

범주화 훈련과 전문성이 인지 문제 해결에 미치는 영향

Effects of categorization training and expertise on cognitive problem solving

이 희 승*
(Hee Seung Lee)

손 영 우**
(Young Woo Sohn)

요 약 본 연구는 전문성에 따른 범주화 양상의 차이를 확인하고, 범주화 훈련이 전문성에 따라 인지 문제 해결에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다. 실험 1에서는 수학 연립방정식 문제를 사용하여 전문성 수준에 따른 집단별 문제 범주화 양상의 차이를 확인하였다. 전문가는 주로 문제 해결방법과 관련된 문제의 구조적 특징을 범주화의 기준으로 사용하였지만, 초보자는 문제의 표면적 정보를 기준으로 하여 범주화하였다. 그러나 문제의 구조를 명시적으로 표현한 조건 범주화 상황에서 초보자의 범주화 양상이 전문가와 같은 형태로 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 초보자와 전문가의 범주화 양상이 다른 것은 초보자들이 문제의 깊은 구조를 파악하는데 어려움이 있기 때문인 것으로 보인다. 실험 2에서는 문제의 구조가 명시적으로 표현된 조건 범주화 훈련이 문제 해결 능력의 향상을 가져올 수 있는지 알아보기 위하여 문제 해결 훈련을 한 집단과의 비교를 통해 전이 검사 수행을 살펴보았다. 실험 결과, 전문가 집단은 문제해결 훈련이 효과적이었던데 반해, 초보자 집단은 문제 분류 훈련이 더 효과적인 것으로 나타났다. 이는 초보자의 경우 문제의 깊은 구조를 파악하기 어렵기 때문에 이를 명시적으로 보여주어 훈련시킴으로써 문제 해결에 도움을 주기 때문인 것으로 보인다. 따라서 전문성의 수준에 따라 서로 다른 형태의 교육방법이 사용되어야 할 것이다.

주제어 전문성, 범주화, 문제 해결, 훈련, 전이

Abstracts Present study identified categorization pattern differences between experts and novices and examined whether categorization training has positive effects on problem solving. In experiment 1, we examined categorization differences between groups according to expertise using mathematical equation problems. Experts classified problems based on deep structure related to problem solution methods whereas novices classified problems based on surface features. However, in the labeled categorization condition, novices' categorization pattern was not different from experts'. These results suggest that novices have difficulty identifying deep structure of problems. In experiment 2, we examined whether categorization training showing subjects deep structure of problems explicitly increases transfer performance. The results showed that solution training was more effective to expert group whereas categorization training was more effective to novice group. We have discussed that different training methods should be applied according to expertise.

Keywords expertise, categorization, problem solving, training, transfer

* 연세대학교 심리학과, orange@yonsei.ac.kr

** 연세대학교 심리학과

전문가와 초보자는 서로 다른 문제 표상을 갖고 있고, 이것이 문제 해결 양상에 영향을 미친다는 것은 많은 연구에서 오래전부터 잘 알려진 사실이다(Hayes & Simon, 1976; Larkin, McDermott, Simon, & Simon, 1980; Newell & Simon, 1972; Simon & Simon, 1978). 전문성에 따라 서로 다른 문제 표상을 갖고 있다는 사실을 확인하는 하나의 방법은 두 집단이 문제를 범주화하는 양상을 비교하는 것이다. Chi, Feltovich, & Glaser(1981)는 물리 문제의 범주화 양상 비교를 통해 초보자와 전문가가 서로 다른 형태로 문제를 표상하고 있음을 밝혀냈다. 초보자들은 문제의 표면적 특징에 근거하여 문제 표상을 하고 접근하는데 반해, 전문가들은 물리 문제에 적용되는 추상적인 원리에 기초하여 문제에 접근하고 문제를 해결하려고 하였다.

문제의 표상 방식이 문제 해결 방식에 영향을 미치지만, 반대로 문제와의 상호작용 방식이 문제 해결에 영향을 미치기도 한다. 특정 대상과의 상호작용 경험은 이후 범주화 표상에 영향을 준다(Boster & Johnson, 1989; Malt, 1995). Ross(1996)는 그의 연구에서 문제와의 서로 다른 상호작용이 서로 다른 문제 범주화 양상을 이끈다는 것을 밝혀냈다. 문제의 해결과 분류 작업을 모두 실시한 집단은 문제 분류 작업만을 한 집단과 달리 문제를 분류할 때, 문제의 표면적 정보보다 문제 해결방법 유형에 더욱 의존하였다. 이는 어떤 대상과의 상호작용 방식이 이후 그 대상의 범주화 양상에 영향을 미친다는 것을 의미한다.

그렇다면 문제를 많이 풀어 본 전문가 집단은 문제의 표면적 정보에 전혀 영향 받지 않고, 문제의 구조적 특징에만 의존해서 문제에 접근 가능할까? 사실 전문가 역시 문제의 표

면 정보에 의존함을 보여주는 연구가 많이 존재한다. Chi 등(1981)의 실험에서도 역시 전문가가 문제의 표면정보에서 제시되고 있는 핵심어를 이용해 문제와 관련된 정보를 활성화시킨다고 말하고 있다. 또한 Hardiman, Dufresne, & Mestre(1989)는 전문가들이 물리 문제의 유사성을 판단할 때, 문제의 구조적 특징뿐만 아니라 문제의 표면 정보 유사성을 활용한다는 사실을 밝혀냈다. 이러한 사전 연구들을 통해 Blessing과 Ross(1996)는 문제가 가진 표면 정보의 적절성 수준을 조작함으로써, 실제로 문제에 대한 경험이 풍부한 사람들도 문제의 표면 정보가 부적절할 때, 문제 해결에 좀 더 많은 시간을 필요로 한다는 결과를 보고했다.

이와 같은 기존 연구의 발견들을 통해 전문가와 초보자는 서로 다른 문제 표상을 갖고 있으며 이는 서로 다른 상호작용방식에서 기인한 것이라고 결론내릴 수 있다. 경험이 풍부한 사람들도 문제의 표면적 정보에 의해 영향을 받긴 하지만, 초보자의 경우 전문가에 비해 문제의 표면적 정보에 더욱 많이 의존하는 양상을 보인다. 그렇다면, 문제의 표면적 정보가 부적절한 문제들일지라도 문제의 구조적 특징을 명시적으로 보여준 상황에서 문제를 범주화하게 할 경우, 초보자들도 전문가와 같은 범주화 양상을 보일까? 만약 초보자의 문제 범주화 양상이 전문가의 것과 다른 이유가 문제의 구조 파악에 대한 어려움 때문이라면, 문제의 구조를 명확히 보여준 조건에서는 초보자 역시 전문가와 마찬가지로 문제의 구조에 의존해 문제를 분류할 수 있을 것이다.

또한 문제의 구조를 파악하는데 어려움을 겪는 것이 전문가와 초보자 집단간 문제의 범주화 양상이 다른 이유 중 하나라면, 문제 구조 파악을 하는 훈련을 통해 초보자의 문제

해결 능력을 향상시킬 수 있을까? 문제의 구조를 파악하는 것은 문제를 해결하여 답을 도출하기 바로 이전에 일어나는 단계로 문제의 범주화 작업에서 겪게 되는 과정에 해당한다. 따라서 문제의 구조를 명시적으로 보여준 조건에서 문제를 범주화하는 훈련만을 통해서 문제 해결 능력이 향상될 수 있는지 문제를 직접 풀어보는 훈련을 한 집단과의 비교를 통해서 검증해볼 수 있을 것이다. 이 때, 문제 범주화 훈련이 훈련 단계에서 연습했던 문제 유형에 대해서만 수행 향상 효과를 기대할 수 있는지 혹은 훈련 단계에서 연습하지 않았던 새로운 문제 유형에 대해서도 수행 향상 효과를 기대할 수 있는지 검증해봄으로써 문제 범주화 훈련의 효율성을 살펴볼 수 있다. 이는 Barnett과 Ceci(2002)의 연구에서 지식영역(knowledge domain)의 유사성 정도에 따라 유사전이(near transfer)와 비유사전이(far transfer)로 나눈 것을 토대로 하여 살펴보고자 한다. 만약 범주화 훈련이 과거에 연습한 문제에 대해서만 문제 해결 능력 향상 효과를 갖는다면, 유사전이 조건에서만 수행향상을 기대할 수 있다. 반면 문제 해결 훈련 집단은 훈련 단계에서 명시적으로 문제의 구조를 파악하는 연습을 한 것이 아니라, 직접 문제를 해결하기 위해 식을 도출하는 과정을 거치기 때문에 비유사전이에서의 수행이 좋을 것이라고 예상할 수 있다.

실 험 1

실험 1의 목적은 전문가와 초보자 집단별 문제 범주화 양상을 확인하고자 하는 것이다. 문제의 표면 정보 적절성의 수준을 조작하여,

전문성 수준에 따라 구분된 각각의 집단이 수학 문제를 범주화하는데 있어 문제의 구조적 특징과 표면적 특징에 의존하는 정도를 비교하였다. 두 집단간의 범주화 양상의 차이를 확인한 이후에 문제의 구조를 명시적으로 보여준 조건에서 초보자의 문제 범주화 양상이 전문가와 같은 형태로 변화하는지를 살펴보았다.

방 법

실험참가자

연세대학교에 재학 중인 대학생 18명이 실험에 참가하였다. 실험 참가자 중 한국말 이해에 어려움이 있다고 보고한 2명은 분석 대상에서 제외되었다.

자극

실험에 사용된 문제는 수학 연립방정식 문제로 중학교 수학문제집에서 발췌하였다. 실험 자극은 실험 참가자들의 수학 실력을 평가하기 위한 사전 검사용 수학 연립 방정식 5문제와 범주화 양상을 알아보기 위한 18개의 수학 문제로 구성되었다. 사전 검사용 수학 문제는 난이도의 수준을 다양하게 구성하였으며, 이후 문제 범주화 단계에서 사용되는 18개의 문제 유형에 속하지 않는 문제들로 이루어졌다. 범주화 양상을 알아보기 위해 범주화 과제에 사용된 18개 수학 문제의 유형은 표 1과 같다. 문제는 크게 3가지 유형으로 이루어졌는데, 이는 Blessing과 Ross(1996)의 연구에서 사용된 문제 유형의 일부를 가져온 것으로 나이,

<표 1> 문제 유형과 표면 정보 조건

문제 유형	방정식	표면 정보 조건	문제 번호
나이	$x = Ay$ $x + B = C(Y + B)$	적절	1, 10
		중립	4, 13
		부적절	7(속도), 16(농도)
농도	$x + y = A$ $Bx + Cy = AD$	적절	5, 17
		중립	2, 11
		부적절	6(나이), 14(속도)
속도	$A = (x - y)B$ $A = (x + y)C$	적절	9, 15
		중립	8, 18
		부적절	3(농도), 12(나이)

농도, 속도 유형으로 구성되었다.

문제 유형 각각에 대하여 같은 구조를 가지고 있지만, 표면 정보의 적절성 수준을 조작하여 서로 다른 표면적 특징을 갖고 있는 3가지 조건의 문제들을 만들었다. 같은 구조를 갖고 있는 문제의 경우, 문제의 표면적 정보가 다를지라도 같은 형태의 방정식을 사용하여 해결할 수 있는 문제였다. 표면 정보 조건은 3가지 수준으로 구성되었는데, 적절 조건

에서는 문제 유형의 가장 전형적인 어휘만으로 구성된 표면 정보를, 부적절 조건에서는 다른 유형의 전형적인 어휘라 여겨지는 표면 정보를, 중립 조건의 문제는 어떤 문제 유형의 전형적 어휘에도 해당되지 않는 어휘라 여겨지는 표면 정보를 담고 있었다. 부적절 조건에 해당하는 문제의 경우 나머지 두 유형에서 전형적으로 사용된다고 판단되는 어휘들을 사용하였다. 하지만 여전히 같은 형태의 방정

<표 2> 표면 정보 적절성 조건에 따른 문제 예시

표면 정보 조건	문 제 (유형: 나이)
적절	현재 아버지의 나이는 아들의 나이의 4배라고 한다. 5년 후에 아버지 나이가 아들 나이의 3배가 된다고 한다. 아버지는 아들보다 나이가 얼마나 많은가?
중립	지연이는 민희보다 수학시험에서 4배 높은 점수를 받았다. 선생님이 모든 학생들의 점수를 5점씩 올려준다고 했을 때, 지연은 민희의 점수보다 3배가 높다고 한다. 이 때, 지연이는 민희보다 몇 점이 더 높은가?
부적절	두 그릇에 농도가 서로 다른 소금물이 각각 담겨있다. A 용기에는 B 용기에 넣은 소금의 4배의 소금이 들어있다고 한다. A, B 두 용기 모두에 5g의 소금을 더 넣었더니 A 용기에 들은 소금의 양이 B 용기에 들은 소금의 양의 3배가 되었다. A 용기에 넣은 소금의 양과 B 용기에 넣은 소금의 양의 차이는 얼마인가?

식을 사용하여 해결할 수 있는 문제들이었다. 각 유형과 조건에 해당하는 문제를 2개씩 만들어 총 18개의 문제를 만들었고, 이를 총 18장의 카드에 제시하였다. 문제 유형과 각각의 표면 정보 적절성 조건에 해당하는 문제의 예는 표 2에 실었다.

절차

실험 1은 크게 사전 검사 단계와 문제 자유 범주화 단계, 문제 조건 범주화 단계의 3단계로 이루어졌다. 사전 검사 단계에서는 제한된 시간동안 모든 실험 참가자들이 동시에 수학 문제를 풀었다. 5분 동안 5개의 수학 문제를 풀어야 하며, 주관식 형태로 문제에 답을 하였다. 사전 검사가 끝난 후, 문제의 범주화 방법에 대한 간단한 설명이 있는 뒤 문제 범주화 단계에 들어갔다. 각 실험 참가자는 18장의 카드를 받고 비슷한 문제라고 생각되는 문제들을 묶어 자유롭게 범주화하는 작업을 하였다. 모든 실험 참가자들은 시간제한 없이 충분한 시간을 갖고, 유형의 개수에 관계없이 범주화 작업을 할 수 있었으며, 범주화 작업에 어떤 규칙이나 제약은 없었다.

자유 범주화 작업이 끝난 뒤, 조건 범주화 단계에서는 이미 사용했던 똑같은 18개 문제를 범주화하는 작업을 하였다. 이 때 제시된 범주화 조건은 주어진 3개의 연립 방정식을 보고 각각의 문제가 어떤 방정식을 사용하여 해결할 수 있는지에 따라 문제를 분류하는 것이었다. 모든 문제는 3개의 방정식 중 하나만을 사용하여 해결할 수 있는 것이었으며, 자유 범주화 작업과 마찬가지로 시간제한 없이 충분한 시간을 갖고 범주화할 수 있었다.

결 과

사전 검사

사전 검사 결과, 수학 문제의 점수에 따라 실험 참가자를 3개의 집단으로 나누었다. 검사에 사용된 5개의 문제 중 맞게 푼 문제가 몇 개였느냐에 따라 정확도가 계산되었다. 분석 결과, 1문제만을 맞게 풀거나 문제를 전혀 풀지 못한 참가자를 초보 집단으로, 2문제, 혹은 3문제를 푼 참가자를 중간 집단으로, 4문제 혹은 5문제 모두를 푼 참가자를 전문 집단으로 구분할 수 있었다. 각 집단을 구성하는 참가자 수와 정확도 평균, 표준 편차는 표 3과 같다. 3개 집단이 통계적으로 유의미하게 차이가 나는지를 알아보기 위해 One-way ANOVA를 실시하였다. 분석 결과, 3개 집단의 변량은 서로 동질적이었으며, 3개 집단의 정확도의 차이는 통계적으로 유의미하였다, $F(2, 13) = 53.625, p < .001$. 따라서 3개 집단을 전문성 수준에 따라 구별한 뒤, 집단별로 범주화 양상을 비교할 수 있었다.

<표 3> 각 집단별 사전 검사에서의 정확도

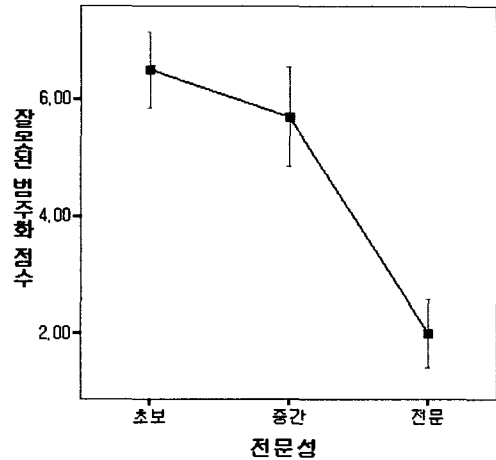
전문성	사람 수	평균(%)	표준편차
초보 집단	4	.15	.10
중간 집단	8	.45	.09
전문 집단	4	.85	.10

자유 범주화

각 실험 참가자가 자유롭게 범주화한 것을 방정식의 유형에 의해 범주화하는 것과 얼마나 차이가 나는지를 집단별로 살펴보았다. 문

제를 해결하기 위해 필요한 방정식을 기준으로 하여 그것과 다르게 범주화한 경우를 점수화하였다. 문제를 풀기 위해 필요한 방정식에 기초하여 범주화한 것을 제외하고 잘못 분류한 문제의 경우 1점을, 분류는 맞게 하였지만 같은 유형으로 범주화하지 않고 유형을 세분화해 놓은 경우 0.5점을 주어 점수의 합을 계산하였다. 따라서 자유 범주화의 점수가 높을수록 문제 해결에 필요한 방정식이 아닌 다른 기준을 사용하여 범주화했음을 의미한다. 3개 집단의 자유 범주화 점수 차이를 알아보기 위해 One-way ANOVA를 실시하였다. 전문성에 따른 세 집단의 점수 차이는 통계적으로 유의미하였다, $F(2, 13) = 6.343, p < .05$. Tukey 사후 검정 결과, 전문 집단만이 초보 집단과 중간 집단 모두와 유의미한 점수 평균 차이를 보였다. 3개 집단별 각각의 잘못된 범주화 점수 평균과 표준편차는 표 4와 그림 1에 나타나 있다.

표 4와 그림 1에서 알 수 있듯이 전문성의 수준이 낮아질수록 잘못된 범주화 점수가 높아짐을 확인할 수 있다. 즉, 초보집단의 잘못된 범주화 점수가 가장 높았으며, 중간 집단, 전문 집단의 순서대로 잘못된 범주화 점수는 낮아졌다. 이는 전문성 수준이 낮을수록 문제의 구조적 특징에 덜 의존한다는 것을 보여주는데, 특히 전문 집단은 다른 집단과 달리 어



(그림 1) 집단별 자유 범주화 점수 그래프

떤 지시가 없었음에도 불구하고 자발적으로 문제의 구조를 기준으로 하여 문제를 범주화했다는 것을 알 수 있다.

각 집단별로 문제를 범주화하는 양상에 대한 질적 분석을 실시한 결과, 전문성에 따른 범주화 양상에는 큰 차이가 있었다. 전문 집단의 경우 문제를 풀기 위해 사용되는 방정식이 같은 문제들을 하나의 유형으로 범주화하는데 반해, 초보 집단은 문제의 구조적 특징보다는 문제의 표면적 정보에 의존하여 범주화하였다. 전문 집단과 초보 집단에 속하는 실험 참가자가 범주화한 각각의 예는 표 5에 있다. 전문 집단에 속하는 참가자 1번은 유형 2와 유형 4에 속하는 문제들이 같은 구조적 특징을 공유하고 있음에도 불구하고 서로 다른 유형으로 범주화했다는 점을 제외하고는 문제의 구조적 특징에 정확히 일치하는 범주화 양상을 보인다. 이에 반해 초보 집단으로 분류된 참가자 14번의 경우 문제 1, 17, 3, 10, 12, 7번등이 잘못 범주화되어 있었다. 예를 들어 유형 4에 속하는 문제 7은 실험참가자가

<표 4> 자유 범주화 조건에서 집단별 잘못된 범주화 점수

전문성	평균	표준편차
초보 집단	6.50	.64
중간 집단	5.68	.85
전문 집단	2.00	.57

<표 5> 전문 집단과 초보 집단의 자유 범주화 예

전문 집단 (참가자 #1)		초보 집단 (참가자 #14)	
유형	문제 번호	유형	문제 번호
유형 1	1, 4, 7, 10, 13, 16	유형 1	1, 17
유형 2	2, 6, 11, 14	유형 2	3, 4, 13, 16
유형 3	3, 8, 9, 12, 15, 18	유형 3	2, 8, 10, 11, 12, 18
유형 4	5, 17	유형 4	7, 9, 15
		유형 5	5, 6

같은 유형으로 분류한 문제 9, 15번과 다른 구조적 특징을 공유하고 있지만, 실험자의 조작에 의해 같은 표면적 정보를 공유하는 예에 해당한다. 그 외에도 초보 집단의 참가자들은 구조적, 혹은 표면적으로도 같은 특징을 공유하지 않는 문제를 같은 유형의 문제로 범주화하기도 하였다. 유형 1로 분류된 문제 1과 17은 구조적으로도, 표면적으로도 같은 특징을 공유하지 않는 문제였다.

조건 범주화

주어진 3개의 방정식에 따라 범주화한 경우 1점을 주어 총 18개 문제에 대한 정확도를 계산하였다. 각 집단별 정확도의 평균 차이를 분석한 결과, 전문성 수준이 높은 집단일수록 정확도 평균 점수는 높아졌지만, 집단별 정확도 평균 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다, $F(2, 13) = .860, p > .05$. 따라서 문제를 해결하기 위해 필요한 방정식을 명시적으로 제시한 조건에서 범주화할 경우 전문성 수준에 관계없이 비슷한 패턴으로 범주화했음을 알 수 있다. 각 집단별 범주화 정확도의 평균과 표준 편차는 표 6에 제시되어 있다.

<표 6> 집단별 조건 범주화 정확도

전문성	평균(%)	표준편차
초보 집단	.84	.11
중간 집단	.86	.16
전문 집단	.95	.02

논 의

실험 1의 결과, 초기 수행 수준에 따라 나누어진 3개 집단인 초보, 중간, 전문 집단이 자유 범주화 단계에서 서로 다른 양상으로 문제들을 범주화했음을 알 수 있었다. 이는 Chi et al.(1981)의 연구 결과를 지지하는 것으로 전문가의 경우 문제를 범주화할 때, 문제의 해결방법과 관련된 기준을 사용하였지만, 초보자는 근원적인 문제 해결방법보다는 표면적으로 나타나는 문제의 어휘 정보에 강하게 의존하였다. 따라서 초보자의 경우 부적절한 표면 정보를 갖고 있는 문제를 그러한 어휘를 전형적으로 갖고 있다고 생각되는 유형의 문제로 분류하였지만, 전문가의 경우 표면 정보의 적절성에 관계없이 문제를 분류할 수 있었다.

그러나 조건 범주화 단계에서는 전문성 수

준에 관계없이 모든 집단의 참가자들이 비슷한 범주화 양상을 보였다. 이는 초보자의 경우 범주화 조건의 유무에 따라 서로 다른 범주화 양상을 나타내지만, 조건이 붙은 범주화 상황에서는 초보자도 전문가와 같은 양상으로 범주화할 수 있음을 의미한다. 이렇게 초보자의 경우 조건의 유무에 따라 범주화 양상이 달라지는 것은 조건이 없는 경우 초보자는 문제의 구조를 파악하는데 어려움을 겪기 때문이라고 생각해볼 수 있다. 문제를 보고 전문가처럼 문제의 근원적 구조를 파악할 수 없기 때문에 표면적 정보에 의존해 문제를 범주화하게 되기 때문이다. 따라서 구조를 명시적으로 제시한 조건 범주화 상황에서는 구조 파악의 어려움이 없기 때문에 이를 기준으로 하여 범주화할 수 있었다.

실험 2

문제의 구조를 명시적으로 제시한 조건 범주화 상황에서, 초보자도 전문가와 마찬가지로 문제의 구조를 기준으로 하여 문제를 범주화할 수 있음을 실험 1을 통해 살펴보았다. 이는 자유 범주화 조건과 달리 조건 범주화 상황에서는 초보자도 명시적으로 제시된 문제 구조를 통해 전문가와 같은 형태의 문제 표상을 갖게 되었을 의미한다. 따라서 자유 범주화 상황에서 보였던 두 집단간 범주화 양상의 차이는 초보자의 문제 구조 파악의 어려움 때문이라고 할 수 있다. 이와 같이 초보자가 자유 범주화 상황과 조건 범주화 상황에서 문제의 범주화 양상이 변화하는 것이 초보자가 갖고 있는 문제 구조 파악에 대한 어려움 때문이라면, 문제 구조를 파악하는 훈련만을 통해

서 초보자의 문제 해결 능력을 향상시킬 수 있을까? 라는 의문을 제기할 수 있다. 이 때, 문제 구조 파악 훈련은 명시적으로 표현된 문제 구조를 기준으로 하여 문제를 분류하게 하는 범주화 작업으로 대신할 수 있다.

따라서 실험 2의 목적은 문제 범주화 훈련이 문제 해결 능력의 향상을 가져올 수 있는지 검증하는 것이다. 문제 범주화 훈련의 효과를 전문성의 수준에 따라 전문가 집단과 초보자 집단으로 나누어 살펴보았다. 또한 훈련 단계에서 연습한 문제와 같은 유형과 다른 유형의 문제를 전이 검사의 과제로 사용함으로써 유사전이(near transfer)와 비유사전이(far transfer)에의 범주화 훈련 효과를 비교하고자 하였다.

방 법

실험참가자

연세대학교에 재학 중인 대학생 20명이 실험에 참가하였다. 실험 참가자 중, 사전 검사 점수의 정확도가 1이 아닌 3명은 분석 대상에서 제외되었다. 실험 참가자는 무선적으로 두 개의 실험 조건인 분류 훈련 집단과 문제해결 훈련 집단에 배정되었다.

자극

실험용 자극은 전문성 수준 측정을 위한 사전 검사용 수학 문제 5개와 훈련을 위한 18개 수학 문제 2 블록, 전이 검사 측정을 위한 6개의 수학문제로 구성되었다. 검사용 수학 문제 5개와 훈련에 사용된 18개 수학 문제는 모두 실험 1에서 사용한 것과 동일하였다. 전이

검사 측정을 위한 6개의 문제는 훈련단계에서 연습한 것과 같은 유형의 문제가 3개, 훈련단계에서 연습하지 않은 새로운 유형의 문제 3개로 구성되었다. 즉, 3문제는 훈련단계에서 연습한 나이, 속도, 농도 유형의 문제들로 구성되었고, 나머지 3문제는 연습하지 않았던 새로운 유형인 일에 관련된 문제들로 구성되었다. 이 때, 훈련단계에서 연습한 유형의 문제의 표면 정보는 모두 부적절 조건이었으며, 새로운 유형의 문제의 표면 정보는 적절 조건이었다.

절차

실험 2는 사전 검사 단계, 훈련 단계, 전이 검사 단계인 3단계로 이루어졌다. 각 단계가 진행될 때마다 1분 정도의 휴식 시간이 주어졌다. 사전 검사 단계에서는 실험 1에서와 마찬가지로 모든 참가자가 5개의 수학문제를 풀었다. 그러나 실험 1에서 시간제한을 두고 초기 수행 수준을 측정했던 것과 달리 실험 2에서는 시간제한이 없었기 때문에 문제 해결에 걸리는 반응시간과 정확도를 모두 측정하였다.

훈련 단계에서는 2개의 훈련 조건에 무선적으로 배정된 각각의 그룹에 서로 다른 훈련 방법이 적용되었다. 분류 훈련 집단은 18개의 수학 문제를 하나씩 보면서, 각 문제를 풀기 위해 필요한 식이 무엇인지를 주어진 보기에서 찾도록 하였다. 각 실험 참가자에게 18개의 문제는 무선적 순서로 제시되었으며, 18개의 문제를 모두 해결한 뒤에는 1분간의 휴식을 취하였다. 문제해결 훈련 집단은 18개의 문제를 직접 풀고, 문제에서 요구하는 답을 구하였다. 모든 문제는 컴퓨터 모니터 화면에 한 문제씩 객관식으로 제시되었으며, 참가자

가 정답 키를 누르면 다음 문제로 넘어갈 수 있도록 구성되었다. 훈련 단계에서는 참가자가 입력한 정답에 대한 O/X 피드백이 주어졌으며, 각 문제에 대하여 문제를 푸는데 걸린 시간과 정확도가 측정되었다. 2개 집단 모두 훈련 단계는 2 블록으로 구성되었으며, 2번째 블록에서는 첫 번째 블록에서 해결한 것과 같은 18개 문제가 무선적 순서로 반복해서 제시되었다.

전이 검사 단계에서는 문제 해결 능력 측정을 위한 6개의 수학문제를 풀었다. 이 단계에서는 O/X 피드백이 제공되지 않았으며, 분류 훈련 집단 역시 문제를 풀고 문제가 요구하는 답을 구해야 했다. 모든 경우에 시간제한은 없었으며, 전체 실험을 완료하기까지 평균 50분이 소요되었다.

결 과

사전 검사

사전 검사 결과, 실험 1과 달리 문제를 푸는데 시간제한이 없었기 때문에 거의 대부분의 참가자들의 정확도는 1이었다. 따라서 정확도가 1이 아닌 3사람을 제외한 17명의 반응 시간을 기준으로 하여 전문가와 초보자 집단으로 나누었다. 즉, 문제를 해결하는데 짧은 시간이 소요되는 참가자를 전문가로 문제 해결에 좀 더 긴 시간이 소요되는 참가자를 초보자라고 정의하였다. 전문성에 따라 구별된 2개 집단을 또 다시 분류 훈련 집단과 문제해결 훈련 집단에 무선적으로 배정하였다.

각 훈련 조건에 할당된 실험 참가자들의 사전 검사 반응시간 측정치는 표 7과 같다. 전

<표 7> 그룹별 사전 검사 반응시간

훈련 조건	전문성	사람 수	반응시간(s)	표준편차(s)
분류 훈련	전문가	4	58.122	7.818
	초보자	5	84.810	11.340
문제해결 훈련	전문가	4	49.725	4.259
	초보자	4	79.128	5.381

문가 집단과 초보자 집단이 통계적으로 유의미하게 차이가 나는지를 알아보기 위해 t 검증을 실시한 결과, 두 집단의 평균 반응 시간 차이는 유의미하였다, $t(15) = 5.884, p < .001$. 하지만, 분류 훈련 조건과 문제해결 조건 간의 반응시간 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다, $t(15) = 1.004, p > .05$. 따라서 분류 훈련 집단과 문제해결 훈련 집단이 동질적이었음을 확인할 수 있었다.

전이 검사

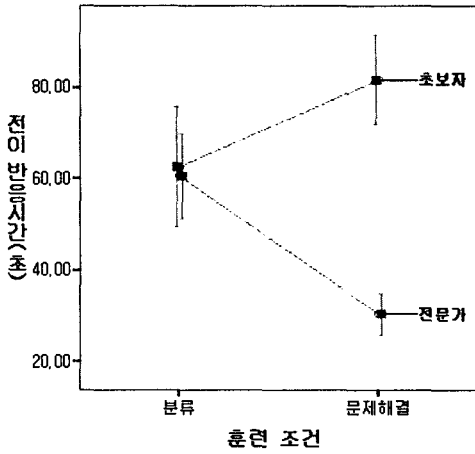
전이 검사에서 사용된 6개 수학 문제에 대하여 측정된 반응시간과 정확도를 분석하였다. 사전검사 결과와 마찬가지로 정확도에서 모든 조건의 집단간 차이가 없었기 때문에 맞게 풀 문제의 반응시간을 분석 대상으로 하였다. 훈련 조건과 전문성에 따른 문제 해결 시간의 차이를 검증하기 위해 ANOVA를 실시하였다.

전문성에 따른 문제해결의 반응시간의 차이는 통계적으로 유의미하였으나 $F(1, 13) = 6.539, p < .05$, 훈련 조건에 따른 문제 해결 시간의 차이는 통계적으로 유의미하지 않았으며, $F(1, 13) = .277, p > .05$. 전문성과 훈련조건에 따른 상호작용의 효과는 유의미한 것으로 나타났다, $F(1, 13) = .5575, p < .05$. 분류 훈련 조건에서는 전문성에 따른 반응 시간의 차이가 나타나지 않았지만, 문제해결 훈련 조건에서는 전문성에 따른 반응시간의 차이가 크게 나타났다. 따라서 전문가의 경우 문제 해결 훈련을 한 집단이 분류 훈련 집단보다 더 많은 전이를 보였지만, 이와 반대로 초보자의 경우에는 분류 훈련을 한 집단이 문제 해결 훈련 집단보다 더 많은 전이를 보였다. 표 8과 그림 2는 각 훈련 조건과 전문성 수준에 따른 반응시간을 보여주고 있다.

지식영역(knowledge domain)의 유사성 정도에 따라 유사전이 과제를 해결하는데 소요된 반

<표 8> 조건별 전이 과제의 반응시간 평균

훈련 조건	전문성	반응시간(s)	표준편차(s)
분류 훈련	전문가	73.315	25.588
	초보자	75.829	45.276
문제해결 훈련	전문가	35.112	15.087
	초보자	104.641	45.914

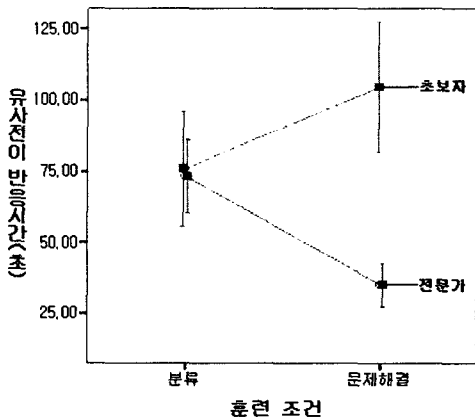


(그림 2) 각 조건별 반응시간의 평균 그래프

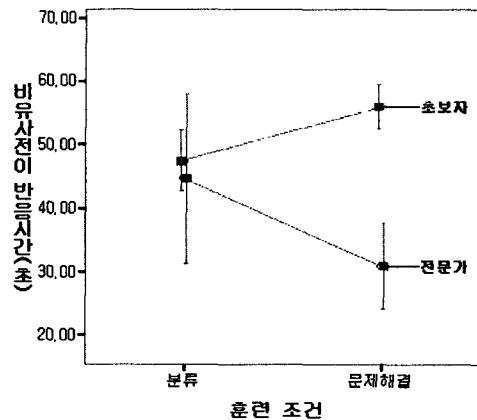
응시간과 비유사전이 과제를 해결하는데 소요된 반응시간을 나누어 각각 2x2 ANOVA를 실시하였다. 유사전이의 반응 시간 분석 결과, 전문성에 따른 주효과 $F(1, 13) = 4.136, p > .05$, 훈련 조건에 따른 주효과 $F(1, 13) = .07, p > .05$, 전문성과 훈련조건에 따른 상호작용 효과 $F(1, 13) = 3.579, p > .05$, 모두 통계적으로 유의미하지 않았다. 비유사전이의 반응 시간 분석 결과 역시 전문성에 따른 주효과

$F(1, 13) = 3.265, p > .05$, 훈련 조건에 따른 주효과 $F(1, 13) = .120, p > .05$, 전문성과 훈련조건에 따른 상호작용 효과 $F(1, 13) = 2.061, p > .05$ 모두 통계적으로 유의미하지 않았다. 그림 3과 4는 각각 유사전이 반응시간과 비유사전이 반응시간 그래프를 보여주고 있다. 따라서 유사전이와 비유사전이를 나누어 살펴보는 것은 큰 의미가 없었다. 이는 전이 검사 측정에 사용된 과제 수가 적었기 때문인 것으로 보인다.

하지만 문제를 해결하는데 소요된 반응시간의 패턴을 분석해봄으로써 각 조건에 대한 의미를 발견할 수 있었다. 그림 3과 4에서 볼 수 있는 것과 같이 유사, 비유사 전이에 관계 없이 전문가와 초보자는 분류 훈련을 받은 경우 문제 해결 반응시간에 차이가 없었으나, $t(6) = 2.877, p > .05$, 문제 해결 훈련을 받은 경우 전문가의 반응시간이 초보자의 반응시간보다 통계적으로 유의미하게 작았다, $t(6) = 3.293, p < .05$. 또한 유사전이에서 전문가 집단은 분류 훈련 조건보다 문제해결 훈련 조건에서 통계적으로 유의미하게 작은 반응시간을



(그림 3) 유사전이 반응시간 그래프



(그림 4) 비유사전이 반응시간 그래프

보였다, $t(6) = 2.572, p < .05$. 따라서 문제 해결 훈련이 전문가 집단의 수행에 도움을 주지만 초보자 집단의 수행에는 별 도움을 주지 못한다는 것을 알 수 있다. 또한 통계적으로 유의미하지는 않았지만, 초보자 집단은 전문가 집단과는 달리 문제 분류 훈련이 더 효과적인 것으로 나타났다.

한편 유사전이 반응시간이 비유사전이 반응 시간보다 전체적으로 높은 수치를 나타냈는데 이것은 문제 난이도 조정 실패에 따른 결과로 생각된다. 유사전이를 측정하기 위해 사용된 문제의 표면 정보가 부적절 조건이었던데 반해, 비유사전이 측정을 위한 문제의 표면 정보는 적절 조건이었다. 따라서 유사전이에 사용된 문제가 이미 연습했던 유형이라 할지라도 실험 참가자들에게는 비유사전이에 사용된 새로운 유형의 문제보다 더 어렵게 느껴졌을 수 있다.

논 의

실험 2에서 실시된 실험 결과, 문제 해결 훈련을 한 경우 전문가의 수행이 초보자의 수행보다 항상 좋았으며, 특히 전문가는 유사전이 조건에서 문제 해결 훈련이 문제 분류 훈련보다 더 효과적인 것으로 나타났다. 반면 초보자는 문제 분류 훈련을 한 경우 전문가의 수행과 별 차이가 없었던데 반해, 문제 해결 훈련을 한 경우 전문가의 수행보다 전이 과제에서 더 오랜 반응시간을 보였다. 이는 전문가에게는 문제 해결 훈련이 효과적이거나 초보자에게는 문제 분류 훈련이 더 효과적일 수 있다는 것을 암시한다. 초보자는 전문가와 달리 문제의 깊은 구조를 파악하기 어려운데, 문제 분류 훈련을 통해 문제의 구조를 명시적

으로 확인하고 이해함으로써 이것이 문제 해결 능력에 도움을 줄 수 있다.

그러나 전문가의 경우, 이미 문제의 구조를 파악할 수 있는 능력을 가지고 있기 때문에 문제 분류 훈련은 이미 알고 있는 것을 확인시켜 주는 것 이상의 의미를 갖지 못한다. 따라서 문제를 직접 풀어본 전문가 집단은 문제 분류 집단이 하지 않았던 작업, 즉 직접 계산하고 답을 도출하는 과정에 대한 연습을 통해 문제 해결의 수행이 좋았다고 볼 수 있다.

한편 실험 2에서는 실험 1과 달리 사전 검사를 통한 초기 수행 수준 측정에서 정확도가 아닌 반응 시간을 기준으로 하여 전문가 집단과 초보자 집단을 구분하였다. 문제 해결에 제한 시간을 두었던 실험 1과 다르게 실험 2에서는 제한 시간을 두지 않고 반응 시간을 측정하는 형태로 절차를 변경한 이유는 실험 참가자들의 수행 수준을 고려할 때 반응시간을 종속 변인으로 사용하는 것이 정확도보다 더 적합하다고 보았기 때문이다. 실험 참가자들은 훈련 단계와 전이 검사 단계에서 모두 반응 시간에 관계없이 높은 정확도를 보였다. 이는 객관식이라는 문제 형태가 실험 참가자들에게 상대적으로 쉬웠기 때문인 것으로 추측된다. 따라서 정확도를 기준으로 하는 것은 집단간 유의미한 차이를 발견하기 힘들었고, 전이 측정을 위해 반응시간을 사용한다면, 사전 검사에서도 반응 시간을 기준으로 집단을 구분하는 것이 보다 일관적인 실험 절차일 것이라고 판단하였다.

종합논의

Chi 등(1981)의 연구에서 전문가와 초보자가

물리 문제를 서로 다른 문제 특징을 사용하여 범주화했듯이 이번 연구에서도 전문성에 따라 수학 문제의 범주화 양상이 다름을 확인할 수 있었다. 전문성 수준이 높은 사람들은 문제를 해결하기 위해 필요한 방정식에 의존하여 문제를 범주화하는데 반해, 전문성 수준이 낮은 사람들은 문제의 표면적 특징에 의존하여 문제를 범주화하였다. 따라서 초보자들은 문제의 구조적 특징과 해결 방법이 다름에도 불구하고, 문제들 간의 표면적 유사성이 높을 때, 이들을 같은 유형의 문제로 분류하였다.

이렇게 전문가와 초보자의 문제 범주화 양상이 차이를 보이는 것은 이들의 문제 표상 형태가 다르기 때문이라고 할 수 있다. 문제 표상은 가용한 정보의 맥락 속에서 형성되는데, 전문가와 초보자는 그들 경험의 양과 질에 따라 서로 다른 종류의 가용한 정보를 갖게 된다. 즉, 전문가는 많은 문제를 풀어본 경험으로 인해 특정 문제에 대해 해결방법과 관련한 정보 혹은 절차적 지식을 포함한 표상을 갖고 있다. 반면 초보자는 충분치 못한 문제 풀이 경험으로 인해 아직은 문제에 대한 구체적인 해결방법에 대한 절차적 지식은 갖고 있지 않지만, 문제의 표면적 정보에 대한 지식을 토대로 한 표상을 갖고 있을 것이다. 따라서 이러한 문제 표상 차이로 인해 이 두 집단은 서로 다른 문제 범주화 양상을 나타낸다.

그렇다면, 초보자에게 문제 해결과 관련한 절차적 지식, 즉 문제의 구조를 명시적으로 보여준다면, 이들도 전문가와 같은 범주화 양상을 보일까? 실험 1의 결과는 이를 지지하고 있다. 전문가 집단은 문제의 구조적 특징의 유무에 관계없이 비슷한 범주화 양상을 보였다. 하지만 초보자 집단은 문제의 구조적 특징이 명시적으로 제시된 조건 범주화 상황에

서 자유 범주화 상황과 달리 문제의 구조적 특징에 더 의존함으로써 전문가와 같은 형태로 문제를 범주화하였다. 이는 자유 범주화 상황에서는 초보자가 문제의 깊은 구조를 파악하기 어려웠기 때문인 것으로 보인다.

초보자가 문제의 구조를 파악하는데 어려움을 겪기 때문에 전문가와 다른 범주화 양상을 나타내는 것이라면, 문제 구조를 파악할 수 있는 문제 범주화 훈련만으로도 문제 해결 능력을 향상시킬 수 있을까? 실험 2의 관찰 결과, 전문가는 문제해결 훈련이 더 효과적이었던데 반해 초보자에게는 문제 범주화 훈련이 더 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 실험 결과는 초기 수행 수준이나 전문성의 수준에 따라 서로 다른 형태의 교육이 필요하다는 점을 시사한다. 문제의 구조를 파악하기 어려운 초보자의 교육에 있어서 교육자는 초보자가 문제 구조 파악에 어려움을 겪지 않을 때까지 이를 보조하는 수단을 제공해주는 것이 필요하다. 반면 전문가는 문제 구조 파악에 어려움이 없으므로 그보다는 이미 획득한 기술의 자동화가 이루어질 수 있도록 하는 반복 훈련이 더 효과적일 수 있다.

이 연구에서는 초기 수행 수준을 전문성의 기준으로 하여 전문가 집단과 초보자 집단을 나누어 실험 결과를 비교, 분석하였다. 비록 초기 수행 수준 점수가 각 집단별로 유의미한 차이가 나도록 집단을 구성하긴 하였지만, 모든 참가자는 대학교 입학 이전에 비슷한 수준의 수학 교육을 제공받았을 것이다. 따라서 초기 수행 수준에 기초한 분류는 전문성을 구분하는 명확한 기준이 되지 못할 수 있다. 후속 연구에서는 수학을 전공하는 대학생 집단과 수학 방정식 문제를 배우기 시작한 중학생 집단을 비교한다면, 좀 더 명확한 전문성에

따른 집단별 비교 분석이 가능할 것이다.

또한 후속연구에서는 좀 더 많은 실험 참가자들을 더 많은 과제 수를 사용하여 충분한 훈련 시간 동안 훈련시킨다면 보다 더 안정적이며 신뢰로운 연구 결과를 획득할 수 있을 것이다. 따라서 훈련 단계와 전이 검사에서 사용된 문제의 유형과 개수를 늘리고 더 오랜 시간의 훈련과 연습을 통해 문제 해결 능력 향상의 효과를 측정하는 것이 요구된다. 특히, 전이 검사에서 더 많은 수의 실험참가자와 과제를 사용한다면, 이 연구에서는 부족했던 유사전이와 비유사전이의 차이를 명확하게 살펴볼 수 있을 것이라고 기대한다. 비록 이 연구에 사용된 표본 집단은 작았지만 전문성과 훈련 조건에 따른 각 집단별 문제 범주화 패턴과 전이 양상의 차이를 밝혀냄으로써 전문성에 따른 차별화된 교육의 필요성을 알 수 있었다. 이는 앞으로의 교육 방법론에 대한 선행 연구로서의 의미를 가질 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김인종, 문선희, 서명숙, 신건성, 이상덕, 최정기, 홍기웅, 황혜성 (2002). 문제은행 3000제 탄탄수학 (8-가 단계). 3000제 편찬위원회.
- 박재욱, 박금산, 정낙영, 임유원, 김만기, 길기술, 박희웅, 이춘신 (2002). A+ 필수수학 8-가. 중앙교육진흥연구소.
- 박현숙, 송미경, 신송임, 이세호, 이승우 (2002). 최고수준 수학 8-가, 나. (주)천재교육.
- 이홍섭 (2001). 개념원리 중학수학 2. (주)도서출판 디딤돌.
- 최용준 (2001). 해법수학 중 2. (주)천재교육.
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn?: A taxonomy for far transfer. *Psychological bulletin*, 128, 612-637.
- Blessing, S. B., & Ross, B. H. (1996). Content effects in problem categorization and problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 22, 792-810.
- Boster, J. S., & Johnson, J. C. (1989). Form or function: A comparison of expert and novice judgments of similarity among fish. *American Anthropologist*, 91, 866-889.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Hardiman, P. T., Dufresne, R., & Mestre, J. P. (1989). The relation between problem categorization and problem solving among experts and novices. *Memory & Cognition*, 17, 627-638.
- Hayes, J. R., & Simon, H. A. (1976). The understanding process: Problem isomorphs. *Cognitive Psychology*, 8, 165-190.
- Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science*, 208, 1335-1342.
- Malt, B. C. (1995). Category coherence in cross-cultural perspective. *Cognitive Psychology*, 29, 85-148.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Chills, N. J., Prentice-Hall.

- Ross, B. H. (1996). Category representations and the effects of interacting with instances. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 22, 1249-1265.
- Simon, D. P., & Simon, H. A. (1978). Individual differences in solving physics problems. In R. S. Siegler(Ed.), *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, N. J.: Erlbaum.

1 차원고접수: 2004. 12. 21

2 차원고접수: 2005. 2. 28

최종게재승인: 2005. 3. 5