

刃物切れ味試験機の試験精度向上に関する開発研究（第1報）

田中 泰斗、松原 早苗

Studies about improvement of test accuracy for cutlery tester (I)

Taito Tanaka and Sanae Matsubara

本研究では、開発中の切れ味試験機の実用化及び普及に向け、試験方法の標準化を図ることを目的として、試験刃物の設置状態が切れ味試験結果に及ぼす影響について検討を行った。実験の結果、切れ味試験に使用する被削材の固定軸と試験刃物の刃先方向の平行度を正確に一致させることが、切れ味の定量において非常に重要であることが分かった。また、試験刃物の設置状態を正確に制御したうえで行った切れ味試験では、同一ロットの複数の刃物において相関の高い切れ味試験結果が得られた。

1. はじめに

岐阜県の刃物産業は全国1位のシェアを占めており、世界でも有数の刃物生産地となっている。しかし、県内刃物産業事業所数は、小規模事業所を中心に昭和40年以降大幅に減少しており、刃物製造に関わる職人不足や工程分業体制の崩壊が危惧されている。また、安価な海外製品の流入により、国内で付加価値の低い製品を製造することは困難な状況となっており、本県刃物産業には製品の高品質化や生産工程の効率化などの取り組みが求められている。

このような背景のもと、当所では刃物製品の品質維持および向上を目的に刃物の切れ味を定量的に評価する新たな切れ味試験機の開発に取り組んでいる¹⁻³⁾。これまでに開発した切れ味試験試作機（以下、開発試験機）は、従来の切れ味試験機と比較して大幅な自動化、省力化を実現するとともに、切れ味の測定精度や再現性の面でも優れた性能が期待でき、刃物関連企業からも実用化を期待する声が寄せられている。

本研究は、開発試験機の実用化ならびに普及を図るため、試験機の校正方法の確立、試験刃物の固定状態、試験環境、被削材切断動作などが切れ味試験結果に及ぼす影響を調査し、これらの知見をもとに切れ味試験の標準化を図ることを目的としている。本年度は、試験刃物の設置状態が切れ味試験結果に及ぼす影響について評価を行った。

2. 試験機の構造と誤差要因

開発試験機における被削材固定部分及び刃物固定部分の幾何学的位置関係を図1に示す。開発試験機においては、切断ストローク方向、被削材の切断方向および被削材の固定軸は同一平面上にある（以下、試験平面と称す）。また、切断ストローク方向と被削材の固定軸は並行であり、何れも被削材の切断方向と直角である。開発試験機の構造上、安定した切れ味試験結果を得るためには、試験刃物の刃線が試験平面上に存在し、切断ストロ

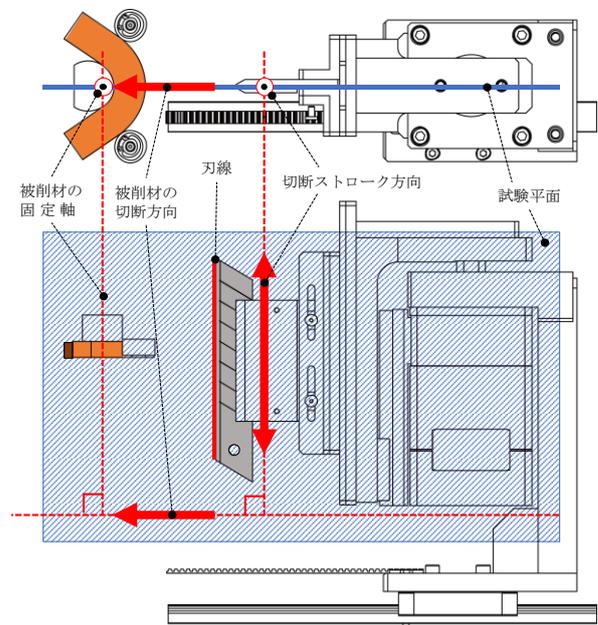


図1 開発試験機の構造

ーク方向と平行であること、並びに試験刃物のブレード面が試験平面と平行であることが理想であるが、試験刃物には様々な形状があるため、試験機への取り付け精度の許容範囲を把握することが重要となる。切れ味試験精度に影響を及ぼす要因は様々な考えられるが、本報では刃線の傾きおよび刃線のオフセット量に注目する。刃線の傾きについては、従来から行われている本多式切れ味試験においても留意されてきたことであるが、同試験は簡便な試験方法であるため、傾きの影響は評価されていない。また、刃線のオフセット量については、被削材を湾曲固定する手法特有の問題であり、新たに影響を把握する必要がある。

3 切れ味試験条件

3.1 被削材

被削材には、400枚の紙を積層した、幅約8mm長さ

約 100mm の短冊状の紙束を使用した。使用した紙は、クラフトパルプ紙であり、その紙厚は約 40 μ m である。被削材固定機構の構造については、前報²⁾で報告したとおりであり、実験では ϕ 25mm の円筒ピンと 60mm の間隔で配置した ϕ 16mm のローラによって被削材を湾曲した状態で固定した。

3. 2 試験刃物

極力同じ性能の刃物により比較を行うため、試験には同一パッケージのカッター刃を用いた。使用したカッター刃は、寸法 108mm \times 18mm、刃厚 0.5mm、刃渡り約 100mm の L 刃であり、刃先角度は約 14deg であった。

3. 3 試験刃物の固定

試験には図 2 に示す専用の刃物固定治具を用い、刃物設置角度およびオフセット量を調整した。ここで刃物設置角度は、試験平面の法線ベクトル周りの回転角であり、切断ストローク方向と刃線のなす角である。試験刃物には、この他にも切断ストロークを軸とする回転角や被削材の切断方向まわりの回転角が生じるが、これらについては、固定治具により回転を抑制されているものとした。刃物設置角度の測定には、画像測定機（株）ミットヨ製 QVH3-H606PIL-C）を使用し、固定治具の基準面と刃線のなす角度を百分の 1 度単位で測定した。なお、固定治具には既知の直角度を有するアングル材を使用し、固定治具基準面と試験平面は直交しているものとして扱った。試験刃物のオフセット量は、固定治具に既知の厚さの金属製のシムを挟むことで調整した。

3. 4 切れ味試験条件

切れ味試験に伴う切断動作は、台形速度制御による位置決めにより行い、切断ストロークは 10mm とした。

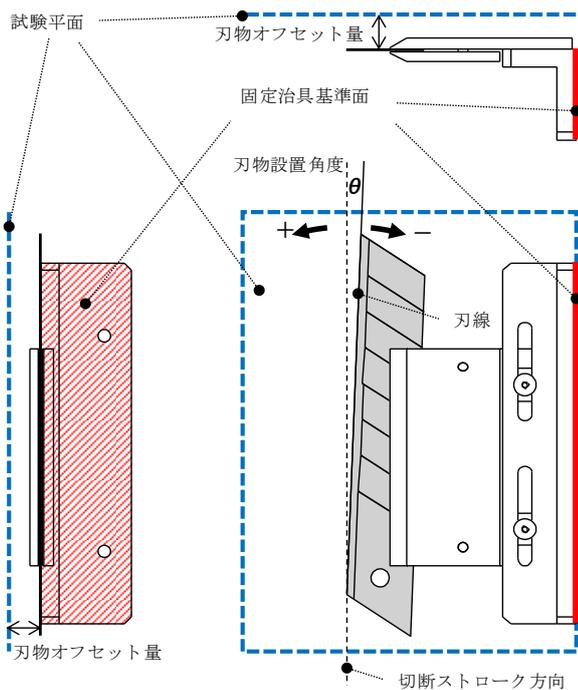


図 2 開発試験機の構造

切断動作の平均速度は 20mm/s とし、台形速度制御のパラメータとしては 10mm の移動時間を 0.5sec、加減速時間を 0.1sec とした。また、試験荷重については、切断荷重 800g、被削材固定荷重は約 6.5kg とした。なお、切れ味試験は、常に未使用の刃先で切れ味試験を行うよう、試験区間をずらしながら行った。

4 結果及び考察

4. 1 刃物設置角度が切れ味に及ぼす影響

図 3 に刃物設置角度が異なる刃物の切れ味曲線を示す。図から被削材と試験刃物の刃線が平行でない場合、切れ味が低下するとともにデータのばらつきが大きくなっていることが分かる。このため、切れ味データを平準化することを目的に 100 回の切れ味試験による被削材の累計切断距離から設置角度の影響を評価することとした。

図 4 に刃物設置角度と切れ味比率の関係を示す。ここで切れ味比率は、刃物設置角度 0deg の累計切断距離を基準とし、各角度における切れ味を百分率で表した値である。図から、刃物の設置角度が 0deg 付近で切れ味が最大となり、設置角度が大きくなるにつれ、切れ味が急激に低下していることが分かる。今回の実験において切れ味が最大となったのは、刃物設置角度が約 0.3deg と小さな角度であることを考えると、試験刃物の設置角度

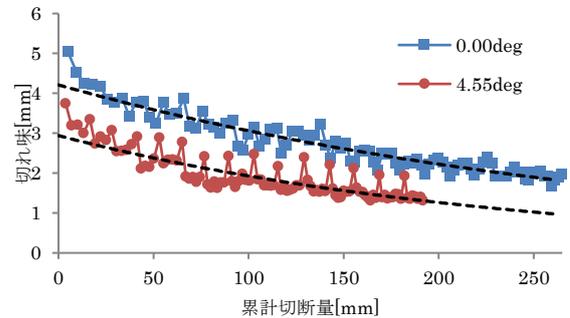


図 3 刃物設置角度が異なる刃物の切れ味曲線

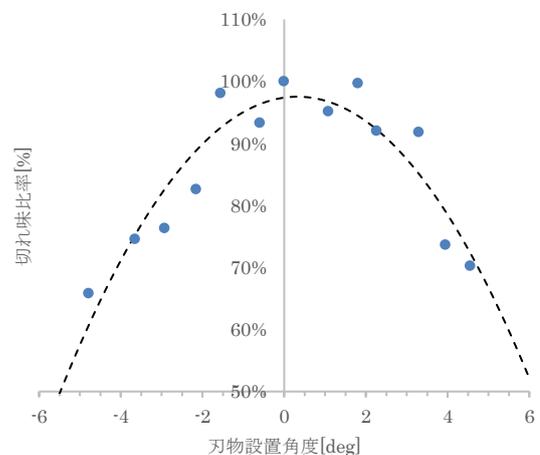


図 4 刃物設置角度と切れ味比率の関係

を±1deg程度でコントロールすれば、試験結果に大きな違いは生じないと考えられる。切れ味が最大となる刃物設置角度が0degより若干ずれているが、これは開発試験機における被研削材の支持機構が、切断ストロークに対して非対称であるためと考えられる。具体的には、開発試験機においては、被削材を押し下げる方向には被削材を支持する構造があるため切断動作の際に被削材のたわみが抑制されるが、被削材を押し上げる方向には、たわみを抑制する構造が無いことから被削材と試験刃物

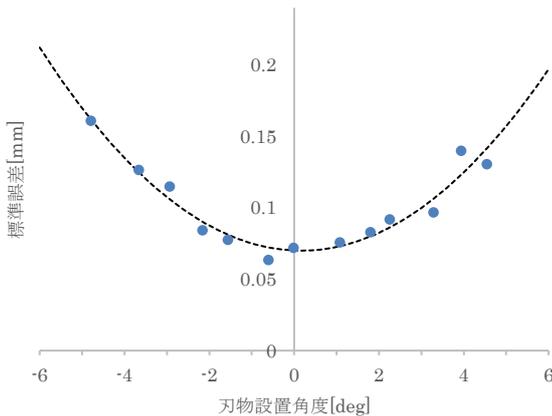


図5 刃物設置角度と標準誤差の関係

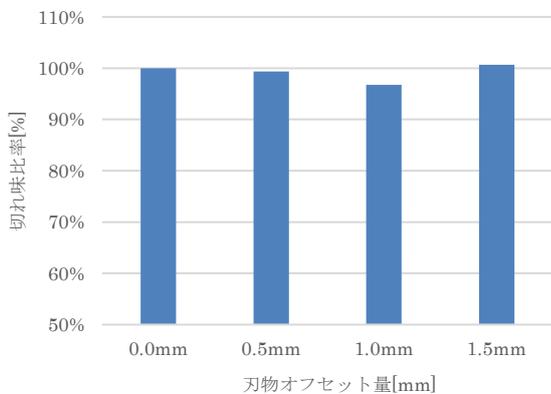


図6 刃物オフセット量と切れ味比率の関係

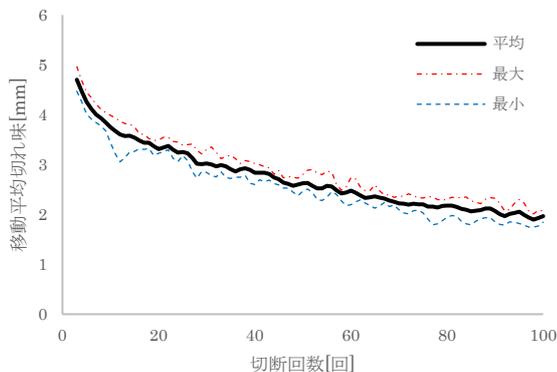


図7 切断回数と移動平均切れ味の関係

の相対ストロークに若干の違いが生じ、その結果として切れ味に違いが出たものと考えられる。

刃物設置角度と標準誤差の関係を図5に示す。ここで示した標準誤差は、実測したそれぞれの切れ味曲線について求めた近似曲線（指数関数）に対する標準誤差である。刃物設置角度の増大に従って近似曲線の標準誤差が大きくなっており、ここでも図3において認められた切れ味データのばらつきの増加が裏付けられた。ばらつきが増加する原因としては、2つの原因が考えられる。第1には、被削材に対して斜めに試験刃物が切り込むことによって、刃線と被削材の接触長さが変化し刃先にかかる切断荷重が変化することが考えられる。この現象は、被削材の切断開始初期に顕著に表れると考えられ、図3の刃先設置角度4.45degのグラフからも確認できる。第2の原因としては、被削材に対して斜めに刃物が切り込むことで、完全に切断されない試験紙が発生し、刃物側面と切断済み被削材間に摩擦が発生することによって、刃先にかかる切断荷重が減少したことが考えられる。

これらの結果から、切れ味試験においては刃物設置角度が0degに近い状態で刃物を固定することが重要であることが明らかとなった。

4.2 刃物オフセット量と切れ味

刃物固定角度0degのときの試験刃物のオフセット量と切れ味比率の関係を図6に示す。切れ味比率は、オフセット量0mmの時の切れ味に対する割合とした。今回の実験条件では、刃物平面のオフセット量による明確な切れ味の変化は認められなかった。これは、被削材を湾曲固定する際の円弧が十分に大きく1.5mm程度のオフセットでは切断荷重を減少させるような摩擦が発生しなかったものと考えられ、同様の条件で行う切れ味試験においては、目視でオフセット量を調整すれば、安定した測定結果が得られるものと考えられる。

開発試験機で採用した被削材を湾曲固定する方法では、試験刃物のオフセット量が大きくなることによって、刃先の両側で摩擦にアンバランスが生じるため、刃先にかかる切断荷重が減少する可能性が高い。被削材の湾曲半径を小さくした場合や刃先角度が大きい刃物を試験する場合、被削材に比較的厚みのある紙を使用する場合などは、刃物オフセット量が切れ味試験結果に影響を及ぼす可能性があるため、留意が必要であると考えられる。

4.3 切れ味試験結果の再現性

図7に同一ロットの異なる5枚のカッター刃を使用し、100回の切れ味試験を行ったときの切れ味曲線を示す。試験は、最も切れ味のばらつきが小さくなくなると考えられる、刃物固定角度0deg、刃物固定オフセット0mmの条件において行った。また、瞬間的な切れ味の変化を平滑化するため3回の単純移動平均を求め、評価に使用した。図から切れ味試験を繰り返しても、切れ味の最大値及び最小値は平均値と大きく異なることは無く、概ね一定の範囲内に収まっていることがわかる。試験に使用した全

での刃物の切れ味データにおいて、切れ味平均曲線からの平均誤差は 0.217mm であった。切れ味試験結果から推定すると、試験に使用したカッター刃の初期切れ味には、最大で 0.5mm 程度の違いがあったと考えられ、刃付けまたは保管状況などの違いがあったものと予想される。従って、初期切れ味が同一の刃物を用いることができれば、切れ味平均との誤差はさらに小さくなる可能性も考えられる。

切れ味試験において、完全に同一性能の刃物を準備することはできないため、正確な切れ味の測定精度を論じることが難しいが、本実験の結果から刃物設置角度とオフセット量を正確にそろえることで、定性的な切れ味の評価だけでなく、再現性の高い定量的な切れ味の評価が可能であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、開発中の新たな切れ味試験機について、試験方法の標準化を図ることを目的とした。

本報では、試験刃物の設置状態が切れ味試験結果に及ぼす影響について検討を行った。実験の結果、切れ味試験に使用する被削材の固定軸と試験刃物の刃先方向の平行度を正確に一致させることが、切れ味の定量化及び試験結果のばらつきの軽減の面で重要であることが分かった。また、被削材の固定軸と刃物のオフセット量については、厳密に固定位置を制御する必要性は低く、実験を

行った条件下においては、目視で刃物のオフセット量を調整すれば、十分な測定精度が得られるものと考えられた。刃物設置角度及び刃物固定オフセット量を正確に調整した切れ味試験においては、同一ロットの複数の刃物において、よく一致した切れ味試験結果が得られており、開発試験機により安定した切れ味測定が可能であると予想された。

今後は、試験機の校正方法、温湿度環境の影響などについて検討を行うとともに、様々な刃物の切れ味試験を行い、開発試験機による切れ味試験方法を確立する予定である。

【謝 辞】

本研究の遂行にあたり、各種治具の設計製作並びに試験機の制作・自動化にご協力いただきました(株)丸富精工様に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 田中ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告 第3号, pp1-pp4,2015
- 2) 田中ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告 第4号, pp3-pp8,2016
- 3) 田中ら, 岐阜県工業技術研究所研究報告 第5号, pp5-pp8,2017