한 사례에서 드러나는 것처럼 관찰한 대상과 가설이 다루는 대상 사이의 어떤 정보, 관찰하는 데 쓰는 선택 절차에 관한 정보는 가설과 대상 사이의 증거적 관계를 파악하는 데 반드시 필요하다.

7. 나오며

까마귀 역설에 따르면 보편 조건문 가설 $(x)(Fx \rightarrow Gx)$에 대해, 어떤 대상이 집합 $\{\neg Fx \& \neg Gx\}$ 또는 $\{\neg Fx \& Gx\}$에 속하면 보편 조건문 가설의 증거가 된다. 그러나 증거란 가설을 수용할 좋은 이유가 돼야 한다는 애친슈타인의 증거 이론은, 어떤 대상이 $\{\neg Fx \& \neg Gx\}$ 또는 $\{\neg Fx \& Gx\}$에 속한다고 해도 '자동적으로' $(x)(Fx \rightarrow Gx)$의 증거가 되는 것은 아님을 보여준다. 그러한 대상과 가설 사이에 설명적 연결이 있거나, 설명적 연결이 있을 확률이 높아야 한다.

금속 불꽃 실험의 예처럼 소듐을 제외한 다양한 금속 불꽃의 독특한 색은 "소듐이 노란 불꽃을 내며 탄다"는 가설의 증거가 될 수 있다. 왜냐하면 소듐을 포함하는 금속의 불꽃색을 옳게 설명하는 더 근본적인 가설이 있기 때문이다. 그러나 빨간 구두나 흰 분필은 색을 설명함과 동시에 왜 까마귀의 색이 검은지 설명하는 가설이 없다. 더군다나 다양한 속에 속하는 동물을 관찰한 결과, 하나의 속에 다양한 색을 띤 구성원이 있다는 점을 확인한다면, 그러한 대상들은 까마귀 속에 단 하나의 색을 띤 구성원만 있다는 주장을 거부하도록 만든다.

이는 형식논리학에 근거한 선험적 분석만으로는 증거적 지지 관계를 해명할 수 없다는 점을 잘 보여준다. 우리가 검지도 않고 까마귀도 아닌 것이 “모든 까마귀는 검다”를 입증한다는 주장을 거부하는 이유는 단순히 검지도 않고 까마귀도 아닌 대상 집합에 속하는 어떤 대상이 까마귀 가설을 입증하지 못한다고 여기기 때문은 아니다. 우리가 거부하는 주장은 어떤 대상이건 그것이 검지도 않고 까마귀도 아닌 대상 집합에 속해 있다면, 그 외에 다른 정보가 없어도 까마귀 가설을 입증한다는 것이다. 그러나 증거적 지지 관계는 이렇게 간단히 분석할 수 없다.

애친슈타인이 역설한 바와 같이 “e는 h의 증거이다” 같은 증거적 진술은 그것의 참이 e와 h 외에도 다른 경험적 정보에 결정적으로 의존하기에 경험적으로 완결되지 않는다(empirically incomplete). 아마 관련된 정보를 하나도 남김없이 명시하는 방식으로 선험적 접근법을 유지할 수 있을지 모른다. 그러나 이는 불필요할 뿐만 아니라 대부분의 경우, 가능하지 않은 작업이다.[27)]게다가 6 절에서 살펴본 바와 같이 선택 절차까지 고려하면, h가 참인 경우에도 e가 h의 참에 아무런 기여를 못할 수 있다. e의 기여가 없다면 “e는 h의 증거이다”는 참이 아니다. 물론 때때로 배경 정보 일부를 의도적으로 무시할 수는 있다. 그러나 헴펠처럼 가설과 관찰 보고만을 따로 떼어 놓고 둘 사이의 논리적 관계만을 살피고자 하는 시도는 과학자들이 채택하는 증거 개념을 심하게 왜곡하기 때문에 도저히 받아들일 수 없다. 적어도 조류학자는 그러한 방식으로 새의 색을 탐구하지 않는다. 여자 친구가 신은 빨간 구두가 “모든 까마귀는 검다”의 증거인지 확인하려면 진술의 논리적 형식을 고민하기보다 빨간 구두와 까마귀의 검음을 모두 옳게 설명하는 가설이 있는지 다양한 방식으로 탐구해야 한다.[28)]

---

27) Achinstein (2000: S187-S188, 2013: pp. 21-22).

28) 물론 그러한 가설이 있을 것 같지는 않다.

참고문헌

박제철 (2014), 「헴펠의 역설에 대한 해결」, 『과학철학』 17권 3호, pp. 1-22.

전영삼 (2003), 「베이즈주의: 귀납 논리와 귀납 방법론의 역할 관계로부터 살펴보기」, 『과학철학』 6권 1호, pp. 39-52.

최원배 (2017), 「입증의 역설 다시 보기」, 『논리연구』 20권 3호, pp. 667-391.

Achinstein, Peter (1983), *The Nature of Explanation*, New York, NY: Oxford University Press.

________________ (2000), “Why Philosophical Theories of Evidence Are (And Ought to Be) Ignored by Scientists”, *Philosophy of Science* **67**(Proceedings): S180-S192.

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

________________ (2013), *Evidence and Method: Scientific Strategies of Issac Newton and James Clerk Maxwell*, New York, NY: Oxford University Press.

Fitelson, Branden (2006), “The paradox of confirmation”, *Philosophy Compass* **1**(1): 95-113.

Hempel, Carl G. (1965), *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York, NY: The Free Press.

Horwich, Paul (1982), *Probability and Evidence*, New York, NY: Cambridge University Press.

Howson, Collin and Urbach, Peter (2006), *Scientific Reasoning: The Bayesian Approach*, 3rd edn., Chicago, IL: Open Court.

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

Mackie, John L. (1963), “The Paradox of Confirmation”, *The*

British Journal for the Philosophy of Science **13**(52): 265-277.

Swinburne, Richard G. (1971), “The Paradoxes of Confirmation: A Survey”, *American Philosophical Quarterly* **8**(4): 318-330.

논문 투고일	2018. 02. 07.
심사 완료일	2018. 03. 05.
게재 확정일	2018. 03. 23.

Raven Hypothesis and non-ravens

Wonki Her

Can a red shoe be evidence that all ravens are black? Many people say “No”. Because a red shoe is irrelevant to the color of ravens. However, Carl G. Hempel argues that non-black non-ravens, such as a red shoe, a white chalk, and a yellow caterpillar, are evidence that all ravens are black. This is the famous puzzle of confirmation, known as the paradox of ravens.

In this paper, I will explicate the nature of evidential support relationship between universal conditional sentences and observations based on Peter Achinstein’s theory of evidence. This explication shows that not only can black non-ravens, and non-black non-ravens be evidence that supports the raven hypothesis, but they can also be evidence that undermines the hypothesis. The evidential support is a complex concept that cannot be analyzed by formal logic only. Whether a set of observations counts as evidence that a hypothesis is true depends on explanatory connection between hypothesis and objects and selection procedure employed in choosing objects for observations.

Keywords: the paradox of confirmation, the paradox of ravens, confirmation, evidence, explanatory connection, Carl G. Hempel, Peter Achinstein