

透過X線撮影におけるFCRとフィルムの濃度特性の比較

松島 朝秀*・三浦 定俊

1. はじめに

FCR (Fuji Computed Radiography) は、イメ - ジングプレート (Imaging Plate : IP) を使用して透過X線撮影によるX線情報を蓄積し、レーザー光によりデジタル情報として取り出す。IPの最大の特長は、従来のX線フィルムに比べて広いダイナミックレンジを持ち、柔らかい材料である木材や紙から密度の大きな金属まで一度に撮影が可能なことである。また、FCRによってデジタル化された画像データは種々の補正や画像処理が行えるなど、従来のX線フィルムにはない多くの特長を持っている。

IPの特性やFCRの画像処理条件に関する研究はこれまでに、近世科学技術資料の調査に応用したIPの特性の研究^{1,5)}や、文化財資料に対する画像処理パラメーターの研究²⁾などが行われている。しかし、FCRの画像は、従来のX線フィルムの判読結果と比較されることになるので、IPとX線フィルムの濃度特性の違いについても充分検討しておかなければならない。さもないと同一の資料であっても異なる結果を得る場合がある。また、IPとX線フィルムの濃度特性を比較することで、IPでの撮影に最適な撮影条件を検討することができる。

今回、アクリル製のくさびを試料に、X線の電圧、照射時間を変えて、IPとX線フィルムの試料厚みに対する濃度変化の比較を行った。

2. FCR装置の概要

FCR装置 (図1) は、IPの読み込み処理を行うAC-5装置と、読み込んだ画像を処理するVF-C1装置で構成されている。従来の透過X線撮影と同じ手順で、X線フィルムの変わりに、IPを読み取り専用のカセットもしくは遮光袋に収め撮影を行う。FCRによる画像処理においては、AC-5でIPを読み込む段階で濃度の階調パターンは決まってしまうので、資料の形状や密度に応じた読み取り条件の設定が必要になる。



図1 FCR装置の構成

3. 実験方法

FCRは、X線画像情報をIPが受けたX線量に比例する発光として読み取り、量子化し、ヒストグラム (頻度曲線) をつくり画像データとして形成する (IP読み取り処理)。このため多少

* 東京芸術大学大学院美術研究科文化財保存学専攻システム保存学非常勤講師

照射X線量が変化しても、ほぼ一定の濃度の画像が得られることが特長³⁾である。よって濃度の違いだけで簡単にX線フィルムと比較することはできない。このFCRの画像の読み取りは、IPと被写体の相対的なサイズの差から生じるX線量判定領域の変化に影響される。使用するIPよりも大きい資料の場合は、X線量判定領域すべてが被写体になることになるために、FCRの特長が最大限発揮できるが、サイズの小さな資料の場合、被写体以外の部分が多くなって相対的にFCRに最適なX線量判定領域が得られず、画像処理だけでは観察に適した画質は得られない。よって撮影時から被写体に対して適当なX線量を選択しなければならない。

今回の撮影では、資料の大きさをIPのサイズに対して約1/5に設定して行った。この条件は、実際の文化財資料の撮影でよく起きる状況を再現したもので、FCRのIP読み取り処理が難しい条件である。

実験で使用するX線フィルムに、医療用RX-Uフィルムを用いた⁴⁾。被写体に照射するX線は、管球電圧40kV、管球電流10mA、照射時間60秒を基準とし⁵⁾、管球電圧を30kV、50kV、照射時間を30秒、90秒に変えて各感光体の濃度特性を調べた。IPの濃度測定はVF-C1で行い、X線透過濃度を画像値として測定し、X線フィルムは透過濃度計を用い、白黒透過濃度を測定した。測定は撮影を3回を行い、試料の各厚み部分で5回測定した平均値を計測値として用いた。

試料	アクリル製くさび：(巾5cm、長さ19cm、厚み5mmごとに45mmまで)
撮影条件	X線装置：フィリップス MG165 X線管球：フィリップス MCN165(最大定格160kV) X線管電圧：30kV、40kV、50kV X線管電流：10mA 照射距離：150cm 照射時間：30秒、60秒、90秒
感光体	イメージングプレート：(ST-VI Type、富士フィルム、20×25(cm)) X線フィルム：(RX-U、富士フィルム)
現像条件	イメージングプレート・・・AC-5 X線フィルム・・・現像液：X線フィルム用現像液レンドール(20)5分 定着液：富士フィックス 10分
濃度測定条件	イメージングプレート・・・VF-C1(画素値測定) X線フィルム・・・透過濃度計：X-Rite331(白黒透過濃度測定) 測定スポット計：直径2mm

4. 結果と考察

IPの濃度測定について、X線管電圧を30kV、40kV、50kVに変化させた結果を図2、4、6に、各X線管電圧の濃度変化の比較を図8に示す。X線フィルムの濃度測定について、同じくX線管電圧を変化させた結果を図3、5、7に、各X線管電圧の濃度変化の比較を図9に示す。

各感光体の濃度変化量は、測定方法が異なるので比較はできないが、バックグラウンド(0mm)の濃度からアクリル試料最大厚み(45mm)までの濃度変化に着目して考察した。

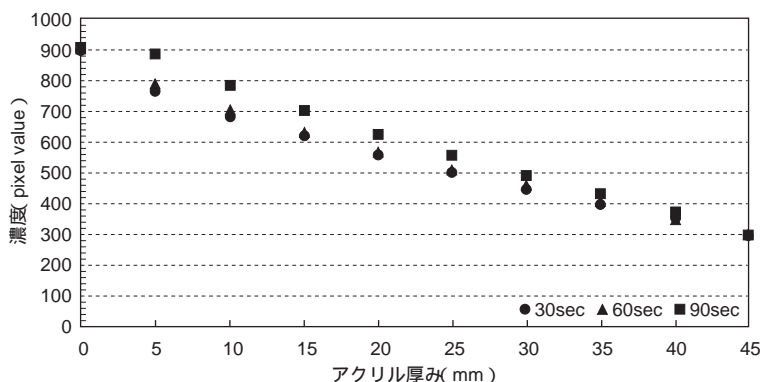


図2 IPのアクリル厚みに対する濃度変化(30kV 10mA 150cm)

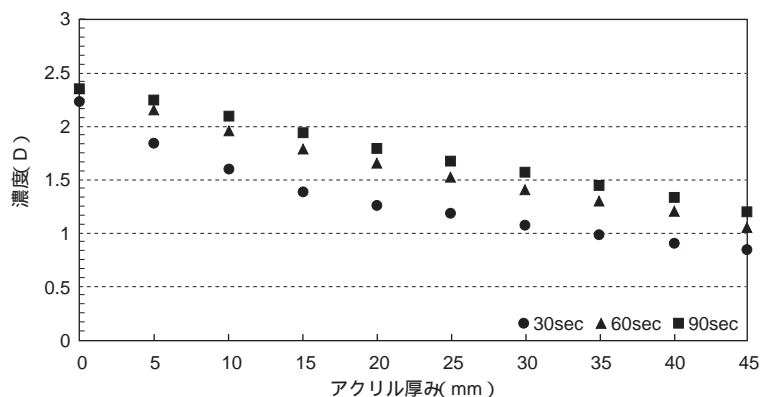


図3 フィルムのアクリル厚みに対する濃度変化(30kV 10mA 150cm)

図2のIPを用いた撮影結果から、X線の照射時間を30秒と60秒で撮影した場合はアクリル厚みと濃度の間に同じような関係が見られた。このことはFCRの特徴として、多少照射X線量が変化してもほぼ一定の濃度の画像が得られることを示している。しかし、90秒の照射の場合はアクリル厚み5mmとバックグラウンドの濃度に差が見られず、画像上では5mmの厚みが判別できない。

図3のフィルムによる撮影では、照射時間が異なってもアクリル厚みと濃度の間に、十分な変化量がみられている。特に30秒での照射で変化量が大きく、フィルム画像上でも理想的なコントラストが得られていた。

図4では、30秒の照射時間のみアクリル厚みと濃度の間に一様な変化が見られ、画像でも理想的なコントラストが得られている。60秒の照射ではアクリル厚み5mmまで、90秒の照射ではアクリル厚み15mmまでバックグラウンドとの濃度に差が見られず画像上でも判別ができないが、15mm以上の厚みでは、各照射時間とも同じ濃度変化になっており、図2と同じように、FCRの特長として多少照射X線量が変化してもほぼ一定の濃度の画像が得られることを示している。このことは、各X線管電圧と濃度変化を比較した図8からもわかる。

図5では、全ての照射時間で厚みと共に濃度が減少する傾向が見られるが、濃度の変化量は30秒の照射が大きく、フィルム上でも他の照射時間の画像と比較してコントラストがついた画

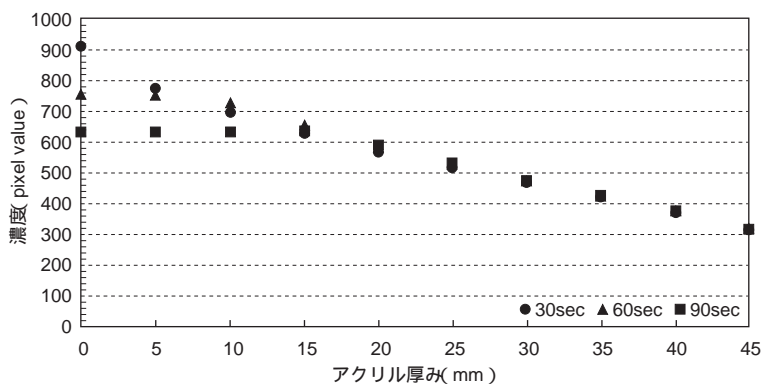


図4 IPのアクリル厚みに対する濃度変化(40kV 10mA 150cm)

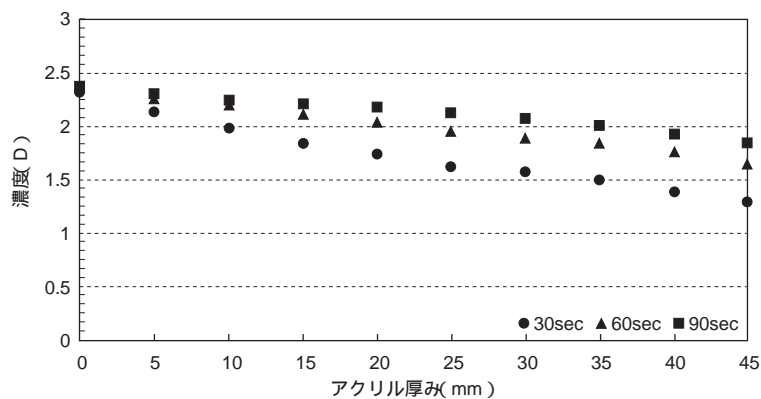


図5 フィルムのアクリル厚みに対する濃度変化(40kV 10mA 150cm)

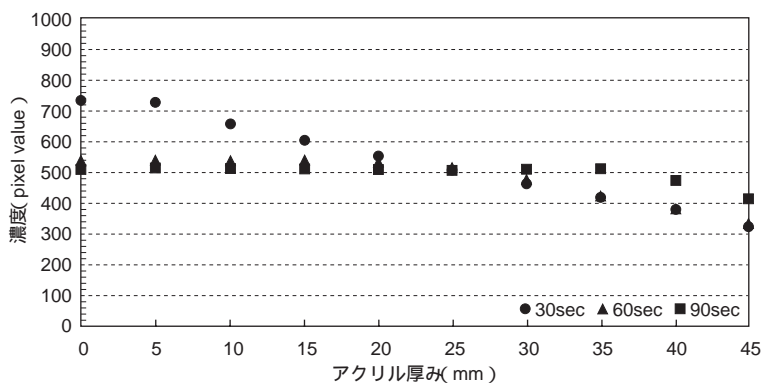


図6 IPのアクリル厚みに対する濃度変化(50kV 10mA 150cm)

像が得られた。

図6では、照射時間90秒でアクリル厚み35mmまで、60秒では25mmまでバックグラウンドとの濃度に差が見られない。30秒でも5mmの厚みではバックグラウンドと差がなく、それよ

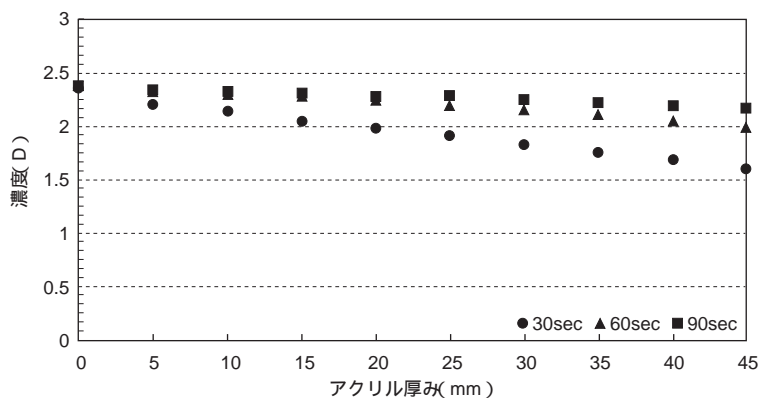


図7 フィルムのアクリル厚みに対する濃度変化(50kV 10mA 150cm)

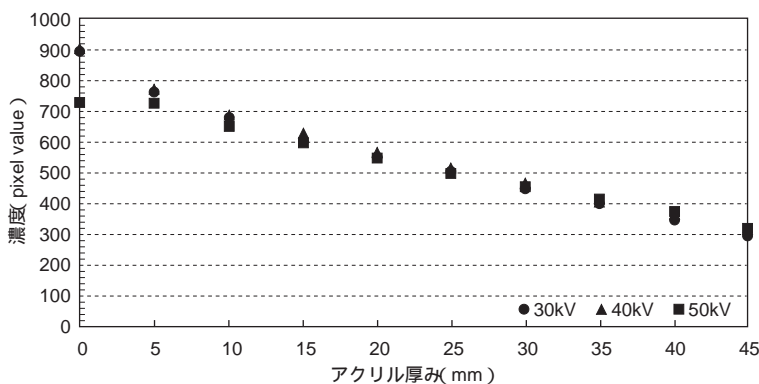


図8 IPのアクリル厚みに対する濃度変化(照射時間30秒)

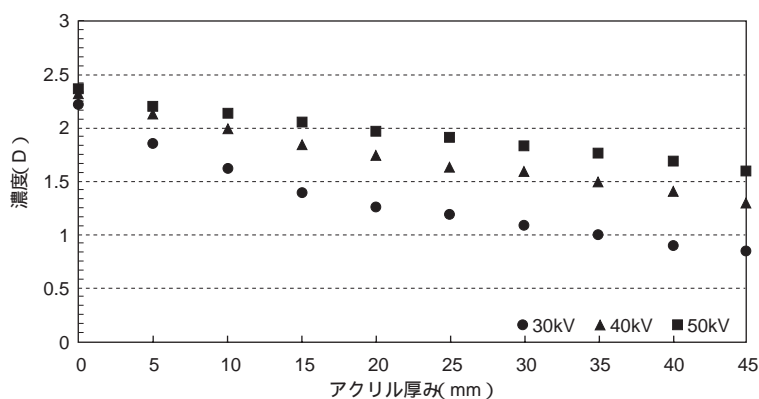


図9 フィルムのアクリル厚みに対する濃度変化(照射時間30秒)

り厚い部分で濃度に変化が見られている。すなわち撮影条件である電圧50kV，電流10mA，距離150cmでは，被写体のアクリル製試料に対してX線エネルギーが大きすぎることを示している。図7のフィルムを用いた撮影では全ての照射時間で厚みに対して濃度が減少する関係が見

られるが、60秒、90秒では濃度の変化量は少なく、フィルム画像の認識が困難になった。また図9から、フィルムでの撮影はX線管電圧が高くなると濃度の変化量が減少していくことがわかる。このことから、フィルムでの撮影ではIPと比較して、最適なX線管電圧と照射時間を考慮しなければ観察に最適なコントラストが得られにくいことを示している。

以上の結果から、IPでの撮影はX線フィルムと比較して、照射電圧が違っていても照射時間が短ければ濃度の変化量はあまり変わらない。また、X線フィルムでの撮影はFCRに比べて、X線管電圧、照射時間などを被写体に合わせて考慮しなければ観察に適した画像を得にくいことがわかった。

5. まとめ

透過X線撮影法によるFCRとX線フィルムの特性について濃度変化を比較した。

アクリル製くさびを試料として比較した結果、X線フィルムは、試料の厚みに応じた低い照射電圧によってのみコントラストの高い画像が得られることに対して、FCRは、適正電圧より高い照射電圧でも短時間の照射ならば観察に適したコントラストの高い画像が得られることがわかった。このことは、FCRを用いた実際の調査で被写体に対する最適なX線量が予測できない場合、X線フィルムを使用する撮影条件と比較して、高い電圧と短時間の照射によって撮影を行うことが好ましいことを示している。

本研究は平成15年度文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「江戸のモノづくり」によるものである。

引用文献

- 1) 三浦定俊：X線イメージングプレートを用いた近世科学技術資料の調査(1)，文化財修復学会第23回大会講演要旨集，52 - 53 (2001)
- 2) 松島朝秀，三浦定俊：IPを利用した透過X線撮影の画像処理パラメーターの検討，文化財修復学会第25回大会研究発表要旨集，240 - 241 (2003)
- 3) 富士写真フィルム(株)産業材料部：FCRシステム技術資料
- 4) 呉屋充庸，三浦定俊，大崎展靖，金子忠夫：X線フィルムの青銅と檜材に対する濃度特性，古文化財財の科学，28，28 - 37 (1983)
- 5) 三浦定俊：X線イメージングプレートを用いた近世科学技術資料の調査(2)，文化財修復学会第24回大会研究発表要旨集，38 - 39 (2002)

キーワード：X線 (X-ray)；FCR (Fuji Computed Radiography)；X線フィルム (X-ray film)；イメ - ジングプレ - ト (Imaging Plate)

Comparison of the Characteristic Curve of FCR and X-ray Film in Radiography

Tomohide MATSUSHIMA* and Sadatoshi MIURA

Fuji Computed Radiography (FCR) uses Imaging Plate (IP) instead of a film for radiography . IP is read as a digital imaging data by a laser scanner and can be processed by imaging technique . Since IP has a large dynamic range compared with a film , it is possible to take a picture of a subject with composite structure having both low density and high density in one irradiation of X-ray . However , if we are to decipher the picture of FCR on the basis of a film , we have to understand the characteristic of FCR . In this study the characteristic curve of FCR and X-ray film is compared . When only low irradiation voltage gives good contrast to an X-ray film , high irradiation voltage can also give good contrast to FCR image by using a short irradiation . This result shows that high irradiation voltage with short irradiation time should be used when the suitable X-ray energy to a subject cannot be decided beforehand .

* Tokyo National University of Fine Arts and Music, Graduate School of Conservation for Cultural Properties, Lecturer