



Title	X線フィルムの濃度分布特性
Author(s)	花田, 博之; 関之山, 勝博
Citation	北海道大学医療技術短期大学部紀要, 5, 97-108
Issue Date	1992-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/37548
Type	departmental bulletin paper
File Information	5_97-108.pdf



X線フィルムの濃度分布特性

花田 博之・関之山勝博

Properties of x-ray film density distribution

Hiroyuki Hanada and Katsuhiro Sekinoyama

Abstract

The relations of the statistical models to the x-ray film density distribution are studied for two screen-film systems. Three classes of photographic densities are measured with three kinds of the slit-size of microdensitometer. When both the density and the slit-size are small, deviation of the peak of the density distribution to the left side is observed, and gamma distribution model is proper for this case. On the other hand, it is found that as density is increased, deviation of the peak shifts to the right side and the appropriate statistical model changes gradually from gamma distribution to normal distribution. Moreover, as the slit-size is made larger, the shape of the density distribution turns gradually to symmetrical form, and both normal model and gamma model tend to fit the density distribution.

要 旨

増感紙フィルム系のフィルム濃度について、濃度の大きさとマイクロデンシトメータの走査スリットサイズの双方を変化させて測定し、濃度分布と統計的モデルの関係を調べた。

レギュラーフィルムについては、濃度とスリットサイズの双方とも小さいとき、濃度分布のピーク部分の左への偏りがみられ、統計的モデルはガンマ分布が適当であった。濃度を大きくしていくと、ピーク部分の偏りが右の方向へ移行し、それにともなって統計的モデルはガンマ分布から正規分布へと変化した。スリットサイズを大きくしていくと、濃度分布の形は左右対称に移行していき、分布への適合さにおいて正規分布モデルとガンマ分布モデルの両者に差はなかった。

オルソフィルムについても、同様の結果が得られた。

1. はじめに

近年のデジタルラジオグラフィの進歩・発展はめざましいものがあるが、一方では従来からの増感紙フィルム系の重要性が減少したわけではなく、今後とも従来法によるX線診断学は画像診断学の分野で主要な位置を占めつつけるものと考えられる。

増感紙フィルム系のX線写真の画質を特徴づけるものは、X線写真コントラスト・鮮鋭度・粒状

性の3つであり、それぞれ特性曲線・レスポンス関数・ウィナーズペクトルで表わされる。これらを得るために、フィルム上の微小画像の濃度分布を測定できる唯一の装置であるマイクロデンシトメータがひろく使用されている。マイクロデンシトメータによって得られた濃度データ群は必要なデータ処理をされた後、それぞれの目的にしたがって利用される。したがって濃度データの統計的性質を調べるだけでなく、濃度データ群を支配する確率法則を知ることが重要である。

著者らは、均一で微弱なX線を照射して得られる増感紙フィルム系のフィルム濃度分布に対して、情報量基準AICによる統計的モデルの作製法とその評価について報告してきた。これらの報告で、左右対称の正規分布よりも左右非対称のガンマ分布の方が、濃度分布の統計的モデルとしてすぐれていることを示した¹⁾²⁾。

また著者らは、マイクロデンシトメータの走査スリットサイズと統計的モデルとの関係についても報告した。そこでは走査スリットサイズを大きくしていくと、フィルム濃度分布がガンマ分布から正規分布に移行していくことを示した³⁾。

以上の報告で対象としたフィルム濃度域は特性曲線の足部に相当するものであるが、この論文では直線部と肩部の近傍も研究対象に加え、マイクロデンシトメータの走査スリットサイズ（以後、単にスリットサイズと記すこともある）をそれぞれ3通り変化させて濃度分布の統計的性質を調べた。また濃度分布の属する確率分布を推測するために、AICを用いて統計的モデルを作製した。

近年のX線撮影の分野においてオルソクロマチックフィルムの使用が急激に増加しているので、レギュラーフィルム・タングステン酸カルシウム増感紙の組合わせとともにオルソクロマチックフィルム・希土類増感紙の組合わせも実験対象とした。

2. 実験方法

2.1 フィルム濃度測定用試料の作製

フィルムの濃度測定のための試料は、以下の装置・材料・条件で作製した。X線装置は島津ED-150L、固有フィルタは1.5 mmAlである。

増感紙フィルム系の感光材料は、レギュラーフィルム・タングステン酸カルシウム増感紙の組合わせとして富士RXフィルムとKYOKKO BM-IIIを用い（以下、レギュラーフィルム系と記す）、オルソクロマチックフィルム・希土類増感紙の組合わせとして富士スーパーHR-Sフィルムと富士GRENEX HR-4を用いた（以下、オルソフィルム系と記す）。

照射条件は日本放射線技術学会総合委員会報告⁴⁾の内容におおむね準拠させ、管電圧・管電流・照射時間はそれぞれ80 kV・30 mA・0.2秒とした。付加フィルタはレギュラーフィルム系で1.0 mmAl+1.2 mmCu、オルソフィルム系で1.0 mmAl+1.4 mmCuを使用した。

照射X線量は、X線管焦点・フィルム間距離（FFD）を320.0 cm, 101.2 cm, 40.3 cmの3通りに設定して変化させた。FFD 320.0 cmを基準にとって距離の逆2乗則を適用すると、相対露光量の常用対数は、FFD 320.0 cmで0.0, 101.2 cmで1.0, 40.3 cmで1.8である。これらはそれぞれ特性曲線上の足部、直線部、肩部の近傍に相当する。

2.2 フィルム濃度の測定

フィルム濃度の測定にはコニカ製マイクロデンシトメータPDM-5/type Bを用いた。走査スリットサイズの幅と高さは、試料面上で $10 \times 10 \mu\text{m}^2$, $10 \times 100 \mu\text{m}^2$, $10 \times 1000 \mu\text{m}^2$ の3通り設定し

X線フィルムの濃度分布特性

表1 走査スリットサイズ $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ のレギュラーフィルム系の濃度データ

相対露光量の 常用対数	データ数	平均値	標準偏差	標準偏差／平均値
0.00	9800	0.384	0.109	0.282
1.00	9800	1.364	0.112	0.087
1.80	9800	4.068	0.190	0.047

表2 走査スリットサイズ $10 \times 100 \mu\text{m}^2$ のレギュラーフィルム系の濃度データ

相対露光量の 常用対数	データ数	平均値	標準偏差	標準偏差／平均値
0.00	9800	0.304	0.039	0.127
1.00	9800	1.238	0.065	0.053
1.80	9800	4.081	0.091	0.022

表3 走査スリットサイズ $10 \times 1000 \mu\text{m}^2$ のレギュラーフィルム系の濃度データ

相対露光量の 常用対数	データ数	平均値	標準偏差	標準偏差／平均値
0.00	9800	0.356	0.013	0.036
1.00	9800	1.249	0.026	0.021
1.80	8400	4.017	0.031	0.008

表4 走査スリットサイズ $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ のオルソフィルム系の濃度データ

相対露光量の 常用対数	データ数	平均値	標準偏差	標準偏差／平均値
0.00	9800	0.255	0.103	0.404
1.00	9800	1.541	0.126	0.082
1.80	9800	4.319	0.112	0.026

表5 走査スリットサイズ $10 \times 100 \mu\text{m}^2$ のオルソフィルム系の濃度データ

相対露光量の 常用対数	データ数	平均値	標準偏差	標準偏差／平均値
0.00	9800	0.306	0.037	0.122
1.00	9800	1.496	0.054	0.036
1.80	9800	4.324	0.057	0.013

表6 走査スリットサイズ $10 \times 1000 \mu\text{m}^2$ のオルソフィルム系の濃度データ

相対露光量の 常用対数	データ数	平均値	標準偏差	標準偏差／平均値
0.00	9800	0.306	0.012	0.039
1.00	9800	1.492	0.024	0.016
1.80	9800	4.354	0.022	0.005

て測定した。マイクロデンシトメータの外部出力はフィルム濃度に等しい電圧になっているので、AD変換器でデジタルデータに変換後パソコンに入力して、以後の計算処理に使用した。使用したAD変換器はアドテックシステムサイエンス社製のAB98-05B、入力電圧範囲は-5 V～+5 V、分解能は12ビット、パソコンはNEC製PC-9801M2である。

3. フィルム濃度の統計的性質

2.1節で述べた3つの照射X線量で得られたレギュラーフィルム系フィルム濃度のデータ数・平均値・標準偏差・平均値に対する標準偏差の比を、マイクロデンシトメータの走査スリットサイズ別に表1から表3までに示す。オルソフィルム系についても同様に表4から表6までに示す。なお、照射X線量は2.1節で記したように、相対露光量の常用対数で表した。

4. 統計的モデルの計算方法

ここではフィルム濃度分布の統計的モデルとして正規分布とガンマ分布を仮定し、AIC基準で両者の中から最適モデルを選んだ。

両モデルの計算方法を以下に記す。

一定の条件のもとで得られた濃度データの集合に対して、正規分布モデルのAICは(1)式によってただ一つ決まる²⁾⁵⁾。

$$AIC = n(\log 2\pi + \log \hat{\sigma}^2 + 1) + 4 \quad (1)$$

ここで n は濃度のデータ数、 $\hat{\sigma}^2$ は(2)式で定義される分散の最尤推定量である。

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \quad (2)$$

ここで x_i は測定で得られた濃度データ群の個々の濃度データである。

平均値の最尤推定量は

$$\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

であるので、正規分布の確率密度関数

$$f(x|\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (4)$$

の平均値 μ と分散 σ^2 に、それぞれの最尤推定量(3)式と(2)式を代入すれば正規分布の最適モデルが得られる。ここで x は濃度を表す。

一方、ガンマ分布の確率密度関数は

$$g(x|\alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^{\alpha+1} \Gamma(\alpha+1)} x^{\alpha} e^{-x/\beta} \quad (5)$$

である。ここで $\alpha > 0$ と $\beta > 0$ はガンマ分布を特徴づけるパラメータ、 $\Gamma(\alpha+1)$ はガンマ関数で

$$\Gamma(\alpha+1) = \int_0^{\infty} s^{\alpha} e^{-s} ds \quad (6)$$

で定義される。

ここで、 α を正の整数とすれば

$$\Gamma(\alpha+1)=\alpha! \quad (7)$$

となり、(5)式は

$$g(x|\beta)=\frac{1}{\beta^{\alpha+1}\alpha!}x^{\alpha}e^{-x/\beta} \quad (8)$$

となる。

α を定数とみなせば、ガンマ分布(8)式のAICは

$$\text{AIC}=-2\alpha\sum_{i=1}^n\log x_i+2n(\alpha+1)(1+\log\hat{\beta})+2n\log\alpha!+2 \quad (9)$$

となる²⁾。ここで、 $\hat{\beta}$ は(8)式の β の最尤推定量で

$$\hat{\beta}=\frac{1}{n(\alpha+1)}\sum_{i=1}^nx_i \quad (10)$$

である。なお、 $\log$ は自然対数を表す。

本研究では、 $\alpha=1, 2, \dots$ について、それぞれ(9)式のAICを計算し、それらの中の最小のAICに対応した α と(10)式の $\hat{\beta}$ とを(8)式の α と β に代入してガンマ分布の最適モデルを決定した。

5. 濃度分布の最適モデルとAIC

2.1節で述べた3つの照射X線量により得られたレギュラーフィルム系フィルム濃度分布について、正規分布モデルのAICとガンマ分布モデルのAICならびにその α の値を、マイクロデンシトメータの走査スリットサイズ別に表7から表9までに示す。オルソフィルム系についても同様に表10から表12までに示す。なお、照射X線量は2.1節で述べたように相対露光量の常用対数で表した。

6. 濃度分布のヒストグラムと統計的モデル

3つの照射X線量により得られたフィルム濃度分布の統計的性質を記した表1から表6までに対応させて、それらの濃度分布を階級幅0.041のヒストグラムで表したものを図1から図6までに示す。横軸の中央部に記した数値はその濃度分布の平均値である。なおヒストグラムは総面積が1になるように規格化されている。

同様に表1から表6までに対応した濃度分布について、4節で記した方法でもとめた正規分布とガンマ分布の最適モデルの確率密度関数を図1から図6までに示す。これら両モデルをヒストグラム上に図的に重ね合わせて、AICの値と視覚的観察との両面から両モデルの妥当性を評価した。

表7 走査スリットサイズ $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ のレギュラーフィルム系のA I C

相対露光量の 常用対数	正規分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの α の値
0. 0 0	- 1 5 7 0 4. 4	- 1 7 5 1 9. 1	1 3
1. 0 0	- 1 5 1 2 8. 4	- 1 5 1 5 4. 6	1 4 8
1. 8 0	- 4 7 3 9. 5	- 4 6 4 1. 4	4 4 8

表8 走査スリットサイズ $10 \times 100 \mu\text{m}^2$ のレギュラーフィルム系のA I C

相対露光量の 常用対数	正規分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの α の値
0. 0 0	- 3 6 0 1 8. 4	- 3 6 3 2 2. 4	6 3
1. 0 0	- 2 5 6 8 6. 1	- 2 5 6 8 7. 6	3 5 3
1. 8 0	- 1 9 2 4 8. 3	- 1 9 2 5 5. 2	2 0 5 5

表9 走査スリットサイズ $10 \times 1000 \mu\text{m}^2$ のレギュラーフィルム系のA I C

相対露光量の 常用対数	正規分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの α の値
0. 0 0	- 5 7 3 8 2. 4	- 5 7 3 8 5. 0	7 4 6
1. 0 0	- 4 3 4 6 5. 5	- 4 3 5 0 2. 7	2 2 5 6
1. 8 0	- 3 4 5 1 1. 4	- 3 4 7 2 7. 0	1 6 9 0 0

表10 走査スリットサイズ $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ のオルソフィルム系のA I C

相対露光量の 常用対数	正規分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの α の値
0. 0 0	- 1 6 7 2 3. 4	- 2 0 7 3 4. 3	8
1. 0 0	- 1 2 8 1 9. 2	- 1 3 1 3 6. 9	1 5 2
1. 8 0	- 1 5 0 7 3. 8	- 1 5 0 3 4. 0	1 4 5 4

表11 走査スリットサイズ $10 \times 100 \mu\text{m}^2$ のオルソフィルム系のA I C

相対露光量の 常用対数	正規分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの α の値
0. 0 0	- 3 6 7 3 3. 4	- 3 7 2 4 1. 7	7 0
1. 0 0	- 2 9 3 0 4. 3	- 2 9 3 4 5. 5	7 5 5
1. 8 0	- 2 8 4 3 1. 9	- 2 8 4 6 1. 2	5 9 2 8

表12 走査スリットサイズ $10 \times 1000 \mu\text{m}^2$ のオルソフィルム系のA I C

相対露光量の 常用対数	正規分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの A I C	ガンマ分布モデルの α の値
0. 0 0	- 5 9 0 6 3. 4	- 5 9 1 2 6. 0	6 6 8
1. 0 0	- 4 5 1 4 7. 1	- 4 5 2 0 8. 7	3 9 1 6
1. 8 0	- 4 6 7 5 6. 9	- 4 5 3 3 9. 9	1 9 8 5 0

X線フィルムの濃度分布特性

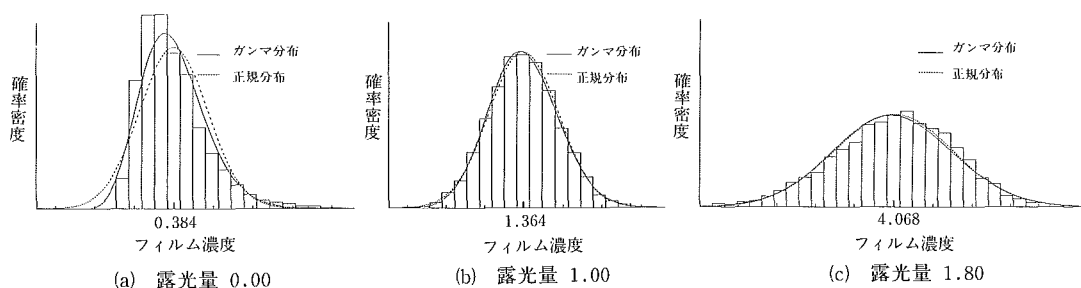


図1 走査スリットサイズ $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ のレギュラーフィルム系濃度分布のヒストグラム・正規分布モデル・ガンマ分布モデル

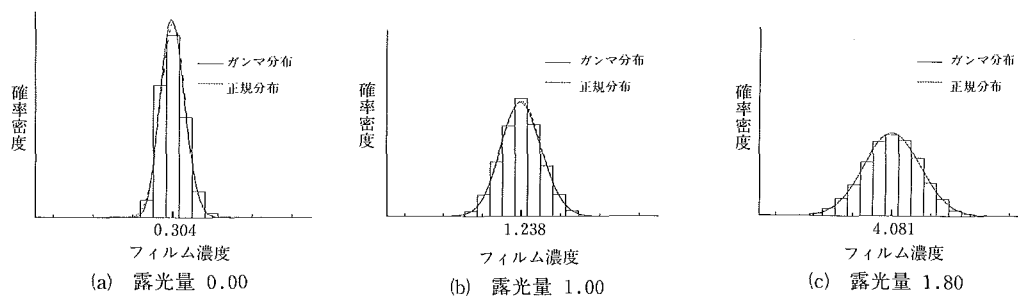


図2 走査スリットサイズ $10 \times 100 \mu\text{m}^2$ のレギュラーフィルム系濃度分布のヒストグラム・正規分布モデル・ガンマ分布モデル

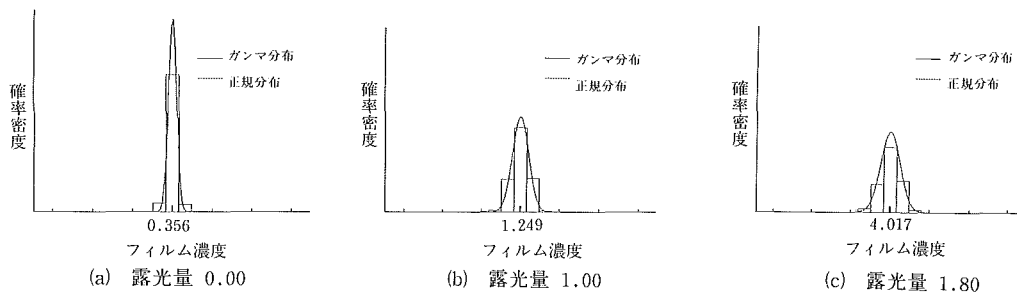


図3 走査スリットサイズ $10 \times 1000 \mu\text{m}^2$ のレギュラーフィルム系濃度分布のヒストグラム・正規分布モデル・ガンマ分布モデル

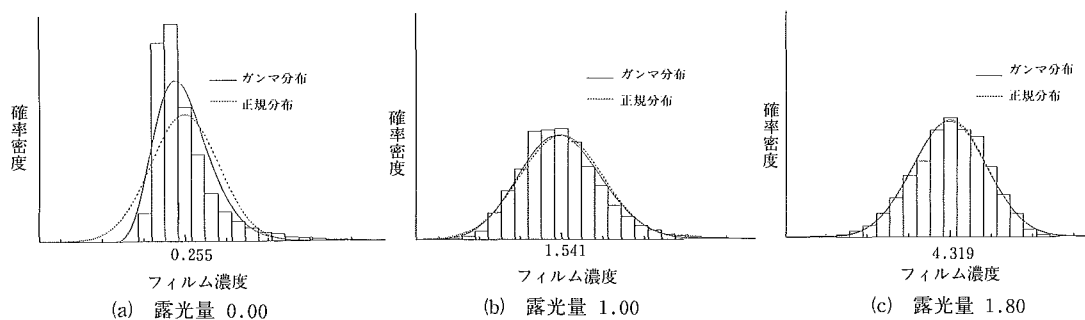


図4 走査スリットサイズ $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ のオルソフィルム系濃度分布のヒストグラム・正規分布モデル・ガンマ分布モデル

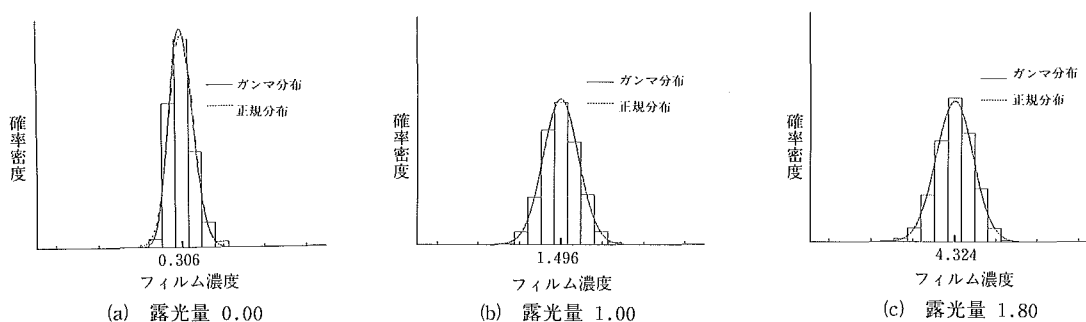


図5 走査スリットサイズ $10 \times 100 \mu\text{m}^2$ のオルソフィルム系濃度分布のヒストグラム・正規分布モデル・ガンマ分布モデル

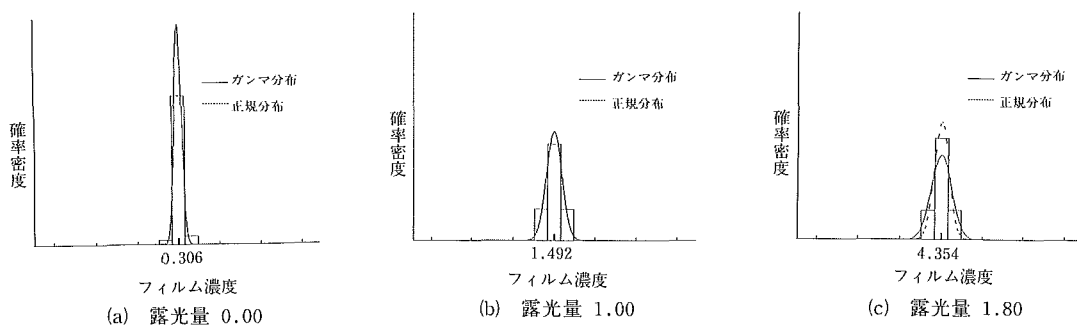


図6 走査スリットサイズ $10 \times 1000 \mu\text{m}^2$ のオルソフィルム系濃度分布のヒストグラム・正規分布モデル・ガンマ分布モデル

7. 考 察

レギュラーフィルム系濃度分布の統計的性質を記した表1から表3までをみると、各スリットサイズとも相対露光量の常用対数（以後、単に露光量と記す）の増加とともに標準偏差も増加している。しかし平均値に対する標準偏差の比（以後、相対標準偏差と記す）は、逆に減少している。これは露光量の増加とともに、X線量子のゆらぎが平均値に対して相対的に減少するためであると考えられる。また同一露光量について考えると、スリットサイズの増加とともに標準偏差と相対標準偏差の双方が減少している。X線フィルムの黒化銀粒子の直径は $2\sim 4\ \mu\text{m}$ であるので⁹⁾、 $10\times 10\ \mu\text{m}^2$ のスリットサイズでは統計的ゆらぎが大きくきいているが、スリットサイズを増加させていくと平均化の程度が強められていくからである。表1の露光量0.00の相対標準偏差の値が0.284と最大なのは、スリットサイズが最小のために統計的ゆらぎが大きいことと、微弱なX線量のためにX線量子のゆらぎの効果が平均値に対して相対的に大きくきくことが重なったものと考えられる。

オルソフィルム系の統計的性質を記した表4から表6までをみると、各スリットサイズとも露光量を0.00から1.00に増加させると標準偏差が大きくなるが、1.80に増加させてもそれ以上は大きくならず、1.00とほとんど変わらないか逆にわずかに小さくなる。この点はレギュラーフィルム系と異なる現象である。一方、露光量の増加とともに相対標準偏差は減少する。これはレギュラーフィルム系と同様に、X線量子のゆらぎが平均値に対して相対的に減少することを表している。また同一露光量についてみると、スリットサイズの増加とともに標準偏差と相対標準偏差の双方が減少しているが、これはレギュラーフィルム系の場合と同様に統計的ゆらぎの減少によるものである。さらに表4の露光量0.00の相対標準偏差の値が0.404と最大の値をとるのは、これもレギュラーフィルム系の場合と同様に統計的ゆらぎとX線量子のゆらぎの効果が重なったものと考えられる。

次に、レギュラーフィルム系濃度分布のヒストグラム図1～図3をみると、分布の左右のひろがりの程度は、表1～表3の標準偏差の大小に対応している。この中でスリットサイズ $10\times 10\ \mu\text{m}^2$ の図1を観察すると、露光量0.00でピーク部分が左に偏った分布になり(図1(a))、露光量1.00でもピーク部分の左へのわずかな偏りがみられる(図1(b))。正規分布が左右対称になるのに対して、ガンマ分布は α が小さいときはピーク部分が左に偏った形になるので、図1の(a)と(b)に示すようにガンマ分布モデルの方が正規分布モデルよりも実際の分布に近いモデルである。このことは表7において、ガンマ分布モデルの方が正規分布モデルよりもAICの値が小さいということと符合する。図1(a)のヒストグラムのピーク部分の左への偏りの原因は、スリットサイズによる統計的ゆらぎと特性曲線の足部で起こるベース濃度側への濃度の飽和の効果が重なったものと考えられる。ところで、露光量1.80では逆にピーク部分が右に偏った分布になっているので、ガンマ分布よりも正規分布の方が相対的に実際の分布に近い(図1(c))。これは表7で正規分布の方がガンマ分布よりもAICの値が小さいことと一致する。この濃度分布の右側への偏りの原因は、特性曲線上の肩部で起こる濃度の飽和によるものである。

スリットサイズ $10\times 100\ \mu\text{m}^2$ の場合を観察すると、露光量0.00でのヒストグラムではピーク部分の左への偏りがみられるが(図2(a))、これも特性曲線の足部で起こるベース濃度側への濃度の飽和によるものである。また統計的モデルでもAICの値はガンマ分布の方が小さく(表8)、確率密度関数もガンマ分布モデルの方が実際の分布をよく近似している(図2(a))。露光量1.00と1.80では左右対称になっているが(図2(b), (c))、これはスリットサイズが $10\times 10\ \mu\text{m}^2$ に比べて10

倍の面積をもつために統計的ゆらぎが減少したためと考えられる。統計的モデルでは両モデルがほとんど重なっていて区別できない(図2(b),(c))。これは表8のAICの値を比較すれば、両モデルの差がほとんどない事実と符合する。

スリットサイズ $10 \times 1000 \mu\text{m}^2$ の場合は、その大きいスリット面積のために統計的ゆらぎが最も小さく、濃度分布のひろがりも小さい。ヒストグラムの形状は左右対称であるが、分布幅を表す区間の数は3ないし5と少なく、2つの統計モデルは重なっていて識別できない(図3)。本論文のすべてのヒストグラムの階級幅は0.041で表現しているので、大きいスリット面積による平均化の効果が大きくきいている。

オルソフィルム系のフィルム濃度分布のヒストグラムと、正規分布モデルならびにガンマ分布モデルの確率密度関数を図4～図6に示す。スリットサイズ $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ の図4をみると、露光量の違いによる分布の変化はレギュラーフィルム系と同じ傾向を示す。しかし露光量0.00と1.00では、レギュラーフィルム系と比べてピーク部分の左への偏りがかなり大きい(図4(a),(b))。このことはガンマ分布モデルと正規分布モデルのAICの値の差が、対応するレギュラーフィルム系の場合よりも大きくなっていて、正規分布モデルに対するガンマ分布モデルの優位さをより強く反映していることの現れである(表7,表10)。またヒストグラムに対するガンマ分布モデルの適合の度合いは、正規分布モデルよりも明らかにすぐれていることがわかる(図4(a),(b))。

スリットサイズ $10 \times 100 \mu\text{m}^2$ では、露光量1.00でピーク部分の左への偏りがある以外はレギュラーフィルム系と同じ傾向が観察される。

スリットサイズ $10 \times 1000 \mu\text{m}^2$ では、露光量1.80で正規分布モデルのAICの値がガンマ分布のそれよりも小さいこと以外は、レギュラーフィルム系で記述した内容と同じことがいえる。

ところで、スリットサイズが $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ で露光量が1.80の場合の濃度分布では、レギュラーフィルム系とオルソフィルム系の両者ともそのピーク部分の右への偏りがみられる(図1(c),図4(c))。4節の方法で計算されたこの場合の最適モデルは両者とも正規分布モデルで、ヒストグラムに対する確率密度関数の適合の度合いでも(図1(c),図4(c))、AICの値の小ささでもそれを裏付けている(表7,表10)。しかしピーク部分の右への偏りのある濃度分布を表すのに、左右対称の正規分布モデル以外にもっと適当なモデルはないのだろうか。これを見つかる一つの試みを以下に記してみる。

図7(a)は、スリットサイズ $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ で露光量1.80の場合のレギュラーフィルム系のフィルム濃度を、階級幅0.061のヒストグラムで表したものである。明らかにピーク部分の右への偏りがみられる。正規分布の中から最適モデルを計算し、その確率密度関数をヒストグラムに重ねてかいたものが図7(b)である。もう一つの統計的モデルとしてガンマ分布の確率密度関数を、 $x=l$ に関して対称移動させたものを考えてみる。(11)式にそれを記す。

$$q(x|\beta) = \frac{1}{\beta^{\alpha+1}\alpha!} (l-x)^{\alpha} e^{-(l-x)/\beta} \quad (11)$$

(11)式で、 $\alpha=34$ 、 $l=5.2$ として β の最尤推定量を決定し、それらを(11)式に代入したものを統計的モデルに選び、その確率密度関数をヒストグラムに重ねてかいたものが図7(c)である。図7(b)と図7(c)を比較すると、明らかに対称移動させたガンマ分布モデルが実際の分布をよく近似している。この場合のAICの値は、正規分布モデルで-4739.5、ガンマ分布モデルで-4880.1であるので後者が明らかに小さく、この点でもガンマ分布モデルの優位さを裏付けている。この事実は露光

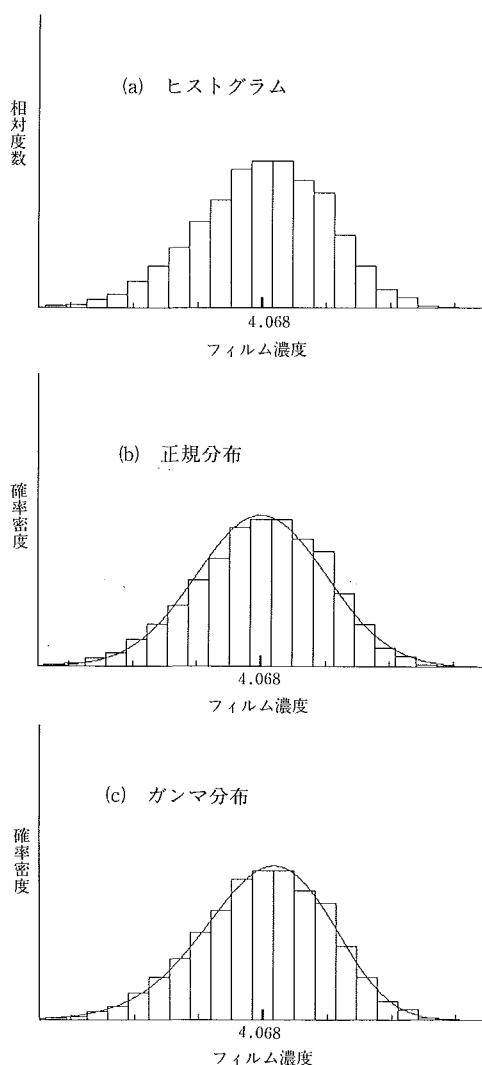


図7 対称移動ガンマ分布モデル

量の大小によらず，フィルム濃度分布の統計的モデルとしてガンマ分布が適当であることを示唆している。

8. ま と め

マイクロデンシトメータによって測定された増感紙フィルム系フィルム濃度分布の統計的性質と統計的モデルを調べ，次の結果を得た。

- (1) マイクロデンシトメータのスリットサイズを大きくしていくと，濃度分布の標準偏差が小さくなる。
- (2) 特性曲線の足部に相当する小さいフィルム濃度では，マイクロデンシトメータのスリットサイ

ズが小さいとき、分布のピーク部分の左への偏りが顕著である。統計的モデルはガンマ分布が適当である。

- (3) 特性曲線の直線部に相当するフィルム濃度でも、(2)で述べられた現象がみられるが、ピーク部分の左への偏りの程度は小さくなる。
- (4) 特性曲線の肩部に相当する大きいフィルム濃度では、マイクロデンシトメータのスリットサイズが小さいとき、分布のピーク部分の右への偏りがみられる。AIC の値から正規分布が相対的に適当とみなされる。
- (5) マイクロデンシトメータのスリットサイズを大きくしていけば、(2)、(3)、(4)の現象が徐々に現れなくなり、最後には左右対称の濃度分布になる。
- (6) オルソフィルム系ではレギュラーフィルム系に比べて、(2)で述べた現象が強く現れるが、それ以外の場合は両フィルム系とも大きな差はない。

なお本研究の一部は、本学医療技術短期大学部の平成 3 年度研究助成金の援助を得て行われた。

文 献

- 1) 関之山勝博，他：X線フィルム濃度分布の低濃度領域における統計的モデル，日本医学放射線学会・第 59 回物理部会，1990
- 2) 花田博之，他：X線フィルム濃度分布の低濃度領域における統計的モデル，北大医短大部紀要，第 3 号，71-76，1990
- 3) 関之山勝博，他：X線フィルム濃度分布の統計的モデルに対する走査スリット幅の影響，北大医短大部紀要，第 4 号，65-72，1991
- 4) 日本放射線技術学会総合委員会：増感紙フィルムシステムの X線センシトメトリについて，日放技学誌，40(1)，59-78，1984
- 5) 坂本慶行，石黒真木夫，北川源四郎：情報量統計学，27-64，1983，共立出版
- 6) 内田勝，他：放射線画像工学，155，1986，オーム社