

名古屋大学 21世紀COEプログラム

情報社会を担うマイクロナノメカトロニクス

Micro- and Nano-Mechatronics for Information-Based Society

情報社会を担うマイクロナノメカトロニクス

● 拠点リーダー挨拶 ●

21世紀拠点形成プログラムは、文部科学省が日本の大学を世界最高水準の研究拠点に育てるために2002年度から始めた資金重点配分事業です。名古屋大学COE拠点「情報社会を担うマイクロナノメカトロニクス(マイクロナノCOE)」は、2003年度の事業として採択されたものであり、機械工学的なアプローチによって、ナノテクノロジーを応用展開することを目的として、マイクロ・ナノシステム工学専攻(平成16年の改組前のマイクロシステム工学専攻)が中心となり、機械系の3専攻(同機械系5専攻)が共同して参画しています。本学においては、1994年に世界に先駆けて、マイクロナノ領域の機械技術に関する研究と教育を行う大学院マイクロシステム工学専攻を開設しました。

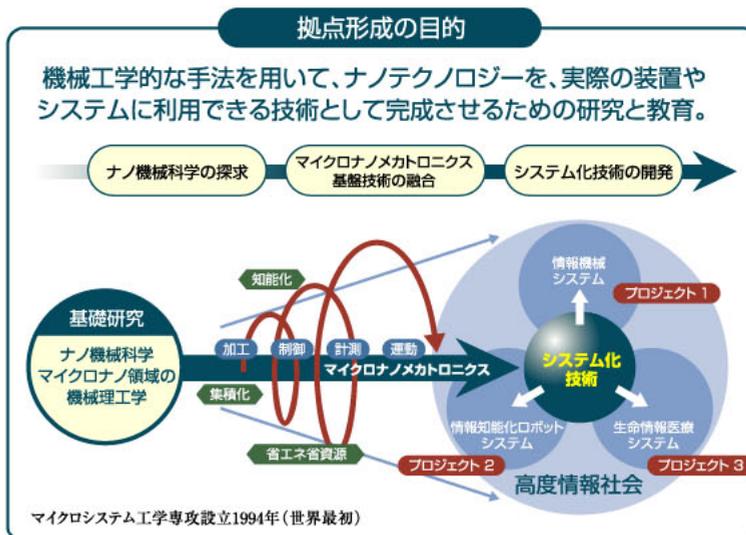
本COEの研究分野は、基礎学問としてのナノ機械理工学、基盤技術としてのメカトロニクス、および応用技術としてのシステム化技術に及んでおり、システム化技術としては、マイクロナノメカトロニクスが主導して、その研究成果を最も有効に活用できる分野として、情報機械・情報知能化ロボット・生命情報医療の3つのシステムを対象としています。とくに、システム化技術においては、産学官と連携した豊富な研究実績と充実した研究基盤を持っており、この点が他の研究機関に抜きん出た特色です。

本COEプロジェクトには、大型装置の購入費、若手研究者の育成費などが重点的に配分され、恵まれた研究・教育環境が提供されています。当然のことながら、これらを有効に活用する責務を負っています。

マイクロナノCOEの拠点活動、アクティビティをご理解いただくとともに、叱咤激励のご評価・ご批評をいただければ、今後のCOE拠点形成に反映させて、本COEに寄せられている高い期待に応えていきたいと考えております。



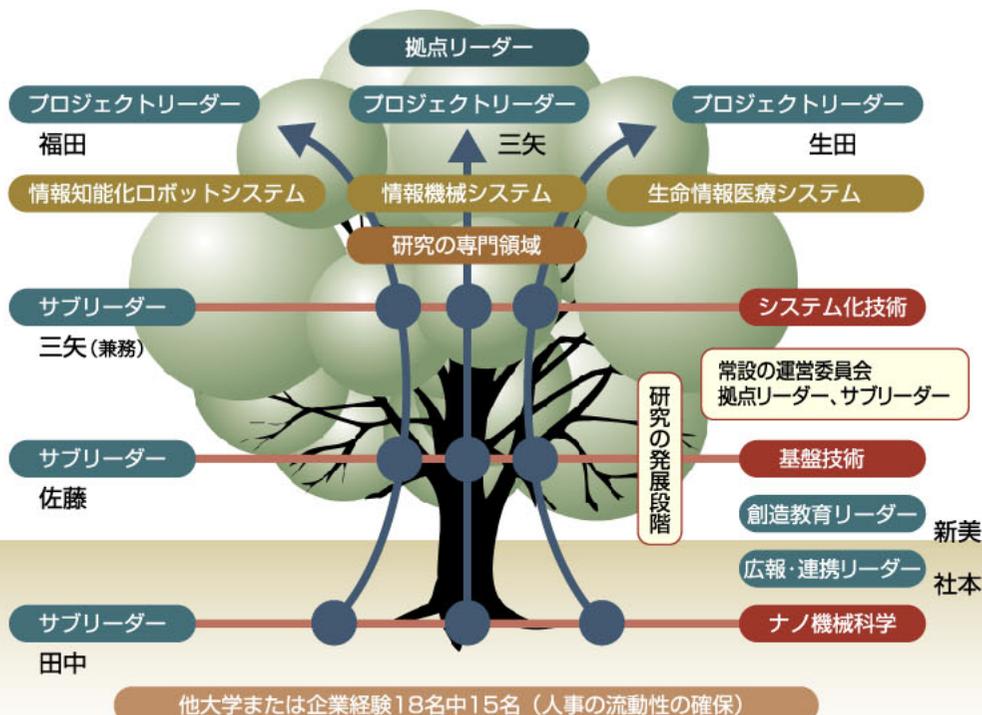
大学院工学研究科教授
三矢 保永



ナノ機械科学(機械分野におけるナノ理工学)を探索し、マイクロナノメカトロニクス技術として融合し、高度情報社会のインフラストラクチャとなるシステム化技術を開発する研究拠点を形成します。

研究の階層構造と研究分担者の配置

研究段階別×システム化技術別のマトリックス構造



■ 拠点の組織

本プロジェクトの特徴は、二次元マトリックス構造の研究組織にあります。基礎研究、基盤技術、システム化技術の三階層から成る階層別組織と、三つのシステム化技術（情報機械、情報知能化ロボット、生命情報医療）を研究プロジェクトとする分野別組織を形成して、事業推進担当者群を、それぞれに所属する二重構造（マトリックス組織）に配置しています。

また、それぞれの研究階層別とシステム化別に、サブリーダーを配置するとともに、若手育成のための創造教育のサブリーダーを配置しています。また、これらのリーダーで常設の運営委員会を構成しています。このような組織により、基礎学問からシステム化技術まで一貫して、目的意識と社会的責任をもって研究教育できる組織を運営しています。

■ 事業推進担当者

●拠点リーダー

三矢保永 (MITSUYA Yasunaga) (研究統括、情報機械システム担当)
名古屋大学大学院 工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 教授

●サブリーダー

福田敏男 (FUKUDA Toshio) (情報知能化ロボットシステム担当)
名古屋大学大学院 工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 教授

生田幸士 (IKUTA Koji) (生命情報医療システム担当)
名古屋大学大学院 工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 教授

佐藤一雄 (SATO Kazuo)
名古屋大学大学院 工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 教授

田中啓介 (TANAKA Keisuke) (基盤技術担当)
名古屋大学大学院 工学研究科 機械理工学専攻 教授

新美智秀 (NIIMI Tomohide) (創造教育担当)
名古屋大学大学院 工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 教授

●担当者

新井史人 (ARAI Fumihito)
名古屋大学大学院 工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 助教授

大野信忠 (OHNO Nobutada)
名古屋大学大学院 工学研究科 計算理工学専攻 教授

社本英二 (SHAMOTO Eiji)
名古屋大学大学院 工学研究科 機械理工学専攻 教授

秋庭義明 (AKINIWA Yoshiaki)
名古屋大学大学院 工学研究科 機械理工学専攻 助教授

梅村章 (UMEMURA Akira)
名古屋大学大学院 工学研究科 航空宇宙工学専攻 教授

式田光宏 (SHIKIDA Mitsuhiro)
名古屋大学 エコトピア科学研究所 助教授

田中英一 (TANAKA Eiichi)
名古屋大学大学院 工学研究科 機械理工学専攻 教授

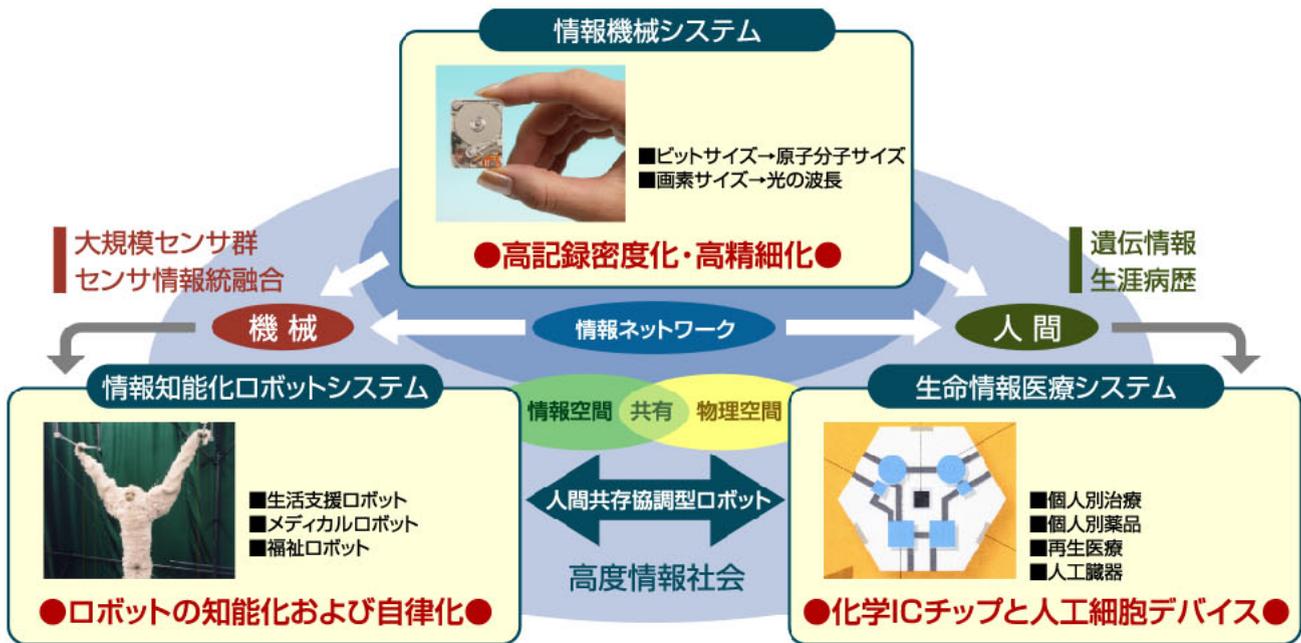
福澤健二 (FUKUZAWA Kenji)
名古屋大学大学院 工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 助教授

細江繁幸 (HOSOE Shigeyuki)
名古屋大学大学院 工学研究科 機械理工学専攻 教授

大日方五郎 (OBINATA Goro)
名古屋大学 先端技術共同研究センター 教授

梅原徳次 (UMEHARA Noritugu)
名古屋大学大学院 工学研究科 機械理工学専攻 教授

研究内容



高度情報社会を担うマイクロナノメカトロニクス

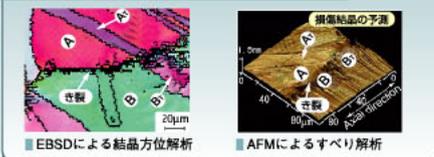
ナノテクノロジーは、材料・電子の技術で脚光を浴びていますが、機械技術の分野においても極めて重要な技術となりつつあります。機械の特徴は、相対運動を伴うことです。相対運動の境界面には、固体や液体・気体があり、マイクロナノの微小領域の相対運動では、原子分子の配置や挙動の影響が現れ、例えば、表面力、摩擦力、摩擦、破壊、流れなどが離散値化されます。このような原子分子の配置や挙動を対象とするナノ機械科学の分野について研究を推進しています。

当拠点では、メカトロニクスの分野で顕著な成果を上げており、その技術（加工・制御・計測・運動に関わる要素技術）をナノ機械科学の研究成果と融合させ、マイクロナノメカトロニクスの基盤技術として体系化します。さらに情報社会を担うシステム化技術として、三つのシステム（情報機械、情報知能化ロボット、生命情報医療）の研究開発を進めています。

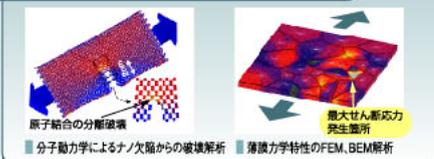
● 薄膜材料のマイクロナノ機械物性評価 (田中・秋庭)



疲労損傷のマイクロナノ計測



マイクロ・ナノメカニクスによる破壊予測



薄膜の内部応力解析

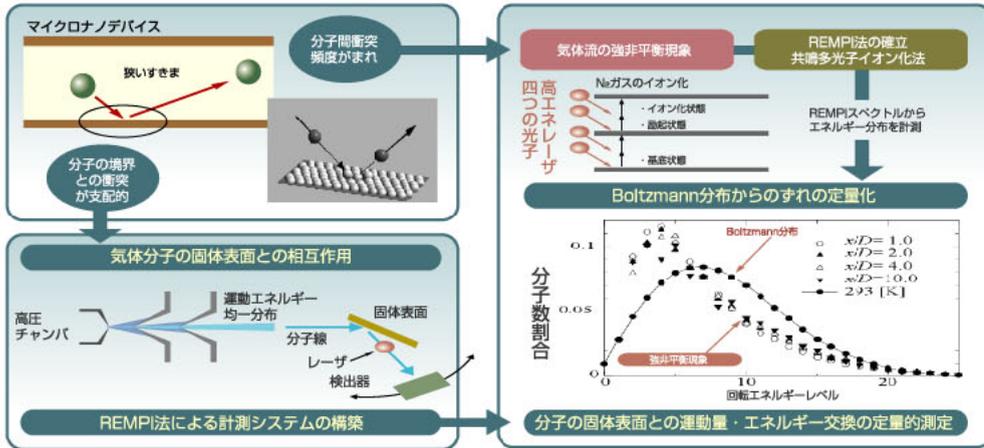


マイクロ構造体の構成要素である薄膜の内部応力分布を、X線回折法を用いて非破壊的に高精度で計測する手法を開発しました。また、EBSD（電子線後方散乱）およびAFM（原子間力顕微鏡）の複合解析により、薄膜材料の長期使用による疲労損傷をナノレベルで定量化できる計測法を確立しました。

これらを融合してマイクロ・ナノメカニクスに基づくモデルを構築し、破壊のシミュレーションによって、マイクロ構造体の最適設計・健全性保証技術を開発する研究を進めています。

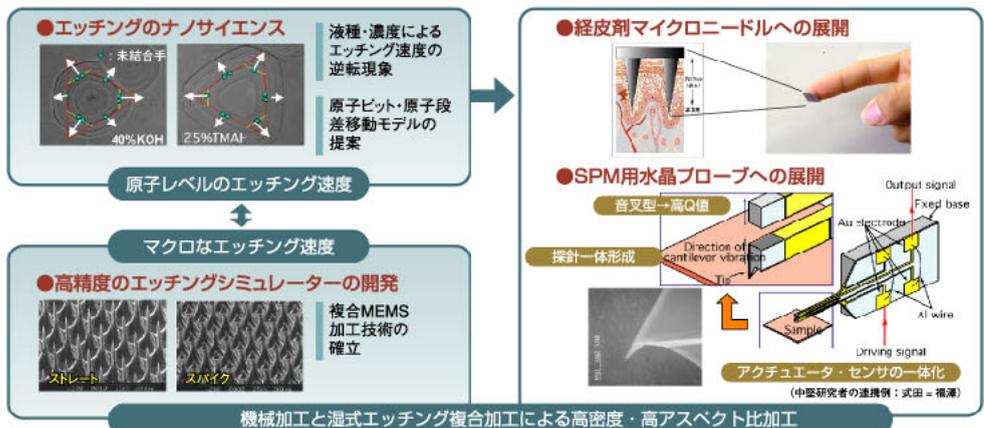
マイクロ・ナノ構造体の最適設計・健全性保証

●気体分子と固体分子の相互作用の定量化 (新美)



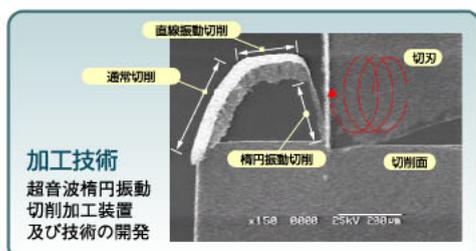
マイクロ・ナノデバイス周りの流れ場では、代表長さが小さいために分子間衝突頻度の低下による非平衡現象が発生し、気体分子と界面との衝突が支配的になります。ここでは、共鳴多光子イオン化法 (REMPI) を確立し、窒素の超音速自由分子流における回転エネルギー分布のボルツマン分布からのずれを明らかにするとともに、分子線装置にREMPI法を組み込み、気体分子と固体表面の相互作用、例えば衝突時に交換される運動量やエネルギーなどを計測する研究を推進しています。

●シリコンMEMSの加工技術の新展開 (佐藤・式田)



液種・濃度によるエッチング速度の逆転現象を発見して、原子レベルのエッチング現象とエッチング加工速度を関連付けることに成功し、高精度のエッチングシミュレータを開発しました。これに基づいて、機械加工と湿式エッチング複合加工による高密度・高アスペクト比加工を実現しました。さらに、これらの技術の応用として、経皮剤マイクロニードルへの展開、SPM用の水晶プローブへの展開を進めています。

●楕円振動切削による高硬度材の超精密微細加工 (社本)



【楕円振動切削加工法】 工具に楕円振動を与える革新的手法
高硬度材料 (焼入れ鋼、ガラス、超硬、W合金等) の超精密微細加工 (粗さがnmオーダー) を実現

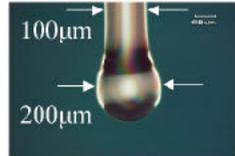
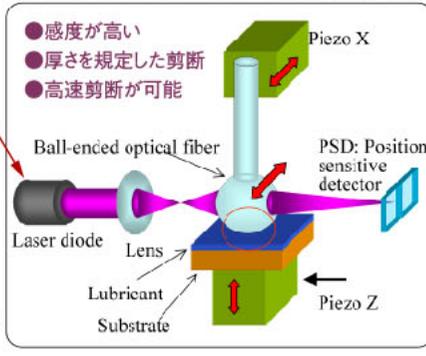
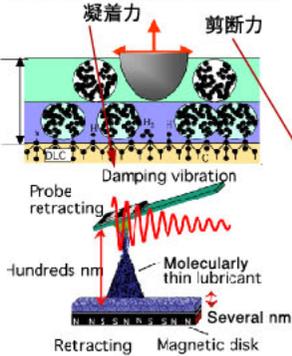


刃先に微小な楕円振動を与えながら、切削加工を行う新しい精密加工技術 (楕円振動切削加工法) を開発しました。さらに、これを応用して従来技術では困難であった各種高硬度材の超精密微細加工に挑戦しています。たとえば、電子光学分野では、光導波路やホログラム光学素子などの超精密微細構造をもつガラス素子の量産製造法の開発が、大きな課題でしたが、楕円振動切削法により、ガラス素子成形用のタンガステン合金製金型の超精密微細加工に世界で初めて成功しました。

● ナノ分子膜の力学特性の超高感度測定 (三矢・福澤)



● 分子潤滑膜の動的挙動の解明 (マクロマシン・磁気ディスクの安定動作)



溶融法で作成→面精度が高い
面粗さ $R_a=0.12 \text{ nm}$
 $R_{ms}=0.34 \text{ nm}$

変位分解能: 0.01 nm
力分解能: 0.2 nN
(プローブばね定数: 約20 N/m)

マイクロマシンや磁気ディスクでは、分子層厚さの薄い潤滑膜によって、実用上十分な信頼性・耐久性を得るために、分子潤滑膜の動特性を解明することが重要な課題になっています。先端に微小なガラスボールを固定した光ファイバを用いて、これを分子膜上で加振し、その伝達関数から動特性を測定する方法を開発しました。変位を検出するために、ガラスボールをレンズとして利用し、変位分解能が0.01nmすなわち水素分子の1/10という驚異的な高分解能を実現しています。

ナノダイナミクス計測 革新的な方法を開発しナノ分子薄膜の力学特性の超高感度測定を実現

● 微小操作技術とバイオ応用 (福田・新井)



1. 液体中(閉空間)での微小物体操作

レーザーマイクロビュレーションによる軌道制御と間接レーザーマイクロビュレーション

- レーザービュレーションの走査
- レーザービュレーションの切り替え
- 複数対象物の軌道制御と安定性解析
- マイクロナノ粒子の安定操作

Synchronized Laser Micromanipulation

間接操作による姿勢制御

2. 機能性マイクロツールの作成と利用

レーザー照射による熱ゲルマイクロツールのその場形成

熱ゲルマイクロツールによる間接操作

優位性: 安全性・操作性の向上

3. 局所限定空間形成とオンチップ細胞反応解析

- 垂直半透膜のその場形成
- 単一細胞操作・分離
- マイクロリアクター
- オンチップ細胞培養
- その他応用(遺伝子解析など)

微小な反応室をその場で作製してこの内部で細胞操作を行う新規な手法を開発

マイクロナノサイズの微小物体を操作する技術と、それをタンパク質や細胞などのバイオ操作に応用する研究を進めています。微小物体の操作方法として、レーザービュレーションを応用し、一本のレーザーの走査と切り替えにより、複数の微小なビーズを同時に操作し、細胞の移動や回転を制御する技術を開発しました。また、細胞を痛めることなく操作する技術として、溶液のゾルゲルの変化を利用する方法、および顕微鏡の視野内で微小な反応室を作成して細胞操作を行う新しい方法の開発を進めています。

● 光駆動による細胞ナノ手術ロボットとバイオ化学ICチップ (生田)



光駆動ナノビュレータの提案実証

液中駆動可能、細胞操作を実証
全長10ミクロン:3自由度

深部臓器の微細手術用マイクロフィンガー

内視鏡内のワーキングチャネルを利用した双腕遠隔微細手術

レーザー光で遠隔駆動する新原理ナノマシンを、独自の高速ナノ光造形法を用いて試作し、顕微鏡下の溶液中で遠隔駆動制御を実証して、細胞や細胞内のナノ手術が実現されつつあります。さらに、直径3mmの遠隔微細手術ロボット「マイクロフィンガー」は、深部臓器の微細手術を可能にし、また、内視鏡内に通せるため、新発想の低侵襲治療を開拓できます。これまで開発した化学ICチップは20種を超え、GFPなどの無細胞蛋白合成や、オールインワンの正化学分析デバイスに進化しています。

汎用・無細胞蛋白合成用化学チップ

ポンプと検出系を内蔵したトータル合成系
多種類の蛋白を遺伝子から直接合成に成功

生分解マイクロデバイスの製造法

ポリ乳酸製屈曲パイプ: 細胞毒性がないことを確認した

●教育と若手育成プログラム

若手研究者の育成の取り組み

教育の充実と若手研究者の育成は本拠点の重点施策です。本拠点では、研究費の1/2を若手研究者の育成に使用しています。工学研究科で採用しているユニークな π 型教育システムの理念に基づいて、1.広い視野と見識、2.独創性と向上心、3.国際性と発表能力、などを涵養するために、三つの基幹プログラムを遂行しています。

すなわち、1に対してCOE研究員として雇用、2に対して若手研究プロジェクト、3に対しては国内外への派遣です。年々、参加学生数が大幅に増加しており、効果が浸透しています。

とくに、若手プロジェクトの応募が倍増しており、また博士後期課程進学者が増加しています。

若手研究者育成プログラム (研究費の1/2を充当)

《理念》 π 型教育システム

- 1 広い視野と見識
- 2 独創性と向上心
- 3 国際性と発表能力



若手研究者の育成見通し

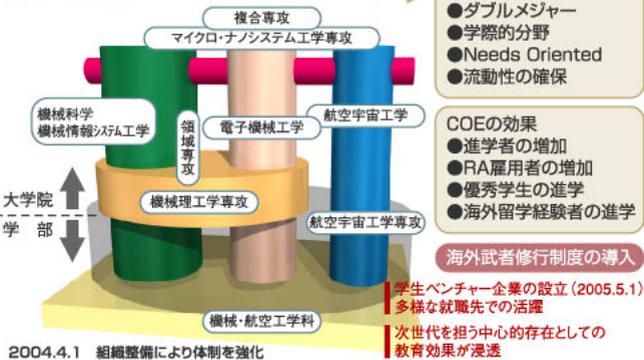
名古屋大学では、ユニークな流動型大学院システムを採用しています。これは教育的には、ダブルメジャーに対応するもので、 π の字型の構造が π 型教育システムの由縁となっています。

特長はダブルメジャーの他に、学際的分野、Needs Oriented、流動性の確保にあります。本COEの中核となる専攻が、マイクロ・ナノシステム工学専攻であり、この教育システムを実践的に推進しています。

さらに、海外武者修行制度を導入して、国際性の涵養を積極的に支援しています。学生ベンチャー企業の実立、多様な就職先での活躍など、次世代を担う中心的存在としての教育効果が浸透し始めています。

若手研究者の育成見通し

流動型大学院システム (π 型教育システム)



●学術的意義と応用面の貢献

学術的意義

マイクロナノメカトロニクス基盤技術の体系化

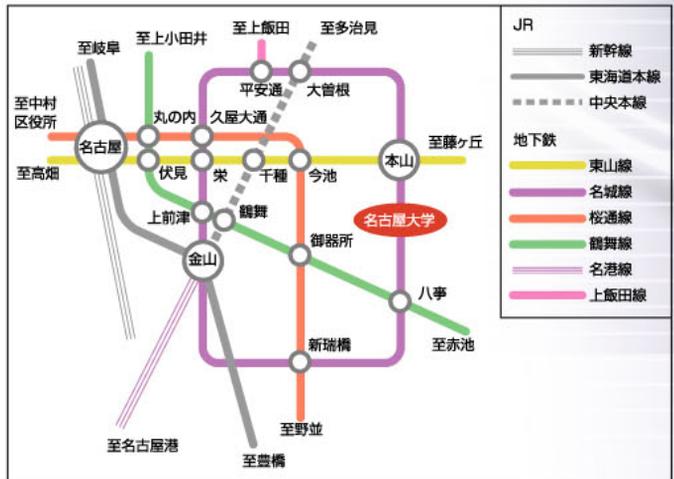
- マイクロナノ理工学の探究
- メカトロニクス基盤技術として融合
マイクロナノ領域の加工・制御・計測・運動
- 情報社会のインフラとなるシステム化技術の開発

応用面の貢献

高度情報社会の進展を担う

- 情報機械システム
(高速大容量の情報ストレージ・高速高精細の画像装置の提供)
- 情報機能化ロボットシステム
(生活支援ロボット・メディカルロボット・福祉ロボットの開発)
- 生命情報医療システム
(個人別治療・個人別薬品・再生医療・人工臓器の開発)

ネットワークを介した物理空間と情報空間の共有、ユビキタス社会の進展に貢献



《名古屋大学へのご案内》
 地下鉄東山線の場合「本山」駅下車 名城線(右回り)乗り換え「名古屋大学」駅下車
 地下鉄鶴舞線の場合「八事」駅下車 名城線(左回り)乗り換え「名古屋大学」駅下車



〒464-8603
 名古屋市千種区不老町
 名古屋大学大学院工学研究科 マイクロナノCOE推進室
 (工学部2号館渡り3階341号室)
 TEL/FAX : 052-788-6041
 E-mail : coe_office@nuem.nagoya-u.ac.jp

