速 報

ファジィ測度論による胸部画像の総合的画質評価

山 下 一 也

大阪大学医療技術短期大学部

Key words: Fuzzy, Fuzzy measure, image quality evaluation

EVALUATION OF IMAGE QUALITY OF CHEST-RADIOGRAPHS ON
FUZZY MEASURE

KAZUYA YAMASHITA

College of Bio-Medical Technology, Osaka University

はじめに

この2, 3年, 新しいモダリティの開発と臨床的適用によって, 画像解析や画像・画質の評価の水準は格段に高くなってきている。アナログ画像からデジタル画像への不断の移行の状況のなかにおいても, 画像のもつ特性: 画質は, 物理的にしろ臨床的にしろ「コントラスト」「鮮鋭度」「粒状性」が, その主要な要素であることに変わりがない。

本研究は, これらの要素を評定・判断するときに生じる「あいまいさ」や「不確かさ」を積極的に評価し, それに「客観的」な性格を与えるためにファジィ理論を適用して, 総合的な表現手段を開発することを目的にしている。ファジィ理論には, 大別してファジィ集合論とファジィ測度論がある。一般に前者は, 言葉の意味や概念の定義にみられる曖昧性を対象にするものであり, 後者は判断や評価するときにみられる曖昧性を対象にするものである。

本研究では, 後者のファジィ測度論によって, 胸部画像の総合的な画質評価を試みる。

ファジィ測度とファジィ積分¹⁻⁵⁾

簡単にファジィ測度とファジィ積分について説明をしておく。

いま, $X = A\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ を有限集合, $P(X)$ を X のべき集合としたとき, $P(X)$ 上の集合関数 $m: P(X) \rightarrow [0, \infty]$ が次の性質を持つとき, この m をファジィ測度という。

$$m(\phi) = 0.0 \quad (1)$$

ただし, ϕ は空集合である。

ここで, 単調性を持つときは,

$$A \subset B \subset X \Rightarrow m(A) \leq m(B) \quad (2)$$

であり, また加法性があるときは,

$$\left. \begin{aligned} A, B \subset X, A \cap B = \phi, \\ m(A \cup B) = m(A) + m(B) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

である。

ここで, X の要素を $H(x_1) \geq H(x_2) \geq \dots \geq H(x_n)$ と並べ換えたとき, ファジィ積分 (Choquet 積分) E は,

$$\begin{aligned} E = & H(x_n) \cdot m(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n) \\ & + [H(x_{n-1}) - H(x_n)] \cdot m(x_1, x_2, \dots, x_{n-1}) \\ & + \dots + \dots + \dots \\ & + [H(x_1) - H(x_2)] \cdot m(x_1) \end{aligned} \quad (4)$$

である。

実験の方法

①胸部画像のなかで, 診断に必要と考えられる部分を5箇所選び, それを評価計量の主眼点とする。

I: 肺縦隔境界線, II: 肺門近傍の左右の肺動脈影と

気管支影, III: 左右の横隔膜弓, IV: 心陰影に重複した血管影, V: 右上中肺野の末梢部の血管影である。併せて, VI: 胸部画像全体の印象的画質, も加える。

②胸部画像の画質を評定する要素は, 一般的に用いられている鮮鋭度, 粒状性, コントラストの 3 要素とする。そして, それらに付与される系列値は 5 点法で,

大変よい = 5, ややよい = 4, 普通 = 3, ややわるい = 2, 大変わるい = 1

と配点する。

③評価の対象は, 大学病院 (A1, A2): 2, 総合病院 (B): 1, 会社診療所 (C): 1, の 4 施設で日常的に撮影されている胸部 X 線写真それぞれ 5 枚, 計 20 枚である。したがって, 各施設での撮影条件や増感紙/フィルム系, 現像処理条件などをすべて考慮した撮影システムの総合的な評価になる。

④読影者 (評定者) は, 読影の経験が 5 年から 40 年の 6 名の放射線専門医で行い, 読影 (評定) 上の諸条件は, その施設で日常的に使用している環境のなかで行う。ただし観察の方法や手順については, 事前に一定の方法を申し合わせておく。

⑤ファジィ測度の配分は, 鮮鋭度 (S) = 0.3, 粒状性 (G) = 0.2, コントラスト (K) = 0.5 とする。また X 線写真の画質要素が複合されたときには, 一般にそれぞれの要素のファジィ測度の単純な和にならず相乗効果 (優加法性) か, 相殺効果 (劣加法性) が働く。そこで複合時のファジィ測度の配分を次のように定める。

$m(S, G) = 0.3$: 劣加法性

$m(S, K) = 0.9$: 優加法性

$m(G, K) = 0.6$: 劣加法性

ただし, $m(S, G, K) = 1.0$ とする。

このファジィ測度の配分は, 各読影者の臨床上の経験的な意見を考慮して任意に決めた。

⑥各施設の 5 枚の胸部 X 線写真の 6 箇所の計量評価の主眼点を, それぞれ各読影者が評定し, 画質の 3 要素に評価点を与える。その評価点を各要素で総計する。この総計した総合点を用いて, (4) 式のファジィ積分を展開させ数値計算する。ただし, $H(x_n)$ の項を各要素の評価点とし, $m(x_n)$ の項は配分したファジィ測度とする。

結 果

以上の計算で得られた総合的な評価点を次表でしめす。

また, 結果を比較棒グラフで示したものが, Fig. 1 である。あらためて提出する本論文で詳述するが, 胸部画像

	I	II	III	IV	V	VI
A1	91.0	88.9	102.7	80.7	81.2	85.9
A2	89.0	98.3	106.5	80.6	109.6	103.8
B	96.8	97.3	97.8	89.4	97.1	98.9
C	83.7	91.4	98.2	76.2	83.5	83.9

Fig. 1 Comparative evaluation of the radiographic systems (A1, A2, B, and C) on the chest-points (I-VI).

I: Mediastinal lines

II: Both pulmonary artery markings and bronchus shadow of hilar region

III: Both domes of hemidiaphragm

IV: Pulmonary markings of retrocardiac area

V: Lung markings of right upper- and mid-lung

VI: Impressive overall quality of chest-radiograph

の計量評価の主眼点 I ~ V を総合的な画質の構成要素と考え, それぞれに⑤と同様に単独・複合のファジィ測度を与えファジィ積分を計算した結果を下表に示し, これを各施設における胸部画像の総合的な画質評価とする。Fig. 2 は, それをグラフで図示比較したものである。

	総合的な画質評価点	正規化 (満点に対する比):	
		総合的な画質評価 (満点: 450点)	[VI] (満点: 150点)
A1	259.9	0.578	0.573
A2	291.4	0.648	0.692
B	288.2	0.640	0.659
C	253.1	0.562	0.559

Fig. 2 Comparison of the integrated evaluations of the quality with the impressive overall quality of the chest-radiograph (VI).

考察と結果

- ①胸部の計量評価の主眼点 (I～VI) のそれぞれにおける総合的評価点において獲得される評価点は、0点から満点：150点の間に配点される。したがって評価点が高いほどそれらの総合的(鮮鋭度、粒状性、コントラスト)画質が優れていることになる。
- ②結果から明らかなように、大学病院 A2 が全体に高い評価点を得ている。しかし各主眼点で平均して高い評価点を獲得したのは総合病院 B である。この両者は、使用している X 線管焦点がいずれも 0.6×0.6 であり、前者の増感紙/フィルム系が高鮮鋭度システムであり、後者がいわゆる L タイプのフィルムを使用していることから妥当な結果である。
- ③IV の「心陰影に重複した血管影」は、各施設とも評価点が低い。これは血管影の追及が非常に困難な部分であるため、判断の曖昧性が高いことを表している。
- ④総合的画質評価と、主眼点が VI の「胸部画像全体の印

象的画質」とが、全く別個の評価点で計算したにもかかわらず非常によく一致した。これは、読影者の直感的な画質に対する印象が、比較的個々の計量に対して的中しているものと考えられて興味深い。

また、これらからも明らかなように、A2 と B が他の施設に比較して、格段に高評価点を獲得していることから撮影システム全体そのものが、総合的に優れているものと考えられる。

ファジィ測度論にもとづき胸部画像の広い意味での総合的画質評価を行った。非常に日常的感觉に一致した結果が得られた。これらの主観的評価といわゆる物理的評価を相関させることも可能である。また、読影者の曖昧性も計量できる。本論文であらためて報告する。

この研究速報では、とりあえず山下の名前で報告したが、本研究には多くの共同研究者がいる。本論文提出の際は、これらの共同研究者と共同名義にしたい。

引用文献

- 1) 菅野道夫：Fuzzy 測定と Fuzzy 積分，計測自動制御学会論文集，8，2，218-226 (1972)。
- 2) 菅野道夫：Fuzzy 測定の構成と Fuzzy 積分によるパターン類似度評価，計測自動制御学会論文集，9，3，361-368 (1973)。
- 3) Sugeno, M.: Fuzzy Measures and Fuzzy Integrals: A Survey, in M.M. Gupta, G.M. Saridis and B.R. Gaines Eds., Fuzzy Automata and Decision Process, 89-102, North-Holland, Amsterdam (1979)。
- 4) 浅居喜代治他編：ファジィシステム理論入門，135-145 (1987)，オーム社。
- 5) 水木雅晴：ファジィ理論とその応用，149-153 (1991)，サンエンス社。