

A historical examination of the evidence for cognitive maps from studies using the sunburst maze

Munsoo Kim[†]

Department of Psychology, Chonnam National University

Tolman, Ritchie and Kalish (1946a) showed that rats in a maze could take a shortcut to the goal box when the learned pathway was blocked and several new pathways installed. This finding seemed to reject the behavioristic theory that animals learn specific stimulus-response sequences in maze learning tasks, and provide a strong evidence that rats can have cognitive maps. However, several subsequent studies failed to replicate the finding, which is not generally known among psychologists. This paper aims to help students and young psychologists with strong cognitive orientation take a balanced view on behaviorism by showing that the behavior of rats in Tolman et al. (1946a)'s sunburst maze might be better explained in terms of S-R theory.

Keywords: cognitive map, sunburst maze, behaviorism, cognitivism, S-R theory

1차원고접수 21.11.26; 수정본접수: 22.01.06; 최종게재결정 22.01.10

인지 지도(cognitive map)¹⁾와 잠재학습에 대한 연구로 유명한 심리학자 Edward C. Tolman은 1946~1951년에 공간학습에 대한 9편의 논문(때로는 자신이 저자로 포함되지 않았지만)을 시리즈로 발표하였다. 이 일련의 연구에서 Tolman이 보여주고자 한 것은 미로학습을 하는 쥐가 자극-반응 이론(S-R theory)으로 대표되는 당시의 행동주의의 주장처럼 단순히 특정한 자극-반응 연쇄를 학습하는 것(즉, 반응학습)이 아니라 인지 지도라는 정신적 지도를 형성한다는 것(즉, 장소학습)이었다. 잘 알려져 있다시피 인지 지도 같은 인지적 매개변인들을 제안함으로써 Tolman은 미국에서 행동주의와 인지주의 사이의 중요한 연결 고리 역할을 한 학자로 평가된다(Goodwin, 2015, 318쪽).

Tolman의 이 논문 시리즈에서 아마도 가장 중요한 자리를 차지한다고 할 수 있는 첫 번째 논문 Tolman, Ritchie와

Kalish(1946a)는 미로학습을 한 쥐가 학습했던 길이 차단되고 새로운 길들이 생기면 목표지로 가는 최단 거리의 지름길을 선택한다는 것, 즉 한 번도 수행된 적이 없어서 강화받았을 리가 없는 반응을 한다는 것을 보여주었다. 이는 동물이 인지 지도를 습득하는 능력이 있음을 지지하는 대단히 인상적인 증거로서, S-R 이론을 정면으로 반박하면서 행동의 설명에서 인지적 개념들이 꼭 필요한 것처럼 보이게 한다. 그러나 앞으로 살펴보겠지만 이 결과는 재현되지 않는 것으로 평가된다. 또한 이 결과를 연합주의적으로 설명하려는 시도(Birch & Korn, 1958)도 있었다. 이러한 후속 연구들은, 적어도 필자가 아는 한, 심리학 교과서에서 언급된 적이 없다. 따라서 인지주의가 주류가 된 1970년대 이후의 심리학계 분위기 속에서 심리학을 배운 사람들 대부분은 Tolman의 인지 지도 연구를 비롯하여 행동주의로 설명하기 힘들다고 간주되었던 몇 가지 발견 때문에 인지혁명(cognitive revolution)이 일어났으며 “행동주의는 죽었다”라는 생각을 당연한 것으로 받아들여지게 되었다. 그러나 사실상 인지혁명이란 것이 정말로 일어났던가에 대해서조차 상당히 뜨거운 논쟁이 있었으며(Watrin & Darwich, 2012를 보라), 인지혁

[†] 교신저자: 김문수, 전남대학교 심리학과, (61186) 광주광역시 북구 용봉로 77(용봉동), E-mail: mkim@jnu.ac.kr

1) 지금까지 cognitive map은 인지도(認知圖)라고 번역되었으나, 이 용어는 어떤 사람이나 물건을 알아보는 정도라는 뜻의 인지도(認知度)와 혼동하기 쉬우므로 본 논문에서는 뜻을 더 명확하게 전달하는 인지 지도(認知地圖)라는 새로운 용어로 대체하고자 한다.

명이 실수였던가라고 묻는 인지심리학자(Hintzman, 1993)도 있었다. 행동주의는 죽었다고 믿는 사람들에게 인지심리학자 H. L. Roediger, III가 Association for Psychological Science(APS)의 회장으로 2004년도에 B. F. Skinner의 탄생 100주년을 기념하여 APS의 기관지 *Observer*에 게재된 칼럼 “What happened to behaviorism”을 일독하기를 권한다.

본 논문은 행동주의가 죽지 않았거나 인지 지도라는 개념이 틀렸다고 주장하기 위한 것이 아니다. 그보다는 심리학에 빠져들고 있을 학생들과 연구 활동을 활발히 시작하고 있을 젊은 심리학자들이 행동주의와 인지주의 사이에서 어느 한쪽에 지나치게 매몰되지 않는 균형 잡힌 시각을 갖출 수 있도록 도움이 되는 것이 목표이다. 다시 말하면, 이미 인지주의적 틀 속에서만 사고하고 있을 학생들과 신진 심리학자들에게 구시대의 유물 취급을 받는 행동주의에 대해 좀 더 진지하게 생각해 보기를 요청하고자 한다. 이를 위해 인지심리학의 성립에 중요한 한 가지 추동력이 되었던 인지 지도라는 개념을, 구체적으로 좁혀 말하자면 Tolman 등(1946a)의 “햇살 미로(sunburst maze, Figure 1의 오른쪽 그림을 보라)”를 사용한 실험 결과와 이를 반박하는 연구들을 비판적으로 살펴볼 것이다. 인지 지도는 다양한 미로와 절차를 사용하여 연구되어 왔으므로 그 모든 것을 여기서 다루기는 불가능하여 가장 인상적인 초기의 연구가 이루어진 햇살 미로를 사용한 실험 결과들을 주로 살펴볼 것이다. 현재 한국의 대학교들의 심리학과에서 심리학사 과목이 실제로 개설되는 경우는 많지 않아 보인다. 심리학사를 배운다고 하더라도 커

다란 학문적 흐름의 변화만을 주로 다루게 되어 본 논문에서 살펴볼 바와 같은 연구들은 그 이론적 중요성에도 불구하고 아무도 모른 채로 묻혀버리기 십상이다. Tolman의 햇살 미로 실험 같은 것을 처음 접한 사람들은 인지주의적 사고들에 딱 들어맞는 결과에 감탄하면서 더 이상의 비판적 사고를 하지 않게 되는 것 같다(필자도 그랬듯이). 심리학 교과서들도 후속 연구에 대해서는 알려주지 않으므로 Tolman의 햇살 미로 실험 결과가 아무런 반박도 받지 않은 최종적인 사실로서 받아들여지기 쉽다. 하지만 인지 지도와 관련된 연구 결과들은 과거에도 그랬고 지금도 그렇듯이 단순하지 않으며, 심지어 인지 지도라는 개념이 더 이상 유용하지 않다(Bennett, 1996)거나 포유류가 인지 지도를 형성할 수 있다는 가정을 버려야 한다(Benhamou, 1996)라는 주장까지 하는 학자들도 있다. 따라서 현재 많은 사람이 아무런 의심 없이 받아들이는 인지 지도라는 개념의 중요한 한 증거가 얼마나 믿을 만한지를 역사적 관점에서 자세히 들여다볼 필요가 있다.

Tolman의 햇살 미로 연구

Tolman 등(1946a)은 먹이 보상을 향해 길을 찾아가는 미로 학습을 하는 쥐가 S-R 이론에서처럼 특정한 자극-반응 연쇄를 습득하는 게 아니라 목표 장소에 먹이가 있다는 기대를 습득하게 된다고 주장하면서 후자의 가설을 “기대 이론(expectancy theory)”이라 불렀다. 이 1946년도 논문에서는 인지 지도라는 용어가 사용되지 않았으나 Tolman은 1948년

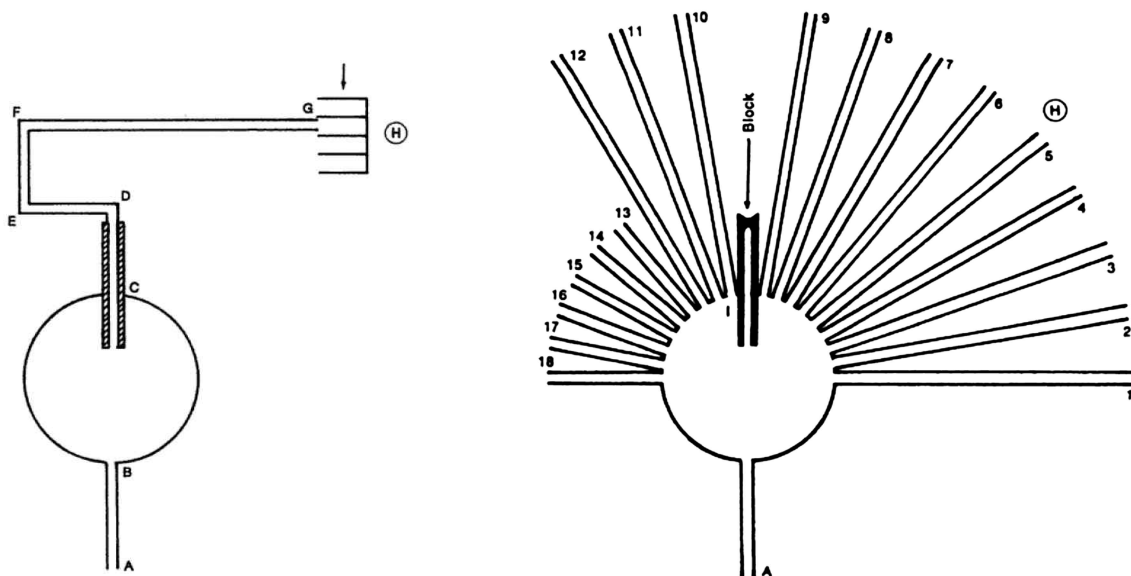


Figure 1. Maze used in training (left) and the “Sunburst maze” used in testing (right) in Tolman et al. (1946a).

See text for explanation.

Table 1. Percentage of rats choosing the numbered pathway of sunburst maze.

	pathway number of the sunburst maze																	
	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T							2	4	7.5	2	7.5	6	36	4	4	2	9	17
G-H1	8.3	12.5	4.2	4.2			16.6		12.5	25	4.2						8.3	4.2
W-L					5		5	5	10	5	15	5	20	10		5		15
W-A	25						5	5		5	30	5	15	5				5
W-S	10				15		5		15	25	15				5		5	5
G-H2	16.1	3.2	3.2				6.4	3.2	12.9	19.3	6.4	9.6			6.4		6.4	6.4
G-9T		6	5	5	5	10	5		20	10	5	15					5	5

※ T refers to Tolman et al. (1946a). G-H1, G-H2 and G-9T refer to experiments in Gentry et al. (1947). W-L, W-A and W-S refer to experiments in Wilson and Wilson (2018). See text for more detailed explanations.

도 논문에서 이 용어를 최초로 도입하면서 그 증거의 하나로 햇살 미로에 대한 실험 결과를 포함하였다. 쥐가 미로학습에서 인지 지도를 형성하는지를 어떻게 검증할 수 있을까? 학습했던 길을 차단하고 새로운 길들을 열어주어 어떤 길을 택하는지 보는 것이 한 가지 방법일 것이다. 정말로 미로에 대한 정신적 지도를 갖고 있다면 새로운 길들 중 목표로 가는 가장 가까운 길을 택할 것이라고 예측할 수 있다. 따라서 Tolman 등(1946a)은 Figure 1의 왼쪽 그림과 같은 미로에서 쥐를 훈련시킨 후, 오른쪽 그림과 같은 미로에서 검사를 했다.

훈련용 미로는 원탁과 직선 경로들로 이루어진 것으로서, 알파벳은 미로의 각 지점을 가리킨다. CD 경로 양쪽의 빗금 표시 부분은 길이 30인치, 높이 18인치의 나무판으로 된 벽이 있음을 의미한다. 다른 모든 부분에는 벽이 없으므로 CD 경로(원탁에 걸친 부분을 포함하여)만이 벽이 있는 “골목길”이 되는데, 이는 곧 쥐가 CD 경로 외의 다른 곳에서는 사방을 볼 수 있다는 말이다. Figure 1의 왼쪽 그림에서 화살표가 가리키는 것은 여러 칸으로 이루어진 먹이 상자이며, ⑩는 실험이 행해진 방의 유일한 조명(탁상용 램프의 5W 전구가 FG 경로 방향으로 빛을 비춤)을 의미한다. 검사에는 Figure 1의 오른쪽 그림과 같이 훈련용 미로에서 AB와 CD 경로를 제외한 나머지 모든 경로를 제거하고 CD 경로의 골목길 끝을 막은 후, 18개의 새로운 경로를 원탁에 연결한 햇살 모양의 미로가 사용되었다. 13~18번의 경로가 짧은 것은 실험실이 충분히 넓지 않았기 때문이다.

훈련은 쥐가 미로에 익숙해지도록 이를 동안 먹이 상자가 있는 G 지점으로부터 점차로 먼 곳에서 쥐를 출발시키는 방식으로 진행되었다. 제3일과 제4일에 A 지점에서 G 지점까지 가는 훈련 시행이 총 5회 실시되었다. 제5일에 실시된 검

사에서는 A 지점에서 출발한 쥐가 CD 경로로 들어갔다가 막다른 골목에 다다라 되돌아 나온다. 그리고는 원탁과 새로운 경로들을 탐색하게 되는데, 쥐가 한 경로를 선택하여 그 경로 끝까지 가면 검사가 종료된다. 6분이 지나도록 선택을 하지 않으면 ‘무 선택’으로 판단하고 쥐를 꺼낸다.

햇살 미로에서 쥐들은 어느 길을 선택했을까? Tolman 등 (1946a)의 연구에서 ‘무 선택’을 기록한 쥐 3마리를 제외한 53마리의 검사 결과가 Table 1의 T행에 나타나 있다. 만약 훈련 시에 쥐가 특정 경로로 가는 “반응 경향성”을 습득했다면 CD 경로와 가장 가까운 9번이나 10번 경로를 선택해야 할 것이다. 그러나 이 경로들을 선택한 쥐는 합쳐서 9.5%밖에 안 된 반면, 한 번도 가본 적이 없는 가장 짧은 지름길인 6번 경로를 택한 쥐가 36%나 되었다. 이는 물론 쥐가 인지 지도를 습득했음을 지지하는 결과이다.

햇살 미로를 사용한 후속 연구

하지만 이 결과가 다른 연구들에서는 재현되지 않았다. Gentry, Brown과 Kaplan(1947)은 Tolman 등(1946a)의 미로와 똑같은 미로 및 절차를 사용하여 반복검증 연구를 수행했다. 검사 시에 사용된 햇살 미로의 모든 경로가 똑같은 길이(즉, 13~18번 경로가 다른 경로들만큼 길었음)인 점만 Tolman 등(1946a)과 달랐다. 실험 결과, 37.5%의 쥐가 9번 또는 10번 경로를 택한 반면, 지름길인 6번 경로를 택한 쥐는 한 마리도 없었다(Table 1의 G-H1행). 혹시나 13~18번 경로가 길었기 때문일까? 그것은 아니다. Tolman 등(1946a)과 똑같이 13~18번 경로가 짧은 햇살 미로를 사용한 Birch와 Korn(1958)의 연구에서도 역시 그 결과가 재현되지 않았다.²⁾ 이 연구자들은 쥐가 한 경로를 선택하여 끝까지 가는

최종 선택뿐만 아니라 어떤 경로에 들어갔다 나오는 출입행동(entry, 꼬리를 제외한 몸통 전체가 들어가는 것으로 정의됨)도 분석하였다. 최종 선택은 한 마리 당 한 번 밖에 나올 수 없지만 출입행동은 여러 차례 나올 수 있다. 그 결과, 8~11번 경로가 개수로 보면 전체 경로의 22%만 차지할 뿐이나 이 경로들에 대해서 기록된 출입행동은 총 출입행동의 50%가 넘었다. 반면에 5~7번 경로에 대한 출입행동은 18%를 넘지 못했다. 이 연구들이 반복검증에 실패한 이유에 대해서는 어느 연구자도 설명을 제시하지 않았고, 필자가 아는 한, Tolman은 어느 논문에서도 이 두 연구를 언급한 적이 없다.

그런데 최근에 Tolman 등(1946a)의 미로를 가상현실로 묘사한 환경에서 인간을 대상으로 훈련 및 검사를 한 Wilson과 Wilson(2018)의 연구에서는 그 결과가 재현되었다. 하지만 이 연구에서도 그런 결과가 참가자들이 인지 지도를 습득했음을 의미하는 것은 아니었다. Wilson과 Wilson(2018)은 Tolman 등(1946a)에서 목표 상자 위에 있던 불빛이 등대처럼 표지물로 작용하여 검사 시에 쥐들이 인지 지도가 없더라도 단순히 그 불빛(Ⓜ)을 향해 6번 경로³⁾로 갔을 가능성을 지적하였다. 물론, 이러한 가능성을 이미 의식하고 있었던 Tolman 등(1946a)은 다음과 같은 논리로 방어하였다. 훈련 시에는 쥐가 불빛을 정면으로 보는 반면에 검사 시에 6번 경로를 택한 쥐는 불빛을 50° 옆에서 보게 된다.⁴⁾ 즉 두 상황에서 불빛이라는 표지물이 다른데도 불구하고 불빛을 향해 가기 위해 6번 경로를 선택하려면 자극 일반화가 일어나야 한다. 만약 실제로 자극 일반화가 일어났다면 6번 경로 다음으로 바로 옆의 5번과 7번 경로가 다른 경로보다 더 많이 선택되어야 한다. 그러나 결과는 보다시피 그렇지 않았다(Table 1의 T행).

그런데 이러한 해석은 쥐들이 검사 시에 새로이 맞닥뜨린 18개나 되는 새로운 경로를 불빛의 도움 없이도 오로지 방향 감각에만 의존하여 구분할 수 있는 놀라운 능력이 있다는 것을 전제로 한다. 왜냐하면 새로운 경로들은 모두 똑같

이 보이게 만들어진데다가 경로들 간의 각도는 10° 에 불과하기 때문이다. 6번 경로는 정확히 목표 상자를 향하고 있지만 5번과 7번 경로 역시 목표 상자에 상당히 가깝다. 바꾸어 말하자면, 6번 경로는 100% 정답이지만 5번과 7번 경로도, 예컨대 80% 정답이라는 것이다. 이와 같은 점을 지적하면서 Gentry 등(1947)은 그런 상황에서 쥐가 인지 지도를 바탕으로 선택한다면 우리는 그 선택이 6번 경로 주위로 군집화될 것으로 기대하게 된다고 말한다. 그러나 그런 군집화된 선택으로 보이는 결과는 얻어지지 않았다. 이는 쥐에게 인지 지도와 함께 놀라운 경로 변별 능력이 있음을 보여주는 것이거나, 아니면 6번 경로의 선택이 우연에 의한 결과일 가능성을 제기한다.

Wilson과 Wilson(2018)의 연구에서 훈련과 검사 시에 목표 장소에 불빛을 그대로 유지한 조건에서는 6번 경로를 선택한 참가자가 20%로서 가장 많았다(Table 1의 W-L행). 하지만 목표 장소에 뚜렷한 불빛 단서 없이 미로 전체에 간접조명(ambient lighting)을 비춘 상태에서 훈련과 검사를 실시한 조건에서는 9번 또는 10번 경로를 선택한 참가자가 합쳐서 35%였다. 이와 대조적으로 6번 경로를 선택한 참가자는 5%밖에 되지 않았다(Table 1의 W-A행). 훈련 시에 동북 방향에 있던 불빛이 검사 시에 서북 방향으로 이동된 조건에서는 9번 또는 10번 경로를 선택한 참가자가 합쳐서 30%였고, 서북 방향의 14번 경로를 선택한 참가자가 15%였다(Table 1의 W-S행).⁵⁾ 이러한 결과는 쥐뿐만 아니라 인간조차도 햇살 미로에서 인지 지도를 바탕으로 선택하기보다는 목표 장소와 연관된 표지물로 향하는 선택을 하거나 어떤 반응 경향성을 습득한 것처럼 행동한다는 것을 의미한다. 특히 간접조명 조건은 목표 장소를 알려주는 표지물이 없기에 인지 지도가 습득되거나(장소학습) 특정한 반응 경향성이 습득되는(반응학습) 두 가능성 중 어느 것이 우세할지를 알 수 있는 조건이다. 이 연구에서 얻어진, 간접조명 조건에서 반응학습이 훨씬 우세하다는 결과는 인지 지도가 아니라 오히려 S-R 이론을 지지하는 것이라 할 수 있다.

불빛 단서의 역할에 대해서는 앞서 언급한 연구들도 이미 다룬 바 있다. Gentry 등(1947)은 검사 시에 불빛을 14번 경로 끝으로 옮겨놓은 실험과 원래 위치인 5번 경로 끝에 더 강한 불빛(40W 전구)을 두고 훈련 및 검사를 하는 실험을 실시했다. 불빛을 다른 위치로 이동시켜 검사를 하든(Table 1의 G-H2행) 더 강한 불빛을 사용하면 9번이나 10번 경로가 가장 많이 선택되고 지름길은 선택되지 않는다는

2) Birch와 Kom(1958)의 자료 분석 방법이 달라서 우리가 알 수 있는 것은 5~7번 경로와 12~14번 경로(즉, 5~7번 경로와 대칭적인 위치의 왼쪽 경로들)를 최종 선택한 쥐의 수가 각각 0, 1마리(Table 1의 Group D)라는 것뿐이다. 이 실험집단의 12마리 쥐 중에서 6분 안에 어느 경로든 최종 선택한 쥐의 수는 총 7마리이다.

3) 햇살 미로에서 불빛은 사실 Figure 1에서 보듯이 5번 경로에 제일 가까이 있으나 훈련 시에 목표 상자가 있던 위치는 6번 경로의 끝에 더 가깝다.

4) 이는 쥐가 FG 경로 상에 있을 때의 이야기인데, 원탁 부분에 있을 때는 불빛을 당연히 옆에서 보게 될 것이다. 왜 이에 대한 언급이 없는지는 이해하기 힘들다.

5) 이 세 조건 모두에서 참가자의 수가 각각 20명이었으므로 5%는 1명을 의미한다.

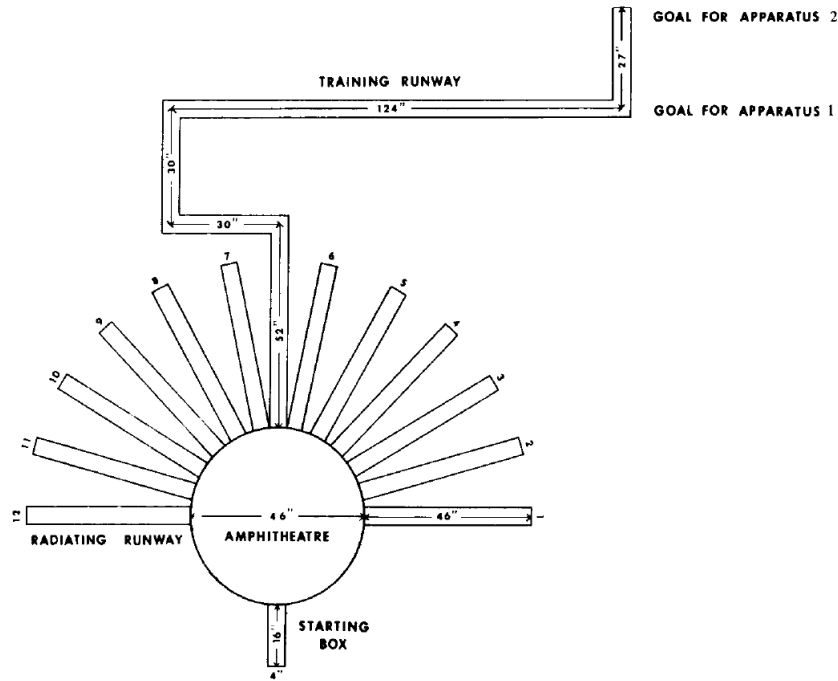


Figure 2. Maze used in Young et al. (1967). See text for explanation.

결과는 달라지지 않았다. Birch와 Korn(1958)도 또한 검사 시에 불빛을 반대 방향으로 옮기든 좌우 모두에 밝혀 두든 상관없이 CD 경로에 가까운 경로들이 선택된다는 결과를 얻었다. 불빛의 역할에 대한 동물 연구와 인간 연구는 인지 지도를 지지하지 않는 결과를 내놓았다고 할 수 있다.

그런데 Young, Greenberg, Paton과 Jane(1967)⁶⁾은 불빛이라는 시각 단서를 제거하여 표지물로 작용하지 못하게 한 실험에서 Tolman 등(1946a)과 유사한 결과를 얻었다. 하지만 이번에도 역시 그 결과가 인지 지도의 존재를 지지하는 것은 아니었다. Young 등(1967)은 조명을 미로 속에다 두었고, 동물이 미로에서 바깥을 볼 수 없게 만들었다.⁷⁾ 게다가 동물도 불투명한 상자 속에 넣어서 미로까지 운반함으로써 미로의 외양을 동물이 볼 수 없게 했다. 즉 동물이 미로가 어떻게 생겼는지를 미로 안에서도, 밖에서도 볼 수 없는 환

경이었다. 원탁 위쪽에는 일방경을 두어 실험자가 동물의 행동을 관찰할 수 있었다. 훈련은 동물이 먹이 상자까지 가는데 1분 미만이 걸릴 때까지 진행되었다. 검사 결과는 전반적으로 먹이 상자가 있던 오른쪽 방향의 경로들에 대한 반응이 훨씬 더 많아서 Tolman 등(1946a)의 결과가 재현된 것처럼 보였다. 하지만 이 연구의 특기할 만한 점은 훈련 미로에서 먹이 상자에 도달하기 전에 왼쪽으로 꺾어지는 짧은 경로가 추가된 집단이 있었다는 것이다. Young 등(1967)은 Tolman 등(1946a)에서 쥐들이 CD 골목길 끝에서 좌회전-우회전-우회전 반응 후에 목표에 도달했기 때문에 좌우 회전 반응의 수가 동등하지 않다는 점을 지적했다. 따라서 검사 시에 오른쪽 경로들을 선택하는 이유가 우회전 반응을 하는 경향성이 더 강하게 습득되었기 때문일 수 있다는 것이다. 목표 상자에 도달할 때까지 좌회전, 우회전 반응의 수가 똑같이 만들어진 미로(Figure 2의 apparatus 2)에서 훈련받은 집단은 검사 시에 오른쪽 경로들을 선호하는 반응을 나타내지 않았다. Young 등(1967)은 시각 단서를 제거하고 좌우 회전 반응의 수를 동등하게 만들자 검사 시의 왼쪽 또는 오른쪽 경로에 대한 차별적 반응이 사라졌다고 결론내렸다. 이 연구는 햇살 미로에서 동물의 선택이 어떤 ‘반응’을 학습했는가에 좌우됨을 보여주는데, Tolman이라면 그 훈련 환경이 반응학습이 일어나기 쉽게 편향되어 있었다고 반박할지도 모른다. 왜냐하면 쥐들이 목표 상자의 위치를 시각적으로는 알 수가 없었고 따라서 운동감각적 단서(kinesthetic cue)에 주로 의존해야 했을 것이기 때문이다. 그런 점에서 Young 등(1967)

6) 이 연구는 2쪽짜리 짧은 보고서라서 자세한 훈련 및 검사 절차가 기록되어 있지 않으며, 햇살 미로의 경로 수도 18개가 아니라 12개로서 Tolman 등(1946a)과는 약간 다르다. 그러나 저자들이 Tolman의 인지 지도 연구를 재고찰하고자 한다고 명백히 밝히고 있으므로 기본적인 절차들이 Tolman 등(1946a)과 유사한 것으로 가정할 수 있다.

7) 이 연구에서 사용된 도구에 대한 설명도 자세하지 않다. 미로를 내부에서 조명(illuminated from within)하였으며 쥐가 외부를 볼 수 없도록 차단했고(sealed to prevent visual access to the outside) 원탁 위에 일방경을 설치하여 관찰했다는 점으로 미루어 보건대 각 경로마다 양쪽으로 벽이 서 있는 “골목길” 미로인데다가 경로 위에 지붕까지 덮여 있었을 것으로 생각된다. 그래야만 미로학습에 미칠 시각 단서의 영향을 제거할 수 있을 것이기 때문이다. 조명의 위치나 강도는 언급되어 있지 않다.

의 미로는 Wilson과 Wilson(2018)의 간접조명 조건과 유사하다고 볼 수 있는데, 그런 환경이 반응학습에 유리하게 편향되어 있을 수 있다 하더라도 인지 지도가 형성되기 불가능한 상황은 아닐 것이다. 어쩌면 더 많은 훈련을 거칠 경우 미로에 대한 인지 지도가 습득될지도 모른다. 이러한 가능성은 이미 Tolman 등(1967)이 언급하였으며, 다른 연구자들이 이를 검증하는 실험을 실시했다.

Tolman 등(1946a)의 연구에서 왜 대부분이 아니라 대략 1/3 정도의 쥐만 지름길을 선택했을까? 저자들은 다른 2/3 정도의 쥐들은 먹이 상자의 위치를 충분히 학습하지 못했고, 따라서 더 많은 훈련을 받았다더라면 지름길을 선택했을 것이라고 주장했다. Gentry 등(1947)은 더 많은 훈련의 효과를 알아보기 위해 원래의 훈련 절차에다가 5일에 걸쳐 9시행을 추가로 실시했다. 훈련 마지막 날인 제9일에는 모든 쥐가 A 지점에 놓이자마자 곧바로 CD 골목길을 지나 먹이 상자로 갔다. 제10일에 실시한 검사 결과, 9번 또는 10번 경로를 택한 쥐가 30%였고 6번 경로를 택한 쥐는 한 마리도 없었다 (Table 1의 G-9T행). Birch와 Korn(1958)도 Tolman 등(1946a)의 반복검증에 사용한 쥐들에게 10일에 걸쳐 총 20시행을 더 훈련시켰다. 이 연구에서는 Gentry 등(1947)과 달리 훈련을 더 많이 시키자 불빛의 영향력이 더 커졌다는 결과가 얻어졌다. 예컨대 불빛을 원래 위치의 반대쪽인 서북 방향으로 옮긴 조건에서는 모든 최종 선택이 CD 골목길의 왼쪽 경로들에 대해 나왔으며 오른쪽 경로들에 대해서는 하

나도 나오지 않았다. 출입행동 자료는 여전히 CD 골목길 주변의 새 경로들에 대한 반응이 가장 많음을 보여주었다. 두 연구의 결과가 다르기는 하나 어느 경우에도 Tolman 등(1946a)의 예상처럼 더 많은 훈련으로 인해 지름길을 선택하는 쥐가 많아지지는 않았다.

그런데 어느 정도나 훈련을 시켜야 충분히 학습이 되었다고 할 수 있을까? Tolman 등(1946a)과 Gentry 등(1947)의 연구에서는 훈련 시에 오류를 측정할 수 없어서 학습이 어느 정도 되었는지를 알 수가 없었다. 따라서 Gentry, Brown과 Lee(1948)는 8개의 선택 지점이 있는 다중 T-미로(Figure 3의 왼쪽 그림)를 사용하여 쥐 80마리를 하루에 한 시행씩 11일간 훈련시켰다. 쥐는 A 지점에서 출발하여 불빛(Ⓜ, 7.5W) 근처의 먹이 상자로 가기를 학습했다. 막다른 골목을 선택하는 오류는 꾸준히 감소하여 11일째에 쥐 한 마리당 평균 0.35개가 되었다. 검사 시에는 학습된 경로를 차단하고 10개의 새로운 경로를 원판에 연결하였다(Figure 3의 오른쪽 그림). 만약 쥐들이 먹이 상자에 가장 가까운 지름길인 8번 경로를 선택한다면 인지 지도를 형성했다고 말할 수 있을 것이다. 그러나 실험 결과, 52.5%의 쥐가 차단된 경로와 가장 가까운, 그러나 먹이 상자와는 반대 방향을 향하는 2번 또는 3번 경로를 선택했다. 5%의 쥐들만이 8번 경로를 선택했는데, 이는 나머지 다른 경로 각각을 선택한 쥐의 비율과 유사했다. 이 결과는 쥐가 원탁에서 왼쪽으로 도는 반응을 학습했음을, 즉 장소학습보다는 반응학습을 했음을 지지한다.

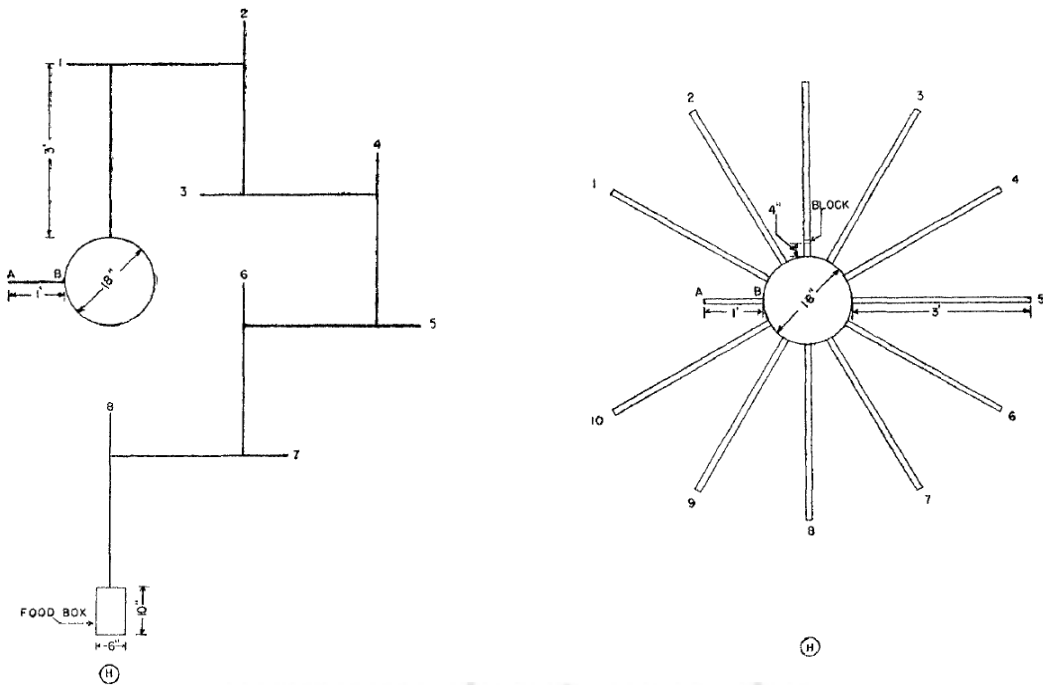


Figure 3. Mazes used in training (left) and testing (right) in Gentry et al. (1948). Ⓜ indicates light.

논의 및 맺음말

지금까지 살펴본 바를 요약하면, 여러 연구가 Tolman 등 (1946a)의 결과를 재현할 수 없었고, 재현한 듯이 보이는 경우에도 그것이 인지 지도의 존재를 지지하는 것은 아니었다. Miller(2021)는 햇살 미로에서 목표지점을 알려주는 표지물(불빛)이 있었기 때문에 그 실험 결과가 오늘날에는 인지 지도의 증거로 받아들여지지 않을 것이라고 지적한다.

Tolman 등(1946a)의 결과의 재현 실패는 학술 논문에서는 명백히 언급되지만(Muir & Taube, 2004; Olton, 1979), 심리학 교과서에서는 전혀 그렇지 않다(Jensen, 2006). 이러한 반복검증 실패가 널리 알려지지 않아서 아직도 많은 사람이 햇살 미로 실험 결과를 인지 지도의 중요한 증거로 생각하게 된 이유가 무엇일까? 추측해 보자면, 그런 재현 실패가 사소한 것으로 또는 우연한 것으로 간주되어 전반적으로 무시되었을 가능성이 있다. Tolman이 공간학습에 대한 9편의 논문을 일련번호를 붙여가며 발표한 1946~1951년 기간에 햇살 미로를 대상으로 장소학습을 반박한 연구는 Gentry 등 (1947, 1948)이 발표한 두 편뿐인 것으로 보인다. 햇살 미로 뿐 아니라 다른 여러 도구를 사용하여 공간학습을 연구하고 있던 Tolman의 입장에서는 인지 지도라는 개념을 지지하는 다른 증거(Tolman, 1948을 보라)도 많았기 때문에 설령 햇살 미로 실험 결과가 재현되지 않는다 하더라도 큰 문제는 아니라고 생각했을지 모른다. Tolman의 논문 시리즈에서 둘째 논문(Tolman, Ritchie, & Kalish, 1946b)부터는 십자형 미로⁸⁾가 주로 사용되었고 햇살 미로는 다시 사용된 적이 없다는 사실이 이런 가능성에 무게를 더할 수 있을 것이다. 이와 함께 또한 원래의 결과가 워낙 인상적이어서, 후속 연구를 관심을 갖고서 추적⁹⁾한 사람이 아닌 한 그것이 재현되지 않는다는 사실을 알기가 쉽지 않았을 것이다.

햇살 미로 연구 결과의 재현 실패에도 불구하고 인지 지도라는 개념은 공간학습과 관련하여 대단히 많은 연구를 촉발하였고 많은 증거가 누적되어 현재로는 실험심리학 분야에서 상식과도 같은 것이 되었다. 그러나 한편으로는 앞서 언급한 인지 지도에 대한 회의적인 관점도 소수의 견해이긴 하지만 여전히 남아있다. Miller(2021)에 따르면 인지 지도에 대한 논쟁이 지금까지 약 80년간 지속되고 있는데, 그중에서도 여전히 가장 흔한 질문은 인지 지도가 존재하는가이다.

8) 한 고정된 출발점에서 미로학습을 시킨 후 동물을 반대편에서 출발시키면 목표지점으로 가는지를 검사함으로써 반응학습과 장소학습을 구분할 수 있는 십자 모양의 미로

9) Gentry 등(1947), Birch와 Korn(1958), 그리고 Young 등(1967)의 연구는 대략 10년 간격으로 발표되었다.

그리고 인지 지도의 존재 여부에 대한 기준은 여러 가지가 있지만 그중에서도 최종적인 것은 동물이 목표지로 가는 완전히 새로운 지름길을 선택할 수 있는가이다. Tolman 등 (1946a)의 햇살 미로 연구가 바로 이것을 보여주려 한 것이었다. Bennett(1996)은 인지 지도보다 더 단순한 대안 가설들이 제거되지 못했기 때문에 이 개념이 더 이상 유용하지 않아서 사용하지 말아야 한다고 주장했다. 하지만 최근 Harten, Katz, Goldshtein, Handel과 Yovel(2020)은 박쥐가 진정으로 새로운 지름길이라 할 수 있는 직선 경로로 귀소(歸巢)할 수 있음을 보여주었다. 물론 이 연구에서도 우리가 알지 못하는 어떤 표지물(햇살 미로에서의 불빛 같은)을 박쥐들이 이용할 가능성은 여전히 남아있지만 말이다.

그런데 어떤 동물이든 공간 속에서 움직이기 때문에 공간에 대한 모종의 표상이 필요하다는 점은 자명하다고 할 수 있다. 그렇다면 인지 지도가 존재하는가라는 질문은 결국 인지 지도라 불리는 공간적 표상의 내용이 무엇인가, 어떤 정의적 특징들이 필요한가, 어떻게 습득되는가, 하나인가 여러 개인가, 여러 단서가 상충하면 어떤 일이 일어나는가 등의 문제로 나누어진다. 이미 20년 전에 Mackintosh(2002)는 인지 지도의 존재 여부보다는 그런 공간 능력의 토대가 되는 기제를 밝혀내는 일이 훨씬 더 흥미롭다고 지적했다. 그러한 “기제”의 측면에서 볼 때, 인지 지도가 과연 행동주의의 “죽음”에 한몫을 할 정도로 연합주의적인 관점으로는 설명할 수 없는 현상일까? 인지 지도가 중요한 개념인 이유는 그런 종류의 학습이 행동주의적인 연합학습과는 질적으로 다른 원리들의 지배를 받을 것이라고 생각되기 때문이다. 그런데 Pearce(2009)는 공간학습에서도 차폐(blocking)와 뒤덮기(overshadowing) 같은, 조건형성 관련 현상들이 일어남을 보여주면서 인지 지도가 연합주의적으로 설명될 가능성을 강하게 제기한다. 본 논문에서 살펴본 연구들을 종합해보면 Tolman 등(1946a)의 훈련용 미로에서 장소학습보다는 반응학습이 이루어진다는 증거가 더 강한 것으로 보인다. 아직까지는 인지 지도가 연합주의적으로 설명 불가능하다고 결론 내리는 것이 선부른 일일 수 있다. 어쩌면 행동주의는 억울한 죽음을 선고받았는지도 모른다. 햇살 미로 연구의 반복검증 실패 과정을 자세히 살펴본 이 논문이 인지주의와 행동주의에 대한 균형 잡힌 시각을 갖는 데 약간이라도 도움이 되었기를 희망한다.

References

Benhamou, S. (1996). No evidence for cognitive mapping in

- rats. *Animal Behavior*, 52, 201-212.
- Bennett, A. T. D. (1996). Do animals have cognitive maps? *The Journal of Experimental Biology*, 199, 219-224.
- Birch, H. G., & Korn, S. J. (1958). Place-learning, cognitive maps, and parsimony. *The Journal of General Psychology*, 58, 17-35.
- Gentry, G., Brown, W. L., & Kaplan, S. J. (1947). An experimental analysis of the spatial location hypothesis in learning. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 40, 309-322.
- Gentry, G., Brown, W. L., & Lee, H. (1948). Spatial location in the learning of a multiple-T maze. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 41, 312-318.
- Goodwin, C. J. (2015). *A History of Modern Psychology*. Fifth edition. New York: Wiley.
- Harten, L., Katz, A., Goldshtein, A., Handel, M., & Yovel, Y. (2020). The ontogeny of a mammalian cognitive map in the real world. *Science*, 369, 194-197.
- Hintzman, D. L. (1993). Twenty-five years of learning and memory: Was the cognitive revolution a mistake? In Meyer, D. E., & Kornblum, S. (Eds.), *Attention and Performance XIV: Synergies in Experimental Psychology, Artificial Intelligence, and Cognitive Neuroscience* (pp. 359-391). Cambridge, MA: MIT Press.
- Jensen, R. (2006). Behaviorism, latent learning, and cognitive maps: Needed revisions in introductory psychology textbooks. *The Behavior Analyst*, 29, 187-209.
- Mackintosh, N. J. (2002). Do not ask whether they have a cognitive map, but how they find their way about. *Psicologica*, 23, 165-185.
- Miller, N. (2021). Taking shortcuts in the study of cognitive maps. *Learning and Behavior*, 49, 261-262.
- Muir, G. M., & Taube, J. S. (2004). Head direction cell activity and behavior in a navigation task requiring a cognitive mapping strategy. *Behavioural Brain Research*, 153, 249-253.
- Olton, D. S. (1979). Mazes, maps, and memory. *American Psychologist*, 34, 583-596.
- Pearce, J. M. (2009). The 36th Sir Frederick Bartlett Lecture: An associative analysis of spatial learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62, 1665-1684
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55, 189-208.
- Tolman, E. C., Ritchie, B. F., & Kalish, D. (1946a). Studies in spatial learning. I. Orientation and the short-cut. *Journal of Experimental Psychology*, 36, 13-24.
- Tolman, E. C., Ritchie, B. F., & Kalish, D. (1946b). Studies in spatial learning. II. Place learning versus response learning. *Journal of Experimental Psychology*, 36, 221-229.
- Watrin, J. P., & Darwich, R. (2012). On behaviorism in the cognitive revolution: Myth and reactions. *Review of General Psychology*, 16, 269-282.
- Wilson, S. P., & Wilson, P. N. (2018). Failure to demonstrate short-cutting in a replication and extension of Tolman et al.'s spatial learning experiment with humans. *PLOS One*, 13, e0208794. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208794>
- Young, H. F., Greenberg, E. R., Paton, W., & Jane, J. A. (1967). A reinvestigation of cognitive maps. *Psychonomic Science*, 9, 589-590.

인지 지도가 정말로 존재하는가? 햇살 미로 연구에 대한 역사적 고찰

김문수

전남대학교 심리학과

Tolman, Ritchie와 Kalish(1946a)는 미로학습을 한 쥐가 학습했던 경로가 차단되고 새로운 경로들이 생겼을 때 목표 상자로 가는 지름길을 선택할 수 있음을 보여주었다. 이 결과는 미로에서 쥐가 행동주의적인 S-R 이론에 따라 반응학습을 하는 게 아니라 미로 전체에 대한 인지 지도를 습득하는 장소학습을 한다는 것을 보여주는 강력한 증거로 간주되었다. 그러나 여러 후속 연구들이 이 결과를 재현하지 못했는데, 그런 사실은 1970년대 이후에 심리학을 배워서 대개 인지주의적 시각을 가진 현재의 심리학자들에게는 거의 알려져 있지 않다. 본 논문은 Tolman 등(1946a)의 연구 결과가 어떻게 반복검증에 실패했는지를 역사적으로 자세히 살펴봄으로써 심리학자들이 인지주의와 행동주의 사이에서 균형 잡힌 시각을 갖는 데 도움이 되고자 한다.

주제어: 인지 지도, 햇살 미로, 행동주의, 인지주의, S-R 이론