

火花放電光による透過コースティックス像の鮮鋭度に関する検討

木戸, 守

九州大学大学院総合理工学研究科 : 修士課程

佐藤, 一石

九州大学大学院総合理工学研究科 : 修士課程

高橋, 清

九州大学大学院総合理工学研究科 : 教授

<https://doi.org/10.15017/4743923>

出版情報 : 應用力學研究所所報. 70, pp.1-8, 1990-09. 九州大学応用力学研究所
バージョン :
権利関係 :



寄 書

火花放電光による透過コースティックス像の
鮮鋭度に関する検討木 戸 守* 佐 藤 一 石*
高 橋 清†

概 要

応用弾性学部門において以前に開発された高速度カメラ (RIAM-MC 2型) により撮影されるコースティックス像の鮮鋭度を上げるための、コストパフォーマンスの良い改善策を探るための研究を行った。像の鮮鋭度が低下する原因としては、放電ギャップが厳密な意味での点光源ではないこと、放電光が単色光でないこと、などが考えられる。これらに対する対策を検討した。その結果ピンホール及びフィルターの装着の両者とも効果的であるが、コストパフォーマンスの点でピンホールの装着のほうが優れていることが分かった。

1. は じ め に

応用弾性学部門においては高速度現象の研究のために現象速度に追隨して撮影速度を変えられる高速度カメラ (RIAM-MC 2 型) が開発されている¹⁾²⁾。これは図1に示すように30個の光源用放電ギャップと同数個のレンズを備えており、放電ギャップから発せられた光は凹面鏡により反射集光され、各ギャ

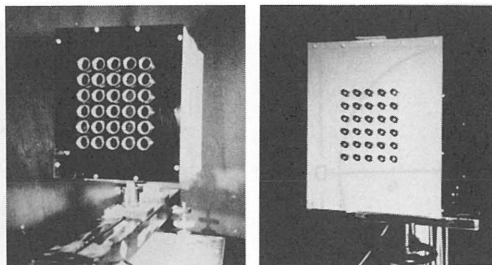


図 1 RIAM-MC2 型のカメラボックス及びスパーキット

*九州大学大学院総合理工学研究科修士課程

†九州大学教授, 応用力学研究所

ップに1対1に対応する特定のレンズに焦点を結ぶ。このカメラをフラクチャーシャドウグラフィー（コースティックス法）に用いる場合、光源の点光源性が分解能に直接関係する³⁾。これまでの装置で撮影されたコースティックス像の鮮鋭度は定量的解析には十分になうほどのものではあったが、本研究ではこの鮮鋭度を増すための改良を試みた。その結果について以下に報告する。

2. コースティックス法の原理

図2のようにき裂の入った透明材料に負荷をかけると、き裂先端近傍での応力の集中により、この部分での試験片の厚さと屈折率が変化する。ここに光を入射すると、入射光の光路程に変化が生じ、光が屈折させられて光の集中する部分（コースティックス曲線）と影の部分（影点）が生じる⁴⁾。このコー

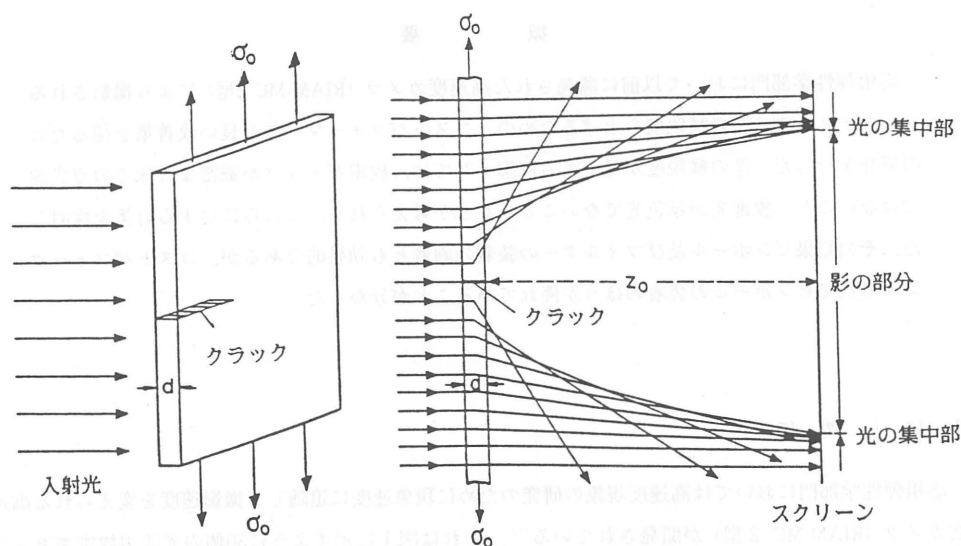


図 2 コースティックス法の原理³⁾

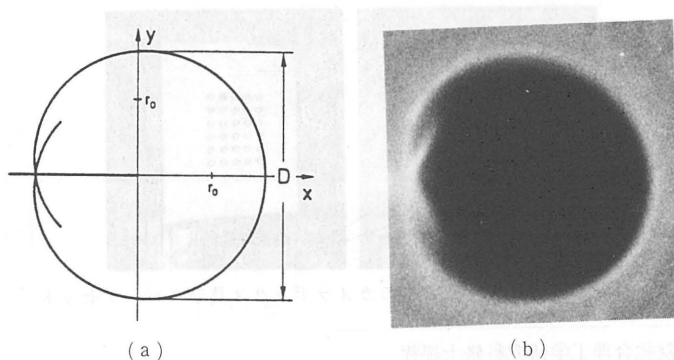


図 3 (a) コースティックス曲線 (b) コースティックス像

コースティックス曲線の縦方向の直径より応力拡大係数を求めることができるので、高速度撮影技術との併用により動的な破壊過程の定量的な研究が可能となる。理論的にはコースティックス曲線は図3(a)のようなシャープな曲線となるが、実際に上記の高速度カメラで得られる写真は図3(b)のようにややぼやけた像となり、直径の正確な測定に当たっては問題になることがある。このように像の鮮鋭度が低下する原因としては、放電ギャップが厳密な意味での点光源ではないこと、放電光が単色光でないために試料中での屈折率の違いにより光路にばらつきが生じること、などが原理的には考えられる。今回の実験では、1、放電ギャップを小さくする 2、放電ギャップの前にピンホールを置いて光源をなるべく点光源に近くする 3、放電光をフィルターを通して単色化するという3つの項目についてその効果を吟味した。

3. 実 験

今回用いた光学系を図4に示す。ここで曲率半径4mの凹面鏡、ギャップ間隔を変えることのできる火花放電電極対、高電圧電源、片側にき裂の入った厚さ10mmのポリメチルメタクリレート (PMMA) 試料板、300mm望遠レンズ付カメラ、直径0.8mmのピンホール板等が用いられている。火花放電電極対は図5に示すように先端をとがらせた直径2mmの2本のタングステン棒からなり、それらの間隔が可変となるようにした。ピンホール板は厚さ0.5mmの白色プラスチック板に直径0.8mmの穴をあけたもので、火花放電電極対の直前に取り付けた。フィルターは透過中心波長500.5nm, 最大透過率82%, 半値幅20nmの干渉フィルター (日本真空光学(株), BPF-3) を使用し、火花放電電極対の30mm前方に取り付けた (図5参照)。実験は暗室中でカメラのシャッターを開放にし、35mm白黒フィルム (ネオパン SS) 1

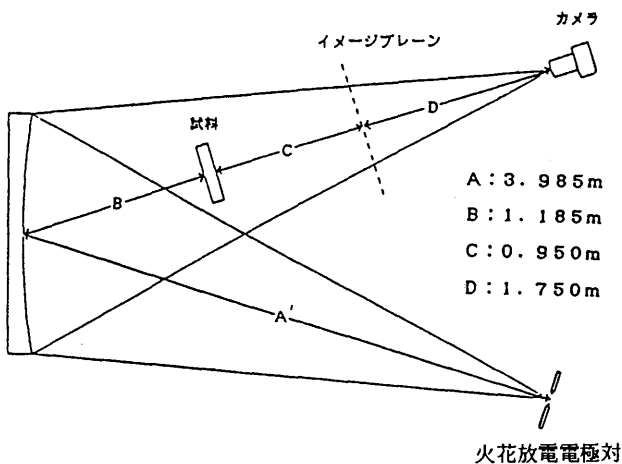


図 4 光学系の配置

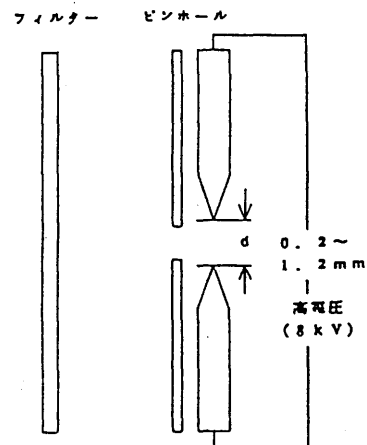


図 5 火花放電電極対とピンホール及びフィルターの配置

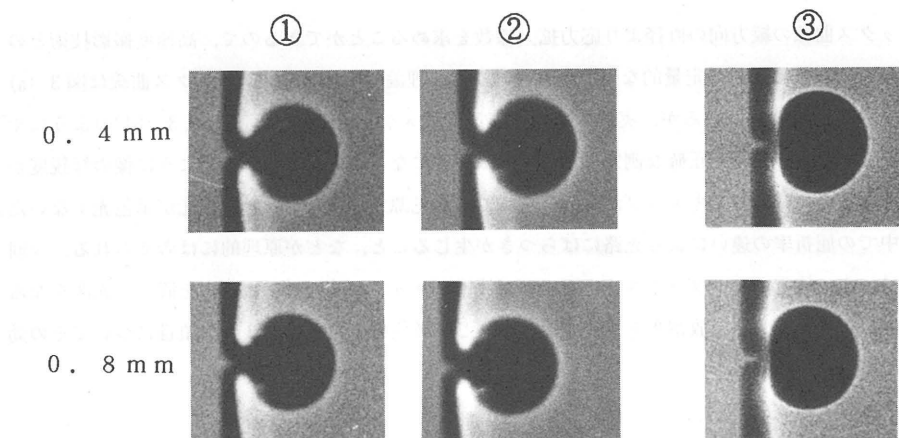


図 6 コースティックス像の写真

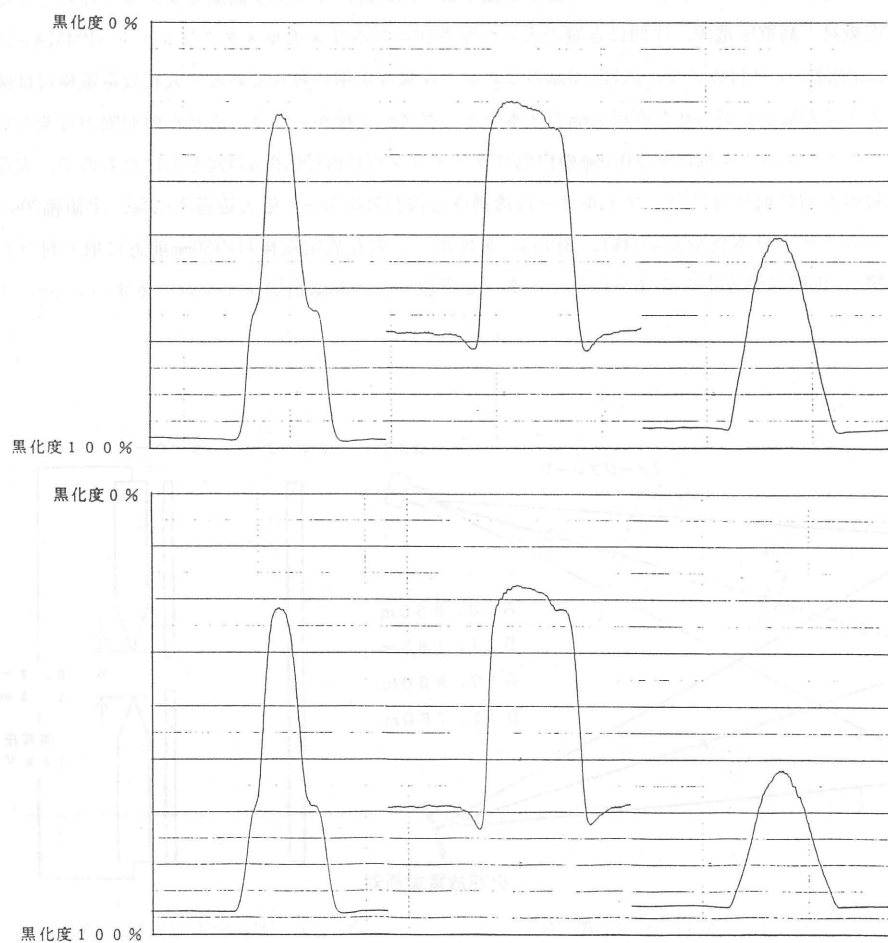


図 7 コースティックス像の黒化度のグラフ

コマにつき火花放電1回で下記の条件でコースティックス像を撮影した。

- ①ピンホール、フィルター共に用いない。②フィルターのみを用いる。③ピンホールのみを用いる。④ピンホール、フィルター共に用いる。

ただし、それぞれの場合についてギャップ間隔を0.2mmから1.2mmまで変化させた。

4. 結果と考察

図6に①～③の実験により得られたコースティックス像を示す。また図7に対応するネガフィルムをフォトデンシドメーターにかけて、コースティックス像の縦直径方向にスキャンして像の黒化度を測定したグラフを示す。縦軸には黒化度を示しており原点が黒化度100%の点である。図6より、ピンホールをつけたグループ(③)は付けていないグループ(①②)に比べて鮮鋭度がよいことがわかる。また、ギャップ間隔が0.4mmの場合と0.8mmの場合を比較するとピンホール無しの場合には鮮鋭度の差はほとんど見られないのに対して、ピンホール有りの場合には0.4mmの方が鮮鋭度が良いようである。フィルターを付けたグループ(②)は付けていないグループ(①)にくらべて鮮鋭度が若干良いことが分かる。図7を見ると、フィルターをつけたグループはコースティックス曲線(光の集中部)がはっきりしており、黒化度最大の点からのグラフの立ち上がりも急であることがわかる。これは光を単色化しているの

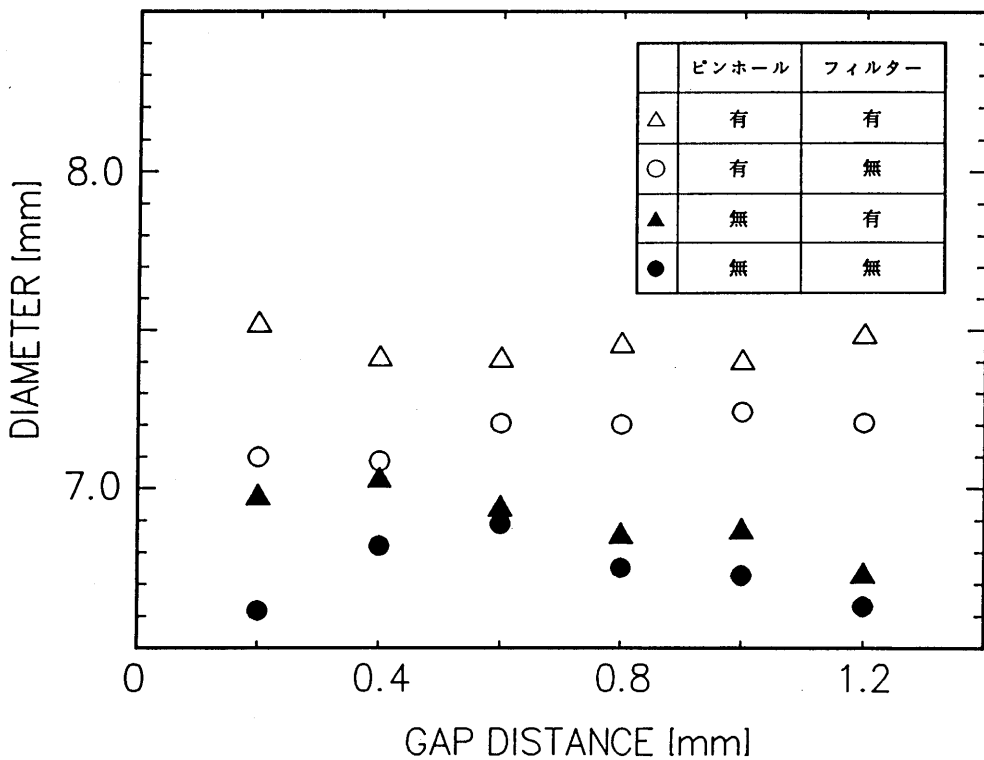


図 8 (a) 目視によるコースティックス像の直径

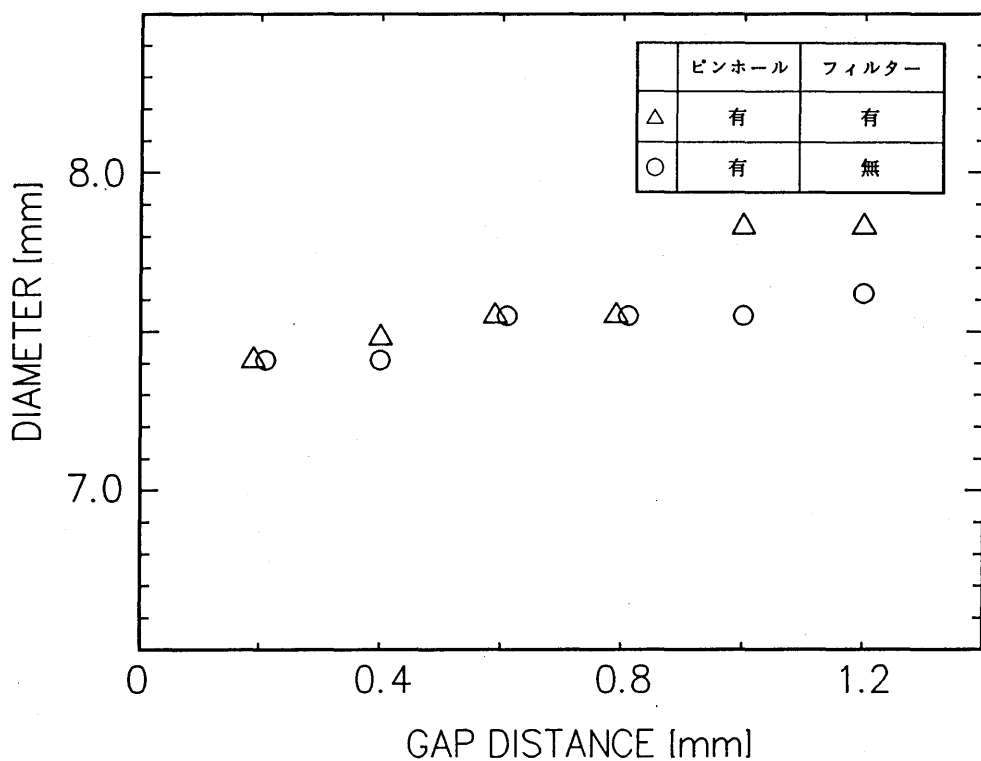


図 8 (b) フォトデンシドメトリーの結果より求めた像の直径

で屈折率の違いにより影点内に入る光がなくなるためであると考えられる。またピンホールをつけたグループの影点の黒化度がギャップ間隔が大きくなるにつれて小さくなることからわかる。この理由としては光がピンホールを通過する際にピンホールの内壁で乱反射されることが考えられる。また、このグループでギャップ間隔0.4mmの時にはコースティックス曲線をつくる光の集中箇所が判別できるのに対して、ギャップ間隔0.8mmの時には判別できないことがわかる。

図8(a)には、ネガフィルムを拡大投影してコースティックス曲線のイメージプレーン上での直径を目視により測定した結果を示す。一方、図8(b)には図7のフォトデンシドメトリーの結果より求めたコースティックス曲線の直径を示す。図8(a)よりピンホールをつけてないグループの直径には、ギャップ間隔に対して右下がりの傾向がみられる。この傾向は放電ギャップが点光源でなくなることにより、光路にばらつきが生じるために影点に入ってくる光をコースティックス曲線として見てしまうためであると考えられる。ここで、ギャップ間隔0.2mmのときの値(●)が小さくなっているが、これはギャップが小さくなると光量が少なくなり目視したときのコントラストが落ちてくるために測定誤差が増す傾向にあるが、その影響による測定のばらつきに起因したものと考えられる。また、ピンホール有りのグループ(△, ○)の方がピンホール無しのグループ(▲, ●)より直径が大きくなっている。これは火

火花放電による発光は放電によって回りの空気が励起されて起こるのであるが⁵⁾、この発光部分がギャップ間隔より大きくなっていることが考えられる。従ってピンホールをつけることにより光源がより点光源に近くなるために影点内に入ってくる光が少なくなるためであろう。また、ピンホール有りのグループでフィルター有り (Δ) の方が無し ($\bigcirc$) に比べて直径が大きくなっている。これは、同じ大きさの光源から出た光でも、光を単色化したために屈折率の違いによって影点に入ってくる光がなくなったためであると考えられる。

図 8 (b) より Δ と $\bigcirc$ の値はギャップ間隔に対して右上がりの傾向がみられるが測定誤差を考慮するとほぼ一定の傾向を示すと言える。また、ギャップ間隔が 0.8mm 以下に比べて、0.8mm より大きい場合は Δ と $\bigcirc$ の値にかなりの差が見られる。これは光がピンホールを通過する際にピンホールの内壁で乱反射さ

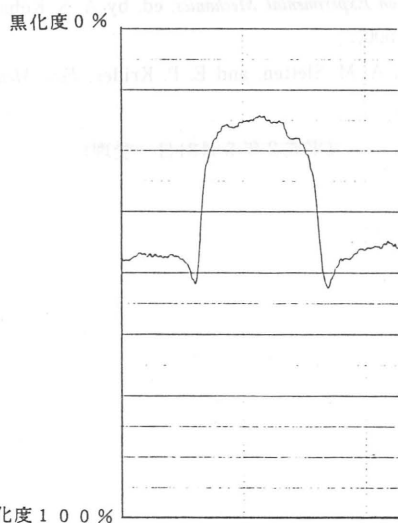
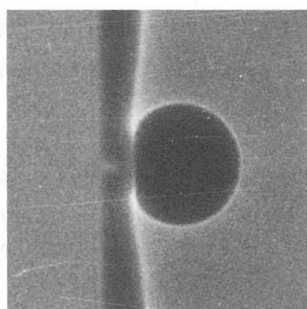


図 9 ピンホールとフィルターを併用したときのコースティックス像の写真とその黒化度のグラフ

れるため、コースティックス曲線を表す黒化度最大の点を区別することが困難なためと考えられる。ここで指摘されるべきことは図8(b)の△、○と図8(a)の△の値がほぼ一致していることである。

これらの結果よりコースティックス像の鮮鋭度を上げるためには、ギャップ間隔を小さくし、ピンホールとフィルターを併用するのが理想的であることがいえる。ちなみに図9にピンホールとフィルターを併用して、ギャップ間隔を小さくした場合のコースティックス像の例とフォトデンシドメーターより得られたコースティックス像の縦直径方向の黒化度変化を測定した図を示す。しかしながら、ネガフィルムを拡大投影してコースティックス曲線の直径を目視により測定する場合、フィルターを付けると光量が不足してネガが露光不足となりかえって測定しにくくなるという理由の他にフィルターの装着がかなりのコストを要するために、当面は、ピンホールの装着にとどめ、フィルターは付けないことにした。

謝 辞

今回の実験に際して馬田俊男技官及び桜田泰弘助手の助力を得た。また、エネルギー変換工学専攻の内野喜一郎助教授からは文献5)についてご教示を得た。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 高橋 清, 馬田俊雄: 九州大学応用力学研究所所報, No. 64 (1987) 13.
- 2) K. Takahashi and T. Mada, *Proc. Int. Conf. Impact Loading and Dynamic Behavior of Materials*. Vol. 1, ed. by C. Y. Chiem, H. -D. Kunze and L. W. Meyer (1988, DGM Informations Gesellschaft Verlag, Oberursel) pp. 205-210.
- 3) 清水紘治, 高橋 賞: 日本非破壊検査協会第4分科会資料, No. 4633 (1983)
- 4) J. F. Kalthoff, in *Handbook on Experimental Mechanics*, ed. by A. S. Kobayashi, (Prentice-Hall, INC, Englewood Cliffs, 1987) pp. 430-500.
- 5) M. A. Uman, R. E. Orville, A. M. Sletten, and E. P. Krider, *Four-Meter Sparks in Air*, *Journal of Applied Physics*, **39** (1968) 5162.

(平成2年5月31日 受理)