九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

増感紙、Imaging-plateを用いた一回曝射によるエネルギー差分法

長，哲二
九州大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

坂本，弘巳
九州大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

https://doi.org/10.15017/198

出版情報：九州大学医療技術短期大学部紀要. 17, pp.1-7, 1990-03-05. 九州大学医療技術短期大学部
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

増感紙、Imaging-plateを用いた一回曝射によるエネルギー差分法

長　　哲二,*　　坂本弘巳*

One-shot Energy Subtraction Radiograpy using Screens and Imaging Plates

Tetsuji Cho and Hiromi Sakamoto

はじめに

一回曝射による強調画像作製の方法としてはエネルギー差分法が利用されている。この方法では二枚のX線センサーに入射するX線のエネルギーを違ったものにする必要があり、このエネルギーの差をいかに大きくするかということが問題である。

通常は二枚のセンサーの間に金属のフィルターを挿入して、後ろのセンサーに入射するX線のエネルギーを相対的に高くする方法がとられている。[1]この方法では金属フィルターによるX線の吸収が大きく後ろのセンサーに入射するX線量が減少し、画質を低下させる結果になる。このX線量を増やすためには照射線量を増やせばよいが、そうすることは被検者の被曝線量を増加させる結果となり好ましいことではない。これを避けるために、K吸収端のエネルギーの異なる元素を構成元素とする二種類のセンサーを使用し前のセンサーをフィルターとして併用することを考えた。そのために種々の増感紙の吸収X線のエネルギースペクトル、光子吸収率の測定を行い一回曝射によるエネルギー差分法の可能性を検討してきた。[2,3]その結果から、そのなかで最も可能性のある増感紙の組合わせでファントム撮影を行い、スペクトルからの可能性と写真との関連を検討した。またImaging Plate（ＩＰ）を使用した一回曝射によるエネルギー差分法の可能性、特にフィルターの金属について検討した。

材料および方法

増感紙、ＩＰの吸収X線のエネルギースペクトルの測定方法は前の報告と同じである。使用した増感紙、ＩＰの蛍光体の化学式、K吸収端のエネルギーを表(1)に示す。撮影にはLittletonの骨部ファントム（厚さ100㎜）をBurgersタイプファントム（14㎜）の上にのせたものを使用した。撮影にはブッキー撮影台を使用し、照

Sensor	Phosphor	K－edge (keV)
Imaging Plate　ST	BaFX:Eu	37.44
Screen　RE-SPECIAL	$BaFCl:Eu + CaWO_4$	37.44 69.53
G4	$Gd_2O_2S:Tb$	50.24

表1．Imaging Plate, 増感紙の化学式とK－吸収端エネルギー

＊九州大学医療技術短期大学部
診療放射線技術学科

射は100kV，100mAで行った。増感紙を使用した撮影では現像されたフィルムを医用画像ファイル装置（ＴＤＩＳ－ＦＩＬＥ-500）でデジタル化し光ディスクに記録させて演算処理を行った。

撮影されたＩＰの読取り、演算処理はＦＣＲ-101で行った。フィルターとして使用した金属板（Mo, Sn, Cd）はいずれもGoodfellow社製で純度は99％以上である。

結　果

管電圧100kVのときのＧ４，ＲＥ-SPECIAL（ＲＥ）増感紙の吸収Ｘ線のエネルギースペクトルを図(1)に示す。この二枚の増感紙の組合わせでＧ４を前にした場合と、ＲＥを前にした場

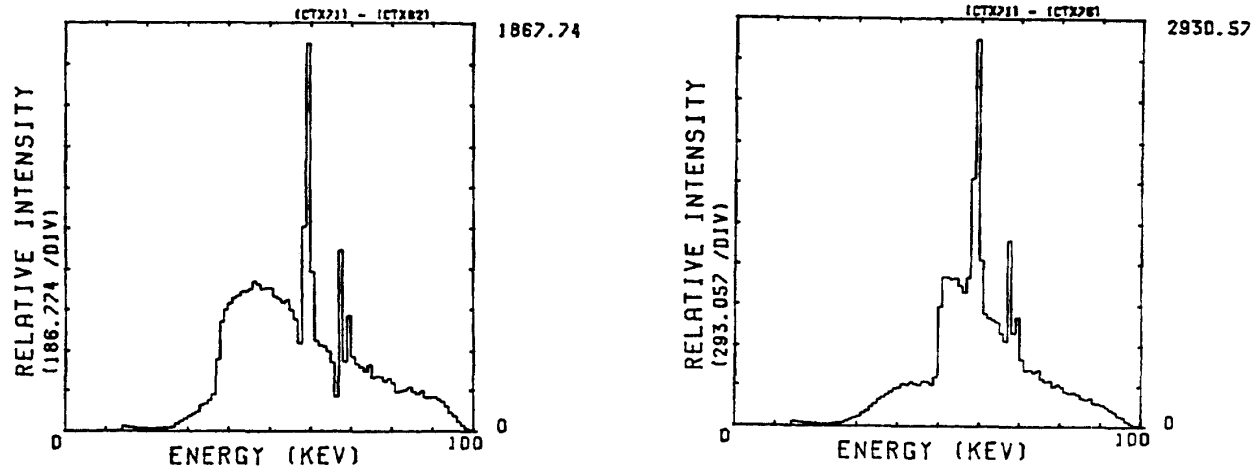

図１．ＲＥ-SPECIAL, Ｇ４増感紙の吸収エネルギースペクトル、１：ＲＥ-SPECIAL ２：Ｇ４

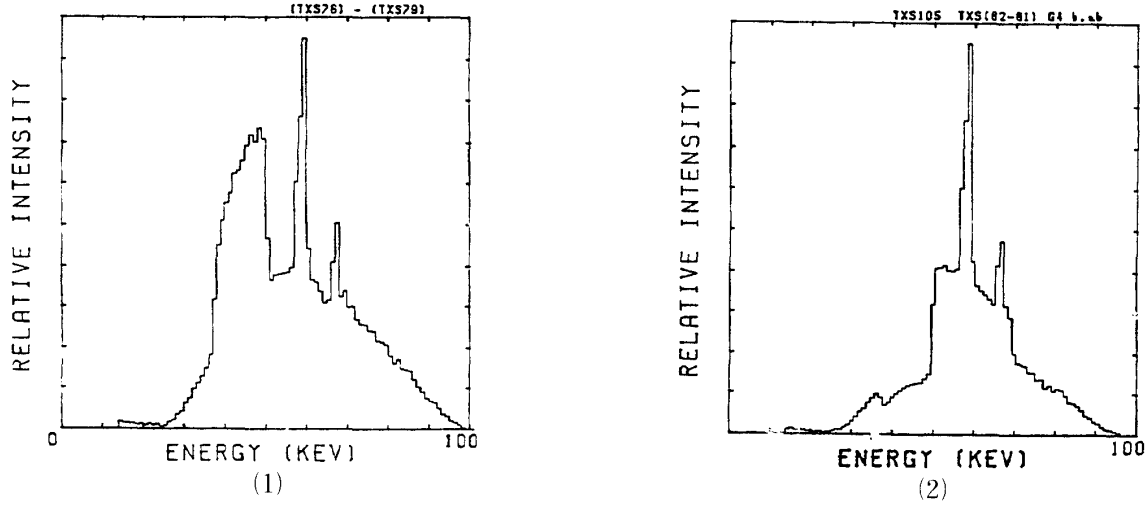

図２．後ろのＲＥ-SPECIAL, Ｇ４増感紙の吸収エネルギースペクトル、１：ＲＥ-SPECIAL ２：Ｇ４

合での後ろのＲＥ，Ｇ４の吸収エネルギースペクトルを図(2)に示す

この前後の増感紙の吸収エネルギースペクトルの差のスペクトル（差分スペクトル）を図(3)に示すが、同じ組合わせででもどちらを前にするかによって、差分スペクトルの形が違っていることがわかる。この二つの組合わせでもとめたエネルギー差分法による画像をＲＥ，Ｇ４単独で撮影した画像とともに図(4)に示す。

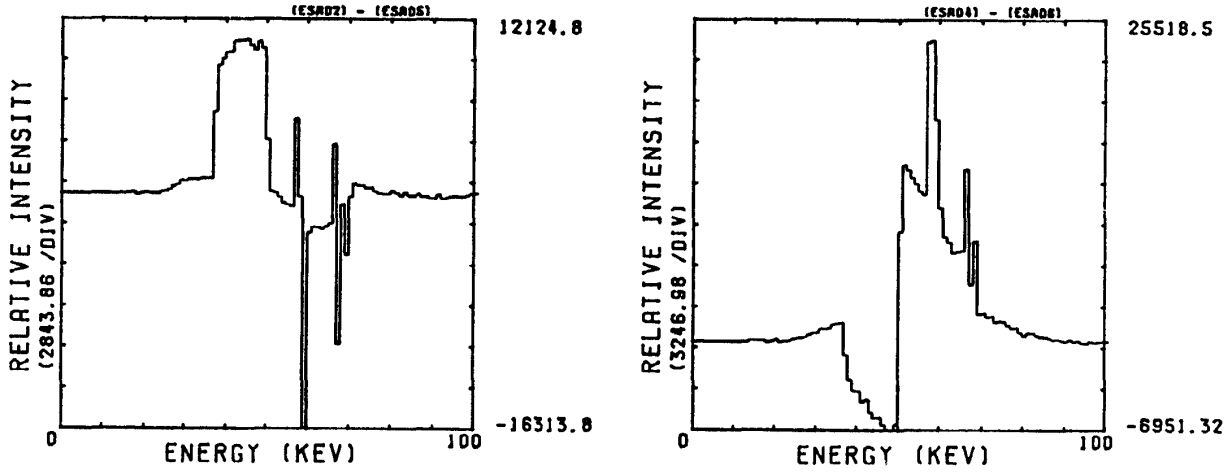

図3．差分スペクトル、1：RE-SPECIAL前、G4　後　2：G4　前、RE-SPECIAL後

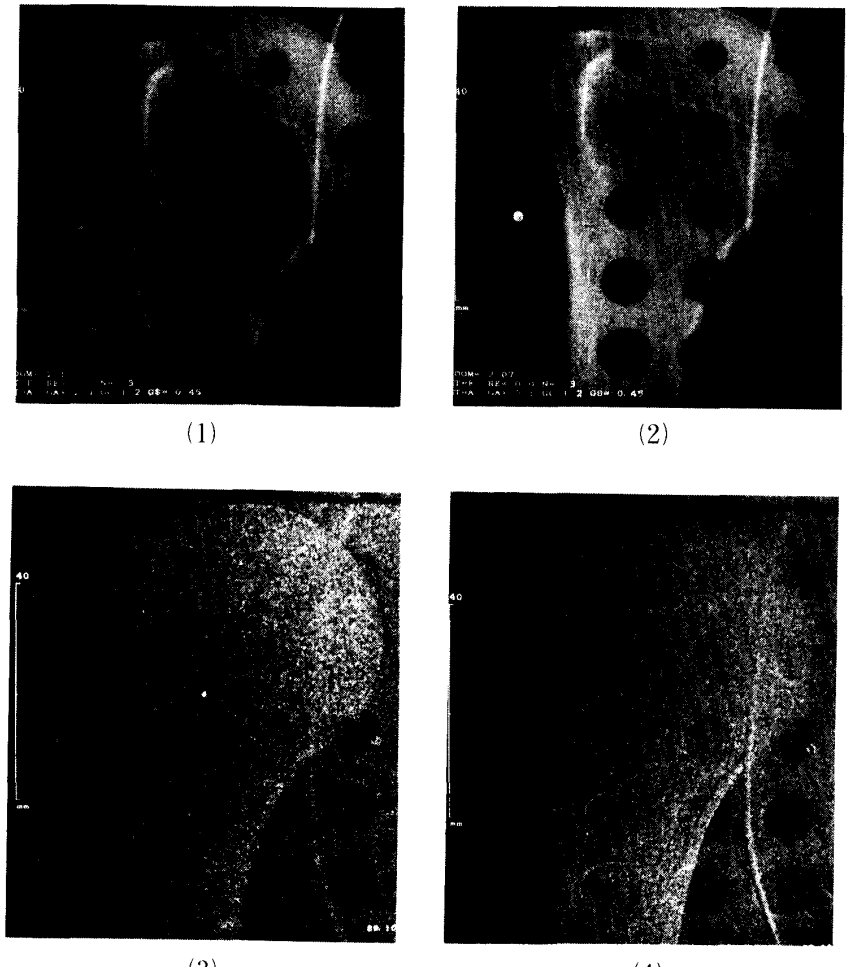

図4．RE-SPECIAL, G4の組合わせで得た差分画像、1：RE-SPECIAL単独
2：G4単独　3：RE-SPECIAL前、G4　後　4：G4　前　RE-SPECIAL後

IPに100kV，80kVの管電圧で照射したときのIPの吸収エネルギースペクトルを図(5)に示すが、管電圧が20kVも違うのに、平均の吸収エネルギーは54.7keV，50.9keVと僅か3.8keVしか違わない。二枚のIPの間にフィルターとしてCu, Mo, Cd, Snを挿入したときの、後方のIPの平均の吸収エネルギーを表(2)に示す。このなかで前後の平均エネルギーの差が一番大きい厚さ0.1mmのMoを挿入した場合の、後方のIPの吸収エネルギースペクトルを図(6)に示す。

Tube Voltage	First Imaging Plate (keV)	Second Imaging Plate (keV)				
		0.53 Cu	0.1 Mo	0.1 Sn	0.1 Cd	G4 (f)
80kV	50.9	58.0	58.9	57.6		
100kV	54.7	64.3	64.9	62.2	64.0	58.9

表２．フィルターの種類と後のＩＰの吸収平均エネルギー

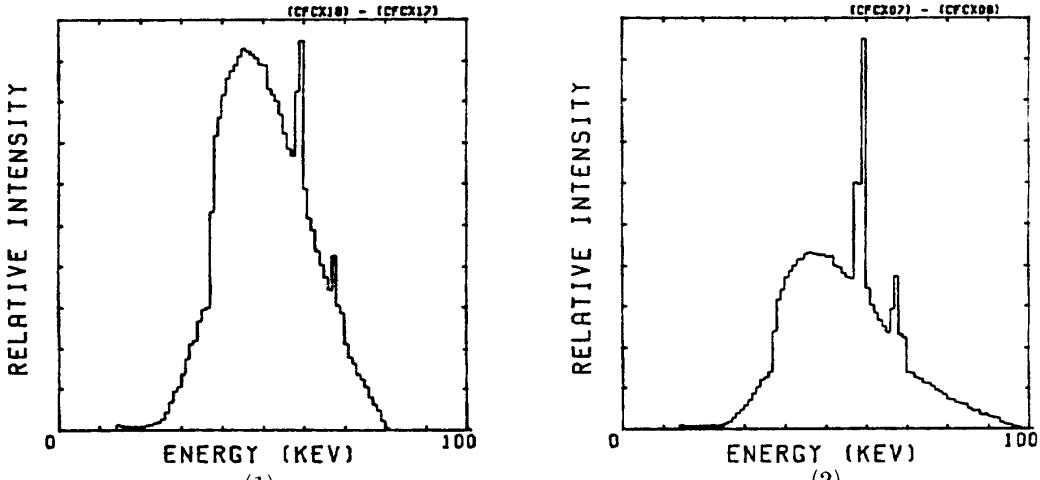

図５．100kV,80kVの管電圧で照射したときのＩＰの吸収エネルギースペクトル、
１：80kV　２：100kV

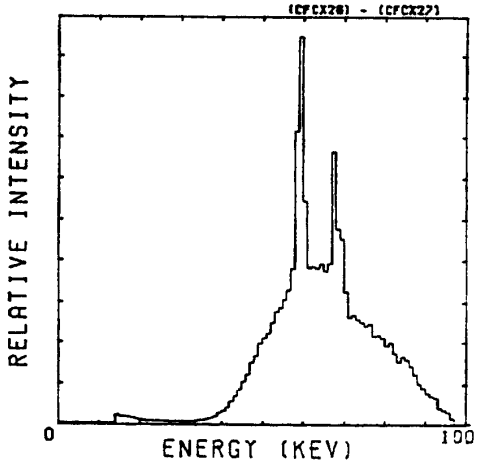

図６．0.1mm Moを使用したときの後のＩＰの吸収エネルギースペクトル

す。図(7)に0.5mm Cu，0.1mm Moをフィルターとして使用したときの差分画像を示す。

考　察

１）異種増感紙の組合わせによるエネルギー差分法

ＲＥ，Ｇ４の吸収エネルギースペクトルの差分スペクトルをみると図(3)からわかるように増感紙の前後の組合わせによって形が変化し、ＲＥを前、Ｇ４を後に使用するとＲＥでは43.5keV，Ｇ４では57.9keVを中心としたエネルギーの光子による情報が強調されることが期待される。逆にＧ４を前、ＲＥを後に使用した場合はＲＥ

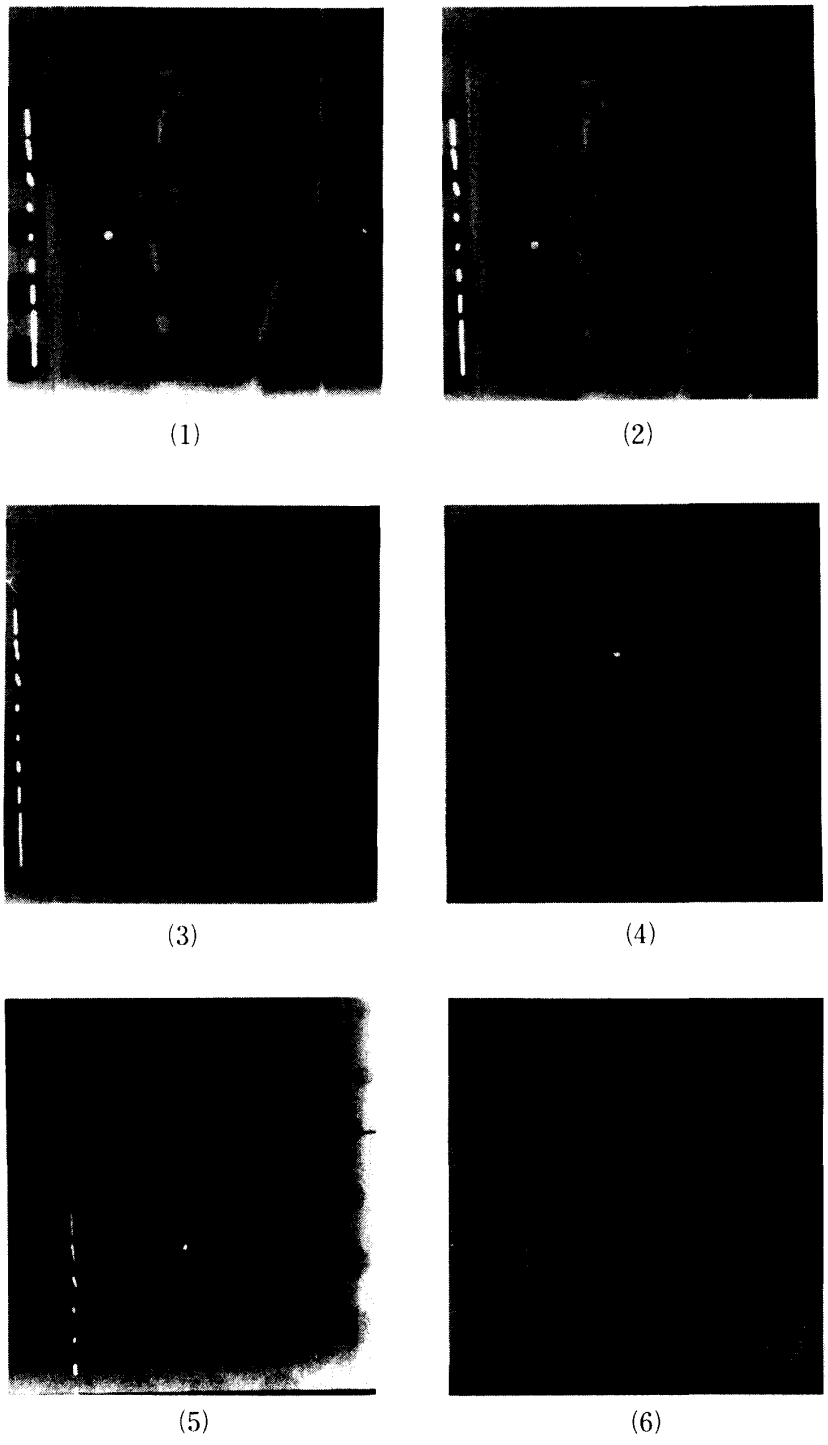

図7．0.5㎜ Cu，0.1㎜ Mo をフィルターとして使用したときの差分画像　1：前のＩＰ画像　2：0.5㎜を使用したときの後のＩＰの画像、3，4：0.5㎜ Cu を使用したときの差分画像、5，6：0.1㎜ Mo を使用したときの差分画像

では44.1keV，Ｇ４では59.8keVを中心としたエネルギーの光子による情報が強調されるが、ＧｄのＫ－吸収端（50.2keV）界として差分スペクトルは不連続的に変化し、正負のピークの位置が同じエネルギーとなる。これはＧ４、ＲＥとも同じエネルギーの光子による情報を多く持っていることを意味する。そこでこの組合わせは差分法に利用するのには不適当である。

これはファントムを撮影した結果をみればよく分かる。前者の組合わせでは気泡の消去が可能であるが、後者の組合わせでは差分の効果がほとんど認められない。このように平均エネルギーでは両者の差はないが吸収エネルギースペクトルの差分スペクトルをみると、差分効果の有無の推測ができる。

それで差分スペクトルという新しい方法は差分法の可能性を検討するのには有用な方法といえる。

このような推測はエネルギースペクトルからでなく光子吸収率からでもおおよそのことは出来る。G４、REの光子吸収率をみるとREは37.4～50.2keV、G４では、50.2～69.5keV間の光子に対して相対的に大きな光子吸収率をしめす。このことから差分効果が期待できるかどうかの見当をつけることは可能である。しかし最終的にはスペクトルの検討が必要である。増感紙の組合わせはK－吸収端のエネルギーが低い増感紙を前、高いほうを後に使用すればよい。

今回の実験では後の増感紙にG４を使用したので後のフィルムの濃度が前のフィルムの50%であったが、G８を使用することにより濃度差がより小さくなり、画像処理、被曝線量の面で良い効果が期待できる。

写真では厚さ10cmのファントムの中の10mmの気泡を消去できたので腸間ガスの消去も可能であろう。

２） Imaging Plateによるエネルギー差分法

ＩＰは構成元素の違ったものはなく厚さの違うものしかない、構成元素が同じであるためK－吸収端のエネルギーがまったく同じになり、吸収エネルギースペクトルの最頻エネルギーがほぼ同じとなる。そのため平均エネルギーが大きく変化しない。これは図(5)に示すように管電圧が20kV違っても平均の吸収エネルギーもスペクトルの形もあまり違わないことからも良くわかる。それで二回曝射によるエネルギー差分法を行うにしても管電圧を大きく変えることが必要である。[4)]

そのために、一回曝射でのエネルギー差分法を行うためにはどうしても金属のフィルターを必要とする。現在はフィルターとしてCuがおおく用いられているが、[5)] CuのK－吸収端のエネルギーは8.98keVであり利用X線のエネルギー範囲には吸収端はなく、厚みによる吸収を利用するものでその吸収は連続的で低いエネルギーの光子ほど多く吸収される。

そのため30keV以上の光子を吸収させるのにはフィルターが必然的に厚くなり、散乱線が増加する。それでより薄くて30keV以上の光子を効率良く吸収させるのには20～30keVにK－吸収端をもつ金属を利用すればよい。いくつかの金属をフィルターとして使用した場合の、後のＩＰの吸収エネルギーの平均値を表(2)に示してあるが、これから0.1mm Moが0.53mm Cuと同じ線質の変化が期待できる。さらに後ろのＩＰが吸収したエネルギー量を比較すると、前のＩＰのエネルギー量を1.0とすると0.1mm Moが0.36, 0.53mm Cuが0.20となりこの点でもMoフィルターが有利である。

Moの厚みをさらに厚くして0.4mmとすると平均エネルギーは68.9keVとなり線質の変化は大きくなるが、吸収したエネルギー量は0.23となる。そこで0.1mm Moをフィルターとして使用したエネルギー差分法を前述のファントムを用いて試みたが、良好な結果を得ることができた。

写真ではCuと比較してMoの方が優れてはいないが、通常使用されているCuの1/10～1/5の厚さで同じ差分効果を得られるのであれば、薄いフィルターのほうが良い鮮鋭度の写真が期待できる。

増感紙を使用した場合とImaging Plateを使用した場合との差分画像を比較すると明らかにImaging Plateのほうが優れている。これは、増感紙を使用した場合は現像されたフィルムをデジタル化して演算させるため、最初からデジタル量をよみとるImaging Plateとは手順、演算方法が異なり、この違いが処理画像に影響していると思われる。この点は今後検討する必要がある。

まとめ

1）吸収エネルギースペクトルの差分スペクトルという新しい方法が増感紙を使用したエネルギー差分法の可能性を検討するのに有用な方法であることがわかった。

2）Imaging Plateによる一回曝射でのエネルギー差分法のフィルターとしてはCuよりもMoのほうが優れていることが吸収エネルギースペクトルからわかった。

謝　辞

写真の処理に御協力戴いた九州大学医学部附属病院、放射線部の梅津芳幸、中村泰彦、小川和久の各氏に深く感謝致します。

（本文の一部は第2回九大放射光シンポジュウム、第40回日本放射線技術学会九州部会で発表した。）

参考文献

1）高尾義人：同時曝射撮影によるエネルギーサブトラクションの基礎的研究・映像情報(M), 16,1105-1108,1984.

2）長哲二，坂本弘巳，丸石博文：異種増感紙の組合わせによるエネルギー差分法の可能性について，医短大記要，14,7-13,1987.

3）坂本弘巳，長哲二：増感紙の光子吸収率の測定，医短大記要，15,13-17,1989.

4）西谷弘、松浦啓一：コンデンサ式X線発生装置とFCRを用いたDual-energy projection radiograpyにおける撮影条件の設定、日医放誌，47,644-650,1987.

5）Isigaki, T., Sakuma, S., Horikawa, Y., *et al*: One-shot Dual-energy Subtraction Imaging, Radiol. 161,271-273,1986.