

## 所 外 発 表 論 文 等 概 要

〈機関動力部〉

ホログラフィ干渉法による火災温度分布測定  
(第2報、準回転対称場の温度分布)

Measurement of Flame Temperature Distributions  
by Holographic Interferometry  
(2nd Rep, Temperature Distributions of  
Quasi-Axisymmetric Fields)

佐藤誠四郎、熊倉孝尚

平成2年3月

日本機械学会

関西支部第65期定期総会講演集

光干渉法では、火炎の屈折率が光路方向に積分されたものとして得られるので、温度を求めるには、対象温度場の幾何学的構造を知る必要がある。一般に干渉像が一方しか得られない場合、温度場の内部構造を含んだ形状、寸法などが不明であり、通常温度場を二次元または軸対称分布とする仮定が行なわれる。しかし撮影された干渉像の多くは、火炎のゆらぎなどにより対称性がずれたものが多いことから、これらの仮定が成り立つのは限られた場合であると思われる。

本報告では、このようなバーナ火炎の軸対称分布からのずれを考慮するため、4方向の干渉像を同時に撮影し、温度計算モデルとして、二方向および四方向の

干渉像を用いる、楕円モデルおよび二次曲線モデルを提案し、従来の軸対称モデルとの比較を行なった。

これらのモデルは、温度場の分布構造を各方向からの干渉像から決めるものである。従来の軸対称モデルでは、一方の干渉像から温度場を円形と見なす方法である。楕円モデルでは、直角二方向の干渉像から $x$ 、 $y$ 軸上の座標を決め、座標軸間の構造は楕円で表わされるとする方法であり、 $x$ 、 $y$ 軸の座標が等しい場合は円となるので、このモデルは軸対称モデルを含んでいる。二次曲線モデルは、 $x$ 、 $y$ 軸上の座標のほか $45^\circ$ 方向の座標が決められるので、温度場はこれら三点を通る二次曲線で表わされるとする方法である。二次曲線モデルは同様に軸対称モデルおよび楕円モデルを包含している。

バーナ火炎の干渉写真は、4方向を同時に撮影した。温度測定の結果として、バーナ出口近くの軸対称分布からのずれが少ない場合、従来の軸対称モデルより、楕円モデルおよび二次曲線モデルが妥当な結果が得られる。軸対称分布からのずれが大きい場合、正確な測定には4方向干渉像では不足であり、より多くの干渉像を用いるCT(コンピュータ断層撮影法)の必要性が予想される。

レーザ干渉、CT法によるプラズマ計測  
**Interferometric Tomography Measurement of  
 Temperature and Density Fields in an Inductively  
 Coupled Plasma**

佐藤誠四郎、天田重庚、植松 進、千田哲也

平成2年4月

日本鉄鋼協会

鉄鋼協会第119回講演大会講演集

プラズマの温度と密度の三次元空間分布を測定する手法としてレーザ干渉・CT法(断層撮影法)が開発され、その有用性が明かにされている。本報告は、レーザ干渉・CT法を実機プラズマ場に適用するため、化学技術研究所の高周波熱プラズマ装置を対象に、同研究所の計測グループによる発光分光法との同時測定を行なったものである。

測定した高周波誘導プラズマのトーチ部は、外径70mmφ、内径50mmφの水冷式石英製の二重管で、光学的な研磨はされていない。高周波誘導コイルは石英管を3回ラセン状に巻かれ、コイル間を見通せるすき間は約3~4mmである。本報では、CT適用のため4方向マルチプルビーム干渉光学系を予定したが、現場のスペース等の制約から直角二方向の配置とした。干渉法による円筒内プラズマの測定では、円筒の凹レンズの作用によって干渉像の視野が狭くなる。視野を広げるため、物体光として収束光を用いた。光源はHe-Neレーザを、撮影は二重露光法を用いた。石英管による干渉像のゆがみについては、別にスケールを撮影し補正した。干渉測定の際、発光分光法による温度測定との同時測定を行なった。

本実験では、一つの波長の干渉像だけ得られるのでプラズマの中性気体としての温度を求めた。高周波プラズマの干渉写真から、コイルにかくれた部分の干渉縞パターンの推定が可能である。干渉写真は、二つの方向しか得られていないので、CT再構成計算では、円周方向の分布の連続性を仮定し、二方向の中間のデータを補間により8~16方向のデータにして求めた。CT計算には重畳積分法を、フィルター関数は、計算の際発散を防ぐため修正フィルター関数を用いた。この方法では、相対値が求まるので、温度レベルは発光分光法による値に合わせた。CTでは任意断面の温度が求まるので、多数の断面を測定することにより、プラズマ温度の空間分布を求めることができる。

〈材料加工部〉

歪パワースペクトルが疲労寿命に及ぼす影響  
**Power Spectrum Density Effects on Strain  
 Cycling Fatigue life**

高橋一比古、飯田國廣(共著)

平成元年11月

日本造船学会

Naval Architecture and Ocean Engineering Vol. 26

鋼材のランダム疲労寿命に及ぼす歪パワースペクトル密度の影響について、実験的に検討した。歪パワースペクトルのタイプとしては、 $S_1$ (対称形、1ピーク)、 $S_2$ (非対称形、1ピーク)、 $S_3$ (2ピーク)の3種類を用いた。ランダム疲労を定振幅疲労と対応づける場合、ランダム疲労寿命をどの様に表現するかということが重要となるが、本研究においては、代表周波数という概念を導入し、 $N_{f(rep)}$ という表現を新たに定義した。この $N_{f(rep)}$ を用いることにより、対象としたすべての歪パワースペクトル形状について、ランダム疲労寿命を歪r, m, s. 値で整理することができた。同様に、 $N_{f(rep)}$ 、歪r, m, s. 値によって、ランダム疲労試験結果と定振幅疲労試験結果とを対応させたところ、両者の間には良好な一致が見られ、これを利用した寿命推定法TYPE1を提案した。また、平均ヒステリシス・エネルギー $\bar{W}$ を新たに定義した。一定の歪r, m, s. 値に対する $\bar{W}$ の値は、ランダム疲労試験におけるものの方が一定定振幅疲労試験におけるものよりも若干低め(約90%)の値を示した。さらに、 $\bar{W}$ を用いて疲労寿命 $N_{f(rep)}$ を整理すると、ランダム疲労試験、定振幅疲労試験ともにデータは両対数座標上で傾きの等しい右下がりの直線上にそれぞれ位置し、両者の相異は寿命比にして約0.80となった。この結果を用いた寿命推定法を、TYPE2と命名した。提案した2つの寿命推定法を比較すると、TYPE1は適用するのが容易であり、TYPE2は多くの情報を必要とする代わりにより正確な推定を与える。最後に、3種類の波形計数法(レンジ法、ヒステリシス・ループ法、ピーク法)を用いて、マイナー則の検証を行った。結果として、マイナー則の適用にあたっては、歪r, m, s. 値の範囲によって、適切な波形計数法を選択する必要があることが分かった。

レーザー照射によるセラミックスの強度評価  
 Evaluation of Strength of Ceramics by Thermal  
 Shock With Laser Beams  
 (1st report, The Effect of Spot Diameter on  
 Thermal Stress)

(第1報、熱応力に及ぼすスポット径の影響)

秋山 繁、天田重庚

平成2年3月

日本機械学会関西支部第65期定時総会講演会  
 講演概要集No. 904-1

次世代の宇宙、航空及び核融合炉等の開発において、超耐熱材料の開発は不可欠である。これら耐熱材料は、数千度の高温にさらされる苛酷な環境条件下で使用される場合があり、熱的負荷変動時には過渡的な温度場が生じるため、熱衝撃強度特性を評価する必要がある。

最近、セラミックス材料の熱衝撃特性をレーザーパルスを用いて評価しようとする方法が提案された。しかし、レーザー加熱衝撃の熱応力解析を詳細に行った報告はあまり見あたらない。特に、レーザービームのスポット径が照射体に生じる熱応力にどのように影響するかはわかっていない。そのため本報では、セラミックス材料のマコールを取り上げ、有限要素法を用いて非定常温度分布及び準定常弾性熱応力の解析を行い、スポット径と応力との関係について考察を行った。

円柱のセラミックス(マコール)に出力密度、スポット径の異なるレーザーが1秒間照射後、自然空冷される場合を考える。有限要素法により熱伝導解析を行い、得られた温度分布を用いて、弾性熱応力解析を行った。温度は各節点及びガウス積分点、応力はガウス積分点において求められる。ビームモードは一様モードとし、四辺形軸対称要素を用いた。

本研究によって、次の結論を得た。

(1) レーザー照射により生じる半径方向応力及び円周方向応力は、主に圧縮応力となり、ビーム径中心で最大値を取る。

(2) 出力密度一定でスポット径を変化させると、最大圧縮応力は、スポット径の増大につれて急激に上昇し、約20mmのスポット径以上でほぼ一定値となる。

(3) 熱衝撃を受けるセラミックス材料の最大圧縮応力を計算することによって、セラミックス材料が破壊する限界出力密度が推定できる。また、スポット径が小さい領域では出力密度を上昇させないと破壊が生じないと考えられる。

溶 射  
 Thermal Spraying

天田重庚、G. N. ハインツ、植松 進、千田哲也

平成2年3月

セラミックス25巻3号

セラミックスの熱機関への応用の一つの方法としてのプラズマ溶射の現状と将来展望を解説した。

アーク放電により形成されるプラズマジェットにセラミックスの粉末を導入し、溶融した粒子を高速で基材に衝突させ、基材上で急冷凝固・積層させて膜をつくるコーティング法がプラズマ溶射である。したがって、膜は偏平な粒子が重なった層状の構造となり、積層粒子の間に気孔が存在する。

ジェットエンジンの燃焼器ライナーの遮熱コーティングは、セラミック溶射の代表的な成功例である。基材にまず合金をボンドコートとして溶射し、その上にジルコニア系セラミックスをコーティングする。皮膜は、基材上で急冷されたため準安定相となっており、熱サイクルを受けても相変態を起こしにくい。また、皮膜中の気孔は熱伝導率を下げ、熱衝撃強度を増す働きをしている。ディーゼル機関では、遮熱コーティングのほか、耐摩耗コーティングも重要で、 $\text{Cr}_3\text{C}_2$ や $\text{Cr}_2\text{O}_3$ が溶射される。さらに、固体潤滑材の溶射も試みられている。

これまで、どちらかという経験に頼ってきた溶射技術に、ここ数年基礎研究が進み、溶射現象の解明、後処理による皮膜性能の改善、レーザー等の新しい熱源を用いた溶射法の開発、皮膜の強度・機能の評価法の確立等の研究が精力的に行われている。セラミックスの機能と金属の強度面での信頼性を合せ持つセラミック溶射は、傾斜機能材料の有力な製造法でもあり、今後も応用範囲は拡大するであろう。

超音波トモグラフィーによる熱応力評価の一手法  
An Evaluation Method of Thermal Stresses by  
Ultrasonic and Computer Tomography

天田重庚、島田道男

平成2年3月

日本機械学会関西支部第65期定時総会  
講演会

核融合炉、宇宙往環機、断熱機関等の実現のために耐熱材料の開発が重要である。このため、全く新しい概念の材料、すなわち傾斜機能材料なるものが提案された。これは材料の強度を向上させると云うよりは、高温環境下において発生する熱応力を小さくするような組織制御された人工材料である。この材料が創製された場合、材料が目標とした機能を備えているかを検証するため熱応力の評価が必要である。これまでの熱応力の評価法は温度上限が低く、内部の情報しか得られない等の欠点を有する。本研究はこれらの欠点を克服した新しい熱応力評価法について提案し、その基礎的検討を行ったものである。固体に高エネルギーのレーザーパルスを照射すると、この照射点より超音波が発生する。これを用いて超音波が物体中を透過する時間を測定する。一般に、固体中を伝播する超音波の速度 $V$ は、材料の密度 $\rho$ とヤング率 $E$ 、温度 $T$ を用いると、

$$V^2 = C \cdot [E(T) / \rho(T)]$$

にて与えられる。係数 $C$ は物体の幾何形状に依存する。上式は温度によって変化するので、予め温度～速度の関係を求めておけば、速度を測定することにより温度を推定することができる。さらに、コンピューター・トモグラフィーの手法を用いると、物体内の温度分布を構築することができる。この温度データを熱弾性方程式に入れ、数値計算することで熱応力分布を評価できる。ルビーレーザーをアルミナ試料に照射し、試料裏面に石英棒製のバッファローッドを介して超音波信号を受診する実験を行い、高精度にて測定できることを確認した。さらに、400℃まで試料を加熱した状態での伝播速度の測定を行い、本方法の適用可能性の資料を得た。

<装備部>

海底汚泥土中から有害物質の分離  
Separation of Toxic Matters from  
Sea Bottom Sludge.

藤井 忍、山之内博、山口勝治、柴田俊明、長田 修

平成2年4月

日本船用機関学会会誌25巻4号

港湾内底質に含まれている有害物質を、鉱山で用いている浮選技術を応用して分離する目的で行った研究である。その技術が確立できれば、少量の濃度の濃い有害物質を含む汚泥土と、埋め立て可能な泥土とに分けることができるため、公害防止、埋め立て費用等の軽減が期待できる。

本研究では有害物質である、PCBを含む塗料を分離除去する技術の確立を目途とした。

本報告は、その第一報として海水中に含まれる塗料(試験用塗料)を分離する技術について述べている。

実験は、実海水中に塩化ゴム系塗料粉末を粒径250 $\mu\text{m}$ 以下に砕いた試験塗料を馴染ませ、実験用試作浮選機にて浮選分離を行った。

実験は、海水に対する最適薬剤の組合せおよび液のpH値並びに浮選時間による分離性を調べた。

実験結果をまとめると以下の項目となる。

- (1) 最適薬剤の組合せは、Takasa Froth No. 5とオレイン酸ナトリウム或はDBSとオレイン酸ナトリウムである。
- (2) 液のpH値は、6～7程度が最適である。
- (3) 浮選による分離性を向上するためには、薬剤の調整を十分に行うことが重要である。

〈システム技術部〉

船舶交通流におけるマン・マシン・システムの一考察

A Study on Man—Machine System in  
Vessel Traffic Flow

山田一成、有村信夫

平成2年3月

日本航海学会論文集第28号

輻輳海域における船舶の航行安全と運行効率を考察する場合、船舶の運行は船の運動機能と操船者の操船判断機能が密接に結ばれていることに着目すれば、前者をマシン系、後者をマン系の要素と考えることができる。このことから、船舶の交通現象にはマン・マシン・システムの概念が存在すると考えられる。

本論文では、船舶の多様性と操船者の個人差の存在を考慮して、個々の船舶におけるマン・マシン・システムを詳細に分析する方法ではなく、交通現象における巨視的なマン・マシン・システムの考察を試みたものである。即ち、船舶交通流ではマン系の要素がどのような機構で含まれていて、その影響効果をどのようにして把握したら良いかの問題を取り扱っている。

ここでは、マン系の要素とマシン系要素、即ち、操船判断機能と船の運動機能に関する相互作用と船舶交通流に対する影響効果を平均的な量として取り扱うために、このシステムの評価指標には船舶が水路区間を通過する時の通過時間分布を用いた。

はじめに、通過時間分布にはマン系に拘る他船の避航判断に基づく避航領域に関する変数が含まれていることを明らかにした。

次に、避航判断で重要な衝突条件を船舶の位置ベクトル関係の位置共面、速度ベクトル関係の速度共面、最接近時間に関する時間軸とで導き、これらの衝突条件がすべて等価であることを示した。

避航判断の多様性は操船者の航行環境情報の処理機構の相違によるものであるから、操船結果として自船の航跡の長さが異なって通過時間に差が現われると考えられる。この点から、避航判断に必要な航行環境情報を各種の表現方式に変えた場合について、マン系の操作が介在できる船舶交通流の模擬実験を実施し、通過時間分布の評価指標により船舶交通現象におけるマン・マシン・システムの存在を検証した。

〈水海技術部〉

船用プロペラの流力解析におけるパネル法の応用

(特にMorino法における翼後縁条件について)

Application of Panel Method to Hydrodynamic  
Analysis of a Marine Propeller—Especially on the  
Kutta Condition in the Morino's Panel Method—

小山鴻一

平成2年2月

P-SC 130 流体工学における特異点法に関する研究分  
科会成果報告書

船用プロペラの技術的な諸問題を検討するとき、プロペラが流体から受ける力学的性質をできる限り正確にとらえておくことが必要である。そのためにはプロペラの流体力学的特性の解析法が完備されている必要があり、船用プロペラの流力特性の解析法の精密化に関する研究が連綿と続けられてきた。船用プロペラは、その機能が航空機の翼と似ているため、翼理論の応用が可能で、今日では揚力面理論の適用が中心的である。

解析法の精密化の観点からの次のステップの実用的手法としては、翼の厚みを正確に考慮した揚力面理論を前提においたパネル法の数値計算の応用が有望である。

本論においては、3種類のパネル法の数値計算を直進3次元翼に対して行い、それらの方法の比較検討を行った。それらの中にはポテンシャル場に基づく解析法と速度場に基づく解析法が含まれている。後者の方法は翼面上の速度そのものを未知数にするので計算精度は高い。

次に、翼後縁のKuttaの流出条件について、ポテンシャル場に基づく解析法と、速度場に基づく解析法の場合とで、条件の与え方の異なることを検討した。

ポテンシャル場の方法においては、翼後縁条件式を導入した境界積分方程式をそのまま連立一次方程式に変換すれば計算でき都合が良いが、理論的に不明瞭なところがある。それを検討して理論的根拠を明らかにした。

一方速度場を扱う方法では、翼後縁条件導入により、未知数の数に対して条件式の数が多くなり、最小自乗法等を用いた計算が必要となり、計算が複雑化、長時間化することが分かった。

最後に、プロペラ翼への応用計算の試みを示した。

Morino法における翼後縁条件に対する一考察  
A Study on the Kutta Condition in the Morino's  
Panel Method

小山鴻一

平成2年2月

流体工学における特異点法に関する研究英文論文集

揚力体のまわりのポテンシャル流場を数値的に解析する方法として広く使われている方法にパネル法がある。その1つにMorinoによって提案された方法があり、既に広く応用され、舶用プロペラの計算にも応用され始めている。しかし、その方法における翼後縁条件の与え方の根拠は必ずしも明解でなく、議論の余地が無いとは言えない。翼後縁条件いわゆるKutta Conditionは、翼の尖った後縁における流れに対する条件であるが、翼のまわりの全体の流れを支配する重要な条件である。この条件の与え方としては計算方法によって様々な形がとられている。Morino法においては、流場境界のポテンシャル値を未知数にとって計算するので、翼後縁条件もポテンシャルの値について与えられる。その条件式が必要条件になっていることは容易に理解できるが、十分条件になっているか否かに関しては必ずしも明解でない。

本文においては、翼後縁条件について一般的に考察し、Morino法の条件式を検討した。その結果、その条件式は、離散化された数値計算式として、翼後縁部が薄い場合に限って、十分条件になっていることが明らかになった。更に、翼後縁部が薄くない場合にも適用可能な新しい翼後縁条件式を導き、それが容易に数値計算法に導入できることも、数値計算で示した。

〈大阪支所〉

FRP船の廃船処理と人工魚礁としての  
再利用について  
On the Disposal Technique of Scrapped FRP Boats  
and Reutilization Method for Artificialreef

吹上紀夫

平成2年1月

プラスチック加工技術協会

プラスチック加工技術

FRP材は比強度、耐食性、成形性に優れているため、小型漁船に多く用いられるようになり、昭和63年のFRP漁船の在籍数をみると約30万隻あり、木船の約3倍となった。この内、廃船として多く出現している25トン未満クラスの割合は92.4%である。又、所有者(船主)の代替意識をみると、5トン未満の所有者は僅か3、4年で代替を考え、最も大きい100トンクラスでも10年程度で代替を考えている。

一方、劣化或いは不要になったこれらFRP船の廃棄処理方法については十分解明されていない部分が多く、不法に投棄されているのが現状である。

これらについて、これまで報告されてきた参考文献をもとに、処理方法及び有効利用方法を検討してみると、効率の良い切断方法の一つとして爆薬を使用する方法があり、有効利用方法の一つとして、船体の構造性を生かした人工魚礁に再利用する方法がある。

爆薬による切断方法は爆薬の使用場所が規制され手軽に使用できないため、ローボート等小型成形品には不向きであるが、大型の船体や、魚礁とするために必要な開口部の切断には最適であることが判明している。

有効利用方法としては、乾留法による再生、粉碎して燃料とする方法などがあるが、いずれも有効利用するために更に燃料を必要とすること、乾留法による回収率や燃焼ガスの処理方法等まだ時期尚早の感がある。又、船体という構造性を生かした人工魚礁化は再利用のためのエネルギーが僅かであり、沈設した時の蛸集効果の高いこと等、効果の多い有効利用方法であることが、伊豆半島西岸で沈設された例で実証されている。

これらのことから、造船所で生れたFRP船が漁業者に使用され、使用後は漁業者に有益な漁場拡大に利用されるという生産サイクルができることがわかった。

蒸気流中の冷水注入に伴うウォーターハンマの防止策  
Preventive Measures of the Waterhammer Induced by Injection of Cold Water into Steam Flow

綾 威雄、村田裕幸、山根健次、成合英樹

平成2年4月

日本原子力学会「1990年年会」予稿集

管内を流れる蒸気流中への冷水注入に伴う流動振動は、加圧水型炉の一時系配管破断といった重大事故時に緊急炉心冷却(ECC)水を注入する際に現れる現象であり、コールドレグ流動振動と呼ばれている。コールドレグ流動振動に伴うウォーターハンマは、凝縮起因の特徴としてピーク圧力が極めて高いため、軽水炉の事故時の健全性確保にとって解決すべき重要な現象と言える。

注入量に対し蒸気流量が大きい領域では流動振動が起こってもウォーターハンマが生じないか、流動振動そのものが起こらないので、注入量と蒸気流量がコントロールできる場合には、ウォーターハンマの発生しない領域を流動振動Mapから求めることができる。

また、コールドレグ流動振動中のウォーターハンマは水平或いは水平に近い管内で水スラグと水柱に挟まれた蒸気ボイドが急速に凝縮消滅することにより生じるので、このようなウォーターハンマを防止するには、水スラグの形成を妨げる以下の方法が効果的である。

- (1) 注水のサブクール度をある一定値以下にすると、凝縮速度が低下し、水スラグが形成されない。
- (2) 流動振動周期は上流の蒸気空間容積の $1/2 \sim 1/3$ 乗に比例するので、その容積を小さくすると、流動振動周期が短くなり、水スラグが形成される時間の余裕がなくなる。
- (3) 下流の流動抵抗を大きくすると、ウォーターハンマをもたらす一次元的な流動振動そのものを抑制できる。

(4) 水平管を $20^\circ$ 以上の下り傾斜とすると、重力が層状部の発達を妨げ、水スラグが形成されなくなる。

なお、ウォーターハンマ発生領域は注水方法(ノズルの形状や注水方向)の影響を受けるものの、注水方法の変更によりウォーターハンマを防止するまでには至らなかった。

〈東海支所〉

7-50 keVのX線に対する $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ TLDの応答特性  
Response Characteristics of  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ TLD for  
7-50 keV X-Ray

成山展照、田中俊一、平山英夫、伴 秀一、中島 宏、吉澤道夫

平成2年4月

日本原子力学会「1990年年会」予稿集

$\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ TLD(熱蛍光線量計)は50 keV以上の $\gamma$ (X)線の個人線量計として現在広く用いられている。本実験ではより低エネルギー領域での適用性を検討するため、放射光からの7~50 keVの単色エネルギーのX線を用いてTLDの基本特性であるエネルギー応答特性、線量依存性、繰り返し特性を調べた。

実験は高エネルギー物理学研究所の放射光実験施設にて行った。照射線量のモニターには予め全吸収熱量計との相関を取った自由空気電離箱を用い、その中心から後方38 cmの位置でTLDを照射した。用いたTLDは厚さ約80  $\mu\text{m}$ のポリミドフィルム上に平均粒径60  $\mu\text{m}$ の $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (Cu)蛍光体をほぼ1層付着させたものであるが、低エネルギーX線のため樹脂ケース等是用いていない。空気中でのエネルギーレスポンスは $E=7, 10, 15, 20, 30, 35, 50$  keVの7エネルギーで測定した。その結果レスポンスは50 keVから減少し始め、20 keV以下で一定となることが明らかになった。Cavity理論に基づく計算結果は低エネルギー領域でLarge-Cavity理論に基づく結果に一致しており20 keV以下で実験値をよく再現していた。なおtissue中でのエネルギーレスポンス計算結果は全エネルギーにわたってほぼ一定となっており50 keV以下でも線量計として期待できることがわかった。線量依存性は10 keVのエネルギーで実験を行った結果3R~40 kRの線量域で直線性を有することが明らかとなり大強度X線である放射光の線量測定にも使用できることが確認された。繰り返し特性では1 kRの照射を10回繰り返したが感度に変化は見られなかった。