

医学部生命科学科

次世代型生命科学者の養成を目指して

基礎放射線医学分野・教授

績 輝 久

臨床神経生理学分野・教授

飛 松 省 三

はじめに

「生命の世紀」と言われる21世紀では、ヒトゲノムのDNA情報を基盤としたゲノム医科学のさらなる発展が期待される一方、ポストゲノム科学を始めとする先端生命科学研究の領域においては、バイオインフォマティクス、システム生物学を駆使した広範な研究が爆発的な展開をみせることが予想されている。また、再生医療やナノテクノロジーを基盤とした診断・治療法、先端医工学（Bionic Medicine）を支えるロボティクス関連技術や生体工学等は急速に展開している。従って、この新領域に挑戦的に参画するためには、人を対象とする医学の知識に加えて、生命現象に関する分子レベルの理解や情報処理能力が不可欠であり、情報科学や工学領域との融合に機動性をもった的確かつ柔軟に対処できる人材育成の社会的必要性は極めて高い。

近年、「良き臨床医」の養成が叫ばれ、若手医師の専門医志向が強まる中で、平成16年度からの卒後臨床研修必須化とそれに伴う臨床修練を重視する卒前・卒後研修カリキュラム導入により、医学部医学科の学生にさらなる先進分野の専門知識や情報処理に関する高度な教育を付加する余裕が無い状況に陥っており、将来の基礎医学の研究と教育を支える人材の養成は急務となっている。平成13年3月に訂定された「科学技術基本計画」のライフサイエンス分野における戦略的重点課題の中には、(1) プロテオミクス、タンパク質の立体構造や疾患関連（原因）遺伝子や薬物応答性遺伝子の解明、それらを基盤とした新薬の開発と個別化医療や機能性食品の開発へ向けたゲノム科学、(2) 移植・再生医療の高度化のための細胞生物学、(3) 脳機能の解明、脳の発達障害や老化の制御、神経疾患の克服、さらには脳・神経系における情報処理の原理を利用した情報処理・通信システム等の脳科学、等が掲げられている。これら3つの重点課題に加えて、九州大学が生命医科学分野でこれまでに推進してきたグローバル化社会において新たな脅威となっている感染症に対する予防・治療の研究や様々な環境ストレスに対する防御機構の解明に関する研究、医学・工学の連携による先端医工学領域の研究に焦点をあて、効率的かつ戦略的に組織化・再編成しつつ、未来を切開く質の高い基礎研究・応用研究を展開し担っていく若手人材の育成を目的として、平成19年4月に医学部に生命科学科が設置された。以下に、医学部生命科学科設置に至る経緯並びに教育の特徴等の概略を紹介し、医学部同窓会会員各位のご理解並びに今後の生命科学科に対するご支援をお願いしたい。なお、生命科学科に関する詳細な情報は九州大学医学部のウェブサイト（<http://www.med.kyushu-u.ac.jp/>）のトップページで「医学部案内」のバナーの下にある「医学部生命科学科」をクリックしていただくと、簡単に最新の情報が閲覧できるようになっている。

なぜ設置しなければならなかったのか

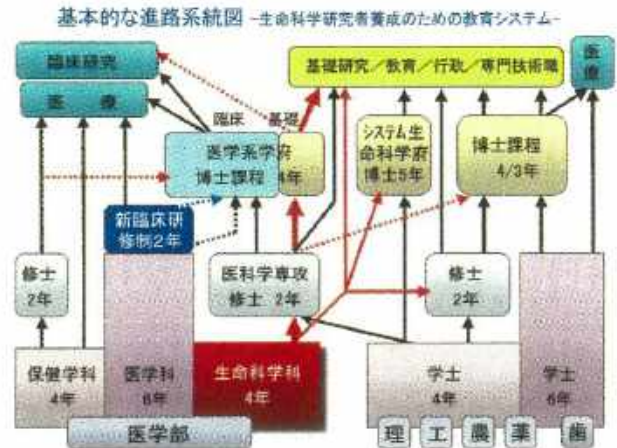
健康で幸福な人々の営みには、医学・医療の発展が不可欠であり、生命現象や疾病の成因を明らかにする生命医科学研究と、そこから得られた知識を実際に応用する臨床医学・健康医科学研究（予防、診断、治療）は、共に両輪となって推進される必要がある。近年の先駆的な生命医科学研究は、ライフサイエンスやバイオテクノロジー等の関連領域の爆発的発展の恩恵を受けながら進展してきている。そのような背景を踏まえ、生命医科学研究には医学部出身者だけでなく、様々な他分野の研究者の参画が求められ、九州大学では平成15年度より大学院医学系学府に医科学専攻修士課程を設置して、医

学部医学科以外の学部出身者で医学研究・生命医科学研究に興味を持つ学生に対して基本的な医学知識を教育し、将来、医学関連の分野で活躍できる研究者・技術者を育成する取組みを始めている[図1]。このような人材育成は今後も社会の要請に則した形で推進していく必要があるが、人間科学としての生命医科学の視点に立った人材育成には、これら他の学問分野からの参入者によるという一方向性の取組みだけで十分ということにはならない。

従来の医学部（医学科）教育は、解剖学、生理学、病理学、社会医学、臨床医学など他の学部にはない科目を中核に、人間を対象として時間をかけて体系的、網羅的に学ぶことに特徴がある。このような教育を受けた医学部（医学科）出身者は、同じ研究をするにしても、他の学部出身者にはない人間科学としての生命医科学全体を見渡す広い視野を持ち、そのような視点から問題設定を行うことができると考えられる。実際、その重要性が益々高まってきている生命医科学研究と医療の橋渡しとしてのトランスレーショナル・リサーチ（探索医療研究）においても重要な役割を担うことが期待されている。現行の学士6年課程の医学教育の目的の第一は、「医師養成」であり、行政等の機構で予防医学・医療行政に取組む者、教育機関等で医学各領域の教育・研究を担う者を含めた少数の例外を除いては、先ずは「医師(physician)」になることが前提となっている。平成13年3月に公表された「医学教育モデル・コア・カリキュラム」には、「優れた良医の育成」を第一目的として、より質の高い臨床能力の育成に重点が置かれた統合的なカリキュラムが提案され、九州大学医学部でも医学科の教育はこの提案に対応している。さらに、平成16年度からの卒後臨床研修必須化により、若手医師の専門医志向がますます顕著となり、医学部卒業者が医科学者(physician scientist)あるいは科学者(scientist)として基礎生命医学分野で活躍することを期待しにくい状況になってきた。特色ある教育を行う医学部として、とりわけ大学院重点化された九州大学においては、未来の生命医科学研究を発展させる人材を恒常的に育成するという大きな社会的な使命と存在意義を真摯に受け止めなければならない。

近年、異なる分野間の融合や新たな科学技術の発展により、新しい学問領域が相次いで出現している。生命科学（ライフサイエンス）分野においても、バイオインフォマティクス、システム生物学、ナノバイオロジー、生体工学を含む先端医工学等の新領域の展開がみられている。これら分野における先駆的な研究の推進には、これまでの医学部教育で行われてきた医学・医療に関する総合的な知識に加えて、生命医科学関連の専門的な理解や情報処理能力が不可欠であり、情報科学や工学領域との融合に的確かつ柔軟に対処できる能力が求められている。一方で近年の臨床修練を重

(図1)



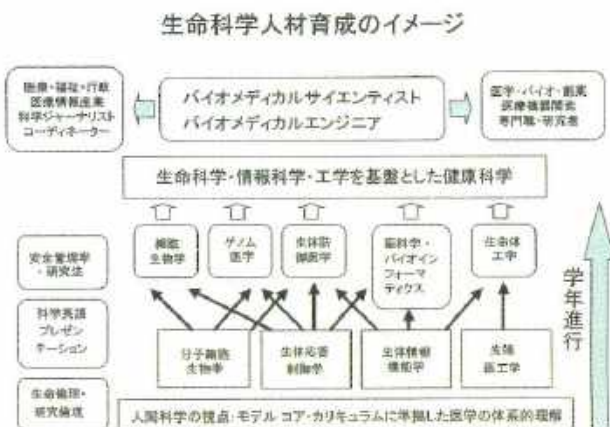
視する膨大な卒前・卒後研修カリキュラムを要求されている医学部医学科の学生に対して、さらなる先進分野の専門知識や情報処理に関する高度な教育を付加する余裕は無い。このような状況を踏まえ、臨床実地経験は有しないものの、医学部医学科の学生と同程度の医学全般に対する理解を共有できるカリキュラムを新たに設定することにより、人間を対象とした次世代の生命医科学領域の展開を担う新しいタイプの研究者（バイオメディカル・サイエンティスト、バイオメディカル・エンジニア：Biomedical Scientist / Engineer）を養成し、これを様々な生命科学関連分野へ人間科学という幅広い視点を有する人材として積極的に輩出するために設置した医学部生命科学科の果たすべき役割は極めて大きいと考えられる。

生命科学科の目指すもの

生命科学科では、21世紀における人類の健康への貢献を標榜し、医学に関する基礎的な知識と次世代生命医科学領域を切り開くために必要な基礎知識並びに課題探求能力を身につけて、将来的にこの分野で国際的にも広く活躍できる新しい人材を育成することを目的とし、(1) 幅広い知識を生かした高度な専門的能力を備えた人材、(2) 生命医科学に関わる専門職として発展性のある人材、(3) 課題探求・問題解決能力を備えた人材、(4) 生命医科学分野でリーダーシップを発揮できる人材、の育成を目標に掲げた。これらを達成するために、基礎・臨床の教員から幅広くアドバイスを求め、独自のカリキュラムを構築した。その概略は以下の通りである。医学教育コア・カリキュラムに沿った基盤教育を行なうとともに、生命医科学分野に特徴的な柱となる分子細胞生物学、生体応答制御学（ゲノム医学を含む）、生体情報機能学、先端医工学等に重点を置いた複数のコース設定を行い指導する。それぞれのコースを修了した学生は、医薬関連、バイオ関連、生体工学関連等の様々な企業の専門技術者、さらには医療や福祉関連分野の科学ジャーナリスト・科学評論家や行政における専門職業人・コーディネーターとして国際的にも幅広く活躍することが期待される [図2]。さらに、その後の様々な経験や研鑽を積むことで、より高度な専門知識を修得し、企業等における高度専門技術者や大学・研究機関の教員・研究者のように指導的立場で活躍することができ、そのために卒業後は原則として大学院に進学することを想定している [図1]。大学院進学に当たっては必ずしも生命医科学分野には限定せず、人々の幸福を目標とした人間科学としての生命医科学に関する知識・素養が有用と考えられるバイオテクノロジーを基盤とする薬学や生命体工学等も含む幅広いライフサイエンス分野をも想定している。

学部および大学院研究を担う九州大学医学研究院の研究戦略目標の一つは、高度生命科学研究拠点の形成であり、その戦略に則した人材を養成するための高度な融合教育を行うのが生命科学科の特色であり使命である。すなわち、医学教育のコア部分の教育により人を対象とした人間科学としての医学の基本を学び、しっかりとした生命倫理・研究倫理観を有する学生を養成する。また、医学科と生命科学科の学生との間では共通授業で交流を図り、互いに啓発しながら将来に渡る人間関係を築くことを促進する。このことは、教育課程の特殊性から他の分野との交流が限られていた医学科の学生教育にとっても、多様な分野を志向する学生との交流を促進し、多角的な視点で物事に

(図2)



取組む態度を学生時代の早期から築きあげる効果大きい。このような学習環境の設定は、医学科学生の中で、将来、臨床医学研究において指導的な立場で活躍する医科学者（physician scientist）並びに基礎生命科学研究者（scientist）を志す者の育成にもつながる。従って、今年度から始まった医学科学生のための新「MD-PhDコース」を選択する若者へのポジティブな効果が期待される。

特色ある教育課程

生命科学科の教育は、基本的に最初の3年間に全学共通教育（一般教養）と医学科との共通科目の専門教育を行なう。本学の医学部医学科では、最初の3年半で、全学共通教育と専門教育の基礎医学や臨床医学概説の講義を行ない、その後は、主にベッドサイドでの臨床実地訓練を行っている。ただし、生命科学科の専門教育では、医学科と共通の基礎医学に加え、2学年の後半から始まる情報処理学、安全管理学等に加え、新たに再編成した臨床医学系概論の病態制御学Ⅰ～Ⅴ他、将来の関連分野の専門職に求められる能力を身につけることを目標に、コース特徴的な科目をくさび形で、履修できるように編成する。さらにバイオインフォマティクス等を含む医科学研究法にも重点を置き、医学英語教育を重視したカリキュラムを構成する。特に、医学英語教育は国際的に活躍できる人材を養成するために重視しており、科学論文の読解だけでなく、会話や学術講演を理解するためのコミュニケーション能力についても基礎的な教育を行う。最終学年の半年間は、研究室に配属して実際の生命医学研究を体験させることを通して、問題の設定から解決へ向けた戦略の立案、得られたデータの分析と考察、という基本的な素養を指導する。このようなカリキュラム編成により、基本的な医学知識を修得させるとともに、学生の興味と各人の将来の目標に応じて、生命科学科に特徴的な4つの高年次コース（分子細胞生物学、生体応答制御学、生体情報機能学、先端医工学）に設定された選択科目から学習メニューを個別に作成させ、人を対象とした視点を有する専門職として自立・活躍するために必要な基礎的能力・態度を身につけさせることができる〔図3〕。ただし、各コースの入門部分は、生命科学シリーズの科目として全員が第2学年後半から学習を開始する。教育の様々な局面で基礎医学系若手教員並びに博士課程学生によるティーチングアシスタント制、少人数チュートリアル制を活用すること、また、第4学年の夏期休暇期間（あるいは大学院進学後の適当な時期）を利用した選択科目としてのインターンシップ制（バイオ産業・創薬企業等への訪問、海外の大学・ベンチャー企業等への短期留学）の導入も視野に、現在パートナーを募集している段階である。このように、同じ医学部の学科であり

ながら、いわゆる「医師」という専門職の養成を目的とした学科ではないため、生命科学科の学士課程、さらには修士課程・博士課程の期間を通して、研究職・高度職業専門人としての人材の育成が主となる。多くの関連企業が求める人材像としては、人間を対象とした基礎的な医学教育を基盤に、バイオメディカル・サイエンティスト、バイオメディカル・エンジニアとして活躍できる幅広い生命科学領域の素養を有することであり、これとマッチしていると思われる。従って、4年後の卒業生あるいは10年後の大学院修了者を世に送り出す際の、育成した人材に対する評価には、私達自身大きな責任があると認識している。

（図3）

生命科学科独自の高年次履修内容

- 分子細胞生物学 コース
分子細胞生物学：プロテオミクス（構造生物学）、分子生命科学（細胞構築・制御）、発生再生医学、分子医学（遺伝子・細胞療法学）
 - 生体応答制御学 コース
生体防御医学：ウイルス学、細菌学、寄生虫学、免疫学、薬理学、衛生学、ゲノム医学、分子疫学（遺伝疫学）
 - 生体情報機能学 コース
生体情報科学：バイオインフォマティクス（情報生物学）、脳・神経機能情報学（含むデジタルメディシン）、神経工学
 - 先端医工学 コース
生命体工学：ナノバイオメディシン、生体材料工学（生体高分子設計学）、生体医用工学（組織工学、再生医療学）、生体シミュレーション学（含むデジタルペイシェント）、バイオロボティクス
- 生命科学研究法（各コースの研究技法、プレゼンテーション技法）
科学英語（科学論文読解、科学講演聴解）
生命倫理・研究倫理、情報処理学（含む医用統計学）、安全管理学

生命科学科の教育と関連したプロジェクト研究の紹介

前記の生命科学科のコース分けと対応する医学研究院内でのプロジェクト研究のいくつかを、新設学科の説明会で使用したスライドや、各プロジェクトの代表の方から寄せられた資料を基にして、以下に簡単に紹介する。ただ、先端医工学コースは医学部の学士課程教育としてはきわめてユニークであることから、少し詳しく取り上げてみた。

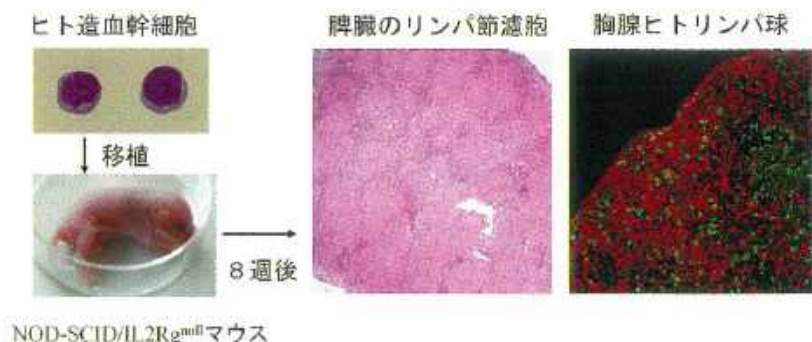
分子細胞生物学コースにおいては、20世紀後半の華々しい発展の成果として今後の研究の展開に大いに期待が寄せられている遺伝子・細胞治療や再生医療を含む、次世代の先端・先進医療研究を支える人材の育成を目指す教育プログラムが準備されている。ここでは、特徴的なプロジェクトとして「幹細胞学に基づいた新しい生体解析システムの確立」を紹介することにする。

生体は、様々な種類の細胞により構成されているが、これらの細胞はすべて1個の受精卵から分化・発生してきたものである。この発生の過程を分子レベルで理解し、個体を作り出すための分化プログラムを研究するのが「幹細胞学」であり、最終的に再生医療の実現を目指している。生体内には臓器別に各種の幹細胞システムが存在し、各々の幹細胞群は自己複製と多系統への分化能力を有し、生体の恒常性を維持していると考えられている。中でも造血系の幹細胞システムは、最も研究が進んだ分野である。造血幹細胞およびその下流にある各種前駆細胞群はすでに純化されており、その細胞1個を取り出して恒常性維持機構を詳細に解析することが可能となっている。九州大学病院細胞療法部の赤司浩一教授らのグループは、マルチカラーフローサイトメトリー（蛍光励起細胞分離装置）の技術を用いて、リンパ球系や骨髄系の前駆細胞をマウス骨髄中に世界に先駆けて同定し、これらの細胞群を用いて樹状細胞等の様々な造血細胞の分化経路を明らかにしてきた。さらにこれらの細胞を詳細に解析することにより、(1) 造血幹細胞はいかにして自己複製をコントロールしているのか、(2) 多系統への分化能力はどのように維持されているのか、(3) 分化決定の後も他の系統へ系統転換する可塑性を維持することができるのか、という従来からの疑問に対する急速な理解に貢献している。また、ヒトの造血幹細胞システムは主として実験室内での培養により研究が進められてきているが、赤司教授らはヒトの造血をマウスの中で再現する手段として、IL-2R α 鎖の細胞外、内ドメインの全てを欠損したIL2R α^{null} マウスとNOD-SCIDマウスを掛け合わせることで、新しい免疫不全マウスシステムを確立した。この免疫不全マウスにヒト造血幹細胞を移植すると、拒絶が全く起こらず、すべての造血・免疫系の細胞が再構築され、さらにこのマウスの中では正常の機能を有するヒトT細胞およびヒトB細胞が再構築されるという特徴を持つ。この遺伝子操作によるヒト化マウス（ヒューマナイズドマウスシステム）はヒトの正常造血の過程をマウスの中で再現することができる

貴重な実験系として、さまざまな分野で活用されている。図4にヒューマナイズドマウスにおけるヒトリンパ組織の構築例を示している。ヒト造血幹細胞を純化し、NOD-SCID/IL2R α^{null} 新生仔マウスに移植した8週間後のリンパ組織を示している。脾臓やリンパ節にヒトのCD3陽性T細胞（緑）ヒトCD19陽性B細胞（赤）により構成

(図4)

ヒューマナイズドマウスにおけるヒトリンパ組織の構築



されるリンパ濾胞が構築されている。

生体応答制御学コース関連として、ウイルス学分野の柳雄介教授が取組んでいる「遺伝子改変マウスを用いた麻疹ウイルスの研究」はユニークなプロジェクトとして注目されている。

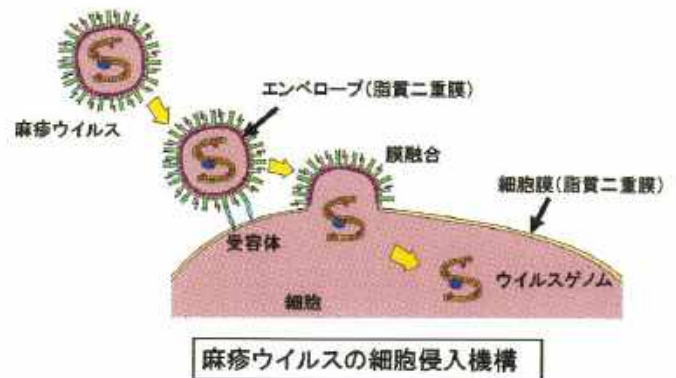
今春、首都圏の多くの大学で相次いだ休講騒ぎで注目されたが、麻疹は小児の代表的ウイルス感染症である。最近わが国ではワクチン未接種者や接種後の時間経過に伴う免疫の低下による成人の感染が問題になっている。麻疹ウイルスは、受容体に結合した後、ウイルスのエンベロープと標的細胞の細胞膜が融合することにより、ウイルスゲノムが細胞内に侵入してウイルス増殖が開始される。ウイルス学教室の研究により、麻疹ウイルスの受容体が免疫系の細胞に発現しているsignaling lymphocyte activation molecule (SLAM; CD150とも呼ばれる) という分子であることが明らかになった。この研究により、麻疹ウイルスが免疫系の細胞に感染することや、麻疹患者が免疫抑制を起こすことがうまく説明できるようになった [図5]。

麻疹ウイルスは、受容体をもつヒトとサルにしか感染できない。しかし、麻疹の病態を詳しく解析するためには、マウスのような使い易い小動物の感染モデルが不可欠である。ウイルス学分野ではマウスのSLAM遺伝子をヒトの遺伝子で置換した遺伝子改変マウス（ノックインマウス）を作出した。いわゆる遺伝子操作によるヒト化マウスである。このマウスは、ヒト型SLAMを免疫系の細胞に発現していた。このマウスに麻疹ウイルスを感染させると全身の免疫系組織でウイルスが増殖し、麻疹患者で見られるような免疫抑制も観察された。このように、受容体を発現する遺伝子改変マウスはヒトの感染をよく再現できる有用な動物モデルと考えられる。図6は、緑色蛍光蛋白を発現する組換え麻疹ウイルスを感染させたSLAMノックインマウスの脾臓およびリンパ節でウイルスが増殖していることを示している。生命科学科の学生には、ゲノム医学を基盤として、感染や薬物応答等の様々な環境ストレスに対する生体防御・生体制御系の理解を踏まえた先進的な研究への参画を期待している。

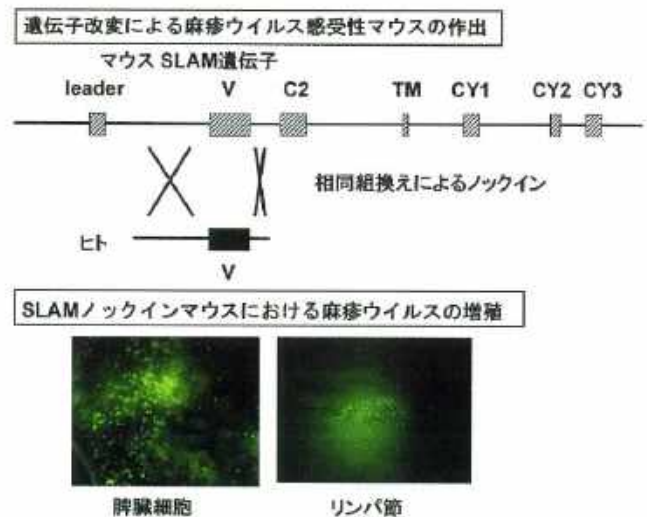
生体情報機能学コース関連として、臨床神経生理学分野の飛松省三教授らの「ヒトの脳機能研究」プロジェクトを簡単に紹介する。

ヒトの脳は他のほ乳類に比べて、ゲノムの差以上に大脳皮質の発達が著しい。したがって、脳を研究するにはネズミ、サルではなくて直接ヒトの脳機能を調べる必要がある [図7]。図8には、非侵襲的脳機能検査法の種類を示しているが、電磁気生理学的には脳波、誘発電位、脳磁図、脳機能

(図5)



(図6)



イメージングでは機能MRI、光トポグラフィーがよく使われている。ここ10年で、頭を開けずに脳を見る、測る、探る研究法がIT化とともに急速に進展している。脳機能研究には、脳活動の場所と時間的な流れを明らかにする必要がある。一般的に電磁気生理学的方法(脳波、誘発電位、脳磁図)は優れた時間分解能(msec)をもつが、空間分解能は脳磁図を除いて劣る。代表的な脳機能イメージング法の機能的MRIは、空間分解能は高い(mm)が、時間分解能が劣る(sec)。これらの検査法の短所と長所を熟知した上で、脳機能研究を行う必要がある [図9]。20世紀後半より「脳科学」の時代と言われて久しいが、新たに開発されたデバイスを駆使しながらのさらなる研究の展開に、生命科学出身者が大いに貢献することを期待している。

先端医工学コースは、医学部内の学士課程における教育としてはきわめてユニークなものとして学科設置当初から注目されている。米国の工学教育学会に代表される研究者集団に、医工学関連の共同研究者を多く持つ循環器内科学分野の砂川賢二教授の下では、「脳を聴く」「脳を創る」「脳を超える」を合い言葉に、次のような生体医工学関連研究が展開されている [図10]。脳を聴く：脳はすべての制御の中枢である。神経経路で送出されるメッセージを理解することができれば、脳で制御されたシステムの開発が可能になる。脈拍は脳により厳密に制御されているが、神経符号化の文法は明らかで無かった。文法の翻訳を試み結果として、心臓交感神経活動は履歴を考慮することで正確に翻訳できることが示された。脳を聴く技術は人工システムを脳で直接制御する可能性を開いたのである。脳を創る：脳幹部の損傷に伴う低血圧などの血圧失調は、脳が破綻しているため未だに有効な治療法がない。脳幹部をCPUで電子的に再構成し血圧調節機能を再建するバイオニック血圧制御システムの開発を試み、その結果、半導体センサで計測した血圧をCPUが高低を判断し適切に交感神経遠心路を刺激する負帰還ループを構成することで、血圧制御機能を再建することができた。脳を創る技術を発展させ、脊髄損傷の起立性低血圧を防ぐシステムの開発を目指している。脳を超える：先進国における最大の死因である心不全は循環制御の破綻が病態の本質に関わる。生体で最も強力

(図7)

なぜヒトの脳機能研究か？

ヒトの脳皮質は高度に発達!!



チンパンジーとヒトのゲノムの差: 1.23%!

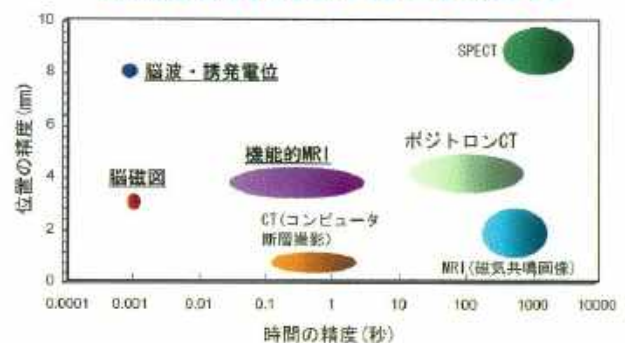
(図8)

頭を開けずに脳を見る. 測る. 探る! Multidisciplinary Approach



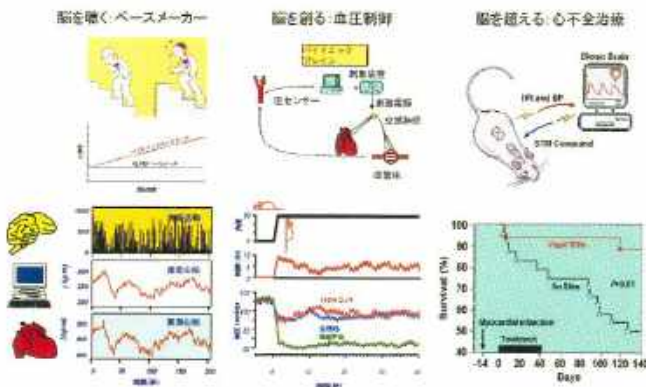
(図9)

脳機能研究: 場所と時間を決める



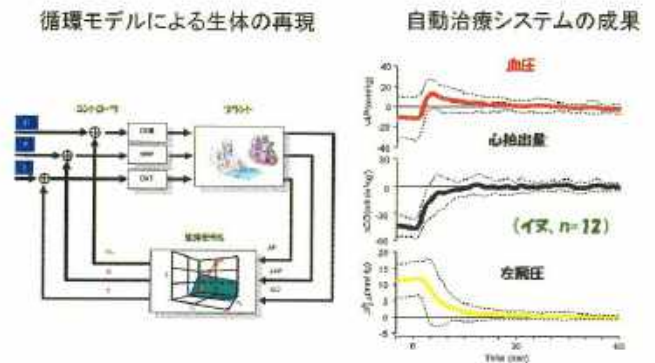
(図10)

バイオニックシステムによる新たな治療戦略



(図11)

循環器疾患の自動治療: hospital in silico



な循環制御系は自律神経であり、それによる心臓血管系の過度の刺激が心不全の生命予後を短縮している。現代の心不全治療はこの過度の刺激を薬理的に抑制しているが、5年生存率はこの半世紀に殆ど改善していない(50%)。そこで心臓の自律神経を脳幹部にかわりCPUで制御する仕組みを開発し、慢性心不全動物において生存率を50%から90%に劇的に改善することができた。この脳を超える技術を開発させ心不全治療の実用システムの開発を目指している。Hospital in silico (医師を介さない自立的な診断治療システムの開発) 急性心不全の血行動態の管理は熟練を要するが、その病態が明解になると自動治療システムの開発ができる。砂川教授らは病態を反映するために必要な循環モデルを開発し、そのモデルを規範とした自動治療システムを開発した。このシステムは重症心不全を専門医以上の効率で治療することが示された。心不全のような複雑な病態に対する世界初の自動治療の試みである [図11]。

平成17年度に総長COEとして砂川教授をプロジェクトリーダーに医工連携のプロジェクトである「デジタルメディシン・イニシアティブ (DMI)」が設置された。DMIでは、これまでの基礎医学研究の成果を人体というシステムに反映させる仕組みを構築することで新たな展開を図り、21世紀における医学研究の戦略的な受け皿を提供することを目標としている [図12]。そのために現代医学の構造的な限界を克服する「解決の切り札としての人体数値シミュレータの開発」が進められている。図13に示すように生体は解剖学的に異なる階層があり、さらにそれぞれの階層で異なる物理量を利

(図12)

現代医学の構造的限界



(図13)

細分化された基礎研究

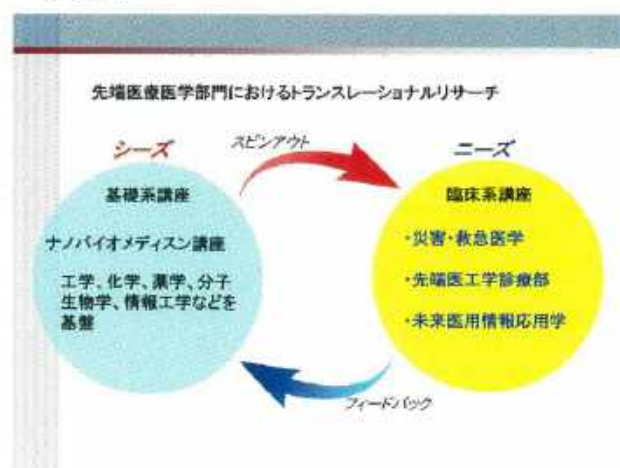


用しながら、統合されたシステムとして活動している。多くの基礎研究は、特定の階層の限られた物理量を取り扱っている。そのため、その情報だけでは、同一階層内においても、どのように他の機序と統合することが可能か不明である。同時に、特定の階層における限局した現象がシステム全体にどのように影響するのか、殆ど推定することができない。このような現況を打破するために、特定の階層における特定の物理量で定義された生命現象をモデル化し、同一階層内の異なる物理量で定義された生命現象と数値的に統合し、さらに階層を超えて数値的に統合することができれば極めて強力な枠組みになる。そのためには分子からシステムレベルまでの階層を超えた統合（マルチスケール）と、異なる物理量を機能的に統合（マルチフィジックス）する戦略が必要になる。既知の情報は膨大であり、必ずしも定量的な関係が記述されているわけではない。異なる機序が相互作用を及ぼす可能性もある。そのため、要素情報からシステム情報を再構成することは容易ではない。さらに、再構成に必須な情報が存在していない可能性もある。生体では異なる物理量（機械、電気、代謝等）が統合されているが、数値的な統合には新たなアルゴリズムの開発が必要な可能性もある。これらの克服は困難を極めるが、はっきりしていることは、要素情報を統合する受け皿がないと、基礎研究を臨床レベルに構造的に還元できないという現実である。このように、工学・情報学に基盤をもつ研究者が中心となって構成されているDMIの教員も、生命科学科の教育に積極的に参画してもらう体制が整ってきた。従来のウェット中心の医科学研究にドライを付加することで、新たな研究領域が展開するものと期待される。

この他に、先端医工学コース関連では、災害・救急医学分野の橋爪誠教授を中心に九州大学病院の先端医工学診療部や医学研究院のナノバイオメディスン講座（寄附講座）および未来医用情報応用学講座（寄附講座）と共に、トランスレーショナルリサーチが実現している。そこでは分子イメージングから未来型医療を目指すロボット手術研究と多岐にわたり、診断と治療の融合に向けて精力的な研究が遂行されている [図14]。

手術ロボットは体腔の3次元映像を提供する内視鏡、関節自由度の高い鉗子を備え、外科医がより正確で安全に手術を行えるよう支援するシステムである。術者は患者から離れたコンソールに座り立体画面を見ながらマニピュレータを操作すると、その手首の動きが患者の腹腔内に挿入したロボットのアームに正確に再現される。このコンピュータ制御されたシステムにより、ロボット手術はこれまでの内視鏡手術に比べてはるかに精密で低侵襲な手術が実現できる。しかし現在の手術ロボットでは、患者から得られる情報が内視鏡による患部の表面情報のみに依存しており浸潤や悪性度を診断することはできない。もし内視鏡による組織表面の情報に加えて、その内部から得られる生体情報を融合・可視化することができれば、術者は患部の深部への広がりやその悪性度、あるいは周辺の血管情報などをリアルタイムに診断することによって、より安全で確実な操作が可能となるであろう。そこで我々はMRIや超音波エコーなど様々な画像診断情報を統合した新しいナビゲーションシステムやそれを搭載したMR対応手術ロボットの開発を進めている。これらの新技術は、九州大学病院 先端医工学診療部、未来医用情報応用学講座において、肝臓がんに対するラジオ波焼灼治療やエタノール注入治療への支援を目的とした臨床研究に応用されている [図15、図16]。これらと

(図14)



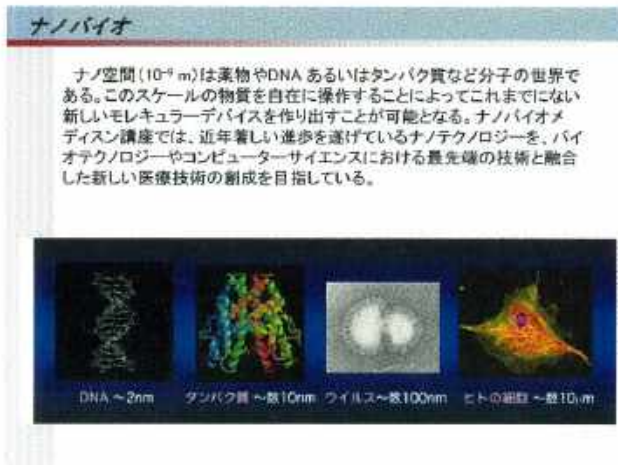
(図15)



(図16)



(図17)



(図18)



関連するものとして、生命科学科の高年次の教育機器「VR (バーチャルリアリティ) シミュレータ『LapSim』」が九州大学病院内視鏡外科手術トレーニングセンターに設置された。この機器は、インタラクティブにさまざまな状況が作り出される画面を見ながら鉗子等を操作し、微細な手術手技を体験することができ、新しい機器開発を学ぶ学生達にとって導入段階で有用であろうと考えられている。

また、ナノ空間 (10^{-9} m) は薬物やDNA あるいはタンパク質など分子の世界である。このスケールの物質を自在に操作することによってこれまでにない新しいモレキュラーデバイスを作り出すことが可能となる。近年著しい進歩を遂げているナノテクノロジーを、バイオテクノロジーやコンピューターサイエンスにおける最先端の技術と融合することによって新しい医療技術の創成を目指している。現在、ナノカプセルが血中安定性に優れ、さらになん部に集積しやすい特徴を生かして、新しいドラッグデリバリーシステムの開発が進められているが、このタンパク質ベースのナノカプセルはがん細胞特異的な細胞シグナルの変化に応じて崩壊し、内包した薬物を標的とするがん細胞

だけに作用させることができる。また薬物の代わりに各種の造影剤を内包することによって、これまで見逃されてきた分子レベルでの異常をMRIや超音波エコーなどの画像診断機器でイメージングするシステムも開発が進んでいる。これらのユニークな材料と新しいコンセプトに基づくがんターゲットリングにより、薬物治療効果の劇的な向上と患者のQOL改善がもたらされることを目指している【図17、図18】。

おわりに

九州大学医学部生命科学科は、従来の理学・農学分野におけるライフサイエンスとは教育研究上の対象を異にし、21世紀における人類の健康への貢献を標榜し、人間科学としての生命医科学へ寄与するための教育を行う場である。すなわち、医学に関する基礎的な知識をもち、人間を対象とした次世代の生命科学領域の展開を担う新しいタイプの人材(生命医科学者、生命工学者)を育成する。この分野でのパイオニアとしての医学部生命科学科に期待していただくと同時に、絶大なるご支援をお願いしたい。

[謝辞] 生命科学科の設置にあたっては、平成19年3月末日で定年退任された金出英夫前医学研究院長/医学部長の情熱の下に、多くの教員、事務職員の支援により実現しました。関係の皆様にご心より感謝申し上げます。なお、後半のコース紹介と関連したプロジェクト研究についての情報は、赤岡浩一教授、柳雄介教授、砂川賢二教授、橋爪誠教授/村川正治准教授らよりご提供いただきました。