

I. 動態解析の基礎と応用

放医研・臨床研究部 福 田 信 男

動態系とはシステム理論的には、状態変数が時間的に変動するシステムである。これは大別して、線型システムと非線型システムに分類される。前者は重ね合わせの原理が成立するシステムであり、化学反応系の場合には、一次反応系の複合系に相当する。生体内の代謝過程は、本来、血清蛋白、膜輸送の担体などとの結合、酵素反応等の非線型過程を含むが、核医学で用いるトレーサ量の場合には、すべて、トレーサ同志の反応や、トレーサ結合による担体結合サイトの減少などは無視してよいので、トレーサ量に比例する速度過程になり、線型システム理論の手法が用いられる。しかし、ポジトロン標識のリセプター結合を含む、循環代謝過程などの場合には、非線型の解析も必要になる。

また、動態系は、定常と非定常の両システムに分けることもできる。ここで定常という意味は、システムを特徴づけるパラメータが時間的に不变な場合であり、これが変動する場合を非定常と称する。通例の核医学検査は、その間で、循環代謝状態が不变なので、定常動態系である。しかも線型系なので、系の動態は、連立線型一階常微分方程式で記述され、その解は指數関数和としても求められる。もっとも、このような記述が可能なのは、系

の構造が明らかである場合に限られ、これをコンパートメントシステムと称している。核医学検査においては、時刻ゼロにおいて、循環系(中心コンパートメント)にトレーサをパルス投与し、その後の血液、標的臓器などの放射能の動態を適当な方法で計測し、得られた時系列測定値から、循環代謝動態系の特徴パラメータを推定する。システム理論的にはこれは、同定問題というが、可観測性の条件が満たされる場合には原則として可能である。

しかし、実際問題としては、放射能のポアソン揺動その他に由来するデータのノイズにより、得られた時系列データの理論式へのあてはめもそれほど容易でない。

システムの構造が不明である場合には、これをブラックボックスとして扱い、その入出力関係のみから、系の伝達関数をもとめる方法も行われる。末梢組織の灌流量をもとめるための核医学的手法も、広い意味ではこのカテゴリーに属し、非コンパートメント解析ともいう。

動態系の、より特殊な分類法としては、決定論的と、確率過程論的という分類法もある。前者は、微分方程式、積分方程式などで記述されるのに対し、後者は確率微分方程式で記述される。ラジオエコロジーの場合には後者の適用が必要になる場合もある。

II. 呼吸器核医学

東北大・抗酸菌病研・内科 井 沢 豊 春

肺はガス交換のみならずガス交換以外の機能を営む。前者を呼吸性肺機能とよび、後者を非呼吸性肺機能とよぶこととする。

1957年 Knipping がはじめて $Xe-133$ を用いたのは肺癌部位より末梢肺野の換気の有無の検索のためであった。RI を用いた呼吸性肺機能研究の嚆矢である。1960年 Dollery や West らのグループは一躍サイクロトロン產生の $^{15}O_2$ を用いて肺における血流や換気分布に対する

重力の影響を発見し、現代肺生理学の基礎を築いた。一方アメリカ学派は肺栓塞診断という社会的要請を背景に Taplin の MAA の成功とつながり、肺の imaging が本格的に開始された。ここに真の呼吸器核医学が誕生したといって過言ではない。一方 Montreal の Bates 学派は multiple detectors 方式によって、肺の血流や換気分布について詳細な研究を行い、彼らの研究から closing volume の概念が生まれた。

MAA の普及は目ざましく、肺栓塞の診断が安易に行われすぎる傾向への反省として、Xe やエロソールを用いる換気側からの研究が行われ、ここにいわゆる換気一血流スキャンの考え方方が生まれた。肺栓塞部位では換気が障害されないとするものである。しかし両者の研究から肺動脈血流遮断のごく初期には気管支収縮の時期があるが、その時期をのぞくと血流分布は換気次第で変化し得ることが明らかになり、換気の優位は肺胞の酸素分圧に依存することが明らかとなった。

機器の進歩が目ざましく、Bates らが multiple detectors を用いて行った研究をそっくりそのまま大視野 γ -カメラーコンピューターシステムを用いて行うことが出来るようになり、肺内の換気分布 (\dot{V})、血流分布 (\dot{Q})、肺容量分布 (V) などを視覚化したら計測し、 \dot{V}/V 、 \dot{Q}/V 、 \dot{V}/\dot{Q} などの定量化のほか、洗い出しに関する指標が各種提唱されて来た。また最近呼吸運動のフーリエ解析など

を通じ、肺の mechanics への挑戦も試みられている。

一方、非呼吸性肺機能の研究として従来換気分布を知る目的で用いられたエロソールは、その特殊性から換気そのものよりはむしろ気道粘液線毛クリアランスの研究に用い得ることが早くから気づかれていたが、1980年初頭以来吸入エロソールの肺内残留動態を連続して視覚化する放射性エロソール吸入肺シンチグラフィーによって、ヒト in vivo の肺の粘液線毛輸送系の一部が明らかになりました。また同じく DTPA のような低分子エロソールの吸入で気道肺胞型の上皮細胞透過性を求める試みや、肺血管透過性の評価にアルブミンの血管外漏出を視覚定量化する方法などが行われた。サルマイドーシスや肺線維症肺における ^{67}Ga 摂取増加も注目される。

Gmaging も従来の γ -カメラの長軸方向 2 次元表示に断層像の観察が可能となり、また医用サイクロトロンの普及で新たな局面への呼吸器核医学の発展が期待される。

III. 高血圧症と核医学

福島医大・第三内科 福地 総逸

核医学特に radioimmunoassay の進歩に伴い、高血圧症の鑑別診断は飛躍的な進展を遂げ、治療面も改善された。

1. 血漿レニン活性：高血圧症例ではまず家族歴と合併症の有無ならびにその程度を推定する。さらに臨床検査として尿検、胸部レ線および心電図により合併症の有無を確認する。次いで血漿レニン活性を測定する。血漿レニン活性が低値の場合には原発性アルドステロン症のほか、各種のステロイド分泌過剰症(クッシング症候群、 17α -hydroxylase 欠乏症、 11β -hydroxylase 欠乏症、DOC 産生腫瘍、18-OH-DOC 産生腫瘍など)が考えられる。最も頻度が高いのは低レニン性本態性高血圧症である。高値の場合には腎血管性高血圧症、レニン産生腫瘍、妊娠中毒症、悪性高血圧症がある。高レニン性本態性高血圧症はきわめて少なく、本態性高血圧症の 5% を占めるにすぎない。

血漿レニン活性の測定は本態性高血圧症の治療面にも応用される。すなわち低レニン性本態性高血圧症ではその成因に体液貯溜が関与し (volume-dependent hypertension)，降圧利尿剤が有効である。これに対し、高レニ

ン性本態性高血圧症ではレニン・アンジオテンシンの亢進に基づく血管収縮が重要で (renin-dependent hypertension)， β 遮断剤や Ca 拮抗剤が有効である。

2. 腎機能検査：BUN、血清クレアチニン濃度、濃縮能、PSP 排泄能、クレアチニン・クリアランスのごとき一般検査のほか、分腎機能(Rapaport)、腎動脈撮影、レノグラム、レノシンチグラムにより腎の形態ならびに機能の左右差を検討することにより腎血管性高血圧症、腎腫瘍、囊腫腎、腎盂腎炎などを鑑別できる。

3. ホルモン測定：レニン低値の高血圧症ではアルドステロン(原発性アルドステロン症)、ハイドロコチゾン(クッシング症候群)、DOC (17α -hydroxylase 欠乏症、 11β -hydroxylase 欠乏症、DOC 産生腫瘍)、18-OH-DOC (18-OH-DOC 産生腫瘍)の測定が必要となる。褐色細胞腫の診断もカテコールアミンの測定法の改善により容易となった。

4. 副腎腫瘍の画像診断：皮質腫瘍の描出には CT スキャンならびに ^{131}I -アドステロールによるシンチスキャンが行われる。クッシング症候群、DOC 産生腫瘍などでは腫瘍が大きいので容易に腫瘍の局在を診断できる。