

Co基合金を利用したNiフリー鋏の開発*

飯村 崇**、園田 哲也**、井上 研司***

近年、欧州では理容師・美容師の間でNiフリーの鋏が求められている。また、医療現場ではMRI診断が主流となり、非磁性の医療用鋏が求められている。これらの条件を満たす材料として、岩手大学で開発されたCo基合金がある。そこで、この合金を用い、理美容用及び医療用の鋏を開発することとした。開発課題として、鋏の切れ味があげられるが、定量的に評価し、鋏形状とどのような関係があるのか調査した。その結果、①鋏の切断メカニズムを解明し、②振動と切れ味の関連性が明らかになった

キーワード：Co基合金、鋏、Niフリー、非磁性、切れ味

Development of Scissors Containing No Nickel with New Co-based Alloy

IIMURA Takashi, SONODA Tetsuya and INOUE Kenji

Recently, barbers and hairdressers in Europe need scissors containing no nickel. And because of the increasing of MRI, medical stuffs need no-magnetized scissors in medical facilities. The new Co-based alloy which is developed in Iwate Univ. meets these conditions. So we will develop new scissors with this new Co-based alloy. The biggest problem of this development is feeling of cutting (how well the scissors cuts). So we estimated it quantitatively, and researched the relation with the shape of scissors. As the result of research, we made clear next two points. The Mechanism of cutting with scissors for barbers or hairdressers The relevance of feeling of cutting, and vibration of cutting with scissors.

key words : Co-based alloy, scissors, containing no nickel, no-magnetized, feeling of cutting

1 緒 言

医療の現場では強い磁気を利用するMRI診断が主流となり、体内に入れるインプラント材への磁性を持たない材料の要求が大きくなっている。この要求を満たすものとしてTiやセラミックスが挙げられるが、摩耗粉の発生などが徐々に問題となりつつあり、これに代わる材料の開発が望まれている。この要求に対し、千葉晶彦岩手大学教授は、Coをベースとし、Niなど金属アレルギーの原因となる物質を極力排除した新素材を開発し、生体材料としての実用化研究を行っている。

一方、欧州では労働者の金属アレルギー対策として理美容鋏に対するNiフリー化が求められている。また、新しいMRI装置（オープンMRI装置）の開発により、MRIの磁気の中でも使用可能な医療用鋏が今後必要になると考えられる。岩手大学で開発された新材料はこれらの鋏への要求を満足することが可能な、低Niかつ非磁性材料であり、これを用いた鋏が製造可能となれば、理美容・医療用ともに新製品として有望である。

しかしながら、本材料は従来存在するものとは異なる

ため、加工して形状を整えたとしても従来の鋏と同じ性能を有するとは限らない。さらに、従来の鋏についてもその性能評価は職人の手に委ねられた感覚的なものであり、新しいものを開発するための妨げとなっている。そこで、鋏の形状や材料の性質が切れ味に及ぼす影響を定量的に評価する方法について検討を行った。

2 実験方法

2-1 切断荷重の切れ味に及ぼす影響調査

新材料を用いた理美容鋏を開発するにあたり、職人の手に委ねられていた切れ味の評価を定量的に行い、形状や材料の改善効果を数値で示すことが必要となる。従来、日本刀や包丁など刃物の切れ味評価法としては、シャルピ式のエネルギーで評価する方法¹⁾、紙束を切断したときの切断枚数で評価する方法²⁾などがあるが、切断時の荷重を測定するものが大多数であることから、荷重が最も支配的な要素であることは間違い無い。そこで、鋏の形状を部分的に変更し、それぞれについて切断時の荷重（動刃の指の部分にかかる荷重。以後切断荷重と呼ぶ）を測

* 夢県土いわて創造研究推進事業

** 電子機械技術部

*** 株式会社 東光舎

定することで、鉋の形状が切断荷重に及ぼす影響を調査することとした。この際、切断荷重の測定には図1の装置を使用した。この装置は、モータを利用して一定の速度で鉋の開閉を行い、その際、鉋にかかる切断荷重を測定できるようにしたものである。被切断物には、 $\phi 0.3\text{mm}$ のナイロン糸を用い、ばらつきが無い様に直径をマイクロメータで測定し、 $\pm 0.005\text{mm}$ 以下のものを使用した。また、理美容鉋の切断機構を詳しく解明するため、実際に人毛を切断し、切断荷重の測定を行うとともに、断面のSEM観察を行った。

2-2 振動の切れ味に及ぼす影響調査

2-1 で述べたとおり、荷重が切れ味を示す重要な要素であることは間違いないが、荷重が同じ鉋でも「切れ味」が異なって感じられるケースがあり、以前から荷重だけでは「切れ味」を表現するのに不十分であると考えられていた。荷重以外に手が感じる要素を考えた場合、最も影響が大きいものとして振動が挙げられる。そこで、荷重と振動を併せて考え、振動の影響についても調査を行うこととした。振動の影響ではないかと考えられる切れ味の要素として「硬さ・柔らかさ」があるが、これらは毛束の本数や太さに影響を受けると言われていることから、ナイロン糸の本数と太さを変更し、切断荷重と振動の関係を調査した。

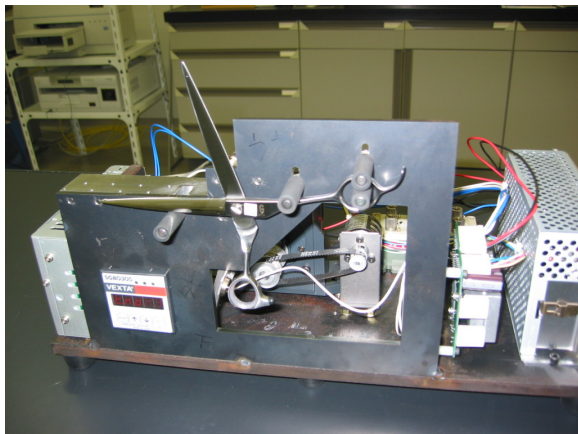


図1 切れ味試験機



図2 振動測定機を併用した状態

図2は切断荷重測定装置にレーザドップラー振動計を併用した様子であるが、鉋の柄の部分にレーザを照射し、荷重を測定すると同時に振動を測定している。

3 実験結果及び考察

3-1 切断荷重の切れ味に及ぼす影響

鉋の形状説明を図3に荷重測定の結果を図4に示す。図4において、①ネジの締付力は、鉋の動刃と静刃を止めているネジの締め付けの強弱であり、これにより、動刃と静刃を押し付ける力が変わり、切断時の隙間を拘束する力に変化が出る。②開閉速度は動刃を動かす速度で、理美容師が一般的に開閉すると考えられる速度（一秒間に刃先から50mm程度を二回程度開閉するくらいの速度）140deg/secとその $\pm 50\%$ の値で試験を行った。③挟み角は切断ポイントで動刃と静刃がなす角度で、小さいほど刃が一度に被切断物に接触する長さが大きくなるため、切断荷重の変化が緩やかになることが期待される。④刃先端粗さは刃先の凹凸を刃線方向に測定した値で、値が大きいと刃先端での被切断物のすべりが小さくなることが考えられる。⑤隙間は鉋の動作面と平行に見たとき刃と刃の間にできる隙間を指しているが、この値が大きいと刃の動作面と垂直方向の動きが大きくなる。⑥刃角度は刃の先端部分がなす角度、⑦刃先端Rは先端のRの大きさであり、いずれも小さくなるほど鋭利な刃になるが、小さすぎると、切断時に動刃と静刃が噛み込んで刃を痛めてしまうことと、加工の難しさから、ある程度以下の値にはできない。そのため、今回の実験では、実際に使われているものから、値が大きくなる方向のみに数値を振ってみることとした。

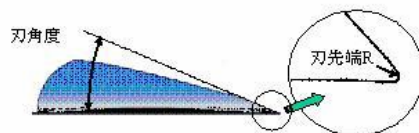
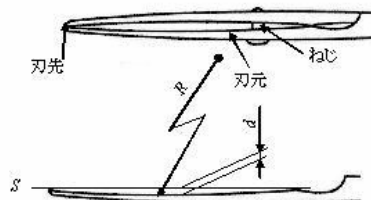
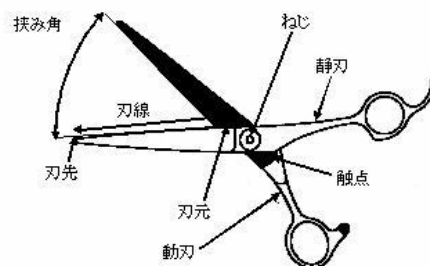


図3 鉋形状と名称

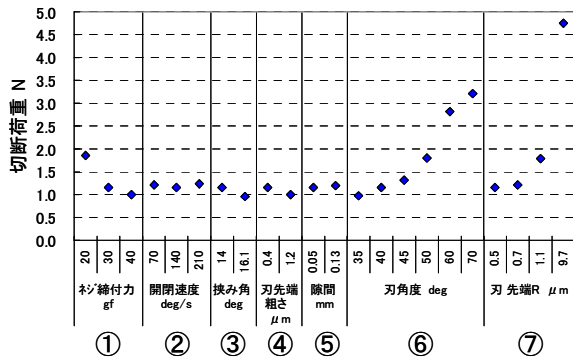


図4 鋏形状と切断荷重の測定結果

実験の結果、荷重に変化が見られたのは、ネジの締付力・刃角度・刃先端Rであった。切断速度については、もう少し影響があると考えていたが、今回実験した実用領域ではほとんど影響が無いことが確認された。刃角度・刃先端Rの影響について、より詳細に調査するため、図5に刃角度と荷重の影響についてグラフ化したものを示す。同時にプロットしてあるタンジェント曲線（刃角度を γ とする）

$$fc = f_{35^\circ} / \tan 35^\circ \times \tan \gamma \quad (1)$$

に非常によく一致する。このことについて、詳しく調査するため切断面をSEM観察することとした。

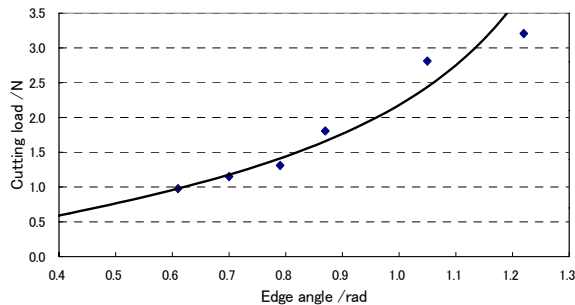


図5 切断荷重と刃角度

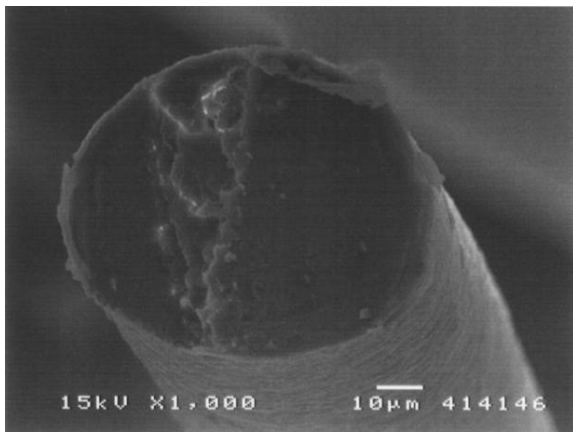


図6 髪の毛切断面のSEM写真

図6は、そのSEM写真であるが、鋏による切断面の中程には平滑ではない(刃物による切断ではない)部分が存在する。この部分は刃物により切断された部分（刃物切断部分）ではなく、引張り等、他の方法により切断されたため、平滑ではなくなっているものと予想される。このことから、理美容鋏による切断を、刃物切断と引張りによる破断が、同時に起こっている現象であると仮定する。このことについて考えるために、切断部分を図7の様に模式化した。この図は毛髪（ハッチング部分）に上下から刃が食い込んでいる様子を表しており、切断荷重 f_c がかかると、刃物切断による切断荷重 $fc1$ とくさび効果により毛髪を押し広げようとする力 $fc2$ が働くと考えられる。（ $fc2$ は鋏の傾斜面により $fc2$ と垂直方向の力 f に変換される。）このことから、これらの力の間には、

$$fc = fc1 + fc2 = fc1 + f \cdot \tan \gamma \quad (2)$$

の関係があると考えられる。ここで、切断がすべて刃物切断で行われることがSEM観察からわかっている剃刀の刃による切断の力を調査したところ、切断荷重は $0.06 \mu N$ 程度と鋏による切断荷重全体と比較し、非常に小さいことがわかり、刃物切断による切断荷重 $fc1$ はほとんど無視してもかまわないことがわかった。このことから、鋏による切断荷重 fc は、

$$fc \approx f \cdot \tan \gamma \quad (3)$$

となり、被切断物を引っ張り切断するための力であることから、タンジェント曲線と一致することが確認できた。

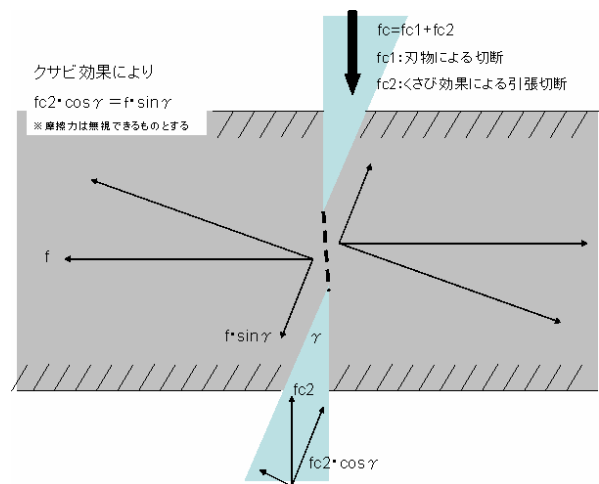


図7 理美容鋏による切断の模式図

次に、図8は、刃先端Rを変えた場合の破断部分面積をSEM写真から測定し、その値を元に切断荷重を計算した値と実測した値を、プロットしたものである。破断部分の面積増加に伴い切断荷重が増加するのは、理美容鋏の切断が2つの現象により起こっていることを裏付けるものであるが、グラフを見ると、計算値と実測値の差が、Rが大きくなるにつれ増加して行く傾向にある。

そこで $R=9.7\mu\text{m}$ の場合に着目してこの問題について考えてみると、図9のSEM写真では切り込み始めの部分に切断ではない、圧縮による変形部分(変形量約 $7.9\mu\text{m}$)があることがわかる。そこで、どのくらい髪の毛が圧縮変形するのか、荷重と変形量の関係を調査するため、 R の大きい片方の刃のみを用いて、一枚刃による圧縮試験を行った。(R の小さい刃物を用いると、圧縮変形する前に、刃物切断により切断されてしまうと考えられるため) 押し込み量(圧縮変形量)と荷重は図10のような関係になり、 $7.9\mu\text{m}$ 押し込んだ(圧縮変形させた)時の荷重は 0.13N と、図8の計算値と実測値の差 0.12N とよく一致する。このことから、先端 R が大きくなると、被切断物を圧縮変形させるための力を併せて考える必要がある事がわかった。

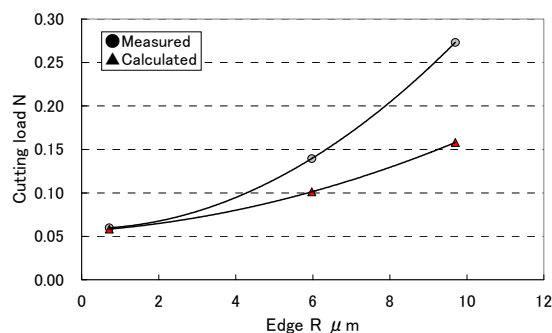


図8 刃先端 R を変化させた場合の切断荷重

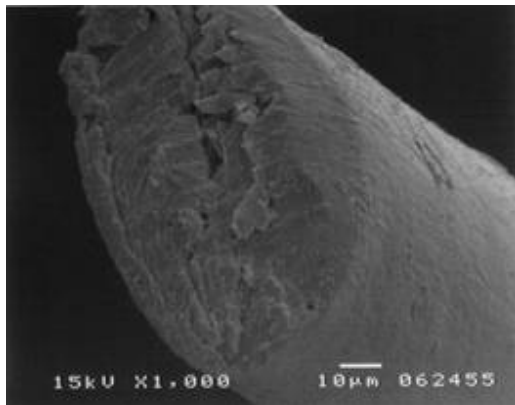


図9 $R=9.7\mu\text{m}$ の場合の切断面

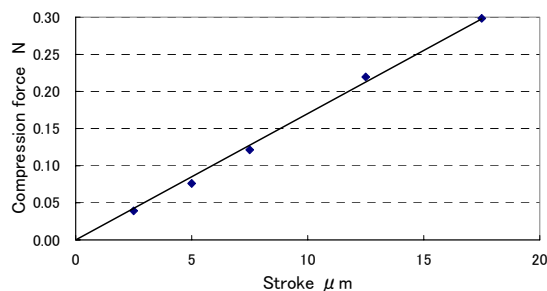


図10 R の大きい刃を髪の毛に押し込んだ際の押し込み量と押し込み力の関係

以上のことから、鋏による切断加重 f_c は圧縮変形のための荷重 f_p と引張切断力 f および刃先角 γ を用いて、次のように表すことが出来ることがわかった。

$$f_c \approx f_p + f \cdot \tan \gamma \quad (4)$$

ここで、 f_p は刃先端 R に、 f は被切断物の引張強度に影響を受ける値である。 γ が小さくなると、引張切断に要する力 ($f \cdot \tan \gamma$) が小さくなるため、引張切断部分が減少することが考えられる。その結果、刃先端 R が小さい場合は圧縮変形も小さいため、切断荷重が小さくなる。逆に刃先端 R が大きい場合、圧縮変形が支配的になることから、切断荷重が大きくなっていくことが考えられる。

この、刃先端 R と刃先角 γ の関係については、今後調査が必要な課題である。

3-2 振動の切れ味に及ぼす影響

振動の影響を調査するため、初めに切断時に発生する振動の様子を、高速度ビデオカメラにて観察した。一般的に刃の先端付近での切断は切れ味が「硬い」と言われるが、実際に切断の様子を見てみると、刃が被切断物に食い込んだ時点で一度止まって振動し、再度切り込み直すような動作が見られる。

この動作が、いわゆる硬いといわれるものであると考えられる。

この、「硬い」、「柔らかい」という感覚をさらに調査するため、ナイロン糸を1本、径を $\phi 0.1\text{mm}$ から $\phi 0.4\text{mm}$ まで変えて切断した場合と、 $\phi 0.2\text{mm}$ のナイロン糸を1本から10本まで本数を変えて束ねたものを切断した場合について切断荷重と振動を測定した。

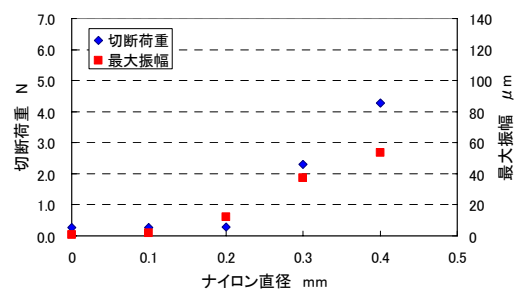


図11 径が異なるナイロン糸を切断した際の切断荷重と切断時の最大振幅

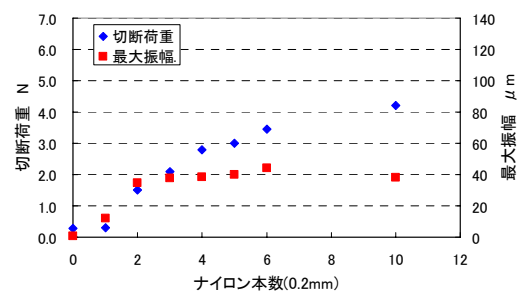


図12 数の異なるナイロン糸束を切断した際の切断荷重と最大振幅

図 11 はナイロン糸の径を変えた場合の測定値である。 $\phi 0.2\text{mm}$ までは切断荷重・振動共に非常に小さい値となっている。ところが、 $\phi 0.3\text{mm}$ 以降荷重・振動共、線形に増加している。これは、 $\phi 0.2\text{mm}$ のナイロン糸までは、引っ張りではなく刃物切断のみで切断できてしまうためと考えられる。

次に図 12 は $\phi 0.2\text{mm}$ のナイロン糸の束を切断した場合である。2 本の束で急激に値が上昇するものの、振動に関してはそれ以降ほとんど変わらない。これは、毛束を切断する際、図 13 の様に刃に当たり力を受けるのが、挟み角と糸の径の関係から一度に 2 本ずつであり、最初の 2 本に食い込んだ時点で振動して以後切断現象が緩やかに進むため振動が変化しないものと考えられる。また、束の本数が増えても一度に刃に当たる本数は 2 本までであるため、束を作って切断すると切断ポイントが刃先方向に移動することから、切断荷重が増加して行くものと考えられる。ただし、切断の様子は刃先端 R と刃角度によって変化することから、異なる鉋を使用した場合、ナイロン束の本数と切断荷重及び切断時の最大振幅の関係は変化するものと考えられる。

また、この 2 つの実験を比較したとき、 $\phi 0.4\text{mm}$ のナイロン 1 本を切断した場合と、 $\phi 0.2\text{mm}$ 10 本の束を切断した場合の切断荷重が等しく、振動が異なっている状態にある。そこで、この 2 つのパターンについて、実際に鉋の生産に携わっている作業員 10 名に対し、どちらが切れ味良く感じるかの評価を依頼したところ、10 名とも振幅の小さい、束を切断した場合の切れ味が良いと感じることを確認した。このことから、切断荷重が近い場合、振動が小さいものほど切れ味が良いと感じることが確認でき、同時に切れ味評価には振動が欠かせないことがわかった。

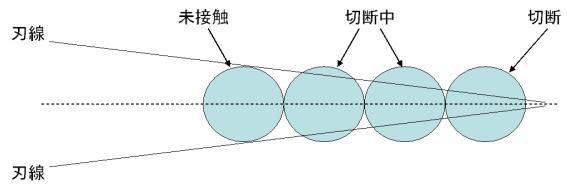


図 13 毛束の切断

4 結 言

理美容鉋の切れ味について、切断荷重と振動から調査を行い、以下のことがわかった。

- 1) 鉋による切断が、圧縮変形・鋭利な刃物に因る刃物切断・引っ張りによる切断の 3 つの複合作用であり、刃物切断による切断荷重は他の成分と比べ非常に小さいことから、切断荷重が圧縮変形力と引っ張り切断力の合力として求められる。その結果、鉋の形状と切断荷重には以下の関係が存在する。

$$f_c \div f_p + f \cdot \tan \gamma$$

ここで、 f_p は刃先端 R に、 f は被切断物の引張強度に影響を受ける値である。

- 2) 切断荷重の大きさが近い場合、切れ味の評価には振動の要素が加わり、切断時の振幅が小さいものほど切れ味が良いと感じられる。

平成 17 年度は、この切れ味調査の結果を基に、新開発 Co 基合金を用いた理美容鉋を製品レベルまで高める。また、医療用の鉋を試作する。

文 献

- 1) 青山 兵吉：工業雑誌，**53**，(1925)，685
- 2) 本多 光太郎：金属の研究，**10-3**，(1926)，465-481