

実施課題番号：2003B0724-NI-np-TU

実施課題名：高輝度 X 線イメージングを用いたカミソリ刃による髭切断現象の微視的解析

実験責任者所属機関及び氏名：松下電工株式会社 電器 R&D センター 濱田 糾

共同研究者：松下電工株式会社 電器 R&D センター 佐近茂俊

(財) 高輝度光科学研究センター 放射光研究所 梶原賢太郎

(財) 高輝度光科学研究センター 放射光研究所 梅咲則正

使用ビームライン：BL19B2

実験結果：

目的：

カミソリによるヒゲ切断については、数十年前から安全カミソリメーカー等により様々な角度から研究がなされているが、ヒゲ切断メカニズムの詳細を解明するため外部からの可視化を試み、高速度撮影や電子顕微鏡を使用して一定の成果が挙げられているが、切断時のヒゲの内部現象を時系列で観察した例は少ない。

これまでカミソリによるヒゲ切断現象を電子顕微鏡や高速度カメラで観察した結果から、カミソリの刃先がヒゲに切り込んだときにヒゲは一瞬にして切断されることがわかっている。したがって、刃がヒゲに切り込んだ状態でヒゲの切り口先端がある応力状態になったときヒゲがクラックの伝播により切断されると推定している。

本申請の実験によりクラックの伝播および応力分布を解明することで、従来解明されていないカミソリによるヒゲ切断メカニズムの根本原理を明らかにしたい。

これは新たな視点からの革新的な刃物商品を開発するための基礎になると考える。

本研究の目的はカミソリによるヒゲの切断の微視的メカニズムを解明することである。

そのために静的切断条件下でカミソリ刃がヒゲ内部に切り込んだ場合に発生すると推定されるヒゲ内部のクラックの存在確認と挙動の観察およびその瞬間のヒゲ内部の応力分布の観察したいが、電子顕微鏡による観察はヒゲの表面に現れたクラックの一部分の観察であり、ヒゲの切断メカニズムの解明にはヒゲ内部のクラックの挙動を観察する必要がある。

その第一段階として、今回の実験により測定の可否を検討する。

実験：

観察したいクラックは数 μ mより小さいオーダーのものである。このようなクラックの観察には X 線屈折イメージングが最適であり、市販の X 線源は強度が低い場合現実的な時間での屈折イメージングは放射光以外に考えられない。高い空間分解能での観察には一般的に小さな光源および光源から試料までの十分な距離もしくは高い平行度の X 線が必要であり、放射光が適している。また微小領域の観察のためには輝度が高いことの方が望ましく本実験には高輝度の SPring-8 のビームライン BL19B2 の X 線を用いるのが最適と考えた。

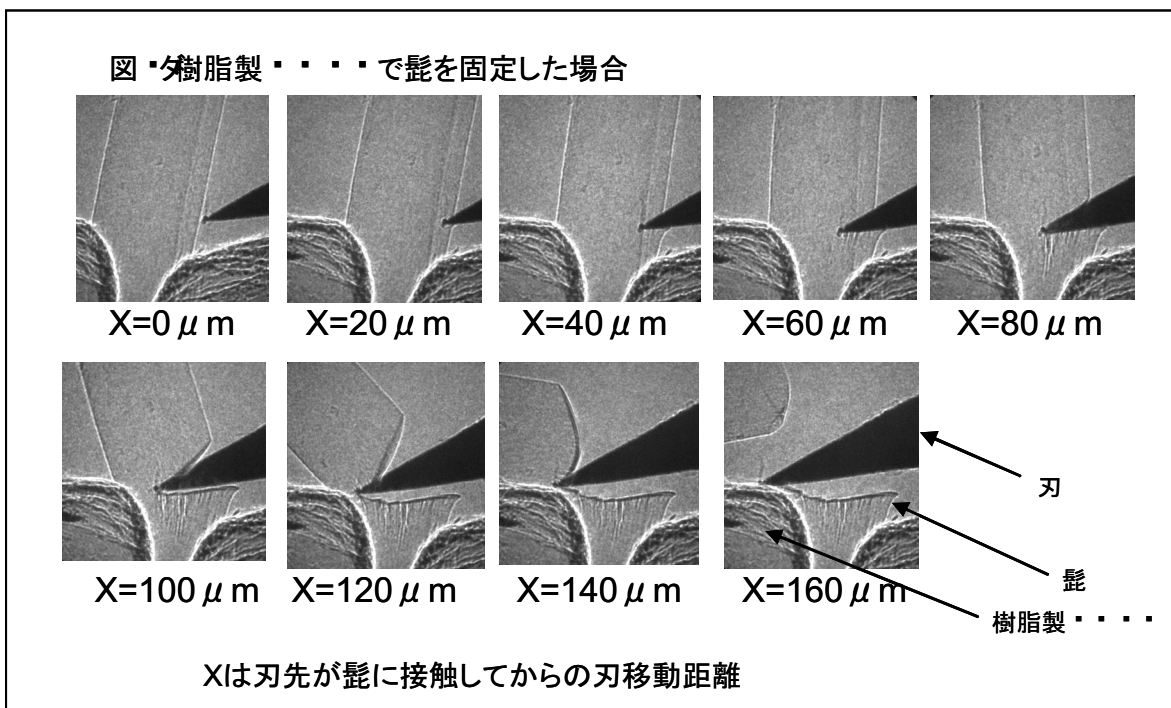
治具で固定した髭に自動ステージを用いて剃刀を 20 μ m ステップで挿入する。各ステップごとの X 線透過像を X 線カメラで記録し、X 線透過像からクラックと密度差を観察する。髭切断時の刃先先端にあると推定している髭内部のクラックの大きさは数 μ mより小さい

オーダーのものである。したがって、観察には分解能が $1\mu\text{m}$ 程度のCCDカメラおよびズームリング管より構成されたX線カメラを用いた。

髭内部の応力分布を観察は髭切断時に髭内部に発生するひずみによって生じる密度差に起因するX線透過像の吸収コントラストもしくは極端なひずみの偏在による屈折コントラストにより行った。予備実験より髭内部と単刃が最も鮮明に見える 15keV のエネルギーで行った。

結果：

樹脂ホルダーで固定した髭を先端刃先 30° の剃刀で切断した場合の刃先が髭に接触してから髭が完全に切断されるまでの透過X線像を図1に示す。



刃を $80\mu\text{m}$ 移動させた場合の刃先近傍の拡大像(図1の $X=80\mu\text{m}$)を図2に示す。

図1の連続像から刃先が髭に切り込んだ初期にはなかった筋状の濃淡差が刃先が $40\mu\text{m}$ 以上移動した(刃先が $30\mu\text{m}$ 程切り込んだ)以降に発生しているのがわかる。

図2から刃先先端のクラックの存在を確認することはできなかったが、刃先の逃げ面側に髭の繊維方向にはっきりした筋状の濃淡差(a)が見られる。これは髭の繊維が避けたのか応力状態の変化を反映する密度さの現われのどちらかと考える。

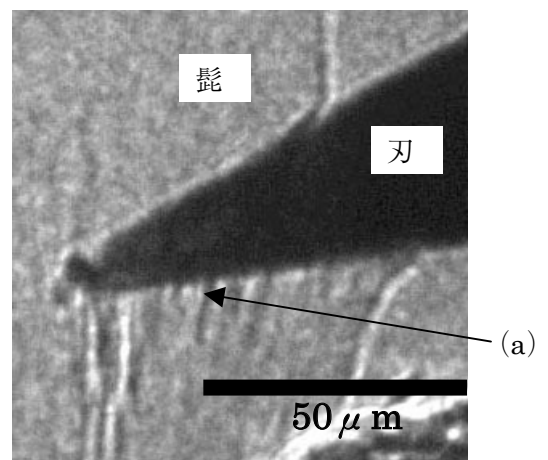
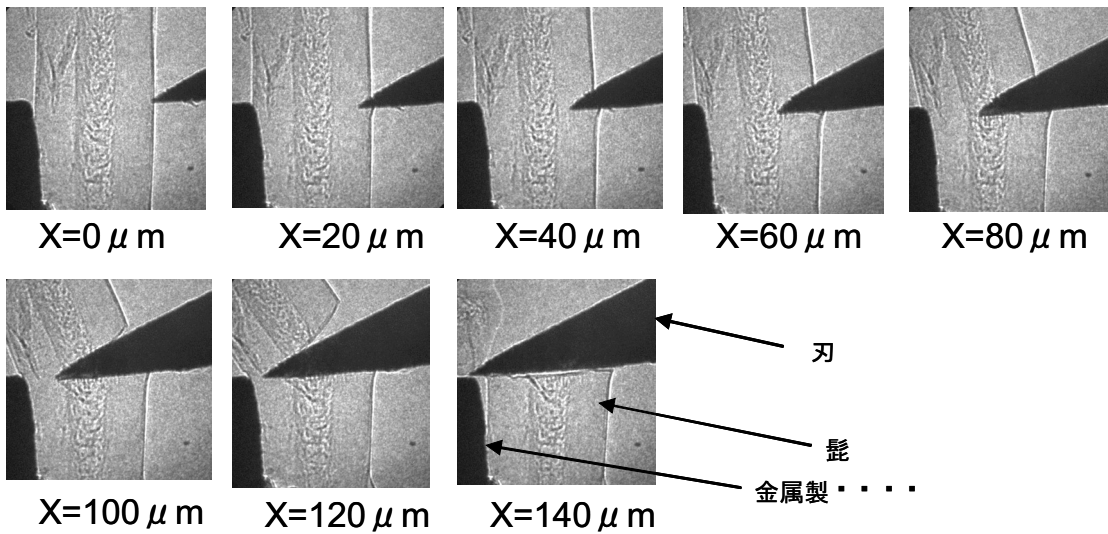


図2

図・金属製・・・で髭を固定した場合



Xは刃先が髭に接触してからの刃移動距離

金属ホルダーで固定した髭を先端刃先 30° の剃刀で切断した場合の刃先が髭に接触してから髭が完全に切断されるまでの透過 X 線像を図 3 に示す。 刃先が髭に接触した瞬間の刃

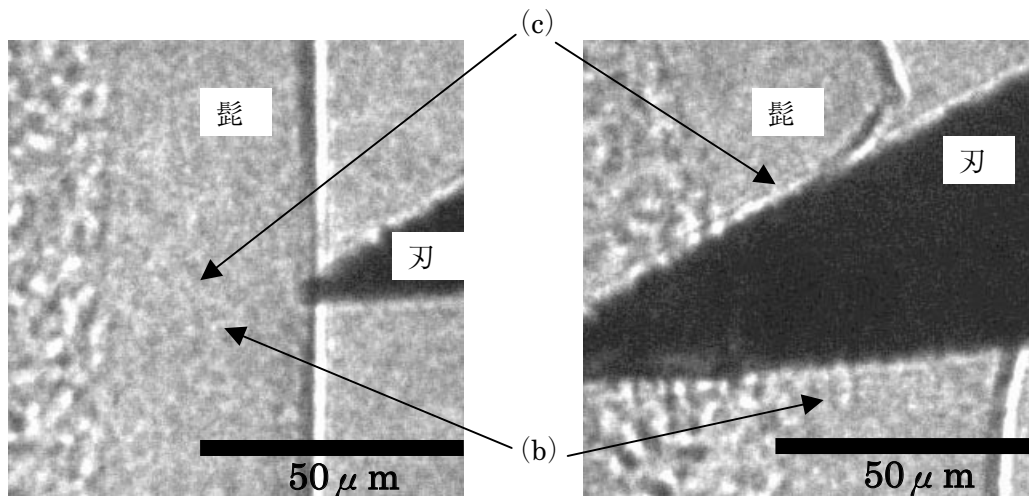


図 4

図 5

先近傍の拡大像を図 4、80 μm 移動させた場合の刃先近傍の拡大像を図 5 に示す。

図 4 においては図 2 のような濃淡差は全く観察されないが、図 5 では刃の逃げ面側 (b) だけでなくすくい面側 (c) にも図 2 の場合よりも薄い僅かな濃淡差が見られる。

この濃淡差は切断の進行にともない髭内部に発生するひずみによって生じる密度差に起因する X 線透過像の吸収コントラストもしくは屈折コントラストのと推定する。しかし当初考えたような髭内部の応力状態の変化を反映する密度差であると断定するには検討が不十分である。

以上の結果から髭切断時の微細な破壊または応力状態の変化を検出することが原理的に測

定可能と考えるが、測定精度が不十分と考える。したがって、今後は刃先先端のクラックの存在および上記の筋状の濃淡差揺の正体と挙動を明確にするため透過 X 線像の解像度および高速応答性を向上させて再検討したい。