

대학에서의 수학교육 환경 - 현재와 미래

Learning Environment at College Mathematics Education -
Current Status and Future Directions

김 덕 선 (성균관대학교)

양 정 모 (포항공과대학교)

이 상 구 (성균관대학교)¹⁾

“2002년 학술진흥재단 대학교육과정개발연구”의 성균관대학교의 9과제 중 하나로 3분야인 “신규교과목 또는 교수학습 방법개발” 과제로 대학에서의 “수학강좌의 효과적인 교수-학습 모델 개발 연구 (선형대수학, 미적분학, 이산수학을 중심으로)” 내용과 그 부산물인 콘텐츠를 소개하고, 이를 효과적으로 이용하기 위하여 개발한 새로운 강의 환경과 교수법을 소개한다. 이어서 현재 국내외에서 활발히 연구가 시작되고 있는 “대학에서의 수학교육” 내용을 소개한 후 대학에서 개발되고 검증된 이런 교수법과 교육환경이 중등학교의 수학 교육 현장에 주는 의미에 대하여 논의한다.

1. 연구의 동기

전국의 대학과 학회 차원에서는 그동안 학부제로 변한 교육환경의 변화에 대한 다양한 적응노력이 있었으며, 7차 교육과정 수행학생의 2005년 대학입학에 따른 대비가 적극적으로 진행 중이다.

저자는 급변하는 교육 환경에서 우리나라가 지속적인 국제 경쟁력을 유지하기 위한 현재와 미래의 대학 수학교육에 대하여 생각해 보고자 한다. 실제로 대한민국은 국제수학올림피아드(IMO)에서 세계 4-6위를 유지하고, 국제과학, 창의력, 정보화, 기능 등의 경진대회에서 국제적으로 최상위의 우수한 성적을 기록해 온 우리의 학생과 입시중심교육이라는 단점에도 불구하고 국제적으로 인정받는 높은 학력의 고교생을 배출하는 수월성 있는 중등교육과정과 교육방법을 갖고 있다. 이러한 중등교육을 통하여 선발된 우수한 자원을 받은 대학은 이런 인재를 4년 후 세계 속에서 경쟁력을 갖고 이 나라의 미래를 책임질 국가의 동량으로 배출하는 효과적인 고등교육 기관으로서의 기능을 유지하도록 노력해야만 한다고 생각한다. 그리고 적극적으로 이를 위한 노력을 기울여야 할 때가 바로 지금이라는 공감대가 이미 이루어져있다.

20세기에 안정된 기초 수학 강좌를 확보하고 있던 수학과는 20세기 후반에 개발된 교육 환경의 변화를 받아들여 교육 내용과 교육 방법, 교육 과정을 개선하는데 소극적이었다고 생각한다. 그러나

1) Corresponding author, 발표자, sglee@skku.edu

This work is supported in part by Com²MaC-KOSEF and Korea Research Foundation

대학이 학부제로 운영됨에 따라서 대학에서의 교육 환경과 교과과정 및 교육 방법에도 많은 변화가 있었다. 한 예로 전공간의 차이가 줄어들면서 현대사회에서 필요로 하는 암호론, 금융수학, 보험수학 등과 같은 과목이 수학전공 학생들에게 필요하게 되었으며 선형대수학, 미적분학, 이산수학과 같은 수학 과목은 경상계열이나 공학계 학생들에게 필수적인 과목이 되었다. 따라서 다양한 전공의 학생이 동시에 수강하는 기초 과목인 선형대수학, 미적분학, 이산수학 같은 주요 수학 전공과목을 수학 전공 학생들만 대상으로 하던 예전의 방법으로 강의를 하는 과정에서 여러 가지 문제점이 생길 수 있다. 이산수학은 이미 고교 과정에서 강의가 시작되어 “다양한 부교재와 효과적인 교수법 개발” 및 이를 이용한 교사의 “In Service 교육”이 절대적으로 필요한 시점이다.

저자는 본 논문을 통해 지난 반세기 동안의 교육 환경 변화를 적극적으로 반영하여 자체적으로 개발한 다양한 멀티미디어 콘텐츠와 다른 연구팀이 개발한 도구를 적극적으로 활용하여 모든 교수들과 공유할 수 있고 대학에서 제공될 수 있는 주요 서비스 수학 강좌로서 선형대수학, 미적분학, 이산수학을 중심으로 개발된 효과적인 교수-학습 모델을 보여주하고자 한다. 자체 개발한 멀티미디어 콘텐츠와 개선된 교육 환경을 적극적이고 효과적으로 우리의 강의실에 수용함으로써 학생들의 능동적이고 창의적인 학습을 가능하게 하는 대학 수학교육의 새로운 모델을 개발하여 실제 강의실에 적용한 내용을 보이고자 한다.

대입 수학능력시험이라는 획일적인 평가 기준에 맞추어 고교시절 개성 있는 교육을 제한 받았던 학생들에게 대학에서 우리는 다양한 방법으로 각 학생에게 필요한 지식을 나름대로의 진도에 따라 강좌의 목표에 이르도록 지도해야 할 의무가 있다. 따라서 현대 수학을 지도하는 우리는 현존하는 과학 기술을 최대한 이용하여 강의실에서는 물론 수업 후에도 학생 스스로 교재의 내용에 직접 접하도록 함으로서 새로운 흥미와 동기를 부여하고자 한다. 이를 위하여 컴퓨터와 인터넷의 효과적인 이용 방법을 개발하고자 하였다. 특히 기존에 개발된 자료를 효과적으로 이용하여 오프라인(Off-line) 환경인 강의실에서 적절히 보여주고, 이런 도구를 온라인(On-line)상에서 학생들의 능동적인 스스로 학습과 탐구는 물론 효과적인 내용을 이해하고 적용하는 교수방법이 효과적이었다.

본 연구진은 처음에는 멀티미디어 강의실이 아니라 기존의 일반 강의실에서 시작하였지만 나중에는 최적의 멀티미디어 강의실을 만들고 그 안에서 학습을 하였고, 관련된 참고자료가 세계 어느 곳에 있던 최신의 정보와 자료에 접속하여 수업 중에도 바로 보여주었다. 또한 동영상을 이용하여 시각적으로 복잡한 수학적 개념을 이해하고, 실제로 복잡도가 높은 계산을 온라인상의 무료의 도구를 이용하여 계산하기도 하였으며, 그 결과를 바로 눈으로 확인하며 학생들로 하여금 다양한 경우를 상상하여 미지의 사실을 예측하도록 하는 과정을 경험하도록 하였다.

2. “대학에서의 수학교육” 연구의 현재 (AMS-MAA, IAS, KMS, KSME)

지난 10년간 선진국 대학에서의 수학 교재는 크게 변해왔으며, 다양한 도구와 교수법의 적용과 관련 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 그 예의 하나가 MAA²⁾의 Journal of Online Mathematics and

its Applications(<http://www.joma.org/>)이며, MAA가 대학에서의 수학교육과 Technology를 주요 이슈로 다루게 되는데 더하여, AMS³⁾도 별도의 교육위원회를 구성하였으며 이미 AMS가 출판한 대학수학교육 연구 자료의 발표 자료집은 50권에 이른다. 또, 미국과학재단 (NSF)은 “학부생을 위한 기초학문의 연구 경험”을 주는 Research Experience for Undergraduates(REU) 여름 프로그램⁴⁾에 집중 지원해 오고 있다. 지난 10년간 수학 분야만 보아도 매년 30-40개 대학에서 500-600여명의 학부 학생이 기본적인 수학의 지식을 가지고 방학 중에 지도 교수와 함께 수학의 기초 또는 응용문제를 해결하여 논문이나 프로젝트를 발표해 오고 있다. 순수 수학의 정수를 이끄는 프린스턴 Institute for Advanced Study(IAS)에서도 매년 여름 Park City Mathematics Institute(PCMI)를 통하여 순수수학 연구와 함께 1997년 Mathematics Education Research Program(ER)이란 이름으로 “대학수학교육연구” 프로그램을 시작한 후, 1998년에는 “대학에서의 선형대수학 교육⁵⁾”을 주제로, 99년에는 “수학적 이해와 증명”, 등으로 점점 수학교육에 관한 연구에 비중을 높이며 올해도 7월 11일-31일 사이에 Utah의 Park City에서 1개의 Mathematics Researchers Program인 “Geometric Combinatorics”와 High School Teacher Program, Mathematics Education Researcher’s Program, Undergraduate Faculty Program, Undergraduate Student Program, Graduate Summer Session이라는 5개의 수학교육프로그램을 운영한다. 위에서 보듯이 대학과 관련한 수학교육은 이미 MAA, AMS는 물론 프린스턴 IAS에서도 주요 주제로 자리 잡고 있다.

국내에서의 대학수학교육 환경도 크게 변해왔다. 한국수학교육학회와 대한수학교육학회에서의 대학수학교육에 관한 대폭적인 연구 활동이 확대되었고, 대한수학회에서도 2001년부터 대학수학교육이사를 새로 위촉하고, 2권의 “수학교육포럼”을 대학수학교육을 주제로 발간하였으며, 매 정기 학술대회에서 수학교육분과의 대학수학교육 Special Session이 열리고 있으며, 2004년부터는 대한수학회 논문집에 대학수학교육 논문이 실리고 있다. 또 대한수학회 소식지에는 지속적으로 대학수학교육 관련 원고가 실리고 있으며, 한국학술진흥재단은 지난 수년간 대학 멀티미디어콘텐츠 개발과제, 대학교육과정 연구과제, 대학교과교육과제, 교사양성기관에서의 수학교육 등의 다양한 대학수학교육관련 과제를 공모하여 지원하고 있다. 이와 관련하여 대학수학교육관련 교수의 저변은 빠르게 넓어지고 있다. 특히 학부제하의 대학에서 서비스과목으로 수학을 강의하는 많은 수학교수는 다양한 방법을 개발하여 다양한 전공의 학생들에게 수학을 효과적으로 지도하는 노력을 기울이고 있고, 그 결과로 매우 새로운 형식의 수학 교재가 탄생하고 있다. 외국에서는 College Math Journal와 Math. Monthly 등의 통로를 통해 적극적인 대학수학교육에서 창출된 연구결과가 실리는데 비하여, 우리는 단지 수학교육

2) The Mathematical Association of America

3) American Mathematical Society

4) http://www.nsf.gov/home/crssprgm/reu/list_result.cfm?unitid=5044 와
<http://www.ams.org/employment/reu.html>

5) <http://pcmi.knox.edu>.

학제널과 수학연구논문지널만을 가지고 있음은 매우 아쉬운 일이다. 우리는 21세기의 초입에서 전국의 종합대학, 사범대학, 교육대학, 전문대학에서 학부수학을 적극적으로 연구하여 교육하는 수많은 수학교수가 창출해내는 살아있는 수학적 발견과 흥미 있는 수학적 아이디어, 교수와 학생에게 도움이 되는 독창적인 교육내용 및 방법을 연구 논문으로 발표할 수 있는 “한국의 대학수학교육 관련 저널”의 탄생을 더 이상 미룰 수 없는 시점에 서 있다. 특히, 한국의 수학자에게 학부수학교육의 비중은 다른 어떤 나라의 수학자에 비하여도 크며, 교육에 대한 열정 또한 대단하다. 이런 시점에 국내에 대학수학교육에 관한 새로운 연구결과를 발표하는 바람직한 장이 마련된다면 짧은 시간에 국제적인 경쟁력을 가진 독창적인 결과가 봇물이 터지듯이 활발해질 시점에 서 있다.

3. 본 연구진이 개발한 자료

교육인적자원부의 「대학정보화활성화종합방안, e-Campus Vision 2007(2003~2007)」은 5대 목표로 5년간 약 7,000억원을 투자하여 ① 교육, 학술·연구 전 분야의 정보화 촉진 ② 투명하고 생산적인 대학 행정서비스 구현 ③ 대학구성원의 정보 활용 능력 제고를 통한 대학사회 전반의 정보화를 촉진 ④ 사이버공간의 안전성 보장 및 정보통신 인프라의 고도화, 법·제도 정비 추진과 ⑤ 정보화를 통한 국·내외 사회봉사를 제시하였다. 이 중 첫 번째 중점추진과제가 e-Learning 기반확충이며 내용은 (1) 2007년까지 전체 대학 강의실의 70%를 「e-강의실」로 전환 보급 (2) 권역별로 「e-Learning 지원센터」를 구축 (3) 한국교육학술정보원 등에 「분야별 우수 교육컨텐츠 Pool」을 만들어 대학간, 연구자간 공동 활용 체제를 구축 (4) 「초고속 선도망」을 활용한 미래형 인터넷 공동 강의·세미나 등을 포함된다. 지난 5월 29일 교육부 보도 자료에 따르면 2004년 경상대학교를 「e-Learning 지원센터」로 선정하여, 정부가 올해 7억원을 지원하고, 경남권 46개 대학중 34개 대학, 경상남도, 경남교육청, 울산광역시, 울산교육청 등은 참여하며, 향후 5년간 55억원의 재원을 별도 투자하여 경남도의 대학에서의 e-Learning을 지원한다고 한다.

특히 「e-강의실」에 대한 지원은 이미 2003년부터 시작되어 교육부의 「e-강의실」 정의에 따라, 각 대학은 지난해부터 인터넷이 연결된 교수용 PC, 학생 노트북용 Wireless Access Point, Beam Projector, 전동스크린, 음향기기가 설치된 멀티미디어 강의실을 확보해 가고 있다. 이에 발맞추어 현대 수학을 지도하는 우리는 현존하는 과학 기술을 최대한 이용하여 e-Campus Vision 2007의 목표수행에 큰 축을 담당해야한다고 생각한다.

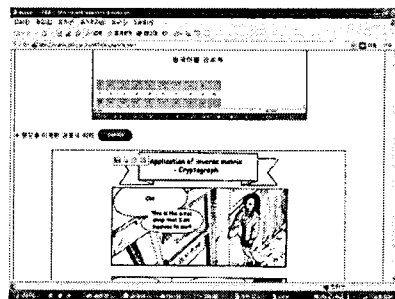
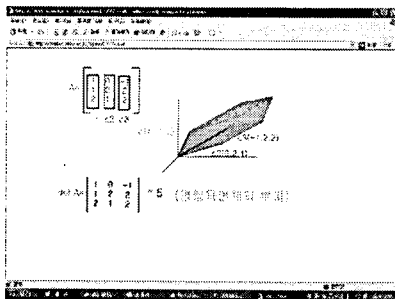
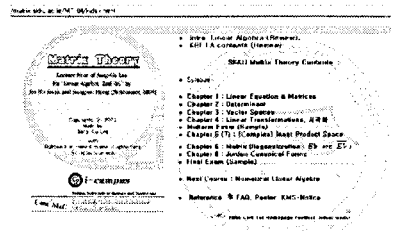
본 연구진은 위의 e-Campus Vision의 방향과 같이 하여, 정부의 지원 및 대학의 대응 자금을 바탕으로 새로 마련한 “첨단 e+강의실”과 자체 디자인하여 개발한 “전자 교탁”을 이용한 새로운 대학수학교육 환경을 마련하였으며 이를 직접 강의에 이용하며 강의 모델을 개발하였다. 이 시스템을 이용해 저장된 강의 기록은 수업 후에도 학생 스스로 직접 접하도록 함으로서 새로운 교재와 추가 학습 동기를 부여한다. 이는 컴퓨터와 인터넷의 효과적인 이용을 바탕으로 이뤄지며 기존의 오프라인

(Off-line) 환경인 강의실과 자기주도적인 학습이 가능한 온라인(On-line)을 동시에 수업의 현장으로 이용하는 Blended Learning의 한 모델을 제시하는 것이다. 선형변환 개념의 시각적 이해를 위한 Flash tools, Animations, JAVA Applets 모음집을 다음 주소(<http://matrix.skku.ac.kr/sglee/LT/>)에서 볼 수 있으며 본 논문에서는 학술진흥재단 대학교육의 제 3 주제였던 수학에서의 “신규교과목 또는 교수학습 방법개발” 분야에서 개발된 다음과 같은 구체적인 결과물들을 소개하기로 한다.

가. 2003년 1학기 “행렬론 강좌”의 강의록

본 연구 과제를 수행하며 만든 2003년 1학기 “행렬론 강좌”의 강의록이 한국과학문화재단이 후원하고 대한수학회가 주관한 제 1회 대한수학회 수학홈페이지 페스티벌에서 은상을 수상하였다. 이 콘텐츠(<http://matrix.skku.ac.kr/MT-04/>)는 교재 “Linear Algebra, by Jin Ho Kwak and Sungpyo Hong, Birhauser, 1997”을 수년간 이용하며 마련한 강의록을 중심으로 저자와 학생들의 적극적인 참여에 힘입어 제작하였다.

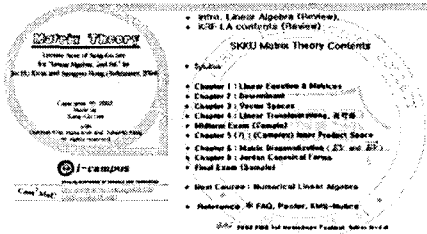
본 Matrix Theory(행렬론)의 강의 홈페이지는 강의에 필요한 교안은 물론, 수업시간에 다루지 못했던 읽을거리, 연습문제 풀이, 토론, 애니메이션, 자바 및 플래시를 포함한 공학적 도구, 다양한 문제를 모두 포함한다. 또한 수업과 병행해서 이용할 수 있는 강의 계획서, 읽을거리, 지난 시험, 과제, 교재안의 모든 연습문제의 답, 모든 질문에 대한 답, 프로젝트 등 생각할 수 있는 모든 자료를 포함하고 있다. 나아가 선행 및 후속학습 내용으로서 선형대수학에서 시작하여 행렬론, 조합적 행렬론, 수치적 행렬론에 이르는 분야까지 기존의 교재에서 배울 수 있는 내용과 최신의 기술과 다년간 축적된 디지털 강의경험을 바탕으로 제작된 Interactive한 도구를 모두 장착한 새로운 모델을 제시한 것이며 대학에서 가르치고 배우는 모든 수학인에게 도움이 될 자료라고 생각한다.



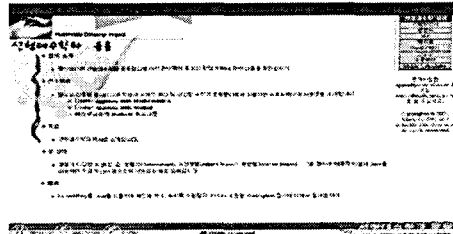
(행렬식의 시각적인 이해를 주는 애니메이션과 플래시 자료의 예)

본 행렬론 강좌 홈페이지의 구체적인 내용을 그림과 함께 소개하면 다음과 같다.

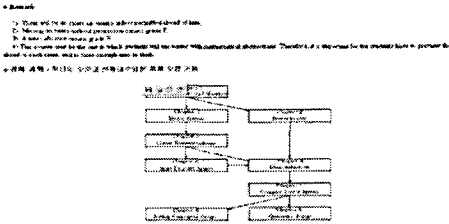
① Main Home 화면



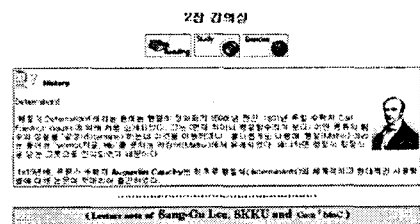
② 본 강의에 앞서 학습해야할 선행학습



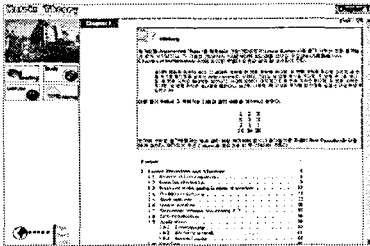
③ 강의계획서(Syllabus)



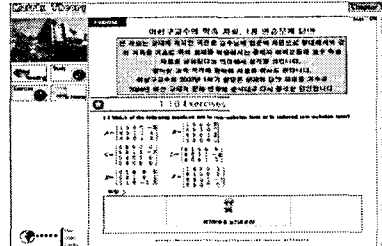
④ 읽거리(reading)와 주제에 관련된 수학자 소개



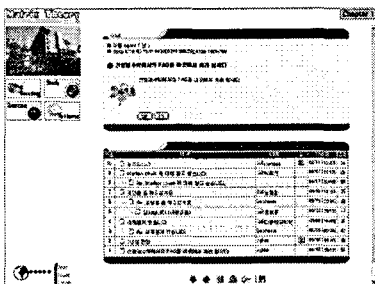
⑤ 본 강의(Study)



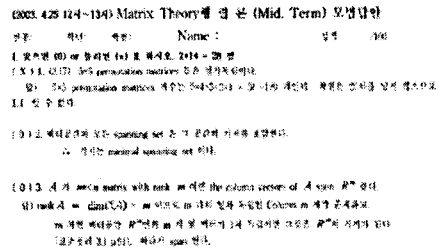
⑥ 연습문제와 모든 풀이집



⑦ 질문과 답을 얻을 수 있는 게시판



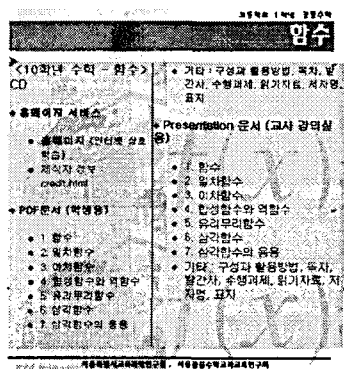
⑧ 중간 및 Final Test 샘플문제 및 모범답안 및 후속 강의 정보



위와 같은 구조로 1-8장에 이르는 교재 전체의 내용이 전개된다. 자세한 내용은 아래 대학에서 운영되는 웹 사이트 <http://matrix.skku.ac.kr/MT-04/>에서 찾아 볼 수 있다.

나. 자기 주도적 학습 자료(고교 1년과정 함수부분)

본 연구진이 개발한 공학적 도구 및 대학교육의 콘텐츠를 바탕으로 고교 1년 과정의 함수 부분의 자기 주도적 학습 자료 역시 중등현장 개발진을 중심으로 개발되었다. 실제 중등현장의 온라인 강의 자료로서 좋은 모델이며 활용할 만하다. (<http://matrix.skku.ac.kr/sglee/2002-K10/start.htm>, 고등학교 1학년 함수)



- 프로젝트 내역 -
- 프로젝트명 : 수준별 교육과정대 근거한 자기주도적 수학 학습 프로젝트
 - 프로젝트 부재 : - ICT 통합을 통한 탐구 중심 수형평가 도구개발 -
 - 제작 후 지원 : 서울특별시교육과학연구원, 서울중등수학교육연구회
-
- 교재 개발진 -
- 대표책임위원 : 중등교육학과 김은태
 - 개발위원 :
 - 동명고등학교 심문수
 - 동명고등학교 윤진철
 - 동명고등학교 이희현
 - 예성여자고등학교 남선주
 - 동명고등학교 이수정
 - 연일여자고등학교 조탁성
 - 동명중학교 윤지숙
 - 동명중학교 박지현
 - 인턴넷 개발 연구보조 : 성균관대 수학과 김학복 (김희선, 변현승, 박현국, 윤영준)
 - 지원위원 : 성균관대 수학과 교수 이상구
 - '교재의 그래픽' 및 '저차 방정식' 개발자 : 성균관대학교 수학과 교수 이상구, Westminster College 교수, Richard Wellman.

다. 실제 강의실 모습 (e+강의실)

실제 시각화를 통한 대학수학 교육 강의를 위하여 현재의 강의실 환경을 최대한 이용하고 개선하기 위하여 본 연구진은 다양한 노력을 하였다. 우선 강의록을 타이핑하여 디지털화하고, 이어서 웹 콘텐츠화 하였으며, 사이사이에 공학적 도구와 플래쉬 도구를 삽입하고, 그림과 동영상 및 실제 강의 내용을 캡코더로 녹화하여 삽입하기도 하고 마이크로 녹음하여 강의의 육성을 녹화하여 학생이 반복 학습하는 것이 가능하도록 노력하였다. 이런 과정에 많은 시간이 소요되어 고심하던 중 “성균관대학교 디지털교육위원회”에 “디지털교육환경위원회”가 만들어져 전문위원으로서 교육환경 개선을 제안하였으며, 총장 및 교무처장 등의 적극적인 지원으로 신청한 이상의 시설 투자가 이루어지고 그 이유로 첨단 e+강의실로 정의되었다. 여름 방학 중에 완성되어 2003년 8월 말부터 현재 738여개 강좌에서 강좌 기준 연 80,000명이 이 시설에서 학부수업을 수강하고 있다. 저자는 2003년부터 3학기에 걸쳐 학부 교양과 전공의 7개 강좌를 이렇게 탄생한 첨단 e+강의실에서 진행하고 있으며 학생의 반응은 좋다. 여기서 진행되는 본인의 강의 내용은 학생이 반복하여 학습하며, 학생들 스스로 질문하고 답하며 교수는 그 결론을 잘 이끌어주는 역할을 하며 실질적인 자기 주도적 학습을 진행하고 있다.

저장된 강의 내용의 모습은 다음과 같다. 예로 일부를 소개한다. 강의록과 그 위에 교수의 판서가 같이 기록되며, 동시에 강의자의 모습과 소리도 저장되어 반복학습이 가능하다.



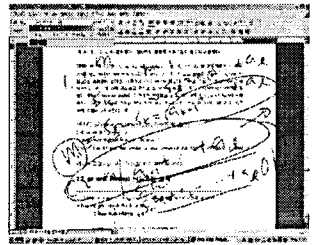
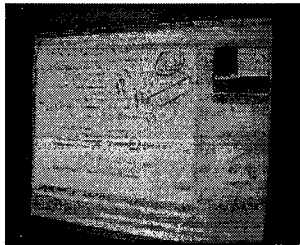
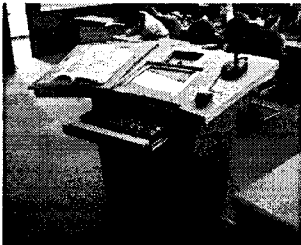
(전자교탁과 교수)



(콘텐츠+스크린+소리)

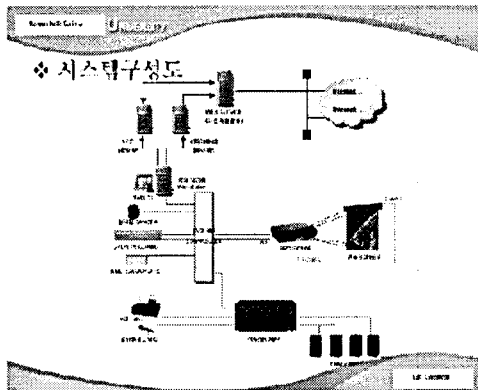


(철판+판서+강의)



위의 e+강의실과 같은 교육 환경의 획기적인 개선이 현실화되려면 연구자의 아이디어, 정부지원, 학교 대응 자금, 학생 유치 및 최고의 교육환경 유지 의지가 함께 이뤄져야 가능하다. 위와 같은 강의시스템의 구축과 학습을 통해

- ① 강의저장 솔루션의 icampus 연동체제가 구축될 수 있고,
- ② 강의저장 방식이 단순화(기존 6단계 -> 3단계 축소)되었으며,
- ③ 수업 및 특강 강의 실시간 생방송 기능이 가능하게 되었고,
- ④ 무한 반복학습 구현에 따른 학습효과가 증대되었다.



(시스템구성도: 모니터, 빔 프로젝터, 칠판, 마이크, 스피커,포인터, VCR-DVD)

위에서 본 내용을 바탕으로 본 연구에서 제시하는 구체적인 방향을 정리해보자. 이미 개발된 개선된 교육 환경에서 기존에 개발된 자료를 효과적으로 이용하여 오프라인(Off-line) 환경인 강의실에서 학습을 하면서 필요하다면 즉시 온라인(On-line) 환경을 이용하여 최신의 정보와 참고자료에 접속하여 수업 중에 바로 보여준다. 동영상을 이용하여 시각적으로 복잡한 수학적 개념을 이해하고, 실지로 복잡도가 높은 계산은 무료의 도구를 이용하여 계산하고, 그 결과를 바로 눈으로 확인하며, 이를 통하여 직관적인 이해와 상상력을 계발하여, 미지의 사실을 예측하도록 하는 과정을 경험하도록 한다. 더구나 그 경험을 반복하여 숙지하는 것이 가능하도록 하고 마지막으로 그것을 말로 설명하도록 한다는 것이다.

이런 능동적인 학습과 탐구를 통하여 시각적으로 또 직관적으로 수학적 내용을 이해하고 질문하며 서로 답하는 과정에서 숙지하도록 학습하는 교수방법을 개발하여 현재 효과적으로 강의실에서 적용하고 있다. 이제 대학은 진정한 교육의 현장으로 수학교육환경과 방법을 개발하고 전이시키며 한국의 미래를 주도하여야 한다. 위에서 보았듯이 본 연구진은 자체적으로 공학적 도구와 대학수학교육 콘텐츠를 개발하고 개발된 콘텐츠를 효과적으로 활용하기 위하여, 교육인적자원부가 추진하는 e-강의실 (즉, 전자교탁과 타블렛 모니터, 웹캠이 장착된 강의실) 환경을 구축하였으며, 이를 적극적으로 이용하여 미리 준비된 교안을 학생에게 예습하도록 제공하고 수업에서는 교안위에 추가로 글을 쓰며 또 증명을 채워가며 수업을 진행한 후, 녹화된 수업 내용(스크린뷰와 강의모습 및 음성)을 언제 어디서나 반복하여 학습을 가능하게 하는 수업을 성공적으로 수행하였다. 실제로 2003-4년 강의평가를 분석해 본 결과 90점 이상의 교수는 대개 e+환경을 적극적으로 이용한 경우에서 나왔다.

이 과정은 현재 교육방송이 제공하는 영상녹화방식의 이-러닝의 환경을 훨씬 뛰어 넘어 중등수학교육에 하나의 커다란 모델을 제시한다. 위의 모델은 현재 입시 위주의 교육환경에서도, 학교 별로 하나의 e+강의실만 갖추어, 정규교육은 물론, 다양한 특기교육과 특강, 예습, 복습, 심화학습, 탐구활동, 수행평가, 다양한 학생 활동을 할 수 있다. 또한 개별 교사의 전공분야의 특장점을 최대한 살려서 앞에서 본 방법으로 발표하고, 표현하고 설명하는 모습과 내용을 언제든지 바로 디지털자료화 및 녹화하여 언제 어디서나 학생들이 반복하여 학습 가능하게 할 수 있는 것이다. 예를 들어 대학수학교육에 적용하였듯이, 중등학교에서 교육을 한다고 할 때 교사는 기본 교안에 의한 설명과 함께, 인터넷상에 있는 여러 가지 개발된 콘텐츠(예: <http://matrix.skku.ac.kr/sglee/2002-K10/start.htm>-고등학교 1학년 함수부분의 자기 주도적 학습 자료)의 심화학습, 탐구활동, 수행평가 문제 등을 언제든지 불러내어 입체적인 교육을 한 후, 그 내용이 저장되어 반복학습이 가능하며, 계속 완성도를 높이며 교육의 효과를 극대화 할 수 있다. 어찌 보면 현재의 입시교육에서도 분야별 전문교사의 탁월한 Know-How를 디지털 자료화하여 서로 공유하며 반복 학습하여 중요 개념의 이해 및 숙련도를 높일 수도 있고 기존자료의 수정과 추가 설명으로 자료의 완성도 또한 극대화할 수 있다.

4. 결론

한국대학교육협의회 2003년 자료에 의하면, 이미 선진국의 대학에서는 연구와 교육이 통합되어 연구가 곧 교육이며, 교육활동이 연구의 산물로 변해가고 있으며, 이런 21세기 대학에서 교수의 역할은 Innovator(혁신자 역할), Broker(중개자 역할), Mentor(사부 역할), Facilitator(촉진자 역할), Monitor(감독자 역할), Coordinator(조정자 역할), Director(지시자 역할), Producer(생산자 역할)을 수행할 수 있어야 한다고 한다. 다시 말하면 강의자는 사람은 배운 것을 잘 가르치는 것에서 멈추지 말고 학생이 스스로 배워가도록 동기를 부여하고 막힌 부분을 헤쳐나가는 동반자가 되어주는 것을 요구받는 것이다. 그래서 교육과 연구가 공존하는 즉, "우리가 하는 수학이 우리가 가르치는 수학인 강의실"을 만들어야 한다. 이미 21세기에 서 있는 우리는 lecture - memorization - tests가 아니라, visualization (intuition) - trial - error - speculation - explanation을 추구해야 할 더구나, 그것이 가능한 시점에 그것이 가능한 대학에 서 있다고 생각한다.

즉 visualization 부분에서 우리는 우선 제작된 멀티미디어 교안과 Flash를 이용한 시각적 도구로 하여금 학생에게 예습을 통하여 수학내용의 직관적 이해를 가능하도록 하며, trial 부분은 visualization의 직접적 실습도구인 Java Applet 등을 이용하여 학생들이 직접 Learning by doing을 할 수 있는 장을 마련해 주며, error 부분은 e+-Learning 환경이 지원하는 Q&A를 이용하여 적극적으로 토론하며 학생들의 자기 주도적 이해를 넓혀가며, speculation 부분은 이런 과정을 통하여 이해한 수학적 내용을 깊은 내용의 문제 풀이나 프로젝트를 통하여 깊이 있는 탐구학습을 하도록 하며, 이런 과정에서 다양한 부교재와 수업내용의 동영상 반복학습을 유도한다. 마지막으로 explanation 부분은 PBL 교육의 마지막 단계로, Q&A 와 프로젝트를 통해 잘 마무리 된 문제를 교수의 검토를 받은 후 발표하는 시간을 갖도록 하여 서로 자극을 받으며, 또 자부심을 갖는 기회를 갖도록 한다. 실제로 2003년 학부 선형대수학 강좌의 프로젝트를 통한 독창적인 연구결과에 외국의 학자들도 큰 관심을 보였으며, 주요 저널에 실리는 결과를 보았다. 그 외에도 짧은 수업시간에서 벗어나 학기 당 2회의 토론방 운영도 진지한 교육의 장을 제공하였다.

즉, 우리는 이미 위의 모든 시도가 가능한 미래의 교육환경에 살고 있는 것이다. 더구나 이런 교육 환경에서의 시도와 효과는 대학에 그치지 않고 많은 부분이 바로 중등학교에 적용이 가능하다고 생각한다.

참 고 문 헌

- 교육인적자원부 (2002). 대학정보화활성화종합방안, e-Campus Vision 2007(2003~2007), 정부간행물 11-1340400-000048-10.
- 대학교육협의회 (2003). 21세기 대학의 역할과 모습.

- 이상구 (2004). 선형변환 개념의 시각적 이해를 위한 Flash tools, Animations, JAVA Applets
모음집, <http://matrix.skku.ac.kr/sglee/LT/index.htm>
- 이상구 외 (2002). 고교 1년 과정의 함수 부분의 자기 주도적 학습 자료(고등학교 1학년 함수),
<http://matrix.skku.ac.kr/sglee/2002-K10/start.htm>.
- 이상구 외 (2003). 행렬론 강좌 강의록-제 1회 대한수학회 수학홈페이지 페스티벌에서 은상 수상작,
<http://matrix.skku.ac.kr/MT-04/>.
- 이상구 · 박종빈 · 양정모 · 김익표 (2004). 바둑판을 이용한 흑백게임의 최적해를 구하는 선형대수학 알고리즘, *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. A: The Mathematical Education*, Vol. 43, No. 1, pp.87-96.
- AMS (2004). Research Experience for Undergraduates Summer Programs.
- AMS COMMITTEE ON EDUCATION (2004). Books on College Math Edu.
- MAA (2004). Journal of Online Mathematics and its Applications, <http://www.joma.org/>.
- NSF(미국과학재단) (2004). 학부생을 위한 기초 학문의 연구 경험,
http://www.nsf.gov/home/crssprgm/reu/list_result.cfm?unitid=5044,
<http://www.ams.org/employment/reu.html>