한국학교수학회논문집 제 7 권, 제 2 호
Journal of the Korean School Mathematics Society
Volume 7, Number 2, 67-79, December 2004

수학교육 연구에서 설계-실험

정치봉[1)]

교육/학습의 질이 실질적으로 향상되려면 연구가 교육 현장과 밀접하게 연계되어 실천 가능한 지식, 도구, 기술 등을 제공하여 주어야 한다. 실천적인 활용을 최우선으로 하는 설계-실험 연구의 다양한 연구 방법, 원칙, 주제 , 활동 내용 그리고 주요한 특징, 연구 사례 등을 소개한다.

주요용어: 설계-실험 연구, 연구와 실천, 교육적 발견, 문맥이론, 수학실험도구

Ⅰ. 서 론

21세기 학습 사회로 진입하면서 다양한 교육이 이루어지고 있다. 교육에 대한 교육 소비자의 욕구(needs)는 팽창 수준을 넘어서 폭발하고 있다는 표현이 어울린다. 교육 서비스는 경제사회적 관점에서 보면 공공 재정과 지원에 의하여 운영된다. 따라서 교육 서비스가 공익적 책무성(public accountability)을 갖는 것이 매우 중요하다.

교육 시스템은 크게 세 그룹의 교육계 사람들이 질 높은 교육 서비스 제공하기 위하여 노력을 하고 있다. 즉 교사 등 교육 서비스를 직접 교육 소비자에게 제공하는 교육 실천가들(practitioners) , 교육 시스템을 수립하여 운영을 지원하여 주는 정책수립자들(policymakers) , 그리고 교육 현상을 연구하는 연구자들(researchers).

교육에 대한 사회, 기업, 학부모, 학생 고객의 요구와 관심이 크다는 것은 교육 서비스를 제공하는 노력을 하는 위 세 그룹의 활동에 대한 책무성을 더욱더 요구하게 되었다. 책무성에 대한 요구는 각 그룹의 활동이 궁극적으로 교육 서비스의 질을 향상시키는 실용적 유용성을 갖추는 것을 의미한다.

수학교육 연구가 교육 서비스의 질을 개선하는 일에 기여하여야 한다 의제에 대하여 수학교육학계의 논의가 10여년 전에 시작되었다. (Brown, 1992; Collins, 1992)

기존의 수학교육에 대한 연구는 교육 현실 또는 현장에서 일어나는 일상적인 수업, 학습, 지도에서 해결하여야하는 문제들에서 상당히 벗어나 있었다는 연구자의 자성에서 수학교육 연구를 개선하려는 다양한 노력이 진행되고 있다. 즉 교육 현장에서 교육을 실천하는 실천가들이 호소하는 실천 문제들에(problems of practice) 관련된 연구를 하여 현장에서 실천할 수 있는 지식, 기술, 제도를 만들어 달라는 것이다. (NRC, 2002)

Lagemann은 교육 현장에서 활용 가능한 유용한 지식(usable knowledge)에 대한 연구-개

1) 순천향대학교 수학과 (cbchung@sch.ac.kr)

발의 의미를 교육 연구가 가져야할 가장 중요한 책무성으로 본다.(Lagemann, 2002)

교육 연구의 유용한 실천적 활용 문제에 선구적인 관심을 가졌던 Brown과 Collins는 설계-기반 연구(design-based research) 방법을 제안함으로서 교육 연구의 파라다임(paradigm)이 변화되어야 함을 제안하였다. 컨텍스트 속의 학습(Learning in context), 학습 지도 전략 및 도구 개발 등을 체계적인 설계에 입각하여 연구하려면 발생적 파라다임이 요구된다는 것이다. Brown과 Collins는 발생적 파라다임에 의한 교육 연구 방식을 설계-실험(design experiment) 후에 이를 지지하는 다른 연구자들은 설계-기반 연구라고 부르고 있다. (The Design-based research collective, 2003)

본 논문은 설계-실험 연구가 혁신적인 학습 환경을 개발하고, 그러한 학습 시스템이 작동하게하고 유지하도록 하는 지식, 기술, 도구 등을 만들고 확장하는데 어떻게 기여할 수 있는가에 대한 문제를 논의하려고 한다.

Ⅱ. 본 문

1. 설계-실험 연구

수학교육이 다양한 것과 같이 수학교육 연구 또한 다양하다. 설계-실험 연구를 지지하는 연구자들도 설계-실험의 의미를 다양한 입장과 관점에서 보고 있다.(Bell, 2002) Hoadley는 통계학의 한 분야이고 통계적 조사 방법인 설계-실험(experimental design)이라는 용어와의 혼란을 피하기 위하여 설계-기반(design-based) 이란 명칭을 사용하였다.(Hoadley, 2002)

본 논문에서는 설계-실험 용어를 사용하고 용어의 혼란을 피하기 위하여 "-"으로 연결하여 사용한다. 설계-기반 용어 지지자들은 실험(experiment) 대신에 시연(enactment)를 보다 많이 사용한다.

설계란 건물을 짓기 위하여 지어질 건물에 대한 설계 또는 그 설계도란 의미와 유사한 메타포로 생각할 수 있다. 수학교육 연구자의 설계란 자신의 연구 결과를 적용하려는 현실 교육 환경에 대한 설계인 것이다. 실험은 자신이 설계한 교육 학습 또는 수업 설계도에 제시한 교육 환경을 실제 교육 현장에 설치하여 실험을 수행하는 것을 의미한다.

설계-실험 연구 지지자들이 수행한 연구에서 다른 수학교육 연구 방법 또는 활동 내용이 구별되는 특징을 살펴보면 다음과 같다.

1) 학습 환경을 설계하고 , 학습 이론 또는 원형이론(prototheories)을 개발한다. 설계된 학습 환경 그리고 개발된 이론의 목표들을 실천과 관련하여 결합하는 연구를 한다.
2) 연구와 개발 방식은 설계(design)-실행(시연, 실험 enactment)-분석(analysis)-설계로 이어지는 연속적인 사이클 구조이다.(Cobb, 2001)
3) 설계에서 교육 실천가 또는 다른 교육 설계자에게 관련된 의미 또는 함의(implications)에 대한 의사소통을 돕기 위하여 공유할 수 있는 이론이 이루어지도록 연구한다.
4) 연구는 설계가 고유한 교육적 설정(authentic settings) 조건 속에서 실제로 어떻게 기능하고 작동하는지를 설명한다. 교육의 성공과 실패를 기록으로 또는 문서로 만든다. 뿐만 아니라 학습에 포함되어 있는 현안 문제에 대한 이해를 상세히 그리고 명확하게 다듬어 줄 수 있는 연구들 사이의 협력 또는 상호 작용에 초점을 둔다.
5) 연구는 교육 현장 또는 현실에서 실천할 때 잘 작동한다는 설명력을 갖추어야 한다.

연구는 연구의 설명력을 향상, 발전시키도록 노력한다. 이를 위하여 시행과정과 (processes of enactments) 목표 경과 또는 관심을 두고 있는 결과들을(outcomes) 연결(계)하고 이들 내용들을 문서로 또는 기록으로 작성하는 등 연구의 활용과 실천에 관련된 기록(기술, 서술) 방식을 사용한다.

설계-실험 연구는 연구와 실천 그리고 연구자 그룹과 실천자 그룹 사이에 벌어진 틈을 메우려는 의도에서 출발하였다. 이론과 실천의 틈을 좁히려는 설계-실험 연구자들의 노력은 교육 연구에서 어느 정도 성공하고 있다고 보고하고 있다.(Levin & O,Donnel, 1999)

연구와 실천 사이가 갈라져 있어 교육 연구가 현실 교육에 충분히 활용되고 있지 못하는 현재의 문제를 해결하려면 기존 교육 연구 또는 연구자의 문제점을 정확하게 진단하여 그 원인을 명확하게 찾아야 한다. NRC 보고서는 비과학적인 연구 접근법에서 연구와 실천 사이를 갈라 놓는다고 지적하고 있다.(NRC, 2002) Lagemann & Shulman은 실천으로부터 연구의 분리 또는 이탈을 지적하고 있다.(Lagemann & Shulman, 1999)

실천으로부터 분리된 교육 연구는 현장에서 실천되고 있는 교육 상황 , 컨텍스트의 영향, 학습 결과의 발생적 특성, 학습의 복잡성, 예측을 위한 변인(요인) 등을 제대로 기술하지도 설명하지도 못한다. 실천과 분리된 연구 또는 그 결과는 교육을 어떻게 할 것인가를 결정할 때 요구되는 지식으로는 줄 수 없는 불완전한 지식 상태에 놓여있게 된다.

설계-실험 연구가 추구하는 가장 우선적인 목적은 연구와 실천을 엮어주는(묶는, 접목, intervention) 연구라고 본다. 연구와 실천을 묶어 실천에서 성공하도록 하는 연구는 매우 까다롭고 쉽지 않다. 교육 시스템, 학습시스템, 학습, 다양한 학습자, 다양한 교육적 needs 등 그 자체에 대한 연구가 완성된 것이 아니라 계속 변하고, 발전하고, 복잡하고 그리고 연구되고 있기 때문이다.

실천 대상이 가진 이러한 복합적이고 복잡계적인(complex system) 특성에도 불구하고 성과가 있는 교육이 이루어지도록 현장과 실천을 도울 수 있는 연구가 있다면 무엇을 어떻게 연구하여야 하는가? 라는 물음의 답으로 설계-실험 연구를 지지자들은 제안하고 있다.

성공을 만들어 내는 교육적 실천은 학습/교육 환경 조성부터 시작한다. 따라서 교육적 실천에 필요한 소재, 자원, 프로그램 등을 효과가 있도록 운영하기 위하여 이들을 적절하게 엮어야 한다. 다양한 다방면의 교육적-엮기(educational intervention)는 설계-실험 연구의 주요한 연구 대상이기까지 하다. 어떤 교육적-엮기가 학습을 일으킨다면, 특정한 교육적 설정 상황에서 교육적-엮기를 주의 깊게 조사할 필요가 있다. 그러나 특정한 교육 상황을 모델로 한 연구를 일반적 상황의 교육으로 일반화시키기에는 한계가 있다. 여기서 일반화의 수준 정도 범위 등 다양한 의미를 가진다. 따라서 일반화를 조심스럽게 사용할 필요가 있다. 교육적-엮기가 여러 교육 상황에서 성공한다면, 교육 상황을 다양하게 설정하여 부분적으로 성공을 거둔 제안된 교육적-엮기에 대한 일반화를 연구하게 된다. 이 경우의 일반화 연구는 또 다시 아직 답하여지지 않은 수많은 물음을 갖게 된다. 즉 교육적-엮기와 교육적 상황 사이의 상호 작용에 의하여 어떻게 학습이 일어나고 이루어지는가?

설계-실험 연구자들은 교육적-엮기를 상황-실천을 포괄하는 전체로(holistically) 보려고 한다. 좁은 의미로 교육적-엮기를 학습자료, 교사 그리고 학습자의 상호 작용을 통하여 시연되어 지는 교수/학습-엮기를 의미하기도 한다. 교수-학습을 교육적-엮기가 설계된 수업을 설계대로 시연하는 것으로 보는 측면이 있다. 이러한 관점에서 설계되고 시연되는 교육적-엮기는 컨텍스트의 생산물(product of context)이라고 본다. 따라서 교육적-엮기는 연구가 만들어 내는 생성물(outcomes)이다.

2. Brown & Collins 의 설계-실험 연구 개관

Collins와 Brown은 설계-실험이란 용어를 교육연구는 교육환경을 공학적으로 다루어 교육환경을 새롭게 만들고 개조하는 그리고 동시에 교육 환경의 혁신에 대한 실험을 수행하는 연구를 진행하는 교육 연구를 설명하기 위하여 사용하였다. (Brown, 1992; Collins, 1992)

즉 설계-실험 연구는 설계와 설계된 모든 개선 또는 혁신 전체를 실사하고, 탐사하고 개발하는 설계-개발 두 부분으로 구성된다.

설계-실험의 초점, 의도, 목적, 연구자의 역할 요약(Brown, 1992):

1) 설계와 연구 사이를 오가는 보완적인 상호작용을 강화하여 연구의 실천적인 관련성과 활용성을 높인다.

2) 이전 연구와 이론의 바탕 위에서 연구를 수행한다. 이때 연구자의 강조되는 역할은 a) 학습 환경을 설계하고, b)설계된 학습 환경을 교육상황에 맞추어 다듬고, c) 실제 교육 현장에서 실험하고 d) 구현하고 e)현장에서 교육을 수행하여 얻은 결과를 피드백을(feedback, 되돌려줌) 하여 줌으로서 설계된 교육의 실제 활용을 위하여 보완한다.

설계의 구현 범위는 교실 수업, 소수그룹/개인 학습, 교실 상황/ 컴퓨터 등 ICT사용, 학교 단위의 상황, 지역적 상황 등등 교육의 기초 단위부터 큰 지역 단위까지 연구 주제에 따라 정해진다.

3) 설계-실험의 관점에서 연구는 교실/학교/교사의 실험적 수업/학습에서 얻은 결과에 대하여 체계적인 프로그램을 갖추어 진행한다.

4) 체계적인 연구 프로그램을 수반하는 설계-실험 연구에서 강조되는 점은 다음과 같다.

설계-실험은 학생/학교의 학습/교육의 결과/성취가 어떻게 교육 생산성과 관련되어 있는지를 깊이 있게 이해하도록 만들어져야 한다.

반면 설계-실험의 연구의 관점인 현실 교육의 관련성과 개선을 최우선의 목표로 설정하지 않은 많은 기존 연구는 교육 현상의 문제 증상에 대증 요법적인 임상적인 방식의 연구를 시도하고 수행함으로서 깊이 있는 설명이 부족하며 따라서 문제된 교육 현실을 개선하기에는 매우 미흡하였다. 대체로 숫자에 불과한 학습 성과 또는 학교의 교육성과를 발표하는 정도의 한계를 자체로 가지고 있다.

5) 설계-실험 접근법의 대전제는 연구의 중요한 대상/목표로서 다양한 학습 방식들이 가능하여야 한다. 그렇게 되기 위하여 다양한 학습 방식이 교육 현장에서 이루어지도록 우선적으로 지원되어야 한다. 즉 다양한 학습 방식들이 교육 현장에서 발생하지 않으면 설계-실험 연구는 수행될 수 없다.

6) 설계-실험 제안자/지지자들은 다른 교육연구와 구별되는 설계-실험만의 특별한 연구 양상으로 다음과 같은 것을 주장한다.

a) 학문분야의 주제에 확고한 기반(뿌리)을 두고

b) 잘 연계되어 있는 현재 또는 장래의 고정된 연구의 관점 또는 주제들 보다는 긴급히 발생하고 있는 아이디어, 현실 교육에서 문제가 되고 있는 현장 과제에 초점을 맞추고

c) 교육 시스템 속의 다양한 층들/수준들의 특성/구조/양식 등을 인식/파악하고

d) 이들 연구 주제, 대상 ,목적 등에 맞추어 적절한 연구 방법을 도입하여

e) 다양한 연구 접근법을 사용하여 수렴하는 결론을 찾는 것이다.

A.Collins는 설계-실험과 심리학적 방법론과의 차이점 요약: (Collins, 1999)

1) 설계-실험의 실험 조건, 실험 환경의 설정/설치/조성은 연구의 활용의 관점에서 정교하게 만들어져야 한다.

반면 지금까지 일반적인 수학교육 연구의 실험 상황 설정은 연구의 목표를 현실 교육에 활용한다는 목표를 최우선으로 두고 있지 않았기 때문에 부족한 점들이 많았다. 또한 연구에 수반하는 실험은 학습자와 교사 사이의 상호작용(양방향) 보다는 일방향 발표 수업에 치중하였다.

실험실, 실험집단, 실험 상황의 왜곡을 피하기 위하여 설계-실험은 실제 학습 상황 안에 실험단위를 설정/구축하여 연구를 수행한다.

2) 하나의 종속 변수 vs... 복수의 다중 종속 변수

일반적인 심리학 연구에 수반하는 실험은 한 개의 종속 변수를 다룬다. 지금까지의 많은 교육 연구도 하나의 종속변수를 다루어 왔다. 현재는 여러 개의 종속 변수를 다룰 수 있는 기술, 장비 그리고 통계적 기법들이 발달하였다. 따라서 설계-실험은 중요하게 관련된 상호작용을 할 수도 있는 여러 개의 종속변수를 다룬다. 과거에는 다루기 어려웠던 그러한 종속변수의 예로서 교육/학습 분위기, 결과(outcomes), 성과 변수, 교육/학습 체계 변수 등이 있다.

3) 제어 변수 vs.. 상황 특성 파악하기

과거의 심리학적 실험에 바탕을 둔 교육 연구에서는 변수를 제어하는 방법을 사용하는 것이 일반적이었다.

그러나 설계-실험은 모든 변수를 구별하여 확인하고 찾아내고 각 변수의 본성(속성)을 밝혀내고 , 변수의 효과, 변수의 영향력 등의 크기와 범위 등을 밝혀내는 것이다.

4) 고정된 설계 vs.. 유연한 가변적인 설계

심리학 실험은 복제/반복이 허용되는 문서화된 고정된 실험 절차/과정을 수행함으로서 연구를 진행한다.

설계-실험은 완전하게 정의되어 있지 않은 계획에서 시작하여 연구가 어느 정도 진행되었을 때, 교육 현장에 적용/실천하여 보고, 그 성공의 정도에 따라 새로운 설계 내용을 보강하여 연구 계획, 설계 등을 수정/보완/개정을 하면서 연구를 일관되게 진행한다.

연구가 진행되어 감에 따라 교사의 지도 방법을 교육 현실에 사용할 수 있도록 정교하게 그리고 상세하게 개선하고 적절한 때에 개선점들을 수정 보완한다.

5) 사회적 고립 vs.. 사회적 상호작용

기존 연구의 실험 내용 결과 등은 표준화된 방식으로 실험소재와 자료를 제시하였다.

설계-실험의 실험은 교실 수업 상황처럼 복잡성을 가진 사회적 상황 속에서 수행된다. 따라서 실험 상황에서 연구와 관련된 설명력을 갖는 사회적 컨텍스트에 대한 자료와 내용을 제시한다.

6) 가설 검정 vs.. 프로파일 시안 계발

통계적 검정-실험에서 실험은: 한개 또는 둘 이상의 가설을 학습 변수의 조건을 체계적으로 변화시켜가면서 통계적 검정을 위한 실험을 수행한다.

설계-실험의 목적은 어떤 조건이 다른 효과/결과를 만들어 내는가를 알려는 또는 이해하는 것이다. 설계의 수많은 다양한 측면들을 관찰하고 조사하여 교육현장에 적용할 질적으로 우수한 경우에 따라서는 교육 현실에 확산시킬 수 있는 양적인 프로파일을 계발한다. 이렇게 만들어진 프로파일에 기초하여 교육현장에서 사용할 수 있는 시안으로 개발 또는 발전시킨다. 연구에서 만들어진 프로파일에 대한 최선의 평가 방식은 여러 교육적 그리고 실천

적 차원에서 프로파일을 바라보고 비교하여 봄으로서 이루어진다.

7) 실험자 vs... 실험 참여자

일반적인 설계의 감독/감리/통제/제어/조정/관리는 실험자에 의하여 유지되고 관리된다.

그러나 설계-실험에서는 다양한 참여자들이 설계를 계발하고 발전시키는 일에 관여한다.

기술 전문가, 인지 심리학자, 교사, 교육과정 계발자, 문화 전문가 등 다양한 전문성/전문가가 함께 모여 설계를 발전시켜간다.

3. 설계-실험 연구 사례

가) Jasper Series, CTG at Vanderbilt, 1992

1) 학습 환경: 학생들이 설계된 실세계 시나리오(scenarios) 학습 자료를 사용하여 계산 기술을 계발하고 습득하는 기회를 제공하여 주는 학습 환경을 조성

2) "anchored instruction"을 시연: "anchored instruction"은 학습 주제, 목적, 목표를 걸어 놓고 하는 지도법을 의미. 연구자들은 학습은 컨텍스트가 들어가야 이루어진다는 믿음을 가지고 연구를 수행.

3) 교육적-엮기:

a) 컨텍스트-학습 엮기(contextualized learning) 즉 실세계에서 경험 가능한 시나리오에 내재해 있는 컨텍스트를 수학 학습에 풍부하게 돌여오고 이들을 엮어 학습자의 계산 기능 계발이라는 목표에 도달하고자 함.

b) 학습과 학습자의 경험/체험 엮기 (learning-students' experience) 실세계와 접하면서 신체적, 정신적으로 구체화된 학습자의 경험을 바탕으로 하면, 학습은 더욱 강화되고 향상된다.

c) 교실수업-학습시리즈 엮기: 학습 효과를 얻기 위하여 학습 자료를 다양한 시리즈로 개발하여 교실 수업에 연속적으로 사용. 학습시리즈가 목표로 하는 학습의 닻-효과(anchored effect) 특성을 연구.

d) 실험/시연-이론 엮기:

(학습전이 이론) 학습전이와(transfer of learning) 관련된 연구 주제, 물음, 논점들을 이론으로 상세히 그리고 명확히 정리함.

(사회적 상호작용-메타인지) 학습자들의 사회적 상호작용이 메타인지(metacognition)에 어떻게 작용하고 그리고 어떤 역할을 하는지 밝힘.

나) BGuILE project(Reiser et al., 2001)

1) 연구 주제 (inquiry learning) : 생물학 분야의 탐구-학습을(inquiry learning) 지원하기 위한 연구

2) 연구 접근법 : 자료 분석과 설명 구성을 위하여 생물학 분야에 특별하게 맞추어진 scaffolds를 설계하고 고안하여 사용. 즉 학습자들이 다룰 artifact로 discipline-specific scaffolds를 고안

3) 설계-개발 진행 과정 :

-초기 설계 : 자료의 분석과 설명을 작성하는 소프트웨어 및 학습 활동 체계 개발 목표 설정

-학습활동 설계 : "자연 선택"의 여러 예시 수업 활동들 설계

4) 교육적-엮기 : technological scaffolds-social scaffolds 엮기
학습은 토론, 대화, 의사소통을 통하여 이루어진다. 학습자들의 과학적 토론, 대화 , 의사소통을 지원하여 주기 위한 교육적 엮기가 필요함.
생물학, 자료 분석용 소프트웨어를 포함한 과학기술적인 scaffolds와 학습 공동체로서 사회적 scaffolds 관계를 지속적으로 다듬어 주고 발전시키는 교육적-엮기를 통한 학습을 설계-시연-분석하는 연구를 수행
즉 전공 지식, 기술에 대한 scaffolds와 의사소통, 협동 등의 사회적 scaffolds 엮기.
5) 이론-시연 엮기, 연구 결론 얻기 :
-과학적 설명과(explanations) 논증에(arguments) 대한 학생의 이해에서 나타나는 다양한 심리(학)적 측면에 관한 새로운 발견
-학습에 활용하기 위하여 고안들(artifacts) 그리고 학습자들의 사회적 상호 작용의 역할에 대한 발견과 이해. 즉 artifacts-social interaction 엮기에 대한 연구
-학습에서 지식과 기술(skills) 개발이 갖는 복잡성에(complexity) 대한 통찰을 주는 발견
-학습 자료를 제공하고 학습자가 제공된 자료에서 지식과 기술을 자기 것으로 쌓도록 하는 교사의 역할에 대한 이해

설계-실험 연구 방법에 의하여 연구된 사례를 보면, 교육/학습을 위하여 필요한 다양한 교육적-엮기를 고안하고 실제 수업에서 시험한다. 교육적-엮기는 특별하게 설정된 교수-학습에 관한 이론적 주장을 구체화 한다. 또한 교육적-엮기는 이론, 설계된 고안(designed artifacts) 그리고 실천(practice) 사이의 관계에서 이해하고 있는 것들을 연구에 반영한다. 설계-실험 연구의 특별한 교육적-엮기는 다양한 교수-학습 이론의 발전에 기여한다.

연구자가 교육/학습 목표와 효과를 얻기 위하여 설계한 도구적인 고안(instrumental artifacts)으로 만들어진다. 그리고 이들 artifacts가 연구 과정에서 실제 시연 수업/학습에 사용되고, 연구자는 이들 artifacts 가 어떻게 작동하고 학습이 어떻게 발생하면서 학습자들이 학습 목표/효과에 도달하는지를 보는 것이다. 따라서 교육적-엮기가 설정된 학습의 변화하고 발생적인 양상들을 관찰하고, 다루고, 대응하는 방법들을 설계-실험 연구는 개발하여 사용한다. 교육적-엮기를 사용한 설계-실험 연구의 진술 형태의 전형적인 예는 다음과 같다.

{학습자}는, { 능력 }을, { }목표를 가진 , { }학습에 참여하여, {계발}한다.

학습자가 능력을 계발한다는 것은 다양한 학습 단계 또는 국면을 거쳐서 도달하는 과정이다. 따라서 설계-실험 연구는 발생적 양상을(emergent features) 다루는 연구 방법 개발에 많은 노력을 한다.

설계-실험은 연구자와 현장에서 교육을 수행하는 실천자가 함께 연구를 수행함으로서 교육적 현실, 현장, 관행 그리고 실천 등을 연계하여 의미 있는 교육의 변화를 만들려고 한다. 현장 실천자가 참여함으로서 교육 현장에 실재하는 교육적 컨텍스트에서 제기된 연구의 목표와 제한 조건, 의제(agenda), 개선점들을 반영하는 연구가 된다. 또한 교실 수업 상황에서 작용하는 수많은 학습 변수(인)들 사이의 관계를 밝힐 수 있고, 설계된 교육적-엮기의 핵심 요소들을 정교하게 현장에서 실천할 수 있도록 다듬을 수 있게 된다. 현장/현실 상황으로 해석할 수 있게 되고 그 결과 현장에 성공적인 교육적 구현을 이루어진다. 설계-실험에서 현장 교사가 연구 참여하는 연구의 유용한 활용의 관점에서 매우 중요하다.

설계-실험 연구는 학습과 관련된 상황 요소들을(contextual factors) 찾아내고 , 이들 요소

의 작용 메카니즘을 밝히고, 이들 요소의 교육적-역기의 본질을 이해하는 방식은 다른 교육 연구 방법이 가지고 있지 못한 큰 장점이다. 현재와 장래의 교육/학습에서 학습자들이 효과적으로 다양한 컨텍스트를 다루는 능력을 향상시키는 일은 모든 교육연구가 도전하여야 하는 큰 과제이다. 컨텍스트는 학습 주제, 내용에 내재된 컨텍스트 뿐만 아니라 학습 과정 중의 사회적 컨텍스트 그리고 학습 후 사회나 다른 학습 상황에서 학습을 전개하기 위한 학습 전이와 관련된 컨텍스트 등 대단히 복잡한 교육 연구의 영역이다. 즉 설계-실험 연구자는 복잡계으로서 교육/학습 시스템을 보며, 학습의 본질을 보다 넓은 관점에서 연구한다.

설계-실험 연구는 설계된 교육적-역기 그리고 컨텍스트 양자가 결합된 결과(물)을 가지고 성공적인 교육 혁신 또는 개선에 기여한다. 또한 발생적 또는 예측적 학습 이론의 발전을 추구한다.

4. 설계-실험과 수학교육 연구의 유용성에 대한 논의

설계-실험 연구 방법 개요와 연구 사례를 통하여 개략적인 설계-실험 연구의 모습을 살펴 보았다. 설계-실험 연구는 교육 연구의 교육 현장/현실 개선과 실천이라는 논의와 함께 등장하였다. 연구-설계 지지자인 Lesh는 이를 교육 연구가 유용성(usefulness) 또는 효용성을(utility) 가져야 한다고 주장한다. 수학교육 연구가 교육 현장에서의 실천과 어떻게 접목될 수 있는가? ("How can research in mathematics education related to practice?)라는 물음에 대한 답으로 설계-실험 방식의 연구를 제안하였다. (Lesh, 2003)

Lesh의 물음은 수학교육의 연구 및 목표가 지향하는 점들을 매우 분명하게 암시하고 있다. 따라서 거의 모든 수학교육 연구자는 명시적으로 또는 암묵적으로 자신의 연구가 교육 현장에서 실현되기를 기대하면서 연구를 수행한다.

그러나 연구와 실천의 접목은 실제로 물음처럼 간단한 것은 아니다. 지금까지 수행된 수많은 수학교육 연구 중에서 실질적으로 교육적 실천에 유용한 도움을 주는 연구는 생각보다 어렵다. 왜냐하면 교육연구가 실천에 접목되기 위하여 현실에 적용하기 위한 추가적인 연구 그리고 교육 시스템의 여러 하부 구조 및 요소의 참여 , 교육 관행 및 제도들이 따라야 한다.

연구와 실천의 관련성에 대한 물음은 지금까지 자신들의 연구에 대하여 수학교육 연구자들을 자신이 얼마나 자신의 연구가 교육 현장 및 현실에 어떤 유용함을 줄 수 있는 연구였던가를 자문하고 반성하게 되었다. 교육 연구가 추구하는 목표와 가치를 실천이라는 관점에서 새롭게 의식하기 시작하였다. 이러한 점은 21세기에 변화하는 교육의 다양한 모습을 볼 때 시사하는 바가 크다.

Lesh는 "수학교육에 유용한 연구"를 논의하기 위하여 다음 물음을 제기하였다:

> 어떤 형태의 설계가 수학 교육 연구에서 특별히 유용하다고 입증되었는가?
> 수학교육 연구의 유용함 , 효력, 공유-가능성 그리고 증거-누적성 등을
> 향상시키거나 평가하기 위하여 어떤 원칙들이 있는가? (Lesh, 2003)

수학교육 연구 방법 중에서 최근 수학, 과학 교육 연구에 큰 관심을 일으키고 있는 "설계-실험(design experiments)" 방식의 연구에 특별한 관심을 가져야 한다고 주장하였다. 학습자의 사고를 내보이는 고안물들(learner thought-revealing artifacts)을 설계하는 것이 설계-실험이 가져야하는 목적 중의 하나라고 보고 있다.

Lesh는 기존 수학교육 연구에 대한 두 가지 회고와 반성에서 유용성을 갖춘 수학교육 연

구의 방향을 찾고자 하였다.

1) 수학교육 연구의 발전 수준은 요구되고 있는 수준에 훨씬 못 미치고 있고

2) 교육 현장에서 실천하는 교육자들이 제기한 우선순위가 높은 중요한 많은 현안 문제에 관심이 부족하다. (Lesh, 2003)

수학교육 연구에서 새롭게 강조되어야 할 부분을 Kelly & Lesh는 다음과 같이 요약하고 있다. 특히 수학교육 연구의 규모, 학제적 성격, 실천/실용/결과활용 측면들이 강조되어야 한다고 보고 있다. (Kelly & Lesh, 2000)

표 1. Some Shifts in Emphasis in Educational Research in Mathematics and Science

덜 강조되어야 할 부분:	보다 강조되어야 할 부분:
연구자는 연구에서 객관적 입장을 견지하기 위하여 적절한 위치에 떨어져 있어야한다.	연구자는 연구에 참여하며, 참여자-관찰자의 역할을 병행한다.
연구자는 전문가이며 판정자이다. 규정에 의한 처방된 수단(척도)을 사용하여 지식 전달의 결과 또는 효과를 측정/판정 한다.	연구자는 지식의 공동-생산자이다 연구자는 연구에서 학습자-청취자 이다. 연구 주제의 관점에서 가치를 매기고 스스로 교육을 수행한다.
학습자 : 교실에서 타인과 상호작용이 없는 폐쇄된 수동적 그리고 홀로하는 학습자	학습자 : 개인적-사회적 컨텍스트 속의 학습자 교실은 스스로 조직하고 관리하는 복합적 시스템
단순한 원인-결과 또는 상관 모형	복잡성 복잡계 이론, 시스템적 사고 , 시스템의 변화 조직화된/진화적 학습 등 다양한 학습 모형
변인(요인)이 있는지에 대한 통계적 검사	인간-문화를 연구하는 지식과 기술 문제-관찰-방법-이론을 엮는 상황 검사와 기술
방법의 일반적 적용/응용	주제 구성, 구성된 주제들의 함의 의미를 정하기 위한 내용, 주제, 방법의 결합
성과, 효과의 일회성 측정 사전-사후 측정 단순 종합	피드백이 포함된 관측 사이클을 사용하여 복잡한 행위(동) 양식을 반복하는 체계적인 관측 비디오 등 첨단 ICT 관측 장비의 사용
학습의 표준화된 검사 척도 또는 선다형 측정	다중센서/다중매체 자료 소스, 모의실험 수행-상태, 수행-수단, 수행-패턴, 수행-결과를 포괄하는 다면 평가
학습 성과 측정 : 표준-검사의 평균	내용 모형의 상세성 세련성, 복잡성 평가 모형 개발의 과정, 수행 중심 평가 평가에 대한 개념적 발전
수치에 대한 과도한 단적인 의존성 수치의 외견(외양) 정확(밀)도에 대한 단순한 관점	측정의 조건, 제약에 대한 의식, 인식, 이해 역동적인 상호작용을 하는 학습현장 영상 자료 또는 표현물의 활용
교육과정을 주어진 것으로 받아들이는 교육과정의 수동적인 정적인 수용	교육과정의 재개념화 재개념화된 교육과정의 과학적 체계적 평가

Lesh의 수학교육 연구의 유용성에 대한 물음과 새롭게 강조되어야 할 연구 주제, 내용 , 성격 등은 교육이 변화하고 있는 현 시점에서 시사하는 바가 적지 않다.

Ⅲ. 결론 및 제언

설계-실험 연구는 연구-이론-실천을 일관되게 종합적으로 다룸으로서 교육 현장/현실을 실질적으로 개선하려는 목적을 가지고 있다. 설계-실험은 복잡성을 갖는 교육적-엮기를 설계하고 현장에서 시연하는 경험적 연구를 추구한다. 따라서 연구는 객관성(objectivity), 신뢰성(reliability), 유효성(타당성, validity) 등을 과학적 연구의 질적 요소를 갖추어야 한다.

설계-실험 연구의 특징인 현장 시연, 교육 실천가의 참여, 다양한 교육/학습 컨텍스트, 복잡한 교육적-엮기 등은 장기간에(long-term) 걸친, 다양한 전문가들, 다양한 교육/학습/지도 자료의 개발 등 연구의 규모면에서 기존의 연구보다 크다.

설계-실험 연구를 구성하는 요소들:

설명력이 다양한 출처에서 얻은 풍부한 자료 집합들 , 자료의 체계적 분석, 잘 정의된 측정 또는 절차, 자료 해석의 전문성, 학습에 편리한 교육적-엮기 설계, 교육적-엮기에 대한 지지와 비판, 교육/학습용 artifacts, artifacts의 역할 또는 용도에 대한 가정, 출처 자료와 교육 시연 현상 또는 결과의 연결, 연구를 기술하는 문서화, 연구 결과 보고서, 연구 결론을 입증하는 결정적인 증거 찾기 또는 수집, 이론-시연-실천 엮기와 설명력, 시연 내용 및 과정,

연구 결과 또는 측정의 신뢰성은 자료 다양한 출처, 반복적인 시연(실험), 표준화된 측정 또는 도구의 사용으로 판단될 수 있다.

연구의 재생성(replication)은 일반적인 교육 연구보다 판단하기 어렵다. 설계-실험에 참여하는 수많은 연구가, 설계자, 교사, 학습자들이 자기 위치에서 교육/학습과 관련된 의사결정을 내리면서 연구는 진행된다. 따라서 교육적-엮기의 재생은 일반적으로 불가능하다. 또한 현재 다루고 있는 이론 또는 모델에 의미 있는 정보를 주는 발생적 학습 현상을 좇는 연구를 병행하게 된다.

설계-실험 연구에서 학습의 원인-결과를 찾고 해독하는 것은 매우 어렵다.

연구의 유효성(타당성)은 연구에 참여한 현장 교육 실천가의 협력과 연구의 반복 또는 복제 수준에 의하여 판단된다. 이를 위하여 연구는 이론-설계-시연-측정을 현장/현실 교육에 맞도록 지속적으로 조정한다. 이는 공학적인 용어로 시제품(prototypes)를 개발하여 시장에서 고객의 욕구에(needs) 맞추어 성공할 수 있는 상품으로 다듬는 과정으로 비유할 수 있다. 설계-실험 연구자는 교육 현장에서 활용되는 연구의 효용성과 유효성에 더 많은 가치를 두고 있다.

설계-실험 연구에 동원되는 인적, 물적 자원들 그리고 복잡한 교육적-엮기, 연구 진행 절차와 연구 참여자의 스케줄, 시연 스케줄 등을 전체적으로 관리하는 연구 자원 관리(logistical managements)는 어려운 도전 문제이다. 특히 연구에 참여한 현장 교사와 연구자 사이의 협력관계를(partnership) 지속적으로 한결같이 유지할 수 있느냐는 연구의 성공 여부를 좌우한다. 수많은 연구 스케줄과 자원을 어떻게 유연하게 관리하여 여러 연구 경로들이 순조롭게 진행하고 발전하도록 하는 연구의 유연성을 갖추는 기획도 중요한 도전 과제이다.

설계-실험 연구는 교육 실천에 유용하게 활용할 수 있는 지식을 얻는 것이다. 교육 현장에 유용하게 활용할 수 있는 지식은 복잡한 교육 문제를 단순하게 만드는 것이 절대로 아니다. 다시 한번 강조할 점은 교육 현장 컨텍스트의 중요성을 존중하고 고려하는 연구 방법의

발전이 계속 이루어져야 한다는 점이다.

한국의 교육 시스템에 필요한 시사점은 설계-실험 연구와 같은 교육 현장에 대한 연구 없이 큰 규모의 국가적 또는 지역적 교육 정책의 변경을 교육 현장에 무모하게 시험하지 말라는 것이다.

끝으로 설계-실험 연구의 전망과 앞으로의 과제로 다음 4 가지를 들 수 있다.

1)가능성 있는 새로운 교수/학습 환경을 탐구하고 개척,

2) 교수-학습-컨텍스트를 포괄적으로 설명하는 다양한 이론(contextualized theories) 개발

3)설계-실험에 의하여 연구된 지식의 체계적 정리 및 축적

4)교육 현장/현실 개선(혁신)을 지원할 수 있는 연구 역량(능력) 배양

참 고 문 헌

Brown, A. L. (1992). Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions. The Journal of the Learning Sciences, 2, 137-178.

Cobb, P., & Bowers, J. (2003). Cognitive and situated learning perspectives in theory and practice. Educational Researcher., Vol. 32,No. 1, pp. 9-13

Cobb, P., diSessa, A., Lehrer, & R., Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. Educational Researcher, 32(1), 9-13.

Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), New directions in educational technology (pp. 15-22). New York: Springer-Verlag.

Collins, A. (1999). The changing infrastructure of education research. Issues in education research, chapter 13, edited by E.C. Lagemann and L.S. Schulman, San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Cognition and Technology Group at Vanderbilt (CTGV). (1992). The Jasper Series as an Example of Anchored Instruction: Theory, Program Description, and Assessment Data. Educational Psychologist, 27(3), 291-315.

Design-Based Research Collaborative. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. Educational Researcher, 32(1), 5-8.

Doerr, H. & Lesh, R. (in press). Beyond Constructivism: A Models & Modeling Perspective on Mathematics Problem Solving, Learning, & Teaching. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Ducharme, M. K., Licklider, B. L., Matthes, W. A., & Vannatta, R. A. (1995). Conceptual and analysis criteria: A process for identifying quality educational research. Des Moines, IA: FINE Foundation.

Eisenhart, M. A, & Howe, K. R. (1992). Validity in educational research. In The handbook of qualitative research in education, edited by M.D. LeCompte, W.L. Millroy, and J. Preissle. New York: Academic Press.

Fernandez, C., Rankin, S., & Stigler, J. (1997). Videographics handbook: Video tape

procedures for TIMSS. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). Duplicated.

Frecktling, (1998). Research methodologies in mathematics& science education. Washington, D.C: National Science Foundation.

Hoadley, C. P. (2002). Creating context: Design-based research in creating and understanding CSCL. Proceedings of Computer Support for Cooperative Learning, Boulder,

Kelly, A. E., & Lesh, R. (2000). Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Lesh, R. (2003). Research design in mathematics education: Focusing on design experiments. In L. English (Ed.) Handbook of International Research in Mathematics Education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Lagemann, E. (2002). An elusive science: The troubling history ofeducation research. Chicago: Chicago University Press.

National Research Council. (2002). Scientific research in education. (R.J.Shavelson & L. Towne, Eds.). Washington, D.C: National Academy Press.

Reiser, B. J., Tabak, I., Sandoval, W. A., Smith, B. K., Steinmuller, F., & Leone, A. J. (2001). BGuILE: Strategic and conceptual scaffolds for scientific inquiry in biology classrooms.In S. M. Carver & D. Klahr (Eds.), Cognition and instruction: 25 years of progress. Mahwah, NJ:Lawrence Erlbaum.

Schoenfeld, A. H. (in press). Design experiments. In P. B. Elmore, G.Camilli, &J. Green (Eds.), Complementary methods for research in education. Washington, DC: AERA.

Sowder, J. T. (1998). Ethics in mathematics education research. In Mathematics education as a research domain: A search for identity, Book 2, edited by A. Sierpinska and J. Kilpatrick, pp. 427-442. Kluwer Academic.

Spindler, G., & Spindler, L. (1992). Cultural process and ethnography: An anthropological perspective. In The handbook of qualitative research in education, edited by MD LeCompte, W. L. Millroy, and J. Preissle. New York: Academic Press.

Sierpinska, A. & Kilpatrick, J. (1998) Mathematics education as a research domain: a search for identity. The Netherlands: Kluwer Academic.

Design-Experiment Research in Mathematics Education

Chung, Chy-Bong[2)]

Abstract

Researchers in education intend and aspire to improve education practice. Researches should provide practical knowledge, instruments, teaching/learning skills which are needed in real educational environments. Research should closely related to practice. Design-experiment researches intend to promote and help education innovation. A variety of design experiment researches are presented with their characteristics, methods, goals, principles, case studies, prospects.

Key Words : Design-experiment research, Research & practice, Educational invention, Contextual theory, Mathematical experimental tools

2) Soonchunhyang University, Department of Math. Edu. (cbchung@sch.ac.kr)