



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

## 刃物の刃先形状と切れ味に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2008-02-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 竹腰, 久仁雄 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12099/1963">http://hdl.handle.net/20.500.12099/1963</a>

氏名(本籍) 竹腰久仁雄(岐阜県)  
学位の種類 博士(工学)  
学位授与番号 甲第 242 号  
学位授与日付 平成 16 年 12 月 8 日  
専攻 生産開発システム工学専攻  
学位論文題目 刃物の刃先形状と切れ味に関する研究  
(Studies on Edge Shape and Cutting Performance of Knives)  
学位論文審査委員 (主査) 教授 丸井悦男  
(副査) 教授 小野晃明 教授 戸梶恵郎

## 論文内容の要旨

刃物は人類の誕生時には石器として発明され、人類の進化とともに発展してきた。刃物の種類は、日用刃物では、包丁・鋏・カミソリなど多岐にわたり、工業用刃物としては半導体・ビニールシート・タイヤなどの各種の製造分野で使われている。この刃物の切れ味とその耐久性は、特に工業用刃物を使用する生産現場においては生産効率を左右する大きな要因となっているが、未だ経験と勘に頼っている部分が多く、工学的に改善すべき大きな課題となっており、実用レベルでの鋏の切れ味解析システムの開発が望まれている。

そこでこの研究では、引き切り方式により刃先先端を摩滅させる耐久試験機を開発し、耐久試験中の刃物切れ味を切れ味試験機で調べるとともに、SEMによる観察を併用して切れ味劣化のメカニズムを明らかにしている。また、切れ味の主要因となる指孔に作用する鋏荷重を設計段階で予測する新システムを開発している。

第1章では、刃物全般の研究の歴史を概観している。本多、北見、鴨下、相田ら諸先輩の研究を詳細に検討して、従来の刃物に関する研究はもっぱらマクロな視点からのものであり、大掴みな理解に終始してきたことを述べている。

こうした理解に鑑み、第2章では種々の材質で作られた刃物の刃先先端形状を詳細に観察し、使用頻度とともにマイクロ構造がどのように変化していくのか、またこの変化は切れ味劣化にどのような影響を及ぼすかを明らかにしている。このようにして切れ味の予測およびその向上と耐久性向上のための対策を考察した。その内容を以下に説明する。

従来は刃先先端の形状は滑らかで、微小半径をもつと考えられていた。刃先の摩耗とともに刃先半径が大きくなり、これにともなって切れ味劣化が生じると考えられてきたわけである。試作した鋏のかえりが取れた状態の刃先を観察した結果、かえりが取れた跡が溝状になっていることを発見している。日本刀の刃先やジルコニア製セラミックなどで試作された刃物でも同様の知見を得ている。刃物の刃先は、マイクロなスケールで観察すると溝を形成して

いる2枚の刃からなっている事実を見出している。本論文では、この2枚刃を2次刃と名付けている。2枚の刃の間隔、すなわち溝幅は切れ味に大きな影響(相関係数 0.83 の負の相関関係)をもつことを示している。この事実は、SUS420J2製の市販の包丁について調査したものである。この他に、溝幅と切れ味の関係はSUH3 (HRC58)やSUS410 (HRC31), SUP10 (HRC55), セラミックス (HV1300), 炭素工具鋼 (HRC63)などの材質の試験刃についても調査され、同様の知見を得ている。

従来、刃物性能すなわち切れ味を定量的に評価する方法がほとんど存在しておらなかった。そこで、以下のような切れ味を定量的に評価する手法を提案し、その有効性を確認している。被切断材は、紙である。まず実用上許容しうる切れ味の限度を定め、切れ味がそこまで低下するまでの耐久試験回数を許容切れ味耐久限  $N_t^*$ 、そこに至るまでに本多式切れ味試験機で切断することができた紙の総枚数で全切れ味性能 TNP、そして TNP を許容切れ味耐久限  $N_t^*$  で除した値を使用感尺度と定義し、これらを切れ味評価の尺度として提案している。全ての試験用刃物についてこれらの尺度を求めて、切れ味性能がこれら尺度で実用的な精度でよく評価できることを確認している。

次に、第3章では、鋏でものを切る際に必要となる力の予測システムを構築する方法を示し、その手法に従って構築した予測システムの有効性を明らかにしている。すなわち、鋏の指孔に作用する鋏荷重を求めるために、刃先切断部におけるせん断荷重と曲げ荷重、さらに2つの刃先曲線の接触における摩擦荷重などから、回転中心(かしめ)に作用するモーメントを求め、このモーメントから指孔に作用する荷重を求める理論式を導いている。この式による力の予測精度を確認するため、対称鋏や非対称鋏について実際に紙を切り、計算値と実験値の比較を行い、計算値と実験値の間の相関係数はいずれも 0.901 から 0.981 の間にあり、実用レベルで十分な有用性が確認できたとしている。さらに、刃先と被切断材の間の摩擦状態から切断材料と刃先との滑りについても、予測するシステムを提案している。このシステムにより、滑り現象の有無を可視化することに成功している。

第4章では、第2章および第3章で事実を結論として総括して述べるとともに、刃物の切れ味向上に対する展望を述べている。

## 論文審査結果の要旨

刃物は人類の誕生時には石器として発明され、人類の進化とともに発展してきた。刃物の種類は、日用刃物では、包丁・鋏・カミソリなど多岐にわたり、工業用刃物としては半導体・ビニールシート・タイヤなどの各種の製造分野で使われている。この刃物の切れ味とその耐久性は、特に工業用刃物を使用する生産現場においては生産効率を左右する大きな要因となっているが、未だ経験と勘に頼っている部分が多く、工学的に改善すべき大きな課題となっており、実用レベルでの鋏の切れ味解析システムの開発が望まれている。

そこでこの研究では、引き切り方式により刃先先端を摩滅させる耐久試験機を開発し、耐

久試験中の刃物切れ味を切れ味試験機で調べるとともに、SEMによる観察を併用して切れ味劣化のメカニズムを明らかにしている。また、切れ味の主要因となる指孔に作用する鋏荷重を設計段階で予測する新システムを開発している。

第1章では、刃物全般の研究の歴史を概観している。本多、北見、鴨下、相田ら諸先輩の研究を詳細に検討して、従来の刃物に関する研究はもっぱらマクロな視点からのものであり、大掴みな理解に終始してきたことを述べている。

こうした理解に鑑み、第2章では種々の材質で作られた刃物の刃先先端形状を詳細に観察し、使用頻度とともにミクロ構造がどのように変化していくのか、またこの変化は切れ味劣化にどのような影響を及ぼすかを明らかにしている。このようにして切れ味の予測およびその向上と耐久性向上のための対策を考察した。その内容を以下に説明する。

従来は刃先先端の形状は滑らかで、微小半径をもつと考えられていた。刃先の摩耗とともに刃先半径が大きくなり、これにともなって切れ味劣化が生じると考えられてきたわけである。試作した鋏のかえりが取れた状態の刃先を観察した結果、かえりが取れた跡が溝状になっていることを発見している。日本刀の刃先やジルコニア製セラミックなどで試作された刃物でも同様の知見を得ている。刃物の刃先は、ミクロなスケールで観察すると溝を形成している2枚の刃からなっている事実を見出している。本論文では、この2枚刃を2次刃と名付けている。2枚の刃の間隔、すなわち溝幅は切れ味に大きな影響(相関係数 0.83 の負の相関関係)をもつことを示している。この事実は、SUS420J2製の市販の包丁について調査したものである。この他に、溝幅と切れ味の関係はSUH3 (HRC58)やSUS410 (HRC31), SUP10 (HRC55), セラミックス (HV1300), 炭素工具鋼 (HRC63)などの材質の試験刃についても調査され、同様の知見を得ている。

従来、刃物性能すなわち切れ味を定量的に評価する方法がほとんど存在しておらなかった。そこで、以下のような切れ味を定量的に評価する手法を提案し、その有効性を確認している。被切断材は、紙である。まず実用上許容しうる切れ味の限度を定め、切れ味がそこまで低下するまでの耐久試験回数を許容切れ味耐久限  $N_i^*$ 、そこに至るまでに本多式切れ味試験機で切断することができた紙の総枚数で全切れ味性能 TNP、そして TNP を許容切れ味耐久限  $N_i^*$  で除した値を使用感尺度と定義し、これらを切れ味評価の尺度として提案している。全ての試験用刃物についてこれらの尺度を求めて、切れ味性能がこれら尺度で実用的な精度でよく評価できることを確認している。

次に、第3章では、鋏でものを切る際に必要となる力の予測システムを構築する方法を示し、その手法に従って構築した予測システムの有効性を明らかにしている。すなわち、鋏の指孔に作用する鋏荷重を求めるために、刃先切断部におけるせん断荷重と曲げ荷重、さらに2つの刃先曲線の接触における摩擦荷重などから、回転中心(かしめ)に作用するモーメントを求め、このモーメントから指孔に作用する荷重を求める理論式を導いている。この式による力の予測精度を確認するため、対称鋏や非対称鋏について実際に紙を切り、計算値と実験値の比較を行い、計算値と実験値の間の相関係数はいずれも 0.901 から 0.981 の間にあり、実用レベルで十分な有用性が確認できたとしている。さらに、刃先と被切断材の間の摩擦状態から切断材料と刃先の間の滑りについても、予測するシステムを提案している。このシステ

ムにより、滑り現象の有無を可視化することに成功している。

第4章では、第2章および第3章で事実を結論として総括して述べるとともに、刃物の切れ味向上に対する展望を述べている。

このように本論文では、引き切り方式により刃先先端を摩滅させる耐久試験機を開発し、耐久試験中の刃物切れ味を切れ味試験機で調べるとともに、SEMによる観察を併用して切れ味劣化のメカニズムを解明している。また、切れ味を決定する主要因となる指孔に作用する鋏荷重を設計段階で精度よく予測しうるシステムを開発している。切れ味に優れた刃物を製造する上で役立ついくつかの情報を明らかにしたもので、学位論文審査委員会では学術上あるいは工業上寄与することが大であると結論した。

よって本論文は、博士（工学）の学術論文として価値あるものと認める。

## 最終試験結果の要旨

平成16年11月15日に学位論文の内容を中心として、またこれに関連した事項についての諮問を行った。主な諮問事項は、鋏や包丁などのマイクロな刃先形状の形成と摩滅の機構、材料のどのような特性が刃物の切れ味と耐久性を支配しているのか、切れ味試験機による結果と人間の感覚との間にギャップはないのかなど、刃先の改良に対する重要な事項であった。

論文提出者からは、いずれの事項に対しても十分な内容をもった回答が得られたので、最終試験にも合格したと判定した。