

【解説】総合科目「医療を推進するサイエンスとテクノロジー」の1年間を振り返って

浦山 修 (科目担当責任者 / 人間総合科学研究科 / 基礎医学系)

はじめに

平成 15 年 6 月、カリキュラム委員の二宮教授から、「医療科学専攻でも全学の学生を対象にした総合科目を開設しよう」との提案があった。新学類が発足して2年目、医療科学専攻の宣伝にもなるだろうと考え、責任者を引き受けた。そして、授業のねらいを「医学および医療の現場に定着し活躍している道具(装置)やモノに焦点をあて、それらが明らかにしてきた生命科学の世界を概観すること」と定めた。というのは、私は、かつて、生化学研究室で当時すでに使われることの少なくなったいろいろな装置(キエルダールなど)が妙に気になったことがあり、機会があれば、それらが、実験室の片隅で、無言で語りかけることに耳を傾けたいと思っていたからである。

本授業を準備する中で、医療科学専攻を中心に 10 名の教員に分担をお願いすることにした。各先生方にはご自分が最も得意とするモノを取り上げて欲しいと要望した。

また、受講生には、第1回の授業でシラバスを示し、次のような補足説明を行った。

「皆さんの身近にある道具やモノには、独自の時間性と空間性(関連性)があります。例えば、携帯電話を考えてみましょう。電話を発明したのは、ご存知のようにグラハム・ベル(1847~1922)です。彼は、生理解剖学を学んだ後、米国で聾啞者教育にかかわる中で補聴(器)の研究を行っていましたが、“聞くだけではなく話もできるもの”が必要であることに気づいたそうです。彼が夢みた“いつでもどこでも”利用可能な電話機が、最近になって、ようやく実現したことになります。その開発の原動力は、人々の好奇心や追及心でありましょう。生命科学は、生体物質や生体要素の、ある種の道具やモノによる多数の発見の上に体系化されてきたものです。我われの生命科学に関する今日的な理解は、そのような道具とかモノと

かの発明や改良に依存しています、そして未だ完全とはいえません。実は、体の仕組みや働きについても計測不可能な未知の部分が、まだまだたくさんあるのです。皆さんが科学・技術に取り組む意義もここにあるのでしょうか。」

17 年度の新たな取り組みのためにも、16 年度の1年間の授業を振り返っておきたいと考えた。

対象と方法

受講生は、最終的に 20 名であった。1年次 14 名、2年次 4 名、3年次 1 名、4年次 1 名で、学類としては生物学類生が多かった[資料 1]。

授業は、通年型 30 コマ(16 年 4 月 12 日~17 年 2 月 28 日)、月曜 1 時限、2C404 教室で行った。10 名の教員(長田道夫、太田敏子、坂庭操、二宮治彦、東野英利子、三好浩稔、長島泰夫、岡村直道、有波忠雄、浦山修)が総論と各論を分担した[平成 16 年度シラバス参照]。また 4 名の大学院生(奥村香世、日高淑、福田佳子、堀内泰江)が TA として参加した。

各授業の終了時に出席および簡単な授業評価票を配布、興味を持ったかどうか、難しかったかどうか、どんな点が難しかったのかを答えてもらい、質問があれば質問票に記入してもらった。質問票に記載された個々の質問(Q)に対しては、まず TA がそれぞれの回答(A)案を作成し、次いで教員がそれらをチェックした。『Q&A』として印刷し、翌週の授業時間に配布し、個々の質問ではあったが、全員に答える形で受講生に還元した。

3 学期にはレポート学習を行った。課題は「携帯通信の医療・保健・福祉への応用を考える」とした。受講生から E-mail で送られてきたそれぞれのレポート内容を整理し“正の側面”と“負の側面”に分類・資料化を行い、それをもとに最終回の授業で全員参加の討論を行っ

た。

結果

1 授業の概要について

医療も、他の多くの社会的営みと同様に、科学を基盤として技術の開発・進歩に支えられて発展してきた。授業では、その推進とくに診断技術にかかわった様々な道具(装置)やモノが紹介された。それぞれの講義概要を、キーワードを使って整理すると、[資料2](#)のようになる。

2 受講生による簡単な授業評価について

毎回の授業の終了時に、受講生に簡単な授業評価をしてもらった[[資料3](#)]。集計結果は、受講生の大部分がそれぞれの授業に興味を持ったことを示している。難易については、“ふつう”という答えが84.6%、11.9%が“難しい”という答えであった。疑問をそのままにしないように、難しかった点を中心に質問票を活用してもらったが、寄せられた質問の延べ数は199[[資料4](#)]、1回の授業当りの平均質問数は7つと計算された。個々の質問とそれに対する回答は『Q&A』としてまとめられたが、ここでは省略する。

3 レポート学習について

3学期のまとめの時間を利用して、レポート学習を行った。今、学生の最も身近な道具となっている携帯電話を取り上げ、医療関連の各分野におけるその活用と可能性について、論じてもらった。最近、「Medical detection with 21st century(21世紀の医学的探知)」として全世界に紹介された論文「Martin M et al. An outbreak of conjunctivitis due to atypical *Streptococcus pneumoniae*. N Engl J Med 2003; 348: 1112-17」(ダートマス大学を襲った肺炎球菌性結膜炎に対する携帯通信による疫学調査)を参考資料とした。

受講生からは様々な考えや意見が寄せられた[[資料5](#)]が、携帯通信の正の側面は、最終回の授業の討論の中で出た意見「携帯通信は市民と医療機関の距離を縮めることに役立

つ」に集約されると考えられた。

考察

10名の教員による講義内容は広範囲にわたった。受講生は一定の興味を持ったようである。また、全授業が終了した時に、ある他学類学生から来年度の医療科学専攻の授業を履修したいとの相談があった。授業のねらいはある程度達成され、医療科学専攻の宣伝にもなったかなと思う。17年度は、通年型を学期完結型開講に切り替えて実施することになった。受講生の増加を期待したい。

質問票による質問は1回の授業当り平均7つであった。これから講義概要と質問の内容を比較分析することにより、学生(フレッシュマン)が我われに何を期待しているのかを検討・考察し、今後の授業に役立てていきたい。

毎回実施した『Q&A』や“まとめのレポート”を通して、双方向の授業を模索した。しかしいづれも紙を媒体としたものであり、教室内で直接やりとりをするためには、まだまだ工夫が必要と感じた。そのためにもTAのさらなる関与を検討し、教科書の作成や各種教材(16年度には血液凝固検査の原理に関するデモ、医用超音波技術の開発に関するビデオ、血糖値の自己測定デモ等が行なわれた)の準備等を考えていきたい。

最後に、たいへんお忙しい中、各論をご担当いただいた先生方、そして『Q&A』の原案作成に情熱をそそいでくださったTAの皆さんに、深く感謝申し上げます。

資料1 受講生(20名)の内訳

	1年	2年	3年	4年
自然学類	1	0	0	0
人間学類	3	0	0	0
生物学類	3	1	0	0
生物資源学類	1	0	1	0
社会工学類	1	0	0	0
工学基礎学類	0	3	0	1
工学システム学類	1	0	0	0
医学類	1	0	0	0
看護・医療科学類	2	0	0	0
体育専門学群	1	0	0	0
計	14	4	1	1

資料2 各授業の概要

講義題目	講義概要(キーワード)
総論(前半)	アリストテレスと感覚生理学、視覚の優位、触覚ロボットの開発、医療に関わる道具・モノの歴史と変遷、聴診器の発明と心音図、X線の発見と診断学(撮影、透視)、X線結晶回折学とDNA二重らせん
病理形態学	病理診断学の意義および形態検査における可視化の技術(組織切片染色法、細胞検査、電子顕微鏡、免疫組織化学、 <i>in situ</i> hybridization、FISH)、モノクローナル抗体の応用、
微生物学	光学顕微鏡の発達と電子顕微鏡、AFM(原子間力顕微鏡)とSTM(走査型トンネル顕微鏡)、腸内細菌、感染症、コッホの4原則、培地(の開発)と菌の増殖、PCR
生理学	圧測定法と意義、水銀血圧計による血圧測定、食道内圧検査、直腸肛門内圧検査:Hirschsprung病の診断、Open-tip法による定量的圧測定
血液学	血球形態学(顕微鏡の発明、検査試料の処理・染色法)、血球数の測定の技術と器具、白血球分類、白血病、赤血球と網赤血球の測定、フローサイトメトリによる自動計測、出血性素因に関する検査法(出血時間、凝固時間、血小板機能・粘着能)の進歩
超音波診断学	音速測定の原理と基礎技術、医用超音波診断法の開発、画像作成、カラードプラー、Elastography(組織の軟らかさを超音波でみる)、安全性と治療への応用
生化学	生体分子の分離・分析、クロマトグラフィ、電気泳動法、HPLCによるグリコヘモグロビン分画、鎌状赤血球(HbS)症/分子病の発見、キャピラリー電気泳動とDNAシーケンシング、イムノアッセイの臨床応用
人工臓器学 再生医工学	人工臓器の種類と分類、人工臓器と移植、人工肺、人工心臓、人工腎臓、再生医工学とは、培養皮膚、軟骨の再生、生体弁の開発
放射線計測学	質量分析の原理と方法、TOF質量分析計、タンパク質量分析と臨床応用、AMS(Accelerator Mass Spectrometry)分析(元素分析): 広島原爆線量再評価
生殖医学	哺乳類の生殖システムと人工(体外)受精、精子の活性化因子、顕微授精の方法、生殖細胞の凍結・融解技術の進歩
遺伝医学	遺伝医学とは、病気の遺伝子を同定する原理、遺伝子・ゲノム・染色体解析法、多因子性疾患の発症リスク、薬剤応答性・創薬と遺伝子検査
総論(後半)	生体計測(医療)技術の予防医学への応用、無拘束・非侵襲技術、体温計の変遷、血糖値センサーの開発、携帯通信の医療・保健・福祉への応用を考える

資料3 授業評価(28回の延べ回答数)

興味を持ちましたか	はい	430(93.1%)
	わからない	27(5.8%)
	いいえ	5(1.1%)
	計	462(100.0%)
難易がありましたか	ふつう	389(84.6%)
	難しい	55(11.9%)
	易しい	16(3.5%)
	計	460(100.0%)

資料4 寄せられた質問 199

[総論(前半)]

X線テレビとはどんなものか。
X線に感受性のある組織はどこか。
細胞はX線によりどのように障害されるのか。
X線による人体への障害はどのように判明したのか。
CTとは何の略か。
CTではなぜ輪切り(断面)像がみられるのか。
実際の医療現場でも、発見当時と同じ原理のX線管が使われているのか。
現在、X線にかわる新しい診断技術の展望はあるのか。
聴診器が現在の形になるまでに、音の精度や聴取音に変化はあったのか。
なぜ糖尿病が神経障害を引き起こす場合があるのか。
糖尿病神経障害では、なぜ中枢から遠い神経から侵されるのか。
足の検査について、“振動を感じなくなるまでの時間”から何がわかるのか。
足がしびれるとき、体の中でどういうことが起きているのか。
視覚に頼りすぎることによる人体への影響はあるのか。
人は視覚優位、犬などでは嗅覚優位、なぜそのような違いが生じるのか。
視覚優位について、神経が太いとか多いとか、他の感覚との違いはあるのか。
触覚ロボット以外にも感覚ロボットがあるのか。
触覚ロボットは具体的にどんな役にたつのか。

痛いとか熱いとかを感じるロボットの開発に展望はあるのか。

人間の触覚の原理と神経伝達について、圧力をどのような信号に変換するのか。

漢字スリッの起こる仕組みは何か。

アニリン色素染色法の開発によってどのような利益がもたらされたか。

現在の顕微鏡でどのくらい微小なものを観察できるのか。

現在は、どのような染料が標本染色に用いられているのか。

どうして特定の染料に細胞が染まるのか。

コロニー分離は高純度でできるのか。

顕微鏡観察が始まった時(17世紀)、それを初めて見た人々の反応はどうだったのか。

コッホ以前、目に見えない細菌の存在は認められていたのか。

コッホはどのような生涯をおくったのか。

湿板写真とは何か、乾板との違いは何か。

[病理形態学]

どのような時にアスペルギルス菌感染症(日和見感染症)を疑うのか。

がん細胞と正常細胞は構造上どう違うのか。

がんの早期発見法にはどんなものがあるか。

細胞周期を計測する方法にはどんなものがあるか。

アルツハイマー型痴呆症の脳内異常と原因は何か。

染色法はどのように開発されるのか、染色されない組織はあるのか。

モノクローナル抗体作製時、どのように細胞を融合させるのか。

タンパク質以外の物質でも抗原になりうるのか。

融合B細胞は不死化するのか。また、元々の

B 細胞の分裂寿命はどの位か。
抗体に蛍光物質を付加した時、抗体の本来の働きに影響はないのか。
なぜ抗体と抗原は結合するのか。
肝がんの治療を具体的に知りたい、抗体を用いた治療法がどのように期待されるのか。
良性腫瘍は体内にあってもよいものなのか。
子宮がんは加齢とともに出現するのか。
どの医師も病理診断ができるわけではないのか。
病理診断の作業の間に、病気が進行することはないのか。
病理学が発達したのは、生化学検査ができるようになってからか。
マウスの体の仕組みとヒトの体の仕組みはよく似ているのか。
細胞が死ぬあるいは死なないことを制御している因子があるのかどうか。
遺伝子異常作製マウスでは、どの段階でどのような異常が出現するのか。
マウスが実験に利用される理由は何か。
出生前診断で疾患の原因遺伝子の異常を発見し、治療は可能か。
遺伝子異常は子孫にも伝わるのかどうか。
腎発生異常の遺伝子異常は何が原因か。

[微生物学]

電子顕微鏡はいつ頃どのようにして作られたのか。
電子顕微鏡で生きたものを観察できるようになったら、その貢献はどんなことか。
大腸菌は便に出るのに、なぜ腸内で減らないのか。
AFM(原子間力)とSTM(走査型トンネル)では、どちらが優れているのか。

レーヴェンフックは顕微鏡の光学的な仕組みについて理解していたのか。
コッホの4原則はウイルス病の発見の邪魔にならなかったのか。
ヤコブ病などのプリオン発見の際、純培養の条件はどうクリアしたのか。
遺伝病と感染症をすぐに見分ける方法はあるのか。
体内の細菌は生まれながらに存在するのか、生後侵入するのか。
らい病とハンセン氏病は違うのか。
微生物がヒトなどに病気を引き起こして得る利益は増殖以外にあるのか。
今後、病原菌の発見や治療における展望は何か。
PCR の発見のきっかけは何か、どのように開発されてきたのか。
特異的な遺伝子を見つけるためにはどうしたらよいのか。
現在、ウイルスは何種類くらい存在しているのか。
現在の技術で、感染症をどのくらい食い止めることができるのか。
くつのおいと微生物の種類は関係あるのか。
HIV 対策として逆転写酵素の活性を抑える方法はなぜ上手くいっていないのか。
HIV に対して有効な対策・薬は、あとどの位でできるのか。
DNA と比べて、タンパク質を増やすことがたいへんなのはなぜか。
DNA が二重らせん構造をとることは、どうしてわかったのか。
良性の人畜共通に感染する菌は具体的に何か。

[生理学]

医療器具を開発していくためには、たくさんの医学知識が必要か。

血圧計は血圧の上下の違いをどう測り分けているのか。

SWAN の第 2 点と第 3 点について知りたい。

血圧計では水銀を使い、消化管内圧測定の open-tip 法では水を使う利点は何か。

直腸が閉じている幼児はどのように治療するのか。

人工肛門とはどのようなものか。

鎖肛の赤ちゃんには、肛門の筋肉すらないのか。

圧力を測るときに、空気や水が漏れて誤差がでないのか。

バルーンの素材は何か、人体への影響はないのか。

圧測定において、今後あるいは将来の展望はあるのか。

神経網は人工的に作れるのか、人工神経は今の技術で不可能か。

胃食道逆流症は遺伝的なものか、感染症によるのか、それとも特定の原因があるのか。

ヘルニアについて知りたい。

逆流防止の仕組みに対して、吐くときに食道はどんな動きをするのか。

肛門が正常に働くことになったら、人工肛門はどうするのか。

Hirschsprung 病は子供だけの病気か。

人工肛門を付ける手術を行なう人はどのくらいの割合でいるのか。

子供は直腸検査をいやがらないのか。

治療などは機械がやるようになり、これから医師に必要とされるのは知識のみか。

[血液学]

白血病は恐ろしい病気だが、白血球の異常増殖によってどんな悪影響が出るのか。

白血病は現在薬で治療できるものなのか。骨髄移植ができないこともあるのか。

骨髄移植をするだけで、なぜ白血病の異常細胞が正常細胞に戻るのか。

好酸球、好中球、好塩基球では、それぞれの働きに違いがあるのか。

白血病治療における今後の展望は何か。

なぜ白血病は人を死に至らしめるのか。

血球は何から出来ているのか。

体内にはどの位の赤血球が存在しているのか。性別、年齢、体重等でその数は変わるのか。

赤血球数の減少とヘモグロビンの減少では、酸素運搬能力などに差が出るのか。

赤血球の異常はあるのか。

測定誤差はどの位まで認められるのか。

カルシウムが不足すると血液が固まりにくくなるのか。

血友病はなぜ男子だけに発病するのか。

血が止まりにくい病気と止血には現れない血液の病気には、どのようなものがあるのか。

血液凝固に関わる病気にはどのような治療法があるのか。

血液を固まらせる時間のコントロールについて。

血小板の働きの異常と赤血球の異常とはどう関係があるのか。

[超音波診断学]

超音波は人体にどんな影響を与えるのか、無害なのかどうか。

病院ではどのような場合に超音波診断を行なうのか、診断できない病気があるのか。

カラードプラーの仕組みは？

ドプラー変異とは何か。

臓器に当たって跳ね返ってきた超音波はどのように処理されて画像化されるのか。

超音波はどうして扇状に音波を発生させることになったのか。

Aモード、Bモード、Mモードの違いがわからない。

Cモードについて。

ゲインについてよくわからなかった。

ゼリーの成分は？

肺の毛細血管に空気が詰まると、息ができなくなるのか。

造影剤に使用するのは空気と骨のどちらか。

骨と空気超音波に対する反応は同じかどうか。

どのような仕組みで空気の泡により造影されるのか。

コンパウンド法と3次元アレイプローブについて。

[生化学]

アルカプトン尿症とはどのような病気か。

アフィニティークロマトグラフィで酵素や抗原を単離する場合、性質が変わらないか。

カラム化とはどういうことか。

鎌状赤血球症だとマラリアに罹りにくい、治療しない人もいるのか。

鎌状赤血球症患者がマラリアに抵抗性を示すのはなぜか。

鎌状赤血球では、酸素結合などが正常に行なわれるのか。

ヘモグロビンに1つの酸素が結合すると、次の

酸素が結合しやすくなるのはなぜか。

ヘモグロビンと糖尿病の関係がいまひとつつかめない。

体調変化やトレーニングによって血液成分値が変化するのに、どの位の期間が必要か。

DNA抽出はどのように行なうのか。

電気泳動法におけるこれからの展望は何か。

電気泳動で解析できない物質はあるのか。

電気泳動は臨床面でどのように利用されてきているのか。

5'末端と3'末端の違いは何か。

二次元電気泳動法の利点をもっとくわしく。

[人工臓器学・再生医工学]

臓器移植に使用する臓器はどのように保存しているのか。

将来、人工肺や人工心臓が小型化されて体内で利用できるようになるか。

人工臓器の試作品はどのような実験で完成度を高めるのか。

人工臓器を完全に体内に埋め込む場合、電源はどうするのか。

人工臓器と臓器移植とではどちらが効果的か。

これまでの人工心臓の臨床実施数や成功数などを教えてほしい。

本来の生体臓器には無い機能を持たせた人工臓器はあるか。

現在、人工では作れないとされている臓器にはどんなものがあるか。

臓器移植のドナーカードのように人工臓器にも許可や条件などがあるのか。

連続流型の人工心臓では生体に何か影響はないのか。

再生医工学で作られた組織には神経がある

のか。
培養皮膚には3種類あるが、どうやって使い分けするのか。
再生医工学が実用化されたら、遺伝子バンクのようなものも作られる可能性はあるか。
人工関節では靭帯はどうしているのか。
生涯使い続けられるためには、人工臓器にどのような課題があるか。
耳ねずみの耳は、耳の機能をもたないのか。
筑波大でも再生医工学の研究がなされているのか。
バイオ人工臓器における今後の展望は何か。

[放射線計測学]

MALDI-TOF/MS についても簡単に説明してほしい。
マトリクス存在下でレーザー照射すると、なぜタンパク質は無事なのか。
TOF 質量分析計では、マトリクスとして他にどのような物質を使うのか。
タンパク高分子がイオンになる仕組みを教えてください。
「飛び出す」という表現は具体的にどういうことか。
レーザーを当てた時に出て行ってしまった細胞はどこへ行ってしまうのか。
アザのレーザー治療では、やけどなどはしないのか。
タンパク質量分析では、何のアミノ酸が付くと の病気というように特定できるか。
タンパク質の質量分析は医療の他にどのような場面で利用できるのか。
質量分析における今後の展望は何か。
ソフトレーザー脱離イオン化法と MALDI 法との違いは何か。

AMS を用いた検査で、どのような病気がわかるのか。
極微量元素はどうして宇宙線起源であると考えられているのか。
半減期はどのように推定するのか。
「不安定」とは具体的にどのような状態なのか。
壊れるということは、どのようになるのか。

[生殖医学]

人工授精の成功率の高さは何によって変わるのか。
卵を体外に取り出すのに外科的手術をするのか。
人工授精の際、なぜ別の雌(借り腹)を使わなければならないのか。
人工授精処理による副作用はないのか。
ブタの輸精管の長さがヒトより長い理由は何か。
人工授精における今後の展望は何か。
Capacitation に必要な時間と精子の寿命に関連性があるのか。
凍結胚や配偶子はどの位の期間保存することができるのか。
凍結防止剤としてグリセロールとラフィノースの使用はどのように決めるのか。
グリセリンを使うと、なぜ氷晶ができないのか。
自由水を脱水してしまっても問題はないのか。
食品で使用されるようなフリーズドライは使用されるのか。

[遺伝医学]

病気が遺伝子異常によるものだと分かった場

合、どのように治療していくのか。
染色体異常をどこかで識別して流産になりやすくなるのか。
指紋や静脈の分布も一卵性双生児では同じか、もし異なるなら何が要因か。
遺伝病の病原遺伝子に変異を起こすと、ある世代から病気の遺伝が止まるのか。
どのようにして病気関連遺伝子だけに薬を作用させるのか。
遺伝する花粉症と遺伝しない花粉症(スギ花粉症など)の違いは何か。

[総論(後半)]

赤外線感知検温法では耳で体温を測っているが、耳で測るメリットは何か。
血糖値が上手くコントロールできないと、どのような症状が出るのか。
食後の運動について、食後の計算問題との取り組みも同等の効果があるのか。
GI 値の低い食物は、なぜ血糖値が上がりにくいのか。
電磁波(携帯通信)の身体に与える影響は問題ないのか。

資料5 携帯通信の医療・保健・福祉への応用（レポートから）

- 正の側面

- 1 健康管理への応用

健康相談と調査による双方向の健康管理システムの構築
携帯電話と小型化測定器具の連携(結合)技術の開発

- 2 緊急事態の伝達・連絡手段

- 3 高齢者に関する応用

位置・安否(含む徘徊)の確認

体調や日常生活に関する情報の伝達手段(自動送受信)

服薬の確認

コミュニケーション手段

- 4 障害者のための視聴覚機能

- 負の側面

- 1 個人情報の管理の難しさ

- 2 通信情報のやりとりで十分な健康評価(診察)ができるかどうか

- 3 電磁波による医療機器の誤作動

- 4 高齢者が電話・メール機能を使いこなせるか

- 5 情報の格差

- 6 コミュニケーション(リアルな体験)の希薄化

- 7 誰が対応システムの構築費用を負担するのか
