

## サブトラクションフィルムを用いた口内法フィルム現像の *Quality Assurance* の研究

柳 澤 泰

岩手医科大学歯学部歯科放射線学講座

(指導者：坂巻公男教授)

[受付：1992年 3月 16日]

[受理：1992年 11月 5日]

**Abstract** : Since the frequency of intraoral reontgenography has increased, the levels of exposure to patients by a radiation dose should be taken into consideration. The dose given to the whole body by one single dental radiography is low, when compared to radiography to other organs. As to calculation of risk, however, a rather high frequency of radiography should be taken into account. Statistical data show that approximately one hundred million radiographs are taken yearly in Japan. The use of high sensitive dental films and being careful not to commit technical failure are important in reducing the radiation dose given to patients. There are many reasons why the radiographic quality can not be constantly well-kept. The use of an old developer is one of them. It is very important to know the quality of the developer in use. In this study, the subtraction masking film method was attempted to evaluate the quality of radiographs and the developer. A wedge made of Mix D ( 10 mm wide, 30 mm long, 0~40 mm in height ) was radiographed and developed with a new solution. A subtraction masking radiograph was prepared from the radiograph of the wedge. Dental films of the wedge were also developed using weakened developing solutions. Each dental film was superimposed on the masking film prepared at first to measure the density. If the developer is effective, then the superposed films have the same transmission density at any area. If the film is developed with a weakened developer, the density is reduced. The density is decreased with an increase in the number of films developed, because the developing solution becomes weakned and undergoes chemical changes during the course of development. In this study, a decrease in transmission density was detected after development of approximately 100 films. This method is simple and useful for the evaluation of the activity level of the developer at any time after preparation.

**Key words** : quality assurance, subtraction masking film, film superposing, weak developer.

### 緒 言

丸山<sup>1)</sup>らの報告によると、1985年における口内法撮影は約8450万枚、パノラマ撮影では約

1000万枚、その4年後にはそれぞれ約9970万枚、1100万枚と増加していることが報告され、それに伴い医療被曝線量も増加しているものと推定される<sup>2)</sup>。歯科用エックス線検査による被

---

The quality assurance of dental film development using subtraction masking film

Yutaka YANAGISAWA

(Department of Oral Radiology, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka, 020 Japan)

岩手県盛岡市中央通り1丁目3-27 (〒020)

*Dent. J. Iwate Med. Univ.* 17 : 143 - 152, 1992

曝線量は、他の領域と比較小さいが、たとえ放射線利用が有益であっても、十分注意されなければならない<sup>3,4)</sup>。患者への被曝線量を軽減させる方法として、鉛エプロンの使用、高感度フィルムの使用が推奨されている<sup>5-8)</sup>。また、術者側の問題として、不用意にエックス線撮影をしないことや、エックス線写真の失敗による再撮影を無くすることが挙げられる。口内法エックス線写真の失敗はフィルムの位置付け、主線の角度ほかに現像時の失敗によることも多い<sup>9)</sup>。現像時の失敗として現像液の劣化によるものは、黒化度の低下をまねき、読影上困難をきたす。このようなことから最近では画質管理の問題 (quality assurance, 以下 QA と略す) が提唱されてきた<sup>10-13)</sup>。この QA には、自動現像機の管理並びに、エックス線発生装置自身の管理などが含まれている。そのうち臨床の間では経時的に劣化する現像液の管理が難しい<sup>14)</sup>。現像液の劣化状態を知る方法には、撮影された写真を肉眼的に観察する方法のほか、濃度計にて黒化度を測定する方法、現像液の pH を測定する方法などがある。筆者は、より簡便に各濃度領域における濃度とコントラストの変化を定量的に観察する方法として、subtraction masking film を使用する重ね合わせ法に注目し、その実用性について検討した。

### 実験材料と方法

#### 1 実験材料

使用したエックス線フィルムは、超高感度フィルムの KODAK EKTASPEED タイプで、デンタルサイズの EP-22 とオクルーザルサイズの EO-42 およびサブトラクション用フィルム KODAK X-Omat masking film である。現像液と定着液は KODAK GBX developer and replenisher と、GBX fixer and replenisher を使用し、すべて指定現像、すなわち、現像温度 20°C、現像時間 5 分、定着温度 20°C、定着時間 10 分で現像した。エックス線発生装置は、東芝 KXO-15 (管電圧 60 KVp、管電流 20 mA) を使用し、撮影の際には、背後散乱線の影響を防

ぐ目的で、フィルムの下に厚さ 2 mm の鉛板を置いて撮影した。連続的黒化度の測定には、サクラマイクロデンシトメーター (PDA-5, Type-B) を、それ以外の黒化度には一定のスポット面積をもつサクラデンシトメーター (PDA-15) を使用した。現像液の定量は、デンタルフィルム専用の小型自動現像機の液量に近い 160 ml とし、さらに空気に触れる面積を少なくし、thermo magnestir (Shibata 社製 model MGH-15) 上で現像操作を行った。

### 実験方法

現像液を劣化させる方法として、EP-22 フィルムを包装紙から取り出し、シャーカステン上で十分に露光させたものを一枚ずつ現像することによって行った。

その際、50 枚おきに各実験で観察したいフィルムを一枚ずつ現像した。

#### 1) 現像液の劣化がデンタル写真に及ぼす影響

口内撮影実習用ヒト頭蓋骨ファントーム (DXTTER 2.) を用いて、10 枚のフィルムに下顎大臼歯部の撮影を行なった。そのうち 1 枚を調整直後の現像液で現像した後、露光済のフィルムを現像し、50 枚ごとに残りのフィルムを 1 枚ずつ現像し、現像液の劣化による画像の変化を調べた。現像した下顎大臼歯部のエックス線フィルムを、歯科放射線科医 7 名によって読影し、全体的な濃度低下のほか、歯冠部、歯髓腔、歯根膜腔、歯槽骨など通常臨床に重要な項目について読影し物理的実験値との関係を検討した。

#### 2) 現像液の劣化が鮮鋭度に及ぼす影響

現像液の劣化による鮮鋭度への影響について、より定量的に評価するためにレスポンス関数 (modulation transfer function, 以下 MTF と略す) を用いた。MTF の測定には、矩形波チャート法を用いた。使用したチャートは、Kyokko X-RAY TEST CHART Nr. 28396, 0.5 ~ 10.0 lines/mm でフィルムは、オクルーザルタイプの KODAK EO-42 を使用した。撮影条

件は、60 kVp 7 mAs, FFD 50 cmで行なった。矩形波チャート法の黒化度を連続的に測定するため、サクラマイクロデンスitomーターを用い、その測定結果は、サクラマルチペンレコーダー上に記録した。それぞれの解像力の変化から、各々の矩形波レスポンス関数を求めた。なお、マイクロデンスitomーターのスリット高さは1 mm, スリット幅は0.01 mmとした。また、アパーチュアはチャートの像に直角になるように走査方向をとり、チャート像とできるだけへ平行になるように置いた。試料の記録倍率は、200倍として走査した。MTFは、Coltmanの換算式にそれぞれの矩形波レスポンス関数値を代入してMTFを求めた。すなわち、

$$M(u) = \pi / 4 \{ \text{Msq}(u) + 1 / 3 \text{Msq}(3u) - 1 / 5 \text{Msq}(5u) + 1 / 7 \text{Msq}(7u) - 1 / 9 \text{Msq}(9u) + \dots \}$$

M(u): MTF, Msq(u): 矩形波レスポンス関数

また、フィルム面全体が黒化度1となるように

撮影したフィルムを用い、調整直後の現像液と特定のフィルム枚数を現像した後の現像液とで現像したフィルムについて、その時の銀粒子を光学顕微鏡にて観察した。

### 3) 現像液の pH の変化

現像液の劣化による化学的性状の変化を調べる指標として、現像液の pH の変化を観察した。使用した pH メーターは、BECKMAN  $\phi$  12 pH / ISE, 電極は BECKMAN COMB. ELECTRODE 39831 である。露光済の EP-22 フィルムを 50 枚現像するごとに、現像液の pH を測定し、その変化を記録した。

### 4) Subtraction masking film による現像液の管理

現像液の劣化度を調べる簡便な方法として、Subtraction masking film を使用する重ね合わせ法を考案し、その有用性を検討した。被写体として、幅 10 mm, 長さ 30 mm, 高さ 0 ~ 40 mm のくさびを製作した。材質は、人体と等価のエックス線減弱係数を持つ Mix-D を用いた。

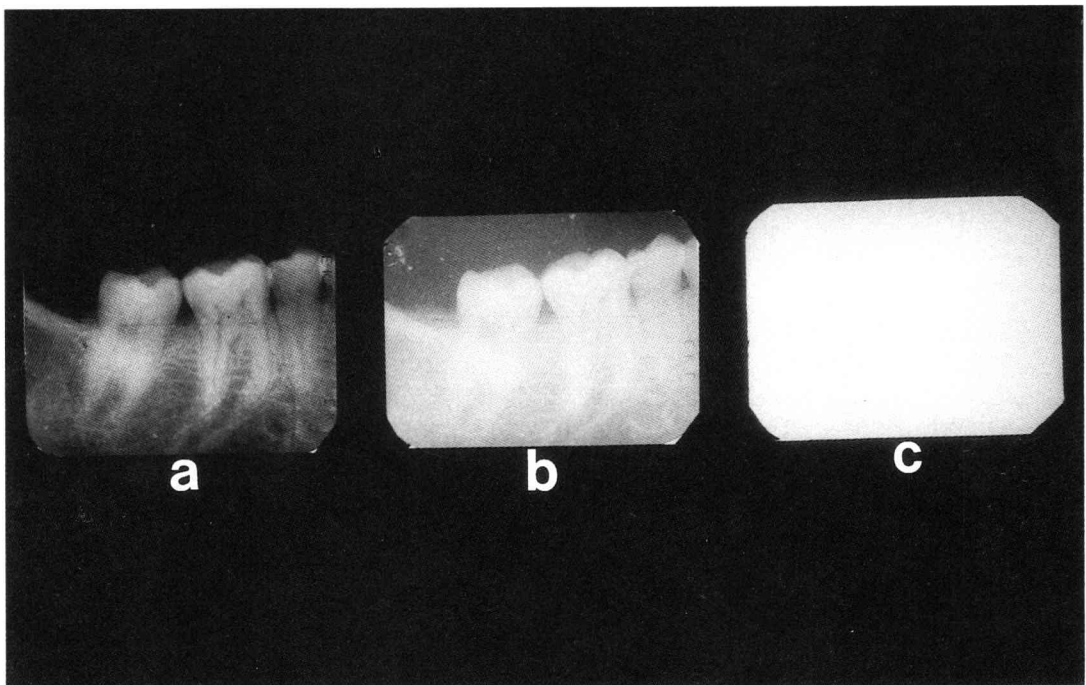


Fig. 1 Examples of radiographs, of a dried human mandible, that were developed with new and weakened developing solutions.  
 a : New solution    b : Weak solution after development of 200 films  
 c : Weak solution after development of 500 films

撮影条件は 60 kVp, 2 mAs, FFD 20 cm である。この条件で撮影したデンタルフィルムをオリジナルフィルムとし、10 枚作成した。現像液調整後、一番最初に現像したフィルムを、Kodak X-Omat masking film を用いて反転させた。このフィルムを標準反転フィルム (standard masking film 以下 S-M film と略す) とした。反転フィルム作成にあたっては、NEW D/S unit (共立医療電気) を使用し、サブトラックションモードでタイマーは、2 秒にて行なった。露光済みデンタルフィルムを 1 枚ずつ現像し、50 枚目ごとにオリジナルフィルムを 1 枚ずつ現像した。次に各々のオリジナルフィルムとこの S-M film をシャーカステン上で重ね合わせた。もし、溶液に現像効力が十分に残っているならば、その重ね合わせたフィルムは、どの部分でも、ある一定の透過黒化度を示すはずである。

結 果

1) 現像液の劣化がデンタル写真に及ぼす影響

Fig. 1a-Fig. 1c にファントームを用いた下顎大臼歯口内法エックス線写真の例を示す。Fig. 1a は現像液調整直後に処理した写真で、Fig. 1b, Fig. 1c はそれぞれ露光フィルムを 200 枚と 500 枚現像した後に処理した写真である。現像液の劣化と共に、全体的な黒化度の低下とコントラストの低下が認められる。Table 1 に同一部位を撮影したエックス線フィルムを 50 枚間

Obser.	Density	E-DJ	AB	Pulp	LD
A	150	150	200	200	200
B	150	200	200	250	250
C	150	250	250	250	250
D	150	250	250	250	250
E	150	250	250	300	300
F	150	250	250	250	250
G	150	250	250	300	300

Table 1 Evaluation by 7 radiologists concerning dental radiographic qualities.  
E-DJ : Enamel-Dentin junction,  
AB : Alveolar bone,  
LD : Lamina dura.

隔で現像し、それぞれの写真を 7 人の歯科放射線医に読影させた結果を示す。読影項目は、写真濃度の全体的低下、エナメル象牙質境、歯槽骨、歯髄、白線とした。写真濃度の低下は、観察者全員によって 150 枚目から指摘された。エナメル象牙質境については 150 枚から 250 枚と各観察者によってばらつきがあったが、その他の項目についてはおおむね 250 枚前後で読影不能となった。

2) 現像液の劣化が鮮鋭度に及ぼす影響

Fig. 2 に現像液の劣化による空間周波数の変化を示す。空間周波数は、肉眼的に判明できる 1 mm あたりのスリット数 (lines/mm) で表わした。空間周波数は現像枚数の増加にともない低下した。すなわち最初の 1 枚目から 100 枚目までは、10.0 lines/mm, 150 枚目は 5.0 lines/mm, 200 枚目は 3.0 lines/mm, 300 枚目では 1.5

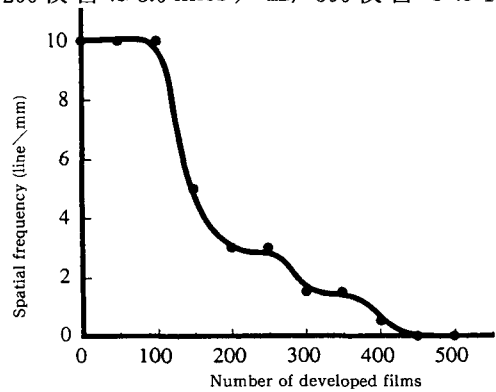


Fig. 2 Change in spatial frequency plotted against the number of developed films.

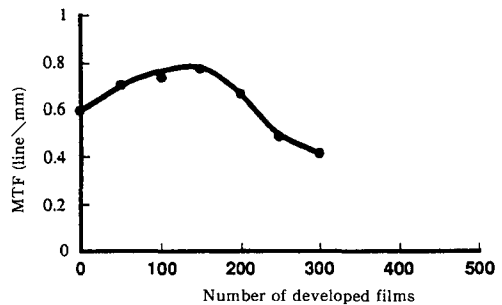
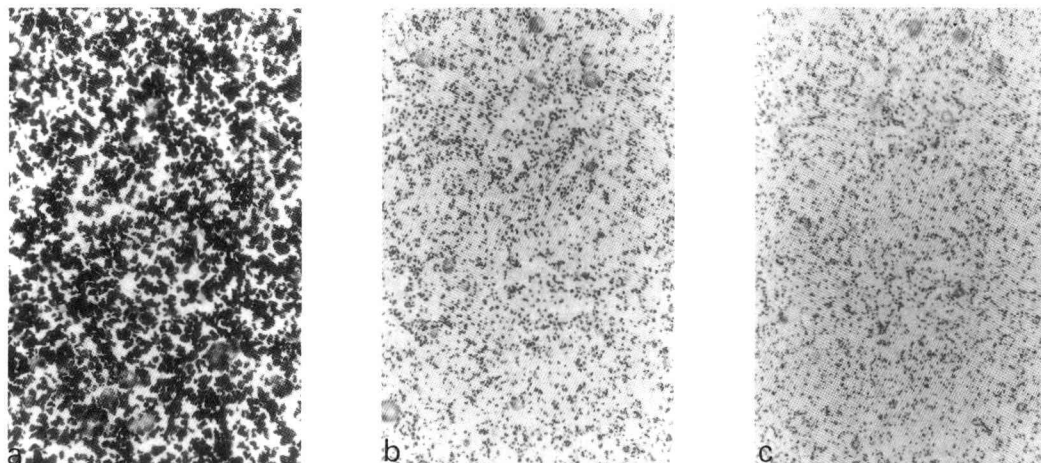


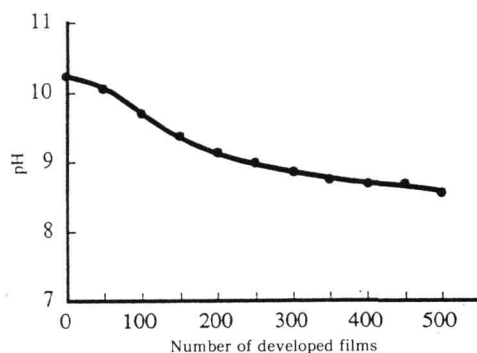
Fig. 3 Change in MTF plotted against the number of developed films.



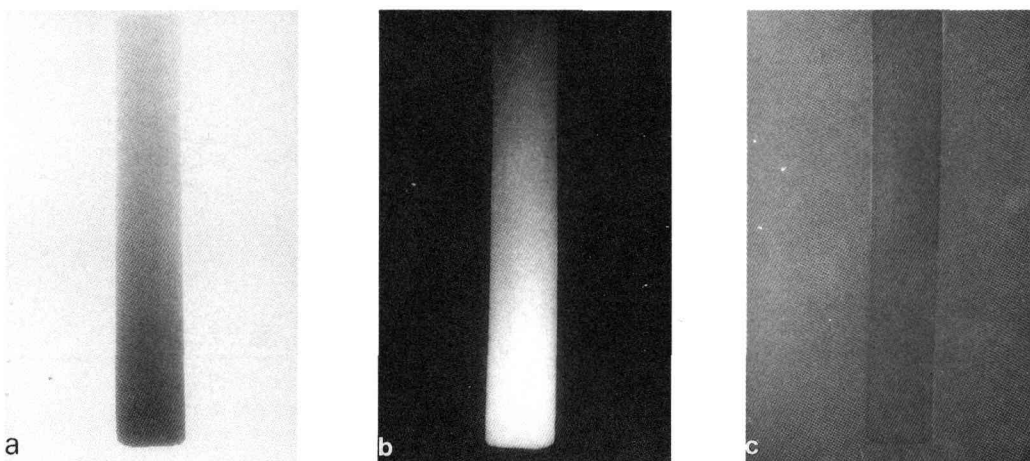
**Fig. 4** Photomicrographs of silver grains on the film base ; X400  
 a : New solution    b : Weak solution after development of 200 films  
 c : Weak solution after development of 500 films

lines/mm, 400 枚では 0.5 lines/mm, それ以上では, スリットを分離して観察することができなかった。鮮鋭度は主として 2.0 lines/mm 付近の低い空間周波数領域における MTF によって決定した。Fig. 3 に現像枚数による MTF の変化を示す。MTF は現像枚数の増加によって一旦上昇するが, 150 枚目をこえるあたりから低下が認められた。300 枚目以上では, 2.0 lines/mm 付近における矩形波レスポンス関数を求めることができないので, MTF を求めることができなかった。

次にエックス線画像の粒状性を顕微鏡にて観



**Fig. 5** pH change of the developer by the number of developed films.



**Fig. 6** Examples of radiographs of the wedge.  
 a : Original dental film developed with new solution    b : Standard masking film (S-M film)  
 c : Superposed original and S-M films

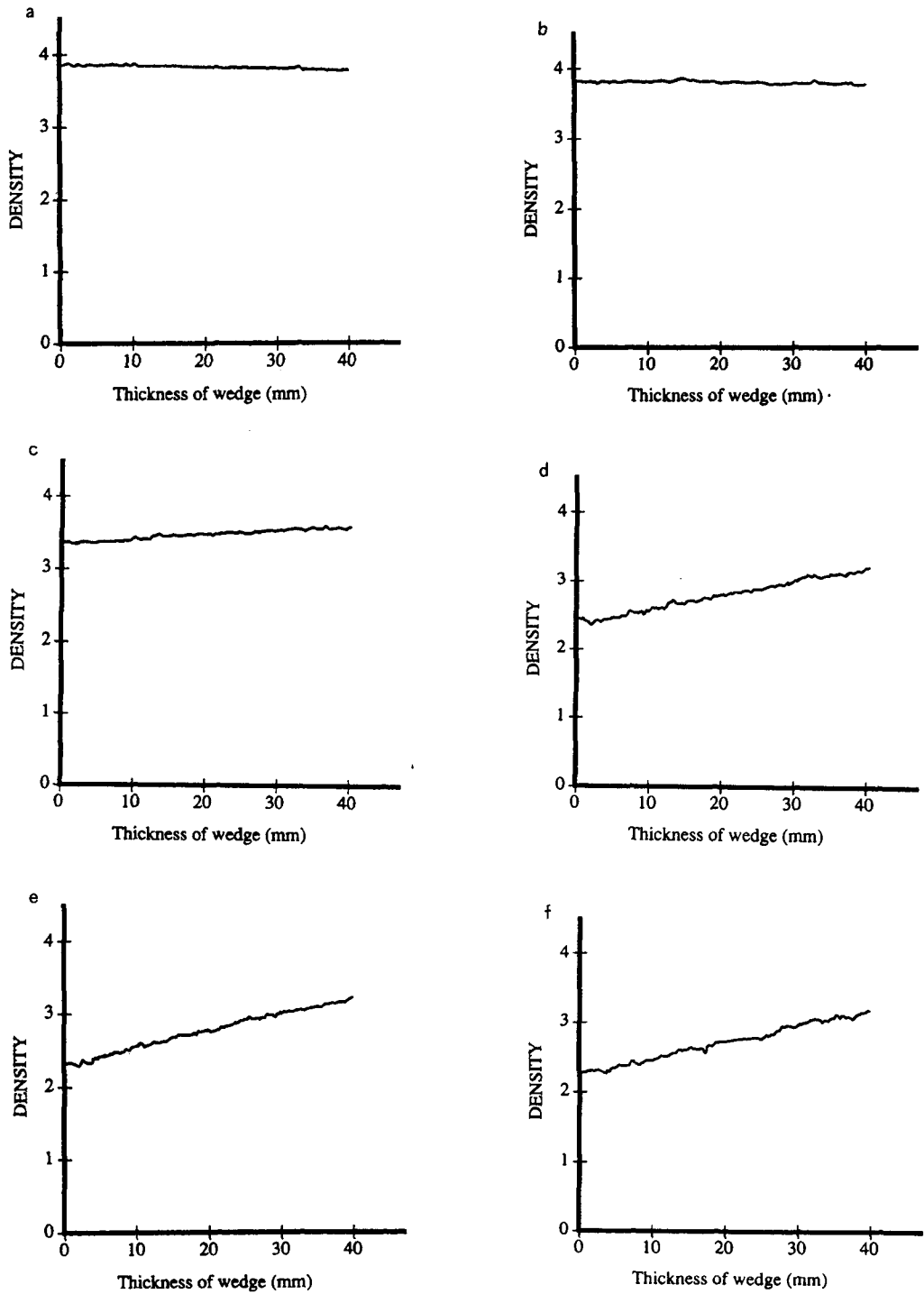


Fig. 7 Film density obtained by the superposing method with S-M film.  
a : New solution    b : Development of 100 films    c : Development of 200 films  
d : Development of 300 films    e : Development of 400 films    f : Development of 500 films

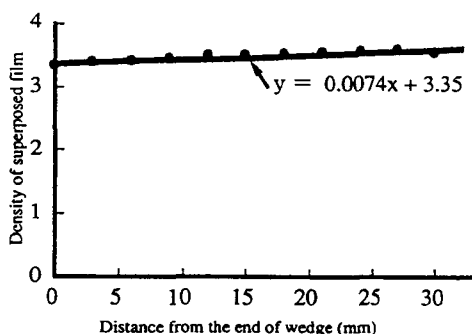


Fig.8 An example of the density obtained by superposition of the original dental film after development of 200 films and S-M film.

察した。Fig.4a-Fig.4cは、現像処理後にフィルム上に見られる黒化銀粒子の400倍顕微鏡写真である。Fig.4aは新鮮な現像液で処理した写真、Fig.4b-Fig.4cはそれぞれ200枚と500枚露光フィルムを現像した後の液で処理した写真である。新鮮な現像液では、黒化銀粒子は最も大きく絡まりあい、密に分布しているが、現像を重ねて行くにしたがって粒子は細くなり分布状態は粗になった。

### 3) 現像液のpHの変化

現像液中の促進剤はフィルム乳剤中のゼラチンを軟化させ、現像液がハロゲン化銀に到達しやすくなる作用があり、アルカリ性を示す。そこで現像液の劣化の指標とし、溶液中のpHの変化を測定した。Fig.5は現像枚数によるpHの変化を示す。現像液が新しい状態では、pHは10.24であったが、現像枚数の増加に伴い直ちに低下し、100枚目では、9.69となり、200枚以上になるとpHは9.00以下となり、500枚では、pHが8.54となった。

### 4) Subtraction masking filmによる現像液の管理

現像液の劣化状況を観察するためS-M filmを重ね合わせ法を用い画質を評価した。Fig.6にくさびを撮影したエックス線写真の例を示す。Fig.6aはくさびをデンタルフィルムで撮

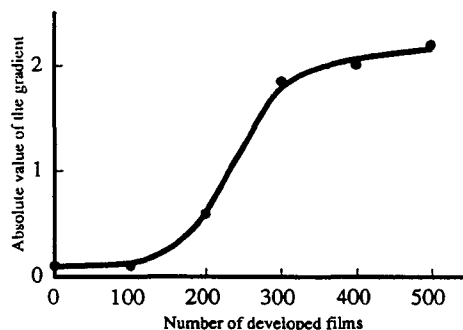


Fig.9 Absolute value of the gradient of superposed density. Gradients of the superposed film in Fig.7 plotted against the number of developed films.

影し新しい現像液で処理した像、Fig.6bはFig.6aの写真 subtraction masking filmで反転させた standard masking film、Fig.6cはFig.aとFig.bとを重ね合わせた写真である。重ね合わされたくさびの像は、全ての領域で視覚的に均等と思われる。この重ね合わせられたフィルムをマイクロデントメーターで測定したのが、Fig.7aである。縦軸は黒化度、横軸はくさびの一番薄い端を0とし、そこから厚い方への距離を表している。くさびの黒化度は、視覚的観察と同様に一定の値を示した。Fig.7bは、露光済みフィルムを100枚現像した液で original dental film を処理したものと、Fig.6b で用いた現像済み S-M film とを重ね合わせ、Fig.7aと同様にマイクロデントメーターで濃度測定を行った結果である。同様にFig.7c-Fig.7fは200枚、300枚、400枚、500枚を現像した液で処理した Original dental film の重ね合わせ結果である。100枚目までは、一定の濃度を示すが、200枚目あたりからは、くさびの厚さの小さい領域、つまり高濃度部における濃度低下が認められるようになり、その曲線は右に上がってきた。その傾きは、現像枚数の増加と共に急峻となる。Fig.8にS-M film と、200枚目に現像したくさびのデンタル写真を重ね合わせたものを例にとり、そのとき

の濃度をくさび端から5mmおきにプロットした図を示す。それぞれの点は  $Y = 0.0074x + 3.35$  という直線にきわめて近似することがわかった。同様に Fig.7 で得られた成績を基に各黒化度を直線近似させ、各現像枚数ごとにその傾きの絶対値をプロットした結果を Fig.9 に示す。調整直後の現像液では、傾きは0.001であったが、現像液の劣化と共にその傾きは大きくなり、400枚目では2.0となった。

## 考 察

公衆が受ける放射線被曝には、自然放射線による被曝のほか、人工放射線による被曝があげられる。国際放射線防護委員会 (ICRP) によれば、人工放射線被曝の大部分は医療被曝であり、その量を軽減するためには、たとえ放射線の医学利用であっても、その有用性を損なうことなく患者にとって検査や治療を含め価値ある重要なものに制限するべきであるとしている<sup>15)</sup>。歯科領域では、放射線被曝線量をさらに軽減させるのに最も有効と考えられるのが、フィルムの感度を上げることである。しかし、高感度フィルムの使用による被曝線量軽減に努める一方で現像処理の失敗から、再撮影を行わなければならないことは、好ましいとは言えない。

一般にフィルムの現像処理は、現像操作、定着操作、水洗乾燥操作の3段階に分けられる。このうちエックス線写真の画質に最も重要な影響を与えるものは現像操作である。現像液の写真作用の低下は、現像液の主薬であるハイドロキノンイオン濃度の低下による影響が大きいといわれている<sup>16,17)</sup>。また、このイオン濃度の低下はpHの低下をきたし、この値を測定することによって現像液の劣化を調べることができる。実際、pHメーターを自動現像機に接続し、連続的に測定することによって現像液交換の指標とする研究も行なわれている<sup>18)</sup>。しかし、pHメーターの耐久性の問題や、管理の方法から見ると実用化するにはまだいくつかの問題があるとされている。

一般に鮮鋭度の評価には、MTFを測定し検討する方法が用いられている<sup>19)</sup>。今回の実験結果より現像枚数150枚目で空間分解能の低下が認められ、200枚を過ぎると鮮鋭度も悪化した。また、鮮鋭度の評価には、フィルムの粒状性も問題となってくる<sup>20)</sup>。現像枚数の増加に伴う現像銀粒子の大きさの変化を調べたところ、現像枚数の増加にともない現像銀粒子の小型化と密度の低下が見られた。臭化銀の結晶から金属銀に還元される際に銀粒子はたがいに絡まりあい大きな銀粒子を形成する。従って、現像液の劣化にともない、銀イオンに対する還元能力の低下がこの大きな銀粒子の形成を妨げて、鮮鋭度と黒化度の低下につながっていると思われる<sup>21,22)</sup>。ファントームの口内撮影の実験結果では、視覚的には150枚あたりから見かけ上の現像液の劣化が始まっている。S-M filmとの重ね合わせ法では、このあたりでは、わずかではあるが傾きの上昇が認められた。さらに現像枚数を増やすと、ファントームのエックス線写真では、250枚あたりから読影ができなくなった。このとき、重ね合わせ法でも黒化度の傾きは急峻になった。また解像力の低下も、このあたりで大きく、MTFも観測できなくなった。そのときのpH値は9.00以下となり、現像液の化学的組成の変化も進んでいることが推測される。

現像液に関するQAの方法には、実際に撮影された像を観察するほかに、今回行なったMTFによる評価、銀粒子の光顕の評価、pHによる評価法がある。しかしS-M filmの重ね合わせ法は、各エックス線通過量に対応する黒化度及びコントラストの変化を容易に知ることができる点で他の方法よりすぐれている。すなわち、デンタルフィルムの特性曲線を直線であると仮定し、その傾きを $\gamma(n)$ とする。 $\gamma(n)$ は現像枚数 $n$ の関数であり現像枚数の増加とともに $\gamma(n)$ は小さくなってきた。フィルムの入射線量を $E$ 、くさびが撮影されたデンタルフィルムの濃度を $D_s$ 、くさびの一番薄い端からの距離を $x$ とすれば、 $D_s$ は現像枚数と距離との関数で表わされ、



$$Ds(x, n) = \gamma(n) \ln E + a \quad (1)$$

E: フィルム入射エックス線量 a: 定数  
となる。くさびの角度を U,  $\tan U = \alpha$ , くさびの端から、距離 x におけるくさびの高さを h とすれば、

$$h = \alpha x \quad (2)$$

となる。入射エックス線  $E_0$  を単一エネルギーと仮定すると、くさび透過後のエックス線量 (フィルム入射エックス線量) E は、

$$E = E_0 e^{-\mu h} \quad (3)$$

$\mu$ : くさびのエックス線減弱係数

h: くさびの高さ

(3)を(1)に代入すると

$$Ds(x, n) = \gamma(n) \ln (E_0 e^{-\mu h}) + a = \gamma(n) \ln E_0 + a - \mu \gamma(n) h$$

と変換できる。ここで、

$$\gamma(n) \ln E_0 + a = A(n)$$

と置き換えると、(2)より上記式は、

$$Ds(x, n) = A(n) - \mu \alpha \gamma(n) x \quad (4)$$

となる。この A(n)は、フィルム入射エックス線が  $E_0$  の時の濃度、すなわち空曝射したときのデンタルフィルムの濃度である。また反転させられた S-M film の濃度  $D_r$  は(4)から、

$$D_r(x) = K - D_s(x, 0) = K - A(0) + \mu \alpha \gamma(0) x$$

K: 定数

となる。従って、重ね合わせたときの濃度  $D_t$  は、

$$D_t(x, n) = D_r(x) + D_s(x, n) = K - \{A(0) - A(n)\} + \mu \alpha \{\gamma(0) - \gamma(n)\} x$$

となる。これより、ある現像枚数(n)における重ね合わせた透過濃度  $D_t$  は、x の一次関数で表わされ、直線となることが分かる。よってこの直線から各エックス線透過量に対応する黒化度およびコントラストの変化を知ることができる。また、デンタルフィルムを現像液調整直後に現像し、重ね合わせた時の濃度は、 $n=0$  であるから、 $D_t(x, 0) = K$  となり、水平の直線になる。実際に、Fig. 7a に示す通り、初回の現像では、 $D_t \approx 0$  が水平の直線となっている。Fig. 8 は現像枚数 200 枚の時の  $D_t(200)$  を表しているが、図に示す通り実測値は、極めて直

線に近似 ( $p < 0.05$ ) していた。

現像液の劣化具合を見るために、イオン組成を測定することが理想であるが、臨床の場では難しい。そこで筆者は簡便な方法として、S-M film と重ね合わせ、その時の透過濃度の変化によって現像液の劣化度を調べる方法について検討したが、本法は実際の臨床の場にも応用できる方法と思われた。

## 結 論

現像液の劣化は、現像液の pH の低下を伴い、濃度の低下、コントラストの低下、解像力の低下を引きおこした。現像液の管理のため、標準反転フィルムを作成し、このフィルムと現像液の劣化した状態で現像したフィルムとの重ね合わせ法による QA への導入の可能性について検討した。

現像液の劣化は、標準反転フィルムとの重ね合わせ法では、約 100 枚の現像後から始まっていた。250 枚以上になると実際の口内法写真では読影が不可能となり、重ね合わせ法においても明らかな濃度の変動が認められた。本方法は、フィルムの各濃度領域における濃度の低下や、コントラストの低下を簡便に観察できると言う点で優れており、実際のエックス線写真像を一定の画質に維持するのに有用な方法であると思われた。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり終始御懇切なる御指導と御校閲を賜りました坂巻公男教授に深甚なる感謝の意を表します。また、本研究に御協力頂きました本学医学部放射線学講座桂川茂彦講師をはじめ本学歯科放射線学講座医局員ならびに放射線技師の各位に心より謝意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 丸山隆司, 岩井一男, 橋本光二, 新井嘉則, 川嶋祥史, 本城谷孝, 西連寺永康: 歯科 X 線撮影における撮影件数, 国民線量およびリスクの推定, 1985. 歯放, 27:143-153, 1987
- 2) 馬瀬直通, 岩井一男, 本城谷孝, 桜井紀道, 島村卓也, 篠田宏司, 西連寺永康, 丸山隆司: 歯科 X 線撮影に関する実態調査, 1989. 歯放, 30:134, 1990
- 3) 日本アイソトープ協会: 国際放射線防護委員会勧告 (1977年1月17日採択). ICRP Publication, 東京 1977.
- 4) 日本アイソトープ協会: 放射線障害の防止に関する法令 概説と要点, 第11版, 東京 1984.
- 5) 日本アイソトープ協会: 医学において使用される体外線みなもとの電離放射線に対する防護 (ICRP Publication 33), 東京 1983.
- 6) 太田耕造, 坂巻公男, 前田光義, 今沢優, 後藤美智恵, 小松賀一, 新里真理, 米沢輝男: 超高感度口内法 X 線フィルムによる被曝線量の軽減. 岩医大歯誌, 8:61-65, 1983.
- 7) Fletcher, J.C.: A comparison of Ektaspeed and Ultraspeed films using manual and automatic processing solutions. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 63:94-102, 1987.
- 8) Kleier, D. J., Hicks, M. J. and Flaitz, C. M.: A comparison of Ultraspeed and Ektaspeed dental x-ray film: In vitro study of the radiographic appearance of interproximal lesions. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 63:381-385, 1987.
- 9) 菅田栄一, 芝崎初江, 佐々木武仁: 二等分法による全額口内法 X 線写真 (10枚法) の失敗度の客観的評価. 歯放, 30:145-151, 1990.
- 10) 加藤二久, 岡野友宏, 坂巻公男, 千葉隆次: 歯科 X 線写真の Quality Assurance Program における検査項目と方法, 歯放, 22:122, 1982.
- 11) 大喜雅文, 徳岡修, 寺田賢太郎, 北森秀希, 山田敏朗, 山田直之, 小西圭介, 豊福不可依, 神田重信: 歯科用 X 線発生装置の Quality Assurance (NERO を用いた測定について). 歯放, 24:162-167, 1984.
- 12) 山田直之: X 線検査の品質管理. 歯放, 28:168-169, 1988.
- 13) 池原菜穂子, 小寺吉衛, 谷本啓二, 山根由美子, 砂屋敷忠, 小川正晃, 和田卓郎: 歯科用自動現像機の品質管理. 歯放, 28:259-266, 1988
- 14) 太田耕造, 坂巻公男: 現像液, 定着液の疲労が X 線画質に与える影響. 岩医大歯誌, 9:1-6, 1984.
- 15) 江頭元樹: 放射線写真学. 改訂第5版, 金原出版, 東京, 225-232頁, 1984.
- 16) 内田勝監修: 放射線画像工学. 第1版, オーム社, 東京, 114-119頁, 1986.
- 17) 江藤秀雄, 熊取敏之, 飯田博美, 伊澤正實, 田中栄一, 吉澤康雄: 放射線の防護. 改訂2版, 丸善, 東京, 175-211頁, 1972.
- 18) 小寺吉衛, 小川正晃, 砂屋敷忠, 池原菜穂子, 山根由美子, 吉田彰, 和田卓郎: 歯科 X 線フィルムの粒状性. 歯放, 28:16-25, 1988.
- 19) 近藤康雄, 他: pH メーターによる自現機現像液の連続的測定について. 第36回日本放射線技術学会総会予稿集, 324-325, 1980.
- 20) Doi, K., Kodera, Y., Loo, L.N., Chan, H.P., Higashida, Y. and Jennings, R.J.: MTF's and Wiener spectra of radiographic screen-film systems. Volume II (including speeds of screens, films, and screen-film systems). HHS Publication FDA 86-8257, 1986.
- 21) 小山宏樹, 山田英彦: 口内法 X 線フィルム粒状性. 歯放, 27:315-328, 1987
- 22) 山下雄司, 土屋俊夫, 星野信明: 口内法 X 線フィルムの現像処理方法がフィルムの粒状性におよぼす影響. 歯放, 27:401-414, 1987.