Osaka University Knowledge Archive

Title	CTおよび腎シンチグラムによる腎臓疾患のROC解析
Author(s)	畑, 雄一
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1985, 45(4), p. 650-659
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/14909
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

日本医放会誌：45（4），650—659，1985（昭60）

CTおよび腎シンチグラムによる腎臓疾患のROC解析

東京慈恵会医科大学放射線科
畑　雄　一

（昭和59年6月4日受付）
（昭和59年12月4日最終原稿受付）

ROC Analysis of Computed Tomography and Renal Scintigraphy for Renal Diseases

Yuichi Hata
Department of Radiology, Jikei University School of Medicine

Research Code No. : *207.1, 206.1, 210.1*

Key Words : *ROC, Kidney, Computed tomography, Renal scintigraphy*

Receiver operating characteristics (ROC) analysis was performed in order to experimentally evaluate the clinical efficacy for the detection of focal renal diseases and the diagnosis of renal cell carcinoma (RCC) by computed tomography (CT) and renal scintigraphy.

Case materials were selected from the studies obtained at the department of radiology, Jikei University School of Medicine, during the period between January, 1979, and September, 1981. They were composed of one third of RCC, one third of focal renal diseases other than RCC and one third of normal. Sixty cases were interpreted by 18 radiologists and 40 cases of renal scintigraphy by 11 radiologists.

In conclusion, CT was useful both in the detection of focal renal diseases and in the diagnosis of RCC, while renal scintigraphy was useful only in the detection of focal renal diseases. The problem of optimal decision making can be solved by the information theory from the view point of ability to discriminate a disease from normal or other diseases. Medium decision criteria was best in the detection of focal renal diseases by renal scintigraphy and the diagnosis of RCC by CT. Strict decision criteria was optimal in the detection of focal renal diseases by CT.

I. はじめに

コンピューター断層法（以下CT）や超音波断層法，さらには核磁気共鳴断層法などの新しい画像診断法の出現によって，同一疾患に対してさまざまな形態的情報が得られるようになってきた．それに伴って各画像診断法の臨床的有効度を定量的に評価しようとする気運が高まっており，ことにROC（receiver operating characteristic）曲線による解析は，画像作成から読影，診断までの過程を，読影者の心理的要因をも含めて評価し得る方法として注目されている[1)~3)]．

しかし，ROC解析を臨床例に応用した報告は未だ充分とは言えず，腎疾患についての研究は我々の知る限りなされていない．今回，腎局存性病変，ことに腎細胞癌を対象に，CTならびに腎シンチグラムの臨床的有効度の評価をROC解析によって行ったので報告する．

II. 方　法

1. 対象

昭和54年1月から昭和56年9月までに慈恵医大

放射線科で施行した腹部CT，腎シンチグラムの中から，CT60例，腎シンチグラム40例を選んで対象とした．症例はおのおの正常，腎細胞癌，腎細胞癌以外の腎局在性病変の三群で構成され，各群の占める割合はそれぞれ約1/3に設定した（Table 1, 2）．またCT，腎シンチグラムの各症例の中で，読影対象が同一なものは腎細胞癌8，腎盂腫瘍2の計10例のみであった．この中で腎細胞癌，腎盂腫瘍，血管筋脂肪腫については組織学的に確定診断がなされている．その他の症例については臨床経過ならびに尿路造影，超音波断層などの諸検査によって診断がなされたものである．なお，CTに於ける両側性腎細胞癌の一例は集計に際して2個の病変として取扱った．

2. 撮影条件

CTは，Somatom SDあるいはSFを用い，スキャン時間4.5sec，スライス幅8mm，ウィンドー幅256HUの条件で，ほぼ全例1cm間隔で撮影した．1例を徐き全例に造影剤を使用しており，6例は造影後CTのみである．造影はConray®60%50～100mlの急速静注，あるいはConray®30%220mlの点滴静注で行なった．

腎シンチグラムではPHO/Gamma HPあるいはLFOVを用い^{99m}Tc-DMSA 3mCi静注後3時間の背面像を60万カウントで撮像した．

なお，dynamic CT，RIアンギオグラムなどの動態検査は対象フィルムから徐外した．

3. 読影方法

対象症例のフィルムを無作為に配列し，CTでは20例ずつ3度に分け，腎シンチグラムでは40例を一度に，通常のシャウカステンにかけ読影を行なった．読影者は慈恵医大放射線科の診断医で，CTでは18名，腎シンチグラムでは11名が参加し，その経験年数はTable 3に示す如くである．この中でCT，腎シンチグラム両方を読影したものは8名である．読影時間に制限はもうけなかったが，実際に読影に要した時間は各回とも30～60分であった．疾患分布を始めとして臨床情報は一切あたえなかったが，症例，読影者ともに同じ施設のものであるため，読影結果にある程度は記憶によるバイアスがかかると予想されたが，止むを得ないこととした．

読影は①腎臓に局在性病変が存在するか，②もしあるとすればその病変は腎細胞癌であるか，の2点に関して行ない，その判定を「有」「有疑」「無疑」「無」の四段階の確信度に分けた．すべての読影は1カ月以内に完了した．

4. 解析法

本報のROC曲線は，腎局在性病変，腎細胞癌の有無について判定動作を「有」「有疑」「無疑」「無」の四段階の確信度で行なった時，「有」「有または有疑」「有または有疑または無疑」に属する症例の数を求め，それぞれについて有病正診率（TPR, true positive rate），無病誤診率（FPR, false

Table 1　Case materials of CT

I) Renal cell carcinoma		20 cases (bilateral: 1)
II) Other renal disease		22
pelvic tumor		4
angiomyolipoma		1
reticulum cell sarcoma		1
simple cyst		10
hematoma		2
staghorn calc.		1
milk of calcicum renal stone		1
hydronephrosis		1
III) Normal		18
	total	60

Table 2　Case materials of renal scintigram

I) Renal cell carcinoma		13 cases
II) Other renal disease		15
pelvic tumor		2
TB		1
simple cyst		9
polycystic kidney		1
hydronephrosis		1
III) Normal		12
	total	40

Table 3　Number of observers with years of experience

CT		RI	
5 yrs.<	3	2 yrs.<	3
3–5 yrs.	5	<2 yrs.	8
1–3 yrs.	5	total	11
<1 yrs.	5		
total	18		

positive rate)を計算し，縦軸TPR，横軸FPRの直交座標にプロットすることによって得た．以下各動作点（OP, operating point）を次のように略記する．

「有」=OP1（高確信度）

「有疑」=OP2（中確信度）

「無疑」=OP3（低確信度）

本報では得られたROC曲線を定量的に評価する為に，情報理論の概念を導入して解析を行なった[4)5)]．即ち疾患の有無を一つの確率事象系と考えてX $\{x_1, x_2\}$ で表わしxiの出現確率をP(xi)とすると，この系の情報量H(X)は

$$H(X) \triangleq -\sum_i P(xi)\log P(xi) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

で定義され，この確率事象系の不確定度あるいは乱雑度を示している．一方所見の有無もまた一つの確率事象系と考えられ，Y$\{y_1, y_2\}$で表わせば，この系についても情報量H(Y)は次式で求められる．

$$H(Y) = -\sum_j P(yj)\log(yj) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

ここでxi, yjの同時確率をP(xi, yj)とするとYを認識した場合のXの情報量(エントロピー)，H(XIY)は次式で定義される．

$$H(X \mid Y) \triangleq -\sum_i \sum_j P(yj)\, P(xi \mid yi) \log P(xi \mid yj) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

但し，$P(xi \mid yj) \triangleq P(xi, yj)/P(yj)$

さて，(1)式，(3)式は次の様な関係にある．

$$0 \leqq H(X \mid Y) \leqq H(X) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

従って，Yを認識することによってXの情報量は減弱し，この差を伝達情報（相互情報量）I(XY)と呼ぶ．

$$I(XY) \triangleq H(X) - H(X \mid Y)$$
$$= H(X) + H(Y) - H(XY) \quad \cdots\cdots(5)$$

但し

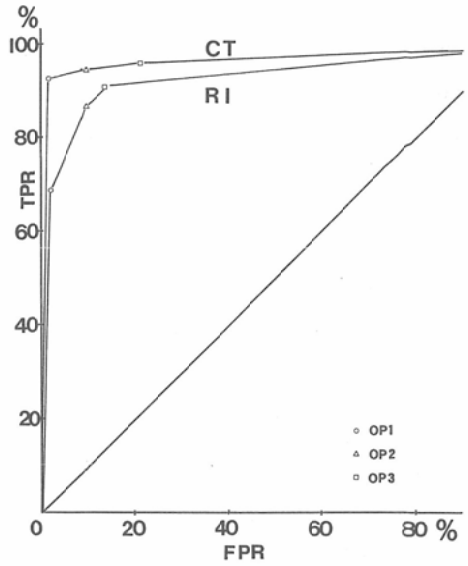
$$H(XY) = \sum_i \sum_j P(xi, yj)\log P(xi, yj)$$

である．対数の底を2とした時，単位はbitとなる．伝達情報量が大きい程，Xに対するYの診断能が高いことを意味するが，その上限は(4)式の如くH(X)であるので，伝達効率 $\eta = I(XY)/H(X)$ を求めて比較を行なった．

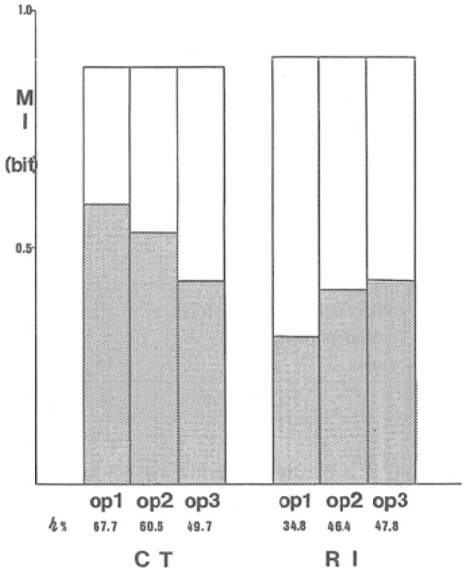
III. 結　果

1. 腎局在性病変検出の平均ROC曲線

Fig. 1Aは，CT18名，腎シンチグラム11名の医師の読影による各動作点における有病正診率TPR，無病誤診率FPRの平均値を結んで得られたROC曲線である．この図からCTではOP1で



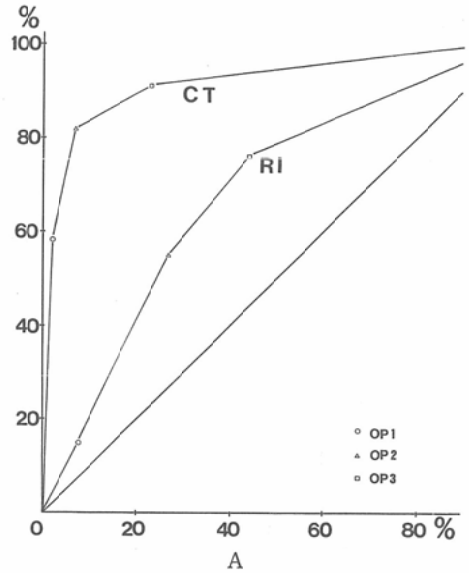
A



B

Fig. 1 ROC curve (A) and information content (B) for the detection of focal renal diseases by CT and renal scintigraphy.
* Total height of the bar graph: H(X)
Dotted part of the bar graph: I(XIY)

TPR 93%，FPR 4%に達した後は，ほぼ横ばいで，確信度を順次低くしてもTPRの増加に比べFPRの増加の方が大きいことがわかる．一方，腎シンチグラムではOP1でTPR 69%，FPR 4%であるが，その後の曲線の変化はFPRの増加に比べTPRの増加がより大きい傾向を示し，OP3ではTPR 91%，FPR 14%に達する．



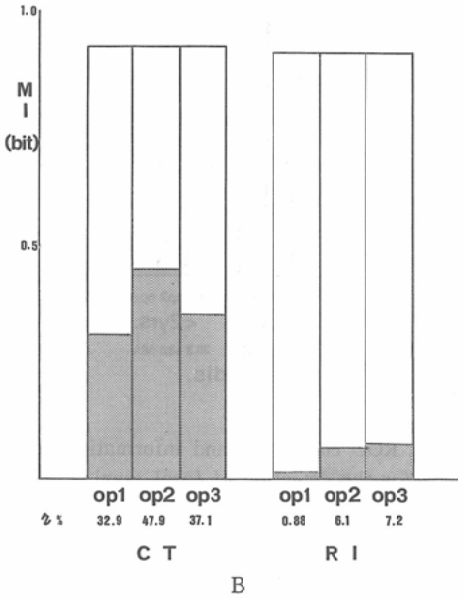


Fig. 2　ROC curve (A) and information content (B) for the diagnosis of RCC by CT and renal scintigraphy.

これらのROC曲線の各動作点における情報量の変化をFig. 1Bに示した．この図の棒グラフ全体の高さは有病率から求まる情報量H(X)であり，白抜きの部分は所見Yを認識した場合のXの条件付情報量あるいは散逸情報量H(X｜Y)を現わし，H(X)とH(X｜Y)の差が伝達情報量であり点画部分として示した．また図下段に伝達効率ηを%で表示した．この図から，CTではOP1で最も伝達効率が高く，確信度を低くするに従い減少する．腎シンチグラムでは対照的に確信度が低い程，情報量は増加しOP3で最大となった．

2. 腎細胞癌診断の平均ROC曲線

Fig. 2Aに平均ROC曲線，2Bに情報量の変化を示した．腎シンチグラムの平均ROC曲線は，Fig. 1Aに比べ，正の対角線に近接しており，腎細胞癌の質的診断に関しては診断能の低い検査と考えられる．伝達効率も最大のOP3で，7.2%に過ぎない．CTでは，いずれの動作点でも伝達効率は30%を越し最大はOP2の47.9%であった．

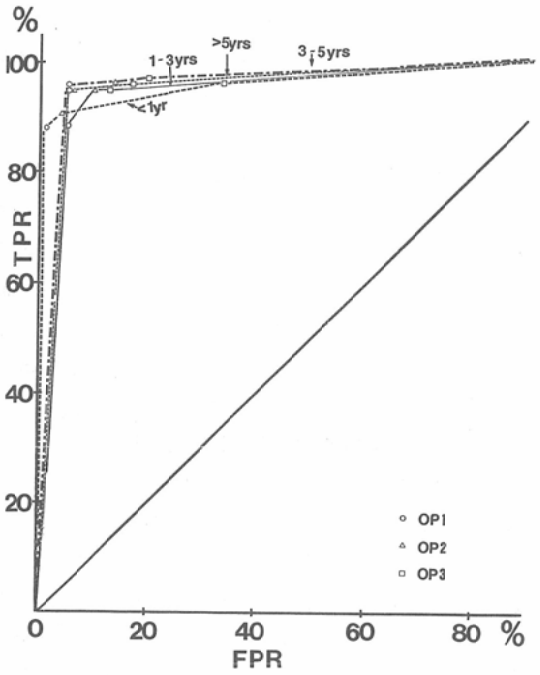
3. 経験年数別平均ROC曲線

Fig. 3A，Bは，経験年数別にみたCTによる腎局在性病変検出の平均ROC曲線および，伝達情報量である．各ROC曲線は互いに近接し，また交叉し，優劣の差をつけることは出来ない．伝達効率からみても，OP1において経験3年未満の医師で低くまた，経験1年未満の医師でOP3が低い他は，大きな差を認めなかった．伝達効率の変化のパターンは，経験1～3年の医師を徐き，やはりOP1で最大となる傾向にある．

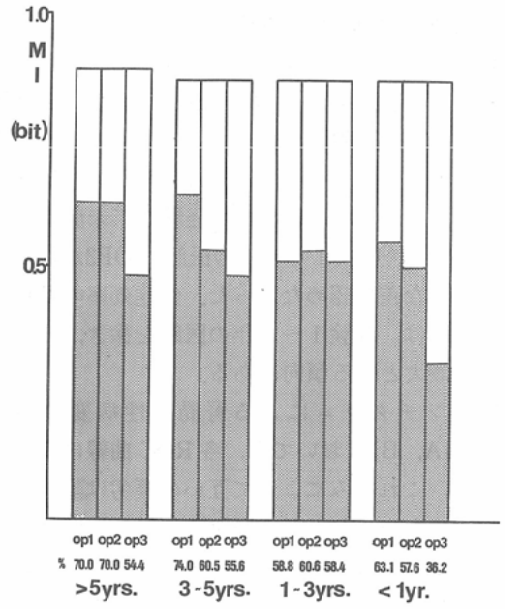
腎シンチグラムによる腎局在性病変の検出(Fig. 4A，B)においても，各ROC曲線は交叉しており，これのみによって互いの優劣は論じることは出来ない．しかし，経験2年以上の医師における伝達効率は非常に高く，これはOP1からOP3までFPRが0%であることに対応している．

CTによる腎細胞癌の診断（Fig. 5，A，B）では，経験年数1年未満の医師によるROC曲線が他と比較して有意に低く，これは伝達情報量によっても裏付けられる．経験年数1年以上の医師間には明らかな差を認めなかった．

本報の実験では，いずれの場合においても経験

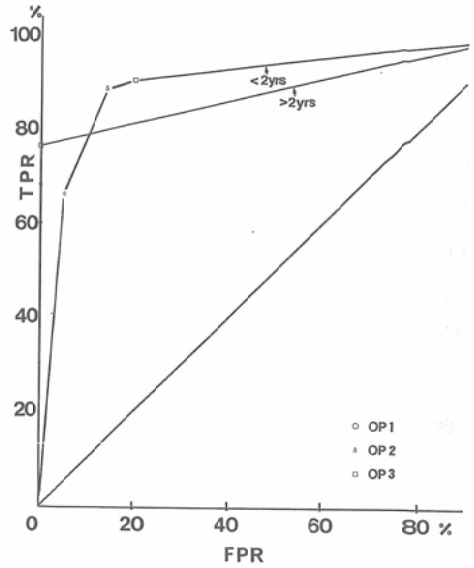


A

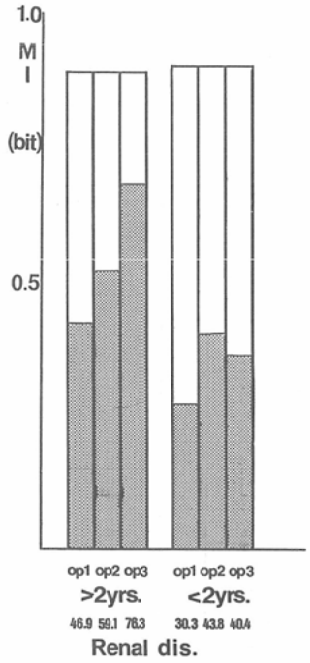


B

Fig. 3 ROC curve (A) and information content (B) for the detection of focal renal disease by CT with years of experience of the observers.



A

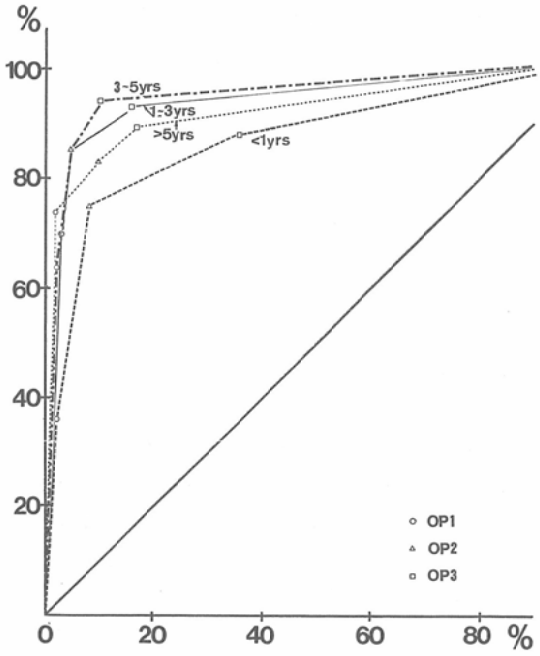


B

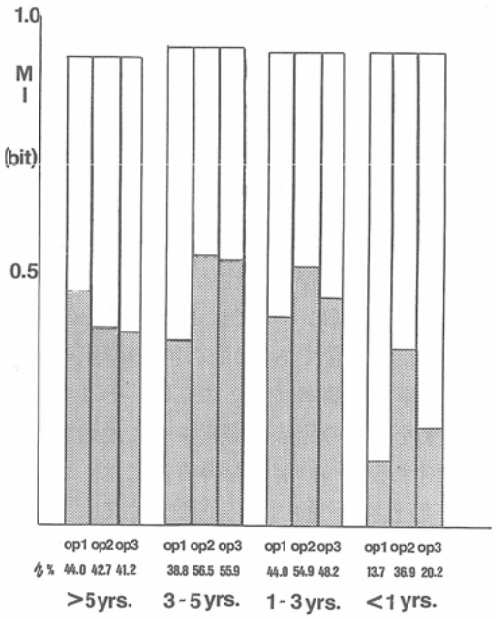
Fig. 4 ROC curve (A) and information content (B) for the detection of focal renal disease by renal scintigraphy with years of experience of the observers.

年数の若い医師で，OP3の伝達情報量が低いことが目立った．これはROC曲線を見た場合，OP3において他の階層の医師に比べてEPRの大きいことが原因していると思われる．

4. 腎細胞癌症例のCT腎シンチグラム所見



A



B

Fig. 5　ROC curve (A) and information content (B) for the diagnosis of RCC by CT with years of experience of the observers.

18名の医師から得られた腎細胞癌診断の平均ROC曲線で，最も伝達効率の高かったのはOP2においてであったが，この時TPRは82%であった．そこで各腎細胞癌のOP2におけるTPRを求め，82%以上を高TPR群（15腎細胞癌）以下を低TPR群（6腎細胞癌）としてCT所見と対比した（Table 4）．この表から予想された如く，高TPR群には腫瘍の大きいもの，辺縁不整なもの，濃度の不均一なものがより高率に含まれていた．静脈内進展，リンパ節転移，脾臓内浸潤のstage，III，IVを示す所見は全て外科的に確認されているが，言うまでもなく低TPR群には含まれていなかった．

これに対し腎シンチグラムでは腎細胞癌13例を欠損部の大きさでみると，一側腎の完全欠損3例，2/3以上3例，2/3～1/3の欠損2例，1/3以下5例であった．これらについてもCTと同様の考え方で低TPR群5例，高TPR群8例に分けると，低TPR群に属したのは完全欠損3例と1/3以下の欠損2例である．後者の一例は非担癌腎に嚢胞による小欠損を認め多発性嚢胞と誤り易い症例で，他の一例は腎細胞癌13例中最小（CTによる計測で最大径3cm）のものであった．また辺縁不整な欠損を示したものが5例に認められたが，前述の非担癌腎に嚢胞による欠損を認めた1例を徐き，すべて高TPR群に属した．なお腎細胞癌以外の腎局在性病変15例のうち，一側腎の全欠損を認めたものが腎盂腫瘍とWilms腫瘍の2例含まれていた．

IV. 考　察

画像診断法の臨床的有効度を評価する場合に，ROC解析の有用度は良く知られている[6)~9)]．通常のROC曲線は所見あるいは所見集合の有無に対する応答によって求められるが，これは望月[10)]の言うX線診断成立過程のうち，X線フィルム成立過程および，X線所見認識過程を評価するものである．本報の腎局在性病変の検出に関する実験は，この過程におけるCT，腎シンチグラムの評価を行なったものである．

ところで，実際の臨床の場における読影では所見の有無のみではなく，所見の存在位置，疾患の性状が問われる．前者の存在位置に関してはStarr[11)]らがlocalization ROC，(LROC)として，その基礎理論を報告している．後者はX線診断推

Table 4 CT features of R.C.C. in high and low true positive rate (TPR) groups

	High TPR group (15 lesions)	Low TPR group (6 lesions)
1. Greatest diameter (cm)	5—15 (9.3±3.3)	2—10 (4.9±2.9)
2. Margin: regular	5	4
irregular	10	2
3. Density: homogeneous	1	5
inhomogeneous	13	0
4. Venous extension	5	0
5. Paraortic lymphnode metastases	4	0
6. Invasion beyond perirenal fascia	2	0
7. Calcification	1	1

理過程，X線診断決定過程を含んだ問題で，これに関しては理論的に未解明な部分が多いとはいえ，実験は所見の有無に関する通常のROC解析と同様の手続きで行なうことが出来る[12]．

得られたROC曲線からその診断系の病変識別能を定量的に評価する方法については，今までにいくつかが提案されている．その代表的なものが，ROC曲線下の面積を求める方法とindex d'である．ROC曲線下の面積は統計学的には，二者択一法において正しい決定をした場合の確率に一致し，この方法に関してはHanley, McNeil[13]がWilcoxon統計との対比により数学的検討を加えている．しかし一般に2つ以上のROC曲線が交叉する場合は，有病率や検査結果に派生する費用，利得など検査が用いられる状況によって評価が異なり[14]，この方法のみによってROC曲線の優劣を論ずることは出来ない．

index d'を適用する場合には，有病率，無病群の分布がともに標準偏差を同じくする正規分布であることが条件となるが[14]，実際の画像診断系ではこのようなことは，一般に考えられない[15]．そこでd'を修正したde'が考えられたが，この場合も二群が正規分布であることが条件となり，また随意的な一点によってROC曲線全体を評価する根拠が明確ではない[4]．

これに対し伝達情報量は有病群，無病群の確率分布様式とは無関係に求められ，また同一のROC曲線あるいは複数のROC曲線上の任意の二点間で比較が可能である．ROC解析における情報量の利用の仕方には，このような二点間比較のほか，最大情報量を求めて評価する方法がある．

日常の読影にあたり，放射線診断医の念頭から去らない問題の一つは，どの程度の確信度で診断を下すべきかということであろう．Metz[14]は，ROC曲線に費用，利得分析を加えることによって最適意志決定をとらえる方法を示したが，費用，利得の算出は一般に容易ではない．そこで問題を診断系の疾患識別能に限定して考えるなら，曲線上の伝達情報量を求めることで比較的容易に結論が得られる．

伝達情報量は有病率P(S)を変数の一つとした関数であるが，ROC曲線はP(S)とは独立に求められる．従って，同一のROC曲線を用いてP(S)の異なった場合の伝達情報量を求めることができる．前述の結果は腎局在性病変についてP(S)＝約2/3，腎細胞癌についてはP(S)＝1/3の条件下で得られた情報量であるが，実際の臨床の場でこの様な高率の有病率は考えにくい．そこで今回の実験結果を日常の臨床に帰還させて最適意志決定問題に対する一つの解答を得る為には，さらにP(S)を変化させて検討する必要がある．

前記の症例検索期間に，当科で腹部CTを施行した症例は4368例，その中で腎局在性病変と診断した症例は632例（11%），また腎細胞癌としたのは48例（1.1%）含まれていた．一方，腎シンチグラムは536例に施行し，腎局在性病変と診断したものが61例（11%）含まれていた．これらの数値は実験と異なり，臨床情報や他の検査結果を得た上での診断であり，以下の考察を進めていく上で仮の有病率と考えても大きな支障はないと思われ

Table 5　Corrected information content

			H (X) (bit)	H (Y) (bit)	H (XY) (bit)	I (XY) (bit)	n=I (XY)/H (X) (%)
renal disorder	RI	op 1	0.511	0.512	0.828	0.195	38.1
		op 2	0.511	0.696	0.990	0.217	42.2
		op 3	0.511	0.774	1.08	0.206	40.3
	CT	op 1	0.596	0.655	0.857	0.395	66.2
		op 2	0.596	0.766	1.04	0.323	54.1
		op 3	0.596	0.912	1.28	0.227	38.0
renal cell carcinoma	CT	op 1	0.0873	0.174	0.238	0.0240	27.5
		op 2	0.0873	0.396	0.457	0.0266	30.5
		op 3	0.0873	0.791	0.862	0.0166	19.0

る．そこでFig. 1A，2AのROC曲線の各動作点について，仮の有病率で伝達情報量を求めたのがTable 5である．本実験の結果（Fig. 1B，2B）と比較すると有病率が低く不確定度が減ったため，情報量も全体に減少しているが，伝達効率でみると，最大値をとる動作点は，CTについては腎局在性病変，腎細胞癌ともに変わっていない．一方腎シンチグラムでは腎局在性病変でP(S)＝2/3の場合と異なり，P(S)＝11%ではOP_2で伝達効率が最大となった．即ち，疾患識別能からみた最適意志決定レベルは次のように結論づけられる．

（1）CTによって腎局在性病変を検出する場合は確信度の高いもののみを病変ありとすべきである．

（2）CTによって腎細胞癌を診断する場合，および腎シンチグラムによって腎局在性病変を検出する場合は中程度の確信度でも陽性ととるべきである．なお予想していたことではあるが，腎シンチグラムによる腎細胞癌の診断については伝達効率が著るしく低く，質的診断には適さないと考えられた．この原因としてはIII－4「腎細胞癌のCT，腎シンチグラム所見」の項から明らかなように，腎シンチグラムでは良悪性を鑑別する所見に乏しいことが考えられる．特に腫瘍の内部構造，腎外進展の有無，他臓器との関係がわからないことは致命的な欠点である．

経験年数別にみた場合，CTによる腎局在性病変の検出では経験3年以上の医師間で，また腎細胞癌の診断では1年以上の医師間で著明な差は認められなかった．一方，腎シンチグラムによる腎局在性病変の検出では経験2年以上と未満の医師間で有意の差を認めた．但しこの差をもたらした最大の要因は，2年未満の医師の大半が研修時における数カ月の経験にすぎないことであると思われる．今回の実験のすべてを通じて経験年数の低い医師において確信度を低くした場合の伝達情報量の著明な低下を認めた．いずれの場合でも，この低下はROC曲線でみるとOP3の点における無病誤診率の増加に対応している．このことは，放射線診断医の修練には異常症例の経験を積むこと以上に，正常例を数多く見ることが効果的であることを示唆するものであろう．

V．まとめ

腎局在性病変とくに腎細胞癌に対するCTおよび腎シンチグラムの臨床的有効度を評価するためにROC解析を行なった．その結果は以下の通りである．

1）CTでは腎局在性病変，腎細胞癌ともに充分な診断能を有すると考えられる．

2）腎シンチグラムでは，腎局在性病変に対しては診断能は高いが，腎細胞癌に対する有用性は低い．従ってこの種の疾患に対してはCT，超音波断層などをまず優先して行ない，それでもなお局在性病変疑診として残るものに腎シンチグラフィーを行なうのが良いと思われる．

3）ROC曲線上の各点の伝達情報量を求めることによって，疾患識別能からみた最適意志決定レベルが得られる．今回の実験では疾患が有ると判

定する確信度を高確信度，中確信度，低確信度の三段階に分けた場合CTによる腎細胞癌の診断，腎シンチグラムによる腎局在性病変の検出ではともに中確信度，CTによる腎局在性病変の診断では高確信度において最も伝達効率が高かった．

4）経験年数別にみた場合，経験の少ない診断医では確信度を低くしたときに伝達効率が低下する傾向が強く，これは無度誤診率が低確信度で増加することに起因している．

稿を終るにあたり，御指導，御校閲を賜った恩師望月幸夫教授，多田信平助教授，川上憲司助教授に謹んで感謝の意を表します．また本研究に際し，御協力いただいた慈恵医大放射線医学教室，月岡光子助手，関根広大学院生をはじめとした教室員各位に深謝いたします．

本研究の一部は文部省科学研究補助金，総合研究(A)「主要臓器診断に対する放射線科学的検査の体系化に関する研究」（松浦班）の援助を受けました．

Appendix

情報量の計算例を以下に示す．

CTによる腎局在性病変の診断を例にとると，18名の読影者によってのべ1,008例の読影が行なわれた．その中で病変「有」と診断した場合のみを所見陽性とした時，即ちOP 1の有病正診，有病誤診，無病誤診，無病正診の各頻度を2×2マトリックスで表わすとTable 6Aのようになる．表の如く病変有りをx_1，病変無しをx_2，また所見陽性をy_1所見陰性をy_2で表わすと

$P(x_1)=711/1008 \quad P(x_2)=297/1008$

$P(y_1)=172/1008 \quad P(y_2)=336/1008$

であり，$p(x_1)$は即ち有病率である．またxi, yjの同時確率は

$P(x_1, y_1)=661/1008 \quad P(x_1, y_2)=50/1008$

$P(x_2, y_1)=11/1008 \quad P(x_2, y_2)=286/1008$

となる．従って

Table 6A

			Disease + x_1	Disease − x_2	total
CT	+	y_1	661	11	672
	−	y_2	50	286	336
	total		711	297	1008

$$H(X)=-\Sigma P(xi)\log P(xi)$$
$$=-\frac{711}{1008}\log\frac{711}{1008}-\frac{297}{1008}\log\frac{297}{1008}$$
$$=0.875$$

$$H(Y)=-\sum_{j} P(yi)\log P(yi)$$
$$=-\frac{672}{1008}\log\frac{672}{1008}-\frac{336}{1008}\log\frac{336}{1008}$$
$$=0.918$$

$$H(XY)=\sum_{i}\sum_{j} P(xi, yj)\log P(xi, yi)$$
$$-\frac{661}{1008}\log\frac{661}{1008}-\frac{50}{1008}\log\frac{50}{1008}$$
$$-\frac{11}{1008}\log\frac{11}{1008}-\frac{286}{1008}\log\frac{286}{1008}$$
$$=1.201$$

となるから伝達情報量は次のように求める．

$$I(XY)=H(X)+H(Y)-H(XY)$$
$$=0.875+0.918-1.201$$
$$=0.592$$

次に有病率が変化した場合について述べる．4368例中632例の腎局在性病変を含む系において前記と同様の確率で所見の有無について診断が下されるとすると，有病正診の頻度は632×（661/1008）＝586である．以下同様に有病誤診，無病正診，無度誤診の頻度を求めて2×2マトリックスを作るとTable 6Bのようになる．これについて前記と同様の手続きで情報量を計算すれば良い．

Table 6B

			Disease + x_1	Disease − x_2	total
CT	+	y_1	586	138	724
	−	y_2	46	3598	3644
	total		632	3736	4368

文　献

1) Goodenough, D.J., Rossmann, K. and Lusted, L. B.: Radiographic application of receiver operating characteristic (ROC) curves. Radiology, 110: 89—95, 1974

2) Turner, D.: An intuitive approach to receiver operating chracteristic curve analysis. J. Nucl. Med., 19: 213—220, 1978

3) 飯沼　武：医用画像における臨床的有効度の評価—(II) ROD解析と意志決定．核医学，17：1035—1043，1980

4) Metz, C.E., Goodenough, D.J. and Rossman, K.: Evaluation of receiver operating characteristic curve data in terms of information theory, with

applications in radiography. Radiology, 109: 297—303, 1973
5) 礎道義典：情報理論，1980，コロナ社，東京
6) Simon, T.R., Neumann, R., Gorelick, F., Riely, C., Hoffer, P. and Gottshalk, A.: Scintigraphic diagnosis of cirrhosis: A receiver operator characteristic analysis of the common interpretative criteria. Radiology, 138: 723—726, 1981
7) 松本　徹，飯沼　武，舘野之男，町田喜久雄：肝シンチグラムの臨床的有効度の定量的評価—(方法論とSOL診断のROC解析を中心に．核医学，19：51—65，1982
8) 松本　徹，飯沼　武，舘野之男，町田喜久雄：肝シンチグラムの臨床的有効度の定量的評価—(2) SOL診断の医師間変動の解析．核医学，19：441—451，1982
9) 久保田進，小林はる美，山口　学，五味　誠，小室恵二：乳腺画像診断のROC解析による診断能の評価．臨床放射線，28：293—297，1983
10) 望月幸夫：X線診断成立過程の模型化への試み．日本医放会誌，22：24—36，1962
11) Starr, S.J., Metz, C.E., Lusted, L.B. and Goodenough, D.J.: Visual detection and localization of radiographic image. Radiology, 116: 533—538, 1975
12) Swets, J.: ROC analysis applied to the evaluation of medical imaging techniques. Invest Radiol., 14: 109—121, 1979
13) Hanley, J.A. and McNeil, B.J.: The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. Radiology, 143: 29—36, 1982
14) Metz, C.E.: Basic principles of ROC analysis. Seminars in Nuclear Medicine, 8: 283—298, 1978
15) Goodenough, D.J., Metz, C.E. and Lusted, L.B.: Caveat on use of the parameter d′ for evaluation of observer performance. Radiology, 106: 565—566, 1973