

한국 아동의 수 표상능력에 관한 연구

—다차원적 척도분석 방법을 중심으로

현 주 · 김재은

한국교육개발원 이화여대 교육심리학과

본 연구는 새로운 산수능력의 학습이 아동의 수 표상방법을 어떻게 변화시키는가를 분석하기 위해 이루어졌다. 이러한 연구목적을 위해 다차원적 척도분석방법(multidimensional scaling method)을 사용하였다. 본 연구에서 고려한 변인은 학년(2, 4, 6)과 수 제시형태(아라비아 조건, 형식적 조건, 비형식적 조건)의 두 가지였다. 본 연구의 실험을 위해 서울 성수동에 소재한 성수국민학교의 2, 4, 6학년 학생 180명을 표집하였다. 각 학생들에게 1에서 21까지의 수로 구성된 140개의 트라이어드(triad : 예 '1, 2, 4', '3, 10, 13'과 같이 구성됨)에 대해 가장 친근한 두 수와 가장 친근하지 않은 두 수를 고르게 하였다. 그 다음 이 결과를 다차원적 척도분석방법의 하나인 SINDSCAL 프로그램에 의해 분석하였다. 분석결과에 의하면 국민학교 2학년과 4학년은 "거리" 차원에 의해 수 표상을 하는 반면, 국민학교 6학년은 "거리"와 "홀수, 짝수"의 두 차원에 입각하여 수 표상을 하는 것으로 나타나 학년이 올라감에 따라 아동의 표상의 형태가 달라짐을 알 수 있다. 또한 수의 제시조건에 있어서는 아라비아 조건(1, 2, 4)과 비형식조건(하나, 둘, 셋)에서는 "거리"에 의해, 형식적 조건(일, 이, 사)에서는 "거리"와 "홀수, 짝수"에 의해 표상하고 있는 것으로 나타나, 수의 제시조건에 따라서 아동의 표상이 다름을 알 수 있다. 이에 대한 논의가 연구결과 뒤에 제시되었다.

Piaget (1965)에 의하면, 학령전 아동들은 수의 일대일 대응원리(one to one correspondence)를 이해하는 데 있어서 실패한다. 이러한 Piaget의 주장은 사물의 배열의 길이가 늘어남에 따라 사물의 실제수가 늘어난다고 생각하는 아동들에 의해 타당한 주장으로 간주된다. 한편 수의 일대일 대응원리를 이해한다고 하는 것은 수 개념(number concept)을 지닌다는 것을 의미하며, 이 일대일 대응원리를 이해한 이후의 수 개념 발달은 이 원리의 적용을 배우는 것으로 이해되고 있다.

Piaget (1965)는 "수에 대한 복합적 첨가적 조작

은 일대일 대응원리 속에 이미 함유되어 있는데, 그 이유는 하나의 수는 각 단위수의 첨가적 통합체이며, 두 집합간의 일대일 대응은 곱하기를 함유한다"라고 주장한다.

이러한 경향 즉, 수개념을 일대일 대응원리의 입장에서 정의하려는 생각 때문에, 수 개념에 대한 다른 시각 즉, 새로운 산수조작(arithmetic operation)의 학습이 아동의 수 개념을 변화시킬 수도 있다는 가능성이 거의 검토되지 못했다(Miller & Gelman, 1983). 즉, 아동이 수 보존 개념을 형성한 이후의 수 개념 발달은 두 가지 입장에서 설명이 되는데,

하나의 일대일 대응원리의 발전적 적용이며, 다른 하나는 새로운 조작(operation)의 학습이 아동의 수에 대한 사고를 변형시킬 수 있다는 것이다. 여기서 어떤 입장이 수 개념 발달을 설명하는 데 더욱 적절한가는 논외로 하기로 한다. 본 연구의 목적은 어디까지나, 이러한 후자의 입장이 어느 정도 수개념 발달을 설명해 줄 수 있으리라고 기대하고, 그것을 밝혀볼 수 있는 연구방법을 소개하고, 이 방법에 의하여 얻을 수 있는 연구결과를 제시하는 것에 주 목적을 두려 한다.

1. 다차원적 척도분석방법 (multidimensional-scaling analysis)

개념

다차원적 척도분석방법은 일군의 기법들을 총칭하는 말로서, 이 분석에서는 자극으로 사용된 대상들(예 : 수 자극)간의 친밀도(proximities)가 분석자료로 사용된다. 친밀도는 두 개의 대상이 어느 정도로 비슷하고, 어느 정도로 다른지를 나타내 주는 하나의 수치이다. 이러한 분석에 의해서 나타나는 주된 산출물은 지도위에 점들로 표시되는 공간적 표상(spatial representation)이다. 지도 위의 각각의 점들은 집단의 위치나 수 자극의 위치를 나타낸다. 이 점들의 위치는 친밀도 데이터내의 숨겨진 구조(hidden structure)를 반영해 주며 따라서 그 데이터에 대한 이해를 보다 쉽게 해준다. 즉 두 대상물(자극)간의 친밀도가 낮으면 낮을수록 그 두 대상물은 공간적 지도상에서 서로 멀리 떨어져 위치하게 된다. 다차원적 척도분석방법은 평정(rating)과 같은 직접적인 친밀도 자료가 아닌 경우에도 사용할 수 있는데 그런 경우는 원자료를 이용해 친밀도를 도출해 내야 한다. 본 연구는 후자의 경우에 속한다.

친밀도 데이터의 수집

친밀도 자료를 수집하는 가장 일반적인 절차는 피험자들에게 지극대상물에 대한 “심리적 거리”(psychological distance)를 판단하게 하는 것이다. 이러한 친밀도 판단시 가장 많이 사용되는 말은 두 자

극간의 “비슷함”, “상이함”의 정도이며, 다른 말로는 “관련성”, “유사성”, “비유사성”, “의존성”, “대치성” 등이 있다.

또한 친밀도 판단에서는 차원을 부가하기보다는 차원을 판단하기 위하여 자극판단의 기준이 구체화되지 않는다. 이렇게 해서 얻어진 친밀도의 매트릭스는 한쪽의 자극들이 동일한 범주내에 얼마나 여러 번 떨어지는가에 의해서 구성된다.

SINDSCAL 분석

이 분석 방법은 Sandra Pruzansky (1975)가 다차원 척도분석을 위해 개발한 프로그램으로서, Carroll 과 Chang (1970)에 의해 개발되었던 INDS-CAL 프로그램을 수정보완한 것이다. 이 방법은 하나의 집단이 특정대상에 대해 지니는 사고가 한 차원(dimension)의 어떤 위치에 속해 있는가를 밝히는 데 사용되는 방법이다.

SINDSCAL 에 의한 분석을 위해서는 투입변인이 $n \times (n - 1)$ 의 대칭 매트릭스로 구성되어야 하며, 모든 투입 데이터는 n 개의 자극재료에 속해야 한다. 각각의 매트릭스는 상이한 피험자의 것을 나타낸다. 매트릭스 내의 각 cell 은 각각의 자극대상물 i th 와 j th 간의 친밀도 정도에 기초하고 있다.

이 프로그램은 n 개의 자극대상물의 기저에는 r 개의 차원(dimension)이 있다고 가정한다. 이 차원들은 모든 개인 피험자들에게 공통적일 수가 있으나, 그 중요성에 있어서는 사람마다 다를 수가 있다는 점을 전제로 한다.

SINDSCAL 은 r 개의 차원에서 초기자극배열(initial stimulus configuration)에 의해 시작되는데, 이 자극초기치는 프로그램 내에서 임의로 생성(random generation) 시키거나 사용자에 의해 부여될 수가 있다. 이 수치는 반복적 최소자승절차(iterative least square procedure)에 의해 친밀도 데이터로부터 유출된 산포도 산출 매트릭스(scalar product matrix)의 최고변량을 설명해 주는 자극통합과 차원가중을 결정해 준다(P. 2).

SINDSCAL 은 두 가지 분석결과를 제시해 주고 있는데, 하나는 차원에 의한 피험자 매트릭스로 구

정되는 가중공간(weight space)과 차원에 의한 자극통합 매트릭스로 규정되는 집단자극공간(group stimulus space)을 산출한다. 전자는 하나의 피험자 집단이 특정 대상물이나 자극에 관해 지니는 표상이 자극의 기저에 내재하는 차원상의 어떤 위치에 떨어지는가를 나타내주는 결과이며, 후자는 각 집단이 표상한 자극물이 어떤 차원에 입각해서 표상되었는가를 나타내 준다(Miller, K. F., 1987).

2. 한국의 수 체계

한국은 기수사용에 있어서 미국이나 중국이 한 가지를 사용하는 것에 비해 두 가지 방법을 사용한다. 두 가지란 “1,2,3,4”와 같이 아라비아 글씨로 쓰고 “일, 이, 삼, 사”처럼 읽는 것이고 다른 하나는 “하나, 둘, 셋, 넷”처럼 쓰고 읽는 것이다. 미국과 중국에서는 전자와 같은 방식의 기수사용이 있을 뿐이며, 후자의 방식은 없다.

본 연구에서 고려한 변인은 연령과 수 체계인데, 수체계를 변인으로 삼은 것은 아동의 수 표상이 두 가지 수 체계에서 다르게 나타날 수 있을 것이라는 막연한 생각에서이다. 이러한 생각은 다음과 같은 이유에 기초한다. 즉 아동은 학령전에는 주로 “하나, 둘, 셋, 넷”과 같이 물건 세기에서 많이 사용되는 비형식적 수에 익숙하게 되다가 학교 입학 후에는 수식에서 많이 사용되는 아라비아 숫자에 더욱 많이 노출되는 경향이 있다. 실제로 국민학교 저학년의 산수 교과서는 거의가 아라비아 숫자이다. 따라서 연구자의 생각으로는 적어도 학동들은 비형식적 수 제시 조건보다는 아라비아 수 조건에서 보다 용이한 수 표상이 이루어질 것이라는 것이다.

또한 본 연구자가 아는 바로는 한국의 수 체계는 언제 아라비아 숫자를 사용하고 언제 비형식적인 체계를 사용하게 되는지 분명치가 않다. 예를 들어 “사과 3개가 있다”라고 할 때 일반적으로 “세 개”로 읽지 “삼 개”로 읽지 않는다. 그러나 아동이 설사 “삼 개”로 읽었다고 하더라도 그것이 어색하기는 하지만 틀린 것으로 간주되지 않는다. 아동의 이러한

반응경향은 아동들이 비형식적 수보다도 아라비아 수의 사용이 더욱 용이함을 나타내주는 하나의 예라고 할 수 있다.

일반적으로 연속적 변인은 형식적 체계로 읽혀지며, 비연속적인 변인은 비형식적인 체계로 읽혀짐을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 하나의 숫자가 아라비아 조건, 형식적 조건 및 비형식적 조건으로 제시되었을 때 아동의 수 표상이 어떻게 차이나는가를 보려는 데 하나의 목적이 있으며, 다른 하나는 학년이 올라감에 따라 아동의 수 표상차원이 변화하는가를 보려는 것이다.

방 법

도구

본 연구에서 사용된 도구는 140개의 트라이아드로 구성된 지필검사지였다. 각 트라이아드는 1에서 21까지의 수를 사용하여 균형불완전 설계(balanced incomplete design)에 의해 제작하였다. 완전설계(complete design)에서는 자극수의 가능한 짝을 모두 나오도록 하는 것인데 이렇게 되려면 $n \times (n - 1) \times (n - 2)$ 의 수만큼의 트라이아드가 제시되어야 한다. 예를 들어, 21개의 수에 대해 (1,2,3)(1,2,4)(1,2,5)(1,2,...)(1,2,21)과 같은 방식으로 트라이아드를 만들기 위해서는 1330개의 트라이아드가 요구된다.

그러나 본 연구에서는 아동의 심리적 부담을 줄이고 시간적 경제적인 이유로 인해 $\lambda=2$ 의 균형 불완전 설계를 하였다. 완전한 수의 트라이아드를 만들기 위해서는 한 쌍의 수(예: 1/2/3, 1/2/4, 1/2/5, λ , 1/2/21에서 1/2쌍의 수)가 $n-2$ 개만큼 만들어져야 하나 본 연구에서는 λ 를 2로 정하였기 때문에 본 연구에서 만든 총 트라이아드의 수는 140개였다.

위와 같은 과정으로 제작된 140개의 트라이아드를 만들기 위해 Cochran과 Cox(1957, p.479)가 제작해 놓은 $\lambda=1$ 의 70개 트라이아드를 기준으로 1부

터 21까지의 수에 대해 무선번호를 할당하여, 70개씩 12set의 트라이아드를 제작하였다. 이 12개의 set 중에서 서로 중복되는 수가 없도록 2개 set씩 짝을 지어 140개의 트라이아드로 구성된 검사지 4종을 개발하였다. 그 다음 4종의 검사지를 본 연구에서 설정한 세 가지 조건에 맞추어 다음과 같이 말을 바꾸었다.



따라서 본 연구에서 사용된 검사지는 모두 12종(4종의 수 형태×3조건)이었다. 본 연구에서 4종의 수 형태로 만든 것은 $\lambda=2$ 로 정한 것에서 오는 오차율을 최소화하기 위한 것이었다.

피험자

본 연구에 사용된 피험자는 서울 성수동에 있는 성수 국민학교 2,4,6학년 학생 180명이었으며 실제로 분석에 사용된 피험자수는 175명이었다.

조건별 남녀별 표집대상은 다음 표 1과 같다.

〈표 1〉 표집대상

조 건		아라비아	형식적	비형식적	계
학 년	성 별				
2	남	10	10	10	30
	여	10	10	10	30
4	남	10	10	10	30
	여	10	10	10	30
6	남	10	10	10	30
	여	10	10	10	30
	계	60	60	60	180

실시방법

본 검사는 집단적으로 실시하였다. 본 검사에 들어가기 전에 검사에 대한 피험자의 이해를 돕고 또한 피험자들이 수의 가장 기본적인 차원이라고 할

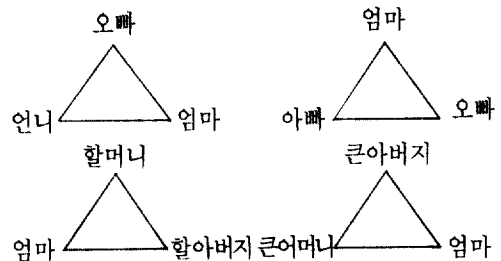
수 있는 “거리”에 입각한 선택경향을 최소화하기 위하여 다음과 같은 지시하에 4개의 연습과제를 하도록 하였다.

〈지시〉

“지금부터 여러분은 삼각형 모양으로 구성된 여러 개의 수들을 보게 될 것입니다. 각 삼각형은 각 꼭지점 위치에 한 개씩 모두 세 개의 수로 구성됩니다. 여러분이 할 일은 이 3개의 수 중에서 가장 잘 어울리거나 가장 짝 짓기 쉬운 두 개의 수를 골라 그곳에 ○표를 하십시오. 그리고 반대로 가장 잘 어울리지 않거나 가장 짝 짓기 어려운 두 수를 골라 그 위에 ×표를 하여야 합니다. 너무 오랜 시간 생각하지 말고 세 개의 수를 읽은 후 가장 먼저 머리에 떠오르는 수에 ○표나 ×표를 하십시오.

그럼 우선 다음 연습문제를 풀어보도록 하십시오. 이것은 수 대신 친척관계로 만들어져 있습니다. 하지만 하는 방법은 위에서 했던 것과 동일한 방법입니다.”

〈연습문제〉



위의 예 중 첫번째 것은 실험자가 직접 칠판 위에서 설명하면서 함께 해보았다. 이 과정에서 학생들에게 맞는 답과 틀리는 답은 없고 각자의 생각이 제일 중요하다는 것을 강조하였다.

자료처리

본 연구의 자료처리는 다음과 같이 하였다.

우선 원자료를 이용하여 자료를 입력한 후 다음과 같이 점수를 주어 원자료를 전환하였다. 어떤 수 쌍도 140개의 트라이아드를 통해 2번씩만 나오게 되어 있으므로,

- 1) 가장 잘 어울리는 쌍으로 2번 ○표된 쌍 : 4점
- 2) 가장 잘 어울리는 쌍으로 1번 ○표된 쌍 : 3점
- 3) 한 번도 선택되지 않은 쌍 : 2점
- 4) 가장 잘 어울리지 않는 쌍으로 1번 ×표된 쌍 : 1점
- 5) 가장 잘 어울리지 않는 쌍으로 2번 ×표된 쌍 : 0점씩 점수를 주어 각 수와 수간의 행렬표를 만들었다(표 2 참조).

〈표 2〉 한 개인의 반응 matrix (예)

	1	2	3	4	5	6	7		21
2	4								
3	3	2							
4	0	4	2						
5	2	2	4	0					
6	1	0	3	1	4				
7	1	1	1	4	3	3			
21	3	1	3	2	0	1	2		

그 후 이 행렬표를 이용하여 학년과 조건별로 이

점수들의 평균을 산출하여 SINDSCAL 분석의 자료로 활용하였다.

결 과

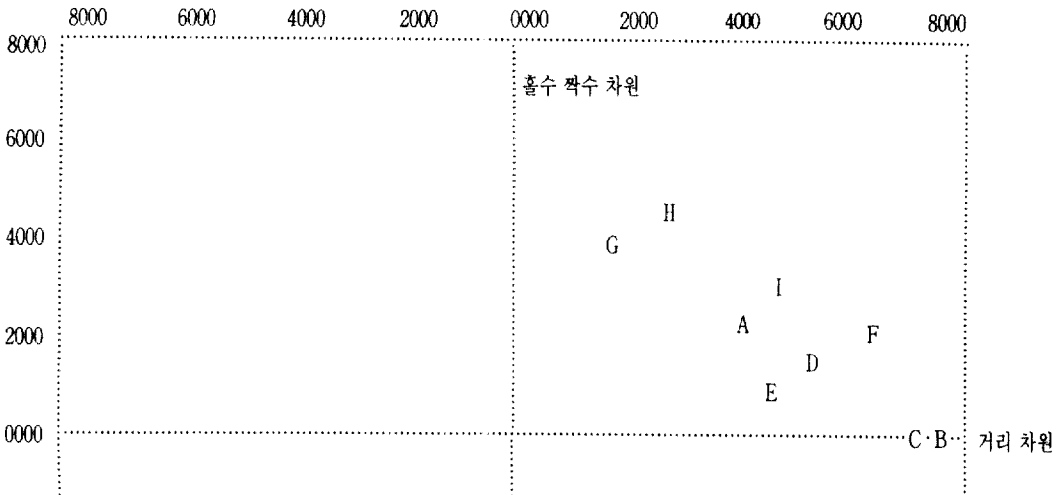
1차 분석에서는 1에서 21까지의 수에 기저하는 차원(dimension)의 수를 4개로 정하였으나 1차 분석 결과 2개의 차원만이 의미있게 나타났으므로 2차 분석에서는 차원을 2개로 조정하였다.

(1) 학년간 차이분석

학년간 차이 분석은 두 가지 측면에서 하였다. 첫째는 비중공간(weight space)에 나타나는 피험자 집단의 위치이며, 둘째는 집단자극공간(group stimulus space)에 나타나는 수 자극의 위치이다. 우선 비중공간에 나타난 피험자 집단의 위치를 학년에 따라 그리고 학년내에서의 조건에 따라 분석한 결과는 다음 그림 1과 같다.

SPACE DIMENSION 2 (Y-AXIS) VS. DIMENSION 1 (X-AXIS)

NUMBER SIMILARITY · Korean Ss · 2nd, 4th, 6th, graders × arabic, form, inf



- | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| A : 2학년 아라비아 조건 | D : 4학년 아라비아 조건 | G : 6학년 아라비아 조건 |
| B : 2학년 형식적 조건 | E : 4학년 형식적 조건 | H : 6학년 비형식적 조건 |
| C : 2학년 비형식적 조건 | F : 4학년 비형식적 조건 | I : 6학년 비형식적 조건 |

〈그림 1〉 비중공간에 나타난 피험자 집단의 위치

앞 그림은 각 피험자 집단이 수 1에서 21사이에
기저하는 차원(예: “거리”, “홀수, 짝수, 곱셈, 나
눅셈” 등) 중 어떤 차원에 그리고 그 차원상의 어떤
위치에 속하고 있는가를 보여준다. A 부터 I 는 9개
집단의 위치를 나타내는데 이는 각 집단의 피험자
들이 수에 대해 지나는 표상의 형태를 말해 준다.

앞 그림에서 2학년의 세 조건인 A, B, C 집단은
아라비아 조건의 집단(A) 이 다른 두 집단에 비해
홀수 짝수차원으로 이동해 있기는 하지만 전체적으
로 볼 때, 4학년(D, E, F) 집단과 6학년 집단(G, H,
I)에 비해 “거리” 차원인 X 축 쪽으로 기울어져 위
치하고 있다. 또한 4학년과 6학년을 비교해 보면 6
학년이 4학년에 비해 보다 홀수 짝수 차원으로 기울
어져 있는 것으로 나타났다.

각 학년에 따른 아동의 수 표상이 실제로 어떻게
나타나는가를 보기 위해서 집단자극공간에 나타나
는 수자극의 위치를 분석한 결과는 다음 표 3 과
같다.

〈표 3〉 수 자극의 위치 분석에 의한 표상차원 수

학 년	표상차원	차 원 수
2	거리	1
4	거리	1
6	거리+홀수 짝수	2

위 표에서 보는 바와 같이 국민학교 학생의 수에
대한 표상은 저학년에서는 “거리”에 의한 표상을 하
는 반면, 고학년에서는 “거리”와 “홀수, 짝수”의 두
차원에 의한 표상을 하는 것으로 나타나 아동이 발
달하면서 보다 복합적인 형태의 표상을 하게 되는
것으로 해석된다. 그리고 이렇게 차원에 의한 표상
을 한다는 것은 아동들의 수 개념이 막연한 것이 아
니고 세기(counting)라고 하는 하나의 원리에 입각
하여 이루어짐을 알 수 있다.

이러한 결과는 Miller & Gelman (1983)의 유치
원 아동을 대상으로 했던 연구결과와도 일치한다.

(2) 학년내에서의 조건별 차이분석

앞 그림 1은 2학년 4학년 6학년의 수 표상 위치

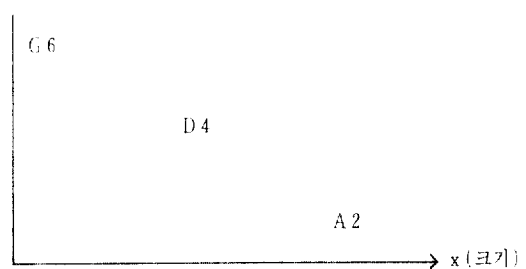
를 나타내 준다. 이 표를 각 학년내의 조건에 따라
그 위치를 분석해 보면, 2학년은 형식적 조건(B) 과
비형식적 조건(C)에서 거의 “거리”에 의한 표상을
한 반면, 아라비아 조건(A)에서는 앞의 두 조건에
비해 약간 더 “홀수, 짝수” 차원에 의한 표상이 이
루어졌음을 알 수 있다.

한편 4학년의 세 조건(D, E, F)을 보면, 형식적
조건(E) 과 비형식적 조건(F)는 여전히 “거리” 지
향적이기는 하나 2학년의 두 조건에 비해서는 보다
“홀수, 짝수” 차원에 위치하고 있다. 그러나 4학년
아라비아 조건(D)은 2학년 아라비아 조건(A)에 비
해 더욱 “거리” 차원쪽에 위치하고 있어 본 연구에
서의 기대와는 다르게 나타났다.

6학년(G,H,I)의 세 조건을 보면 아라비아 조건(G)
과 형식적 조건(H)이 비형식적 조건(I)에 비해
보다 홀수 짝수 차원에 의한 표상이 이루어진 것으
로 나타났다.

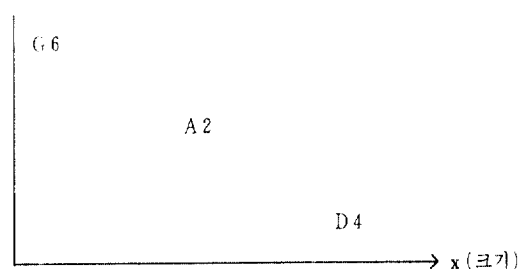
(3) 3각 조건에서의 학년 위치 분석

y (홀수, 짝수)



(a) 예상된 결과

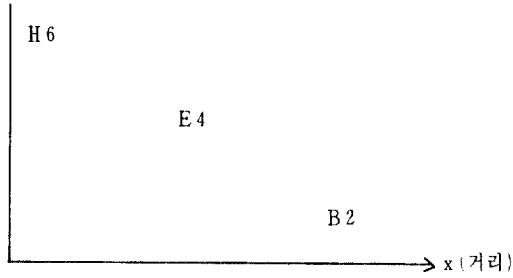
y (홀수, 짝수)



(b) 나타난 결과

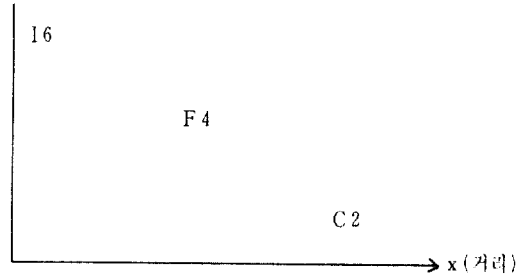
〈그림 2〉 2, 4, 6학년의 아라비아 조건의 위치

y (홀수, 짝수)



〈그림 3〉 형식적 조건에서의 2, 4, 6학년

y (홀수, 짝수)



〈그림 4〉 비형식적 조건에서의 2, 4, 6학년

〈표 5〉 트라이아드(3,5,6)에 대한 응답이유 분석결과

(아라비아 조건)

이유	트라이아드			3/5 (○)			3/5 (×)			3/6 (○)			3/6 (×)			5/6 (○)			5/6 (×)			계
	학년			2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	
거리(다음수, 큰 차이, 작은 차이)	4	4					2	4	4	1		1	7	7	3	4	5	2			1	49 (44.5)
크기(큰 수, 작은 수)	2									1			1			1			2			7 (6.4)
홀수·짝수					4			4			3			1	3						1	16 (14.5)
곱셈·나눗셈								3	2		4	8									1	18 (16.4)
다루기 쉬움, 어려움										1							1		1		1	4 (3.6)
5 또는 10과의 연결											1											1 (0.9)
큰 합 또는 적은 합, 산출		1					1		1									1	1			5 (4.5)
유사함, 다름		1						2		1	1					1				1		7 (6.4)
비 수치적 반응											1	1					1					3 (2.7)
계	8	4	4	3	11	9	3	9	11	9	8	6	5	7	4	4	1	4				110
	(50.0)	(20.0)	(21.1)	(18.8)	(55.0)	(47.0)	(18.4)	(45.8)	(57.0)	(56.9)	(40.3)	(31.0)	(31.6)	(35.0)	(21.1)	(25.0)	(5.0)	(21.1)				
반응자 수	16	20	19	16	20	19	16	20	19	16	20	19	16	20	19	16	20	19	16	20	19	

그림 2는 아라비아 조건의 2, 4, 6학년의 위치를 나타내 주며, 위의 그림 3과 그림 4는 각각 형식적 조건과 비형식적 조건에서의 2, 4, 6학년의 위치를 나타내 준다. 위 그림에서 보면, 그림 2의 아라비아 조건을 제외하고는 나머지 두 조건에서 2, 4, 6학년의 위치가 일관성 있게 “거리”차원으로 부터

“홀수, 짝수”차원으로 이동해 가고 있다. 따라서 학년이 올라감에 따라 “거리”차원에 입각한 표상으로 부터 “홀수, 짝수”에 의한 표상이 가능해짐을 알 수 있다. 그러나 아라비아 조건의 결과는 좀 다른 양상을 띠고 있다. 그림 2.b에서 보면 4학년이 2학년보다 더 “거리”에 의한 표상을 하고 있는 것으로

〈표 6〉 “거리”에 의한 학년별 반응비율

트라이아드 학년	3/5 (○)	3/5 (×)	3/6 (○)	3/6 (×)	5/6 (○)	5/6 (×)	계
2	4	2	1	7	4		18 (36.7%)
4	4	4		7	5		20 (40.8%)
6		4	1	3	2	1	11 (22.4%)
계	8	10	2	17	11	1	49 (100%)

나타났다. 이러한 결과는 본 연구에서의 기대 (그림 2. a 참조)와는 다른 결과이다.

이러한 상반된 결과의 원인 분석을 위해 본 연구에서 실험자료의 마지막 페이지에서 실시한 자신의 선택(○, ×)에 대한 피험자들의 응답내용을 분석하였다. 이 분석에 사용된 트라이아드는 4개였는데, 그 중(3, 5, 6) 트라이아드에 대한 아라비아 조건의 분석결과를 제시해보면 표 5와 같다.

표 5에 의하면, 전체반응 수 110개 (2,4,6학년 55명×2종의 선택)를 기준으로 볼 때, 44.5%인 49개의 반응이 “거리”와 관련된 내용으로 가장 큰 비중을 차지한다. “거리”와 관련된 반응에는 “수 A가 수 B의 다음 수이기 때문에”, “두 수의 차이가 크기 때문에”, “두 수의 차이가 작기 때문에” 등이 포함된다. 따라서 “거리”가 수 표상의 지배적인 기준이 됨을 알 수 있다.

위의 표 6은 “거리”에 의해서 수 표상을 한 학생들의 비율을 학년별로 살펴본 결과이다.

위 표에서 보면 “거리”에 의한 반응비율은 4학년이 제일 많고(40.8%) 그 다음이 2학년, 그리고 6학년의 순으로 나타나고 있다. 이러한 결과는 실제로 4학년 학생들이 2학년 학생에 비해서 보다 “거리”에 의한 표상을 하고 있음을 말해준다. 이에 관한 논의는 다음장에서 다루고자 한다.

(4) 조건별 표상차원 분석

수의 제시조건에 따라 표상의 차원이 어떠한지를

분석한 결과는 다음 표 7과 같다.

〈표 7〉 조건에 따른 표상차원과 차원수

조 건	표상차원	차 원 수
아라비아	거리	1
형식	거리+홀수 짝수	2
비형식	거리	1

위 표에서 보면, 아라비아 조건과 비형식적 조건에서는 아동들이 “거리”에 의한 표상을 한 반면, 형식적 조건에서는 “거리”와 “홀수, 짝수”의 두 차원에 입각한 표상이 이루어진 것으로 나타나 형식적 조건이 보다 복합적인 수 표상을 가능케 하는 조건임을 알 수 있다.

논 의

본 연구는 수에 대한 아동의 표상이 세 가지의 수 제시조건과 세 개의 학년(국민학교 2,4,6)에서 어떻게 다른가를 분석함으로써 아동의 수개념 발달에 관한 이해를 돕고 또한 아동의 표상을 용이하게 하는 수 제시조건을 밝혀보려는 데 그 목적이 있다.

그러나 연구결과 몇 가지 논의해야 할 점이 발견되었다.

우선 본 연구에서의 기대와는 달리 4학년 아라비아 조건은 2학년 아라비아 조건에 비해 보다 더 수의 기본적 표상차원이라고 할 수 있는 “거리”차원쪽으로 위치하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 아동

의 응답분석에서도 실제로 4학년 아동들은 2학년에 비해 더 많은 학생이 “거리”에 입각한 표상을 하는 것으로 나타났다. 이러한 현상에 대해 두 가지 가능성이 제기된다. 하나는 표집오류로 인해 2학년의 몇몇 학생이 평균이상의 수개념을 지니고 있거나, 아니면, 4학년 학생들의 몇몇이 평균이하의 수개념을 갖고 있을 수가 있다는 점이다. 그러나 나머지 일곱 조건의 결과는 비교적 큰 문제가 없고 또한 모든 피험자가 동일한 학교 내의 학급단위로 표집이 되었다는 점을 감안해 볼 때, 본 연구결과는 다른 하나의 가능성을 생각하게 한다. 그것은 인간발달의 U shape 이론의 측면에서 설명할 수도 있다는 것이다. U shape 이론의 주된 생각은 인간발달과정에는 자기수정(self modifying) 과정에 의한 일시적 퇴보현상이 있다는 것이다 (Strauss & Stavy, 1982). 이러한 입장에서 본 연구결과를 해석해 보면, 학교입학 후 어느 시기까지는 수에 대한 새로운 개념들을 익혀나가다가 어느정도 학습한 이후에는 자기스스로의 조정단계가 요구되는데 이러한 조정단계의 일환으로 수의 기본적인 “거리”차원에의 집착이 나타날 수도 있다는 해석이 가능할 것이라 생각된다. 이를 좀더 분명하게 하기 위해서는 동일학년을 대상으로 한 새로운 표집의 연구가 요구된다고 생각한다.

본 연구에서 또 하나 논의하고 지나가야 할 부분은 조건에 따른 아동의 표상차원의 차이이다 (표 7 참조). 본 연구결과 아라비아 조건과 비형식적 조건에서는 아동들이 수 표상의 기본차원인 “거리”에 입각한 표상을 한 반면, 형식적 조건 (일, 이, 삼)에서는 두 가지 차원인 “거리”와 “홀수, 짝수”에 의해 표상한 것으로 나타났다. 그리고 재미있는 것은 본 연구자가 검사실시시에 관찰한 것으로 비형식조건에 할당되었던 많은 피험자들이 반응하기 전에 비 형식체계를 아라비아 체계로 전환시킨 후 응답했다는 것인데, 이러한 반응 태도는 형식적 조건에서는 거의 발견되지 않았으며, 더욱이 아라비아 수를 형식 또는 비형식 조건으로 전환시켜 응답한 경우는 전혀 없었다. 물론

피험자의 이러한 행동은 아동의 회수된 검사지의 흔적을 통해서만 알 수 있었던 사실이며, 아동의 마음속에서의 전환을 측정할 것은 아니다. 이러한 아동의 반응 경향으로 미루어볼 때, 아동들은 형식적 조건에서보다는 비형식적인 조건에서 수 표상이 더욱 어려우며, 이러한 어려움을 극복하기 위한 노력으로 전환행동을 나타내는 것으로 보인다. 그러나 형식적 조건이 비형식적 조건보다 왜 수표상이 더욱 용이한가 하는 것은 여전히 문제점으로 남게 되는데 이를 위한 계속적인 연구가 필요하다고 할 수 있다.

마지막으로 아라비아 조건의 수 표상의 용이성에도 불구하고 아라비아 조건에서의 표상이 “거리”하나에만 입각한 것에 대한 이유이다. 이에 관해서는 여러 가지 측면에서 설명이 가능할 수 있겠으나 여기서는 두 가지 가능성에 관해 언급하고자 한다. 하나는 4학년의 아라비아 조건에서의 문제점(결과 참조)에서 기인할 수 있다는 것이고, 다른 하나는 수와 언어의 차이에서 기인될 수 있으리라는 것이 연구자의 견해이다. 즉, 일반적으로 아라비아 숫자가 읽혀지는 조건인 형식적 조건은 수(number)가 아닌 말(word)이다. 형식적 조건에 비해 비형식적 조건은 그것이 비 연속적인 사물을 셀 때 주로 사용되는 수 체계이기 때문에 말이라기보다는 비록 말로 씌어져 있다고 하더라도 차라리 수에 가깝다고 볼 수 있다(아동의 전환행동에서도 나타남). 이러한 이유로 해서 본 연구자는 아동들이 형식적 조건에 비해 보다 수지향적인(number oriented) 아라비아조건과 비 형식적 조건에서 더욱더 수의 기본적인 차원인 “거리”에 의한 표상을 했을 가능성도 고려해 보고자 한다. 이를 위해서는 보다 구체화된 추후 연구가 필요하다.

참고문헌

Miller, Kevin & Gelman, Rochel(1983). The Child's Representation of Number : A

- Multi-dimensional Scaling Analysis, *Child Development*, 54, 1470-1479.
- Miller, K.F.(1987). Geometric Methods in Developmental Research, In J. Bisanz, C.J. Brainerd & R. Kail(eds.) *Formal Methods in Developmental Psychology, Progress in Cognitive Development Research*: Springer-Verlag. pp. 216-262.
- Cochran, W. G. & Cox, G. M.(1957). *Experimental design*. 2nd ed.Wiley, New York.
- Kruskal, J.B. & Wish, M.(1979). *Multidimensional Scaling*. Sage, University Paper.
- Pruzansky, S.(1975). How To Use SINDSCAL, A Computer Program For Individual Difference in Multidimensional Scaling. Bell Laboratories, *Multidimensional Scaling Program Package*.
- Piaget, J. (1969). *The Child's Conception of Number*. Routledge & Kegan Paul LTD, London.
- Strauss, S. & Stavy, R.(1982). *U-Shaped behavioral growth*. New York : Academic press.

韓國心理學會誌:發達

Korean Journal of Developmental Psychology

1989, Vol. 2, No. 1, 44~53

A Research on Number Representation Ability of Korean Students.

Hyun, Ju & Kim, JaeUn

Korean Educational development institute

Ewha Womans University

In order to describe development in children's conception of number, judgement of similarities between numbers were solicited from 180 children in grade 2, 4, and 6 and three number condition-(arabic, formal, informal) were considered for analyzing which condition makes the representation of number easier. These three conditions were considered in this research because Korea has one another counting system that America or China does not has. Analysis of resulting data by SINDSCAL(one of the multidimensional scaling methods) suggested that children represent numbers not by the randomness, but by the some criteria. While 2nd graders and 4th graders represent numbers in terms of "distance" dimension, 6th graders represent in terms of "distance" and "odd/even" dimension. Analyzing by number condition showed that subjects used "distance" and "odd/even" dimension in formal condition, while used "distance" dimension in arabic and informal condition. Discussions about these results are presented.