

# イメージプロセッサを利用した TL測定システムの作製

青森職業能力開発短期大学校  
(株) 文展  
アンダーセンコンサルティング

小 関 英 明  
佐 藤 亮  
上久保 光 彦

The Production of measurement system of Thermoluminescence by Image Processor

Hideaki KOSEKI, Akira SATOU, Mitsuhiko KAMIKUBO

**要約** 熱蛍光（サーモルミネッセンス：thermoluminescence以下TL）とはCaF<sub>2</sub>などの絶縁性結晶が、放射線から吸収したエネルギーを加熱することにより光の形で放射することで、照射した放射線に比例した強度の蛍光が得られることが知られている<sup>1)</sup>。

現在、X線による材料の放射線透過による非破壊試験では、感光シートとして主にX線フィルムが使用されている<sup>1)</sup>。しかし、X線フィルムは、高レベルのX線や電子線では飽和を起こすため、長時間のX線照射や電子等の粒子線による材料の非破壊検査では使用できない。

そこで、超高エネルギー領域での粒子線を測定するために用いられていたTLシートを用いた非破壊検査の構築を検討する必要があると考えられている。

本実験では、非破壊検査における放射線透過試験に使用するための、イメージプロセッサおよび映像増強管を用いたTLシートによる2次元放射線計測システムを作製し、放射線源Srからの放射線の2次元分布を測定した結果、照射線量と測定されたTL光量で相関が得られ、放射線の2次元強度分布が画像により確認された。

## I 緒言

熱蛍光（サーモルミネッセンス：thermoluminescence以下TL）とはCaF<sub>2</sub>などの絶縁性結晶が、放射線から吸収したエネルギーを一度蓄え、それを加熱することにより光の形で放射することで、照射した放射線に比例した強度の蛍光が得られることが知られている<sup>1)</sup>。この熱蛍光物質を用いた放射線計測の研究が行われており、特にシート状のものは、従来より使用されているX線フィルムより取り扱いが比較的簡単で、測定範囲が広く、アニリングを行うことにより繰り返し使用することができるという利点により、超高エネルギー現象の観測等に使用されている<sup>2), 3)</sup>。

現在、X線を使用した放射線透過による非破壊試験では、感光シートとして主にX線フィルムが使用され

ている<sup>1)</sup>。しかし、X線フィルムは、高レベルのX線や電子線では飽和を起こすため、長時間のX線照射や電子等の粒子線による材料の非破壊検査では使用できない。そこで、超高エネルギー領域での粒子線を測定するために用いられていた熱蛍光シートを用いることにより、長時間あるいは電子などの粒子線を使用した非破壊検査が可能になると考えられている。本実験では、非破壊検査に使用するための、イメージプロセッサおよび映像増強管（image intensifier 以下II）を用いたTLシートによる2次元放射線計測システムを作製し、それを用いて放射線源Srからの放射線の2次元分布を測定したのでその結果について述べる。

## II 2次元放射線計測システム

### 1. システムの概要

TLシートから放射線を計測するための2次元放射線計測システムは、(1)加熱系、(2)増幅系、(3)検出系、(4)処理系に分けることができる。図1にシステムの概要を示す。

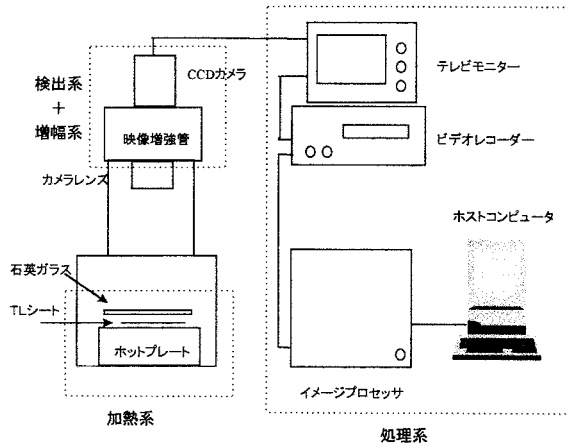


図1 システムの概要

#### (1) 加熱系

加熱系では、ホットプレートを使用してTLシートを加熱させ、TLを放出させる。ホットプレートとTLシートの温度上昇の関係およびTLのグロー曲線を図2に示す。TLは温度上昇が一定ならばその蛍光強さは放射線量に比例することが知られている<sup>5)</sup>が、図2よりこのシステムでのTLシートの温度上昇は、測定区間ではほぼ一定であるといえる。

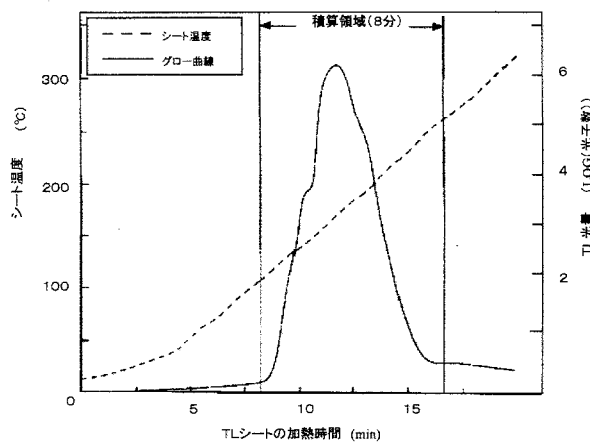


図2 ホットプレートの温度上昇とグロー曲線

#### (2) 増幅系

放出されたTLを映像増強管 (Image Intensifier: 浜松

フォトニクス C2166-03以下II) により増幅する。

IIは、2次元光子計数管と高圧電源および冷却器を内蔵した超微光撮像装置で、カメラレンズからの結像を光電面で受け、100倍から100万倍の電子増幅率で増幅し、蛍光面を発光させる。

#### (3) 検出系

IIの蛍光面を、CCDカメラを用いて撮影することによりTLを検出する。撮影された画像データは、ビデオテープに保存され、処理系で処理される。また、TLを光電子増倍管により検出することもでき、この場合の電子増倍率は $3.3 \times 10^5$ である。

#### (4) 処理系

CCDカメラ (TOKYO ELECTRONIC INDUSTRY CS8320) で撮影した画像データおよびビデオテープからの画像データを、イメージプロセッサ (ADS PIP9000以下PIP) とパーソナルコンピュータ (NEC PC9821Ap) を用いて、2次元光子計数法による積算処理を行うことによりTL光量を測定し、放射線量の測定を行う。

### 2. 2次元光子計数法

TLからの光子が、IIの光電面に入射することにより放出された電子が、増幅され蛍光面を発光させてできた一つの光点をSPS (Single Photon Spot) とすると、SPSの数は、TLシートから放出された光子の数に相当する。このSPSをCCDカメラで撮影し、積算することにより、2次元光子計数を求めることができる<sup>5)</sup>。CCDカメラにより撮影された画像は、フレーム毎に2値化される。2値化のための閾値は、数枚の画像をサンプリングし、SPSに相当する光点の輝度分布より決定する。閾値以上の画素の総数をTL光量 $y$ とすると

$$y = \sum_i \rho_i s$$

となる。ここで、 $i$ は画像フレームの番号、 $\rho_i$ は $i$ フレームにおけるSPSの数、 $s$ は1個のSPSの面積 (1個のSPSを構成する画素数) である。これより計測された光子数 $nf$ は

$$nf = y / s \quad (1)$$

で、求めることができる。また、TLシートに照射された放射線量 $n$ は、光子数に比例することから、定数を $C$ とし、(3)式により幾何学的補正を行うと求める放射線量 $no$ は(4)式となり、TL光量から照射された放

射線量を求めることができる。

$$n = c \cdot n_f = c \cdot y / s \quad (2)$$

$$G = 1 / 2 (1 - d / \sqrt{d^2 + R^2}) \quad (3)$$

(dはカメラとTLシートとの距離、Rはカメラレンズの直径)

$$n_0 = n / G = c \cdot y / s \cdot G \quad (4)$$

### 3. イメージプロセッサおよび積算処理プログラム

今回使用したイメージプロセッサPIP-9000は、以下の4つのユニットにより構成されている。

- (1) AD/DAユニット  
メモリ：R1～R6  
1 pixel 1byte, 512×480pixel  
画像の入力および表示等
- (2) メインCPUユニット  
メモリ：M1～M16  
1 pixel 1byte, 512×480pixel  
コマンド解析処理の割り振り、画像メモリの管理等
- (3) プロセッサユニット  
2値画像処理、各種形状計測等
- (4) サブCPUユニット

PIPは、一般に画像処理に要求される十分な処理機能、速度、拡張性を備えており、ホストコンピュータからGP-IB(IEEE-488)を使ってコマンドを送ることにより各種画像処理を実行できる。

しかし、メインCPUユニットの各メモリは、1ピクセル1バイトより使えないため、0～255までの数値より扱えず、それ以上の数値が入力されると、メモリには数値を255で割った余りが記憶されることになる。そのためメインCPUで行われる2値化した画像データの積算は、255回を越えた場合、正確に記録されない。

今回作成したプログラムでは、前述の問題点を解決するため、M1～M3を積算するための作業用メモリとし、M4～M16を保存用メモリとして255回の積算毎に順に保存(PIP内積算処理)し、その保存した内容をホストコンピュータに転送し個別のファイルとして記録(転送処理)し、それらを積算(ホストコンピュータ内積算処理)することでTL光量を求めた。

それぞれの処理におけるフローチャートを図3に示す。

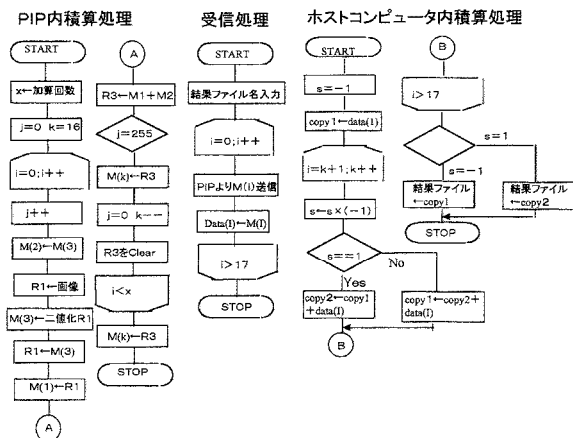


図3 積算処理フローチャート

このプログラムでは、約8分間、3060回の積算が可能であり、図2より十分にTLを測定できる。

## III 計測実験および結果

### 1. 計測実験

放射線源Srの入った直径2cmの円柱状容器を直接TLシートに乗せ、放射線を100h, 50h, 20h, 10h, 5h, 2h, 1h, 30min, 20min, 10minの10段階に照射し、それぞれのTL光量を測定した。使用したSrの放射能は、 $41.7 \times 10^6 \text{Bq}$ である<sup>6)</sup>。ホットプレート上のTLシートから放出されたTL光は、カメラレンズを透して、映像増強管で増幅された後ビデオテープに記録される。このビデオテープより、図2に示すように、シート温度が100度から250度の範囲について、2値化し積算されたものを測定データとした。

### 2. 結果

Srの照射時間とTL光量の関係を図4に示す。

また、100h照射したTLシートについて、サンプリングされたフレーム画像の一つを図5に、その積算画像を図6に示す。

図5よりSPSの面積sは

$$s = 71 \text{pixel}$$

となった。これにより、(4)式を用いての光子計数による放射線測定ができる

図4より、TL光量と照射した放射線量の関係式は、最小二乗法により、

$$y = 6.87 \times E^{0.94} \quad (\text{Mev})$$

と求められた。

図6より放射線強度が同心円状に2次元的に測定されている。また、1pixelは0.3mm×0.3mmに相当する。

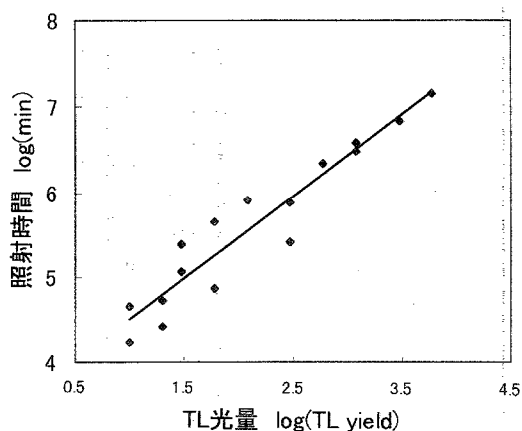


図4 照射時間とTL光量

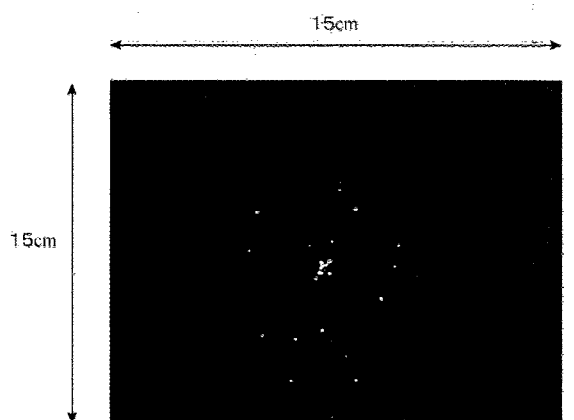


図5 フレーム画像

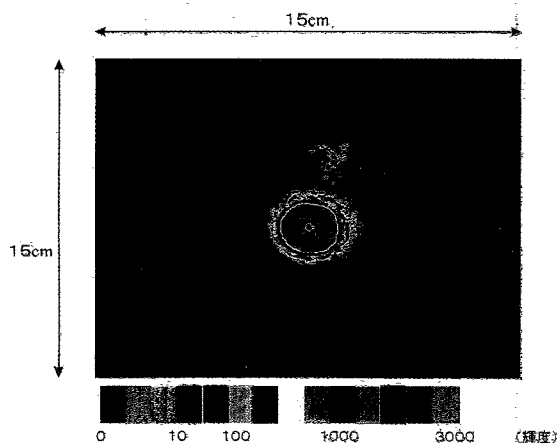


図6 積算画像

#### IV 結論

イメージ・プロセッサPIP-9000および映像増強管を用いたTLシートによる2次元放射線計測システムを作製し、放射線源Srからの放射線の2次元分布の測定を行い、

次の結果を得た。

- (1) PIPの制御コマンドでは256回までの加算処理し  
かできなかったが、作製した処理プログラムにより約8分間、3060回の積算処理が可能となり、映像増強管およびPIPを用いてのTL光の2次元光子計数が可能となった。
- (2) Srを照射したTLシートからのTL光読み出し実験により、照射した放射線量と測定されたTL光量は比較的よい相関性を示し、最小二乗法による関係式は

$$y = 6.87 \times E^{0.94} \quad (\text{Mev})$$

となった。

また、放射線の2次元強度分布が画像により確認された。

今回作製したシステムにより、TLシートからのTL光の読み出しが可能となった。これにより長時間のX線照射および、電子線を用いた放射線透過による非破壊検査等にTLシートを用いることが可能になるものと考えられる。

しかし測定値には、多少のばらつきがあり、原因としてホットプレートの温度制御が不十分だと考えられる。そこで、ホットプレートの温度制御を確実にする必要があると思われる。

また、本作成システムの画像分解能について詳しく検討する必要があると思われる。

#### [参考文献]

- (1) 小沢 国夫 応用物理 No.38-11(1969) 1057
- (2) 山本 勲, 富山 毅 et.al. :岡山理科大学紀要19A (1984) 121
- (3) 渡辺 善二郎, 小関英明:東北大学理学部核理研究報告21-1(1988) 85
- (4) 小林一輔編, コンクリート構造物の非破壊検査, 森北出版(1990) 86
- (5) Isao YAMAMOTO, Kuni- IMAEDA et.al. :Nuclear Instruments and Methods in Physics Reserach A256 (1987) 567
- (6) 釜菴 恵, 伊藤 高徳:青森職業能力開発短期大学校卒業論文(1994)