

# 증감지와 격자에 따른 화상의 ROC 곡선의 평가

동아엑스선기계 방사선기술연구소

허 준 · 이선숙 · 이인자

신구전문대학 방사선과

김 성 수

## I. 서 론

화상의 평가방법으로는 MTF, RMS 입상성, Winer spectrum 및 entropy 해석 등의 물리적 화상평가법이 중요하다. 그러나 실제로 화상의 촬영계, 기록계, 처리계, 관찰계를 종합한 화상을 관찰하는 것은 사람의 시각, 지각이므로 물리적 평가와는 다르게 나타나며 이러한 시·지각을 이용한 평가법으로 Hawlet chart법과 ROC 해석 등이 있다<sup>1~6)</sup>. ROC(receiver operation characteristic) 해석은 신호 검출이론에 입각해 인간의 시각, 지각을 검출기로 취급하고 그 출력을 통계적으로 처리 및 정보이론에 따라 정량적으로 해석하는 것이다. 이때 화상의 정보는 화상을 기록하는 매체 즉 증감지, 필름, 격자, 관찰하는 환경, 관찰자의 능력에 따라 큰 영향을 받는다<sup>7~8)</sup>.

본 실험에서는 관찰하는 환경을 동일하게 하고 화상을 기록하는 매체인 증감지의 종류와 산란선을 제거하는 격자비의 연결에 따른 화상을 ROC 해석으로 평가 즉 ROC 곡선의 형상과 신호를 신호로써 바르게 검출하는 능력인 감도, 신호가 전혀 없고 잡음만 있는 것을 바르게 잡음으로 검출하는 능력인 특이도를 비교 검토한 바 있어 보고하는 바이다.

## II. 실험방법

### 1. 시료의 촬영방법

증감지의 감도에 따라 화상의 정보량을 관찰

하기 위해 희토류 증감지인 FG-4와 FG-8 그리고 regular 증감지인 Toshiba D-37을 사용하였으며 이때 격자에 따른 정보량을 살펴보기 위해 격자비 6:1, 8:1, 10:1을 연결하였다. 사용한 X선 발생장치는 Dong-A DXG-325 (30 mA, 125 kV)이었으며 촬영조건은 FFD 100 cm, 관전압 80 kV, 피사체로 acryl 30 cm × 30 cm × 16 cm를 사용하였으며 사진농도가 0.75 ± 0.1이 되게 관전류량을 조절하였다.

신호로는 직경 2 mm, 두께 2 mm의 아크릴구를 2개 사용하였으며 신호의 위치는 acryl phantom의 중간지점인 acryl 8 cm 위의 위치에 두었으며 촬영은 신호가 있을 때와 없을 때(증감지의 감도별, 격자비별) 각 각 50매씩 총 900매를 촬영하였다.

### 2. ROC 곡선의 작성

촬영작성된 시료는 random으로 관찰자에게 제시하여 4명의 방사선사가 평균조도 7500 lux 인 관찰대에서 관찰거리 30 cm, 관찰시간을 10 초의 단시간으로 하여 미소신호가 있는 것과 잡음만 포함된 것의 총 900매를 관찰하였다. 이때 다음의 판정요령에 따라 5단계로 분류 응답하였다.

I. 신호는 절대 없다.

II. 신호는 아마 없을 것이다.

III. 알 수 없다.

표 1. 판정결과

증감지,	격자비	신호	판 정 기 준				
			I	II	III	IV	V
FG-4	6 : 1	P(S/s)	1.0	0.935	0.815	0.540	0.270
		P(S/n)	1.0	0.270	0.065	0.035	0.000
	8 : 1	P(S/s)	1.0	0.985	0.915	0.725	0.515
		P(S/n)	1.0	0.360	0.030	0.020	0.005
	10 : 1	P(S/s)	1.0	1.000	1.000	0.935	0.695
		P(S/n)	1.0	0.305	0.120	0.040	0.005
FG-8	6 : 1	P(S/s)	1.0	0.845	0.695	0.425	0.190
		P(S/n)	1.0	0.330	0.085	0.055	0.005
	8 : 1	P(S/s)	1.0	0.990	0.965	0.805	0.480
		P(S/n)	1.0	0.395	0.095	0.003	0.001
	10 : 1	P(S/s)	1.0	0.975	0.915	0.650	0.435
		P(S/n)	1.0	0.340	0.085	0.020	0.000
D-37	6 : 1	P(S/s)	1.0	0.585	0.305	0.200	0.055
		P(S/n)	1.0	0.590	0.365	0.260	0.004
	8 : 1	P(S/s)	1.0	0.955	0.795	0.615	0.320
		P(S/n)	1.0	0.440	0.185	0.095	0.020
	10 : 1	P(S/s)	1.0	0.985	0.915	0.700	0.375
		P(S/n)	1.0	0.580	0.200	0.125	0.015

IV. 신호는 아마 있을 것이다.

V. 신호는 절대로 있다.

이 응답에 따라 각 단계의 응답수로 집계한 다음, 누적수를 전체의 응답수로 나누어 조건에 대한 확률 P(S/s)와 P(S/n)을 구하였다. 그 후 종축에 P(S/s), 횡축에 P(S/n)을 표시하여 ROC 곡선을 작성하였다.

### 3. 감도와 특이도 산출<sup>1,7)</sup>

증감지와 격자비에 따른 화상을 관찰하여 신호를 신호로써 바르게 검출하는 능력인 감도(sensitivity)와 신호가 전혀 없고 잡음만 있는 것을 바르게 잡음만으로 검출하는 능력인 특이도(specificity)를 다음과 같이 구하였다.

$$\text{감도}(\%) = \frac{\text{참의 양성수(TP)}}{\text{관찰한 신호의 총수(TP+FN)}} \times 100$$

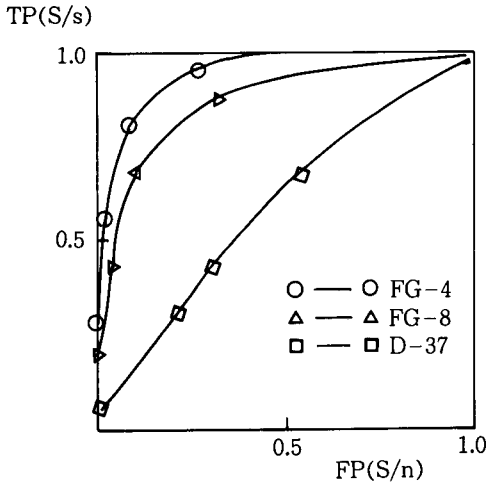
$$\text{특이도}(\%) = \frac{\text{참의 음성수(TN)}}{\text{관찰한 잡음의 총수(TN+FP)}} \times 100$$

## III. 결 과

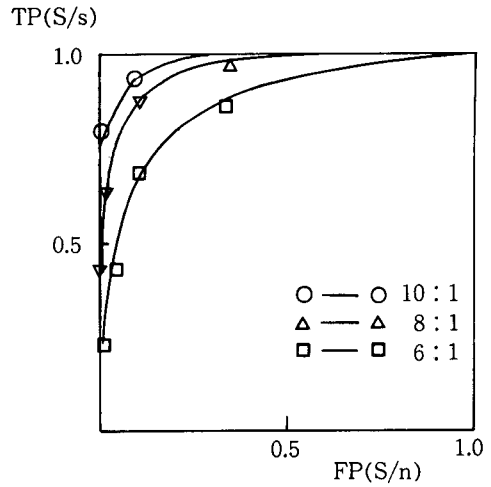
### 1. 증감지와 격자비에 따른 ROC 곡선

4명의 판독자가 일정한 관찰조건상태에서 증감지의 종류별로 신호가 있는 경우와 없는 경우를 random으로 관찰한 판정 결과는 표 1과 같으며 이에 따라 ROC 곡선을 작성하였다. 증감지에 따른 ROC곡선의 형상은 그림 1과 같이 선예도형 증감지 일수록 TP(S/s)=1.0, FP(S/n)=1.0에 즉 좌상방에 가까와 지는 것을 알 수 있다(그림 1 참조).

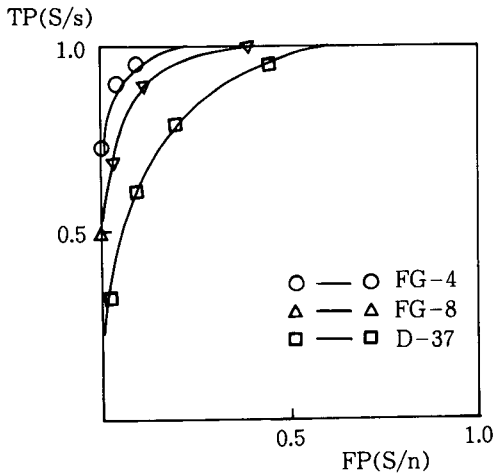
한편 산란선 제거능력을 나타내는 격자비에 따른 ROC 곡선의 형상을 관찰한 결과 격자비가 증가할수록 TP(S/s)=1.0과 FP(S/n)=1.0



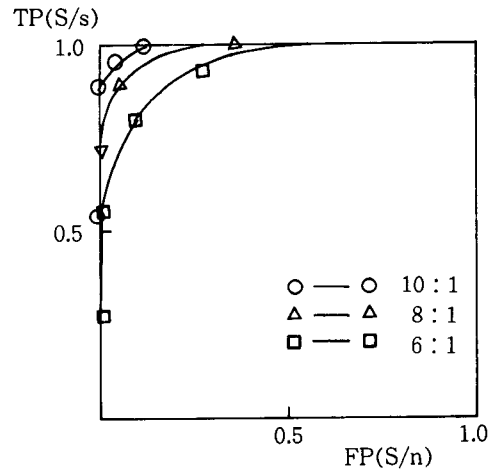
(A) 6 : 1 격자시 증감지에 따른 ROC곡선



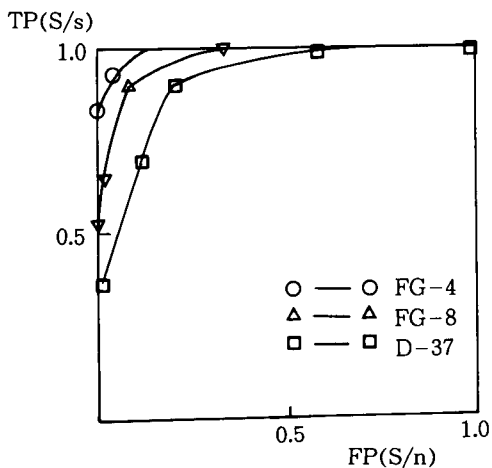
(A) FG-4 증감지시 격자에 따른 ROC곡선



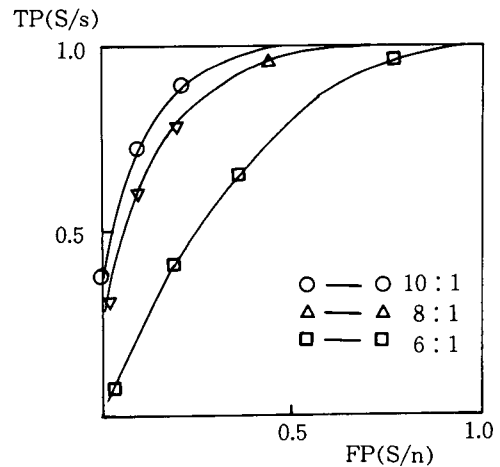
(B) 8 : 1 격자시 증감지에 따른 ROC곡선



(B) FG-8 증감지시 격자에 따른 ROC곡선



(C) 10 : 1 격자시 증감지에 따른 ROC곡선



(C) D 37 증감지시 격자에 따른 ROC곡선

그림 1. 증감지별 ROC 곡선

그림 2. 격자별 ROC 곡선

즉 좌상방으로 가까와 지는 경향을 나타냈다 (그림 2 참조).

## 2. 증감지와 격자비에 따른 감도와 특이도

판정결과에 따라 신호를 신호로써 바르게 검출하는 능력인 감도와 잡음을 잡음으로써 바르게 검출하는 능력인 특이도를 산출한 결과 표 2와 같다. 즉 6 : 1 격자시 FG-4는 감도 80.6 %, FG-8은 55.1 %, D-37은 11.7 %이었고, 8 : 1 격자사용시 FG-4는 감도 97.2 %, FG-8은 감도 94.6 %, D-37은 감도 93.8 %로 나타나 증감지의 선예도 증가시 감도는 증가되었으며 격자비가 증가할 때도 마찬가지로 감도는 증가되어 신호를 바르게 검출하는 능력이 커지는 것을 알 수 있다.

증감지와 격자비에 따른 특이도를 살펴보면 6 : 1 격자시 FG-4는 100 %, FG-8은 99.3 %, D-37은 91.1 %이었고, 8 : 1 격자시 FG-4는 99.3 %, FG-8은 98.4 %, D-37은 96.6 %로 나타났고 10 : 1 격자사용시에는 FG-4는 99.3 %, FG-8은 100 %, D-37은 96.6 %로 나타나 증감지가 선예도형일수록, 격자비가 높을수록 잡음을 잡음으로 검출하는 능력이 커졌다(표 2 참조).

표 2. 증감지의 감도와 격자비에 따른 감도와 특이도

그리드	특성		특이도(%)
	증감지	감도(%)	
6 : 1	FG-4	80.6	100
	FG-8	55.1	99.3
	D-37	11.7	91.1
8 : 1	FG-4	97.2	99.3
	FG-8	94.6	98.4
	D-37	87.7	99.6
10 : 1	FG-4	100.0	99.3
	FG-8	98.0	100
	D-37	93.8	96.6

## IV. 고 찰

ROC 곡선은 화상을 검출하는 시각에 따른

평가방법 중에서 가장 우수한 방법으로 화상해석과 화상평가방법으로 중요한 위치를 차지하고 있으며 이 방법은 물리적인 측정법에다 피사체 스펙트럼을 도입하여 검출기의 전달함수 그리고 부가된 잡음까지 포함한 종합화상 평가법으로 이 체계만이 수광계가 가지고 있는 화질의 이중성을 설명해준다<sup>7~10)</sup>.

그러나 이러한 특성은 실제 물리적인 데이터인 MTF, Winer spectrum, entrophy 등과 많은 차이가 있다. 그 이유는 어떤 물리특성이 있는 한매의 화상이 제시되어도 관찰자의 경험, 인식능력, 시점이 다르면 실제로 시각에 의한 평가가 다를 경우가 생기기 때문이다.

따라서 ROC 곡선은 많은 시료를 작성해야 하고 시행의 횟수, 관찰자의 경험연도, 관찰거리와 관찰 시간, 반응, 필름의 종류, 격자의 종류 등에 따라 ROC 곡선에 영향을 주므로 그 정도를 높이기 위해서는 많은 주의가 필요하다<sup>8,11)</sup>.

白石<sup>8)</sup>에 의하면 ROC 평가시 관찰거리 50 cm, 관찰시간 10~18 sec가 적당하다고 하였다. 본 실험에서는 관찰 상태에 따른 영향을 줄이기 위해 관찰거리 30 cm, 관찰시간 10초로 하고, view box의 밝기도 평균 7500 lux 정도 되는 것을 사용하였다.

검출능을 알기 위한 미소신호로써 아크릴구와 같은 양성신호와 아크릴판에 구멍을 낸 음성신호가 있으나, 본 실험에서는 직경 2 mm인 아크릴구를 사용하였으며, 신호를 random으로 부착하여야 하나 본 실험에서는 아크릴판 30 × 30 cm 크기의 양외측 지점에 대칭으로부터 관찰하는 자의 주관성에 많은 영향을 미쳤다고 생각하며, 기본농도는 0.6~1.0<sup>9)</sup>에 해당하는 소지농도 0.78 정도가 되게 조정하였다.

한편 화상 및 화상기록계의 시각·지각평가를 하는 ROC해석시 그 평가순서로써 ROC 곡선의 형상위치, 감도와 특이도, 최대정보량이 사용되고 있으나, 본 실험에서는 ROC 곡선의 형상과 감도, 특이도를 가지고 화상을 평가하였다<sup>1)</sup>.

許<sup>11)</sup> 등에 의하면 회토티 증감지에 편편필름을 연결한 G-8/MI-NC가 regular 증감지에

양면필름을 연결한 MS 양면/New Rx보다 검출능이 우수하게 나타난 것과 마찬가지로 본 실험에서도 증감지/필름 연결에 따라 ROC 곡선은 증감지가 저감도이며 고선에도 시 감도와 특이도가 증가되었으며 적절한 격자비를 조합하여 산란선을 제거함에 따라 검출능력이 증가 되는 것을 알 수 있었다.

ROC 해석은 인간의 시각·지각을 검출기로 취급하고 그 출력을 통계적처리 및 정보이론에 따라 정량적으로 해석하는 것이나 이 방법은 화상의 공간주파수 성분이 극히 저주파인 부분만을 취급하는 것도 사실이다. 흉부X선 사진과 같이 많은 정보묘사를 목적으로 할 경우에 시각에 의한 평가법과 물리적평가에는 큰 차이가 있으며 집단검진이나 특정질환에 있어서는 시각적 평가법이 단연 우수하다. 따라서 앞으로 검출기로서 인간의 시각·지각의 MTF, Winer spectrum이 병행하여 실시될 때 화상의 평가 방법은 통합되어 물리적평가와 시각적평가의 일치를 이루게 될 것이다.

## V. 결 론

ROC 곡선에 의해 화질을 평가한 결과 화상의 정보량은 수광계인 증감지나 격자 각각에 의한 것 보다는 촬영부위에 적절한 증감지와 격자를 조합선정하는 것이 신호를 신호로서 바르게 인식하고, 신호가 전혀 없고 잡음만 있는 것을 바르게 잡음으로 검출하는 능력이 큰 것을 알 수 있었으며 이 평가법은 물리적평가법과 병행하여 실시될 때 시각적 평가와 일치를 이루게 될 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 許 俊：放射線像情報學，新光出版社，79～86，1991.
2. 許 俊：放射線畫像情報技術，新光出版社，95～105，1979.
3. 內田勝，金森仁志，稱律博：放射線畫像情報工學(I) 通商産業研究社，238～250，1980.
4. 內田勝，山下一也，稱律博：放射線技術者のための畫像工學，通商産業研究社，1979.
5. Kunio Doi 外：MTF and Winner spectra of radiographic screen film system, Vol 2, us Department of health and human service, FDA, 1986.
6. 內田勝，金森仁志，稱律博：46(6)，831～839，1990.
7. Charles E Metz：ROC 解析の基礎 日本放射線技術學志，46(6)，831～839，1990.
8. 白石順二，山下一也：ROC 評定における觀察時間と觀察距離—單純な信號の場合—日放技學志，47(11) 1937～1942，1991.
9. 小倉明夫：視覺評價における信號サイズの檢出依存性と粒狀モトルの關係について. 日本放射線技術學會雜誌 47(1)：1～7，1991.
10. 苦松孝司：放射線醫療畫像の解析に關する問題点とその展望(ROC曲線による畫像評價). 日本放射線技術學會雜誌 40(2)，259～265，1984.
11. 허 준 외：ROC 곡선에 의한 화질의 평가 韓放技學志 14(2)：33～36，1991.