大韓數學教育學會 論文集 第 8 卷 第 1 號
Journal of the Korea Society of Educational Studies in Mathematics
Vol. Ⅷ, No.1, 73-87. July 1998

수학 실험실 수업 모형의 개발 연구

임 지 연* · 이 영 하**

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

우리의 학생들은 주입식 교육을 받음으로 인해 학교 교육에 대한 관심과 흥미를 점점 잃어가고 있는 것 같다. 이 중에서도 수학은 대부분의 학생들이 어렵고 힘들다고 생각하는 과목이다(후지무라와 다무라, 1992 : 이진향, 1995). 전혜영(1996)이 연구한 한 여중 1학년들은 10개 교과 중 수학을 가장 싫어하였으며, 수학을 흥미 있는 과목으로 인식하는 학생은 4%에 불과하였다. 수학의 내용 면에서는 지나치게 엄밀하고 논리적인 것만을 중시하고, 방법 면에서도 지필 수업에만 치우쳐서 학습 의욕이나 동기를 상승시키지 못하는게 중요한 원인으로 생각된다.

본 연구에서는 확률·통계 단원을 중심으로 이러한 문제점들을 극복할 수 있는 방안을 생각해 보고자 한다. 이 단원들은 다른 수학 단원에 비해서도 더 많은 학생들이 어려워하는 것처럼 보인다(송순희, 1989 : 이혜진, 1992). Fruedenthal(1973)은 많은 학생들이 확률을 추상적이며 형식적인 방법으로 공부하므로 이미 확률에 대한 혐오감을 가지게 되어서, 학생들을 지도할 때 매우 주의가 필요하다고 하였다. 우연성의 현상을 조직하는 확률 교육을 위하여 처음에는 조직되어지기 원하는 현상들, 즉 예측 불가능한 사건에 대한 직관, 가능성 게임, 일관성 없이 일어나는 사건들로부터 구성을 시작해야 한다고 하였다. 그리고 그 이후에 학습자가 개념을 획득할 수 있도록 가르쳐져야 한다고 하였다(이혜진, 1992, 재인용).

따라서 본 연구는 중학교 확률·통계 단원을 학습하는데 도움이 될 수 있는 유용한 실험실 학습 방법, 즉 구체적 조작물이나 게임, 협동학습을 이용함으로써 학생들의 흥미를 일으키고 직관적인 사고를 증진시키는 수업 환경을 조성해 보고자 하는데 그 목적을 두었다. 본 연구에 대한 검증의 하나로 중학교 2학년 확률 단원에 대한 수학 실험실 수업을 실시해 보았는데, 주로 게임의 방법을 이용하였다. 이는 확률의 특성상 게임과 관련이 많고, 학생들도 관심과 흥미를 가질 것으로 기대되었기 때문이다.

2. 연구 내용 및 연구 문제

(1) 수학 실험실의 의미와 목적, 그리고 구체적인 방법들을 조사한다.
(2) 확률·통계 단원 지도에 활용하기 위한 실험실 수업 지도안을 조사, 개발하여 제시한다.

(3) 본 연구에서 제시한 수학 실험실 수업

* 번동중학교
** 이화여자대학교

방법이 학생들에게 어떤 영향을 주는지 알아본다. 중학교 2학년 학생들을 대상으로 실험실 수업을 실시해 본 결과, 학업 성취도와 흥미도, 유용성, 태도, 수학에 대한 불안감에 있어서 어떤 변화를 가져왔는지 통계 분석한다.

Ⅱ. 이론적 배경 및 선행 연구

1. 통계 교육의 목표 및 지도 내용

NCTM(1994)에서는 “통계적 지식을 획득하기 위한 수업은 전체 과정 속에 학생들을 활동적으로 참여시키는 것을 강조해야 한다”고 하였다. 여기서의 활동이란 현상에 대한 의문을 제기하고, 자료를 모으고 조직하며, 그래프나 표, 도수분포표, 요약표를 사용하여 자료를 표현하고, 분석하고, 가설을 설정하고, 설득력 있게 정보를 전달하는 것 등이 포함된다. 더 나아가 자료 분석에 근거하여 주장을 평가할 수 있어야 하고, 의사결정을 위한 강력한 도구로서의 통계적 방법을 음미할 수도 있어야 한다고 하였다.

통계 교육의 접근법은 크게 나누면 일반적으로 두 가지가 있다(이영하, 1997). 첫 번째, 조합론적 방법은 경우의 수, 순열, 조합 등을 배운 후에 수학적 확률에 근거하여 확률 개념을 지도하고 이를 바탕으로 통계적인 내용을 지도하는 방법이다. 두 번째, 자료 중심적 방법은 자료와 경험에 의거하여 확률 개념을 지도하고, 통계적 내용을 이와 동시에 익히면서 확률론적 접근법을 체계화시키고, 확률과 통계 사이의 상호 관계를 보완적으로 이해하도록 지도하는 방법이다. 본 연구자는 제7차 수학과 교육과정 1차 심의 자료(1997)에서 새롭게 제시된 ‘구성주의적인 학습을 중시하는 수학교육’을 근거로, 후자의 방법이 더 적절하다고 판단하였다. 구성주의란 여러번의 수정을 거치는 과정에서 문제 해결의 모델에 접근하게 되는 것, 즉 지식이 구성된다고 보는 입장이다(김아영, 1995). 이는 학생들이 경험과 탐구 과정을 통해 수학적 원리, 법칙을 내면 세계에 구성해 갈 것을 기대한다. 자료 중심적 방법은 학생들이 좀 더 실제적이고 구체적으로 확률을 받아들이도록 할 수 있을 것으로 여겨지므로, 본 연구에서는 자료 중심적 방법에 근거한 지도안을 제시하기 위해 노력하였다. 이를 위하여 학생들이 활동적으로 자료를 수집, 분석, 표현하는 실험실 수업 방법이 적절한 방안이 될 수 있을 것이다.

2. 확률 교육의 목표 및 지도 내용

처음 확률의 개념이 형성되는 시기에는 대부분 직관이나 귀납법을 이용하지만 실제로 직관과 이론에는 차이가 있기 쉽다. 그러나 이와 같은 직관의 경험과 특성은 확률의 의미를 이해하는데 매우 중요하다. 학생들은 평상시 상황에서 불확실성을 포함하는 수많은 문제를 다루고 있으며 확률에 대한 직관을 가지고 있으므로 이를 교실 상황에서 확인할 수 있어야 한다. 따라서 교사의 역할은 바로 현실의 상황을 잘 수학화할 수 있도록 돕는 것이다. 이때 최선의 답을 산출하는 분명한 기준이 없으면 여러 가지 답이 도출될 수 있다는 것도 염두에 두어야 한다. NCTM(1994)은 확률 교육의 중요한 내용을 다음과 같이 보고 있다. “불확실한 상황에서 사건의 가능성을 예상하는 확률은 실험적 또는 이론적 방법으로 가르쳐질 수 있는데, 학생들은 확률의 수치적 표현과 사건 사이의 관계를 이해하기 위해 능동적으로 실험에

참여해야 한다. 또한 수치적 표현과 그 사건의 실제 확률 사이의 관계를 이해하면서, 확실성 또는 불확실성의 측정이 보다 많은 데이터가 수집됨에 따라 분명해진다는 것도 이해할 수 있게 될 것이다. 문제를 모델링하고, 시뮬레이션하고, 자료를 수집하고, 그래프로 나타내고, 탐구하는 가운데 학생들은 어떻게 예측이 자료에 기초할 수 있는지를 이해하게 될 것이다. 확률을 결정하기 위한 표본 공간을 구성함으로써 상황을 모델링할 수 있어야 하고, 실험의 결과와 수학적 기대값을 비교함으로써 확률 모델의 위력을 인식할 수 있어야 한다. 즉 실험적 또는 이론적 확률에 근거하여 예측할 수 있어야 하고, 실생활에서 확률 개념의 폭넓은 사용을 인식할 수 있어야 한다." 이와 같은 방법들이 모두 수학 실험실 수업과 관련된 것은 효과적인 확률 교육이 되기 위해서 학생들이 스스로 참여하고, 탐구하는 수업이 중요함을 보여 준다.

3. 수학 실험실의 의미 및 수업 방법

수학 실험실은 풍부하고 다양한 자료가 구비된 교실을 의미하며, 학생들은 수학적 아이디어를 개별적으로 또는 소집단으로 탐구하고 실험하는데 이 자료들을 사용한다(Fitzgerld and Bouck, [n.d.]). 수학적인 내용이나 개념을 추상적인 기호나 식을 통하여 학습하기 전에, 수학 실험실에서 구체적인 형태를 갖고 있는 매체를 사용하여 다양한 조작 활동을 해 본다면 학습에 도움이 될 것이다. Suydam과 Higgins는 수학 교실에서의 활동을 기반으로 하는 수업에 관한 23편의 연구를 하였다. 그들은 11개의 연구에서 탁월한 효과를 보았고, 10개의 연구에서는 차이가 없었으며, 2개의 연구에서는 열등한 결과를 얻었다. 하지만 이는 성취 결과에 주안점을 두는 연구이므로 학생들의 태도나 느낌에는 더 좋은 결과를 기대할 수 있다고 하였다. 이 외에도 AIMS(Activities in Mathematics and Science)나 TIMS(Teaching Integrated Mathematics and Science), RMN(하버드 대학 내의 Regional Math Network) 등의 여러 기관에서도 이와 관련된 자료가 계속 개발되고 있는 중이다(Fitzgerld and Bouck, [n.d.] , 재인용).

또한 수학 실험실은 학습자가 구체적인 상황에서 수학적 아이디어를 탐구하고, 수학적 원리나 법칙을 발견하며, 수학적 추상화 과정을 적용하는 종합적인 환경이다. 이 종합적 환경이 갖는 의미는 세 가지가 있다.(백석윤, 1991) 첫째가 학습 장소로서의 실험실이다. 즉, 학습자가 구체적 자료를 조작하고, 수학적 실험을 실행하며, 수학적인 게임을 하는 등 다양한 학습 활동에 능동적으로 참여할 수 있는 학습 장소이다. 둘째는 학습의 한 과정으로서의 실험실이다. 즉 실험실 수업은 학습자가 수학의 법칙이나 Pattern 등을 발견하기 위한 수학적 실험을 계획하고 실행하는 전 과정을 포함한다. 이때, 소집단 토론이나 개인별 과제의 수행, 교사의 지도 등이 모두 그 구성 요소가 된다. 셋째는 학습자의 새로운 태도 형성이라는 의미에서의 실험실이다. 학습자는 수학 실험실을 통하여 스스로 생각하고, 의문을 제기하며, Pattern 을 찾는 등의 능동적 탐구 학습의 태도를 연습, 습득할 수 있다. 이 세 가지 의미들은 분리될 수 없는 것으로 서로 유기적으로 작용한다.

이외에도 수학 실험실은 학습자의 경험과 필요성, 흥미 등을 기초로 주어진 문제 상황을 발견하고 자력에 의한 탐구 활동을 통하여 문제를 해결하는 현장이라는 특성을 포함하고 있다. 구체적인 방법으로는 구체적 조작물의 이용, 실험 보고서 작성, 시청각 자료의 사용, 발

표, 게임 활동, Pattern 찾기, 소집단 구성원간의 토론, 컴퓨터를 활용한 Simulation 및 프로그램 학습 등이 있다.

Ⅲ. 실험실 수업을 적용한 확률과 통계 수업의 개발

1. 중학교 확률과 통계 단원의 학습 내용과 이용된 수업 방법

<표 1> 학습 내용과 이용된 수업방법

학년	학습 내용	이용된 실험실 수업의 방법
중1	도수분포표 히스토그램 상대도수 누적도수	구체적 조작물 이용 게임 활동 실험보고서 작성 소집단 구성원 간의 토론 Pattern 찾기(그래프 이용) 계산기 이용
중2	경우의 수 확률의 뜻과 성질 간단한 확률의 계산 기대값	
중3	대표값과 평균 산포도와 표준편차 상관관계 상관도와 상관표	

2. 단원별 학습 목표와 실험실 수업 개발의 예

이 부분에서는 중학교 확률·통계 과정을 지도하는데 이용할 수 있는 구체적인 지도안을 제시할 것이다. 이러한 수업들을 통해 달성하고자 하는 학습 목표는 현 교과서와 일치시켰으나, 방법적인 면은 구체물이나 현실적인 상황을 이용하게 하여 변화를 주었다.

*** 도수분포표와 히스토그램의 학습을 위한 수업 방법 예**

◆ 준비물 : 도수분포표와 히스토그램을 그리기 위한 교사 제작 틀. 학생 수 두 배만큼의 스티커

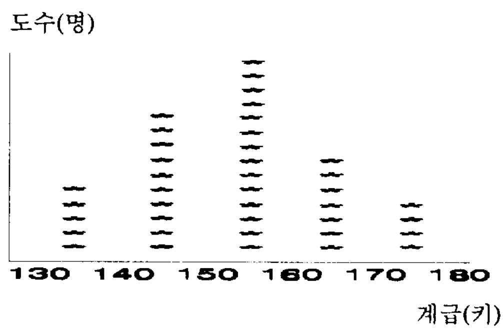
① 교사가 미리 도수분포표와 히스토그램을 그리기 위한 틀을 만들어서 수업 시간에 학생들에게 돌린다. (또는 학생들이 앞에 나오게 해도 된다.)

② 학생들은 주어진 스티커를 가지고 직접 틀에서 해당하는 칸을 찾아 붙인다.

③ 이 과정이 끝나면 완성된 표를 칠판에 붙이고 함께 살펴보면서 도수분포표와 히스토그램을 공부한다. 이러한 과정을 통해 학생들은 자료가 모이고 정리되는 과정을 시각적으로 보게 된다.

<표 2> 학생들이 완성한 표의 예 (* : 스티커)

계급(키)	자신이 해당하는 칸에 스티커를 붙이세요	도수(명)
130이상-140미만	*****	5
140 - 150	***** *****	10
150 - 160	***** ***** ****	14
160 - 170	***** **	7
160 - 180	****	4
합계		40



<그림 1> 학생들이 완성한 히스토그램

④ 정확한 히스토그램을 그리기 위해서 스티커가 붙여진 높이까지 연속된 막대

그래프를 그린다.

*** 확률의 뜻과 성질의 학습을 위한 수업 방법 예**

◆ 준비물 : 주사위 2개, 게임 보고서 (Kapadia and Borovcnik, 1991)

① 주사위 두 개를 던져서 자기가 정한 숫자가 나오는 경우에 자신의 칸을 채워가는 게임을 한다.

② 주사위는 돌아가면서 던지도록 하고 먼저 칸을 다 채운 사람이 조의 승자가 되어서 보상을 받도록 한다. 실제로 이 게임의 경우에 각 숫자가 나올 확률은 모두 달라서 7이 나올 확률이 가장 높으며, 1이 나올 확률은 없다. 이 사실을 예측하고 숫자를 선택한 학생은 이 게임에 이길 가능성이 더 크다.

③ 다른 조와의 결과를 비교해보면서 모든 학생들은 위의 사실을 깨닫게 되고 확률에 대한 개념을 형성하게 된다.

④ 게임이 끝난 후에는 보고서를 작성하면서 경우의 수가 가장 많은 경우가 7이고 1이 되는 경우의 수는 0이라는 것을 알게 된다.

⑤ 학생들은 경우의 수를 이용하여 확률을 구한 경우와 실지로 많은 횟수를 직접 던져서 나온 확률이 비슷하지만 일치하지는 않는다는 것을 발견하고 확률의 무작위성을 생각하게 된다. 교사는 학생들이 올바른 개념을 획득할 수 있도록 방향을 제시해준다.

*** 간단한 확률 계산의 학습을 위한 수업 방법 예**

◆ 준비물 : 크기와 모양이 같은 봉투 2장. 파란색 색지 2장과 노란색 색지 3장. 게임 보고서.

① 모양과 크기가 똑같은 2장의 봉투를 가지고 시작한다. 각 봉투에는 색지들이 들어있는 데 한 봉투에는 노란색 색지 한 장과 파란색 색지 두 장이 들어있으며, 다른 봉투에는 노란색 색지 두 장이 들어 있다.

② 두 사람이 한 조가 되어 노란색과 파란색 중 한가지를 자기의 색으로 정한다.

③ 두 사람 중 한 사람은 눈을 감고 두 봉투 중 하나를 선택하여 그 봉투에서 색지 한 장을 꺼낸다. 그 색지의 색이 자기의 색이라면 칸에 ○표를 한다.

④ 다른 사람도 똑같이 한다.

⑤ 같은 식으로 반복하여 최종적으로 ○표의 개수가 점수가 된다.

⑥ 10회 중 많은 점수를 얻은 사람이 이긴다.

⑦ 이 게임이 끝난 후에는 각 색지가 나올 확률을 구하는데, 각 봉투가 선택될 확률을 1/2씩이고 봉투에 따라 각 색지가 나올 확률도 다르므로 확률의 곱의 법칙과 합의 법칙을 모두 이용해야만 한다.

*** 기대값의 학습을 위한 수업 방법 예**

◆ 준비물 : 주사위 3개, 구슬 100개 정도 (모의 돈을 이용할 수 있음). 게임 보고서

① 두 개의 주사위를 던지면서 게임은 진행된다.

② 게임에 참여할 사람은 각각 1에서 6사이에 자신의 숫자를 결정한다.

③ 게임자에게는 일정한 개수의 구슬이 주어져 있다. 이후에 가장 많은 구슬을 얻

은 사람에게 적당한 보상을 함으로써 동기유발이 되도록 한다.

④ 두 개의 주사위를 던져서 자신의 숫자가 두 개가 나오면 구슬 두 개를 얻고, 한 개가 나오면 구슬 한 개를 얻게 된다.

⑤ 자신의 숫자가 하나도 나오지 않은 사람은 오히려 구슬 세 개를 잃게 된다.

⑥ 실제로 게임의 기대값이 음수이므로 게임이 끝난 후에 원래 가지고 있던 구슬의 개수가 늘어난 사람보다는 줄어든 사람이 더 많을 것이다.

⑦ 학생들로 하여금 이 게임의 공정성에 대해 생각하게 한다.
실제로 게임이 공정하게 되기 위해서 기대값이 0이 되어야 한다.

⑧ 각각 경우들의 확률을 구해보고, 그것을 이용하여 기대값을 직접 구해보게 한다.

⑨ 혹시 구슬의 개수가 늘어난 사람이 더 많이 나와서 교사의 예상대로 결과가 나오지 않았다면 실제 확률과 경험적 확률의 차이를 설명해 준다.

⑩ 보다 간단한 확률을 얻고자 한다면 동전 3개로 같은 게임을 할 수 있다.

*** 산포도와 표준편차의 학습을 위한 수업 방법 예**

◆ 준비물 : 손목 시계. 계산기.

① 학급을 두 개의 큰 그룹으로 나눈 다음 각 그룹을 쌍으로 다시 나눈다.

② 각 쌍의 한 명은 1분을 추정하고 다른 한 명은 시계를 보고 실제 시간을 기록한다.

③ 한 그룹에서는 시간을 측정하는데 몰두하도록 하는 반면, 나머지 한 그룹에서는 몰두를 못하게 파트너를 방해한다.

④ 1분을 추정한 사람이 실제로 1분이라고 생각한 시간을 자료로 한, 두 그룹의 평균 시간은 거의 같게 나온 반면, 방해한 그룹의 시간들은 큰 편차를 보인다. 실제로 히스토그램을 그려보면 방해받은 그룹에서 얻은 자료들은 서로 멀리 떨어져 있고, 자료들간의 범위도 훨씬 크다는 것을 알 수 있다.

⑤ 이를 나타내기 위해서는, 평균과는 다른 어떤 값이 필요하다는 것을 알고 이에 대하여 전체 토론을 해 본다.

⑥ 자료가 흩어진 정도를 나타내는 방법에 대해서 교사가 설명을 해 주고 직접 계산기를 이용하여 분산과 표준 편차를 구해 본다.

*** 상관도와 상관관계, 상관표의 학습을 위한 수업 방법 예**

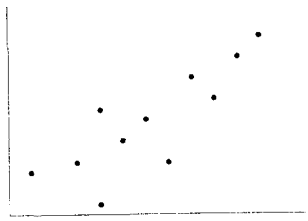
◆ 준비물 : 지도, 자, 모눈종이

① 거리를 구하게 될 두 지점의 리스트를 학생들에게 제공하고 사회과 부도에 있는 지도에서 그 거리를 잰다.

② 교사가 미리 실제 거리를 조사하여 OHP등으로 학생들에게 제시한다.

③ 학생들은 지도에서 잰 길이와 실제 거리 사이의 관계를 상관도를 그려서 알아본다. 이는 비례관계가 있으므로 양의 상관도가 그려질 것이다.

④ 이 결과를 가지고 실제 길이와 지도상 길이의 관계를 알아보고, 그 공식을 만들어 본다면 일차 함수의 영역으로도 확장할 수 있을 것이다. 또한 회귀라는 통계적인 방법까지 논의가 진행될 수도 있다.



<그림 2> 양의 상관관계

Ⅳ. 수업에의 실제 적용

1. 효과적인 학습을 위한 여건 형성

앞에서 개발한 수업들을 실제에 적용하기 위해서 준비되어야 할 환경에는 다음과 같은 것들이 있다.

첫째는 학습에 필요한 자료 및 상황의 준비이다. 학생들이 이용할만한 학습 자료가 거의 마련되어있지 않은 것이 현 실정이므로 교사들이 직접 교구를 만들어 이용하도록 해야 한다. 학습자가 필요로 하는 조작물은 언제든지 바로 사용할 수 있도록 준비되어야 하며, 이러한 조작물들은 인지적, 정의적 학습 목표와도 잘 연결지어지도록 주의가 요구된다. 그러나 간단한 교구는 학생들이 직접 만들어보게 함으로써 관심과 호기심을 일으키게 할 수도 있을 것이다.

둘째는 학생들의 태도에 관한 준비이다. 지금까지 대부분의 수학 수업은 교사가 설명하면 학생들은 이해하고 문제를 풀어보는 과정으로만 진행되었다. 따라서 학생들이 함께 토론하면서 개념을 받아들이고, 문제를 해결해 나가는데는 익숙하지 않아 잘못하면 수업이 혼란스러워지기만 하고 아무런 효과를 얻지 못할 수도 있다. 학생들의 적극적인 참여와 협동하는 학습 태도, 발표 능력 등을 갖출 수 있도록 하는 훈련이 필요하리라 생각된다.

셋째는 교과 과정에 있어서의 준비이다. 현재 우리 나라 학생들이 수학을 어렵다고 생각하는 이유가 지나치게 많은 내용을 학습하기를 강요하는 교육과정 때문이고, 교사들도 진도를 주어진 시간 안에 다 나가야 하므로 여러 가지 방법을 시도하는 수업을 해 보지 못하고 있다. 어려운 응용이나 복잡한 계산 부분을 삭제하고 기본적인 내용과 원리만을 학습하게 한다면 학생들이 잘 이해할 수 있는 다양한 수업을 시도해 볼 가능성이 커질 것이다.

2. 수업 설계

(1) **대상** : 서울 B 중학교 2학년 두 반(각 반 38명씩)을 각각 한 반씩 실험반과 통제반 으로 나누어 실험. 단 사전 검사를 통하여 실험반과 통제반의 상황과 실력이 비슷하도록 선택.

(2) **기간** : 1997년 2학기, 9월에서 10월 중 확률 단원을 배우는 기간

(3) **절차 및 방법**

사전 검사로 학생들의 확률 단원에 대한 기초 지식(초등학교 6-2 수학 교과서 참조) 10 문항과 수학에 대해 가지고 있는 정의적 요소들(흥미, 유용성, 태도, 불안)을 조사하여 초기 수준과 상황을 맞춘다. 기초 지식에 대한 문항 선정은 초등학교 6-2 교과서를 참고로 하였으며, 비율, 분수의 크기와 계산, 경우의 수, 평균, 상대 도수에 대한 지식을 평가하였다. 확률 단원에 대한 연구이므로 수학 전반에 대한

평가를 하는 것보다 해당 단원에 대한 선행 지식을 평가하는 것이 더 효과적이라고 생각하였다.

실험실 수업을 실시한 매 수업 시간마다 수업 결과에 대한 분석을 위하여 평가를 실시하였는데, 이 때도 정의적인 요소들(흥미, 유용성, 태도, 불안)을 포함시킨다. 흥미, 유용성, 태도에 관한 문항은 NLSMA에서 개발된 것으로 홍정희(1994)가 이용한 것에서 선택하였고, 수학에 대한 불안감은 Aiken이 개발한 것으로 황지영(1997)이 이용한 것에서 선택하였다. 정의적 요소들을 조사하기 위해 대표적인 한 문항만을 택한 것은 두 집단의 차이뿐만 아니라, 한 집단 내에서 학생들이 대답한 분포가 어느 정도인지를 명확히 보기 위해서이다. 또한 많은 문항에 대해 답하는 것보다 학생들이 신중하게 대답할 수 있을 것으로 기대되었기 때문이다. 사후 검사로는 단원 전체의 진도가 끝난 후에 확률 단원 전반에 관한 학생들의 학업 성취도를 검사한다. 본 연구자는 10월 중순에 실시된 중간고사 시험에서 확률 단원에 해당하는 부분을 활용하였다.

(4) 제한점

실험실 수업은 당장의 학교 시험에서는 좋은 효과를 가져오지 못할 것이다. 그러나 일상생활에서 접하는 상황들에 대한 올바른 판단을 할 수 있게 하고, 수학에 대한 관심과 흥미를 일으키게 하기 위해서는 해 볼만한 수업이라고 생각된다. 따라서 수학적인 상황과 구체적인 상황을 적절하게 변환시킬 수 있도록 하는 많은 실험실 수업들이 개발되어져야 한다. 앞으로는 다양한 단원에 해당하는 실험실 수업들이 개발되기를 바란다.

연구자가 실험할 수 있는 연구 대상의 수가 많지 않아 초기 수준이 똑같이 맞는 집단을 찾기가 힘들었다. 또 연구 기간이 짧았기 때문에 장기적으로 정확한 판단을 하기 어려웠으며 고등학교 과정까지 연결되는 확률 통계 과정에서 어떤 영향을 줄 수 있는지에 대한 결과는 얻지 못했다. 따라서 앞으로 더 큰 표본 집단을 대상으로 하는 장기간의 후속 연구가 있어서 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있게 되기를 기대한다.

Ⅴ. 수업의 과정과 결과 분석

1. 수업과 평가의 과정

실험실 수업을 이용하여 실시한 중학교 2학년 확률 수업과 평가의 과정은 다음과 같다. 평가는 인지적인 영역과 정의적인 영역을 포함한다.

<표 3> 수업과 평가의 과정

날짜	내 용	대상	학습 목표	준비물	평가 도구
9.12.	흥미도, 유용성, 태도,불안감 검사. 사전 지식 검사.	통제 실험	사전 동질화 검사		사전 평가지 사전 설문지.
9.20.	주사위를 이용한 확률 개념 습득	실험	확률의 의미	게임보고서 주사위 2개	사후 설문지
9.26.	봉투와 색지를 이용한 확률의 계산 연습	실험	확률의 계산	게임보고서 봉투 2장 노란색 색지 3장 파란색 색지 2장	
10.1	주사위와 칩을 이용한 기대값의 계산	실험	기대값의 계산	게임보고서 주사위 3개 칩 여러개 (또는 모의 동전)	
10.16	확률 단원에 대한 성취도 평가	통제 실험	학업 성취도 검사		사후 평가지

2. 실험 결과 및 분석

(1) 인지적 영역의 검사 결과

실험실 수업이 학력 향상에 어떠한 영향을 주는지 알기 위한 검사를 실시하였다. 사전 검사로 확률에 대한 선행 지식을 평가하였고, 확률 단원의 진도를 마친 후에는 단원 전체에 대한 사후 검사를 실시하였다. 사전 검사에서 두 반의 학력은 의미있는 차이가 없었으므로 실험 후에 두 반의 성적 차이에 대한 t검증을 하는 것이 유효하다고 할 수 있다. 이 때 t의 값이 클수록 더욱 의미있는 차이가 있다고 할 수 있다.

<표 4> 사전 학력 검사 평균 비교

	사전 검사		사후 검사	
	실험반	비교반	실험반	비교반
평균 점수 (100점 만점)	62.89	61.71	66.32	63.95
표준 편차	27.57	26.10	28.70	30.45
두 평균치 간의 표준오차	6.16		6.79	
t값	0.19		0.35	
자유도(d.f.)	74		74	
5% 유의 수준에서의 t값의 임계치=1.67 25% 유의 수준에서의 t값의 임계치=0.68				

* **사전 학력 검사 분석** : 평가의 결과는 위의 표와 같다. 두 반의 평균을 비교하기 위하여 독립 표본에 대한 t검증을 실시하였다. 자유도는 74이며, t값은 0.19가 나와서 두 평균은 5% 유의 수준에서 차이가 없었다. 따라서 두 집단은 확률에 대한 비슷한 정도의 선행 지식을 가지고 있다고 볼 수 있고, 비교 집단으로서도 의미가 있다고 할 수 있다.

* **사후 학력 검사 분석** : 사후 평가는 중간고사에 출제된 확률 단원의 10문항을 이용하여 결과를 분석하였다. 실제로 중간고사에서 두 반의 평균은 비교반이 1.01점 더 높았으나, 확률 단원만 따로 볼 때는 실험반의 평균이 더 높았다. 그러나 t검증 결과, 자유도는 74이며 t의 값은 0.35가 나와서 5%의 유의 수준에서는 의미있는 차이가 없었다.

이상의 결과들에 의하면 실험실 수업이 학력을 향상시키는데 크게 기여하고 있지 못하다. 단지 수업 방식을 몇 번 바꿨다고 해서 학력에 많은 변화가 있기를 바라는 것이 무리일 수도 있다. 그러나 이러한 수업을 지속적으로 실시한다면 학생들은 수학에 관심과 애정을 가지고 수학 학습에 꾸준히 참여하게 될 것이다. 장기적으로는 학력의 향상에도 좋은 효과를 가져올 수 있게 되리라 기대된다.

(2) 정의적 영역의 검사 결과

수업방식의 변화가 학생들의 정의적인 영역에 주는 영향을 평가하기 위해 실험전과 실험 후에 각각 설문 조사를 실시하였다. 실험전의 설문 조사는 수학 전반에 관하여 묻고, 실험후의 설문 조사는 그 날의 수업에 대해 느낀 바를 기록하게 하였다. 실험반은 게임을 이용한 실험실 수업을 실시하였고, 비교반은 같은 내용을 지필 수업으로 한 후, 남는 시간에 보충문제를 풀어 보게 하였다. 실험반의 변화에 대하여 성급하게 판단하기 어려운 면도 있으나, 기타 다른 반에서 같은 수업을 해 봤을 때 비슷한 변화가 있었으므로 그 결과가 유효하다고 판단하였다.

정의적인 영역에서 맞추어야 할 초기 상황을 네 가지로 선정하였으나 그 항목들을 모두 일치시키기 어려웠다. 따라서 태도에 있어서의

초기 상황이 약간 다름에도 불구하고 그대로 이용하기로 하였다. 각 문항마다 해당되는 보기들에 대하여 반응하는 빈도수가 차이가 있는지를 알기 위하여 빈도 분포에 관한 $\chi 2$검증을 이용하였다. 여기서는 $\chi 2$의 값이 클수록 의미있는 차이가 있다고 할 수 있다. 자유도는 (R-1)(C-1)로 구하며 이 검증에서는 모두 4가 되었다.

<표 5> 정의적 영역에 대한 검증 결과

	실험전(χ^2값)	실험후(χ^2값)
흥미도	4.74	13.52
유용성	1.78	3.60
태도	9.28	5.87
불안	5.94	13.38
10% 유의 수준에서의 χ^2값의 임계치 = 7.78 5% 유의 수준에서의 χ^2값의 임계치 = 9.49 1% 유의 수준에서의 χ^2값의 임계치 = 13.28		

* **흥미도 분석** : $\chi 2$검증을 한 결과 실험전에는 흥미도에 대한 반응의 빈도가 5%의 유의 수준에서 차이가 없었으나, 실험 후에는 차이가 있었다. 실험후에 $\chi 2$의 값은 1% 유의수준에서도 의미가 있는 값으로 게임을 이용하여 수업을 한 실험반에 많은 변화가 생겼다는 것을 보여준다.

* **유용성 분석** : 실제로 $\chi 2$검증을 한 결과 실험 전·후 모두 5%의 유의 수준에서는 반응 빈도의 차이가 없었다. 학생들은 게임을 단지 게임으로 볼 뿐 일상과 연결시키지 못하고 있다는 것을 알 수 있었다.

* **태도 분석** : 각 반의 반응 빈도에 대한 $\chi 2$검증 결과 실험 전·후에 5% 유의수준에서는 의미있는 차이가 있다고 할 수 없으므로 실험실 수업이 수학에 대한 태도에 영향을 주었다고는 할 수 없다. 그러나 실험후 실험반에서는 부정적으로 대답한 학생의 수가 훨씬 줄어서 실험실 수업이 수학 부진아들에게 더 좋은 효과를 가져왔음을 알 수 있었다.

* **불안 분석** : 실험전에는 $\chi 2$검증 결과 5%의 유의 수준에서 두 반의 반응 빈도에 차이가 없었으나 실험후에는 변화가 생겨서 의미있는 차이가 생겼다. 실험후에는 1%의 유의 수준에서도 차이가 있다고 말할 수 있다. 실험반의 경우, 실험전에는 수학에 대한 불안을 느끼는 정도가 심하게 나타났었으나 게임을 이용한 수업 후에 실시한 설문 조사에서는 불안을 느끼는 학생들이 거의 없어지고 편안하고 즐거운 마음으로 수업에 참여하게 된 것을 볼 수 있었다. 이러한 사실은 수학 부진아들의 수학 불안에 특히 긍정적인 영향을 주었음을 알게 한다.

Ⅵ. 결론 및 제언

본 연구의 가장 큰 목적은 실험실 방법을 적용한 확률·통계 수업을 개발하는 것이다. 교사들은 구체적 자료나 현실적 상황을 이용한 수업의 중요성을 인정하지만, 적절한 수업 방법이나 상황을 개발하지 못하여 어려움을 겪는 경우가 많으므로, 부족하나마 몇 가지 수업을 개발해 보았다. 확률 단원에서는 게임 방법을 주로 이용하였고, 통계 단원에서는 학생들이 직접 모은 자료들을 이용하여 수업을 전개하였다. 또한 이러한 수업들이 어떤 효과가 있는지 알아보기 위하여 본인이 지도하고 있는 중학교

2학년 학생들을 대상으로 확률 단원에 대한 몇 가지 실험실 수업을 실시해 보았고, 그 결과는 다음과 같았다.

첫째, 학업 성취에 큰 영향을 주지 못했다. 간단하고 쉬운 내용일 경우에는 학생들에게 자신감을 주어 더 좋은 성적을 얻게 하기도 했지만 내용이 어려워짐에 따라 수업 방법에 크게 영향을 받지 않았다. 단 이런 수업을 지속적으로 실시하여 학생들이 적극적으로 수업에 참여하게 한다면 장기적으로는 학업 성취에도 좋은 효과가 있으리라 기대된다.

둘째, 수학에 대한 유용성이나 태도의 변화에는 긍정적인 효과를 가져오지 못했다. 이러한 측면은 장기간에 걸쳐 학생들의 사고에 누적된 개념이므로 단기간에 변화시키기는 어려운 것이 당연할 지도 모른다. 학생들은 수업과 현실적인 상황을 잘 연결시키지 못하고 있으므로 실생활과 관련된 실험실 수업을 지속적으로 개발하고 적용하여 수학의 유용성을 느끼게 하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

셋째, 수학에 대한 흥미도나 불안에는 긍정적인 효과를 가져왔다. 이러한 결과들은 학생들이 즐거워하는 실험실 수업이 실시됨으로써, 학생들은 수업에 흥미를 가졌고 불안해하지 않았음을 보여준다.

위의 검증 결과들은 오랜 기간 많은 횟수를 시행해 본 것이 아니므로 정확한 결과라고 하기는 어렵다. 그러나 학생들이 즐거워하고 수학에 대한 관심을 보인다는 점에서 앞으로 좋은 결과를 가져올 수 있을 것이라는 확신을 얻을 수 있었다. 앞의 결과들을 종합하여 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 교사들은 연구 지침이나 시간이 충분하지 않으므로 이러한 방법들을 쉽게 접할 수 있고, 활용할 수 있어야 한다. 따라서 지속적으로 수학 실험실 방법들이 개발되고 검증되어야 하며, 새로운 수업들이 많이 소개되어져야 할 것이다.

둘째, 실험실 수업을 적용할 수 있는 환경이 확보되어야 한다. 이번 실험실 수업을 실시하면서 45분으로 한정되어 있는 수업시간이 부족하거나, 교실 공간이 다소 좁게 느껴지는 등 환경적인 문제점들도 드러났다. 따라서 시공을 초월한 열린 수업이 되도록 하는 것이 매우 중요하다.

셋째, 교사의 재교육으로 새로운 수업을 시도할 수 있는 능력을 갖춘 교사들이 양성되어야 한다. 실제로 교사들은 강의 이외의 수업을 하거나 다양한 자료들을 활용하는데 익숙하지 못하였다. 따라서 이러한 문제점들을 극복할 수 있는 자질을 갖춘 교사들이 많이 양성되어야 할 것이다. 또한 교사들 간에 정보를 교환할 수 있는 상호 교류의 기회도 충분하여야 할 것이다.

참고 문헌

교육부(1995). "산수 6-2", 서울 : 교육부.

교육부(1997). 제7차 수학과 교육과정 1차 심의 자료.

김아영(1995). "구성주의에 입각한 수학과 수학교육에 관한 고찰", 이화여자대학교 교육대학원 석사 학위 논문.

김연식, 김흥기(공저)(1997). "중학교 수학 1, 2, 3", 서울 : 두산 동아.

김원경, 강행고(공저)(1995). "중학교 확률, 통계 단원의 내용 오류 및 개정 방향에 근거한 교육과정의 개정 내용", 『수학교육』, 제

34권 제2호, pp.221-228.

김효정(1994). "구체적 조작물을 이용한 활동지향적 수학 수업에 관한 연구", 이화여자대학교 교육대학원 석사 학위 논문.

백석윤(1991). "수학 실험실법", 제7회 수학교육 세미나집, pp.261-279.

송순희, 이영하, 김미옥(1989). "초 · 중 · 고 수학 교과서의 확률 · 통계 영역의 연계성에 관한 분석(제1보)". 『수학교육』, 제 28권 1호, pp.13-28.

이경미(1996). "초등학교 수학과 확률, 통계 관련 내용의 재구성에 관한 연구", 이화여자대학교 교육대학원 석사 학위 논문.

이영하(1997). "확률과 통계 교육 : 서울특별시 교원연수원 중등 1급 정교사 자격 연수 교재(수학과)", 서울특별시 교육청.

이진향(1995). "수학 기피행동을 야기시키는 부정적인 수학태도의 개선방법에 관한 연구", 이화여자대학교 교육대학원 석사 학위 논문.

이혜진(1992). "고등학생의 확률 통계 단원에 대한 인식 및 학습 태도 조사", 한국교원대학교 석사 학위 논문.

전혜영(1996). "중학교 수학의 학력 신장에 관한 고찰", 명지대학교 교육대학원 석사 학위 논문.

홍정희(1994). "수학적 모델링을 활용한 수학 탐구수업 효과의 고찰", 이화여자 대학교 교육대학원 석사 학위 논문.

황지영(1997). "유희 수학을 도입한 수학의 효과 연구", 이화여자 대학교 교육대학원 석사 학위 논문.

후지무라 고무자부로우, 다무라 사부로우(공저)(1992). 『수학의 역사』, 다문 독서 연구회(역), 서울 : 도서출판 다문.

Fitzgerld and Bouck([n.d.]). 교수 모형. 수학교육 연구 주제1. 대한 수학교육학회, 1995.

Ramesh Kapadia, Manfred Borovcnik(1991). *Chance Encounter : Probability in Education*, Kluwer Academic Publisher.

Edward W. Minium, Robert B. Clarke([n.d.]). 『교육학 · 심리학을 위한 통계 분석법』, 김태련, 김아영 (공역). 서울: 회성출판사, 1992.

NCTM(1989). 『수학 교육 과정과 평가의 새로운 방향』. 구광조, 오병승, 류희찬 (공역). 서울 : 경문사, 1994.

E. T. Noone(1988). Chuck-a-luck : Learning probability concepts with games of chance. Mathematics Teacher, vol 81. No 2. February 1988. pp.121-123.

J. Michael. Shaughnessy(1993). Probability and Statistics. Mathematics Teacher, vol 86. No 3. March 1993.

Albert P. Shulte, James R. Smart(1981). *Teaching Statistics And Probability : 1981 Yearbook*, NCTN.

〈부록〉 실험실 수업 보고서

〈 게임 보고서1 〉---확률의 개념

*** 게임의 요령 ***

1. 각자 1-12의 번호 중 마음에 드는 걸로 하나를 선택 한다.
2. 조원들끼리 순서를 정해, 돌아가면서 2개의 주사위를 던진다.
3. 2개 주사위의 눈의 합을 구하고 합이 자기가 택한 수와 같아지면 한칸씩 메꿔간다.
4. 먼저 칸을 다 채운 사람이 승리하게 된다.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1) 몇번을 선택한 학생이 승리하였나요?
   자신이 선택할 수가 나올 확률은 얼마였나요?
   자신이 선택하지 않은 수가 나올 확률은 얼마였나요?
   두 확률은 어떤 관계가 있나요?

2) 각 수자가 나올 경우의 수를 생각해 봅시다.

눈의 합	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
경우들			예) 1+2 2+1									
몇가지			2가지									

3) 어떤 경우가 가장 나올 가능성이 큰가요?
   자기 조의 결과와 일치하나요?
   일치하지 않았다면 왜일까요?

4) 각 경우의 확률을 구해봅시다.

눈의합	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
확률												

〈 게임 보고서2 〉--확률의 덧셈 법칙과 곱셈 법칙

*** 게임의 요령 ***

여러분은 모양과 색깔이 똑같은 봉투를 가지고 있다. 각 봉투에는 색지들이 들어있는데 한 봉투에는 노란색 색지 한장과 파란색 색지 두장이 들어있으며, 다른 봉투에는 노란색 색지 두장이 들어 있다. 자, 노란색과 파란색 중 한가지를 자기의 색으로 정하자.

그리고 두 사람 중 한 사람은 눈을 감아 두 봉투 중 하나를 선택하고 그 봉투에서 한 색지를 꺼낸다. 그 색지의 색이 자기의 색이라면 칸에 o표를 한다.

최종적으로 o표의 갯수가 점수가 된다. 다른 사람도 똑같이 한다. 10회 중 많은 점수를 얻은 사람이 이긴다.

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
노란색										
파란색										

1) 어떤 색이 더 많이 나왔나요?

2) 여러분의 게임에서 노란색의 확률은 얼마인가요?

또 파란색의 확률은 얼마인가요?

3) 노란색의 수학적 확률을 구해봅시다.
먼저 봉투를 골라야 합니다. 두 봉투중 하나를 뽑을 확률은 얼마인가요?
뽑은 봉투에서 노란색이 나올 확률을 구해봅시다.
다른 봉투에서도 노란색이 나올 확률을 구해봅시다.
그렇다면 노란색이 나올 확률은 얼마일까요? 왜 그런가요?

4) 노란색이 나올 확률과 파란색이 나올 확률은 어떤 관계가 있을까요?
파란색이 나올 확률을 구해봅시다.

5) 실제 게임에서 나온 확률과 계산으로 나온 확률을 비교해봅시다. 서로 같지 않다면 왜일까요?
다시 이 게임을 한다면 당신은 무슨 색을 택하겠습니까?

〈 게임 보고서3 〉 --기대값의 계산

*** 게임의 요령 ***

1. 두 개의 주사위를 던지면서 게임을 진행한다.
2. 게임에 참여할 사람은 각각 1과 6사이에서 자신의 숫자를 결정하고, 조의 한 사람은 조의 돈을 관리하면서 결과를 관찰하고 기록한다.
3. 게임자는 500원을 가지고 시작한다. 이후에 가장 많은 돈을 딴 사람이 그 조의 승자가 된다.
4. 두 개의 주사위를 던져서 자신의 숫자가 두 개가 나오면 200원을 얻고 하나가 나오면 100원을 얻는다. 자신의 숫자가 하나도 나오지 않은 사람은 오히려 100원을 잃는다.
5. 다음 표에 돈을 얻은 경우는 +로, 잃은 경우는 -로 표시한다. 예를 들어 200원을 딴 경우는 +2,100원을 잃은 경우는 -1로 표시한다.

조원 (선택한숫자)	돈의 변화					
	1회	2회	3회	4회	5회	최종
( )						
( )						
( )						
( )						

1) 게임을 한 결과 돈이 늘어난 사람이 많나요, 아니면 줄어든 사람이 많나요?
각 회마다 돈의 변화에 대한 기대값이 얼마라고 할 수 있을까요?

2) 표에서 최종 돈의 변화에 대한 평균을 구해봅시다.
평균과 기대값은 어떤 관계가 있을까요?

3) 이 게임은 정당한 게임이라고 할 수 있을까요?
정당한 게임이 되기 위해서는 돈의 변화에 대한 기대값이 얼마가 되어야 할까요?

4) 예를 들어 자신의 숫자가 3인 경우에, 각각 경우들의 확률을 구해보고, 그것을 이용하여 기대값을 직접 구해봅시다.

3이 두 번 나올 확률	3이 한 번 나올 확률	3이 나오지 않을 확률

기대값 :

자신의 숫자를 다른 수로 정한 경우에는 어떨지 생각해 봅시다.

A materialization of the experimental class model for Probability and Statistics lessons

Jieyeon Limb · Youngha Lee

Recently experimental class model is growingly recommended for mathematics instruction. Freudenthal(1973) points out the difficulties of learning probability and Fischebien suggested to teach probability more intuitively through games. However detailed explanations for such classes are not easy to find. This paper is to give more detailed materials for those lessons and to check its effectiveness.

We give 6 topics of probability and statistics being taught in our middle school, such as histogram, concept of probability, probability calculations, expectations, standard deviations, and correlations and each of which is given along with the experimental materials to be used.

We perform a trial of the methods and found some encouragement in the students' mathematical attitudes and interests but not in the achievements. We belive that the drawback of the achievement result is due to the short length of time of our experiments.