

대학의 미적분학 교과목에서 수업 방식에 따른 교육 효과 고찰

김 성 옥 (한동대학교)

국내 대학의 여러 분야에서 블렌디드러닝과 면대면 수업 방식에 의한 교육 효과를 비교한 연구 결과들이 나와 있으나 대학의 수학 분야 혹은 미적분학 과목에 관해서는 찾아보기 쉽지 않다. 여기서는 공학계열 전공을 선택하고자 하는 학생들을 대상으로 하는 대학 미적분학 과목에서 블렌디드러닝과 면대면 수업방식에 따른 교육 효과를 H대학의 사례를 분석하여 선행연구결과와 종합하여 고찰한다.

I. 서론

우정호(2006) 등은 “수학을 가르칠 때 무엇을 가르치는가보다 어떻게 가르치는가 하는 것이 더 중요하다”는 폴리야(George Polya)의 말을 인용한다. NCTM(2007)에서 2000년에 펴낸 《학교수학을 위한 원리와 기준》에서는 “효과적으로 가르치려면 계속해서 개선을 추구해야한다”를 교수 원리의 하나라고 제시한다. 이는 대학 수학 교육에도 마찬가지로 적용될 수 있는 원리이다. 최근 대학교육이 대중화됨에 따라 대학의 수학 교육과정 중 미적분학과 같은 기초과목의 교육에 대한 연구가 활발하게 진행되고 여러 가지 교수방법들이 시도되고 있다.

그 방법 가운데 한 가지가 컴퓨터나 계산기 등의 소위 공학적 도구를 활용하는 것이다. 이십 여년전만해도 남승인(1993)은, 손펠드(Alan H. Schoenfeld)가 1988년에 출판한 한 논문에 쓴 “과학자들 중 수학자들이 컴퓨터 활용에 대한 가장 큰 거부감을 가지고 있다”는 글을 인용하면서 그럼에도 불구하고 앞으로 이러한 도구들의 활용은 늘어날 것이라고 전망하였다. 황혜정(1997)은 중·고등학교에서 컴퓨터 활용에 대한 교육을 시행하고 있는 현황을 발표하면서 앞으로 컴퓨터의 사용이 모든 교과목에 녹아들 것이라고 예견하였다. 몇몇 학자들은 컴퓨터가 학교 수학에 활용됨으로써 수학 교육의 초점이 문제해결과 수학적 모델링으로 바뀌어야 하고 이를 위해 수학 교사의 역할이 매우 중요함을 역설했다(이중권·노영순, 1997). 이러한 분위기 가운데서도 일찍부터 공학적 도구를 수학 교육에 활용하는 것을 적극적으로 연구하고 개발한 연구자들도 있다(권오남 외, 1997; 이중권, 2001; 전영국, 1997). 김덕선·박진영·이상구(2008)는 우리나라가 공학적 도구를 사용할 수 있는 우수한 환경을 갖추고 있음에도 불구하고 이러한 도구의 수업활용도는 10%정도임을 지적하고 적극적으로 이러한 도구를 사용하는 교육 모델을 제시하기도 하였다. 이제는 수학자 혹은 수학을 가르치는 사람들의 거부감에도 불구하고 이러한 공학적 도구들은 수업의 보조 역할에서 수업을 대체하는 것으로까지 논의가 되고 있는 것이 현실이다. 한편 이런 도구들을 사용함으로써 얻는 긍정적인 효과에 대한 연구결과들이 많이 나오고 있다. 예를 들어 이상구·신준국·김경원(2014)은 공학적 도구 활용으로 문제를 푸는데 들어가는 시간을 줄임으로써 개념을 이해하는데 더 많은 시간을 할애할 수 있다고 하였다. 이규봉(1995)도 이와 비슷하게 역행렬을 구하고 확인하는 과정에서 컴퓨터를 이용하여 계산을 함으로써 학생들이 지루해하는 계산을 하지 않아도 된다고 하였다.

또한, 공학적 도구를 활용함으로써 수학적 개념을 시각화하여 내용에 대한 이해를 돕는 것이나 수학에 대한

* 접수일(2015년 11월 2일), 심사(수정)일(1차: 2015년 12월 15일, 2차: 2015년 12월 30일, 3차: 2016년 1월 23일), 게재확정일(2016년 1월 24일)

* ZDM 분류 : B45, D75, U55

* MSC2000 분류 : 97C80, 97D40, 97U50

* 주제어 : 대학 미적분학 수업, 블렌디드러닝, 이러닝, 공학기초

흥미와 수학 학습에 대한 동기 유발에 도움을 주고자 한 연구결과들도 있다(이상구·장지은·김경원, 2013; 이중권, 2001; 이중권, 2004). 최은미(2009)는 1980년대에서 1990년대에 걸친 미국 대학들의 미적분학 교육개혁의 공통점의 하나로 강의방법에서 공학적 도구를 사용하여 학습내용을 시각화하여 이해에 도움을 주어야한다고 한 점을 지적한다. 이상구 외(2014)는 지오지브라 (GeoGebra)를 이용하여 미분적분학에 나오는 개념을 시각화하는 도구를 개발하여 무료로 제공하기도 하였다.

이러한 도구들의 활용은 학력차가 큰 학급의 수업에도 도움이 되는 것으로 알려져 있다. 대학 신입생을 선발하는 방법이 다양해짐에 따라 대학마다 학생들의 학력의 수준차가 커지는 경향을 보이고 있다(이현수·김영철·박영용, 2013). 이를 위해 수준별 분반을 편성하기도 한다. 하지만 전체 학생 수가 적을 때에는 수준별 분반 편성에 어려움이 있으며 학생 수가 충분히 많은 대학이라고 할지라도 수준별 분반 편성이나 편성된 분반을 유지하기가 어렵다는 연구결과도 있다(박준식·표용수, 2013). 게다가 수준별 분반 편성은 이미 중등교육에서 그 자체에 여러 가지 문제점이 있는 것으로 알려져 있고 이는 대학에서도 마찬가지여서 이러한 학력차를 수준별 반 편성보다 MATLAB을 활용하여 해결하고자 한 경우도 있으며 그 결과는 매우 긍정적인 것으로 분석되었다(최은정, 2009).

위에서 언급한 연구들은 주로 수업의 보조 도구로서 공학적 도구를 활용하는 것들이었다. 컴퓨터나 계산기가 발달한 초기에는 이들은 그야말로 도구로서 수학 수업을 보조하는 역할을 하였다. 이제는 컴퓨터 네트워크가 발달하고 학생들이 컴퓨터와 같은 기기에 점점 친숙해져감으로써 컴퓨터가 강의보조 도구로서 뿐 아니라 강의를 녹화하여 강의의 일부 혹은 전체를 대체하는 데에 쓰이고 있다. 이와 관련된 이러닝(e-learning), 블렌디드러닝(blended learning), 반전학습(flipped learning), 사이버(cyber)학습 등과 같은 용어가 어느 덧 귀에 익숙해져 가고 있다. 심지어 모든 강의를 온라인으로 수강하는 사이버 대학도 생겨났다. 미국의 매사추세츠공과대학교(MIT)의 온라인공개강좌(open course ware)를 비롯하여 미국이나 국내에서도 대학들이 온라인 강의를 무료로 볼 수 있도록 제공하고 있고 일부 대학에서는 미적분학 교육을 온라인 강의로 진행하고 있는 곳도 있다. 강의실에서의 수업을 온라인 강의로 대체하는 것에 대해서 여전히 논란이 많긴 하지만 점점 더 확산되고 있는 추세이다. 수업의 일부를 녹화된 강의로 대체하는 컴퓨터의 활용과 관련된 연구결과들이 나와 있으나 우리나라 대학에서 미적분학 수업에 온라인 강의를 활용한 효과에 대한 연구결과를 찾기가 쉽지 않다. 이러한 현실을 볼 때 미적분학과목의 수업에서 일부 혹은 전부를 온라인 강의로 대체하는 것의 교육적 측면에 대한 연구가 필요하다고 본다.

본 연구에서는 대학의 미적분학 수업에 온라인 강의를 활용하는 것에 초점을 맞추어 2015년에 H대학에서 진행한 수업사례를 중심으로 블렌디드러닝과 면대면 수업 방식에 따른 교육 효과를 학업성취도와 수업만족도 면에서 비교 분석하고 결과를 고찰하여 본다.

II. 이론적 배경

1. 이러닝과 블렌디드러닝의 개념

영문 위키백과사전(en.wikipedia.org)는 이러닝을 전자교육공학(electronic educational technology)의 줄인 말로 소개한다²⁾. 우리말로 이러닝은 전자학습으로 그리고, 블렌디드러닝은 혼합학습 혹은 혼합형학습으로 번역하기도 한다. 이러닝과 블렌디드러닝은 다양하게 정의된다(이옥형, 2008; 노혜란·최미나, 2011; 최미나, 2007; Driscoll, 2002; Kashefi et al., 2012; Watkins et al., 2004). 다양한 정의들이 공통적으로 제시하는 바는 강의를 중심으로 볼 때 이러닝에서는 모든 강의가 온라인으로 제공되고 블렌디드러닝에서는 강의의 일부만 온라인으로 제공되는

²⁾ en.wikipedia.org/wiki/Educational_technology#cite_note-ReferenceA-3, retrieved on Oct. 20, 2015.

학습 형태를 의미한다. 때로는 이러닝은 온라인강의와 같은 의미로 쓰이기도 한다. 본 연구에서도 이런 기준으로 이러닝과 블렌디드러닝을 구분하여 사용한다.

2. 이러닝과 블렌디드러닝의 역사적 흐름과 효과

박성선(2001)은 1980년대에 우리나라에서 컴퓨터를 활용하는 것이 “수학교육의 한 대안”으로 떠오를 정도였으나 1990년대에는 이에 대한 관심이 높지 않았다고 지적한다. 그가 지적한 컴퓨터 활용은 사실 수업 보조 도구로서의 활용보다는 이러닝을 의미한다고 볼 수 있다. 왜냐하면 수업보조 도구로서의 컴퓨터의 활용은 1980년대 이후 지속적인 관심 하에 폭발적으로 늘어났기 때문이다. 또한, 그는 학습에서의 교사와 학생의 상호작용의 중요성으로 인하여 교사와 학생간의 관계를 컴퓨터와 학생간의 관계로 대체하는 것에 관한 연구가 꾸준히 계속되어야 한다고 지적하기 때문이다. 1990년대 중반에 인터넷으로 인해 확산된 이러닝은 2002년에 Sloan Consortium에서 조사한 결과에 의하면 이미 천육백만 명 이상의 대학생이 적어도 한 과목의 온라인 강좌를 이수하였고 50만을 넘는 학생들이 온라인으로 학위과정을 마쳤다고 한다(Watkins et al., 2004에서 재인용). 우리나라에서도 초·중등 교육이나 대학 혹은 고등교육 전반에 대해서는 이러닝이나 블렌디드러닝에 관한 연구 결과가 상당히 많이 나와 있다(우중정·김보나·이옥형, 2009; 이중권·김성훈, 2004). 그러나 우리나라에서 발간된 대학에서의 수학 수업에 관련된 논문 가운데 이러닝이나 블렌디드러닝에 관한 것은 아직 많지 않다. 일찍이 나온 논문으로는 이상구·설한국·한신일(2005)이 대학의 선형대수학 강좌의 블렌디드러닝 수업 모델을 제시한 것을 들 수 있다.

2000년대 초에는 이러닝이나 블렌디드러닝을 교육에 적용하는 것에 관한 가장 큰 우려는 온라인 강의 관련 설비문제와 교수자와 학습자 간의 상호작용 문제, 그리고 교수자의 인식이었다. 앞에서 인용한 책 《학교수학을 위한 원리와 기준》에서 교육의 기회균등이 교육공학의 원리의 하나로 제시된 것은 설비문제와 관련이 있어 보인다. 즉 수업에 필요한 공학적 도구를 누구나 사용할 수 있는 환경이어야 한다는 것이다. 서론에서도 인용한 것처럼 우리나라는 이미 2008년에도 환경적으로는 준비가 되어 있었다고 볼 수 있다(김덕선·박진영·이상구, 2008). 교수자와 학습자 간의 상호작용 문제에 대해서 이해경·김향숙(2006)은 이러닝에 관한 장단점을 정리하여 제시한다. 예를 들어 이러닝에서도 상호작용적 의사소통은 가능하며 단지 실시간 상호작용이 제한적으로 이루어진다는 게 단점이긴 하나 “동시적·비동시적 상호작용”이 가능한 장점도 있다고 하였다. 또, “인간적 피드백 결여”라는 단점에 반해 글을 통한 교류 등 “학습자와 교수자간 교류의 폭이 증가”하는 장점이 있다고 하였다. 같은 연구에서 그들은 학습을 관리하고 상담하는 시스템을 포함한 사이버 학습시스템 표준안을 제시하였다. 사실 상호작용 면을 보완하는 또 하나의 방안은 블렌디드러닝이다. 이해정·이성혜(2007)는 이러닝에 대한 교수자의 인식을 조사한 결과 긍정적이긴 하지만 상호작용 면에 대한 우려와 접근하기 어렵다고 느끼는 경향이 있음을 발견하고 이 두 가지 면에서 이러닝보다 블렌디드러닝을 도입하는 것을 권장하였다.

최미나(2007)는 ‘매스컴과 현대사회’라는 교과목을 온라인과 면대면 강좌로 동시에 열어 학습효과의 차이를 분석하였다. 동일 교수자의 동일 수업에서 학업성취도나 교수·학습전략에 대한 만족도는 이러닝보다 면대면 수업에서 더 높게 나왔다고 하였다. 또한, 학생들은 이러닝 강의에서 교과 난이도를 더 높게 느꼈으며 상호작용 측면에서는 별 차이를 느끼지 않았다고 하였다. 이옥형(2008)은 서울의 S여대 사범대학 1학년 학생들 112명을 대상으로 교직 필수과목 ‘교육심리’에서 블렌디드러닝과 면대면 수업을 실시한 결과를 분석할 때 학업성취도에서는 차이가 없었다고 한다. 한지영·이은화(2010)는 블렌디드러닝에 대한 수업만족도가 이러닝보다 높았다는 칸(Khan, B. H.)의 연구결과를 인용하는 한편, 대학의 ‘보건교육’ 과목을 수강한 간호학과 4학년 58명을 대상으로 조사한 결과 블렌디드러닝에 대한 수업만족도가 실용성과 경제성 면에서 높고 교수자와 학습자의 상호작용 면에서 낮은 편이었고 블렌디드러닝의 이러닝 부분에 대한 만족도는 보통이상으로 긍정적이었다고 한다. Tawil et al.(2012) 등은 말레이시아의 한 대학의 공과대학 1, 2학년 중 수학과 통계학을 이러닝과 면대면 수업으로 이수

한 학생들 100명을 무작위로 뽑아 조사한 결과 두 과목에서 모두 학생들은 면대면 수업에서 제공된 설명과 노트와 과제가 이해에 더 도움이 되었다고 하였다. 그들은 학업성취도는 다루지 않았다. 김미영·안광식·최완식(2005)은 ‘컴퓨터 기술’이라는 교과목을 블렌디드러닝, 이러닝, 면대면으로 수업한 것에 대한 학업성취도와 만족도를 비교하였는데 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다고 하였다. 김준호·김태석(2010)은 대학의 ‘관리회계’ 과목에서 블렌디드러닝을 시행한 결과 과제를 많이 부여하고 시험을 많이 본 것에 대하여는 교수자나 학습자 모두 어려움을 느끼긴 했으나 학생들의 만족도는 높은 편이었고 만족하는 학생들은 매주 과제를 해결함으로써 성취감이 높은 편이었다고 한다. 또한, 학생들의 3분의 1이상이 매주 출석해야하는 시간이 줄어든 점을 좋아하였다고 하였다.

이처럼 이러닝과 달리 블렌디드러닝은 학업성취도나 수업만족도 면에서 면대면 수업보다 더 효과적인 면이 있음을 확인할 수 있다. 이외에도 우리나라 대학에서 블렌디드러닝과 면대면 수업의 학업성취도 혹은 수업만족도를 비교한 결과가 다른 교과목에는 제법 나와 있으나 대학의 수학 혹은 미적분학에는 찾아볼 수 없었다는 점에서 본 연구의 의의를 찾아본다.

III. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

경북소재 H대학교에 2015학년도 1학기에 ‘Calculus 2’ 교과목은 4개 분반이 개설되었고 2015년 여름 계절학기에는 같은 과목이 이러닝으로 한 분반이 개설되었다. 1학기에는 블렌디드러닝 두 개 분반, 면대면 한 개 분반, 영어로 면대면 한 개 분반이 열렸다. 여름 계절학기를 포함한 모든 분반의 수업을 본 연구자가 담당하였다. 본 연구자는 20여년 이 과목의 수업을 담당하였다. 이 과목에 블렌디드러닝을 적용한 것은 처음이며 이전에 다른 교과목에 적용한 적은 있다. 연구 대상자는 1학기에 중간고사와 기말고사를 모두 치른 학생 중 블렌디드러닝 두 개 분반의 91명과 면대면 수업 분반의 83명으로서 총 174명이다. 나머지 분반의 학생들의 자료는 비교에 도움을 주기 위하여 제시하였다.

Calculus2 과목은 일변수함수의 미분적분(Calculus 1)과 다변수함수의 미분적분(Calculus 3)을 연결하는 중간 과목으로서 이 세 과목은 모두 공학계열 전공의 기초를 제공하는 것을 목표로 구성되어 있다. Calculus1에서는 일변수 함수의 미분과 적분으로서 삼각함수, 로그함수, 지수함수의 미분과 적분을 중점적으로 다룬다. Calculus3에서는 다변수 함수의 미분과 적분을 다룬다. 좀 더 구체적으로는 편미분과 이를 이용한 다변수 함수의 최대최소 및 중적분과 벡터해석 등이다. Calculus2 과목의 목표는 “공학을 전공하기 위하여 필요한 미분적분학에 관한 이론 및 계산기법을 습득하고 응용할 수 있게 하는 것”이며 다음 내용을 다룬다. 역삼각함수 및 쌍곡함수의 미분 등을 이용한 적분계산 기법, 무한급수의 수렴판정법과 멱급수 및 테일러 정리와 그 응용, 그리고 다변수함수의 미분과 적분을 다루기 위한 기초로서의 벡터, 행렬, 공간 곡선 등이다. 현 교육과정에서 고교 미적분2(이전 교육과정의 ‘적분과 통계’)를 이수한 고등학교 이과 출신 학생들은 입학 후 첫 학기에 Calculus2부터 이수할 수 있다. 또한 이는 교양 선택과목으로서 필수로 이수하지 않아도 된다. 2015년 1학기에는 학생들은 어느 분반이든 원하는 대로 선택할 수 있었다.

2. 절차

Calculus2 과목은 3학점으로서 주당 3시간의 강의를 한번에 75분씩 두 번에 나누어 15주간하고 16주차에 기

말고사를 치른다. 2015년 1학기 블렌디드러닝으로 수업한 두 개 분반의 경우 2주차부터 14주차까지 매주 첫 번째 수업은 온라인 강의로 대체하고 두 번째 수업과 1주차와 15주차 수업은 강의실에서 면대면으로 이루어졌다¹⁾. 모든 온라인 강의는 연구자가 직접 연구실에서 제작하여 강의계획서에 따라 면대면 수업 분반에서 다룰 내용을 3, 4일 전에 미리 온라인으로 제공하였다. 1학기에 사용한 수업 보조 인력은 공학을 전공하는 학부생 3명으로서 이들은 채점을 도와주고 매주 3시간씩 저녁 시간에 학생들의 질문에 답해주었다. 1학기에 면대면 강의에서만 다룬 부분을 여름 학기 이리닝을 위해 역시 본 연구자가 녹화하여 제공하였다. 여름 계절학기 분반은 3주간에 마치며 모든 수업을 온라인 강의로 진행하였고 중간고사와 기말고사만 학교에서 출석시험으로 치렀다.

학업 성취도는 중간고사와 기말고사 점수로 측정하였다²⁾. 1학기에 중간고사는 8주차 목요일 저녁에 그리고 기말고사는 16주차 월요일 저녁에 4개 분반이 동시에 모두 같은 문제로 출석시험으로 치렀고 문제는 한국어와 영어로 제시되었다. 중간고사는 60점 만점, 기말고사는 1학기 시험은 80점 만점, 여름학기 중간고사는 60점 기말고사는 100점 만점으로 채점한 것을 모두 100점 만점으로 환산하여 나타내었다³⁾. H대학에서는 해마다 모든 신입생들을 대상으로 1학기 시작 직전 2월말 오리엔테이션 기간에 수학 실력 진단 검사를 한다. 2015년 신입생들의 경우 이 검사결과와 1학기 중간고사 및 기말고사 성적도 비교하였다. 수업만족도에 관한 설문은 1학기말에 대학에서 모든 수업을 대상으로 온라인으로 실시한 결과를 제공받아 사용하였다.

3. 분석 도구

수업방식에 따른 학업성취도의 차이를 보기 위해 t-검정을 사용하였고 유의수준은 모두 0.05로 고정하였다. 먼저 4개의 분반에 대한 일원배치 분산분석법을 적용한 F-검정을 실시하였으나 블렌디드러닝으로 수업한 두 개 분반 중 한 분반이 등분산 가정을 만족하지 않아서 두 개 분반을 합한 것과 면대면 분반에 t-검정을 적용하였다. 또한 성별 차이, 신입생과 재학생의 차이도 t-검정 및 일원배치분산분석을 하였다. 신입생의 경우 신입생 수학 실력진단 검사를 사전준비도검사로 보고 중간고사 혹은 기말고사를 사후 학업성취도로 두어 이원공분산분석(2-way ANCOVA)을 실시하였다. 1학기에 시행한 중간고사와 기말고사의 크론박 알파계수(Cronbach) 계수는 각각 0.85과 0.88로 각 시험의 문항 내적 일관성 신뢰도는 높게 나타났다. 대학에서 조사한 수업에 관한 설문 결과에 대해서는 5점 척도의 종합적 만족도의 평균을 사용하였다.

이 연구는 사전에 계획한 것이 아니고 수업을 실시한 후 분반별 성적에 큰 차이가 있음을 보고 학습효과에 관심을 가지게 되어 분석한 결과이므로 연구방법론에 있어서는 한계가 있다.

IV. 연구 결과 및 분석

연구대상자의 일반적인 특성은 <표 IV-1>에 제시하였다. 신입생은 2015년에 입학한 학생을 의미하며 그 이전에 입학한 학생은 재학생으로 칭한다. 블렌디드러닝을 적용한 두 개 분반을 B1, B2로 표시하고 면대면 수업을 한 분반을 C, 영어 수업분반을 E, 이리닝을 실시한 여름계절학기 분반을 S로 표시한다.

1) Calculus2 과목의 강의일정 및 차시별 수업 유형은 부록에 제시한다.

2) 1학기 중간고사와 기말고사 문제는 부록에 제시하였다.

3) 환산 방법은 60점 만점인 경우 점수에 100/60을, 80점 만점인 경우는 100/80을 각각 곱하였다. 만점이 각각 다른 것은 성적산출에 들어가는 비중에 따라 1학기의 경우 중간고사 30%, 기말고사 40%, 여름계절학기는 이리닝이어서 기말시험의 비중을 50%로 높이고 퀴즈의 비중을 10% 낮추었기 때문이다. 환산한 이유는 단순히 중간고사와 기말고사 결과를 한 그래프에 나타내기 위해서이고 통계분석에서는 중간고사와 기말고사 따로 분반을 비교하였기 때문에 환산 전 점수로 비교한 것과 차이가 없다.

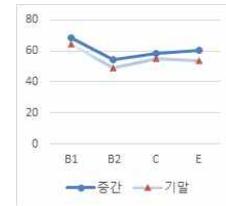
<표 IV-1> 분반별 인원 분포

	신입생	재학생	남	여	분반 합
B1	34	7	31	10	41
B2	31	19	36	14	50
C	52	31	57	26	83
E	32	21	40	13	53
1학기 합	149	78	164	63	227
S(여름)	4	19	17	6	23

1학기 4개 분반과 여름 계절학기 한개 분반의 중간고사와 기말고사 성적은 <표 IV-2>와 같다.

<표 IV- 2> 분반별 중간고사와 기말고사 성적

		B1	B2	C	E	S
중간	평균	68.58	54.2	58.05	60.31	60.24
	표준편차	21.16	25.92	20.88	23.72	25.77
기말	평균	64.45	48.8	54.77	53.83	47.33
	표준편차	19	23.19	19.3	22.79	25.73



[그림 IV-1] 1학기 분반별 평균

1. 수업 방식에 따른 학업성취도의 차이

1학기 4개 분반에 대해 일원배치분산분석을 한 결과 유의확률(p)이 0.024(<0.05)로서 분반별 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 위의 <표 IV-2>에서 볼 수 있는 바와 같이 블렌디드러닝을 시행한 두 개 분반 B1과 B2 중 B1은 면대면 분반(C)보다 성적이 높고 B2분반은 면대면 분반(C)보다 성적이 낮을 뿐 아니라 B1과 B2의 차이가 다른 어떤 두 개 분반의 차이보다 크다. 또한, B2 분반은 분산이 커서 B1 혹은 C분반과의 등분산 가정을 만족하지 않는다. B1과 B2에 대한 이분산 가정 t-검정 결과(중간고사: t=2.9133, P=0.0023, t기각치=1.6622, 기말고사: t=3.7054, p=0.0002, t기각치=1.6618) 두 분반의 성적에 통계적으로 유의미한 차이가 있었다. 따라서 이 결과만으로는 분반별 차이가 블렌디드러닝과 면대면 수업 방식으로 인한 차이라고 결론을 내릴 수 없어서 블렌디드러닝을 실시한 두 개 분반을 합하여 면대면 수업을 한 분반과 비교해 보았다. 블렌디드러닝 분반 두 개를 합한 것을 B로 표시한다. <표 IV-3>에서 면대면 분반(C)의 평균이 블렌디드러닝 분반(B)에 비해 낮지만 통계적으로 유의미하지는 않다. 여름학기는 1학기과 중간고사 및 기말고사 시험문제가 다르므로 1학기 결과와 비교하지는 않는다. <표 IV-3>에서 괄호 안의 숫자는 재학생을 제외한 신입생만의 성적이다. 신입생의 경우도 통계적으로 유의미하지는 않지만 중간고사와 기말고사 평균이 블렌디드러닝을 시행한 분반이 약간 더 높다.

<표 IV-3> 블렌디드러닝(B)과 면대면(C) 수업의 차이. 괄호 안은 신입생 성적.

	중간고사		기말고사	
	B (65명)	C (52명)	B (65명)	C (52명)
평균	60.68(63.33)	58.05(58.08)	55.85(58.94)	54.77(56.25)
SD	24.83(23.18)	20.88(20.69)	22.68(22.24)	19.3(18.71)
t 통계량	0.7511(1.2776)		0.335859(0.6974)	
P(T<=t) 단측 검정	0.2268(0.1020)		0.368693(0.2435)	
t 기각치 단측 검정	1.6538(1.6582)		1.6538(1.6582)	

1-1. 신입생과 재학생의 차이

같은 블렌디드러닝 방식으로 수업을 진행한 B1과 B2의 평균의 차이가 큰 요인을 찾기 위하여 신입생과 재학생, 남녀 성별 분석을 해보았다. 아래의 <표 IV-4>에서 신입생과 재학생 성적을 분반별로 비교한 것을 한 눈에 볼 수 있게 [그림 IV-2]와 [그림 IV-3]으로 나타내었다. 전반적으로 신입생이 재학생보다 평균이 높다. 재학생의 30%(78명 중 24명)가 재이수자임을 감안하면 의외일 수도 있을 것이다. 그러나 여기서 통계수치를 제시하지는 않지만 해마다 신입생이 재학생보다 높은 성적을 얻는 것을 관찰할 수 있었다. 각 분반 내에서 신입생과 재학생의 차이는 심지어 차이가 가장 큰 B2 분반의 경우도 통계적으로 유의미하지 않았으나, 전체 대상을 신입생과 재학생으로 나누어 t-검정을 한 결과 기말고사 성적은 통계적으로도 재학생과 신입생의 성적에 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(<표 IV-5>). 중간고사에서도 기말고사에 근접하는 평균점수의 차이가 있음을 볼 수 있다. B1은 재학생이 20%미만인데 비하여 다른 3개 분반은 모두 약 40%가 재학생이다([그림 IV-4]). B1의 평균이 가장 높은 요인 중 하나는 다른 분반에 비하여 재학생 수가 상대적으로 적은 것으로 볼 수 있다. 블렌디드러닝을 한 B1과 면대면 수업을 한 C를 비교할 때 재학생과 신입생의 평균의 차이는 거의 일치하므로 특정 방식의 수업에서 신입생이 재학생보다 성취도가 높다고는 할 수 없다.

<표 IV-4> 분반별 신입생과 재학생 성적

		B1		B2		C		E		전체	
		중간	기말								
재학생	평균	68.57	61.43	48.68	43.22	58.01	52.30	57.78	53.33	56.62	51.19
	SD	14.09	14.62	30.06	22.96	21.53	20.33	26.31	21.79	24.84	21.24
신입생	평균	68.58	65.01	57.58	52.22	58.08	56.25	61.98	54.14	61.20	56.97
	SD	22.50	19.91	22.89	23.02	20.69	18.71	22.14	23.75	22.09	21.36



[그림 IV-2] 1학기 중간고사 평균 [그림 IV-3] 1학기 기말고사 평균 [그림 IV-4] 분반별 신입생 재학생 비율

<표 IV-5> 전체 재학생 대비 신입생 t-검정 결과

재학생 대비 신입생	t	P(T<=t) 단측 검정	t 기각치 단측 검정
중간고사	-1.42183	0.07823	1.651654
기말고사	-1.94169	0.026711	1.651654

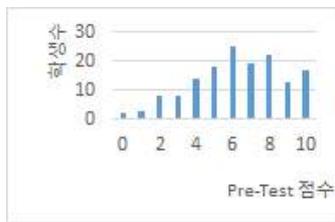
1-1-1. 신입생들의 학업 성취도와 입학 당시 수학 실력과의 비교

H대학의 신입생 대상 수학 실력진단 검사(이하 Pre-Test로 표시함)에서는 Calculus2 교과목을 이수하기 위해 미분과 적분의 기본적인 계산을 할 수 있는지를 확인하며 수학 수준 차이를 측정하기 위한 변별력은 고려하지 않는다. 2015년 검사에서는 30분간 미분과 적분에 관련된 문항 10개를 풀게 하였다⁴⁾. 이 시험은 부분점수 없이

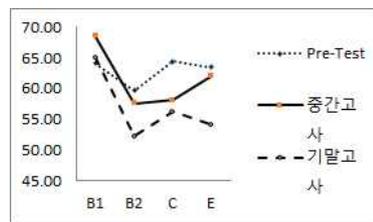
1점씩 채점을 하되 아이디어가 맞으면 약간의 계산 실수는 감점하지 않았다. 중간고사 및 기말고사 성적과 비교하기 쉽게 10을 곱하여 100점 만점으로 환산한 평균 점수가 <표 IV-6>에 나와 있다. [그림 IV-5]는 Pre-Test 점수를 10점 만점으로 표시하여 점수별 학생 수를 나타낸 것이다. 일원배치 분산분석 결과에 의하면 Pre-Test 성적의 분반별 차이는 통계적으로 유의미하지 않다($F=0.272637$, $p=0.845057$).

<표 IV-6> 1학기 신입생 분반별 Pre-Test 평균. 괄호 안은 표준편차.

신입생 성적	B1	B2	B=B1+B2	C	E
Pre-Test	64.12(24.98)	59.68(22.29)	62.00(23.86)	64.42(24.21)	63.44(26.23)

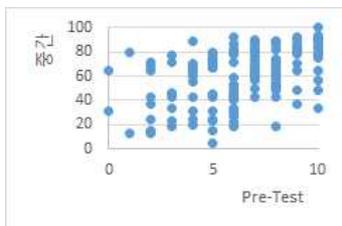


[그림 IV-5] Pre-Test 점수별 학생수

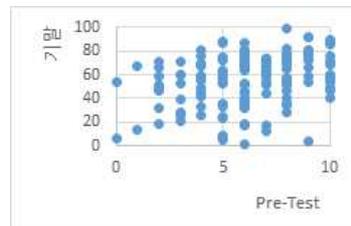


[그림 IV-6] 1학기 분반별 신입생 성적

Pre-Test를 사전 검사치로 보아 통제변수로 두고 중간고사와 기말고사를 각각 종속변수로 두어 이원공분산분석을 하였을 때 분반별 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다(중간고사: $F=2.270$, $p=0.083$, 기말고사: $F=2.402$, $p=0.402$). 앞의 <표 IV-3>과 <표 IV-6>에 의하면 블렌디드러닝 두 분반(B)은 면대면 분반(C)보다 Pre-Test 성적은 낮으나 중간고사 및 기말고사 성적은 근소한 차이로 더 높다. 이 결과로는 학습성취도가 수업방식에 따라 차이가 난다고 하기 어렵다. 위의 [그림 IV-6]은 세 가지 성적의 관련성을 보여주는데 그림에 사용한 분반 평균으로 비교할 때 중간고사와 기말고사 사이의 상관계수는 0.8906이고 Pre-Test와 중간고사의 상관계수는 0.4878, Pre-Test와 기말고사의 상관계수는 0.6044로서 입학 당시 수학 실력과 입학 후 학습성취도는 분반 평균으로는 어느 정도 비례관계가 있는 편이다. 고등학교에서 이미 학습한 적분 기법이 중간고사 범위의 3분의 1 이상을 차지하므로 중간고사가 기말고사에 비해 Pre-Test 결과와 더 높은 상관관계가 나온 것은 있을 것으로 짐작하였으나 분반 평균으로는 그렇지 않았다. 그 요인의 하나로 고등학교에서 1년 이상에 걸쳐서 학습한 미분 적분의 내용을 범위로 하는 수학 실력진단 검사가 7주간 학습한 범위의 중간고사보다 한 학기동안 학습한 내용 전체를 범위로 하는 기말고사와 성격이 더 비슷하다는 점을 생각해 볼 수 있으나 확인을 위해서는 더 연구가 필요하다. Pre-Test를 10점 만점으로 표시하여 각각의 신입생들의 중간고사성적과 기말고사성적을 [그림 IV-7]과 [그림 IV-8]에 나타내었다.



[그림 IV-7] Pre-Test와 중간고사 성적 분포



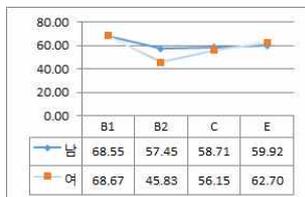
[그림 IV-8] Pre-Test와 기말고사 성적분포

4) 시험 문제는 부록에 수록하였다.

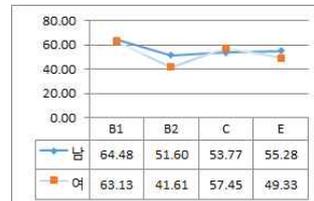
[그림 IV-7]과 [그림 IV-8]에 의하면 Pre-Test 저득점자들도 중간과 기말에서 어느 정도 고득점을 할 수 있었으며 일부 아웃라이어(outlier)를 제외하면 Pre-Test 점수별 중간고사와 기말고사 점수의 폭이 넓게, 그리고 비교적 일정하게 Pre-Test 점수가 올라감에 따라 서서히 올라가는 것을 관찰할 수 있다. 이는 수학 실력 진단평가 및 중간, 기말 시험 문제들이 모두 평이했기 때문이라고 볼 수 있다.

1-2. 남녀 성별에 따른 차이

남학생과 여학생의 성적을 분반별로 조사한 결과는 아래의 [그림 IV-9] 및 [그림 IV-10]과 같다. [그림 IV-9]를 보면 중간고사에서는 두 개 분반은 남학생이, 나머지 두 개 분반은 여학생의 성적이 약간 더 높다. B2분반은 남녀의 차이도 다른 분반에 비하여 유난히 큰 편이다. 기말고사 성적은 [그림 IV-10]에 따르면 면대면 한국어 분반(C)에서만 여학생의 성적이 더 높고 나머지 세 개 분반에서는 남학생의 성적이 더 높다. 이 결과를 중간고사를 기준으로 기말고사로의 추이를 살펴보면 여학생의 성적이 더 높았던 두 개 분반(B1, E)도 남학생의 성적이 기말고사로 가면서 더 높아진다. 반면 면대면(C)분반은 오히려 여학생의 성적이 남학생보다 더 높아진다. 수업 방식의 차이로 인한 현상인지 확인하기 위해 블렌디드러닝 두 개 분반을 합하여 면대면 분반(C)과 비교한 결과를 <표 IV-7>에 제시하였다.



[그림 IV-9] 남·여 1학기 중간고사



[그림 IV-10] 남·여 1학기 기말고사

<표 IV-7> B분반과 C분반 남·여 성적

		B		C		P(T<=t) B 대비 C	P(T<=t) 여 대비 남
		여	남	여	남		
중간	평균	55.35	62.39	56.15	58.71	여 : 0.4523	0.1184
	SD	28.03	23.65	17.61	22.53	남 : 0.1900	
기말	평균	50.57	57.13	57.45	53.77	여 : 0.1210	0.3051
	SD	25.16	22.48	13.51	21.00	남 : 0.1975	

<표 IV-7>에 의하면 통계적으로 유의미한 차이는 아니라 할지라도 블렌디드러닝 수업의 경우는 남학생의 성적이 중간고사와 기말고사 둘 다에서 여학생보다 높고 면대면 수업의 경우는 중간고사에서는 남학생이 높았으나 기말고사에서는 여학생의 성적이 더 높다. 여학생들의 중간고사 성적에서 블렌디드러닝과 면대면 방식을 비교할 때 별 차이가 없는 것을 볼 수 있다. 그러나 여학생들은 기말고사에서는 블렌디드러닝보다 면대면 방식에서 약 7점 가량 평균이 더 높다. 이 차이는 통계적으로는 유의미하지 않아도 주목할 만하다. 특히 남학생들의 경우와 비교하면 더욱 그러하다. 남학생들은 중간고사와 기말고사 둘 다 블렌디드러닝에서의 성적이 면대면의 경우보다 높다. 여학생들이 면대면 수업 방식에서 남학생에 비해 학업성취도가 향상되는 현상을 관찰할 수 있다. 이상을 종합하면 통계적으로 유의미하지는 않아도 여학생은 면대면 수업방식에서, 그리고 남학생은 블렌디드러닝 방식에서 각각 더 학업성취도가 높다고 할 수 있다.

단순히 남녀 성별 학업성취도를 비교하기 위해 4개 분반을 합하여 볼 때 통계적으로는 유의미하지는 않으나 중간고사와 기말고사 둘 다에서 남학생의 성적이 여학생보다 높은 것을 볼 수 있다(<표 IV-8>). 이러한 차이가

앞의 1-1절에서처럼 이 수업이전에 있었을 가능성을 고려하여 4개 분반 전체 신입생들만의 성적을 Pre-Test 성적과도 비교하여보았다(<표 IV-9>).

<표 IV-8> 남·여 차이 t-검정 결과

	중간	기말	t 값		P(T<=t)	단측검정 기각치
남	60.57	55.87	중 간	0.98423	0.163031	1.651654
SD	23.52	21.56				
여	57.28	53.15	기 말	0.79545	0.213594	1.651654
SD	22.36	21.06				

<표 IV-9> 신입생 성별 성적과 그 차이에 대한 t-검정 수치. 괄호 안은 표준편차

	Pre-Test	중간고사	기말고사
남, 105명	64.38(24.45)	63.03(22.87)	59.81(21.02)
여, 44명	60.23(23.60)	56.86(19.16)	50.20(20.39)
t 값/기각치	0.94942/1.6553	1.5640/1.6553	2.6087/1.6554

신입생의 경우 중간고사와 기말고사 그리고 Pre-Test 모두 남학생의 성적이 여학생보다 높다. <표 IV-8>과 <표 IV-9>를 비교하면 재학생을 포함했을 때보다 신입생만 볼 때 남녀 성적의 차이는 더 큼을 관찰할 수 있다. 그리고 Pre-Test와 중간고사의 경우 그 차이가 통계적으로 유의미하지 않지만 기말고사의 경우는 통계적으로 유의미하게 남학생의 성적이 여학생보다 높다. 중간고사의 경우도 t-값이 기각치에 근접하여 남녀의 차이가 제법 있는 것으로 볼 수 있다. 이 수업을 하기 전에 치른 Pre-Test에서 보이던 남학생과 여학생의 성적의 차이가 수업 후에 더 커진 것을 관찰할 수 있다.

2. 수업 만족도

H대학에서는 매 학기말에 개설된 강좌 전체를 대상으로 온라인으로 학생들의 종합적 수업만족도를 조사하여 각 교수자에게 제공한다. 2015년 1학기 4개 분반에 대한 수업 만족도는 다음 <표 IV-10>과 같다.

<표 IV-10> 수업 만족도 (5점 척도, 5: 대단히 만족)

	B1	B2	C	E
평균	4.07	4.08	4.19	4.09

수업 만족도 수치는 면대면 분반이 블렌디드러닝 두 분반보다 상대적으로 높긴 하지만 4개 분반의 차이가 통계적으로는 유의미하지 않다($F=0.261394$, $p=0.85316$). 그러나 2015년 1학기 H대학에 개설된 강좌 전체(749개)의 평균 4.13과 비교할 때, 블렌디드러닝 분반은 둘 다 전체 평균보다 낮는데 비해 면대면 분반은 전체 평균보다 높다. 같은 교수자가 모든 분반 및 블렌디드러닝의 이터닝 부분 강의까지 모두 담당하였고 B1, C, B2의 차례로 강의를 진행한 것을 감안할 때 다른 요인도 있겠지만 수업 방식이 그런 차이를 가져 온 것으로 볼 여지도 있다. 그러나 좀 더 세밀한 연구가 요구되는 부분이다. 학생들은 객관식 수업평가에 덧붙여 자유롭게 의견을 쓸 수 있는데 이 가운데 수업방식과 관련한 의견으로는 블렌디드러닝을 시행한 두 개 분반에서 다음과 같은 것들이 있

었다.

B1 분반:

1. 동영상 강의를 처음 해보았는데, 매주 퀴즈를 봄으로써 강의 듣기를 미뤄도 결국엔 다 들었습니다. 동영상 수업과 퀴즈를 병행한다면 매우 좋을 것 같습니다.
2. 고등학교 때와는 다르게 새로운 경험을 많이 시켜주셔서 감사했습니다.
3. 수업방식에 적응하는데 시간이 걸렸습니다. 적응하고 나서는 매시간 유익한 강의를 들었던 것 같습니다.
4. 온라인강의에 익숙하지 않아서 불편했습니다. 수업을 1회만 하는 것이 편하긴 했지만 그냥 원래대로 주2회 수업을 하고 온라인강의는 참고용으로 하는 것이 좋을 것 같습니다.

B2 분반:

1. 재이수입에도 불구하고 최선을 다하지 못한 것 같아서 죄송합니다. 그래도 이번에 올려주셨던 동영상 강의 들 덕분에 이전보다 더 이해를 높일 수 있었습니다.
2. 수업을 인터넷 강의로 하셔서 집중력이 떨어졌다.
3. 과목자체가 어려웠을 뿐, 강의는 좋았습니다. 동영상강의는 너무나도 좋은 것 같습니다. 복습하기도 용이하고요. 동영상강의를 교수님께서 모둠하나하나 짧게라도 다 적어놓으시면 앞으로 그 동영상강의를 계속 활용하여 학생들이 공부하기 좋다고 생각합니다.

위 의견들은 대략 두 가지로 종합할 수 있다. 블렌디드러닝 수업방식에 익숙하지 않아 어려움이 있었다는 점과 동영상 강의를 제공해주셔 반복해서 들을 수 있어 이해에 도움이 되었다는 긍정적인 면이다.

V. 결론

본 연구에서는 H대학의 공학을 전공할 학생들을 대상으로 하는 미적분학 교과목에서 블렌디드러닝과 면대면 수업방식에 의한 교육 효과를 분석하였다. 비록 통계적으로는 유의미하지 않았지만 학업성취도에서는 블렌디드러닝을 적용한 분반이 면대면 수업을 한 분반에 비해 높고 수업만족도에서는 면대면 분반이 더 높았다. 여기서 적용한 블렌디드러닝은 단순히 강의의 일부를 녹화하여 온라인으로 제공한 방식이다. 다른 분야의 선행연구결과들과 본 연구의 결과를 종합하여 보면, 녹화된 강의를 제공하여 반복 시청 및 시간 맞춰 출석하지 않아도 된다는 편리함이 학습효과를 올리는데 효율성을 더한 것으로 보인다. 공학을 전공할 학생들을 위한 서비스과목으로서의 미적분학 교육 현장의 문제점으로 서론에서 인용한 바와 같이 학생들의 선행지식이나 학습능력의 수준차이가 심한 것과 전공에 비해 상대적으로 적은 시간과 노력을 수학에 투자하고자 하는 학생들의 성향을 들 수 있다. 공학 전공 교수들은 학생들이 수학을 이해하고 응용할 수 있는 수준이 되길 요구한다(김성욱·안경모·이종원, 2009). 복잡한 계산이나 기법을 요하는 부분을 이러닝으로 다루면 긴 시간을 할애하지 않아도 되므로 이해가 빠른 학생들이 지루해 하는 것을 방지할 수 있고 이해가 느린 학생들은 필요한 만큼 반복 시청할 수 있어 학업 수준차이가 큰 학급의 수업에 좋은 도구가 될 수 있다고 본다. 물론 그런 부분의 수업을 녹화하여 제공하는 것도 한 방법이지만 만약 수업의 일부를 이러닝으로 대체한다면 면대면 강의에서는 사고를 요하는 개념이나 이론에 상대적으로 더 많은 시간을 할애할 수 있을 것이다. 실제로 이러닝 부분을 녹화할 때 학생들이 이해할 여유를 주거나 질문을 받는 등의 상호작용이 없어서인지 강의실에서 75분에 다룰 내용을 50분정도면 다룰 수 있었다.

한편, 수업만족도에는 강의 내용이나 수업의 방식에 관한 것뿐 아니라 교수자에 대한 인식도 반영된다. 본 연구에서 수업만족도가 블렌디드러닝 방식보다 면대면 방식의 수업에서 더 높은 것은 이러닝 부분의 기술적인 면이 미흡했을 수도 있고 다른 여러 가지 요인이 있을 수 있으나 선행연구결과들과 종합해 볼 때 결국 교수자와 학생의 인격적 관계 혹은 인격적 상호작용이 주된 요인으로 보인다. 대학교육이 전문가를 길러내는 것을 목표로 하기는 하지만 모든 교육에는 명시적이든 암묵적이든, 여기서 시험 성적으로 측정된 학업성취도가 보여주는 학

습효과 이외의 다른 효과도 목표로 한다. 학생 개인 뿐 아니라 그가 속한 공동체 혹은 사회가 더 살기 좋은 곳이 되는데 학생이 기여하게 될 것을 기대한다. 현 세대의 특징의 하나는 가상공간에서 보내는 시간이 많아지고 인격적 상호작용이 줄어든다는 점이다. 이는 사회학적 전문 지식이 없어도 개인과 사회에 부정적인 영향을 미칠 것임을 짐작할 수 있다. 동영상 강의를 일방적으로 시청하는 이러닝이라면 역시 이런 부정적인 면을 갖고 있다. 그러나 마치 동영상으로 장미꽃을 볼 때 그 아름다움을 볼 수는 있어도 향기를 맡을 수는 없는 것처럼 이러닝에서 상호작용면을 잘 보완한다고 하여도 인간과 인간의 면대면 만남을 대체할 수는 없다고 본다.

따라서 이러닝과 면대면 수업의 각각의 장점을 살려 학습성취도를 높이고 동시에 수업만족도도 높으려면 좋은 블렌디드러닝 모델을 개발할 필요가 있다. 학습효과를 올리면서도 인격적 상호작용을 충분히 하기 위해서는 특히 블렌디드러닝에서 이러닝과 면대면 수업을 어떤 비율로 할 것인지에 대한 연구가 더 필요하다. 본 연구의 블렌디드러닝에서 대략 50%를 이러닝으로 한 결과를 볼 때 이러닝부분은 50%보다는 더 적게 하기를 제안한다.

이러닝 부분을 위해 강의를 녹화하는 과정은 교수자 자신의 교수법을 돌아보게 하고 개선하는데 도움을 주었다. 녹화를 하면서 판서나 설명을 수정하고 재녹화하는 것은 같은 강의를 강의실에서 두 번 혹은 세 번 되풀이 하면서 수정해 나갈 때와는 다른 측면이 있다. 즉 수정되기 전의 부분이 학생들에게 제공하지 않는다는 장점이 있다. 녹화를 할 때 교수자의 모습은 나오지 않고 음성과 판서만 보이게 하였기에 재녹화가 부담이 되지 않았다. 녹화된 강의는 학생들이 반복 시청할 수 있다는 장점이 있을 뿐 아니라 교수자의 입장에서도 반복 활용이 가능하다는 점이 큰 장점이기도 하다.

본 연구에서 얻은 부수적인 결과의 하나는 신입생이 재학생에 비해 월등하게 학습성취도가 높은 것을 확인한 것이다. 재학생 중 약 삼분의 일은 재이수자이고 나머지는 대부분이 공학계열 전공을 선택하기로 1학년 말에 뒤늦게 결정한 학생들이다. 연구 대상자 중 신입생들은 입학할 때 이미 공학계열의 전공을 염두에 두고 있는 학생들이었다. 재이수자가 같은 강의를 두 번 이수하므로 성적이 더 높을 것으로 예상할 수도 있으나 대개는 그렇지 않다. IV장의 분석결과에서 살펴본 것처럼 중간고사와 기말고사의 상관관계는 거의 1에 가깝다. 이로 미루어 짐작하면 두 번째 이수한다고 해도 성적이 좋지 않을 가능성이 더 크다. 따라서 재이수자들의 학습성취도에 관심을 기울일 필요가 있음을 보여준다. 이 때 녹화된 강의를 활용하는 것도 한 방법이 될 수 있다고 본다. 또한, 공학계열의 전공을 선택하는 시기가 이른 학생이 이 과목에서의 학습성취도가 높다는 점은 전공 선택을 지도하는 시점에 대하여 시사하는 바가 있다.

한편, 남녀의 차이를 비교한 결과에서 남학생은 블렌디드러닝 방식에서 학습성취도가 더 높고 여학생은 면대면 수업방식에서 더 높았던 점과 전반적으로 남학생이 여학생보다 학습성취도가 더 높았던 점도 더 연구해 볼 만한 문제라고 본다.

참 고 문 헌

- 권오남·김기연·박지연·김래영 (1997). 수학적 시각화를 위한 그래픽 계산기의 활용 방안, 대한수학교육학회 수학교육연구발표대회 논문집, 293-318.
- Kwon, O. N., Kim, K. Y., Park, J. Y. & Kim, R. Y. (1997). *The Korean Soc. of Ed. in Math <Proceedings of Educational Research in Mathematics Conference>*, 293-318.
- 김덕선·박진영·이상구 (2008). 21세기 선진형 ICT 수학 교육 방법론 모델, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **22(4)**, 533-543.
- Kim, D.-S., Park, J.-Y & Lee, S.-G. (2008). The educational models using enhanced mathematics ICT in the Korean IT environments, *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, **22(4)**, 533-543.
- 김미영·안광식·최완식 (2005). 블렌디드 학습, 온라인 학습, 오프라인 학습의 학습성취도와 학습만족도 비교,

- 대한공학교육학회지, **30(1)**, 106-119.
- Kim, M. Y., Ahn, K. S. & Choi, W-S. (2005). The Comparison of the learning achievement and learning satisfaction between in the Blended Class and Lonlin Class and Offline Class, *The Journal of Korean Institute of Industrial Education*, **30(1)**, 106-119.
- 김성욱 · 안경모 · 이종원 (2009). 공학전공자를 위한 대학수학교육과정 및 교과목 개발 연구, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **23(4)**, 961-976.
- Kim, S.-O., Ahn, K. M. & Lee, J. W. (2009). A study for the development of curriculum and courses of mathematics for engineering majors, *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*,
- 김준호 · 김태석 (2010). 대학에서 블렌디드러닝의 효과성에 관한 연구, 국제회계연구, **31**, 111-127.
- Kim, J. H. & Kim, T. S. (2010). The Effect of Blended Larning in Higher Education-focus on management accounting courses, *Korea International Accounting Review*, **31**, 111-127.
- 남승인 (1993). 수학교육에서 컴퓨터의 활용에 대한 고찰-국민학교 6학년을 중심으로, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, **32(4)**, 345-359.
- Nam, S. I. (1993). A Study on the Computer Usage in mathematics education. *The Mathematical Education*, **32(4)**, 345-359.
- 노혜란 · 최미나 (2011). 대학 이러닝에서 학습자의 참여지속에 관한 로지스틱 회귀분석, 교육정보미디어연구, **17(4)**, 593-614.
- Roh, H. L. & Choi, M. N. (2011). Logistic regressions analysis of the student's persistent intention in university e-learning. *The Journal of Educational Information and Media*, **17(4)**, 593-614.
- 박성선 (2001). 컴퓨터를 활용한 수학학습에 대한 사회문화적 관점, 한국수학교육학회지 시리즈 C <초등수학교육>, **5(1)**, 13-20.
- Park, S.-S. (2001). Sociocultural perspectives on mathematics learning using computer. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. C*, **5(1)**, 13-20.
- 박준식 · 표용수 (2013). 대학 기초수학 수준별 학습지도 개선방안. 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **27(1)**, 19-37.
- Park, J. S. & Pyo, Y. S. (2013) Improvement strategies of teaching methods of university basic mathematics education courses by ability grouping. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, **27(1)**, 19-37.
- 우정호 · 정영옥 · 박경미 · 이경화 · 김남희 · 나귀수 · 임재훈 (2006). 수학교육학 연구방법론, 경문사, 152-153.
- Woo, J.-H. et al. (2006) Theory of Research Method on Mathematics Education, Kyungmoon Sa, 152-3.
- 우종정 · 김보나 · 이옥형 (2009). 대학에서 먼대면 수업 대안으로서의 블렌디드 러닝에 대한 연구, 한국정보기술학회<한국정보기술학회논문지>, **7(2)**, 219-225.
- Woo, J., Kim, B. & Lee, O. (2009) A Study on the Blended Learning as An Alternative of Face-to-Face Learning in University, *KIIT:JKIIT*, **7(2)**, 219-225.
- 이규봉 (1995). Computer Aided Mathematical Proof-in Finding the Inverse Matrix of a Special Matrix., 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, **34(1)**, 7-9.
- Lee, G-B. (1995). Computer Aided Mathematical Proof-in Finding the Inverse Matrix of a Special Matrix, *The Mathematical Education*, **34(1)**, 7-9.
- 이상구 · 설한국 · 한신일 (2005). 기반수학강좌의 자기주도형 Blended-Learning PBL 수업모델연구, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **19(4)**, 769-785.
- Lee, S.-G., Seol, H.-K. & Hahn, S.-I. (2005). A Research on a Model of BL-PBL Self-Directed Mathematics Lectures at College. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, **19(4)**, 769-785.

- 이상구 · 신준국 · 김경원 (2014). 스토리텔링 수학교과서에서 공학적 도구의 활용과 미분적분학 단원에 관한 개발 사례. 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **28(1)**, 65-79.
- Lee, S.-G., Shin, J., & Kim, K.-W. (2014). A Case Study of Perceptions on Storytelling Mathematics Textbooks with Computer Algebra System. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, **28(1)**, 65-79.
- 이상구 · 장지은 · 김경원 (2013). Sage와 GeoGebra를 이용한 선형대수학 개념의 Visual-Dynamic 자료 개발과 활용. 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **27(1)**, 1-17.
- Lee, S.-G., Jang, J.-E. & Kim, K.-W. (2013). Visualization of Linear Algebra concepts with Sage and GeoGebra. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, **27(1)**, 1-17.
- 이상구 · 장지은 · 김경원 · 박경은 (2014). GeoGebra와 미분적분학 개념의 시각화. 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **28(4)**, 457-474.
- Lee, S.-G., Jang, J.-E., Kim, K.-W. & Park, K.-E. (2014). Visualization of Calculus Concepts with GeoGebra. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, **28(4)**, 457-474.
- 이옥형 (2008). 블렌디드러닝과 면대면 수업의 학업성취도에 관한 연구, 청소년학연구, **15(1)**, 1-27.
- Lee, O-H. (2008). A Study on Achievement of Blended Learning and Face-to Face Learning, *Korean Journal of Youth Studies*, **15(1)**, 1-27.
- 이중권 (2001). Mathematics Knowledge Construction in Computer Based Learning. 한국수학교육학회지 시리즈 D <수학교육연구>, **5(1)**, 13-24.
- Lee, J. K. (2001). Mathematics Knowledge Construction in Computer Based Learning. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. D: Research in Mathematical Education*, **5(1)**, 13-24.
- 이중권 (2004). A Case Study of Procedural and Conceptual Knowledge Construction in the Computer Environments. 한국수학교육학회지 시리즈 D <수학교육연구>, **8(2)**, 81-93.
- Lee, J. K. (2004). A Case Study of Procedural and Conceptual Knowledge Construction in the Computer Environments. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. D: Research in Mathematical Education*, **8(2)**, 81-93.
- 이중권 · 김성훈 (2004). 맞춤 e-learning을 위한 컴퓨터 적응진단 및 수업체제 개발연구, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, **43(3)**, 291-307.
- Lee, J. K. & Kim, S. H. (2004). A study for developing computer adaptive diagnosis and instruction(CADI) for tailored learning under e-learning environment. *The Mathematical Education*, **43(3)**, 291-307.
- 이중권 · 노영순 (1997). Teachers and Research Studies in Computer-Assisted Learning, 한국수학교육학회지 시리즈 D <수학교육연구>, **1(1)**, 87-94.
- Lee, J. K. & Ro, Y. S. (1997). Teachers and Research Studies in Computer-Assisted Learning, *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. D: Research in Mathematical Education*, **1(1)**, 87-94.
- 이현수 · 김영철 · 박영용 (2013). 입시전형별 이공계 신입생의 대학수학 성취도 비교 분석-2012년 M-대학교 이공계 신입생을 중심으로, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **27(4)**, 369-379.
- Lee, H. S., Kim, Y. C. & Park, Y. Y. (2013). A Study on freshmen's achievements for grade point average among college entrance types in natural science and engineering. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, **27(4)**, 369-379.
- 이혜경 · 김향숙 (2006). Keris의 사이버 가정학습 시스템에 적합한 SCORM 기반 수학과 e-learning 콘텐츠 설계 및 개발. 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, **20(3)**, 425-441.
- Lee, H-G & Kim, H-S. (2006). Design and Development of SCORM based e-learning contents about mathematics for the KERIS' Cyber Home Education System, *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, **20(3)**, 425-441.

- 이혜정·이성혜 (2007). 대학교육의 질 제고를 위한 블렌디드 이러닝 활성화 방안: 교수들의 인식 및 요구 조사 분석으로부터, 교육정보미디어연구, **13(4)**, 77-102.
- Lee, H. J. & Lee, S. (2007). An Investigation of Professor's Needs to Activate Blended e-Learning System in a Conventional University. *The Journal of Educational Information and Media*, **13(4)**, 77-102.
- 전영국 (1997). WWW와 Mathematica를 이용한 CAI 개발, 대한수학교육학회 <수학교육학연구>, **7(2)**, 281-292.
- Jun, Y. (1997). Design and development of CAI program based on WWW and mathematica. *The Korean Soc. of Ed. in Math <Journal of Educational Research in Mathematics>*, **7(2)**, 281-292.
- 최미나 (2007). 동일교수자의 동일 수업에서 온라인과 오프라인 학습 환경에 따른 학습 효과 분석, 교육정보미디어연구, **13(4)**, 5-23.
- Choi, M. N. (2007) Analysis of Learning Effect in Learning Environment in Online and Offline Lectures by the Same Teacher. *The Journal of Educational Information and Media*, **13(4)**, 5-23.
- 최은미 (2009). 미적분학 개혁운동과 미적분강좌의 방향연구, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, **48(1)**, 47-59.
- Choi, E. M. (2009). Calculus Reform Movement and A Study on the College Calculus. *The Mathematical Education*, **48(1)**, 47-59.
- 최은정 (2009). 대학미적분학 수준별 교육 사례와 수치연산 소프트웨어를 활용한 교육과정 개발 연구, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, **48(3)**, 213-234.
- Choi, E. J. (2009). A case study on differentiated curriculum for the university calculus and the curriculum development using the numerical software, *The Mathematical Education*, **48(3)**, 213-234.
- 한지영·이은화 (2010). 블렌디드 러닝 환경에서 e-learning에 대한 학습자의 지각정도와 학습만족도-S대학 보건교육학 강좌를 중심으로, 컴퓨터교육학회논문지, **13(6)**, 69-77.
- Hahn, J. Y. & Lee, E. (2010). Learner's perception and Learning Satisfaction on e-learning in the University Blended Learning Environment. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, **13(6)**, 69-77.
- 황혜정 (1997). The Current Status of Computer Usage in Korean Schools, 한국수학교육학회지 시리즈 D <수학교육연구>, **1(1)**, 61-74.
- Hwang, H. J. (1997). The Current Status of Computer Usage in Korean Schools, *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. D: Research in Mathematical Education*, **1(1)**, 61-74.
- Driscoll, M. (2002). Blended Learning, *E-learning*, **3(3)**, 54-56.
- Kashefi, H., Ismail, Z. & Yosof, Y. M. (2012). Supporting Engineering Students' Thinking and Creative Problem Solving through Blended Learning, *Procedia-Sodial and Behavirol Sciences*, **56**, 117-125.
- NCTM (2007). 학교수학을 위한 원리와 기준 (류희찬·조원영·이경화·나귀수·김남균·방정숙 역), 서울: 경문사. 21 (원저 2000년 출판).
- Tawil, N. M., Ismail, N. A., Asshaari, I., Osman, H., Nopiah, Z. M. & Zaharim, A. (2012). Comparing Lecture and E-Learning as Learning Process in Mathematics and Statistics Courses for Engineering Students in Universit Kebangsaan Malaysia, *Procedia-Sodial and Behavirol Sciences*, **60**, 420-425.
- Watkins, R., Leigh, D. & Triner, D. (2004). Assessing Readiness for E-Learning, *Performance Improvement Quarterly*, **17(4)**, 66-79.

Comparison of the Effects on Teaching Calculus for Engineering Students

Sung-Ock Kim

Global Leadership School, Handong Global University, Pohang, 37554, South Korea

E-mail : sokim@handong.edu

The purpose of this paper is to compare the effects on the students' academic achievement and satisfaction level in a Calculus course taught by two different teaching modes, blended learning and face-to-face learning. The comparison analysis was made for Calculus 2 course in H university in South Korea offered in the Spring semester of the year 2015. Calculus 2 is a Calculus course designed for the first year students who plan to choose their majors in Engineering. There were two sections of the Calculus course taught in a blended learning mode and one in a conventional face-to-face learning mode. All these three sections including e-learning parts were taught by the author.

We discuss some meaningful differences in the effects by the two different teaching modes.

* ZDM Classification : B45, D78, U55

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97C80, 97D40, 97U50

* Key Words : Calculus, Engineering, blended learning, e-learning.

<부록>

1. 2015학년도 신입생 수학 실력 진단 검사지

1. $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^n}{5^n} =$ 2. 곡선 $y = x^{\frac{1}{5}}$ 의 그래프를 1계미분과 2계미분을 이용하여 그리시오.
 3. $\frac{d}{dx} (x^2+2)^4 =$ 4. $\int \frac{1}{(x+1)^2} dx =$ 5. $\int \frac{1}{x} dx =$ 6. $\frac{d}{dx} \ln(x^2+2) =$
 7. $\frac{d}{dx} \cos(x^2) =$ 8. $\frac{d}{dx} e^{2x} =$ 9. $\int 2^x dx =$ 10. $\int \sin^2 x dx =$

2. Calculus 2, 2015, Midterm Exam. 5 points each, total 60 points.

1. $f(x) = \cos^{-1} \sqrt{x}$. $f'(\frac{3}{4})=?$ 2. $\int_0^{\frac{\pi}{4}} \sec^3 x dx=?$ 3. $\int_0^1 \frac{x^2-x}{(x^2+2x+2)(x+1)} dx=?$ 4. If $\sinh x = 1$, $\cosh x=?$
 5. For $x \in (-1, 1)$ $g(x) = \sum_{n=0}^{\infty} x^n$. $g''(\frac{1}{3})=?$ 6. Test the convergence and name your test : $\sum_{n=0}^{\infty} \frac{n}{n^2+1}$
 7. Find the interval of convergence of $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-2)^n x^{n-1}}{\sqrt{n+3}}$.
 8-9. Find the Maclaurin series of $\sin(t^2)$. 9. Estimate $\int_0^1 \sin(t^2) dt$ with absolute value of error less than 10^{-2} .
 10-11. Find the Taylor polynomial of order 3 of $f(x) = \ln(1+x)$ at the center (base point) 0.
 11. Explain the error when you use the polynomial of problem 10 to estimate $\ln(1.03)$.
 12. If $s = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \frac{1}{n}$ and $s_5 = \sum_{n=1}^5 (-1)^n \frac{1}{n}$, then $|s - s_5| < \frac{1}{6}$. Explain why this is true.

3. Calculus 2 Final exam 2015/1. Total 80 points.

- 1-10. True/False: 2 points for a correct answer, -1 for a wrong answer, 0 for no answer.
 1. $\arcsin 0 (= \sin^{-1} 0) = \pi$ 2. $(\cosh x)' = -\sinh x$ 3. For two vectors A, B , $A \times B$ never equals $A \cdot B$.
 4. The vector $(1, 2, 3, 4)$ is perpendicular to $(-4, -3, -2, -1)$. 5. In polar coordinates, $(-2, \frac{\pi}{3}) = (2, \frac{10\pi}{3})$.
 6. The area under one arch of the cycloid $P(\theta) = (\theta - \sin \theta, 1 - \cos \theta)$ ($\theta \in [0, 2\pi]$) is $\int_0^{2\pi} (1 - \cos \theta)^2 d\theta$.
 7. Along a smooth curve, $B' \cdot T = 0$ 8. $\tanh(\ln 4) > 1$. 9. κ (curvature) depends on the speed.
 10. When the speed of a particle is constant, the inner product of the velocity and acceleration is always 0.
 11-20. 3 points each.
 11. $x = \cos^{-1} y = \arccos y$. Find y with $\frac{dx}{dy} = -2$.
 12. Find the coefficient of x^2 in the Taylor series of $f(x) = \ln(x+4)$ around 0 (=center).
 13. The following graph (1) can be the graph of (). $\ddot{\varphi}$: $r^2 = \cos 2\theta$
 14. Find the projection (정사영) $proj_b a$ of $a = (2, 3, 1)$ along $b = (0, -1, 2)$.
 15. Convert from rectangular to polar equation: $x^2 + y^2 = 2x$.
 16. Find the distance from (the spherical coordinates=) $(\rho, \phi, \theta) = (4, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{3})$ to $(\rho, \phi, \theta) = (2, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2})$.
 17. Find the length of the polar curve $r = e^\theta$, $-4 \leq \theta \leq 4$.
 18. Compute the volume of the parallelepiped box determined by the three vectors

- $a = (1, 2, 3)$, $b = (2, 1, 0)$, $c = (-3, 0, 4)$.
19. Find the equation of the plane which is perpendicular to the vectors $(3, 0, 4)$ and $(1, 0, -1)$. The point $(3, 1, 2)$ is on the plane.
20. $\det A = 2$, A is a 3×3 matrix. $\det(2A) = C$, $\det(A^3) = C$. Find C-D.
- 21-26: 5 points each.
21. Sketch the polar curves $r = 1$ and $r = 1 + \cos \theta$. Find the area inside the circle $r = 1$ but outside the cardioid $r = 1 + \cos \theta$.
22. Estimate $e^{0.2}$ with error less than 10^{-3} .
- 23-26. For a curve given by the parametric equation, $P(t) = (x(t), y(t), z(t)) = (3t, 4 \cos t, -4 \sin t)$
23. Find the parametric equation of the tangent line at $t = \frac{\pi}{2}$.
24. Compute the curvature κ .
25. Find T , N , B . Find the T and N components of acceleration.
26. (1)(3pts) Compute the length of the curve for $t \in [0, \pi]$.
 (2)(2 pts) Reparametrize the curve with arc length parameter s .

4. Calculus 2 강의 일정

- B1, C, E 분반은 월·목요일 75분씩 수업, B2 분반은 화·금요일 75분씩 수업이 편성되어 있었다.
- 매 차시의 온라인 강의는 길이가 일정치 않게 여러 개로 분리되어 있어 합하면 대략 75분이 된다.
- 온라인 강의에서 강사의 모습은 보이지 않고 음성과 판서만 동영상으로 제공된다. 온라인 강의를 시청하기 위해 학생들은 아래와 같은 형태로 제공된 웹 주소를 클릭만 하면 된다. 아래의 주소는 임의로 만든 것으로 실제 온라인 강의를 보려면 연구자에게 연락하면 된다. 모든 온라인 강의는 연구자의 소속 대학의 웹에 탑재되어 있다.
<http://hducc.?????.edu/em/12345678abcdef>
- 온라인 강의는 강의 일정보다 3, 4일 미리 제공하였다.
- 강의 일정표: 온라인 표시 된 날 B1과 B2 분반은 온라인 강의를 학생이 원하는 장소와 시간에 시청함.

주차	날짜(괄호 안은 B2)	강의주제 및 범위
1	03-02(03)	강의 개요, 역삼각 함수 소개
	03-05(06)	역삼각함수의 미분과 그를 이용한 적분
2	03-09(10) 온라인	삼각함수 적분, 온라인 강의는 아래 주소에서 시청. http://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-01sc-single-variable-calculus-fall-2010/unit-4-techniques-of-integration , Session 68, 69, 71, 72, 73. 3주차부터 온라인 강의를 한국어로 녹화하여 제공함
	03-12(13)	적분의 부분분수법, 퀴즈1
3	03-16(17) 온라인	쌍곡함수 소개, 쌍곡함수의 미분, 적분, 쌍곡함수의 역함수,
	03-19(20)	쌍곡함수의 역함수를 이용한 적분, 퀴즈2
4	03-23(24) 온라인	무한급수 수렴판정법
	03-26(27)	무한급수 수렴판정법 계속, 퀴즈3
5	03-30(31) 온라인	멱급수, 테일러 급수 (모듈 11, 12)퀴즈4
	04-02(03)	멱급수 연습, 테일러 급수, 퀴즈4
6	04-06(07) 온라인	테일러 정리와 증명
	04-09(10)	테일러 정리를 이용한 근삿값과 오차, 퀴즈5
7	04-13(14) 온라인	n차원 수 공간, 벡터의 내적
	04-16(17)	정사영, 극좌표, 퀴즈6
8	04-20(21)	복습
	04-23	중간고사
9	04-27(28) 온라인	극좌표, 구면좌표, 원기둥 좌표
	04-30(01)	행렬, 행렬식의 정의, 퀴즈7
10	05-04(휴일) 라인	행렬식의 성질, 역행렬
	05-07(축제)	중간고사 풀이
11	05-11(12) 온라인	행렬식의 응용(연립방정식 풀이, 크래머의 법칙, 벡터의 외적의 정의)
	05-14(15)	벡터의 외적의 성질 및 응용, 평면과 직선의 방정식 등), 선형사상, 퀴즈8
12	05-18(19) 온라인	곡선의 매개변수식, 벡터함수의 미분과 적분
	05-21(22)	곡선의 매개변수식, 벡터함수의 미분과 적분 연습문제, 퀴즈9
13	휴일(26) 온라인	곡선의 길이, 모든 분반 온라인 강의로 함.
	05-28(29)	곡선의 길이 연습, 재매개화, 퀴즈10
14	06-01(02) 온라인	접촉평면, 회전운동, 곡률
	06-04(05)	가속도 분해, 비틀림, 퀴즈11
15	06-08(09)	극좌표로 주어진 영역의 면적, 선적분, 온라인 강의 제공, 모든 분반 오프라인 수업
	06-11(12)	복습
16	06-15	기말고사