

과학개념 학습지속 효과의 유형과 그 특성 분석*

권재술·김준태
(한국교원대학교)

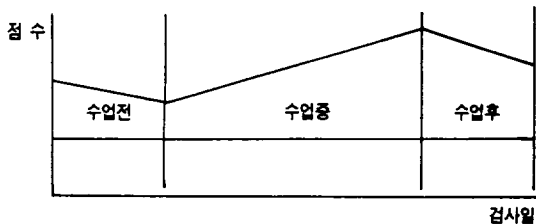
(1992년 4월15일 받음)

I. 서론

1. 연구목적 및 필요성

여러바 학습 지속 효과라고 하는 것은 Mayer와 Kozlow(1980)에 의해 명명되었다. 그 현상은 Mayer와 그의 제자들이 집중적인 시계열 분석법을 사용한 연구에 의해 다시 분명해졌다. 이 현상은 검증되는 주제에 대한 교수나 학습 노력이 없이도 학습이 향상되는 것처럼 보이기 때문에 전통적인 학습 이론과는 맞지 않는 것으로 간주되어왔다.

이에 대한 후속 연구(Farnsworth and Mayer, 1984; Kwon, 1984, Kwon and Mayer, 1986)에서도 교수나 학습 노력 없이도 학습 효과가 지속적으로 나타나고 있음이 밝혀졌다(그림 1).



(그림 1) 매일의 성취도 점수

그러므로 학습 재속 효과는 인위적(artifact)으로 나타나는 것이 아니라 과학 개념 학습의 어떤 본질을 나타내는 중요한 현상이라고 판단된다. 따라서 이 학습 지속 효과에 영향을 미치는 요인을 밝히는 일이 중요하다.

이러한 중요성에도 불구하고 국내에서는 후속 연구가 거의 이루어지고 있지 않았다. 그 이유는

- 1) 국내에 학습 지속 효과 이론이 소개되지 않았으며,
- 2) 연구방법상에 다음과 같은 문제가 있기 때문이다. 매일 자료를 집중적으로 수집해야만 하고, 대부분의 연구에서 연구 수행에 필요한 기간이 대략 50일 정도이다.

따라서 이러한 연구를 우리나라에서 수행하는 것은 우리나라 과학교육의 수준 향상에 중요한 기여를 할 것이다. Kwon과 Mayer(1986) 연구에서는 학습내용의 추상적 정도와 학습자의 인지 수준이 학습지속 효과에 어떤 영향을 미치는가를 밝힌바 있다. 본 연구에서는 학습 내용 평가 문항을 언어와 영상, 정량과 정성 문항으로 나누어 이들 사이의 차이점이 학습지속 효과에 미치는 영향을 조사하였다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 구체적인 문제가 연구되었다.

1. 학습지속 효과가 문항의 유형(영상적, 언어적; 정량적, 정성적)과 어떤 관계가 있는가?
2. 학습지속 효과는 어떤 이론을 사용해서 설명될

* 본 연구는 1991~1992년도 학술진흥재단 지원 학술 연구비에 의해 수행된 연구 결과임.

것인가?

3. 학습지속효과 유형의 결정 변인은 무엇인가?

II. 이론적인 고찰

학습지속효과의 원인과 특성을 완벽하게 설명할 수 있는 이론은 없다. 그러나 부분적으로 설명할 수 있는 이론은 몇가지 있다.

그러한 이론으로는

첫째, 강화 이론(consolidation theory)이 있다. 학습은 행위가 끝나는 순간 종결되는 것이 아니라 수업이 끝난 후에도 학습이 지속되는 기간이 있다는 것이다. 학습지속효과와의 관련성으로는 수업이 끝난 후의 학습성취도가 향상됨을 설명할 수 있다는 것이다.

그러나 권재술의 연구(1984)에 의하면 학습지속효과는 문항의 수준과 학생들의 발달단계에 따라 다르다. 즉, 구체적 조작기의 학생은 지식 수준의 문항에서 더 긴 학습지속효과를 나타냈으며, 형식적 조작기의 학생은 이해수준의 문항에서 더 긴 학습지속효과를 나타냈다. 그러나 강화 이론은 이러한 원인을 설명하는데 미흡하다.

둘째, 생리학적인 이론이 있다. 기억을 단기 기억과 장기 기억으로 나눌 때 단기 기억의 원인으로는 자극이 전달될 때 신호가 대뇌에서 일정기간 대뇌를 전기적, 물리적 혹은 화학적으로 변형시키는데 이기간이 단기 기억이다. 장기 기억의 원인은 대뇌를 형성하고 있는 시냅스의 구조적 변화가 장기 기억의 원인이 된다.

구조적, 물리 화학적 변화가 시냅스 종말, 혹은 시냅스후뉴런에서 일어나는데 이들 변화는 영구히 시냅스 흥분 연결을 촉진시킨다는 것이다. 모든 사고의 시냅스 회로가 형성되면 이 회로는 훗날 광범위하게 입사되는 신호에 의하여 다시 쉽게 흥분되므로 기억으로 남게된다고 믿어진다. 이 회로가 기억(memory engram) 혹은 기억 흔적(memory trace)이다. 시냅스가 형성되려면 수업이 끝난 후 일정기간이 필요하다고 하는 것은 학습지속효과의 원인을 설명할 수 있다. 문항의 형태에서 이해 문항은 좀 더 많은 회로를 포함하며 그래서 학습지속효과가 길다는 것을 설명할 수 있다. 그러나 학습후 인지 구조가 자발적으로 변화하는 과정을 구체적으로 설명할 수 없다.

셋째, 변수 부호화 이론(encoding variability theory)이 있다.

기억의 구조는 감각 기억, 단기 기억, 장기 기억으로 되어 있다. 정보는 감각기억에 일시적으로 저장되며 주의되고 분석되며 생각되지는 않는다. 선정된 자극들은 제2의 일시적 보관 장소인 단기 기억에 들어간다. 이 경우 자극들은 명칭이 시연(rehearsal)되고 생각될 수 있는 유의미한 기호들로 부호화 된다. 이러한 인출 과정을 통해 정보들은 장기 기억에 저장된다. 정보가 장기 기억에 저장되기 위해서는 시연을 해야 하며 유의미화하기 위해 시간이 필요하다. 이시간이 학습지속효과를 유발 한다고 생각할 수 있다.

그러나 모든 정보가 구조적으로 다르게 기억되는 것 뿐만 아니라 정보의 특성에 따라 과정적으로도 다르게 기억된다. 그러므로 정보의 특성에 따라 학습지속효과도 다르게 나타난다는 점을 설명하기에는 미흡하다.

넷째, 기억 형성 이론(constructive theory of memory)이 있다. Bartlett에 의하면 사람은 어떤 상황에 직면했을 때 처음에는 상황에 대한 일반적인 인상을 갖게 되고 세부적인 것은 그 자신이 형성해간다는 것이다. 주어진 개념이 학습기간중에 완성되었다면 학습지속효과가 나타나지 않으나 그렇지 않으면 학습지속효과가 나타난다. Bartlett의 이론에 의하면 주어진 개념을 긍정적으로 이해할 수도 있고 부정적으로 이해할 수도 있다. 그러나 학습지속효과는 항상 긍정적으로 나타난다는 점을 설명하기에는 미흡하다.

다섯째, Piaget의 지적 발달 이론이 있다.

인간의 지적인 수준은 시간이 지남에 따라 향상한다는 것이다. Flavell에 의하면 Piaget가 제안한 각 발달 단계의 사이에는 수많은 미세 발달 단계가 있다는 것이다. 학습후 며칠 동안 지적수준의 미세한 발달(mini-developments of cognitive levels)로 학습지속효과가 나타난다고 볼 수 있다. 이러한 이론에 의하면 발달이 거의 완결된 형식적 조작기의 학생에서는 학습지속효과가 나타나지 말아야 한다. 그러나 형식적 조작기의 학생은 지식문항보다 이해문항에서 더 긴 학습지속기간을 나타냈다. 이것은 Piaget의 이론으로는 학습지속효과를 설명하기 어렵거나 형식적 조작기의 학생도 미세한 발달이 계속되고 있다고 볼 수 있다.

여섯째, 생성학습이론(generative learning theory)이 있다. Osborne과 Wittrock에 의하면 두뇌는 하나의 수동적인 저장소가 아니라 외부로부터 오는 정보를 스스로 조직하고 추론하며 해석하는 능동적 조직이다. 어떤 정보가 학습자들에게 들어왔을 때 그 정보

는 일단 단기 기억소(short term memory store)에 머무른다. 이 때 정보는 학습자의 인지 체제에 의미있게 구성된다. 이렇게 구성된 정보는 장기 기억소(long term memory store)에 저장된다. 장기 기억소에 저장된 정보는 다시 단기 기억소로 넘어와 의미있게 변한다. 이러한 과정은 반복되며 의미있게 구성되어 학습자의 수준과 조화를 이룰 때까지 계속하여 학습된다는 것이다. 이때에 필요한 기간이 학습지속기간이라고 볼 수 있다. 그러나 학습자의 특성에 따라 학습지속기간이 다르다는 것을 설명하기에는 미흡하다.

일곱째, Paivio의 이중 입력 이론이 있다. 인간의 오른쪽 뇌와 왼쪽 뇌는 서로 다른 정보 처리 시스템으로 되어있다. 왼쪽 뇌는 정보를 순서적, 논리적으로 처리하는 언어 시스템이며 오른쪽 뇌는 정보를 종합적이며 동시에 처리하는 표상 시스템이다. 정보 중에서 언어적인 것은 왼쪽 뇌에서, 표상적인 것은 오른쪽 뇌에서 처리한다.

두개의 다른 정보 시스템(왼쪽 뇌와 오른쪽 뇌)은 따로 처리된 정보를 교환하며 서로 조화를 이룬다. 이렇게 할 때 시간이 필요하며 이것이 학습지속효과를 나타낸다고 볼 수 있다.

그러나 모든 정보가 언어적인 것과 표상적인 것을 동시에 갖고 있는 것은 아니다. 또, 정보의 수준에 따라 학습지속기간이 달라지는 것을 설명할 수 없다.

여덟째, 프로이드의 이론에서 학습지속효과의 원인을 찾을 수 있다.

프로이드는 인간의 정신을 전의식, 무의식, 의식이라는 세 개의 층으로 나누었다. 즉, 정신을 의식 과정과 비의식 과정으로 나누고 비의식 과정은 다시 전의식과 무의식으로 나누었다. 무의식에서 억압하는 것을 초자아라하고 억압당하는 것을 이드라 한다. 이들 인간의 심리 과정은 무의식이 많은 부분을 차지하며 제각기의 층사이에 서로 방해받기도 하며 역동적으로 관여한다. 이미 학습이 된것이 간섭 때문에 나타나지 못했다가 학습후 간섭이 덜하면 나타나는 것이 학습지속효과라고 생각할 수 있다.

그러나 학습지속효과의 일부를 설명할 수는 있지만 전체적인 특징을 설명하지 못한다.

이상의 이론에서 학습지속효과는 인간뇌의 복합적인 특성이라고 생각된다.

종합해보면 다음과 같다.

1. 인간의 뇌는 정보를 받을때 주의의 집중 정도에 따라 그 신호를 증폭 또는 감소시킨다.
2. 모든 정보는 뇌에서 분석되어 약호화되고 정보의

특성에 따라 각기 다른 장소에 입력된다.

3. 모든 정보는 뇌를 자극하여 변화시키며 뇌의 구조가 변하는 데는 시간이 필요하며 이것이 학습지속 효과의 기간을 결정한다.

4. 새로이 입력된 정보를 인출하는 데는 간섭이 뒤따르며 기존의 인지 구조와 잘 맞지 않을 때에 간섭이 심하다. 간섭은 의식 세계 보다 무의식 세계에 의한 간섭이 더심하다. 이것은 정보의 수준에 따라 학습지속 효과가 결정되는 것을 설명할 수 있다.

5. 정보에 따라 시각적으로 잘 부호화되기도 하며 또는 언어적으로 잘 부호화되기도 한다. 이것은 정보의 특성에 따라 학습지속효과 결정되는 것을 설명할 수 있다.

7. 학습에 의해 인지 구조가 변하기 위해서는 뇌의 구조와 체계가 바뀌어야 하며 개별적인 사안들과 연결하려면 일정한 자극을 받아야 한다. 이 때에 예제와 예화가 필요하다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 개요

학습자가 개념을 형성해 가는 과정을 면밀하게 살펴보기 위해 매일 성취도 검사를 실시하였다.

검사는 집중적인 시계열 분석법을 사용하여 실시하였다.

집중적인 시계열 분석법을 이용하여 검사를 실시할 때 시험효과가 없다고 하는 것은 이미 밝혀진바 있다.

검사 시간은 50일로 했으며 검사는 일요일과 공휴일을 제외하고 매일 실시하였다. 성취도 검사의 처음 5일은 학습이 실시되기 전의 중력에 대한 개념수준을 알아보는 검사이며, 이후 30일은 매일 수업을 진행하며 검사를 실시하였다. 수업이 끝나고 15일 동안의 검사는 과연 학습지속효과가 어떻게 나타나는가를 평가하는 검사이다. 학습지속효과를 검증하기 위해 고등학교 2학년을 대상으로 했다. 그 이유는 대부분의 고등학교에서 2학년 때에 물리를 이수하며 3학년 때에는 입시로 인한 부담 때문에 연구의 어려움이 있어서이다.

한편, 검사 개념은 중력에 관한 개념이다. 중력을 검사의 개념으로 삼은 이유는 오인에 관한 많은 연구에서 중력에 대한 개념의 형성이 어렵다고 밝혀졌으며 검사의 기간과 중력에 대한 학습량과도 어느 정도 일치하기 때문이다.

본 연구에서는 중력장 개념을 중심으로 총 200개의 문항을 개발하여 중력장의 개념에 대한 학습지속효과의 유형과 특성을 밝혔다.

또, 학습지속효과가 변수에 따라 즉, 언어 문항과 영상 문항, 정성 문항과 정량 문항에 따라 어떻게 달라지는지를 검증하였다.

2. 문제은행개발

1) 문항개발

중력장을 문항개발 대상단원으로 하여 200개의 문항을 개발하였다.

중력에 대한 개념이 인지 구조내에 어떻게 형성되는지를 알아보기 위해 문항을 4가지 형태로 개발하였다. 즉, 동일한 개념을 바탕으로 문항을 언어와 영상, 정량과 정성 문항의 4가지 형태로 개발하였다. 문항은 언어적이면서 동시에 정량적인 문항, 언어적이면서 동시에 정성적인 문항, 영상적이면서 동시에 정량적인 문항과 영상적이면서 동시에 정성적인 문항의 4가지 형태가 생긴다. 이러한 문항 전체는 하나의 문제은행이 된다.

문항은 5지 선다형이며 문항 분류의 기준은 대략 다음과 같다.

가. 영상적인 문항의 분류 준거

시각화한 문항, 그림을 곁들인 문항, 그림을 보고 문항을 파악할 수 있는 문항, 도표나 그래프처럼 자료가 영상화된 문항, 전체적인 상황을 영상화해야만 답할 수 있는 문항이다.

나. 언어적인 문항의 분류 준거

언어를 통해서만 진술한 문항, 언어적인 표현만으로도 전체적인 문맥을 파악할 수 있는 문항, 영상적엔 처리 없이도 전체적인 상황을 파악할 수 있는 문항이다.

다. 정성적인 문항의 분류 준거

구체적인 수치를 대입하여야만 하는 문항, 실험값과 데이터를 필요로 하며 구체적인 계산을 필요로 하는 문항, 공식과 수식을 필요로 하며 산술적인 값을 산출해야하는 문항이다.

라. 정성적인 문항의 분류 준거

구체적인 수치없이도 문항의 답을 낼 수 있는 문항, 물리적인 의미만을 필요로 하며 수치의 계산을 필요로 하지 않는 문항, 자료를 비교하여 답할 수 있는 문항, 공식의 의미만 파악하면 구체적인 수치의 대입이 필요하지 않는 문항이다.

이렇게 개발된 문항은 무작위로 섞어 다시 전문가에게 분류 요청을 하고 이를 근거로 재분류한다.

2) 문항의 타당도 신뢰도 검사

문항의 내적 타당도를 높이기 위하여 문항에 대한 전문가 20인의 의견을 참고하였다.

3) 문항의 수정 보완

응답자의 독해력과 인지 수준을 파악하며 문항을 재분류하고 문항의 문맥을 수정하였다. 수정된 문항 전체를 가지고 하나의 문제은행을 완성하였다.

3. 실험 설계

검사 기간은 대략 50일 정도로 하며 검사 기간중에는 한 학생이 똑같은 문항을 받는 일이 없도록 하였다. 또, 한번의 검사에서 똑같은 문항이 서로 다른 사람에게 동시에 주어지지 않도록 하였다.

검사는 3개 학교에서 같은 기간에 실시하며 3명의 교사가 참가한다. 이 때 참가하는 교사는 사전에 검사에 대하여 충분한 훈련을 받았다.

또, 교사는 미리 작성된 지도안의 내용으로 수업을 진행하였다.

조사를 시작할 때 학생들에게 검사 결과가 학교의 성적과 무관함을 주지시키고 자기의 생각대로 솔직하게 쓰도록 유도하였다.

검사는 학습전, 학습중, 학습후 기간으로 나누며 검사가 끝나는 날에 전체 문항 점수를 하였다.

1) 응답자의 선정

응답 집단은 서로 면단위에 소재하는 학교를 대상으로 하여 3개 학교를 선정하였다.

1개 학교에서 4반을 무작위로 선정하였으며 대상학년은 2학년으로 하였다.

집단간의 차이를 최소화하기 위해 각반에서 무작위로 추출하여 다시 4집단으로 나누었다.

2) 문항의 투여

문항은 언어적이면서 정량적인 문항(문항 유형1), 언어적이면서 정성적인 문항(문항 유형2), 영상적이면서 정량적인 문항(문항 유형3), 영상적이면서 정성적인 문항(문항 유형4)로 구분되며 이들 문항은 문항 유형에 따라 다음과 같이 투여 된다.

문항 유형1(언어적이고 정량적인 문항) — 집단1

문항 유형2(언어적이고 정서적인 문항) — 집단2
 문항 유형3(영상적이고 정량적인 문항) — 집단3
 문항 유형4(영상적이고 정성적인 문항) — 집단4
 날짜별로 각 집단에 문항을 투여하는 방법은 다음과 같다.

$O_1 O_2 O_3 O_4 O_5 I_1 O_6 I_2 O_7 \dots I_{30} O_{35} O_{36} \dots O_{37} \dots O_{50} X$
 O : 문항 카드 시험, I : 수업, X : 전체 문항 시험

또한 각각의 응답자는 검사 기간중 같은 문항을 받지 않으며 같은 날 동일한 문항이 다른 응답자에게 동시에 주어지지 않는다. 검사일별로 문항을 배부하는 방법은 다음과 같다.

< 표 1 > 한 집단에 문항을 투여하는 방법

D	N	1	2	3	4	5	6	.....	45	46	47	48	49	50
1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P45	P46	P47	P48	P49	P50	
2	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P1	
3	P3	P4	P5	P6	.....	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P1	P2	
4	P4	P5	P6	.....	P45	P46	P47	P48	P49	P50	P1	P2	P3	
.....														
46	P46	P47	P48	P49	P50	P1	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P45	
47	P47	P48	P49	P50	P1	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P45	P46	
48	P48	P49	P50	P1	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P45	P46	P47	
49	P49	P50	P1	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P45	P46	P47	P48	
50	P50	P1	P2	P3	P4	P5	P6	.....	P45	P46	P47	P48	P49	

* D : 검사일, N : 응답자, P : 문항 번호

위와 같이 문항을 배열하면 각 문항 유형별 50개의 전체 문항이 해당 집단의 모든 응답자에게 주어지기 때문에 Kwon & Mayer (1984)의 연구에서 처리한 것과 같은 문항 난이도의 처리가 필요없다. 즉, 모든 학생에게 배포된 문항의 난이도는 동일하다.

4. 결과분석 방법

1) 학습지속효과 기간의 결정 방법

매일 자료를 모으고 분석하는 것을 집중적인 시계열 분석법(intensive time series design)이라 한다. 이것은 경제학에서 계절이나 어떤 기간 동안 자료값이 변할 때 그 변동 추이를 알아보기 위해 처음 사용하였

다. 이때 변수의 값을 시간의 함수로 표시하는 수식으로 나타내거나 횡축에 시간을, 종축에 이에 대응하는 변수의 값을 나타내는 그래프로 표현한다. 본 연구는 수업전과 수업중, 수업후로 나누어 매일 검사를 실시하기 때문에 간섭된 시계열 분석법(interrupted time series design)의 일종이기도 하다. 그러므로 성취도 검사의 결과에 대한 방향성을 알아보기 위해서는 회귀선을 구할 필요가 있다. 간섭된 시계열 분석에서 중다 회귀만을 실시하여 분석하면 바람직한 회귀선을 구하지 못한다. 이것은 원시 자료값과 회귀식에 의한 값의 차이의 제곱합인 잔차가 유의미하지 못하기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 권재술에 의해 명명된 분할된 회귀 분석법(segmented regression analysis)을 사용하면 된다. 수업전의 검사는 단순한 기초 평가 자료이기 때문에 첫번째 전환점(turning point)은 수업이 시작하는 날로 잡았다. 실제로 첫번째 전환점을 어디에 두든지 나머지 회귀선에 별로 영향을 주지 않는다고 하는 것은 이미 권재술(1986)에 의해 밝혀졌다. 분할된 회귀식을 도출하기 위해서는 적절한 가변수(dummy variables)가 필요하다. 가변수작을 사용하여 중다 회귀 분석을 실시하여 잔차의 제곱합이 가장 작은 가변수를 택하였다.

잔차의 제곱합을 SSE, 원시 자료의 값을 측정치 Y_r , 회귀 분석에 의해 예측된 값을 예측값 Y_e 라 할 때,

$$SSE = \sum_{i=1}^{50} (Y_i - Y_{ei})^2 \text{ 이 된다.}$$

SSE가 최소값일때 F값은 최대값임을 알 수 있다. 가변수의 두번째 변수가 1이되는 지점이 두번째 전환점이 된다. 수업이 끝난날 부터 두번째 전환점까지의 기간이 학습지속효과기간이다.

2) 학습곡선의 비교

첫째, 문항의 유형별로 학습곡선을 분석한다. 즉, 언어적인 문항, 영상적인 문항, 정량적인 문항, 정성적인 문항에 의해 나온 결과를 분석한다.

둘째, 복합적인 문항의 특성을 기준으로 학습곡선을 분석한다. 즉, 언어적이면서 정량적인 문항, 언어적이면서 정성적인 문항, 영상적이면서 정량적인 문항, 영상적이면서 정성적인 문항을 투여했을때 나온 결과를 분석한다.

셋째, 남녀 성의 차이가 학습곡선에 주는 영향을 분석한다.

넷째, 학습이 시작되기 전에 검사한 결과만을 따로 분석하여 응답자의 특성을 분석한다.

IV. 결과분석

가변수를 사용한 회귀식의 결과를 전체적으로 분석해보면 다음과 같다.

회귀 분석에서의 얻은 분산 분석표에서 F 값은 모두 유의미한 값 (> 0.001)이었다. 이것은 회귀식이 적합하다는 것을 의미한다.

회귀식의 설명 정도를 알 수 있는 R-Square도 69%~85%사이인 것으로 보아 회귀식은 원자료의 추세를 잘 나타내고 있음을 알 수 있다.

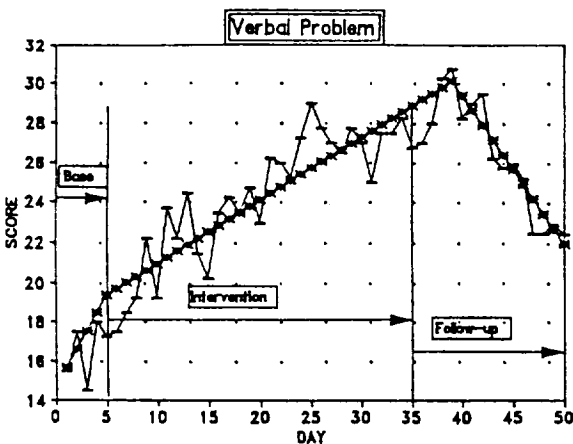
각 변수의 T 값도 유의미하게 크므로 (> 0.05) 각 변수가 회귀식에 독립적으로 유의미하게 기여하고 있음을 알 수 있다.

회귀 분석의 결과를 문항 유형별, 복합적 특성을 가진 문항 유형별, 성별로 각각 분석하면 다음과 같다.

1. 문항 유형별 학습곡선

1) 언어적인 문항에서의 학습곡선

언어적인 문항을 투여한 결과를 그래프화 한 것이 (그림 2)이다.



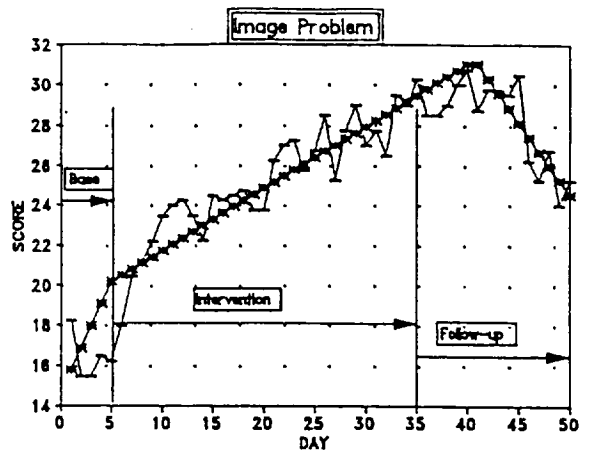
(그림 2) 언어적인 문항의 학습 곡선

학습이 되는 정도가 수업 후 8,9일까지는 컸다가 그 후 7,8일 정도는 정체하고 다시 7,8일 정도로 커진 것을 알 수 있다. 이러한 모양을 나타내는 것은 주말에 수업을 실시하지 못한 요인과 학생들의 인지 체제의

한 특성으로 인한 요인이 결합된 것으로 볼 수 있다. 망각이 되는 정도는 상당히 빠르며 수업이 끝나고 16일 이후에는 어느 정도 일정한 수준을 유지하고 있다.

2) 영상적인 문항에서의 학습곡선

(그림 3)에 나타난 바와 같이 영상적인 문항을 투여한 결과도 언어적인 문항을 투여한 결과와 비슷하다. 이것은 학생들의 인지적인 특성을 고려하지 않고 오직 개념의 특성만을 고려하였기 때문에 나타난 결과로 해석할 수 있다. 한편으로는 언어적인 개념 변인과 영상적인 개념 변인으로 물리 개념을 구분하는 것이 어렵다고도 생각할 수 있다.



(그림 3) 영상적인 문항에서의 학습 곡선

3) 정량적인 문항에서의 학습곡선

정량적인 문항에서의 학습 곡선을 보면 학습이 되는 정도는 완만하고 망각이 되는 정도로 어느 정도 큰 것으로 나타났다. 또, 수업전과 검사가 끝날때의 점수 차이가 별로 없다. 이것은 정량적인 물리 개념이 학생들의 개념획득에 별로 도움이 되지 못한다는 것을 의미한다.

4) 정성적인 문항에서의 학습곡선

정성적인 문항에서의 학습 곡선은 학습이 상당히 잘되고 있는 것을 나타낸다. 또 수업전과 검사가 끝날 때의 점수 차이가 큰 것으로 나타났다. 이것은 정성적인 물리 개념의 획득이 용이한 것을 나타낸다.

각율로 가장 크다. 이러한 영향의 결과로 학습이 지속되는 기간도 가장 길게 나타난다.

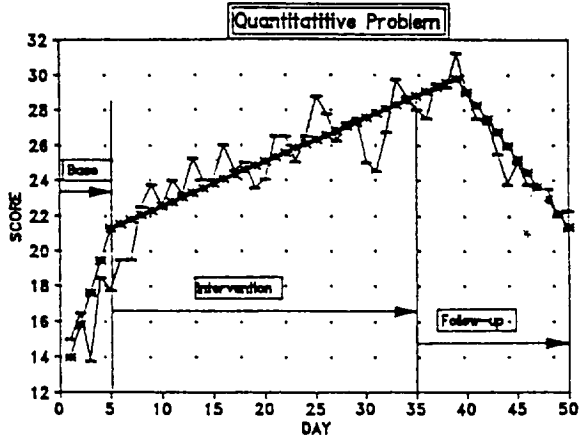
그러나 전체적인 그래프의 모양은 서로 비슷한 것으로 나타났다. 이것은 학습 특성의 일면으로 생각할 수 있다.

2. 복합적인 문항 특성을 기준으로한 학습 곡선의 분석

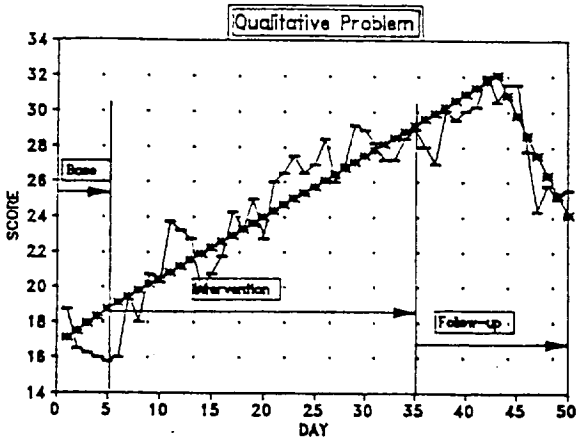
문항을 언어적이면서, 정량적, 언어이면서 정성적, 영상적이면서 정량적, 영상적이면서 정성적으로 구분하고 이러한 특성에 따라 검사 결과를 분석한다.

1) 언어적이면서 정량적인 문항에 의한 결과

(그림 6)을 보면 학습되는 정도가 미미하고 학습지속효과의 기간도 짧다. 이것은 언어적이면서 정량적인 방법으로서의 개념 획득이 비효과적임을 나타낸다고 볼 수 있다.



(그림 4) 정량적인 문항에서의 학습 곡선



(그림 5) 정성적인 문항에서의 학습 곡선

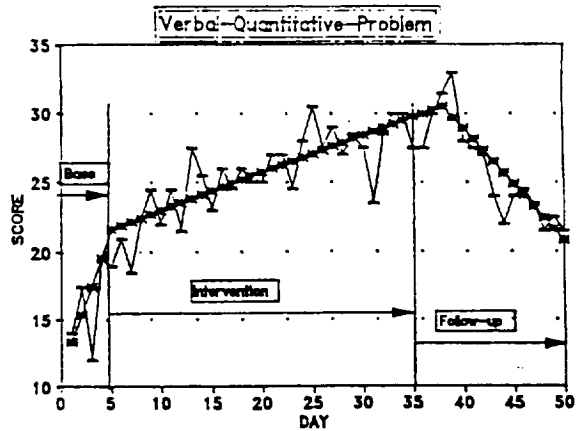
이상 네가지의 그래프의 기울기와 학습지속효과 기간은 (표 2)과 같다.

< 표 2 > 문항 유형별 기울기와 학습 지속 효과 기간

문항 유형	학습전 기울기	학습중 기울기	학습후 기울기	학습지속 기간
언어적 문항	0.93458	0.31576	-0.73954	4 일
영상적 문항	1.11166	0.30800	-0.72168	5 일
정량적 문항	1.83568	0.24930	-0.76621	4 일
정성적 문항	0.41250	0.34951	-1.13234	8 일

(표 2)에 나타난 바와 같이 언어적인 문항과 영상적인 문항의 기울기는 비슷하다. 이것은 언어와 영상으로 구분짓는 문항 특성만으로는 개념형성의 특성을 파악하기 어렵다는 것을 의미한다.

정성적인 문항에서 학습 기울기가 가장 크고 또 망



(그림 6) 언어적이면서 정량적인 문항에 의한 학습 곡선

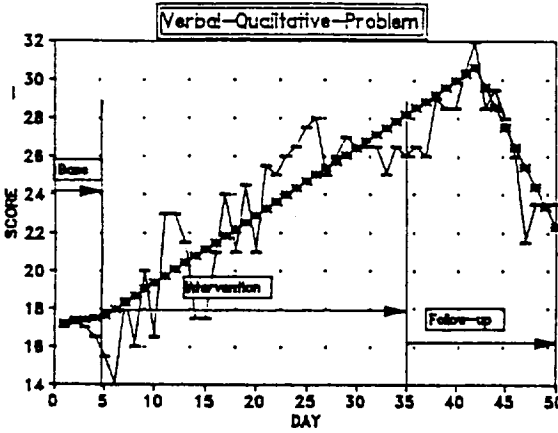
2) 언어적이면서 정성적인 문항에 의한 결과

처음 6일 동안은 계속적으로 점수가 하락하고 있다. 이것은 응답자가 반복되는 검사에 싫증을 느낀 결과이거나 어떠한 검사를 되풀이할때 인지 구조상에 심한 간섭 효과가 생기기 때문이다. 학습은 매우 효과적으로 이루어졌음을 나타내며 수업후 13일 이후에는 점수가 거의 일정함을 나타내고 있다.

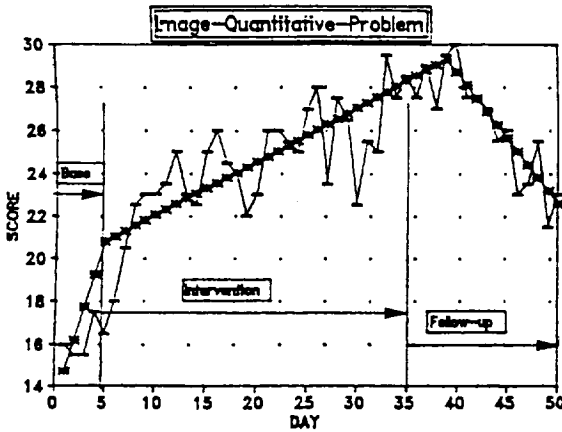
3) 영상적이면서 정량적인 문항에 의한 결과

수업이 시작되고 5일 동안은 상당히 효과적으로 개념이 형성되고 그후 25일정도는 정체되는 현상을 보인

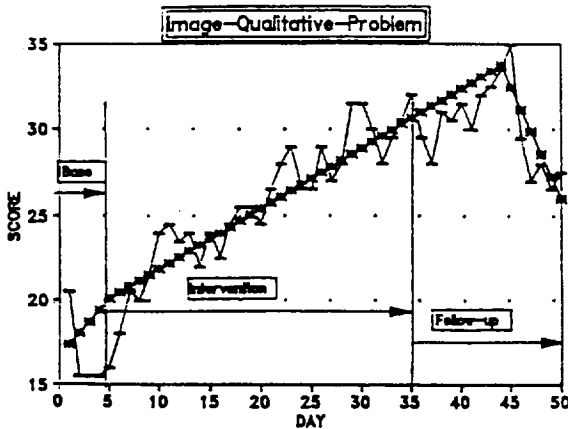
다. 검사가 끝났을 때의 점수와 학습이 시작될 때의 점수차이가 적은 것으로 보아 영상적이며 정량적인 문항은 효과적이지 못한 것으로 보인다.



《그림 7》 언어적이면서 정성적인 문항에 의한 결과



《그림 8》 영상적이면서 정량적인 문항에 의한 결과



《그림 9》 영상적이면서 정성적인 문항에 의한 결과

4) 영상적이면서 정성적인 문항에 의한 결과

앞의 다른 그래프에서와 마찬가지로 검사가 진행되기 전의 5일 동안은 점수가 계속하락하고 그 후 10여 일 동안은 급격히 향상하고 있음을 보인다. 거의 고르게 학습이 이루어지고 있음을 나타내며 학습이 지속되는 기간도 가장 길다. 또 학습의 결과로 인한 점수 향상이 큰 것으로 나타났다. 이것은 영상적이며 정성적인 개념이 물리 개념 형성에서 효과적임을 나타내고 있다.

앞의 결과를 종합해서 그래프의 기울기와 학습지속 시간을 살펴보면 다음과 같다.

< 표 3 > 복합적인 문항 유형별 기울기와 학습지속 효과기간

문항 유형	학습전 기울기	학습중 기울기	학습후 기울기	학습지속 기간
언어 - 정량적	2.08185	0.26949	-0.81235	3 일
영상 - 정성적	0.10064	0.35278	-1.04199	7 일
영상 - 정량적	1.52825	0.25011	-0.61074	4 일
영상 - 정성적	0.70891	0.35019	-1.30182	9 일

정성적인 효과가 복합적인 문항에서도 잘 나타나고 있다. 또한 학습지속효과와 기간은 영상적이며 정성적인 문항에서 가장 길게 나타났다. 학습이 이루어지는 경향도 언어적이며 정성적인 문항과 영상적이며 정량적인 문항에서 길게 나타났다. 망각이 이루어지는 경향은 거의 비슷하며 언어적이며 정성적인 문항에서 크게 나타났다. 이것은 망각에 의한 효과 보다는 학습전 후의 점수차이가 큰 것으로 보아 학습지속효과와 기간이 크기 때문에 나타난 그래프의 특성으로 보아야 한다.

3. 남녀 성별 학습 곡선

< 표 4 > 남녀 성별 학습 곡선의 기울기와 학습 지속 기간

문항 유형	학습전 기울기	학습중 기울기	학습후 기울기	학습지속 기간	
언어적 이며 정량적	남	2.95941	0.71206	-1.66362	3 일
	여	5.24069	0.37745	-1.65272	3 일
언어적 이며 정성적	남	0.47879	0.72032	-2.17082	6 일
	여	-0.13903	0.69425	-2.00259	7 일

영상적 이며 정량적	남	3.64404	0.48369	-0.99747	2 일
	여	2.60447	0.50434	-0.99747	6 일
영상적 이며 정성적	남	2.23425	0.63563	-2.24565	8 일
	여	0.83489	0.78563	-2.45308	9 일

성별에 의한 차이가 학습곡선에 주는 영향은 크지 않은 것으로 보인다. 그러나 영상적이며 정량적인 문항에서는 차이가 나타났다. 이것은 여학생이 영상적이며 정량적인 개념에 익숙하며 효과적임을 보이는 것이다.

남여 모두 언어적이며 정성적인 문항과 영상적이며 정성적인 문항에서 학습이 지속되는 기간이 가장 길다.

4. 학습전 검사 결과의 분석

학습이 진행되기 전 5일 동안의 검사는 학습자의 기초적인 수준을 검사한 것이다. 네가지의 문항 형태를 네집단에 투여한 결과를 단순 회귀 분석 하였을때의 그래프 기울기는 <표 5>와 같다.

<표 5>와 같이 대부분의 그래프 기울기는 부(-)의 값을 갖는다. 이것은 5일 동안의 검사를 할 때 점수가 계속 떨어지고 있음을 의미한다. 이것은 전체 검사 기간의 난이도가 일정하기 때문에 난이도에 의한 효과는 아니다. 또한 아무런 처치도 없었기 때문에 이러한 효과도 아니다. 이러한 효과의 원인 중의 하나는 반복되는 검사에 학생들이 싫증을 느꼈기 때문에 나타난 효과로 볼 수 있다. 다른 한편으로는 계속되는 사고(思考)에서 인지 체제내에 심한 간섭이 있음을 나타내는 것으로도 볼 수 있다.

< 표 5 > 학습전 결과의 단순 회귀선 기울기

문항	언어적-정량적		언어적-정성적		영상적-정량적		상적-정성적	
	남	여	남	여	남	여	남	여
기울기	-0.100	2.500	-0.400	-0.400	0.800	-0.200	-0.600	-1.200

5. 결과의 요약

1) 물리 개념은 정량적인 개념 보다 정성적인 개념의 형성이 잘되는 것으로 볼 수 있다. 또 학습지속기간도 정성적인 개념에서가 길게 나타난다고 볼 수 있다.

2) 검사를 계속 반복할때 응답자가 검사에 싫증을

느끼며 각종 검사에서 이러한 점에 유의 해야 할 것으로 보인다. 또한 한 개념을 계속 사고하는 것은 심한 간섭이 뒤따른다고도 볼 수 있다.

3) 응답자의 특성을 고려하지 않고 개념을 언어적, 영상적으로 구분하여 특성을 보는 것은 별 효과가 없었다. 이것은 응답자의 인지 특성에 따라 문항을 영상적으로도 보고 언어적으로 본다고 해석할 수 있다.

4) 같은 검사라도 검사하는 날짜에 따라 상당한 차이가 있었다. 이것은 한번의 검사로 결과를 해석하는 기존의 연구 방법에 문제가 있다는 것을 제기하는 것이다.

6. 결과에 대한 논의

기존의 학습이론은 학습된 결과만을 가지고 논하는 것이 대부분이었다.

그러나 학습은 불연속적으로 이루어지는 것이 아니고 연속적으로 이루어지는 것이기 때문에 학습의 경향을 연구할 필요가 있다. 그러한 의미에서 본연구는 증력장을 학습하는 특성을 어느 정도 밝히지 않았는가 생각된다.

또한 단 1,2회의 검사 결과만을 가지고 분석하는 대부분의 연구 방법은 상당한 오차를 갖고 있음을 밝혔다. 대부분의 연구에서는 사전, 사후 검사만을 실시하는 것이 보통이다. 그러나 본 연구에서 나타난 바와 같이 검사결과는 시기에 따라 많은 편차가 있다. 그러므로 편차를 고려한 연구 결과의 분석 방법이 도입되어야 한다. 또, 편차를 줄이기 위해서는 검사 횟수를 늘리거나 두가지 이상의 검사 방법이 한번에 이루어지는 복합적인 검사 방법을 도입해야 한다. 그러나 본 연구과 같이 문항을 50일 동안 투여하는 것은 상당한 노력이 필요하다. 또한 응답자도 싫증을 느낀다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방법중의 하나로 면담법을 들 수 있겠다. 문항이나 사례, 실험을 동반하여 면담을 실시하는 방법을 찾으면 노력을 상당히 줄일 수 있겠다.

본 연구를 통해 학습지속효과가 인위적인 현상이 아니고 학습자의 일반적인 특성인 것으로 밝혀졌다. 그러므로 학습지도의 원리나 교육과정의 구성, 연구방법의 설정에서도 같은 맥락의 차원에서 연구되어야 한다.

현재 대부분의 교재 내용과 학교 수업에서는 수식을 통한 정량적 물리 교육이 주류를 이루고 있다. 그러나 본 연구에서는 정성적인 물리 개념이 수월하게

학습되는 것으로 나타났다. 그러므로 이러한 학습자의 특성을 고려해서 교재 편성과 학습 지도에 임해야 할 것으로 생각된다.

7. 연구 결과의 효과 및 활용 방안

본 연구는 학생들이 과학 개념을 이해하는 인지 과정을 어느 정도 알 수 있게 했다. 또한 연구 방법상의 어려움 때문에 시행되지 못한 것을 국내에서 실행했다는 것도 의미가 있다.

또한 학습지속효과에 관계되는 요인을 구체적으로 밝혀서, 다른 방법으로 연구되어온 과학 개념 학습모델과의 연계성을 찾을 수 있게한 것도 의미가 크다.

1) 본 연구에서 개발된 문제 은행이 후속 유사 연구에서도 사용될 수 있다.

2) 교육 내용의 선정과 시간적 배열의 기초 준거를 활용될 수 있다.

3) 시계열 분석법이 과학 교육에서 활용될 수 있다.

4) 개념의 형성에 관한 변화 과정을 상세히 파악할 수 있다.

5) 과학교육 연구방법을 선정할때 기준을 마련했다. 즉, 결과만을 분석하는 것은 상당한 오차를 갖고 있음을 밝혔다.

6) 문항 작성의 방향을 제시했다. 즉, 문항을 작성할때 학생들의 인지적 측면도 고려해야함을 증명했다.

참 고 문 헌

권재술(1985), 학습지속효과를 설명하기 위한 몇가지 모델, 물리교육(3).

Ammons, H. & Iron, A.L.(1954). A note on the Ballard reminiscence phenomenon. *Journal of Experimental Psychology*.48,184-186.

Anderson O.R.(1983). A neuromathematical model of human information processing and its application to science content acquisition. Paper presented at the 56th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, April.

Ballard, P.B.(1913). Obliviscence and reminiscence. *British Journal of Psychology: Monograph Supplement* 1.(No.2)

Bartlett, F.C.(1932). *Remembering: A study in Experimental and social Psychology*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Buxton, C.E.(1943). The status of research in reminiscence. *Psychological Bulletin*.40,313-340.

Cane, V.R., & Heim, A.W.(1950). The effect of repeated testing: III. Further experiments and general conclusion. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*.2,182-195.

Draper, N.R. and Smith, H.(1981). *Applied regression analysis*(2nd ed.). Jhon Wiley & Sons, Inc.

Ebbinghaus, H.(1964). *Memory*(1964). A contribution to experimental psychology. New York: Dover.

ABSTRACT

An Analysis of Patterns and Characteristics of Momentum Effect on Learning Science Concepts

Jae - Sool Kwon · Jun - Tae Kim
(Korea National University of Education)

This study tried to find out the effect to types of test items upon the momentum effect. The previous studies showed that the momentum effect is influenced by students' cognitive levels and the abstractness of test items. In this study focused on the types of test items. The test items are divided into 4 different types: quantitative and qualitative, verbal and image.

The result showed that qualitative items showed a longer momentum effect than quantitative ones. The image items and verbal items did not show significant difference in the duration of momentum effect. The interpretation of this would need a careful psychological analysis.

Anyhow, this result reconfirmed the existence of the momentum effect and showed that the study on the momentum effect could be a significant research paradigm.