

Title	DSA装置の特性曲線の測定
Author(s)	東田, 善治; 高橋, 睦正; 松本, 政典 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1986, 46(11), p. 1314-1318
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/20535">https://hdl.handle.net/11094/20535</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## DSA 装置の特性曲線の測定

熊本大学医療技術短期大学部

1) 熊本大学医学部放射線医学教室

東田 善治 高橋 睦正<sup>1)</sup> 松本 政典 仏坂 博正<sup>1)</sup>

(昭和61年1月27日受付)

(昭和61年6月23日最終原稿受付)

### Determination of Characteristic Curves for Digital Subtraction Angiography System

Yoshiharu Higashida, Mutsumasa Takahashi<sup>1)</sup>, Masanori Matsumoto and Hiromasa Bussaka<sup>1)</sup>

Department of Radiological Technology, College of Medical Science, Kumamoto University

1) Department of Radiology, Kumamoto University School of Medicine

---

Research Code No. : 200, 201

---

Key Words : DSA system, Characteristic curve, Aluminum stepwedge, X-ray intensity

---

Characteristic curves of a high resolution digital subtraction angiography (DSA) system were determined by means of aluminum stepwedge and X-ray intensity methods. Several factors, affecting the shape of the characteristic curves such as matrix size, beam quality, auto iris, scattered radiation and veiling glare, were also determined with aluminum stepwedge method. Results measured with Hitachi DFA-2 system shows that the characteristic curves depended upon the matrix size, scattered radiation and veiling glare, but did not change with the beam quality, auto iris and I.I. field size. It is also confirmed that the curves with two methods employed in this study showed good agreement. It is demonstrated that the measurement of characteristic curve is useful for monitoring of the DSA system when system response was changed.

#### 1. はじめに

Digital subtraction angiography (DSA) 装置の特性曲線は、通常の増感紙—フィルム系<sup>1)~4)</sup>と同様な考え方で求めることができ、相対X線強度を入力とした時、出力にはピクセルの値<sup>5)6)</sup>として表わされる。

特性曲線の測定法として、これまでX線強度法とアルミ階段法の2つの方法が報告されている<sup>5)6)</sup>。このうち、アルミ階段法<sup>6)</sup>による報告では、特性曲線の形状とマトリックスサイズおよびイメージ・インテンシファイア (I.I.) サイズの関係について言及しているが、他の因子については触

れていない。

また、使用された DSA 装置のマトリックスも 256 および 512 の 2 つのサイズに限られている。今回、本学で使用している DSA 装置に分解能を向上させる目的で、従来の 512 のマトリックスに加え、1024 のマトリックスの使用が可能になったので、高分解能 DSA<sup>7)8)</sup> の特性曲線の測定を試みた。また、特性曲線の形状と X 線々質、カメラの絞り、散乱線および veiling glare などの影響について検討した。加えて、これまで報告された 2 つの測定方法の比較を行ったので報告する。

2. 実験方法

2-1 使用機器

本実験に用いた DSA 装置は日立 DFA-2である。X線発生装置は DH-1520TM, X線管球の公称焦点の大きさは0.8mm×1.0mmである。イメージインテンシファイアー (I.I.) は, THOMSON-CSF を用い, X線入射面にグリッド (8 : 1, 28lines/cm, interspacer wood) がとりつけられている。TV カメラは走査線525本および1,125本を持つ SATICON を用い, A/D 変換器は10bit 10MHz, デジタルメモリーは1,024×1,024, 16 bit×4 (マスク像およびライブ像の演算用) および1,024×1,024, 10bit×12-34 (画像保管用) である。X線照射モードは連続モードとパルスモードがあり, マトリックスサイズは両者とも512×512, および1,024×1,024が選択可能である。

2-2 測定の幾何学的条件および方法

今回, 特性曲線の測定に用いたアルミ段階法 (A) と X線強度法 (B) の幾何学的配置を Fig. 1 に示す。

アルミ階段は9段からなり, 各階段の厚さは7mm, ステップの面積は6cm×1cmである。アルミ階段は I.I. 表面から約15cm 離れた所に固定した。アルミの各ステップを通過してくる X線の線質を均一にする目的と散乱線を減少させる目的で, I.I. とアルミ階段の間に銅板を置いた。銅板の厚さは

使用する測定電圧によって異なり, 65, 75および85kV でそれぞれ0.6, 1.0および1.6mm厚を用いた。また, アルミ階段に入射する X線束はアルミからの散乱線と I.I. 内での veiling glare<sup>6)9)~11)</sup> の影響を少なくする目的で, アルミ階段のすぐ前方に置いた厚さ5mm の鉛スリットで幅約8mm に絞った。

各ステップの DSA 値は ROI (Region of interest) を設定して測定し, バックグラウンドは鉛マスク部分の DSA 値から求めた。アルミ階段の各ステップを通過して, I.I. 面に入射する相対強度は増感紙-フィルム系 (Quanta III/Cronex 7) を用いて, 別に測定したアルミ階段の減弱曲線から求めた。

また, X線強度法では, I.I. に入射する X線強度を I.I. 前面においた線量計 (victoreen 500) で測定した。X線は線量計と I.I. の間におかれた厚さ5mm の鉛板に開けられた直径約8mm の穴を通して I.I. 面に入射するようにした。I.I. 面に入射する X線量は, 管電流, 照射時間および I.I. 表面と X線管球の距離を変化させて調節し, 各 X線照射に対応する DSA 値はアルミ法と同様に ROI を設定して測定した。

3. 結果

管電圧75kV, 付加フィルターCu 1.0mm, I.I. サイズ9"で測定した2種類のマトリックスサイズの特性曲線を Fig. 2 に示す。特性曲線の縦軸は, DSA 装置で測定したアルミ階段の DSA 値を示

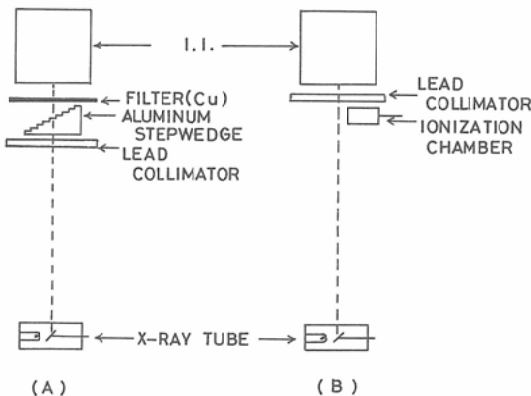


Fig. 1 Experimental set-up for measurement of characteristic curve of DSA system with aluminum stepwedge (A) and x-ray intensity (B) methods.

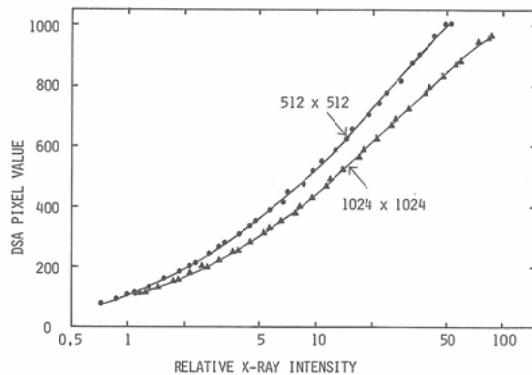


Fig. 2 Characteristic curves of a DSA system for two matrix sizes.

し、横軸はアルミ階段の減弱曲線から求めた各ステップの相対X線強度を示す。X線照射は、管電圧を一定とし、管電流、照射時間を変化させて行った。異なった日に測定した特性曲線の基本的な形は変わらず、単に横軸にシフトさせることによって重なることを確認した。特性曲線はマトリックスサイズによって異なり、1,024のマトリックスは DSA 値の高い所で飽和する傾向にある。

Fig. 3は2つの特性曲線から求めたグラディエント曲線(G)を示す。グラディエント曲線は、通常増感紙—フィルム系と同様、DSA 値の変化分を相対X線強度の変化分で割ることによって求めた( $G = \Delta DSA / \Delta \log_{10} e$ )。図から明らかなように512のマトリックスサイズによる特性曲線の勾配は1,024に比べて高いことが明らかである。

次に線質の違いによる特性曲線の変化について

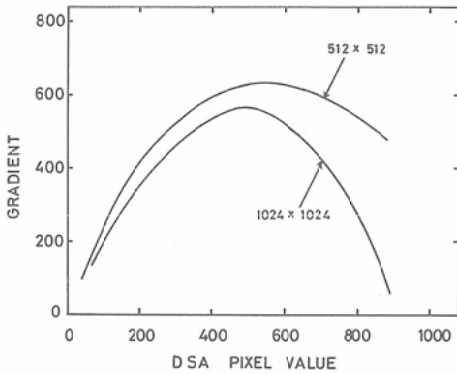


Fig. 3 Gradient curves for two matrix sizes.

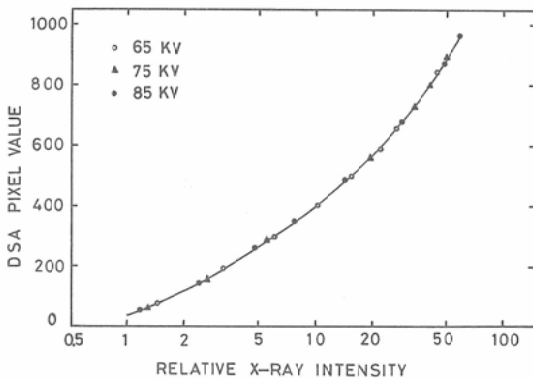


Fig. 4 Comparison of characteristic curves measured with different beam qualities for the 512x512 matrix size.

検討した。線質は65, 75, 85kV を用い、それぞれフィルターを付加した。結果を Fig. 4に示す。図から明らかなように、DSA の特性曲線はX線々質に関係なく同じ曲線となる。特性曲線に対するカメラの絞りの影響を測定した。Fig. 5に結果を示すが、自動絞り、および固定絞りをを用いて測定した特性曲線はいずれのマトリックスサイズでも一致する。

Fig. 6はアルミ階段法による散乱線および veiling glare の影響を調べたものである。アルミ階段に入射するX線束が大きくなると特性曲線の tail の部分で DSA 値が大きくなり、正しい特性曲線が得られないことがわかる。

次に、アルミ階段法とX線強度法によって測定したマトリックスサイズ512の特性曲線を Fig. 7

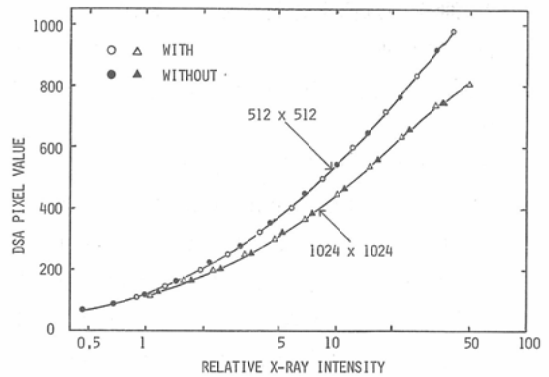


Fig. 5 Comparison of characteristic curves with and without of auto iris for two matrix sizes.

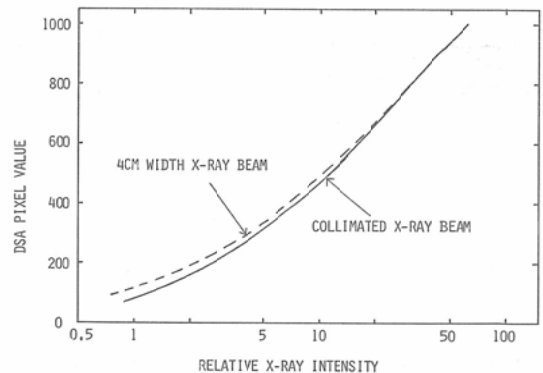


Fig. 6 Effect of the scattered radiation and veiling glare on characteristics curves for the 512x512 matrix size.

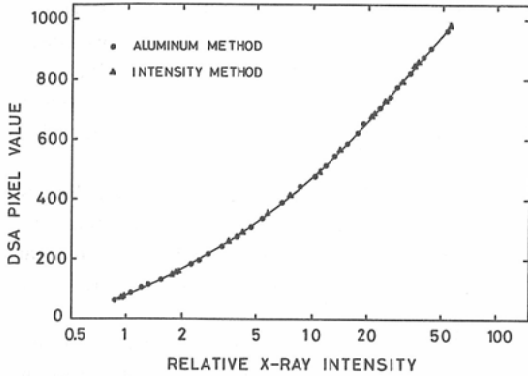


Fig. 7 Comparison of characteristic curves measured with aluminum stepwedge and x-ray intensity methods for 512×512 matrix size.

に示す。管電圧はX線強度法では65, 75, 85kVを使用し、アルミ階段法では75kV, 1mmのCuフィルターを付加した。図から明らかなように、アルミ階段法とX線強度法を用いて測定した特性曲線は一致する。

#### 4. 考 察

DSA装置の特性曲線の測定は系の物理評価<sup>12)</sup>(Modulation transfer function, Wiener spectrum)のために必要であるばかりでなく、装置の品質管理にとっても有用である。このためには、まず正確な特性曲線の測定法を確立することが必要であるが、今回は特性曲線に影響を与える因子について検討した。この中でも特に512と1,024のマトリックスサイズを持つ高分解能DSAの特性曲線の測定を行ったが、マトリックス数が増すとコントラストが低くなる傾向を示した。

本研究に用いられたDSA装置は、撮像管に従来のダイオードガンプランピコンにかわって解像力を改善するために、含浸型ダイオードガンサチコンを採用している。また、1,024のマトリックスでは解像力を増すために7.5Hzのスロースキャンを採用し、撮像管の信号電流を比較的小さくしてある。1,024のマトリックスサイズの特性曲線が、コントラストが低いのはこれらの理由によるものと思われる<sup>8)</sup>。

DSAの出力信号( $\Delta$ DSA)は、グラディエント(G)と放射線コントラスト( $\Delta E/E$ )に関して

いる( $\Delta$ DSA =  $(\log_{10} e) G \cdot \Delta E/E$ )ので、1,024のマトリックスは同じ出力信号を得るために512のマトリックスサイズに比較し大きな放射線コントラストが必要になる。

DSAで使用されている撮影管電圧は、検査部位や施設により異なっているが、特性曲線が線質によって変化しないことが確認された。このことは、正確な特性曲線を測定することによってヨードの定量的な評価が行えることを示唆しており、臨床への応用が期待できる。

また、DSA装置では通常テレビカメラに自動絞りをを用いており、通常のDSA検査ではテレビカメラの信号レベルがピーク近くで働くようにしている。テレビカメラの絞りによってsignal noise ratio (S/N)が変化することは知られている。今回の研究では、特性曲線に対するカメラの絞りの影響を測定したが、特性曲線は絞りの影響を受けないことがわかった。

今回は、X線強度法とアルミ階段法を用いてDSAの特性曲線を測定したが、2つの方法で測定した特性曲線は一致した。しかし、X線強度法はアルミ階段法に比べて測定が繁雑である。特に日常の装置管理に用いる場合は、測定結果の正確さに加えて測定の容易さ、簡便さという点も重要な因子である。これらの点を考慮に入れると、アルミ階段法はすぐれた方法であると言える。

アルミ階段法を用いてDSAの特性曲線を測定する時、問題となるのはveiling glareの存在である。広い照射野でアルミ階段法を撮影すると、I.I.からのveiling glareが各ステップのDSA値に加わる。この影響は透過X線強度が小さい、即ちアルミ階段の厚い部分で寄与率が大きくなり、特性曲線のtailの部分でDSA値が大きくなっていく。従って、アルミ階段法を用いて特性曲線を測定する場合、veiling glareの存在を無視できる程に小さくすることが必要である<sup>6)</sup>。

測定期間中、DSA画質を向上させる目的で、テレビカメラの交換を行った。Fig. 8は、この直後に測定した特性曲線である。このグラフの特性曲線のうち、1,024はピクセル値が高い所でピーク値を持ち、さらにX線強度が増すとピクセル値は

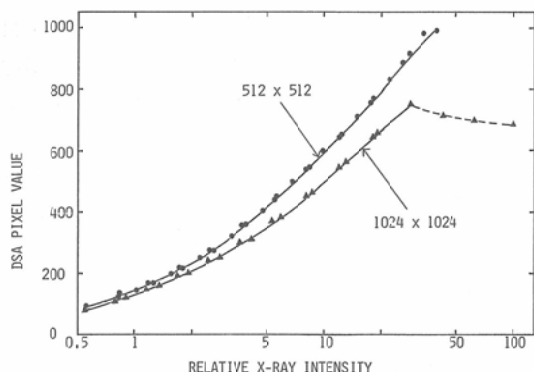


Fig. 8 Characteristic curves of a DSA system for two matrix sizes.

下降している。このような条件下では、DSA 画像による定量的な解析は不可能である。この現象は特性曲線を測定することによって初めて確認され、その後調整をしたが、装置の品質管理にとって特性曲線の測定が有用であることを示している。

## 5. 結 論

マトリックスサイズ512と1,024の高分解能 DSA 装置の特性曲線の測定と特性曲線に影響を与える因子について検討を行った。また、X線強度法とアルミ階段法による測定の比較も行い、以下の結論を得た。

1. 特性曲線は、マトリックスサイズ、散乱線、および veiling glare によって変化する。
2. 特性曲線の形状は、X線々質、およびカメラの絞りによっては影響を受けない。
3. 2つの測定法で測定した特性曲線の形は一致する。
4. 特性曲線の測定は、DSA の日常の品質管理や他の物理測定にとって有用である。

本研究を行うにあたり DSA 装置の特性曲線の概念および測定法に関してご指導戴きましたシカゴ大学土井邦雄教授、藤田広志博士にお礼を申し上げます。また、実際の測定に関して技術的な援助を受けた熊本大学中放部・松下元一氏、洞田貫誠志氏、造影グループの各氏、および日頃より研究に対してご協力を戴いている教室および中放部の皆様に心から御礼を申し上げます。

## 文 献

- 1) Sensitometric properties of X-ray films.

Radiography markets division, Eastman Kodak Company, Rochester, New York, 1963

- 2) Haus, A.G. and Rossmann, K.: X-Ray sensitometer for screen-film combinations used in medical radiology. *Radiology*, 94: 673-678, 1970
- 3) Haus, A.G., Rossmann, K., Vybony, C., Hoffers, P.B. and Doi, K.: Sensitometry in diagnostic radiology, radiation therapy and nuclear medicine. *J. of App. Photo. Eng.*, 3: 114-124, 1979
- 4) Wagner, L.K., Barnes, G.T., Bencomo, J.A. and Haus, A.G.: An examination of errors in characteristic curve measurements of radiographic screen/film systems. *Med. Phys.*, 10: 365-369, 1983
- 5) Cohen, G., Wagner, L.K. and Rauschkoeb, E.N.: Evaluation of a digital subtraction angiography unit. *Radiology*, 144: 613-617, 1982
- 6) Fujita, H., Doi, K., Giger, M.L. and Chan, H-P.: Investigation of basic imaging properties in diagnostic radiology. 5. Characteristic curves of II-TV digital system. *Med. Phys.*, 13: 13-18, 1986
- 7) 洞田貫誠志, 守部伸幸, 勝田 昇, 肥合康弘, 松下元一, 森田勝行, 東田善治, 松本政典: 高解像力 DR (日立 DFA-2) の物理特性. 日本放射線技術学会予稿集, 803-804, 1985
- 8) Kamiya, M., Takahasi, F., Tsuneoka, M., Hayashi, T., Yokouchi, H. and Takahashi, M.: High resolution digital subtraction system. *Proc. SPIE*, (印刷中)
- 9) Seibert, J.A., Nalcioğlu, O. and Roeck, W.W.: Characterization of the veiling glare PSF in x-ray image intensifier fluoroscopy. *Med. Phys.*, 11: 1172-1179, 1984
- 10) Seibert, J.A., Nalcioğlu, O. and Roeck, W.W.: Removal of image intensifier veiling glare by mathematical deconvolution techniques. *Med. Phys.*, 12: 281-288, 1985
- 11) Shaw, C-G. and Plewas, D.B.: Quantitative digital subtraction angiography: Two scanning techniques for correction of scattered radiation and veiling glare. *Radiology*, 157: 247-253, 1985
- 12) Fujita, H., Doi, K. and Giger, M.L.: Investigation of basic imaging properties in digital radiography. 6. MTFs of II-TV digital imaging systems. *Med. Phys.*, 12: 713-720, 1985