

高輝度X線イメージングによるヒゲ切断観察

松下電工(株) 佐近茂俊, 濱田 糾

当社は健康器具以外に男性・女性向けのシェーバーやバリカン開発に長年携ってきており、美容という観点からヘルスケア商品を提供しています。特に、日常使用する道具としてカミソリには多くの種類があり、『剃り味』、『肌への優しさ』、『清潔さ』などこだわりの商品です。

『剃り味』を決める要因は多数ありかつ複雑ですが、基本はヒゲ切断の瞬間をどのように感じるかです。“よく研いだ鋭角な刃で肌を切らずにヒゲだけをフェザータッチで一気に剃り落とすこと”と考えています。シェーバーでこれを実現すべくベーシックな研究開発を続けていますが、ヒゲ切断プロセスを可視化することによる現象の正確な把握が大きな課題です。これまで、高速度カメラや走査電顕内でのその場切断観察で外観観察しておりますが、内部組織については全く知見がありませんでした。今回、SPring-8の高輝度かつ高平行度光を用いてヒゲ内部組織切断の可視化を初めて試みました。

図1は、SEM内でのヒゲ切断観察の結果です。刃先角度が 60° から 20° と鋭角になるにつれヒゲの倒れ方や切断面の形状が変化します。当然のことですが、安全カミソリ(刃先先端角度: 20°)のような鋭角な刃では切断面がヒゲにほぼ垂直となり一気に短く剃れることが明確にわかります。刃先角度が 60° では切断時にヒゲが倒れ引き裂くことになりヒゲを肌から引き出す応力が加わり痛みを感じます。

ヒゲ切断がスムーズに行われているかどうかは切断抵抗からも評価できますが、刃先先端での亀裂進展がどのように行われるかその観察結果の一例を図2に示します。図中右下の写真(低倍率)の枠印内を拡大したものです。ヒゲ表面層のキューティクルが剥離しているだけでなく、刃先先端前方のキューティクル層に微小クラックが観察されます。刃先先端で微小な亀裂源を発生させ、刃が押し広げで亀裂伝播させヒゲを切断しているように考えられます。キューティクルはおおよそ $5\mu\text{m}$ の厚さで金属銅くらいの硬さがありますが内部のケラチン組織は硬さはその $1/10$ で極めて軟らかく亀裂伝播という考え方が正しいか検証する必要が生じました。

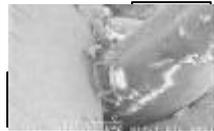
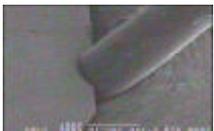
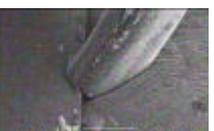
刃先角 ($^\circ$)	第1段階	第2段階	第3段階	髭切断面
60				異常切断
40				
20				

図1 ヒゲ静的切断時の挙動 (刃の移動速度: $10\mu\text{m/s}$)

以上をベースに、高輝度・高平行度光を用いてヒゲ内部組織切断の可視化（X線イメージング像撮影）を行いました。図3に、刃を移動・停止・撮影を繰り返した結果を示します。前述の刃先先端での亀裂発生および伝播に伴う密度差や歪による明確なコントラストは観察されませんが、ヒゲの繊維状組織に平行な亀裂と思われるコントラストが観察されます。刃を形成する傾斜面から圧縮力を受ける側には無く、引張り力を受ける側に多数有り切断完了後も残存しています。ヒゲの切断は、生体組織としてのケラチン組織の状態に依存すると考えられ実験構想中です。

高輝度光科学研究センターの梶原研究員殿、梅咲首席研究員・コーディネータ殿には多方面にわたりご指導いただきここに深く感謝いたします。

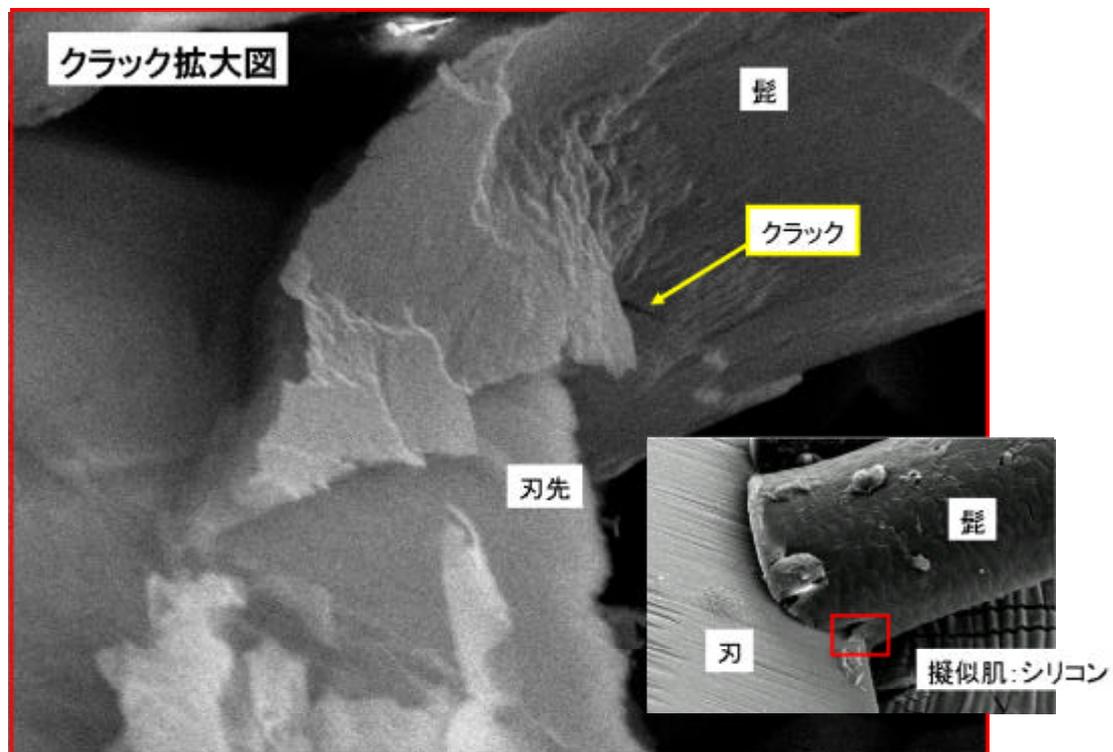


図2 ヒゲ静的切断時の微小クラック (刃の移動速度:10 $\mu\text{m/s}$)

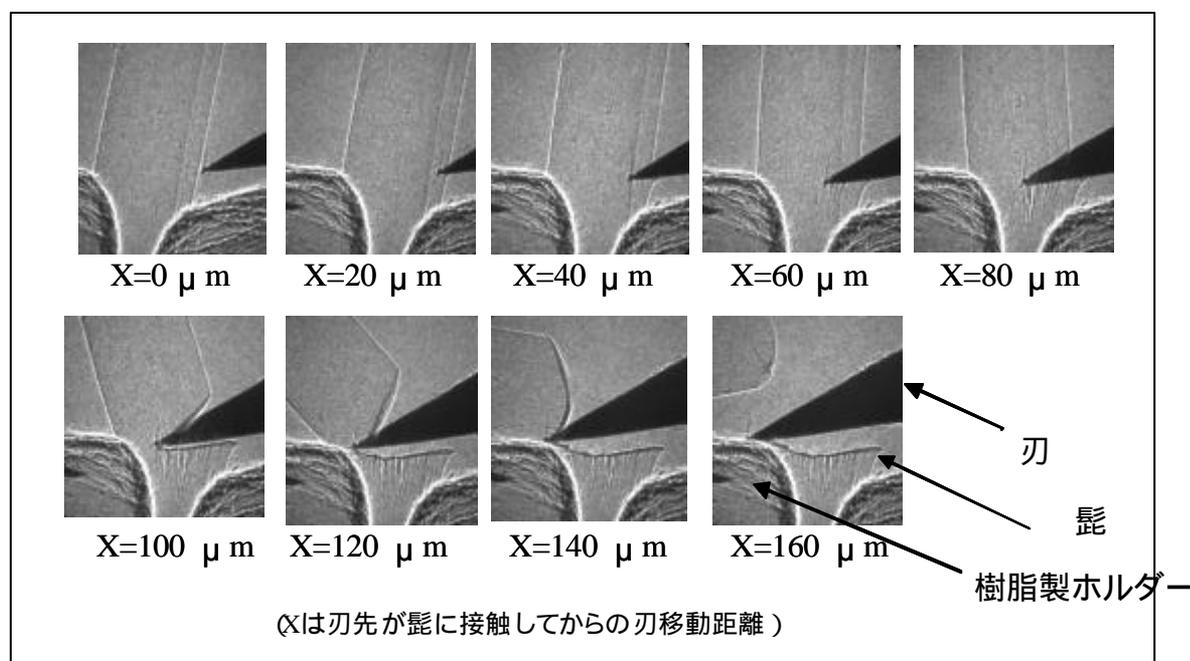


図3 高輝度X線イメージングによる切断時の髭内部組織