

早稲田大学 ナノ理工学研究機構 客員教授  
(ASMeW ナノ・IT 医療ドメイン コアメンバー)  
工学博士 福島 敏高

早稲田大学高等研究所 准教授  
(ASMeW 事務局副幹事、ナノ・IT 医療ドメイン コアメンバー)  
工学博士・経営学修士 品田 賢宏

### 1. 研究機構の概要

一昨年(2007年)創立125周年を迎え、学部数13、大学院数23を有する早稲田大学では、文部科学省科2004年度学技術振興調整費「戦略的研究拠点育成プログラム(スーパーCOEプログラム)」に「先端科学と健康医療の融合拠点の形成」が採択され、それを機に先端科学・健康医療融合機構(ASMeW\*)を発足させた。



<大隈侯銅像より大隈講堂を望む>

機構では、理系・文系の学部・大学院がこれまでの医療分野に関する学術的な蓄積をもとに一体となって研究開発を進めるとともに、学外の東京女子医科大学、東京農工大学、静岡県立静岡がんセンター、東京大学医科学研究所、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構、ハーバードメディカルスクール、ボン大学といった医学系大学・研究機関等とも連携して、(1)健康・医療分野での先導的な研究開発、(2)高度な研究人材の育成という2つの課題に取り組んでいる。総研究費用は本年3月までの5年間で約40億円。

組織的には、(1)機構の中核となる「生命医療工学インスティテュート」、(2)クリーンルーム、生化学実験室、インキュベーション室などを有する「スーパー・オープンラボ」、(3)成果の事業化、産学官連携の推進、内外の研究教育機関との連携支援を行う「戦略マネジメントセン

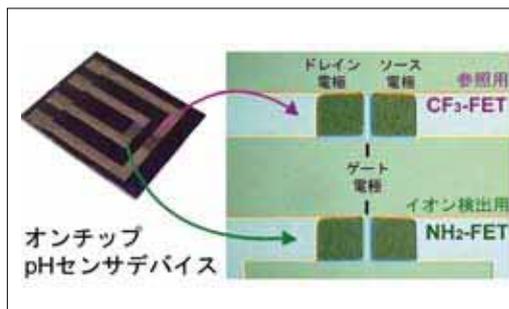
ター」といった3つの組織からなる。スーパー・オープンラボでは、ナノ加工、計測評価、バイオスキルなど研究推進のためにナノ・バイオ系の計測機器としてFE-SEMをはじめとした顕微鏡類、サーマルサイクラー、分光光度計、表面プラズモン共鳴光導波路分光装置、ゼータ電位測定装置等が、また試料保存するためのフリーザ、生体切片試料作成用のマイクロームなどの装置が整備されている。

生命医療工学インスティテュートは、(1)ナノ・IT医療、(2)医療ロボティクス、(3)医療計測、(4)分子医療、(5)機能再生医療、(6)健康医療、(7)バイオインフォマティクス、(8)臨床医療といった8つの研究ドメインから構成され、理工やスポーツ科学、人間科学を中心に学部を超えた教員、若手研究者、海外からの招聘教員、学外の大学・研究機関からの教員等200名近くが参画している。

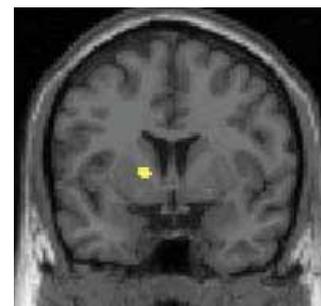
- (1) ナノ・IT 医療ドメインでは、10nmの微細加工技術により医薬品開発、医療機器の小型化、予防医学への応用といった基盤技術の研究開発
- (2) 医療ロボティクスドメインでは、内視鏡による低侵襲手術ロボット、体内空間確保技術、血液循環系の機械式シミュレータやヒューマノイド・ロボット、各種医療支援ロボットの研究開発
- (3) 医療計測ドメインでは、タンパク質、DNAなどの生体物質、医薬品などの有機物質や、生体代替材料として用いられる有機/無機物質などの計測・分析技術、材料の研究開発
- (4) 分子医療ドメインでは、分子設計による創薬研究、制癌剤・抗癌剤の開発短縮、高機能の酸素輸送フィルムの研究開発
- (5) 機能再生医療ドメインでは、生体機能の再生や代替を目指した機能再生、タンパク質や細胞の機能・構造・システムの解析、生体分子・細胞・機能性材料を組み合わせた構造体の構築研究
- (6) 健康医療ドメインでは、健康増進、生活の質(QOL)の向上、疾患の一次予防を目指した健康医療の確立
- (7) バイオインフォマティクスドメインでは、並列分



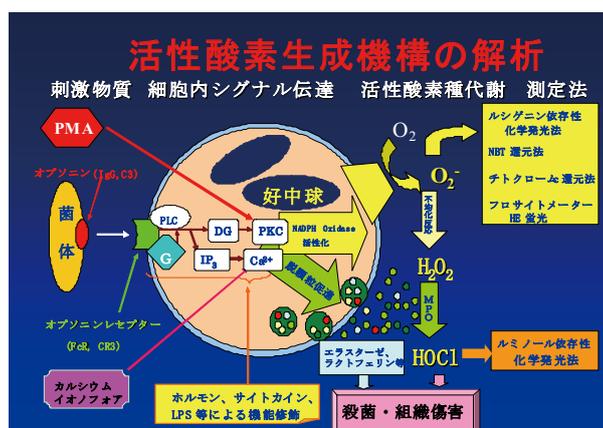
「生活空間刺激ロボット」の開発



医療計測用オンチップ型センサー



身体運動が脳と心に及ぼす効果解明



生体ストレス反応の解析



ポータブル開閉口訓練ロボット



超低価格人工心臓の  
実用化研究



空間確保マニピュレータシステム

新規ハロゲン代替高純2,5-Thiazoleの開発



新規ステロイド骨格高純の効率的合成法の開発



有用物質の実践的合成

散コンピューティングによるバイオインフォマティクス計算の高速化、センサマイニング等生命化学と情報科学・工学を融合させた研究

(8) 臨床医療ドメインでは、臨床現場における疾病の診断・治療・予防に関する問題解決のための研究・開発

等の研究・開発が行われている。

戦略的研究拠点育成プログラムに採択されている「先端科学と健康医療の融合拠点の形成」に対する文部科学省の中間評価(2007年)では評価全項目でAを取得し、「優れ

た成果が期待できる組織運営構想であり、計画を継続すべきである」との総評を得ており、現在、最終評価を受けているところである。また生活支援ロボットの実践的開発研究では、平成21年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰を受賞している。

## 2. 半導体技術の健康医療への応用

半導体技術の応用例として、品田が研究開発を進めている不純物ドーピング技術がある。純粋シリコンはほぼ絶縁体に近く、極微量のドーパント原子を加えることで、例えば、



< 2009年3月13日研究・評価報告会の後で >  
 前列右から2人目(福島) 2列目右から5人目(品田)

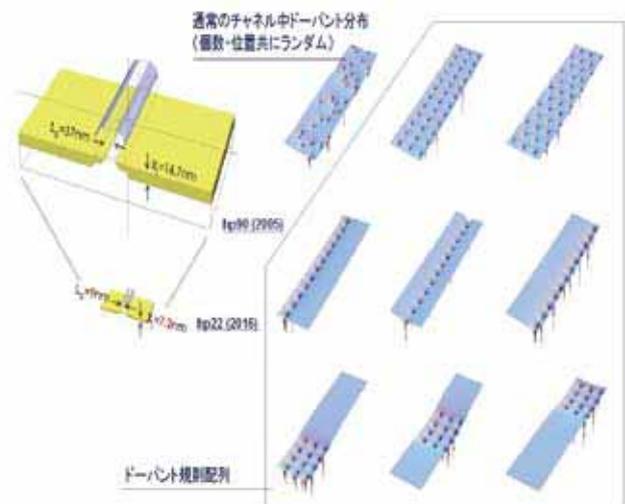
1000万個のシリコン原子に僅か1個のリン原子を入れるだけで電気伝導率は10万倍にもなり、意図的にドーパント原子を添加することによって、実に9桁に渡り電気伝導度を制御できる。しかし hp22nm 以降の技術世代では、不純物原子の離散性と"ランダムドーパントゆらぎ"問題が顕在化し、不純物原子の原子数および位置を原子1個単位で制御する必要が生じてくる。

2005年10月20日付の英科学誌 Nature に掲載され、同週のハイライトとして取り上げられたイオン注入法では、イオン1個ずつを数10nmの精度で注入し、個数に加え位置も制御することによりドーパント原子の規則的配列を可能とした。これによりドーパント原子の統計的ゆらぎに起因する半導体デバイス特性のバラツキが格段に抑えられることが実証された。当該研究に対しては、1982年に当時のSIA(米半導体工業会)の会長であった Robert Noyce によって設立されたSRC(セミコンダクター・リサーチ・コーポレーション: 半導体・関連技術の産学研連携)より研究ファンドが与えられており、理想的なドーパント分布の発見、既存のCMOSテクノロジーの限界、あるいは性能指標となるデバイスの創造等が期待されている。研究成果は本年9月のSRC主催の国際会議で発表する予定である。なお参考として、SRCのファンディングは2000年より米国外の大学にも拡大されている。

しかしムーアの法則に沿って3年で4倍の集積化を図っている実際のデバイスに対して原子1個ずつをイオン注入する方法は、生産技術として非現実的である。そのため品田の研究室では、理想的な不純物構造の創出とナノデバイスに最適な設計指針の策定を目標に、ドーパント原子によるゆらぎが少ない構造、ゆらぎによるデバイス特性への影響の定量的な把握、デバイス特性制御を不純物ドーピング

に依存すべきか否かといった次世代のデバイス設計に不可避な課題に取り組んでいる。

健康医療へのドーピング技術の応用では、先験的な治療法として細胞へのAuナノ粒子のドーピングを試みている。筋芽細胞へのAuイオンの注入により細胞の化学エネルギーであるアデノシン三リン酸(ATP)が増加し、細胞の活性化が確認された。現在、Be、B、Si、P、Mn、Ni、Cu、Ga、Ge、As、Pd、In、Sb、Pt、Auといった原子1個ずつのイオン注入が可能であり、今後は治療に有効な元素の発見や個数制御の技術により、細胞機能修飾技術を確立し、定量的な新手法として生体機能の解明や広くライフサイエンスエンジニアリングの発展を目標に研究を進めている。



< ドーパントの規則配列 >



左から3人目(品田)

## &lt; 釧路市での電子工作教室 &gt;

**3. 将来の研究者の育成**

機構では、科学技術に対する理解・関心を高めるため、(1)特に、子供たちの科学技術に対する興味を喚起する、(2)研究者からの科学技術情報の発信、地域社会への貢献等を目的として、「科学技術理解増進活動」を推進している。

例えば子供教室としては、「ロボカメを作ってみよう」、「先端ポリマー材料をつくってみよう」、「心臓なんでも教室へようこそ」、「酸素を目で見よう」、「植物色素をつかった地球にやさしい太陽電池」、「分子レベルでの動きをシミュレーションで確認しよう」、「マイクロ流路を見てみよう!」といったテーマで、科学現象を分かりやすく説明したりしている。もともと子供たちは自然科学が好きなようだ。反応は上々で、お兄さん、お姉さんに当たる大学生や院生に対する評判もすこぶる良い。ハンディキャップをもった子供が一番に完成させた電子工作教室もある。

また、次代の研究リーダーとなる人材の育成にも力を入れている。「STO = スーパー・テクノロジー・オフィサー」という、若手研究者育成プログラムである。具体的には、

理工系博士を対象に経営大学院での MBA (経営学修士) の取得を課し、専門的学識・経験に加えて、独創的融合研究の牽引、コミュニケーション力、ネットワーク力、ネゴシエーション力、行動力向上のための実践的演習を行ない、技術経営の素養と産学連携や国際研究の大型プロジェクトを牽引していける人材を育成しようとする独自のプログラムである。現在12名の STO が誕生している。

**最後に**

バイオサイエンス分野や医工連携による新領域の展開を目指し、早稲田大学では2008年3月に、東京女子医科大学との連携施設である「東京女子医科大学・早稲田大学連携先端生命医科学研究教育施設」に「先端生命医科学センター」を設立した。国内外の優れた研究者を集め、国際的に卓越した研究教育拠点としての充実を図っている。

注1) ASMeW\* : Consolidated Research Institute for Advanced Science and Medical Care, Waseda University (通称「アスミュー」または「明日見ゆ」と呼ばれている)

注2) 図および写真は ASMeW ウェブページもしくはパンフレットより抜粋