— 綜 説 —

物理学と医学の関係

赤野 松太郎*

日本医科大学物理学教室

Relationships between physics and medicine

Matsutaro Akano

Department of Physics, Nippon Medical School

はじめに

私が医学生に物理学を教え始めてからすでに20余年になるが、その間、医学を学ぶための基礎としての物理学を十分に習得させるためにいろいろと工夫をしてきたし、医系用の物理のテキストも著した。さらに急速に進歩する研究器械や医療技術もみてきたので、これらを通して医学と物理学の関係を、教育的、歴史的、実際の立場からみたある側面について少し述べてみようと思う。

1. 物理教育と医学

物理学は自然現象に隠されている根本法則を推論し、これを検証する学問であるが、取り扱う事柄が人間離れた場合が多いので、一見人間臭い医学と無縁と考える傾向がある。事実、20年以前では、物理が苦手なので医学部を受験しようとする学生が多数を占めていたことも、これを裏付けている。

しかし医学も物理学も自然科学の分野であり、現象をみて原因を推理することでは共通している。また江戸時代の医師が初めて物理学の蘭書を和訳したのは、気象が病状に関連することも一動機となったものと思われる。さらに明治初期の医学校の授業では、専門科目以外では物理学も講義されていたことも、その重要性を示す一証拠と考えられよう。

物理の授業では大切な法則や現象を医学とは関係なしに教授してきた。これは教養としての物理として当然であるが、将来どの法則が活用されるか予測できないからでもある。例をコマの首振り運動（才差運動）にとってみると、その詳細は力学の内でも難題に入る

が、この初歩的な理解は教養の物理で十分に可能である。そして、これを理解すれば、最近注目を集めているNMRやMRIの原理も容易に理解できるはずである。コマの運動などは一見医学に全く無縁のようであるが、時とともにそうではなくなるのである。そしてこれと似た実例は他にも多く見出される。

しかし何よりも大切なことは科学的思考の方法を物理学を通して学ぶことである。そして、これを学ぶ意欲をかき立てるための一つの便法として医学関係の実例を講義にも適当に入れてきたし、最近私どもが著し

Table 1 物理学各論と医学関連事項の関係¹⁾

物理学の各論	医学関連事項
力学	生体静力学, 筋力, 歯, 生体内摩擦, 遠心器
弾性体力学	骨にかかる力, 骨折, Rheology
流体力学	血管, 血流, 血圧, 血沈, 心臓, 肺胞, 潜水病, 高山病
振動論, 波動論	等価回路, 音声, 脳波, X-ray CT
音響学	声帯, 聴覚, 血流計, 心音計, 超音波顕微鏡, 超音波診断装置, Sonagraph, Audiometer, Ultrasound holography
光学	液浸屈折計, Fiberscope, 比色計, 光学顕微鏡, 偏光計, 位相差顕微鏡, 検眼鏡, 眼, 近視, 遠視, 乱視, Laser
熱学, 熱力学	Supermicrotome, Thermography, 生化学反応
電磁気学	生体膜, 活動電位, 神経, 心電図, 電気泳動, Pacemaker, 電磁流量計, 質量分析器, 超短波加熱
原子物理学	電子顕微鏡, Laser, X-rays, RI, ESR, NMR, MRI, Positron-CT, 放射線, 中性子線回折, 加速器, 放射光

* 教授

た物理学のテキスト²⁾にも付け加えてきた。Table 1 にこのテキストで記述されている医学関連の事例を示し参考に供する。

2. 歴史的関係

医学も物理学も現象の背後に潜む原因を探り出すという点では全く同等である。このことを示す実例として、優れた物理学者であり医師でもあったか、または医学の研究をした人を科学的順序で挙げてみよう。

医学と物理学の関係が顕著になったのは、実証的科学が定着しはじめたルネサンス以降である。まず Galileo Galilei (1564~1642) は始め医学を学ぶためにピサ大学に入ったが、次第に物理の研究に没頭し、重力加速度が一定であることを発見したが、振子の等時性も発見し、これを用いて脈拍を測ったと伝えられており、また体温計も考案したといわれている。エリザベス女王の侍医であった Gilbert (1540~1573) は磁気の研究を行い、磁気学の父と呼ばれ、現在でも磁位の単位として彼の名が用いられている。ドイツの天文学者 Kepler (1571~1630) は惑星の運動の法則を発見したが、人間の視覚についても考え、近視や遠視を説明した。英国の医師 Hooke (1635~1703) は多方面で活躍したが、特に弾性の法則で有名である。

18 世紀に入ると電気学が進歩し、ライデン壺を用いた電気浴による脳卒中の治療も行われた。電池の発明の基礎を作った Galvani (1737~1798) は医学を学び解剖学教授にもなった。19 世紀に入っても、光の干渉実験で知られている Young (1773~1829) は医師として開業したが、後に物理学教授になり、光の波動論と色の理論を展開した。さらに熱力学のエネルギー保存則や自由エネルギーで有名な Helmholtz (1821~1894) は解剖学と生理学の教授になったが、眼底鏡を開発し、色覚や聴覚についても研究した。最初にエネルギー保存則を提唱した Mayer (1814~1878) は船医としての東南アジアでの診療からこの法則を着想した。

しかし 20 世紀に入ると、医学も物理学も急速に進歩したため、それまでのような一人二役は無理になってきた。例えばサイクロトロンを発明した米国の Lawrence (1901~1958) の弟は医者であったので、この弟はこれを医療に用いた。また理研にサイクロトロンが設置されたとき、武見太郎氏はこれを医療に応用することを研究したと聞いている。

3. 医師と物理学者の協力

X 線や放射能の発見で幕明けした 20 世紀に入ると、物理学者は純粋な学問的興味から熱放射、超音波、量子力学などを研究し、これらから分光計、レーザー、半導体、超電導、加速器、核磁気共鳴などを開発してきた。そして、医師や技術者との協力によって、これらを応用した医療器械が製作された。特に半導体を利用したコンピュータの進歩により、画像診断は急速に向上した。このように、科学技術が進歩し、精緻になるにつれて、医学者以外の専門家の協力がより一層不可欠になってくるのが分かる。その 1 例を重粒子の加速器をとって述べてみよう。

従来よく使われている X 線、ガンマ線、電子線は感受性の高い癌には効果的であるが、感受性の低い癌には良くなく、かえって悪化させる場合がある。それは、これら軽粒子線が正常細胞を破壊してしまうからである。しかし陽子、重陽子、重イオンなど、質量の大きい粒子線になるほど、Fig. 1 のように、その飛程の終端において、より強い吸収線量のピークが現れる。しかも、このピーク部分は低粒子線と異なって LET (linear energy transfer) が高く、癌細胞の感受性とは関係なく、その破壊に適している。このため、開創照射のように切開することなく、人体内の患部のみに正確に放射線を集中できる。このことは癌治療に望ましい結果を与える。しかしこのためには、相当に高度な物理学的修練をつんだ者が必要になる。

現在では重イオン加速器は高価であり場所もとるが、新しい加速原理の発見と高温超電導の開発により、

Fig. 1 Dose distribution of proton beam²⁾

Table 2 Numbers of medical physicists in 1971~1972³⁾

Countries	Numbers of medical physicists N	N per the population of a million
UK	550	11.00
Sweden	40	5.00
USA	800	3.81
Norway	14	3.68
Greece	22	2.50
Canada	53	2.27
FRG	135	2.25
Switzerland	13	2.17
Israel	6	2.00
Poland	48	1.44
France	45	0.90
Japan	93*	0.85
Belgium	8	0.80

*This is N in 1976.

近い将来、手頃な加速器として入手できるようになると思われる。

このように医療技術が高度化しつつある現状からみると、現在の専門学校卒程度の技術者では処理しきれなくなり、医用物理学者が必要になると思われる。しかしながら、わが国では、他の先進国に比べて、この方策が遅れている。この事実は少し古いデータであるが Table 2 をみても分かることである。

この表は 1972 年に International Atomic Energy

Agency と WHO の共催で Kiel 市で開かれた医用物理学に関するセミナーの報告書³⁾によるもので、各国での 1971~72 年現在の医用物理学者の人数を示す。日本はこれに参加しなかったもので、日本のそれは 1976 年現在の資料³⁾による。ここでの医用物理学者とは医療機関で仕事をしている物理学者のことである。この表でみるように、英国は著しく多いが、その理由は英国の Leeds 大学では Spiers を主任教授とした医用物理学が 1950 年に世界で初めて開設されたことから分かる。わが国の医学の進歩を促進するためには、このような他国の実態を参考とし、衆知を集めて抜本的方策をたてる時期にきているものと思われる。かつて量子力学を創造した Bohr や Schrödinger が細胞分裂を一種の共鳴現象であると示唆していたことが、現在の遺伝子構造の解明への原点になった例からも、物理学者の協力が医学の進歩への大きな助けになるであろうと推定される。

文 献

- 1) 赤野松太郎, 鮎川武二, 藤城敏幸, 村田浩: 医歯系の物理学, 東京教学社, 1987.
- 2) Larsson, B.: Pre-therapeutic physical experiments with high energy protons. Br. J. Radiol., 34, 143~151, 1961.
- 3) 飯尾正宏, 高柳誠一: 物理と医学, 付録, 日本物理学会誌, 32, 173~176, 1977.

(受付: 1988 年 2 月 12 日)