

## レーザー変位計を利用した工具損耗の測定 ( 第二報 ) \*

若槻 正明\*\*、和合 健\*\*、堀田 昌宏\*\*  
飯村 崇\*\*、野川 健\*\*\*

著者らは、NC工作機械など無人加工中に生ずる工具損耗に起因する寸法不良などの低減を図るため、非接触式のレーザー変位計により常時加工工具の状態を監視し工具の損耗を自動で検知するシステムの開発を行ってきた。前回の実験では、工具の形状測定の測定は可能であったが、工具の刃先でのばらつきが大きく、精度的に満足いく結果が得られなかった。今回、検出部にCCDを使用した変位計を用いることにより、 $\pm 0.03\text{mm}$ の精度での測定を可能とした。

キーワード：測定、工具損耗、レーザー変位計、

## Measurement of Tool Failure Using a Laser Sensor

WAKATUKI Masaaki, WAGO Takeshi, HOTTA Masahiro,  
IIMURA Takashi and NOGAWA Takeshi

In order to reduce defective works on machine, we try to make a system which always keeps monitoring the state of tool and detecting tool wearing. Main component of the system is a laser distance meter which is obtained at cheap and easy to handle. We confirmed that it was possible to detect the tool wearing with an accuracy of about  $\pm 0.03\text{mm}$  by using a laser distance meter with CCD detector.

**key words : measurement, tool failure, laser sensor**

### 1 緒 言

無人での機械加工中の工具損耗の検知は、不良品を発生せずに、無人生産を安定化させる上で重要なことである。通常の作業では、ある一定時間使用したなら、工具に損耗が有る無しに関わらず工具を交換するという方法で行われる。しかし、この方法では異常摩耗や予期せぬ欠損などを検知することは不可能である。また、被削材、工具材種やワーク形状が種々あるなかで予め適切な工具交換時間を一意に決定することが困難なため、必要以上の早期交換時間を設定することにより工具経費を増大する傾向がある。したがって、生産機械の稼働中の工具を常に監視し、工具の損耗の検知を自動的に行うことができれば、適切な工具交換時期を知ることができ、前述の問題点の解決となる。さ

らに、計測データを工具材種と被削材種及び切削条件などの関連を求めめるためのデータベースとして活用する二次効果も期待できる。

一方、正確な摩耗を計るためには工具顕微鏡などを用いるが、生産機械の稼働中には使用できない。また、CCDカメラにより工具摩耗を検知する方法なども試みられているが、CCDカメラでは2次元平面の計測しか行えず、深さ方向の計測が行えないとともに、工具の刃先先端のノーズR部などの曲面形状を有する部分での計測は困難となる。これを補うためには、光干渉を利用するなど3次元の計測が行える手だてが必要となるため大がかりな計測装置となり、高価なものとなる。さらに、測定レンジの広い計測も困難となる。この点、レーザー変位計はそれ単一で

---

\* コンピュータ利用による生産技術のシステム化

\*\* 電子機械部

\*\*\* (有)小林精機

深さ方向のデータを直読可能であり、高精度でその測定レンジは広く、さらに安価である。

以上のことから、これまでレーザー変位計を用いた工具損耗の計測システムの開発を行い、前報告で受光素子にPSDを用いたレーザー変位計を使用した工具損耗測定の可能性について述べた。しかし、このタイプではエッジ部計測の不正確さや、面の状態の影響を強く受け精度的な安定が得られないため、今回受光素子にCCDを用いた反射面の影響を緩和する変位計を用いて実験を行った。この結果、エッジ部形状測定の不正確さも小さく、かつ摩耗計測でも良好な結果を得ることができた。

## 2 変位計の形状測定比較

まず、本実験に先立ち2種類のセンサーにより形状測定を行ない比較した。形状測定は前報告で使用した受光素子にPSDを用いたLC-2450(KEYENCE社製)と受光素子にCCDを用いたLK-030(KEYENCE社製)の表1に示す仕様のもを用いた。被測定物には、図1に示す切削加工用スローアウェイチップTN60(東芝タンガロイ製:材種サーメット、三角形ポジ、内接円径5.56mm、逃げ角11°、ノーズR0.4、チップブレード付)の刃先部の形状を測定した。測定範囲は横方向に0.05mmピッチで60点、これを縦方向に0.05mmピッチで35ラインの計5.25mm<sup>2</sup>の範囲で2,100点を計測した。この計測

表1 センサーの仕様

ヘッドユニット	LK-030	LC-2450
受光素子	CCD	PSD
最小スポット径	30×30μm	45×20μm
分解能	1μm	0.5μm
作動距離	30mm	50mm
測定範囲	±5mm	±8mm



図1 実験に使用したスローアウェイチップ

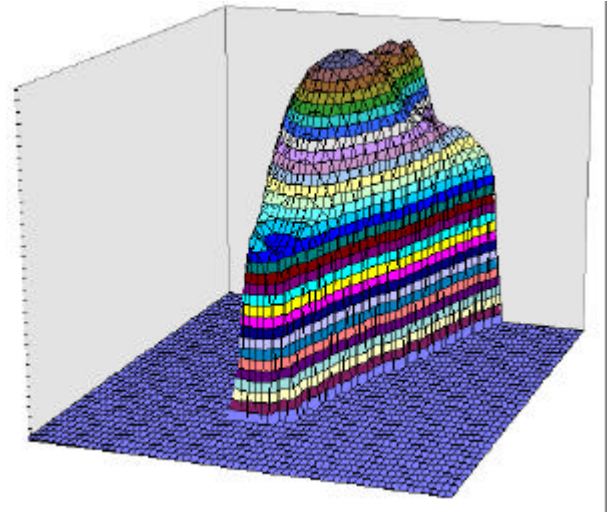


図2 PSD受光素子を使用測定結果

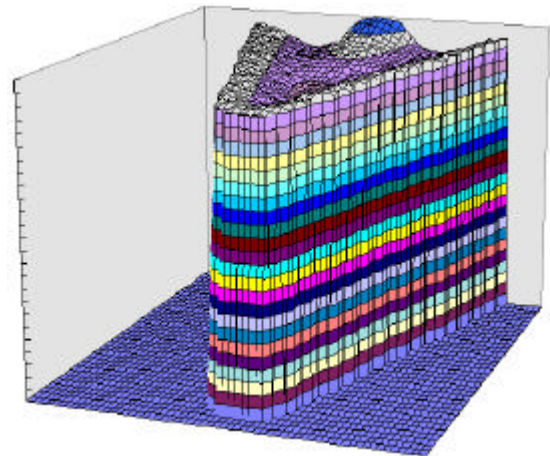


図3 CCD受光素子を使用測定結果

したデータに対し等高線処理を施し、三次元的に表示した結果を図2、図3に示す。これより、LC-2450ではチップの平坦部分での面の反射の影響を強く受け不正確な値となっており、また外周切れ刃のエッジ部分での形状のダレが大きいことがわかる。これに対し、CCDタイプのLK-030では平坦部の面の反射の影響を受けることなく、正確な値を示すとともに、また、外周切れ刃のエッジ部分の形状も正確に捕らえることが可能であることがわかる。表1から、分解能についてはLC-2450の0.5μmに対し、LK-030は1μmとその精度は劣ることがわかる。しかし、PSDを使用したLC-2450は、反射面の表面状態の影響を受け易く、受光部で全体の受光量の重心位置をピーク値として変位の計算を行っており、重心位置が真のピーク値と一致しないことによる誤差が大きくなる。これに対し、CCDを使用したLK-030では、受光量にばらつきが生じて、安定して光量のピーク値を検知できることから、金属面などの平坦な部分やエッジ部分などの反射光量の変化の度合いが強い部分での計測でも

安定した精度が維持できる。

この結果をもとに、LK-030を用いて摩耗の計測を行った。

### 3 実験装置の概容および実験方法

図4に実験装置の概容を示す。センサーヘッドを縦横に移動させるためのXYステージ(中央精機製:XYストローク±10mm、分解能0.001mm)を、治具を用いてNC旋盤(池貝製:ANC25)の刃物台に固定した。計測のデータはセンサーからのアナログ信号をアンプユニット・アナログユニットを介してA/Dボードよりパソコンに取り込まれる。また、同一のパソコンを使用しRS-232Cにより変位計が取り付けられているXYステージを0.01mm単位で制御し、データの取り込みを行なった。

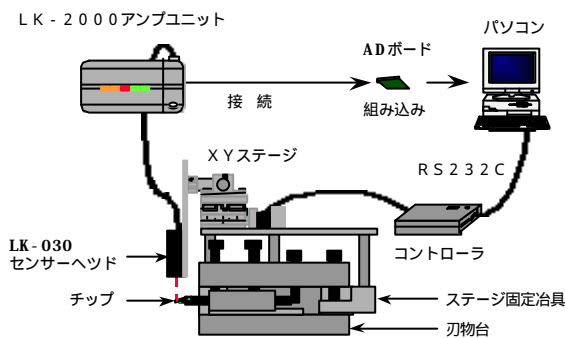


図4 実験装置の概容

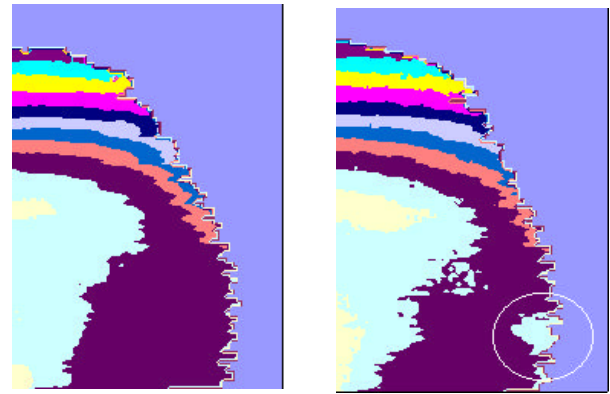
実験は、S45C(直径60mm)を切り込み0.2mmで端面加工を行い、その時のチップ刃先部分を計測し、同時に、その刃先部分の画像情報もビデオスコープで取り込む形で行なった。これを、随時繰り返し、摩耗の経過の目視による観察と変位計による計測を繰り返し行い、任意の摩耗域まで行なった。

チップでの摩耗測定範囲は、すくい面の先端から横方向に0.01mmピッチで100点の1.0mm、また縦方向に0.01mmピッチで150ラインの1.5mmの領域、つまり刃先周辺の1.0mm×1.5mm=1.5mm<sup>2</sup>の領域とした。

### 4 測定結果及び考察

図5に、加工前の未使用状態のチップ刃先部の測定結果と、端面加工を200回行った後のチップ刃先部の測定結果を示す。これらはいずれも取り込んだデータに対し、等高線処理を施した結果である。

この2つの処理結果から、未加工状態と加工を行ったものとは、図5(右)の丸印で示したような明確な違いが確認できる。この丸印の部分は加工により工具が摩耗し



未加工状態

端面加工 200回

図5 測定結果(等高線処理)

た部分と考えられる。図6に加工前の未使用時のチップ刃先部の状態の画像と、端面加工を200回行った使用後のチップ刃先部の画像を示す。この画像からわかるように、200回切削後のチップには、逃げ面摩耗が刃先周辺部に見られ、丸印で示す個所に切り欠け摩耗が見られる。これは、図5で示した丸印の個所と一致しており、変位計で摩耗部分を捉えることが可能であることがわかる。

摩耗量算出は、加工後のチップ刃先部計測データから未加工時のチップ刃先部の計測データを減算することにより求めた。図7(左)に演算結果の等高線データを示す。演算後、摩耗幅を算出するために図7(右)に示すように領

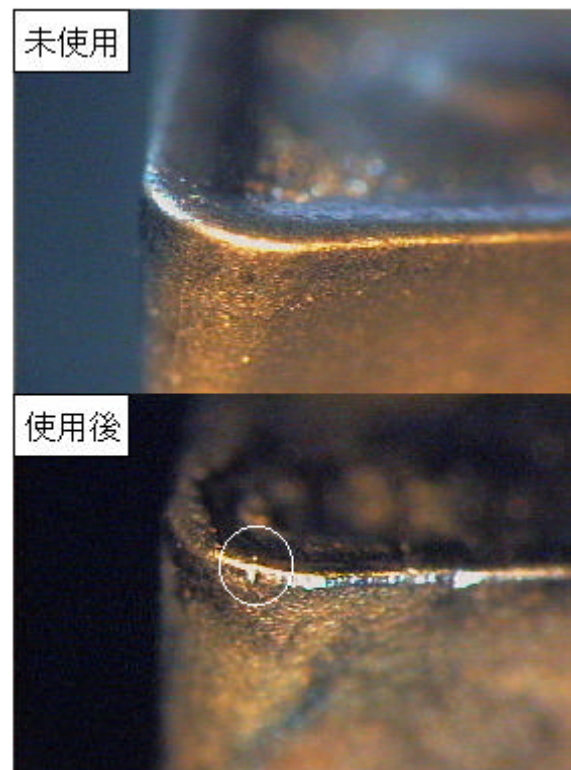


図6 未使用、使用後のチップの先端の画像

域をピクセル化し、このピクセルの個数を数えることにより摩耗幅を算出した。しかし、この状態ではノイズなども含まれており正確な摩耗量の算出は困難であることから、一般に画像処理で行われるラベリング処理を施し、面積の一番大きい部分を抽出し摩耗とした。図6(下)の画像からもわかるように、この方法では逃げ面摩耗などが排除されることになるが、ここでは製品寸法精度へ影響を及ぼす可能性の高い摩耗、すなわち刃先からチップ中央部分で面積が最大のを摩耗として処理した。なお、図6(下)の端面加工を200回行った時のチップは先部分における丸印の切り欠け摩耗の大きさは0.06mmとなる。さらに、この後摩耗が進行するまで加工を行い、摩耗域の最大幅をビデオスコープにより計測した値と、変位計により計測し算出した値の比較結果を表2に示す。これは、摩耗したチップ12個の比較を行ったものであるが、ビデオスコープと

表2 ビデオスコープとの比較

	マイクロスコープ	レーザー変位計	差
1	0.21	0.20	0.01
2	0.30	0.27	0.03
3	0.30	0.31	-0.01
4	0.34	0.34	0
5	0.21	0.20	0.01
6	0.33	0.35	-0.02
7	0.21	0.23	-0.02
8	0.19	0.20	-0.01
9	0.40	0.37	0.03
10	0.41	0.40	0.01
11	0.24	0.25	-0.01
12	0.26	0.25	0.01

が確認できた。すなわち、工具未使用時の状態と使用後の状態を比較することにより摩耗を0.01mmオーダーで判別することが可能である。

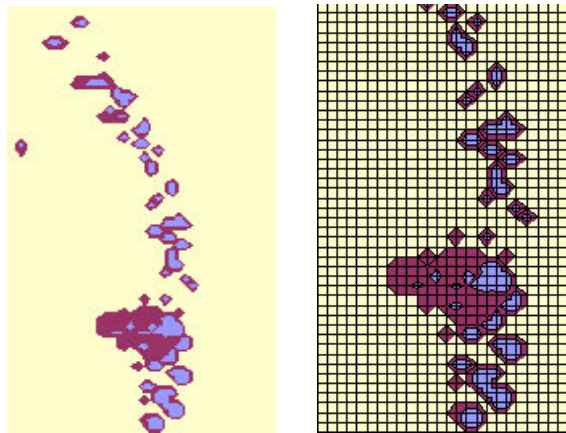
今回は、主に使用前後の工具形状を比較して摩耗を判断したが、今後は工具摩耗量の数値をオフセット値として、直接加工機械へフィードバックできるようにする。また、工具摩耗が被切削物へ与える影響と比較観察したデータ収集と、実際の加工現場へ設置し、油煙など環境が測定装置へ及ぼす影響の調査を行う。

以上の研究を進め、加工工具の監視システムの実用化を目指す予定である。

なお、本研究は平成9年度技術パイオニア養成事業ORT事業で実施した内容である。

文 献

- 1) 若槻、野川ほか：レーザー変位計による工具損耗の測定、岩手県工業技術センター研究報告、4、1997
- 2) 安藤光：レーザー変位計のFA分野への活用、省力と自動化、11、1988
- 3) 杉田、上田、稲村：基礎切削加工学、共立出版
- 4) 梅沢、菅野：超硬工具のカンドコロ、大河出版



演算結果

ピクセル化

図7 摩耗部の抽出

の測定誤差は平均で±0.03mmという結果となる。

5 結 言

レーザー変位計により工具の摩耗測定が可能であること