

문제의 요구주의력과 덩이지식화 효과가 문제해결에 미치는 영향

안수영 · 권재술
(한국교원대학교)

(1995년 3월 20일 받음)

I. 연구 목적 및 내용

인지심리학에서 최근의 정보처리이론과 신 피아제 이론은 문제해결자에게 제시되는 문제환경의 중요성에 대하여 새로운 시사점을 제공한다. 특히 Pascual-Leone은 문제해결자의 단기 기억 저장공간(주의력)과, 제시된 문제환경과 관련된 문제해결에 필요한 조작단계수나 파지 해야 할 정보의 수는 문제해결의 성공 여부에 결정적 변인이 될 수 있음을 암시하였다.

문제를 성공적으로 해결하는 데 필요한 조작단계수나 파지해야 할 정보의 수에 관련된 문제의 요구주의력과 문제해결자의 단기 기억 저장공간과의 상호작용 효과는 Niaz(1987, 1989, 1991), Roth(1990, 1991), Johnstone(1986, 1993), 김혜경(1991), 안수영, 권재술(1992) 등의 연구에서 확인되고 있다. 이들의 연구에서 각 문항을 해결하는 데 필요한 조작단계수 즉, 각 문항의 요구주의력의 크기는 과제분석에 의해 정해진다.

기존의 연구에서는, 연구에 사용된 검사 문항들을 과제분석의 절차를 거쳐 문제의 요구주의력을 사전에 결정하고, 문제의 요구주의력에 따라 이들 문항들을 연속적으로 배치함으로써 요구주의력이 문제해결에 어떠한 결과를 가져오는 지 확인할 수 있었다. 기존 연구에 사용된 대부분의 검사 문항들은 같은 논리유형을 지니도록 구성되어 있으나 각 문항의 내용들은 다르다.

문제해결자가 비록 같은 크기의 단기 기억 저장공간을 지니고 있더라도 문제가 특정 내용과 관련된 것일수록 개인에 따라 특정 내용의 문제와 관련된 지식의 정도가 다르다. 따라서 문제해결의 결과는 문제해결자의 단기 기억 저장공간의 크기(주의력)에 의해서만 결정되지 않고, 문제해결자의

문제 관련 지식의 정도와 문제의 요구주의력에 영향받게 된다. 이와 같은 결과는 일반적인 지식을 요구하는 천칭 과제와 특정 내용 지식을 요구하는 운동의 제 2법칙 과제에 관련된 문항들의 요구주의력에 따른 정답률의 변화를 조사한 사전 연구(안수영, 권재술, 1992)에서도 밝혀졌다.

사전 연구(안수영, 권재술, 1992)의 결과는 비록 외형적 요구주의력이 같은 문항이라도 정답률은 과제의 종류에 따라(천칭 과제, 운동의 제 2법칙 과제) 각 문항별로 다르게 나타났다. 같은 주의력을 가지는 대상에 대한 문제해결 결과는 문제의 요구주의력과 문제 내용과 관련된 문제해결자가 지닌 지식들의 덩이지식화(Chunking) 정도에 영향받는다.

본 연구에서는 사전 연구에서 드러난 결과를 바탕으로, 문제해결에 필요한 조작단계수(문제의 요구주의력)와 문제해결자의 지식구조내의 문제 관련 지식의 덩이지식화 정도에 의하여 문제해결 결과가 어떻게 달라지는가를 알아보는 데 그 목적이 있다.

구체적인 연구 내용은 다음과 같다.

가. 문제의 요구주의력이 증가할 때 한 과제 내의 문항별 정답률은 어떻게 되는가?

나. 각 집단(LM 집단, non LM 집단)의 처치 전과 후의 정답률은 과제의 종류 및 요구주의력에 따라 어떻게 나타나는가?

다. 처치에 의한 과제 관련 지식의 덩이지식화 효과는 두 집단(LM 집단, non LM 집단)의 문제해결 결과에 어떠한 영향을 주는가?

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

연구는 경상남도 울산시에 소재한 고등학교 자연계 2학년 여학생들을 대상으로 하였다. 대상 학교는 비 평준화 지역의 고등학교로서 중학교 성적이 중간 정도인 학생들이 진학한다. 대상 학생수는 3학년 148명이며 이들은 모두 검사 문항과 관련된 운동의 제 2법칙 단원을 배운 학생들이다. 또한 천칭 과제에 해결에 필요한 일반적인 지식을 일상 생활 경험을 통해 아는 학생들이다.

2. 검사 도구

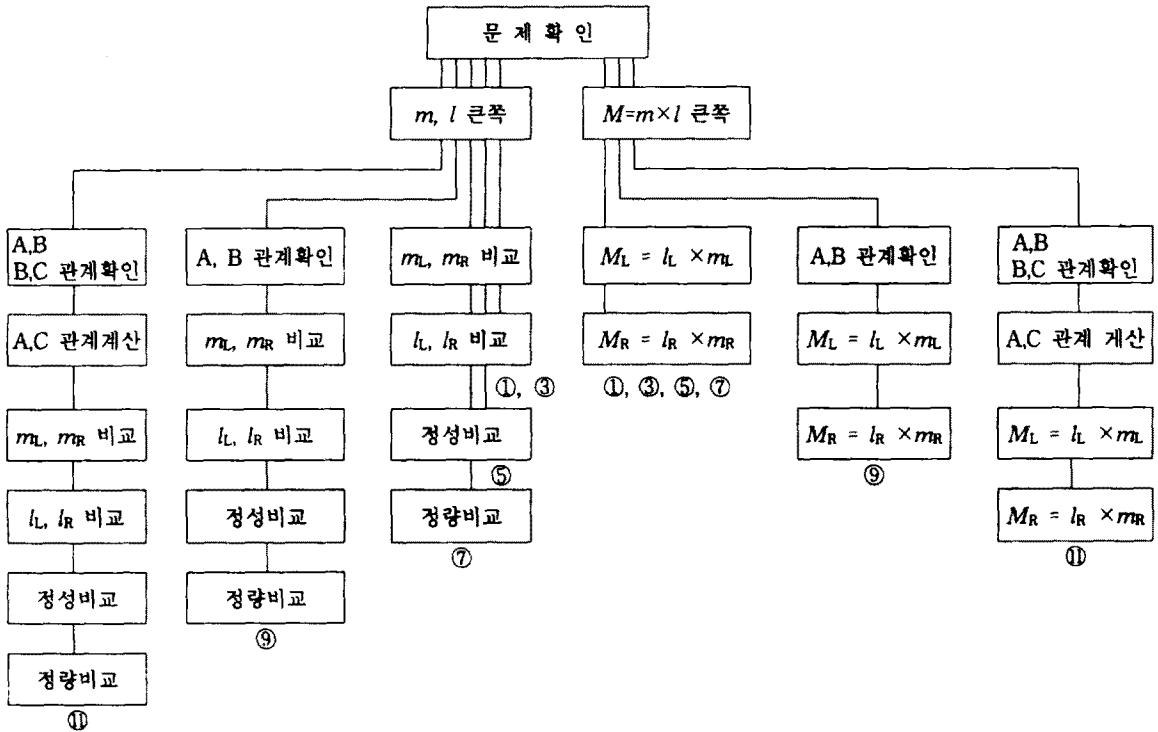
검사 도구는 지필식 문항으로 일반적 지식을 요구하는 과제(천칭 과제)와 특정 지식을 요구하는 과제(운동의 제 2법칙)를 선택하여 각 과제마다 6 문항씩 개발하였다(처치 전문항). 학생들은 2 종류의 과제를 동일한 논리구조 즉, 비례 논리를 사용하여 해결하게 되어 있다.

과제별 각 문항의 요구주의력은 문제공간을 작성하여 문제의 조작단계수를 정하고, 다시 학생들의 문제해결 과정을

분석하여 결정되었다. 요구주의력이 결정된 검사 문항은 전문가(과학교육 전공 교수 2인, 대학원생 4인)에게 의뢰하여 요구주의력을 재확인하였다. 요구주의력이 재확인된 문항들은 사전 연구(안수영, 권재술, 1992)를 통해 다시 수정·보완되었다.

한 과제에 속해 있는 6 문항은 같은 내용을 지니면서 각 문항에 따라 문제해결에 이르는 데 필요한 조작단계의 수가 점차 늘어나도록 구성되어 있다(단, 처음 두 문항은 같은 요구주의력을 지니고 있음). 완성된 검사문항에다가 덩이지식화에 의한 효과를 조사하기 위하여, 덩이지식화 효과를 일으킬 수 있는 처치를 제시한 다음 천칭 과제와 관련된 3 문항(13, 14, 15 번 문항)을 다시 덧붙였다. 3 문항은 7, 9, 11번 문항들이 지니는 요구주의력과 같은 요구주의력을 지니고 있으면서 중복을 피하기 위해 단지 문제의 숫자만 바꾸었다.

아래 도표는 천칭 과제에 대한 요구주의력의 증가와 해당 문항을 문제공간의 형태로 나타낸 것이다.



<그림 1> 천칭과제에 대한 문제공간

<그림 1>에서 천칭 과제와 운동의 제 2법칙 과제의 문제 공간에 의하면, 학생들의 문제해결 과정은 크게 두 가지 경로를 거친다. 구체적으로, 천칭 과제의 문항들을 해결할 때 학생들이 사용하는 지식의 덩이지식화 정도에 따라 두 가지 표상 형태가 나타난다. 즉, 일상 생활 경험에 의존하여 중심으로부터 추까지의 길이(l)와 추의 질량(m)의 각각 독립된 차원들에 대한 비례관계를 이용하여 문제해결을 하는 학생과, 형식적 지식을 바탕으로 '기울어짐 = 중심으로부터의 길이(l) x 추의 질량(m)'의 덩이지식화된 지식을 이용하여 문제를 해결하는 학생들로 구분할 수 있다. 이와 같은 문제해결자의 표상의 차이는 운동의 제 2 법칙과제에서도 똑같이 나타날 수 있다. <그림 1>에서와 같이, 문제해결자가 두 과제에 대해 비례관계로 표상 하느냐, 좀 더 덩이지식화된 지식 형태인 '길이(l) x 질량(m)'으로 표상 하느냐에 따라서 문제해결에 요구되는 조작단계수 즉, 요구주의력은 다르게 나타나게 된다.

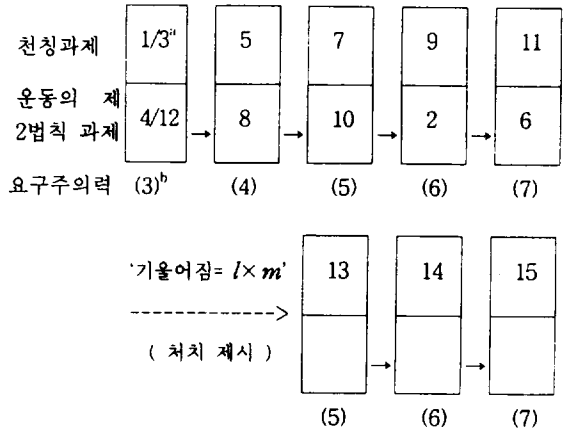
일반적으로 과제에 따라 문제해결자의 지식 구조가 다르므로, 학생들의 표상 형태는 과제의 종류에 따라 다르게 나타날 수 있다. 천칭 과제에 대해서는 학생들이 일상 생활 경험을 통하여 배우는 자발적인 지식(길이와 질량의 비례관계를 이용한 기울어짐 판단)이 학교에서 배우는 형식적인 지식(기울어짐=길이(l) x 질량(m))보다 지식구조 내에 더 크게 자리잡고 있을 수 있다. 반면에 운동의 제 2 법칙 과제에 관련한 지식은 거의 대부분 학교에서 배우는 형식적 지식(힘=질량(m) x 가속도(a))에 해당한다고 할 수 있다. 그러므로 과제의 종류와 문제해결자의 지식구조의 특성에 따라서 두 과제간 표상의 차이가 나타날 수 있다는 것을 예측할 수 있다.

개발된 문항들을 천칭 과제는 낮은 요구주의력의 문항에서 높은 요구주의력의 문항순서로, 운동의 제 2법칙과제의 문항들은 요구주의력에 관계없이 무작위로 배열하여 검사지를 만들었다. 검사지에는 학생들이 풀이한 과정을 파악할 수 있도록 '이유·설명'란을 두어 자신들의 해결과정을 기록하게 하였다. 각 페이지에는 천칭 과제 한 문항과 운동의 제 2법칙 과제 한 문항씩을 배치하였다.

완성된 검사지에는 대상자들의 비례관계에 대한 수리 능력을 알아보기 위하여 별지에 비례관계에 대한 문제를 한 문제 첨부하였다.

완성된 검사지의 문항들을 요구주의력의 순서로 정리하여 보면 전반적인 구조는 다음과 같다.

(표 1) 요구주의력에 의한 검사지의 전반적인 구조



a : 문항 번호, b : ()안은 요구주의력

학생들은 검사문항의 구조에 의해, 처치 전의 문항들을 자신이 표상한 방식으로 문제를 해결한다. 학생들은 천칭 과제에서 기울어짐을 '길이와 추의 질량에 대한 비례관계'로 표상 하거나 '기울어짐 = 중심으로부터의 길이(l) x 추의 질량(m)'의 관계로 표상 하게 될 것이다. 다음으로 제시된 처치 조건(기울어짐 = $l \times m$)에 의해서 모든 학생들은 동일한 표상 내용을 지니고서 문제를 해결할 수 있게 될 것이다.

3. 검사 실시

검사는 연구자가 직접 감독하여 1993년 9월에 실시하였다. 문제 풀이 시간은 50분으로 주어졌다. 문제 풀이는 반드시 쪽 순서대로 풀게 하였으며, 한 번 넘긴 쪽은 다시 되넘겨 풀지 못하도록 하였다. 실제 학생들이 문제 풀이에 소요한 시간은 45분에서 50분 정도였다.

4. 자료 분석

문제해결 결과에 덩이지식화 효과가 어떠한 영향을 주는가를 알아보기 위하여 처치 전 문항을 기준으로 학생들의 '답' 선택과 '이유·설명'란의 풀이 과정을 분석하여 대상자들을 LM 집단과 non LM 집단으로 나누었다.

LM 집단으로 분류된 대상자들은 천칭 과제 중 처치 전의 문항을 풀이할 때에 천칭의 기울어짐은 '중심으로부터의 길

이(l) x 추의 질량(m)'에 의해 결정된다는 사실을 알고 이를 천칭 문제를 해결하는 데에 적용하는 학생들이다. 하지만 LM 집단으로 분류된 대상자들도 간단한 문제(1, 3 번 문제)를 해결할 때에는 '기울어짐 = 중심으로부터의 길이(l) x 추의 질량(m)'의 관계식을 사용하지 않고 정성적으로 해결한다. 문제 상황이 복잡한 문항(7, 9, 11 번 문항)을 만나면 위의 관계를 이용하여 문제를 해결한다.

LM 집단으로 분류되지 않은 모든 학생들은 non LM 집단에 해당한다. 이들은 천칭 과제의 문제를 해결할 때에 생활 경험으로부터 얻은 자발적 지식을 바탕으로 대부분 길이 : 길이, 질량 : 질량의 비례관계를 이용하여 기울어짐을 판단한다.

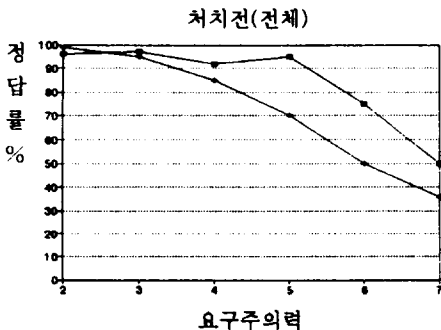
단 '이유·설명'란의 분석과정에서 본 연구의 목적에 어긋나는 대상자들 즉, 천칭 과제에서 저울 중심으로부터 추까지의 거리를 잘못 읽어서 해결에 실패했거나 운동의 제 2법칙 과제에서 '힘=질량(m) x 가속도(a)'가 아닌 잘못된 관계식을 적용한 학생들은 분석 대상에서 제외하였다(25명). 따라서 본 연구에서 실제 분석 대상 수는 123 명이다.

III. 결과 및 분석

1. 문제해결에 필요한 요구주의력과 문제해결 결과

1) 처치 전 문항

전체 대상자의 천칭 과제와 운동의 제 2법칙 과제에 대한 처치 전 문항의 요구주의력에 따른 문제해결 결과를 그래프로 나타내면 <그림 2>와 같다. <그림 2>에서 가로축은 검사 도구에서의 문항 제시 순서에 관계없이 문제해결에 요구되는 요구주의력이 증가하는 순서에 따라 제시하였다.



<그림 2> 천칭 과제와 운동의 제 2법칙 과제에 대한 요구주의력별 정답률(처치 전)

두 과제에 대한 전체 대상자들의 각 문항에 대한 정답률은 요구주의력이 증가함에 따라 감소하는 형태를 보인다. 위계관계표(부록 참조)에 의하면 요구주의력이 3, 4 인 문항들은 위계적으로 서로간에 동일 수준의 문항으로 나타났으나, 요구주의력이 더 높은 문항들에서는 요구주의력이 높은 문항이 낮은 문항들에 비해서 위계적으로 상위 수준의 문항에 해당한다.

각 문항에 대한 정답률의 분포와 변화 형태는 과제간에 차이가 있다. 요구주의력이 3과 같은 아주 낮은 문항에서는 두 과제간에 차이가 없으나, 나머지 문항에서는 천칭 과제의 정답률은 운동의 제 2법칙 과제보다 전반적으로 낮은 정답률을 보인다. 그리고 천칭 과제의 정답률은 문항에 포함된 조작단계수가 증가함에 따라 계속적인 감소 형태를 보인다. 반면에 운동의 제 2법칙 과제에서는 4번째 문항까지는 거의 같은 정답률을 보이다가 5 번째(조작단계수 6), 6 번째(조작단계수 7) 문항에서 정답률의 감소가 나타난다. 이와 같은 결과는 이전 연구 결과(안수영, 권재술, 1992)와도 일치하는 것으로, 비록 문제해결에 요구되는 논리 유형과 외형적인 요구주의력이 같더라도 정답률은 과제의 종류에 따라 다르게 나타날 수 있다는 것을 보여주고 있다. 전체 대상자에 대한 두 과제간의 정답률의 차이가 있는가를 알아보기 위한 t검정의 결과는 $t=5.02$ ($p<0.0001$)로 나타나 천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제간의 정답률은 의미 있는 차이가 있음을 확인할 수 있다.

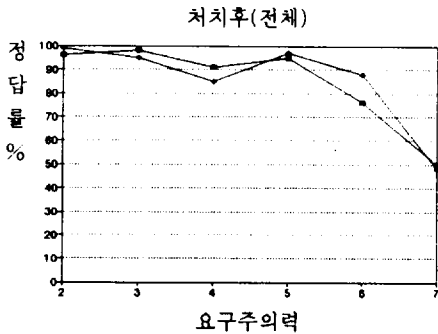
2) 처치 후 문항

천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제와 관련된 처치 전 문항들(12 문항)을 모두 풀고 나면, 대상자들에게는 '처치'에 대한 쪽이 제시된다. 여기서 '처치'의 역할은 천칭 과제를 '중심으로부터의 길이와 추의 질량에 대한 비례관계'를 이용하여 문제를 해결하는 집단의 학생들에게 천칭 과제를 '중심으로부터의 길이(l) x 추의 질량(m)'의 관계식에 의하여 해결할 수 있도록 유도한다.

일상 생활 경험을 바탕으로 형성된 자발적 지식, 즉 길이와 질량의 비례관계로써 문제해결을 하는 학생들에게는 처치의 조건은 독립된 변인을 하나로 묶는 일종의 덩이지식화 효과를 일으킨다. 따라서 처치 효과는 천칭 과제를 비례관계로 표상하는 것보다는 '길이(l) x 질량(m)'의 관계로 표상하게 함으로써 복잡한 문제를 해결할 때 더 적은 조작단계수를 거쳐 해결할 수 있다. 즉 비례관계에서 길이 변인과 질량 변인을 독립적으로 고려하여 기울어짐을 판단하던 상황에서 '길이(l) x 질량(m)'의 관계로 문제를 표상함으로써

<연구논문> 문제의 요구주의력과 덩이지식화 효과가 문제해결에 미치는 영향, 안수영 · 권재술

써 독립적이었던 변인들을 하나로 덩이지식화 할 수 있다. 따라서 천칭 과제에 대해서 non LM 집단의 학생들도 LM 집단 학생들의 표상 내용과 같은 방식으로 표상하게끔 한다. 전체 대상자에 대한 각 과제별 요구주의력에 따른 문항별 정답률을 그래프로 나타내면 <그림 3>과 같다.



<그림 3> 천칭 과제와 운동의 제 2법칙 과제에 대한 요구주의력별 정답률(처치 후)

검사 도구에서 밝혔듯이 운동의 제 2 법칙 과제 관련 문항들의 정답률과 천칭 과제의 1, 3, 5번 문항의 정답률은 변함없이 그대로이다. 처치 후의 정답률의 변화는 처치 후 제시된 13, 14, 15번 문항의 정답률에서 나타난다.

전체 대상자에 대한 처치 후 두 과제간 정답률의 변화는 처치 전의 결과와는 크게 다르게 나타났다. 처치 전 천칭 과제 문항들의 정답률은 요구주의력이 증가할수록 계속적인

감소를 보였다. 하지만 처치 후 천칭 과제 문항들의 정답률은 운동의 제 2 법칙 과제 문항들과 비슷한 정답률의 분포와 변화 형태를 보인다. 즉 5 번째 문항(요구주의력 6)까지는 정답률의 감소가 나타나지 않다가 6 번째 문항(요구주의력 7)에서 정답률이 낮아졌다. 위계관계표(부록 참조)에 의하면, 첫 번째 문항부터 다섯 번째 문항까지는 위계적으로 동일한 수준의 문항으로 인식되며, 여섯 번째 문항(요구주의력 7)만 나머지 문항에 대해서 위계적으로 상위의 문항인 것으로 드러났다.

처치 전의 문항에서는 천칭 과제의 정답률이 운동의 제 2 법칙 과제에 비해서 전체적으로 낮게 나타났으나 처치 후의 두 과제에 대한 각 문항의 정답률은 요구주의력별로 거의 비슷한 분포와 변화 형태를 보이고 있다. 이는 처치 후에는 천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제에 대해 외형적인 요구주의력이 같은 문항이면 과제에 관계없이 같은 수준의 문항으로 학생들이 인식한다는 것을 의미한다. t검정의 결과도 두 과제간에 유의미한 차이를 보이지 않는다($t=-0.56, p>0.1$).

2. non LM 집단과 LM 집단의 과제 내용에 따른 문항의 요구주의력별 정답률의 차이

1) 처치 전 문항

두 과제간에 나타나는 요구주의력별 정답률의 차이를 자세히 분석하기 위하여 '답'과 '이유·설명'란의 풀이 과정을 토대로 전체집단을 LM 집단과 non LM 집단의 두 집단으로 분리하였다. 각 집단들의 두 과제에 대한 문항별 정답률을 제시하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 과제별 요구주의력에 따른 두 집단의 정답률(처치 전)

(N=123)

집 단	천칭 과제						운동의 제 2 법칙 과제						t 값
	1 ^a (3) ^b	3(3)	5(4)	7(5)	9(6)	11(7)	4(3)	12(3)	8(4)	10(5)	2(6)	6(7)	
non LM	84 ^c (99) ^d	82 (97)	68 (80)	51 (60)	32 (38)	17 (20)	81 (95)	83 (98)	77 (91)	79 (93)	64 (75)	35 (41)	6.35 [*]
LM	38 (100)	37 (97)	37 (97)	35 (92)	30 (79)	27 (71)	38 (100)	37 (97)	36 (95)	38 (100)	29 (76)	26 (68)	0.005
전체	122 (99)	119 (97)	105 (85)	86 (70)	62 (50)	44 (36)	119 (97)	120 (98)	113 (92)	117 (95)	93 (76)	61 (50)	5.02 [*]

a : 문항 번호, b : ()는 요구주의력, c : 정답자 수, d : 정답율(%)

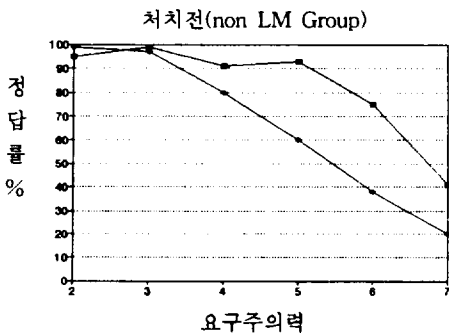
* : $p < 0.0001$

<표 2>에서 두 집단(non LM, LM)의 천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제에 대한 정답률은 아주 다른 결과를 보여 주고 있다. LM 집단의 정답률과 non LM 집단의 정답률은 운동의 제 2 법칙 과제에서는 모든 문항에 대해 비슷하게 나타났다. 하지만 천칭 과제에 대한 정답률은 LM 집단의 정답률이 모든 문항에서 non LM 집단의 정답률보다 높게 나타났다. 특히 요구주의력이 많이 요구되는 어려운 문항일 수록 과제간 정답률의 차이는 심하게 나타났다.

집단 내에서 과제의 종류에 따른 정답률은 문제해결자의 과제 관련 지식의 덩이 지식화 정도에 따른 문제해결 결과의 차이를 반영하고 있다. non LM 집단의 천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제에 대한 정답률은 외형적으로 같은 요구주의력을 지닌 문항에 대해서도 차이를 보이고 있다. 즉 같은 요구주의력을 지니는 문항들이라도 non LM 집단은 과제의 종류에 따라 실제로 느끼는 어려움은 다르다는 것을 알 수 있다. <표 2>에 나타난 t검정의 결과($t=6.35, p<0.0001$)도 non LM 집단의 두 과제간의 정답률이 의미 있는 차이가 있음을 나타낸다.

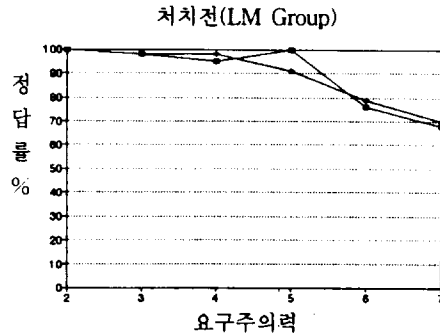
이와 반대로 LM 집단의 두 과제에 대한 정답률은 비슷하게 나타났다. <표 2>의 t검정의 결과도 두 과제간의 정답률은 차이가 있다고 할 수 없음을 보여주고 있다

non LM 집단과 LM 집단에 대한 천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제에 대한 정답률의 그래프를 그려보면 다음과 같다(<그림 4>, <그림 5>).



<그림 4> non LM 집단의 과제에 따른 요구주의력별 정답률(처치 전)

두 집단 간의 정답률과 정답률의 변화 형태는 아주 다른 모양을 보이고 있다. non LM 집단은 전체 집단의 정답률과 비슷한 변화의 형태를 보이고 있으며 과제간의 정답률의 차이는 전체 대상자의 정답률에서보다 더욱 커졌다.



<그림 5> LM 집단의 과제에 따른 요구주의력별 정답률(처치 전)

LM 집단의 정답률은 non LM 집단의 정답률의 그래프와는 달리 두 과제간의 요구주의력에 따른 문항의 정답률은 비슷하게 나타났으며, 각 조작단계수별 정답률의 변화 형태도 두 과제간에 비슷하다. 이러한 결과는 t검정에서도 두 과제간에 의미 있는 차이가 없는 것으로 나타났다($t=0.005, p>0.1$).

이와 같은 결과를 미루어 볼 때, LM 집단은 천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제에 관련된 문항을 대할 때 외형적인 요구주의력이 같은 문항에 대해서는 과제의 종류에 관계없이 두 문항을 실제로 같은 요구주의력을 가지는 문항으로 인식한다는 것을 알 수 있다. 반면에 non LM 집단은 LM 집단과는 달리 외형적으로 같은 요구주의력을 지니는 문항 일지라도 두 과제의 종류에 따라 실제로는 다른 요구주의력을 지니는 문항으로 인식한다는 것을 알 수 있다. 구체적으로 <그림 4>의 정답률의 변화 형태를 살펴보면, 외형적으로 같은 요구주의력을 지니는 운동의 제 2 법칙 과제와 천칭 과제 문항에 대해 non LM 집단은 운동의 제 2 법칙 과제를 실제로는 천칭 과제보다 1-2 단계 더 쉬운 문항으로 인식한다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 두 집단의 과제의 종류에 따른 정답률의 차이는 두 과제에 대한 문제해결자의 표상의 차이에 기인하고 있다는 것을 알 수 있다. LM 집단은 천칭 과제를 '기울어짐 =중심으로부터의 길이(l) x 추의 질량(m)'으로 표상하고 운동의 제 2 법칙 과제를 '힘=질량(m) x 가속도(a)'로 표상하여 두 과제의 풀이에 요구되는 요구주의력은 외형적 요구주의력이 같은 문항이면 실제로 문제 해결자가 느끼는 내적 요구주의력도 같다. 반면에, non LM 집단은 천칭 과제를 길이 : 길이 및 질량 : 질량의 비례관계로 표상함으로써 운동의 제 2 법칙에 대한 '힘=질량(m) x

<연구논문> 문제의 요구주의력과 덩이지식화 효과가 문제해결에 미치는 영향, 안수영·권재술

가속도 (a)'의 표상과는 다르다. 따라서 non LM 집단에게는 외형적인 요구주의력이 같은 문항이라도 운동의 제 2 법칙 과제보다는 천칭 과제의 해결에 요구되는 조작단계수가 실제로는 더 많은 것으로 인식된다.

2) 처치 후 문항

두 집단에 대한 처치 후 과제별 요구주의력에 따른 문항의 정답률은 <표 3>과 같이 나타났다.

각 집단의 두 과제에 대한 정답률은 처치 전의 결과와는 달리 비슷한 분포를 보여 과제간의 정답률의 차이는 그다지 나타나지 않는다. non LM 집단의 두 과제에 대한 정답률의 평균의 차이를 알아보기 위한 t검정의 결과도 두 과제간에 정답률이 의미 있는 차이가 있다고 할 수 없음을 보여주고 있다. non LM 집단은 처치 전에는 두 과제에 대해 비록 외형적인 요구주의력이 같은 문항이라도 동일한 수준의 문항으로 인식하지 않았다. 하지만 처치에 의한 덩이지식화 효

<표 3> 과제별 요구주의력에 따른 두 집단의 정답율(처치 후)

(N=123)

집 단	천칭 과제						운동의 제 2 법칙 과제						t 값
	1 ^a (3) ^b	3(3)	5(4)	13(5)	14(6)	15(7)	4(3)	12(3)	8(4)	10(5)	2(6)	6(7)	
non LM	84 ^c (99) ^d	82 (97)	68 (80)	81 (95)	72 (85)	33 (39)	81 (95)	83 (98)	77 (91)	79 (93)	64 (75)	35 (41)	-0.99
LM	38 (100)	37 (97)	37 (97)	38 (100)	35 (92)	26 (68)	38 (100)	37 (97)	36 (95)	38 (100)	29 (76)	26 (68)	-0.09
전체	122 (99)	119 (97)	105 (85)	119 (97)	107 (87)	59 (48)	119 (97)	120 (98)	113 (92)	117 (95)	93 (76)	61 (50)	-0.56

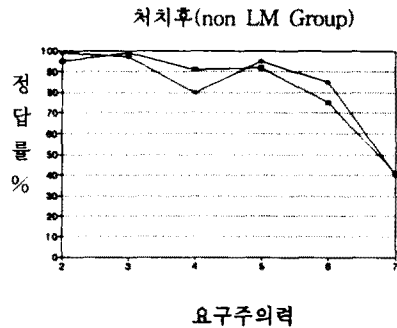
a : 문항 번호 b : ()안은 요구주의력 c : 정답자 수 d : 정답율(%)

과로 처치 후의 문항에 대해서는 외형적으로 같은 요구주의력을 지니는 문항이면 과제의 종류에 관계없이 동일한 수준의 문항으로 인식되어진다는 것을 알 수 있다. 즉 처치에 의해 운동의 제 2 법칙 과제와 같은 내용으로 천칭 과제를 표상할 수 있게 되었음을 알 수 있다.

<표 3>에서 LM 집단은 처치 전과 마찬가지로 t검정의 결과는 두 과제간에 정답률의 차이가 있다고 할 수 없음을 보여주고 있다. 따라서 LM 집단은 처치에 의한 효과가 거의 나타나지 않았다고 할 수 있다.

처치 후 non LM 집단과 LM 집단의 두 과제에 대한 정답률의 변화를 그래프로 나타내면 <그림 6>, <그림 7>과 같다.

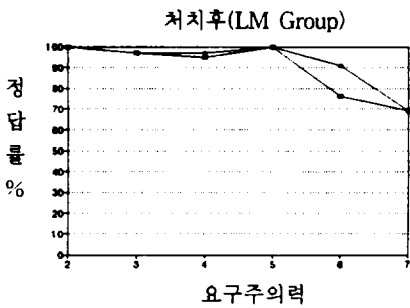
처치 전과 달리 처치 후의 non LM 집단의 정답률은 크게 다르다. 처치 전의 문항에서는 같은 요구주의력을 지니는 문항에 대해 천칭 과제의 문항이 운동의 제 2 법칙 과제의 문항에 비해 요구주의력이 1-2 단계 더 많은 어려운 문항으로 non LM 집단의 학생들에게는 받아들여졌다. 하지만 처치 후 각 문항의 정답률이나 정답률의 변화 형태는 두 과제



<그림 6> non LM 집단의 과제에 따른 요구주의력별 정답률(처치 후)

간에 비슷하게 나타났다. 이는 두 과제가 외형적으로 같은 요구주의력을 지니는 문항인 경우에는 같은 수준의 문항으로 처치 후에는 학생들에게 인식된다는 것을 말한다. 즉, 처치에 의해 천칭 과제의 문제들을 해결할 때 non LM 집단의 학생들도 기울어짐을 길이와 질량의 비례관계로 표상하는

것이 아니라 '추의 질량(m) x 중심으로부터의 길이(l)'의 덩어리지식화된 상태로 표상한다는 것을 의미한다. 이는 운동의 제 2 법칙 과제의 문항들에서 힘을 '질량(m) x 가속도(a)'로 표상하는 것과 동일한 형태로 천칭 과제를 표상할 수 있게 되었음을 의미한다. 따라서 천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제의 문항들은 외형적으로 같은 요구주의력을 지니는 문항이면 같은 수준의 문항으로 학생들에게 인식된다. LM 집단의 각 과제별 문항의 정답률은 non LM 집단과 달리 처치 전과 후의 결과가 큰 차이를 보이지 않는다. 이는 LM 집단에게는 처치에 의한 효과가 아무런 영향을 주지 못했음을 의미한다. 한편으로, LM 집단은 이미 천칭 과제에 대해서 처치에서 주어진 조건식과 같은 방식으로 문제를 표상하여 해결하는 집단의 학생들이라는 것을 재확인할 수 있다.



<그림 7> LM 집단의 과제에 따른 요구주의력별 정답률(처치 후)

IV. 결론 및 논의

1. 요구주의력에 따른 문항별 정답률

같은 과제 내에서는 각 문항의 요구주의력이 증가함에 따라 정답률은 감소하는 경향을 보였다. 정답률과 각 문항에 대한 위계관계표(부록 참조)에 의하면 문제해결에 필요한 요구주의력이 많은 문항일수록 위계적으로 상위의 문항이거나 적어도 동일 수준의 문항에 해당하였다. 이와 같은 결과는 사전 연구(안수영, 권재술, 1992) 결과와도 일치한다. 검사 도구로 사용된 천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제에

대한 각 문항들의 문제해결에 요구되는 논리유형과 과제의 내용은 문항에 관계없이 같다. 단지 문제해결에 요구되는 요구주의력만 각 문항에 따라 다르다. 그러므로 본 연구에서 같은 과제 내에서 문항에 따라 나타나는 정답률의 차이는 논리사고력의 차이나 내용과 관련된 지식의 많고 적음과는 관계없다. 한 과제 내에서 각 문항에 따라 나타나는 정답률의 차이는 결국 문항에 포함된 요구주의력의 차이에 기인한다고 할 수 있다.

연구결과, 같은 과제 내에서 문항의 요구주의력이 증가할 때 정답률은 감소하였으나, 위계관계표에서 요구주의력이 높은 문항이 낮은 문항에 대해서 위계적으로 상위 수준의 문항이거나 적어도 동일한 수준의 문항에 해당하였다. 따라서 각 문항에 포함된 요구주의력은 문제해결 과정에 영향을 주는 주된 요인이 된다는 것을 알 수 있다.

2. 과제의 내용에 따른 non LM 집단과 LM 집단의 처치에 의한 정답률의 변화

비록 요구주의력이 같은 문항이라도 과제의 내용에 따라 정답률은 다르게 나타났다. 이와 같은 원인은 과제의 내용에 따라 문제해결자의 지식구조의 덩어리지식화 정도가 다르기 때문이라고 할 수 있다. 제시된 문제에 대한 문제해결자의 관련 지식에 대한 덩어리지식화 정도에 따라 문제해결에 요구되는 조작단계수는 달라질 수 있다. 이를 확인하기 위하여 대상자들을 처치 전 천칭 과제 관련 문항에 대한 학생들의 풀이 과정에 의거하여, 표상의 차이에 따라 non LM 집단과 LM 집단으로 나누어 분석하였다.

1) non LM 집단의 처치에 의한 정답률의 변화

처치 전 문항에서의 정답률은 같은 요구주의력을 지니는 문항이라도 과제의 내용에 따라 정답률은 다르게 나타났다(천칭과제의 정답률<운동의 제2법칙과제의 정답률)($t=6.35$, $p<0.0001$). 요구주의력에 따른 정답률의 변화 형태에 의하면, 외형적인 요구주의력이 같은 문항에 대해서 운동의 제 2 법칙 과제의 문항은 천칭 과제의 문항보다 학생들에게 요구주의력이 1-2 단계 더 줄어든 문항으로 인식되어지는 것으로 나타났다.

처치 후 문항에서의 정답률은 처치 전의 결과와는 크게 다르게 나타났다. 처치 후 요구주의력에 따른 문항별 정답률과 정답률의 변화 형태는 두 과제의 내용에 관계없이 거의 비슷하게 나타났다($t=-0.09$, $p>0.1$). 이는 non LM 집단의 학생들도 처치 후의 문항에서는 같은 요구주의력을 지니는 문항이면 천칭 과제의 문항이나 운동의 제 2 법칙 과제

의 문항이나 난이도나 위계관계에 있어서 동일한 수준의 문항으로 실제로 인식한다는 것을 의미한다.

2) LM 집단의 처치에 의한 정답률의 변화

처치 전 문항에서의 정답률은 과제 내용의 차이에 관계없이 같은 요구주의력을 지니는 문항이면 정답률과 정답률의 변화 형태는 비슷하게 나타났다($t=0.005, p>0.1$). 이는 비록 과제의 내용이 다르더라도 LM 집단의 학생들에게는 같은 요구주의력을 지니는 문항이면 난이도나 위계 관계에 있어서 같은 수준의 문항으로 인식되어진다는 것을 의미한다. 처치 후 문항에서의 정답률과 정답률의 변화 형태는 처치 전의 결과와 비슷하게 나타나 처치에 의한 효과가 LM 집단의 학생들에게는 거의 없음을 알 수 있다.

3. 처치에 의한 덩이지식화 효과

처치에 의한 효과는 처치 전과 후의 정답률의 변화를 비교함으로써 알 수 있다. 처치에 의한 효과는 non LM 집단과 LM 집단에 따라 다르게 나타났다. non LM 집단은 처치 전과 후의 문항에서 정답률의 차이가 크게 나타나 처치에 의한 효과가 있었다고 할 수 있다. 반면에 LM 집단은 처치 전과 후에 정답률의 변화가 거의 없어 처치에 의한 효과가 나타나지 않았다고 할 수 있다. 이와 같은 차이는 두 집단에 대한 내용 지식을 비교하여 보면 알 수 있다.

1) non LM 집단의 과제 관련 지식과 덩이지식화 효과
이 집단의 학생들은 천칭 과제를 중심에서 추가지의 거리(l)와 추의 질량(m)을 이용하여 기울어짐을 판단하되 주로 비례관계를 이용하여 해결한다. 운동의 제 2 법칙 과제를 해결할 때에는 학교에서 배운 형식적 지식 '힘=질량(m) x 가속도(a)'를 사용하여 문제를 해결한다.

따라서 외형적으로 같은 요구주의력을 지니는 문항이라도 이 집단의 학생들에게 인식되는 실제 내적인 요구주의력은 천칭 과제의 문항이 운동의 제 2 법칙 과제의 문항보다 더 많은 문항으로 인식된다. 요구주의력이 문제해결에 영향을 주는 주된 요인인 것을 고려하면, 외형적인 요구주의력이 같은 문항이라도 내적 요구주의력이 많은 것으로 인식되는 천칭 과제의 문항이 운동의 제 2 법칙 과제의 문항보다 더 어려운 문항으로 인식된다. 이와 같은 사실은 non LM 집단의 천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제에 대한 정답률의 차이를 비교함으로써 알 수 있었다.

처치는 이 집단의 학생들에게 천칭 과제의 문항을 '기울

어짐=거리(l) x 질량(m)'에 의해서 해결할 수 있도록 한다. 이 집단의 학생들이 처치에 의해 제시된 관계를 이용하여 문제를 해결하게 되면, 비례 관계를 이용하여 문제를 해결하는 것에 비하여 관련 지식에 대하여 일종의 덩이지식화 효과를 겪게 된다. 처치에 의한 덩이지식화 효과는 실제로 천칭 과제를 해결할 때에 비례관계를 적용할 때 요구되는 요구주의력보다 1-2 단계 줄이는 효과를 가져온다. 한편으로, 처치에 의한 덩이지식화 효과는 처치 전과 달리 천칭 과제와 운동의 제 2 법칙 과제를 같은 요구주의력을 지니는 문항들로 표상하게 한다. 즉 운동의 제 2 법칙 과제를 '힘=질량(m) x 가속도(a)'로 표상하는 것과 같이 천칭 과제를 '기울어짐=거리(l) x 질량(m)'으로 표상하여 두 종류의 과제를 해결하는데 이용되는 지식의 덩이지식화 정도는 같게 된다. 처치 후의 두 과제의 요구주의력에 따른 문항별 정답률과 그 변화 형태는 과제간에 비슷하게 나타나 이와 같은 사실을 뒷받침하고 있다.

2) LM 집단의 과제 관련 지식과 덩이지식화 효과

이 집단의 학생들이 처치 전 천칭 과제의 문항들을 해결하기 위하여 사용한 지식은 '기울어짐=거리(l) x 질량(m)'이다. 또한 운동의 제 2 법칙 과제와 관련된 문항들을 해결하기 위하여 사용한 지식은 '힘=질량(m) x 가속도(a)'이다. 따라서 LM 집단의 학생들에게는 같은 요구주의력을 지니는 문항인 경우에는 과제의 종류에 관계없이 난이도와 위계관계에 있어서 같은 수준의 문항으로 인식되어진다. 이러한 해석은 두 과제간의 요구주의력에 따른 문항별 정답률의 비교를 통해 알 수 있다. 과제별 같은 요구주의력을 지니는 두 문항씩을 비교하여 보면, LM 집단의 정답률은 천칭 과제나 운동의 제 2 법칙 과제나 비슷하게 나타났다($t=-0.005, p>0.1$). LM 집단 학생들의 두 과제간 정답률이 차이가 없다는 것은 두 과제와 관련된 문항을 해결할 때 문제해결자가 느끼는 실제적인 내적 요구주의력이 같다는 것을 의미한다.

처치 후 문항의 정답률을 처치 전의 정답률과 비교해 봄으로써 LM 집단의 처치 효과를 알아볼 수 있다. LM 집단의 과제별 처치 후 각 문항의 정답률은 처치 전과 거의 비슷하게 나타났다. 처치 전과 후의 정답률이 그다지 변하지 않았다는 것은 처치에 의한 효과가 LM 집단의 학생들에겐 거의 나타나지 않았다는 것을 의미한다.

처치의 역할은 천칭 과제를 문제해결자가 '기울어짐=거리(l) x 질량(m)'의 덩이지식화된 지식을 이용하여 문제를 해결하도록 돕는 데 있다. LM 집단은 이미 처치 전부터 천칭 과제를 '기울어짐=거리(l) x 질량(m)'의 관계를 이용

하여 문제를 해결하는 학생들이므로, 처치에 의한 효과는 거의 문제해결 결과에 거의 영향을 미칠 수 없다. 다시 한번 처치 전과 후의 문항의 정답률이 거의 변화가 없다는 것은 LM 집단의 학생들은 예측대로 대부분 덩이지식화된 지식인 '기울어짐=거리(l) x 질량(m)'의 관계를 문제해결 과정에 적용하고 있다는 것을 재 확인시켜 주는 것이다.

참고문헌

- 김혜경(1991). 화학반응에서의 양적 관계에 대한 주의력 차원과 학생의 주의력과의 관계성 연구. 서울대학교 석사학위논문.
- 안수영, 권재술(1992). 문제에 포함된 조작단계수에 따른 문제해결 결과의 차이. 한국과학교육학회지, 12(3), 49-59.
- Niaz, M.(1988). The information processing demand of density problems and its relation to Pascual-Leone's functional M-capacity, *Int. J. Sci. Educ.*, 10(2), 231-238.
- Niaz, M.(1991). Correlates of formal operational reasoning : A neo-Piagetian analysis, *Journal of Research in Science Teaching*, 28(1), 19-40.
- Pascual-Leone, J. (1970). A Mathematical model for the transition rule in Piagets' developmental stages. *Acta Psychologica*, 32, 301-345.
- Pascual-Leone, J. (1987). Organismic processes for neo piagetian theories: Dialectical casual account of cognitive development. *International Journal of Psychology*, 22, (531-570).
- Roth, W.M.(1990). Short-Term Memory and Problem Solving in Physical Science. *School Science and Mathematics*, 90(4), 271-281.
- Roth, W.M.(1991). The Development of Reasoning on the Balance Beam. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(7), 631-645.

(ABSTRACT)

The effect on problem solving according to mental demand of items and chunking.

Soo Young Ahn · Jae Sool Kwon
(Korea National University of Education)

The purpose of this study was to find out effect of problem solving by mental demand of items and chunking level of problem solver on the item.

The principal findings of study were as follows :

1) According to increase of mental demand of items, students' achievement score appeared to decrease and the more mental demand an item needed, the higher or at least the same hierarchical item was.

These results showed that mental demand of item was main factor which decided difficulties of problem solving.

2) Though items have the same mental demand, students' achievement score were different between balance beam task and 2nd law task (achievement score of balance beam task < achievement score of 2nd law task).

3) Achievement score of LM group who used chunked knowledge to solve balance beam task were higher than non LM group who used non chunked knowledge.

4) The level of chunked knowledge was different between two tasks when non LM group solved items of two tasks. On the other hand, LM group used the same level of chunked knowledge to solve items of two tasks.

5) Achievement score of non LM group was the same between items of two tasks after treatment due to chunking effect by treatment. But achievement score of LM group didn't change before and after treatment.

The chunking effect by treatment had an effect on non LM group, but it was not on LM group.

<부록> 문항의 요구주의력과 요구주의력에 따른 문항별 위계관계표

문항의 요구주의력과 문항별 위계관계
천칭 과제-처리 전. (전체)

상위 하위	3	3	4	5	6	7
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0
4	0.7	0.7	1.0	0.8	0.9	1.0
5	0.5	0.5	0.6	1.0	0.8	0.9
6	0.3	0.3	0.4	0.5	1.0	0.8
7	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	1.0

문항의 요구주의력과 문항별 위계관계
운동의 제 2 법칙 과제. (전체)

상위 하위	3	3	4	5	6	7
3	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0
3	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9
4	0.9	0.8	1.0	0.9	0.9	0.9
5	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0
6	0.6	0.6	0.7	0.6	1.0	0.7
7	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	1.0

문항의 요구주의력과 문항별 위계관계
천칭 과제-처리 후. (전체)

상위 하위	3	3	4	5	6	7
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0
4	0.7	0.7	1.0	0.7	0.8	1.0
5	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0
6	0.8	0.8	0.9	0.8	1.0	0.9
7	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	1.0

* '(0.6)' 는 위계지수 값 0.7 이상에서 가로축의 요구주
의력을 지니는 문항이 위계적으로 상위의 문항에 해당됨.