

日本人女性甲状軟骨の超軟X線像からの年齢推定

佐野 嘉 則

近畿大学医学部法医学教室

Estimation of age from soft X-ray findings of Japanese females thyroid cartilages

Yoshinori Sano

Department of Legal Medicine, Kinki University School of Medicine, Osaka Japan

ABSTRACT

A method for estimating the age at death using the image processing of soft X-ray pictures of the thyroid cartilages of Japanese females was examined. The specimens were collected from 513 individuals between 15 and 95 years of age. The age estimation equations were derived using materials from the individuals 20 to 80 years of age. The perichondrium was removed before taking their soft X-ray pictures. Prior to the image processing, subjective assessment was made on the indices of gross morphological findings. The soft X-ray pictures showed increasing ossification with age. Four indices for image processing were introduced. They were ossification rate (OSFR) and secondary moment (GLDM), contrast (GLDC), and entropy (GLDE) based on the Gray Level difference statistics. Only GLDM showed an exponential variation and the others linear variation. Corresponding to each index, four age estimation equations were obtained. These age estimation equations showed accuracies of 70% or more for the age range of ± 5 years and about 90% for the age range of ± 8 years. The equations were applicable in the age range of 20 to 80 years and were sufficiently accurate to be applied for age estimation in the field of person appraisal in legal medicine.

Key words : personal identification, age determination, image processing, thyroid cartilages, ossification, radiograph

緒 言

法医学実務にとって、身元不詳死体の個人識別はきわめて重要な課題の一つであり、血液型やDNAの鑑定をはじめとして、さまざまな手法の研究がおこなわれている。なかでも、高い

精度を持って年齢を推定することは、学問的興味のみならず、捜査効率の観点からも不可欠の課題であるといえる。当法医学教室では、「年齢推定のための組織学的研究」を研究の主要テーマとして取り組んできており、精巣白膜¹、皮膚^{2,3}、大動脈^{4,5}、副腎⁶、睪丸⁷、肋骨⁸、甲状

軟骨⁹⁻¹¹, 恥骨結合部¹², などからの年齢推定に関する研究を続けている。

人体組織には, 顔貌や皺に代表される目視所見で概略の年齢を推定しうる加齢変化を始めとして, 臓器の重量, 寸法などの加齢変化, あるいは加齢にともなう骨小柱喪失による粗鬆化に見られるような組織の微細構造の加齢的变化が認められ, さまざまな報告がなされている。臓器あるいは軟組織の加齢的变化では, 脾臓被膜の厚さ¹³, 肺臓炭粉沈着度¹⁴, 精巣の組織学的所見¹⁵, 膵臓の組織学的所見¹⁶, 睪丸重量¹⁷, などの報告がある。硬組織の加齢的变化については, 肋骨・肋軟骨¹⁸⁻²⁴, 鎖骨²⁵, 胸骨・恥骨²⁶⁻³², 脛骨³³ などからの年齢推定に関する報告がある。

著者は, 日本人女性の甲状軟骨を資料として, その加齢変化を定量的に計測し, 年齢推定式を算出することを目的として研究をおこなった。主たる加齢変化は化骨である。甲状軟骨の超軟X線像を撮影し, 目視所見と杉山らの報告^{9,10}, および稲沢の報告¹¹ をふまえて年齢評価指標を設定し, 画像処理によって年齢評価指標を計測した。えられたデータに統計学的処理をおこなうことにより年齢推定式を算出した。

資料および方法

1. 資料の採取と超軟X線による撮影

日本人女性513例のヒト甲状軟骨を大阪府内の剖検例からえた。資料の年齢構成は Table 1 に示すとおりである。資料は, ホルマリン固定したのち左右の側板を分離し, 骨膜および附着しているその他の軟組織を除去した。甲状軟骨の厚さは, 0.5ないし 3 mm 程度の厚さで, 上甲状結節部のみ 5 mm 前後とやや分厚くなっているものの, 非常に薄い組織であるため, 甲状軟骨の超軟X線像がえられるような線量を設定すると残留軟組織が像として現れ, 化骨部との区別がつきにくいためである。

超軟X線像の撮影は, フィルムケースの上に分離した左右の甲状軟骨側板, 解剖番号を表す鉛製数字およびグレースケールをえるためのフ

Table 1 Collected specimens and their distribution versus age

age	collected specimens	
	cases	percentage
~19	32	6.2
20~29	60	11.7
30~39	71	13.8
40~49	59	11.5
50~59	106	20.7
60~69	84	16.4
70~79	56	10.9
80~	45	8.8
total	513	100.0

ァントムを配置しておこなった。ファントムは幅 10 mm 厚さ 0.2 mm のマイラーフィルム短冊15枚を積層し, 端部に 1 mm 厚のジュラルミン板配置したもので, 短冊の長さを段階的に変えることによりフィルム上に白から黒までの16ステップのグレースケールがえられる。これにより現像時のフィルムの濃度管理および画像処理時の照光レベル管理をおこなった。撮影および現像に用いた主な機材および条件は次のとおりである。

超軟X線発生装置 SOFTEX 社製, CMR 型

陽極電圧 45 KV
陽極電流 1.2 mA
焦点距離 60 cm
曝射時間 80秒

フィルム X-RAY FILM FR

(富士写真フィルム社製)

自動現像機 Hi-RHEIN (ニックス社製)

現像剤 レンドール
(富士写真フィルム社製)

定着剤 フジフィックス
(富士写真フィルム社製)

現像液温度 25°C

現像時間 5分

定着時間 10分

撮影結果の例は Fig. 1 に示すとおりで, (a)は24歳, (b)は58歳, (c)は88歳の女性甲状軟骨の超

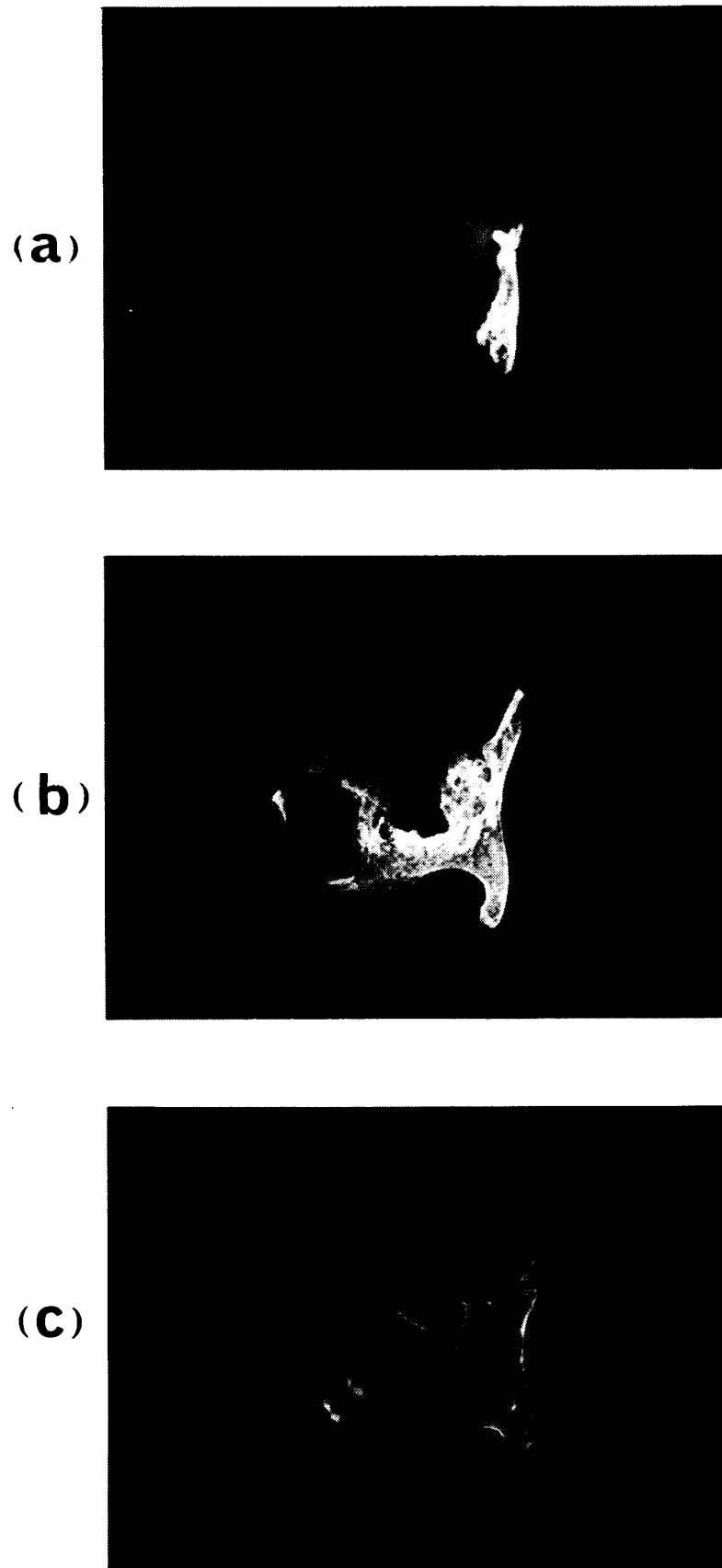


Fig. 1 Typical soft X-ray pictures of thyroid cartilages of Japanese females in different ages. Ossificated regions increased with age.
(a) 24 years old (b) 58 years old (c) 88 years old

軟X線像である。加齢とともに化骨面積が増加していることがわかる。

2. ヒト甲状軟骨の加齢変化と年齢評価指標の計測

2.1. ヒト甲状軟骨の加齢変化

ヒト甲状軟骨の主要な加齢変化は化骨であり、ホルマリン固定した側板には黄色を呈する化骨領域が目視的にも認められる。化骨の程度についてはすでに次のことが報告されている^{9,10,11}。

- ① 20歳以上の男女に発現する
- ② 化骨面積は加齢とともに増大する
- ③ 化骨の度合いは男女で異なる
- ④ 高齢者には石灰化と粗鬆化がある

これらの加齢変化を客観的かつ定量的に計測するために、日本人女性ヒト甲状軟骨の超軟X線像に画像処理技術を応用し、化骨率、グレーレベル差統計にもとづくコントラスト、2次モーメントおよびエントロピーを計測した。

2.2. 画像処理装置およびソフトウェア

画像処理装置は次のハードウェアおよびソフトウェアから構成されている。

(1) 画像処理装置

IV-80；(株)イーゼルシャープ製

画像処理専用のLSIを実装しており、ホストコンピュータから処理指令を受けてハードウェアにより画像処理を実行し、処理結果をモニタ上に表示するとともに、数値データをホストコンピュータに送出する。処理対象画像はTVカメラによって取り込まれる。

(2) ホストコンピュータ

PC-9801 RX；日本電気(株)製

画像処理装置が備えている処理機能の名称をモニタ上で文字列として配列すると、配列の順序で画像処理装置に処理指令を与え(オートスクリーンコマンド)、処理結果を収集してデータファイルに格納する。

(3) TVカメラ

DXC-77RR；ソニー(株)製

CCD (Charge Coupled Device) を撮像素子

とする白黒TVカメラ。使用レンズはNIKOR f=50 mm, F=2.8。外光による擾乱を避けるために、撮像空間を暗箱で覆い、低濃度レベルで高い信号品質がえられるようにした。

(4) 透過照明光源

LIGHT BOX A3；(株)SFC製

高周波(20 KHz)で点灯された蛍光灯を光源とするシャーカステンとコピースタンドを併用して照光面の垂直上方にTVカメラを装着して超軟X線フィルムを撮像した。

(5) オッシロスコープ

V-522；(株)日立電子製

超軟X線像に焼き込まれたファントムからえられるグレースケール信号の波形を表示し、白レベルの信号が常に一定電圧となるように照光強度およびTVカメラの絞り値を調整した。また、ブラウン管のスクリーン面に標準のグレースケールを線刻し、超軟X線像の品質チェックをおこなった。

(6) ソフトウェア

X線像解析ソフトウェア；

オートスクリーンコマンド機能を用いて、TV画像の取り込み、グレーレベル差統計の生成、2次モーメントの計算などの一連の処理を記述し、画像処理の実行条件と実行指令を画像処理装置に与えた。処理によってえたデータを収集し、Lotus 1-2-3を用いて統計処理をおこなった。

2.3. 画像処理の手順と方法

画像処理は次の手順でおこなった。

- (1) 照光強度、絞り値調整等の撮像系のセットアップ
- (2) 映像の取り込み(A/D変換)
- (3) ROI抽出用LUT(Look Up Table)の設定
- (4) 甲状軟骨全体の2値化
- (5) 甲状軟骨全体の面積計測
- (6) 化骨部ROI抽出用LUTの設定
- (7) 化骨部の2値化
- (8) 化骨部の面積計測
- (9) グレーレベル差統計行列の生成

- (10) グレーレベル差統計行列によるコントラストの計測
- (11) グレーレベル差統計による2次モーメントの計測
- (12) グレーレベル差統計によるエントロピーの計測

グレーレベル差統計は、着目した画素から指定した画素数だけ離れた位置にある画素のレベルが同じレベルである確率から計算される統計量である。

TV カメラの映像信号は、画像処理装置内で1サンプル当たり8ビットの精度でA/D変換(Analog to Digital conversion)され、2進数で表された画像データとしてイメージメモリに格納される。黒レベルは10進数の0(2進数で00000000)、白レベルは10進数の255(2進数で11111111)に量子化され、白から黒までの範囲が256レベルに分割される。ちなみに、中間レベルの128レベルは2進数で10000000である。

日本人女性甲状腺軟骨超軟X線像の濃度ヒストグラムを計測すると、Fig. 2に示すようになる。横軸は濃度値で、最小値は0、最大値は

255である。縦軸は各濃度値の出現頻度で、単位は画素数である。ヒストグラムには顕著な二つの深い谷(図の矢印部)がある。低濃度側から見て第1の谷は背景の低濃度レベルの領域と軟骨部との境界に対応しており、濃度値の0から第1の谷までの濃度は背景部の濃度、第1の谷から高濃度側の第2の谷の区間は軟骨部の濃度に対応し、第2の谷から上の領域は化骨部に対応している。背景部、軟骨部および化骨部に明瞭な濃度差があるため、これを利用して谷のレベルを閾値として2値化すると、それぞれの領域をROIとするマスクを生成することができる。Fig. 3(a)は58歳女性の一例で、第1の谷のレベルを閾値として2値化するとFig. 3(b)に示すように側板全体の図形がえられる。このマスクは、グレーレベル差統計を求めるときのROIであり、また、化骨率を算出するときの分母である。同様に、第2の谷のレベルを閾値として2値化をおこなうと、化骨部のみが抽出され、Fig. 3(c)に示す結果となる。なお、Fig. 3(c)では、ROI抽出結果と超軟X線像との目視照合を容易にするために、第1の谷のレベル±1レベルの範囲の画素も白レベルに変換

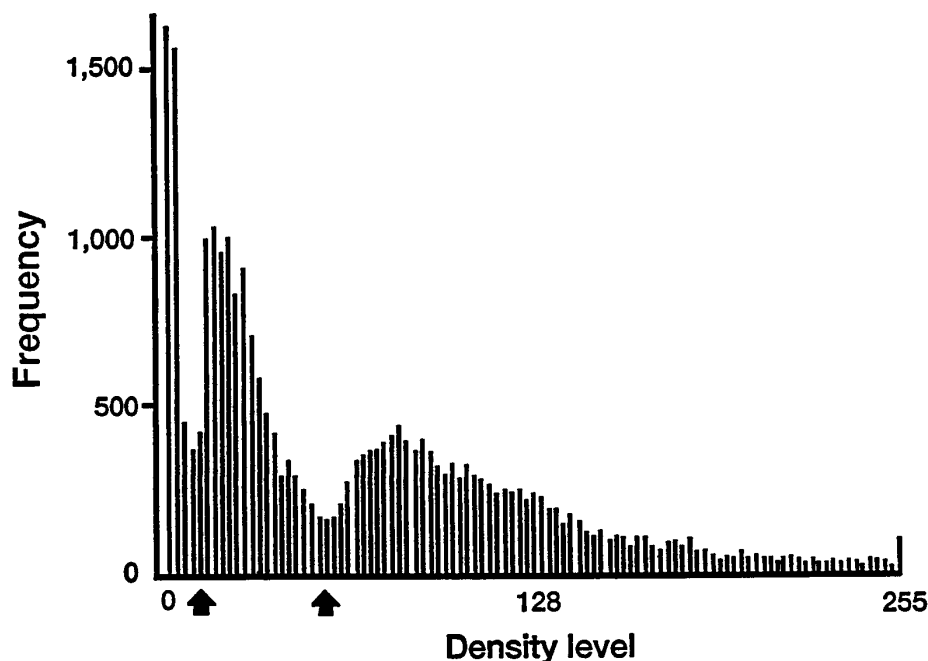


Fig. 2 A typical histogram of a soft X-ray picture of thyroid cartilages of a Japanese female having two deep valleys pointed by arrows

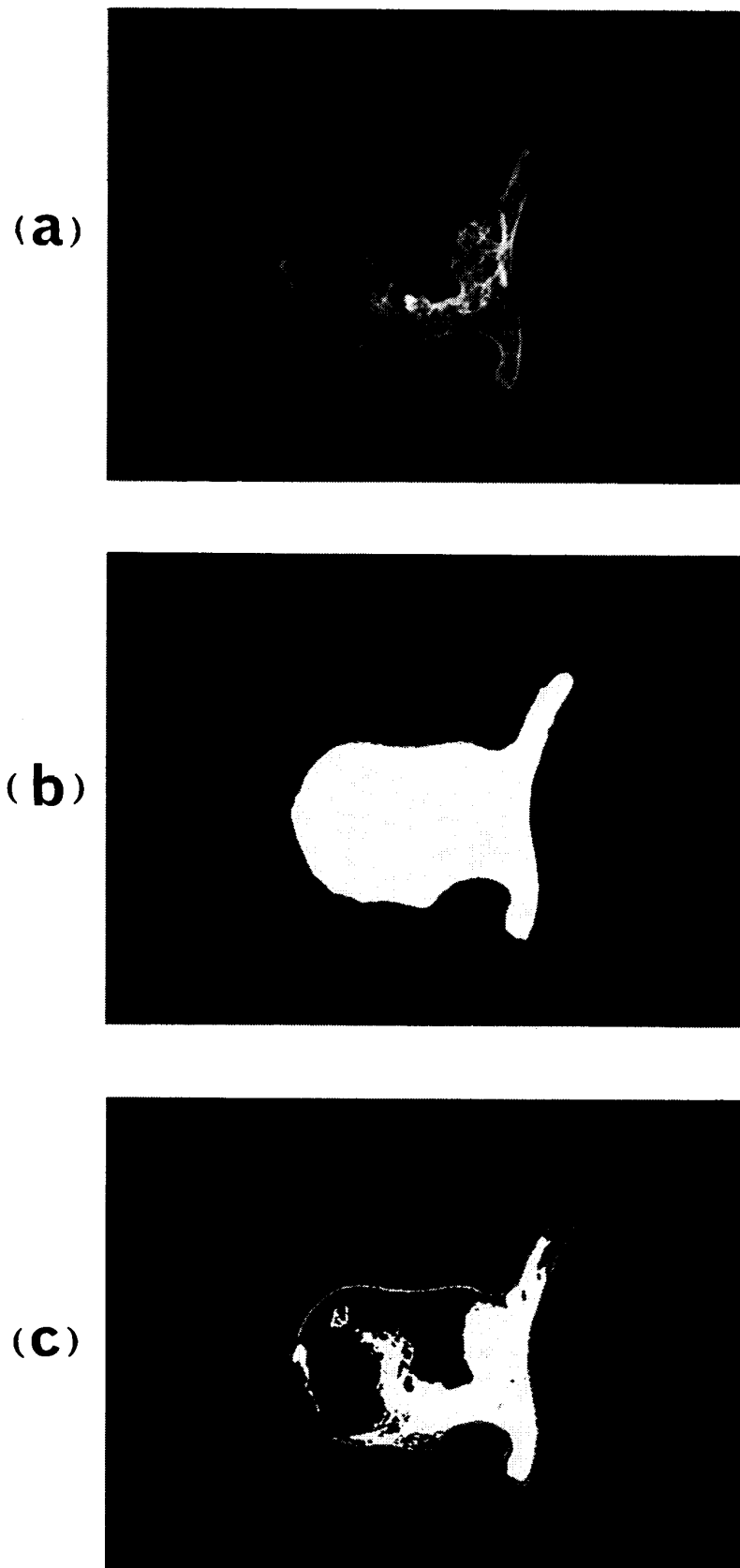


Fig. 3 An example of extracted ROI by the image processing
(a) original soft X-ray picture
(b) extracted whole thyroid cartilages
(c) extracted ossificated region

して側板全体の輪郭がわかるようにした。

成 績

1. 計測結果

(1) 化骨率 (OSFR) の計測結果

OSFR (ossification rate) の計測値の平均値を Fig. 4 に示す。横軸は年齢、縦軸は計測値の平均値である。OSFR は、甲状腺側板の全体面積と化骨領域の面積の比であり、値は先に述べたそれぞれの ROI マスクの白画素数の比に等しい。

OSFR は、10歳代では数パーセント以下であり、20歳代のはじめで 8~12%で、平均は10%

である。以降、加齢とともに直線的に増加し、80歳代の終わりにいたるとほぼ60%前後に達する。なお、同図に点線で示した直線は後述する年齢推定式を用いて計算した OSFR の値である。

(2) 2次モーメントの計測結果

ROI 内の画素についてとったグレーレベル差統計から計算により求められる2次モーメント (GLDM; Gray Level Difference secondary Moment) の計測結果の平均値を Fig. 5 に示す。20歳代の始めでは0.06前後の値であり、加齢とともに緩やかに減少し、40~45歳では0.03前後、65歳~70歳では0.015前後となって

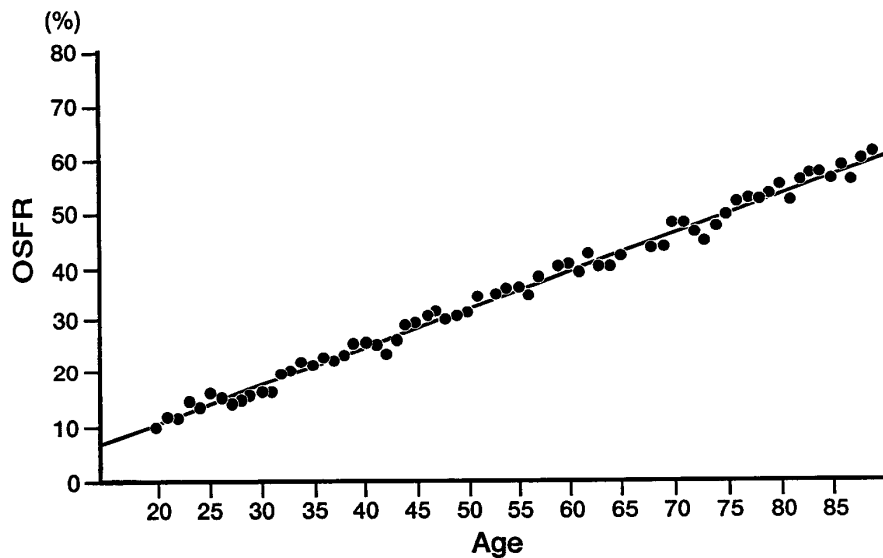


Fig. 4 Plot of average value of measured OSFR (Ossification rate)

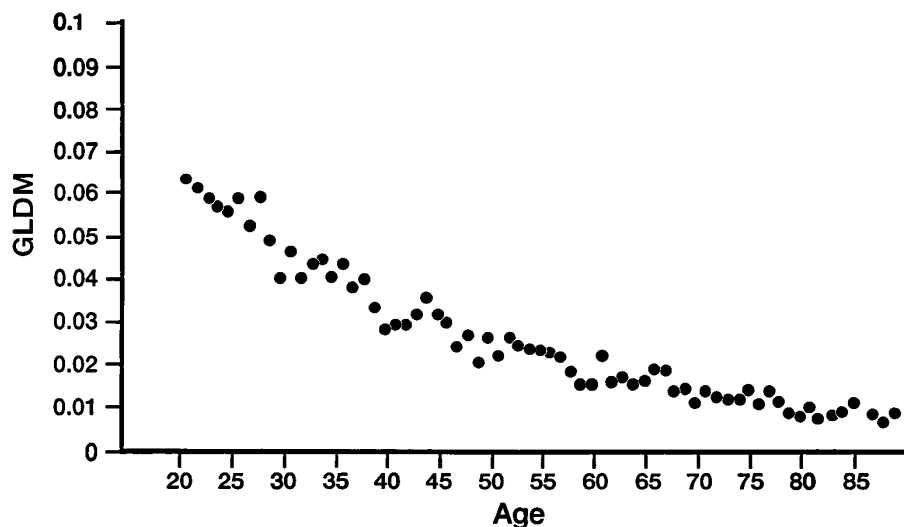


Fig. 5 Plot of average value of measured GLDM (Gray level difference secondary moment)

いる。この加齢変化は、20～30年の間隔で値が半減する指数関数的な変化である。従って、GLDM の自然体数をとってグラフに表すと Fig. 6 のように直線的な変化となる。

(3) GLDC の計測結果

グレーレベル差統計により算出されるコントラスト (GLDC; Gray Level Difference Contrast) の計測値の平均値は Fig. 7 に示すように、加齢とともにほぼ直線的に変化する結果がえられた。20歳代のはじめで0.4前後、80歳代の終わりで0.2強となっており、1年間当たりの変化率は0.3%と小さな値である。

(4) GLDE の計測結果

グレーレベル差統計により算出されるエント

ロピー (GLDE; Gray Level Difference Entropy) の計測値の平均値は20歳代のはじめで0.7前後、80歳代の終わりで0.65前後の値で、GLDC と同様に加齢とともに直線的に変化する結果がえられた。変化率は70年の期間で約7%でありごくわずかな変化といえるが、この変化を見やすくするために計測値の平均から0.6を減算した値を D・GLDE としてグラフに表すと、Fig. 8 がえられ、直線的な変化であることが確認できる。

2. 年齢推定式の算出

年齢評価指標に用いた OSFR, GLDM, GLDC および GLDE の加齢変化は GLDM が指

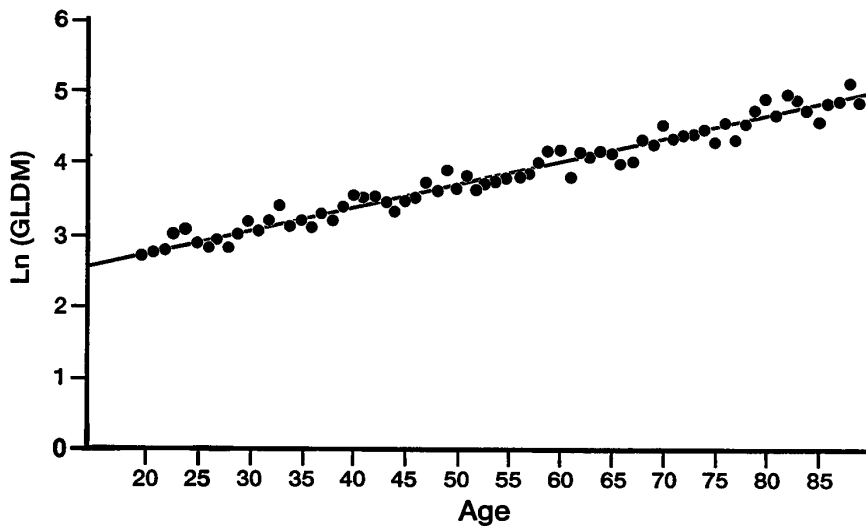


Fig. 6 Plot of average value of measured \ln (GLDM)

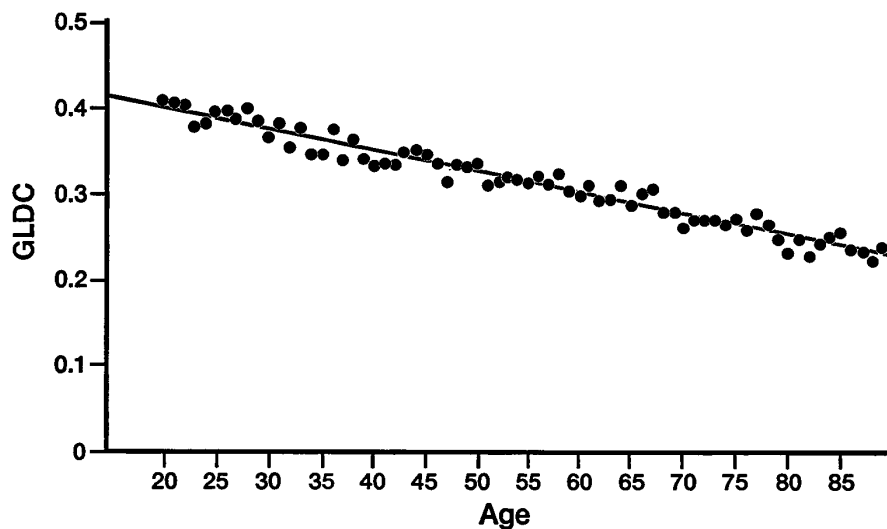


Fig. 7 Plot of average value of measured GLDC (Gray level difference contrast)

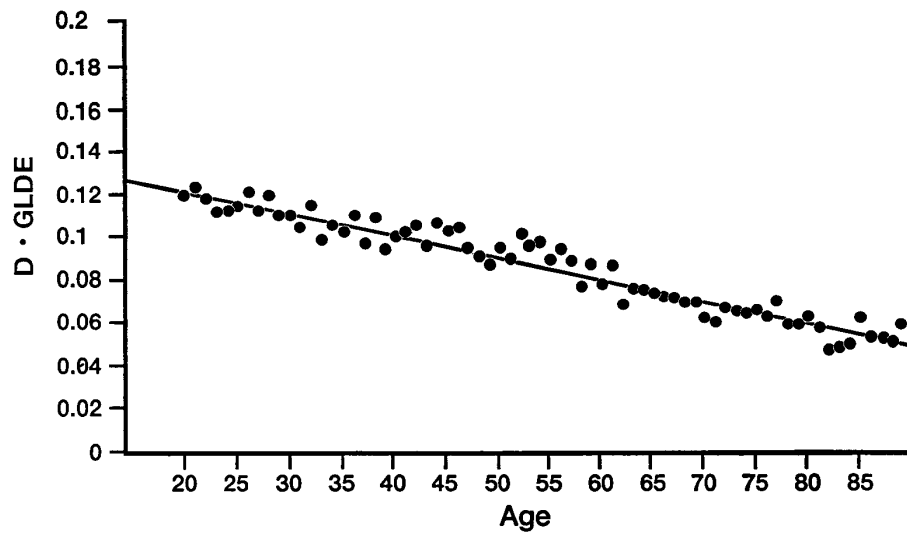


Fig. 8 Plot of average value of measured GLDE (Gray level difference entropy)

数関数的変化を示すほかはすべて直線的な変化であり、GLDM も対数変換することにより直線化されるので、年齢推定式の算出は回帰分析の手法によっておこなった。

(1) OSFR からの年齢推定式

回帰分析の結果、次の定数がえられた。

年齢に対する比例定数	0.7087
OSFR の切片	-3.4863
相関係数	0.9923

したがって、OSFR と年齢 Y との関係は

$$\text{OSFR} = 0.7087Y - 3.4863$$

と表され、上式右辺の定数 -3.4863 を左辺に移行して Y の係数 0.7087 で両辺を除算すると推定年齢 Y は

$$Y = 1.4110(\text{OSFR}) + 0.5451$$

となる。

(2) GLDM からの年齢推定式

GLDM の計測値を対数変換したデータについて回帰分析をおこなった結果、次の定数がえられた。

年齢に対する比例定数	0.03186
$\ln(\text{GLDM})$ の切片	2.1177
相関係数	0.9803

したがって、GLDM の対数値と年齢 Y との関係は

$$\ln(\text{GLDM}) = 0.03186Y + 2.1177$$

と表され、推定年齢は

$$Y = 31.39 \times \ln(\text{GLDM}) - 66.47$$

となる。

(3) GLDC からの年齢推定式

回帰分析の結果、次の定数がえられた。

年齢に対する比例定数	-0.002479
GLDC の切片	0.4514
相関係数	0.9770

したがって、GLDC と年齢 Y との関係は

$$\text{GLDC} = -0.002479Y + 0.4514$$

と表され、推定年齢は

$$Y = -403.39(\text{GLDC}) + 182.09$$

となる。

(4) GLDE からの年齢推定式

GLDE の加齢変化率は 1 年当たりおよそ 0.1% という小さな値であるため、計測値の平均値から一定値 0.6 を差し引き、見かけの変化率をしたデータ (D · GLDE) について回帰分析した結果、次の定数がえられた。

年齢に対する比例定数	-0.001028
D · GLDE の切片	0.1433
相関係数	0.9651

したがって、D · GLDE と年齢 Y との関係は

$$D \cdot \text{GLDE} = -0.001028Y + 0.1433$$

と表され、推定年齢は

$$Y = 972.8(D \cdot \text{GLDE}) + 139.4$$

となる。

3. 年齢推定式的的中率

(1) OSFR からの年齢推定式的中率

女性ヒト甲状腺軟骨の化骨は、19歳以下の年齢では希に認められるが、OSFR の値は10%未満である。加齢とともに化骨が進展し、OSFR が次第に増加するが、80歳代の終わりに至ると、その増加率が減少し始める。したがって、OSFR から算出した年齢推定式の適用範囲は20歳代から80歳代の後半までである。OSFR の加齢変動の傾向からみて90%以上の的中率で、OSFR が10%以下の場合には20歳以下の年齢であり、50%以上の場合には75歳以上の年齢であるといえる。各年齢ごとの平均値と推定値の差の最大値は3.60、最小値は0.13であり差の平均は1.2、標準偏差は0.68となっている。OSFR の計測値から算出した年齢推定式から推定された年齢と資料ごとの実年齢とを比較して±2年、±5年および±8年の範囲に含まれる例数を年齢ごとに集計し、Table 1 に示した年代ごとの総例数で除算して的中率を求めた。結果を年代

ごとにまとめて Table 2 に示す。

(2) GLDM からの年齢推定式的中率

GLDM の計測値は先述のとおり加齢とともに次第に減少する指数関数的変化を示すため、高齢の場合非常に小さな値を比較することになり、年齢推定式の適用範囲が狭められる懸念があるが、対数変換により線形化されるため、OSFR の場合と同様に GLDM から算出した年齢推定式の適用範囲は20歳代から80歳代の後半までである。Fig. 5 に示した GLDM の加齢変動傾向からみて90%以上の的中率で、GLDM が0.065以上の場合には20歳以下の年齢であり、0.01以下の場合には75歳以上の年齢であるといえる。GLDM の自然対数値について各年齢ごとの平均値と推定値を比較すると、その差の最大値は0.2665、最小値は0であり差の平均は0.0955、標準偏差は0.0855であり、良く一致しているといえる。GLDM の計測値から算出した年齢推定式から推定された年齢と資料ごとの実年齢とを比較して±2年、±5年および±8

Table 2 Results of age estimation through measured OSFR

age	cases	hit cases			reliability (%)		
		(years)			(years)		
		±2	±5	±8	±2	±5	±8
20~29	60	18	40	52	30	66	87
30~39	71	23	49	64	32	69	90
40~49	59	18	40	54	31	68	91
50~59	106	62	75	94	33	71	93
60~69	84	24	57	76	29	68	90
70~79	56	15	35	48	27	63	86
80~	45	11	27	36	24	60	80

Table 3 Results of age estimation through measured GLDM

age	cases	hit cases			reliability (%)		
		(years)			(years)		
		±2	±5	±8	±2	±5	±8
20~29	60	17	37	48	28	62	80
30~39	71	20	44	58	33	62	82
40~49	59	16	36	47	27	61	80
50~59	106	32	68	89	30	64	84
60~69	84	21	50	69	25	60	82
70~79	56	14	32	44	25	57	79
80~	45	10	25	33	22	56	73

Table 4 Results of age estimation through measured GLDC

age	cases	hit cases			reliability (%)		
		(years)			(years)		
		±2	±5	±8	±2	±5	±8
20~29	60	14	33	40	23	23	67
30~39	71	19	36	50	27	51	70
40~49	59	13	32	42	22	54	71
50~59	106	29	56	75	27	53	71
60~69	84	18	42	57	21	50	68
70~79	56	13	26	38	23	49	68
80~	45	9	22	29	20	49	64

年の範囲に含まれる例数を集計し、Table 1 に示した年代ごとの総例数で除算して的中率を求めた。結果を年代ごとにまとめて Table 3 に示す。

(3) GLDC からの年齢推定的中率

GLDC の計測値は、20歳代の始めて0.4前後の値をとり、加齢とともに直線的に減少して80歳代後半以降ではおよそ0.2程度までになる。この加齢変動の傾向からみて90%以上の的中率で、GLDC が0.4以上の場合は20歳以下の年齢であり、0.3以下の場合は70歳以上の年齢であるといえる。各年齢ごとの平均値と推定値の差の最大値は0.0212、最小値は0.0002であり差の平均は0.0087、標準偏差は0.0061となっている。GLDC の計測値から算出した年齢推定式から推定された年齢と資料ごとの実年齢とを比較して±2年、±5年および±8年の範囲に含まれる例数を年齢ごとに集計し、Table 1 に示した年代ごとの総例数で除算して的中率を求めた。結果を年代ごとにまとめて Table 4 に示す。

考 察

身元不詳死体の年齢推定に死後の残存率が高い硬組織を用いる研究は、肋軟骨、恥骨、甲状腺軟骨、歯牙などについておこなわれている。年齢推定には、適切な年齢評価指標を設定し、それを数値化しなければならないが、その方法には大別して、目視所見による主観評価、寸法・重量・面積等の物理量の計測および画像処理に

よる資料像の特徴抽出の三つの方法がある。えられた評価指標の年齢ごとのデータを統計処理し、推定式を算出するための数学的ツールには、単回帰分析、重回帰分析、数量化理論などがある。和田⁸ は、肋軟骨の超軟X線像に対して設定した年齢評価指標に、目視所見にもとづく主観評価値を与え、数量化理論 I 類と重回帰分析の手法を適用して年齢推定式を算出した。Hanahara³⁰ は恥骨表面の凹凸や溝の多寡などを年齢評価指標とし、目視所見によって年齢評価指標を数値化し、数量化理論 I 類を適用して年齢推定式を算出した。画像処理技術を応用して年齢評価指標を計測した例としてはThompson³³ らが脛骨 secondary osteon の数やハーバース管の面積などを計測した報告がある。巽¹² は、恥骨結合部をスライスして撮影した超軟X線像を画像解析し、骨の粗鬆化に関係した6種類の年齢評価指標から、単回帰分析によって年齢推定式を算出した。

ヒト甲状腺軟骨を資料とした年齢推定の研究に、加齢にともなう化骨の進展を計測することにより年齢推定が可能であることを示し、化骨の加齢変動に男女差があることを指摘した杉山らの報告^{9,10} がある。著者は、日本人女性甲状腺軟骨を資料とし、その超軟X線像に画像処理技術を応用し、化骨率 (OSFR) とグレーレベル差統計に基づく2次モーメント (GLDM)、コントラスト (GLDC) およびエントロピー (GLDE) の4種類の年齢評価指標を計測し、単回帰分析によって4種の年齢推定式を算出し

た。これらの加齢変化は、GLDM が指数関数的変化であった以外はすべて直線の変化であった。20歳の値を基準として80歳の値との比で計測値の変化幅(ダイナミックレンジ)を見ると、OSFR が5.8, GLDM が7.8, GLDC が1.75, GLDE が1.1である。変化幅が大きいほど、推定年齢の精度がよいと考えられるが、的中率の良さは Table 2 から Table 4 に示したように OSFR と GLDM がほぼ同程度の的中率で、ついで GLDC が良い的中率を示した。GLDE の変化幅は1.1であり、僅かな計測値の変化で大幅に推定年齢がずれるため、GLDE からの年齢推定式による年齢推定の中率の算出はおこなわなかった。ただし、加齢変化の態様は OSFR, GLDC と同様に直線的である。

年齢推定の的中率は、年齢幅を ± 2 年、 ± 5 年、 ± 8 年とし、それぞれの年齢幅に入る例数をカウントし、各年代ごとに移動平均して求めた。最も良い的中率を示した年齢評価指標は OSFR で、 ± 8 年の年齢幅では90%前後の的中率をえており、法医学実務に適用するに十分な成績である。

謝 辞

稿を終わるに当たり、本研究の御指導と御校閲を賜った吉村昌雄教授と本研究の方向付と方法について御指導いただきました杉山静征助教授および巽信二学内講師に深謝致しますと共に、絶大なる御協力をいただいた本学法医学教室の諸兄姉に謝意を表します。本論文の要旨は、第77次日本法医学会総会(平成5年、福岡市)および第40回日本法医学会近畿地方会(平成5年、大阪市)において発表した。

文 献

1. Yoshimura M, Fukunishi M. Studies on the change with aging of human testicle: 1) estimation of the age from the thickness of tunica albuginea. *Osaka City Med J* 1965; 11: 1-5.
2. 寺西範年. 年齢推定のための組織学的研究 VI皮膚編:(その3)乾燥皮膚片の平行帯値及び網突起値について. *日法医誌* 1968; 22: 396.
3. 寺西範年. ヒト皮膚表皮層の加齢的变化と年齢推定. *日法医誌* 1988; 42: 263-281.
4. 吉村昌雄. 大動脈径に関する法医学的研究: 1大

- 動脈起始部幅からの年齢推定について. *日法医誌* 1969; 23: 334.
5. 吉村昌雄, 山田 正, 坂井芳夫. 人大動脈径からの年齢推定. *科警研報告* 1972; 25: 1-7.
6. 吉村昌雄, 藤江正雄. 人副腎に関する法医学的研究(基礎編): (1)組織学的検索上における副腎脂質値(FSR)の設定. *大市大医誌* 1969; 18: 157-162.
7. 吉村昌雄, 山田 正, 栗本 勲, 宮部逸己. 日本人の健常睾丸重量について: 1 睾丸重量の逐齡的変動と左右睾丸重量の差. *奈良医誌* 1970; 21: 426-432.
8. 和田 馨. 肋骨の超軟X線像による年齢推定. *日法医誌* 1986; 37: 128-143.
9. 杉山静征, 野田裕司, 山口真由, 土井修市, 吉村昌雄. 超軟X線像からみた日本人甲状軟骨の化骨変化:(1)性別. *日法医誌* 1980; 34: 661-668.
10. 杉山静征, 野田裕司, 山口真由, 土井修市, 吉村昌雄. 超軟X線像からみた日本人甲状軟骨の化骨変化:(2)加齡的変動. *日法医誌* 1982; 36: 645-653.
11. 稲沢六郎. 個人識別よりみた甲状軟骨の研究. *日法医誌* 1961; 13: 34-45.
12. 巽 信二. ヒト恥骨結合部の超軟X線像の画像処理による年齢推定. *近大医誌* 1992; 17: 323-336.
13. 柴田衛敏, 広田忠臣, 鶴藺正昭ら. 年齢推定のための組織学的研究: 第I報, 脾臓編, その1, 脾臓被膜の厚さについて. *日法医誌* 1963; 17: 75-82.
14. 柴田衛敏, 広田忠臣, 鶴藺正昭ら. 年齢推定のための組織学的研究: 第II報, 肺臓編, その1, 肺臓炭粉沈着度について. *日法医誌* 1963; 17: 83-102.
15. 福西睦子. 人精巣の逐齡的变化に関する組織学的研究. *日法医誌* 1964; 18: 343-366.
16. 長崎照史. 人屍脾臓組織片の逐齡的变化について. *日法医誌* 1967; 21: 295.
17. 栗本 勲. 人睾丸の逐齡的变化に関する法医学的研究. *大市大医誌* 1970; 19: 31-53.
18. 深井 進. 人体肋骨における軟骨内化骨の指数に就いて. *日法医誌* 1958; 12別輯: 197-201.
19. 広田忠臣, 和田 馨, 北 浩之. 人屍肋骨肋軟骨接合部における肋骨の超軟X線所見について. *日法医誌* 1974; 22: 266.
20. 四方一郎, 若杉長英, 河野孝則. 肋軟骨の比重と年齢について. *日法医誌* 1975; 29: 274.
21. Iscan MY, Loth SR, Wright RK. Age estimation from the rib by phase analysis: white females. *J Forensic Sci* 1985; 30: 853-863.
22. Iscan MY, Loth SR. Racial variation in the sternal extremity of the rib and its effect on age determination. *J Forensic Sci* 1987; 32:

- 452-466.
23. Iscan MY, Loth SR, Wright RK. Metamorphosis at the sternal rib end: a new method to estimate age at death in white males. *J Forensic Sci* 1984 ; 65 : 147-156.
24. Iscan MY, Loth SR, Wright RK. Age estimation from the rib by phase analysis. *J Forensic Sci* 1984 ; 29 : 1094-1104.
25. Kaur H, Jit I. Age estimation from cortical index of the human clavicle in northwest Indians. *Am J Phys Anthrop* 1990 ; 83 : 297-305.
26. Barres DR, Durigon M, Paraire F. Age estimation from quantitation of features of "chest plate" X-rays. *J Forensic Sci* 1989 ; 34 : 228-233.
27. Brooks ST. Skeletal age at death: reliability of cranial and pubic age indicators. *Am J Phys Anthrop* 1955 ; 13 : 567-597.
28. Snow CC. Equations for estimating age at death from the pubic symphysis. *J Forensic Sci* 1983 ; 28 : 864-870.
29. Zhang Z, Wu X, Li X. Estimation of public age among Chinese Han people by means of stepwise progressive analysis. *Jpn J Legal Med.* 1989 ; 43 : 416-419.
30. Hanihara K, Suzuki T. Estimation of age from the pubic symphysis by means of multiple regression analysis. *Am J Phys Anthrop* 1978 ; 48 : 233-240.
31. 池田典昭, 高木信博, 梅津和夫, 鈴木庸夫. 超軟X線像による恥骨結合の加齢的变化. *法医学実研* 1982 ; 26 : 31-34.
32. 船山真人, 齊藤一之, 原 正昭, 矢部勝弘, 小澤有文, 渡辺博司. 画像解析による腰椎海綿骨の軟X線像からの年齢推定. *日法医誌* 1991 ; 45 : 323-329.
33. Thompson DD, Galvin CA. Estimation of age at death by tibial osteon remodeling in an-autopsy series. *Forensic Sci Inter* 1983 ; 22 : 203-211.