

組織的な大学院教育改革推進プログラム 平成20年度採択プログラム 事業結果報告書

教育プログラムの名称 : ナノイメージング・エキスパートプログラム
 機関名 : 千葉大学
 主たる研究科・専攻等 : 融合科学研究科情報科学専攻
 取組代表者名 : 尾松 孝茂
 キーワード : ナノサイエンス、画像科学、光科学、有機化学、視覚光学

I. 研究科・専攻の概要・目的

千葉大学大学院融合科学研究科は平成19年度に発足した新しい研究科である。ナノサイエンス専攻と情報科学専攻からなる融合科学研究科の学生定員は博士前期課程118名、博士後期課程21名であり、総計約300名の学生を専任教員84名(2007年時)で指導に当たっている。研究科に所属する教員の専門分野は多岐にわたるが、その主たる教育研究分野に全国で唯一の「画像」がある。情報科学の中でも写真、印刷、ディスプレイといった産業界と密接な連携がある「画像」は数多くの優れた人材を産業界に輩出してきた。しかしながら、近年のアナログからデジタルへの情報のパラダイム変換が「画像」を取り巻く社会ニーズと「画像」教育の担う役割を大きく変化させつつある。千葉大学における「画像」の優位性をさらに一層発展させ、産業界との信頼関係を揺るぎないものにするため、千葉大学では大学院改組に当たり、融合科学研究科の教育目標として以下を定めた。

千葉大学大学院融合科学研究科規程・研究科の目的（第3条第1項）

「本研究科は、進化、発展するナノ科学及び情報科学技術を鑑み、ナノ科学技術と新しい情報科学の有機的な連携を図り、基礎から応用までの教育研究を行うこととし、もって、ナノ科学及び情報科学技術を担う高度技術者あるいは開発研究者である人材を育成することを目的とする。」

上記に則り、融合科学研究科では、「画像」を専門的に教育研究してきた全国で唯一の伝統と21世紀COE「超高性能有機ソフトデバイスフロンティア」を中心とする「ナノ」の先進性を融合した教育プログラム「ナノイメージング・エキスパートプログラム」(DISCプログラム)を提案した。本プログラムは「ナノ」が創成する多彩なマテリアルや現象を理解するナノナレッジとナノマテリアルを未来型「画像」デバイスへ応用する柔軟な創造力を包括的に養い、技術立国日本の将来を支える新しい先端画像技術を創造できる画像科学の即戦力研究者「ナノイメージング・エキスパート」を育成することを目標としている。

II. 教育プログラムの目的・特色

融合科学研究科を構成するナノサイエンスと情報科学の二つの専攻の教育研究を有機的に統合して千葉大学の伝統的な学問領域である「画像」をより高度に発展させ、実践的な研究者「ナノイメージング・エキスパート」を育成することを目的とする。以下、その具体的な教育プログラムについて記載する。

◎教育プログラムのコンセプト

「画像」「ナノ」の相補的な学問領域を統合して新たな先端科学を切り拓くため、本教育プログラム「ナノイメージングエキスパート・プログラム」を提案する。本教育プログラムの狙いは、「ナノ」が創成する多彩なマテリアルや現象を理解するナノナレッジとナノマテリアルを未来型「画像」デバイスへ応用する柔軟な創造力を包括的に養うことにある。博士前期では、「画像」「ナノ」の両学問領域に対応できる基礎を有する学生「ナノイメージング・アソシエート」を育成し、博士後期では、

ナノイメージング・アソシエートの中から修士論文、研究業績、研究計画、面接で優れた学生を選抜し「ナノイメージング・エキスパートプログラム」のもとに、技術立国日本の新しい産業の米となる新時代画像科学の即戦力研究者「ナノイメージング・エキスパート」に育成する。

◎教育プログラムの特徴。なぜ、「画像」「ナノ」の融合が必要なのか？

平成19年に発足した融合科学研究科は情報科学専攻とナノサイエンス専攻からなる。情報科学専攻は、「画像」を専門的に教育研究してきた全国で唯一の教育研究機関である。一方、21世紀COE「超高性能有機ソフトデバイスフロンティア」を中心とするナノサイエンス専攻は、目では見えないナノマテリアルやナノ空間における反応を理解し、ナノマテリアルを多角的に制御して新規機能デバイスを創成することを目指す。現在、「画像」が扱う情報は大きく変遷し、「ナノ」の世界へと急速に広がりつつある。液晶や有機ELはもちろんナノチューブをはじめとする多様な「ナノマテリアル」を駆使して、未来ディスプレイのための新技術を生み出すことが新しい「画像」の姿であり、融合科学研究科の教育研究目標の一つである。

◎ナノイメージング・エキスパートプログラムの概要

ナノイメージング・エキスパートプログラムは以下の4つのプログラムからなる。博士前期では、「画像」「ナノ」の両学問領域に対応できる基礎を固めつつ学生の適正を見極め、博士後期では、修士論文、研究業績、研究計画、面接でナノイメージング・エキスパートコースの学生を選抜し、優先的に4つのプログラムを受けさせる。

1) デュアル・エキスパートプログラム (学際戦略、Dual)

従来の大学院教育で最も問題視されるのが研究室内で閉じた蛸壺的専門教育である。次世代の先端画像科学を担うナノイメージング・エキスパート育成のため、選抜された博士後期学生(ナノイメージング・エキスパート)に「画像」「ナノ」の研究室からそれぞれ主研究室、副研究室の計二つの研究室を選ばせ、所属させるデュアル・エキスパートプログラムを適応する。学生は、所属する二つの研究室で開講する特別演習に参加することで「画像」「ナノ」に対して専門性の高い知識と技術(デュアル・エキスパート)を習得することになる。それ以外の博士後期学生(ナノイメージング・スーパーアソシエイト)にも、ナノイメージング・エキスパートに準じて「画像」「ナノ」の異分野の複数教員で教育研究指導にあたる。

2) 国際エキスパートプログラム (国際戦略、International)

平成20年度より融合科学研究科でスタートしている「国際融合領域特別講義」では、最新の画像科学、ナノサイエンスについての先進知識が外国人研究者から英語で教授される。また、「国際研究実習」は国際会議や海外研究機関への派遣を行うものである。この他、ナノイメージングの最先端技術に関して研究科の専任教員が自ら英語で講義を行う「ナノイメージング特論」を開講し、実践的な英語教育を実施する。

3) 研究戦略自己管理エキスパートプログラム (自立戦略、Self-management)

研究費を自分で管理し研究を遂行することは研究に対する責任感と研究者としての自立を促しキャリアパスにも繋がる。本研究科では、教員主体の運営交付金として配分されていた学生経費を一人一人の博士後期学生全員に配分し、その用途を自己管理させることで学生に研究戦略を意識させる。このほか、ナノイメージング・エキスパートコースの学生には、提出させる研究計画の評価に応じて研究科共通費より研究費の重点配分を与える。

4) キャリアパス・エキスパートプログラム (キャリアパス戦略、Career-path)

学生の実践教育、起業家マインドの育成を狙い、「ベンチャービジネス論」「ベンチャービジネス・マネージメント」「技術者倫理」を開講し、博士後期学生の必修科目にする。これらの講義では千葉大学内で実際に起業された教員陣や外部のベンチャー起業家を講師に招く。実践を通じた即戦力人材育成のため、「なのはなコンペ学生版」と称する学内奨学金制度への応募を推奨する。3)と連動して著しい社会の変化に柔軟に対応できる技術経営（MOT）教育を促す。

これら4つのプログラム(頭文字を取り、DISCプログラム)を通して「ナノ」が創成する多彩な現象を理解できるナノナレッジとナノマテリアルを未来型「画像科学」へ応用できる創造力を十二分に発揮できる足腰の強い画像科学の即戦力研究者「ナノイメージング・エキスパート」を育成する。

Ⅲ. 教育プログラムの実施計画の概要

融合科学研究科で提案する DISC プログラムを推進するための実施計画を年表で示す。

デュアルエキスパート (Dual)	
平成20年度	主(画像)・副(ナノ)両コースに所属
平成21年度	「画像」「ナノ」の学内インターンシップ制度
平成22年度	「画像」「ナノ」の両分野での学会発表
国際エキスパート (International)	
平成20年度	国際化科目を履修
平成21年度	海外派遣研究の遂行、海外研究発表の遂行
平成22年度	英語学位論文の作成
研究戦略エキスパート (Self-management)	
平成20年度	研究戦略・研究費の自己管理
平成21年度	重点研究費の申請・重点研究費を自己管理
平成22年度	重点研究費に対する成果報告書の提出
キャリアパス・エキスパート (Career-path)	
平成20年度	ベンチャー支援コンペ申請
平成21年度	特許権利化教育の受講
平成22年度	特許申請

図1 教育プログラム実施年表

年次進行の具体的な内容について4つのプログラム毎に詳細を示す。

①デュアル・エキスパート・プログラム

ナノイメージング・エキスパート育成のため、ナノイメージング・エキスパートコースの学生を「画像」「ナノ」に属する研究室からそれぞれ主研究室、副研究室の二つの研究室に所属させる「デュアル・エキスパートプログラム」を制度化する。研究分野の異なる二人の教員による指導体制を実施するとともに、所属する研究室の指導教員が開講する講義を必ず受講することを義務付ける。

特に、博士前期学生を含めた大学院生全員に「デュアル・エキスパートプログラム」を徹底するために副研究室での研究指導を「学内インターンシップ」として開講科目にして単位を与える。この「デュアル・エキスパートプログラム」の年次進行を完了するとともに、「画像」「ナノ」の異なる分野での学会発表、論文発表を促す。

②国際エキスパートプログラム

「国際融合領域特別講義Ⅰ・Ⅱ」と「国際研究実習Ⅰ・Ⅱ」（Ⅰ・Ⅱは前期・後期課程で受講）の4講義を実施する。博士前期課程で「国際融合領域特別講義Ⅰ・Ⅱ」の履修を推進するとともに、ナノイメージング・エキスパートコースの学生には「国際実習研究Ⅱ」による海外派遣を支援する。さらなる国際科目の強化として外国人講師を招いて「ナノイメージング」に関する最新の研究成果を英語

で講義頂き、大学院学生の実践的英語力を高める(「ナノイメージング・セミナー」)。また、大学院講義の英語化を進めるため、専任教員による英語開講科目「ナノイメージング特論」を実施する。

国際化教育の最終目標としてナノイメージング・エキスパート学生には年次進行で博士論文の英文化を義務付ける。これは博士課程のダブル・ディグリー推進につながる。

③研究戦略エキスパートプログラム

教員主体の運営交付金として配分されていた学生経費を博士後期課程に在籍する学生に配分し、その用途に関する調書と研究計画調書を提出させる。また、主、副指導教員が提出された調書をもとに、研究計画のチェックを行う。また、博士後期課程に在籍する学生から提出された研究計画調書をもとに研究計画と実施報告のチェックを行うための公聴会を開き、その評価に応じて研究費の重点配分を行う。

④キャリアパス・プログラム

全コース共通の科目として、起業マインドの奮起高揚及び技術者に必要となる倫理の育成を行うため開講している「ベンチャービジネス論」「ベンチャービジネス・マネジメント」「技術者倫理」の選択履修を義務付ける。また、学内で実施されている「なのはなコンペ学生版」への応募を推進する。「なのはなコンペ学生版」の採択率を上げるための教育研究指導をバックアップする。また、起業化に関する指導を行うとともに研究成果の権利化・特許化の指導も行う。



図2 教育プログラムの実施計画の概要

IV. 教育プログラムの実施結果

1. 教育プログラムの実施による大学院教育の改善・充実について

(1) 教育プログラムの実施計画が着実に実施され、大学院教育の改善・充実に貢献したか

ナノイメージング・エキスパートプログラムを構成する4つのプログラムについて個別に実施状況を説明する。

① デュアル・エキスパート・プログラム

博士後期課程学生のうち、毎年1-2名をナノイメージング・エキスパートに認定し、主・副指導教員体制を実施した。特に、研究の進捗状況を「ナノ」「画像」に跨る複数の教員で指導評価するため、3か月ないし4か月毎に研究成果報告会を開催した。参加人数は下記のとおりである。

実施日	発表者数	参加者数
2009/7/17	3	18
2009/11/17	7	15
2010/2/15	4	15
2010/7/22	6	16
2010/12/15	3	28
2010/2/9	10	18

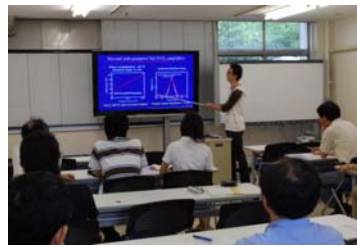


表1 ナノイメージング・エキスパート
研究成果報告会の実施状況

写真1・2 研究成果報告会の実施風景

1回の平均参加者数は18名(うち教員8名)で、「ナノ」「画像」の多数の教員の指導のもと、一人40分(プレゼン20分、質疑20分)に及ぶ長時間のディカッションがなされた。また、参加学生数も徐々に増加傾向にある。

また、ナノイメージング・エキスパートの予備軍である博士前期課程の学生にデュアル・エキスパートを啓蒙するため、「ナノ」「画像」の講義科目を基礎から応用まで体系的に履修させるため、開講科目を整理して推奨科目として認定し履修を励行した。

さらには、博士前期課程の学生を1-2週間程度、異分野研究室に派遣し、実習やゼミに参加させる「学内インターンシップ」を平成20年度より試行的に実施した。この制度は平成21年度より開講科目として単位認定した。派遣された研究室における研究やゼミに参加することはもちろん学生は一人15分程度のプレゼンテーションをインターンシップ発表会において行わなければならない。このプレゼンテーションを指導教員が一堂に会して評価して単位認定する。

系統	科目数(単位数)		科目名	
	前期課程	後期課程	基礎	応用
ナノサイエンス	2(4)	1(2)	分子ナノ物理工学特論I 分子ナノ物理工学特論II 分子マニピュレーション工学特論 表面ナノ物性特論 ナノ構造量子物理学特論	量子輸送科学特論 量子波物理工学特論 分子機能デバイス工学特論
画像科学系	5(10)	1(2)	画像量子エレクトロニクス 像波動光学デバイス 感光物性論 像物理化学	電子像変換工学 知的画像処理工学 ディスプレイ工学
計測科学系	1(2)	指定無し	生体分子計測学特論	像計測工学
国際科目			国際・融合領域特別講義I(前期課程)・II(後期課程) (ナノ物性コース&画像マテリアルコース:必修)	
ベンチャー関連	これら から 2科目 (4)	これら から 2科目 (4)	国際研究実習I(前期課程)・II(後期課程) ベンチャービジネス論 ベンチャービジネスマネジメント ナノイメージング特論 (画像マテリアルコース後期課程:必修)	
ナノイメージング				

表2 ナノイメージング・エキスパートプログラム推奨科目一覧。数字は科目群から選択する科目数

実施期間	参加学生数	参加研究室数
2009/11/9-12/18	16	10
2010/6/7-7/30	20	10



表3 学内インターンシップ実施状況
平成22年度より単位認定

写真3・4 学内インターンシップ実施風景

②国際エキスパートプログラム

国際・融合領域特別講義I・II(22年度受講生44名)、国際研究実習I・II(22年度受講生8名)に加え、ナノイメージング・エキスパートのための必修科目として英語開講科目ナノイメージング特論を開講した。この科目は「ナノ」系、「画像」系の10名の教員が先端ナノイメージングの研究動向を英語で紹介するとともに、英語による試問と英語によるレポート提出を義務付ける講義である。この講義の狙いは研究分野の科学英語によるディスカッションとライティングを強化することである。受

講生は20年度4名、21年度6名、22年度6名である。

さらに、先端ナノイメージングを推進する一流の外国人研究者を招聘し、招待講演を企画した。この講演会は「ナノイメージング・セミナー」というネーミングで3年間に27回実施した。年々着実にセミナーへの参加学生数が増加し、22年度は一回のセミナーにつき21.2名の参加者があった。これは20年度に比べ4割程度の増加である。これは学生の英語を使う機会を積極的に求めようとする意識が芽生えつつあることを示すデータといえる。



写真5 ナノイメージング・セミナーの風景

年度	開催回数	平均参加者数
2008	3	15
2009	10	17.3
2010	14	21.2

表4 ナノイメージング・セミナー実施状況

さらに、20年度6名、21年度4名、22年度6名、延16名の大学院生を国際会議発表や国際交流事情の一環として海外派遣した。このような一連の国際化の強化により、ナノイメージング・エキスパートに認定された学生のうち20年度、21年度に1名づつ(計2名)が英語で博士論文を書き上げた。

② 研究戦略エキスパートプログラム

ナノイメージング・エキスパートとその他の博士後期学生には研究費(ナノイメージング・エキスパート50万円/年、その他25万円/年)を配分し、自己管理させるシステムを導入した。自己管理させるにあたって半期ごとに研究計画書の提出を義務付け、研究計画、購入物品、予測される研究成果などを複数の教員で細かくチェックし、研究戦略や研究ビジョンの可視化を行った。提出された計画書であいまいな記述や論理性が欠落している部分を細かく添削し、再提出を求めた。さらに、半期終了後には、成果報告書の提出を義務付けた。この一連のPDCAサイクル(学生自身が研究計画を考える(P_{LAN})、学生自身が研究費を執行(D_O)、複数教員による指導(C_{HECK})、フィードバック(FEEDBACK)、研究計画の確実な遂行(A_{CTION}))を繰り返すことで、研究費をどのように使用するのが有効か、また、研究戦略はどのように展開するのが効率的か、を学生自身に考えさせることになった。ナノイメージングエキスパートに認定された同一学生による研究計画書のシートの2年間の変遷の一例を下記に示す。当初の計画書はテーマの狙いもあいまいで、かつ、具体的な研究成果の見通しも乏しかったが、添削を重ねることで、ビジョンや購入物品との関連性も明確になり、さらには、研究成果の予測も具体的になった。この他の学生もほぼ同様で、研究戦略を見つめ直す貴重な訓練となった。

平成20年度下期提出分

研究計画書 期間	研究計画	購入物品	予測される成果
10-12月期	フタムシロキノン誘導体架橋膜を構築する。架橋膜の発色特性、導電性、耐久性、発色状態の分子の結合状態等を分光電気化学測定、各種分析装置を用いて検討する。	研究テーマに関する文献(デジタルスルホキニオン)の調査、フタムシロキノンの研究計画書の作成、フタムシロキノンの購入、架橋膜の構築(アトランタ)。	架橋膜の発色特性の分子結合状態の特定 電気化学測定前後での架橋膜の劣化原因の特定 フタムシロキノン誘導体の導電性、耐久性及び劣化後の構造特定 架橋膜の導電性、耐久性の向上
1-3月期	フタムシロキノン誘導体架橋膜及びアトランタ誘導体架橋膜を構築する。フタムシロキノンとアトランタ誘導体を用いて、イオン交換で架橋膜の電気化学的挙動について比較、検討する。	研究テーマに関する文献(デジタルスルホキニオン)の調査、フタムシロキノンの購入、架橋膜の構築(アトランタ)。	アトランタ誘導体架橋膜の架橋膜との比較、電気化学特性、耐久性等の違い フタムシロキノン誘導体架橋膜の劣化原因の特定 フタムシロキノン誘導体の発色特性の特定

表5 研究計画書の一例

平成22年度上期提出分

研究計画書 期間	研究計画	購入物品	予測される成果
4-6月期	特異な電気化学反応を示す、発色性フタムシロキノンの架橋膜の構築。その電気化学的挙動を明らかにし、架橋膜の劣化原因を特定し、その結果を論文に発表する。	架橋膜の構築に必要となる材料の購入、架橋膜の構築(アトランタ)。	架橋膜の劣化原因の特定 架橋膜の導電性、耐久性の向上
9-9月期	ECL材料には有機分子、遷移金属錯体、導電性高分子が用いられており、それぞれ異なる電気化学特性が異なる。しかしながらECL反応機構についてはまだ不明な点が多く、本計画では架橋膜を用いて、その反応機構を明らかにし、その反応機構を明らかにする。	架橋膜の構築に必要となる材料の購入、架橋膜の構築(アトランタ)。	架橋膜の劣化原因の特定 架橋膜の導電性、耐久性の向上
10-12月期	架橋膜を構築する。架橋膜の電気化学的挙動を明らかにし、架橋膜の劣化原因を特定し、その結果を論文に発表する。	架橋膜の構築に必要となる材料の購入、架橋膜の構築(アトランタ)。	架橋膜の劣化原因の特定 架橋膜の導電性、耐久性の向上
1-3月期	架橋膜を構築する。架橋膜の電気化学的挙動を明らかにし、架橋膜の劣化原因を特定し、その結果を論文に発表する。	架橋膜の構築に必要となる材料の購入、架橋膜の構築(アトランタ)。	架橋膜の劣化原因の特定 架橋膜の導電性、耐久性の向上

③ キャリアパスプログラム

全コース共通の科目として、起業マインドの奮起高揚及び技術者に必要となる倫理の育成を行うため開講している「ベンチャービジネス論」「ベンチャービジネス・マネジメント」「技術者倫理」の選択履修を義務付けた。それぞれ22年度の受講者数15名、11名、29名であった。「ベンチャービジネス論」の21年度受講生が5名であることから、着実に受講生の数が増えている。下記は22年度のベンチャービジネス論の講義内容である。知的財産権の獲得からベンチャーの実例まで、千葉大学におけるベンチャーの実例を取り上げ、学生に起業意識を芽生えさせる内容を網羅している。

日程	講義タイトル	講義概要
第1回	「VBLの活動について」 「グラフト重合材料の製品化奮戦記」	VBLの活動を紹介するとともに、自身の研究について語る。 20年間、企業と連携して、放射線グラフト重合技術を生かした新製品の創出を心がけてきました。失敗の実例を紹介し、そこから教訓を拾い出します。
第2回	「知的財産権とは-青色発光ダイオードの特許を例にして」	青色発光ダイオードの開発に成功した中村修二氏の研究論文とその特許を学びます。ノーベル賞クラスの仕事の本質に迫ります。
第3回	「ベンチャービジネスと知的財産権」	特許、商標、意匠、著作権、不正競争防止法等からなる知的財産についての法制度の意義を、企業経営の観点から講義する。
第4回	「ベンチャー企業の優位性とは」	自らの起業体験とコンサルタント業の経験から見てきたすべての企業の問題と優位性とは何か。世の中の潮流を捉えるベンチャー企業のビジネスモデルと経営者の強さは・・・。
第5回	「キャッシュフロー経営」	ベンチャー企業から東証1部上場企業までの会社経営経験ならびにベンチャーキャピタルからの視点を踏まえ、企業経営のコアスキルを解説する。企業経営者としてのライフプラン、企業経営の要点などの説明を通じ、儲かる会社にするためのツールと考え方を分かりやすく説明する。
第6回	「IT分野のsmallビジネス・スタートアップと社会貢献」	職業選択肢の一つとして「ソフト会社を起業」する時の留意事項と創業時に遭遇する典型的な問題とその解決方法及び「イノベータ精神と起業家の社会貢献」について講師の経験を踏まえて解説する。
第7回	「生き残るベンチャービジネスになるには」	ベンチャービジネスに必要な「技術力」「新規性」「スピード」。起業家に必要な「夢と情熱」「共感を得るコミュニケーション能力」。企業が継続するために必要な「営業力」「経営管理力」。これらが備わってはじめて「生き残れるベンチャービジネス」となる。実際のビジネスの現場での事例をもとにこれらの要素について解説する。
第8回	「千葉大生時代に資本金0円で実現させた起業」	就職活動を辞めて、在学中に起業するという道を選んだ経緯。何もなかったところからの資本金0円という起業。アイデアをビジネスにするのか、能力をお金に換えるのか。さらに、もう1社株式会社を設立するに至りました。同世代として、生の声をお伝えします。
第9回	「ベンチャー企業による価値創造」	ベンチャー企業が事業をする意義とは、一言でいえば、価値創造だと思っています。ベンチャー企業がリスクを取るからこそ、新しい産業が生まれ、社会の発展を促します。ベンチャー企業の可能性について、講師の起業経験をともに講義します。
第10回	「大学教員のベンチャービジネスへの取り組み1」	講師はなのはなコンペ（教員版）受賞者です。国立大学の法人化という社会変動に、現役の大学教員として、どのように対応することができるのか。また、どのように貢献できるのか。ベンチャービジネスへの取組を通して見えてきたものを土台に、大学発ベンチャーの可能性を共に模索したい。
第11回	「学生が世界を変える！」	シュンペーターの「経済発展理論」を持ち出すまでもなく、我が国の閉塞感を打破するのは、資本主義の駆動力ともいべき創造的破壊とそれに果敢に挑むアントレプレナーの存在であり、ベンチャー企業を創出する起業文化の醸成である。本講義ではアントレプレナーシップとイノベーションの本質・メカニズムについて触れ、学生の大きい可能性について議論する。
第12回	「大学教員のベンチャービジネスへの取り組み2」	講師はなのはなコンペ（教員版）受賞者です。千葉大学退職後に「アミンファーマ研究所」という会社を千葉大亥鼻イノベーションプラザ内に設立した経緯とその将来像についてお話しします。
第13回	「大学教員のベンチャービジネスへの取り組み3」	講師はなのはなコンペ（教員版）受賞者です。有機合成化学の分野での例を紹介しながら、大学の研究の実用化について考えます。

表6 平成22年度ベンチャービジネス論の講義内容抜粋

また、ナノイメージング・エキスパートコースの学生には全学で実施している「なのはなコンペ学生版」に代わり、「ナノイメージング・ベンチャーコンペ」を立ち上げ、応募を奨励した。応募総数は20年度3件、21年度1件、22年度4件と件数はあまり多くないが、外部資金獲得のための細かい添削指導を複数教員によって行った。下記にその一例を紹介する。

ナノイメージング・ベンチャー支援コンペ2009申請書
提出日 2009年 12月 24日

研究課題名	電気化学法による発色・発光ハイブリッドカー電子ペーパーの開発		
設置	所 属	融合科学研究科情報科学専攻	
連絡先(電話)	e-mail		

以下の1-5の項目についてすべて記載し、A4・2枚で提出してください。枠の大きさは多少変更しても可、URL「なのはなコンペ」へ申請している者はその旨を上に明記し、申請内容の相違について明確にすること。

1. 研究の背景

近年、紙に代わる新規ディスプレイとして電子ペーパーが注目されている。電子ペーパーには紙のようにはっきりとした文字や図柄が、何年も経たず書き換えが可能という特徴が認められている。そのために電子ペーパーの実現に向けて現在様々な方法が検討されているものの、カラー電子ペーパーという観点から色の再現性やコントラスト、反射率の低さなど十分な性能が得られず、実用化には至っていない。これでは紙と同様に印刷加工によってカラー・ペーパーと色の3原色を可逆的に表示できるフルカラーディスプレイ(FC)素子を開発してきた。交流電圧印加することで発色濃度の制御が可能となり、印刷加工によるカラー制御からフルカラー電子ペーパーの開発が可能である。

FCを用いることで反射型カラー電子ペーパーの実現が可能だが、反射型ディスプレイには高い電圧で利用できないという欠点がある。そこで本研究ではFCを用いたフルカラー電子ペーパーを主に印刷技術の導入と発展を促すため、EC素子へ電気化学発光による発光機構を組み込み、暗い場所でも利用可能な発色・発光ハイブリッド型素子の開発を目的とする。

2. 研究の目的と独創性

研究目的

フレキシブルなFC素子(FC)は電気化学的な酸化還元反応によって物質が可逆的に色変化を示す現象である。この現象を利用したフレキシブルディスプレイ(FC)は反射型で視野角が広い、単純な構造で薄型化、ランニングコストが低減、またメモリー性があり、材料の選択によって多色発色が得られるなどの優れた特徴を有している。近年、環境負荷低減などの観点から紙の消費を減らそうと、紙の代替物として電子ペーパーが開発されている。しかしながら紙の代替品という点では高い電圧で利用することができず、ディスプレイとして大きな欠点がある。本研究の目的は電子ペーパーのディスプレイとしての利便性を向上させるため、FC素子に発光機構を付与させ発色・発光ハイブリッド型の電子ペーパーを開発することである。

研究の特色・独創性

本研究の大きな特色・独創的な点は、電気化学反応によっての3原色の発色を示すFC素子へ、印刷技術の導入によるフルカラー電子ペーパーの開発にあることである。

3. 準備状況

我々はこれまでフルカラー誘導体を備えたシアン、マゼンダ、イエローの3原色を得られるFC素子について研究を行ってきた。フルカラー誘導体の発色は電子ペーパーへの応用に非常に有利であるが、4原色については十分な再現性を得ていない。そこでフルカラー誘導体で電圧制御を発見させるために、交流電圧に注目した。単純な交流電圧印加では、発色濃度は単純に増加し、印加を止めれば単純に減少してしまいうため、任意の発色濃度を維持することは困難であった。したがって交流電圧を印加して発光強度を「Day」状態を維持することで、発色と消色の制御一度に済むことができ、任意の発色濃度を発色を維持することが可能となった。

また我々はECと同様に原理で駆動する電気化学発光に注目し、フルカラー誘導体を用いた素子の発光機構や特性についても検討を行ってきた。フルカラー誘導体を用いた電気化学発光素子でもフルカラー誘導体ECセルで用いているのと同じように、発光強度を「Day」状態を維持することで発光が得られることが明らかになっている(図2)。

以上のように、ECと電気化学発光を組み合わせた素子を実現するための基礎的な技術はしっかりと構築できている。

4. 研究実施項目(研究計画)

本研究の目的はフレキシブルなFC素子と電気化学発光の両機能を有する発色・発光ハイブリッド素子の開発である。最初に安定性などに優れた材料を用いて素子を構築し、同一素子内で発色と発光の両機能をどのように起こすかについて検討を行う。印加交流電圧に対する発色・発光特性の両方についての関係を定量的に把握する。最終的には電圧制御素子の両機能を同時に、素子の繰り返し信頼性が5000回以上確保される。電気化学発光についての研究は十分でないため、発光材料、封鎖材料や電極など、総合的に検討を繰り返すことで耐久性の向上が期待できる。FCと同様の反応機構のため、その知識や技術を活用することが可能であり、また逆に電気化学発光からFCへの応用も可能である。以下に検討する項目を挙げる。

- ・印加交流電圧に対する発色、発光特性の検討
- ・電極の検討

EC

- ・発色繰り返し耐久性
- ・電気化学発光素子との両立可能な発色材料の検討

電気化学発光

- ・発光材料の検討
- ・発光繰り返し耐久性
- ・発光強度の向上

電気化学発光素子の研究はECと比べてまだ初期段階なので、今後様々な発色や大きな発光が期待される分野である。まずは電気化学発光素子について中心的に検討を行い、そこで得られた知見や条件などに適合するFC材料を組み合わせて発色・発光ハイブリッド素子の実現性について検討を行う。

URL「なのはなコンペ」との重複申請の有無と申請内容の相違

図3 ベンチャー申請書の一例

ほとんどの学生は、自分の研究をそのまま申請書に書いてくる。自分の研究テーマをどのような形で社会に還元するか、という観点からコメントを付加し何度も書き直させた。その結果、自身の研究テーマをどのように実用化すれば良いか、という視点が学生に芽生えた。少ない申請中ではあったが、最終的な申請書の内容の可否を判定し、点数に応じて研究費を支援した。

以上、これら4つのプログラムを実施することで、実践的「画像」研究者「ナノイメージング・エキスパート」育成に尽力した。

2. 教育プログラムの成果について

(1) 教育プログラムの実施により期待された成果が得られたか

融合科学研究科の大学院入学者の人数の推移を示す。

	平成 19	平成 20	平成 21	平成 22
博士前期入学者数	135	132	154	137
博士後期入学者数	19	26	15	21
画像マテリアル入学者数	5	3	6	9

表7 大学院入学者数の推移

融合科学研究科全体ではあまり大きな差は見られないが、画像マテリアルに限ると博士後期課程(定員3名)への入学者は急増している。融合科学全体での博士後期課程定員充足率(定員21名)はこの3年間ほぼ横ばいであるが、画像マテリアルに限定すると定員充足率は300%に達する。この入学者の急激な伸びが大学院教育改革プログラムの効果であることは間違いない。また、研究科全体ではもちろん画像マテリアルコースでも大学院生を発表者とする国際会議発表件数、論文件数ともこの3年間で増加傾向にあり、教育プログラムの成果が出ているといえる。特に、画像マテリアルコースにおける国際会議の発表件数は、ナノイメージング・エキスパートプログラム採択後、3倍となり飛躍的に伸びている。

さらに、画像マテリアルコースでは大学院学生の講演賞受賞も2010年度だけで5件(2008年2件、2009年3件)とこちらも急増している。

大学院教育の実質化を受けて、教員の研究も活性化し、融合科学研究科全体で2010年度だけで科学研究補助金14件(画像マテリアルだけで6件)の採択があった。科学技術振興機構戦略的創造研究CRESTにも1件新規採択された。

博士後期課程

区分	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度
国際会議	26	24	22	21
画像マテリアル		4	17	19
学術論文	21	30	34	37
画像マテリアル		4	14	13

区分	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度
国際会議	26	24	22	21
画像マテリアル		4	17	19
学術論文	21	30	34	37
画像マテリアル		4	14	13

表 8 大学院生の外部発表、活性度

3. 今後の教育プログラムの改善・充実のための方策と具体的な計画

(1) 実施状況・成果を踏まえた今後の課題が把握され、改善・充実のための方策や支援期間終了後の具体的な計画が示されているか

ナノイメージング・エキスパートプログラムを改善・充実させるために、また、教育効果を数値化するために、2年目にあたる21年度終了時点、22年度終了時点の二度にわたり、プログラムに参加した教員、大学院生を対象にアンケート調査を実施した。

教員に対するアンケート（各項目5点満点、回答数25名）

	平成21年度	平成22年度
1. 学生に推奨科目の受講を率先して勧めたか。	2.1	<u>3.7</u>
2. 学生に国際融合プログラム科目受講を率先して勧めたか。	2.4	3.4
3. 学生にキャリアパスプログラム科目受講を率先して勧めたか。	2.3	3.3
4. ナノイメージング特論を担当したか。	2.5	2.7
5. ナノイメージングセミナーに参加したか。	2.5	3.0
6. デュアルエキスパートプログラムを実施したか。	1.9	<u>3.7</u>
7. 学生の研究計画書の作成にアドバイス等を行ったか。	2.4	2.1
8. 成果報告会に参加したか。	2.5	3.4
9. 学生の予算執行が適切に行えたと感じているか。	3.5	<u>3.6</u>
10. ベンチャー支援コンペへの応募を勧めたか。	2.5	2.4
11. 本プログラムの内容に満足しているか。	2.5	<u>4.0</u>

初年度は教員の教育システムに対する理解度が低く、全般にあまり高い数値とは言えない。プログラムの内容や目的について、平成22年度初頭にFD研修を行った結果、2年目から理解度と積極的な参加が効果的に向上した。特に、デュアルエキスパートをはじめ、国際エキスパート、研究戦略エキスパート、キャリアパスなど4つのプログラムへの参加を積極的に学生に促す姿勢が見える。また、本プログラムを実施したことで学生教育に効果があったという手ごたえが参加した教員にはある。

学生アンケート(満点5点 博士後期課程回答数7名)

	平成21年度	平成22年度
1. 推奨科目を率先して受講したか。	2.3	2.7
2. 国際融合プログラム科目受講を率先して受講したか。	1.9	2.0
3. キャリアプログラム科目受講を率先して受講したか。	2.3	1.7
4. ナノイメージング特論を受講したか。	3.0	3.0
5. ナノイメージングセミナーを受講したか。	2.1	2.7
6. 研究計画書をきちんと作成し提出したか。	2.3	<u>4.5</u>
7. 成果報告会をしっかりと行ったか。	3.7	<u>3.8</u>
8. 予算執行が適切に行えたか。	4.1	<u>4.8</u>
9. ベンチャー支援コンペに応募したか。	2.1	1.7
10. 本プログラムの内容に満足しているか。	3.9	<u>3.8</u>

キャリアパスに関するアンケート項目で点数が低いもののデュアルエキスパートや研究戦略プログラムに関しては数値が高く満足度が高い。

また、個別な感想として

- 普段とは違う研究内容に触れてみたことで自分の視野が広がる。
- 違うアプローチや考え方に気づく。
- 新しいことに一歩踏み出すことに躊躇しなくなる。
- 雰囲気の違い同い年くらいの学生と知り合うことの刺激
- 大学院のレベルアップが進行していると思われる。
- 大学院学生の研究者としての自立を促す。
- 研究戦略を修養するのに実際的で効果的。
- 申請書作成に関して複数人からチェックが入るという点。
などの前向きな意見が数多くあった。

反面、国際化エキスパートプログラムでは、

×セミナー講演の分野に偏りがある。

などの意見もあった。これは国際ネットワークが教員個々の研究領域に限定されている部分があり、今後、改善していく必要があるだろう。

博士前期課程(回答数 20 名)に対するアンケートでは、

	平成 21 年度	平成 22 年度
1. 推奨科目を率先して受講したか。	2.3	2.3
2. 国際融合プログラム科目受講を率先して受講したか。	1.4	1.3
3. キャリアプログラム科目受講を率先して受講したか。	1.1	1.4
4. ナノイメージング特論を受講したか。	1.2	1.2
5. ナノイメージングセミナーを受講したか。	1.1	1.7
6. 本プログラムの内容に満足しているか。	1.9	2.6

博士後期学生ほどの積極的な参加は見られなかったが、徐々に各項目の数値も向上している。「学内インターンシップ」を単位化し、博士前期課程学生の参加も認めたこともあり、今後、教育プログラムへの積極的な参加が期待できる。

以上アンケート調査の結果をまとめると

1. デュアル・エキスパートの根幹にあたる「ナノ」「画像」による指導体制は教員、学生ともに評価が高く、年々、積極的な参加者が増加している。
2. 博士後期学生一人に対して「ナノ」「画像」を専門とする 5-6 人の教員によって定期的に行われる成果報告会は学生に大きな刺激を与えている。学生自身が研究進捗状況を自己評価できる。また、異なる専門分野の教員から与えられるアドバイスは学生が自らの研究を見つめ直す良いきっかけとなっており学生からの評価も高い。
3. 博士前期課程学生を対象に「学内インターンシップ」を講義とした結果、デュアル・エキスパートに対する博士前期学生の認知度と満足度が向上した。
4. 博士後期学生に課した研究計画書の提出と研究費の自己管理は、大学院学生の研究者としての自立を促す、研究戦略を修養するのに実際的で効果的である、申請書作成に関して複数人からチェックが入る、など学生の評価も高い。また、このプログラムの実施により、画像マテリアルコースでは博士後期課程進学者および入学者が急増した。

反面、改善すべき点を以下に列挙する。

1. 外国人によるセミナー開講による英語教育は英語に触れる機会が増え、英語に対する抵抗がなくなったと評価する声が多い反面、教員の研究ネットワークに大きく依存するため、若干トピックスに偏りができてしまった。今後、大学間協定校を中心に新たな人的ネットワークを掘り起す必要がある。今回のプログラム期間中に融合科学研究科では、新たに1校(マッコリー大学(豪州))との大学間協定、11校(台湾交通大学、他)との部局間協定を締結した。
2. 「ベンチャービジネス論」などの講義受講者は確実に増えているものの、ベンチャー支援への積極的な申請は未だ数少ない。すなわち、ようやく学生がベンチャーや自分の研究テーマを社会に還元する、具現化する、と言ったマインドに目覚めた段階といえる。今後、講義内容をさらに充実させるとともに、ベンチャーコンペを根気よく育成していく必要がある。特に、学生一人ではなかなか自身のテーマを具体的な商品コンセプトに持っていく勇気と経験に欠けるため、今後は複数の学生と若手教員を含めたグループ型プロジェクトを募り、単位認定できる制度を検討する。

4. 社会への情報提供

(1) 教育プログラムの内容、経過、成果等が大学のホームページ・刊行物・カンファレンスなどを通じて多様な方法により積極的に公表されたか



図4 リーフレット

教育プログラムの内容、また、セミナー開講などはすべてホームページにおいて迅速に公開した。また、活動に関してはリーフレット(図4参照)を作成し各大学へ配布した。さらに、「ナノイメージング特論」は受講者の便宜を図るとともに外部機関への発信を考慮して、テキストを製本化した。

学内での情報交換、他大学との情報交換のために、研究科内FD研修2回、学内フォーラム2回(2009.12.4.千葉大学創立60周年記念事業「大学院教育改革プログラム成果報告会」)、外部講師を招いたカンファレンスを1回、さらに日本光学会光応用新産業創出フォーラムにおいて活動を紹介した。ここでは、カンファレンス(2010年10月4日、千葉大けやき会館にて、参加者総数63名)に関して、詳細を示す。

講演

1. 北陸先端大 水谷五郎 「協業教育によるナノマテリアルサイエンス研究リーダーの育成」
2. 総研大 有本信雄 「研究力と適性を磨くコース別教育プログラム」
3. 阪大 佐藤宏介 「院生ポートフォリオによる大学院教育の可視化 ―システム創成プロフェッショナルプログラム―」
4. 千葉大 落合勇一 「融合科学研究科修士課程での英語講義開講」
5. 千葉大 尾松孝茂 「ナノイメージングエキスパートプログラム」
6. パネルディスカッション 「理系大学院教育の問題点は何か」

パネリスト ・Keith Martin Slevin(阪大) ・Christian Schaefer (NICT) ・Dinesh Naik (電通大) ・浦方華(千大工) ・Naveed Ahmed(千大理) ・山本 真幸(千大工)



図5 フォーラム案内

他大学における大学院教育改革の取り組みを紹介頂き情報交換した。また、日本在住の外国人研究者や学生、さらには、海外で学位を取得した日本人研究者をパネラーとして招き、日本の理工系大学院教育に関する問題点について討議した。各大学で抱えている問題は、個別事情の差はあるものの共通していることを改めて認識した。リーダーシップの育成、実践的研究力の育成、研究戦略の可視化など、これらの課題に関して、自己努力はもちろん他大学との連携を含め、問題解決していく必要がある。

5. 大学院教育へ果たした役割及び波及効果と大学による自主的・恒常的な展開

(1) 当該大学や今後の我が国の大学院教育へ果たした役割及び期待された波及効果が得られたか

各大学で抱えている大学院教育に関する問題点は、個別事情の差はあるものの共通している。実践的研究力の育成、国際競争力の強化、研究戦略の可視化、強いリーダーシップの育成など、である。本教育プログラム「ナノイメージング・エキスパートプログラム」は、千葉大学の伝統である「画像」と先端テクノロジーである「ナノ」が融合して初めてできる融合科学研究科ならではの独自プログラムであるが、蛸壺の研究室教育でない「デュアル・エキスパートプログラム」は実践的研究力育成、「国際エキスパートプログラム」は国際競争力の強化と開かれた国際化大学院の構築、「研究戦略エキスパートプログラム」は研究戦略の可視化と強いリーダーシップの強化につながる。

また、「キャリアパスプログラム」は即戦力の博士研究者の育成と博士後期課程への進学者の増大につながる。このように本教育プログラムの基本骨子は大学院教育改革の骨格をなすスタンダードであるのは火を見るより明らかである。したがって、全国の大学院に先駆け、融合科学研究科で推進している「ナノイメージング・エキスパートプログラム」は他大学院教育へ絶大なる波及効果を及ぼす。

(2) 当該教育プログラムの支援期間終了後の、大学による自主的・恒常的な展開のための措置が示されているか

本教育プログラムは、千葉大学大学院融合科学研究科規程・研究科の目的（第3条第1項）に則り、「ナノサイエンス」が創成する多彩なマテリアルや現象を理解できるナノナレッジとナノマテリアルを未来型「画像科学」デバイスへ応用する創造力を包括的に習得し、技術立国日本の将来を支える新しい先端ナノサイエンスを創造できる即戦力「ナノイメージング・エキスパート」を育成することを目的とする。したがって、本教育プログラムの実施は本学融合科学研究科のミッションそのものであり、永続的に継続する責務がある。

本教育プログラムの基本骨子の一つ「デュアル・エキスパート」は「学内インターンシップ」を情報科学専攻の開講科目に認定したことで博士前期および博士後期学生の自主的な参加が期待できる。また、博士後期課程学生に対する定期的な成果報告会もすでに恒例行事として情報科学専攻に根付いている。

「国際エキスパート」は当面グローバルCOE「有機エレクトロニクス高度化スクール」、「戦略的な若手研究者派遣プログラム」との連携や学内支援制度「大学院学生の国際研究集会等派遣支援プログラム」を活用することで永続的に継続できる。さらに、「研究戦略プログラム」に関しては、運営交付金として配分される学生経費を充てることが画像マテリアルコース内で合意している。

また、「キャリアパスプログラム」の一部は科学技術振興調整費「先進的マルチキャリア博士人材養成プログラム」との連携できる。「ベンチャービジネス論」をはじめとする講義はすでに融合科学研究科の共通科目として運営されている。さらに、「ベンチャーコンペ」は本学ベンチャービジネスラボラトリーとの連携により「なのはなコンペ学生版」を弾力的に活用できる。

このように本教育プログラムは本学融合科学研究科にすでに定着し、永続的な継続が可能である。今後、学生づくり大学づくりのための千葉大学基金SEEDS、千葉大学自然科学系アソシエーション(AGSST)からの支援も仰ぎ発展的に展開できると考えている。

組織的な大学院教育改革推進プログラム委員会における評価

<p>【総合評価】</p> <p><input type="checkbox"/> A 目的は十分に達成された</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> B 目的はほぼ達成された</p> <p><input type="checkbox"/> C 目的はある程度達成された</p> <p><input type="checkbox"/> D 目的はあまり達成されていない</p>
<p>〔実施（達成）状況に関するコメント〕</p> <p>画像マテリアルコースについては概ね期待された成果が得られたと判断できる。しかし、専攻及び研究科全体としての顕著な成果が見受けられないことから、一層の検討が望まれる。</p> <p>また、研究科全体として、ナノと画像、情報の教育体系がどのように融合されたのか、明確化が求められる。今後、更に多くの教員・学生が本教育プログラムに参加するための方策が必要である。</p> <p>今後の課題は把握されており、改善・充実案が示されている。今後、課題が改善され、専攻及び研究科全体に普及するかが問われる。</p> <p>経費の使用については、概ね適切に使用されている。</p>
<p>（優れた点）</p> <p>画像マテリアルコースの教育については、計画は着実に推進され、学生からの評価も高い。また、教員の積極的な関与も評価できる。</p> <p>（改善を要する点）</p> <p>情報、画像をキーワードとする研究科であることから、新規性のある情報提供が望まれる。現在のところ明確な波及効果が見られていないが、今後、活動を継続することにより、本教育プログラムが研究科全体・他研究科及び他大学大学院に波及することが期待される。</p>

組織的な大学院教育改革推進プログラム事後評価
評価結果に対する意見申立て及び対応について

意見申立ての内容	意見申立てに対する対応
<p>「実施（達成）状況に関するコメント」 画像マテリアルコースについては概ね期待された成果が得られたと判断できる。しかし、専攻及び研究科全体としての顕著な成果が見受けられないことから、一層の検討が望まれる。 また、研究科全体として、ナノと画像、情報の教育体系がどのように融合されたのか、明確化が求められる。今後、更に多くの教員・学生が本教育プログラムに参加するための方策が必要である。 今後の課題は把握されており、改善・充実案が示されている。今後、課題が改善され、専攻及び研究科全体に普及するかが問われる。経費の使用については、概ね適切に使用されている。</p> <p>【意見及び理由】 新規に開講した「ナノイメージング特論」、「学内インターンシップ」は画像マテリアルコースのみならずナノサイエンス専攻の教員、学生も多数参加している。特に、「学内インターンシップ」はナノサイエンス専攻の学生の評価が高く、参加者も増加している。昨年度は前期だけの半期開講であったが、今年度参加者が急増したため通期開講にした。また、ナノサイエンス専攻主体のグローバル COE プログラムが実施している国際特別実習や英会話教育にも画像マテリアルコースの学生は参加している。 このようにナノサイエンスコースと画像マテリアルコースの教育システムの融合と連携は確実に進んでいる。</p>	<p>【対応】 原文のままとする。</p> <p>【理由】 提出された事業結果報告書では、必ずしも明確でなかった事項について指摘したものであることから、修正しない。</p>