

## 迅速処理用X線フィルムの物理特性

吉田 彰<sup>1)</sup>・本田 貢<sup>2)</sup>・中村 伸枝<sup>3)</sup>・有岡 匡<sup>2)</sup>  
小橋 利美<sup>2)</sup>・竹内 知行<sup>3)</sup>・三上 泰隆<sup>2)</sup>  
杉田 勝彦<sup>1)</sup>・平木 祥夫<sup>2)</sup>

### Physical Image Quality of Rapid Processing Films

Akira YOSHIDA<sup>1)</sup>, Mitsugi HONDA<sup>2)</sup>, Nobue NAKAMURA<sup>3)</sup>, Tadashi ARIOKA<sup>2)</sup>,  
Toshimi KOBASHI<sup>2)</sup>, Tomoyuki TAKEUCHI<sup>3)</sup>, Yasutaka MIKAMI<sup>2)</sup>,  
Katsuhiko SUGITA<sup>1)</sup>, and Yoshio HIRAKI<sup>2)</sup>

The imaging properties of Konica "new" SR series films and "old" MG-SR series films for rapid processing were measured in combination with green-emitting intensifying screens. The measured image quality parameters include: characteristic curve, modulation transfer function (MTF) and Wiener spectrum. The relative speeds of the new SR series systems were slower than those of the old MG-SR series systems from 10 to 25%. The MTF's of the new systems were generally comparable to those of the old systems, except that SR-G system was improved with an increase of approximately 10%. In the Wiener spectrum measurement, however, the new systems showed from 10 to 35% decrease in low-frequency noise.

**Key Words :** Rapid Processing Films, Image Quality, Characteristic Curve, MTF, Wiener Spectrum

### 1. はじめに

従来の90秒処理用自動現像機に代わって、1988年45秒処理機がKonicaより発表された。その後、各社より迅速自動現像機が相次いで出され、機種更新に伴ってそれらの普及が増大している。迅速自動現像機では、現像液、定着液などの処理液は当然のことながら、それに使用するフィルムも専用のものを用いなければ最大の効果を上げることはできない。45秒専用フィルムとして、KonicaではMG-SRシリーズを以前より市販していたが、今回その第2世代としてSRシリーズを開発発表した<sup>1)-3)</sup>。この新しい迅速現像処理用オルソフィルムSRシリーズの物理特性のうち、感度、コントラスト、解像度、粒状性(画像ノイズ)などのX

線画像の画質に直接影響する特性を測定し、旧MG-SRシリーズと比較したので報告する。なお、感度およびコントラストは、特性曲線(センチメートルリック曲線あるいはH&D曲線)、解像度はモジュレーショントランスファファンクション(modulation transfer function, MTF)、粒状性はウィナースペクトルの測定から求めた。

### 2. 実験方法

#### 2.1 使用機器および材料

増感紙: Konica KO-250

フィルム: Konica SR-G, SR-H, SR-L, SR-C, SR-V, MG-SR, MGH-SR, MGL-SR, MGC-SR, MGV-SR, MG

1) 岡山大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科  
2) 岡山大学医学部附属病院中央放射線部  
3) 岡山大学歯学部附属病院歯科放射線科

自動現像機：Konica SRX-501 (45秒, 34.7℃)

KX-300 (90秒, 34℃)

X線発生装置：Toshiba KXO-15

X線管：Toshiba DRX-191A, DRX-190A,

DRX-190D

線量計：Capintec 192X (PM-05 チェンバ)

濃度計：Konica PDA-65

マイクロデンシトメータ：Konica PDM-5B

コンピュータ：NEC PC-98XL<sup>2</sup>

使用したフィルムのうち、Gは標準コントラストタイプ、Hはハイコントラストタイプ、Lはワイドラチチュードタイプ、Cはチェスト専用タイプ、Vは高感度タイプを表している。MGフィルムは90秒処理用フィルムとして広く一般に使用されているので、画質値の比較の際の基準として用いた。現像は、新SRシリーズと旧MG-SRシリーズは、SRX-501で45秒処理、基準として用いたMGは、KX-300で90秒処理した。

また、特性曲線、MTF、ウィナースペクトルの測定において使用したX線管は、それぞれ、DRX-191A, DRX-190A, DRX-190Dである。

## 2.2 方法

### 2.2.1 特性曲線の測定

SR, MG-SRシリーズおよびMGの11種類のフィルムを短冊状に切り、増感紙KO-250と組み合わせてビニール製の真空カセットに入れ、距離逆2乗センシトメータを用いて、各フィルムを同時にX線曝射した。X線出力は線量計でモニターし、相対露光量の補正をした。撮影条件等は、管電圧80kV、管電流20mA、照射時間0.1秒で、0.5mmCuと4.0mmAlフィルタを付加し、焦点-フィルム間距離(FFD)は35から350cmで、その間を相対露光量の対数値で0.1刻みの21段階に目盛っている<sup>4)</sup>。11種類のフィルムを同時にX線曝射したため、センシトメータの中心から各フィルムまでの位置の違いによってFFDが変わるのでフィルムごとにその補正もした。

### 2.2.2 MTFの測定

幅10 $\mu$ m, 高さ32mm, 厚さ2mmのタングステ

ン合金から成るスリットをもつスリット像撮影装置<sup>5)</sup>を用いて、スリット法によってMTFを求めた。すなわち、管電圧80kVで、2.0mmAlフィルタを付加し、FFDは80cmで、各増感紙/フィルムシステムの低露光量スリット像と高露光量スリット像の2本のスリット像を撮影した。同一フィルム上に2.2.1項の距離逆2乗センシトメータによって階段露光した。現像後、マイクロデンシトメータでスキャンしたスリット像の濃度分布曲線を、特性曲線を用いて有効露光量に変換し、低露光量スリット像と高露光量スリット像を結び合わせて、LSF (line spread function) とした。このLSFからフーリエ変換およびトランケーションエラー補正を行ってMTFを求めた<sup>6)</sup>。それぞれのシステムについて、2組の試料を作製し、各試料について2回測定し、計4回の測定値を平均した。

### 2.2.3 ウィナースペクトルの測定

管電圧80kV、管電流100mAで、20mmAlフィルタを付加し、照射時間とFFDを300cm前後と変化させ、フィルム濃度が1.00 $\pm$ 0.03になるように増感紙/フィルムシステムを均一露光現像した。各フィルムを、マイクロデンシトメータのスリットの幅10 $\mu$ m, 高さを1mmで、X方向の試料の長さ100mmを10 $\mu$ m毎にサンプリングし、1ラインデータ(10000点)とした。このようなライン40本、すなわち400000点のデータを1試料のデータとした。その他のウィナースペクトルを求める測定および計算条件等は、参考文献6, 7に準ずる。なお、スムージング、ウィンドイング、トレンド除去処理は行っていない。

## 3. 結果

### 3.1 特性曲線

増感紙KO-250と組み合わせた各フィルムの特性曲線を、Fig. 1からFig. 3に示す。Fig. 1より、SR-GはMG-SRと比較すると、感度、コントラストとも低い。参考のために90秒処理のMGものせているが、それと比較してもSR-Gは感度、コントラストとも低い。Fig. 2から、SR-Hは

MGH-SR より、感度は下がっているが、コントラストは高くなっており、特に低濃度部と高濃度部のコントラストが高い。SR-L は MGL-SR より感度は下がっているが、コントラストは同じぐら

いである。Fig. 3 より、SR-C は MGC-SR と、感度、コントラストとも同程度である。SR-V は MGV-SR と比べると、感度は若干低い、コントラストにはあまり差がない。

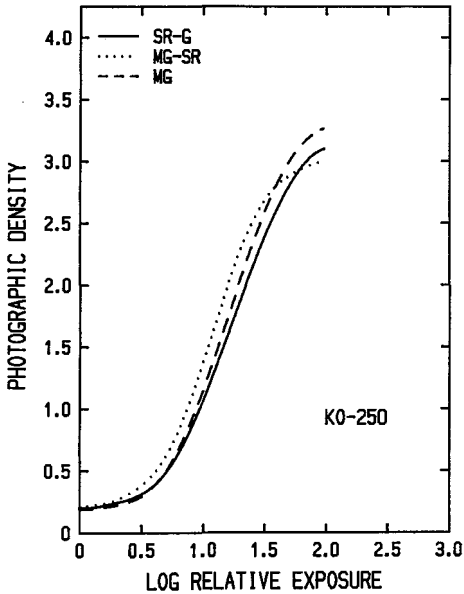


Fig. 1. Characteristic curves of Konica SR-G, MG-SR, and MG with Konica KO-250 screens.

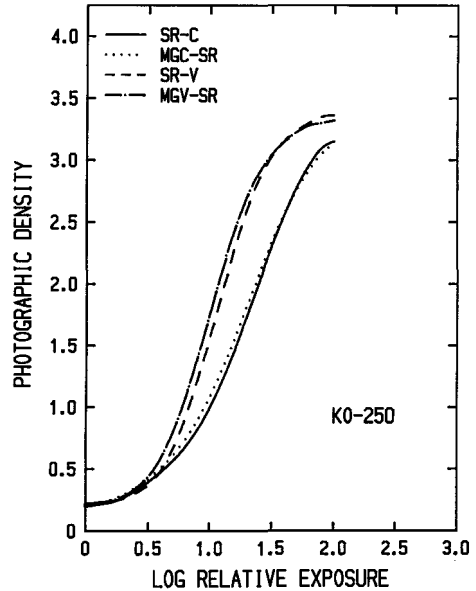


Fig. 3. Characteristic curves of Konica SR-C, MGC-SR, SR-V, and MGV-SR with Konica KO-250 screens.

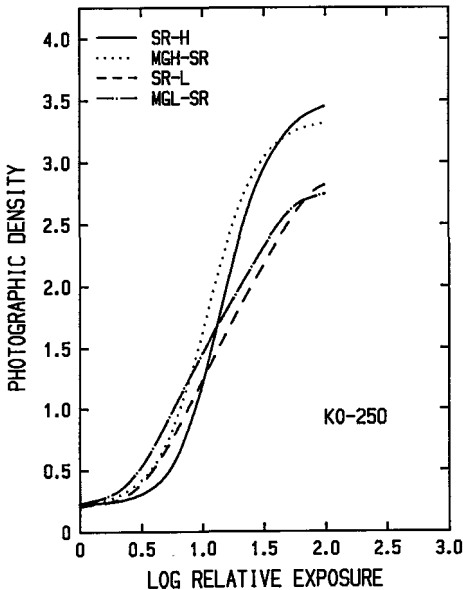


Fig. 2. Characteristic curves of Konica SR-H, MGH-SR, SR-L, and MGL-SR with Konica KO-250 screens.

Table 1. Gross fogs, relative speeds, and average gradients for SR and MG-SR series films with KO-250 screens.

Film	Gross Fog	Relative Speed*	Average Gradient
SR-G	0.19	91	2.30
MG-SR	0.19	117	2.46
SR-H	0.22	102	3.21
MGH-SR	0.20	135	2.81
SR-L	0.18	110	1.81
MGL-SR	0.19	142	1.77
SR-C	0.18	84	1.93
MGC-SR	0.18	92	1.89
SR-V	0.21	130	2.95
MGV-SR	0.20	148	2.85
MG	0.18	100	2.48

\*MG system speed is taken as 100 and all other system speeds are expressed relative to it.

Table 1に、各システムの特曲線から求めた特性値をまとめておく。SRシリーズはMG-SRシリーズに比べて、フィルムベースに青色色素を増した、いわゆるBlue-up色調になっているため、ベース+カブリ濃度は、幾分高くなっている。MGを100とした相対感度を比較すると、新SRシリーズは、旧MG-SRシリーズより10~25%程度低くなっている。また、平均階調度は、SR-Hが、MGH-SRより15%程度高くなっている以外は、大きな変化はない。

### 3.2 MTF

各増感紙/フィルムシステムのMTFを、Fig. 4からFig. 6に示す。MG-SRに対して、MGとSR-Gが、若干MTF値が大きいが大差はない。SR-HとMGH-SR、SR-LとMGL-SR、SR-CとMGC-SRおよびSR-VとMGV-SRの新旧のMTFの比較では、それらは実質上同じMTF曲線となった。したがって、新旧のSRシリーズにおける鮮鋭度の違いは、さほどないものと考えられる。

### 3.3 ウィナーズペクトル

各増感紙/フィルムシステムのウィナーズペクトルを、Fig. 7からFig. 9に示す。Fig. 7より、MGとMG-SRのスペクトル値は同程度で、それらに対してSR-Gはスペクトル値が低く、粒状性に優れていることがわかる。Fig. 8および9から、SR-HとMGH-SRの粒状性は変わらないが、SR-LとMGL-SR、SR-CとMGC-SR、SR-VとMGV-SR、それぞれの比較では、新SRシリーズの方が画像ノイズは低い。

## 4. 考 察

空間周波数2 cycles/mmにおけるMGのMTF値を100として同一の周波数における他のシステムのMTF値を相対的に表し、それを相対解像度とする。そのときの相対感度と解像度の関係をFig. 10に示す。丸印は新SRシリーズ、三角印は旧のMG-SRシリーズを表す。一見すると、感度の低いCとLに比べて感度の高いHとVの解像

力が高く、写真乳剤に関する感度と解像力の通則と矛盾する。これは、写真乳剤粒子固有の影響ではなく、HとVではフィルムベースに配合されている青色色素の量が多く、クロスオーバー光をカットする割合が増し、その結果、解像力の上昇となったのであろう。新シリーズと旧シリーズを比較すると、SR-GがMG-SRより約10%の解像力

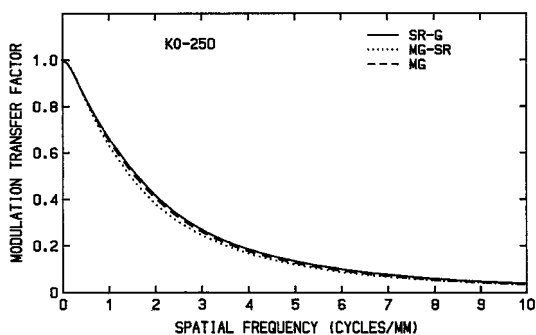


Fig. 4. MTF's of Konica SR-G, MG-SR, and MG with Konica KO-250 screens.

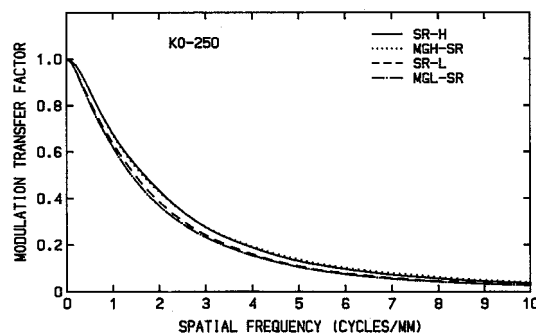


Fig. 5. MTF's of Konica SR-H, MGH-SR, SR-L, and MGL-SR with Konica KO-250 screens.

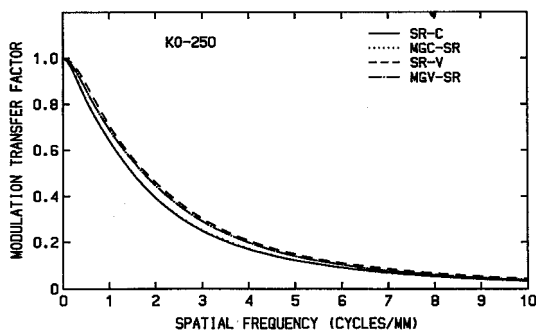


Fig. 6. MTF's of Konica SR-C, MGC-SR, SR-V, and MGV-SR with Konica KO-250 screens.

の改善となっている他は大きな差は認められない。SRシリーズは、クロスオーバー光を効率よくカットする増感色素をハロゲン化銀粒子上に吸着さ

せることにより鮮鋭性を向上させている<sup>1)</sup>、とのことであるが、SR-Gを除きその効果は高々数パーセントである。

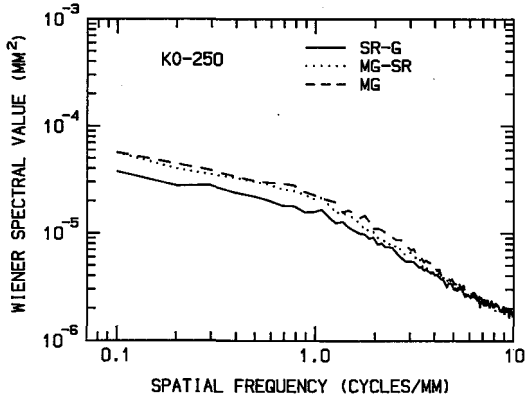


Fig. 7. Wiener spectra of Konica SR-G, MG-SR, and MG with Konica KO-250 screens.

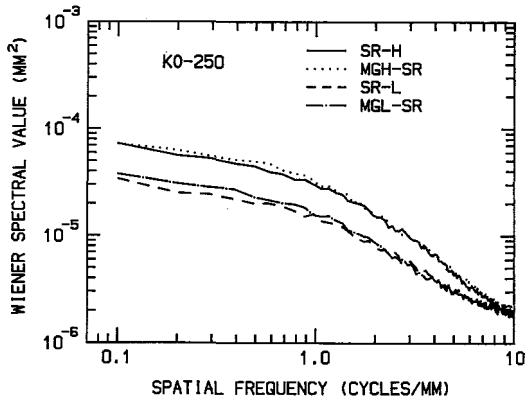


Fig. 8. Wiener spectra of Konica SR-H, MGH-SR, SR-L, and MGL-SR with Konica KO-250 screens.

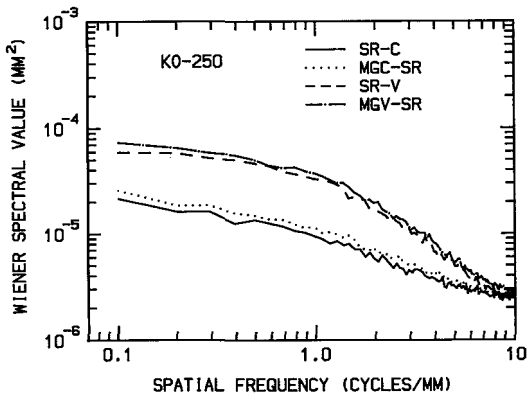


Fig. 9. Wiener spectra of Konica SR-C, MGC-SR, SR-V, and MGV-SR with Konica KO-250 screens.

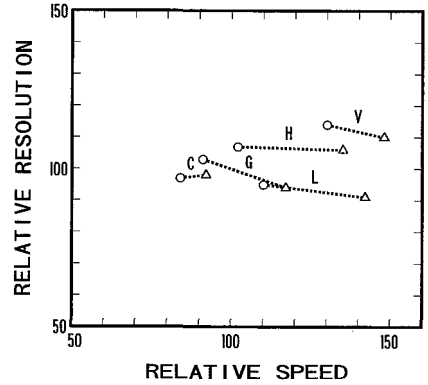


Fig. 10. Relationship between relative resolution and relative speed of SR and MG-SR series films with KO-250 screens. The modulation transfer factor at 2 cycles / mm was chosen as the indicator of resolution. The resolution of MG system is taken as 100 and all other system resolutions are expressed relative to it. Open circles are for SR series systems and triangles for MG-SR series systems.

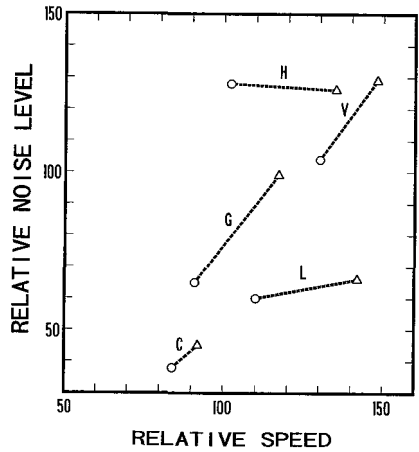


Fig. 11. Relationship between relative noise and relative speed of SR and MG-SR series films with KO-250 screens. The Wiener spectrum at 0.1 cycle / mm was chosen as the indicator of low-frequency noise. The noise of MG system in taken as 100 and all other system noises are expressed relative to it. Open circles are for SR series systems and triangles for MG-SR series systems.

空間周波数0.1cycle/mmにおけるMGのウィナースペクトル値を100として同一の周波数における他のシステムのウィナースペクトル値を相対的に表し、それを相対ノイズレベルとした。相対ノイズレベルと相対感度との関係をFig.11に示す。丸と三角印の意味は、Fig.10と同じである。Hを除けば、新シリーズは、旧シリーズに比較して10~35%程度ノイズレベルが低い。これらは、平均階調度の差はさほどないので、新シリーズの感度が低下しているぶん同一の写真濃度を得るためにX線量を増加する必要があり、それが量子モトルの減少となった主な原因と考えられる。ただし、SR-Gのノイズレベルの減少は、感度低下以上の効果があるようである。一方、Hでは新シリーズの平均階調度がかなり大きく、X線量の増加以上にコントラストがノイズレベルに影響したため、逆に粒状性が少し悪くなったのではないかと推測される。

また、新SRシリーズは、フィルムベースの青色性を視覚的な面から検討し、撮影部位を考慮して青色色素の量を変えている。各フィルムタイプによる青色レベルは、強調タイプとしてSR-H、SR-V、微増タイプはSR-G、SR-L、現行タイプはSR-Cとなっている。この問題は、多分に嗜好的な側面があり、ベースの色と検出能との関係が今後充分研究される必要がある<sup>2)</sup>。

## 5. ま と め

1) SRシリーズはMG-SRシリーズに比べ、感

度は10~25%低下している。SR-Hは、MGH-SRよりハイコントラストとなっている。

2) 解像度は、両シリーズに大きな差はないが、SR-GがMG-SRより10%程度よい。

3) SRシリーズはMG-SRシリーズより10~35%粒状性はよいが、特にSR-Gにその傾向が顕著である。

本論文の要旨は、第47回日本放射線技術学会総会(1991年、京都)において発表した。

## 文 献

- 1) 目時郁, 佐久間晴彦, 鈴木基之, 高橋一男: Xレイフィルムの高画質化技術(第1報), 第46回日本放射線技術学会総会発表抄録, 日放技学誌, 46:1084, 1990
- 2) 佐久間晴彦, 目時郁, 鈴木基之, 高橋一男: Xレイフィルムの高画質化技術(第2報), 第46回日本放射線技術学会総会発表抄録, 日放技学誌, 46:1085, 1990
- 3) 岡野栄寿: 45秒現像処理システムの技術とその活用方法, 日放技学誌, 46:1816-1821, 1990
- 4) 吉田彰: Filter Bootstrap法とModified Stepwedge Bootstrap法による増感紙/フィルムシステムのX線センチメートル, 日放技学誌, 44:535-541, 1988
- 5) 吉田彰, 中村伸枝, 竹内知行, 朝原正喜: MTF測定におけるスリット法と矩形波チャート法の比較(1. スリット法), 第45回日本放射線技術学会総会発表抄録, 日放技学誌, 45:1350, 1989
- 6) Doi K, Holje G, Loo LN, Chan HP, Sandrik JM, Jennings RJ, Wagner RF: MTF's and Wiener Spectra of Radiographic Screen-Film Systems. HHS Publication FDA 82-8187, pp1-77, 1982
- 7) 小寺吉衛, 大久敏弘, 田中勲, 岡田弘治, 近藤隆司, 藤村良夫, 升屋亮三, 山下一也: 放射線画像系の粒状性の測定法(I), 日放技学誌, 43:1753-1765, 1987

(1992年10月30日受理)