韓國數學教育學會誌 시리즈 E <數學教育 論文集>
https://doi.org/10.7468/jksmee.2023.37.2.199
제 37집 제 2호, 2023. 6. 199-212

J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E:
Communications of Mathematical Education
Vol. 37, No. 2, Jun. 2023. 199-212

수학학습에서 구분-대조 가설에 의한 교차연습의 효과

류 지 민 (경북대학교 대학원, 학생)†
박 미 정 (경북대학교 대학원, 학생)

본 연구의 목적은 수학교과에서 학습하는 내용이 영역과 유형의 차이에 따라 구획연습과 교차연습의 성취도 차이가 나는지 알아보고 이 결과를 통해 수학학습에서의 교차연습의 효과가 '분산-연습 가설'에 의한 것인지 혹은 '구분-대조 가설'에 의한 것인지를 확인하는 것이다. 교차연습이 구획연습보다 효과적이라는 연구가 대부분이지만 그 원인에 대해서 선행 연구들은 일관된 결과를 보이고 있지 않다. 이에 본 연구에서는 D광역시 중학교 1학년 103명을 구획연습, 교차연습, 먼-구획연습, 먼-교차연습 집단으로 무작위 배치하여 4회에 걸쳐 학습활동을 하였고 일주일의 파지간격을 둔 후 최종검사를 실시하였다. 그 결과, 동일한 영역에서의 유사한 유형에서는 교차연습의 효과가 나타났고, 서로 다른 영역의 다른 유형에서는 교차연습의 효과가 나타나지 않았다. 또한, 이 결과를 통해 교차연습의 효과는 '분산-연습 가설'보다는 '구분-대조 가설'에 의한 것임을 확인할 수 있었다. 연구결과와 연구방법에 대한 논의를 통해 후속 연구가 필요한 연구문제를 제안하였다.

Ⅰ. 서론

교육현장에서 효과적인 학습전략을 적용하여 학습자들의 학습 성취를 높이는 것은 교육자들에게 가장 큰 관심사 중 하나다. 하지만, 국내에서는 학습진단과 지원 체계에는 관심을 갖지만, 구체적인 학습 전략에 대해서는 현장의 교사들에게만 일임하고 있는 것이 사실이다(교육부, 2022; 신하영, 박소영, 2023). 이에 수학을 가르치는 교사가 학생들을 지도함에 있어서 효과적인 학습전략에 대한 연구의 필요성은 절실하다.

Dunlosky 외(2013)는 가장 일반적이고 대표적인 학습전략 10가지를 제시하였고, 이 중 수학학습에서는 교차연습(interleaved practice)이 효과적인 전략으로 알려져 있다(Kang, 2016a; Rohrer, 2009; Rohrer & Taylor, 2007; Taylor & Rohrer, 2010). 교차연습은 구획연습(blocked practice)과 대응되는 학습전략이다. 구획연습은 A1A2A3B1B2B3C1C2C3…와 같이 동일한 유형의 문항을 구획지어 배열한 순서로 학습하는 반면, 교차연습은 A1B1C1A2B2C2A3B3C3…와 같이 상이한 유형의 문항을 서로 교차하여 연습하는 방법을 의미한다(Rohrer, 2009).

교차연습과 구획연습에서 어느 전략이 효과가 있는지는 조건에 따라 여러 연구에서 서로 상반되는 결과를 확인하였지만, 교차연습의 학습 효과가 구획연습보다 더 크다는 의견이 대부분이다(Brown et al, 2014; Carvalho & Goldstone, 2019; Kang, 2016a). 특히 교차연습은 구획연습과 비교하여 운동기술 습득, 범주(category) 학습, 수학 문제 해결에 유용하다(Kang, 2016b; Rohrer, 2012). 이 중 수학 문제 해결과 관련된 연구들은 표면적으로 유사해 보이는 서로 다른 종류(kind, type)의 문제에 대해 교차연습의 효과를 확인하였고(Le Blanc & Simon, 2008; Mayfield & Chase, 2002; Rohrer, 2012; Rohrer & Taylor, 2007; Taylor & Rohrer, 2010), 표면적으로 다

* 접수일(2023년 5월 9일), 심사(수정)일(2023년 6월 4일), 게재확정일(2023년 6월 26일)
* MSC2000분류 : 97D40
* 주제어 : 수학, 교차연습, 구획연습, 학습전략, 구분-대조 가설, 분산-연습 가설
† 교신저자 : ryujimin77@naver.com

르고 영역도 다른 종류에 대해서도 효과가 있음을 확인하였다(Rohrer et al., 2014). 이를 통해 교차연습은 단순히 문제의 다양한 유형을 구분하는 것을 향상시킬 뿐만 아니라 서로 혼돈을 가져올 수 있는 문제 유형과 그 전략 사이의 연관성을 강화시킴으로 해서 성공적인 문제해결을 이끈다고 보았다(Kang, 2016a). 또한 후속 연구로 최근 Rohrer 외(2020)는 중학교 수학학습에 적용하여 그 효과를 확인하였다. 이와는 반대로 구획연습은 연속되는 문제들이 동일한 전략을 필요로 하므로 주어진 전략을 반복적으로 실행하는 데에만 집중하면 되므로 문제 유형과 전략 간의 연관성을 강화하는데 효과적이지 않았다.

국외에서 교차연습의 연구가 활발한 것과는 대조적으로 국내에는 교차연습에 대한 연구가 희박하다. 린안도와 이희승(2020)은 대학생에게 구획연습과 교차연습 중 한 가지를 선택하게 한 후 그에 따라 12명 화가의 작품을 구분하게 한 결과, 구획연습을 선택한 학생들보다 교차연습을 선택한 학생들의 학습수행이 더 높았음을 확인하였다. 또한 수학학습에서의 국내 연구는 중학생을 대상으로 교차연습과 구획연습을 통한 학습에서 교차연습 방법이 구획연습 방법보다 더 효과가 있음을 확인하였고, 수학성취도수준에 따라 교차연습과 구획연습의 상호작용효과를 검증한 결과, '하' 수준에서만 교차연습이 구획연습 보다 유의미하게 높은 효과가 있음을 확인한 연구가 있다(류지민, 강이철, 2021).

교차연습에 대한 효과는 '구분-대조 가설(Discriminative-contrast hypothesis)'과 '분산-연습 가설(Distributed-practice hypothesis)'의 두 가지 가설로 그 이유를 설명할 수 있다. '구분-대조 가설'에 따르면 교차연습은 비슷한 영역(domain)의 다른 문제 유형(type)이 근접하여 제시되기 때문에 문제해결과정에서 유사점 또는 차이점을 발견할 가능성이 높아 최종검사에서 그 수행을 향상시킬 수 있다고 보았고 수학교육에서 특히 효과적이라는 연구들이 다수 있다(Foster et al., 2019; Rohrer et al., 2014; Rohrer & Taylor, 2007; Taylor & Rohrer, 2010; Wahlheim, Dunlosky, & Jacoby, 2011). 이 중 분산연습을 통제한 대표적인 연구로 Kang과 Pashler(2012)는 집단을 3개로 나누고, 세 명의 화가 그림 24점에 대해 구획연습(A집단)과 교차연습(B집단)을 한 집단, 서로 만화를 교차시켜 피험자들이 다른 화가의 그림을 직접 대조하는 능력을 제한한 집단(C집단)을 포함시켜 실험을 하였다. 그 결과 교차연습 집단이 다른 두 집단에 비해 동일한 화가의 새로운 그림을 식별하는 전이 검사에서 향상되었다. 이는 교차연습 집단이 다른 화가의 그림을 연속적으로 제시한 유일한 집단이므로 다른 화가의 스타일을 보다 쉽게 비교할 수 있고, 만화로 구획된 집단에서 간격이 통제되었기 때문에 '구분-대조 가설'을 지지한다.

또한, Rohrer(2012)는 분산연습(distributed practice)과 교차연습을 확실하게 구분하고 있다. 즉, 분산연습은 간격연습(spacing practice)라고도 하며, 분산연습이 단일 개념이나 유형에 대해 일정한 간격을 두고 학습하는 것으로, 간격 없이 집중적으로 학습(massed practice)하는 것과는 반대된다고 하였다. 이와 비교하여 교차연습은 단일 개념이나 유형이 아니라 다수의 다른 개념 또는 유형에 대한 학습에서 일어나며, 구획연습과 반대되는 방법으로 교차연습은 '구분-대조 가설' 때문임을 강조하고 있다.

하지만, Rohrer의 후속 연구에서는 교차연습이 표면적으로 비슷한 유형의 수학 문제뿐만 아니라 비슷하지 않은 유형에서도 효과가 있음을 검증하여 교차연습이 다른 유형의 인접한 제시에 의한 학습 효과보다는 단지 동일한 유형간 간격의 차이를 두었기 때문에 학습 효과가 나타난다는 '분산-연습 가설'을 지지하기도 하였다(Rohrer et al., 2014; Rohrer et al., 2015; Rohrer et al., 2020).

류지민과 강이철(2021)은 구획연습과 교차연습의 연구에서 '하' 수준의 학생들에서만 교차연습의 효과가 나타나는 이유를 '구분-대조 가설'에 의한 것으로 해석할 수 있음을 논의에서 제시하였다. 수학성취수준이 '중' 수준 이상인 학생들은 구획연습과 교차연습 중 어느 학습방법으로 수학학습을 하든 그 순서와는 상관없이 스스로 주어진 문항에 대해 자신이 알고 있는 수학개념과 유형을 파악하고 적절한 방법으로 문제를 해결할 수 있지만, '하' 수준 학생들은 그러한 능력이 부족하기 때문에 교차연습이 제공하는 이점을 활용할 수 있다고 보았다. 즉, '하' 수준 학생은 교차연습을 하면서 문항별 유사점과 차이점을 확인해야 하는 기회를 제공받았기 때문에 구획연

습보다 더 높은 성취를 달성할 수 있었을 것이라 보았다.

실제 학교 현장의 수학 수업에서는 개념과 관련 예제를 교사가 설명한 후 이어지는 동일한 유형의 문제를 학생들에게 해결하도록 하는 것이 대부분의 수업 방식이다. 이 때 수업 중 주어지는 문제는 완벽하게 해결하지만, 중간고사 혹은 기말고사인 총괄평가에서는 낮은 점수를 받는 학생들을 종종 보게 된다. 이러한 현상을 Rohrer(2012)는 유사한 유형 사이의 구분(discrimination)이 혼란스러워 나타나는 현상으로 보고 이러한 혼란을 구분 오류(discrimination error)라 하였으며, 이러한 구분을 만들기 위한 학습을 구분 학습(discrimination learning)이라고 하였다. 이와 유사하게 Carvalho와 Goldstone(2017)은 SAT(Sequential Attention Theory, 순서 집중이론)에서 교차연습에서는 차이점에, 구획연습에서는 유사점에 더 집중을 한다고 하였는데, 이 결과는 문제 유형 간 구분과 대조가 필요한 유형이 구획연습으로 학습이 이루어지면, 유사점에 더 집중을 할 수 있기 때문에 세션 점수는 더 높을 수 있는 반면, 교차연습이 이루어질 경우, 연습 과정 동안 그 차이점에 집중하여 세션 점수가 더 낮게 나왔다고 해석할 수 있다. 이는 인출연습과 같이 어렵게 공부한 내용이 더 큰 파지 효과를 보인다는 바람직한 어려움(desirable difficulty)과도 일치한다(Bjork & Bjork, 2020; Roediger & Karpicke, 2006).

Foster 외(2019)는 수학학습에서의 교차연습의 효과의 상반된 해석에 의문을 갖고 구획연습, 교차연습, 먼-구획연습(remote-blocked practice), 먼-교차연습(remote-interleaved practice) 집단으로 나누어 실험하였다. 이 때, 구획연습과 교차연습은 Rohrer와 Taylor(2007)의 실험 자료인 부피 계산의 동일한 영역의 문제들을 구획과 교차로 제시하였고, 먼-구획연습과 먼-교차연습은 부피, 경우의 수, 분수 나눗셈, 지수 계산의 다른 영역의 문제들을 구획과 교차로 제시하였다. 그 결과 먼-구획 집단에 비해 먼-교차 집단에 대한 수행이 더 높아 분산-연습 자체가 구분-대조의 공헌 없이도 교차 효과를 낼 수 있다고 하였고 이는 '분산-연습 가설'을 지지한다.

이에 반해 Carvalho와 Goldstone(2014a, 2014b, 2015a, 2015b)은 범주간 낮은 수준의 교체(25%)를 포함할 경우에는 구획연습을 수행하고, 범주 간 높은 수준의 교체(75%)를 포함할 경우에는 교차연습을 실행한다고 한 점을 볼 때 범주간 차이에 의한 문항별 검증 차이가 분명히 존재한다고 보았다. 이 결과는 '구분-대조 가설'과 '분산-연습 가설'에 있어서도 '분산-연습 가설'보다 '구분-대조 가설'을 설득력 있게 설명하고 있다(Carvalho & Goldstone, 2019; Foster et al., 2019). 즉, 유형간 유사점과 차이점이 달라서 나타난 결과일 수 있다.

하지만, 이 이유는 Foster 외(2019)의 연구에서 교차연습이 '구분-대조 가설'보다 '분산-연습 가설' 때문에 나타나는 효과라는 연구 결과와 다르며, Foster 외(2019)는 대학생을 대상으로 했으므로 이를 중학교 학생들에게 적용해 보고 검증해 볼 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 중학생을 대상으로 하여 수학학습에서 학습하는 내용이 영역(domain)과 유형(type)의 차이에 따라 구획연습과 교차연습의 성취도 차이가 나는지 알아보고 이 결과를 통해 수학학습에서의 교차연습의 효과가 '분산-연습 가설'에 의한 것인지 혹은 '구분-대조 가설'에 의한 것인지를 확인하여 추후 수학학습의 효과적인 방안에 대해 논의해 보고자 한다.

본 연구의 연구문제는 다음과 같다.

1. 수학학습에서 동일한 영역의 유사한 유형의 문제들을 학습할 때 구획연습과 교차연습의 학업성취도 차이가 있을까?

2. 수학학습에서 상이한 영역의 다른 유형의 문제들을 학습할 때 구획연습과 교차연습의 학업성취도 차이가 있을까?

3. 교차연습의 효과의 이유는 '분산-연습 가설'과 '구분-대조 가설' 중 무엇 때문일까?

Ⅱ. 연구의 배경

1. 연구의 대상

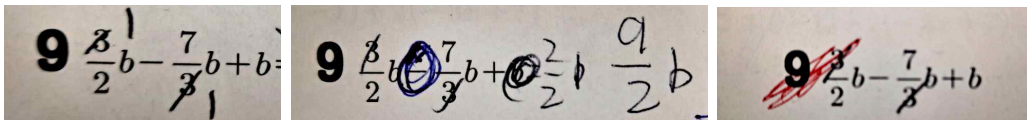
본 연구는 D광역시에 위치한 C중학교 1학년 4개 반 105명을 대상으로 하였고, 전체 피험자 중 문제를 전혀 풀지 않고 제출하여 모든 점수가 0점인 학생과 1회 이상 불참한 학생 각각 1명씩을 제외한 103명을 대상으로 하였다. 4개의 반에서 4개의 반을 무작위로 선정하여 반별로 4개의 집단에 각각 배정하였고, 구체적인 대상 설정은 <표 Ⅱ-1>과 같다. 집단1과 집단2, 집단3과 집단4, 각각의 동질성 검증을 위해 3월 첫째 주에 초등학교 6학년 수학 교육과정 전체를 출제 범위로 하여 D광역시 전체 학생을 대상으로 시행된 진단 검사 결과를 통해 유의미한 차이가 없음(집단1 & 집단2 : t=0.74, p=.47, 집단3 & 집단4 : t=0.91, p=.37)을 확인하였다.

<표 Ⅱ-1> 실험 대상

집단		N
집단1	구획연습(Blocked practice)	27
집단2	교차연습(Interleaved practice)	25
집단3	먼-구획연습(Remote-blocked practice)	25
집단4	먼-교차연습(Remote-interleaved practice)	26

2. 연구의 자료

실험 자료는 천재교육 초등학교 5~6학년 수학교과서(교육부, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d)와 수학익힘책(교육부, 2019e, 2019f, 2019g, 2019h)의 해당 단원에서 각 영역별 8문제를 추출하여 각 영역별 1~4번 문항은 퀴즈(실험처치), 5~8번 문항은 최종 검사에 사용하였다. 중학교 1학년인 학생들에게 초등학교 5~6학년의 내용을 선정한 이유는 첫째, 현장에서 수학수업을 할 때, 2단원인 '수와 연산' 단원에서 형성평가를 실시한 결과 <그림 Ⅱ-1>과 같이 분수의 덧셈과 곱셈에 대한 오개념이 있는 학생들이 20% 정도 있었으며, 둘째, 현 시점의 교육과정 내용을 적용할 경우 수학이라는 주요 교과에서 나타날 수 있는 사교육에 의한 학습효과가 포함될 수 있으므로 이를 최대한 배제하기 위함이며 셋째, 중학교에서 많이 사용되는 초등학교 수학 내용을 포함하기 위함이었다. 추출한 문제들은 5년 이상의 경력의 중학교 수학교사 5명에게 문항 상호간 혼돈성에 대해 5점 리커르트 척도를 이용한 설문을 통해 문항을 구분하였다. 이는 유형간 배치를 위해 학생들이 유사점과 차이점을 구분하여 학습할 필요가 있는 문항과 그렇지 않은 문항을 선정하기 위함이었다. 그 결과 문제 영역과 내용은 <표 Ⅱ-2>와 같고, 문제 유형별 예시는 <표 Ⅱ-3>, D유형의 예시는 <표 Ⅱ-4>와 같다. 이 중 D유형을 주요문제(critical problem)으로 선정하여 4개의 집단에 모두 배정하였다. 채점은 10년 이상 경력의 중학교 수학교사 3명이 채점기준표에 따라 수행하였으며 각 문항당 배점은 연산과정과 답이 모두 맞는 경우 1점, 식과 연산과정은 맞지만 기약분수가 아니거나 답이 틀린 경우 0.5점, 식과 연산과정이나 답이 틀린 경우 0점을 부여하였고 채점자간 신뢰도는 .99였다.



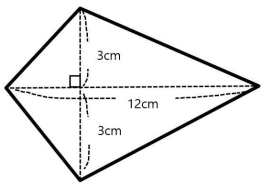
<그림 Ⅱ-1> 분수 사칙연산에 대한 형성평가의 오개념 예시

<표 II-2> 자료의 유형별 내용

유형	영역	내용
A유형(A1~A8)	수와 연산	분수의 덧셈
B유형(B1~B8)		분수의 뺄셈
C유형(C1~C8)		분수의 곱셈
D유형(D1~D8)		분수의 나눗셈
X유형(X1~X8)	규칙성	비례식
Y유형(Y1~Y8)	측정	도형의 넓이
Z유형(Z1~Z8)	자료와 가능성	평균

<표 II-3> 문제 유형별 예시

A_1	B_1	C_1	D_1
다음을 계산하시오. $\frac{1}{6}+\frac{3}{4}=$	다음을 계산하시오. $\frac{3}{4}-\frac{1}{3}=$	다음을 계산하시오. $3\frac{1}{10}\times 5=$	다음을 계산하시오. $\frac{3}{4}\div\frac{2}{5}=$

X_1	Y_1	Z_1
비례식의 □를 구하시오. $8:5=\square:35$	도형의 넓이를 구하시오. 	평균을 구하시오. 13,15,12,16

<표 II-4> D유형의 예시

D_1	D_2	D_3	D_4
다음을 계산하시오. $\frac{3}{4}\div\frac{2}{5}=$	다음을 계산하시오. $\frac{4}{5}\div\frac{6}{7}=$	다음을 계산하시오. $2\frac{4}{5}\div\frac{2}{9}=$	다음을 계산하시오. $6\frac{3}{4}\div\frac{3}{8}=$
D_5	D_6	D_7	D_8
다음을 계산하시오. $\frac{6}{7}\div\frac{3}{5}=$	다음을 계산하시오. $\frac{7}{18}\div\frac{2}{9}=$	다음을 계산하시오. $1\frac{2}{5}\div\frac{4}{7}=$	다음을 계산하시오. $7\frac{1}{7}\div\frac{5}{8}=$

3. 연구의 절차

집단1은 동일한 영역의 혼돈하기 쉬운 유형인 분수의 사칙연산을 구획연습을 하여 학습하였고, 집단2는 분수의 사칙연산을 교차연습을 하여 학습하였다. 집단3은 서로 다른 영역인 평면도형의 비례식(X), 넓이(Y), 평균(Z), 분수의 나눗셈(D) 문제 유형을 구획연습을 하여 학습하였고, 집단4는 이를 교차연습으로 학습하였으며, 그 순서

는 <표 Ⅱ-5>와 같다. 최종검사을 구획연습으로 제시한 이유는 교차연습 관련 연구인 Rohrer, Dedrick, Hartwig와 Cheung(2020)에서 이전 연구에서 지적된 것처럼 일반적인 최종검사 형식이 교차연습과 동일한 형식인 경우 전이적합형처리(transfer appropriate processing)나 약호화특수성원리(encoding specificity principle) 때문에 교차연습에 효과가 있을 것이라는 가정도 가능하므로 최종검사를 구획화하여 제시하였다(Roediger & Karpicke, 2006)

<표 Ⅱ-5> 연구 설계 방법

	퀴즈1	퀴즈2	퀴즈3	퀴즈4	최종검사
집단1	$A_1A_2A_3A_4$	$B_1B_2B_3B_4$	$C_1C_2C_3C_4$	$D_1D_2D_3D_4$	$A_5A_6A_7A_8B_5B_6B_7B_8C_5C_6C_7C_8D_5D_6D_7D_8$
집단2	$A_1B_1C_1D_1$	$B_2C_2D_2A_2$	$C_3D_3A_3B_3$	$D_4A_4B_4C_4$	
집단3	$X_1X_2X_3X_4$	$Y_1Y_2Y_3Y_4$	$Z_1Z_2Z_3Z_4$	$D_1D_2D_3D_4$	$X_5X_6X_7X_8Y_5Y_6Y_7Y_8Z_5Z_6Z_7Z_8D_5D_6D_7D_8$
집단4	$X_1Y_1Z_1D_1$	$Y_2Z_2D_2X_2$	$Z_3D_3X_3Y_3$	$D_4X_4Y_4Z_4$	

3월 둘째 주에 4회에 걸쳐 학습이 이루어진 각각의 퀴즈는 매 수업 시작한 후 도입 단계에서 4개의 문제를 약 5분 동안 문제를 풀어 학습이 이루어지도록 하였고, 슬라이드쇼를 이용해 1문제씩 학생들에게 제시되었으며 학생들은 A5 크기의 용지에 그 풀이와 답을 적도록 하였다. 집단2와 집단4는 4개의 유형 문제를 무작위로 제시하였다. 각 퀴즈 사이의 간격인 간격 갭(spacing gap)은 1~2일이었고, 마지막 퀴즈인 퀴즈4와 최종검사 사이의 간격인 파지간격(retention interval, test delay)은 기존 연구들에서 주로 사용했던 일주일이다. 각 퀴즈 후에는 연습에 대한 순수한 효과를 확인하기 위해 피드백이나 보정학습이 이루어지진 않았다. 결과 분석은 SPSS 26.0을 활용하여 집단1과 집단2, 집단3과 집단4를 각각 독립표본 t-검정을 실시하였고, 집단1,2와 집단3,4의 공통적인 주요문항(D유형)에 대해 이원분산분석을 실시하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 연구 결과

가. 구획연습(집단1)과 교차연습(집단2)의 성취도차이

동일한 영역의 혼돈할 수 있는 유사한 유형 간의 학습은 <표 Ⅲ-1>과 같이 구획연습 집단과 교차연습 집단에서 유의미한 차이(t=2.096, p<.05)를 보였다.

<표 Ⅲ-1> 구획연습(집단1)과 교차연습(집단2)의 성취도 차이 t-검정

구분		최종검사			t(p)
		N	M	SD	
학습유형	구획연습(집단1)	27	12.48	4.13	2.096(.042)*
	교차연습(집단2)	25	14.42	2.35	

n=52, *p<.05 **p<.01 ***p<.001

나. 먼-구획연습(집단3)과 먼-교차연습(집단4)의 성취도차이

서로 다른 영역의 유형 간의 학습은 <표 Ⅲ-2>와 같이 먼-구획연습 집단과 먼-교차연습 집단에서 유의미한 차이(t=1.145, p=.258)를 보이지 않았다.

<표 Ⅲ-2> 먼-구획연습(집단3)과 먼-교차연습(집단4)의 성취도차이 t-검정

구분		최종검사			t(p)
		N	M	SD	
학습유형	먼-구획연습(집단3)	25	11.48	3.34	1.145(.258)
	먼-교차연습(집단4)	26	12.61	3.72	

n=51, *p<.05 **p<.01 ***p<.001

다. 주요문항(Critical problems, D유형)에 대한 이원분산분석

교차연습의 효과가 '구분-대조 가설'과 '분산-연습 가설' 중 어느 가설에 의한 것인지를 확인하기 위해 주요문항, 즉 D유형의 점수만 추출하여 이원분산분석(two-way ANOVA)을 실시한 결과 두 요인에 대해 <표 Ⅲ-4>와 같이 주효과 뿐만 아니라 상호작용효과도 나타나지 않았다. 기술통계와 그에 대한 비교 도표는 각각 <표 Ⅲ-3>, <그림 Ⅲ-1>과 같다.

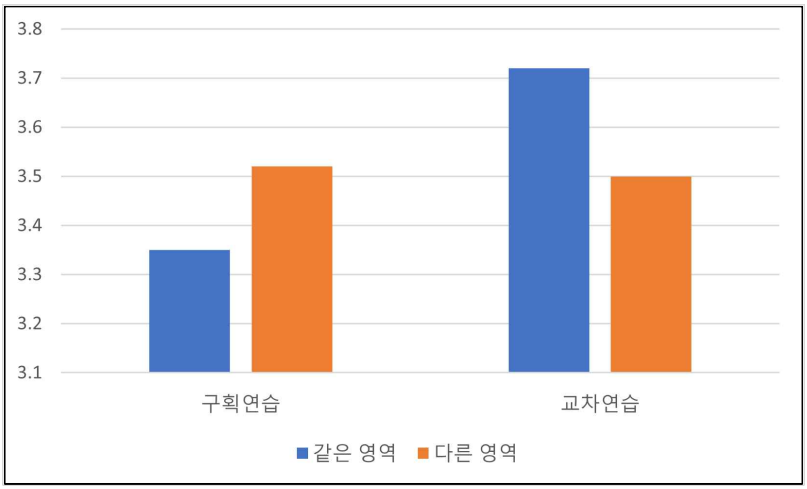
<표 Ⅲ-3> 주요문항(D유형)에 대한 기술통계

학습유형 / 영역유형	구획연습		교차연습		전체	
	N	M(SD)	N	M(SD)	N	M(SD)
같은 영역	27	3.35(1.30)	25	3.72(0.78)	52	3.53(1.09)
다른 영역	25	3.52(1.00)	26	3.50(1.07)	51	3.51(1.03)
전체	52	3.43(1.16)	51	3.61(0.93)	103	3.51(1.05)

<표 Ⅲ-4> 학습유형(구획연습&교차연습)과 영역유형(같은&다른)에 대한 상호작용 효과

종속변인	독립변인	제곱합	자유도	평균제곱	F(p)	부분에타 제곱
주요문항 (D문항) 점수	수정된 모형	1.774	3	.591	.526(.665)	.016
	절편	1277.055	1	1277.055	1137.076(.000)	.920
	학습유형	.779	1	.779	.694(.407)	.007
	영역유형	.017	1	.017	.015(.902)	.000
	학습&영역	.969	1	.969	.863(.355)	.009
	오차	111.187	99	1.123		
	전체	1388.750	103			
	수정된 합계	112.961	102			

*p<.05 **p<.01 ***p<.001



<그림 III-1> 주요문항(D유형)에 대한 영역별 유형간 비교

2. 논의

본 연구는 구획연습과 교차연습의 효과가 동일한 영역의 유사한 유형의 문제(집단1과 집단2), 서로 다른 영역의 다른 유형의 문제(집단3과 집단4)에서 각각 차이가 나는지 확인하고, 주요문항(D유형)에 대한 네 집단의 차이를 확인하여 교차연습의 효과가 '구분-대조 가설'과 '분산-연습 가설' 중 무엇에 더 영향을 받는지를 확인해 보고자 하였다.

연구문제 1은 실험결과 동일한 영역의 서로 유사한 유형들에 대해 구획연습과 교차연습을 통한 수학학습에서 교차연습에 의한 학습이 구획연습을 통한 학습보다 더 효과가 있음을 확인하였다. 이는 수학 관련 학습의 기존 연구들의 결과와 일치한다(Carvolho, & Goldstone, 2014b; Kang, & Pashler, 2012; Rohrer, & Taylor, 2007; Rohrer, 2012).

연구문제 2는 실험결과 서로 다른 영역의 다른 유형의 문제들에 대해 구획연습과 교차연습을 통한 수학학습에서 구획연습과 교차연습에서 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이 결과는 Rohrer 외(2014, 2015) 연구와 상반되지만, 파지간격이 1일, 2주, 30일에 걸친 교차연습 관련 연구와 다르게 본 연구에서는 인출과 관련된 일반적인 연구에서 볼 수 있는 1주의 파지간격의 차이에 의해 다른 결과가 나타날 수 있다. 이러한 논의는 즉각적인 테스트와 서로 다른 간격(spacing gap)일 때 기억과 분류 학습에서 구획연습의 효과가 크다고 하는 연구결과(Carvalho & Goldstone, 2014a, 2017)도 고려하여 추후 연구할 필요가 있다.

연구문제 3은 주요문항(D유형)에 대해 학습유형(집단1&집단3 : 집단2&집단4)과 영역유형(집단1&2 : 집단3&4)의 이원분산분석을 실시한 결과 주효과도 상호작용효과도 나타나지 않았다. 그 이유는 단서-과부하의 원리(principle of cue overload)에서 찾을 수 있다(Watkins & Watkins, 1975). 즉, 먼-구획(집단3)과 먼-교차(집단4) 집단의 피험자들은 한 가지 유형의 분수 연산, 즉 분수 나눗셈을 해결하는 방법만 학습하면 되지만, 구획(집단1)과 교차(집단2) 집단의 피험자들은 4가지 분수 연산을 모두 학습해야 하기 때문에 더 많은 대상이 해당 단서와 연관될수록 인출 단서의 효율성이 감소하는 단서-과부하의 원리에 의해 차이가 상쇄되었을 가능성이 크다. 따라서, 연구문제3의 결과는 연구문제1과 연구문제2의 결과를 이용해 그 이유를 찾아볼 수 있다. 교차연습의 효과가 '분산-연습 가설'에 의한 것이라면 연구문제1과 연구문제2의 차이 유무에 대한 결과가 같아야 한다. 하지만, 연

구문제1에서는 구획연습과 교차연습이 유의미한 차이가 났고, 연구문제2에서는 구획연습과 교차연습이 유의미한 차이가 나지 않은 결과를 볼 때, 연구문제3에서 교차연습이 효과적인 이유가 '분산-연습 가설'에 의한 효과라고 볼 수 없고 '구분-대조 가설'에 의한 효과라고 볼 수 있다. 이는 학습자들이 스스로 학습전략을 선택할 때 비슷한 범주의 내용을 교차연습 전략을 선택하는 경향이 있다는 최근 연구에서도 예측가능한 결과이다(Lu et al., 2021). 또한 <표 Ⅲ-3>과 <그림 Ⅲ-1>에서도 다른 영역에서는 구획연습의 평균이 0.02 높았지만, 같은 영역에서는 교차연습의 평균이 0.37 높은 것도 확인할 수 있었다. 하지만, 이는 Foster 외(2019)의 연구 결과와 부분적으로 상반되는 결과이다.

그 이유는 3가지로 생각해 볼 수 있다. 첫째, Foster 외(2019)는 주요문항을 제외하였을 때, 집단3과 집단4에서 사용된 학습자료(경우의 수, 분수 나눗셈, 지수계산)들이 집단1과 집단2의 문제들(3가지 유형의 부피)보다 상대적으로 쉬운 문제들을 다루었고, 본 연구에서는 집단 3과 집단4에서 사용된 학습자료가 분수의 사칙연산에 비해 더 어려운 문제들을 다루었기 때문일 수 있다. 이는 난이도에 의한 배치순서에 의해서도 결과가 다르게 나타날 수 있다. 즉, 퀴즈에서 쉬운 문제에서 어려운 문제, 무작위 등의 배치순서와 최종검사에서의 난이도에 대한 배치순서에 따라서도 다른 결과가 나타날 수 있다(류지민, 강이철, 2021; Carvalho & Goldstone, 2019).

둘째, 중학생과 대학생의 차이에 의해서도 상반된 결과가 나타날 수 있다. 수학학습에 있어서 전문가, 성인, 작업기억 용량이 높은 사람은 동일하거나 교차연습의 효과가 큰 반면, 초보자, 어린이, 작업기억 용량이 낮은 사람은 구획연습의 효과가 크다는 이전 연구에 의해서도 그 차이의 가능성을 고려해볼 수 있다(Carvalho & Goldstone, 2019; Sana et al., 2017; Rau et al., 2013).

셋째, 사전테스트(pretest)와 풀이 방법(tutorial) 제시 유무에 의해 차이가 생겼을 수 있다. 본 연구에서는 Foster 외(2019)의 사전테스트(pretest)와 풀이방법(tutorial) 제시를 생략하였다. 사전테스트는 동질성 검증을 위해 사용하였는데 이 실험에서는 수학진단검사를 통해 동질성 검증이 가능하였고, 오히려 사전테스트를 통한 초두 효과(primacy effect)에 의한 변인이 추가될 수 있으므로 생략하였다(Digirolamo & Hintzman, 1997). 풀이방법 제시 또한 이 실험에서는 학생들이 6학년 때 배운 내용이며, 풀이방법의 제시에 의한 효과 변인을 차단하여 순수한 교차연습의 효과를 확인하기 위해 생략하였기 때문에 나타난 결과라고 볼 수 있다(Weltman et al., 2019).

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구는 수학교과에서 학습하는 내용이 영역과 유형의 차이에 따라 구획연습과 교차연습의 성취도 차이가 나는지 알아보고 이 결과를 통해 수학학습에서의 교차연습의 효과가 '분산-연습 가설'에 의한 것인지 혹은 '구분-대조 가설'에 의한 것인지를 확인하고자 하였다. 그 결과, 동일한 영역에서의 유사한 유형에서는 교차연습의 효과가 나타났고, 서로 다른 영역의 다른 유형에서는 교차연습의 효과가 나타나지 않았다. 또한, 이 결과를 통해 교차연습의 효과는 '분산-연습 가설'보다는 '구분-대조 가설'에 의한 것임을 확인하였다.

Carvalho와 Goldstone(2019)은 교차연습과 구획연습의 학습 강화에 대한 여러 연구들을 언급하면서 다양한 유형의 개념(concepts), 학습활동(study activities), 평가 활동(testing activities), 학습자 특성에 따라 교차연습과 구획연습을 결정해야 하고, 추후 다차원적인 측면에서의 효과적인 학습방법을 제시하는 연구에 대한 필요성을 제안하고 있다. 이를 바탕으로 국내에서 교차연습과 구획연습의 다차원적 측면의 효과적인 학습방법을 연구하기 위해 류지민과 강이철(2021) 연구에서는 학습자 특성에 대해 실험을 통해 확인하였고, 본 연구에서는 다양한 유형의 개념에 대해서 실험을 통해 확인하였다. 추후 학습활동과 평가활동에 대한 보다 효과적인 학습전략을 연구해볼 수 있을 것이다. 관련 연구로 평가 활동에서 '추측해 보라'고 하는 적극적인 요청이 있었을 때에는 구획연

습이, 그렇지 않을 경우에는 교차연습이 더 효과가 있었다는 연구(Kost et al, 2015)도 있으며 교차되는 문제의 수에 따라 그 효과가 달라질 수도 있고, 교차되는 문제간 난이도 차이에 따라서도 교차연습의 효과가 달라질 수도 있으므로 향후 연구해볼 필요성이 있다.

또한, 기존 메타인지착각과 관련된 여러 연구와는 달리 학생들은 학습전략 선택시 메타인지를 활용해 스스로 자기조절학습을 할 수 있음을 나타내는 연구(Cervin-Ellqvist et al., 2021)와 관련하여 범주(category)의 유사성이 학생들의 자기조절학습에 영향을 미치는 연구도 있다. 즉, 범주의 유사성이 높을수록 학생들은 교차연습을 선택했고, 유사성이 낮을수록 구획연습을 선택한 경향이 있었으므로 국내에서도 이를 확인해 보고 교수에 접목해 볼 필요가 있다(Lu et al., 2021).

Warshauer(2015)는 교사가 생산적인 고민의 과정을 통해 학생들을 지원하도록 하기 위해 다음과 같은 방법을 제시한다. 첫째, 해결책을 제시하지 않고 학생들이 스스로 생각하도록 안내하는 목적 있는 질문을 해야 한다. 둘째, 학생들의 비판적 사고와 창의적 문제 해결을 장려하여 해결책이나 최종 결과를 찾는 것보다 인지 과정에 집중할 수 있도록 해야 한다. 셋째, 학생들이 생각을 정리할 수 있도록 충분한 시간을 줘야 한다. 넷째, 학습 경험을 향상시키기 때문에 실수를 허용하고 권장하는 고민을 가치 있게 여기는 교실 문화를 만들어야 한다.

교차연습은 이를 위한 최적의 전략이지만 교육 현장에 적용하기에는 잠재적인 장벽(potential barriers)이 존재하는 것 또한 사실이다. 이를 위해 교사는 학생이 경험하고 있는 수학학습에 대한 어려움의 종류를 신속하게 파악하고 적절하게 대응하여 개념을 정확히 이해할 수 있도록 하는 것이 중요하다(방정숙 외, 2022; Gleddie, 2021; Rohrer & Hartwig 2020). 본 연구는 교사가 학생들이 혼돈할 수 있는 동일 영역의 다른 유형의 문제들을 다루는 수학 수업을 설계시, 유사점과 차이점을 찾아 서로 비교하여 판단하면서 올바른 풀이 전략을 찾을 수 있는 교차연습 방법을 사용하면 보다 효과적인 학습이 이루어질 수 있다는 교육적 의의를 가진다.

참 고 문 헌

교육부 (2019a). 수학 5-1. 천재교육.
Ministry of Education (2019a). *Mathematics 5-1*. Chunjae Education.
교육부 (2019b). 수학 5-2. 천재교육.
Ministry of Education (2019b). *Mathematics 5-2*. Chunjae Education.
교육부 (2019c). 수학 6-1. 천재교육.
Ministry of Education (2019c). *Mathematics 6-1*. Chunjae Education.
교육부 (2019d). 수학 6-2. 천재교육.
Ministry of Education (2019d). *Mathematics 6-2*. Chunjae Education.
교육부 (2019e). 수학익힘책 5-1. 천재교육.
Ministry of Education (2019e). *Mathematics workbook 5-1*. Chunjae Education.
교육부 (2019f). 수학익힘책 5-2. 천재교육.
Ministry of Education (2019f). *Mathematics workbook 5-2*. Chunjae Education.
교육부 (2019g). 수학익힘책 6-1. 천재교육.
Ministry of Education (2019g). *Mathematics workbook 6-1*. Chunjae Education.
교육부 (2019h). 수학익힘책 6-2. 천재교육.
Ministry of Education (2019h). *Mathematics workbook 6-2*. Chunjae Education.
교육부 (2022.10.11.). 제1차 기초학력 보장 종합계획. 교육부 교육기회보장과.

Ministry of Education (2022.10.11.). *The 1st comprehensive plan for basic academic skills guarantee*. Ministry of Education.

란안도・이희승 (2020). Why they chose What they chose: Exploring effects of test performance and metacognitive judgments on learners' selection of interleaving schedule. 한국심리학회지: 인지 및 생물, **32(2)**, 169-188.

Lan, A. D, & Lee. H. S. (2020). Why they chose What they chose: Exploring effects of test performance and metacognitive judgments on learners' selection of interleaving schedule. *Korean Journal of Cognitive and Biological Psychology, **32**(2)*, 169-188.

류지민・강이철 (2021). 수학학습에서 인출연습방법과 수학성취도수준의 상호작용 효과. 사고개발, **17(2)**, 23-42.

Ryu, J. M., & Kang, E. C. (2021). Interaction effect of retrieval practice methods and math achievement levels in math learning. *The Journal of Thinking Development*, **17(2)**, 23-42.

방정숙・김리나・김소현 (2022). 한국, 싱가포르, 미국, 일본의 초등학교 교과서에 제시된 덧셈과 뺄셈 도입에 대한 비교분석. 수학교육논문집, **36(2)**, 229-252.

Pang, J. S., Kim, L. N., & Kim, S. H. (2022). A comparative analysis of introducing addition and subtraction in the Korean, Singaporean, American, and Japanese elementary textbooks. *Communication of Mathematics Education, **36**(2)*, 229-252.

신하영・박소영 (2023). 기초학력 향상 지원 정책의 가능성과 한계: 제 1 차 기초학력보장 종합계획을 중심으로. 교육정치학연구, **30(1)**, 1-30.

Shin, H. Y., & Park, S. Y. (2023). Possibilities and limitations of basic academic skills support policy : Focusing on the 1st comprehensive plan for basic academic skills guarantee. *The Journal of Politics of Education*, **30(1)**, 1-30.

Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (2020). Desirable difficulties in theory and practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition, **9**(4)*, 475-479.

Brown, P. C., Roediger, H. L. III, & McDaniel, M. A. (2014). *Make it stick: The science of successful learning*. Belknap Press of Harvard University Press.

Carvalho, P. F., & Goldstone, R. L. (2014a). Effects of interleaved and blocked study on delayed test of category learning generalization. *Frontiers in Psychology, **5**, Article 936*.

Carvalho, P. F., & Goldstone, R. L. (2014b). Putting category learning in order: Category structure and temporal arrangement affect the benefit of interleaved over blocked study. *Memory & cognition, **42***, 481-495.

Carvalho, P. F., & Goldstone, R. L. (2015a). The benefits of interleaved and blocked study: Different tasks benefit from different schedules of study. *Psychonomic Bulletin and Review, **22**(1)*, 281 - 288.

Carvalho, P. F., & Goldstone, R. L. (2015b). What you learn is more than what you see: What can sequencing effects tell us about inductive category learning?. *Frontiers in Psychology, **6**(505)*, 1-12.

Carvalho, P. F., & Goldstone, R. L. (2017). The sequence of study changes what information is attended to, encoded, and remembered during category learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, **43**(11)*, 1699-1719.

Carvalho, P. F., & Goldstone, R. L. (2019). When does interleaving practice improve learning? In J. Dunlosky & K. A. Rawson (Eds.), *Cambridge handbook of cognition and education* (pp. 411 - 436). Cambridge University Press.

Cervin-Ellqvist, M., Larsson, D., Adawi, T., Stöhr, C., & Negretti, R. (2021). Metacognitive illusion or self-regulated learning? Assessing engineering students' learning strategies against the backdrop of

recent advances in cognitive science. *Higher Education*, **82(3)**, 477-498.

Digirolamo, G. J., & Hintzman, D. L. (1997). First impressions are lasting impressions: A primacy effect in memory for repetitions. *Psychonomic Bulletin & Review, **4(1)***, 121-124.

Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, **14(1)**, 4-58.

Foster, N. L., Mueller, M. L., Was, C., Rawson, K. A., & Dunlosky, J. (2019). Why does interleaving improve math learning? : The contributions of discriminative contrast and distributed practice. *Memory and Cognition*, **47(6)**, 1088-1101.

Gleddie, A. (2021). *The effects of iInterleaving on mathematical understanding*. University of Alberta Libraries. https://doi.org/10.7939/r3-0amm-7287

Kang, S. H. (2016a). Spaced repetition promotes efficient and effective learning: Policy implications for instruction. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, **3(1)**, 12-19.

Kang, S. H. (2016b). The benefits of interleaved practice for learning. In J. C. Horvath, J. Lodge, & J. A. C. Hattie (Eds.), *From the laboratory to the classroom* (pp. 79-90). Routledge.

Kang, S. H., & Pashler, H. (2012). Learning painting styles: Spacing is advantageous when it promotes discriminative contrast. *Applied Cognitive Psychology*, **26(1)**, 97-103.

Kost, A. S., Carvalho, P. F., & Goldstone, R. L. (2015). Can you repeat that? The effect of item repetition on interleaved and blocked study. In D. C. Noelle, R. Dale, A. S. Warlaumont, J. Yoshimi, T. Matlock, C. D. Jennings, & P. P. Maglio (eds.), *Proceedings of the 37th annual meeting of the Cognitive Science Society* (pp. 1189 - 1194). Cognitive Science Society.

Le Blanc, K., & Simon, D. (2008). *Mixed practice enhances retention and JOL accuracy for mathematical skills*. Paper presented at the 49th Annual Meeting of the Psychonomic Society, Chicago, IL. November, 2008.

Lu, X., Penney, T. B., & Kang, S. H. (2021). Category similarity affects study choices in self-regulated learning. *Memory & Cognition, **49***, 67-82.

Mayfield, K. H., & Chase, P. N. (2002). The effects of cumulative practice on mathematics problem solving. *Journal of Applied Behavior Analysis, **35(2)***, 105-123.

Rau, M. A., Aleven, V., & Rummel, N. (2013). Interleaved practice in multi-dimensional learning tasks: Which dimension should we interleave? *Learning and Instruction, **23***, 98 - 114.

Roediger III, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). The power of testing memory: Basic research and implications for educational practice. *Perspectives on Psychological Science*, **1(3)**, 181-210.

Rohrer, D. (2009). Research commentary: The effects of spacing and mixing practice problems. *Journal for Research in Mathematics Education, **40(1)***, 4-17.

Rohrer, D. (2012). Interleaving helps students distinguish among similar concepts. *Educational Psychology Review, **24(3)***, 355-367.

Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Burgess, K. (2014). The benefit of interleaved mathematics practice is not limited to superficially similar kinds of problems. *Psychonomic Bulletin & Review, **21(5)***, 1323-1330.

Rohrer, D., Dedrick, R. F., Hartwig, M. K., & Cheung, C. N. (2020). A randomized controlled trial of

interleaved mathematics practice. *Journal of Educational Psychology*, ***112***(1), 40-52.

Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Stershic, S. (2015). Interleaved practice improves mathematics learning. *Journal of Educational Psychology*, ***107***(3), 900-908.

Rohrer, D., & Hartwig, M. K. (2020). Unanswered questions about spaced and interleaved mathematics practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, ***9***, 433-438.

Rohrer, D., & Taylor, K. (2007). The shuffling of mathematics problems improves learning. *Instructional Science*, ***35***(6), 481-498.

Sana, F., Yan, V. X., & Kim, J. A. (2017). Study sequence matters for the inductive learning of cognitive concepts. *Journal of Educational Psychology,* ***109(1)***, 84-98.

Taylor, K., & Rohrer, D. (2010). The effects of interleaved practice. *Applied Cognitive Psychology*, ***24***(6), 837-848.

Wahlheim, C. N., Dunlosky, J., & Jacoby, L. L. (2011). Spacing enhances the learning of natural concepts: An investigation of mechanisms, metacognition, and aging. *Memory and Cognition,* ***39***(5), 750 - 763.

Warshauer, H. K. (2015). Strategies to support productive struggle. *Mathematics Teaching in the Middle School,* ***20(7)***, pp. 390-393.

Watkins, O. C., & Watkins, M. J. (1975). Buildup of proactive inhibition as a cue-overload effect. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory,* ***104***, 442 - 452.

Weltman, H. R., Timchenko, V., Sofios, H. E., Ayres, P., & Marcus, N. (2019). Evaluation of an adaptive tutorial supporting the teaching of mathematics. *European Journal of Engineering Education,* ***44***(5), 787-804.

The Effect of Interleaved-practice by the Discriminative-contrast hypothesis in Mathematics

Ryu, Jimin†
Kyungpook National University
E-mail : ryujimin77@naver.com

Park, Mijeong
Kyungpook National University
E-mail : denmaak@naver.com

The purpose of this study is to find out whether there is a difference in achievement between blocked practice and interleaved practice according to the difference in domain and type of learning content in mathematics subject, and through this result, it is to confirm whether the effect of interleaved practice in mathematics learning is due to the 'Discriminative-contrast Hypothesis' or the 'Distributed-practice Hypothesis'. Although interleaved practice is more effective than blocked practice, previous studies have not shown consistent results regarding the cause. Therefore, in this study, 103 first-year middle school students were randomly assigned to blocked practice, interleaved practice, remote blocked practice, and remote interleaved practice groups had learning activities over 4 times. The results reveals that the effect of interleaved practice appeared in similar types in the same domain, but the effect of interleaved practice did not appear in different types in different domain. In addition, through this result, it was confirmed that the effect of interleaved practice was due to the 'Discriminative-contrast hypothesis' rather than the 'Distributed-practice hypothesis'. Further research topics were suggested after the issues on the research method and the findings were discussed.

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97D40
* Key words : mathematics, interleaved practice, blocked practice, learning strategies, discriminative-contrast hypothesis, distributed-practice hypothesis
† corresponding author