

連 載

放射線医学の動向

佐久間 貞行

A) はじめに

画像診断の近年の進歩の原動力は、X線CTの出現にあるといっても過言ではない。X線CTはX線回転撮影法（高橋）と電子計算機との出会い、さらには画像処理など周辺技術の進歩に負うところが大きい。X線CTの有用性は、他の画像診断法、即ち超音波検査や核医学検査など既存の画像診断法の成熟促進と、MRIやPETなど新しい画像診断法の具現化を促したと言えよう。画像診断は生体の形態（解剖）と機能（生理・生化学）とその病態（病理）を視覚化して診断する。画像化の基礎（物理・工学）と生体の形態・機能・病態との橋渡し（interface）として生体の物性（condensed material physics）を考えに加える必要があろう。生体物性は生体を構成する物質の諸性質を量子力学的に理解しようとするものである。画像診断に用いられる手段によって、計測される物性は定まる。

またこの様に多種多様な診断法が実施されるようになると、患者に肉体的、精神的に最も負担の掛からない最小・最短時間で、最高の診断に至る選択を客観的に確立するため、他施設、多人数による画像診断法の臨床的技術的評価（medical technology assesment）を行い、診断に至る思考過程の整理（decision making process）を考えることも必要である（癌画像診断合意形成 '90）。

B) 画像診断器機のデジタル化と普及

a) X線CTおよびCRの意義と普及

X線診断は画像診断の中で最も古く100年の歴史を持ち、画像診断の原点である。多くの臨床経験や結果の蓄積があつて最も成熟した検査と言えよう。

X線画像は生体によるX線の減弱によって成立する。減弱は吸収と散乱により生体の元素組成に依存する。生体の元素組成は1930年代に多く測定されているが、新しいデータは少ない。まして病態組織の元素組成については殆どデー

タはない。

X線は透過性の良い事によって3次元の物体を2次元像に圧縮して見ることができる。検診のように簡便性が要求されるような場合には利点として数えられる。

この領域の近年の進歩は受像系に多く見られた。撮影では先ず希土類増感紙の開発によって被曝量の改善ができた。次いでFCRのような輝尽性蛍光体のI.P.とレーザー走査により、比較的X線利用効率がよいデジタルラジオグラフィ(CR)がでた。CRの長所は階調の変調など画像処理が容易なことと、保管と伝送が容易にできることである。

わが国ではCRは1991年末660台が稼働している。

透視もI.I.の受光系および管の構造が変わり、感度と解像力の改善がみられた。さらにコンピュータの応用により、デジタルフルオログラフィとして画像処理ができるようになった。DSAはわが国では1991年末に1100台が稼働している。

断層撮影は重複を避け、断面をみるものとしてこれまで重用されてきた。しかしこれは目的面の前後の暈かしによるもので、障害陰影や散乱線などの欠点はそのまま包含している。この欠点の克服されたものがX線CTといえよう。X線CTはその原理から減弱係数の分布図と考えて良いであろう。即ちX線CTは生体組織の原子組成の違いをあらわす画像と言い替えることもできる。

CTの特徴のもう一つは、デジタル画像であることで、その結果として三次元処理やサブトラクションなどの画像処理、PACSなどにおける画像保管および伝送が容易なことである。デジタル画像であることは、コンピュータの容量により空間分解能に制限を生ずることになる。しかしコントラスト分解能の良さがこれを凌いでいるため、肺癌の検診ではこれに勝るものはないと言えよう。

X線CTのわが国における普及は世界でも群を抜き、1991年末では8900台稼働している。

b) MRIの意義と普及

1946年、BlochらとPurcellらによってNMR現象は発見され、その医学的応用は早くから考えられていた。1973年にLauterberら、Damadianら、阿部らによって生体の断面上にNMR現象を発生させることにより断層像が得ら

れることが報告された。1979年に人体の入る大型の電磁石装置が製作され、人体の断面の映像が得られるようになった。1980年代に入り診断的価値の高い画像が得られるようになり、臨床応用が急速にすすんだ。MRIは現状の装置では対象となる核が ^1H である。従ってMRIはプロトン密度の分布図と考えて良い。これは縦緩和時間(T_1)、横緩和時間(T_2)と移動によって修飾される。即ち水素原子を含む組織の分子レベルの化学的画像といえることができる。 T_1 、 T_2 は水素原子の分子構造上の位置によって変わる。すなわちプロトン密度は生体を構成する物質により定まる。緩和速度は相互作用するプロトン間の距離と関係する。また生体膜の主たる構成要素は脂質二重層と蛋白質であり、液晶である。MRIでは液晶としての物性を考える必要がある。

わが国では年300台のペースで増加し1991年末に1300台が稼動している。

c) PETの意義と普及

E. Lawrenceは1933年に27インチのサイクロトロンを建設、以降次々と大きなサイクロトロンを建設した。1970年代後半には小型サイクロトロンの開発が進み、生体構成軽元素のポジترون核種の生産によりいわゆるインビボ・オートラジオグラフィができるようになってきた。核医学画像とくにPETは代謝率の分布図で、投与された薬剤の代謝をしめす。投与された薬剤という限定はあるが、細胞レベルの生物学的画像といえよう。コントラスト分解能は組織特異性において優れている。しかし多くの場合、薬剤分布の局在性には限界があり、デテクタの構造上にも限界があつて空間分解能は良いとはいえない。

現在PETによく用いられている薬剤は、 ^{18}F -FDG、 ^{15}O - H_2O 、 ^{15}O - CO_2 、 ^{15}O -CO、 ^{11}C -脂肪酸、 ^{11}C -スピペロンなどである。 ^{18}F -FDGの摂取は糖代謝の存在を示すが、酵素を欠くときは代謝回路の途中までで止まり蓄積する。脳の活性は糖の代謝で測ることが出来る。従って痴呆性疾患の検査にも有用である。また腫瘍においても ^{18}F -FDGの摂取率が高く、蓄積型の時間-活性曲線を示し有効な検査法である。炎症では一般に高くないが、炎症でもリンパ球の多いときは摂取率、蓄積共に高く診断上注意が必要である。 ^{15}O - H_2O は血流の検査に用いて精度が高い。 ^{11}C -脂肪酸は心筋の検査に用いて優れた方法である。わが国におけるPETの普及は緩やかで、1991年の稼動台数は僅か22台である。これは健保適用がまだだからであろう。

d) 超音波検査のデジタル化と普及

音の性質やエコーについての知識の歴史は紀元前1世紀に遡る。現在超音波断層像の主流となっているパルスエコー法の実用化は1950-1951年にかけてのWildら、Howry、菊池、田中、内田、和賀井らの業績による。その後も装置の開発が進み、スキャンコンバータもアナログからデジタルへと変わり、コンピュータも汎用されて画像処理も効果的になった。周波数も高いものが用いられるようになった。

超音波断層画像は生体構造の音響インピーダンスの違いに基づく反射波の画像である。従って超音波断層像は弾性率分布図とも言えよう。即ち超音波断層は生体の臓器、被膜等構造レベルの画像である。生体の軟質組織の弾性率は成分に依存する傾向があり、軟質組織の水、蛋白質、脂質の重量分率にそれぞれの弾性率を乗じた値の和が軟質組織の弾性率としてもその適用範囲は広い。装置の普及は極めて広く、1991年末現在で約20000台を使用している。

図1は、各種画像診断装置のわが国における普及を片対数グラフで示したものである。特にX線CTの普及率の急増はすさまじいものがある。

C) 画像診断法の相対的比重の推移

a) 脳疾患

各画像診断法の開発と成熟と共に、各疾患にたいする評価が変わり、それぞれの相対的比重がかわる。脳疾患にたいする評価と使用の推移を示したのが図2である。脳血管造影、X線CT、MRIと移っていつている。今や脳疾患の診断にMRIは欠く事はできない。一方血管造影もIVRのためには必要で不要とはならない。目的に変更を生じたと言えよう。

b) 肝臓癌

肝臓癌に対する評価の推移を示したのが図3である。X線CTの無かった頃は肝シンチグラフィが唯一の肝を画像として捉える方法であった。次いで血管造影、造影CTへと移行していった。

D) 画像診断と治療の融合化

a) カテーテルを中心としたIVRの開発

カテーテルは血管造影用を中心に材質改善等が行われてきた。血管造影は独自の目的もあるが、近年は閉塞血管の開存、腫瘍の栄養血管の塞栓等IVRの

ために行われることが多くなった。今後はこの経血管の他、腹腔、胸腔などからのアプローチがすすむであろう。すでに胆嚢結石の手術などは腹腔鏡下治療が、ポタロ開存症の胸腔鏡下手術が始まっている。金属性器具に代えてカテーテルを用いることにより自在性が求め得られる。

b) VRを中心としたコンピュータ外科

I VRが成熟してくると、VRを見ながら手術操作をすることが考えられる。そしてそれが成熟してくるとその将来にはマイクロマシンによる治療が考えられるようになるだろう。

E) 放射線治療情報のシステム化

より精度の高い治療を目指すには、これらの医用画像を総合的に診療・教育・研究に活用することができる高次の処理機能、管理機能、データベース構築機能のある総合画像情報システムが必要である。このようなシステムは、一病院だけでなく、複数の病院が連携協力することにより、よりよい知識データベースができる。また病院内医療情報システムの一環としてのみではなく、地域医療においても医療情報網の整備によって十分活用されれば、地域包括医療体制にとってもその効果は大きいものがあるだろう。

PACSを直訳すれば画像蓄積伝送システムである。これはハードウェアに重きを置いた概念といってよいであろう。狭義のPACSにたいし広義のPACSは画像の管理面を強調したIMAC (image management and communication system) や、医療情報システムの一環として診断所見などの文字情報も付加した、総合画像情報システムなどがある。ソフトウェアに重きを置いた概念である。このようなシステムも一括してPACSと呼ばれることが多い。一般にPACSは画像を伝送するにあたって

LAN (local area network) を用いるのに対して、画像を記録した光磁気ディスクを、PHD (personal health data) 記録システムの記録媒体のように運搬して、読影する場所で表示するISAC (image saving and communication) がある。光磁気ディスクの規格化が進められていることから、病院と診療所のタイアップなど地域包括医療体制にとっても将来有望な方法である。

(テルモ研究開発センター所長・名古屋大学名誉教授)

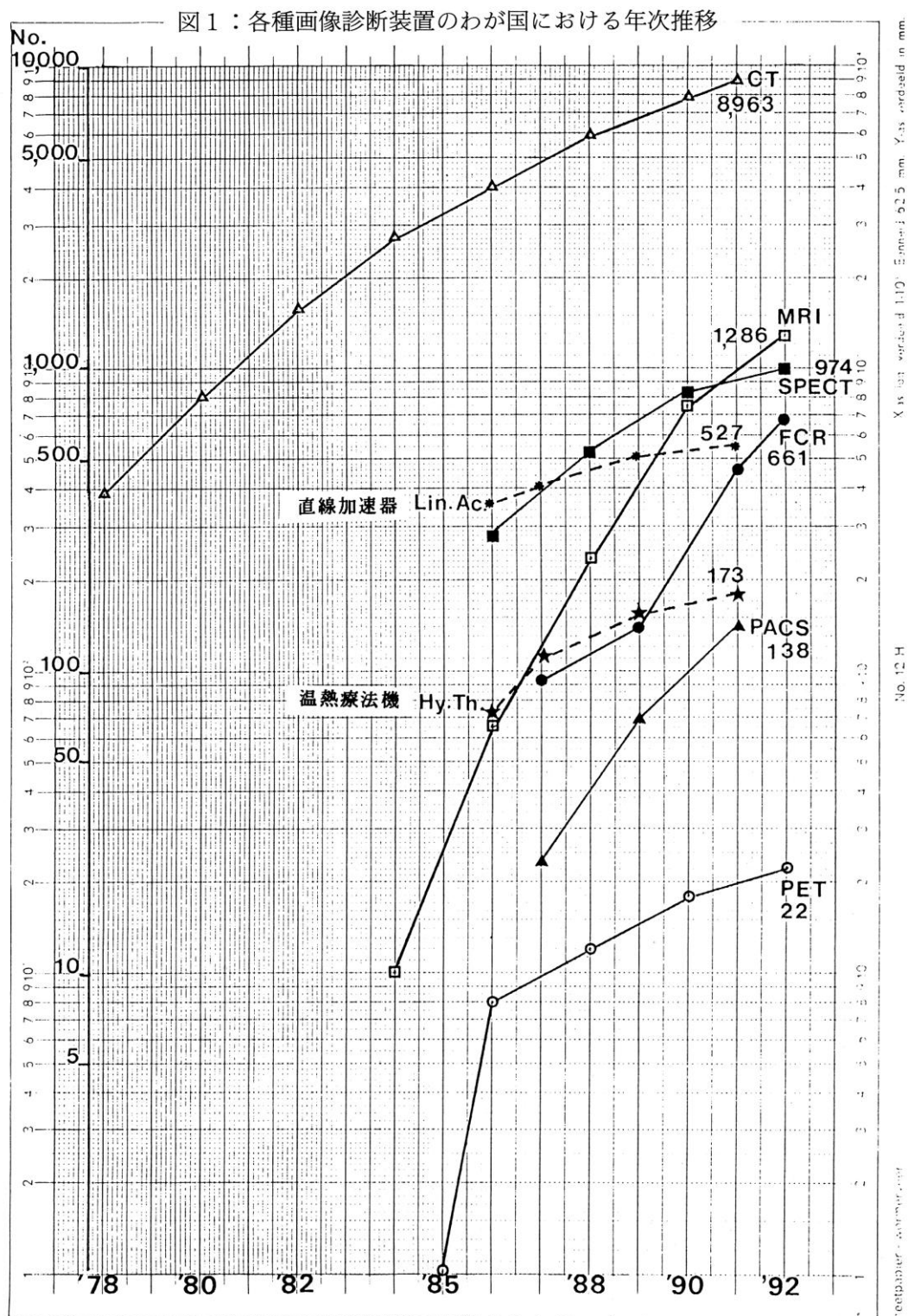


図1 各種画像診断装置のわが国における年次推移

図2：脳腫瘍における各種画像診断法の相対的比重の推移

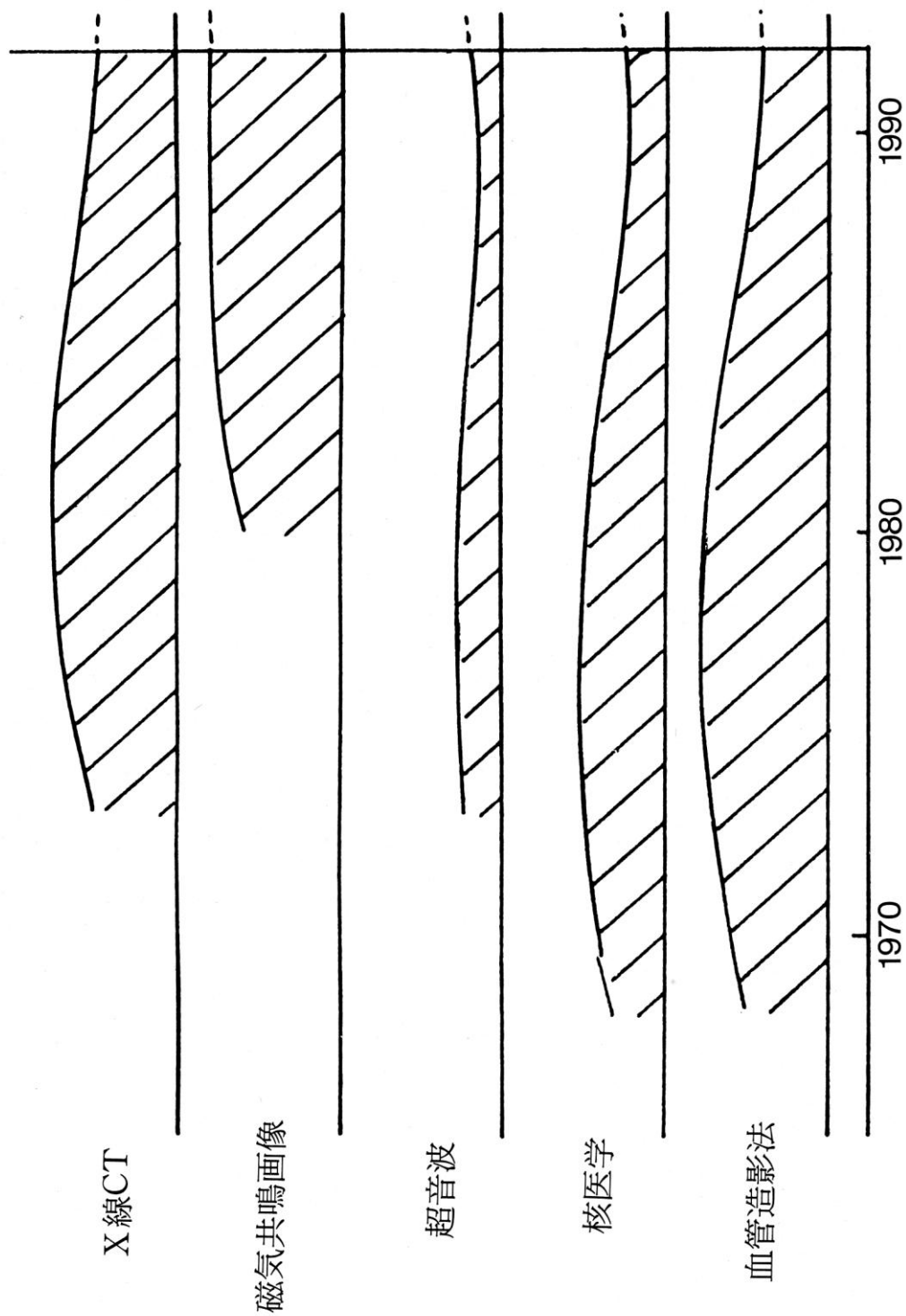


図2 脳腫瘍における各種画像診断法の相対的比重の推移

図3：肝臓における各種画像診断法の相対的比重の推移

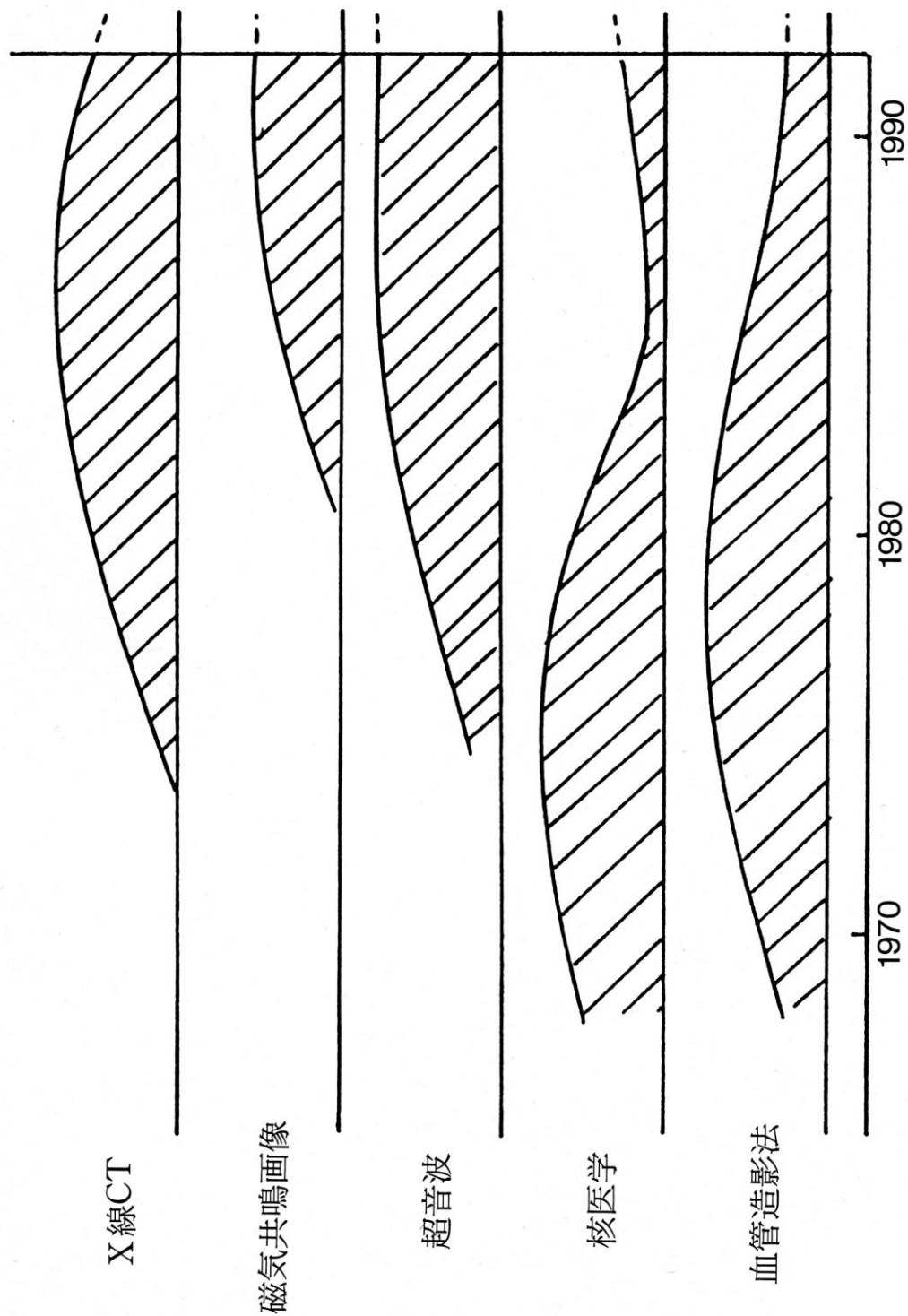


図3 肝臓における各種画像診断法の相対的比重の推移