

인과추리가 유추에 의한 과학 개념의 학습에 미치는 영향

이 영 애

이화여자대학교 심리학과

최 경 희

이화여자대학교 과학교육과

이 현 주

이화여자대학교 심리학과

정 우 경

새 과학 개념을 배울 때 유추문을 제시하는 방식과 그 인과 관계를 점화하는 질문에 따라 유추학습의 효과가 어떤 영향을 받는지를 검토하였다. 실험 1에서 유추문의 제시 방식과 질문 유형은 객관식 추리 문제의 해결에 영향을 주지 않았다. 실험 2는 실험 1의 질문의 문제점을 수정하여 인과 관계의 약호화에 미치는 질문 유형의 효과를 다시 검토하였다. 인과 질문조건에 비해 반사실적 질문조건은 좀더 나은 유추 학습의 효과를 보였다. 본 연구의 결과를 유추에 의한 인과관계 약호화와 관련해서 논의하였다.

주제어: 유추, 유추학습, 인과추리, 반사실적 질문

이 연구는 2001년도 학술진흥재단 지원(2001-042-C00171)을 받아 수행함.

교신저자: 이 영 애, (120-750) 서울시 서대문구 대현동 11-1, 이화여자대학교 심리학과

E-mail: yalee@ewha.ac.kr

과학교과서의 저자들이 추상적인 과학 개념을 설명할 때 유추를 종종 사용한다. 여기서 유추란 낯선 개념을 배우거나 새 문제를 풀 때 그와 비슷한 낯익은 개념이나 문제를 생각하고 이러한 기존 지식을 활용하여 해결하는 방법이다. 최경희, 이영애 그리고 류수경(2002)은 우리나라 고등학교 과학교과서 7 권에서 유추의 빈도를 분석하였다. 각 교과서가 평균 17 종류의 유추로 과학 개념이나 현상을 설명하고 있었고, 그 중 72%가 유추로 인과관계로 설명하고 있었다.

예를 들어, ‘붕괴하는 별’이 그 크기가 작아지면서 더 빨리 자전하게 되는 현상 배후의 인과관계를 학생들에게 어떻게 설명할까? 작은 동량보존의 원리에 따라 물체의 부피가 작아지면서 회전이 빨라지는 좋은 예는 스케이트 선수의 경우이다. 한 자리에서 회전하는 스케이트 선수가 두 팔을 안으로 끌어당길 때 회전의 중심과 물체(팔)의 반경이 작아지면서 가속도가 붙어 더 빨리 회전한다. ‘스케이트 선수’라는 낯익은 근거 영역의 지식은 ‘붕괴하는 별’이라는 새 과학 개념 즉 표적 영역 배후의 인과관계를 쉽게 이해하게 한다. 유추로 표적 영역의 인과관계를 이해하려면 표적 영역과 비슷한 근거 영역 정보의 인출, 근거 영역 요소와 표적 영역 요소의 사상(mapping), 이를 기반으로 인과도식(causal schema) 형성의 정보처리 단계를 밟는다(예, 이영애, 1997; Gentner, 1983; Holyoak & Thagard, 1995; Reeves & Weisberg, 1994).

붕괴하는 별의 예에서 ‘별<->스케이트선수, 자전하다<->회전하다, 작아지다<->부피가 작아지다’ 등 요소들간에 1 대 1의 사상이 이루어지면 스케이트 선수의 회전을 빨라지게 하는 원인 (이 경우 부피가 작아지면 회전이 빨

라진다)이 붕괴하는 별의 자전이 빨라지는 인과관계로 전이된다. 회전축과 물체간의 거리가 줄어들면서 가속도가 붙는 스케이트 선수의 행동의 원인이 붕괴하는 별의 자전이 빨라지는 이유를 설명한다. 이러한 생각은 유추에 관한 모델 중 가장 강력한 구조사상(structural mapping) 모델(Gentner, 1983)에 잘 나타나 있다. 근거 영역의 표상과 표적 영역의 표상에서 하위 요소인 술어들간, 또는 명사들간에 사상이 이루어지면 이러한 요소들을 위계적인 관계로 연결하는 체계성(systematicity)에 따라 원인과 결과의 관계가 약호화된다 (Gentner의 최근 모델은 Gentner, Bowdle, Wolff & Boronar, 2001을 참고).

이영애와 그 동료들(김새로나와 이영애, 2001; 박진희와 이영애, 2001; 이영애와 정현옥, 2002; 이현주와 이영애, 2000; 조아정과 이영애, 2000)은 Donnelly와 McDaniel (1993)의 ‘유추에 의한 과학개념 학습’에 관한 연구를 확장하였다. 이 연구자들은 12 개의 과학 개념들을 어떤 참여자들에게는 유추문으로 통제조건인 다른 참여자들에게는 단순기술문으로 학습시키고, 그 학습 효과를 객관식 기억 문제와 객관식 추론 문제로 평가하였다. 유추문만 제시할 때보다는 유추문과 함께 그림으로 그 내용을 제시할 때(이현주와 이영애, 2000); 유추문을 읽기만 할 때보다 근거 영역의 요소와 표적 영역의 요소를 짝짓도록 할 때(김새로나와 이영애, 2001), 작업기억 용량이 작을 때보다는 클 때(조아정과 이영애, 2000), 유추문과 검사문제를 한번 제시할 때보다 몇 주의 간격을 두고 반복제시할 때(박진희와 이영애, 2001), 참여자들이 인과관계를 추리해야 풀리는 추론 문제를 더 잘 풀었다. 이 결과들은 유추로 과학개념을 배울 때 근거영역과 표적영역 요소들 간의 사상을

분명히 해야 함을 시사한다.

본 연구는 인과관계의 약호화를 촉진할 변수들을 찾아 이들이 유추에 의한 개념 학습에 영향을 주는지 검토하고자 했다. 개관에서 나타났듯이, 그 동안의 연구들은 유추의 사상 단계에 집중되어 있었고 이 과정에서 사상 단계의 구조적 체계성이 인과추리의 약호화를 쉽게 만든다고 가정하였다. 과학 개념이나 현상의 인과 설명에 유추가 자주 이용되고 있다는 사실에 비추어 (예, 최경희 등, 2002) 그 전 단계인 사상과정의 이해에 관심이 집중된 것은 당연하다. 근거 영역과 표적 영역의 요소들이 사상되지 않으면 인과관계의 약호화가 어렵다. 더욱이 이 과정이 불분명하므로 선행 연구들의 유추과정에 대한 설명은 다소 제한적이다.

참여자들이 유추문을 읽을 때 그 배후의 인과관계가 어떻게 처리될까? 원인과 결과의 강도를 평가하는가, 아니면 여러 대안적 원인들을 좀더 분석하는가? 선행 연구들을 개관한 결과(예, 이영애, 1997) 이를 검토할 수 있는 변수에 관해 별다른 실마리를 찾지 못하였다.

본 연구는 유추문을 제시하고 그 학습 효과를 객관식 문항으로 평가하기 전, 유추문에 관한 질문에 주관식으로 답하게 하여 인과관계의 약호화 효과를 검토하였다. 질문은 유추문을 읽어 약호화된 인과관계를 점화시켜 그 효과를 평가하기 위한 것이었다. 먼저 질문이 인지과정에 미치는 영향을 밝힌 몇 연구들을 보자. Kintsch(1998)는 포괄적인 이해 모델을 제안하면서 덩이글의 이해에 미치는 질문의 효과를 비교하였다. 여러 문장으로 구성된 덩이글을 읽은 참여자들에게 그들의 배경지식을 이용하도록 하는 질문, 여러 문장들을 연결해야 답할 수 있는 추론 질문, 덩이글 지식을 새 상

황에 적용하도록 요구하는 문제해결 질문 등을 주었다. 각 질문 유형은 참여자의 사전 지식에 따라 응집성이 다른 내용의 덩이글 이해에 차이를 보였다. Lee와 Hutchison(1998)은 수학문제 해결에서 한 사례를 제시한 후, 그 사례에 등장하는 전문가가 무엇을 하였는지, 그 전문가가 어떤 행위를 한 이유를 물었다. 이 연구에서 질문조건에 따라 수학 문제 사례의 기억이나 문제해결이 질문을 받지 않은 조건에 비해 더 좋았다.

Donnelly와 McDaniel(1993)은 새 과학개념에 관한 유추문을 제시하거나, 또는 단순기술문을 제시한 다음, 각 조건의 학습효과를 평가할 때 그 개념에 관한 기억을 검사하는 객관식 문항과 추리를 해야 풀리는 객관식 문항을 제시했다. 추리 문제의 경우 각 질문은 학습한 과학 개념 배후의 인과관계를 이해해야 풀 수 있도록 반사실적인 새 상황에 관한 조건문을 포함했다. 예를 들어, “만일 붕괴하는 별이 처음에는 팽창하다가 나중에 수축하면 어떻게 될 것인가?”와 같은 반사실적 질문을 한 다음 참여자들이 네 개의 객관식 택지 중 하나를 택하게 했다. 붕괴하는 별은 그 부피가 작아지므로 위의 예는 사실에 반하는 상황을 조건절에 포함한다. 본 연구는 질문 유형이 텍스트의 이해, 추론 및 문제 해결에 영향을 준다는 선행 연구의 결과 및 유추 학습의 효과를 평가할 때 반사실적 질문이 때때로 사용된다는 사실을 고려하여 질문 유형에 따라 유추로 학습된 인과관계가 어떤 효과를 보이는지를 평가했다.

인과적 사고와 반사실적 사고는 모두 인과관계를 다루지만, 그 강조점이 다르다(예, Byrne, 2002; Goldvarg & Johnson-Laird, 2001; Roese, 1999; Spellman & Kincannon, 2001). 인과적 사고는 원인과 결과의 공변을 강조하며, 반사실적

사고는 현실과는 다른 세상을 상상하고, 이 때 가능한 결과를 생각하는 것이다. 어떤 원인이 없었다면, 어떤 결과가 과연 발생했을지를 따지는 반사실적 사고는 선행 원인을 뚜렷이 부각시켜 사건들간의 인과관계를 파악하게 한다. 인과적 사고는 원인과 결과가 함께 변하는 정도를 계산하게 하고, 반사실적 사고는 여러 대안적인 원인들을 비교하게 하여 그 효과를 추리한다. Spellman과 Kincannon(2001)은 참여자들에게 어떤 사람의 사망 사건에 대해 여러 원인들을 제시하고 누가 벌을 받아야 하는지 판단할 때 원인들을 나열하게 하거나(인과추리 요구), 다른 결과들을 초래했을 각 원인을 나열하게한(반사실적 사고) 후에 인과성(causality)을 평정하도록 했다. 이 연구자들은 인과추리보다 반사실적 사고가 인과성의 평정을 더 강화시키며, 질적으로 다른 판단을 하게 한다는 증거를 보고했다. Roese(1994)는 무선으로 제시된 철자들을 철자법 규칙과 후보 단어에 관한 가설에 따라 다시 배열하여 단어를 만드는 애너그램(anagram) 과제를 실시했는데, 여러 반사실적 사례, 즉 단어가 아닌 예를 만들도록 지시받은 참여자들은 이런 지시를 받지 않은 통제조건의 참여자들보다 이 과제에서 문제들을 더 많이 풀었다(Roese, 1994).

본 연구는 인과 질문과 반사실적 질문을 사용하여 유추 학습 배후의 인과추리의 역할을 검토하면서 유추문의 제시 방식에 따른 인과추리의 약호화의 효과를 또한 검토한다. Lassaline(1996)은 근거 영역과 표적 영역의 요소들을 사상할 때 술부의 반복 표현이 인과관계에 대한 귀납 추리를 잘 하게 한다는 결과를 얻었다. ‘붕괴하는 별’의 경우, 근거 영역 내용과 표적 영역 내용을 따로 제시되되 “스케이팅 선수는 ...더 빨리 회전한다”와 “붕괴하는 별은

...더 빨리 회전한다”로 제시하는 조건이 “스케이팅 선수(붕괴하는 별)는 ...더 빨리 회전한다”로 제시하는 조건을 비교한다면 어떻게 될까? 여기서 예상되는 결과는 흥미롭다. 그 주된 이유는 앞서처럼 명료하게 반복해서 제시하면 두 영역의 요소들 간의 사상이 쉬워지고, 인과 추리도 더 강해질 수 있기 때문이다. 본 연구의 두 번째 목적은 Donnelly와 McDaniel(1993)이나 이영애와 그 동료가 사용한 학습 재료처럼 술부를 반복하지 않는 조건(유추)과 술부를 반복하는 조건(공유)이 인과추리의 약호화에 미치는 영향을 평가하는 데 있었다. 요컨대, 본 연구의 두 실험은 질문 유형과 유추문의 제시 방식에 의해 인과추리 과정이 영향을 받는지, 그 효과는 어떠한지를 평가한다. 실험 1은 인과관계를 점화한다고 가정된 질문 유형과 유추문의 제시 방식을 조합적으로 변화시켜 각 변수의 주효과를 평가하였다. 예상과 달리, 실험 1의 변수들이 유추 학습에서 별 효과를 보이지 않았다. 실험 2는 질문 방식을 수정하여 두 변수의 효과를 다시 평가하였다.

실 험 1

실험 1은 인과 질문과 반사실 질문이 유추에 의한 과학개념 학습에 미치는 영향을 평가했다. 유추 학습이 추론 문제 해결에 미치는 영향을 평가할 때 반사실적 내용을 묻는 객관식 문제를 자주 이용한다는 사실과 Spellman과 Kincannon (2001)의 연구 결과에 비추어, 반사실적 질문조건이 인과 질문조건에 비해 좀더 나은 유추학습의 효과를 보여야 한다. 참여자들이 반사실적 질문을 별로 경험한 적이 없기 때문에 이런 질문을 받으면 유추문으로 이미

약호화된 인과관계가 여러 원인을 중심으로 활성화되며 그 관계가 구체적으로 분석될 것이다. 원인과 결과의 공변에 관한 인과 질문보다 원인에 초점을 두는 반사실 질문이 유추학습에 더 효과적인 것이다.

실험 1은 또한 유추문을 약호화할 때 중요하다고 간주되는 술부의 반복 효과를 검토했다. 인과추리 단계가 유추에 의한 개념학습에서 중요하다면 술부를 반복해서 제시하는 공유조건이 그렇지 않은 유추조건보다 더 나은 학습효과를 보여야 한다. 그 까닭은 구조사상 모델(Gentner, 1983)이 가정하듯이, 근거 영역과 표적 영역의 하위 요소인 술어들 간의 사상이 이루어지면 표상의 모든 요소들이 위계적 관계로 연결되고 이에 따라 인과관계가 약호화되기 때문이다.

방 법

참가자 E대학교에서 교양과목으로 심리학을 수강하는 학생 142명이 실험에 참가하였다. 이들 대부분은 인문계 학생으로 자연계 학생들보다 과학에 대한 배경 지식이 적다고 판단되었다. 이들은 공유인과질문조건에 36명, 공유반사실 질문조건에 35명, 유추인과 질문조건에 36명, 유추반사실 질문조건에 35명 씩 무선 배정되었다.

학습자료 Donnelly와 McDaniel(1993)이 만든 12개의 과학 개념들을 사용하였다. 과학 개념들을 6개 씩 묶어 두 학습자료 세트를 만들었다. A 세트는 지구의 자전에 관한 개념으로 시작하고, B 세트는 블랙홀과 화이트홀 개념으로 시작된다. 주로 물리학, 천체물리학, 그리고 생물학 분야의 각 개념에 관해 세 문장의 짧은

진술문이 학습 재료였다. 각 조건의 참여자의 반은 A 세트, B 세트 순서로, 나머지는 B 세트, A 세트 순서로 학습재료를 받았다. 각 실험 조건의 참여자들은 12개의 과학 개념을 학생이 잘 아는 근거 영역의 정보와 관련시켜 설명하는 유추문을 읽었다. 다음의 예는 ‘붕괴하는 별’에 대한 단순기술문장과 유추문장을 보여준다.

붕괴하는 별은 둘둘 말리면서 그 크기가 작아짐에 따라 점점 더 빠르게 회전한다. 별의 크기가 줄어들면서 빠르게 자전하는 현상은 ‘각운동량 보존(conservation of angular momentum)’이라는 원리 때문에 일어난다. (단순기술문)

붕괴하는 별은 크기가 줄어들면서 점점 빨리 회전한다. 따라서 별은 자기 팔을 끌어당김에 따라 점점 더 빨리 회전하게 되는 스케이트선수와 같다. 별과 스케이트 선수 모두 ‘각운동량 보존(conservation of angular momentum)’이라는 원리에 의해 작용한다(유추문).

본 실험 1이 인과추리 단계를 유추문의 제시방식(유추, 공유)과 질문 유형(인과, 반사실)으로 밝히려 하므로 단순기술문조건은 본 연구에 포함되지 않았다. 공유조건인 경우 위와 같은 유추문을 제시하지 않고, 다음과 같은 문장들을 제시하였다.

스케이트 선수는 팔을 편 상태에서 회전한다 팔을 몸쪽으로 끌어당겨 점점 더 빨리 회전한다. 붕괴하는 별은 크기가 작아지면서 점점 더 빨리 회전한다. 스케이트 선수나 별은

크기가 작아지면서 점점 더 빨리 회전한다. 스케이트 선수와 별 모두 '각운동량 보존 (conservation of angular momentum)'이라는 원리에 의해 작용한다(공유문).

질문 각 조건 참여자의 받은 유추문이나 공유문을 읽은 다음 주관식 질문들을 받았다. 이 질문은 다름이 아닌 인과 또는 반사실 질문이었다. '붕괴하는 별' 개념의 경우 질문은 다음과 같았다.

스케이트 선수의 회전 속도에 영향을 주는 원인은 무엇인가?(인과 질문)

만일 스케이트 선수가 팔을 오므렸다가 크게 벌리면 그 회전 속도는 어떻게 변하겠는가?(반사실 질문)

이러한 예에서 알 수 있듯이, 인과 질문은 관찰되는 현상 배후의 공변하는 원인과 결과를 함께 생각하도록 할 목적으로 구성되었다. 반사실 질문은 가상적 조건문으로 이미 확립된 사실을 부정하여 배후의 참된 원인과 거짓 원인을 비교하게 한다. 스케이트 선수가 빨리 회전하려면 팔을 처음에 벌렸다 오므리는 것이 사실이다. 반사실 질문은 이 사실을 부정하는 내용을 제시하여 이런 상황에서 발생할 수 있는 일을 상상하게 하여 어떤 원인의 중요성을 일깨운다. 스케이트 선수의 경우 회전의 축과 물체의 거리가 핵심인데, 거리가 늘어나면 가속도가 떨어지고, 거리가 줄어들면 가속도가 빨라진다(이것이 각운동량 보존의 원리이다).

각 조건의 참여자들은 유추문 또는 공유문으로 배운 여섯 개념에 관해 여섯 개의 인과 질문을 받거나, 여섯 개의 반사실 질문을 받아

빈칸에 그 답을 썼다. 두 유형의 질문은 모두 근거 영역에 관한 질문이었다. 이 절차가 끝나면, 나머지 여섯 과학 개념에 대한 유추문 또는 공유문을 읽은 다음, 앞과 마찬가지로 인과 또는 반사실 질문을 받아 그 답을 썼다.

검사과제 과학 개념 학습의 효과는 추론문제를 사용하여 그 효과를 측정하였다. 객관식 추론 문제들은 개념의 추상적 인과관계를 이해하여야 풀 수 있었다. 예를 들어, '붕괴하는 별'에 관한 추론문제는 다음과 같았다.

만일 별이 붕괴하는 대신 팽창한다면 어떤 일이 일어나겠는가?

- 1 자전속도가 증가할 것이다.
- 2 자전속도가 감소할 것이다.
- 3 궤도를 도는 속도가 증가할 것이다.
- 4 궤도를 도는 속도가 감소할 것이다.

유추에 의한 설명으로 회전축과 물체의 거리 관계에 따라 가속도의 변화를 배운 참여자는 위의 물음에 대해 자전속도가 감소할 것이라는 추리를 해야 한다. 각 참가자는 한 개념당 2 개씩, 학습한 12 개의 개념에 대해 총 24 문항으로 된 사지선다형 문제를 풀었다 (만점은 24 점). 참가자들이 푼 문제는 추론을 요구하는 문제였다. 문제들의 제시 순서를 교대로 하였다.

절차 유추인과, 유추반사실, 공유인과, 그리고 공유반사실의 네 실험 조건 중 하나에 무선적으로 배정된 참가자는 그 조건에 해당하는 소책자를 받았다. 이 소책자는 지시문, 학습재료 세트, 질문지, 그리고 검사문제를 포함하였다.

지시문 지시문에는 참가자가 학습하게 될 진

술문의 예와 나중에 풀게 될 문제의 예가 실려 있었다. 모든 참가자들에게 실험의 목적은 과학개념의 이해에 관한 것이고, 각 단계마다 정해진 시간이 있으며 12개의 개념에 대한 진술문을 6개 씩 두 번에 나누어 제시하며, 한 개념 당 두 문제를 풀게 된다고 알려 주었다. 특히 참가자들에게 유추가 무엇이며 새 개념을 배울 때 유추를 어떤 식으로 사용해야 하는지 알려 주었다. 학습재료와 검사문제를 ‘그만’이라는 표시가 나올 때까지 자기 속도에 맞게 읽거나 풀도록 하였고, 앞 단계의 재료를 다시 넘겨 볼 수 없도록 하였다.

네 조건의 참가자들은 모두 다음의 절차에 따라 실험에 참여하였다. (1) 먼저 지시문을 3분 동안 읽었다. 실험 조건에 제시될 각각의 지시문에는 참가자가 배우게 될 진술문의 예와 나중에 풀게 될 문제의 예를 실었다. 모든 참가자들에게 실험의 목적은 과학개념의 기억과 이해에 관한 것이며 각 단계에 제한된 시간이 주어지며 12개의 개념에 대한 진술문을 6개 씩 두 번에 나누어 제시하며, 한 개념 당 2개의 문제를 풀게 된다고 알려주었다. (2) 그 다음 6개의 개념을 8분 동안 학습하였다. (3) 참여자들은 6개의 주관식 질문에 대한 답을 하였다. 이 질문의 답에 대해서는 피이드백을

주지 않았다. 그 다음 (4) 학습한 개념에 대한 객관식 추론 문제들을 풀었다. (5) 6개의 새 개념을 학습하고, 앞과 같은 절차를 따라 주관식 질문에 대답한 후, 12개의 추론 문제를 받았다. 본 실험에 대략 50분이 소요되었다.

설계 본 실험은 2(제시방식) x 2(질문유형)의 요인설계를 사용하였다. 모든 조건은 참가자간 요인들이었다.

결과 및 논의

각 조건의 참가자들이 24 개의 추론 문제 중 정확하게 푼 문제 수가 표 1에 정리되어 있다. 표 1의 자료를 변량분석하였다. 제시방식의 주효과가 없었고, $F(1,138) < 1$, $MS_e = .72$, 질문 유형의 주효과도 없었고, $F(1,138) < 1$, $MS_e = .61$. 두 변수의 상호작용도 유의하지 않았다, $F(1,138) < 1$, $MS_e = 1.4$.

이 결과는 의외였다. 반사실 질문을 받으면 사람들이 선행 원인에 초점을 맞추어 인과성을 잘 판단한다는 선행 연구의 결과(예, Byrne, 2002; Spellman & Kincannon, 2001)에 비추어 예상하기 힘든 결과였다. Gentner(1983)의 구조사상모델을 근거로 하든, Lassaline(1996)의 공유 약호화와 인과관계 추정의 관계에 관한 결과

표 1. 실험. 유추진술 및 질문유형에 따른 평균 정답점수와 표준편차

실험	공유인과	공유반사실	유추인과	유추반사실
1	16.4(2.6)	16.1(3.3)	16.4(3.6)	16.5(2.5)
2	15.6(3.8)	17.4(3.2)	15.2(3.2)	17.4(2.3)

를 바탕으로 하든, 질문 유형의 주 효과가 관찰되지 않은 것은 문제이다.

유추문이 근거 영역과 표적 영역의 요소를 사상하므로 한 가능성을 생각할 수 있다. 주관식 질문으로 인과관계를 점화할 때, 인과 질문이나 반사실 질문 모두 근거 영역의 정보에만 국한되어 근거 영역에 대한 초점 주의로 유추문이나 공유문에서 형성된 사상이 약화되었을 수 있다. 근거 영역에 관한 질문을 받으면 근거 영역 뿐만 아니라 표적 영역의 인과 관계도 점화될 것이라는 추측이 타당하지 않을 수 있다. 유추 설명문이 근거 영역과 표적 영역의 요소들을 사상시키므로, 인과 질문이나 반사실 질문 모두 근거 영역과 표적 영역에 관해 제기되어야만 효과를 볼 것이다. 이 가능성은 실험 2에서 검토된다.

공유의 효과가 관찰되지 않은 까닭은 무엇일까? 제일 쉬운 설명은 Lassaline(1996)이 관찰한 공유의 효과는 과학개념의 인과관계가 아닌, 일상적인 인과관계를 다루었기 때문일 수 있다. 이 경우에 술부와 명사의 명료한 반복으로 낮은 수준의 관계가 쉽게 약화화되고, 이에 따라 관계의 관계인 인과관계가 추출될 가능성이 크다.

실험 2

질문 유형의 주효과가 실험 1에서 관찰되지 않은 이유를 재언하면 다음과 같다. 즉 근거 영역에 관해서만 인과 질문 또는 반사실적 질문을 하였기 때문에 유추문이나 공유문을 읽었을 때 형성된 요소들 간의 사상이 질문에 의해 표적 영역으로 전이되지 않았을 수 있다. 실험 2는 근거 영역과 표적 영역 모두에 관해

인과 질문이나 반사실 질문을 주어 학습시 형성되었던 요소들간의 사상이 점화되어 근거 영역에서 표적 영역으로 전이되도록 하였다.

방 법

참가자 E대학에서 교양과목으로 성차심리학을 수강하는 학생 101명이 실험 2에 참여하였다. 이들은 공유인과질문 조건에 25명, 공유반사실질문 조건에 26명, 유추인과질문 조건에 24명, 유추반사실질문 조건에 26명씩 무선 배정하였다.

학습재료와 절차 실험 1과 같았으나, 질문지 유형조건의 경우, 실험 1과는 달리 근거 영역과 표적 영역의 내용을 함께 물을 때, 각 개념에 관해 두 가지 질문을 하여 참여자가 답하도록 하였다. 인과관계의 점화를 목적으로 하면서 주관식 답을 요구하는 반사실적 질문과 유추학습의 효과를 평가하려고 객관식 답을 요구하는 반사실적 질문들은 그 표현과 내용을 다르게 했다. “붕괴하는 별”의 경우 근거 영역과 표적 영역의 내용에 관한 인과 질문과 반사실적 질문의 예는 다음과 같았다.

몸집을 작게하는 스케이트 선수
(붕괴하는 별)의 회전(자전) 속도가
달라지는 이유는 무엇인가?
스케이트 선수(붕괴하는 별)의
몸집과(크기와) 회전(자전) 속도는
어떤 관계가 있는가?
만약 스케이트 선수가(붕괴하는
별) 팔을 오므렸다가(크기가
줄어들다가) 크게 벌리면(커지면)

회전 속도(별의 자전속도)는
어떻게 변하겠는가?
만약 스케이트 선수가(붕괴하는
별이) 자신의 몸집을 부풀린다면
(크기를 늘인다면) 그 회전(자전)
속도는 어떻게 변하겠는가?

나머지 절차들은 실험 1과 같았다.

결과 및 논의

표 1의 자료에 대해 실험 1과 같은 변량분석을 하였다. 제시방식의 주 효과는 없었으나 ($F(1,97) < 1$), 질문 유형의 주 효과가 있었다 ($F(1,97) = 8.23, MS_e = 84.08, p < .01$). 반사실 질문 조건이 인과 질문 조건보다 8% 더 나은 유추학습 효과를 보였다. 제시방식과 질문 유형의 상호작용은 통계적으로 유의하지 않았다, ($F(1,97) < 1$).

실험 1에서 관찰되지 않았던 질문 유형의 점화효과가 질문에 표적 영역을 포함시킨 실험 2에서 관찰되었다. 반사실적 질문 조건이 인과 질문 조건에 비해 더 나은 유추학습효과를 보인 결과가 주목된다. 유추문에 제시된 내용을 질문으로 바꾸어 인과관계를 묻기보다는 반사실적 상황을 구체적으로 제시하여 원인을 생각하도록 요구하면 유추에 의한 학습 효과를 관찰할 수 있었다.

실험 2는 실험 1과 마찬가지로 제시방식의 주 효과를 보이지 않았다. Lassaline(1996)이 귀납과 유사성 평정에서 그 효과를 관찰한 제시방식이 본 연구의 두 실험에서 관찰되지 않은 까닭은 무엇일까? 실험 1의 결과 논의에서 제안된 이유 이외에도 다른 가능성이 있다. Lassaline(1996)은 참여자에게 한 쌍의 동물에 관

한 기술을 제시하되 속성을 포함한 술부의 공통성을 강조한 후, 어떤 결론에 대한 귀납 추리의 강도와 유사성을 0 - 100 점 척도로 평정하게 하였다. 본 연구의 두 실험은 유추학습의 효과를 객관식 추리 문제의 해결로 평가했다. 인과성을 단순히 평정하기보다 문제를 해결하도록 요구했으므로 각기 다른 결과가 관찰되었을 것이다. 다른 이유는 제시방식이 유추문에 의한 인과관계의 학습에 실제로 영향을 주었지만, 본 연구의 평가 절차 때문에 드러나지 않았을 가능성이 있다. 공유문에서는 술부의 반복이 명료하게 드러나는 반면, 유추문에서는 "...와 같다"의 표현으로 암묵적으로 표현되어, 두 제시 방식이 모두 같은 효과를 내었을 것이다. 그 어떤 이유이든, 앞으로 연구에서 제시방식의 효과를 다시 검토해야 할 것이다.

종합 논의

본 연구는 유추에 의한 과학 개념의 학습에 관한 종전의 연구(예, 이영애와 정현옥, 2002; 이현주와 이영애, 2000; Donnelly와 McDaniel, 1993; Gentner, 1983)에서 더 나아가 사상단계 이후 인과추리 단계의 성질을 인과관계를 각기 다르게 점화시키는 질문으로 밝히려 하였다. 선행 연구들은 근거 영역과 표적 영역들의 요소 간에 사상이 이루어지면 요소들의 관계를 바탕으로 구조의 체계성(systematicity, Gentner, 1983)에 따라 인과관계가 도출되고, 근거 영역의 인과관계가 표적 영역의 인과관계로 전이된다고 가정하였다.

본 연구의 두 실험은 인과 관계의 약화화에 초점을 맞추어 이 단계의 성질을 드러내는 새 변수를 찾고, 유추 학습에 미치는 그 효과를

평가하였다. 인과 관계의 약호화와 추리에 영향을 줄 것으로 예상된 유추문의 제시방식과 질문 유형을 변화시킨 두 실험에서 제시방식의 효과는 관찰되지 않았으나, 질문 유형에 따라 유추학습의 효과가 달랐다. 인과 질문보다 반사실적 질문을 받은 참여자들은 객관식 추리 문제들을 더 잘 풀었다. 제시되는 과학 개념의 배후 인과관계를 생각하게 하지만, 원인과 결과의 공변보다 구체적인 상황에서 대안적인 원인을 고려하게 하는 반사실적 질문이 객관식 유추문제의 해결에서 더 나은 수행을 보였다. 이 결과는 과제는 다르지만, 반사실적 질문이 인과추리에 좀더 효과적이라는 증거를 법적인 책임 판단 상황에서 얻은 Spellman과 Kincannon(2001)의 결과와 일치한다.

본 연구의 결과는 유추에 의한 개념 학습이 좀더 효과를 보려면 유추문으로 약호화된 인과관계를 점화시켜야 함을 시사한다. 즉 원인과 결과의 공변을 평가하는 데서 더 나아가 원인 중심의 인과 관계에 관한 사고를 활성화시켜야 한다. 이 결과는 선행연구(예, Gentner, 1983; Holyoak & Thagard, 1995)에서 유추의 한 단계로 가정한 인과 도식의 형성을 사상 단계와는 독립적으로 접근할 수 있음을 시사한다.

박진희와 이영애(2001)는 근거 영역과 표적 영역의 요소들간의 1 대 1의 사상을 분명히 하는 절차와 추상적 인과 도식설의 관계를 반복 학습시행에서 검토하였다. 유추문과 검사 문제를 몇 주의 간격을 두고 반복 실시하면 유추학습조건이 다른 조건보다 더 나은 수행을 보였다. 참여자들이 유추문과 검사 문제를 반복 경험했으므로 유추문의 반복제시와 검사의 반복에 의해 근거 영역과 표적 영역 요소들의 짝짓기가 강화되었을뿐 아니라, 반사실적 객관식추리 검사 문제를 해결한 경험으로 인

과 관계에 관한 도식이 더 활성화되어 유추학습효과가 관찰된 것이다.

질문 유형과 그 성질 본 연구의 두 실험은 유추학습에 의해 새 과학 개념을 이해하고 추리에 미치는 그 효과를 평가할 때 작용하는 것으로 가정되는 인과관계를 인과 질문과 반사실적 질문으로 접근하였다. 본 연구는 두 유형의 질문이 인과관계를 점화(priming)시키되, 각기 다른 면을 강조해서 효과를 보일 것으로 예상했다. 유추문으로 과학개념을 학습하고, 그 효과를 추리 문제 해결로 평가하기 전, 참여자가 인과관계를 생각하도록 질문들을 사용했다.

참여자들은 주관식 질문에 답했지만 그 답에 대해 어떠한 피드백도 받지 않았다. 유추학습의 효과는 반사실적 질문에 대해 여러 응답들이 포함된 객관식 사지 선다형으로 평가되었다. 객관식 문항의 표현이 달랐고, 주관식 질문의 정답이 제공되지 않았기 때문에 질문 유형의 주효과가 어떤 오염에서 생겼을 가능성은 적다.

인과 질문은 별 효과를 보이지 않았고, 반사실 질문이 효과를 보인 실험 2의 결과를 인과관계의 점화 이외 다른 과정으로 설명할 수 없을까? 두 질문 모두 표현은 다르지만, 같은 유추 학습문에서 약호화된 인과 관계를 물었으며, 유추 학습의 평가가 추리를 요구하는 객관식 문제들이었다는 점에서 공통적이다. 다른 점은 질문조건에 따라 참여자들이 원인과 결과의 공변을 평가하거나, 선행 원인에 초점을 맞추어 인과성을 생각하게 한 점에서 다르다. 유추문의 어떤 표면적인 내용에 대한 연상이나 기억 때문에 질문 유형의 주 효과가 관찰되었다는 대안적 설명은 타당성이 별로 없다. 추리를 요구하는 객관식 질문으로 유추학습을

평가했기 때문이다. 질문 때문에 인과 관계가 다르게 점화되어 주 효과가 관찰되었다는 해석 이외에 다른 해석을 하기 힘들다.

본 연구의 한계와 결과의 함축 본 연구의 참여자들이 실험 1과 실험 2의 질문에 대한 답들을 분석하지 않았다. 그 주된 이유는 이 질문을 한 목적이 과학 개념 배후의 인과관계를 점화시키려는 데 있었고 주관식 답의 정확성은 일차적인 관심사가 아니었다. 더 나아가 Donnelly와 McDaniel(1993)과 이 연구에서 시작된 다른 연구들이 유추학습의 효과를 모두 객관식 추리 문제로 평가했으므로 연구들간에 방법의 일관성 때문에도 주관식 물음의 답에 비중을 두지 않았다. 앞으로 연구에서는 인과 질문과 반사실 질문에 대한 답의 질적인 차이를 평가하기 위해 주관식 인과 물음들을 체계적으로 변화시키고, 그 응답을 분석하는 틀을 마련해야 한다.

여기서 제기되는 한 문제는 반사실적 질문에 의한 인과관계 점화 효과가 크지 않았다는 점이다. 과학적 사실을 의심 없이 받아들여 반사실적으로 생각하는 데 익숙하지 않아서, 본 연구에 사용된 반사실적 질문들이 좀더 정교하지 않아서, 반사실적 질문의 답에 대해 피이드백을 주지 않아서 등등 여러 이유를 생각할 수 있다. 그러나 원인을 점화하게 만든 반사실적 질문이 원인과 결과의 공변을 점화하도록 한 인과 질문보다 8% 더 나은 효과를 보였다는 결과를 주목해야 한다. 앞으로 반사실적 질문이 어떤 과정을 거쳐서 추리 및 문제해결 과정이 명료하게 되는지 그 성질을 밝혀야 한다.

공유문과 유추문 조건이 차이를 보이지 않은 몇 가지 이유를 언급한 바 있다. 귀납 추론 문제의 인과적 단순성과 과학 개념 추론 문제

의 인과적 복잡성, 공유문의 효과를 평가하는 방식의 차이 - 이 두 요인 중 어느 것이 제시 방식의 효과가 관찰되지 않은 주요 원인인지 분명하지 않다. 유추문과 공유문 상관없이 반사실적 질문조건에서 참여자들이 객관식 추론 문제를 더 잘 풀었다는 결과는 두 제시 방식이 똑 같이 인과관계의 약호화에 기여할 가능성을 시사한다. 이 가능성은 공유문의 기여를 좀더 예민하게 평가할 수 있는 새 조건을 포함시킨 연구에서 검토되어야 한다.

수업시간에 유추로 과학개념을 설명할 때 근거 영역과 표적 영역 요소들의 사상 관계를 분명히 한 후, 대안적인 원인들을 중심으로 학생들이 생각해보도록 해야 할 것이다. 유추 설명에 대한 기존의 선입관에 따라 “표적 개념을 낱익은 예로 간단히, 그림과 함께 소개하면 된다”는 생각을 바꾸어야 한다. 본 연구의 두 실험 결과는 유추학습에 있어 반사실 질문이 제기하는 것처럼 구체적 상황과 새 과학 개념을 관련시키는 절차를 밟아 유추 설명을 정교하게 할 필요를 시사한다. 과학 개념의 유추학습에서 반사실적 인과 사고의 역할을 좀더 구체적으로 다루어야 한다.

참고문헌

- 김새로나, 이영애 (2001). 사상의 명료화가 유추에 의한 개념학습에 미치는 영향: 개념의 난이도와 의 관계. *한국심리학회지: 실험 및 인지*, 13, 41-53.
- 박진희, 이영애 (2001). 유추에 의한 과학개념의 학습: 추상적 도식설의 검증. *한국심리학회지: 실험 및 인지*, 13, 361-372.
- 이영애. (1997). 유비사고. *인지과학*, 8, 19-36.
- 이영애, 정현욱. (2002). 유추에 의한 과학개념의 학

- 습: 그림 제시에 의한 명료한 사상과정. 한국 심리학회지: 실험 및 인지, 14, 205-215.
- 이현주, 이영애. (2000). 유추가 과학 개념의 학습에 미치는 영향. 한국심리학회지: 실험 및 인지, 12, 95-104.
- 조아정, 이영애. (2000). 작업기억의 용량이 유추에 의한 과학 개념의 학습에 미치는 영향. 한국 심리학회지: 실험 및 인지, 12, 215-226.
- 최경희, 이영애, 류수경. (2002). 고등학교 과학 교과에 제시된 교과서 비유분석 및 비교. 한국과학교육학회지, 23(2), 165-175.
- Byrne, R. M. J. (2002). Mental models and counterfactual thoughts about what might have been. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 426-431.
- Donnelly, C. M., & McDaniel, M. A. (1993). Use of analogy in learning scientific concepts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19, 975-987.
- Goldvarg, Y., & Johnson-Laird, P. N. (2001). Naive causality: A mental model theory of causal meaning and reasoning. *Cognitive Science*, 25, 565-610.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-17.
- Gentner, D., Bowdle, B. F., Wolff, P., & Boronat, C. (2001). Metaphor is like analogy. In D. Gentner, K. J. Holyoak, and B. K. Kokinov (Eds.), *The analogical mind*. (pp. 199-253). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Holyoak, K. J., & Thagard, P. (1995). *Mental leaps: Analogy in creative thought*. Cambridge, MA: MIT press.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. New York: Cambridge University Press.
- Lassaline, M. E. (1996). Structural alignment in induction and similarity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 22, 754-770.
- Lee, A. Y., & Hutchinson, L. (1998). Improving learning from examples through reflection. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4, 187-210.
- Reeves, L. M., & Weisberg, R. W. (1994). The role of content and abstract information in analogical transfer. *Psychological Bulletin*, 115, 381-400.
- Roese, N. J. (1994). The functional basis of counterfactual thinking. *Journal of Personality and Social Psychology*, 66, 805-818.
- Spellman, B. A., & Kincannon, A. (2001). The relation between counterfactual("but for") and causal reasoning: Experimental findings and implications for jurors' decisions. *Law and Contemporary Problems*, 64, 241-264.

1차원고접수: 2004. 8. 5

최종게재결정: 2004. 9. 9

The Effects of Causal Inference on Analogical Learning of Scientific Concepts

Young-Ai Lee

Kyunghee Choi

Department of Psychology

Department of Science Education

Ewha Women's University

Hyun-Ju Lee

Woo-Kyung Chung

Department of Psychology, Ewha Women's University

Two experiments explored whether encoding a causal relation underlying a scientific concept was affected by types of causality questions and also by presentation formats of analogy. Experiment 1 showed that none of these variables produced any significant analogical learning effects as measured by the number of solutions in inference problems. By asking counterfactual questions regarding both the source and the target, Experiment 2, however, demonstrated that compared to the causal questions, counterfactual questions were effective in improving analogical learning of scientific concepts. Present results were discussed in regard to causality encoding.

Keywords: analogy, analogical learning, counterfactual questions