

【신청서 요약문】

<신청서 요약문>

중심어	이론수학-계산수학	융합형 교육 프로그램	중심문제 해결
	포괄적 사고	타 분야와의 접목	국제적 연구 및 교육기관
	산학공동연구	현장문제 해결 능력 배양	수학 및 과학의 대중화
교육연구단의 비전과 목표	<p>본 교육연구단의 비전은 “수학의 중심문제 해결에 도전하고, 사회에서 요구되는 융합 인재를 양성” 하는 것이며, 이를 달성하기 위한 교육연구단의 목표는 다음의 세 가지다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 포괄적 사고와 문제 해결력을 갖춘 수학자 ▶ 수학에 대한 깊은 이해를 갖춘 신산업분야의 개척자 ▶ 연구의 국제적 위상 확립 <p>교육 측면에서는 사회의 패러다임 변화에 부합하는 수학자를 육성하기 위해 교육혁신이 필요하다. 이를 위해서는 교육 패러다임 변화에 선제적으로 대응하고, 방대한 지식을 결합하여 수학 문제 및 사회/산업 문제에 적용 가능한 교육을 수행하는 것이다. 다양한 수학의 분야를 유연하게 연결하도록 융합형 교육 프로그램 개발 및 운영을 하고, 학생의 니즈에 부합하는 새로운 교과목 개설 및 실무담당자와의 팀티칭을 할 것이다. 이러한 교육혁신을 통해 포괄적 사고와 문제 해결력을 갖춘 수학자, 수학에 대한 깊은 이해를 갖춘 신산업분야의 개척자를 양성하고자 한다.</p> <p>연구 측면에서는 단기적 정량적인 평가를 지양하고 선도적인 연구 주제의 특성화 및 breakthrough 달성, 타 분야와의 연구 협력을 강화하여 차별화된 연구력을 확보하고자 한다. 이를 위해서 자유로운 연구 분위기를 조성하고 타기관 및 타전공과의 연구 협력의 확대할 것이다. 또한 우수 연구인력 확보 및 교류, 대학원생에 대한 다중 멘토링을 지속하여, 연구 결과의 질적 향상을 꾀하고자 한다.</p>		
	교육역량 영역	<p>본 교육연구단(신설학과: 수학기산학부)의 교육과정은 수학과 대학원 교과목 및 계산과학 공학과 교과목을 통합하여 운영한다. 통합교육 과정은 수학의 주요문제를 해결하고 미래의 방향을 제시하는 이론수학 교육과, 다양한 응용분야에 접목 가능한 지식을 제공하는 계산과학 교육으로 구성되어 있다. 교과과정을 필수핵심과목군, 전문심화과목군, 특성화 과목군으로 분류하여 수강지도하고 있으며, 다학제간 연구를 위해 타학과 및 타학교에서의 학점이수를 인정하고 있다. 대학원생들의 수요와 담당교수의 연구분야 최근 성과 등을 고려하여 교과목을 개설하고, 높은 수준의 영어강의 비율을 유지하며, 온라인 보조수단을 교육에 적극적으로 도입할 예정이다.</p> <p>본 교육연구단에서는 이론수학과 계산수학을 균형 있게 결합하여, 수학/자연/사회/산업의 중심문제를 다루는 연구와 교육의 선순환을 이끌어 내려한다. 정규과목을 연구와 연계하여 문제해결 능력을 함양시키고, 외부 연구자와 팀티칭을 통한 현장문제 해결 능력을 배양시키고자 한다. 또한 대학원생 주도의 개방형 세미나, 집중학교 등으로 대학원생의 학술 및 연구활동에 자발적으로 참여하도록 유도하여 그 효과를 극대화 하려한다.</p>	

	교육의 국제화 역량을 강화하기 위해, 대학원생들의 국제교류를 적극 지원하는 한편, 해외 학자들과 다양한 경로로 교류하고, 이들이 우리 대학원 교육프로그램에 보다 적극적으로 참여할 수 있도록 제도를 보완할 계획이다.
연구역량 영역	<p>본 교육연구단 참여교수 21인은 이론수학, 응용수학 및 계산수학 등의 다양한 분야에서 연구를 진행하고 있으며, 꾸준히 우수한 결과들을 국제저명학술지에 게재하고 있다. Scopus 기준 최근 5년(2015-2019년도)간의 논문 실적은 SJR 기준 Q1의 비율이 67.1%로 이미 국제수준에 근접하였으나, 각 논문의 선도성을 나타내는 citation 지표는 Scopus 기준 논문 1편당 4.1회로 다소 격차가 있는 것으로 나타났다. 현재의 정량수치를 유지하면서 특성화된 연구 분야에서 질적인 향상을 추구하여 연구의 독창성을 확보하고자 한다. 교수 개인의 고유의 영역에서 국제수준의 전문성을 갖추고, 교수 간 연구교류 및 타 전공 및 타 분야와의 접목 등을 통해 선도적 연구 분야를 창출할 계획이다.</p> <p>사회/산업/공학 문제 해결을 위하여 먼저 이론수학 분야(대수학, 해석학, 위상 및 기하학)에서 원리규명을 통한 방법론을 제공할 것이다. 응용수학 분야(금융수학, 수치해석학)는 수하이론-문제해결의 인터페이스 역할을 하고, 계산수학 분야(데이터사이언스/기계학습, 의료영상, 유체역학)에서 실제 현상의 문제를 해결할 것이다. 이 세 분야가 유기적으로 협력하여 연구의 시너지 효과를 극대화하고자 한다. 금융수학, 기계학습 및 데이터과학, 감염병 확산연구, 미세먼지 모델링, 의료영상처리 등과 같은 사회문제에 적용 가능한 연구를 수행하고자 한다. 또한, 산업계와 밀접히 연계하여 산학공동연구 및 인력교류를 진행하고, 수학 및 과학의 대중화 활동을 계속 진행할 계획이다.</p> <p>본 교육연구단이 추진하는 순수과 응용의 균형 잡힌 연구가 국제적 선도 역량을 갖추도록 할 것이다. 이를 위해 해외학자와의 교류를 통한 공동연구 추진과 국제학술 활동에 적극적 참여, 국제적 연구자 커뮤니티 구성, 국제 학술대회 및 집중학교 개최 등을 진행할 예정이다.</p>
기대 효과	본 교육연구단은 수학 내의 여러 분야뿐만 아니라 수학과 관련한 다양한 분야와 융합할 수 있는 세계적인 수학자를 양성하는 대학원으로 발돋움할 것이다. 이들은 여러 분야의 풍부한 수학지식을 넘나들며, 다양한 분야에서 공통으로 작동하는 수학적 원리를 발견할 것으로 기대된다. 본 교육연구단은 수학의 주요문제에 도전하는 연구 분위기를 조성하고 학문 후속세대들을 지속적으로 양성함으로써, 현대수학을 이끄는 국제적 연구·교육기관으로 성장할 것이다. 또한, 이론수학을 겸비한 응용수학자들이 자연과학, 사회과학, 산업 분야로 진출하여 혁신적인 미래 산업을 주도할 것이다.

1. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1. 교육연구단 구성

1.1 교육연구단장의 교육연구행정 역량

성 명	한글	박은재	영문	EUN-JAE PARK
소 속 기 관	연세대학교	일반대학원	계산과학공학과	

<표 1-1> 교육연구단장 최근 5년간 연구실적

연 번	저자	논문제목/저서제목 /book chapter/ 설계작품명	저널명/ 학술대회명/ 출판사/행사명	권(호), 페이지 /ISSN/ISBN (pp. ** - **)	게재· 출판· 행사 연도	DOI 번호 (해당 시)
1	박은재	Convergence and optimality of adaptive least squares finite element methods	SIAM J. Numer. Anal.	53 (1), 20/0036-1429(pp. 43-62)	2015	10.1137/130949634
2	박은재	A Staggered Discontinuous Galerkin Method of Minimal Dimension on Quadrilateral and Polygonal Meshes	SIAM J. Sci. Comput.	40(4), 25/1064-8275(pp.A2543-A2567)	2018	10.1137/17M1159385
3	박은재	C0-discontinuous Galerkin methods for a wind-driven ocean circulation model: Two-grid algorithm	Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.	328, 19/0045-7825(pp. 321-339)	2018	10.1016/j.cma.2017.08.034

I. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

1. 교육연구단 구성

1.1 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

[교육연구단장: 박은재 교수]

소속	연세대 계산과학공학과 교수
최종학력	미국 Purdue University, PhD (1993년), 전공: 응용수학/수치해석
연구실적	최근3년 SCI 급 저널 20편
행정경력	연세대 수학과 대학원주임(2008), 계산과학공학과 학과장(2015-2016, 2019-2020) 대한수학회 응용수학 분과 위원장(2017-2020), 한국산업응용수학회 부회장(2019-2020)

▶ **연구역량:** 교육연구단장인 박은재 교수는 지난 20여 년간 응용수학과 수치해석학 연구에 남다른 노력을 기울여왔다. 특히, 불모지나 다름없었던 우리나라에 처음으로 영역분할법(Domain Decomposition Method), 적응유한요소법, 멀티스케일기법, 그리고 폴리곤 유한요소법 등을 도입하여 국내 수치해석학계의 선도적 역할을 하였다. 그 동안 다양한 국제적 최고 권위지에 70여 편의 연구결과를 발표하였다. 또한 수치해석 분야의 세계 최고의 석학들이 모여 있는 ICES연구소(현 Oden Institute, University of Texas-Austin)로부터 J. Tinsley Oden Faculty Fellow(2006-2007)로 선정되었으며, 정기 주요 국제학회 및 워크숍에 Plenary 및 Invited speaker로 수십 회 초청강연을 하였다. 특히 수학계에서 세계적으로 권위있는 연구소인 독일의 Oberwolfach 수학연구소에서 주관한 Oberwolfach 워크숍에서 6회(2009, 2012, 2014, 2015, 2018, 2021년 1월 예정)에 걸쳐 초청되어 강연과 좌장을 맡아 국제적인 연구결과를 발표하고 토론하였다. Oberwolfach 워크숍은 세계적인 전문가들을 선별적으로 초청하고 초청받은 학자들만 참가하여 국제적으로 중요한 주제들을 토론하고 미래의 방향을 제시하는 학회다. 또한 독일 Oberwolfach을 벤치마킹하여 세워진 캐나다의 Banff 연구소의 Banff 워크숍(2011)에도 초청을 받아 강연하였다. 2012년 베를린에서 열린 국제학회(5th Int. Conf. on Computational Methods in Applied Math, 7/30-8/3, 2012)에서는 불연속 갤러킨방법의 연구를 인정받아 Plenary speaker로 초청되어 발표하였다. 대표업적으로는 2005년에 단독으로 연구한 Forchheimer flow에 대한 근사해법으로 학계에서 파급력 있는 결과로 인정받고 있다. 최근에는 일반매쉬에서 작동하는 스테거드 갤러킨방법이라는 새로운 패러다임을 SIAM J. Scientific Computing에 발표(2018년)하여 폴리곤 메쉬기반의 유한체적법을 새로운 시각에서 접근하게 하는 계기가 되었다. 이 연구로 프랑스 파리의 INRIA 연구소에서 주관한 유한요소법의 최고 전문가들이 참석하는 ERC 워크숍(2020년 7월)에 초청되었다. 교내상훈으로는 2011년 연세대학교의 우수연구표창, 2019학년도 우수업적교수상(연구부분)의 우수상 등이 있다.

▶ **교육·행정 역량:** 박은재 교수는 2008년 연세대학교 수학과 대학원 주임으로 재임당시 계산과학공학과 필요성을 절감하고 World Class University (WCU) 프로그램의 일환으로 계산과학공학과 설립에 주도적 역할을 하였으며, 두 번의 계산과학공학과 학과장직을 수행해오고 있다. 첫 번째 학과장(2015-16년)으로 재임시에는 연세대학교에 선도연구센터(SRC-응용해석 및 계산센터)의 설립을 주도하여 오늘에 이르렀고, 두 번째 학과장직(2019-현재)을 수행하는 중에 수학과와 통합하여 수학기산학부(School of Mathematics and Computing)를 이과대학 대학원에 설립하였다. 국내 학회 활동으로는 한국산업응용수학회(KSIAM)의 전신인 응용수학포럼을 7년간 조직하고 이끌었으며, 대한수학회의 응용수학 분과위원장(2017-현재), 한국산업응용수학회 부회장(2019-현재)으로 활동하고 있다. 미국 과학재단의 펠로우 참여하여 수학 및 계산과학공학의 발전 및 미래에 대한 세계적인 방향을 파악하고 제시하였다. 또한 10여회에 걸쳐 다양한 국제학회/워크숍을 주관/유치하여 한국 응용수학계의 국제화에 중추적 역할을 하였다. 특히 연세대학교에 14th ICOSAHOM (Int. Conf. on Spectral and High Order Methods, 2022.07)를 유치하였으며 이 대회의 조직위원장을 맡고 있다. 활발한 국제교류와 더불어 연세대학교에서 열린 국제학술회의(ICCM 2012, 2013)의 조직위원장으로 응용수학 분야 상위10%저널인 Computers and Mathematics with Applications의 2014년 12월 특별호의 Lead editor를 맡기도 하였다. 또한 대한수학회지(2013-2019)와 더불어 SCI 국제저널(Computational Methods in Applied Math, 2015-현재)의 편집위원으로 활약하고 있다.

1.2 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-2> 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여교수 현황

연번	성명 (한글/영문)	직급	연구자 등록번호	세부전공분야	신임교수	외국인	사업 참여
1	강경근	교수		편미분방정식	기존	내국인	참여
2	기하서	교수		수론	기존	내국인	참여
3	김병한	교수		수리논리	기존	내국인	참여
4	김세익	교수		편미분방정식	기존	내국인	참여
5	김정훈	교수		금융수학	기존	내국인	참여
6	김준일	교수		복소/조화해석	기존	내국인	참여
7	김호병	교수		미분기하	기존	내국인	미참여
8	박승경	부교수		양호론	기존	내국인	미참여
9	박은재	교수		수치해석	기존	내국인	참여
10	서수길	교수		수론	기존	내국인	참여
11	서진근	교수		연속체역학	기존	내국인	참여
12	손재범	교수		수론	기존	내국인	참여
13	신원용	부교수		기타전자/정보통신공학	기존	내국인	참여
14	양민석	조교수		편미분방정식	신임	내국인	참여
15	이승철	교수		확률적극나이론	기존	내국인	참여
16	이은정	교수		수치해석	기존	내국인	참여
17	이준복	교수		수론	기존	내국인	미참여
18	이지현	교수		수치해석	기존	내국인	참여

연번	성명 (한글/영문)	직급	연구자 등록번호	세부전공분야	신임교수	외국인	사업 참여
19	이창훈	교수		유체역학	기존	내국인	미참여
20	최성락	부교수		대수기하	기존	내국인	참여
21	최영필	부교수		편미분방정식	신임	내국인	참여
22	최정일	교수		유체역학	기존	내국인	참여
23	최희준	교수		편미분방정식	기존	내국인	참여
24	허영미	부교수		수치해석	기존	내국인	참여
25	홍한솔	조교수		미분기하	신임	내국인	참여
참여율						84.00	

1.3 교육연구단 대학원 학과(부) 현황

<표 1-3> 교육연구단 대학원 학과(부) 전임 교수 현황

(단위: 명, %)

기준일	대학원 학과(부)		전체 교수 수			기존 교수 수			신임 교수 수		
			전체	참여	참여비율 (%)	전체	참여	참여비율 (%)	전체	참여	참여비율 (%)
2020. 05. 14	수학계산 학부	임상, 건축학 인문사회계열 포함	25	21	84.00	22	18	81.82	3	3	100.00
		임상, 건축학 인문사회계열 제외	25	21	84.00	22	18	81.82	3	3	100.00

<표 1-4> 교육연구단 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 현황

(단위 : 명)

구 분	2017년		2018년		2019년		2020년		비고
	1학기	2학기	1학기	2학기	1학기	2학기	1학기	2학기	
전체 교수 수 (명)	24	24	25	24	26	27	25	24	
전입 교수 수 (명)			1		2	1			
전출 교수 수 (명)				1			2	1	

<표 1-5> 최근 3년간 교육연구단 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1	양민석	2018년 1학기	전입	신규 임용	
2	비르돌 크리스티안	2018년 2학기	전출	해임	
3	홍한솔	2019년 1학기	전입	신규 임용	
4	신원용	2019년 1학기	전입	신규 임용	
5	최영필	2019년 2학기	전입	신규 임용	

<표 1-6> 교육연구단 대학원 학과(부) 대학원생 현황

(단위 : 명, %)

기준일	대학원 학과(부)	참여 인력 구성	대학원생 수											
			석사			박사			석·박사 통합			계		
			전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
2020. 05. 14	수학계산 학부	전체	57	48	84.21	16	10	62.50	72	59	81.94	145	117	80.69
		자교 학사	19	17	89.47	8	4	50.00	36	27	75.00	63	48	76.19
		외국인	0	0	-	4	4	100.00	2	2	100.00	6	6	100.00
참여교수 대 참여학생 비율					557.14									

<표 1-7> 교육연구단 대학원 학과(부) 외국인 학생 현황

연번	성명	국적	학사출신대학	공인어학성적		비고
				국어	영어	
1		몽골	Mongolian University of Science and Technology		IELTS (6)	
2		몽골	Mongolian University of Science and Technology		TOEIC(665)	
3		중국	Shandong University		IELTS (6.5)	
4		중국	Ocean University of China		TOEIC(810)	
5		중국	부경대학교	TOPIK(6급)	TOEIC(815)	
6		베트남	VNU University of Science			
7		중국	고려대학교			휴학중

2. 교육연구단의 비전 및 목표

2.1 교육연구단의 비전 및 목표

2. 교육연구단의 비전 및 목표

2.1 교육연구단의 비전 및 목표

가. 교육연구단의 비전 및 목표

- A. 포괄적 사고와 문제 해결력을 갖춘 수학자
- B. 수학에 대한 깊은 이해를 갖춘 신산업분야의 개척자
- C. 연구의 국제적 위상 확립

나. 교육연구단의 목표 달성 방안

- A. 교육 혁신
- B. 융합 및 응용분야 전문가 양성
- C. 연구력 강화 및 특성화

다. 본부 대학원 혁신 방향과의 정합성

가. 교육연구단의 비전 및 목표

연세대학교 “수리과학 및 계산 교육연구단 (Yonsei Mathematical Sciences and Computation)”의 비전은 다음과 같이 설정하였다.

수학의 중심문제 해결에 도전하고, 사회에서 요구되는 융합 인재를 양성

본 교육연구단의 비전 달성을 위한 목표는 다음의 3개 항목이다.

- A 포괄적 사고와 문제 해결력을 갖춘 수학자**
- B 수학에 대한 깊은 이해를 갖춘 신산업분야의 개척자**
- C 연구의 국제적 위상 확립**

A. 포괄적 사고와 문제 해결력을 갖춘 수학자

첫 번째 목표는 수학의 중심문제 해결에 도전하는 수학자를 육성하는 것이다. 연세대학교 수학과는 1918년 설립 이래 한국 수학발전사의 중심에서 수학교육의 선도적인 역할을 담당하여 왔다. 이후 1980-90년대, 수학교육에서 연구중심으로의 패러다임 전환을 주도하였으며, 2000년대 이후 세계수학자대회(ICM)에 국내 초청 연사 2인을 배출하는 큰 성과를 이루었다. 이러한 전통이 이어져, 현재 해석, 대수, 기하, 응용수학분야의 모든 교수진이 각 분야의 중요문제를 해결하기 위하여 정진하고 있다. 또한 우수한 인재양성을 위한 교육의 결실로서, 지난 3년 동안 박사학위 취득자들 중 15명이 국내외 대학의 수학과 및 수학교육과, 금융수학과, 금융통계학과, 나노반도체학과 등에 교수로 임용되었으며, 이외에 유수연구소의 박사급 연구원도 다수 배출하였다.

근래 수학에서 중심문제 해결을 위한 가장 중요한 요건은 여러 분야의 핵심 아이디어를 연결하는 능력이다. 위상수학의 푸앵카레가설, 정수론의 페르마가설 등을 증명하는 과정에서는, 다양한 분야를 아우르는 현대수학의 이론들을 유기적으로 연결하여 연구의 실마리를 풀어내었다. 이와 같이 한 분야의 이론을 기반으로 다른 분야 문제들에 대한 새로운 관점을 제시하고 연구를 확장하는 것은 수학 혁신의 출발

점이 된다. 본 교육연구단은 다양한 분야의 핵심주제를 연구하는 교수진으로 구성되어 있어 교수 간 활발한 연구교류를 통하여 연구에서의 큰 시너지 효과를 불러일으킬 수 있다. 또한, 학생들로 하여금 다양한 수학분야를 연결하는 유연한 연구정신을 체득하게 하여 수학의 중심문제를 해결할 수 있는 선도적인 수학자를 양성하고자 한다. 따라서 본 교육연구단의 이상은 여러 분야의 풍부한 수학지식을 넘나들며, 다양한 분야에서 공동으로 작동하는 수학적 원리를 발견하는 수학자이다. 이들은 포괄적 사고로 난제를 풀어낼 수 있을 뿐만 아니라, 새로운 이론을 창안하여 미래의 연구 방향을 개척함으로써 수학발전의 원동력이 될 것이다.

<본 교육연구단이 추구하는 포괄적 연구의 모델>

아벨상 수상자들의 주요한 수상업적은 서로 다른 분야를 통합하는 원리를 통한 문제해결과 새로운 분야의 개척이다. 일례로, Furstenberg 교수와 Margulis 교수는 에르год 이론으로 수론, 표현론, 그래프 이론, 컴퓨터 네트워크 분야의 방향을 제시한 공로를 인정받아 2020년 아벨상을 수상하였다. Furstenberg가 발견한 에르год 이론과 수론과의 새로운 연결고리는 결국 30년 후 정수론의 최고 업적 중 하나로 여겨지는 Green-Tao 정리를 이끌어 내기도 하였다. 필즈상과 Breakthrough상을 수상한 Kontsevich 교수는 양자장론, 초끈이론 등의 물리이론을 수학적으로 풀어내며, 기하학, 대수학의 다양한 연구분야를 개척하였고, 연구의 선봉에서 끊임없이 새로운 아이디어를 제시해오고 있다.

본 교육연구단과 비슷한 규모인 Stanford 수학과를 준거집단으로 하여 학사 및 연구 등에 대한 벤치마킹을 수행하였고 유사한 전공 분포와 학위제도를 가지고 있음을 확인하였다. 아래는 Scopus 검색 엔진 및 benchmarking 분석을 통해 최근 5년(2015-2019년도)간 교수들의 게재 논문에 대한 각 지표를 나타낸 것이다.

구분	년간1인당 논문수	년간1인당 SJR 10% 논문수	년간1인당 SJR 25% 논문수	논문1편당 Citation	FWCI
Stanford Math	2.4	1.6	2.2	10.9	2.21
본 교육연구단	2.8	1.0	2.0	4.1	0.97

위 분석결과로부터 본 교육연구단의 연구 성과는 정량적인 면에서 국제적 수준으로 성장하였음을 알 수 있다. 이는 현재 본 교육연구단의 최우선 과제가 논문 1편당 인용횟수와 FWCI 지표의 격차를 만들어낸 선도적인 연구의 수행임을 말해준다. 본 연구단에서는 선도적인 연구를 위하여 서로 다른 분야를 포괄적으로 연결하여 새로운 영역을 개척하는 성과를 장려할 것이다.

스탠포드 대학교 수학과는 콜로퀴움과 학생들이 주도하는 8개의 세미나를 비롯하여, 총 21개의 정례 세미나를 매 학기 운영하고 있다. 교수 연구분야 세미나(faculty area research seminar), “어린이” 콜로퀴움(kiddie colloquium) 등에서 진행된 강연들의 면면을 들여다보면, 구성원들이 타 분야에서 관심 있게 연구되는 주제들에 자연히 친숙해질 수 있는 다양한 계기가 마련되어 있음을 알 수 있다. 또한 전공분야 8개에 걸친 학생세미나는, 학생 스스로가 타전공 학생들에게 본인의 전문지식을 소개하며, 이들이 추후 서로 다른 영역 사이의 연결고리를 찾을 수 있는 발판을 제공해준다. 이렇게 조직된 정례 세미나는 다른 분야의 연구자들이 서로 소통하는 장을 열어준다는 데에도 큰 의미가 있다. 본 교육연구단에서는 지난해부터 대학원생들을 위해 “수학난제세미나”를 정규과목으로 편성하여, 교수들의 연구 분야와 핵심문제들을 소개하고 있다.

교육적 측면의 교류를 위한 제도적 장치들은 스탠포드를 비롯한 많은 해외 우수대학에서 찾아볼 수 있다. 예를 들어 Harvard, MIT를 위시로 하여 명문대학교들이 다수 집적되어 있는 Boston지역에서는

많은 대학들이 서로의 대학원 강의를 공유하며, 학생들이 본인 소속 학과의 지도교수 뿐 아니라, 인근 대학의 교수로부터 공동으로 논문지도도를 받을 수 있는 제도가 마련되어 있다. 본 교육연구단의 지리적 이점을 적극 활용하여 이화여자대학교, 서강대학교 등 인근대학들 사이에 이미 마련되어 있는 학점교환 등 학문연계 제도들을 강화하고, 교수들 간의 연구교류를 활성화함으로써 연구 다양성을 추구할 것이다.

B. 수학에 대한 깊은 이해를 갖춘 신산업 분야 개척자

본 교육연구단의 두 번째 목표는 수학에 대한 깊은 이해를 바탕으로 초연결 지능정보사회에 신산업 분야를 개척하는 것이다. 이를 위해서 이론수학과 응용수학 그리고 계산수학을 통합하는 연구집단과 교육 체계가 필요하다. 연세대학교 수학과는 이미 금융수학, 생물수학, 기계학습 등 다방면에 걸쳐 우수한 응용수학 연구팀을 운영해오고 있다. 2009년 연세대학교 수학과의 교수진 일부와 공학분야의 교수진이 WCU 사업을 통해 계산수학기반 연구 및 교육을 수행하는 계산과학공학과를 설립하였다. 향후 본 교육연구단의 하나의 축으로 자리할 계산과학공학전공은 계산수학, 의료영상, 전산유체역학 등의 분야에서 이미 국내 최고의 경쟁력을 가진 선도적 연구 집단이다.

수학과와 계산과학공학과는 그동안 상당수 대학원 과목의 학점을 교류하고, 공동으로 SRC(응용해석 및 계산센터)를 유지하는 등 꾸준히 연구 및 교육 분야에서 협력을 이어왔다. 최근 사회 변화 및 시대적 요구에 맞추어, 수학과와 계산과학공학과는 2020년 9월부터 수학계산학부로 통합되어 운영된다. 두 학과는 그간의 협력을 기반으로 유기적으로 통합되어, 계산과학공학의 실용적 접근을 통한 현실문제연구와, 순수/응용수학 연구의 다양한 방법론 및 노하우가 자연스럽게 결합될 수 있는 계기를 마련하였다. 이는 이론수학과 응용수학, 계산수학 연구에서의 다양화 및 경쟁력 제고와 더불어 교육혁신 차원의 상승효과를 일으킬 것이다. 대학원 학생들을 대상으로 한 설문조사에서 전공과목의 다양성이 가장 중요하게 요구되었는데, 통합된 본 교육연구단은 이론수학 과목과 계산과학 과목을 균형 있게 개설하여 이들의 요구를 상당 부분 충족할 수 있다. 이는 수요자 중심 교육혁신의 실례이다.

본 교육연구단에서는 현시대의 사회문제에 대한 수학적 논리 정립과 원리규명, 응용분야와의 연결 및 이해, 수학적 모델링 및 시뮬레이션 능력 등을 교육하고, 미래를 선도할 수 있는 새로운 교과과정 및 교육체계를 구축할 것이다. 나아가, 교수진 스스로가 수학연구에서 이론과 응용의 벽을 허무는 노력을 통해, 새로운 분야를 개척하는 리더들을 배출하는 것이 장기적인 목표이다.

<수학의 깊은 이해를 갖춘 신산업분야 개척자의 모델>

2017년 아벨상 수상소감에서, Meyer 교수는 당시 Grossman 교수와 Morlet 교수 등의 웨이브릿 연구를 검토하자마자, 당대 최고의 해석학 교수였던 Calderon 교수가 개척한 적분이론의 재발견이라는 사실을 알게 되었다고 언급한 바 있다. 당시 Meyer 교수는 지난 50년간 발전한 해석학의 가장 심오한 적분이론을 완벽히 이해하고 있었기 때문에, 웨이브릿이란 새로운 도구의 진가를 알아볼 수 있었다는 것이다. 본 교육연구단이 이론수학과 계산수학을 균형 있게 교육하려는 목적 역시 학생들이 순수와 응용수학의 각 분야에서 원리를 익힌 후, 서로 다른 분야의 본질적 유사성을 관찰함으로써 각 분야의 breakthrough를 만들어 내는 학자로 성장하도록 돕는 것에 있다. 이를 위해서 각 연구 분야 간 소통의 부재 및 한계를 극복하고, 유사 전공 및 연구분야 간 인터페이스를 확장할 수 있도록 교육 및 연구 능력을 향상시킬 계획이다.

Meyer 교수는 순수수학과, 응용수학의 대가들로 성장한 37명의 연구자를 길러냈다. 그가 있었던 Ecole normale superieure 수학과와 교육프로그램에는 수학 과목 뿐 아니라 다학제 과목으로 생명과학, 물리학, 컴퓨터과학, 모델링이 포함되어 있고, 데이터 과학을 중심으로 협력센터도 운영되고 있다. 또한, 코넬대학교 수학과에는 30여 명의 이론수학 교수로 구성된 전통적인 수학과와, 수학과 컴퓨터, 수학과 전기공학, 수학과 경제학, 수학과 농학, 수학과 지구과학, 수학과 생명과학 등 수학과 타학제간의 공동영역 교수 103명으로 구성된 응용수학 센터가 자리잡고 있다. 본 교육연구단은 이론수학 그룹과 계산수학 그룹이 통합되어 교수 24인으로 이루어진 학부 (School of Mathematics and Computing) 형태를 유지하고 있다. 기계공학과, 전기전자공학과 등의 공학 교수들을 구성원으로 포함하여, 수학과 금융, 의료, 인공지능, 데이터사이언스 등이 융합된 교과목 교육과 연구가 이루어지고 있다. 이를 점진적으로 확대해 나가면, 장기적으로는 연세대학교 수리과학관련 교수들의 협력을 기반으로, 컴퓨터, 의생명, 공학 등 모든 분야에서 요구되는 수리문제 해결의 중심이 될 것이다. 수리 계산에 기반한 다양한 전공들과 다중전공 트랙을 2021년 제도적으로 마련하고, 본 교육연구단을 중심으로 운영할 예정이다.

C. 연구의 국제적 위상 확립 (breakthrough, networking)

지난 세기 후반부터 있었던 한국수학은 꾸준한 저변확대를 거쳐 현재 세계수준에 근접해가고 있다. 본 교육연구단 참여교수 21인은 이론수학, 응용수학 및 계산수학 등의 다양한 분야에서 연구를 진행하고 있으며, 꾸준히 우수한 결과들을 국제저명학술지에 게재하고 있다. Scopus 기준 최근 5년(2015~2019년도) 동안 총 22개의 카테고리, 157개의 저널에 논문을 게재하였으며, Mathematics 분야 42.8%, Computer Science 분야 14.7%, Engineering 분야 14%, Physics and Astronomy 분야 9.2% 순으로 나타나 연구의 다양성을 입증하고 있다. Scopus SJR 기준 Q1의 비율이 67.1%로 다소 높게 나타났으며, Q2의 비율은 27.6%이다. 정량 지표인 교수 1인당 연간 편수와 질적 지표인 Q1의 비율 등은 이미 국제수준에 근접하였으나, 각 논문의 창의성 및 선도성을 나타내는 citation 지표는 Scopus 기준으로 논문 1편당 4.1회로 다소 격차가 있다. 이는 참여교수의 논문이 수학분야 이외에 연관 카테고리에 다양하게 게재되고 있음에도 불구하고, 연구 결과의 원천성이 낮은 것으로 사료된다. 본 교육연구단의 참여교수들은 현재의 정량수치를 유지하는 한편, 특성화된 연구 분야에서 질적인 향상을 추구하고, 타 분야와의 협력 연구를 통해 연구의 원천 기술력을 확보하고자 한다.

본 교육연구단은 이론수학 및 응용수학을 담당하는 수학과와 계산수학 기반의 공학 및 산업문제를 해결하는 계산과학공학과와의 통합으로 연구의 다양화를 꾀할 수 있다. 기존의 개인적 연구 방식에서 탈피하여 교수 간 연구교류를 통한 공동연구 진행, 타 전공 및 타 분야와의 접목 등을 통해 참신한 연구 분야를 창출할 수 있는 여건이 두루 갖추어져 있다. 이를 위해서는 먼저, 본인 교유의 영역에서 연구자들의 국제수준 전문성이 뒷받침되어야 할 것이다. 본 교육연구단은 수학적 이론정립을 위한 이론수학 분야(대수학, 해석학, 위상 및 기하학), 수학적-문제해결의 인터페이스 역할의 응용수학 분야(금융수학, 수치해석학), 실제 현상의 문제를 다루고 해결하는 계산수학 분야(데이터사이언스/기계학습, 의료영상, 유체역학)에서 우수 연구를 선도하고 있는 균형 있는 연구자 풀을 보유하고 있어 향후 이들의 협력이 기대된다. 또한 이러한 교육연구단의 외연 확장 및 연구의 질적 우수성 향상은, 국내외 난제 해결 연구자 및 계산과학 관련 전문 연구자들의 국제 연구허브 구축으로 이어질 수 있다.

나. 교육연구단의 목표 달성 방안

본 교육연구단에서 설정한 리더 수학자 양성, 융합형 연구자 양성, 산업계에 부합하는 현장 전문가 양성 및 연구 특성화 목표를 달성하기 위해서는 교육혁신과 사회/산업 문제의 수학적 이론 개발 및 해결을 위해 연구 환경조성이 필요하다. 대학원의 교육을 기존의 지식체계의 전달 방법보다는 학생중심, 미래중심, 사회문제중심으로 변화시키는 것이 필요하다. 본 교육연구단에서는 미래 목표를 달성하기 위한 방안으로 교육방법론 개선 및 교육혁신, 융합형 창의 인재양성, 난제해결을 위한 수학 이론정립을 위한 노력 등을 수행할 계획이다. 본 교육연구단의 SWOT 분석을 바탕으로 구체적인 목표 달성 방안을 제시하고자 한다.

[교육연구단의 SWOT 분석]

▶ Strength (강점요소)

- 순수수학, 응용수학 및 계산수학의 통합된 하나의 학과 운영을 통한 높은 경쟁력
- 연계기관(의료기관, 산업체 등)과의 연계 활발
- 국제 교류를 위한 지리적/인지도의 수월성

▶ Weakness (약점요소)

- 학과 교수진의 고령화 및 전공의 불균형
- 국내 연구중심 사립대학으로서의 위상 저하
- 본교 학부생의 진학 저조로 우수한 학생의 타대학원 유출로 인한 상대적 경쟁력 저하

▶ Opportunity (기회요소)

- 현대에 수학의 중요성 부각으로 인한 수학 전공 교육에 대한 새로운 패러다임 변혁 요구
- 수학기반 인공지능 및 빅데이터 관련 업계의 호조로 수학전공 졸업자들에 대한 수요 증가
- 다양한 전공분야에서 수학 교과목 선호도 상승(타과학생의 수학과목 수강 증대)

▶ Threat (위협요소)

- 고교 수학 학력 저하로 인한 대학 및 대학원 교육의 장기적 투자 요구
- 사립대학원 고가 등록금 및 부분 장학금 등으로 인한 생활의 불안정

	S (강점)	W (약점)
	SO 전략	WO 전략
O (기회)	융합형 인재 배출 및 취업의 다양화 산업수학 등 산업/사회문제 해결 융합 인재 양성으로 산업현장의 전문가로 취업	신입교원 채용을 통한 학과 외연확장 연구의 특성화를 통한 글로벌 지위 확보 학부생의 인턴십 운영을 통한 우수 신입생 확보
	ST 전략	WT 전략
T (위협)	높은 인지도 및 지정학적 위치를 활용한 우수 해외학생(장학생) 유치 교수진의 개인과제 및 산학과제 등 수주	학과차원의 대항과제 수주 대학원생 멘토링을 통한 지속적 학사 및 연구관리

A. 교육 혁신

본 교육연구단의 가장 중요한 교육 목표인 창의적 사고와 문제 해결력을 갖춘 수학자와 수학에 대한 깊은 이해를 갖춘 신산업분야 개척자를 육성하기 위해 교육혁신이 필요하다. 교육 패러다임 변화에 선제적으로 대응하여 다양한 수학의 분야를 연결하는 유연한 정신을 불어넣어 인접 연구 분야 간 진입장벽을 허물고 인터페이스 영역을 확대한다. 이를 위하여 대학원생 친화적인 연구 트레이닝을 강화하고 다양한 분야에 자극을 주는 멘토 시스템을 구축한다.

▶ 교육 패러다임 변화

지금까지의 교육은 대학원생의 수동적인 수업 참여로 강의자가 전공 지식을 전달하는 식의 수업이 진행되어 왔다. 4차 산업혁명과 같이 급변하는 사회에서의 수학의 역할은 단순히 지식의 축적보다는 방대한 지식을 끊임없이 활용하고 결합하여 다양한 수학 내적인 문제 및 사회/산업의 문제에 적용할 수 있는 교육이 필요하다. 수요자 중심의 교과목 내용 개편과 feedback 반영이 중요하다. 이를 위해서 강의자가 이론-응용에 대한 종합적이고 체계적인 교육에 대한 유연성을 가지고 있어야 하며, 학생중심, 미래중심, 사회문제중심의 가치를 수업에 반영하고자 한다.

- (학생중심) 융합적 수리능력 향상, 타 전공 및 연구자 간 소통 능력 함양, 강의/연구 피드백 강화
- (미래중심) 시대 부합하는 커리큘럼의 유연한 변화, 기초&응용의 융합 교육체계 구축
- (사회문제중심) 사회문제 발굴을 위한 콜로퀴움/세미나/초청 등, 난제 해결 연구자/교육자 육성

▶ 교육 방법론 개혁

본 교육연구단은 수학 교육에서 이론과 응용의 끊임없는 연결성을 추구한다. 수동적 수업 참관이 아닌 타 연구자 및 타 연구 분야와의 소통 skill을 요구하고 있다. 대학원생이 주도적으로 수업에 참여하도록 하여, 교수와 학생의 상호작용을 이끌어내는 교과목 운영이 필요하다. 또한 온라인을 활용한 교육 방법론을 활용하는 방안도 고려해야 한다.

- 팀티칭으로 교과목 내에서 이론과 응용의 융합교육
- 대학원생 참여형(세미나 발표, 동료평가 등) 교육 (Interactive education)
- 대학원생 소통능력 향상을 위한 교육 방법론 개발
- 온라인 자료 및 모바일 UI/UX 활용을 통한 교육 (ex. Flipped Learning, Kmooc)
- show & tell이 아닌 story-telling식 교육
- 산학협력 연구를 통한 산업사회 문제 해결을 지향하는 교육

▶ 다학제간 융합형 교육 프로그램 개발

수학과목과 매칭 전공트랙을 선정하여 수학전공과 계산과학전공 이외에 다음과 같은 다양한 방향의 전공트랙을 선택할 수 있다.

수학과 컴퓨터과학	수학과목: 조합론, 실해석, 대학원 수치해석, 머신러닝 컴퓨터과학과목: 프로그래밍, 자료구조론, 운영체제, 알고리즘 분석, 인공지능
수학과 금융 및 재무	수학과목: 실해석, 확률론, 확률과정론, 금융실무, 수치해석, 머신러닝 경제학과목: 재무, 미시경제, 계량경제, 금융공학 통계학과목: 수리통계, 회귀분석, 데이터마이닝
수학과 생명공학	수학과목: 실해석, 확률론, 수학적모델링 및 수치해석, 이공계 편미분방정식 생명시스템과목: 유전학, 면역학, 세포신호전달
수학과 대기과학	수학과목: 실해석, 확률론, 수학적모델링 및 수치해석, 이공계 편미분방정식 대기과학과목: 대기물리, 대기역학, 기상프로그래밍, 기상통계
수학과 기계공학	산업 연계형 교육 및 연구 수행, 인턴 프로그램 등

▶ 실무 전문가 강의 및 팀티칭

- 금융회사의 임원이나 고급지식을 갖고 있는 실무 담당 전문가들을 섭외하여 기존 금융수학 관련 과목에 금융실무 교과목을 추가로 신설하여 이론교육을 실무와 연계할 수 있도록 실제적인 금융수학교육을 하였다.
- KISTI연구원과 현장에서 활용되는 병렬과학계산 프로그래밍을 공동으로 강의하였다.
- 삼성메디슨 연구원과 이미징 어플리케이션을 위한 임베디드 컴퓨팅을 공동으로 강의하였다.
- 본 교육연구단에서는 실무 지향적인 금융수학 교육 프로그램을 지속적으로 운영해온 결과 금융수학 전공 졸업자들은 부산대, 전남대 등의 금융수학 전공 대학교수 뿐 아니라 투자은행, 증권, 보험 및 연금공단에 지속적으로 취업하였다. 본 교육연구단은 선도적으로 실무 전문가 강의와 팀티칭을 개발해왔고 앞으로 더욱 확대할 예정이다.

▶ 새로운 교과목 개발

- 본 교육연구단은 선도적으로 기계학습 관련 융합형 교과목을 개발해왔다. 머신러닝, 자연언어처리(딥러닝), 머신러닝과 응용, 계산수학-기계학습과 데이터과학, 의료영상을 위한 기계학습, 의료영상 해석을 위한 딥러닝, 알고리즘과 응용, 인공지능이론
- 대학원생에게 수학의 핵심 문제에 대해 소개하는 수학 난제와 세미나 교과목을 개설하여 대학원생들에게 적극적이고 진취적으로 도전하도록 장려하는 교육을 해왔다.
- 인공지능 기술을 접목한 금융수학의 내용을 포함하는 새로운 교과목을 개발하여, 금융회사 업무자동화, 시장분석, 신용평가, 준법감시 등 다양한 금융 분야에서 활용 가능한 내용을 교육할 예정이다.
- 앞으로 고도의 수학 능력을 갖춘 인재양성을 위해 이론-응용을 동시에 교육하는 교과목 개설, 다양한 분야와 연계한 융합교과목 개설, 타연계 분야와의 팀티칭 교과목 개설 등으로 융합형/다학제간 교육체계를 구축하고 융합적 난제 해결 및 기초과학 분야의 연구 및 교육의 역량을 강화하고자 한다.

▶ 새로운 산업분야 개척

- 산업 연계형 교육 및 연구를 통한 산업분야 전문가 양성이 현재 사회적 요구이다. 산업 현장에서는 모델링-시뮬레이션-분석능력-시각화 과정을 균형 있게 갖춘 전문 인력이 부족하다. 기존 인력은 이론적 토대에 대한 깊이 있는 이해 없이 단순 코딩기술(또는 단순 수치시뮬레이션)에만 몰입된 경우가 많아서 모델링 능력이 취약하기 때문에 창의적 연구를 수행하기 어렵고 변화에 능동적으로 대처하기 어렵다. 학술 연구에서 수리모델링-컴퓨터 시뮬레이션-시각화과정 및 산업화에 이르는 다단계 과정을 체계적이고 효율적으로 교육하는 교육 시스템 구축하여 현장 전문가를 육성한다.
- 기업연계형 “산업수학 석사학위 프로그램”을 운영하여 연계 기업이 요구하는 인재를 양성하고 있으며, 향후에도 산업계가 요구하는 R&D 및 산학공동 프로젝트 수행을 통한 현장중심의 연구인력 양성 및 취업 연계와 병행하도록 한다.

- 공학/산업/사회문제에 대한 해결을 위해서는 문제의 수식화(formulation), 수학이론 정립(엄밀성/존재성/유일성/안정성/수렴성 등), 수치해법 알고리즘 개발 및 시뮬레이션을 통한 수치적 선형적 실험, 시각화 및 상황에 부합하는 재해석 등이 동반되어야 한다.
- 순수 및 응용 수학의 경계 모호해지고 협력을 통해 시너지를 극대화해야 하는 현 상황에서 순수 이론 분야의 연구 필요성이 오히려 증대된다. 산업 문제 해결을 위해서도 수학적 이론 강화 및 다학제간의 공조 연구, 타 분야와의 인터페이스 확장 등이 필요하다. 본 교육연구단 참여교수는 기존의 밀레니엄 문제를 포함한 분야별 중요 난제 해결을 위해 노력하고, 사회 및 산업에서 도출되는 문제에 대한 모델링, 수치해법 개발 등을 해외학자 및 국내 연구진들과 함께 진행할 계획이다.

B. 연구력 강화 및 특성화

자유로운 연구 분위기를 조성하여 단기적 정량적인 평가를 지양하고 연구 주제의 특성화와 논문의 질적 향상을 위해 대학원생에 대한 다중 멘토링, 학과 차원의 연구결과의 우수성 홍보, 협력연구 및 연구 특성화, 우수 연구 인력 확보 및 교류 등 수행하려 한다.

▶ 다중 멘토링 (Multiple Mentoring)을 통한 지속적 학습 및 연구활동 지원

이론수학/응용수학/계산수학의 과정을 연구에 접목할 수 있도록 하는 종합적인 관리체계를 유지한다. 특히 여러 분야의 지식과 경험을 접목하기 위해서는 지도교수 한 사람의 멘토링 보다는, 여러 경험자들이 한 명의 대학원생에게 조언을 주는 다중 멘토링 제도를 도입하여 각 대학원생에게 교육/연구에 대한 지속적인 관리를 제공한다.

- 학사지도 교수 (Academic Advisor)
- 학위논문 지도교수 멘토링 (Thesis Advisor)
- 공동 논문지도교수 (Co-Advisor)

▶ 논문 우수성 향상을 위해 질적 평가 강화

본 교육연구단 참여교수 21명은 순수수학 이론의 발전 뿐 아니라 응용수학 및 계산수학 등의 융합연구를 통해 다양한 연구 주제로 세계적인 연구 결과를 국제저명학술지에 게재해오고 있다. 정량적으로는 세계적인 수준에 도달하였다고 여겨지므로 선도적인 연구를 장려하고 학계 연구 영향력 확대를 촉진하기 위해 연구 논문의 질적 평가와 인용에 대한 평가를 추진하고자 한다. 예를 들면, 본 교육연구단에서는 참여교수 및 대학원생 논문의 질적 평가를 통해 올해의 연구상을 시상한다. 수상자는 자신의 연구 업적을 콜로키움 강연을 통하여 학과 교수 및 대학원생들에게 소개하여 타전공 분야 동료들과 소통 및 관심 분야의 확대를 도모하도록 한다.

▶ 선도적인 연구 주제 특성화

본 교육연구단 참여교수의 특화된 연구 주제에 더욱 집중하여 논문 인용 등 질적 향상을 통해 국제적인 연구 영향력을 증대시키고 타 분야와의 연구 협력을 강화하여 차별화된 연구력을 확보하고자 한다. 앞으로 연구 영향력을 더욱 강화하기 위해 순수수학 내 핵심 문제와 신산업을 위한 응용수학의 신생 문제 해결에 연구력을 더욱 집중하고자 한다.

- 대수학 분야 : 리만가설로 알려진 L-함수의 영점문제, Coleman conjecture
- 해석학 분야 : 비압축성 Navier-Stokes 방정식의 약해 특이점, 변수계수 헬름홀츠 방정식 해의 정칙성
- 위상/기하학 분야 : 플로어 이론 활용한 거울대칭 가설, Okounkov body를 이용한 birational 불변성
- 수치해석 분야 : 미분방정식의 수치해법, Epidemic disease 모델링, 데이터의 수학적 표현법
- 데이터사이언스/기계학습 : 다양한 데이터 마이닝, 기계학습을 통한 자연어처리와 기계번역

- 의료영상 분야 : 콘빔CT의 artifact reduction, Skull 분할 등의 인공지능 Digital dentistry 개발
- 전산수체역학 : Multi-physics PDE의 효율적 수치해석, Uncertainty quantification

▶ 우수 신진 연구 인력 확보

신진 연구 인력 유치 위원회를 통해 인재풀을 구축하고 잠재력 있는 신진 교수 및 연구원을 발굴하여 적극적으로 확보한다.

▶ 국제 공동 연구 강화

- 해외 우수 대학 및 연구소와 연구 협력 확대
- 석학 초청 국제 학회 개최
- 대학원생 해외 대학과 교류 프로그램 개발 및 국제 공동연구

다. 본부 대학원 혁신 방향과의 정합성

본부 대학원에서는 “세계 수준의 융합형 인재 육성”을 비전으로 제시하였으며, 비전 달성을 위한 목표를 다음과 같이 설정하였다.

- [목표 1] 미래 직업에서 탁월한 능력을 지닌 인재 양성
- [목표 2] 글로벌 임팩트가 있는 연구역량 함양
- [목표 3] 현재의 문제를 해결 가능한 혁신 인재 양성
- [목표 4] 대학원생의 연구 몰입을 위한 환경조성

▶ [목표 1] 수학분야에서 미래의 탁월한 능력을 지닌 인재는 포괄적 사고를 갖춘 문제 해결형 수학자이다. 이 목표는 본 교육연구단에서 설정한 첫 번째 목표와 일치하며, 이는 다양한 분야의 핵심 개념을 유연하게 넘나드는 융합형 전공역량을 강화하는 것으로 가능하다. 본 수학기산학부는 수학 분야와 계산과학 분야가 융합된 하나의 학과이며, 이론-응용-계산을 연결하는 포괄적 사고 능력을 갖춘 미래형 인재를 양성하는 역할을 가장 적절히 수행할 수 있을 것이다.

▶ [목표 2] 수학에서의 글로벌 임팩트는 순수와 응용의 각 분야에서 원리를 균형 있게 익힌 후에 서로 다른 분야의 본질적인 유사성을 관찰함으로써 각 분야의 breakthrough를 만들어 내는 것이다. 본 교육연구단에서는 기존의 개인적 연구 방식에서 탈피하여 교수 간 연구교류, 타 전공 분야와의 접목 등을 통해 원천성과 선도성을 가진 연구 분야를 창출하고자 하는 세 번째 목표인 연구의 국제적 위상 확립 (breakthrough, networking)과 일치한다.

▶ [목표 3] 수학분야에서 현재의 문제 해결 가능한 혁신 인재는 수학에 대한 깊은 이해를 갖춘 신산업 분야의 개척자를 의미하며, 이는 본 교육연구단의 두 번째 목표와 일치한다. 이 목표를 달성하기 위해서 연세대 수리과학 관련 교수들의 협력을 유도하여 현재 사회/산업 등에서 요구되는 수리문제 해결하고 초연결사회의 신산업 분야를 개척할 것이다.

▶ [목표 4] 대학원생의 연구 몰입을 위한 환경 조성을 위해서 본 교육연구단에서는 기존의 교수 중심의 교육 및 연구 방식에서 학생중심, 미래중심, 사회문제중심으로 전환할 것이다. 이를 위해서 학생수요를 반영한 교과목 운영, 대학원생 자발적 연구 활동 참여 분위기 조성 등을 수행할 것이다.

II. 교육역량 영역

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

II. 교육역량 영역

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

가. 교육과정 구성 및 학위 프로그램

본 교육연구단(신설학과: 수학교산학부)의 교육과정은 현대수학의 주요문제를 해결하고 미래 방향을 제시하는 리더를 양성하기 위한 이론수학 교육과정과, 과학·공학·의학 등의 다양한 분야에서 응용되는 계산과학공학의 전문지식을 체계적으로 교육하는 계산과학교육과정으로 구성되어 있다. 기존의 수학과 대학원 교과목 및 계산과학공학과 교과목을 통합하여 운영함으로써, 산업/사회문제 해결 등을 수행할 수 있는 다학제간 대학원 교육 프로그램을 제공하게 된다. 이에 따라, 본 교육연구단은 하나로 통합된 수학교산학부에서 이론수학, 응용수학, 계산수학을 두루 교육하며, 이론에서 현실 세계에 이르는 다양한 문제해결이 가능한 인재를 양성하고자 한다.

	분야	학문분야	내용
수 학 계 산 학 부	Math (이론수학)	대수학	논리학, 대수적수론, 해석적수론, 표현론, 가환대수, 체론, 암호학
		해석학	PDE, 조화해석, 응용PDE, 복소해석, 함수해석
		위상수학/기하학	대수기하, 미분기하, 사교기하, 대수적위상수학
	Applied Math (응용수학)	금융수학	확률론, 확률과정론, 금융수학, 금융실무
		수치해석학	수치해석, FEM, FDM, FVM
	Computational Math (계산수학)	기계학습/데이터과학	머신러닝, 인공지능이론, 조합론, 의료영상기계학습, 알고리즘
의료영상		의료영상모델링, 영상처리	
전산유체역학		난류이론, 전산유체역학	

A. Ph.D 및 MS 학위 프로그램

본 교육연구단은 이론수학분야와 응용수학분야의 수학전공 학위 프로그램, 응용수학과 계산수학분야의 계산과학공학전공 학위 프로그램, 산업수학 학위 프로그램으로 이루어진 총 3개의 학위 프로그램을 운영하고 있다. 각 학위 프로그램에 따라 교과목 및 이수체계가 다르게 구성된다.

전공분야	학위명(영문)	학위명(국문)
Math (수학전공)	Ph.D in Mathematics	이학박사
	MS in Mathematics	이학석사
CSE (계산과학공학전공)	Ph.D in CSE - Applied Mathematics	이학박사
	Ph.D in CSE - Mechanical Engineering	공학박사
	Ph.D in CSE - Artificial Intelligence	이학박사, 공학박사
	MS in CSE - Mathematics	이학석사
	MS in CSE - Mechanical Engineering	공학석사
산업수학	MS in CSE - Artificial Intelligence	이학석사, 공학석사
	MS in CSE - Industrial Mathematics	이학석사, 공학석사

※ CSE : Computational Science and Engineering(계산과학공학)

B. 교육과정 구성

본 교육연구단은 엄밀한 수학적 사고력과 창의적인 문제 해결력을 갖춘 수학자를 양성하기 위하여 필수 핵심과목군, 전문심화과목군, 특성화과목군으로 교과과정을 세분화하여 효과적인 교육 프로그램을 운영하고 있다. 또한 학부-대학원 연계 교과목과 산업수학 석사학위 프로그램 관련 교과목을 개설하고 있다.

b1. 필수핵심과목군

수학 및 계산과학 이해의 기본이 되며 향후 전공 선택 시 필수적으로 필요한 교과목으로 구성되어 있으며, 이들은 본 학과의 전공종합시험 과목으로 지정되어 있다.

분야	과목명
대수학	대수학1, 대수학2
해석학	실해석학1, 실해석학2, 이공계편미분방정식
수치해석학	수치해석, 수치편미분방정식
전산유체역학	점성유체역학

b2. 전문심화과목군

대학원생들이 각 세부전공 분야에서 연구를 수행하기 위해 기본적으로 필요한 과목들로 구성되어 있다.

분야	과목명
대수학	대수적정수론1, 타원곡선이론, 가환대수1.2, 유한체이론, 자연수분할이론
집합론 및 조합론	집합론1, 조합론1, 모델론1
논리학	수리논리학, 사이버네틱스, 계산가능성이론
해석학	편미분방정식, 함수해석학1.2, 조화해석학1.2
위상 및 기하	미분기하학1.2, 대수기하학, 대수적위상수학, 리만곡면
수치해석	유한요소법, 수치선형대수, 고급유한요소법, 수치최적화
확률 및 금융수학	확률론1.2, 금융수학1, 금융실무1.2
데이터과학 및 기계학습	기계학습1.2, 머신러닝과 응용1.2, 자연어처리: 딥러닝, 알고리즘과응용, 딥러닝과 데이터과학, 계산수학-기계학습과 데이터과학1.2, 인공지능이론
프로그래밍	병렬과학계산, 이미징에플리케이션을위한임베디드컴퓨팅
전산유체역학	불확실성정량화방법론, 입자와유동, 고급전산유체역학, 난류모델링

b3. 특성화과목군

필수핵심과목과 전문심화과목을 이수한 학생들이 세부영역에서 보다 전문적인 전공연구영역을 탐구할 수 있도록 개설된 과목들이다. 심도 있는 이론연구 능력과 제한 조건 하의 현실 문제 해결 능력을 배양할 수 있는 특론과목으로 구성된다. 이들 과목에서는, 개인프로젝트 부여하여 맞춤형 연구지도를 수행하고, 선진연구를 수행 중인 외부연사를 초청하여 전공분야의 연구동향을 파악할 수 있는 기회를 제공한다.

분야	과목명
대수, 조합, 논리	대수학특강, 대수적정수론특강1.2, 해석적정수론특강1.2, 보형형식론특강1.2, 조합론특강1.2, 논리학특강1.2
해석	해석학특강1, 수리유체역학특강, 편미분방정식 특강1.2, 수치해석특강1
위상 및 기하	대수기하학특강1.2
확률, 금융수학	확률과정론특강1.2, 금융수학특강1.2
계산수학	영상처리프로그래밍, 물리기반모델링과 시뮬레이션1.2, 수학적모델링 및 수치해석1.2, 수학적모델링및해석특강1.2, 수치시뮬레이션기반과학특강1.2, 수리모델링및수치모사및시각화1.2
의료영상	의료영상해석을위한딥러닝1.2, 의료영상을위한기계학습, 의료영상의수학적 모델링
전산유체역학	전산난류특론, 난류특론

b4. 논문작성법 교과목

대학원생들의 영어논문 작성과 발표 능력을 향상시키기 위해 개설하는 교과목이다.

과목명	강좌운영
논문작성법 및 발표1.2 (Scientific Writing and Presentation Skills)	논문작성, 개인발표, 평가방법론
세미나1.2 (Seminar),	콜로퀴움
수학난제와세미나 (Millenium Problems and Seminar)	강의, 토론

b5. 산업수학 교과목

산업수학 석사학위과정 대학원생을 위해 개설된 교과목들로 구성되어 있으며, 산업 문제 해결을 위한 기초 지식을 익히고, 산업연계 프로젝트를 수행한다. 특히, 개별연구지도는 연계기업에 근무하면서 현장의 공동연구원으로부터 지도를 받는 형태의 교육이 이루어지는 교과목이다.

분야	과목명
산업수학	기초산업수학, 산업수학1:수리해석 및 소프트웨어 개발, 산업수학2:산업수학 프로젝트
현장실습(대체과목)	개별연구지도1.2 (Individual Study)

b6. 학부-대학원 연계 교과목

향후, 수학기산학부 진학을 고려하고 있는 학부생들을 주 대상으로 하는 과목으로 계산과학공학의 기초 과목과 인턴연구원을 위한 학부연구과목으로 구성되어 있다.

분야	과목명
계산과학공학 기초과목	기초계산과학공학, 기초계산유체역학, 기초유한요소법
학부인턴연구원 과목	계산과학공학 학부연구1.2

C. 과목 다양성 및 전공 유연성을 위한 타전공/타학교 학점인정

본 교육연구단에서 대학원생들이 다학제간 연구를 수행할 수 있는 능력을 배양할 수 있도록, 본 학과에서 개설하지 않는 교과목에 대하여 타학과 및 타학교에서의 학점이수를 인정하고 있다. 수강신청 전에 반드시 지도교수의 수강지도를 받아야 하며, 대학원 주임교수의 최종승인을 통해 졸업 이수학점으로 인정받을 수 있다. 대학원생 전공과 관련한 자연과학, 금융 및 경제, 컴퓨터 및 공학 분야의 교과목을 본

교의 타과에서 수강할 수 있으며, 대학차원에서 시행 중인 연세대-서강대-이화여대간의 대학원 학점 교환제를 활용할 수도 있다. 다음은 타학과 인경교과목의 예를 나타내었다.

전공분야	과목명
자연과학분야	PHY6020-02 전자기학(1) PHY6010-01일반역학(1), PHY6040-01양자역학(1)
금융 및 경제분야	BIZ7018 파생상품론, BIZ6018재무론, ECO6102-01미시경제학
대기전공	ATM6102 구름 및 강수과정, ATM6103 대기역학1, ATM6104 대기역학2
기계전공	MEU5040 비점성유체역학, MEU6260 전산유체역학, MEU6290 입자공학, MEU7930 압축성유체역학, MEU6210 전도열전달, MEU6520 대류열전달, MEU7030 탄성이론

D. 교과목 이수체계 수립 및 수강지도

▶ 교과목 이수체계에 따른 수강지도

본 교육연구단에서는 세부 전공별 교과과정 이수체계 확립과 체계적인 수강지도도를 기반으로 효율적인 교육이 이루어지도록 할 계획이다. 담당교수 및 학사지도교수의 수강지도도를 통해 필수핵심과목, 전문심화과목 순서의 이수체계가 잘 지켜지도록 대학원생의 수강신청을 돕는 제도를 마련한다. 또한 필수핵심과목을 이수한 학생들에 한하여 담당교수와 연구분야에 대한 충분한 논의를 거친 후 이에 부합하는 특성화 과목으로 이어갈 수 있도록 한다. 실제로 수치해석 분야 이수체계, 전산유체역학 분야 이수체계, 의료영상 분야 이수체계를 수립/운영하고 있다.

▶ 필수 이수과목 지정 및 운영

이론 및 응용수학전공에서는 해석학과 대수학을 필수 이수 과목으로 지정하였고, 계산과학공학 전공에서는 각 전공별로 프로그래밍 교과목 및 영어논문작성법을 필수이수과목으로 지정하여 수강하게 하고 있다.

필수과목 구분	교과목	필수 이수 과목수
수학전공	해석학, 대수학	각 과목별 택 1 수강
프로그래밍 과목	기초유한요소법, 딥러닝과 데이터과학, 기초전산유체역학, 병렬과학계산	4과목 택1 수강
논문작성법	논문작성법 및 발표1,2	1과목 이상 수강

나. 교과목 운영 현황 및 계획

A. 전임교수 대학원 강의 현황 (최근 5년 : 2015.3.1 ~ 2020.2.29)

a1. 이론수학 분야

교수명	교과목명(개설횟수)	영어강의
김병한	집합론I (2회), 세미나.II(2회), 모델론I.II (3회), 수리논리학(1회), 계산가능성이론(1회), 논리학특강(1회)	영어
기하서	보형형식특강I,II,III,IV(8회)	영어
손재범	해석적정수론특강I (2회), 해석적정수론특강IV(1회), 자연수분할이론(1회)	영어
서수길	대수적정수론I,II (2회), 대수학I,II (4회), 세미나.II (4회), 대수적정수론특강I,III(3회)	영어
강경근	실해석학I,II (2회), 편미분방정식특강II (2회), 수리유체역학특강I (1회) 세미나I,II (3회), 개별지도연구(2회), 수학난제와세미나 (1회)	영어 X
김준일	조화해석학I,II (5회), 조화해석과응용I (1회), 편미분방정식I (1회), 실해석학I,II (2회)	영어 X
김세익	편미분방정식I,II (4회), 편미분방정식특강III (1회), 실해석학I (1회), 해석학특강I (1회)	영어
최영필	해석학특강(1회)	영어
최성락	대수기하학특강I,II,III (5회) 리만곡면 (1회), 대수기하학 (1회)	영어 X
최희준	실해석학I,II (2회)	영어
허영미	실해석학I,II (3회), 해석학특강I,II (3회)	영어

a2. 응용수학분야

교수명	교과목명(개설횟수)	영어강의
김정훈	금융수학I (1회), 금융수학특강I (1회)	X
이승철	금융수학I (1회), 확률론I,II (2회)	영어
박은재	기초유한요소법 (2회), 수치해석 (1회), 수치편미분방정식 (3회), 유한요소법 (3회), 고급유한요소법 (1회), 수치시뮬레이션기반과학특강1 (1회), 수학적모델링및수치해석 (1회) 기초산업수학 (1회, 팀티칭)	영어 영어 X
이지현	수치해석 (4회), 수치편미분방정식 (2회)	영어
이은정	기초유한요소법 (4회), 수치해석 (5회), 수치편미분방정식 (5회), 수학적모델링및수치해석1 (2회), 수치시뮬레이션기반과학특강1 (1회) 이미지에플리케이션을위한임베디드컴퓨팅 (1회), 기초산업수학 (1회, 팀티칭), 공학응용수학 (3회)	영어 영어 X X
허영미	수치해석특강I (3회)	영어
최희준	확률과정론특강I,II (2회)	영어

a3 계산수학분야

교수명	교과목명(개설횟수)	영어강의
최희준	기계학습I,II (3회), 자연언어처리:딥러닝 (1회)	영어
이승철	머신러닝과응용1,2,3 (1회), 머신러닝과응용1,2,3 (6회)	X
신원용	알고리즘과응용(1회), 계산수학-기계학습과데이터과학1 (1회, 팀티칭) 논문작성법 및 발표1 (1회, 팀티칭), 인공지능이론 (1회)	영어 영어
서진근	이공계면리분방정식 (10회), 논문작성법 및 발표1,2 (10회), 물리기반모델링및시뮬레이션1,2 (2회), 의료영상상위환기계학습 (1회)	영어 영어 영어
	의료영상해석을위한딥러닝1,2 (3회), 의료영상의수학적모델링 (1회)	영어
	계산수학-기계학습과데이터과학1 (1회, 팀티칭), 계산수학-기계학습과데이터과학2 (1회)	영어
최정일	산업수학1:수리해석 및 소프트웨어 개발, 산업수학2:산업수학 프로젝트 (각1회, 팀티칭) 기초산유체역학 (5회), 점성유체역학 (1회), 입자와유동 (1회), 난류이론(1회), 고급전산유체역학 (2회), 병렬과학계산 (3회), 난류모델링 (2회),	X 영어 영어
	불확실성정량화방법론 (1회), 물리기반모델링및시뮬레이션1 (1회)	영어
	산업수학1:수리해석 및 소프트웨어 개발, 산업수학2:산업수학 프로젝트 (각1회, 팀티칭)	영어
	기초산업수학 (1회, 팀티칭), 개별지도연구1,2 (현장학습 대체과목) (2회)	X
이창훈	점성유체역학 (4회), 난류이론 (3회), 유동안정성이론 (1회), 점성유체역학 (3회)	영어
	계산과학공학학부연구 (1회)	X

a4. 특성화된 교과목 운영 현황 (최근5년)

▶ 기계학습 및 딥러닝 관련 교과목 개설 현황

본 교육연구단은 계산과학을 기반으로 한 기계학습 및 딥러닝, 데이터 과학 등 다양한 교과목을 개설하여 대학원생들에게 제공하였다.

- 머신러닝 1,2, 담당교수: 최희준 (2017-1, 2018-1)
- 자연언어처리(딥러닝), 담당교수: 최희준 (2019-1)
- 머신러닝 1,2,3, 담당교수: 이승철 (2016-2, 2017-1, 2017-2, 2018-1, 2018-2, 2019-1, 2019-2)
- 계산수학-기계학습과 데이터과학1,2, 담당교수: 서진근, 신원용 (2019-1)
- 의료영상상위환기계학습, 담당교수: 서진근 (2017-1)
- 의료영상해석을위한딥러닝1,2, 담당교수: 서진근 (2016-1, 2018-1, 2019-2)
- 알고리즘과응용, 담당교수: 신원용 (2019-1)
- 인공지능이론, 담당교수: 신원용 (2019-2)

▶ 해외학자 참여를 통한 교육과정 편제 및 공동강의 운영

해외학자가 직접 정규교육과정에 참여하여 학과개설 과목을 담당교수와 공동으로 강의함으로써, 대학원생들이 해외학자로부터 전문분야의 최신 전공 지식을 습득하였다.

- (2016-2학기 정규강좌) John Kim 교수, 난류이론 교과목, 이창훈교수와 공동강의
- (2018-2학기 정규강좌) John Kim 교수, 난류이론 교과목, 이창훈교수와 공동강의

▶ 산업체/연구소 등 외부 연구자와의 공동강의 개설현황

- 병렬과학계산, 담당교수: 최정일, 강지훈(KISTI) (2016-2)
- 이미징어플리케이션을위한임베디드컴퓨팅, 담당교수: 이은정, 양한별(삼성메디슨) (2016-2)

▶ 산업수학관련 교과목 강의 개설 현황

2017년 1학기부터 기업 연계형 산업수학석사과정 학위 프로그램을 운영하고 있으며, 이를 위한 교과목을 개설하고 (주)경원테크와 협업하여 산업수학 석사 인력을 양성하였다. 연계기업의 업무과외 및 졸업 후 업무의 연속성을 갖도록 현장에서 실습할 수 있는 개별연구지도 교과목을 개설하였다. 방학 중 연계기업에서 4주간 직접 근무하면서 연계기업의 업무 및 연구를 익히도록 하였다.

- 기초산업수학, 담당교수 : 박은재, 이은정, 최정일, 서승석 (2016-2)
- 산업수학1:수리해석및소프트웨어개발, 산업수학2:산업수학프로젝트, 담당교수 : 서진근, 최정일 (2017-2)
- 개별연구지도1,2 (현장실습 대체과목) 담당교수 : 최정일(2017-2, 2018-2)

▶ 대다수 과목의 영어 강의 개설

본 교육연구단에서 개설되는 대다수의 교과목은 영어로 운영되고 있다. 수학 및 계산과학의 글로벌 전문가 양성과 해외 우수인재 확보 및 지도를 위해 지난 5년(2015-2019년도)동안 개설 과목 중 평균 77.4%의 영어 강의가 진행되었다.

- 2015-1학기 : 85.7% (영어 24 / 전공 28) 2015-2학기 : 93.1% (영어 27 / 전공 29)
- 2016-1학기 : 87.1% (영어 27 / 전공 31) 2016-2학기 : 72.4% (영어 21 / 전공 29)
- 2017-1학기 : 85.7% (영어 24 / 전공 28) 2017-2학기 : 60.0% (영어 15 / 전공 25)
- 2018-1학기 : 78.6% (영어 22 / 전공 28) 2018-2학기 : 70.8% (영어 17 / 전공 24)
- 2019-1학기 : 68.0% (영어 17 / 전공 25) 2019-2학기 : 68.2% (영어 15 / 전공 22)

▶ 온라인 교육 YSCEC (Yonsei Creative Education Community) 활용

본 교육연구단은 웹기반 학습관리시스템인 YSCEC을 통하여 교육 환경 변화에 대응하고 온라인 교육 효과를 극대화하고 있다. 온·오프라인 통합교육을 지원하는 연세대학교의 YSCEC는 6가지 주요 기능(모바일 러닝, 쌍방향 SNS, 원격 강의, 온라인 강의, 강력한 표절검사, 외부 콘텐츠 연계)과 다양한 온라인 교수/학습 활동을 지원하여, 수강생과 교수들 사이의 긴밀히 소통을 돕는다. YSCEC을 통하여 강의노트를 제공하고, 동영상 강의를 촬영하여 해당링크를 공지하는 등 다각도로 강의에 활용되고 있다.

B. 향후 2년간의 대학원 강의 개설 계획

본 교육연구단에서는 수요자 중심교육 강화의 일환으로, “교육과정 2년 사전 예고제”를 시행하고 있다. 이에 따라 학위 과정별로 향후 2년간 제공될 과목들을 미리 공지하여, 대학원생들이 입학에서 학위 취득 시까지 본인의 학업 계획을 사전에 수립, 안정적으로 커리큘럼을 이어갈 수 있도록 한다. 또한, 개설 예정 과목 결정시에는 교육 수요자인 학생들의 강의수요 및 관련 의견이 제대로 반영될 수 있도록 설문을 수행하고 있다.

b1. 교육과정 사전 예고 (향후 2년간 강의 개설 계획)

▶ 필수핵심과목군(전공종합시험 교과목)의 주기적 개설

과목명	개설 예정학기	개설주기
대수학1 / 대수학2	2021-1학기, 2022-1학기 / 2020-2학기, 2021-2학기	1: 홀수학기, 2: 짝수학기
실해석학1 / 실해석학2	2021-1학기, 2022-1학기 / 2020-2학기, 2021-2학기	1: 홀수학기, 2: 짝수학기
이공계편미분방정식	2020-2학기, 2021-1학기, 2020-2학기, 2021-1학기	매학기
수치해석	2020-2학기, 2021-1학기, 2020-2학기, 2021-1학기	매학기
수치편미분방정식	2020-2학기, 2021-2학기	짝수학기
점성유체역학	2021-1학기, 2022-1학기	홀수학기

▶ 전문심화과목군 개설 계획

개설 학기	교과목명	비고
2020-2학기	집합론I, 해석적 정수론I, 합수해석I, 조화해석II, 대수다양체 개론, 리만기하학 기초유한요소법, 난류이론, 병렬과학계산, 기계학습I, 인공지능 이론, 머신러닝과응용3, 강화학습, 의료영상을 위한 기계학습 논문작성법및발표2, 계산과학공학 학부연구2	
2021-1학기	대수적 정수론I, 조합론, 미분다양체, 수리논리학, 랑란드 프로그램, 푸리에 해석과 응용 확률론 I, 기초계산과학공학, 유한요소법, 수치최적화 기초계산유체역학, 점성유체역학, 고급전산유체역학 기계학습II, 머신러닝과응용1, 알고리즘과 응용, 계산수학-기계학습과 데이터과학2 논문작성법및발표1, 계산과학공학 학부연구 1	
2021-2학기	대수적 정수론II, 자연수 분할 이론, 조화해석과응용, 대칭합수론 대수적 위상수학I, 모델론I, 확률론II, 기초유한요소법, 고급유한요소법, 병렬과학계산, 점성유체역학, 난류이론, 공학응용수학, 기계학습I, 머신러닝과응용2, 인공지능 이론 논문작성법및발표2, 계산과학공학 학부연구 2	
2022-1학기	조화해석I, 미분다양체, 모델론 II 기초계산과학공학, 기초계산유체역학, 유한요소법, 점성유체역학, 고급전산유체역학 머신러닝과응용3, 알고리즘과응용, 의료영상해석을위한딥러닝, 딥러닝과데이터과학 논문작성법및발표1, 계산과학공학학부연구1	

▶ 특성화과목군 개설 계획

특성화과목군은 특론과목 및 Topics 과목으로 각 전공분야의 최신 연구 결과 등을 주제로 교과목이 운영되므로, 직전학기에 대학원생의 수요에 따라 필요과목을 개설한다.

개설 학기	교과목명	비고
2020-2학기		
2021-1학기	수치해석특강I, 해석학특강I, 수학적모델링및수치해석I	
2021-2학기	수리유체역학특강I, 합수해석특강I, 해석학특강I, 해석학특강II, 보형특강I	
2022-1학기	수리유체역학특강II, 수치해석특강, 편미분방정식특강I, 보형형식특강II, 조합론특강 대수기하학특강I	

b2. 세계적 수준의 대학원 교과목 개설 확대

본 수학교산학부 대학원은 기존의 수학과와 계산과학공학과가 통합된 학과로서 이론수학, 응용수학, 계산수학 등 수학 전 분야에 이르는 넓은 스펙트럼의 교육을 제공할 수 있다. 다양한 교과목을 하나의 대학원 학과에 개설함에 따라 대학원생은 본인의 전공뿐 아니라 유사전공의 교육에도 쉽게 접근할 수 있으며, 이를 통해 이론-응용-계산의 체계적 통합연구를 수행하는 연구자로 거듭날 수 있다.

▶ 수요자 중심의 교육 강화

특성화과목군은 대학원생들의 수요와 담당교수의 연구분야 최근 성과 등을 고려하여 교과목을 개설한다. 또한, 사회적 변화와 대학원생의 학습요청을 반영하여 전문심화과목군을 꾸준히 개편하고 새로운 교과목을 추가할 계획이다. 예를 들면, 최근 몇 년 인공지능이 수학연구의 주요 주제가 대두됨에 따라 기계학습/딥러닝 등의 교과목을 특성화과목군이 아닌 전문심화과목군으로 신규 편성하여 대학원생이 연구 흐름에서 뒤처지지 않도록 힘써왔다. 향후에도 대학원생이 필요로 하는 강의 주제들을 사전에 파악하여 이를 반영하는 과목들을 개설하는 한편, 미래가치를 지향하는 교과목을 전문심화과목군에 포함시켜 시대의 흐름에 발맞추고자 한다.

▶ 높은 수준의 영어 강의비율 유지

본 교육연구단은 대학원생들의 외국어 친숙도를 향상시키고, 외국인 학생들에게 우수한 교육여건을 제공하기 위하여 높은 비중의 영어강의를 지속적으로 수행할 계획이다. 또한, 해외학자의 집중강연을 정기적으로 조직하고, 이들과 정규과목을 공동으로 개설하는 등의 노력을 통해 글로벌 인재 양성에 힘쓸 것이다.

▶ 플립러닝, Mooc, K-mooc등 온라인 교육 강화

현재 본 교육연구단의 교수들은 여러 학부강의에서 플립러닝 기반의 강좌를 운영하고 있는데, 이를 대학원에 확대하여 실시할 예정이다. 또한 이를 바탕으로 Mooc, K-mooc, Cosera 등의 온라인 강좌를 강화할 예정이다. 본 교육연구단에서는 2016년 2학기부터 3학기에 걸쳐서 “머신러닝과 응용1,2,3”을 신설하여 이론과 함께, 파이썬, 텐서플로어를 강의하였다. 한편, 2019년부터는 파이썬 기초부터 머신러닝의 핵심 언어인 텐서플로어에 이르기까지 기본적인 프로그램 언어를 익힐 수 있는 동영상강의를 유튜브 채널을 가동하여 진행하였다. 이러한 사례를 보다 다양화하여 적극적인 온라인 보조수단을 교육에 도입할 예정이다.

다. 학사관리 현황 및 계획

기존의 수학과와 계산과학학과 대학원이 통합하여 하나의 학과로 운영(통합행정은 2020.9월에 시작함) 되는 본 수학기산학부에서는 크게 수학기산공(Math)과 계산과학공학전공(CSE)의 세부전공과정이 운영된다. 두 세부전공별 특성에 맞추어 학사관리를 하고 있다.

A. 학과 운영내규의 명문화화를 통한 체계적인 학사 운영

본 수학기산학부에서는 학사에 관한 사항을 전공별 운영내규와 세칙으로 명문화하여 대학원생들이 학사 지도 및 졸업 관련 사항들을 파악하기 쉽게 하였다. 외국인을 위한 영문본도 함께 제정하였으며, 각 전공별 홈페이지에 게시하고 있다. 학과 운영내규에는 지도교수 배정 및 수강신청, 이수학점, 대학원 등록 및 수료, 전공종합시험, 영어(외국어) 시험, 학위논문심사, 학술활동 졸업요건, 학위과정 변경 등에 관한 사항을 구체적으로 기술하였다.

- (수학기산공) 대학원 수학기산공 운영내규, 운영세칙
- (CSE전공) 대학원 계산과학공학(CSE) 전공 운영내규, 운영세칙
- (산업수학) 산업수학 석사 학위과정 운영내규

세부 전공	종합시험(수료)		학위취득		
	전공종합시험	영어시험	학위논문 자격시험	학위논문 심사	학술요건
Math	학부기초시험(2과목) 대학원기초시험(2과목)	TOEFL, TOEIC, TEPS	Prelim	예심, 본심	박사: SCI(E) 논문 1편
CSE	필답시험(3과목) 연구제안서발표시험(박사)	TOEFL, TOEIC, TEPS	X	예심, 본심(박사: 6개월전)	박사: SCI(E) 논문 2편 석사: 학술발표 이상

a1. 입학전형

본 수학기산학부의 통합행정이 2020년 9월에 시작함에 따라, 2020년 2학기를 시작으로 신입생 전형이 통합모집 단위로 진행된다. 1차 서류전형과, 2차 면접평가를 통해 우수한 신입생을 선발한다. 또한, 우수 대학원생의 조기 확보를 위해 조기 입학전형 제도를 운영하고, 산업수학 석사과정생 모집도 대학원 입학 전형과 동시에 진행하고 있다.

a2. 지도교수 선정 및 세부전공 선택

본 교육연구단에서는 학사지도교수(Academic Advisor) 제도를 운영하여 입학 후부터 논문지도교수가 결정되기 전까지 대학원생의 학사를 지도하고 있다. 논문지도교수를 종합시험(전공종합시험, 영어시험)을 모두 합격한 후 결정하여 졸업연구를 수행하게 하는 것을 원칙으로 하고 있다. 향후 전공분야에 대한 계획을 사전에 수립한 대학원생의 경우, 입학과 동시에 교수와의 개별 면담을 통하여 학사지도교수 및 논문지도교수를 정할 수도 있다.

a3. 전공종합시험

전공종합시험은 두 세부 전공(Math, CSE)의 특성을 반영하여 조금 다르게 운영하고 있다.

세부전공	종류	과목	합격요구기간
Math	학부기초시험	Calculus, Linear Algebra	1~2학기
	대학원기초시험	Real Analysis, Algebra (석사 1, 박사 1,2)	1~4학기
CSE	필답시험	(이학학위) 이공계PDE, 수치해석, 수치PDE	1~2학기
		(공학학위) 수치해석, 수치PDE, 점성유체역학	1~2학기
	발표시험	박사학위연구제안서발표시험(박사학위에 한함)	3~4학기(통합: 5~6학기)

▶ 전공종합시험 합격기준

- 학부기초 시험 (2과목) : 합격/불합격은 절대평가
- 대학원기초 시험 (2과목) : 석사과정 B0, 박사/통합과정 A- 이상의 성적을 취득
- 필답시험 (3과목) : A0 이상의 성적 또는 필기시험 100점 만점 기준에 70점 이상
- 발표시험 : 교수 3인의 심사위원이 심사, 발표시험을 통과하지 못하였을 경우 석사 졸업

a4. 영어 졸업 자격시험

세부전공	TEPS	TOEIC	TOEFL(IBT)	기간토폴
Math	석사 500점, 박사(통합) 550점	석사 630점, 박사(통합) 680점	석사 73점, 박사(통합) 78점	X
CSE	557점	685점	80점(CBT 210점)	PBT 550점

a5. 수학기산공 학위논문 자격시험 (연구발표시험, Prelim)

수학기산공 대학원생이 박사학위를 취득하기 위해서는 박사 8학기, 통합 10학기 안에 연구발표 시험에 합격해야 하며, 시험 기회는 1회로 제한된다. 박사학위논문을 목표로 진행하는 연구에 대한 중간평가가 부족한 부분을 점검, 보완하는 기회로 활용한다. 연구발표시험에서 불합격한 경우 학위과정을 수료인 상태로 마치게 된다. 연구발표 평가위원은 총 3인으로, 논문지도교수와 논문지도교수가 추천하는 학과 교수 2인으로 구성된다.

a6. 학위논문 심사 Committee 구성

박사학위 논문 심사위원은 총 5인으로 구성하고, 외부인사는 최대 2인까지 가능하다. 석사학위 논문심사를 위해 심사위원은 총 3인으로 구성하고, 외부인사는 최대 1인까지 가능하다. 외부인사로서 국내외 타 대학 교수들의 박사학위 심사 참여를 독려하고 있다. 학위논문 심사는 졸업학기에 예심과 본심을 시행한다. 단, 계산과학공학 전공의 박사 예심은 학위취득 예정으로부터 6개월 이전에 하도록 하고 있다. 산업수학 석사학위 학위논문 심사위원은 총 3인으로 구성하며, 심사위원 중 1인은 연계기관의 연구원으로 한다.

a7. 학술활동 졸업 요건

학술활동 졸업 요건도 두 세부 전공(Math, CSE)의 특성을 반영하여 조금 다르게 운영하고 있다.

전공	학위과정	졸업요건	비고
Math	박사	SCI/SCIE 저널에 1편 이상 논문 게재	게재승인 포함
	석사	없음	-
CSE	박사	국제저명학술지에 2편 이상 논문 게재, (단, 제출된 논문 중 1편은 본인이 제 1 저자)	게재승인 포함
	석사	제1저자인 국제저명학술지 게재 또는 제1저자 학술대회 논문 1편	게재승인 포함

a8. 학위과정 변경 제도 운영

- 석사과정에서 통합과정으로 학위 변경

석사과정 학생이 석사사 통합과정으로 변경하기를 원하는 경우 지도교수와 주임교수의 추천을 통하여 대학원장에게 승인 받아 변경할 수 있다.

- 통합과정 중단

통합과정 학생이 통합과정을 중단하고 석사과정으로 변경하기 위해서는 지도교수 및 주임교수의 승인을 받아 대학원장에게 승인 받아 변경할 수 있다.

B. 다중 멘토링 (Mutiple Mentoring) 제도 도입을 통한 지속적 학사관리

입학에서 학위논문 작성까지의 학사과정 동안 교과목 및 연구 분야의 생소함과 불확실성을 줄이고, 이론수학/응용수학/계산수학의 과정을 연구에 접목할 수 있도록 대학원생을 지원하는 종합적인 관리체계가 필요하다. 특히, 여러 분야의 지식과 경험을 접목하기 위해 지도교수 뿐 아니라 여러 경험자들이 한 명의 대학원생에게 조언을 주는 다중 멘토링 제도를 도입하고자 한다. 이를 통해 각 대학원생의 교육 및 연구를 지속적으로 관리하며 학사과정의 효율성을 높이고, 다양한 경력을 위한 네트워크를 만들어 준다.

b1. 학사지도 교수 (Academic Advisor)

수학전공 대학원생들은 입학 학기에 각 입학생의 희망전공별로 학사지도교수 (Academic Advisor)를 선택하여, 자신에게 배정된 학사지도 교수와 대학기 상담을 한다. 세부전공에 부합하는 수강지도와 학점취득에 대한 멘토링, 종합시험 합격 및 논문지도교수 (Thesis advisor)를 선택하는 단계에 이르기까지, 학사지도 교수의 지속적인 조언을 받도록 한다. 세부전공선택 및 교육과정에만 국한하지 않고, 향후 경력을 위한 track들에 대해서도 멘토링한다.

b2. 지속적인 교육 및 연구의 지도교수 멘토링 (Thesis Advisor)

학위논문 자격시험인 연구발표시험(Prelim), 학위논문 작성 및 심사의 단계에서의 고충을 토로할 수 있는 지속적인 면담의 기회를 마련한다. 또한, 졸업 이후에도 취업 및 연구 분야의 확장과정에서 발생하는 어려움을 극복하고, 다양한 연구주제를 접할 수 있도록 교육 및 연구에 관한 연속적인 조언 시스템을 운영한다.

b3. 공동 논문지도교수 (Co-Advisor)

다학제간 교육 및 융합교육의 수요가 증가함에 따라 본 교육연구단은 다양한 전공과 긴밀한 소통이 이루어질 수 있는 Co-advisor 제도를 활성화해 나갈 계획이다. 다음은 기존의 연세대 계산과학공학과와 졸업생 중 Co-advisor 제도를 활용한 예이다.

졸업생명	취득학위	졸업학기	논문지도교수(소속)	공동지도교수(소속)
	공학석사	2012-2학기	황도식교수(연세대 전기전자공학과)	서진근교수(연세대 CSE)
	이학박사	2017-1학기	이창훈교수(연세대 CSE)	최정일교수(연세대 CSE)
	공학박사	2019-1학기	이창훈교수(연세대 CSE)	최정일교수(연세대 CSE)

C. 교육 및 연구 역량 강화를 모니터링 체계 구축

▶ 지도교수의 학생 개별 수강 지도

대학원생이 원하는 연구 분야를 선택하고 해당분야의 지식을 습득하고자 할 때, 수강해야하는 과목을 안내함으로써 지도교수가 학생들의 수강신청을 돕는다. 대학원생이 기초과목 및 필수핵심과목에 대한 이수체계를 잘 따르도록 지도하고, 전문심화전공과목에 대해서는 강의를 담당하는 교수 또는 지도교수가 상담을 통하여 학생의 학습정도를 사전에 파악한 후 수강을 결정하도록 한다.

▶ 일대일 논문지도 및 연구 그룹별 정기 세미나 운영

교수는 지도학생과 매주 1-2회 일대일 개별 연구 미팅을 진행하고 있으며, Lab 단위의 그룹별 정기 세미나도 운영하여, 학생들과 연구에서 미진한 부분을 토론하고 연구방향을 지도하는 시간을 갖는다.

▶ 박사학위 연구과정 연구실적 평가

연구학기의 박사학위 과정생은 지난 1년 동안 수행한 연구결과(논문 및 학술대회 실적, 연구 내용 보고서)를 보고서에 작성하여 학과 심사위원의 평가를 받는다. 이는 박사학위 과정의 불필요한 장기화를 방지하고 연구에 몰입하는 분위기를 조성하는데 목적이 있으며, 향후에도 지속적으로 유지하고자 한다.

▶ 학과차원의 포스터 발표회를 통한 연구 점검

매 학기 초에 Math-CSE open lab(포스터 발표회) 행사를 진행하여, 대학원생들의 연구 결과를 점검한다. 대학원생은 연구 내용을 담은 포스터 제작하고 각 포스터에 대한 설명/토론 등을 진행한다. 심사위원은 외부위원과 학과 교수로 구성되어 대학원생들의 연구를 점검한다. 각 대학원생은 1년에 1회 이상 포스터 발표를 하도록 하고 있다.

라. 교육과 연구의 선순환 구조 구축 방안

본 교육연구단에서는 이론수학과 계산수학을 균형 있게 결합하여, 수학/자연/사회/산업의 중심문제를 다루는 연구와 교육의 선순환을 이끌어 내려 한다. 아벨상을 수상한 프랑수아 수학자 Yves Meyer 교수가 웨이브릿의 수학이론을 정립하고 현실문제(신호처리 분야)에 적용한 사례는 수학분야에서 교육과 연구의 선순환 구조를 구축한 좋은 예라 할 수 있다. 이러한 교육-연구의 선순환 구조를 정착하기 위해서는 학생과 교수 모두가 교육, 연구의 모든 영역에서 적극적인 주체가 되어야 한다. 이론정립과 현실문제의 조화로움 속에서 연구와 교육의 시너지 효과가 극대화될 것이다.

A. 정규과목에서 연구와의 연계

▶ 특성화과목군을 연구와 연계 (문제 해결 능력 함양)

본 교육연구단의 특성화과목군은 특강 및 Topics 과목으로 세부 전공영역의 전문적 지식을 심도 있게 다루는 교과목들로 구성되어 있다. 수학적론 정립 및 현실적 문제 해결 능력 배양, 전공분야에 대한 최근 연구 동향 등을 학습할 수 있도록 구성하여 교육과 연구를 병행하도록 한다. 교수의 연구내용, 또는 최근 전공분야의 중심 연구주제를 대학원의 정규과목에 접목하여 강의에 반영하도록 한다. 특강과목의 강의 주제를 선정할 시 대학원생 설문을 통해 수요를 파악하고, 강의 위주보다는 대학원생이 적극적으로 참여할 수 있는 수업형태를 지향한다.

▶ 외부기관 연구자 정규과목 팀티칭을 통한 현장문제 대면 및 문제 해결 능력 배양

외부기관에서 수행하는 현실문제들과 연관된 교과목을 개설할 때, 그 기관의 연구자와 팀티칭 형태로 강의를 구성하고, 수학적 이론과 현장문제의 연구를 병행하게 한다. 타기관 연구원과 논의를 통해 합리적인 수업 계획을 수립하고, 대학원생이 현장문제에 대한 정확한 인지를 바탕으로 연구를 진행하여, 문제해결 능력을 배양할 수 있도록 한다. 이러한 팀티칭 교육을 본 학과의 교수간, 타학과의 전공간, 타기관 등으로 다양화 할 것이다.

▶ **해외학자 및 전문가 집중강연**

해외학자의 정규강좌와 공동개설, 집중강연 등을 개설하고 해외학자들과 대학원생 사이에 개인적인 친밀 관계가 형성될 수 있도록 적극적으로 지원할 계획이다. 해외 저명학자들과의 질의응답, 토론, 연구지도 등과 같은 교류시간을 갖도록 유도하여, 교육과 연구를 동시에 진행할 계기를 마련한다.

B. 대학원생의 학술 및 연구활동에 자발적 참여 유도

▶ **학과차원의 단기집중 계절학교에 자발적 참여 유도**

대학원생의 전공지식과 연구 주제와의 연계를 위해 단기집중 계절학교를 개최한다. 단순한 강연보다는 특정주제에 대한 발표, 토론, 조별 study, 튜토리얼 등으로 구성하고, 대학원생의 자발적 참여를 독려한다. 각 전공별로 집중 계절학교를 개설할 수 있도록 한다.

▶ **정기 세미나, 워크숍, 콜로퀴움을 학생의 연구로 연결**

본 교육연구단에서 운영하는 다양한 분야의 정기세미나, 집중강연, 워크숍 등에 대학원생들의 적극적인 참여를 유도하여, 관련 주제를 학습하고 향후 연구에 자양분을 얻도록 한다. 현재 수학기산수학부에서는 콜로퀴움과 다수의 전공별 정기 세미나를 개최하는데 이를 지속적으로 유지하고 활성화하며, 다양한 워크숍을 개최한다.

▶ **대학원생 주도의 개방형 세미나**

대학원생이 주체가 되어 세미나를 개최하고 참여한 대학원생 및 교수진들과의 토론을 진행하는 개방형 세미나를 진행한다. 수동적인 자세로 강의를 듣는 기존의 형식을 탈피하고, 논의의 주체가 되어 세미나를 이끌어가는 경험을 통하여 연구역량을 향상시킬 수 있다.

마. 대표적 교육 목표에 대한 달성방안

본 교육연구단의 핵심 교육목표는 이론수학과 계산과학의 중심 문제를 해결하고 미래의 비전을 제시하는 리더를 양성하는 것이다. 우리는 균형 잡힌 이론수학과 계산수학의 지식체계 속에서 서로 다른 분야의 본질적인 유사성을 관찰함으로써 각 분야에서 breakthrough를 도출하는 학자/연구자/산업인재를 지향하고 있다. 유사 전공 및 유사 연구에 대한 인터페이스 영역을 확장하여 분야 간 진입장벽을 낮추고 교육과 연구에서 소통의 활성화를 통해 교육의 목표를 달성하고자 한다.

A. 대학원생의 리서치 트레이닝(Graduate Research Training) 강화

이론 수학에서 연구레벨의 세미나는 그 분야의 전문가들 외의 연구자에게는 진입장벽이 높다. 대학원생들이 유관 또는 연계 연구 분야로의 인터페이스를 확장할 수 있도록, 전문용어나 지식에 관한 진입장벽을 줄일 수 있는 대학원생의 다중연구 훈련과정을 실시하도록 한다.

▶ **Open Training Seminar without Entry Barrier**

유사 전공/연구 분야의 참여교수들이 주제를 정하고, 전문가를 초빙하여 다음과 같이 운영한다.

- (step 1) Abstract for Preparation : 사전에 알아야 할 내용을 1-2주 전에 미리 공지
- (step 2) Preliminary Lectures : 중심문제와 핵심 정리들을 초보자가 이해할 수 있는 수준으로 소개
- (step 3) Main Seminar 및 Discussion : 아이디어와 핵심계산을 1-2시간 정도의 강의 및 토론으로 진행

▶ **대학원생의 Group Reading Seminar 독려 및 지원**

대학원생의 소규모 그룹 Reading 세미나를 지원해줄 지도교수/박사후연구원/연구하기 대학원생을 선정하고, 세미나의 주제를 Open Training Seminar로 연계하여 Reading 학습이 연구레벨로 연결 될 수 있도록 한다.

▶ **해외석학들과 연계 및 교류**

전문적인 연구를 수행하는 연구과정 대학원생들이 지도교수뿐 아니라 해외석학, 산업계의 전문가들과 연계될 수 있도록 관련 분야의 활발한 연구자들을 초빙하거나 이들을 방문할 수 있는 지원제도를 마련한다.

B. 다중 멘토링을 통한 미래의 가치창출 인재 양성

현대 수학의 주요문제를 해결하고, 미래의 방향 및 가치를 창출하는 수학의 리더를 양성하기 위해서는 다양한 영역에서의 멘토링이 필요하다. 특히, 근래와 같이 수학의 여러 분야들이 서로 연관성을 가지고 융합하며 발전하는 시점에서, 대학원생의 연구경쟁력을 고양하려면 다양한 영역의 전문가로부터 지식과 노하우를 습득하는 과정이 전제되어야 한다. 이론수학과 계산수학의 포괄적 능력을 갖춘 인재를 육성하기 위하여 아래와 같은 다방면의 멘토링 시스템을 구축한다.

- (Academic Advisor) 입학부터 졸업까지 전공 선택, 수강지도, 연구 분야 소개 등 학사 전반을 멘토링
- (Advisor and Co-advisor) 논문지도교수/Co-advisor 제도를 통해 다각도의 사고력을 갖도록 멘토링
- (International Mentor) 해외 연구자들과 학문적인 네트워크를 형성할 수 있도록 멘토링

C. 산업수학-산업계 연계를 통한 산업문제 전문가 양성

과학기술/산업문제 해결을 위한 인재양성을 위해서는 현장문제의 수학적 모델링 및 이론 정립, 계산수학을 통한 문제 접근 및 해결 방안 모색의 과정이 대학원생의 교육에 수반되어야 한다. 참여교수들이 산업체와 산학 연구를 진행하는 경우, 대학원생들이 연구 중인 산업문제에 접근할 수 있도록 기회를 계기를 마련한다. 이를 통해 현장문제를 효율적으로 해결할 수 있는 전문가 및 기업연계형 산업인재를 육성한다.

- 산업체와의 공동연구를 통한 현장 전문가 양성
- 산업수학 석사학위 프로그램을 통한 맞춤형 산업인재 양성

1. 교육과정 구성 및 운영

1.2 과학기술산업사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영계획

1.2 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영 계획

본 교육연구단에서는 과학기술·산업·사회 문제 해결 능력을 겸비한 인재를 육성하기 위해 수학적론에 기반한 다양한 융합과목 및 다학제간 과목을 개설하여 운영하고 있다. 지난 10년간 금융수학 과목을 개설하여, 금융이론 및 실무 전문가를 양성하였고 이들은 대학과 금융권에 진출하여 활발히 활동하고 있다. 또한 최근 5년간 기계학습 및 딥러닝 관련 과목과 산업수학 관련 과목을 개설하고 산업현장 전문가와의 팀티칭 과목을 편성하여 산업현장 및 기술개발에 적합한 인재를 배출하고 있다.

가. 금융수학 및 금융실무 교육 프로그램 운영 현황 및 계획

금융문제의 수학적 모델 및 응용에 대한 교육의 일환으로 금융수학 교과목을 운영하였으며, 관련 영역의 강좌들도 개설하여 집중적으로 교육하였다. 금융의 기초에 있는 기초 수학적론과 다양한 금융문제들을 연계하여 탐구하고 이를 관련된 실제 사회현상에 적용하여 이해하는 학문융합의 과정을 통해 통찰력을 함양시키고자 하였다.

금융실무 교과목의 강의를 금융회사의 임원이나 고급지식을 갖고 있는 실무 담당 전문가들이 맡아서 진행하였으며, 이를 통해 이론교육에 치우치지 않고 보다 실용적인 금융교육이 이루어졌다. 금융수학 전공 졸업자들은 부산대, 전남대 등 학계에서 연구를 이어나가거나, 투자은행, 증권, 보험 및 연금공단 등에서 금융전문가로 활동하고 있다. 향후, 본 교육연구단에서는 이러한 금융교육 프로그램을 지속적으로 운영하는 한편, 최근 인공지능 기술을 접목한 금융수학의 새로운 이론을 탐색하는 강의를 개설하여, 금융계의 업무자동화, 시장분석, 신용평가, 준법감시 등 다양한 분야에서 활용 가능한 지식을 전달할 예정이다.

▶ 금융수학 (Financial Mathematics)

- 담당교수 : 김정훈(2015-1), 이승철(2015-2)

1. Fundamental theorem of asset pricing, Mathematical models for risky assets
2. Black-Scholes formula for European vanilla option, European exotic options, American options
3. Interest rate derivatives, Credit derivatives
4. Option pricing by Monte Carlo methods, Option pricing by FDM

▶ 금융수학특강 (Topics in Financial Mathematics)

- 담당교수 : 김정훈(2016-1), 김상문(2017-2), 추정호(2019-1)

1. Market models, Risk-neutral pricing, Stochastic volatility
2. Existence of Nash equilibria
3. k-th price auctions, Wallet auction, all-pay auction
4. The Spot FX Market, The Forward FX Market, Risks in Foreign Exchange
5. Asset price model, Analytic solution for vanilla option, Dynamic hedging

▶ 금융실무1,2,3,4 (Practice in Financial Industry)

- 추정호(2015-1), 임현철(2015-2), 임정준(2015-2, 2016-1, 2016-2, 2017-1, 2017-2)

1. Client-Product Relationship : Optics-Driven, Risk-Driven, Insight-Driven, Problem-Driven
2. Client-Sales Relationship : ELS Marketing, Client Disclosure Map
3. Marketing Process-Clients Relation : 금융상품 판매 Best Practice, 시장상품 brochure analysis
4. Managing Risk

5. Trading : Quebec Referendum, Secular changes in trading business

▶ **확률과정론 특강 1,2 (Topics in Stochastic Processes)**

- 담당교수: 최희준 (2015-1, 2015-2)
- 1. American option pricing
- 2. Monte Carlo for compound Poisson, Monte Carlo for Levy, Quasi Monte Carlo
- 3. Pricing Levy market, Risk management, Derivative pricing

나. 기계학습 및 딥러닝 관련 교과목 개설 현황 및 계획

최근 인공지능에 대한 사회적 관심이 높아짐에 따라 기계학습 및 딥러닝 관련 교과목에 대한 수요가 증대되었다. 계산과학공학을 한층으로 하는 본 교육연구단은 대학원생들에게 기계학습 및 딥러닝, 데이터 과학, 알고리즘과 응용 등 다양한 관련 교과목을 제공하며, 이들이 현재 진행 중인 연구와 연계하여 강의내용을 구성함으로써 계산과학 기반의 인공지능에 대한 이해도를 높일 수 있다. 향후에도, 데이터사이언스, 알고리즘, 의료영상, 수치해석, 전산유체역학, 계산과학 분야 등의 다양한 분야에 기계학습의 응용사례가 소개되고 교육될 수 있도록 그 내용을 확장하고 과목을 다양화할 계획이다.

▶ **기계학습1,2 (Machine Learning), 자연언어처리 (Deep Learning)**

- 담당교수: 최희준 (2017-1, 2018-1, 2019-1)
- 1. SVD, PCA, CNN, SVM
- 2. RNN and backpropagation
- 3. Word vector representation, BOW(bag of word), Parsing Tree, POS(part of speech)

▶ **머신러닝과 응용1,2,3 (Machine Learning and its Application)**

- 담당교수: 이승철 (2016-2, 2017-1, 2017-2, 2018-1, 2018-2, 2019-1, 2019-2)
- 1. The fundamental ideas of machine learning & algorithms
- 3. Build your own code using numpy, pandas, matplotlib, sklearn, and TensorFlow
- 4. Implement NN, CNN, RNN and various other implementation of the real world problems
- 5. Implement autoencoder, VAE, GAN of the real world problems including reinforcement learning

▶ **계산수학-기계학습과 데이터과학1,2 (Computational Math-Machine Learning and Data Science)**

- 담당교수 : 서진근, 신원용 (2019-1)
- 인공지능/데이터과학 첨단산업 관련 프로젝트 기반으로 발표-토론-이론정립-소프트웨어개발-논문작성 순으로 진행함으로 학생이 많은 시간의 투자해야 하는 높은 난이도의 수업이다.
- 1. 방사선학에서의 정량적 정보의 추출 및 작업 흐름의 최적화. 장기 검출 및 segmentation
- 2. 워크 플로우 효율성 향상을 위한 자동화 된 진단 : 질병 탐지 및 분류
- 3. 적은 데이터로 이미지 재구성: undersampled MRI, sparse view CT
- 4. 의료용 영상에서 역문제 해결책 제시 : EEG, 다양한 전자기 및 기계 조직 특성 영상화 방식
- 5. 영상왜곡 및 잡음 억제 : 저용량 CT, Metal artifact reduction, 의료용 초음파 이미징의 해상도 향상

▶ **의료영상위험기계학습 (Advanced Deep Learning for Medical Image Analysis),**

- 담당교수 : 서진근 (2017-1)
- 1. Basics of medical imaging modalities and their clinical use: X-ray and CT, ultrasound, MRI
- 2. Medical Image analysis and sparse sensing: Filtering in spatial and frequency domain
- 3. Machine Learning in Medical Image Analysis : Convolution Neural Network, Restricted Boltzmann Machine, AdaBoost

▶ **의료영상해석위험딥러닝1,2 (Advanced Deep Learning for Medical Image Analysis)**

- 담당교수 : 서진근 (2016-1, 2018-1, 2019-2)
- 1. Introduction to deep learning and medical imaging modalities
- 2. Convolution Neural Network and U-net
- 3. Mathematics of deep learning (Wavelet, Framelet, nonlinear PCA, manifold learning)
- 4. Generative adversarial networks, Recurrent Neural Networks
- 5. Applications of deep learning to medical imaging (image reconstruction, Detection, segmentation, classification)

다. 산업수학관련 교과목 강의 개설 현황 및 계획

본 교육연구단의 학위 프로그램 중 하나인 기업연계형 산업수학 석사과정을 위하여 교과목들이 개설되어 운영되어 왔다. 이들 교과목의 특징은 실제 기업과 연계하여 강의내용을 구성하고 공동으로 강의를 진행한다는 점이다. 기존의 기초산업수학, 산업수학1, 산업수학2를 이외에도, 향후 산업계의 수요에 맞추어 산업현장의 인재를 효율적으로 양성할 수 있도록 다양한 교과목을 신설할 계획이다.

▶ **기초산업수학 (Introduction to Industrial Mathematics)**

- 담당교수 : 박은재, 이은정, 서승석, 최정일 (2016-2)
- 산업에서 활용되고 있는 문제를 선별하여, 이론과 프로그래밍 실기, 시각화 SW를 완성하는 모델링-시뮬레이션-시각화 과정을 통해 산업수학의 기초지식을 지도하였다. 담당교수 4명이 수학적 영상처리, EIT(의료영상), 금융수학, ESS(전기저장시스템) 등을 팀티칭으로 구성하여 진행하였다.

▶ **산업수학1:수리해석및소프트웨어개발, 산업수학2:산업수학 프로젝트**

- 담당교수 : 서진근, 최정일 (2017-2)
- 산업수학1와 산업수학2 교과목은 현장에서 제기되는 문제에 대한 해결력을 기르기 위해 개설되었다. 산업수학1은 수리해석 및 소프트웨어 개발을 위주로 진행되었으며, 산업수학2는 기업과 연계된 산학협력 연구를 통해 산업 현장의 문제를 도출하여 프로젝트로 진행하는 교과목으로 구성하였다.

▶ **개별연구지도1,2 (Individual Research)**

- 담당교수 : 최정일 (2017-2, 2018-1)
- 연계기업의 업무의 파악 및 졸업 후 업무의 연속성을 갖도록 현장에서 실습할 수 있는 개별연구지도 교과목을 개설하였다. 방학 중에 연계기업에서 4주간 근무하면서 연계기업의 업무 및 연구를 익히도록 하였다.

라. 산업체/연구소 등 외부 연구자와의 공동강의 개설현황

산업체, 연구소 등 외부의 연구자와 정규교과목을 공동으로 강의함으로써, 현장 문제에 대한 소개 및 해결방법, 효율적인 프로그래밍 등 산업현장에서 필요한 실용적 지식을 대학원생들에 전달할 수 있다. 이를 통해 산업계의 현실문제를 효과적으로 해결할 수 있는 인재를 양성하고자 한다. 향후에는 본 수학기산학부의 유사전공 교수들의 팀티칭, 타전공학과 교수와의 팀티칭을 강화하고 외부 연구자와의 공동강의를 확대하여 대학원생들에게 다학제간 융합 교육을 실시하려고 한다.

▶ 병렬과학계산 (Parallel Scientific Computing)

- 담당교수 : 최정일, 강지훈 (2016-2)

KISTI 연구원인 강지훈박사와 팀티칭으로 산업현장에서 사용하고 있는 병렬계산 소개 병렬 컴퓨터의 구조, 각종 PDE의 병렬화 방식, OpenMP, MPI, GPU computing 등에 대한 기법을 지도하였으며, 실제로 거대 계산을 요하는 기말 프로젝트를 진행함에 있어서, KISTI 슈퍼컴퓨터의 계산자원을 사용하는 기회를 갖기도 하였다.

▶ 이미징어플리케이션을 위한 임베디드 컴퓨팅(Embedded Computing for Imaging Application)

- 담당교수 : 이은정, 양한별 (2016-2)

(주)삼성메디슨의 양한별연구원(계산과학공학과 졸업생)과 이은정교수가 팀티칭으로 강의한 교과목으로 실제 의료 영상 이미징을 함에 있어서 실질적인 프로그램을 학습하도록 진행하였다. 효율적인 병렬 컴퓨팅과 버전컨트롤 시스템, MS Visual Studio를 사용한 소프트웨어 빌드와 디버깅 등의 전반적인 과정을 소개하였다. 이 과목을 수강하기 위해서는 반드시 계산 과학 및 공학에 대한 배경 지식이 있어야 하며 이를 바탕으로 임베디드 컴퓨팅을 각종 어플리케이션에 접목하고자 하였다.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 3년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

<표 2-1> 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생 확보 및 배출 실적

(단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2017년	31.50	22.00	65.00	118.50
	2018년	33.50	22.50	70.00	126.00
	2019년	41.50	19.50	75.00	136.00
	계	106.50	64.00	210.00	380.50
배출 (졸업생)	2017년	22	10		32
	2018년	12	3		15
	2019년	11	10		21
	계	45	23		68

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

가. 우수 대학원생 확보를 위한 제도의 현황 및 계획

▶ 학부 지도교수 (UA, Undergraduate Advisor) 제도 운영

학부 수학과와 각 학년별로 2인의 학부 지도교수(UA)를 배정하여, 학부생의 진로상담 및 학업/연구 관련 조언을 위한 면담을 매 학기 수차례 실시한다. 대학원 진학을 희망하는 우수한 학생들의 멘토 역할을 충실히 수행하며, 잠재성 있는 고학년 학생에게는 관심분야 연구에 인턴연구원으로 참여할 수 있는 기회를 제공하여, 자연스럽게 대학원에 진학하도록 유도하여 왔다.

▶ 학부생 인턴연구원(URP, Undergraduate Research Program) 활용

우수 대학원생을 사전에 확보하고자 학부생 인턴 연구원 제도를 활용하고 있다. 선발된 인턴연구원은 지도교수를 선정하여 학기 중 또는 방학기간에 지도교수로부터 전공기초교육 또는 연구지도를 받거나, 인턴연구원 간 세미나 및 연구 프로젝트에 참여하게 된다. 대학원 전공에 대한 기초 지식을 쌓고 연구 과정을 경험할 수 있는 기회를 통하여 자연스럽게 대학원 진학에 관심을 가지게 된다.

최근 3년간(2017-2019년도) 학부생 인턴연구원 현황은 다음과 같다.

- 2017-1학기 : 12명 중 6명 본 학과 진학, 2017-2학기 : 8명 중 3명 본 학과 진학
- 2018-1학기 : 10명 중 5명 본 학과 진학, 2018-2학기 : 17명 중 1명 본 학과 진학
- 2019-1학기 : 12명 중 3명 본 학과 진학, 2019-2학기 : 18명 중 2명 본 학과 진학
- 2019-겨울방학 : 총 3명

▶ 학부연계 교과목 개설을 통한 학부생의 관심 유도

학부생들이 수학기산학부 대학원의 전공을 탐색하고, 보다 심화된 수학기론을 통해 이들의 흥미를 유발하기 위해 학부연계 교과목을 개설하고 있으며, 수강한 경우 대학원 진학 시 학점이수를 인정하고 있다.

- 기초계산과학공학, 기초전산유체역학
- 계산과학공학학부연구(본 학과 인턴연구원생만 수강가능)

▶ 대학원 학부-대학원 연계과정(학-석 통합 전형) 활용

연세대학교에서는 학부생이 조기에 대학원 과정을 시작하여 빠른 기간 내에 연구에 착수하고 졸업할 수 있도록 돕는 학부-대학원 연계과정이 있다. 학부-대학원 연계과정은 대학원 일반전형과 별도로 1월과 7월에 선발하며, 합격 학생은 추후 별도의 대학원 입학시험 없이 학부 졸업 후 대학원에 진학하게 된다. 우수한 잠재성을 지닌 본교 학생이 이 과정에 조기 지원하도록 권장하여 우수한 학생의 유출을 막도록 한다. (참조: https://graduate.yonsei.ac.kr/graduate/admission/connect_schedule.do)

▶ 조기전형을 통한 우수 인재 선제적 확보

조기전형은 대학원 일반전형과 병행하여 진행되는 대학원생 선발 제도로서, 전형 1학기 이후에 대학원에 진학하게 될 국내의 대학의 우수학생들을 사전에 선발하여 확보하는 제도이다. 본 수학기산학부에서는 입학정원의 10-20% 이내의 범위를 조기전형에 할당하고 있다.

▶ 수학기산학부 대학원 입학설명회

수학기산학부 대학원 입시 설명회를 상반기/하반기에 개최하여 학생들에게 홍보한다. 설명회 개최 안내 포스터를 제작하여 전국 주요 대학에 배포하고 홍보한다. 입학 설명회에서는 대학원 입시요강, 장학금 제도 등을 안내하고, 본 수학기산학부 교수진의 흥미로운 연구분야를 소개함으로써, 많은 우수학생들이

대학원에 지원하도록 유도한다.

▶ 학과 홈페이지 및 SNS를 통한 대학원 홍보

학과 홈페이지에 대학원 입학관련 정보, 교과과정, 개설강의 등을 게시하고, 교수진들의 연구성과, 졸업생들의 취업 사례를 꾸준히 업데이트하여 최신 정보를 제공하고 있다.

- 홈페이지: <http://math.yonsei.ac.kr>, <http://cse.yonsei.ac.kr>
- SNS: <http://www.facebook.com/yonsei.cse>

▶ Open Lab & 포스터 발표회 개최를 통한 타학과(부)생의 참여 유도

본 수학기산학부에서는 교내 학생들에게 수학 및 계산과학전공 분야를 소개하는 장으로서 Math-CSE Open Lab & 포스터 발표 행사를 활용하고 있다. 대학원생들의 1년간의 연구실적을 포스터 발표회 형식으로 소개하고, 참석자들이 연구내용에 대해 질의응답함으로써 수학의 다양한 전공 분야를 접하게 되는 자리이다.

- 2017-1학기 : 17개 포스터 전시 및 발표, 2017-2학기 : 33개 포스터 전시 및 발표
- 2018-1학기 : 19개 포스터 전시 및 발표, 2018-2학기 : 22개 포스터 전시 및 발표
- 2018-여름 : 16개 대학원생 강연, 2018-여름 : 15개 포스터 전시 및 발표
- 2019-1학기 : 40개 포스터 전시 및 발표

▶ 산학협력 프로젝트 및 각종 자문활동

참여교수들은 산업체와 연계하여 산학 프로젝트를 수행하고 있으며, 산학 협력 및 공동연구에 필요한 연구 인력을 교류하고 있다. 2016년 2학기부터 산업수학 석사과정 학위 프로그램이 개설됨에 따라 연계 기관과의 인력교류의 장으로 활용하고 있다. 최정일 교수는 ㈜경원테크와 산업수학 석사과정 연계프로그램을 통해 대학원생을 모집하고 석사과정 교육을 거쳐 연계기업에 취업을 시킨 바 있다.

- 산업수학 석사과정: 김한울(석사과정, 2017-1학기 입학, 2019-2학기 졸업, 경원테크와 연계)
- 산학장학생: 문기영(박사과정, 2010-1학기 입학, 2018-2학기 졸업, 볼트시스템레이션과 연계)

▶ 외국 대학과 학술교류/학생교류 등을 통한 우수한 학생 유치

본 교육연구단은 중국 Ocean 대학, 몽골과학기술대학(MUST) 등과 학생교류 이를 통해 다수의 외국인 학생을 선발하여 교육하였다. 또한 해외 공동 연구자의 추천을 받아 외국인 학생을 선발하기도 하였다.

- 2017년도 외국인 신입생 : (몽골), (중국)
- 2018년도 외국인 신입생 : (중국), (베트남), (중국)
- 2019년도 외국인 신입생 : (중국)

▶ 시대적 요구에 부응하는 교과목 개설 및 해당 신규 교원 초빙

4차 산업혁명의 흐름에 부합하는 교과목을 개설하여, 대학원생들이 새로운 형태로 분화/융합하는 수학을 배우고, 빠르게 변화하는 연구추세와 사회의 요구에 유연하게 대처할 수 있도록 한다. 본 교육연구단에서는 시대적 요구에 부응하는 연구 분야들을 찾아 참신한 교과목을 개발하며, 해당분야의 신입 교원과 연구원을 채용하는 등 대학원 학부의 외연확대를 위해 지속적으로 노력할 것이다.

나. 우수 대학원생 지원 계획

▶ BK21 장학금 지원

대학원생 장학금 지원대상은 “4단계 BK21 사업 훈령” 과 본 교육연구단의 운영내규에 의거하여 각 대학원생의 실적(논문 게재, 학술발표, 학업 성취도, 연구 보고서 등)에 따라 그 지원 대상을 결정함으로써 대학원생의 교육 및 연구에서 경쟁을 유도한다.

▶ 각종 장학금 제도를 활용한 재정 지원확대

우수한 수학자로 성장할 잠재력을 지닌 신입생에게는 대학원 위원회 또는 입학 면접관의 결정에 따라 학비 감면 등 기타 혜택을 제공한다. 입학 후에는 경제사정을 고려한 생계 지원형 장학금(BHS 장학금), 성적 장학금 수혜를 받을 수 있다. (생계형 장학금인 BHS 장학금은 2018년도 1학기부터 매 학기 지급되고 있으며, 2019년에는 총6명의 대학원생이 수혜를 받았다.)

▶ 연구 환경 개선 (연구실 공간 배정, 연구용 PC 지급, 과학계산용 서버 지원 등)

대학원생의 연구실 배정은 매학기 학업성취도, 연구의 연관성, 학기초과 등을 고려하여 재배정하여 연구에 몰입할 수 있는 환경을 조성한다. 개인용 PC를 지급하여 연구에 활용하고 있으며, 학과차원에서 과학계산용 그리드/서버(GPGPU 워크스테이션, 테라곤(Teragon) 서버 등)를 구축하여 학생들이 거대 과학계산에 사용하도록 지원하고 있다. 또한 대구경북과학기술원(DGIST)의 슈퍼컴퓨팅·빅데이터 융합연구센터와 슈퍼컴퓨팅 자원 임차 MOU가 체결되어 있어 슈퍼컴퓨팅 장비 및 시설을 활용할 수 있으며, KISTI (한국과학기술정보연구원)와 협약을 통해 누리는 클러스터 자원을 활용하고 있다.

▶ 국내의 학술대회 발표 및 참여 지원, 해외 기관 방문 비용 보조

좋은 연구 성과를 내어 졸업을 앞둔 학생들에게 국제학회 참석 비용을 지원하여 연구결과를 해외 학자들과 공유할 기회를 갖게 해 준다. 단기 해외 방문이 가능할 경우도 경비 지원을 한다.

▶ 대학원생 우수 활동 실적에 대한 인센티브 지급 (현금, 업무경감 등)

본 수학기산학부의 포스터 발표회 및 다양한 연구 우수 사례에 대하여 심사위원들의 평가를 통해 인센티브를 지급한다. 또한, 연구에 전념할 수 있도록 조교 및 대학원 업무(시협 감독, 체점 등) 등을 경감시킬 수 있도록 방안을 마련한다.

▶ 외국인 학생 의료보험 지원

외국인 대학원생이 안정적인 대학원 생활을 할 수 있도록 의료보험 가입을 권장하며 의료보험 가입한 경우 확인서와 영수증을 제출하면 매 달 인건비와 함께 지급하고 있다.

- 2017년도 : 외국인 학생 (11명), 2018년도 : 외국인 학생 (10명), 2019년도 : 외국인 학생 (9명)

▶ 수학기산학부 차원의 다양한 전공의 학술프로그램 개최

본 교육연구단 차원에서 다양한 학술프로그램을 주관하여 학부생/대학원생들의 참여를 유도하고, 최신 연구 분야를 접하게 하는 기회를 제공한다.

- Math-CSE Open Lab & 포스터 발표회 : 대학원생 및 인턴연구원의 연구 결과 발표
- 겨울/여름학교 개최 : 튜토리얼, Competition Study Group, 연구 발표 등
- 콜로퀴움/세미나/집중강연 개최 : 최근 관심분야의 수학자, 산업연구원 등(학기당 약 6회 개최)

2.3 대학원생의 취(창)업 현황

① 취(창)업률 및 취(창)업의 질적 우수성

<표 2-2> 2019.2/2019.8 졸업한 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생 취(창)업률 실적

(단위: 명, %)

구분		졸업 및 취(창)업현황						취(창)업률 (%) (D/C) × 100
		졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업 대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
			진학자		입대자			
			국내	국외				
2019년 2월 졸업자	석사	6	0	2	0	4.0000	90.0000%	
	박사	6	X		0	6.0000		
2019년 8월 졸업자	석사	5	2	2	0	1.0000	80.0000%	
	박사	4	X		0	4.0000		
계	석사	11	2	4	0	5.0000	60.0000%	
	박사	10	X		0	10.0000	100.0000%	

2.3 대학원생의 취(창)업 현황

① 취(창)업률 및 취(창)업의 질적 우수성

2.3 대학원생의 취(창)업 현황

① 취(창)업률 및 취(창)업의 질적 우수성

본 교육연구단(연세대 수학교산학부)의 최근 1년(2019년 2월 및 2019년 8월) 졸업자는 총 21명이며, 박사 10명, 석사 11명이다. 박사졸업생은 국내 대학의 교수진 2명, 박사후연구원 6명, 산업체 취업 2명으로 전원 100% 취업하였다. 이 중에서 외국인 박사학위 취득자 2명은 모두 국내 대학의 박사후연구원으로 연구 활동을 지속하고 있다. 석사졸업생은 해외대학 박사과정 진학 4명, 국내대학원 박사과정 진학 1명, 산업체 취업 3명, 취업준비 3명으로 나타났다. 다음에는 졸업생 각각의 취업 및 진학의 우수성을 나타내었다.

▶ 박사학위 취득 후 교수임용

① (2019년 2월 졸업, 이학박사) : 안양대 교양학부

최희준 교수의 지도하에 여러 가지 금융상품 및 금융 현상을 다루는 프로세스 및 수치해석에 대해서 연구하여 박사학위를 취득했다. 현재는 안양대학교 교양학부에서 조교수로 근무 중이다. 한국연구재단 개인기초연구 다년도 과제 개인연구 수행 중이며 졸업 전에 수행하던 연구의 후속 연구로 파생금융상품의 수치해석적 방법에 대해 진행 중이다.

② (2019년 2월 졸업, 이학박사) : 한국산업기술대 나노반도체공학과

박사과정 중에는 평균 절대 편차를 리스크로 사용하여 1차 프로그래밍을 이용해 금융 포트폴리오를 최적화 연구로 이승철 교수의 지도하에 박사학위를 취득했다. 2019년 9월부터 한국산업기술대학교 나노반도체공학과 조교수로 근무 중이며 현재는 딥러닝의 한 알고리즘인 인공합성곱 신경망과 강화학습을 활용하여 금융 포트폴리오의 최적화에 대해 연구하고 있다.

▶ 박사학위 취득 후 박사후연구원

① (2019년 2월 졸업, 이학박사) : 연세대 응용해석 및 계산센터(CMAC-SRC)

“유입 난류 생성을 위한 셀 섭동법이 적용된 도시대기환경의 큰에디모사” 이란 주제로 연구하여 최희준 교수의 지도하에 박사학위를 취득했다. 졸업 후에 연세대 응용해석 및 계산센터(CMAC-SRC)에서 박사후연구원 생활을 하고 있다. 현재 미세먼지에 관한 수치 모델링하기 위해 활발히 연구를 하고 있다.

② (2019년 2월 졸업, 이학박사) : 연세대 응용해석 및 계산센터(CMAC-SRC)

김정훈 교수의 지도하에 perturbation theory, asymptotic analysis를 이용한 다양한 형태의 파생상품의 가격결정 및 헤지에 대한 연구로 박사학위를 취득했다. 졸업 후 연세대 응용해석 및 계산센터(CMAC-SRC)에 취직하여 박사후연구원으로 근무하고 있다. 현재 1) VIX와 SPX의 일관된 모델 개발 및 VIX 파생상품, SPX 파생상품의 가격 결정, 2) Stochastic mirror descent 방법의 convergence rate에 대해 연구하고 있다.

③ (2019년 2월 졸업, 이학박사) : 충남대

김세익 교수의 지도하에 Dini mean oscillation 계수를 갖는 elliptic equations의 oblique and conormal derivative problems에 대한 regularity 문제를 연구하고 박사학위를 취득했다. 졸업 후에는 한국연구재단을 주기관으로 대전 충남대 소속으로 post-doc 연구원으로 연구하고 있다. 현재는 parabolic equations의 한 종류인 reaction diffusion equations를 모델로 하고 이 식에 의해 생성되는 infinite dimensional

dynamical system에서의 stability 문제를 활발하게 연구 중이다.

④ (2019년 8월 졸업, 공학박사) : 연세대 계산과학공학과

이정훈 박사는 이정훈 교수의 지도하에 박사과정에서 수치해석을 이용한 입자와 난류 사이의 상호작용에 대한 전산유체역학 관련 연구를 진행하였으며, 입자의 중력 침강이 벽 근처 난류에 미치는 효과 규명하고 채널 난류 유동의 직접 수치 모사와 라그랑지안 입자 추적 기법을 이용하여 크기가 작고, 무거운 입자와 벽 근처 난류 사이의 상호 작용을 규명하였다. 2019-1학기에 박사학위(Ph.D. in CSE - Mechanical/Electrical Engineering)를 취득하고, 현재 계산과학공학과에서 국방 무인 항공기 엔진 개발 및 성능 향상을 위해 전산유체역학 기법을 이용하여 가스 터빈 주요 부분에 대한 난류 및 열전달 시뮬레이션을 수행하고 있다. 또한 폴리머 고분자가 함유되어 있는 난류 유동의 수치 계산을 통해 난류 항력 감소 메커니즘에 대한 연구를 진행하고 있다.

▶ (외국인) 박사학위 취득 후 박사후연구원

① (2019년 8월 졸업, 이학박사) : 서강대 기계공학과

박사는 파키스탄 Quaid-I-Azam대학에서 추천한 유학생으로, 이창훈 교수의 지도하에 박사과정에서 폴리머 고분자와 난류 사이의 상호 작용 메커니즘 규명을 위해 등방성 난류의 Direct numerical simulation 및 폴리머 고분자의 Brownian dynamics simulation of the two-way coupling에 대한 연구로 2019-1학기에 박사학위(Ph.D. in CSE-Applied Mathematics)를 취득하였다. 현재, 서강대학교 기계공학과 박사후연구원으로 근무하고 있다. 후속 연구로 전단 난류에서 폴리머 고분자의 거동에 대한 연구를 진행 중이며, 파키스탄 대학의 응용수학 분야 교수 임용을 준비하고 있다.

② (2019년 8월 졸업, 이학박사) : 연세대 계산과학공학과

박사는 중국 Ocean 대학에서 추천한 유학생으로, 최정일 교수의 지도하에 박사과정에서 불확실성 정량화(Uncertainty Quantification)을 위해 Polynomial Chaos Expansion (PCE) - Proper Orthogonal Decomposition (POD) 기반 저차원 모델링(Reduced-order Modeling)에 대한 연구로 2019-1학기에 박사학위(Ph.D. CSE-Applied Mathematics)를 취득하였다. 학위 취득 후, 계산과학공학과 박사후연구원으로 Global Sensitivity Analysis를 위한 지표의 효율적인 계산 방법에 대한 연구를 하고 있으며, 현재 중국 대학의 수학관련 분야 교수임용을 준비하고 있다.

▶ 박사학위 취득 후 산업체 취업

① (2019년 2월 졸업, 공학박사(산학장학생)) : (주)볼트시뮬레이션 총괄이사

박사는 기업과 연계한 산학장학생의 대표적인 사례이다. (주)볼트시뮬레이션은 고도의 전문화된 기술에 기초한 컴퓨터 시뮬레이션 전문기업으로 이창훈교수(계산과학공학과)와 지속적으로 산학 공동연구를 진행하면서, 산학연계를 통한 기업의 인재 양성을 위해 문기영 연구원을 산학장학생으로 박사과정에 진학시켰다. 박사과정 동안 지도교수와 전산유체역학(CFD) 및 난류모델(Turbulence Model), 인공지능(Deep Learning)을 연구하였으며, 2018-2학기에 박사학위를 취득하고 볼트시뮬레이션 총괄이사로 재직 중이다. 현재 직장에서 전자기 문제의 FVM 해석에 대한 연구를 진행 중이다.

② (2019년 8월 졸업, 공학박사) (주)한국타이어엔테크놀로지 연구원

박사는 전산유체역학을 전공하였으며, 이창훈 교수 및 최정일 교수의 지도하에 박사과정에서 복잡한 물체 주위 유동해석을 위한 가상경계기법 개발 연구를 진행하여, 2019-1학기에 박사학위(Ph.D. in CSE - Mechanical/Electrical Engineering)를 취득하였다. 학위 취득 후 (주)한국타이어엔테크놀로지서 전

산유체역학 기반의 타이어의 복잡한 형상에 따른 중요 성능 변화를 높은 정확도로 예측하는 연구, 타이어의 성능 해석을 위한 CUDA Fortran 기반의 수치해석 in-house 프로그램 개발, GPU를 이용한 고효율의 병렬화 프로그램 연구 등을 수행하고 있다.

▶ 석사학위 취득 후 해외대학 박사과정 진학

① (2019년 2월 졸업, 이학석사) : University of Maryland
김병한 교수 지도하에 석사 논문에서 Lascar Group을 위상수학적인 대상으로 연구하여 대수적 성질뿐만 아니라 위상수학적인 성질을 규명하였다. 졸업 후에는 미국의 University of Maryland 수학과에 박사과정에 입학하여 유학 중이다.

② (2019년 2월 졸업, 이학석사) : University of British Columbia
강경근 교수 지도하에 석사 학위를 취득한 후 캐나다 밴쿠버에 소재한 University of British Columbia 대학 박사과정으로 입학하였다. 지도교수는 Tai-Peng Tsai 교수로써 나비에-스톡스 방정식 및 슈레딩거 방정식 분야에 중요한 결과를 다수 증명한 매우 우수한 수학자 지도하에서 연구하고 있으면 석사학위 위 논문에서는 유체방정식에 대한 self-similar solution 에 대한 기존의 연구를 정리하였다.

③ (2019년 8월 졸업, 이학석사) : University of Rochester
김준일 교수의 지도하에 Heisenberg group의 Spherical maximal operator를 연구하여 석사학위를 취득하였다. 졸업 후 미국 University of Rochester 수학과 박사과정에 진학하여 연구를 이어나가고 있다.

④ (2019년 8월 졸업, 이학석사) : Purdue University
김준일 교수의 지도하에 석사 과정에서 Newton polyhedron을 이용한 Lp sobolev estimations에 대해서 연구하였다. 현재 미국의 Purdue University 수학과 박사과정에 입학하여 유학 중이다.

▶ 석사학위 취득 후 국내대학 진학

① (2019년 8월 졸업, 이학석사) : 연세대 계산과학공학과
김세익 교수의 지도하에 elliptic equation with partial Dini mean oscillation coefficients에 대한 Gradient estimates를 연구하여 석사학위를 취득하였다. 졸업 후에는 계산과학공학과 대학원에 진학하여 연구를 이어나가고 있다.

▶ 석사학위 취득 후 산업체 취업

① (2019년 2월 졸업, 이학석사) : ㈜이씨마이너
허영미 교수의 지도하에 노이즈 훼손 이미지에 대한 라플라시안 피라미드 기반 및 기존 CNN 알고리즘에 대한 연구를 하여 석사학위를 취득하였다. 현재 (주)이씨마이너 회사에 근무 중이다. 자사 소프트웨어는 인공지능을 활용한 빅데이터 분석 툴과 실시간 모니터링 툴이 있고, 그 중에서 빅데이터 분석 툴의 GUI 관련 기능 및 모델 알고리즘 개발 업무를 맡고 있다.

② (2019년 2월 졸업, 이학석사) : ㈜볼트시뮬레이션 연구원
이은정 교수의 지도하에 유한요소법(FEM) 전공으로 석사학위 취득 후, 국방과학/비상대응/환경생태/풍공학/토목 등 분야의 시뮬레이션 및 솔루션 등을 개발하는 ㈜ 볼트시뮬레이션에 취직하였다. 소프트웨어개발부의 연구원으로 근무하면서, 석사 학위과정에서 연구한 유한요소해석을 비롯한 수치해석 기법들을

활용하는 표적 취약성 해석 및 무기 위력 해석 소프트웨어 개발에 관련한 업무를 수행하고 있다.

③ (2019년 2월 졸업, 공학석사(산업수학)) : ㈜경원테크 선임연구원
석사는 산업수학 석사과정 학위 프로그램에 의해 경원테크에서 의뢰한 산업석사 인제이다. 경원테크는 지도교수인 최정일교수(계산과학공학과)와 효율적인 전자기장 해석자 개발의 공동연구를 진행하였으며, 김한울 학생은 석사과정 동안 이 공동연구에 대한 Finite Difference Time Domain (FDTD) 기반 수치해석 기법 및 영역분할방법을 활용한 병렬계산의 연구결과로 2018-2학기에 산업수학 석사학위를 취득하고 경원테크에서 선임연구원으로서 전자기장 해석자 개발 및 관련 업무를 담당하고 있다. 경원테크는 소프트웨어 국내 컨설팅 및 국산 소프트웨어를 자체개발하는 회사로 열유동, 공조, 연소, 플라즈마 등에 관련된 전산 해석을 수행하며 이에 관련된 소프트웨어를 개발하는 회사이다.
※ 산업석사 학위과정 : 입학에서부터 학위과정의 연구 및 교육, 졸업 후 취업까지 연계하는 기업연계형 학위 프로그램으로 연계 기업이 요구하는 인재양성을 목표로하는 계산과학공학과 석사학위 과정임 (학위명: M.S. in CSE - Industrial Mathematics)

▶ 석사학위 취득 후 취업 준비

① (2019년 2월 졸업, 이학석사)
허영미 교수의 지도하에 Haar 스캐터링을 이용한 그래프 위에서의 비지도학습에 대한 연구를 하여 석사학위를 취득하였다. 졸업 후에는 “청년TLO 육성사업”을 통해 고려대 인공지능 및 뇌인지공학과와 Wallraven 교수 연구실에서 연구하였다.

② (2019년 8월 졸업, 이학석사)
양민석 교수의 지도하에 Keller-Segel system에 대한 해의 존재성을 연구하여 석사학위를 취득하였다. 졸업 후 현재 취업 준비 중이다.

③ (2019년 8월 졸업, 이학석사)
김세익 교수의 지도하에 second-order elliptic equations에서 성립하는 Green's function 에 대해서 연구하고 석사학위를 취득하였다. 졸업 후 현재 취업 준비 중이다.

② 졸업자의 대표적 취(창)업 사례 (최근 10년)

<표 2-3> 최근 10년간 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생(졸업생) 대표적 취(창)업 사례

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
1		2013.8	박사	수학과	Y	동일	연세대 수학과 / 조교수
	연세대 학부, 대학원 졸업생이며 Regularity and singularity of weak solutions to nonlinear PDEs를 주제연구로 박사학위를 취득하였다. 졸업 후에는 고등과학원 수학부에 Post-doc으로 4년간 재직하였다. 연세대 연구원으로 1년간 재직 시 연구,강의를 했으며 2018년 3월에 연세대 수학과에 조교수로 부임하였다. 해외 연구자들과 활발한 연구를 진행하고 있으며 후학 양성에도 힘쓰고 있다.						
2		2013.8	박사	수학과	Y	동일	부산대 수학과 / 조교수
	연구분야는 금융 수학이며 김정훈 교수의 지도를 받았다. 졸업 후에는 서울대학교 수리과학부에서 2년간 post-doc으로서 연구생활을 하였으며 2015년 3월 부산대학교 수학과의 조교수로 부임하였다. Stochastic volatility model을 주로 연구하고 있으며 국내외의 연구진들과 활발한 공동 연구를 수행하고 있다.						
3		2014.2	박사	수학과	Y	동일	부산대 수학교육과 / 조교수
	김세익 교수의 지도하에 편미분방정식을 전공하였으며 졸업하기 전까지 두 편의 우수한 논문을 집필하였다. 졸업 후에는 서울대학교, Kyushu University, 고려대학교, 미국의 Brown University에서 박사후 연구원 생활을 하였다. 2019년 9월에 부산대학교 수학교육과의 조교수로 부임하여 활발한 연구 활동을 이어가고 있다.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
4		2016.2	박사	수학과	Y	동일	동국대 수학과 / 조교수
	강경근 교수의 지도하에 편미분 방정식을 연구하였다. 졸업 후에는 일본 Kyushu University, 중앙대학교, 연세대학교에서 연구원 생활을 하며 연구를 지속하였으며, 2020년 3월에 동국대학교 수학과에 조교수로 부임하였다. 국제 공동 연구를 활발히 수행 중이다.						
5		2017.8	박사	수학과	Y	동일	전남대 통계학과 / 조교수
	연세대학교 물리학과 학부를 졸업하였으며 수학과 대학원에 진학하여 2017년 8월에 박사학위를 취득하였다. 김정훈 교수의 지도하에 금융 수학을 전공하였다. 졸업 후에는 고등과학원에서 딥러닝, 인공지능의 연구도 활발히 수행하였다. 고등과학원에서 연구원 생활을 하고 2020년 3월에 전남대학교 딥러닝기반 금융통계학과 조교수로 부임하여 연구를 이어나가고 있다.						
6		2014.2	박사	수학과	Y	동일	한양대(ERICA) 응용수학과 / 조교수
	본교 대학원에서 김정훈 교수의 지도하에 시계열분석을 전공으로 석사 학위를 취득하고, 모수적 추론을 전공하여 박사 학위를 취득하였다. 졸업 후에는 서울대학교에서 강사 생활을 하며 교육 및 연구를 하였으며 2020년 3월에 한양대학교 ERICA캠퍼스 응용수학과 조교수로 부임하였다.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
7		2010.2	박사	수학과	Y	동일	인천대 수학과 / 부교수
	2010년 2월에 연세대학교 수학과에서 기하서 교수의 지도하에 박사학위를 취득하였다. 연구분야는 해석적 수론 중에서도 제타함수의 이론이다. 졸업 후에는 POSTECH, KIAS 그리고 미국의 University of Rochester에서 post-doc으로 연구생활을 했으며 2014년부터 인천대학교 수학과에 부임하여 활동하고 있다.						
8		2013.2	박사	수학과	Y	동일	군산대 수학교육과 / 부교수
	김정훈 교수의 지도하에 금융수학을 전공하고 박사학위를 취득하였다. 졸업 후에는 대만의 National Center for Theoretical Sciences, 연세대학교, 성균관 대학교에서 post-doc 연구원 생활을 하였으며, 2013년 군산대학교 수학교육과 조교수로 부임하였다.						
9		2011.8	박사	수학과	Y	동일	공주대 응용수학과 / 교수
	김정훈 교수의 지도하에 금융수학을 전공하였다. 국민대 수학과, 연세대 수학과에서 강사생활을 하며 연구를 지속하였으며 서울대학교에서 박사후연구원 생활을 1년간 하였다. 2012년 공주대학교 응용수학과 교수로 부임하여 교육 및 연구에 힘쓰고 있다.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
10		2013.2	박사	수학과	Y	동일	우석대 수학교육과 / 조교수
	손재범 교수의 지도하에 해석적 수론을 전공하였으며 졸업 후에는 고등과학원에서 연구원 생활을 3년간 하였다. 2016년 9월에 우석대학교 수학과 조교수로 부임을 하였다. 강의를 통해 후학 양성에 힘쓰고 있으며 연구도 활발히 진행하고 있다.						
11		2011.2	박사	수학과	Y	동일	연세대 학부대학 / 조교수
	이준복 교수의 지도하에 2003년에 전산수학(부호이론)을 전공하여 석사학위를 취득하였으며, 같은 전공으로 박사학위를 취득하였다. 졸업 후에는 이화여자대학교 수학과에서 post-doc으로 근무하며 연구를 진행하였다. 2016년 3월에 연세대학교 교양학부 수학과 조교수로 부임하여 교육 및 연구에 매진하고 있다.						
12		2014.2	박사	수학과	Y	동일	서울과학기술대학교 기초 교양학부 / 조교수
	김해경 교수의 지도하에 보험/금융통계를 전공하여 석사를 취득하였고, 이승철 교수의 지도하에 금융수학 전공으로 박사학위를 취득하였다. 졸업 후에는 서울대학교에서 post-doc 생활(2015-2017)을 하며 연구 생활을 이어오다가 2017년에 서울과학기술대학교에 조교수로 부임하였다.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
13		2016.8	박사	수학과	Y	동일	한국투자증권 / 투자공학 1부 퀀트팀장
	2013년에 금융수학을 전공하여 석사를 취득하고 2013년 7월에 나이스피앤아이 금융공학연구소 그리고 2015년 9월부터 한국투자증권 투자공학부에서 근무를 하였다. 실무 경력을 쌓아오면서 김정훈 교수의 연구지도하에 금융수학을 전공하여 박사학위를 취득하였다. 현재는 한국투자증권 투자금융본부 투자공학1부 퀀트팀 팀장으로서 활약을 하고 있다.						
14		2014.2	박사	수학과	Y	동일	가천대 금융수학과 / 조교수
	김정훈 교수의 지도하에 금융수학을 전공하고 박사학위를 취득하였다. 졸업 후에는 POSTECH 수학과에서 BK21 박사후 연구원생활을 2년간 하였다. 연구원생활을 마친 뒤에는 NICE Pricing & Information, 그리고 Samsung Securities에서 근무를 하다가 2018년 3월에 가천대 금융수학과 조교수로 부임하였다.						
15		2014.2	박사	수학과	Y	동일	국민연금연구원 / 부연구위원
	이승철 교수의 지도하에 공적연금제도에 대한 확률론적 접근을 연구하여 박사학위를 취득하였다. 졸업 후에는 연세대, 홍익대에서 강사 생활을 하였으며 제일화재해상보험(現 한화손해보험)을 거쳐서 국민연금연구원에서 현재 부연구위원으로 재직 중이다.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
	대표 취(창)업 사례의 우수성						
16		2011.8	박사	수학과	Y	동일	국가수리과학연구소 / 의료수학연구부 부장
	서진근 교수의 지도하에 초음파 영상처리와 관련된 편미분방정식을 연구하여 박사학위를 취득하였다. 졸업 후에는 연세대학교 계산과학공학과, 국가수리과학 연구소에서 박사후연구원으로서 활동하였다. 2019년 1월부터는 국가수리과학연구소의 의료수학연구부에서 팀장, 부장으로서 근무 중이다.						
17		2019.2	박사	수학과	Y	동일	한국산업기술대학교 나노반도체공학과 / 조교수
	이승철 교수의 지도하에 평균 절대 편차 리스크로 사용하여 1차 프로그래밍을 이용해 금융 포트폴리오를 최적화 연구로 박사학위를 취득하였다. 졸업 후 2019년 9월부터 한국산업기술대학교 나노반도체공학과 조교수로 근무 중이며 현재는 딥러닝의 한 알고리즘인 인공합성곱 신경망과 강화학습을 활용하여 금융 포트폴리오의 최적화에 대해 연구하고 있다.						
18		2019.2	석사	수학과	N	동일	(주)이씨마이너 / 주임연구원
	허영미 교수의 지도하에 노이즈 웨폰 이미지에 대한 라플라시안 피라미드 기반 및 기존 CNN 알고리즘에 대한 연구를 하여 석사학위를 취득하였다. 대학원 시절의 연구 경험을 살려 빅데이터 관련 업체인 현재 (주)이씨마이너 회사에 근무 중이다. 자사 소프트웨어는 인공지능을 활용한 빅데이터 분석 톨과 실시간 모니터링 톨이 있고, 그 중에서 빅데이터 분석 톨의 GUI 관련 기능 및 모델 알고리즘 개발 업무를 맡고 있다.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
19		2015.2	박사	계산과학공학과	Y	동일	Tongji Univ. 수학과 / 조교수
	서진근 교수 지도하에 의료영상처리로 박사학위 취득 후, 본 학과 및 중국 Shanghai Jiao Tong University의 박사후연구원으로 근무하면서 MRI 기반의 QSM 영상의 metal artifact 제거 및 wavelet frame 기반 영상복원 기법을 연구하였으며, 2018년 11월에 중국 Tongji University의 수학과 조교수로 임용되어 활발한 연구를 진행하고 있다.						
20		2015.2	박사	계산과학공학과	Y	동일	국가수리과학연구소 / 의료 영상연구팀장
	서진근 교수 지도하에 박사학위 취득 후 연세대 박사후연구원으로 근무하면서 다수의 논문을 게재하였으며, 2016년부터 국가수리과학연구소에 근무하고 있다. 효과적으로 금속 인공물을 보정할 수 있는 알고리즘을 개발하여 산업용 CT 회사인 (주)덕인에 기술실시권(5천만원)을 허용하였으며, 이는 국가수리과학연구소 최초 기술이전 성과이다. 현재 CT 영상 분야에서 전문가로 발전하고 있다.						
21		2017.2	박사	계산과학공학과	Y	동일	(주)지멘스헬시니어스 / 연구원
	서진근 교수 지도하에 박사학위 취득 후 국가수리과학연구소 박사후연구원을 거쳐 2018년 9월에 (주)지멘스헬시니어스의 Ultrasound Engineer로 취직하였다. 박사학위 연구주제인 ultrasound 영상 이미징관련 연구를 진행하고 있으며, 현재 초음파 진단기기의 음향 신호/영상 분석 및 개선, acoustic signal image processing 등의 업무를 수행하고 있다.						

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	현 직장 및 직위
22		2016.2	박사	계산과학공학과	Y	동일	명지대학교 수학과 / 조교수
	본 학과 및 국가수리과학연구소의 박사후연구원으로 근무하였으며, 지도교수인 박은재교수와 공동연구를 통해 수치해석 기법인 Galerkin method를 다양한 응용분야에 적용한 연구 결과를 유수의 저널 논문에 다수 게재하였다. 2020년 3월에 명지대학교 수학과 조교수로 임용되어 수치해석 관련 연구 및 기계학습 관련 연구, 뇌파 분석 연구와 Induction heating 관련 연구를 진행하고 있다.						
23		2017.8	박사	계산과학공학과	Y	동일	Shanghai Univ. 수학과 / 조교수
	박사는 최정일 교수와 이창훈 교수 지도하에 자연대류현상을 효율적으로 계산할 수 있는 수치기법 개발로 박사학위를 취득하였다. Yonsei Frontier Lab 박사후연구원으로 근무하면서 Nonlinear PDE에 대한 효율적인 수치기법을 개발하였다. 2019년 12월에 중국 상하이대 (Shanghai University)의 수학과에 조교수로 임용되어, 수치해석 관련 분야 연구를 하고 있다.						
24		2015.2	박사	계산과학공학과	Y	동일	연세대학교(미래캠퍼스) / 조교수
	서진근 교수 지도하에 박사학위 취득 후 본 학과 박사후연구원을 거쳐 2016년 미국 하버드 의과대학에서 연구원으로 근무하였다. 전기 임피던스 단층 촬영에 관한 연구가 2017년에 SIAM Journal on Imaging Sciences에서 highlighted 되었으며, 2019년 3월에 연세대학교 미래 캠퍼스 수학과 조교수로 임용되었다. 2019년 11월에 한국산업응용수학회에서 젊은 연구자상을 수상하는 등 활발한 연구를 진행하고 있다.						
최근 10년간 졸업생 수			석사	157			24
			박사	78			

3. 대학원생 연구역량

3.1 대학원생 연구 실적의 우수성

① 대학원생(졸업생) 대표연구업적물의 우수성

<표 2-4> 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생 대표연구업적물

연번	최종 학위 (박사 / 석사)	졸업생 성명	세부 전공 분야	졸업 연월	실적구분	대표연구업적물 상세내용
1	박사		편미분방정식	2017.8	저널논문	Explicit formula for the valuation of catastrophe put option with exponential jump and default risk
						Chaos, Solitons & Fractals
						101, 1-7
						2017
						10.1016/j.chaos.2017.05.012
2	박사		금융수학	2019.2	저널논문	A scaled version of the double-mean-reverting model for VIX derivatives
						Mathematics and Financial Economics
						12(4), 495-515
						2018
						10.1007/s11579-018-0213-8

연번	최종 학위 (박사 / 석사)	졸업생 성명	세부 전공 분야	졸업 연월	실적구분	대표연구업적물 상세내용
3	박사		편미분방정식	2019.2	저널논문	Boundary blow-up solutions to a class of degenerate elliptic equations
						Analysis and Mathematical Physics
						9(3), 1347-1361
						2019
						10.1007/s13324-018-0241-9
4	박사		금융수학	2017.8	저널논문	A reduced PDE method for European option pricing under multi-scale, multi-factor stochastic volatility
						Quantitative finance
						19(1), 155-175
						2019
						10.1080/14697688.2018.1468081

연번	최종 학위 (박사 / 석사)	졸업생 성명	세부 전공 분야	졸업 연월	실적구분	대표연구업적물 상세내용
5	박사		수치해석	2018.8	저널논문	A Staggered Discontinuous Galerkin Method of Minimal Dimension on Quadrilateral and Polygonal Meshes
						SIAM Journal on Scientific Computing
						40(4), A2543-A2567
						2018
						10.1137/17M1159385
6	박사		연속체역학	2017.2	저널논문	A Fidelity-Embedded Regularization Method for Robust Electrical Impedance Tomography
						IEEE Transaction on Medical Imaging
						37(9), 1970-1977
						2018
						10.1109/TMI.2017.2762741

연번	최종 학위 (박사 / 석사)	졸업생 성명	세부 전공 분야	졸업 연월	실적구분	대표연구업적물 상세내용
7	박사		유체역학	2017.8	저널논문	Fully decoupled monolithic projection method for natural convection problems
						Journal of Computational Physics
						334, 582-606
						2017
						10.1016/j.jcp.2017.01.022
최근 3년간 졸업생 수			석사	45	7	
			박사	23		

3. 대학원생 연구역량

3.1 대학원생 연구 실적의 우수성

① 대학원생(졸업생) 대표연구업적물의 우수성

3. 대학원생 연구역량

3.1 대학원생 연구 실적의 우수성

① 대학원생(졸업생) 대표연구업적물의 우수성

① 졸업생 : [] (이학박사, 2017년 8월 졸업)

[논문제목] Explicit formula for the valuation of catastrophe put option with exponential jump and default risk

[우수성] 2008년 금융 위기에서 알 수 있듯이, 주가의 폭락을 확률적으로 예측하는 것은 매우 힘들며, 주가 폭락 예측을 위해 기존의 블랙숄즈 모델 (Black-Scholes model)을 적용하는 것은 한계가 있으며, 점프 모델과의 결합이 필수적이다. Levy 확률과정은 기존의 직선 항 (Drift term)과 정규분포 항 (Gaussian term)에 점프 항을 추가한 것으로, 주가 폭등 및 폭락을 설명하는데 있어서 유용하게 사용될 수 있다. 본 논문은 채무 불이행 위험이 있는 catastrophe 풋 옵션에 관한 연구로 다차원 걸사노프 정리 (Girsanov Theorem)를 반복적으로 사용함으로써 채무 불이행 위험이 있는 catastrophe 옵션의 explicit 가격결정 공식을 도출하였다. 본 연구결과는 분야의 권위 있는 학술지인 Chaos, Solitons & Fractals(IF=3.064, "PHYSICS, MATHEMATICAL" 분야 상위 10% 이내 Rank=3/55)에 게재되었다.

② 졸업생 : [] (이학박사, 2019년 2월 졸업)

[논문제목] A scaled version of the double-mean-reverting model for VIX derivatives

[우수성] 시카고 증권거래소의 변동성지수인 VIX는 S&P500 지수(SPX) 옵션의 내재적 변동성, 즉 주가시장에 대한 내재적 변동성을 측정하는 핵심적인 척도이다. Heston 모델(1993)은 VIX 파생상품에 대한 closed form solution을 제공하지만 VIX 데이터를 표현하기에는 유연성이 부족하고, Gatheral의 이중평균회귀 모델(2008)은 Heston 모델의 문제점을 극복할 수 있지만 VIX 파생상품과 SPX 옵션을 위한 closed form solution을 제공하지 못하므로 calibration이 매우 느리다. 본 논문에서 빠른 평균 회귀 형식의 이중평균회귀 모델을 제안하고 VIX 파생상품의 닫힌 근사해를 제시하였다. 제시된 근사해는 Heston 모델에 두 개의 변수만 추가함으로써 이중평균회귀 모델과 거의 동일한 수준의 유연함을 가지게 되었고, 이중평균회귀 모델에 비해 압도적인 calibration 속도를 보여주었다. 본 연구결과는 금융수학 분야의 학술지인 Mathematics and Financial Economics(IF=1.455, 다학제간 수학 분야 Rank=56/105)에 게재되었다.

③ 졸업생 : [] (이학박사, 2019년 2월 졸업)

[논문제목] Boundary blow-up solutions to a class of degenerate elliptic equations

[우수성] 본 논문에서는 1970년 러시아 수학자 Grushin에 의해 소개된 hypoelliptic operator의 일종인 Grushin operator에 대해 이 operator가 포함된 형태의 semilinear degenerate elliptic equation의 bounded인 domain의 boundary에서 blow-up 하는 solution의 존재성과 유일성을 증명하였다. 이 결과를 통해 Bandle, Marcus, Safanov 교수 그리고 지도교수인 김세희 교수의 연구주제이기도 한 Grushin operator의 특수한 경우에 해당하는 laplace operator가 포함된 semilinear elliptic equation의 boundary blow up solution의 존재성과 유일성에 대한 결과 일부를 확장할 수 있었다. 본 연구결과는 Analysis and Mathematical Physics(IF=1.792, 수학 분야 상위 10%이내 Rank=22/314)에 게재되었다.

④ 졸업생 : [redacted] (이학박사, 2017년 8월 졸업)

[논문제목] A reduced PDE method for European option pricing under multi-scale, multi-factor stochastic volatility

[우수성] ELS 같은 구조화상품 가치 평가와 헤지를 위해서는 유한차분법이 빠르고 안정적이기 때문에 이상적이다. 하지만 현실적인 모델링을 위해 확률변동성 모형을 사용할 경우, 풀어야 하는 미분방정식의 차원이 지나치게 높아져 유한차분법을 적용하기가 힘들다. 이 논문은 asymptotic method를 사용하여 미분방정식의 차원을 1/2 혹은 1/3로 낮추어, 확률변동성 모형 하에서 구조화상품을 다룰 때에도 유한차분법이 사용 가능함을 보였으며, 더 나아가 주가 데이터(25,200개)와 파생상품 빅데이터(1,764,000개)를 이용해서 모형의 모수를 추정하는 방법을 제시하였다. 기존에 구조화상품 분석에 많이 사용되던 몬테카를로 시뮬레이션과 비교 분석 결과, 본 방법은 정확성과 계산속도 측면에서 시뮬레이션 기반 방법을 모두 앞섰다. 본 연구는 신사업 분야 (빅데이터)에 적용한 논문이며, 산업 (금융 통계) 융복합에 적용 가능 연구 결과로 계량 경제 분야 (SSCI급 IF: 1.357, Economics 163/363 CiteScore 기준 상위 13%, SJR 기준 상위 13.6%)에 게재되었다.

⑤ 졸업생 : [redacted] (이학박사, 2018년 8월 졸업)

[논문제목] A Staggered Discontinuous Galerkin Method of Minimal Dimension on Quadrilateral and Polygonal Meshes

[우수성] 유한요소법은 유체역학, 탄성역학, 전자기학 등을 지배하는 편미분 방정식 문제를 수치적으로 해결하는 대표적인 방법이며 엄밀한 수학적론과 함께 비약적으로 발전하였다. 그러나 지난 반세기 동안의 연구는 삼각형 또는 사각형 메쉬에 제한되어 있었다. 이 분야의 오랜 숙원은 일반 폴리곤 메쉬에서 작동 가능한 유한요소법을 개발하고 이에 기반한 효율적인 수치 알고리즘을 고안하는 것이다. 이는 행잉노드, 불규칙한 메쉬 모양, 프랙처, 크랙 등 기존의 많은 난제들을 비교적 쉽게 다룰 수 있는 프레임 워크를 제공하기 때문이다. 본 연구에서는 스테저드 기법에 기반한 새로운 형태의 불연속 갤러킨 페러다임을 제안 하였다. 포아송 모델방정식에 대하여 일반적인 폴리곤 메쉬에서 작동하는 새로운 유한요소 프레임워크를 제시하였다. 요소망 왜곡과 행잉노드에 영향을 받지 않는 효율적이고 신뢰도 높은 새로운 방법임을 증명하였다. 또한 본 연구에서 제공하는 페러다임을 활용하여 기존의 유한체적법의 문제를 체계적으로 연구할 수 있게 되었고, 엄밀한 수학적론의 정립 및 새로운 adaptive algorithm의 고안이 가능하게 되었다. 본 연구 결과는 과학계산 분야의 최고 권위 학회지인 SIAM J. Scientific Computing(응용수학, 상위 12.2%, IF=2.310)에 발표되었다.

⑥ 졸업생 : [redacted] (이학박사, 2017년 2월 졸업)

[논문제목] A Fidelity-Embedded Regularization Method for Robust Electrical Impedance Tomography

[우수성] 지난 40 년간 EIT는 수많은 수학적 거장에 의해 연구되었고, Annals of Math. CPAM 등의 수학적 Top 저널에 결과가 게재 되었으나, 대부분의 이론이 실제 임상 상황에 적용되지 않았다. 이는 기존의 결과가 boundary geometry error를 포함하는 전체적인 수학적 구조에 대한 정확한 형세 판단 없이 이론을 전개했기 때문이다. 본 연구는 Fidelity-embedded Regularization Method라는 새로운 페러다임의 EIT 복원기술을 개발하여 인체의 기능과 대사를 비침습적으로 실시간 영상 모니터링을 하기 위한 원천기술의 확보하였다. 본 연구를 통해 정밀하고 폭넓은 스펙트럼의 수학적분석을 통해 임상에 적용 가능한 수학적알고리즘을 개발하였으며, 현존하는 EIT 방식중 가장 robust 하다고 판단된다. 본 연구 결과는 의공학 및 다학제간 CS 분야의 권위 있는 학술지인 IEEE trans. Medical Imaging (IF=7.816, "ENGINEERING, BIOMEDICAL" 분야 상위 10%이내 Rank=5/80)에 게재되었다.

⑦ 졸업생 : [redacted] (이학박사, 2017년 8월 졸업)

[논문제목] Fully decoupled monolithic projection method for natural convection problems

[우수성] 자연대류 혹은 혼합대류 현상을 수반하는 열유동을 정확하고, 수치적으로 안정하게 계산하기 위해서는 Navier-Stokes 방정식과 에너지 방정식에 대해 한꺼번에 수치를 풀어야 한다. 본 연구에서는 계산자원의 제한성을 극복하고 계산효율을 증대시키고, 한편 수치적 오차를 최소화하는 범위 내에서 각 방정식들을 분리시켜서 해석하는 Monolithic Projection 기법을 제시하였다. 근사 LU 분해 기법을 적용하여, 유속, 압력, 온도에 대해 분리된 수치해석 과정을 통해, 기존 semi-implicit 기법 대비 5-20배 정도 향상된 계산성능 결과를 얻었다. 이에, 본 연구결과는 계산수학 분야의 권위 있는 학술지인 Journal of Computational Physics (IF=2.845, "PHYSICS, MATHEMATICAL" 분야 상위 10% 이내 Rank=4/55)에 게재되었으며, 열유체 해석기술의 계산 효율성을 극대화한 기법으로 평가되기에 관련 분야인 전산유체역학 분야의 파급효과가 매우 크다고 사료된다. Xiaomin Pan 박사는 본 대표논문과 더불어 후속 논문들을 근거하여 KSIAM 신진연구자상 (2016년), 연세대학교 우수 박사학위 논문상 (2017년)을 수상하였다.

② 대학원생(졸업생) 저명학술지 대표논문의 우수성 (별도 제출/평가)

<표 2-5> 최근 3년간 졸업생의 대표논문 환산 편수, 환산보정 피인용수(FWCI), 환산 보정 IF, 환산보정 ES

구분	최근 3년간 실적			전체기간 실적	
	2017년 졸업생	2018년 졸업생	2019년 졸업생		
논문 편수	대표논문 총 편수	11	6	10	27
	대표논문 환산 편수의 합	3.7899	1.9332	3.5166	9.2397
	평가 대상 1인당 대표논문 환산 편수	X			0.2008
피인용수	보정 피인용수(FWCI) 값이 있는 논문의 총 편수	11	6	10	27
	보정 피인용수(FWCI) 의 합	7.2928	3.4390	9.1574	19.8892
	환산 보정 피인용수(FWCI) 합	2.8056	0.8511	3.4762	7.1329
	대표논문 1편당 환산보정 피인용수(FWCI)	X			0.2641
	평가 대상 1인당 환산보정 피인용수(FWCI) 합	X			0.155
Impact Factor	IF=0이 아닌 논문 총 편수	11	6	10	27
	IF의 합	27.8180	13.7000	21.7910	63.3090
	환산보정 IF의 합	2.9058	1.4198	2.1057	6.4313
	대표논문 1편당 환산보정 IF	X			0.2381
	평가 대상 1인당 환산보정 IF 합	X			0.1398
Eigenfactor Score	ES=0이 아닌 논문 총 편수	11	6	10	27
	ES의 합	0.1649	0.1181	0.1736	0.4565
	환산보정 ES의 합	3.2178	1.9682	3.2551	8.4412
	대표논문 1편당 환산보정 ES	X			0.3126
	평가 대상 1인당 환산보정 ES 합	X			0.1835
소속 학과 최근 3년간 환산졸업생 수					46

<표 2-5-1> 최근 3년간 대학원생(졸업생) 연구업적을 환산 편수 (건축 분야의 건축학만 해당)

구분	최근 3년간 실적			전체기간 실적
	2017년 2월8일 졸업생	2018년 2월8일 졸업생	2019년 2월8일 졸업생	
연구재단 등재(후보)지 논문 환산편수	0	0	0	0
국제저명 학술지 논문 환산편수	0	0	0	0
기타국제 학술지 논문 환산편수	0	0	0	0
국어 학술저서 환산편수	0	0	0	0
외국어 학술저서 환산편수	0	0	0	0
저서 또는 논문 총 환산편수	0	0	0	0
평가대상 1인당 연구업적을 환산편수	X			0.00
소속 학과(부) 최근 3년간 환산졸업생 수				0.00

③ 대학원생(졸업생) 학술대회 대표실적의 우수성

<표 2-6> 교육연구단 소속 학과(부) 졸업생 학술대회 발표실적

연번	최종학위 (박사/석사)	졸업생 성명	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
1	박사		2017.8	구두	Machine learning on sequential data
					2017 KMS Spring Meeting
					2017, 광주, 한국
2	박사		2018.2	구두	Cell Perturbation Method to Generate Inflow Turbulence in Large-Eddy Simulation Model: Application to a Densely Built-up Area
					10th International Conference on Urban Climate
					2018, 뉴욕, 미국
3	박사		2019.2	구두	Static Hedges of Barrier Options under Fast Mean Reverting Stochastic Volatility with Transaction Costs
					The Quantitative Methods in Finance 2017 Conference
					2017, Sydney, Australia
4	박사		2018.8	구두	SDG Methods of Minimal Dimension on General Meshes
					ICCM2018(International Conference on Computational Mathematics - Advances in Computational PDEs)
					2018, 서울, 한국
5	박사		2017.8	구두	A fully decoupled monolithic projection method for solving natural convection problems
					12th SIAM: East Asian Section Conference 2017
					2017, 서울, 한국

연번	최종학위 (박사/석사)	졸업생 성명	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
6	박사		2017.8	구두	An Immersed boundary formulation with two layer based turbulent wall model for rans simulation
					The 4th International Conference on Computational Design in Engineering(CODE2018)
					2018, 창원, 한국
7	박사		2017.2	구두	Non-difference static EIT imaging using linear method
					20th International Conference on Biomedical Applications of Electrical Impedance Tomography (EIT2019)
					2019, London, UK
최근 3년간 졸업생 수		석사	45		7
		박사	23		

3.1 대학원생 연구 실적의 우수성

③ 대학원생(졸업생) 학술대회 대표실적의 우수성

① 졸업생 :	(이학박사, 2017년 8월 졸업)
발표제목	Machine learning on sequential data
학회명	2017 KMS Spring Meeting, 2017, 광주, 한국
우수성	주어진 시계열 데이터의 주기성과 특정 경향을 추출해 내는 것은 정확한 시계열 예측의 핵심 업무이다. 강의 순위, 온도 등 (계절의) 주기성을 가지는 시계열 데이터는 일반적으로 SSA (Singular Spectral Analysis) 방법론을 이용하여, 데이터로 만들어지는 궤적행렬 (Trajectory matrix)의 고유값 (Eigenvalue), 고유벡터 (Eigenvector)를 이용하여 주기성 정보의 추출한다. 그러나 가뭄, 홍수, 폭염등과 같은 현상은 시계열 데이터의 주기적 경향만으로 설명하기 어려움이 있어 이에 대한 SSA의 한계성이 나타난다. 본 발표는 기존의 방법론을 이용한 시계열 데이터의 전처리 작업과 기계학습의 결합으로부터 시계열 데이터의 정보추출을 더욱 정확하고 용이하게 해 줄 수 있는 알고리즘을 선보인다.
URL	http://www.kms.or.kr/kms/meetings/2017spring/Program.pdf

② 졸업생 :	(이학박사, 2018년 2월 졸업)
발표제목	Cell Perturbation Method to Generate Inflow Turbulence in Large-Eddy Simulation Model: Application to a Densely Built-up Area
학회명	10th International Conference on Urban Climate, 2018, New York, USA
우수성	대기 오염물질의 수송을 모의할 때 난류의 효과를 필수적으로 고려해야 한다. 본 연구에서는 건물규모 대외류 모사 모델(large-eddy simulation)의 유입 난류 생성을 위해 셀 섭동법을 모의에 적용하였고, 그 결과 실제적인 난류가 대기 경계층 내에서 모의됨을 보였다. 셀 섭동법은 온도 변수에 셀 단위로 섭동을 주어 부력항에 의해 난류를 발생시킨다는 창의적인 아이디어에 기반한다. 기존의 제안된 난류 발생방안들은 복잡하고 급변하는 도시대기에 적용하기 힘들었지만, 셀 섭동방법은 도시대기에 적용 가능함을 보였다.
URL	https://ams.confex.com/ams/ICUC10/meetingapp.cgi/Paper/344186

③ 졸업생 :	(이학박사, 2019년 2월 졸업)
발표제목	Static Hedges of Barrier Options under Fast Mean-Reverting Stochastic Volatility with Transaction Costs
학회명	The Quantitative Methods in Finance 2017 Conference, 2017, Sydney Australia
우수성	헤지는 금융 상품의 위험을 관리하기 위한 필수적 작업이다. 본 발표에서는 확률변동성 모델에서 대표적 이색 옵션인 배리어 옵션(한국에서 거래되는 장외파생상품의 일종)의 정적 헤지에 대한 수치적으로 안정적인 방법을 제안한다. Perturbation theory가 어떻게 시간-변동성 그리드의 3차원 정적 헤지 문제를 간단한 시간 그리드의 2차원 문제로 전환하는지 설명하고, 이것이 왜 ill-conditioned 문제의 발생을 방지하는지 알아본다. 논문의 정적 헤지 방법은 배리어 옵션을 복제하는 효과적인 접근법이므로 포트폴리오를 안정적으로 구성하여 거래 비용 관련 문제를 해결할 수 있다. 시뮬레이션 결과, 논문의 방법은 기존의 정적 헤지 방법과 비교해 더 안정적인 포트폴리오 가중치를 얻을 수 있었고, 확률변동성과 거래 비용을 고려했을 때 기존의 방법들보다 더 나은 위험관리능력을 보여주었다.
URL	https://www.conferenceonline.com/conference_invitation.cfm?id=21717&key=F1EF0F1F-CE39-D6B1-35AA37845042D4A5

④ 졸업생 : _____ (이학박사, 2018년 8월 졸업)

발표제목	SDG Methods of Minimal Dimension on General Meshes
학회명	ICCM2018(International Conference on Computational Mathematics - Advances in Computational PDEs), 2018, 서울, 한국
우수성	본 연구에서는 스테거드 기법에 기반한 새로운 형태의 불연속 갤러킨 패러다임을 제안하였다. 포아송 모델방정식에 대하여 일반적인 폴리곤 메쉬에서 작동하는 새로운 유한 요소 프레임워크를 제시하였다. 요소망 왜곡과 행잉노드에 영향을 받지 않는 효율적이고 신뢰도 높은 새로운 방법임을 증명하였다. 또한 본 연구에서 제공하는 패러다임을 활용하여 기존의 유한체적법의 문제를 체계적으로 연구할 수 있게 되었고, 엄밀한 수학적 이론의 정립 및 새로운 adaptive algorithm의 고안이 가능하게 되었다. 본 연구 결과는 과학계산 분야의 최고 권위 학회지인 SIAM J. Scientific Computing(응용수학, 상위 12%)에 게재되었다. 본 연구결과를 세계적인 석학들이 참가한 국제학술대회(ICCM2018)에서 학생이 발표하였으며, 그 우수성이 인정되어 지금 홍콩의 증문대학에 Eric Chung 교수의 Postdoc으로 활약하고 있다.
URL	https://cseptyonsei.wixsite.com/iccm2018/schedule

⑤ 졸업생 : _____ (이학박사, 2017년 8월 졸업)

발표제목	A fully decoupled monolithic projection method for solving natural convection problems
학회명	12th SIAM: East Asian Section Conference 2017, 20170622, 서울, 한국
우수성	자연대류 혹은 혼합대류 현상을 수반하는 열유동을 정확하고, 수치적으로 안정하게 계산하기 위해서는 Navier-Stokes 방정식과 에너지 방정식에 대해 한꺼번에 수치해를 구해야 한다. 본 학술발표에서 계산자원의 제한성을 극복하고 계산효율을 증대시키기고, 한편 수치적 오차를 최소화하는 범위 내에서 각 방정식들을 분리시켜서 해석하는 Monolithic Projection 기법을 제시하였다. 근사 LU 분해기법을 적용하여, 유속, 압력, 온도에 대해 분리된 수치해석 과정을 통해, 기존 semi-implicit 기법 대비 5-20배 정도 향상된 계산성능 결과를 제시하였다. 관련 연구는 계산수학 분야의 권위 있는 학술지인 Journal of Computational Physics (2018년 기준, IF=2.845, "PHYSICS, MATHEMATICAL" 분야 상위 10% 이내 Rank=4/55)에 게재되었으며, 열유체 해석기술의 계산 효율성을 극대화한 기법으로 평가되기에 관련 분야인 전산유체역학 분야의 파급효과가 매우 크다고 사료된다.
URL	http://conference.math.snu.ac.kr/EASIAM2017

⑥ 졸업생 : _____ (공학박사, 2019년 8월 졸업)

발표제목	An Immersed boundary formulation with two layer based turbulent wall model for rans simulation
학회명	The 4th International Conference on Computational Design in Engineering(CODE2018), 20180401, 창원, 한국
우수성	본 학술발표에서는 복잡형상 주위 난류유동해석을 위해 기존의 가상경계기법 (Immersed Boundary Method, IB)과 난류 벽 모형을 접목시켜 새로운 IB-RANS 수치기법을 제시하였다. 특히, 물체표면 수직 방향으로 1차원 RANS 모형 근사, 난류특성을 고려한 내부/외

부 영역의 벽법칙 적용과 Radial Basis Function (RBF) 기반 물리량 내삽을 통해, 보다 정확한 IB-RANS 방법을 개발하였다. 제안된 IB-RANS 기법을 2차원/3차원 원주 난류 후류 등과 같은 단순형상 주위 유동에서 검증을 하였으며, 채널 내 원주다발형 핀 주위의 난류 유동해석을 수행하여 응용연구로 확장 가능성을 입증하였다. 관련 연구는 전산열유체역학 분야 학술지인 Computers & Fluids에 제출하여, 최근 게재 승인되었으며, 현재 개발 중인 복잡형상 주위 난류해석을 위한 대외류모사 기법 개발에 기초가 될 것으로 사료된다.

URL http://www.code2018.org/up_fd/CODE2018_180406.pdf

⑦ 졸업생 : _____ (이학박사, 2017년 2월 졸업)

발표제목	Non-difference static EIT imaging using linear method
학회명	20th International Conference on Biomedical Applications of Electrical Impedance Tomography (EIT2019), London, UK
우수성	실제 임상데이터를 이용한 전기임피던스 토모그래피에서 기존의 영상복원 기법들은 안정적 영상복원을 위해 시간에 대한 또는 주파수에 대한 추가적인 정보를 필요로 하며, 전기전도율의 변화영상만을 제공한다. 본 연구를 통해서 관심영역이 크고 전도율이 다른 영역에 비해 큰 경우, 전류-전압 데이터가 전도율의 weighted harmonic average의 선형합임을 관찰하였다. 이를 기반으로 하여 추가정보 없이 전도율의 변화가 아닌 전도율의 영상을 복원하는 알고리즘을 개발하였다. 또한, 이를 실제 인체 심폐 데이터에 적용하였고, 제안된 방법이 잘 동작함을 확인하였다.
URL	http://eit2019.co.uk/eit2019.pdf#page=27

④ 대학원생(졸업생) 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

<표 2-7> 교육연구단 소속 학과(부) 졸업생 특허, 기술이전, 창업 실적 등

연번	최종학위 (박사/석사)	졸업생 성명	졸업 연월	실적구분	특허, 기술이전, 창업 등 실적 상세내용
1	박사		2017.2	특허	전기 임피던스 단층 촬영 영상 생성을 위한 전도도 산출 방법 및 장치
					대한민국
					10-1787902
					2017
2	박사		2017.2	창업	인공지능 기반 디자인 소프트웨어
					알고리즘뱅크
					500,000원
					2017
3	박사		2018.2		
4	박사		2019.2		
5	박사		2017.2		

연번	최종학위 (박사/석사)	졸업생 성명	졸업 연월	실적구분	특허, 기술이전, 창업 등 실적 상세내용
6	박사		2019.2		
7	박사		2019.2		
최근 3년간 졸업생 수		석사	46	7	
		박사	23		

3.1 대학원생 연구 실적의 우수성

④ 대학원생(졸업생) 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

① 졸업생 : (이학박사, 2017년 2월 졸업)

특허명 전기 임피던스 단층 촬영 영상 생성을 위한 전도도 산출 방법 및 장치

우수성 본 특허에서는 전기 임피던스 단층촬영 (EIT: Electrical Impedance Tomography)을 이용하여 인체의 기능과 대사를 비침습적으로 실시간 영상 모니터링을 하기 위한 원천기술의 개발하였다. 이론의 현실 검증을 위해 인체 실험을 수행하였고, 실제 인체의 3차원 모형을 스캔하고 전극의 위치를 지정한 후 3D프린터를 이용하여 제작하였다. 지난 40여 년간 수많은 학자에 의해 EIT는 연구되어져 왔고, 수많은 결과가 수학계에 권위 있는 학술지에 게재 되었으나, 그 수학 이론이 실제 임상 상황에 적용하기 어려웠다. 본 발명을 통하여 수학기론과 현실간의 미스매치를 획기적으로 줄였고, 현존하는 EIT 방식중 가장 robust 한 결과를 획득하였다.

② 졸업생 : (이학박사, 2017년 2월 졸업)

창업기술명 인공지능 기반 디자인 소프트웨어

창업회사명 알고리즘뱅크

우수성 본 사업진이 보유한 수학 전문성과 계산능력을 기반으로 사업화 및 목표로 하는 고유 기술은 두 가지로서 인공지능 기반 디자인 소프트웨어와 인공지능 개발 프레임워크 이다. 이는 인공지능을 기반으로 하는 유체 및 고체가 연관된 기계나 시스템의 지식기반 설계기술과 이를 구현하는 소프트웨어와 인공지능 개발에 필요한 핵심 기능을 제공하기 위한 웹 기반 프레임워크의 개발을 뜻한다. 이미 시장에는 Star-CD, 상용 CFD Code 등의 소프트웨어가 있지만 이는 단순역학 해석 기능만을 구현한 것으로 종합적인 의사결정은 결국 사람에게 남겨진다. 본 창업진의 소프트웨어는 역학뿐 아니라 인공지능을 융합한 모형이다. 종합적인 판단을 하기 위해서는 충분한 자료 뿐 아니라 그 것을 판단할 경험과 능력을 갖춘 기술자에 의존해야 하지만 그런 조건이 항상 충족되지는 힘들다. 이런 점을 고려할 때 “인공지능 기반 디자인 소프트웨어”는 많은 수요가 있을 것으로 보인다. 소프트웨어 특성상 소프트웨어 판매와 함께 그에 대한 컨설팅이 함께 필요하다. 내수시장 전략으로 판매 대상은 한진중공업, POSCO, 두산엔진, 한라공조, 한국남동발전, 한국남부발전, 한국동서발전, 현대자동차, 두산인프라코어, LG전자, 현대모비스, 삼성전자 등과 그 협력업체가 될 것으로 예상된다.

3. 대학원생 연구역량

3.2 대학원생 연구 수월성 증진계획

3.2 대학원생 연구 수월성 증진계획

대학원의 목표는 연구에 집중할 수 있는 환경을 조성하여 학생들이 우수한 연구 성과를 도출할 수 있도록 지원하고, 이를 통해 경쟁력 있는 인력을 배출하는 것이다. 이를 위해 연구에 필요한 양질의 지식을 다양한 방식으로 교육하고, 대학원생들이 연구에 몰입할 수 있는 여건을 갖추도록 학사관리에 힘을 것이다. 또한 다양한 학술 및 연구 활동을 지원하여, 국내외 공동연구 수행의 계기를 마련함으로써 연구의 수월성을 증진시킬 계획이다.

가. 다양한 교육과정 활성화를 통한 우수 연구자 양성

대학원 교육과정은 크게 필수핵심과목, 전공심화과목, 특성화과목으로 나눌 수 있다. 필수핵심과목을 이수한 대학원생들이 본인의 전공분야에서 연구능력을 배양하려면, 이를 위한 전공심화과목 및 관련과목 개설이 필요하다. 대학원생들이 연구동향에 뒤처지지 않도록 새로운 교과목을 꾸준히 개설함과 동시에 순수이론과 응용의 경계가 허물어지는 학문적 흐름에 발맞추어 새로운 형태의 융합교육과정을 개설하고자 한다. 기본교과목을 충실히 운영하는 한편, 이와 같은 다양한 형태의 교육을 제공하여 대학원생이 전공분야 및 유관분야의 지식을 포괄적으로 습득하도록 돕고, 이들의 연구역량을 강화해 나갈 계획이다.

▶ 우수 신입교원 확보 및 학과의 외연 확대

연구동향에 민감하고 융합연구에 대한 시대적 요구를 반영할 수 있는 신입교원을 확보하여, 대학원생에게 우수한 연구주제로 이어질 수 있는 지식을 전달하고, 새로운 형태의 수학교육을 제공할 계획이다. 본 교육연구단에서는 이론수학, 응용수학, 계산수학 각 연구 분야에서 전문성을 갖추고, 이들 분야를 연결함으로써 학과의 외연을 확대하고 경쟁력 있는 연구자를 육성한다.

▶ 협업 형태의 교과목 개설 및 폭넓은 지식 제공

학과 내 교수 간 공동강의, 타 전공 교수 또는 산업체 연구원 등과 공동강의를 개설하여, 대학원생에게 교재 밖의 폭넓은 지식을 제공한다. 현실의 사회문제를 경험하게 하여 사회를 바라보는 시각을 키우고, 이를 바탕으로 중요한 연구주제를 찾아내는 능력을 배양한다. 또한, 공동강의로 지식의 폭을 넓혀 타 분야와 원활히 소통할 수 있는 능력을 함양시킨다.

▶ 국내외 우수 연구자 초청을 통한 대학원생 연구 트레이닝

국내외 우수 연구자들을 초청하여 대학원생들의 눈높이에 맞춘 집중강연을 진행함으로써, 연구를 위한 지식을 효과적으로 전달한다. 또한, 강연을 통해 대학원생들은 연구 분야의 최신 이론을 익히고 연구동향을 파악하여 잠재성이 큰 연구방향을 설정할 수 있다. 다양한 분야의 전문가를 초청할 예정이며, 기존의 학과 콜로퀴움과 함께 분야별 정례 세미나도 병행하여 진행할 계획이다.

▶ 대학원생 집중교육을 위한 계절학교 개최

본 교육연구단은 매 학기 주제를 정하여 계절학교를 개최하고, 연구 주제에 대한 심화된 지식을 함양시키는 한편, 참여자들의 상호교류를 통해 연구 시너지를 유도할 계획이다. 계절학교에서 대학원생들은 특정 주제에 대한 튜토리얼, 개인별 주제 발표 및 상호토론, 경쟁적 문제풀이(Competition Study) 등의 능동적 학술활동을 수행하게 된다. 본 교육연구단 참여교수는 대학원생의 수요 파악을 통해 주제를 선정하고, 계절학교의 세부진행을 도울 예정이다.

▶ **대학원생 주도의 개방형 세미나**

대학원생 각자가 연구 주제에 대하여 발표 및 토론하는 개방형 세미나를 운영하고자 한다. 관심 있는 주제의 논문 혹은 교재를 읽고 발표하거나, 연구 중인 문제의 진행 상황을 발표하는 자유로운 형식으로 진행하며, 해당분야의 참여교수들과 박사후연구원이 함께 참여하여 조언 및 지도한다. 대학원생이 주도하는 개방형 세미나는 분야별로 나누어 상시 운영할 계획이다.

나. 학사관리 개선을 통한 대학원생의 연구 몰입 환경 조성

대학원생의 연구 활성화 및 수월성 확보를 위해 최근 다수의 규정들을 연구에 주안점을 두고 개선하고 있으며, 학위과정이 장기화되지 않도록 대학원생의 연구몰입 방안을 마련하고 있다.

▶ **박사학위 과정 대학원생에 대한 DTT (Double Triple Track) 규정 마련**

박사과정 또는 통합과정 대학원생은 입학 후 2년 내에 연구자격을 검증받으며, 2년 이내에 연구의 진척 상황을 보고하고, 2년 이내에 학위에 맞는 결과를 도출하여 졸업하는 방향으로 규정을 마련하였다. 이를 통해 박사학위 대학원생은 박사학위 취득을 6년 이내에 하도록 권고하고 있다.

▶ **학술활동의 졸업요건**

박사 졸업생들이 독립적인 연구자로 거듭날 수 있도록, 학위취득 전 이들의 연구역량을 충분한 수준으로 향상시키기 위한 졸업요건을 설정하였다. 연구의 수월성을 신장하기 위해 박사학위 취득을 위한 학술활동 요건을 국제저명학술지 (SCI급) 논문 1편 이상 게재(또는 게재승인)로 규정하고 있다. 단, 계산과학 전공 박사학위 과정생은 국제저명학술지에 논문 2편 이상 게재하거나 게재승인을 받아야 한다.

▶ **학과차원의 포스터 발표회를 통한 연구 점검**

본 교육연구단에서는 매 학기 초에 “Math-CSE open lab & 포스터 발표회” 행사를 진행하고 있으며, 이 행사에서는 대학원생들이 연구결과를 포스터로 제작하여 참가자 및 심사위원들과 토론형식의 발표를 진행한다. 이를 통해 연구진행 상황을 점검하고 미진한 부분에 대해 조언을 구할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 모든 대학원생에게 1년 1회 이상 포스터 발표를 의무화하고, 심사에서 우수한 평가를 받은 학생에게는 인센티브를 지급할 계획이다.

▶ **박사학위 연구과정 실적 평가**

연구학기의 박사학위 과정생은 자신이 지난 1년간의 수행한 연구결과(논문 및 학술대회 실적, 연구 내용 보고서)를 간략한 보고서로 제출하여야 하며, 학과 내부 교수로 구성된 심사위원이 평가하여 박사학위 과정을 멘토링한다.

▶ **일대일 논문지도 및 연구 그룹별 정기 세미나 운영**

지도교수는 지도학생과 매주 1-2회 일대일 개별 연구 미팅을 진행하고 있으며, Lab 단위의 그룹별 정기 세미나도 운영하여, 학생들의 연구에서 미진한 부분을 토론하고 연구방향을 탐색하는 시간을 갖는다.

▶ **조교 업무 조정을 통해 연구에 몰입할 수 있도록 유도**

다양한 평가항목(성적, 경제사정, 연구실적 등)을 종합적으로 고려하여 조교업무 또는 기타 대학원 업무(시험 감독, 채점 등)를 조정한다. 다수의 조교활동을 수행하고 있는 대학원생의 업무 경감을 통해 본인의 연구에 집중할 수 있도록 한다. 이는 연구의 질적 향상과 학위과정 기간의 단축으로 이어진다.

다. 대학원생 학술활동 지원 확대를 통한 연구 수월성 확보

본 교육연구단은 대학원생의 연구력 증진을 위해 이들의 연구활동에 대한 재정적 지원을 아끼지 않을 것이다. 매해 일정한 예산을 안배하여, 대학원생의 연구에 직/간접적인 도움이 될 것으로 판단되는 학술활동을 지원하고자 한다.

▶ **대학원생의 해외 장·단기 교육 및 연수프로그램 운영**

대학원생 대상으로 해외 장·단기 교육 및 연수프로그램을 운영한다. 매 학기 특정 인원을 선발하여 해당 전공분야에서 선도적인 연구를 진행 중인 해외학자에게 파견하여 새로운 지식을 습득하고, 공동연구의 계기를 마련한다.

▶ **국내의 학술대회 발표 권장 및 참여 지원**

대학원생들의 연구를 자극하고, 발표능력 향상, 연구동향 파악, 연구자 간 교류 증진 등을 돕기 위해, 국내외 학술대회에 참여를 권장하고 있다. 특히 발표를 하는 경우 가능한 범위에서 매해 최대한 많은 인원의 등록비 및 여비를 지원할 예정이다.

▶ **국내의 단기집중 국제학술캠프 및 계절학기 참가 지원**

대학원생을 대상으로 단기집중 교육이 이루어지는 국제학술캠프 또는 계절학교에 대해 정보를 수집하고, 유익한 프로그램들에 대해 참가를 독려하며 필요한 경우 참가비를 지원하도록 한다. 이러한 학술캠프 및 계절학교는 해당분야의 초심자들을 단기간 집중적으로 훈련하고 이들 간의 소통을 통해 잠재적 공동연구자들을 양성한다. 참여 대학원생에게는 연구 분야의 지식을 효율적으로 익힐 수 있을 뿐 아니라, 향후 연구의 네트워크를 형성할 수 있는 좋은 기회가 된다.

▶ **우수 성과에 대한 인센티브 제공**

참여대학원생의 연구 의욕을 고취하고, 우수한 연구 성과에 대해 격려하기 위해 포상을 시행한다. 국제저명학술지 논문게재, 학술대회 수상 등과 같은 뛰어난 성과를 창출한 경우 인센티브를 지급하며, 연구결과를 발표할 기회를 제공하여, 성공사례를 타구성원들과 공유한다.

4. 신진연구인력 운용

4.1 우수 신진연구인력 확보 및 지원 계획

4. 신진연구인력 운용

4.1 우수 신진연구인력 확보 및 지원 계획

가. 신진연구인력(박사후과정생 및 계약교수) 현황

연세대학교 수학기산학부는 후속세대 교육 및 연구를 담당할 우수 신진연구인력의 확보하기 위해 다각도로 노력을 기울이고 있다. 신진연구자들이 학술활동에 전념할 수 있는 환경을 조성하고, 멘토 교수들이 이들의 수월한 연구를 돕기 위해 학문적으로 지원하고 있다. 본 교육연구단에서는 최근 3년(2017~2019년도)동안 박사 후 연구원 37명을 채용하였으며, 이중 다수가 대학교수(10명), 회사 및 전문기관의 연구원(4명)으로 취업하여 수학 및 계산과학 분야의 전문가로서 활동하고 있다. 그 외의 인력들 역시 국내외 기관의 연구자(박사 후 연구원 및 계약교수)로 경력을 이어나가고 있다. 아래의 표에 본 수학기산학부 신진연구인력의 대표 취업사례를 기술하였다.

▼ 신진연구인력의 대표 취업사례 (최근 3년, 2017~2019년도)

순번	성명	제원	계약기간	취업현황
1		CMAC-SRC	2017.03.01.~2017.08.31	충남대학교 조교수
2		CMAC-SRC	2017.03.01.~2017.04.30	연세대학교(원주) 조교수
3		CMAC-SRC	2018.03.01.~2019.08.31	안동대학교 조교수
4		CMAC-SRC	2016.03.01.~2018.07.31	명지대학교 조교수
5		BK21플러스+개인	2017.04.01.~2018.02.28	동국대 조교수
6		CMAC-SRC	2017.03.01.~2019.08.31	강원대학교 조교수
7		CMAC-SRC+개인	2018.05.01.~2018.07.31	Texas State University Lecturer
8		교내사업 + 개인	2017.09.01.~2019.12.31	Shanghai University 조교수
9		CMAC-SRC	2017.09.01.~2018.08.31	전남대학교 조교수
10		CMAC-SRC	2016.06.01.~2018.02.28	중앙대학교 조교수
11		CMAC-SRC	2017.03.01.~2019.07.15	한국투자증권
12		CMAC-SRC	2017.03.01.~2019.06.30	한국원자력연구원
13		개인	2017.03.01.~2018.02.28	고등과학원 연구원
14		개인	2017.03.01.~2017.12.31	독일 Sciospec사

※ CMAC-SRC : 연세대학교 선도연구센터(SRC 응용해석 및 계산센터)

나. 신진연구인력 확보 및 지원 계획

신진연구인력은 연구에 대한 새로운 관점을 제시하며 강한 동기부여가 가능하다는 점에서, 교육연구단의 연구활동 활성화, 연구역량 강화, 교육-연구의 선순환 구조 구축을 위한 핵심자원이라 할 수 있다. 본 교육연구단에서는 아래와 같이 설문조사를 진행하여, 우리의 비전에 부합하는 다양한 분야의 우수 신진연구인력 확보하고 이들을 지원할 수 있는 계획을 수립하였다. 또한 주기적인 수요조사를 통해 우수 인력의 지속적인 채용 및 연구활동 지원을 위한 방안을 마련하는 자료로 활용할 계획이다.

▶ 우수 신진인력확보를 위한 설문조사

- (대상) 임용 중인 박사 후 연구원 및 재학 대학원생 등 총 71명
- (조사항목) 채용공고 검색 경로, 선택 기준, 학술 및 연구 활동에 필요한 지원
- (결과 : 채용공고 검색) 웹페이지(센터, 학과, 학교 등)(43) > 지인 추천(동료, 교수 등)(26) > 인터넷

넷 검색(21) > 이메일 홍보(14) > 채용 사이트(13) > 학회 웹사이트(12) > 직접 홍보(설명회, 학회, Job Fair)(4) 순으로 나타남
 - (결과 : 선택기준) 학술/연구활동 재정지원(43) > 우수한 교수진(37) > 인건비(31) > 학문적 교류를 위한 연구그룹 운영(30) > 학교의 지명도(16) > 교육연구단 구성원의 유치노력(9) 순으로 나타남
 - (결과 :필요한 기준) 충분한 인건비(41) > 학술/연구활동 재정지원(39) > 임용기간의 안정적 보장(29) > 연구 멘토링 시스템(28) > 쾌적한 연구 공간 배정(25) > 거주지원 등의 복지 혜택(16) > 행정부담 경감(11) > 취업관련 정보 제공(9) > 강의면제(6) 순으로 나타남

A. 우수 신진연구인력 확보 계획

▶ 효율적인 홍보전략/방법 통한 우수 인력 선점

조사 대상자의 60%이상 이 구직을 위한 주요 검색경로로서 센터, 학과, 학교 등의 웹페이지를 이용한다고 답하였다. 이를 근거로 본 교육연구단 웹페이지에 구직 정보를 상세히 제공하고, 다양한 오프라인 행사 및 홍보활동을 확대해 나갈 계획이다.

구분	내용
웹페이지 및 SNS를 통한 홍보 (교육연구단, 학과, 학교 등)	가장 많은 구직자가 이용하는 웹페이지에 구직 자료를 체계적이고 신속하게 제공 본 교육연구단 홈페이지를 구축하여 교육연구단 현황, 구성원, 연구 정보, 학술 활동 등을 소개하여 교육연구단의 정보 수집을 용이하게 함
뉴스레터 발행 및 홍보물 제작 (리플릿, 브로셔, 포스터)	연구 성과 공유 및 동향 안내
관심 그룹에 이메일 발송	수학 및 계산과학 관련 학회 구성원 또는 Lab 등
구인/구직 웹사이트 활용	mathjobs.org, www.hibrain.net 등
경쟁력이 있는 연구 분야의 계절학 교를 통한 인재 영입	연구 인력을 교육하고, 유사분야의 다양한 연구 인력이 교류하며, 우수한 인재를 영입하는 경로 역할 (예) 일본 Hokkaido 대학의 Nishiura 교수가 주관하는 Summer bootcamp of infectious disease modeling에서 다양한 국적의 연구자 교류 및 인재영입의 장으로 활용하고 있음
대학원 연구실 견학 프로그램 운영	본 교육연구단에서는 교내 및 타교 학생들에게 학과를 소개하고 대학원생들의 연구실적을 알리기 위해 매 학기 포스터 발표회 (Open lab)를 시행하고 있다. 이를 확대하여 관심 있는 지원자들이 연구실을 방문하여 경험할 수 있는 견학 프로그램을 운영
국·내외 학회에 홍보 및 인지도 향상	국·내외 학술대회 참가 및 연구자 미팅 등

▶ 인적 네트워크 활용을 통한 우수 인력 확보 및 교류

구분	내용
참여 교수의 공동연구 및 학술활동을 통한 인력 확보	우수한 교수진과 연구 멘토링 시스템이 중요한 직장 선택의 기준이며, 가장 필요로 하는 지원으로 꼽히고 있다. 따라서 참여 교수가 공동연구 및 국내외 학술대회에 활발히 참여하여 대면 접촉을 늘리고, 우수한 인재를 추천받거나 직접 발굴하는 것이

	효율적인 인력확보 전략이다. 또한 국내외 대학 및 연구소를 방문하여 우수 인력들과 긴밀한 네트워크를 구축함으로써 인력풀의 다양성을 확보한다.
참여교수의 산학협력 프로젝트 및 각종 자문활동	참여교수들이 산학협력 프로젝트 및 대외 자문활동을 활발히 참여하고 있으며, 이를 통해 사회·산업문제의 우수 인력 유치와 양성에 기여할 것이다.
외국 대학과 학술교류 통한 해외 인력 유치	해외학자들과 컨소시엄, 유수 대학과 Joint 워크숍 개최 등의 학술교류를 적극적으로 추진하고, 해외기관과의 연구자 교류 프로그램 등을 도입하여 외국의 우수한 인력을 확보하고자 한다.

B. 신진연구인력 지원 계획

신진연구인력들은 직장선택기준으로 충분한 인건비, 학술/연구 활동의 재정지원을 우선으로 꼽았다. 또한 학술/연구 활동에 집중할 수 있는 환경 조성에 대한 요구가 큰 만큼, 임용기간의 보장, 연구 멘토링 시스템, 쾌적한 연구실 공간 배정을 위해 노력할 것이다. 이외에도 물적·인적 자원 제공, 인프라 구축 등 다양한 측면에서 신진연구인력을 적극적으로 지원할 계획이다.

▶ 인건비를 예산 한도 내에서 최대한 책정

본 교육연구단에서는 박사후연구원 4명, 계약교수 2명 내외의 신진연구인력을 채용하여 운영할 계획이다. 신진연구인력의 인건비는 BK21사업의 예산 규정에서 제시한 최소금액 이상을 지급할 예정이며, 멘토 교수의 개인 연구비 재원과 연계하여 안정적으로 재정을 지원한다.

▶ 연구 인프라 조성을 통한 연구 활성화 지원

구분	내용
연구 멘토제 운영	참여교수와의 공동연구 가능성을 신진연구인력 선발의 원칙 중 하나로 설정하고, Research Progress에 대한 주기적인 피드백을 통한 신진연구자의 연구 컨설팅을 강화한다. (예) 연구미팅 정례화, Lab 단위 연구 세미나 개최 등
연구 우수성에 따른 성과급 차등 지급	우수한 연구 성과를 독려하기 위해서 논문 및 학술대회 발표 등에 인센티브를 지급한다. 논문 한편 당 일정액을 지급하는 것과 같은 획일적인 방식을 피하고 성과의 우수성을 평가하는 공정한 평가시스템을 구축하여 질적 수월성을 추구한다.
참여 구성원과의 연계활동	교수, 대학원생, 신진연구인력 등 교육연구단 참여 구성원들이 격식에 매이지 않고 자유롭게 연구주제를 공유하고 아이디어를 교류할 수 있는 기회를 마련한다.
활발한 학술 교류를 위한 인프라 구축	전용 회의실 및 휴게 공간 확보, 소규모 및 정기모임 지원
연구자 네트워크의 활성화	현재 기하학과 해석학 분야에서 진행 중인 신촌지역 연구자 모임을 서울 및 전국 연구자 네트워크로 확대한다.

▶ **국내의 학술활동 연계 및 지원**

구분	내용
장·단기 연수 및 공동 연구 기회 제공	연수나 공동 연구는 신진인력이 독립적으로 기회를 얻기 어려우므로 멘토 교수나 교육연구단 차원의 연계로 기회를 마련하고 재정적으로 지원한다.
논문작성을 위한 인프라 제공	논문 게재료, 영어논문 영문교정 서비스 지원 등
국내외 학술대회 발표 및 참가 지원	

▶ **독립적인 연구자로 거듭날 수 있도록 훈련 및 진로 지원**

박사후연구원 및 계약교수의 연구 능력을 함양하고 독립적인 연구자로 성장시키기 위해 향후 진로에 도움이 될 수 있는 다양한 프로그램을 개발하여 운영하려고 한다.

구분	내용
외부 연구비 수주를 위한 지원	다수의 신진연구자들은 정부 및 산학 연구비 수주 경험이 부족하므로, 향후 독립연구자로서 연구를 진행할 수 있도록 연구과제 신청 및 수주에 대한 멘토링을 제공한다. 연구과제의 지원시기, 제안서 작성방법, 신청 및 행정절차의 안내, 연구 인력의 pairing 등에 대한 내용을 제공한다.
교육연구단 내부 연구과제 운영	교육연구단 자체적 Grant를 조성하여, 도전·창의적인 주제의 연구과제를 지원한다. 신진연구자에게 외부 연구비 수주를 위한 경험 축적에도 기여할 수 있게 한다.
대학원생 공동지도 기회 제공	신진연구자는 직위의 특성상 대학원생을 직접 지도함에 어려움이 있으나, 밀접하게 연관된 연구분야의 참여교수와 공동으로 대학원생을 지도할 수 있는 기회를 부여할 수 있다. 신진연구자는 대학원생 공동지도도를 통해 연구교육의 경험을 축적할 수 있고, 대학원생은 연구의 세부적인 면을 꼼꼼하게 상의할 수 있는 추가적인 멘토이자 잠재적인 공동연구자를 확보하는 계기를 마련할 수 있다.
취업을 위한 인프라 구축	- 다양한 분야의 인적·학문적 교류 활성화를 통한 향후 진로 선택에 도움 - 기업/연구소의 임원 초청 및 간담회 개최, 산학협력 사업에 참여 독려 - 취업관련 통합 정보 제공 : 학계, 산업계, 해외 연구자 등

▶ **학문간 융합 연구 환경 조성**

신진연구자들에게 학문간 융합 연구에 대한 동기를 부여하기 위해, 연관된 연구 주제들을 중심으로 학제 간 교류를 활성화할 것이다. 아직 인적 네트워크가 확립되지 않은 신진인력들에게 학문간 융합이 가능한 세미나 및 학술행사(포스터 발표 및 시상, 공개 강연 등)를 개최하여 융합 연구의 기회를 제공한다.

- 융합적인 주제를 중심으로 여러 학과간 공동 세미나 운영
- TED talk과 같은 모임 및 발표

※ TED는 Technology, Entertainment, Design의 약자로, 미국에서 주최되는 연례 국제 콘퍼런스 "Ideas Worth Spreading(퍼뜨릴만한 아이디어)"라는 슬로건 아래 다양한 분야의 전문가를 발표 및 논의 진행

▶ **외국인 연구자 지원**

- 한국어 연수 프로그램 (연세대 외국어학당) 및 숙박 배정 지원
- 재정지원: 정부 및 대학 차원에서 지원하는 외국인 장학제도와 연계하여 통합적으로 운영함
- 충분한 외국어 구사 능력을 갖춘 직원 고용을 통한 행정 지원

다. 신진연구인력의 안정적 학술 및 연구 활동을 위한 교육연구단 차원의 제도적 장치

▶ **연구에 집중할 수 있는 환경 조성**

- 인건비 지급 가이드라인 제정을 통한 안정적 연구 여건 확보
- 연구 활동을 종합적으로 판단하는 평가시스템 구축하고 이를 기반으로 재계약 추진
- 강의부담 없이 연구에 집중할 수 있는 박사후연구원 운영

▶ **신진연구인력과 구성원과 연계활동 계획**

본 교육연구단은 특성화된 연구 분야에 부합하는 순수수학, 응용수학, 계산수학 분야의 신진연구인력을 박사후연구원 4명, 계약교수 2명 내외로 채용하여 참여교수와의 공동연구 수행을 하고 국내외의 외부연구자와 협력할 수 있도록 한다.

- 이론수학 : 대수학, 해석학, 기하 및 위상수학 분야 신진연구인력 활용

대수다양체의 Okounkov body와 minimal model program, Iwasawa 이론과 오일러 시스템, 리만 제타 함수(zeta function)의 영점의 분포, 타원형/포물선형 및 나비에-스토크스 등 편미분 방정식의 해의 정칙성, 진동적분 이론과 특이적분 이론, 논리학의 모델이론, derived category 및 관련 호몰로지 대수 이론, 사교다양체의 플로어 이론과 거울대칭, Kahler-Einstein metric의 존재성과 K-stability 판별에 관한 연구 등.

- 응용수학 : 금융수학, 수치해석 분야 신진연구인력 활용

Levy 확률론적 과정, Fokker Planck 방정식, Monte Carlo 계산법, Malliavin Calculus 등의 도구를 활용한 옵션 등 파생상품 이론, 리스크 관리, 경제 예측 및 자료 처리 / 적용 유한 요소법, 질량 보존 법칙(Conservation of mass)이 성립하는 수치해법, 다양한 경우의 Navier-Stokes문제의 분석을 위한 알고리즘 분석 / 미분방정식, 확률론적 방정식, 개체기반 모델 구축과 분석, 모수추정 등을 활용한 전염성 질병의 예측과 통제전략 제시

- 계산수학 : 데이터사이언스/기계학습, 의료영상, 전산유체역학 분야 신진연구인력 활용

불완전한 네트워크에서 다양한 데이터 마이닝 응용, 인공지능이 탑재된 예지보전 기술, 인공지능 Digital Dentistry(콘빔CT에서의 artifact reduction skull segmentation, teeth occlusion 등), 난류의 예측에 대한 수치적 연구, 멀티피직스(Multi-physics)의 편미분방정식 수치해석 기법, 불확실성 정량화(Uncertainty Quantification) 기법 등

▶ **행정 및 기타 지원**

- 행정절차에 관한 매뉴얼 확보 및 효율적인 행정시스템 구축으로 연구원의 행정 부담을 최소화
- 연구실 공간 배정 및 쾌적한 환경 유지, 사무용품 지원, 개인용 PC 지급 및 과학계산용 서버 지원
- 수학과도서관 희망도서 구입 신청
- 교원에 준하는 교내 시설 이용, 어린이집, 거주시설 연계 등의 생활지원

5. 참여교수의 교육역량

5.1 참여교수의 교육역량 대표실적

<표 2-8> 교육연구단 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성					
1	허영미		수치해석	book chapter	ISBN-13:978-3319547107 (p.303-313), ISBN-10:3319547100 (p.303-313)
1	본 연구자의 2014년에 학술지에 게재된 논문(제목: Multi-D wavelet filter bank design using Quillen-Suslin theorem for Laurent polynomials)의 내용을 학술대회에서 발표 후 간단한 경우에 대한 내용을 보다 이해하기 쉽게 정리하여 book chapter(제목: Use of Quillen-Suslin theorem for Laurent polynomials in wavelet filter bank design)로 만들었다. 해당 book chapter가 실린 책은 Excursions in Harmonic Analysis, Volume 5로써 Excursions in Harmonic Analysis는 미국의 메릴랜드 대학에 위치한 Norbert Wiener Center for Harmonic Analysis and Applications에서 다년간에 걸쳐 출간되어 온 책 시리즈이다. 이 책 시리즈에서 다루어진 내용에 비추어 볼 때 실제로 연구되어지는 harmonic analysis의 이론과 응용을 보다 많은 대중에게 전달하는 데에 큰 역할을 할 것으로 기대된다.				
2	이승철		확률적극한이론	새로운 대학원 교과목 개발 및 개설 실적	증빙자료 제출
2	인공지능시대를 맞이하여 관련된 교과목 개발수요가 폭발적으로 증가하고 있는데, 본인은 머신러닝과 응용 1 (2016-2학기), 2 (2017-1학기), 3 (2017-2학기)이라는 대학원 교과목을 개발, 이들 과목을 현재까지 매 학기 개설 학생들의 수요에 선제적으로 대응하고 있다. 수강인원은 평균적으로 매학기 100명을 상회, 이 분야에 대한 사회적인 수요를 확인할 수 있다. 2016-2학기에 처음으로 과목을 개설하였는데, 매주 배우면서 강의를 진행하는 수준이었고, 매트랩을 사용하였다. 하지만 머신러닝을 효율적으로 학습하려면 파이썬과 텐서플로를 이용하여야 한다는 사실을 인지하고, 그 다음 학기부터 파이썬과 텐서플로어용 강의를 진행하였다. 학기 마지막에는 수강생이 각자의 연구실에서 수행중인 관련 프로젝트를 발표하도록 하는데, 수학전공자도 일정부분 있지만, 대부분은 공대, 경영대, 정보통신대학원 등 타 전공이 대다수를 차지하여, 발표를 통하여 좀 더 넓은 시야를 제공하고 있다.				

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성					
3	이승철		확률적극한이론	유튜브를 이용한 수업 보조 수단 개발	https://www.youtube.com/channel/UCr-oZbgM-QUacls3WUuVcPQ
3	2016-2학기부터 머신러닝 관련 교과목을 대학원 3과목, 학부 2과목, 교육대학원 1과목을 새로이 개발 강좌를 개설하였는데, 수강생들의 프로그램 언어 실력이 전무한 경우가 많아 수업을 원활히 진행하는데 많은 어려움을 겪었다. 많은 고민 끝에 유튜브 채널을 2019-1학기부터 머신러닝과 응용 교과목에 본격적으로 가동하였고 이를 통하여 기본적인 프로그램 언어를 배울 수 있도록 파이썬 기초부터 머신러닝의 핵심 언어인 텐서플로어까지 어느 정도 자가 학습이 이루어 질 수 있도록 비디오를 꾸준히 업로드 하였다. 지난 일년간 조회수 약 5만, 시청시간 약 3500시간, 구독자 약 800명, 업로드된 비디오는 약 800개 정도에 이르게 되었다.				
4	강경근		편미분방정식	신규 교과목 개발	증빙자료 제출
4	수학과에서 2019-2학기 신설된 수학난제와세미나 과목 (총 34명 수강)은 밀레니엄 문제인 7대 난제를 중심으로 한 수학난제들에 대하여 기초적인 것부터 핵심적인 심화내용까지 요약하여 소개하는 형식으로 운영되었다. 다양한 전공(해석학, PDE, 유체역학, 조화해석, 대수, 기하, 기계학습, 바이오융합, 데이터분석 등)을 포함하고자 다수의 수학과 교수들이 번갈아 가며 한학기에 2시간씩 강의하고 때로는 해당 분야의 전문가를 초청하여 집중 강연하도록 하여 학생들로 하여금 최신의 결과 및 난제들이 왜 난제인가를 이해할 수 있는 기회를 제공하고자 하였다. 전공을 정하지 않은 학생들에게는 본인의 호기심과 적성에 맞는 수학전공에 대한 보다 폭넓은 이해를 하여 전공을 정하는데 도움을 주고 전공을 이미 정한 학생들에게는 해당 전공의 내용을 보다 깊이 있게 이해할 수 있고, 다른 분야에서의 이론이나 연구내용이 본인의 연구와의 관련성 내지 연계성을 찾을 수 있도록 기회를 주고자 하였다. 주로 전공을 정하지 않은 학생이 수강하고 지도교수를 정하는 데 교수들과 자주 면담을 하는 점을 고려해 볼 때 대학원 과정을 시작한 학생들에게 도움이 되는 교육 과목으로 판단된다.				

연번	참여자명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
참여자교수의 교육관련 대표실적의 우수성					
5	김준일		복소/조화해석	촬영한 영상 자료 배포	증빙자료 제출
<p>2018-1 과 2019-1학기 개설된 대학원 편미분 방정식 1 강좌와 실해석학 1 강좌에서 본 연구자가 촬영한 강의 자료를 미리 배포하여 학습을 유도하였다. 촬영해서 배포한 강의 영상 내용은 편미분 방정식에 필요한 Fourier Series, Fourier transforms, Poisson Summation Formula, Energy Method, Fast Fourier Transform, Dispersive Equations 등이며, 비디오 영상분량은 50분짜리 영상자료 30개였다. 학교 교육 소프트웨어인 YSCE에 업로드 하여 수강생 전원에게 영상을 이용한 학습을 유도하였다. 수업시간에는, 학생들이 미리 영상의 내용을 예습하였기 때문에 훨씬 더 많은 최신 내용의 수업을 진행할 수 있었다.</p>					
6	김병한		수리논리	저서	ISBN 9788961057523
<p>김병한 교수는 2016년에 쿠르트 괴델과 관련한 책으로 가장 권위를 인정받는 John Dawson, Jr.의 저서 '논리적 딜레마'를 공동으로 번역하여 경문사를 통해 출간하였다. 쿠르트 괴델과 앨런 튜링은 시사주간지 타임에서, 지난 20세기 100년간 가장 영향력이 있던 100인의 인물로 선정된 단 두 명의 수학자이다. 사실 괴델, 튜링의 전공분야는 모두 수리논리학이다. 튜링은 그에 대한 영화가 베네딕트 컴버배치 주연의 '이미테이션 게임'으로 제작되었으며 최근에는 영국 최고가 새 50파운드 지폐의 도안 인물로 선정되었다. 두 사람은 디지털 시대를 이끈 현대적 컴퓨터 설계의 기본 이론을 제공한 불완전성 정리, 튜링기계 개념을 증명하고 도입하였다. 하지만 이들에 대한 국내의 인식은 수학계에서조차 매우 낮은 수준이다. 김병한 교수는 이러한 상황을 개선하고 후학들을 위한 교육을 위해 이 책의 번역을 주도하였다. 이 책을 수학과 대학원 강의인 수리논리, 모델론, 고급집합론 등에서 보조 교재로 사용하여 학생들의 높은 호응을 얻었다. 수학과 대학원생뿐 아니라 철학과나 전산학과 대학원생을 대상으로 하는 기초논리학 과목에도 이 책이 보조교재로 사용되고 있다. 이 번역서는 2017년 대한민국학술원이 선정하는 우수학술도서로 채택되었다.</p>					

연번	참여자명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
참여자교수의 교육관련 대표실적의 우수성					
7	박은재		수치해석	편저	ISBN 978-3-319-52388-0
<p>현재 슈퍼컴퓨터의 눈부신 발전으로 지금까지 풀기 어려웠던 큰 스케일의 편미분방정식을 효율적으로 풀 수 있는 대표적인 수치해법으로 영역분할법이 있다. 특히 병렬 계산을 할 수 있다는 장점 때문에 영역분할법은 최근 30년간 비약적으로 발전을 하였다. 영역분할법은 경계치 문제를 푸는데 있어서, 해를 구하고자 하는 원래 정의역을 부분영역으로 나누고 반복적으로 해를 구하여 원래 해에 근사시키는 방법이다. 엄밀한 수학기론에 근거하여 고속해법이 개발되었으며 이에 대한 기본 이론은 유한요소법 강의에서 다룬다. 영역분할법 전문서적 시리즈(Springer LNCS E.v.116)로 Domain Decomposition Methods in Science and Engineering XXIII (C. Lee, X.-C. Cai, D. Keyes, H. Kim, A. Klawonn, E.-J. Park 편저, 415쪽)를 하였으며 현재 download회수가 25,000회에 이른다.</p>					
8	박은재		수치해석	KOCW강의영상	http://www.kocw.net/home/search/kemView.do?kemId=300193
<p>대학원에서 강의하는 수치해석 분야의 이론은 해석학, 편미분 방정식 이론, 함수해석학, 근사함수 이론 등에 기반하고 있다. 다양한 편미분방정식을 다루기 때문에 소볼레프 함수공간 등을 기본 공간으로 하며 엄밀한 수학기론을 다룬다. 또한 영어로 진행되는 강의이므로 이를 쉽게 이해하기 위해서는 다양한 배경지식이 있는 학생들로 하여금 Korea open courseware(KOCW)를 수시로 접속할 수 있도록 하여 어려운 이론을 반복해서 공부함으로써 빨리 습득할 수 있도록 하였다. 유한요소법의 한 학기 정도 분량의 강의 영상이 제공된다.</p>					

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
9	이은정		수치해석	교과목개발	증빙자료 제출
	<p>대학원에서 산업체 연구원(양한별, 삼성메디슨)과 공동으로 “과학 및 산업용 이미징 애플리케이션을 위한 임베디드 컴퓨팅 (Embedded Computing for Scientific and Industrial Imaging Applications)” 교과목을 개설하였다. 계산 과학 및 공학에 대한 배경 지식을 바탕으로 임베디드 컴퓨팅을 각종 애플리케이션에 접목하는 과정 교육, 과학 이미징 기능을 담은 모바일 또는 원격조정 기능을 가진 장치를 위한 임베디드 시스템의 설계 교육, 효율적인 병렬 컴퓨팅과 버전컨트롤 시스템 그리고 MS Visual Studio를 사용한 소프트웨어 빌드와 디버깅 등의 전반적인 과정 교육을 통하여 학생들이 현상문제에 대한 수학적론, 과학계산, 시각화 등 능력을 배양하고 산업 현장에 바로 적용 가능할 수 있도록 하는 창의적인 연구를 할 수 있는 인력 양성 도모하였다.</p>				
10	신원용		기타전자/정보통신공학	신규 교과목 개발	증빙자료 제출
	<p>신원용 교수 담당으로 계산과학공학과에서 2019-1학기 신설된 알고리즘과 응용 과목 (총 16명 수강)에서는 주기적으로 학생들과 office hours를 갖고 피드백을 주는 방식인 “interactive class” 기반으로 운영되었다. 다양한 분야 (수치해석학, PDE, 유체역학, 기계 학습, 물리학, 바이오융합, 빅데이터 등)를 전공하는 학생들에게 범용적으로 적용 및 응용할 수 있는 내용으로 특화하여 강의를 구성하였다. 또한, 학기말 개별 프로젝트를 통해 모든 학생이 예외없이 해당 분야에서 1) 새로운 문제 정의, 2) 알고리즘 개발, 3) 성능 검증을 성공하였으며 국내 학회지에 발표될 수 있는 수준의 내용으로 프로젝트를 완성하였다. 모든 학생이 높은 학업성취도를 이룬 점, 대학원 평균을 훨씬 상회하는 강의평가 결과 (4.72/5.0)를 취득한 점 등으로 미루어볼 때 우수한 교육 성과로 판단된다.</p>				

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
11	최정일		유체역학	융합과목	증빙자료 제출
	<p>대학원 교과목 개발 및 한국과학기술원(KISTI) 전문가 그룹과의 공동 강의(학정번호:CSE6126) 편미분방정식 기반의 계산과학공학 문제를 해석하기 위해서는 계산 효율적인 수치기법의 개발 및 병렬계산을 통한 계산성능 향상 기술이 필요하다. 종래의 단기간화 형태로 진행되는 병렬계산 강의에 대해, 과학계산에 특화된 형태의 정규 교과목으로 구성하였다. 편미분방정식의 수치계산을 위한 기초 수치방법론 / 수치계산 코드의 프로파일링과 최적화기법 / OpenMP를 활용한 병렬화 기법 / 영역분할 기법과 MPI 기반 병렬화 기법 / CUDA, OpenCL을 활용한 GPU 및 가속화 활용기법에 대한 강의를 진행하였다. KISTI 슈퍼컴퓨터 응용센터의 연구팀과 협력하여 현장에서 활용되는 병렬화 기법을 학습하고, KISTI 슈퍼컴퓨터 대규모 병렬자원을 활용한 과제 실습 진행하였다. 대학원생 학위과정 연구에 사용되는 수치해석자의 병렬화 기법 적용에 대한 최종과제를 수행함으로써, 향후 수업의 활용성을 높였다. 고급 병렬계산 과정 취득을 위해, 수강 후 KISTI에 인턴과정 연계하여, 실질적으로 PaSca_TDMA 라는 병렬계산 라이브러리를 개발하였다.</p>				

6. 교육의 국제화 전략

6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

6. 교육의 국제화 전략

6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

가. 해외 기관 및 대학과의 인적교류 현황 및 계획

① National Central University (Taiwan) 대학과의 인적 교류

- 박사과정 나혜선 : NCU 3개월(2019.11.29.-2020.03.02.)간 방문, Feng-Nan Hwang교수와 공동연구 진행 중인 논문 : LL^* for nonlinear hyperbolic partial differential equations : shock capturing (Hyesun Na, Feng-Nan Hwang, Eunjung Lee)
- NCU 박사과정 Yi-Zhen Su : 4개월(2019.08.19.-2019.12.13.)간 이은정교수와 공동연구 진행 중인 논문 : An iterative adaptively multiscale least-squares finite element method for convection-diffusion problems (Yi-Zhen Su, Eunjung Lee, Feng-Nan Hwang, Keunung Park)
- Yonsei(CSE)-NCU joint students workshop on Mathematics and Computing
일시 및 장소 : 2019.08.26. 13:00-17:20, 연세대 첨단관 615호
organizer : 이은정(연세대), 김세익(연세대), Feng-Nan Hwang(NCU, 대만)

② 상하이 과학기술대학교 (ShanghaiTech University, 중국)와의 대학원생 교류 학술대회

- 일시 및 장소 : 2019.11.15.-16, 상하이 과학기술대학교
- 내용: 대학원생들(김동하, 김민수, 송호영, 이대원, 이지민, 장성욱, 조현수, 신용민)의 강연이 주를 이루었고, 대학원생들 관심 연구 분야와 현재 연구 중인 주제에 대한 논의 진행함. 두 학과는 향후에도 정기적으로 대학원생 주도의 공동학술대회를 개최하여 연구교류를 지속하기를 기대하고 있음

③ Science University of Sydney (호주) 대학과의 인적 교류

- Peter Kim 교수 연구팀(박사후 연구원 및 대학원생)을 초청하여 대학원생 집중교육 수행 (2017.07)
Peter Kim은 실제 데이터를 다루는 기법과 생물학적 현상을 수학적 모델링하는 과정을, 이지현 교수는 모수 추정과 최적제어 등의 수학적 이론을 각 팀의 학생들을 상호 교육하였음
- 대학원생 (황윤구, 이윤정, 이태용)의 Peter Kim 교수 방문 및 지도 학생들 교류 (2018.07)
2018.7월 방문을 통해 상호 필요한 부분들을 지도하여 논문을 출판하였음
Lee, Taeyong, et al. "Application of control theory in a delayed-infection and immune-evading oncolytic virotherapy." Mathematical Biosciences and Engineering 17.3 (2020): 2361.

④ 벨기에 KU Leuven에 공동학위 협의 진행

본 교육연구단 대학원생인 외국인 Amal Rannen이 벨기에 KU Leuven 대학에서 학위과정에 입학하여 본 학과에서 이수한 과목들을 인정받았으며, 지도교수인 Matthew Blaschko 교수와 연구를 수행하고 있다. KU Leuven 대학의 Arenberg Dotoral School과 공동학위 협의를 진행하였으나, 현재 중단상태에 있다.

⑤ 해외학자 초빙을 통한 집중강연

- 단기강좌
Jiri Neustupa 교수 (Academy of Sciences, 체코) : 2019-1학기에는 90분 강연 2회, 2019-2학기에 90분 강연 5회를 주관함으로써, 해당분야 대학원생들에게 한학기 정규과목 분량의 전문지식을 전달
- 집중강연
· Angela Stevens 교수 (윈스터대학, 독일) chemotaxis 문제 관련 집중강연 2회 (2016.11.4, 2016.11.10)
· Tai-Peng Tsai 교수 (British Columbia 대학, 캐나다) 나비어-스톡스 방정식의 정칙성 문제와 관련

집중강연 2회 (2017.1.17., 2017.1.19.)

- Nick Ramsey 박사 (UCLA, 미국) Kim-independence 관련 집중강연 (2017.1월), 대학원생인 안진후, 김준희 학생 등이 집중강연에서 제기된 문제에 도전하여 최근 획기적인 성과를 내었음
- Gongyo Yoshinori 교수 (Univ. of Tokyo, 일본) 대학원생 대상 연구세미나 강연 실시, 향후 유기적인 연구관계 및 두 학과 간 교육적/연구적인 측면에서 도움이 될 것으로 기대함

⑥ 의료영상 관련 winter school 개최

서진근 교수는 의료영상 분야 기계학습과 관련한 winter school 개최하였으며, 대학원생 대상 tutorial, 학계 및 산업계 발표, 종합 토의 등을 진행하였으며, 이를 계기로 우리나라의 의료영상 분야 기계학습 연구자들의 연구역량을 세계적인 수준으로 올라가게 하였다.

- (제2차) Winter School in Imaging Science (Deep learning and current issues in MI) 2017.01.09.-11
- (제3차) Winter School in Imaging Science(Computational Science & Machine Learning) 2018.01.08.-11
- (제4차) Winter School in Imaging Science(Deep Learning for Medical Image Analysis) 2019.01.28.-30

⑦ 향후 계획

본 교육연구단은 교육의 국제화 역량을 강화하기 위해, 대학원생들의 국제교류를 지원하는 한편, 해외 학자들과 다양한 경로로 교류하고, 이들이 우리 대학원 교육프로그램에 더욱 적극적으로 참여할 수 있도록 제도를 보완할 계획이다. 구체적으로는 아래의 항목들에 주안점을 두고자 한다.

▶ 대학원생의 해외 장기 교육 및 연수프로그램 운영

먼저 대학원생들에게 석학들의 깊은 안목과 비전을 지도받을 기회를 제공하기 위하여, 해외 장기 교육 및 연수 프로그램을 운영할 것이다. 매 학기 특정인원을 선발하여 해당 연구 분야의 최전선에 있는 전문가에게 학기 단위로 파견하고, 이들의 여비 및 생활비를 지원하여 현지에서 안정적으로 학문에 정진할 수 있도록 돕는 것이 해당 연수 프로그램의 목적이다.

▶ 공동연구를 위한 단기 방문 및 국제학술캠프 지원

연구 주제에 대한 해외학자의 지도와 자문이 필요한 경우, 해당기관 단기방문을 지원하는 제도도 마련할 계획이다. 또한, 단기집중교육이 이루어지는 국제학술캠프 또는 계절학교에 대하여 참가경비를 지원하도록 한다.

▶ 국제 인적네트워크 형성을 위한 국제 교류행사 개최

교육의 국제화는 해외 대학원생들의 지식과 경험을 공유하며, 밀도 있는 인적 네트워크를 형성하여 학문의 폭을 넓히고 미래 연구의 자산을 마련하는 데 있다. 이를 위해, 해외 수학과, 응용수학과, 계산과학 공학과 등의 대학원 학과들과 학과 차원의 교류행사를 추진하고자 한다. 나아가 이들과의 자매결연을 통해 세부전공 단위의 소규모 연구 교류 행사로 발전시키고자 한다.

- (중국) 상하이 과학기술대학교 대학원생 학술교류 행사 지속적 개최
- (대만) National Central University 수학과와 인적 교류 및 joint-workshop 지속적 개최
- (일본) Osaka University, Tokyo University, Keio University와 교류행사 추진
- (홍콩) Chinese University of Hong Kong과 교류행사 추진

▶ 외국대학의 교육 콘텐츠 활용

본 교육연구단에서는 무료 및 유료의 온라인 강연 교육 콘텐츠를 적극적으로 탐색하여 수학교산학부 대학원에서 제공하는 커리큘럼과 관련이 자료들을 대학원생들에게 제공할 예정이다.

- 유튜브 등 각종 소셜 미디어를 통해 녹화된 강의를 제공
- MIT Open Course Ware, Coursera, Khan Academy 등

▶ 온라인 교육 콘텐츠 제작 및 해외 교류

본 교육연구단에서도 온라인 교육 콘텐츠를 제작하여 제공함으로써, 해외 교육자들 및 학생들의 견해를 수렴하고 교육내용과 방향에 대한 상호 간 논의를 진행할 수 있다. 강의의 주제가 동일한 경우, 해외학자의 직접적인 의견 교환을 통해, 교재를 함께 집필하고, 강의 자료를 공유하는 등 본 교육연구단의 교육자들을 보다 풍성하게 할 것이다.

▶ 교재 집필 및 해외 교재 번역 등

본 교육연구단 참여교수 중 일부는 이미 외국 저서를 번역하는 등 우수 해외 교육콘텐츠 도입을 위해 노력하고 있다. 김병한 교수는 논리학자 괴델의 전기인 “논리적 딜레마” (존 도슨 주니어 저)를 공동번역하였으며, 최성락 교수는 일본어 대수기하학 교재인 “대수곡선론” (케이 지 오쿠모 지)을 한국어로 번역하는 작업을 진행 중이다.

나. 해외학자(전임교수, 초빙교수, 객원교수 등 포함) 활용 계획 및 역할

▶ 정규교과목 공동개설

본 교육연구단은 해외학자를 초빙하여 참여교수와 정규과목을 공동으로 개설하여 강의를 진행할 예정이다. 최근 3년(2017~2019년도) 동안 해외학자와의 공동강의 경험을 토대로 해외학자를 대학원생 수업에 투입함으로써 폭넓고 깊이 있는 전공지식을 갖추도록 할 것이다.

- (2018~2학기 정규강좌) John Kim 교수(UCLA), 과목명 : 난류이론

▶ 효율적 교육 및 학습 제공을 위한 집중강연

학위논문을 위한 세부전공 뿐 아니라, 연구에 배경지식이 되는 기본적인 주제들에 대해서도 좋은 안목을 가진 해당분야의 해외전문가에게 다수의 강연을 의뢰하고 대학원생의 기초 및 전공 교육을 담당하게 할 계획이다.

▶ 대학원생 지도 및 공동연구

해외학자가 연구 관련한 대학원생들을 지도함으로써 대학원생들이 지엽적인 주제에 대한 연구에서 탈피하고 학문융합의 추세에 발맞추어 새로운 연구영역을 개척할 수 있는 자양분이 되리라 기대된다. 또한 해외학자의 연구팀 중 일부도 함께 방문할 수 있도록 연구환경을 제공하고, 워크샵 등을 통해 연구 교류를 하도록 할 계획이다.

▶ 학위논문 심사위원 위촉

해외학자를 학위논문 심사위원으로 위촉하여 이들의 의견을 적극 반영하고 대학원생의 연구를 세계 최상위 수준으로 향상시킬 것이다. 본 교육연구단의 최근 3년(2017~2019년도)의 해외학자 학위논문 심사위원 위촉한 경우는 없었으나, 향후, 대학원생의 해외학자 심사위원 위촉을 위하여 참여교수들은 아래와 같이 해외 대학의 대학원생 학위논문심사에 적극적으로 참여하고 있다.

- 박은재교수, 독일 Berlin의 Humboldt 대학 수학과 Philipp Bringmann 박사학위 논문 심사 (2019.12)

- 최정일교수, 호주 Melbourne의 RMIT 대학의 Yao Tao 박사학위 논문심사 (2018년 9월)
- 허영미교수, 미국 Johns Hopkins 대학의 Applied Mathematics and Statistics 학과의 Zachary Lubberts 박사학위 논문심사(지도교수) (2019.3)
- 김준일교수, 캐나다 British Columbia 대학의 Alessandro Marinelli 의 박사학위논문 심사 (2018.3)

다. 우수 대학원생 유치 현황 및 계획

본 교육연구단은 BK21플러스 사업을 통해 중국 Ocean 대학, 몽골과학기술대학(MUST) 등으로부터 외국인 학생을 선발하였다. 최근 3년(2017~2019년도) 동안 외국인 확보 현황은 아래와 같다.

2017년도 외국인 신입생	(몽골),	(중국)
2018년도 외국인 신입생	(중국),	(베트남), (중국)
2019년도 외국인 신입생	(중국)	

우수한 외국인 대학원생을 유치하기 위해서는 무엇보다 해외 대학에 적극적인 홍보가 중요하다. 이를 위해 우수 외국인 선발을 위한 전담인력을 편성하고, 본 수학교산학부 대학원의 우수성을 알리는 홍보물을 제작/발송할 예정이다. 또한 정부 차원의 우수외국인 지원제도와 연계하여 국가장학생의 입학울 적극적으로 유도할 것이다. 본 대학원에 진학을 희망하는 외국학생들의 학업능력을 면밀히 평가하기 위해, 선발 과정에서 심층 면접 심사를 진행하고, 필요한 경우 개인적인 네트워크를 이용하여 지원자에 대한 피드백도 요구할 계획이다.

라. 교육 및 행정 인프라 향상

본 교육연구단은 수학 및 계산과학의 글로벌 전문가 양성과 해외 우수한 인재 확보 및 지도를 위해 지난 3년(2017-2019년도)동안 개설 과목 중 평균 72.4%의 영어 강의를 진행되었다.

2017-1학기 : 85.7% (영어 24 / 전공 28)	2017-2학기 : 60.0% (영어 15 / 전공 25)
2018-1학기 : 78.6% (영어 22 / 전공 28)	2018-2학기 : 70.8% (영어 17 / 전공 24)
2019-1학기 : 68.0% (영어 17 / 전공 25)	2019-2학기 : 68.2% (영어 15 / 전공 22)

향후에도, 영어강의를 권장하여 비율을 점진적으로 증가시킬 예정이다. 대학원생들의 영어 친숙도를 높이고, 진학을 고려 중인 외국인 학생들에게 우수한 교육여건을 제공할 것이다.

현재 모든 대학원생들이 학위 논문을 영어로 작성하고 있으나, 이 중 상당수가 영어에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이들의 외국어 논문 작성을 돕고, 학위논문의 수준을 높이기 위해, 대학차원에서 무료 교정 서비스를 제공하는 등 다양한 지원을 계획하고 있다. 또한, 계산과학공학 전공에서 영어논문작성법에 대한 정규과목(“논문작성법및발표” 교과목)을 개설/운영하고 있다.

6. 교육의 국제화 전략

6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

② 대학원생 국제공동연구 현황과 계획

<표 2-9> 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생(재학생 및 졸업생) 국제공동연구 실적

연번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYYMM)
	교육연구단		국외 공동연구자			
	대학원생	지도교수				
1	김강철	서진근	Bastian von Harrach	독일/Goethe-Universität	Applied Mathematics, Inverse Problems	201809-201810
2	김도현	박은재	Amiya K. Pani	인도/IIT Bombay	Non-standard FEM for the surface quasi-geostrophic equations	201909-201909
3	나혜선	이은정	Feng-Nan Hwang	대만/National Central University	FOSLL* for nonlinear hyperbolic PDEs	201911-202003
4	박근웅	이은정	Yi-Zhen Su	대만/National Central University	An iterative adaptively multiscale least-squares finite element method for convection-diffusion problems	201908-201912
5	서근택	강경근	Tongseok Lim	중국/Institute of Mathematical Sciences Shanghai Tech University	Uniqueness and characterization of local minimizers for the interaction energy with mildly repulsive potentials	201901-201908

연번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM- YYYYMM)
	교육연구단		국외 공동연구자			
	대학원생	지도교수				
6	이지훈	김세익	Cung The Ahn, Bui Kim My	베트남/Hanoi National University of Education	On the classification of solutions to an elliptic equation involving the Grushin operator	201612-201702
7	이지훈	김세익	Hongjie Dong	미국/Brown University	On conormal and oblique derivative problem for elliptic equations with Dini mean oscillation coefficients	201703-201802
8	이태용	이지현	Adrienne L. Jenner, Peter S. Kim	호주/University of Sydney	Application of control theory in a delayed- infection and immune- evading oncolytic virotherapy	201701-202001
9	이호준	최정일	Itzhak Fouxon	이스라엘/Hebrew University	선형 성층 유체 속의 구입 자 거동, 등방성 유체 속의 타원체 입자 거동	201705- 201808, 201808- 202001
10	현창민	서진근	Jae Kyu Choi	중국/Tongji University	Framelet pooling aided deep learning network	201903-201908

6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

② 대학원생 국제공동연구 현황과 계획

가. 대학원생 국제공동연구 현황

A. 장기 해외연수를 통한 국제 공동연구

나혜선 대학원생은 대만 National Central University 수학과에 3개월간 (2019.11.29. ~ 2020.03.02.) 방문하여 Feng-Nan Hwang 교수 및 Lab 대학원생과 함께 nonlinear hyperbolic partial differential equation에 대하여 Left preconditioner로서 LL*방법을 적용하는 알고리즘을 연구하였다. 현재 그 결과를 국제학술지에 게재하기 위해 논문 작성 중에 있다.

B. 해외학자의 학과 장기 방문을 통한 국제 공동연구

① Amiya K. Pani 교수 (IIT Bombay, 인도)는 1개월간 (2019.09.01. - 2019.09.30.) 본 학과를 방문하여 박은재 교수의 지도학생인 김도현 대학원생과 공동연구를 수행하였다. Surface quasi-geostrophic equation의 유한요소해석에 관련한 연구를 진행하였고, 관련 연구 결과들은 현재 논문으로 작성중이며, 국제 저명 학술지에 투고할 예정이다.

② 객원교수인 Dr. Fouxon (Hebrew University, 이스라엘)은 최근3년(2017-2019년도) 동안 총 11회 방문(방문시 1주일 체류)하였으며, 최정일교수 연구실의 이호준 대학원생과 공동연구를 진행하였으며, 실험성층 유체 속의 구입자 거동 연구결과를 저널에 게재하였으며, 등방성 유체 속의 타원체 입자 거동은 현재 국제학술지에 게재하기 위해 논문 작성 중에 있다.

③ Yi-Zhen Su (National Central University, 대만)는 이은정 교수 Lab을 4개월간 (2019.08.19. - 2019.12.13.) 방문하여 박근웅 학생과 함께 2차원 선형 대류-확산 방정식의 근사해를 일계 최소자승 유한요소법을 이용하여 찾는 방법에 대해 연구 했다. 현재 그 결과를 국제학술지에 게재하기 위해 논문 작성 중에 있다.

C. 해외 학자와의 국제 공동연구

① 서근택 대학원생은 Lim, Tongseok 교수 (ShanghaiTech University, 중국)와 협력연구 (2019.01 - 2019.08)를 통해 1차원에서 power-law type의 repulsive-attractive potential을 지닌 모델의 interaction energy가 특정 조건하에서 interaction energy의 최솟값의 유일성을 증명하였다. 이를 논문을 작성하여 현재 arXiv에 확인가능하며, 저널에 투고되어 심사 중에 있다.

② 이지훈 대학원생은 Dong, Hongjie 교수 (Brown University, 미국)와 협력연구 (2017.03 - 2018.02)를 통해 Dini mean oscillation coefficient를 갖는 elliptic equation의 conormal과 oblique derivative 문제에 대해 공동논문을 작성였고, 그 결과를 Indiana University Mathematics Journal에 투고한 결과 accept되어 현재 출판 과정 중에 있다.

③ 이지훈 대학원생은 Cug The Ahn 교수, Bui Kim My 박사 (하노이 사범대학, 베트남)과 협력연구 (2016.12 - 2017.12)를 통해 Grushin operator를 포함하는 elliptic equation의 classification을 주제로 온라인 채널을 이용하여 공동 연구를 진행하였다. 그 후 이에 대한 결과물로서 Complex Variables and Elliptic Equations에 논문을 게재하였다.

④ 이태용 대학원생은 Adrienne L. Jenner 박사 (Universite de Montreal, 캐나다), Peter S. Kim 교수 (University of Sydney, 호주)와 협력연구 (2017.01-2020.01)를 통해 면역회피 능력을 첨가한 Oncolytic 바

이러스를 이용하여 암을 제거하는 치료법에서, 최적의 스케줄을 설계하는 연구를 수행하였다. 그 결과를 국제학술지에 게재하였다.

⑤ 김강철 대학원생은 Bastian Von Harrach 교수 (Goethe-Universität, 독일)와 협력연구(2018.09.19 ~ 2018.10.07.)를 통해 딥러닝 기반의 EIT 영상복원 관련 연구를 진행하였으며, 그 결과를 국제학술지에 게재하였다.

⑥ 현창민 대학원생은 Jae Kyu Choi 교수 (Tongji University, 중국)와 협력연구 (2019.03.01.-2019.08.01.)를 통해 딥러닝에 framelet pooling의 개념을 도입하여 고차원의 이미지를 저차원으로 낮추고자하는 방식을 개발하였으며, 그 결과를 국제학술지에 게재하였다.

나. 대학원생 국제공동연구 향후 계획

▶ 참여교수 국제 공동연구 활성화

본 교육연구단 참여교수들은 해외학자와의 공동연구를 지속적으로 진행해오고 있다. 또한, 지도 대학원생과 공동연구를 수행할 수 있도록 학과초빙, 현지방문, 온라인 contact 등의 다양한 방법을 활용하고 있다. 향후에도 지도교수가 국제 공동연구를 수행하는 해외학자와의 인적 네트워크를 유지하면서 대학원생 국제 공동연구를 유도할 계획이다.

▶ 연구실 Lab 단위 학술 교류

참여교수들은 해외학자와의 공동연구를 연구실 Lab 단위의 학술교류로 발전시켜 상호방문 및 연구결과 공유 등을 통해 대학원생의 국제 공동연구를 활성화한다.

- 일본 동경대의 Yoshinori Gongyo 교수 Lab과 대학원생 상호교환 방문 및 공동연구 계획
- 일본 오사카의 Osamu Fujino 교수 Lab과 대학원생들의 연구 발표 및 포스터 발표 계획
- Boston 대학(미국) 방문하여 기하학그룹(Siu-Cheong Lau, Yu-Shen Lin 교수팀)과 연구교류 계획
- 대만 NCU 대학과의 연구자 상호 교류 및 joint-workshop 지속 추진

▶ 연구 분야별 해외학자 초청 세미나 정례화

대학원생의 해외학자와의 연계 기회를 제공하기 위해 연구 분야별(대수/해석/기하/응용수학/계산수학)로 초청 세미나를 정례화할 계획이다. 해외 연사 초청에 대학원생들의 의견을 충분히 반영하고, 콜로퀴움, 워크샵, 세미나 등의 행사에서 활발히 교류할 수 있도록 할 것이다.

▶ pre-Doc program 운영

국제 공동연구를 활성화하기 위한 구체적인 방안으로 연구학기의 대학원생에게 inbound와 outbound 양방향 교류 지원 프로그램을 운영할 계획이다. 소속 대학원생의 공동연구자 방문 또는 외국 학생의 사업단 방문을 통한 공동연구 지원이 핵심이다. 이는 다양한 국적의 우수인력을 유치하여 기초과학 연구 네트워크 구성 및 향후 공동 연구 추진에 기여할 것으로 기대된다.

▶ 집중 계절학기 개최 및 국제학술캠프 참여 독려

해외학자를 통한 단기집중교육이 가능한 계절학기를 개최하여 대학원생들이 초청 연사와의 교류를 유도할 계획이다. 또한, 국제적으로 연구 분야별 전문가 집단이 운영하는 국제학술캠프 또는 계절학교에 참가를 독려하고 참가경비를 지원하도록 한다.

6. 교육의 국제화 전략

6.2 외국인 교수 현황과 역할

6.2 외국인 교수 현황과 역할

가. 외국인 교수 현황

연세대학교 수학과(현 수학교산학부)에 외국인 교수로서 Cristian Virdol 교수가 2013년 3월 부임하여 본인의 전문연구영역에 대한 대학원 강의를 꾸준히 개설하여 왔으나, 대학윤리위원회의 결정으로 2018년 10월 퇴직하였다. 최근 3년(2017~2019년도) 기간 동안 Virdol 교수가 개설한 교과목은 다음과 같다.

- 2017-1학기 : 대수적 정수론 특강 (MAT9250)
- 2017-2학기 : 타원곡선이론 (MAT7280)
- 2018-1학기 : 대수적 정수론 I (MAT7230)

Virdol 교수는, 본 교육연구단 재직 시 10여 편의 논문을 우수 학술지에 게재하는 등 왕성한 연구활동을 펼쳤다. 또한, 연 1.5억원 가량의 국가연구비를 수주하는 실적을 올리기도 하였다.

나. 외국인 교수 부재에 대한 보완 방안

현재 본 교육연구단에는 외국인 전임교수가 소속되어 있지 않지만, 교과 강의 및 연구지도에서 외국인 교수가 담당할 수 있는 역할을 해외학자의 집중강연, 다수의 외국어강의 개설 등 대안을 통해 보완해 나가고 있다.

▶ 사업단 해외학자의 정규강좌 공동개설

본 사업단에서는 해외학자와 사업단 참여교수가 정규 과목을 공동으로 개설하여, 대학원생들이 전문적 지식 및 최신 전공 지식을 습득하게 함으로써, 전공분야에서 심도 있는 학습이 이루어지도록 하였다.

- (2018-2학기 정규강좌) John Kim 교수(UCLA), 과목명 : 난류이론

▶ 대다수 과목의 영어 강의 개설

본 교육연구단에서 개설되는 교과목 대다수는 영어로 운영되고 있다. 수학교산과학부에서는, 글로벌 전문가 양성과 해외의 우수 인재 확보 및 지도를 위해 지난 3년(2017~2019년도)간 개설 과목 중 평균 72.4%의 강의가 영어로 진행되었다.

2017-1학기 : 85.7% (영어 24 / 전공 28)	2017-2학기 : 60.0% (영어 15 / 전공 25)
2018-1학기 : 78.6% (영어 22 / 전공 28)	2018-2학기 : 70.8% (영어 17 / 전공 24)
2019-1학기 : 68.0% (영어 17 / 전공 25)	2019-2학기 : 68.2% (영어 15 / 전공 22)

다. 향후 계획

본 교육연구단은 외국인 교수 초빙을 위하여 다방면으로 노력 중에 있으나, 적임자를 찾는데 다소 어려움을 겪고 있다. 이는 본 수학교산학부 대학원이 높은 수준의 연구결과를 지향할 뿐 아니라, 향후 한국에 안정적으로 정착할 수 있는 조건을 갖춘 해외학자를 선호하기 때문이다. 앞으로 전담 인사위원회를 구성하고 지속적인 탐색 과정을 거쳐, 학과에 실질적인 도움을 줄 수 있는 외국인 교수를 채용하기 위해 힘쓸 것이다. 대학원생들의 수요조사를 통한 커리큘럼을 개발하고 이들 교과목과 해외학자의 전공분야/연구실적을 연계하여 임용 시 우선 조건으로 고려할 계획이다. 또한 학과구성원들 모두가 전공분야에

서 적합한 해외학자들을 탐색하고 직접 추천하는 제도를 갖추어, 외국인 학자들의 데이터베이스를 구축하고, 산학 및 국제협력의 기반을 마련할 것이다.

한편으로, 참여교수진들의 강의 및 연구지도에 국제화 요소를 강화함으로써 외국인 교수의 부재에서 오는 어려움을 극복할 수 있다. 특히 현재 많은 강좌가 영어로 진행(2017-2019학년도 수학교산학부 전공 교과목의 72.4%에 해당)되고 있고, 앞서 제시한 바와 같이 해외 석학들의 다양한 단기 집중 강연이 이루어지고 있다. 이렇게 이미 학과가 가지고 있는 자원들을 강화하고 늘려나간다면, 외국인 교수의 역할을 일부 대체할 수 있으리라 기대된다. 특히 해외학자들의 연구연가를 활용하여, 우리학과에 단기 고용하고, 정규과목 강의 및 대학원생 지도를 의뢰할 수 있도록 제도를 유연화 하는 한편, 이를 위한 충분한 재정을 안배할 것이다.

III. 연구역량 영역

1. 참여교육 연구역량

1.1 연구비 수주 실적 (별도 제출/평가)

<표 3-1> 최근 3년간(2017. 1. 1.~2019. 12. 31.) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항목	수주액(천원)			전체기간 실적
	2017. 1. 1.-2017. 12. 31.	2018. 1. 1.-2018. 12. 31.	2019. 1. 1.-2019. 12. 31.	
정부 연구비 수주 총 입금액	2,871,290	2,886,146	3,280,085	9,037,523
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	440,289	370,940	498,940	1,310,170
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	0	0
1인당 총 연구비 수주액	(Blank)			492,747
참여교수 수	21			

<표 3-1-1> 최근 3년간(2017.1.1-2019.12.31) 건축분야 건축학전공 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항목	수주액(천원)			전체기간 실적
	2017.1.1.-2017.12.31	2018.1.1.-2018.12.31	2019.1.1.-2019.12.31	
정부 연구비 수주 총 입금액	0	0	0	0
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	0	0	0	0
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	0	0
1인당 총 연구비 수주액	X			
참여교수 수				

1.2연구업적물

① 참여교수 대표연구업적물의 우수성

<표 3-2> 최근 5년간 참여교수 대표연구업적물 실적

연번	참여교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열(간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
1	강경근		이공계열	편미분방정식	저널논문	Kyungkeun Kang, Hwa Kil Kim, Jae-Myoung Kim	
						Existence of regular solutions for a certain type of non-Newtonian fluids	
						Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik	
						70(4), Art. 124	URL입력
						2019	https://doi.org/10.1007/s00033-019-1167-2
						10.1007/s00033-019-1167-2	

나비에-스톡스 방정식에서 점성이 상수가 아닌 변수인 경우, 특히 변형텐서에 의존하는 경우 비뉴턴 유체 방정식이라고 하는데, 이에 대한 연구는 뉴턴 유체 방정식에 비해 상대적으로 미진하였다. 이는 확산항의 비선형구조 때문인데 주로 약해나 강해의 존재성에 대해서 연구가 이루어졌지만 정칙화된 해의 존재성에 대한 연구는 미진하였다. 즉 초기 조건이 매우 부드럽다고 하더라도, 예를 들어 무한번 미분가능하고 유한한 에너지를 가지고 있다고 가정해도, 뉴턴 유체 방정식과 달리 일반적으로 짧은 시간 내에서 조차 초기조건과 같은 정칙성을 계속 유지하는지에 대한 답은 알려져 있지 않았다. 이 논문에서 초기 조건의 크기에 의존하여 최소한 짧은 시간 동안에는 해의 정칙성이 보장됨을 증명하였고 만약 초기 조건이 어느 특정한 함수공간에서 크기가 작은 경우라면 해의 정칙성이 모든 시간동안 보장됨을 보였다. 이러한 결과는 기존의 방법론과는 다른 새로운 접근 방식으로 도출한 것이며, 해당 연구 결과물은 Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik (IF=1.618, 응용수학 분야 상위 24.606%)에 게재되었다. 또한, 본 연구는 여타 비뉴턴 유체방정식과 연계된 방정식에도 적용될 수 있어 응용성이 클 것으로 예상된다.

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용
대표연구업적물의 우수성						
2	강경근		이공계열	편미분방정식	저널 논문	Kyungkeun Kang, Hideyuki Miura, Tai-Peng Tsai
						Green tensor of the Stokes system and asymptotics of stationary Navier-Stokes flows in the half space
						Advances in Mathematics
						323, 326-366
2018	https://doi.org/10.1016/j.aim.2017.10.031					
10.1016/j.aim.2017.10.031						
<p>반평면 공간상에서의 시간에 의존하지 않는 안정화된 나비에-스톡스 방정식에 대한 해의 점근적 특성을 연구하였다. 먼저 선형방정식인 스톱스 방정식에 대한 기존의 결과보다 개선된 근본해 (Green tensor)에 대한 점별 부등식을 구하였으며, 이를 이용하여 2차원 이상의 선형방정식에 대하여 3차원 이상에서는 작은 외력을 가진 비선형방정식에 대한 점근적 특성 및 표현 공식을 유도하였다. 또한 경계근처에서 no-slip 경계조건으로 기인한 감소율에 대해서도 연구하여 수직방향과 수평방향의 점근적 특성의 차이점에 대한 기존의 결과를 개선하였다. 상쇄효과를 가진 외력이 주어진 경우에는 전체공간이나 그 외의 부영역 공간에서 무한대 근방에서 근본해보다 빠르게 감소하는 해의 점근적 특성에 대해서도 연구하였다. 마지막으로 나비에-스톡스 방정식에 대한 비올볼 변칙 해가 반평면상에서 존재하지 않음을 보였는데 이는 반평면상에서 해의 점근적 특성이 전체공간이나 외부영역공간과는 다른 특성을 갖는다는 것을 확인시켜 주는 결과이다. 안정화된 스톱스 방정식에 대해서 유도해낸 근본해의 점별 부등식은 기존의 결과를 개선한 최선의 결과이며, 해당 결과물은 상기 저널 (IF=1.435, 수확분야 상위 13.535%)에 게재되었다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용
대표연구업적물의 우수성						
3	기하서		이공계열	수론	저널 논문	Haseo Ki, Yasushi Komori, Masatoshi Suzuki
						On the zeros of Weng zeta functions for Chevalley groups
						Manuscripta Mathematica
						148, 119-176
2015	https://doi.org/10.1007/s00229-015-0736-8					
10.1007/s00229-015-0736-8						
<p>이 논문의 정리는 매우 의미가 있다고 판단된다. 이미 여러 예에서 Weng 제타함수들이 리만가설을 만족함을 본 연구원과 여러 수학자들에 의해 확인이 되었고 일반적인 경우도 리만가설이 기대가 되었다. 이 정리는 매우 일반적인 경우에 Weng 제타함수들이 리만가설에 근접하는 결과이다. 이 정리를 얻기 위해서 사용된 방법은 크게 두 가지로 나뉜다. 첫 번째로, Weng의 제타함수들을 대수적으로 제어하기 위해서 Chevalley 군에서 Root system을 사용하였다. 이 과정에서 흥미로운 수학적 관측을 하였는데 그것은 어떤 fundamental domain의 부피가 Weng 제타함수의 계수로 나타나고 부피이기 때문에 양수이고 따라서 제로가 되지 않는다는 것이었다. 이 증명과정은 난해하다고 생각된다. 두 번째로, 대수적으로 제어된 Weng 제타함수를 영점의 정확한 위치를 알기 위해 해석적 방법이 필요하였다. Weng 제타함수가 대단히 복잡하기에 이 두 번째의 과정은 계산들의 규모가 매우 커지며 난해해진다. 이 어려움은 본 연구원이 다년간 축적했던 노하우로 극복할 수 있었다. 이 두 번째의 과정에서 흥미로운 수학적 관측이 있었으나 어떤 상수가 실수라는 사실로 복잡하여 구체적인 설명은 요약문에서는 생략한다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
4	기하서		이공계열	수론	저널 논문	Steven M. Gonek, Haseo Ki	URL입력
						Pair correlation of zeros of the real and imaginary parts of the Riemann zeta-function	
						Journal of Number Theory	
						186, 35-61	
						2018	https://doi.org/10.1016/j.jnt.2017.10.024
						10.1016/j.jnt.2017.10.024	
<p>해석적 정수론에서는 Siegel 영점문제를 오랫동안 추구하고 있었다. 1970년대 초반에 Montgomery는 리만가설을 가정하고 리만제타함수의 영점들의 간격의 분포가 Siegel 영점문제를 해결할 수 있음을 언급하였다. Montgomery는 Siegel 영점을 탐구하려고 PCC (pair correlation conjecture)라고 불리는 리만제타함수의 영점의 간격에 관한 중요한 예상을 생각했다. PCC를 가정하면 Siegel 영점문제를 해결할 수 있다고 것이 널리 알려졌는데 최근에 Conrey와 Iwaniec이 더 약한 가정위에서 해결되었다. 본 논문에서는 리만제타함수를 critical 축에서 왼쪽으로 이동하여 실수부나 허수부를 취한 리만제타함수의 변형의 영점들이 어떻게 거동하는가를 Montgomery의 pair correlation의 관점에서 고찰을 해보았다. Montgomery의 방법론과 Riemann, Polya, Debrujin으로 이어져오는 방법론을 도입하여 영점들의 거동을 수론적 관점에서 규명하였다. 이 논문에서 리만제타함수의 실수부 혹은 허수부를 왼쪽에서 critical 축까지 움직일 때 거동을 매우 상세하게 그리고 아름답게 기술할 수 있었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
5	김병한		이공계열	수리논리	저널 논문	John Goodrick, Byunghan Kim, Alexei Kolesnikov	URL입력
						Type-amalgamation properties and polygroupoids in stable theories	
						Journal of Mathematical Logic	
						15(1), 1550004	
						2015	https://doi.org/10.1142/S021906131550004X
						10.1142/S021906131550004X	
<p>본 논문은 모델론에서의 호몰로지 이론 개발과 관련한 여러 편의 논문 중 하나이다. 김병한 교수와 공동 연구자는 일반적인 category 또는 groupoid 개념을 고차원의 경우로 확장할 필요가 있었다. 즉, 이 일반화된 개념에선 morphism이 임의의 n개의 objects 상에 부여되고, composition rule이 n-ary가 된다. 특히 이는 n차 호몰로지 군이 0이 아닌 모든 stable 구조에 반드시 나타나게 되어 매우 canonical한 구조이자 정의인 것이다. 이는 기존의 이론, 특히 Jacob Lurie의 infinite category 이론과의 연계성이 있다. 이 논문은 수리논리 분야 최고의 저널인 Journal of Mathematical Logic (IF=1.000, 논리학 분야 상위 7.500%)에 게재되었고, 이 개념을 사용하여 후속 연구로 모델론에서의 고차 호몰로지군과 호모토피군의 연계성인 Hurewicz correspondence를 증명할 수 있었다. 이의 증명만 3개 논문을 통해 100페이지 이상이다. 해당 결과물은 2014년 세계수학자대회(ICM)의 Logic and Foundation 섹션에 120년 역사상 동양인 최초로 초청강연에서 발표되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용
대표연구업적물의 우수성						
6	김병한		이공계열	수리논리	저널 논문	Byunghan Kim
						On the number of countable models of a countable NSOP1 theory without weight ω
						Journal of Symbolic Logic
						84(3), 1168-1175
					URL입력	
					2019	https://doi.org/10.1017/jsl.2019.47
					10.1017/jsl.2019.47	
<p>이 논문은 70년대에 제기된 Lachlan 예상의 최적치 결과를 담고 있다. 즉 '주어진 가산(countable) 크기구조(모델), elementary equivalent한 가산 모델의 수가 유한개라면, 그 구조에서 무한사슬을 가지는 순서구조를 찾을 수 있다'는 예상이다. 예를 들어 $(\mathbb{Q}, <)$에 N의 원소들을 상수로 가지는 구조는 모두 3개의 기초 동등한 가산 구조를 가진다. 이 예상은 틀렸을 것이라 보고 있으나 아직 반례는 없다. Lachlan 자신은 70년대 초 이러한 모델은 super-stable (예를 들어 대수적완전체)일 수 없다는 것을 보였다. 김병한 교수는 90년대에 안정구조를 포함하는 단순 구조들에 대한 자신의 연구를 통해 해당 구조들이 super-simple일 수도 없다는 확장 결과를 얻었다. 20년이 더 지난 최근에 그가 제안한 Kim-independence 개념으로 모든 단순구조를 포함하는 NSOP1 구조들에 대한 연구가 시작되었고, 김병한은 자신의 결과를 super-NSOP1인 경우까지 확대한 것이다. 해당 결과물은 수리논리 분야 핵심 고전 문제이기에 가장 오랜 전통 있는 저널인 Journal of Symbolic Logic에 투고하여 게재되었다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용
대표연구업적물의 우수성						
7	김세익		이공계열	편미분방정식	저널 논문	Hongjie Dong, Luis Escauriaza, Seick Kim
						On C1, C2, and weak type-(1,1) estimates for linear elliptic operators: part II
						Mathematische Annalen
						370(1-2), 447-489
					URL입력	
					2018	https://doi.org/10.1007/s00208-017-1603-6
					10.1007/s00208-017-1603-6	
<p>이 논문에서는 타원형 편미분방정식의 계수와 데이터가 디니 평균진동일 때 편미분방정식의 해가 국소적으로 C1 또는 C2 임을 증명하였다. 현 연구결과는 이를 보다 확장한 것으로 디리클레 경계조건하에서 타원형 편미분방정식의 해가 대역적으로 C1 또는 C2 임을 보인 것이다. 보다 자세히 설명하면 발산형 타원형의 방정식의 경우에는 이차항의 계수가 디니 평균진동이고 저차항과 데이터가 적절한 함수공간에 속할 때 디리클레 경계조건 하에서 구한 약해가 대역적으로 C1 임을 증명하였고, 비발산형 타원형 방정식의 경우에는 상응하는 가정 하에서 구한 강해가 대역적으로 C2 임을 밝혔다. 이는 Schauder 이론의 연장선상에 있는 것으로서, 매우 활용도가 높을 것으로 예상된다. 참고로 Schader 이론은 비발산형 방정식의 경우 계수가 Hölder 연속이면 해의 이차도함수도 Hölder 연속이라는 것으로서, 타원형 편미분방정식 이론의 토대를 이루는 내용 중 하나이다. 이 결과가 출판된 Mathematische Annalen (IF=1.356, 수학 분야 상위 15.127%)은 Felix Klein, David Hilbert, Otto Blumenthal 등 당대 최고의 수학자들이 에디터를 맡아 온 전통있는 저널이다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
대표연구업적물의 우수성							
8	김세익		이공계열	편미분방정식	저널 논문	Seick Kim, Georgios Sakellaris	
						Green's function for second order elliptic equations with singular lower order coefficients.	
						Communications in Partial Differential Equations	
						44(3), 228-270	URL입력
						2019	https://doi.org/10.1080/03605302.2018.1543318
<p>특이 저차항을 포함하는 발산형 타원형 편미분 연산자의 그린 함수에 대한 최신 연구 결과를 소개하였다. 방정식의 이차항 계수는 단지 측도가 높고 고등 타원형 조건만을 만족시킨다고 가정할 때 저차항의 계수가 어떤 조건을 만족하여야 그린 함수가 존재하며 라플라스 연산자의 그린 함수에 해당하는 유계를 가질 것인가라는 질문을 할 수 있다. 예를 들어 저차항이 유계이고 최댓값 정리를 만족시킨다면 가능하다는 것은 잘 알려져 있으나, 저차항의 계수가 임계 르베그 공간에 속할 때도 가능한지는 알려지지 않았다. 본 논문에서는 저차항의 계수가 임계 르베그 공간에 속하면서 동시에 최댓값 정리를 만족시킨다면 그린 함수가 존재하고, 이 경우 라플라스 연산자의 그린 함수에 상응하는 점값 계측이 성립함을 증명하였다. 이는 임계 상황에서 최적의 결론이다. 또한 이차항의 계수가 디니 평균진동이라면 그린 함수의 도함수도 일반적 유계를 가짐을 보였다. 그린 함수에 대한 결과는 활용도가 매우 높으며, 상기 결과는 특이 저차항을 가지는 방정식의 연구에 널리 활용될 것으로 예상된다. 이 결과는 편미분방정식 분야의 최고 저널인 Communications in Partial Differential Equations (IF=1.239, 수학 분야 상위 18.949%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
대표연구업적물의 우수성						
9	김정훈		이공계열	금융수학	저널 논문	Jeong-Hoon Kim, Ji-Hun Yoon, Jungwoo Lee, Sun-Yong Choi
						On the stochastic elasticity of variance diffusions
						Economic Modelling
						51, 263-268
						<p>https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.08.011</p>
<p>본 연구에서는 S&P500의 변동성에 대한 연구를 통해 글로벌 금융위기의 정점에서 레버리지 효과 (자산의 수익률과 변동성 사이의 음의 상관관계)가 성립하지 않는 특이현상을 발견하였고, 이를 효과적으로 설명하기 위해 '확률분산탄성'이라는 변동성 개념을 최초로 학계에 도입하였다. 이 변동성은 숨어있는 확률과정만의 함수가 아닌 자산의 가격까지 독립변수로 포함하는 함수이다. 이 개념에 근거하여 파생상품의 공정가격 결정을 위한 새로운 변동성모형을 수립함으로써 앞으로 다가올 금융시장의 시스템적 위험을 효과적으로 관리하기 위한 하나의 혁신적 수단을 제공할 수 있다. 이와 같은 연구 결과를 경제문제의 모형화 관련 고급 전문저널 중 하나인 Economic Modelling (SSCI 저널, IF=2.056)에 제출하여 2015년도에 출판하였다. 또한, 여기서 개발된 확률변동성 모형을 사용하면 옵션의 공정가격에 대한 매우 간단한 (따라서 빠르게 계산할 수 있는) 해석적 공식을 유도할 수 있음이 후속 연구에서 밝혀졌다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
10	김정훈		이공계열	금융 수학	저널 논문	Min-Ku Lee, Sung-Jin Yang, Jeong-Hoon Kim	URL입력
						A closed form solution for vulnerable options with Heston's stochastic volatility	
						Chaos, Solitons & Fractals	
						86, 23-27	
						2016	
10.1016/j.chaos.2016.01.026							
<p>위험자산의 변동성이 Black-Scholes 모형처럼 상수이거나 또는 결정적 함수가 아닌 확률과정이라고 할 때 대표적으로 사용되는 모형인 Heston 모형이다. 이 모형은 유투퍼안 옵션의 공정가격에 대한 해석적 공식 (적분공식)을 제공하기 때문에 많이 활용되고 있다. 본 논문에서는 옵션매도자의 디폴트 위험이 존재하는 옵션에 대해서도 해석적 공식을 구하였다. 이와 같이 Heston의 공식을 확장함으로써 글로벌 금융위기 및 유럽 재정위기 이후 더욱 중요해진 디폴트 위험을 보다 쉽게 관리하는데 중요한 공헌을 할 수 있을 것으로 판단한다. 본 연구 결과는 이공계에서 금융연구를 많이 수행하는 수리물리학 저널인 Chaos, Solitons & Fractals (IF=3.064, 수리물리학 분야 상위 4.545%)에 게재되었다. 이 논문의 우수성에 대한 하나의 증거로서 2016년 1월 2일 제출하여 같은 달 1월 29일 게재승인 됨으로써 제출 후 단 27일 만에 게재가 확정되었으며, 학계에서 관심을 받아 현재까지의 총 피인용횟수는 18회 (Google Scholar 기준)이다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
11	김준일		이공계열	복소/조화 해석	저널 논문	Joonil Kim	URL입력
						Multiple Hilbert transforms associated with polynomials	
						Memoirs of American Mathematical Society	
						237(1119), 1-124	
						2015	
10.1090/memo/1119							
<p>스타인 학파 수학자들은 특이적분론을 편미분방정식, 복소함수론, 에르고딕 이론, 웨이브렛 등에 응용하며, 다중매개변수 특이적분론으로 발전시켰다. 이 특이적분의 핵심 모델인 더블 힐버트 변환의 성질이 2000년 초 뉴턴 다면체로 기술되었지만, 높은 차원인 트리플 이상에서는 10년간 결과가 없었다. 이 논문에서는 멀티플 힐버트 변환과 뉴턴 다면체와의 관계를 규명하였다. 이 논문은 이전 방법과는 다른, 조합론과 볼록 기하학적 구조를 이용한 혁신적인 계산과정을 담고 있는 124페이지 장편 논문이다. 이 결과는 분야의 선구자인 스타인 교수로부터 찬사를 받았다. 핵심 방법은 다항식의 크기를 다면체의 서포팅 면을 이용해 측정하는데, 이는 기계학습과 선형프로그래밍, 최적화문제에서의 서포팅벡터를 통한 크기분류와 같은 아이디어를 사용한다. 해당 연구결과물의 출판 저널인 Memoirs of the American Mathematical Society (IF=2.297, 수학 분야 상위 3.981%)는 장편 논문이 출판되는 권위 있는 저널이다. 본 연구 결과는 학계에서도 인정받아 2015 대한수학회 논문상을 수상하였다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/보건/ 체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
12	김준일		이공계열	복소 /조화 해석	-		
							URL입력

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/보건/ 체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
13	박은재		이공계열	수치 해석	저널 논문	Dong-wook Shin, Younghun Kang, Eun-Jae Park	
						C0-Discontinuous Galerkin Methods for a Wind-Driven Ocean Circulation Model: Two-Grid Algorithm	
						Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering	
						328, 321-339	URL입력
						https://doi.org/10.1016/j.cma.2017.08.034	
						2018	
						10.1016/j.cma.2017.08.034	

해양에서 해수의 대규모적인 운동을 연구하는 데 이용되는 준지형류 방정식은 4계 비선형 타원형 방정식으로 기술된다. 본 연구에서는 기존 방법들에서 사용했던 1계 미분까지 연속인 기저함수를 사용하지 않고, 단지 연속인 기저함수에 대하여 패널티 안정화기법을 고안함으로써 낮은 차수의 기저함수로도 문제를 해결할 수 있도록 방법을 최초로 제안하였다. 특히, 비선형 문제에 대하여 근사해의 유일성과 존재성을 fixed point argument를 사용하여 증명하였으며, 엄밀한 오차해석을 수행했다. Energy norm에 대하여 최적의 수렴 속도를 얻을 수 있다는 것을 증명했으며 수치 실험을 통해 이론을 검증하였다. 또한 two-grid algorithm을 제안하여 기존 방법보다 효율적으로 계산할 수 있으며, 최적의 수렴 속도는 유지되는 것을 보였다. Benchmark 문제인 실제 지중해연안 예제 테스트를 통하여 복잡한 형태의 계산영역과 비정렬 메쉬에서도 이 방법이 잘 적용된다는 것을 확인하였다. 본 연구 결과는 학제간 수학분야의 최고 권위 국제학술지 Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering (IF=4.821, 학제간 수학 분야 상위 1.429%)에 게재되었다.

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용		
						대표연구업적물의 우수성		
14	박은재		이공계열	수치 해석	저널 논문	Lina Zhao, Eun-Jae Park	URL입력	
						A Staggered Discontinuous Galerkin Method of Minimal Dimension on Quadrilateral and Polygonal Meshes		
						SIAM Journal on Scientific Computing		
						40(4), A2543-A2567		
						2018		https://doi.org/10.1137/17M1159385
						10.1137/17M1159385		
<p>유한요소법은 유체역학, 탄성역학, 전자기학 등을 지배하는 편미분 방정식 문제를 수치적으로 푸는 대표적인 방법이며 엄밀한 수학적론과 함께 발전하였으나, 지난 연구는 삼각형 또는 사각형 메쉬에 제한되어 있었다. 이 분야의 오랜 숙원은 일반 폴리곤 메쉬에서 작동 가능한 유한요소법을 개발하고 이에 기반한 효율적인 수치 알고리즘을 고안하는 것인데 이는 행잉노드, 불규칙한 메쉬 모양, 프랙처, 크랙 등 기존의 많은 난제들을 비교적 쉽게 다룰 수 있는 프레임 워크를 제공하기 때문이다. 본 연구에서는 스테거드 기법에 기반한 새로운 형태의 불연속 갤러킨 패러다임을 제안 하였다. 포아송 모델방정식에 대하여 일반적인 폴리곤 메쉬에서 작동하는 새로운 유한요소 프레임워크를 제시하였다. 요소망 왜곡과 행잉노드에 영향을 받지 않는 효율적이고 신뢰도 높은 새로운 방법임을 증명하였다. 또한, 본 연구에서 제공하는 패러다임을 활용하여 기존의 유한체적법의 문제를 체계적으로 연구할 수 있게 되었고, 엄밀한 수학적론의 정립 및 새로운 adaptive algorithm의 고안이 가능하게 되었다. 본 연구 결과는 과학계산 분야 최상위 학술지인 SIAM J. Scientific Computing (IF=2.310, 응용수학 상위 12.008%)에 게재되었다.</p>								

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
15	서수길		이공계열	수론	저널 논문	Soogil Seo	URL입력
						On the conjectures of Gross and Leopoldt	
						Mathematical Research Letters	
						22(5), 1509-1540	
						2015	
10.4310/MRL.2015.v22.n5.a11							
<p>본 논문에서는 수론에서 기본적인 두 가설인 그로스 가설 (Gross conjecture)과 레오폴트 가설 (Leopoldt conjecture)의 상관관계에 대하여 연구를 하였다. 이 논문의 목표는 크게 두 가지로서, 첫 번째는 레오폴트 가설이 원분 Z_p 확대(cyclotomic Z_p-extension)의 p-유닛들의 콤팩트 모듈에 대하여 힐베르트 정리 90을 함축함을 보였고, 두 번째는 일반화된 그로스 가설하에서 상기 콤팩트 모듈에 대한 힐베르트 정리 90이 레오폴트 가설과 동치임을 증명하였다. 증명 도구로서 유니버설 norms 성질을 만족하는 유닛군들의 코호몰로지군 (cohomology group)의 기본성질과 역극한 (inverse limits)의 완전성 (exact-functor)를 성립시키는 조건, 특히 콤팩트 위상군, 이외의 다양한 조건을 이용하여 두 가설들을 연구하였다. 이 논문은 뒤에 두 가설을 하나의 통합된 가설을 태동시키는 기본적인 아이디어를 제공하며, 두 가설들의 본질적인 내용을 분석하여 비교 연구하였다. 해당 연구 결과물이 출판된 Mathematical Research Letters는 수론 분야의 우수한 논문이 실리는 저널이다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
16	서수길		이공계열	수론	저널 논문	Soogil Seo	URL입력
						On the towers of torsion Bertrandias and Payan modules	
						Israel Journal of Mathematics	
						221(2), 563-583	
						2017	https://doi.org/10.1007/s11856-017-1556-1
						10.1007/s11856-017-1556-1	
<p>본 논문에서는 주어진 수체 k와 소수 p ($p \neq 2$)에 대하여, 고전적인 p-class 체의 탑(field tower) 문제에서 p-class 군을 Bertrandias-Payan의 Z_p 부분 교임군 (Z_p-torsion subgroup)으로 교체한 유사 문제를 다루었다. 참고로 Bertrandias-Payan 모듈은 대수적 이와사와 이론 (Iwasawa theory)에서 등장하며, 상기 (k, p) 쌍에 대한 레오폴트 가설의 타당성에 대한 충분조건을 연구하기 위해 도입되었다. 본 논문에서는 주어진 수체 k와 그 수체 상의 소수들의 유한집합 S (혹은 $S = \{p\}$)에 대하여 최대가환 S-분지 갈루아 확장체 (maximal abelian unramified outside S)와 무한 p-차수의 확장이 가능한 수체들을 합성한 Bertrandias-Payan 수체에 관하여 연구하였다. 특히 S가 공집합인 경우는 수론의 기본 문제 중 하나인 힐베르트 유체문제 (Hilbert class tower problems)로 귀착된다. 증명의 핵심 도구는 코호몰로지 이론이며, 특히 포이투-테이트 수열 (Poitou-Tate 9-term exact sequence)을 주요 방법으로 사용하였다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
17	서진근		이공계열	연속체역학	저널 논문	Hyoung Suk Park, Jae Kyu Choi, Jin Keun Seo	URL입력
						Characterization of Metal Artifacts in X-ray Computed Tomography	
						Communications on Pure and Applied Mathematics	
						70(11), 2191-2217	
						2017	https://doi.org/10.1002/cpa.21680
						10.1002/cpa.21680	
<p>1970년대 의료용 전산화단층촬영(CT: Computed Tomography)가 Cormack와 Hounsfield (1979년 노벨상 수상)에 의해 개발된 이래로 40년이 지난 지금까지 해결되지 않은 대표적인 난제는 금속물에 의해 발생하는 artifact를 제거하는 것이다. 이 문제가 난제인 이유는 CT 알고리즘이 수리모델과 데이터 간의 미스매치가 심각하고, 데이터가 금속물질의 기하학적인 구조에 따라 비선형적으로 변하기 때문이다. 본 논문은 세계 최초로 금속물에 의한 비선형적인 영상왜곡을 수학공식으로 표현하였다. 영상왜곡을 microlocal analysis 이론 (Hölmänder theory)의 wavefront set을 사용하여 분석하였고, metal streaking artifact의 존재하는 필요충분조건을 수학적으로 엄밀하게 규명하였고, metal streaking artifact가 생성되는 요인과 지점을 특정하였다. 본 연구 결과는 수학 분야 최상위 학술지인 Communications on Pure and Applied Mathematics (IF=3.138, 수학분야 상위 2.070%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적들의 우수성	
18	서진근		이공계열	연속체역학	저널 논문	Jin Keun Seo, Kang Cheol Kim, Ariungerel Jargal, Kyoungun Lee, Bastian Harrac	URL입력
						A Learning-Based Method for Solving Ill-Posed Nonlinear Inverse Problems: A Simulation Study of Lung EIT	
						SIAM Journal on Imaging Sciences	
						12(3), 1275-1295	
2019	https://doi.org/10.1137/18M1222600						
						10.1137/18M1222600	
<p>본 연구는 불량 설정 (ill-posed) 역 문제를 해결하기 위한 새로운 접근법을 제안하여, 심폐기능을 영상화하는 전기 임피던스 단층 촬영 (EIT: Electrical Impedance Tomography)에 이 방식을 적용하였다. EIT 문제는 대표적인 ill-posed 역 문제로 다루기 매우 어려운 역 문제로 알려져 있다, 지난 30년간 페널티 기반 정규화 방법을 ill-posed 문제를 처리하는 데 사용되었으나, 기존 결과는 영상 기능 추정에 대한 사전 지식을 활용하는 방법론적인 한계를 보여 주었다. 제안된 방법은 기존의 접근 방식과 패러다임이 전혀 다른 독창적인 방식으로써, 본 연구에서는 딥러닝 방법인 variational autoencoder (VAE) 기술을 이용하여 영상의 주요 특징을 반영하는 저차원 표현을 생성하였다. 본 연구 결과는 응용수학 분야 최상위 학술지인 SIAM Journal on Imaging Sciences (IF=2.514, 응용수학 분야 상위 8.071%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적들의 우수성	
19	손재범		이공계열	수론	저널 논문	Bruce C. Berndt, Soon-Yi Kang, Jaebum Sohn	URL입력
						Finite and infinite Rogers-Ramanujan continued fractions in Ramanujan's lost notebook	
						Journal of Number Theory	
						148; 112-120	
2015	https://doi.org/10.1016/j.jnt.2014.09.019						
						10.1016/j.jnt.2014.09.019	
<p>인도의 천재수학자인 라마누잔 (Ramanujan)은 수론분야 특별히 partition function 및 continued fraction 관련 분야에 많은 업적을 남겼다. 본 논문에서는 라마누잔이 죽기 전에 남겼던 우리가 소위 Ramanujan's lost notebook 이라 부르는 노트에 적어놓았던 연분수에 관련된 몇 가지 미해결 항등식들을 증명한 결과를 포함하고 있으며 그 내용을 처음으로 증명하였다는 점에서 의미가 있다. 한편 우리가 Ramanujan's class invariant 라고 부르는 값들은 H. Weber가 Hilbert class fields 를 생성하기 위해 주로 계산하였고 algebraic number fields 의 generator 와도 연관되어 있는 등 수론 분야에서 중요하게 다뤄지고 있는 개념이다. 이 논문에서는 우리가 흔히 로저스-라마누잔 연분수(Rogers-Ramanujan continued fraction) 라고 부르는 연분수의 특정한 모양을 활용하여 Ramanujan's class invariant 값을 계산할 수 있는 항등식을 기존에 알려진 방법이 아닌 라마누잔이 얻었을 것으로 추정되는 방법으로 새롭게 증명한 결과도 포함하고 있다.</p>							

연번	참여자 교수명	연구자 등록 번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
20	손재범		이공계열	수론	저널 논문	Jongsil Lee, James Mc Laughlin, Jaebum Sohn	URL입력
						Applications of the Heine and Bauer-Muir transformations to Rogers-Ramanujan type continued fractions	
						Journal of Mathematical Analysis and Applications	
						447, 1126-1141	https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2016.10.052
2017	10.1016/j.jmaa.2016.10.052						
<p>현재까지 알려진 가장 유명한 연분수는 1894년에 L. J. Rogers가 그리고 1913년을 전후로 S. Ramanujan 에 의해 언급된 우리가 흔히 로저스-라마누잔 연분수(Rogers-Ramanujan continued fraction)라 부르는 연분수일 것이며 이 연분수는 수론, string theory 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이 논문에서는 이 연분수의 일반화된 버전 또는 이 연분수와 유사한 모양의 연분수들을 얻어내는 과정에서 주로 사용하던 삼항 관계식(three term recurrence relation)의 방법이 아닌 Bauer-Muir transformation 방법과 Heine transformation 이라는 방법을 활용하여 여러 가지 알려진 내용들을 새롭게 증명하였다. 한편 이와 같은 증명방법의 응용적 측면에서 basic hypergeometric series의 quotient 로 표현되는 모양의 연분수를 새롭게 얻어내기도 하였고 또한 무한 곱들의 quotient 로 표현되는 새로운 연분수를 추가로 얻어내기도 하는 등 기존에 없던 다수의 새로운 항등식들을 얻은 결과이다. 어떤 모양이 연분수로 표현되는지 여부는 수렴속도의 관점에서 중요하게 생각하는 문제이다.</p>							

연번	참여자 교수명	연구자 등록 번호	이공계열/ 인문사회 계열 (간호/ 보건/ 체육/ 기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
21	신원용		이공계열	기타 전자 정보 통신 공학	저널 논문	Adeel Malik, Sung Hoon Lim, Won-Yong Shin	URL입력
						On the Effects of Subpacketization in Content-Centric Mobile Networks	
						IEEE Journal on Selected Areas in Communications	
						36(8), 1721~1736	https://doi.org/10.1109/JSAC.2018.2844616
2018	10.1109/JSAC.2018.2844616						
<p>무선 데이터 캐싱 기술은 미래 무선 네트워크의 지속가능성을 유지하는데 있어 매우 중요한 역할을 하는데, 본 논문에서는 사용자가 빠르게 이동하는 실제적인 모바일 무선 네트워크에서 서브패킷화(subpacketization)와 MDS(maximum distance separable) 부호화를 사용한 캐싱 기술을 세계 최초로 제안하였다. 또한, 제안한 방법이 시스템 용량-지연 trade-off의 order 측면에서 최적임을 보였다. 기존 대부분의 무선 데이터 캐싱에 대한 연구는 사용자가 정적인 네트워크 모델링 하에서 수행된 반면, 본 논문에서는 사용자가 이동하는 환경을 고려한 보다 도전적인 연구를 수행했다는 독창성이 있다. 뿐만 아니라 제안한 방법의 용량-지연 trade-off를 엄격하게 분석하고 이를 수치적으로 검증하였다. 따라서 제안한 결과물은 이론적/학문적으로 의미가 있으며, 상용화 가치가 높을 것으로 판단된다. 그 결과 해당 결과물은 정보통신분야 최고의 저명학술지인 IEEE Journal on Selected Areas in Communications(IF=9.302, 전기전자분야 상위 3.947%)에 게재되었고, 한국통신학회에서 발표된 본 논문의 초기 결과물은 무선논문상을 수상하였다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
22	신원용		이공계열	기타 전자/정보통신공학	저널 논문	Won-Yong Shin, Vien V. Mai, Bang Chul Jung, Hyun Jong Yang	URL입력
						Opportunistic Network Decoupling with Virtual Full-Duplex Operation in Multi-Source Interfering Relay Networks	
						IEEE Transactions on Mobile Computing	
						16(8), 2321-2333	
						2017	https://doi.org/10.1109/TMC.2016.2614979
						10.1109/TMC.2016.2614979	
						<p>무선 네트워크에서의 간섭은 다중사용자 통신 시스템에서 해결해야 할 중요한 문제로 고려되어 왔다. 다-대-다 채널에서의 간섭 완화는 간섭 제거, 간섭 정렬 등의 방법을 사용하여 수행되어 왔지만, 다수 개의 중계기가 존재하는 KxNxK 채널과 같은 협업 통신 환경에서의 간섭 완화 방법 및 분석에 대해서는 학계에서 연구가 거의 진행되어 오지 않았다. 본 논문에서는 중계기 사이에 간섭 링크가 존재하는 실제적인 KxNxK 채널에서 “기회적 네트워크 디커플링” 기술을 제안하였고, 이를 통해 최적의 시스템 용량 달성이 가능함을 세계 최초로 이론적으로 규명하였다. 뿐만 아니라 최적 용량 달성을 위한 이론적으로 유도한 중계기 스케일링 법칙을 수치적으로 검증하였다. 제안한 결과물은 이론적/학문적으로 의미가 있으며, 실제적인 차세대 협업 통신 환경 모델링을 수행하였기에 상용화 가치도 높을 것으로 판단된다. 그 결과 해당 결과물은 컴퓨터과학/정보통신분야 최고의 저명학술지인 IEEE Transactions on Mobile Computing (IF=4.474, 컴퓨터/정보시스템분야 상위 8.710%)에 게재되었다. 또한, 특허에도 등록 (등록번호: 10-1381557)되어 향후 기술이전을 통한 상용화도 가능하리라 판단된다.</p>	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
23	양민석		이공계열	편미분방정식	저널 논문	Youngwoo Koh, Minsuk Yang	URL입력
						The Minkowski dimension of interior singular points in the incompressible Navier-Stokes equations	
						Journal of Differential Equations	
						261(6), 3137-3148	
						2016	https://doi.org/10.1016/j.jde.2016.05.020
10.1016/j.jde.2016.05.020							
<p>나비어-스톡스 방정식의 약해의 정칙성을 판정하는 것은 편미분방정식에서 가장 중요하고 어려운 문제 중의 하나인데, 약해가 정칙성을 갖지 못하는 점을 특이점이라 부른다. 정칙성을 이해하기 위해 가능한 특이점에 성질에 대한 많은 연구가 이루어졌는데, 이 논문에서는 특이점의 기하적인 분포 특징을 반영하는 Minkowski 차원에 대해 연구하였다. 희박한 집합을 측정하는 데 흔히 Hausdorff 차원의 개념이 사용되는데 Minkowski 차원은 더 강한 의미를 갖고 더 측정하기 어렵다. Minkowski 차원을 향상시키기 위해서 그 목적에 적합한 약해의 정칙성을 판정하는 방법이 개발되어야 하는데, 이 논문에서 제시한 기존의 고정관념을 깨는 독창적인 아이디어로 기존에 알려진 결과를 넘어서는 가장 앞선 계측을 얻었다. 뿐만 아니라 이 논문에서 제시한 방법을 증명하는 데 중요하게 사용된 아이디어는 여러 연구자들의 후속 연구에 활용되어 더 향상된 결과를 얻는데 중요한 역할을 하였다. 해당 결과물은 Journal of Differential Equations (IF=1.938, 수학 분야 상위 5.892%)에 게재되었으며, 총 피인용횟수는 13회 (Google Scholar 기준)이다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
24	양민석		이공계열	편미분방정식	저널 논문	Hi Jun Choe, Joerg Wolf, Minsuk Yang	URL입력
						A new local regularity criterion for suitable weak solutions of the Navier-Stokes equations in terms of the velocity gradient	
						Mathematische Annalen	
						370, 629-647	
						2018	https://doi.org/10.1007/s00208-017-1522-6
						10.1007/s00208-017-1522-6	

나비에-스톡스 방정식의 약해의 정칙성을 판정할 수 있는 추가적인 조건을 찾는 많은 연구가 이루어졌다. 그 결과로 다양한 판정법의 개발이 이루어졌고 가능한 판정법의 조건을 약화시켜서 최대한 많은 점에서 약해가 정칙성을 갖도록하고 특이점을 최소화하려는 많은 노력이 여러 수학자들에 의해 이루어져왔다. 그 중에서 가장 중요한 판정법의 하나는 Caffarelli-Kohn-Nirenberg (CKN)가 개발한 판정법이다. 이 논문에서는 CKN 판정법보다 더 약한 조건에서도 정칙성을 보일 수 있다는 것을 증명하였다. 이 결과로 특이점이 집합적으로 기존에 알려진 것보다 더 적다는 것을 확인할 수 있었다. 이 논문에서 제시된 새로운 판정법을 증명하기 위해서는 기존에 알려진 부등식 등을 최대한 정밀하게 가다듬고 효율적으로 활용할 수 있어야 한다. 따라서 증명 과정에 보여지는 부등식들이 다른 연구에도 유익하게 활용될 수 있다. 뿐만 아니라 수리유체 방정식의 해석적 이해의 핵심은 압력에 대한 이해인데, 이 논문에서 새로운 방법으로 압력을 분해하여 더 잘 이해할 수 있는 가능성을 제시하였고 여러 연구자들의 후속 연구에도 활용되고 있다. 해당 결과물은 Mathematische Annalen (IF=1.356, 수학 분야 상위 15.127%)에 게재되었다.

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
25	이승철		이공계열	확률적극한이론	저널 논문	Chang Min Hyun, Hwa Pyung Kim, Sung Min Lee, Sungchul Lee, Jin Keun Seo	URL입력
						Deep learning for undersampled MRI reconstruction	
						Physics in Medicine & Biology	
						63(13), 135007	
						2018	https://doi.org/10.1088/1361-6560/aac71a
						10.1088/1361-6560/aac71a	

Magnetic Resonance Imaging (MRI)는 인체 내부를 비 침습적이면서 고화질로 얻을 수 있는 의료 영상인데, 촬영시간이 길어 의료수가가 비싸지고 또한 환자에게 매우 고통스런 시간이 된다. 이러한 이유로 촬영시간을 줄이는 것은 중요한 이슈인데, 언더 샘플링 (undersampling)된 영상을 획득 및 재구성하여 고화질 영상에 준하는 영상을 획득하는 방법이 사용된다. 영상 재구성은 종래에는 압축 센싱이 사용되었는데, TV를 최소화하여 영상을 복원한다. 하지만 이 방법은 영상의 미세한 공간 변화를 지우는 근본적인 단점이 있어, 초기 암 등 중요한 작은 병체를 찾는 것이 핵심인 의료영상 분야의 특성상 임상에 투입하는데 큰 어려움이 있다. 본 연구는 딥러닝과 under-sampled MRI를 정교하게 연결하여 기존의 결과보다 우수한 성능을 가진 영상복원 방식을 얻었다. 이결과는 Physics in Medicine & Biology 저널 (IF=3.030)의 2018 Highlights collection에 선정되는 영예를 얻었으며, 관련 특허를 국내와 미국에 출원하였다. 또한, 학계에서 많은 관심을 받아 현재까지의 총 피인용횟수는 77회 (Google Scholar 기준)이다.

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용		
						대표연구업적물의 우수성		
26	이승철		이공계열	확률적극한이론	저널 논문	Seyoung Park, Hyunson Song, Sungchul Lee	URL입력	
						Linear programing models for portfolio optimization using a benchmark		
						European Journal of Finance		
						25(5), 435-457		
						2019		https://doi.org/10.1080/1351847X.2018.1536070
						10.1080/1351847X.2018.1536070		
						<p>포트폴리오 최적화는 파이낸스에서 오래된 주제로 많은 연구가 이루어졌지만, 실전 적용에는 많은 어려움이 있다. 이 어려움의 근본적 이유는 자산 간의 상관관계가 끊임없이 변화하기 때문인데, 본 연구에서는 시장의 인덱스 혹은 시장에서 거래되는 인덱스 추종 포트폴리오를 벤치마크로 사용, 벤치마크에 약간의 퍼터베이션(perturbation)을 주는 방법을 제안하였다. 이를 통하여 변화하는 상관관계가 포트폴리오 구성에 상대적으로 덜 영향을 주도록 하여, 포트폴리오가 안정적인 수익률을 보여주도록 하였다. 보다 구체적으로, 본 논문에서는 단타입입 최적화문제로 셋팅 포트폴리오에 추가적으로 편입되는 자산을 최소화하고, 리밸런싱시 포트폴리오 구성요소가 많이 변화하지 않도록 하여 리밸런싱 비용이 적도록 하였다. 해당 결과물은 금융 전문학술지인 European Journal of Finance (SSCI 저널)에 게재되었다. 이 논문은 최신의 통계 방법을 이용하여 데이터를 처리한 결과물이며, 현재 최신의 머신러닝 기법을 적용하여 확장/고도화하는 연구를 진행 중이다.</p>		

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
27	이은정		이공계열	수치 해석	저널 논문	Eunjung Lee	URL입력
						Newton-LL* Method for the Second-Order Semi-Linear Elliptic Partial Differential Equations	
						Computers and Mathematics with Applications	
						69(10), 1031-1044	
						2015	
<p>Newton의 방법은 비선형 편미분 방정식을 푸는데 가장 많이 쓰이는 방법 중 하나이지만, 문제에 불연속 계수나 계산공간에 singularity가 있으면 그 해가 singularity를 가지게 되고 이로 인해 기존의 유한요소법의 모든 방법의 이용이 어렵게 된다. 본 연구에서는 비선형 elliptic equation의 solution이 low regularity를 가질 때 이를 Newton iteration을 통해 그 근사해를 구하는 기법을 제안하였다. Newton 방법의 가장 강력한 제약조건중 하나가 그 수렴성을 보장하기 위해서는 해의 high regularity가 보장되어야 한다는 것인데, 문제에 singularity가 있을 때는 그 제약조건을 만족하지 못하게 된다. 이 연구는 이러한 제한조건을 극복할 수 있는 알고리즘을 제안하는 최초의 연구로서 그 확장 가능성이 무한하고 비선형 편미분방정식의 low regularity를 가지는 해에 대한 direct approximation 제공 기법 개발에 그 우수성이 있다. 본 연구 결과는 응용수학 분야 최상위 학술지인 Computers & Math with Applications (IF=2.811, 응용수학 분야 상위 6.890%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
28	이은정		이공계열	수치 해석	저널 논문	Eunjung Lee, Thomas A. Manteuffel, Chad R. Westphal	URL입력
						FOSLL* for Nonlinear Partial Differential Equations	
						SIAM Journal on Scientific Computing	
						37(5), S503-S525	https://doi.org/10.1137/140974353
						2015	
10.1137/140974353							
<p>비선형 편미분 방정식에 dual 시스템을 찾아 그 근사해를 구축하는 연구이다. 통상적으로 방정식의 해는 계산공간, 계수, 데이터 등의 적절한 smoothness 가정 하에서 적당한 미분가능성이 보장된 Sobolev 공간에 속해 있다. 따라서 전통적인 유한요소기법들은 second-order PDE의 해를 H1-공간에서 찾고 그 근사해 또한 H1이 보장되는 유한차원공간에서 찾게 된다. 하지만 해의 H1-regularity가 보장되지 않는 많은 경우 그 근사해를 미분가능성이 충분히 보장될 필요가 없는 훨씬 더 큰 해공간에서 찾아야 한다. 이에 본 연구에서는 일반적인 모든 형태의 비선형 편미분방정식을 다루고 어떤 경우에 해의 높은 차수 미분가능성에 대한 보장이 없이 low regularity를 가지는 근사해를 제공하는지에 대한 이론적 수치적 분석을 완성하였다. 이는 다양한 분야에서 singularity가 발생하는 비선형 문제들에 적용시킬 수 있다는데 그 기대효과가 크다고 하겠다. 본 연구 결과는 과학계산 분야 최상위 학술지인 SIAM J. Scientific Computing (IF=2.310, 응용수학 상위 12.008%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
29	이지현		이공계열	수치 해석	저널 논문	Jungeun Kim, Hee-Dae Kwon, Jeehyun Lee	URL입력
						Constrained optimal control applied to vaccination for Influenza	
						Computers & Mathematics with Applications	
						71(11), 2313-2329	https://doi.org/10.1016/j.camwa.2015.12.044
						2016	
10.1016/j.camwa.2015.12.044							
<p>공중보건위기 대응 체계를 구축하기 위해서는 과학적 증거에 기반한 전략 수립 및 평가가 필요하다. 실험이 어려운 질병 관리의 경우, 환자 예측, 질병 부담, 대응 전략 평가를 위해서 시뮬레이션을 통한 근거 마련이 거의 유일한 대안이다. 적용 가능한 솔루션을 도출하기 위해서는 역학 연구자, 임상 의사, 정책 관계자 등 전문가의 다학제간 참여로 통합적인 틀에서 다루어져야 한다. 인플루엔자와 같은 감염병의 확산 방지를 위한 최적의 통제전략을 구하려는 많은 선행 연구들이 있으나 기술적인 어려움으로 인하여 현장에서 제안하는 백신접종에 관련된 실제적인 제한 요소들을 반영하는 결과는 거의 없다. 이 연구에서는 상태변수와 통제변수에 제한 조건이 최적화 문제를 해결하는 방법론을 제시하고, 일별 가능한 백신과 총 비축량을 고려한 최적의 통제전략을 도출하였다. 통제 전략의 비용을 포함하는 모수들과 현재 사용 가능한 전략에 대응하는 적절한 대응 방안 수립을 위한 하나의 방법론을 마련하였다. 이러한 연구 결과는 항이러스트나 백신 사용의 우선순위와 기준 설정, 분쇄조치의 영향 평가, 통제 전략들의 비교와 분석을 통한 대응행 대비 전략 마련에 유용한 가이드라인을 제공할 수 있는데, 해당 결과물은 상기 저널 (IF=2.811, 응용수학 분야 상위 6.890%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
30	이지현		이공계열	수치 해석	저널 논문	Hee-Dae Kwon, Jeehyun Lee, Myoungho Yoon	URL입력
						Feedback control of the immune response of renal transplant recipients with inequality constraints	
						Computers & Mathematics with Applications	
						71(11), 2338-2351	
						2016	https://doi.org/10.1016/j.camwa.2015.12.020
						10.1016/j.camwa.2015.12.020	
<p>신장이식 수술 이후에는 이식받은 신장의 거부 반응을 예방하기 위해 면역억제제를 투여한다. 한편, 면역억제제를 복용하면서 발생하는 감염, 암 발생, 고혈압과 심혈관계 질환의 증가 등의 문제를 관리해야 한다. 따라서 거부 반응을 초래하는 미흡한 억제 (under-suppression)와 면역억제제의 부작용이 우려되는 과도한 억제(ver-suppression) 상태 사이의 적절한 균형을 찾는 것이 중요하다. 또한, 환자에게 효율적으로 약을 투여하는 치료법을 설계하기 위해서는 변화하는 상태를 반영하는 것이 필수적이다. 하지만 측정 가능한 데이터는 모델에서 필요한 정보 중의 일부에 해당하고 측정 오류를 포함한다. 본 연구에서는 기존의 모델로 설명되지 않는 데이터의 특징을 기술하는 모델을 개발하고, 부분적인 정보만 주어지는 데이터의 한계를 극복하여 피드백 통제를 구현하는 방법을 제시하였다. 이를 기반으로 신장 이식 수술 이후 최적의 면역억제제 투여 스케줄을 도출하는 새로운 접근법을 개발하였다. 이러한 연구는 수학적 이론과 도구를 활용하여 실제적인 상황에서 제기되는 문제를 해결하는데 기여할 수 있는데, 해당 결과물은 상기 저널 (IF=2.811, 응용수학 분야 상위 6.890%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
31	최성락		이공계열	대수 기하	저널 논문	Sung Rak Choi, Jinhyung Park	URL입력
						Potentially non-klt locus and its applications	
						Mathematische Annalen	
						366, 141-166	
						2016	https://doi.org/10.1007/s00208-015-1317-6
						10.1007/s00208-015-1317-6	
<p>대수기하학의 근본적 목적은 대수 다양체의 분류이다. 극소 모델 이론 (Minimal Model Program, MMP)이란 주어진 다양체의 본질적인 성질은 그대로 만족하지만 기하학적으로는 가장 단순한 모양을 갖는 다양체, 소위 극소모델을 찾는 것을 목표로 한다. MMP가 성립한다는 가정을 했을 때, 대부분 주어진 다양체의 극소모델을 연구하고 분류하는 것만으로도 충분하기 때문에 더 쉬운 문제로 귀착시킬 수가 있다. 여기서 한 가지 문제점은 주어진 다양체에 MMP를 적용하면 특이점이 악화된다는 것이다. 본 논문에서는 기존의 특이점 개념을 일반화한 새로운 개념을 도입하여 MMP를 적용하지 않고서도 극소모델의 특이점을 예측할 수 있는 이론을 고안했는데, MMP를 적용하는 것이 어렵기 때문에 이 결과는 아주 획기적이다. 극소모델에 관한 많은 결과들이 존재하는데 이 결과를 이용하면 MMP를 적용하기 이전의 일반적인 다양체의 경우로 확장할 수가 있다. 가령 Fano 타입 다양체를 팔변하는 것이 대수기하학에서는 중요한 문제인데 이 결과를 이용하면 MMP를 적용하지 않고도 주어진 다양체의 Fano 타입 여부를 판단할 수 있다. 해당 결과는 Mathematische Annalen (IF=1.356, 수학 분야 상위 15.127%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
대표연구업적물의 우수성							
32	최성락		이공계열	대수기하	저널 논문	Sung Rak Choi, Yoonsuk Hyun, Jinhnyung Park, Joonyeong Won	
						Asymptotic base loci via Okounkov bodies	
						Advances in Mathematics	
						323, 784-810	URL입력
						2018	https://doi.org/10.1016/j.aim.2017.11.007
10.1016/j.aim.2017.11.007							
<p>대수기하학에서 대수다양체를 연구하는 방법 중에는 주어진 다양체의 여차원이 1인 부분 다양체 (인자)를 연구함으로써 원래 다양체의 기하학을 이해하는 방법이 있다. 따라서 인자들의 성질을 깊이 이해하는 것이 중요한데 그 방법 또한 다양하다. 이 논문에서는 인자로 정의되는 Okounkov body라고 불리는 볼록체를 연구함으로써 인자의 성질 파악을 다루었다. 추상적인 인자를 구체적이고 가시적인 볼록체를 이용해 연구하는 것은 많은 이점이 있다. 볼록체에서 정의할 수 있는 부피, 면의 갯수, 꼭짓점의 개수, 원점을 포함하는지의 여부, 그리고 단면의 넓이 등이 인자의 어떤 성질을 반영하는지 연구 할 수 있다. 이 논문에서는 이런 연구방향의 일환으로서 인자의 풍부성에 대해서 연구하였다. Okounkov body가 유클리드공간의 원점 근방을 포함하는 것과 인자가 풍부하다는 조건이 동치라는 것을 밝혔다. 이 결과를 토대로 많은 후속 연구를 이어나갈 수 있었다. Okounkov body를 통한 인자의 연구는 앞으로 각광받을 연구 분야 중 하나이며 주요 난제를 해결하는데도 적용되는 분야이다. 이 결과물은 수학 분야 최고권위 저널인 Advances in Mathematics (IF=1.435, 수학 분야 상위 13.535%)에 출판되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
대표연구업적물의 우수성							
33	최영필		이공계열	편미분방정식	저널 논문	Jose Carrillo, Young-Pil Choi, Maxime Hauray, Samir Salem	
						Mean-field limit for collective behavior models with sharp sensitivity regions	
						Journal of the European Mathematical Society	
						21(1), 121-161	URL입력
						2019	https://doi.org/10.4171/JEMS/832
10.4171/JEMS/832							
<p>평균장 극한은 미시적 접근방식으로부터 중시적 또는 거시적 접근법에 대한 수학적 엄밀함을 제공한다. 기체운동방정식은 Newton 방정식으로부터 입자의 수가 무한히 많은 경우를 고려하여 형식적으로 유도 가능하다. 이 논문에서는 집단행동을 기술하는 Newton 형태의 입자 방정식으로부터 기체운동방정식을 엄밀하게 유도하는 평균장 극한을 다루었다. 특히 주어진 입자 방정식은 각각의 입자들이 속도에 의존하여 국소적으로 상호작용하는 상황을 기술한다. 이는 일반적으로 사람 또는 동물들이 각자 다른 원추 시야를 가지고 있으며 속도의 변화에 따라서 이 원추 시야가 변하는 경우를 고려한 수학적 모델링이다. 평균장 극한은 상호작용력이 좋은 정규성을 가진 경우에는 일반적인 이론이 있다. 하지만 이 논문에서는 불연속적이며 속도에도 의존하는 상호작용력 때문에 기존의 알려진 결과로는 해석이 불가능했기에 이를 해결하기 위한 새로운 수학적 도구와 아이디어를 제시했다. 이는 좀 더 실질적인 경우를 기술할 수 있는 수학적 모델링에 대한 입자 방정식과 기체운동방정식의 엄밀한 극한 관계를 제공한다. 해당 결과물은 Journal of the European Mathematical Society (IF=1.780, 수학 분야 상위 7.166%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
34	최영필		이공계열	편미분방정식	저널 논문	Young-Pil Choi	URL입력
						Finite-time blow-up phenomena of Vlasov/Navier-Stokes equations and related systems	
						Journal de Mathématiques Pures et Appliquées	
						108(6), 991-1021	
2017	https://doi.org/10.1016/j.matpur.2017.05.019						
<p>기체 안에 분산된 입자로 구성된 복잡한 흐름을 기술하는 kinetic-fluid 방정식의 유한시간 내의 부드러운 해의 폭발현상에 대해 연구했다. 이러한 수학적 모델링은 그의 생명공학, 의학, 공학 등과 같은 학문 분야와 침식 현상과 디젤 엔진 등의 연구에 응용 가능성 때문에 많은 관심을 받고 있으며, 해의 폭발현상에 대한 해석한 이러한 실질적인 응용가능성 때문에 중요하게 다루어져 할 중요한 문제이다. 하지만 kinetic-fluid 방정식은 두 개의 서로 다른 스케일의 방정식이 결합된 방정식으로서 해의 폭발현상에 관한 결과와 해석에 대한 수학적 도구가 알려지지 않았다. 또한 이러한 방정식에 대한 수학적 해석은 두 학문 분야, 기체운동론과 유체역학의 많은 수학적 지식과 두 방정식의 상호작용에 관한 깊은 이해도 요구한다. 이 논문의 주요 결과는 해의 폭발현상을 해석하기 위한 새로운 아이디어를 제공했으며 해의 초기치가 부드럽다고 하더라도 유한 시간 내에 이러한 부드러운 초기치를 가진 해가 부드럽지 않은 해로 바뀔 수 있다는 것을 최초로 수학적 엄밀하게 증명했다. 해당 결과물은 Journal de Mathématiques Pures et Appliquées (IF=1.961, 수학 분야 상위 5.573%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
35	최정일		이공계열	유체역학	저널 논문	Xiaomin Pan, Changhoon Lee, Jung-II Choi	URL입력
						Efficient Monolithic Projection Method for Time-dependent Conjugate Heat Transfer Problems	
						Journal of Computational Physics	
						369, 191-208	
2018	https://doi.org/10.1016/j.jcp.2018.05.010						
<p>본 논문은 자연 대류 및 열전도를 포함하는 복합 열전달 문제를 해결하기 위한 Monolithic Projection 기법 개발 및 검증에 관련된 연구이다. 본 연구는 Navier-Stokes 및 에너지 방정식의 유한차분 연산 행렬에 대해, 근사 LU 분해 및 유체-고체 경계 열유속의 Taylor 근사를 통해 비반복적 계산이 가능한 수치기법을 제시한다. 특히, 기존의 유체-고체 영역별 분리 해석 후, 반복연산을 적용하는 수치기법에 비해, 계산 전 영역을 비반복적 연산으로 해를 찾는 수치 안정적이고 계산 효율적인 기법을 제안한다. 본 연구 결과는 계산수학 분야의 권위 있는 학술지인 Journal of Computational Physics (IF=2.845, "PHYSICS, MATHEMATICAL" 분야 상위 6.364%)에 게재되었으며, 복합 열전달 및 유동 해석기술의 계산 효율성을 극대화한 기법으로 평가된다. 제안된 기법을 근간으로 대규모 병렬계산이 가능한 전산열유체 해석자 개발을 위해 한국과학기술정보연구원과 공동연구를 수행하였으며, 일부 프로그램은 https://github.com/MPMC-Lab/PaScaL_TDMA.git와 같이 수치 라이브러리로 2019년 7월에 공개된 바 있다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
36	최정일		이공계열	유체역학	저널 논문	Hyunwook Park, Xiaomin Pan, Changhoon Lee, Jung-Il Choi	URL입력
						A Pre-conditioned Implicit Direct Forcing Based Immersed Boundary Method for Incompressible Viscous Flows	
						Journal of Computational Physics	
						314, 774-799	
2016	https://doi.org/10.1016/j.jcp.2016.03.035	https://doi.org/10.1016/j.jcp.2016.03.035					
<p>본 논문은 Eulerian-Lagrangian 격자계를 사용하여 복잡 형상 주위 유동 해석을 보다 간편하게 할 수 있는 가상경계기법 (Immersed Boundary Method, IBM)에 관한 연구이다. 본 연구는 내재적 직접 가진 (Implicit Direct Forcing)의 Taylor 근사 및 유한 차분 연산 행렬의 근사 LU 분해를 적용하여, 물체표면에서 보다 정확한 점착 조건을 부여하는 가진 기법 및 수렴성 증대를 위한 예조건화 기법을 제시하였다. 아울러, 기존의 직접가진 기반 IBM의 문제점을 처음으로 이론 및 수치적으로 증명하였다. 본 연구결과는 계산수학 분야의 권위 있는 학술지인 Journal of Computational Physics (IF=2.845, "PHYSICS, MATHEMATICAL"분야 상위 6.364%)에 게재되었으며, 제안된 기법은 복잡형상 물체군 주위 유동 해석 및 유체-고체 연성해석 등으로 확장이 가능한 것으로 평가된다 (WoS 8회, Scopus 9회 인용). 특히, 관련 해석자는 한국과학기술정보연구원의 EDISON_CFD (https://cfd.edison.re.kr)에 설치되어, 대학생/대학원생 전산유체역학 교육에 활용되고 있다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
37	최희준		이공계열	편미분방정식	저널 논문	H.J. Choe, A. Novotny, M. Yang	URL입력
						Compressible Navier-Stokes system with hard sphere pressure law and general inflow-outflow boundary conditions	
						Journal of Differential Equations	
						266(6), 3066-3099	
2019	https://doi.org/10.1016/j.jde.2018.08.049	https://doi.org/10.1016/j.jde.2018.08.049					
<p>나비에-스톡스 방정식에서 밀도가 상수가 아닌 변수인 경우 특히 압력에 의존하는 경우 압축성 나비에-스톡스 방정식이라고 하는데 이에 대한 연구는 비압축성 방정식에 비해 상대적으로 미진하였다. 이는 역학의 비선형구조 때문인데 주로 실린더와 같은 영역에서 약해나 강해의 존재성에 대해서 연구가 이루어졌지만 비정형화된 영역에 대한 해의 존재성에 대한 연구는 미진하였다. 즉 초기 조건이 매우 부드럽다고 하더라도, 예를 들어 무한 번 미분가능하고 유한한 에너지를 가지고 있다고 가정해도 비압축성 방정식과 달리 일반적으로 짧은 시간 내에서 조차 초기조건과 같은 정확성을 유지하는지에 대한 답은 알려져 있지 않았다. 이 논문에서는 초기조건 크기에 의존하여 최소한 짧은 시간동안에는 해의 존재와 정확성이 보장됨을 증명하였고 만약 초기조건이 어느 특정한 함수공간에서 크기가 작은 경우라면 해의 존재와 정확성이 모든 시간동안 보장됨을 보였다. 이러한 결과는 기존의 방법론과는 다른 새로운 접근 방식으로 도출한 것이며, 여타 비압축성 유체방정식과 연계된 방정식에도 적용될 수 있어 응용성이 클 것으로 예상된다. 해당 결과물은 Journal of Differential Equations (IF=1.938, 수학 분야 상위 5.892%)에 게재되었다.</p>							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용
대표연구업적물의 우수성						
38	최희준		이공계열	편미분방정식	저널 논문	Hi Jun Choe, Minsuk Yang
						Hausdorff measure of the singular set in the incompressible magnetohydrodynamic equations.
						Communications in Mathematical Physics
						336(1), 171-198
2015	https://doi.org/10.1007/s00220-015-2307-y					
<p>이 논문은 초기경계면에서의 비압축성 자기장 방정식의 해의 특이점 집합에 대한 연구를 다루었다. 특이점은 해가 유한하지 않은 점들로서 비압축성 나비에-스톡스 방정식에서는 존재 여부가 밀레니엄 문제로 알려져 전 수학계의 금세기 최대의 난제이다. 자기장이 있는 경우는 자기장과 유동장의 상호 간섭에 의해 특이점의 해석 또한 매우 어렵다. 비압축성 나비에-스톡스 방정식의 경우 특이점 집합의 하우스도르프 차원은 1보다 작다는 것이 알려져 있으나 본 논문에서는 자기장 함이 있다 하더라도 역시 차원이 1보다 작다는 것을 증명하였다. 과정 중에 새롭게 얻은 에너지 부등식은 기존의 부등식을 정밀화한 것으로 자기장해석에서 새로운 영감을 준 것으로 볼 수 있다. 자기장 방정식은 압력항이 포함되지 않았고 유체방정식과의 결합에서 에너지 부등식이 유도되고 스케일링을 통하여 속도항과 자기에너지항의 점근적 행태를 연계 되어 하우스도르프 차원을 측정할 수 있다. 해당 결과물은 Communications in Mathematical Physics (IF=2.239, 수리물리학 분야 상위 13.636%)에 게재되었고, 총 피인용횟수는 11회 (Google Scholar 기준)이다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용
대표연구업적물의 우수성						
39	허영미		이공계열	수치해석	저널 논문	Youngmi Hur, Fang Zheng
						Prime Coset Sum: A systematic method for designing multi-D wavelet filter banks with fast algorithms
						IEEE Transactions on Information Theory
						62(11), 6580-6593
2016	https://doi.org/10.1109/TIT.2016.2608896					
<p>본 논문에서는 현재 이론적으로 해결을 요하는 웨이블릿 (wavelet)에서의 대표적인 연구인 다차원 웨이블릿 (multi-D wavelet) 구성의 문제를 다루었다. 가장 널리 사용되는 기존의 다차원 웨이블릿 구성 방법이 다차원 웨이블릿을 1차원 웨이블릿으로부터 텐서곱 (tensor product)을 사용하여 얻어내는 데에서 그 아이디어를 얻어서, 텐서곱 대신에 아주 정교하게 정의된 합을 사용하는 방법을 소개하였다. 이 다차원 웨이블릿 구성 방법은 이론적으로도 새로운 방향을 열 뿐만 아니라, 실제 구성된 다차원 웨이블릿은 빠른 알고리즘을 자동적으로 가지는 등 실제 사용에서도 기존의 다차원 웨이블릿에 뒤지지 않는 장점을 가질 것으로 기대된다. 해당 연구 결과물이 실린 학술지 IEEE Transactions on Information Theory (IF=3.215)는 웨이블릿 초창기부터 중요한 웨이블릿 이론 및 응용을 다룬 영향력 있는 결과물이 게재되어 온 것으로 유명한 대표적인 저명학술지 중 하나이다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
40	허영미		이공계열	수치 해석	저널 논문	Youngmi Hur, Kasso A. Okoudjou	URL입력
						Scaling Laplacian pyramids	
						SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications	
						36(1), 348-365	https://doi.org/10.1137/140988231
						2015	
						10.1137/140988231	
						본 논문은 Laurent 다항식 행렬 (polynomial matrix)에 기초한 웨이블릿 (wavelet) 구성에 대한 기존의 연구와 finite 프레임의 스케일하는 방법에 대한 기존의 연구를 더하여 얻어진 결과를 담고 있다. 다항식 행렬에 기초한 웨이블릿 구성의 방법 중에서도 아주 간단한 형태를 가지는 라플라시안 피라미드 (Laplacian pyramids) 알고리즘으로부터 오는 다항식 행렬에 finite 프레임의 스케일 방법들을 적용하여 얻어졌으며, 그 결과로 다차원, 1차원에서 모두 사용가능한 새로운 웨이블릿 tight 프레임의 구성 방법을 얻었다. Tight 웨이블릿 프레임은 forward 와 backward 웨이블릿 변환에서 같은 웨이블릿 사용이 가능한, 실제 웨이블릿의 적용에 있어서 아주 유용한 성질 중의 하나이다. 해당 논문이 실린 학술지 SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications (IF=1.912, 응용수학 분야 상위 17.126%)는 미국 산업응용수학회 (SIAM)의 대표적인 저명학술지 중 하나이다.	

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적을 상세내용	
						대표연구업적물의 우수성	
41	홍한솔		이공계열	미분 기하	저널 논문	Cheol-Hyun Cho, Hansol Hong, Siu-Cheong Lau	URL입력
						Localized mirror functor for Lagrangian immersions, and homological mirror symmetry for 1a,b,c	
						Journal of Differential Geometry	
						106(1), 45-126	https://doi.org/10.4310/jdg/1493172094
						2017	
10.4310/jdg/1493172094	서로 다른 두 기하공간의 사교기하정보와 복소기하정보간 동치관계를 추측하는 거울대칭가설에서 가장 중요한 질문 중 하나는 이러한 신비로운 쌍대성을 지닌 한 쌍의 기하공간들을 어떻게 찾아낼 수 있는가에 관한 질문이다. 본 논문에서는 유사복소곡면을 다루는 플로어 이론을 이용하여 이러한 기하공간을 건설하는 새로운 방법론을 제시하였다. 이 새로운 방법론은 두 기하공간의 기하정보가 담긴 범주간의 동치관계를 자연스럽게 설명할 수 있는 함자를 제공하여, 폭넓은 응용이 가능하며 거울대칭을 포괄적으로 이해할 수 있는 강력한 이론이다. 이후에도 토릭다양체, 국소칼라비야우 공간 등 다양한 상황의 거울대칭을 설명하는 데 이용된 바 있다. 또한 비가환기하학, 쿼버 표현론 등 다양한 수학분야와 자연스레 연결되어 풍부한 후속 거울대칭연구 주제를 이끌어 내었다. 본 논문에서는 하나의 응용으로서, 새로이 개발된 이론을 이용하여, 풍부한 기하정보를 지닌 오피폴드 구체들의 거울대칭을 최초로 증명해 내었다. 이 결과는 기하학 분야의 최고 권위를 가진 국제학술지인 Journal of Differential Geometry (IF=1.759, 수학 분야 상위 7.484%)에 수록되었으며, 피인용횟수는 총 28회 (Google Scholar 기준)이다.						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함)	세부 전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용	
							대표연구업적물의 우수성
42	홍한솔		이공계열	미분기하	저널 논문	Cheol-Hyun Cho, Hansol Hong, Sang-hyun Kim, Siu-Cheong Lau	
						Lagrangian Floer potential of orbifold spheres	
						Advances in Mathematics	
						306, 344-426	URL입력
						2017	https://doi.org/10.1016/j.aim.2016.10.017
						10.1016/j.aim.2016.10.017	
<p>리만곡면의 유한군 몫공간으로 얻어지는 오비폴드 구체에 대하여 이들의 사교기하정보를 반영하는 복소함수를 플로어이론을 통하여 구체적으로 계산해내었다. 이 복소함수는 매우 복잡한 형태의 멱급수로 나타나는데, 이 함수의 특이점들은 오비폴드 구체의 사교정보를 함축하여 담고 있다. 불가사의한 거울대칭현상이 구체적 계산을 통해 설명된 소수의 예 중 하나이다. 특히, 리만곡면이 2이상의 중수를 가지고 있을 때, 해당하는 오비폴드 구체는 큰 범주에서 general type으로 분류되는데, 본 논문은 해당 범주의 거울 복소함수를 계산한 최초의 결과이다. 이를 계산하기 위하여 리만곡면의 반사군들의 작용을 면밀히 분석하는 기하군이론이 이용되어, 거울대칭에서 다양한 수학분야의 융합이 일어나는 흥미로운 예시를 제공하였다. 특히 기하군이론을 통해 거울 복소함수를 계산해내는 구체적 알고리즘을 개발하였는데, 이 알고리즘을 이용하면 함수의 해석적 성질을 효율적으로 분석해낼 수 있다. 이를 통하여 오비폴드 구체의 중요한 사교정보를 찾아내고, 이후 많은 관련 후속연구들을 자극하였다. 해당 결과는 최상급 학술지인 Advances in Mathematics (IF=1.435, 수학 분야 상위 13.535%)에 게재되었다.</p>							

② 참여교수 국제저명학술지 논문의 우수성 (별도 제출/ 평가)

<표 3-3> 최근 5년간 전체 참여교수 논문 환산 편수, 환산보정 피인용수(FWC1), 환산보정 IF, 환산보정ES

구분	구분	최근 5년간 실적					전체기간 실적
		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	
논문 편수	논문 총 편수	58	65	56	62	60	301
	논문의 환산 편수의 합	25.5348	27.9493	19.9493	23.3303	24.0218	120.7855
	참여교수 1인당 논문 환산 편수	X					5.7516
피인용수	보정 피인용수(FWC1) 값이 있는 논문의 총 편수	58	64	56	61		239
	보정 피인용수(FWC1) 합	42.2286	65.2711	59.3078	58.0233		224.8308
	환산보정 피인용수(FWC1) 합	17.7187	24.723	18.7456	21.7108		82.8981
	논문 1편당 환산보정 피인용수(FWC1)	X					0.3468
	참여교수 1인당 환산보정 피인용수(FWC1) 합	X					3.9475
Impact Factor (IF)	IF=0이 아닌 논문 총 편수	58	65	56	62	60	301
	IF의 합	87.974	172.34	119.842	161.229	144.196	685.581
	환산보정 IF의 합	14.3789	19.4612	13.1282	17.2201	16.4272	80.6156
	논문 1편당 환산보정 IF	X					0.2678
	참여교수 1인당 환산보정 IF 합	X					3.8388
Eigenfactor Score (ES)	ES=0이 아닌 논문 총 편수	58	65	56	62	60	301
	ES의 합	0.6552	2.5603	4.2872	2.3291	3.3289	13.1607
	환산 보정 ES의 합	21.2737	32.8245	21.4397	28.25	32.4628	136.2507
	논문 1편당 환산보정 ES	X					0.4526
	참여교수 1인당 환산보정 ES 합	X					6.4881
참여교수 수						참여교수 수 = 21명	

<표 3-3-1> 최근 5년간 건축분야 건축학전공 참여교수 논문 및 저서 환산 편수
(별도 제출/평가)

구분	최근 5년간 실적					전체기간 실적
	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	
연구재단 등재(후보)지 논문 환산편수	0	0	0	0	0	0
국제저명학술지 논문 환산편수	0	0	0	0	0	0
기타국제학술지 논문 환산편수	0	0	0	0	0	0
국어 학술저서 환산편수	0	0	0	0	0	0
외국어 학술저서 환산편수	0	0	0	0	0	0
저서 또는 논문 총 환산 편수	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
참여교수 1인당 저서 또는 논문 환산 편수	X					0
참여교수 수						참여교수 수 = 0명

③ 참여교수 저서, 특허, 기술이전, 창업 등 실적의 우수성

<표 3-4> 최근 5년간 참여교수 저서, 특허, 기술이전, 창업 실적 등

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
					저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성	
1	김병한		수리논리	번역서	김병한, 박창균, 현우식	URL입력
					논리적 딜레마	
					경문사	
					ISBN : 9788961057523	
					2016	
<p>김병한교수는 2016년에 쿠르트 괴델과 관련한 책으로 가장 권위를 인정받는 John Dawson, Jr.의 저서 '논리적 딜레마'를 공동으로 번역하여 경문사를 통해 출간하였다. 쿠르트 괴델과 앨런 튜링은 시사주간지 타임에서, 지난 20세기 100년간 가장 영향력이 있던 100인의 인물로 선정된 단 두 명의 수학자이다. 사실 괴델, 튜링의 전공분야는 모두 수리논리학이다. 튜링은 그에 대한 영화가 베네딕트 컴버배치 주연의 '이미테이션 게임'으로 제작되었으며 최근에는 영국 최고가 새 50파운드 지폐의 도안 인물로 선정되었다. 두 사람은 디지털 시대를 이끈 현대적 컴퓨터 설계의 기본 이론을 제공한 불완전성 정리, 튜링기계 개념을 증명하고 도입하였다. 하지만 이들에 대한 국내의 인식은 수학계에서조차 매우 낮은 수준이다. 이러한 상황을 개선하고 후학들을 위한 교육을 위해 이 책의 번역을 주도하였다. 이 책을 수학과 대학원 강의인 수리논리, 모델론, 고급집합론 등에서 보조 교재로 사용하여 학생들의 높은 호응을 얻었다. 수학과 대학원생뿐 아니라 철학과나 전산학과 대학원생을 대상으로 하는 기초논리학 과목에도 이 책이 보조교재로 사용되고 있다. 이 번역서는 2017년 대한민국의학술원이 선정하는 우수학술도서로 채택되었다.</p>						

면역	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	중방
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
2	서진근		연속체역학	특허	서진근, 박형석	
					엑스레이 컴퓨터 단층촬영 환경에서 빔 경화현상에 의한 인공물 보정방법	
					대한민국	URL입력
					10-1717433	
					2017	
<p>본 특허에서는 세계 최초로 금속물에 의한 줄무늬의 비선형적인 영상왜곡을 수학공식으로 표현하였다. 또한, metal streaking artifact의 원인을 수학적으로 엄밀하게 분석하였고, 생성되는 지점을 특정하였다. 그리고, 유도한 수학 공식을 기반으로 한 금속 인공물 보정 알고리즘을 개발하였으며, 실험을 통해 알고리즘의 효용성을 입증하였다. 본 발명은 metal streaking artifact에 대한 수학 이론의 부재를 해결하고, 종래 기술의 단점을 보완하기 위한 것이다. 특히, 본 방식은 기존의 방식 (이중 에너지, 물질의 종류, 컴퓨터 단층촬영 (CT: Computerized Tomography) 시스템에 사용되는 에너지 스펙트럼 등의 사전 정보나 X-ray 데이터 (Sinogram)도 이용)과 전혀 다른 접근으로, CT 영상만을 이용하여 인공물을 선택적으로 제거하도록 함에 차별성이 있다.</p>						

면역	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	중방
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
3	서진근		연속체역학	특허	서진근, 이경훈	
					전기 임피던스 단층 촬영 영상 생성을 위한 전도도 산출 방법 및 장치	
					대한민국	URL입력
					10-1787902	
					2017	
<p>본 특허에서는 전기 임피던스 단층촬영 (EIT: Electrical Impedance Tomography)을 이용하여 인체의 기능과 대사를 비침습적으로 실시간 영상 모니터링을 하기 위한 원천기술의 개발하였다. 이론의 현실 검증을 위해 인체 실험을 수행하였고, 실제 인체의 3차원 모형을 스캔하고 전극의 위치를 지정한 후 3D프린터를 이용하여 제작하였다. 지난 40여 년간 수많은 학자에 의해 EIT는 연구되어져 왔고, 수많은 결과가 수학계에 권위 있는 학술지에 게재 되었으나, 그 수학 이론이 실제 임상 상황에 적용하기 어려웠다. 본 발명을 통하여 수학기론과 현실간의 미스매치를 획기적으로 줄였고, 현존하는 EIT 방식중 가장 robust 한 결과를 획득하였다.</p>						

면역	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
4	이은정		수치해석	특허	우용제, 서진근, 이은정	
					진동을 이용한 전기임피던스 단층촬영 기법	
					대한민국	URL입력
					10-1576171	
					2015	
<p>본 특허는 물체에 물리적 진동을 인가하고, 물리적인 진동에 의해 유기되는 물체의 도전을 변화를 측정하는 전기임피던스 단층촬영 (EIT: Electrical Impedance Tomography) 기법에 관한 것이다. 제시한 알고리즘은 내부 도전율이나 유전율의 분포를 검출하는 기술로서 기존에 사용되고 시간차 전기임피던스 단층촬영 기법들에 비해 해상도가 상대적으로 높고 별도의 기준 데이터를 필요로 하지 않는다. 기존에 사용되는 주파수차 전기임피던스 단층촬영 기법에서는 내부 도전율이 주파수에 따라 크게 변해야 하지만 본 발명의 방법은 이러한 조건을 필요로 하지 않는다. 또한, 전류주입 또는 전압인가 전극들과 전압측정 전극들을 완전히 분리하여 전극의 수를 다양하게 변경할 수 있고 전극의 배치 또한 다양하게 구성할 수 있다. 이러한 장점들로 인해 인체뿐만 아니라 전기적 물성을 가지는 여러 가지 물체들에 적용이 가능하므로 의생명학 분야 이외에 지질탐사, 비파괴검사 등 여러 분야로 그 활용 범위를 확장할 수 있다. 이미 실증을 통해 확인한 바에 의하면 장치의 크기를 축소하여 미세 구조체를 대상으로 적용하는 것이 가능하므로 그 응용 분야가 다양하다고 하겠다.</p>						

면역	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
5	최정일		유체역학	특허	김영권, 유지상, 최정일, 최윤영, 오근우	
					유로 모듈을 포함하는 바이폴라 플레이트 및 이를 이용한 레독스 흐름 전지	
					대한민국	URL입력
					10-1975972	
					2019	
<p>본 특허는 에너지 저장 장치 (ESS: Energy Storage System)에 필수적인 이차전지 중의 하나인 레독스 흐름전지의 성능향상을 위해, 유로 입출구 간 전해액의 농도 편차를 저감한 바이폴라 플레이트용 유로 모듈 및 유로 모듈을 포함하는 바이폴라 플레이트 최적화 기술에 대한 것이다. 아울러, 흐름전지의 대면적화 시, 발생하는 농도 불균일성을 저감하기 위해, 전지외부 매니폴드의 분지형 유로 모듈을 도입한 기술이다. 전기화학 및 유체역학 기반 수리모델링을 통해, 바이폴라 플레이트 유로 모듈, 전지 외부 매니폴드의 분지형 유로 모듈을 최적화 하는 기술을 포함하고 있다. 이에, 레독스 흐름 전지와 같은 유체/전기화학적 시스템 설계에 대해 저차원 수리모델링을 통해 전지 성능 향상을 위한 최적화 가능성을 제시하였으며, 실제 전자부품연구원과의 협업연구를 통해 실증 가능한 레독스 흐름전지의 프로토타입을 설계하여 이차전지 사업분야의 적용 가능성을 확인하였다. 이와 관련하여, 수리모델링 및 최적화 기술을 Journal of Mechanical Science & Technology (2017) 및 Journal of Power Sources (2020)에 소개한 바 있다.</p>						

면역	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	중방
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
6	최정일		유체역학	특허	최정일, 최윤영	
					바이폴라 플레이트, 바이폴라 플레이트를 포함하는 바이폴라 스택 및 이를 이용한 레독스 흐름 전지	
					대한민국	URL입력
					10-1956133	
					2019	
<p>에너지 저장 장치 (ESS: Energy Storage System)의 확대에 따라, 레독스 흐름 전지의 스택 및 전지 대면적화에 대한 요구가 증대되고 있으나, 전지 반응영역이 확대됨에 따라, 전해액의 농도차가 심화 되어 전지 내 농도 과전압 현상이 증대된다. 본 특허에서는 농도 불균형을 완화시키기 위해, 바이폴라 플레이트 내에 유로 구조 쌍을 설계하고 이를 교차하는 방향으로 놓아 유량 분포도 향상, 농도 분포도 개선, 출력 밀도 향상을 위한 기술을 제시하고 있다. 본 기술의 타당성을 입증하기 위해, 전기화학/유체역학 기반 수리모델링 및 수치해석을 하여, 전지 내부 유동 및 농도 분포를 기준으로 전지 성능 향상의 결과를 제시하였다. 특히, 본 특허에서 바이폴라 플레이트 내 새로운 형태의 유로 모듈에 의한 전지 성능 향상을 관련 실험 결과 없이, 적절한 수리모델링 및 해석으로 검증하였기에, 계산수학 및 수리모델링의 중요성을 부각시킨 특허라고 판단된다. 본 특허기술을 바탕으로 우성케미칼(주) 및 전자부품연구원과 함께 아연-브롬 기반 새로운 형태의 레독스 흐름 전지 기술 개발을 시도하고 있으며, 향후 다공성 전극 내로 반응 물질을 유입/유출해야 하는 이차전지 사업 분야의 핵심기술이 될 것으로 사료된다.</p>						

면역	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용	중방
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
7	최희준		편미분방정식	창업	최희준, 고하영, 김종은, 조가형, 박성관	
					인공지능 기반 디자인 소프트웨어	
					알고리즘뱅크	URL입력
					500,000원	
					2017	
<p>본 사업진이 보유한 수학 전문성과 전산능력을 기반으로 사업화 및 목표로 하는 고유기술은 두 가지로서 인공지능 기반 디자인 소프트웨어와 인공지능 개발 프레임워크이다. 이는 인공지능을 기반으로 하는 유체 및 고체가 연관된 기계나 시스템의 지식기반 설계기술과 이를 구현하는 소프트웨어와 인공지능 개발에 필요한 핵심 기능을 제공하기 위한 웹 기반 프레임워크의 개발을 뜻한다. 이미 시장에는 Star-CD, 상용 CFD Code 등의 소프트웨어가 있지만 이는 단순역학 해석 기능만을 구현한 것으로 종합적인 의사결정은 결국 사람에게 남겨진다. 본 창업진의 소프트웨어는 역학뿐 아니라 인공지능을 융합한 모형이다. 종합적인 판단을 하기 위해서는 충분한 자료 뿐 아니라 그 것을 판단할 경험과 능력을 갖춘 기술자에 의존해야 하지만 그런 조건이 항상 충족되기는 힘들다. 이런 점을 고려할 때 “인공지능 기반 디자인 소프트웨어”는 많은 수요가 있을 것으로 보인다. 소프트웨어 특성상 소프트웨어 판매와 함께 그에 대한 컨설팅이 함께 필요하다. 내수시장 전략으로 판매 대상은 한진중공업, POSCO, 두산엔진, 한라공조, 한국남동발전, 한국남부발전, 한국동서발전, 현대자동차, 두산인프라코어, LG전자, 현대모비스, 삼성전자 등과 그 협력업체가 될 것으로 예상된다.</p>						

1.2 연구업적물

④ 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 10년)

<표 3-5> 최근 10년간 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물

<표 3-5> 최근 10년간 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물

연년	대표연구업적물 설명
	<p>대표업적: 다항식에 관한 다중 힐버트 변환 (김준일교수) 논문 : Multiple Hilbert transforms associated with polynomials, Memoirs of the American Mathematical Society(2015)</p> <p>스타인 스크 수학자들은 특이적분이론을 편미방, 복소함수론, 에르고딕 이론, 웨이브릿 등에 응용하며, 다중매개변수 특이적분이론 (multi-parameter-singular-integral theory)으로 발전시켰다. 이 논문에서는 다중 매개변수 특이적분의 핵심 모델인 다항식 P에 관한 다중 힐버트 변환 (Multiple-Hilbert-transform along polynomials)의 유계성과 다항식의 P지수들로 만든 Convex hull로 이루어진 뉴턴 다면체와의 관계를 규명한다.</p> <p>특이적분이론은 $1/t$처럼 원점에서 발산하는 특이점을 갖는 특이함수의 적분을 통한, 다양한 작용소에 관한 연구이다. 대표적인 예로, 특이함수 $1/t$의 푸리에 변환으로, 다음과 같은 특이진동적분의 측정이다.</p> $\left \int e^{i\xi P(t)} \frac{dt}{t} \right \leq C$ <p>다중 매개변수 특이적분은 위의 특이함수 $1/t$대신, 두 축 위에서 특이점을 갖는 프로덕트 타입의 특이점을 갖는 커널인 $1/(t_1 t_2)$을 다룬다. 이러한 프로덕트 커널은 이미 1930년대 수학자 G. H. Hardy가 멀티플 푸리에 급수이론에서 다루었다. 1977년, A. Nagel 과 S. Wainger 두 교수는 위의 적분의 다중 매개변수 특이적분으로 다음과 같은 적분의</p> $\left \int e^{i\langle \xi, P(t) \rangle} \frac{dt_1}{t_1} \dots \frac{dt_n}{t_n} \right \leq C$ <p>수렴과 발산하는 Case의 연구를 수행하였다. 90년대 초에, E. M Stein과 F. Ricci 는 위의 P가 단항식 형태의 그래프일 때, 위의 식이 성립할 필요충분조건을 찾았고, 그 연구 결과를 바탕으로 다중매개변수 특이적분 이론을 만들었다. 그 후 2000년에, A. Carbery, S. Wainger, J. Wright 는 일반적인 다항식 P에 대하여, $n=2$일 때, 위의 적분이 유한이기 위한 필요충분조건이 해당 뉴턴다면체의 모든 꼭짓점 격자에 짝수가 있을 때임을 증명하였다.</p> <p>2009년부터, 여러 연구자들은 $n=3$의 경우 위의 부등식의 부분적인 결과들을 밝혀내기 시작했는데, 특별히, P에 관한 뉴턴다면체의 모서리나 꼭짓점만으로 설명할 수 없고, 다항식의 계수에 따라, 수렴하거나 발산하는 복잡한 양상을 띠는 예들도 찾아내었다. 따라서 첫 단계의 연구는 다항식 P의 계수에 상관없이, 위의 식이 유한이기 위한 조건을 찾는 것이며, 이 논문에서 그 필요충분조건을 다항식의 뉴턴 다면체를 이용하여 얻어 내었다. 이 때, 필요충분조건에서는 P가 만드는 뉴턴 다면체의 모서리 꼭짓점 같은 face들 뿐만 아니라, 해당하는 dual face (dual cone)들의 분포도 함께 작동을 찾았다. 이 현상은 3차원 이상의 고차원에서만 일어나는 현상이다. 이 논문은 이전 방법과는 다른, 조합론과 불록 기하학적 구조를 이용한 혁신적인 계산과정을 담고 있는 120페이지 장편논문이다. 이 결과는 분야의 선구자인 Elias Stein 교수로부터 찬사를 받았다. 또한 이 분야의 전문가인 Stephen Wainger 교수도 이 논문이 다중 힐버트 변환 문제의 모든 차원의 해결이라고 평가하였다. 핵심 방법은 각 단항식의 크기를 다면체의 서포팅 면을 이용해 측정하는데, 이는 선형프로그램, 최적화문제에서 사용한다. 해당 연구결과물의 출판 저널인 Memoirs of the American Mathematical Society (IF=2.297, 수학 분야 상위 3.981%)는 장편 논문이 출판되는</p>

	<p>권위 있는 저널이다. 본 연구 결과는 학계에서도 인정받아 2015 대한수학회 논문상을 수상하였다.</p>
2	<p>대표업적: MHD 방정식의 약해의 특이점 집합의 Hausdorff 측도 (최희준교수) (공동저자인 양민석박사는 이후 연세대학교 교수로 임용되었고 본 교육연구단 소속의 교수임) 논문 : Hausdorff Measure of the Singular Set in the Incompressible Magnetohydrodynamic Equations, Communications in Mathematical Physics, 2015</p> <p>이 논문에서 초기경계면에서의 비압축성 자기유체 방정식의 해의 특이점 집합에 대해 연구하였다. 유체 방정식은 비선형 역학계와 관련된 매우 중요한 연구 분야로써 물리적, 공학적 응용범위가 넓다. 그 중에서 자기유체 방정식은 은하의 움직임을 연구하는 천체물리학과 맨틀의 대류현상을 연구하는 지구과학 등의 자연과학과 핵공학에서 중요하게 사용되는 방정식이다. 특히 최근 에너지 문제와 관련하여 뜨거운 관심을 받고 있는 핵융합 발전 연구에도 필수적이다. 핵융합 발전의 최적의 융합로인 토카막 안에서 전기적인 성질을 가진 유체인 플라즈마를 안정적으로 가두기 위해 강한 자기장을 이용한다. 플라즈마 움직임에 대한 연구에서 자기유체역학적인 불안정이 있는 비선형의 변화가 플라즈마 흐름을 유지하는 데 커다란 방해요인이고 이를 극복하기 위해 다양한 디자인의 토카막 모델을 만들어 실험을 하고 있으나 이에 막대한 비용과 시간이 든다. 이를 보완하기 위해 컴퓨터를 이용하여 수치해석적인 방법론을 사용하고 있지만 자기유체 방정식의 해의 유일성조차 이론적으로 보장되지 않아서 수치해석적인 방법론 개발과 그에 대한 이론적 검증에 어려움이 크다.</p> <p>자기유체 방정식에서 자기장 안에서 전기적인 전도성의 유체의 움직임을 기술하기 위한 상태변수는 유체의 속도장, 자기장, 그리고 압력이다. 운동량 보존법칙과 맥스웰 방정식과 옴의 법칙에 의해 유도되어 일반적인 형태로는 다음과 같은 편미분방정식으로 표현된다.</p> $\rho \partial_t \mathbf{u} + \rho \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} - \mu \operatorname{curl} \mathbf{b} \times \mathbf{b} = -\nabla p + \rho \nu \Delta \mathbf{u} + \rho \mathbf{f},$ $\partial_t \mathbf{b} - \operatorname{curl}(\mathbf{u} \times \mathbf{b}) = -\xi \operatorname{curl}^2 \mathbf{b} + \mathbf{g},$ <p>a) $\operatorname{div} \mathbf{u} = 0$, b) $\operatorname{div} \mathbf{b} = 0$.</p> <p>자기유체의 움직임은 나비에 스톱스 방정식에 자기장에 의한 로렌츠 힘의 작용이 외력으로 더해진 식으로 표현된다. 함수해석학적으로 기술된 편미분방정식의 해의 해석적 성질에 대한 연구는 수학계의 가장 중요한 관심사 중의 하나이다. 비압축성 나비에 스톱스 방정식에 대해서는 100여 년전 Leray가 약해의 존재성을 보인 이래로 유일성과 정칙성 문제는 현재까지 풀리지 않는 난제로 남아 밀테니엄 문제로 선정되었다. 약해의 유일성은 정칙성을 증명하면 즉각적으로 얻어질 수 있음이 50여년전 증명되었고 그 이후로 많은 수학자들이 정칙성에 대한 연구에 집중하게 되었다. 나비에 스톱스 방정식의 약해의 정칙성에 대한 셀 수 없이 많은 연구 결과들이 출판되었다. 특히 Scheffer, Caffarelli-Kohn-Nirenberg, Lin 등의 의해 약해의 특이점의 집합의 차원 연구가 진행되었다. 여기서 특이점은 약해가 유계가 되지 못하는 점을 의미한다. 약해가 어떤 영역에서 유계가 된다면 약해는 추상적인 함수 공간의 원소가 아니라 구체적인 Holder 연속이 함수가 된다는 것이 알려졌다. 그 후에 특이점의 Hausdorff 차원이 1미만이라는 것이 증명되어 어떤 특이점도 연속적인 시간동안 관찰될 수 없다는 것이 알려졌다.</p> <p>약해의 정칙성 연구에 영향을 주지 않는 물리적인 상수들을 소개하고 비선형 항을 대칭적인 형태로 간소화한 모델을 고려해도 자기유체 방정식의 경우 자기장과 유동장의 상호 간섭에 의해 특이점의 해석이 매우 어렵다. 이 논문에서 자기장의 영향력에도 불구하고 약해의 특이점의 차원</p>

3	<p>이 1보다 작을 뿐 아니라 로그적인 가중치를 준다하더라도 계측할 수 있음을 보였다. 이 연구는 특이점에서 더 향상시키기 어려운 가장 앞선 결과일 뿐 아니라 증명과정에서 유도한 새로운 형태의 에너지 부등식은 자기장 방정식의 압력항을 소거하여 자기장과 상호작용이 일으키는 비선형 힘에 대한 해석에 새로운 영감을 주었다. 이 부등식으로 특이점 집합 부근의 해의 거동을 잘 설명할 수 있었고 특이점의 계측을 향상시킨 결과로 세계적인 수리물리학 잡지인 Communications in Mathematical Physics에 2015년 출판되었다.</p> <p>대표업적: CT 영상에서 금속물에 의해 생성되는 비선형 영상왜곡을 표현한 수학기공식 (서진근교수) 논문: Characterization of Metal Artifacts in X-ray Computed Tomography, Communications on Pure and Applied Mathematics, 2017 (공동저자인 박형석, 최재규 박사는 서진근 교수로부터 본 연구로 박사학위를 받고, 현재 각각 국가수리과학연구소 선임연구원, 중국 상하이 통지대학 교수로 재직 중임.)</p> <p>본 연구가 난제인 이유: CT 복원 알고리즘은 “monochromatic X-ray beam” 에 기반을 둔 선형 모델로서 데이터-영상간에 Radon transform이라는 선형적 관계에 바탕을 두고 있다. 그러나 실제 CT의 X-ray beam은 “polychromatic” 이며, 방사선이 금속물과 같은 high attenuation 물질을 통과할 때 낮은 광자 에너지를 흡수하여 빔경화(beam hardening)현상이 발생한다, 상기 빔경화현상으로 metal artifact는 데이터를 라돈변환의 range space로 projection 하는 과정에서 발생한다. MAR(Metal Artifact Reduction)이 해결하기 어려운 난제인 이유는 금속물질의 기하학적인 구조에 따라 X-ray data가 비선형적으로 변하기 때문이다.</p> <p>본 연구의 학술적/역사적 가치: Microlocal Analysis이용한 수학적 분석을 통해 Metal streaking artifact가 생성되는 요인과 지점을 특정하였고, 영상왜곡을 수학기공식으로 표현하였다. 이것이 세계 최초의 MAR 수학 공식이 되었다.</p> <div data-bbox="1288 861 1758 1165"> </div> <p>metal streaking artifact가 존재하지 않기 위한 필요충분조건은 $WF((R\chi_D)^2) \subseteq WF(R\chi_D)$ 임을 수학적으로 엄밀하게 증명하였다. 금속물이 strictly convex하면 metal streaking artifact는 생성되지 않는다.</p> <p>MAR 수학 공식: 금속물 영역 $D = D_1 \cup D_2 \cup \dots \cup D_J$에 의해 발생하는 beam-hardening artifacts는 다음 수학적식으로 표현된다.</p> $\phi_{D, \lambda}(\mathbf{x}) = -\frac{1}{4\pi} R^* \Gamma^{-1} \left[\ln \left(\frac{\sinh(\lambda R\chi_D)}{\lambda R\chi_D} \right) \right]$ <p>여기서 R^*는 라돈변환 R의 dual 이고, Γ^{-1}는 Riesz potential (degree -1)으로 $\Gamma^{-1}(g)(s) = \frac{1}{2\pi} \int_R \int_R e^{i(s-s')\omega} g(s') \omega ds' d\omega$ 이다.</p>
---	--

1. 참여교수 연구역량

1.3 교육연구단의 연구역량 향상 계획

1.3 교육연구단의 연구역량 향상 계획

본 교육연구단에서는 이론수학, 응용수학, 계산수학 분야에서 현재 진행 중인 4차 산업혁명 시대의 핵심 기술에 대한 수학적 이론 정립 및 연구분야를 확대하고자 한다. 이를 위해 사회/산업/공학 문제 및 난제에 대한 수학적 이론정립을 위한 이론수학 분야(대수학, 해석학, 위상 및 기하학), 사회/산업/공학 문제와의 수학적론-문제 해결의 인터페이스 역할인 응용수학 분야(금융수학, 수치해석학), 실제 현상의 문제를 다루고 해결하는 계산수학 분야(데이터사이언스/기계학습, 의료영상, 전산유체역학)에서 참여교수들은 각각 특성화된 연구를 수행하고, 해외학자와의 교류 및 연구자 커뮤니티 구성, 학술대회 개최, 신입교원 채용 등을 통한 학과의 발전 및 연구의 질적 우수성 향상을 꾀하고자 한다.

가. 다학제간 연구자 교류 및 학술대회 개최

본 교육연구단에서는 참여교수의 연구역량 강화를 위해 국제 학술대회 개최 및 참석, 정기적인 해외학자 초청 및 워크샵/집중강연 개최 등을 지속적으로 수행하여 다양한 분야의 수학적론들을 연구에 집중할 계획이다.

(2021년 5월) 국제학회인 Harmonic Analysis and PDE를 연세대에서 개최하고 (주관: 김세익 교수), ICM 초청연사였던 Steve Hofmann, Guy David, Svitlana Mayboroda를 포함한 해석학 유명 연구자들의 강연을 계획함

(2022년 7월) 14th International Conference on Spectral and High Order Methods (ICOSAHOM 2022)를 연세대에서 개최하기로 함 (조직위원장 : 박은재 교수)

또한 참여교수들의 학술 및 연구활동의 일환으로 국내외 공동연구를 수행할 협력 기관을 아래의 표에 나타내었다. 이는 다음에 기술되는 ‘나. 연구 분야별(참여교수별) 학술 및 연구활동 계획 (공동연구 포함)’ 에서 기술한 내용을 요약한 것이다.

연구분야	해외 공동연구 기관	국내 공동연구 기관
대수학	Duke 대학 (미국), Univ. of Illinois (미국), Kings College (영국)	KAIST 전산학과
해석학	나고야 대학(일본), Muenster 대학(독일), UBC(캐나다), Czech Academy of Sciences (체코), Oxford 대학 (영국)	
위상 및 기하학	Boston Univ. (미국), Chinese Univ. of Hong Kong (홍콩) Univ of Tokyo (일본), Osaka Univ. (일본)	
수치해석학	Humboldt 대학 (독일), Chinese Univ. of Hong Kong (홍콩) Khalifa Univ. of Science (UAE), 메릴랜드 대학 (미국) Indian Institute of Technology (인도) National Central University (대만), 메릴랜드 대학(미국) University of Colorado at Boulder(미국)	릭 의대, 연세대 의대, 질병관리본부
금융수학	오클랜드공과대학 (뉴질랜드)	
데이터과학/기계학습	캘리포니아주립대-롱비치 (미국)	
의료영상		연세대 치과대학, 산업체(HDXWILL)
유체역학	Pacific Northwest National Laboratory (미국)	전자부품연구원(KETI)

나. 연구 분야별(참여교수별) 학술 및 연구활동 계획 (공동연구 포함)

A. 대수학 분야

수론 (기하서 교수)	리만가설로 알려진 L-함수의 영점문제에 대한 연구를 진행한다. 리만이 소수의 분포를 연구하기 위해서 도입한 리만제타함수의 영점문제는 L-함수의 영점문제의 기원으로 수론의 각종 정보를 가지고 있는 L-함수는 무수히 많이 있으며 각각의 L-함수에 대한 리만가설이 있다.
논리학 (김병한 교수)	Schanuel의 예상, 즉 유리수체에 선형독립인 복소수 z_1, \dots, z_n 이 주어졌을 때 이들과 e^{z_1}, \dots, e^{z_n} 으로 생성되는 체의 초월 계수가 n 이상이라는 예상에 대해 연구하려 한다. 이가 참이면, e 와 π 가 대수적 독립인가에 관한 수학의 오래된 주요 미해결 문제가 긍정적으로 해결된다. (다학제간 연계) 수리논리 분야 정수론, 복소해석학과 연계를 통해 더 포괄적인 연구 효과를 기대함 (공동연구) KAIST 전산과의 Martin Ziegler 교수와 Yonsei-KAIST 공동연구 및 세미나 계획 1980경 Berkeley 교수인 R. Coleman에 의해 발표된 Coleman Conjecture은 단순명료한 가설이나, 접근가능한 수학적 도구가 제한적이기 때문에 해결하기 매우 힘든 가설이었다. 그 뒤 Kolyvagin, Rubin 등의 오일러 systems 이론을 Iwasawa theory에 응용하여 콜만 가설에 대한 최초의 도구가 본연구진 의해 발견되었으며, 이를 이용하여 계속적인 연구를 수행한다. (해외 공동연구) 영국의 Kings College 대학의 David Burns 교수와 공동연구 진행
대수적 정수론 (서수길 교수)	(해외 공동연구) 영국의 Kings College 대학의 David Burns 교수와 공동연구 진행
해석적 정수론 (손재범 교수)	동시코어 파티션(simultaneous core partition) 함수에 대한 연구, 로저스-라마누잔 항등식 등을 포함한 알려진 항등식간의 새로운 일대일 대응 증명법 찾기, 큐급수(q-series)의 중요 연구주제인 일반화된 로저스-라마누잔 연분수에 관한 연구를 진행할 계획이다. (학술활동) 다양한 국제학회 참석 및 해외기관 방문을 통해 국제 공동연구자 교류 (해외 공동연구) Duke Univ.의 Heekyung Hahn 교수, Univ. of Illinois의 Bruce Berndt 교수 등

B. 해석학 분야

PDE (강경근 교수)	나비에-스톡스 방정식 및 유체 방정식의 정칙성 관련 연구와 수중서식 생물 모델에 대한 해의 특성 연구를 진행한다. (국제교류) 독일 Muenster 대학 Angela Stevens교수, 캐나다 British Columbia 대학 Taipeng Tsai 교수 등 해외 연구자들과 교류를 확대하고 집중강연과 세미나를 통해 최근 연구 동향 파악할 계획
PDE (김세익 교수)	조화해석학적 분석을 통해 변수계수 헬름홀츠 방정식 해의 정칙성을 연구할 계획이다. (국제교류) ICM 초청연사인 S. Hofmann, G. David, S. Mayboroda 등 유명 연구자들의 강연 계획
조화해석 (김준일 교수)	전파 방정식들의 L2 스트리카즈 측정이 가능할 필요충분조건을 뉴튼 다면체를 이용하는 연구를 수행한다. (해외 공동연구) 뉴튼다면체를 사용해 포물선형 편미분 방정식의 연구를 나고야 대

	학의 Terasawa 교수와 지속적으로 수행.
PDE (양민석 교수)	다양한 경계 조건에서 Magneto-hydrodynamic (MHD) 방정식의 약해의 안정성 연구 및 시간에 따라 도메인이 변하는 경우 MHD 방정식의 약해의 존재성 연구할 예정이다. (해외 연구사업) Czech Academy of Sciences의 J. Neustupa, S. Necasova 교수와 공동 연구사업 진행
Applied PDE (최영필 교수)	입자와 유체의 상호작용을 기술하는 Vlasov-Navier-Stokes 형태의 수학적 모델링에 대한 해석, 유체(macroscopic)방정식의 hierarchy에 대한 엄밀한 수학적 해석에 대한 연구를 진행한다. (해외 공동연구) Oxford 대학의 José Carrillo 교수와 공동연구 수행
PDE (최희준 교수)	밀레니엄문제인 비압축성 나비에스톡스 방정식의 해의 특이점 규명 연구를 진행한다. (해외 공동연구) 관련분야 해외 전문가들과의 교류 및 국제 공동연구 수행

C. 위상 및 기하학 분야

Algebraic Geometry (최성락 교수)	Okounkov body를 이용해서 divisor의 positivity 또는 다양체의 성질에 대해서 수행 중인 연구 완결하고, Projective space 또는 Fano type variety의 판별을 위해서 쓰이는 complexity와의 연관성에 대한 연구를 진행한다. (해외 공동연구) University of Tokyo, Osaka University의 교수진들과 공동연구 추진하고, 상호 방문을 통해서 연구 결과를 공유하고 자문 교환을 하면서 연구역량을 향상 플로어 이론을 이용하여 국소-대역 원리의 거울다양체 건설 방법론을 정립하고, 다양한 거울다양체 건설이론의 기하적 관계를 호몰로지 대수의 명료한 언어로 기술한다.
Symplectic Geometry (홍한솔 교수)	(국제교류) Boston University, Chinese University of Hong Kong 등의 기하학 연구팀과 활발히 교류 중이며, 이를 보다 정례화하여 각 연구팀들의 특화된 아이디어와 전문지식을 통한 시너지 효과 창출을 기대함

D. 수치해석 분야

계산과학기반 수치해석 (박은재 교수)	Interface problem (Darcy-Forchheimer와 Navier-Stokes의 coupling)의 효율적인 수치 알고리즘 고안 및 해석, 비표준 갤러킨 방법 (Staggered DG method, Hybrid DG method, mixed FEM)의 안정성, 수렴성을 연구한다. (해외 공동연구) 독일 Humboldt 대학 Carstensen 교수 연구그룹, 홍콩의 Eric Chung 교수 연구그룹, UAE의 Tae-Yeon Kim 교수 연구그룹, India의 Pani 교수 연구그룹 등과 국제 공동연구 지속 수행
계산과학기반 수치해석 (이은정 교수)	Hyperbolic 보존법칙을 따르는 편미분방정식의 최적 근사해를 찾기 위한 stabilized LL*기법 개발, 비선형 Schrodinger 방정식에 다양한 FDM 적용 시 stability 분석 및 일반적인 비선형 편미분방정식으로의 확장을 수행한다. (해외 공동연구) 대만 National Central University 수학과 Feng-Nan Hwang 교수팀 및 미국 U of Colorado Boulder의 Tom Manteuffel 교수와 공동연구
Epidemic Disease (이지현 교수)	Evaluation of Varicella and Zoster vaccination Optimal control in a delayed-infection and immune-evading oncolytic virotherapy of cancer

	(공동연구) 가톨릭대 갑염내과 박신희 교수 및 최계기 교수와 정기적인 연구 미팅 (해외 공동연구) University of Sydney의 Peter Kim 교수와 연구실 Lab 간 상호 방문을 통한 공동 연구 수행
응용수학 (허영미 교수)	조화해석을 사용한 새로운 웨이블릿 및 수학적 데이터 표현 방법 및 다차원 다항식 행렬을 사용한 새로운 웨이블릿 및 수학적 데이터 표현 방법에 대한 연구를 진행한다. (해외 공동연구) 미국 메릴랜드 대학 Kasso Okoudjou 교수와의 국제 공동연구 진행 (공동연구) 국내 조화해석학 연구자들(연세대 김준일 교수 등)과 교류 및 연구 확장

E. 금융수학 분야

금융수학 & 기계학습 (김정훈 교수)	프랙셔널(fractional) 확률변동성을 갖는 다중스케일, 다중요소 하이브리드 자산가격 모형 개발 및 개발된 모형의 러프니스(roughness)를 머신러닝 기법을 활용 조사함으로써 효과적인 모델 보정을 연구한다. (해외 공동연구) 뉴질랜드 오클랜드공과대학 Cao 교수 및 Zhang 교수와 상호 방문 연구 교류 등으로 국제공동연구를 수행하여 연구역량을 국제적으로 우수한 수준으로 향상시킴
----------------------------	--

F. 데이터사이언스/기계학습 분야

데이터사이언스 & 인공지능 (신원용 교수)	스마트공장 실측 데이터를 사용한 인공지능 탑재된 예지보전 기술 최초 개발 및 관련 플랫폼 구축 연구를 수행하고, 차세대 무선 네트워크 환경(자율주행차, 드론 네트워크 등)에서 인공지능이 탑재된 통신 프로토콜을 연구한다. (해외 공동연구) 캘리포니아주립대(롱비치 캠퍼스) 데이터과학 연구실 및 하버드 의과대학 기계지능 연구실과 MOU를 체결하여 학생/연구원 교류 및 공동연구를 촉진할 계획 (원천기술 개발) 데이터 마이닝/기계학습 관련 원천기술은 논문 이외에 특허출원-특허등록-기술이전에 이르는 상용화를 목표로 실생활 응용에 가까운 연구를 수행할 계획
기계학습 (최희준 교수)	기계학습을 통한 자연어처리와 기계번역, 최적화 방법에 의한 자동주행차 알고리즘을 연구한다. (국제교류) 관련 해외 전문가들과의 교류 및 국제 공동연구 참여.

G. 의료영상 분야

의료영상 (서진근 교수)	“인공지능 Digital Dentistry” 개발 : 디지털덴티스트리는 치과용 영상 데이터 (CBCT, 구강스캔, 얼골스캔 등)로부터 입상에 필요한 정보를 자동으로 제공하는 것으로, 고난도의 수학 지식과 인공지능 기술이 artifact reduction in CBCT reconstruction, skull segmentation, teeth occlusion, cephalometry에 필요하다. (공동연구) 연세대 치과대학 이상휘교수팀, 산업체(HDXWILL)와 공동 연구과제 수행
------------------	--

H. 유체역학 분야

계산과학 기반 유체역학 (최정일 교수)	열·유체역학 문제에 대한 데이터 기반 수리모델링 (Data-driven modelling) 및 수치 해석에 대한 연구를 수행하고, 멀티피직스 (Multi-physics)를 포함하는 편미분방정식의 효율적인 수치해석 기법에 대한 연구한다. 또한, 불확실성 정량화 (Uncertainty Quantification) 기법을 활용한 모수화 (Parameterization) 및 저차원 모델링 (Reduced-order modeling) 기법에 관련된 연구를 진행한다. (해외 공동연구) 미국 Pacific Northwest National Laboratory (PNNL)와 공동연구 진행 (공동연구) 전자부품연구원(KETI)의 화공/재료공학 연구자와의 공동연구 진행
-----------------------------	--

다. 우수 논문 게재 지원 및 신입교원 확보

▶ 연구 역량 향상

우수한 연구는 새로운 시각으로 수학의 중심적 문제를 바라보는 창의적이고 도전적인 연구능력과 계산 과학에 기반하여 현실문제에서 수학적 구조를 분석해내는 통찰력과 응용력을 요구한다. 그러나 이러한 연구는 상대적으로 긴 연구 기간을 수반하며, 실패확률도 높다. 단기간에 성과를 낼 수 없는 주제일지라도 사업단의 내부적 평가를 통하여, 연구의 질적 가치를 판단하고 꾸준히 지원해야 한다. 또한 응용수학의 선도적 연구를 위해서는 타분야의 다양한 이론들을 탐구하여 새로운 현실응용 가능성을 찾는 데 지속적인 노력을 기울여야 한다. 연구자들에게 타분야에 대한 관심을 유도하고 타분야의 전문가와 활발히 교류할 수 있는 계기를 만들기 위하여, 티타임과 같은 격식 없는 교류의 장을 정착화하고, 학계간 공동 세미나를 비롯한 다양한 학술행사를 조직하도록 지원할 계획이다. 세계적인 석학과 우수신진연구자들을 초청하여 연구동향을 파악하고 새로운 영역으로 연구 범위를 확장하는 함으로써 참여연구자의 연구역량을 강화한다. 또한 우수학자들과의 공동연구를 적극 지원한다.

▶ 우수 논문 국제 저명학술지 게재 독려

참여연구진의 연구 의욕을 북돋우기 위한 다양한 인센티브 제도를 시행하고자 한다. 구체적으로는 위원회의 합리적 판단하에 선정된 우수한 저널들의 리스트를 제시하고, 매년 게재 승인된 논문 중 가장 우수한 논문을 선정해 올해의 논문상을 포상하고 격려금을 지급한다. 나아가 각 분야별 최상위 저널에 논문을 출판하는 경우, 해당분야의 박사후연구원 고용을 고려하여 연구 시너지를 유발한다. 특히 우수논문 수상자들이 수상한 논문에 대해 기념강연을 하는 제도를 도입하여, 교육연구단 내에서 서로의 연구를 이해하고 가치를 존중하는 분위기를 조성한다.

▶ 신입교원 채용을 통한 연구 영역 확대 및 역량 강화

본 교육연구단은 이론수학, 응용수학, 계산수학 연구 분야 간 연구 교류 및 연구 영역의 확대를 통해 연구 영역을 확대하고자 한다. 이를 위해서 학과에 절실히 요구되는 우수한 인력을 지속적으로 채용하도록 노력할 것이다. 이를 위해 탐색 운영회를 조직하여, 우수인력에 대한 정보를 수집하고, 필요한 인재를 선제적으로 확보할 수 있도록 수시채용도 기존의 공개 채용과 병행할 것이다.

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.1 산업·사회 문제 해결 기여 실적

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.1 산업·사회 문제 해결 기여 실적

가. 산학협력을 통한 공동연구 수행

▶ (주)경원테크와의 산업수학 석사과정 인력양성 프로그램 진행

산업수학 석사과정 학위과정 프로그램은 산업체와 연계하여 신입생을 선발하고, 공동연구지도 및 학사 커리큘럼 지도, 취업에 연계까지 연계기관과 산업현장에 즉시 필요한 인력을 양성하는 학위과정이다. (주)경원테크와 연계하여 김한을 학생이 이 프로그램을 통해 석사학위과정을 이수하여 산업수학 석사 학위를 취득하였다.

▶ 산학협력 연구 및 개발

본 교육연구단의 계산수학 기반 연구를 수행하는 참여교수들은 산학협력 연구를 통해 산업체에서 요구하는 문제 해결을 위해 노력하고 있다. 다음은 최근 5년간 산학협력 연구 결과를 기술하였다.

산업체	연구 및 개발 내용	담당교수
삼성메디슨	초음파 영상을 이용한 양수량 측정 자동화 방법 개발	서진근
LG 전자	전기차 모터 열전달 해석 및 성능향상 기술 개발	최정일
현대자동차	차량용 리튬이온 배터리 수명 예측 모델 개발	최정일
SK텔레콤	유전자 복제에 필요한 PCR 데이터 분석 알고리즘 개발	이은정
한국과학기술원(KISTI)	병렬계산 라이브러리 PaScaL_TDMA 개발 및 공개, 특허출원	최정일
애니캐스팅	주조 열/유동 솔버 성능향상 연구를 진행하였으며, 기존 상용 해석 소프트웨어의 계산 성능을 5-10% 향상	최정일
경원테크	전자기장 해석을 위한 FVTD 기반의 수치해석자 개발	최정일
우성케미칼	아연-브롬 흐름전지의 유로구조 최적 설계	최정일
딤노이드	딤러닝 기반 요추 압박골절 자동진단 시스템 개발	서진근
위령크글로벌	SCT Economy Modeling	강경근
대주회계법인	Techcoins Valuation에 관한 연구	강경근
삼성미래기술육성재단	Microlocal Analysis를 통한 CT 영상에서 금속물에 의한 영상왜곡 해결 대수위상수학의 수리논리 모델론을 통한 연구 및 응용 DNA 시계와 DNA 블랙박스의 개발	서진근 김병한 이승철

나. 사회문제 해결을 위한 공공기관 위원회 활동

▶ 방역연계 범부처 감염병 연구개발사업의 “감염병 확산 모형 개발” 세부과제 책임자로 활동

이지현 교수는 2016년 8월부터 2019년 7월까지 1년간 CEVI(신종 바이러스 감염 대응) 융합연구단 기획 및 평가위원으로 활동하여 신종 바이러스 감염에 대응하는 융합 솔루션을 개발하기 위한 출연연구소 연합 대형 과제를 기획하고 바이러스 감염 확산 방지를 위한 예측 모델 개발에 관해 자문과 평가를 담당하였다. 관련하여 연구과제인 방역연계 범부처 감염병 연구개발사업의 “감염병 확산 모형 개발” 세부과제 책임자로 활동하였다.

다. 대중강연을 통한 수학/과학의 대중화

참여자수들은 일반인 대상 강연, 산업체/연구소 연구원 대상 강연, 대학생/대학원생 대상 강연, 중·고등학교 학생 대상 강연 등 다양한 대중강연을 통해 수학/과학의 대중화를 위해 노력하고 있다.

▶ 일반인 대상 대중강연

- (기하서) 카오스 강연 “모든 것의 수다”의 제3강 연사로 초청되어서 “수학 역사상 가장 유명한 난제, 리만가설”이란 제목의 강연 (2018.3)
※ 강연은 네이버로 중계됨, 강의영상은 유튜브에 있으며 현재 누적 시청자 수는 6만명이 넘음 (https://www.youtube.com/watch?v=_02sxtRrdU4)
- (서진근) 서대문구 문화행사-청소년과 일반인을 위한 과학콘서트에서 “르네상스 예술복원에서의료영상까지”라는 주제로 대중강연 수행(2015. 11, 연세대)
- (서진근) 제5회 수학교사 한마당에서 “수학의 변화-딥러닝”의 주제로 대중강연 수행(2017.08, KT인재개발원)
- (최정일) 제2회 4차산업혁명과 수학포럼(부제: 4차 산업혁명에서 수학의 역할)에서 “1차 산업혁명에서 4차 산업혁명까지 수학의 역할”로 대중강연 수행 (2017, 서울대)

▶ 산업체 및 연구소 연구원 대상 강연

- (서진근) 국가수리과학연구소에서 “기후변화와 자연재해에 대처하는 수학”의 주제로 강연함 (2016.12)
- (신원용) 5G 포럼 스마트공장위원회(8월 정기회의)에서 “추천 시스템 기반 빅데이터 서비스 및 스마트 팩토리의 응용”의 주제로 초청강연을 수행함 (2019.8, KTL 서울지역본부)
- (이은정) 2017년 전자장 해석 워크숍에서 “Basic Finite Element Method”의 주제로 강연함 (2017.08, 한국전파진흥협회)

▶ 고등학생 및 중학생 대상 대중강연

- (기하서) 서대문구와 연세대학교 이과대학이 공동 주최하는 청소년과 일반인을 위한 과학 콘서트에서 “리만 가설에 대하여” 강연을 하였음 (2018.11)
- (손재범) 선정고등학교에서 고등학생을 대상으로 “Number Theory and Partition”이란 주제의 대중강연을 하였음 (2016.9)
- (서진근) 한민포럼 (한민고등학교)에서 “인공지능과 수학”의 주제로 강연함 (2017.08)
- (서진근) 연세대 영재교육센터에서 “기계학습과 인공지능”, “인공지능과 계산과학”의 주제로 강연을 수행함(2017.03, 2018.10, 연세대)
- (최정일) 인천과학영재고등학교에서 “산업혁명과 수학; 내가 아는 것, 알고 싶은 것 그리고 알아야 하는 것”의 주제로 강연함 (2017.09)

▶ 대학생 및 대학원생 대상 강연

- (기하서) 2019 대한수학회 가을 연구발표회의 대중 강연 행사인 KIAS 대중강연에서도 리만 가설에 대하여 강연을 하였음 (2019.10)
- (서진근) 대구과학기술대학교(DGIST)에서 “computational mathematical imaging and data science” 주제로 기초강연을 수행함 (2016.11)
- (서진근) 아주대학교 수학과에서 “의료영상에서의 딥러닝”의 주제로 대중강연 수행함 (2017.04)

- (서진근) 강원경기수학회(천안)에서 “4차 산업에서의 수학의 역할”의 주제로 강연함 (2017.06)
- (박은재) KAIST colloquium에서 “Staggered Galerkin Method: A New Computational Paradigm”의 주제로 강연함 (2019. 04)
- (박은재) POSTECH colloquium 및 학부생을 위한 강연에서 “1부 Numerical Modelling and Capturing Singularities”, “2부 Staggered Galerkin Method: A New Computational Paradigm”의 주제로 강연함 (2019. 05)
- (이은정) 제6회 한국멀티스케일학회 기술 강습회에서 “1부-AlphaGo & Reinforcement Learning”, “2부-Application of Deep Learning”의 주제로 강연함 (2019.07, 동국대)
- (신원용) 제 13회 미래통신기술 워크숍 (부제 : 5G를 넘어서)에서 “소셜 네트워크에서의 기계학습 기술: 네트워크 임베딩”의 주제로 초청강연을 수행함 (2019.4, 숭실대)
- (신원용) 한국정보처리학회 2019년 제 3차 단기간좌 (부제 : 6G 이동통신 핵심기술)에서 “소셜 네트워크에서의 딥러닝 기초 및 활용” 주제로 초청강연 (2019.11, CNN the Biz 교육연수센터)
- (신원용) 한국계산과학공학회 2019 Machine Learning Winter School에서 “소셜 네트워크와 사물인터넷에서의 머신러닝 기초 및 활용”의 주제로 강연함 (2019.12, 하이원리조트)

라. 수학/과학의 대중화를 위한 사설 기고

- (김병한) 2016년 3월 KIAS 수학과연구소에 밀레니엄 문제 중 하나인 P vs NP 문제에 대한 소개글을 작성하였고(http://kor.kias.re.kr/sub04/sub04_04_05.jsp), 2017년 KIAS 초학제연구총서 “체계와 예술” [이학사, 2017 ISBN: 9788961472920(8961472925)]의 일부로서 “집합론, 강제법, 가상과 실제의 대화”를 집필하였으며, 2018년 지식의 지평 24호에 칸토어 사망 100주년 기고문 “칸토어와 집합론”을 실었다. (<http://www.jipyeong.or.kr/index.php?ho=24>)
- (김세익) 2016년 5월 대한수학회소식 (ISSN 2508-2159) 제 167호 “화제의 수학자 칼럼”에 아벨상 수상 직후 갑작스런 교통사고로 사망한 Nash 교수에 대한 추모 기사 “John F. Nash, Jr.를 추모하며”를 기고하였다. [http://www.kms.or.kr/kms/Newsletter/online/167\(2016.5\).pdf](http://www.kms.or.kr/kms/Newsletter/online/167(2016.5).pdf)
- (김병한) 2017년 9월부터 2018년 3월까지 네이버 수학백과 저술에 참여하여 수리논리에 관련한 포제어 내용을 작성하였다. (<https://terms.naver.com/list.nhn?cid=60207&categoryId=60207>)
- (김정훈) 개발한 하이브리드 확률-로컬변동성 모형(참고: Option pricing under hybrid stochastic and local volatility, Quantitative Finance, 13(8), 2013, 1157-1165)을 추가연계연금보험(ELA)에 적용하여 보험료의 공정가치에 대한 해석적 공식을 얻어 보험 전문 저널인 Scandinavian Actuarial Journal (Equity-linked annuities with multiscale hybrid stochastic and local volatility, 2016(5), 466-487)에 2016년 5월 출판함으로써 보다 시장 상황에 맞게 조율될 수 있는 연금보험료 계산에 기여를 했다.

마. 계산과학 전공의 선도를 통한 외부기관 수상

▶ 서진근교수의 제57회 3·1문화상 학술상(자연과학부문) 수상 (2016.3.1.)

순수수학으로 기술적 한계를 극복하여, “생체 전기 저항률 단층촬영방식”을 세계 최초 실험 성공한 응용수학자로 서진근 연세대 교수는 물체를 자기공명영상(MRI) 장치 내에서 회전시키지 않고 물체 내의 저항률 분포·전류 밀도 등을 동시에 얻어내는 방법인 ‘생체 전기 저항률 단층촬영방식’을 세계 최초로 개발한 바 있다. 또한 국내에 계산과학공학과를 최초로 설립해 융합형 고급 인력양성에

도 기여해 자연과학부문 수상자로 결정됐다.

▶ 서진근교수의 졸업생(박형석박사) 제6회 예소오일 우수학위논문상 우수상 수상 (2016.11.29.)

본 학과를 졸업한 박형석박사(지도교수 : 서진근교수)는 제6회 예소오일 우수학위논문상 우수상을 수상하였다. 지도교수인 서진근교수는 우수학위논문상의 지도 교수상을 수상하였다. 박형석 박사는 최초로 Wavefront set이라는 수학적 개념을 이용하여 금속 인공물의 특성을 엄밀히 분석하였으며, 수학적 분석을 기반으로 한 새로운 형태의 금속 인공물 보정 알고리즘을 개발하였다. 본 연구 결과들은 응용수학 분야 최고 권위의 저널인 “Communications on Pure and Applied Mathematics” 에 게재되었으며, 특히로 출원 되었다.

바. 사회문제에 적용 가능한 연구 수행 실적

▶ 최적의 방역 시스템 연구

이지현 교수는 연세대 세브란스 병원 교수들과 병원 내 감염확산 방지를 위해 스크리닝 문진, 의료진 방어복 사용 등에 대한 대응전략의 가장 효과적인 방안을 찾는 연구를 수행 중이다. 또한, 세브란스 병원 교수 및 영국의 질병관리본부(PHI) 연구원들과 함께 사회적 거리두기의 완화 및 학교의 온라인 개학 이후 등교개학으로 전환했을 때, 예측가능한 문제점을 파악하는 연구를 수행하였으며, 그 결과를 논문 투고 할 예정이다.

- Evaluation of control measures for COVID-19 in Hospital
- Impact of Social Distancing and School Closure on the Spread of COVID-19

▶ 금융상품 평가 방법 개발

김정훈 교수는 A reduced PDE method for European option pricing under multi-scale, multi-factor stochastic volatility (2019) 연구를 통해 multi-asset 옵션 평가에서 기존의 한계를 극복하고 새로운 방법을 제시하였다. 금융시장에서 기초자산이 여러 개인 경우 상품을 평가하는 공식을 유도하기는 쉽지 않다. 확장된 확률변동성 모델을 사용하여 multi-asset 옵션 평가를 하는 경우 기초자산 개수의 2배가 넘는 차원의 PDE를 풀어야 하는 어려움에 직면하게 된다. Fouque(2010)의 방법론은 단순하게 확장된 확률변동성 모델에서 나온 PDE를 확률변동성에 의존하지 않는 여러 PDE로 나눠준다는 insight가 있으며, 이를 적용하면, 확률변동성 모델을 사용할지라도 여전히 블랙-숄즈 모델과 동등한 차원의 PDE를 풀 수 있게 된다. 본 연구에서 기초자산 별로 확률변동성을 두거나 천천히 회귀하는 변동성을 추가하는 방식으로 Fouque의 방법론을 확장하였고 이에 대한 수치 실험 결과 우리가 제시한 모델은 Fouque의 방법론이 가지고 있는 한계를 극복하고 다양한 변동성 스퀴를 반영하며 multi-asset 옵션 평가에서도 더 좋은 성과를 내었다.

▶ VIX 파생상품의 회귀모델 제안

김정훈 교수는 A scaled version of the double-mean-reverting model for VIX derivatives (2018) 연구를 통해 VIX 데이터의 새로운 회귀모델을 제안하였다. 시카고증권거래소(CBOE)의 변동성지수인 VIX는 S&P500 지수 옵션의 내재적 변동성, 즉 주가시장에 대한 내재적 변동성을 측정하는 핵심적인 척도이다. 시장의 VIX 데이터와 일치하지 않는 Heston 모델(1993)의 한계를 극복하기 위해, Gatheral은 이중 평균 회귀모델을 개발하였다(2008). 이중 평균 회귀 모델은 variance의 실제 움직임을 성공적으로 반영하지만 VIX 파생상품과 SPX 옵션을 위한 닫힌 해를 제공하지 못하므로 캘리브레이션이 느릴 수 있다. 본 연구를 통해서 빠른 평균 회귀 형식의 이중 평균 회귀 모델을 제안하였으며, VIX 파생상품의 닫힌 근사해를

구하여 Heston 모델 및 기존의 이중 평균 회귀 모델과 비교하여 본 논문의 모델이 얼마나 효과적인지를 보여주었다.

▶ 미세먼지 이동 시뮬레이션

최희준 교수는 Application of the Cell Perturbation Method to Large-Eddy Simulations of a Real Urban Area (2018)에서, 대기 오염물질의 이동 시뮬레이션 상에 나타나는 난류를 효과적으로 기술하는 방법론을 연구하였다. 본 연구에서는 중규모(mesoscale) 기상모델링에서 새롭게 제안된 셀 섭동(cell perturbation)법을 건물 규모(building-resolving scale)의 도시 대기경계층에 적용하였다. 지면 근처의 대기관측 자료와 수치모델결과를 비교하여 풍속에 대한 검증지수를 도출한 결과, 허용기준을 만족한다는 결과를 얻을 수 있었다. 상층의 부드러운 유입조건인 시뮬레이션에서는 난류의 성질 예측이 어렵다는 것을 스펙트럼 분석, 난류운동에너지 분석, 속도 상호관계 분석 그리고 입자상 물질의 확산분석을 통해 확인하였다. 그러나 셀 섭동법을 적용한 시뮬레이션을 이용하면 실제적인 난류가 대기 경계층 내에서 정확히 예측됨을 보였다.

▶ 황사 이동 예측 모델 제안

최희준 교수는 Hydrodynamic limit of a binary mixture of rigid spheres (2015) 연구를 통해 미세먼지 또는 황사가 한반도에 미치는 영향을 정밀하게 예측하는 모델을 제안하였다. 이 연구에서는 질량이 큰 미세먼지 또는 황사의 이동을 기술하기 위해 입자의 충돌과 질량, 운동량, 에너지의 보존 법칙으로부터 수리물리적으로 합리적인 편미분 방정식 모델을 유도하였다. 기존 유체의 흐름을 묘사하는 Boltzmann 방정식 또는 Navier-Stokes 방정식은 미세먼지와 같은 공기에 비해 상대적으로 큰 입자와의 상호작용이 충실히 반영하지 못한다. 따라서 기존의 모델을 이용한 수치 시뮬레이션은 그 예측의 정확성에 한계가 있었다. 이 논문에서 두 가지 성질이 다른 입자의 충돌로부터 유도된 가스의 움직임을 나타내는 방정식은 Compressible Navier-Stokes 방정식의 시스템으로 표현될 수 있음을 보였고 이 모델은 미세먼지 또는 황사가 한반도에 미치는 영향에 대해 더욱 정밀한 예측을 하는 데 사용될 수 있다.

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.2 산업·사회 문제 해결 기여 계획

2.2 산업·사회 문제 해결 기여 계획

가. 산학협력 연구 지속적 진행

▶ 아연-브롬 흐름전지의 유로구조 최적 설계 (최정일)

연구 기간	2017.12. ~ 2020. 11.
연구 내용	레독스 흐름전지는 폭발성이 없어 안전하고 출력과 용량의 독립적인 설계가 가능하여 특히 에너지저장시스템(ESS)에 각광받고 있다. 그러나 레독스 흐름전지는 현재 상용중인 다른 전지들에 비해 에너지 밀도가 낮고 효율이 좋지 않은 단점을 가지고 있다. 효율을 높이기 위한 방법 중 하나로 전해액이 흐르는 구조를 최적으로 설계하는 것이 중요한데, 레독스 흐름전지의 전해액이 흐르는 구조를 압력강하가 낮고, 다공성 전극으로 고르게 흘러들어가도록 하는 것이 관건이다. 최적 설계를 위하여 COMSOL을 이용하여 기존의 유로구조들을 구현하였으며, 똑같은 유로구조를 pipe network에 빗대어 MATLAB으로 구현하여 더 계산이 빠른 설계를 완성하고 COMSOL과의 비교를 하여 pipe network가 잘못되지 않았음을 검증하였다. 앞으로 이를 이용하여 압력강하가 낮고 전해액이 다공성 전극에 최대한 고르게 투과하는 최적의 유로구조를 설계할 예정이다.

▶ 저선량 Cone-Beam CT에서 금속물에 의한 영상왜곡 해결 (서진근)

연구 기간	2019.12. ~ 2022.11.
연구 내용	본 연구는 의료용 CT의 대표적인 난제인 금속물에 의해 발생하는 빔경화로 인해 영상 복원과정에서 나타나는 metal artifact를 제거하는 것이며, 가격경쟁력과 인체의 방사선 노출 측면에서 우수한 치과용 저선량 CBCT 환경에서 MAR알고리즘의 개발로 영상의 품질을 획기적으로 개선하려고 한다. 또한, 3차원 머리뼈 영상만 복원하는 기술 개발을 통해 치과용 저선량 CBCT 사용자로 하여 신속하고, 정확하고, 일관성 있는 cephalometric analysis를 수행하고, 매우 강력하고 정확한 외과 수술계획 및 수술 전후를 예측하는 상담 도구로 활용하도록 한다.

나. (기업연계형) 산업수학 석사과정 학위프로그램 운영

[목표] 과학계산 기반 산업 수요 맞춤형 고급 인력양성

- 이론과 실무 겸비가 가능한 산업체 요구형 산업수학 석사과정 운영
- 응용수학기반 물리현상에 대한 공학적 원리 이해, 분석 및 수치모델링 교육
- 과학계산 기반 프로그래밍 기술 교육
- 산업수학 특성화 과목군 및 현장실습 교과목 정규 운영을 통한 산업체가 요구하는 인력 양성

운영 체계

(운영주체) 연세대학교 계산과학공학과 (이하 연세대 CSE) 교수진이 운영의 주체가 됨
 (연계기관) 연세대 CSE 교수와 일대일 매칭하여 본 프로그램에 직접 관련하는 기업체/연구소/기관, 또는 자문이 가능한 연계기관으로 구성
 (자문위원회) 본 프로그램의 연계기관의 연구원으로 구성하며, 연세대 CSE에 산업수요에 따른 인력양성 방안에 대한 자문을 수행함
 (수여학위) 산업수학 석사학위명 : 이학석사/공학석사 : M.S. in CSE - Industrial Mathematics
 (학생수급) 연세대 CSE 교수 1인-1연관기관(이상) 매칭을 통한 산업수학 석사 인력양성을 지향

교과목 및 이수체계

산업수학 석사과정은 일반대학원 석사과정에 준하는 교육체계를 따르며 기존 대학원 학사 규정을 완화하여 관리

기초과목군 : 계산과학 입문을 위한 기초과목 (3과목)

필수핵심과목군 : 계산과학 분야를 이해하기 위한 필수 교과목 (종합시험 과목, 3/4과목)

전문심화과목군 : 계산과학 및 공학 분야의 심도 깊은 연구를 위한 선택 교과목

산업수학 특성화 과목군 : 산업현장의 문제를 해결하는 능력을 배양할 수 있는 과목
- 기초산업수학, 산업수학1, 산업수학2, 병렬과학계산, 기계학습과 응용, 현장실습 등

산업수학 석사과정 프로그램 운영

(학생선발) 일반 대학원 모집 공고문에 같이 공지하며 연계기관의 추천 등을 통한 인력에 대하여 학과-연계기관의 공동심사로 취업과 연계할 수 있도록 선발함

(교육체계) 산업수학 인력에 대한 교육은 연세대 CSE 교육체계를 기반으로 산업수요에 부합한 추가적인 교과목 구성 및 운영하고, 연세대 CSE 교수진에 준하는 연계 기관의 연구자도 인력양성 교육에 참여 가능함

(연구지도) 학과 지도교수와 연계기관의 연구원이 공동으로 연구 수행에 관한 전반을 관리

(학위취득) 연계기관과 공동연구(프로젝트) 수행 결과를 학위논문 심사위원회에서 평가하여 학위논문 취득 가능 여부를 결정함

(취업연계) 연계 기관과의 공동 인력 선발, 연구지도, 지속적 공조를 통한 취업 연계

다. 수학/과학의 대중화 계획

대한수학회(KMS)와 한국산업응용수학회(KSIAM)를 비롯한 다수의 수학 관련 학회에서는 일반인의 수학에 대한 관심을 불러일으키기 위해 대중강연을 실시하고 있다. 연세대학교에서도 인근 서대문자연사박물관 등 서대문구와 협력하여 과학의 대중화를 위한 노력을 하고 있다. 또한 최근 여러 학회와 워크샵에서 인공지능과 4차 산업혁명과 관련한 패널리토의가 이루어지고 있다. 본 교육연구단 참여교수들은 이러한 기회가 생길 때마다 협조하여 대중강연 및 패널리토의 연사로 참가하도록 할 계획이다. 일례로서 기하학 교수는 2018년 카오스 강연에서 리만가설을 일반인의 눈높이에 맞게 소개함으로써 정수론에 대하여 대중적 관심을 불러왔다. 참고로 기하학 교수의 강연은 youtube에서 6만 명이 넘게 조회하였다. 또한 전국 과학고, 영재고, 또는 서대문구 소재 일반고 재학생들을 대상으로 하는 토크 콘서트 등에도 참여하고자 한다. 예를 들어 김세익 교수는 2018년 6월 경남과학고등학교 전교생을 대상으로 하는 강연에서 “수학이 빛나는 순간”에 수록된 몇 가지 내용을 소개하면서 현대수학이 일상생활에 얼마나 밀접하게 연관되어 활용되고 있는지를 설명하여 학생들의 교과서를 벗어난 수학에 대한 관심을 불러 일으켰다. 이러한 수학 및 과학의 대중화 활동을 향후 계속 진행할 계획이다.

라. 사회문제에 적용 가능한 연구 수행 계획

▶ 금융문제 연구 (김정훈)

헷지는 금융 상품의 위험을 관리하기 위한 필수적 작업이다. 확률변동성 모델에서 대표적 이색옵션이며 한국에서 거래되는 장외파생상품의 일종인 배리어 옵션의 정적 헤지에 대한 수치적으로 안정적인 방법을 고안한다. Perturbation theory가 어떻게 시간-변동성 그리드의 정적 헤지 문제를 간단한 시간 그리드의 문제로 전환하는지 규명하고, 이것이 왜 ill-conditioned 문제의 발생을 방지하는지 알아본다. 정적 헤지 방법은 배리어 옵션을 복제하는 효과적인 접근법이며, 따라서 포트폴리오를 안정적으로 구성하여 거래 비용 관련 문제를 해결할 수 있다. 기존의 정적 헤지 방법에 비해 더 나은 성과를 보여주는 새로운 방법을 고안하고자 한다.

▶ 감염병 연구 계획 (이지현)

신종 바이러스 감염에 대응하는 융합 솔루션을 개발하기 위해서 감염내과, 예방의학, 보건정책 담당자, 기업과 협력하여 연구개발 사업을 수행하고자 한다. COVID19의 경우처럼 공중보건위기 상황은 질병 자체의 위험 뿐 아니라, 사회 불안 증가 등을 포함한 국가적 위기 상황으로 발전한다. 다양한 중재 방안을 실제 상황에 적용하는 것은 불가능하므로 과학적 증거에 기반하여 대응 전략을 수립하고, 관리함으로써 경제적·사회적 비용을 절감할 수 있다. 전염성 질병 대유행에 대비한 대응전략 및 보건정책을 수립하기 위해서 다음과 같이 감염병 확산 모델을 개발하고자 한다.

- 설문 조사를 통한 접촉 데이터 수집 및 유형별 데이터 분석
- 접촉행렬과 수학적 모델 구축
- 국내 접촉 양상에 따른 감염병 전파 확산 모델 개발
- 중재 효능 평가, 대응전략 도출 및 정책 제안

▶ 미세먼지 수리모델링 (최희준)

최근 미세먼지를 포함한 대기 오염물질은 사회적, 경제적 측면에서 매우 중요한 문제로서, 오염물질의 이동과 농도를 정확하게 예측하는 것은 상당히 중요하고 시급한 문제이다. 이를 분석하기 위해 고성능 컴퓨터를 활용하고 있지만, 계산의 문제보다 더 중요한 것은 수리물리적으로 타당한 모델의 정립이다. 기존 방정식은 단일 균일 물질을 바탕으로 유도되었기 때문에 미세먼지와 같은 공기에 비해 상대적으로 큰 입자와의 상호작용이 충실히 반영되지 못했다. 최희준 교수는 2015년 논문 “Hydrodynamic limit of a binary mixture of rigid spheres”에서 질량이 작은 공기 입자와 공기에 비해 상대적으로 질량이 큰 미세먼지 또는 황사의 이동을 기술하기 위해 입자의 충돌과 질량, 운동량, 에너지의 보존 법칙으로부터 새로운 편미분 방정식 모델을 유도하였다. 이 모델은 미세먼지 또는 황사가 한반도에 미치는 영향에 대해 더욱 정밀한 예측을 하는 데 사용될 수 있다. 향후 관련 연구를 지속하여 빠른 수치계산법을 도출하고 실제 계산을 통해 미세먼지의 이동에 대한 실시간 시뮬레이션과 같은 적용을 할 계획이다.

마. 창업을 통한 사회문제 해결 계획

▶ 인공지능 기반 소프트웨어 개발

최희준 교수는 과거 지도학생이었던 박성관 박사, 조가형 박사, 김중은 박사, 고하영 박사와 함께 알고리즘벤처를 창업하였다. 창업아이템은 인공지능 기반 디자인 소프트웨어와 인공지능 개발 프레임워크이다. 기계, 전기 장비 등을 설계할 때 성능을 결정할 파라미터를 결정하는 일이 중요하다. 이를 종합적인 판단을 통해 결정할 수 있는 경험과 능력을 갖춘 기술자를 양성하는데 긴 시간과 많은 비용이 든다. 종합적 결정 방식에 인공지능(machine learning) 기술을 적용하는 “인공지능 기반 시스템 설계 소프트웨어” 개발을 통해 해결할 수 있다. 본 창업진의 핵심 소프트웨어는 역학과 인공지능의 융합된 모형을 틀로 하는 소프트웨어를 개발 및 상품화 할 계획이다. “인공지능 기반 디자인 소프트웨어” 사업을 통해 획득한 핵심기술을 웹 어플리케이션 프레임워크로 개발 및 사업화할 계획이다. 개발자와 기업 간 연계 서비스를 지원하는 역할을 하는 플랫폼을 만들고자 한다. 우리는 개발자에게는 자기 기술을 손쉽게 광고할 수 있는 방법을 제공하고, 인공지능 서비스 기업은 필요한 기술 또는 그것을 개발할 능력을 갖춘 개발자를 폭넓은 범위에서 찾을 수 있는 환경을 구축하여 상호이의 증진을 통한 성장 계획을 하고 있다.

3. 연구의 국제화 현황

3.1 참여교수의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

3. 연구의 국제화 현황

3.1 참여교수의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

가. 국제학회 기조강연 및 Invited talk 실적

본 교육연구단 참여교수의 최근 5년간의 국제학회 기조강연 및 초청강연의 실적은 각각 5건과 38건으로 총 43건의 강연실적을 보여준다. 다양한 분야의 국제학회에서 강연을 수행하였으며, 43건의 실적을 모두 기재할 수 없어 다음에 교수 1인당 1건의 총 14건의 실적만을 나타내었다.

<참여교수별 최근 5년간(2015.1.1.-2019.12.31.) 기조강연 및 초청강연 실적>

교수명	기조강연(건)	초청강연(건)	총 합
박은재	1	5	6
강경근		2	2
기하서		1	1
김병한	3	2	5
김세익		1	1
김정훈		1	1
김준일		3	3
서수길		2	2
서진근	1	7	8
양민석		3	3
이지현		1	1
최성탁		3	3
최영필		5	5
홍한솔		2	2
	5	38	43

<교수 1인당 1건의 국제학회 기조강연 및 초청강연 현황>

- ▶ 박은재 교수 (2018.10.21.-27) 초청강연, Oberwolfach workshop on Computational Engineering, Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Germany
- ▶ 강경근 교수 (2018.08.03.-07) 초청강연, Caccioppoli's inequalities of Stokes system and Navier-Stokes equations near boundary, The 6th East Asian Conference in Harmonic Analysis and Applications, Osaka University, Osaka, Japan
- ▶ 기하서 교수 (2017.08.21-25) 초청강연, Zeros of the Real and Imaginary Parts of the Riemann Zeta-Function, Various Aspects of Multiple Zeta Functions Conference in Honor of Kohji Matsumotos 60th Birthday, 일본 나고야대학
- ▶ 김병한 교수 (2019.6.17.-21) 기조강연, A report on NSOPS_{1S} theories, The 16th Asian Logic Conference, Nazarbayev University Astana, Kazakhstan
- ▶ 김세익 교수 (2017.07.17.-28) 초청강연 On C1, C2, and weak type-(1,1) estimates for linear elliptic operators, CIMPA Mongolia 2017 Research School on Functional Analysis and Partial Differential Equations, Khovd University, Khovd, Mongolia.
- ▶ 김정훈 교수 (2016.03.24.-26) 초청강연, Multiscale hybrid stochastic volatility systems and applications in finance, International Conference on Nonlinear Dynamical Systems, Bharathiar University, India
- ▶ 김준일 교수 (2018.08.17.-08.22) 초청강연, East Asian Conference on Harmonic analysis and its applications, Osaka University 일본

- ▶ 서수길 교수 (2019.03.18.-21) 초청강연, On circular distributions and a conjecture of Coleman, Hawaii Number Theory conference: Algebraic Numbers and Diophantine Equations(HINT 2019) University of Hawaii at Manoa, Honolulu, HI, USA
- ▶ 서진근 교수 (2017.10.12.-15) 키조강연, Machine learning for inverse problems, CSIAM 2017 Annual meeting, 중국 칭타오
- ▶ 양민석 교수 (2018.08.03-07) 초청강연, Geometry of possible singular points in the Navier-Stokes equations, The 6th East Asian Conference in Harmonic Analysis, Osaka University, Osaka, Japan
- ▶ 이지현 교수 (2019.07.15.-18) 초청강연, A hierarchical nonlinear mixed effects models for HIV infection, Europe-Korea Conference on Science and technology 2019, Vienna, Austria
- ▶ 최성락 교수 (2019.5.27.-28) 초청강연, 'Product formula via Okounkov bodies' 제2회오사카고차원대수다양체론(第2回大阪高次元代数多様体論), 초청강연, 오사카, 일본
- ▶ 최영필 교수 (2019.12.16.-20) 초청강연, A hydrodynamic model for synchronization phenomena, Emergent phenomena- from kinetic models to social hydrodynamics, Institute for Mathematical Sciences, National University of Singapore, Singapore.
- ▶ 홍한솔 교수 (2019.8.15.-20) 초청강연, "Noncommutative resolutions of singularities from Lagrangian deformation", Conference on Fukaya Category and Homological Mirror Symmetry, Peking University, Beijing China

나. 국제학회/학술대회 위원회 및 좌장 활동

본 교육연구단 최근 5년간의 국제학회/학술대회 위원회 및 좌장활동은 참여교수 11명이 활동하였으며, 총 39건의 실적을 내었다. Organizer가 총 5건, committee 진수는 총18건(Sci. 2건, org. 7건, Prog. 9건), 좌장이 13건, General Secretariat 1건, Track Organizer 2건으로 나타났다. 다음에는 총 39건의 실적을 모두 기재할 수 없어 다음에 교수 1인당 1건의 총 11건의 실적만을 나타내었다.

교수명	Organizer	Scientific committee	Organizing Committee	Program Committee	General Secretariat	Track Organizer	Session Chair	총 합
박은재	3	1	1				3	8
김병한	1							1
김준일			2					2
서진근		1		1			3	5
손재범							1	1
신원용			1	8			2	11
이은정	1						1	2
이지현						1		1
최영필							2	2
최정일					1	1	1	3
홍한솔			3					3
	5	2	7	9	1	2	13	39

- ▶ 박은재 교수 (Organizer) International Conference on Computational Mathematics (ICCM 2018) - Advances in Computational PDEs, Yonsei University, 2018.09.29.-10.02
- ▶ 김병한 교수 (Program Organizer, Chair) The 14th Asian Logic Conference, 2015.1.5-8, IIT Bombay, Mumbai,

- ▶ India (Council member; East Asia Committee, Chair) Association for Symbolic Logic 2011.1.1.-2017.1.1
- ▶ 김준일 교수 (Organizing Committee, Session Chair) East Asian Conference on Harmonic analysis and its applications, Zhejiang University, Chian (2017.06.11.-0.6.15)
- ▶ 서진근 교수 (Program committee) 16th International Conference on Biomedical Applications of Electrical Impedance Tomography, Switzerland, 2015.06.02.-05.
- ▶ 손재범 교수 (Special Session Chair) 2018 Joint Meeting of the Korean Mathematical Society and the German Mathematical Society, 2018.10.3.-10.6, COEX, Seoul, Korea
- ▶ 신원용 교수 (Organizing Committee) The 2015 IEEE Information Theory Workshop (ITW), Jeju Island, Korea, (2015.10.11.-15)
- ▶ 이은정 교수 (Organizer of mini-symposium) 2019 International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM2019), Valencia, Spain, 2019.07.12.-19
- ▶ 이지현 교수 (Session organizer) Europe-Korea Conference on Science and technology 2019, 2019/07/15 ~ 2019/07/18, Vienna, Austria
- ▶ 최영필 교수 (Session Chair & Organizer) Kinetic and related equations: collision, mean field, and organized motion, The 12th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Application, 2018.07.05.-09, Taipei, Taiwan.
- ▶ 최정일 교수 (General Secretariat) The 10th International Conference on Computational Heat, Mass, Momentum Transfer, 2017.05.28.-06.01, Seoul, Korea
- ▶ 홍한솔 교수 (Organizing committee), Workshop on Mirror Symmetry and Stability, 2019. 3. 18 - 3. 20, Harvard University, Cambridge, USA

다. 국제 학술지 편집 위원 활동

참여교수명	Editorial Board	Associate Editor	Editor in chief	Special Issue Editor	Guest Editor	총 합
박은재		3		1		4
김병한	1					1
김세익	1					1
김준일	1					1
서진근	1	3	1	1		6
신원용		2			2	4
이은정	1					1
최정일	1					1
	6	8	1	2	2	19

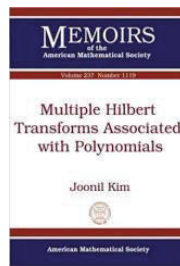
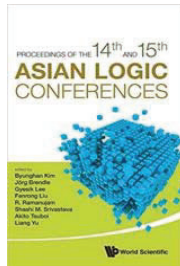
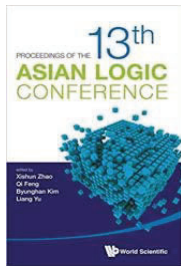
- ▶ 박은재 교수 (Associate Editor), Computational Methods in Applied Mathematics, De Gruyter, 2015-2019 (Associate Editor), Journal of KMS, Korean Mathematical Society, 2013-2019 (Associate Editor), Advances and Applications in Fluid Mechanic, Pushpa Publishing House, 2013-2019 (Special Issue Editor) Computers & Mathematics with Applications, Elsevier (상위 10%), 2013-2015
- ▶ 서진근 교수 (Editorial Board), Inverse Problems, IOP science, 2018-2019 (Associate Editor), Mathematics in Industry, Springer Valag, 2013-2019 (Editorial Board), Inverse problems and imaging, American Institute of Mathematical Science, 2018-2019

(Associate Editor), Inverse Problems and Imaging, American Institute of Mathematical Science, 2013-2017
 (Associate Editor), Inverse Problems in Science & Engineering, Taylor Francis, 2013-2017
 (Editor in chief), Journal of Korean society for industrial mathematics, KSIAM, 2015-2016

- ▶ 신원용 교수
 (Guest Editor), Energies (Special Issue on Green Radio, Energy Harvesting, and Wireless Powered Communications for Beyond-5G Wireless Systems), MDPI, 2019
 (Associate Editor) IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 2014-2018
 (Associate Editor) IEIE Transactions on Smart Processing & Computing, 2013-2019
 (Guest Editor) International Journal of Distributed Sensor Networks (Special Issue on Cloud Computing and Communication Protocols for IoT Applications), 2016
- ▶ 김병한 교수 (Editorial Board) Journal of Korean Mathematical Society (2013-2016)
- ▶ 김세익 교수 (Editorial Board) Journal of Korean Mathematical Society (2017-현재)
- ▶ 김준일 교수 (Editorial Board) Journal of Korean Mathematical Society (2015-2018)
- ▶ 이은정 교수 (Editorial Board), Results in Applied Mathematics, Elsevier, 2019
- ▶ 최정일 교수 (Editorial Board), JMST Advances, Springer, 2019

라. 국제 저술 활동 : ISBN이 부여된 전문학술도서에 대해서만 허용 (번역서 제외)

- ▶ (김병한 교수) X. Zhao, Q. Feng, B. Kim, L. Yu, Proceedings of the 13th Asian Logic Conference, World Scientific (2015). (ISBN 9789814675994)
- ▶ (김병한 교수) Byunghan Kim (Chair editor) et al., Proceedings of the 14th and 15th Asian Logic Conferences, World Scientific (2019). (ISBN 9789813237544)
- ▶ (김준일 교수) Joonil Kim, Multiple Hilbert transforms along polynomials, American Mathematical Society (2015). (ISBN-13: 978-1470414351)



㉔ 국제 공동연구 실적

<표 3-6> 최근 5년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 / 소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
1	강경근	Angela Stevens	독일/Univ. of Muenster	K. Kang, A. Scheel, A. Stevens, Global phase diagrams of run-and-tumble dynamics: equidistribution, waves, and blowup, Nonlinearity, vol. 32, no. 4, pp. 2128-2146, 2019	10.1088/1361-6544/ab046d
2	강경근	Angela Stevens	독일/Univ. of Muenster	K. Kang, A. Stevens, Blowup and Global Solutions in a Chemotaxis-Growth System, Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications, vol. 135, pp. 57-72, 2016.	10.1016/j.na.2016.01.017
3	기하서	Steve Gonek	미국/Univ. of Rochester	S.M. Gonek, H. Ki, Pair correlation of zeros of the real and imaginary parts of the Riemann zeta-function, Journal of Number Theory, vol. 186, pp. 35-61, 2018	10.1016/j.jnt.2017.10.024
4	김세익	Hongjie Dong	미국 / Univ. of Brown	H. Dong, S. Kim, On C1, C2, and weak type-(1,1) estimates for linear elliptic operators. Communications in Partial Differential Equations, vol. 42, no. 3, pp. 417-435, 2017	10.1080/03605302.2017.1278773
5	손재범	Bruce Berndt	미국 / Univ. of Illinois	B. Berndt, S-Y. Kang, J. Sohn, Finite and infinite Rogers-Ramanujan continued fractions in Ramanujan's lost notebook, Journal of Number Theory, vol. 148, pp. 112-120, 2015	10.1016/j.jnt.2014.09.019
6	손재범	James McLaughlin	미국 / West Chester University	J. Lee, J. Mc Laughlin, J. Sohn, Applications of the Heine and Bauer-Muir transformations to Rogers-Ramanujan type continued fractions, Journal of Mathematical Analysis and Applications, vol. 447, no. 2, pp. 1126-1141, 2017	10.1016/j.jmaa.2016.10.052
7	양민석, 최희준	Antonin Novotny	프랑스 / Univ. du Sud Toulon-Var	H.J. Choe, A. Novotny, M. Yang, Compressible Navier-Stokes system with hard sphere pressure law and general inflow-outflow boundary conditions, Journal of Differential Equations, vol. 266, no. 6, pp. 3066-3099, 2019	10.1016/j.jde.2018.08.049
8	양민석	Kozo Yabuta	일본 / Kwansei Gakuin Univ.	K. Yabuta, M. Yang, Besov and Triebel-Lizorkin space estimates for fractional diffusion, Hiroshima Mathematical Journal, vol. 48, no. 2, pp. 141-158, 2018	https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid/hmj/1533088828

연번	공동연구 참여자		상대국 / 소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
9	최영필	Cristina Pignotti	이탈리아 / Università di L'Aquila	Y-P. Choi, C. Pignotti, Emergent behavior of Cucker-Smale model with normalized weights and distributed time delays, Networks and Heterogeneous Media, vol. 14, no. 4, pp. 789-804, 2019	10.3934/nhm.2019032
10	최영필	Dante Kalise	영국 / Univ. of Nottingham	Y-P. Choi, D. Kalise, J. Peszek, A.A. Peters, A collisionless singular Cucker-Smale model with decentralized formation control, SIAM Journal on Applied Dynamical Systems, vol. 18, no. 4, pp. 1954-1981, 2019	10.1137/19M1241799
11	홍한솔	Yu-Wei Fan, Siu-Cheong Lau, Shing-Tung Yau	미국 / Harvard University, Boston Univ., Harvard University	Yu-Wei Fan, Hansol Hong, Siu-Cheong Lau, Shing-Tung Yau, Mirror of Atiyah flop in symplectic geometry and stability conditions, Advances in Theoretical and Mathematical Physics, vol 22, no. 5, pp. 1149-1207, 2018	10.4310/ATMP.2018.v22.n5.a2
12	박은재	Carsten Carstensen	독일 / Humboldt- Univ. zu Berlin	C. Carstensen, E-J. Park, Convergence and Optimality of Adaptive Least Squares Finite Element Methods, SIAM Journal on Numerical Analysis, vol. 75, no. 1, pp. 43-62, 2015	10.1137/130949634
13	박은재	Tae-Yeon Kim	UAE / Khalifa Univ. of Sci., Tech., & Res	T-Y. Kim, E-J. Park, D-W. Shin, A CO-discontinuous Galerkin method for the stationary quasi-geostrophic equations of the ocean, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, vol. 300, pp. 225-244, 2016	10.1016/j.cma.2015.11.022
14	서진근	Bastian von Harrach	독일 / Goethe Univ.	J.K. Seo, K.C. Kim, A. Jargal, K. Lee, B. Harrach, A Learning-Based Method for Solving Ill-Posed Nonlinear Inverse Problems: A Simulation Study of Lung EIT, SIAM Journal on Imaging Sciences, vol. 12, no. 3, pp. 1275-1295, 2019	10.1137/18M1222600
15	서진근	Habib Ammari, Josselin Garnier, Laure Giovangigli, Wenjia Jing,	스위스 / ETH Zürich, 프랑스 / Univ. ParisVII, 미국 / UC Irvine, 미국 / Univ. of Chicago	H. Ammari, J. Garnier, L. Giovangigli, W. Jing, J.K. Seo, Spectroscopic imaging of a dilute cell suspension, Journal de Mathématiques Pures et Appliquées, vol. 105, no. 5, pp. 603-661, 2016	10.1016/j.matpur.2015.11.009
16	이은정	Thomas A. Manteuffel, Chad R. Westphal	미국 / Univ. of Colorado at Boulder, 미국 / Wabash College	E. Lee, T.A. Manteuffel, C.R. Westphal, FOSLL* for Nonlinear Partial Differential Equations, SIAM Journal on Scientific Computing, vol. 37, no. 5, pp. S503-S525,	10.1137/140974353

연번	공동연구 참여자		상대국 / 소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
					2015
17	이은정	Max Gunzburger	미국 / Florida State Univ.	I.S. Monnesland, E. Lee, M. Gunzburger, R. Yoon, A least-squares finite element method for a nonlinear Stokes problem in glaciology, Computers & Mathematics with Applications, vol. 71, no. 11, pp. 2421-2431, 2016	10.1016/j.camwa.2015.11.001
18	최정일	Donghyun Rim	미국 / Pennsylvania State Univ.	D. Rim, J-I. Choi, L.A. Wallace, Size-Resolved Source Emission Rates of Indoor Ultrafine Particles Considering Coagulation, Environmental Science & Technology, vol. 50, no. 18, pp. 10031-10038, 2016	10.1021/acs.est.6b00165
19	최정일	Yibao Li	중국 / Xi'an Jiaotong Univ.	Y. Li, J-I. Choi, J. Kim, Multi-component Cahn-Hilliard system with different boundary conditions in complex domains, Journal of Computational Physics, Vol. 323, pp. 1-16, 201610	10.1016/j.jcp.2016.07.017
20	신원용	Huifa Lin	일본 / Sharp 전자	H. Lin, W-Y. Shin, B.C. Jung, Multi-Stream Opportunistic Network Decoupling: Relay Selection and Interference Management, IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 18, no. 10, 2372-2385, 2019	10.1109/TMC.2018.2874636
21	신원용	Huifa Lin	일본 / Sharp 전자	H. Lin, W-Y. Shin, J. Joung, Support vector machine-based transmit antenna allocation for multiuser communication systems, Entropy, vol. 21, no. 5, 471, 2019	10.3390/e21050471

3.1 참여교수의 국제화 현황

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

▶ (강경근 교수) 독일 Münster 대학의 Stevens 교수와 2002년 이후로 지속적으로 교류하며 생물수학 특히 chemotaxis와 관련된 수리생물 PDE 모델에 대한 공동연구를 진행하여 왔으며 지난 5년간 다수의 논문을 게재하였으며, 향후에도 지속적으로 연구 교류를 진행할 계획이다.

- K Kang, A Scheel, A Stevens, Global phase diagrams of run-and-tumble dynamics: equidistribution, waves, and blowup, Nonlinearity, 32(6), 2128-2146, 2019
- K Kang, A Stevens, Blowup and global solutions in a chemotaxis-growth system, Nonlinear Anal.-Theory Methods Appl., 135, 57-72, 2016

▶ (강경근 교수) 캐나다 University of British Columbia 수학과 Tai-Peng Tsai 교수 및 일본 도쿄기술대학 (Tokyo Institute of Technology) 수학과 Hideyuki Miura 교수와 나비에-스톡스 방정식의 해에 대한 정칙성 관련 문제에 관하여 공동연구를 진행하여 왔으며 지난 5년간 다수의 논문을 공동으로 집필하였다. 향후에도 지속적으로 상호교류를 진행할 계획이다.

- K Kang, H Miura, TP Tsai, Green tensor of the Stokes system and asymptotics of stationary Navier-Stokes flows in the half space, Adv. Math., 323, 326-366, 2018

▶ (김세익 교수) 연구년 기간 (2015.01.15.-2017.02.15.)에 브라운 대학교에 교환교수로 방문하였다. 방문 당시 브라운 대학교의 Lefschetz Center for Dynamical Systems Seminar, 인근 코네티컷 대학교의 PDE and Differential Geometry Seminar 등에서 발표를 하였으며, Hongjie Dong 교수와 디니 평균진동을 가지는 타원형 및 포물선형 방정식의 정칙성에 대하여 공동연구를 하여 몇 편의 논문도 출판하였다. 연구년 복귀 이후에도 김세익 교수는 Brown 대학교를 2주간(2019.01.31.-02.13) 방문하여 Hongjie Dong 교수와 후속 공동연구를 진행하였으며, 향후에도 지속적으로 연구를 진행할 것이다.

- H Dong, S Kim, On C_1 , C_2 , and weak type-(1,1) estimates for linear elliptic operators. Commun. Partial Differ. Equ. 42 (2017), no. 3, 417-435.

▶ (김병한 교수) 미국 UC Berkely 대학의 Thomas Scanlon 교수와 부정기적 연구 교류를 하고 있다. 최근에는 Scanlon 교수의 제자였던 Nicholas Ramsey(현재 미국 UCLA와 프랑스 ENS의 연구교수)가 UCLA의 Artem Chernikov 교수, Hebrew Univ.의 Itay Kaplan 교수와 공동으로, 2009년 김병한 교수가 제시했던 방법론(이를 Kim-independence로 명명)으로 NSOP1 구조에 대한 이혜의 돌파구를 제시하여 Journal of European Math. Society에 해당 논문이 게재확정 되었다. 이후 김병한 교수가 연구에 참여하여 획기적인 후속 연구결과를 내었다.

- N Ramsey, I Kaplan, 'On Kim-independence' will appear in J. of European Math. Society.

▶ (김정훈 교수) 2019년 7월 10일부터 8월 31일까지 뉴질랜드 오클랜드공과대학 수학과를 방문하여 Jiling Cao 및 Wenjun Zhang 교수와 그동안 수행된 국제공동연구(제목: Rough stochastic elasticity of variance and option pricing)를 완성하여 SSCI 저널 Finance Research Letters에 제출하였다. 이미 게재승인을 받았고 현재 온라인상(<https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.101381>)으로 게재된 상태이다. 추가로 최근 1편(제목: Pricing variance swaps under hybrid CEV and stochastic volatility)을 저널에 제출하였고, 방학을 이용한 지속적인 방문 교류를 통해 후속 논문을 계속 창출할 계획이다. 방문 연구를 보다 활발하고 내실 있게 수행하기 위해 상대측의 2020 국가연구비(Marsden Fund) 신청에 공동 연구책임자(PI)로 참여하였다.

- J Cao, J-H Kim, S-W Kim, W Zhang, Rough stochastic elasticity of variance and option pricing, Finance Research Letters, Available online 28 November 2019, 101381

▶ (서수길 교수) 영국의 갈루아 구조론에서 전문가인 영국의 Kings-College 대학에 재직중인 David Burns 교수와 상호방문을 통하여 계속되는 논문을 준비하고 있다. Burns 교수와 공동연구중인 Higher dimensional Euler systems, Coleman conjecture on distributions 등 두 편의 논문은 각각 게재확정과 투고 예정이다.

▶ (손재범 교수) 2016년 3월에 미국 University of Florida에서 열린 학회에 참석하여 James McLaughlin 교수와 연분수에 관한 공동연구를 시작하였으며 공동연구의 결과물을 저널에 게재하였다. 또한 미국 Duke 대학의 연구교수로 있는 Heekyoung Hahn, 교수가 2016년 8월에 연세대학교 초청 세미나 발표를 하였고 이 세미나에서 제시한 미해결 문제를 세미나에 참석하였던 연세대학교 대학원생과 손재범 교수가 해결하여 논문이 출간되었다.

- J Lee, J McLaughlin, J Sohn, Applications of the Heine and Bauer-Muir transformations to Rogers-Ramanujan type continued fractions, J. Math. Anal. Appl., 447(2), 1126-1141, 2017

- H Hahn, J Huh, ES Lim, J Sohn, From partition identities to a combinatorial approach to explicit Satake inversion, Ann. Comb., 22 (2018) 543-562.

▶ (신원용 교수) 독일 Heidelberg University의 Michael Gertz 교수를 2018.07월에 방문하여 공동연구를 진행하였다. 부분적으로 관찰가능한 네트워크에서 관찰되지 않은 노드와 에지를 복원하는 딥러닝 기반 네트워크 복원에 대한 공동연구 결과를 국제 저널에 제출하였다.

- C Tran, W-Y Shin, A Spitz, M Gertz, DeepNC: Deep generative network completion, submitted to IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (2019)

▶ (양민석 교수, 최희준 교수) 독일 Humbolt University zu Berlin의 Joerg Wolf 교수와 2016년부터 연구 교류를 하고 있으며, 또한 프랑스 Universite du Sud Toulon-Var의 Antonin Novotny 교수와 2017년부터 연구교류를 꾸준히 진행하고 있다. 공동연구의 결과들은 저널에 게재하였다.

- HJ Choe, J Wolf, M Yang, A new local regularity criterion for suitable weak solutions of the Navier-Stokes equations in terms of the velocity gradient, Math. Ann., 370(1-2), 629-647, 2018

- HJ Choe, A Novotny, M Yang, Compressible Navier-Stokes system with general inflow-outflow boundary data on piecewise regular domains, ZAMM-Z. Angew. Math. Mech., 98(8), 1447-1471, 2018

- HJ Choe, A Novotny, M Yang, Compressible Navier-Stokes system with hard sphere pressure law and general inflow-outflow boundary conditions, J. Differ. Equ., 266(6), 3066-3099, 2019

▶ (이은정 교수) 대만 National Central University의 Feng-Nan Hwang 교수와 공동연구를 수행 중이며, 지난 2017.08월 Hwang 교수의 학과 방문 연구, 2018.02월에 대만 NCU 방문 연구, 2019.08월 Lab간 워크숍을 진행하는 등 다수의 학술교류가 있었다. 연구 결과를 논문 작성 중에 있으며 향후에도 지속적으로 교류를 진행 할 것이다.

- LL* for nonlinear hyperbolic partial differential equations : shock capturing (in progress)

- An iterative adaptively multiscale least-squares finite element method for convection-diffusion problems (in progress)

▶ (허영미 교수) 미국 메릴랜드 대학의 수학과 교수(현재 MIT에서 Martin Luther King 방문교수로 있음)인 Kasso Okoudjou 교수와 수년간 공동연구를 진행하여 연구결과들을 학술지에 게재해 왔으며, 이 연구 결과들의 확장 및 새로운 연구방향을 찾으려 향후에도 계속해서 공동연구를 진행할 예정이다.

- Y Hur, K Okoudjou, Scaling Laplacian Pyramids, SIAM J. Matrix Anal. Appl., 36(1), 348-365, 2015

▶ (이지현 교수) 감염병 분야의 세계적 선도 그룹인 영국 공중 보건국에서 질병 확산, 백신 접종 등의 수학적 모델링을 연구하는 최윤홍 박사가 2017년 11월에 학과를 방문하여 역학 데이터 수집부터 현장 적용까지의 통합적인 과정에 대해 집중강연하고 공동연구 계획을 수립하였다. 2018년 6월에 PHE의 Modelling and Economics Department를 방문하여 Gemma Lien(Head of Global Health Strategy)과 최윤홍 박사를 포함한 연구원들과 양국의 정보 공유와 협업에 대해 논의하였다. 이후 교류를 지속하여 “developing mathematical models of varicella and zoster transmission dynamics in South Korea”의 연구 결과의 투고를 준비 중이고 최근 유행하는 COVID-19 확산에 관한 공동 연구를 진행하고 있다.

▶ (최성락 교수) 동경대학교의 Gongyo Yoshinori 교수와 매년 상호 왕래를 하면서 공동 연구를 진행해 왔다. 2019년 3월에는 약 4주 동안 동경대학교를 방문하여 그 동안에 추진해왔던 공동연구를 마무리하였고 공동연구의 결과를 ‘On a generalized Batyrev’s cone conjecture’ 라는 제목의 논문을 완성하여 저널에 투고하였다. 앞으로도 유기적인 연구관계를 유지할 것이며 두 대학교 사이의 교육적/연구적 측면에서 도움이 될 것으로 기대하고 있다.

▶ (최정일 교수) 미국 노스캐롤라이나 주립대학교 (North Carolina State University, NCSU)의 Jack R. Edwards 교수와 국방관련 국제 공동연구 과제 수행 중이며, 2019.09-2020.02동안 NCSU의 방문연구를 통해, 수중폭발 해석에 관련된 수치기법 및 해석 프로그램 개발에 참여하였으며, NCSU 측에서 개발한 해석 프로그램의 국내 유입하여 활용할 예정이다.

▶ (홍한솔 교수) 미국 Boston 대학의 Lin, Yu-Shen 교수가 공동연구차 2019.6월에 연세대학교를 방문하였고, 미국 Yale 대학의 Yoo, Philsang 교수가 연세대학교를 방문하여 학술자문(2019.12월)하였다. 현재, Yu-Shen Lin, Siu-Cheong Lau (Boston University), Cheuk Yu Mak (Cambridge University), Yu-Wei Fan (UC Berkeley) 등 우수 대학의 해외학자들과 공동연구를 활발히 진행 중이며, 가까운 시일에 이들을 방문하거나 초청할 계획을 가지고 있다.

▶ (김준일 교수) 2019년 6월에 일본 Kyoto 대학 연구소를 방문하여 Nagoya 대학 소속인 Terasawa Yutaka 교수와 Parabolic Equation과 뉴턴다면체에 관한 공동연구를 진행하였고, 이후에는 Terasawa Yutaka 교수를 연세대학에 초빙하여, 세미나 발표와 공동연구를 지속하였다.

▶ (이은정 교수) 미국 University of Colorado at Boulder 의 Thomas A. Manteuffel 교수를 방문하여 지속적으로 공동 연구 중인 singular operator를 가지는 방정식의 null space로 인한 문제점 극복을 위한 orthogonal space의 component를 찾아내는 방법에 대해 논의할 예정이다.

▶ **중국 Shanghai Tech University과 학과차원의 지속적 교류 유지**

2019년 11월 15-16일에는 Shanghai Tech University 수학과와 연세대학교 수학과, 계산과학공학과가 공동으로 학술대회를 주관하였다. 교수들의 강연뿐만 아니라 대학원생들도 연구 결과를 발표 할 수 있는 기회를 마련했다. 가능하면 앞으로도 정기적으로 두 대학간의 공동학술대회를 개최하여 교류를 이어나갈 수 있기를 기대하고 있다.