

AMCoR

Asahikawa Medical College Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

北海道放射線技術雑誌 (1994.07) 54号:49~57.

濃度計の誤差が特性曲線に与える影響について 市内6施設における施設間誤差及び経年変化

林秀樹、大野肇、阿部春郎、佐藤順一、窪田誠、山田裕樹、大野直樹、山中裕文、有野好之、阿部直之、岡林篤弘、平田望、前田典彦、佐々木雅人、渡会浩二、芳賀晴久、鳴海剛、前田良一

《ノート》

濃度計の誤差が特性曲線に与える影響について
—市内6施設における施設間誤差及び経年変化—Effect of densitometer error on H-D curve measurement
—The precision among 6 densitometer and the change there-
in with the process of time—

林 秀 樹*	大 野 肇**	阿 部 春 郎***
佐 藤 順 一*	窪 田 誠*	山 田 裕 樹*
大 野 直 樹****	山 中 裕 文****	有 野 好 之****
阿 部 直 之*****	岡 林 篤 弘*****	平 田 望*****
前 田 典 彦*****	佐々木 雅 人**	渡 会 浩 二**
芳 賀 晴 久*****	鳴 海 剛*****	前 田 良 一*****

Summary Densitometer error is an important factor in radiographic image sensitometry. To investigate densitometer precision, we measured the densities of the same test object, a film strip exposed to simulated light, at different hospitals in Asahikawa twice, three years ago and then again recently. We also examined the effects of densitometer error on the measurement of imaging characteristics.

These results showed that the low density range values were different for each densitometer, and that the variance in those values affected the relative sensitivity imaging characteristics in the radiographic system. Also, the accuracy of each densitometer did not change with the process of time.

Key words; Densitometer, Sensitometry

北放技術誌 54:49-57, 1994

I. 緒 言

濃度計は、増感紙・フィルム系の画質評価、及び日常の自動現像機などの品質管理において重要な因子のひとつとなっている。

増感紙・フィルムシステムにおいて画質を評価する場合、精度の高い実験方法を行ったとしても、濃度計

の測定値が実際の測定値と異なっていれば、その実験は正確さに欠けるものとなる。また、ある一施設だけ(ある一つの濃度計だけ)の評価であれば、濃度計の測定値の誤差は、相対的な評価としての価値はあるものの、多数の施設間(多数の濃度計)での評価あるいは測定の場合、実験としての意味が全くないものになってしまう。

平成2年4月、旭川地区放射線技師会に画像解析委員会が発足され、現在までの活動の中で我々は、画像解析の一貫として濃度計に着目し、4施設において各濃度計の測定値の誤差について測定した。今回、新たに2施設を加え濃度計の測定値の誤差を測定した。

また、日常の画質評価、品質管理において一番使用されている特性曲線に注目し、濃度計の測定値の誤差

*旭川医科大学医学部附属病院
**市立旭川病院
***北海道対がん協会旭川がん検診センター
****旭川厚生病院
*****旭川赤十字病院
*****医療法人社団 はらだ病院
*****医療法人 沼崎病院
*****大雪山神経外科・整形外科病院
*****北海道社会事業協会 富良野病院
(1993年12月22日 受理)

が、特性曲線の感度、コントラスト、グラディエントカーブにどの程度影響するのか検討を加えたのでここに報告する。

II. 使用機器

II-1. 濃度計

Fuji MODEL 301 (3施設)

アパーチャーサイズ 3mm
2mm (2施設)

購入日 1980年が1施設
10年以上前に購入したのが2施設

Fuji MODEL 301 SR

アパーチャーサイズ 2mm

購入日 1993年

Sakura PDA-25

アパーチャーサイズ 1mm

購入日 1976年

ABE SEKKEI model 2119

アパーチャーサイズ 2mm

購入日 1990年

*以上の濃度計は、拡散光タイプの濃度計である。

II-2. テストピース

① Fuji MODEL 303 SENSITOMETER (21段ス

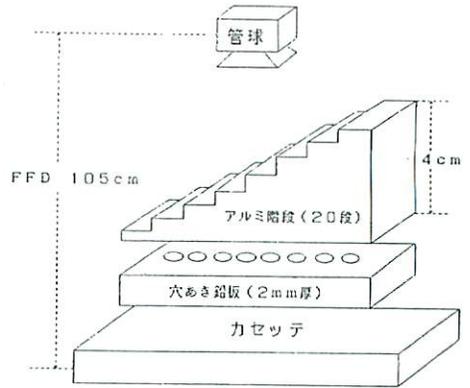


Fig.2 テストピース②の作製方法

テップ)

Fig.1に示す。(テストピース①)

濃度は、メーカーで校正されたばかりの施設の濃度計を基準濃度とした。

② ブーツストラップ法テストピース

Fig.2に示す方法で作製し、メーカーで校正されている濃度計 (Fuji MODEL 301) で測定したものをテストピースとした。(テストピース②)

使用したFILMと増感紙の選択にあたっては、特に考慮せず、Fuji RXとKYOKKO FSを用いた。

撮影条件は、70Kv、4mAsである。

1回曝射と2回曝射を同一フィルム上にそれぞれ撮影し、2つのステップ像を作製する。

散乱線の影響を減少させるため、穴あき鉛板でX線をコリメートした。

FFDは、105cmで、アルミステップの方向に注意し、ヒール効果も考慮した。

III. 実験方法及び結果

III-1. 市内4施設の濃度計の測定値の誤差

1990年に、市内4施設の濃度計について測定した。方法は、テストピース①を使用し、各施設の濃度計についてそれぞれ測定した。測定値は、テストピースの各点を3回測定し、その平均値をその点における濃度とした。結果は、Table 1に示す。

また、Table 1の結果から各施設の濃度計の校正定数を求めた。校正定数の計算式を以下に示す。

$$\text{校正定数} = \frac{\text{テストピース①の濃度}}{\text{各濃度計の測定値}}$$

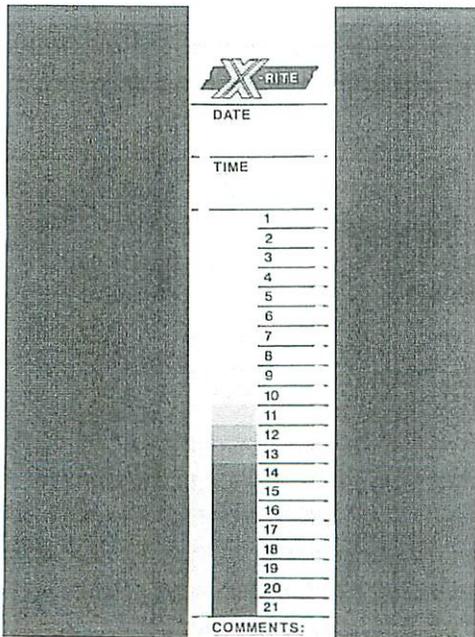


Fig.1 テストピース①

テストピース	Fuji MODEL 301			SAKURA PDA-25
濃度	A施設	B施設	C施設	D施設
0.13	0.12	0.12	0.14	0.18
0.14	0.13	0.12	0.14	0.18
0.15	0.14	0.13	0.15	0.19
0.17	0.15	0.15	0.17	0.20
0.20	0.19	0.19	0.20	0.24
0.26	0.24	0.24	0.26	0.30
0.36	0.34	0.34	0.36	0.39
0.51	0.49	0.48	0.51	0.55
0.70	0.68	0.68	0.70	0.75
0.96	0.93	0.93	0.96	0.98
1.25	1.21	1.21	1.24	1.29
1.50	1.45	1.45	1.48	1.52
1.72	1.67	1.67	1.71	1.72
1.93	1.87	1.87	1.91	1.92
2.08	2.03	2.03	2.07	2.08
2.24	2.18	2.18	2.21	2.23
2.34	2.30	2.30	2.34	2.36

Table 1 市内4施設の濃度計の測定値

テストピース	Fuji MODEL 303			SAKURA PDA-25	A&B SEKKEI	MODEL 303 SR
濃度	A施設	B施設	C施設	D施設	E施設	F施設
0.20	0.19	0.19	0.21	0.24	0.16	0.18
0.21	0.20	0.20	0.22	0.25	0.16	0.19
0.21	0.20	0.20	0.22	0.25	0.17	0.20
0.22	0.21	0.21	0.23	0.26	0.18	0.21
0.23	0.22	0.22	0.24	0.27	0.19	0.22
0.24	0.24	0.24	0.26	0.29	0.20	0.24
0.27	0.26	0.26	0.28	0.31	0.23	0.26
0.29	0.30	0.30	0.32	0.34	0.26	0.29
0.35	0.35	0.35	0.37	0.40	0.32	0.35
0.42	0.42	0.42	0.44	0.47	0.39	0.41
0.52	0.52	0.52	0.54	0.57	0.49	0.51
0.68	0.68	0.67	0.70	0.72	0.55	0.66
0.87	0.87	0.87	0.89	0.90	0.84	0.86
1.11	1.11	1.11	1.15	1.11	1.08	1.09
1.38	1.39	1.38	1.42	1.40	1.35	1.36
1.66	1.67	1.66	1.69	1.66	1.63	1.63
1.98	1.99	1.98	2.01	1.97	1.94	1.94
2.30	2.30	2.30	2.31	2.30	2.25	2.24
2.62	2.63	2.64	2.62	2.61	2.57	2.55
2.86	2.87	2.89	2.83	2.86	2.80	2.78

※表中の A&B SEKKEI は、A&B SEKKEI MODEL 2119 の略称である。同様に、MODEL 303 SR は、Fuji MODEL 303 SR の略称である。

Table 2 市内6施設の濃度計の測定値(1回曝射)

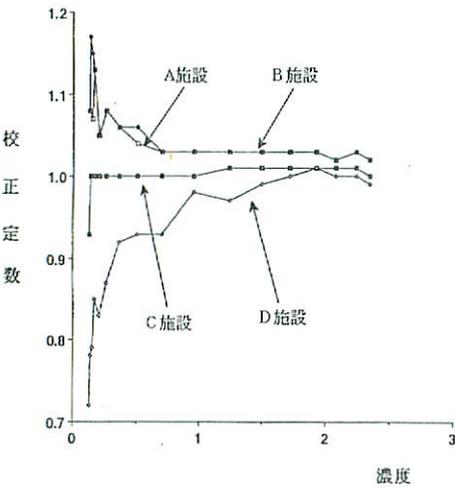


Fig. 3 市内4施設の校正定数

各施設の校正定数のグラフを Fig. 3 に示す。

III-2. 市内6施設の濃度計の測定値の誤差

1993年に、以前の4施設に新たに2施設を加え、計6施設の濃度計について測定した。方法は、テストピース②を使用し、その他については、1.と同様である。

結果を Table 2 及び Table 3 に示す。Table 2 は、テ

テストピース	Fuji MODEL 303			SAKURA PDA-25	A&B SEKKEI	MODEL 303 SR
濃度	A施設	B施設	C施設	D施設	E施設	F施設
0.22	0.21	0.21	0.23	0.26	0.17	0.21
0.23	0.22	0.22	0.24	0.27	0.19	0.22
0.24	0.24	0.23	0.25	0.29	0.20	0.23
0.26	0.26	0.26	0.28	0.31	0.22	0.26
0.30	0.29	0.28	0.31	0.34	0.25	0.28
0.34	0.34	0.33	0.36	0.38	0.30	0.33
0.40	0.40	0.40	0.42	0.44	0.37	0.39
0.48	0.49	0.49	0.51	0.54	0.46	0.48
0.63	0.63	0.63	0.66	0.68	0.60	0.62
0.78	0.79	0.79	0.81	0.82	0.75	0.77
0.98	0.99	0.99	1.03	1.01	0.86	0.97
1.25	1.26	1.26	1.29	1.27	1.22	1.23
1.52	1.53	1.53	1.56	1.53	1.49	1.49
1.80	1.79	1.80	1.84	1.80	1.76	1.77
2.08	2.08	2.07	2.10	2.07	2.03	2.03
2.36	2.36	2.36	2.37	2.35	2.31	2.29
2.62	2.62	2.63	2.62	2.61	2.57	2.55
2.84	2.85	2.87	2.82	2.84	2.76	2.77
2.99	3.01	3.03	2.94	3.00	2.92	2.91
3.09	3.11	3.15	3.05	3.09	3.07	3.02

※表中の A&B SEKKEI は、A&B SEKKEI MODEL 2119 の略称である。同様に、MODEL 303 SR は、Fuji MODEL 303 SR の略称である。

Table 3 市内6施設の濃度計の測定値(2回曝射)

ストピース②における1回曝射の測定値であり、Table 3 は、2回曝射の測定値である。

次に、III-1.と同様に各施設の濃度計の校正定数を求めた。各施設の校正定数のグラフを Fig. 4 に示す。

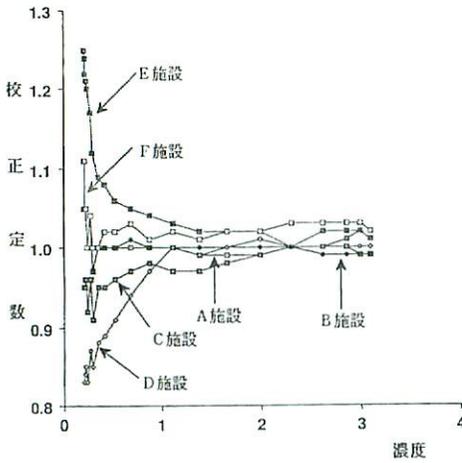


Fig. 4 市内6施設の校正定数

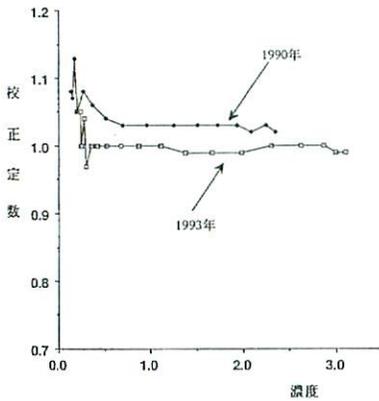


Fig. 5-1 A施設の校正定数の経時的変化

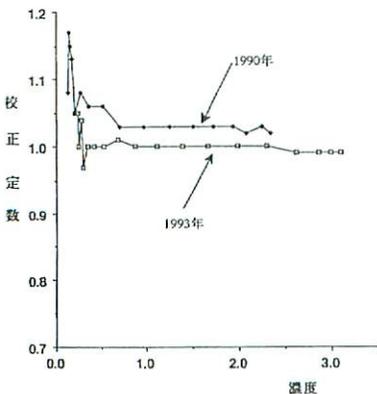


Fig. 5-2 B施設の校正定数の経時的変化

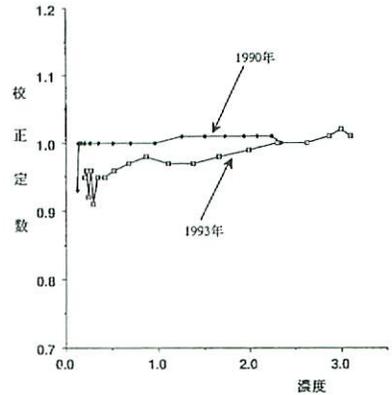


Fig. 5-3 C施設の校正定数の経時的変化

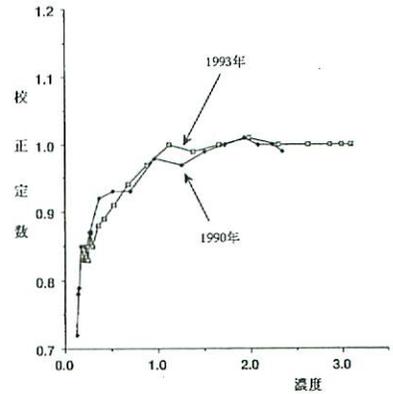


Fig. 5-4 D施設の校正定数の経時的変化

また、A、B、C、Dの4施設において、1990年時の校正定数と、1993年時の校正定数を同一グラフに表したものを、Fig. 5-1~4に示す。

III-3. テストピース②を利用した特性曲線の作成

テストピース②は、あらかじめブーツストラップ法に作成されたものであるから、Table 2、Table 3のデータより、基準濃度及び、各施設の特性曲線を求める²⁾³⁾。

基準濃度と各施設との特性曲線の比較をFig. 6-1~6にそれぞれ示す。

また、求められた特性曲線から、それぞれの相対感度、平均階調度、グラディエント曲線についてそれぞれ求める。

相対感度、平均階調度の求め方をFig. 7に示す。結果をTable 4に示す。

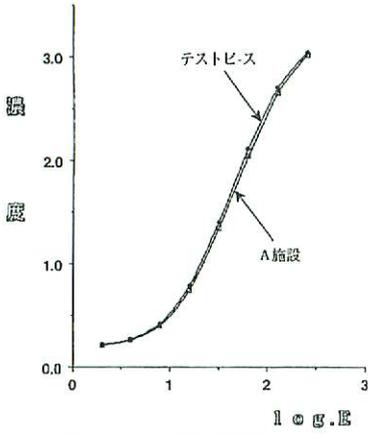


Fig. 6-1 A施設の特性曲線

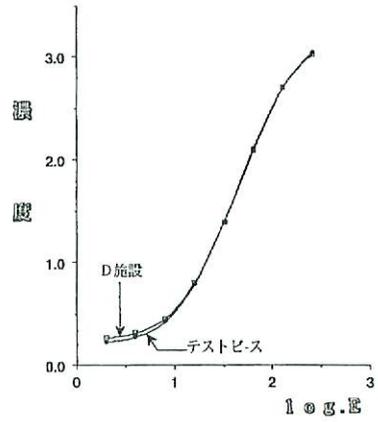


Fig. 6-4 D施設の特性曲線

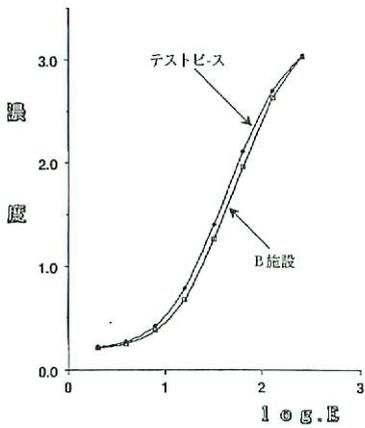


Fig. 6-2 B施設の特性曲線

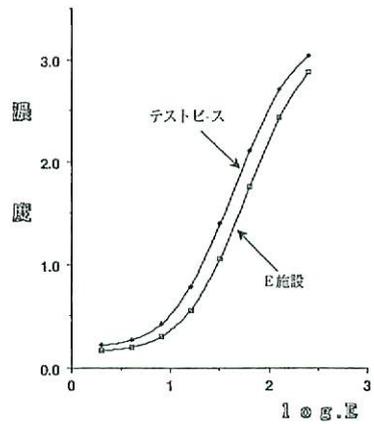


Fig. 6-5 E施設の特性曲線

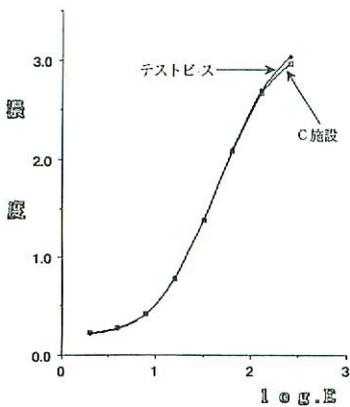


Fig. 6-3 C施設の特性曲線

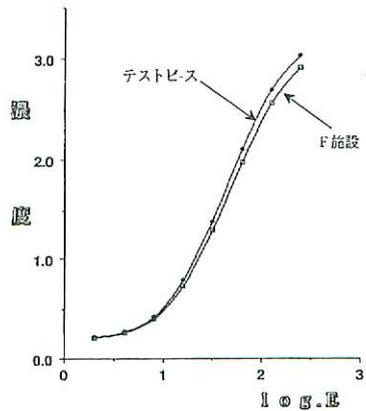
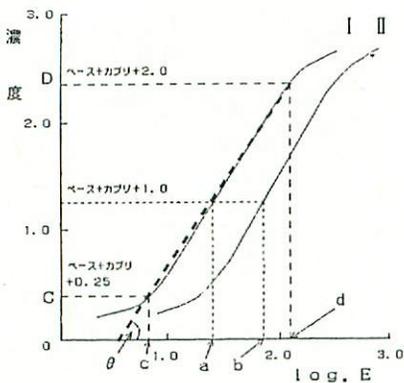


Fig. 6-6 F施設の特性曲線



$$\text{相対感度} = \frac{10^b}{10^a} \times 100 (\%)$$

$$\text{平均階調度} = \tan \theta = \frac{D-C}{d-c}$$

Fig.7 相対感度と平均階調度の求めかた

グラディエント曲線は、特性曲線上のある点に引いた接線の傾き(グラディエント)を縦軸に、濃度を横軸にとって曲線で表したものである。グラディエント曲線を求める方法は、特性曲線のある濃度における数値微分で求めることができる。しかし、数値微分は大きな誤差を招くことがあり、特性曲線のスムージング処理(ルジャンドルの多項式近似)を行って、誤差の減少を施した⁴⁾。今回は、7次の多項式近似を行った。

基準濃度と、各施設のグラディエント曲線の比較を Fig.8-1~6 に示す。

IV. 考 察

IV-1. 市内4施設の濃度計の測定値の誤差について Table 1 及び、Fig. 3 の結果から、低濃度領域(D=0~0.5程度)において、校正定数のバラツキが大きい事がわかる。また、高濃度領域(D=1.5以上)におい

	テストピース②	Fuji MODEL 303			SAKURA PDA-25	ABE SEKKEI	MODEL 303 SR
		A施設	B施設	C施設	D施設	E施設	F施設
相対感度	100	94	87	98	96	72	91
平均階調度	1.91	1.88	1.89	1.90	1.88	1.86	1.82

※表中の ABE SEKKEI は、ABE SEKKEI MODEL 2119 の略語である。

同様に、MODEL 303 SR は、Fuji MODEL 303 SR の略語である。

Table 4 市内6施設の相対感度と平均階調度

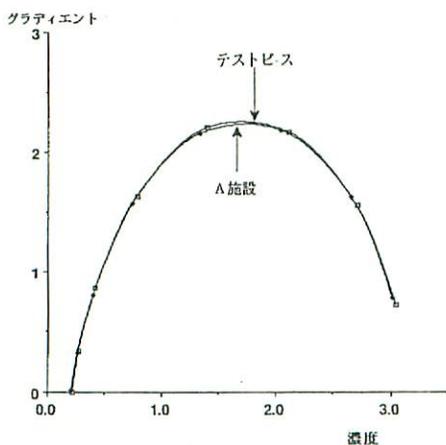


Fig.8-1 A施設のグラディエント曲線

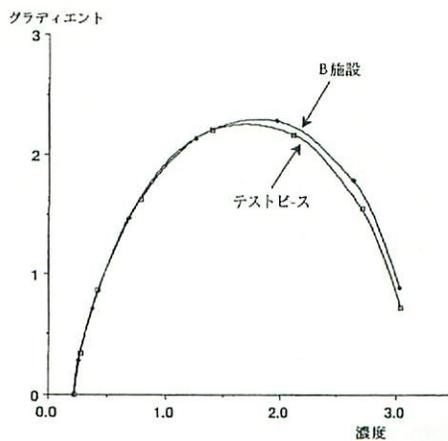


Fig.8-2 B施設のグラディエント曲線

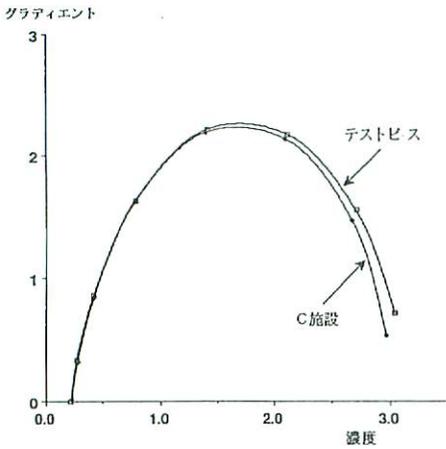


Fig. 8-3 C施設のグラディエント曲線

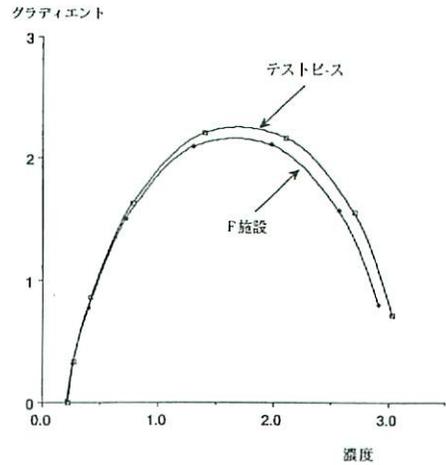


Fig. 8-6 F施設のグラディエント曲線

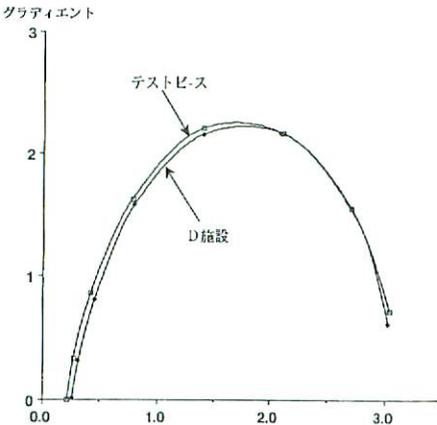


Fig. 8-4 D施設のグラディエント曲線

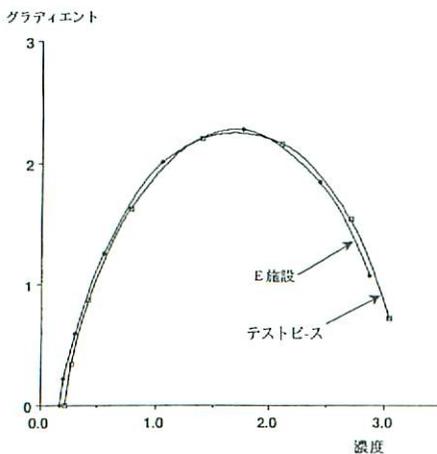


Fig. 8-5 E施設のグラディエント曲線

ては、校正定数のそれぞれの値の差が校正定数1に対し、最大でも3%であり、各施設とも非常に安定した測定値が得られていると言える。

ここで、濃度計の測定値は小数点以下2桁までであるため、高濃度における測定値の誤差よりも低濃度における測定値の誤差の方が、校正定数に与える影響が大きいかは明かである。そこで、低濃度領域におけるテストピースとの測定値の差を考えてみると、A、B、Cの3施設においては、この測定値の差は、0.02以内であり、この測定精度は、アメリカ規格 PH 2.19-1976 拡散透過濃度に適合している。つまり、この3施設の濃度計は、通常の測定において支障はないことがわかる。しかし、D施設は、測定値の差が最大で0.05であり、低濃度領域における測定値の信頼度は低いと言える。

IV-2. 市内6施設の濃度計の測定値の誤差について

Table 2, Table 3 及び, Fig. 4 の結果から、1. と同様に低濃度領域での校正定数のバラツキが大きく、高濃度領域での校正定数は、ほぼ1に近いことがわかる。また、低濃度領域におけるテストピースとの測定値の差を考えてみると、A、B、C、及びFの4施設においては、1つの測定値以外すべて0.02以内であり、測定精度は安定していると言える。しかし、この4施設の高濃度領域における測定値の差を比較すると、濃度が高くなるにしたがって差は大きくなる傾向にある。特に、F施設はそれが顕著に現れている。

D施設は、低濃度領域での測定値が高く表示されるようにシフトし、逆にE施設は、低濃度領域から中濃

度領域にかけて低く表示されるようにシフトしていることがわかる。

以上のことから、今回測定した濃度計の中で、A, Bの2施設においては信頼性が高いと言える。しかし、テストピースを測定した校正されている濃度計は、A, B, Cの3施設と同じ機種である。また、F施設もこの機種の改良型であるため同一機種に含めれば、測定値に同じ特徴が現れているため、テストピースの測定値に近い数値が得られたと考えられる。つまり、機種の違うD, Eの2施設の濃度計は、低濃度領域における測定値の誤差に加え、機種の違いによる測定値の誤差も多少含まれていると推測できる。

次に、Fig. 5の結果から、4施設の濃度計における3年間の校正定数の経時的な変化は、ほとんど無いことがわかる。これは、濃度計が長期に渡り安定した測定値を表示していることを示すものであるが、校正が不必要ということではなく、定期的な校正試験は必要であると思われる。

今回の測定に関し、濃度計のアーチャーサイズは、各施設で通常装着しているものを使用し、特に統一は図らなかつた。A, B, Cの3施設の濃度計は、同一機種であるが、2mmのアーチャーが2施設、3mmのアーチャーが1施設である。Fig. 4からわかるように、アーチャーのサイズの違いが、測定値に大きく影響を与えるとは考えられない。

IV-3. テストピース②を利用した特性曲線について

Fig. 6-1, 3, 4のグラフより、A, C, Dの3施設の特性曲線はテストピースの特性曲線とほぼ同一であると言える。また、B施設は特性曲線のグラフが全体に高露光量側（高log.E側）にシフトしていることがわかる。C施設は高露光量領域において多少低濃度側にシフトしている。D施設は低露光量領域で高濃度側にシフトしている。E施設においては、グラフが大きく高露光量側にシフトしている。F施設は、高露光量側にかけて、徐々にテストピースの特性曲線から低濃度側に離れていくことがわかる。

以上のことより、Table 2, 3の結果も加味して考察できることは、濃度計の測定値が基準より低いときは特性曲線が高露光量側にシフトし、逆に高いときは低露光量側にシフトする。また、測定値の誤差が小さい場合でも濃度領域全体にわたって一定した誤差を持つ場合は（例えば、測定値が全体に低く表示されるとき）、特性曲線のシフトは顕著である。

加えて、部分的な測定値の誤差が大きいときに特性曲線に与える影響は、局所的ではあるが、その測定値の濃度領域において大きく特性曲線のシフトをもたらす。

IV-4. 相対感度と平均階調度について

相対感度は、Fig. 7からもわかるように、濃度がベース+カブリ+1.0のときの比露光量の対数が影響する因子となっているため、その濃度の測定値の誤差が直接、相対感度の誤差となり、バラツキが大きくなる。また、平均階調度は、特性曲線の傾き（ $\tan\theta$ ）であるから、特性曲線が左右どちらかに移動したとしても、大きな変化は起こらない。このことは、Table 4の結果からも裏付けされる。もし、平均階調度が大きく変化するとすれば、それは中濃度領域における測定値の誤差が顕著な場合である。しかし、1, 2.の考察からもわかるように、誤差が大きいのは、特性曲線の足部及び、肩部である。そのため、濃度計の誤差による平均階調度への影響は少ないと考察できる。

IV-5. グラディエント曲線について

グラディエント曲線は、特性曲線のある濃度における接線（傾き）であるため、平均階調度と同様、濃度計の誤差が大きく影響するとは考え難い。Fig. 8-1~6の結果からも、各施設のグラディエント曲線は、テストピースのそれとほぼ一致する。少なからず影響があるとすれば、低濃度領域及び、高濃度領域において変化があると推測できる。

V. 結 語

- ① 1990年に市内4施設の濃度計のバラツキを測定した。今回、新たに2施設を加え計6施設の濃度計のバラツキを測定した。また、同一のテストピースから各施設の濃度計を使用してそれぞれの特性曲線を求めた。
- ② 各施設の濃度計は、低濃度領域においてバラツキが大きく、中、高濃度領域においてほぼ正確な測定値を表示していることがわかった。
- ③ 低濃度領域におけるバラツキは校正定数のものであり、測定値自体のバラツキは大きくなく、アメリカ規格PH 2.19-1976拡散透過濃度に適合している施設も4施設あった。
- ④ 4施設の濃度計の経時的な変化は、ほとんどなかったが、定期的な校正試験は必要と推測される。
- ⑤ 濃度計のバラツキが特性曲線に与える影響は、測

定値が低く表示されると特性曲線は高露光量側（高 log. E 側）に移動し、高く表示されると低露光量側（低 log. E 側）に移動することがわかった。

- ⑥ 濃度計のバラツキは、相対感度に与える影響は大きく、平均階調度及びグラディエント曲線に与える影響は小さいことがわかった。

謝 辞

本研究は、旭川地区放射線技師会学術部のもと、旭川地区放射線技師会画像解析委員会の活動の一環として行われた。この研究に全面的に御支援いただいた旭川地区放射線技師会に深く感謝します。また今回の実験に協力いただいた諸施設、及び画像解析委員の諸氏に深く感謝します。

文 献

- 1) 花田博之, 菊池 務 他; 道内 9 施設の増感紙・フィルム系特性曲線. 北放技術誌 vol.53, 149-160, (1993)
- 2) 特集; 非線形世界のものさし (放射線受光系の特性曲線). INNERVISION 11(3), (1988)
- 3) 山下一也 他; 委員会報告, 増感紙フィルムシステムの X 線センチメートルについて. 日放技学誌 40(1): 59-78, (1984)
- 4) H. Chan and K. Doi; Determination of radiographic screen-film system characteristic curve and its gradient by use of a curve-smoothing technique. Med. Phy., 5 (5): 443-447 (1978)

要 旨

平成 2 年 4 月, 旭川地区放射線技師会に画像解析委員会が発足された。その活動の中で我々は、画像解析の一貫として、増感紙・フィルム系の画像評価において重要な因子の一つである濃度計に着目した。そこで、市内 6 施設の濃度計の測定値のバラツキを求めた。

以前 (3 年前) 当委員会は、市内 4 施設の濃度計について測定値の誤差を求めており、その結果と今回の実験から、濃度計の測定値の経時的な変動も検討した。また、同じテストピースから各施設それぞれの特性曲線を求め、比較を行った。さらに、濃度計の測定値の誤差によって、特性曲線から得られる相対感度、平均階調度、グラディエント曲線がどの程度影響するのかも検討した。

旭川医科大学医学部附属病院
林 秀樹 他