

低切断荷重はさみの切断荷重の推定(第二報) *

飯村 崇**、長嶋宏之***、井上研司****、

井山俊郎*****、本村 貢*****

医療用や理美容用のはさみは一般的なはさみと比べて、切断に対する要求が非常に厳しい。具体的にはその切断荷重が、他のはさみと比べて非常に小さくなっている。その結果、荷重に影響する因子の推定が難しい。そこで、本報告では、昨年度の研究成果である空切り荷重の計算による推定に加え、ナイロン糸を切断する際の切断の様子を観察して、切断機構を推測し、それを元に数値計算を行うことで、切断荷重の計算による推定を試みた。その結果、ナイロン糸の物性を元にいくつかの仮定を盛り込んだ数値計算を行うことで、ナイロン糸の切断荷重の計算による推定が可能となった。また、この結果から、切断荷重に影響を及ぼす因子が明らかになった。

キーワード：はさみ、切断荷重

Estimation of Cutting-Load with Low Cutting-Load Scissors

IIMURA Takashi, NAGASHIMA Hiroyuki, INOUE Kenji,
IYAMA Toshirou and MOTOMURA Mitsugu

Cutting load of hair-cutting scissors or medical scissors was smaller than other ordinary scissors, and it was difficult to estimate effective factors on cutting-load. Therefore, the method to estimate cutting-load by observation of movement of cutting Nylon Strings with low cutting-load scissors was proposed in this paper. As a result, cutting-load was able to estimate by numerical calculation based on physical property of Nylon strings and on some assumption. Additionally, effective factors on cutting-load were clarified from this inference process.

key words: Medical scissors, Hair-Cutting Scissors, Cutting-Load

1 緒 言

これまで、はさみの良否判定や、はさみ設計の簡便化を目的として、はさみの切断荷重を計算から推定する試みがなされ、大阪工業奨励館の藤原らや、岐阜県製品技術研究所の竹腰らが報告している。^{1)~5)}しかし藤原らの報告は、基本的にラシヤ切りはさみ等、切断荷重の大きなはさみを対象にしており、竹腰らの報告においても金属板や径の大きな棒材の切断といった切断荷重の大きな状況を想定している。これら切断荷重が大きいはさみの場合、切断荷重に比べ、摩擦抵抗などは無視できる程度に小さく、検討の必要がない。これに対し、医療用や理美容用の切断荷重が低いはさみ(以後、低切断荷重はさみと呼ぶ)では、扱う切断荷

重が非常に小さく、刃やワッシャで起こる摩擦抵抗等が切断荷重に大きく影響を及ぼすと考えられることから、ラシヤ切りはさみ等と比べ荷重に影響する因子の推定が難しい。そこで、昨年度は、切断を伴わない空切りの際の荷重を計算により求める方法について検討を行った。空切りの場合、荷重に影響を及ぼすのは、はさみの各所で起こる摩擦である事は容易に想像が付くが、はさみにはおがみと呼ばれる形状が付与されており、このおがみ量を摩擦力に反映させることが問題であった。そのため、変形を「はさみ本体」、「ワッシャ」、「刃先端微小部」の3つに分けて考えることで、モデルを単純化することにより、空切り荷重を求めた。

この結果を発展させ、今年度は、ナイロン糸を低切

* 都市エリア産学官連携促進事業発展型「MRI対応医療用はさみの開発」

** 材料技術部

*** 企画デザイン部

**** (株)東光舎

***** 岩手大学 工学部 機械工学専攻

***** 早稲田大学 基幹理工学部 機械科学航空科学 機械科学専攻

断荷重はさみで切断する際の切断荷重を計算で求めることとした。初めに、ナイロン糸を切断する過程を、拡大鏡を用いて観察して、刃の近傍のナイロン糸切断に関与する要素を明確にした。それを元に切断の様子を簡単なモデルで表し、いくつかの仮定を導入することで、ナイロン糸切断の荷重を計算により求める事が可能になった。その結果に、昨年度検討を行った空切り荷重を合わせて、はさみの真の切断荷重を計算で求める方法を確立したので報告する。

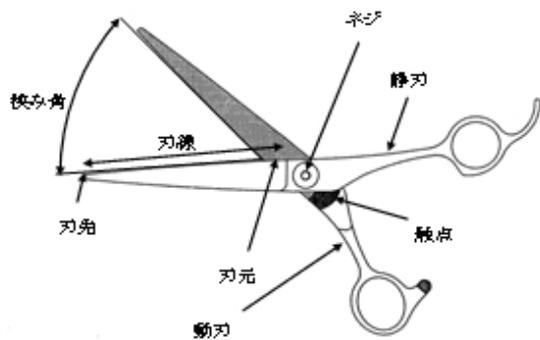


図1 はさみ各部の名称

2 切断現象の調査

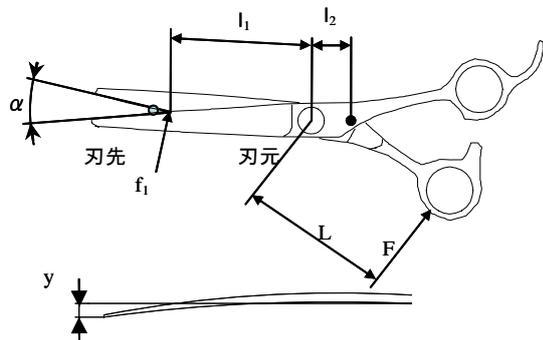


図2 低切断荷重はさみにかかる力と記号

図2に使用する記号を、以下にそれぞれの記号の意味を示す。

L : ネジ～力点の距離 / F : 開閉荷重 / l_1 : ネジ～刃線上の交点の距離 / f_1 : 刃線上の交点での摩擦抵抗 / f_1' : 刃線上の交点での垂直荷重 / μ_1 : 刃及び触点の摩擦係数 / l_2 : ネジ～触点の距離 / g : 重力加速度 / y : おがみ量(刃先端の垂直荷重を調整するために刃に付けられている曲がり量)

2-1 ナイロン糸切断の観察

緒言で触れたように、ナイロン糸の切断における刃や糸の挙動は微細であり、切断荷重に影響を及ぼしている要因が不明確である。そこで、拡大鏡を用い、切断時の刃先端やナイロン糸の挙動を観察した。また、切断途中および切断後のナイロン糸について、切り口の観察を行った。これらの結果から切断時の刃の動きを推測し、切断荷重に影響を及ぼすと考えられる要因

を抽出した。観察には図3の模式図に示すような装置を使用した。マイクロメータヘッドを用いて、鉋の柄の部分に送りを与え、切断を少しずつ進行させた。その時の、刃とナイロン糸の様子を、拡大鏡を用いて観察した。切断するナイロン糸は66ナイロンの直径 $\phi = 0.3(\text{mm})$ を用いた。66ナイロンは前処理として、温度 23°C 、湿度55%環境下に24時間以上保管したものを使用した。

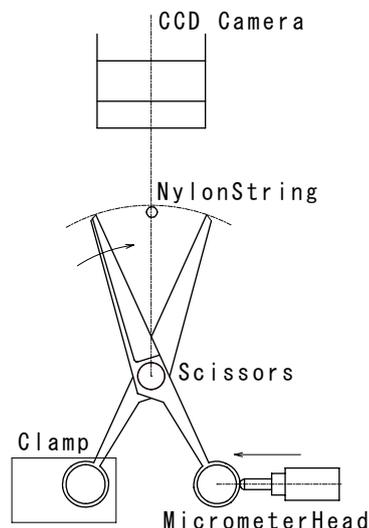


図3 切断挙動観察装置模式図

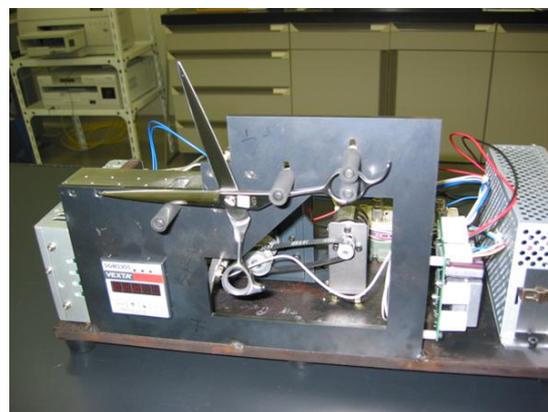


図4 切断荷重測定装置

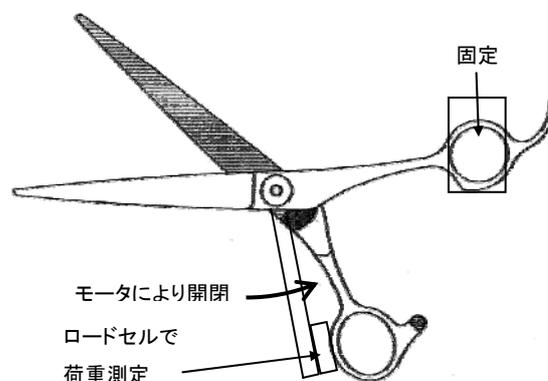
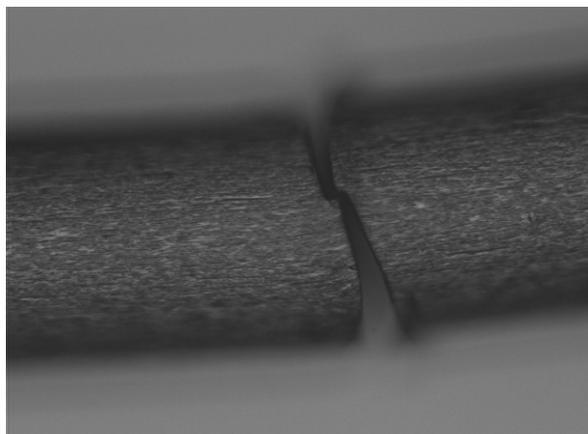


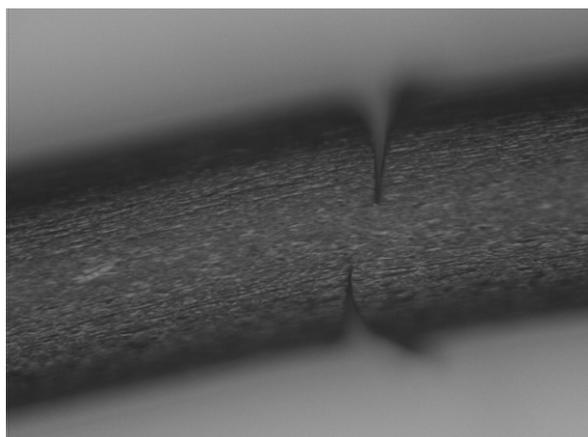
図5 切断荷重測定装置模式図

2-2 切断荷重の推定

観察により抽出された切断荷重に大きな影響を及ぼすと考えられる要因を、簡単なモデルで表現し、計算式を考えた。 $\phi 0.3\text{mm}$ のナイロンをベースに検討を行い、 $\phi 0.2\text{mm}$ 、 $\phi 0.4\text{mm}$ に当てはめて、実測値との比較から、提案する計算方法の妥当性を確認した。切断に使用したナイロン糸は 66 ナイロンで、直径は $\phi = 0.2(0.195\sim 0.205)\text{mm}$ 、 $\phi = 0.3(0.295\sim 0.305)\text{mm}$ 、 ϕ



刃元側より撮影した切断直前のナイロン糸



刃先側より撮影した切断直前のナイロン糸

図6 切断直前のナイロン

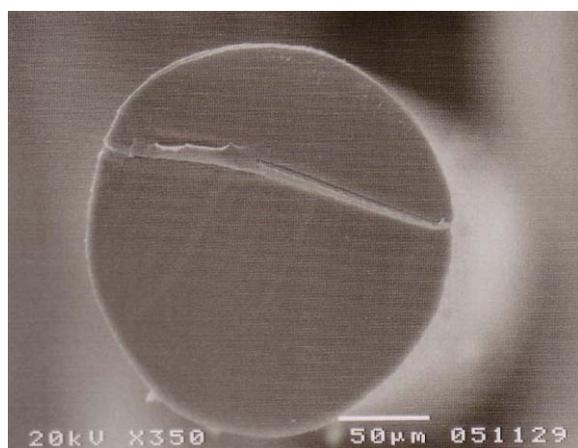


図7 ナイロン糸切断面

$= 0.4(0.395\sim 0.405)\text{mm}$ の 3 種類で、あらかじめ、マ

イクロメータにて線径を測定したものを使用した。切断荷重の実測値を測定するのは図4の装置で、図5に示すように、切断時に柄にかかる荷重 F を、ロードセルを用いて測定した。

3 実験結果及び考察

3-1 切断の観察による荷重要因の抽出

マイクロメータヘッドを回転させ、ナイロン糸の切断を進行させると、ある程度まで刃が食い込んでいく様子を観察することができるが、ある点を過ぎると、それ以上マイクロメータヘッドを動かさなくとも切断が進行し、ナイロン糸が完全に切断されてしまうことがわかった。これは、次のような現象であると考えることができる。①マイクロメータヘッドを動かして切断を進めて行くにつれ、切断抵抗が発生し、それに伴って、柄の部分がたわむ。②さらに切断が進行すると、「ナイロン糸の強度」 $<$ 「柄の部分に蓄積された荷重」となり、それ以上マイクロメータヘッドを動かさなくとも切断が進行する。どの時点で「ナイロン糸の強度」 $<$ 「柄の部分に蓄積された荷重」となるか確認するために切断途中のナイロン糸を観察したのが図6である。この図は、切断が自動的に進行する直前の状態ではさみを止めた際のナイロン糸であり、1本のナイロン糸を2方向より観察している。また、切断後の断面を観察したのが図7である。図7の切断後の断面をみると、1本の筋が見える。この部分が、最終的に刃が交わって切断された部分であると考えられる。次に切断される直前のナイロン糸を観察した図6をみると、刃が交差してナイロン糸に食い込んでいる様子がわかる。また、刃同士がほぼ交差を始めるところまで近づいてもまだ切断されていない。これらのことから、おがみ形状の分、交差してナイロン糸に食い込んだ刃が、刃が閉じるに従っておがみをキャンセルする方向に変形することにより、ナイロン糸には引張りの力が発生し、刃の先端付近に残っている微小部分を引張りで切断し

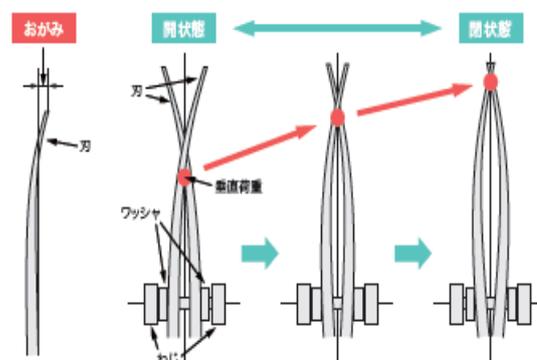


図8 ハサミの開閉を上から見た様子

ていく。(図8) この微小部分の引張切断が起こり始め

ると、切断が急激に進行するのではないかと考えられる。そのように仮定した場合、切断荷重が最大になるのは、この直前ということになる。この時点までで、切断荷重を増加させる要因として最も大きいと考えられるのは、刃が食い込んで行く過程でナイロン糸を圧縮変形させる力であると考えられる。

3-2 切断荷重の計算

ナイロン糸を圧縮変形させる力は、刃の先端Rが刃の進行方向にナイロン糸を圧縮変形させる力と、刃面に垂直な方向にナイロン糸を圧縮変形させる力の2つに分けることができる。今回の例では、先端が鋭利な刃物であり、刃先端Rでの圧縮は、刃面での圧縮に比べ、ほとんど無視することが可能であると考えられる。そのため、今回考える変形は、刃面に垂直方向の圧縮変形のみとする。刃面に垂直方向の圧縮力は、押し込まれる刃の体積に比例すると考えられる。図9のように切断部分を単純化すると、刃がナイロン糸に食い込むことによってナイロン糸を圧縮変形させる力は、次式で計算できる。

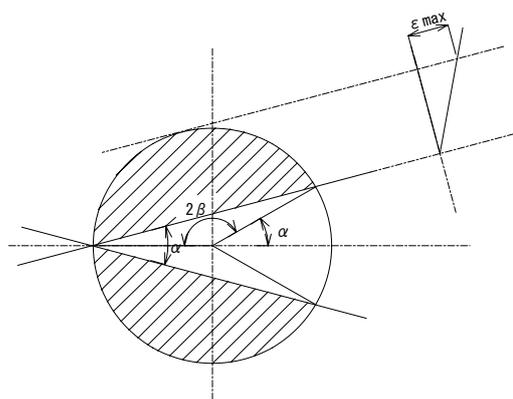
$$\begin{aligned}
 F_{press} &= E \cdot \varepsilon \cdot A \\
 &= E \cdot \int_0^\beta 2 \cdot r \cdot \sin \theta \times \varepsilon_{max} (\cos \theta - \cos \beta) \times r \cdot \sin \theta \cdot d\theta \\
 &= 2 \cdot E \cdot r^2 \cdot \varepsilon_{max} \int_0^\beta (\sin^2 \theta \cdot \cos \theta - \sin^2 \theta \cdot \cos \beta) d\theta
 \end{aligned}$$

(1)

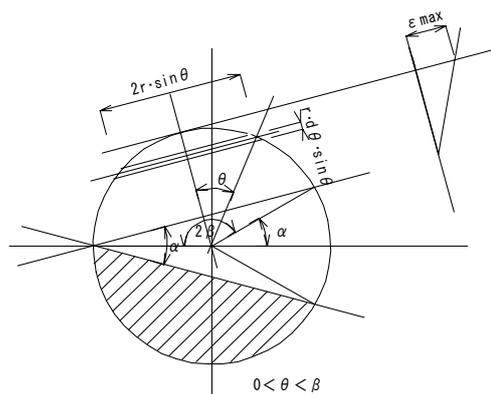
この式を用いて計算した値 F_{press} に、第1報^{6),7)}で報告した、空切り荷重 F_{free} を合わせた値が、求める切断荷重 F_{cut} となる。

$$F_{cut} = F_{press} \frac{l_1}{L} + F_{free} \quad (2)$$

仮に、ナイロン糸の端の部分での最大たわみ ε_{max} が2.4%、ナイロン糸のヤング率が1800MPaとして0.3mmのナイロンについて計算を行うと、計算値と実測値がよく一致する。この条件を用いて、 $\phi 0.2\text{mm}$ と $\phi 0.4\text{mm}$ のナイロンについても計算値と実測値を比較したのが図10、11、12であり、 $\phi 0.2$ 、 $\phi 0.3\text{mm}$ については良く一致している。ただし、いずれの場合も、ネジ中心からの距離が0.05mより小さい、刃の根元の部分で切断したときの荷重が計算値と異なっている。これは、根元部分では挟み角が大きいこと、おがみ量が小さいことから、本来引張切断が始まる位置では、まだ、ナイロン糸の切断に十分な力が発生しておらず、さらに押し込みが行われた時点で、切断が開始されるためではないかと考えられる。また $\phi 0.4\text{mm}$ のネジ中心からの距離が0.66m以上については、刃先端の剛性が不十分ではさみが変形したため、実測値が計算値よりも大きな値になってしまったのではないかと考えられる。これらは、今後調査を要する。



a) ナイロン糸切断面模式図



b) ひずみ計算模式図

図9 切断面模式図

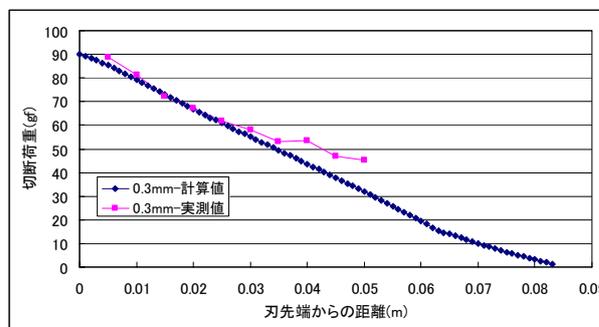


図10 切断荷重の計算値と実測値の比較 ($\phi 0.3\text{mm}$)

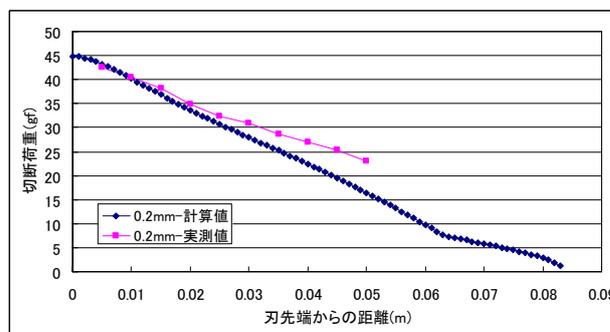


図11 切断荷重の計算値と実測地の比較 ($\phi 0.2\text{mm}$)

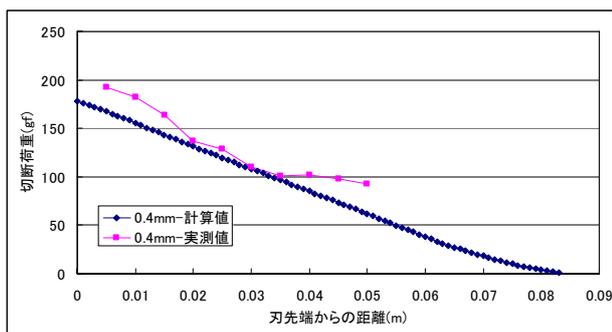


図 12 切断荷重の計算値と実測地の比較 (φ0.4mm)

4 結 言

今回の研究から、以下のことが明らかとなった。

- 1) はさみの切断荷重は、刃が材料に食い込んでいく際に、材料を圧縮変形させる力が大きく影響し、最大値は、引張切断が発生する直前である。
- 2) 切断荷重は刃で圧縮する部分のひずみ量を計算で求め、それにヤング率をかけてやることで、計算により求めることができる。ただし、鋏の根元部分での切

断には他の要素が加わり、今回の計算だけでは求めることができない。

これにより、ナイロン糸の切断荷重の大まかなところが計算で推定可能となった。今後は計算で一致しない部分に関して、更に研究を行う予定である。また、材料を変えた場合、切断の様子が変わってくる考えられる。それらについても、断面の比較などから、計算で求めることができるように研究を行う。

文 献

- 1) 藤原：大阪府立工業奨励館報告、40(1966)、79-85
- 2) 藤原：大阪府立工業奨励館報告、43(1967)、48-55
- 3) 竹腰：岐阜県金属試験場業務報告、(1978)、36-38
- 4) 竹腰：岐阜県金属試験場業務報告、(1979)、26-88
- 5) 竹腰：岐阜県金属試験場業務報告、(1980)、21-25
- 6) 井上ら：第55回塑加連講論、(2004)
- 7) 飯村ら：精密工学会度東北支部学術講演会、(2007)、61-62