

刃物製品のブランド力向上のための切れ味評価技術の開発（第1報）

田中泰斗*、田中等幸*

Development of sharpness evaluation method to improve the brand power of cutlery products (I)

TANAKA Taito and TANAKA Tomoyuki

刃物の形状と切れ味には密接な関係があることが知られており、刃物形状の非破壊測定には共焦点顕微鏡や光切断法を用いた形状測定機などの非接触3次元形状測定機が使用される。本研究では、これら測定機により測定した複数の刃物形状を統合し、刃物の微視的な形状から巨視的な形状までを一括して解析・評価することが可能なシステムの開発を目指している。本年度は、刃先形状を平面に置き換える手法について検討を行い、刃先の点群データに対してRANSACによる平面推定とDBSCANクラスタリングを施すことで、複数の平面を分離・抽出できることを確認した。

1. はじめに

刃物の設計・開発には、形状測定、硬さ、金属組織の観察など様々な評価が必要である。刃物の形状と切れ味には密接な関係があり、刃先部分の小刃角や刃先角度が切れ味や耐久性に影響を及ぼすことが知られている。一般にこれら刃角度の測定は、刃物を切断・研磨することにより行われ、同一の刃物を繰り返し評価することはできない。

刃物が新品から寿命に至るまでの切れ味と刃先形状の関係を究明する試みはあるが、その変化過程を評価するためには、非破壊で高精度な刃物形状計測技術が不可欠である。本報告では、非接触3次元形状測定機を利用した刃物形状測定における課題について、測定方向が測定精度に及ぼす影響の面から整理する。また、刃物形状の評価に適した新たな評価システムの開発に必要な要素技術として、刃先の形状を複数の平面領域に分離・抽出する方法について検討したので報告する。

2. 刃物の形状的特徴と非接触3次元形状測定の課題

2.1 刃物の形状的特徴

本研究が対象とするのはナイフ形状をした刃物であり、被削物の切断に大きく寄与する刃先付近が最も重要な測定箇所となる。図1に代表的な刃先の構造を示す。

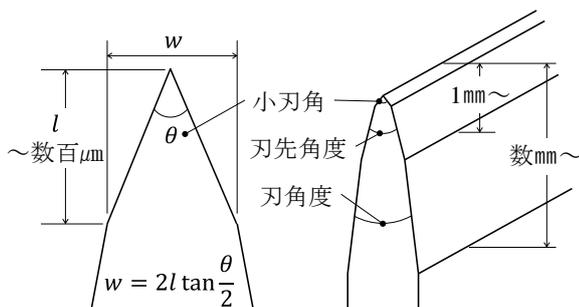


図1 刃物の刃先構造

一般に小刃角や刃先角度など刃先の評価には、数ミリメートル未満の微細な領域の形状を正確に測定する必要がある。一方で刃角度やブレード形状の評価には刃先と比べて巨視的な形状を測定する必要があり、必要な測定精度は評価部位により異なる。

2.2 非接触形状測定機による形状測定の課題

サブマイクロメートルの精度で3次元形状を測定が可能な測定機としては、レーザー顕微鏡をはじめとする共焦点顕微鏡や光切断法を用いた形状測定機があり、非破壊での刃先観察に利用されている。

これら非接触3次元形状測定機を利用した刃物の測定においては、刃先の先端方向から形状を測定することが多い。これは、一度の測定で刃先角度や刃角度等を測定するためであるが、急激に高さが変化する形状を測定するため測定原理からノイズが発生し易い。また、形状評価に利用できるデータ量も減少する。例えば、図1において、 $l=0.1\text{mm}$ 、 $\theta=30^\circ$ とすれば、刃物の先端方向から測定する場合の小刃片側の評価長さ ($w/2$) は約 $29\mu\text{m}$ となり、側面方向から測定した場合の約 $1/4$ のデータ量から形状を評価することとなる。このように、非接触3次元形状測定機による刃物の測定においては、側面から形状を測定することで、相対的に測定精度の向上が期待できる。ただし、刃角度等を評価するためには、表裏の相対する2方向から測定した形状を正確に結合する必要があり、位置合わせのための測定手法の確立と点群データ処理システムの開発が必要となる。

3. 刃物形状データに対する点群処理技術の応用

刃物の形状は様々であるが、刃先に限ればその形状は3次元空間における複数平面の集合と見なせる場合が多く、小刃角、刃先角度、刃角度などは、これら平面間の角度から求めることができる。そこで、非接触3次元形状測定機等により測定した刃物形状に点群データ処理技術を適用し、平面領域を抽出する手法を検討した。

* 金属部

3. 1 刃物形状の測定と点群処理

刃物形状の測定には、レーザー顕微鏡（（株）キーエンス製 VK9700）を使用した。測定した形状データは、汎用点群フォーマットのPCD（Point Cloud Data）形式に変換し、3次元データ処理ライブラリーのOpen3Dにより処理した。

3. 2 測定方向と形状ノイズ

カッター刃の刃先形状を図2、3に示す。図2は、刃先を先端方向から計測した形状である。全体的に点群は不均一であり小刃付近には点群の欠落が認められる。また、一部にノイズが認められ、この結果からも刃先の微細形状を先端方向から正確に測定することは困難であることが示唆された。

図3（a）は刃物の側面方向から刃先を測定した例であり、図2と比べてノイズの少ない形状が得られていることが分かる。刃の最先端部にランダムなノイズが発生しているが、図3（b）に示したように簡単なノイズ除去処理により除去可能であった。

3. 3 刃先形状からの平面抽出

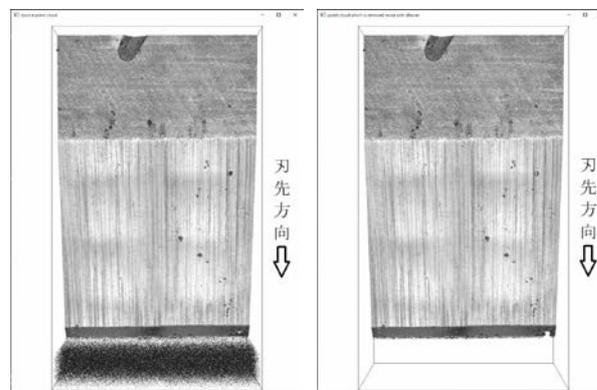
図4に、図3（b）のデータから複数の平面を抽出した結果を示す。平面の抽出にはOpen3DのRANSACによる平面推定を用いた。RANSACにより外れ値と判定された点群に対して平面推定を繰り返すことで、複数の平面を抽出できることを確認した。また、形状データには、平面推定から外すべきノイズや比較的小さな点群領域が含まれるため、平面推定の前処理としてDBSCANクラスタリングを施し、不要な点群の抽出、除去を行った。図5は、図4（a）に示した各点群領域をOriented Bounding Box（OBB）で表した結果である。隣接する面の境界部分で領域の重なりが生じているが、概ね正しく平面を分離・抽出できていることが分かる。

4. まとめ

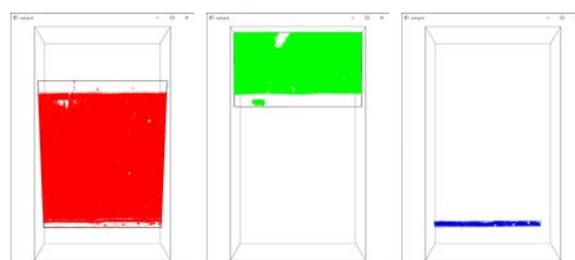
非接触3次元形状測定機による刃物形状測定において測定方向が測定精度に及ぼす影響について考察した。また、刃物形状の評価に必要な要素技術として、刃先形状を複数の平面に置き換える手法について検討を行った。

今後は、様々な非接触3次元形状測定機により測定した大きさや精度・精細度の異なる刃物形状を統合し、小

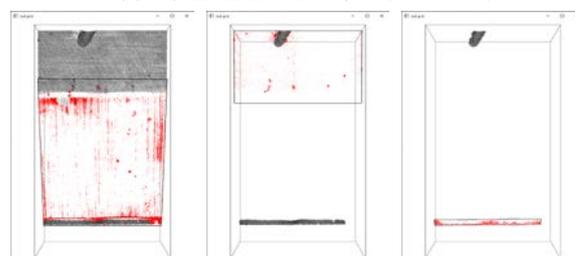
刃や刃先角度などの微細形状から刃角度、刃厚などの巨視的形状に至るまでの刃物形状を一括して解析することが可能なシステムの開発を目指す。



(a) 元データ (b) ノイズ除去後
図3 刃物側面からの刃先計測例



(a) 平面推定により抽出した点群



(b) 平面推定の外れ値と不要な点群

図4 刃先形状データへの平面推定の適用

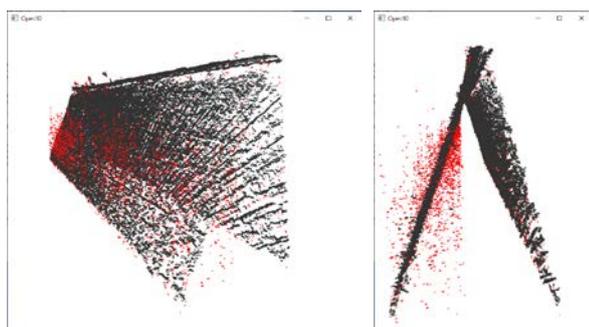


図2 刃物先端方向からの刃先計測例

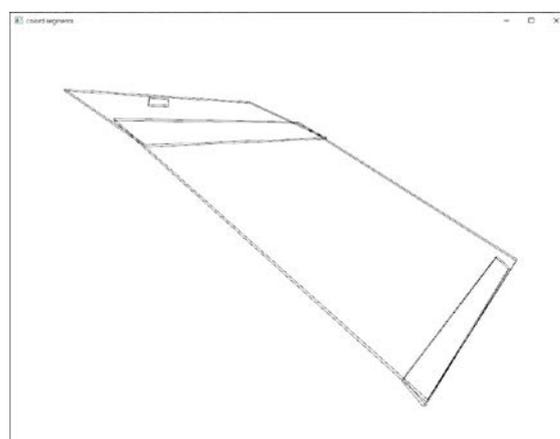


図5 平面推定により抽出した点群を含むOBB