

使い易い刃物の評価システムの開発 (第2報)

小河廣茂、安藤敏弘、坂東直行

Development of evaluation system for kitchen knife used easily (II)

Hiroshige Ogawa, Toshihiro Ando, Naoyuki Bando

刃物の切れ味評価の現状は、本多式切れ味試験機を用いて紙束の切断枚数を切れ味と定義し評価を行っている。この方法では、実際の包丁を使用した時を想定した評価では無いため、刃物メーカーからの要望もあり、そうした観点から評価できる方法を模索し、新しい切れ味試験機を試作して評価を行った。この装置は、切断方法がプログラム変更可能であること、切断動作における切断荷重の変化を捉えることができることが分かり、実用可能性を示すことができた。

1. はじめに

現在岐阜県の包丁の年間出荷額は全国1位である。しかし2002年以降市場シェアは10%程度減少しており、今なお世界的な不況の中、国内全体の包丁の年間出荷額も20%以上減少し、これらを打開する対策が急務となっている。

従来刃物メーカーにおいては、素材や製造技術を中心とした商品開発が行われており、ユーザーの視点に目を向けたアプローチはなされていない。また、包丁の切れ味の評価方法も限られた項目しか検査できていないのが現状である。

そこで、ユーザーの視点に配慮した製品開発の推進と実的な刃物の切れ味評価システムについて検討した。

2. 実験

2.1 システム構成

装置の仕様を表1に示す。これは、三菱電機製の6軸多関節ロボット本体とコントローラ及びワコーテック製の6軸力覚センサをロボットハンドに装着したシステムで構成されており、コントローラとPC、力覚センサとPCは、それぞれUSB接続により、ロボット制御(プログラム入力、姿勢状態監視など)と荷重データの取り込みができる。装置写真とシステム構成を図1及び図2に示す。

なお、安全柵及びインターロック機構を設け、安全のため、作動中(切断動作中)は開閉できないような仕組みとし、誤ってインターロックを解除すると緊急停止が働く。

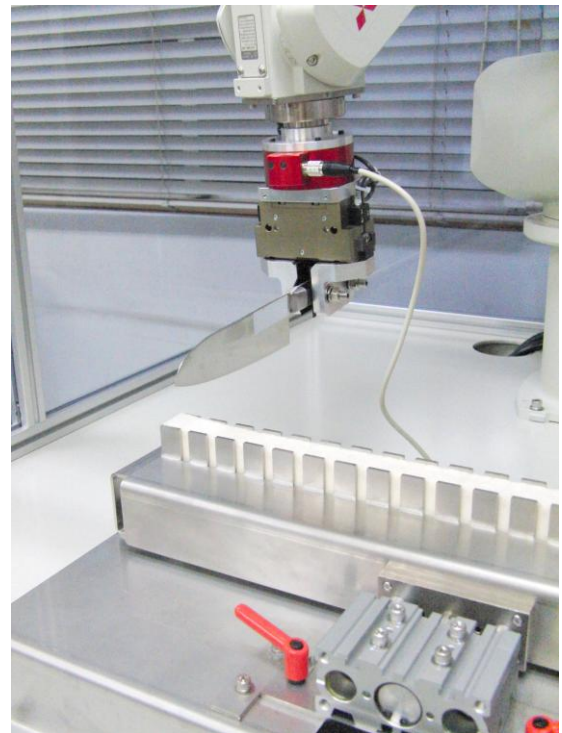


図1 切れ味試験機

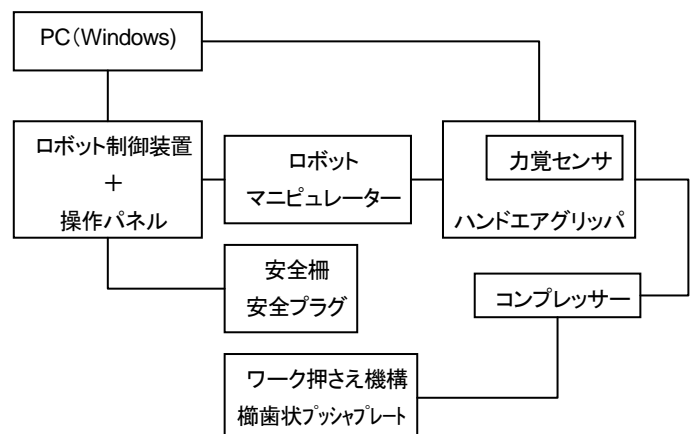


図2 システム構成

表1 仕様

ロボット本体 RV-3SD	
動作自由度	6
動作範囲	J1:340°
	J2:225°
	J3:191°
	J4:320°
	J5:240°
	J6:720°
可搬質量	定格 3kg 最大 3.5kg
位置繰返精度	±0.02mm
最大合成速度	5500mm/sec
コントローラ CR1D-721	
位置指示方式	ティーチング方式、MDI 方式
記憶容量	指示位置数:13000 点
	ステップ数:26000step
	プログラム本数:256 本
インタフェース	RS-232C
	イーサネット 10/100BASE-T
	USB(Ver. 1.1)
力覚センサ WD-6A200-4-A	
定格荷重	Fx, y, z 軸:200N
	Mx, y, z 軸:4Nm
最大静的荷重	F 軸:1000N M 軸:10Nm
出力形態	アナログ/デジタル(USB, RS-232C)
応答周波数	1kHz

2. 2 包丁による切断評価試験

図3に示した力覚センサで、力の3軸成分(Fx, Fy, Fz)、モーメントの3軸(Mx, My, Mz)の6軸成分を同時に検出することが可能で、作用する力の方向と大きさに対応した信号が得られる。

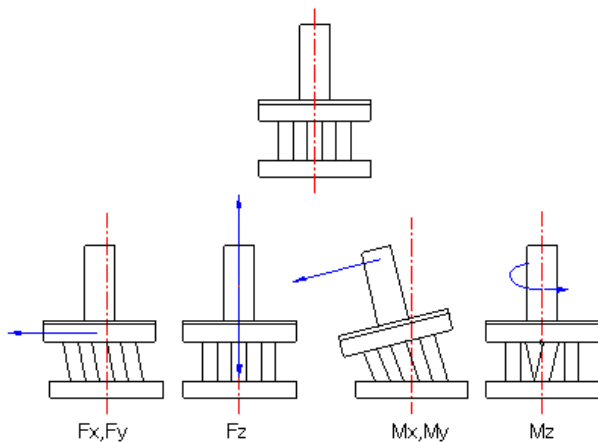


図3 6軸力覚センサの負荷原理

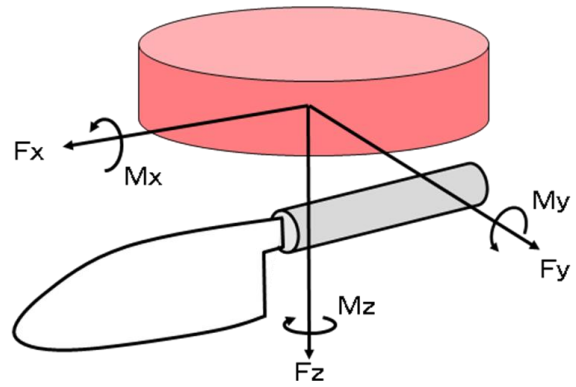


図4 6軸力覚センサと包丁の位置関係

6軸力覚センサと包丁の位置関係は、図4に示した様に、X軸方向に包丁の切っ先を向けて取り付け、この軸に沿って切断する。包丁の刃先の形状によって、Z軸方向に若干回転させて取り付ける。

切断荷重に作用する関係式は以下のとおりである。

$$合成力 \quad F = \sqrt{Fx^2 + Fy^2 + Fz^2}$$

$$合成モーメント \quad M = Mx + My + Mz$$

剛体にいくつかの力が影響しているとき、その剛体は回転する場合と回転しない場合があるが、回転しないときは力のモーメントが釣り合っているため、 $M = 0$ となる。

切断動作は、引き切りと押し切りで実験した。

3. 結果及び考察

3. 1 切れ味評価試験結果

本システムによる切れ味試験を実施し、センサからの信号を記録し、表2及び図5～8の結果を得た。

A～Dの試験条件は、被削材の種類が異なる。

A: フェルト ウール 60%、標準密度 0.25g/cm3

大きさ: 24×30×500mm

B: フェルト ウール 100%、標準密度 0.34g/cm3

大きさ: 25×25×500mm

C: フェルト ウール 100%、標準密度 0.63g/cm3

大きさ: 25×25×500mm

D: ポリウレタン

大きさ: 25×25×500mm

結果を見てみると、図7から、被削材C即ち硬い素材は、My 値が測定限界値を超えていることが分かるが、力覚センサの荷重許容範囲を超えているため、数回切断動作を繰り返した後、途中で止まるという不具合が発生した。ロボットの許容可搬質量を超えたためと推測する。以上からこの被削材については、物理的に使用不可である。また、図5から被削材Aについては、切断動作

中の荷重の変化が少ないため、事象を正確に捉え難い。
 図6から被削材Bは最も評価に適しており、切断動作中の荷重変化も上手く捉えていることが確認できる。また、D即ちポリウレタン素材についても同様に実験したが、この場合素材の粘性が大きく、切断時に包丁に張り付いて素材が変形するという事態が発生したため、評価には適さないと判断する。図8に示されたように荷重変化は大きく捉えられているが、前述した理由によるもので、正確に評価できる値ではないと考える。

図6から、切断荷重の変化は、 $F_x > F_z > M_y > M_z > M_x > F_y$ の順に大きく捉えられている。このことは、真っ直ぐに包丁を動かしているため、回転運動は無く、あまり影響のない成分 M_z, M_x, F_y については、変化量が小さいということが分かった。

切断動作について見ると切り初めから荷重が増して行くが、ある程度から先は下降している。これは、包丁先端が被削材を貫通したため、一時的に負荷が少なくなったためと思われる。また、被削材を押さえる機構として側面で空気圧によって固定する方法を取ったが、実際の包丁による切断動作では、上から押さえることはあっても横から押さえることはしない。そのため、切断時、余計な圧力が被削材及び包丁に加わってしまい想定しない負荷量が発生しているのではないかと懸念もある。今後はこれらの影響を少なくするため、被削材の固定方法および切断軌跡、切断速度についても検討したいと考えている。

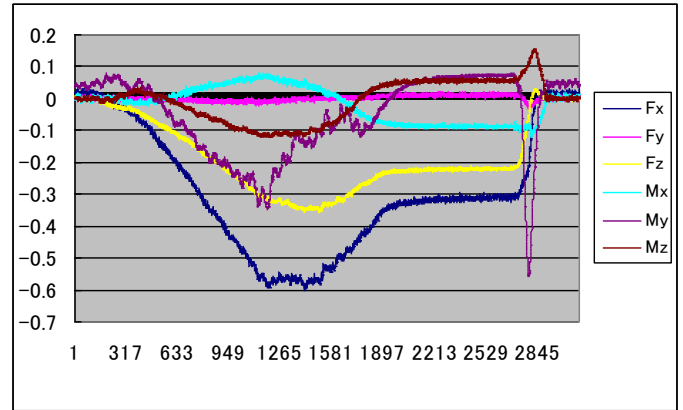


図6 被削材Bによる切れ味評価試験

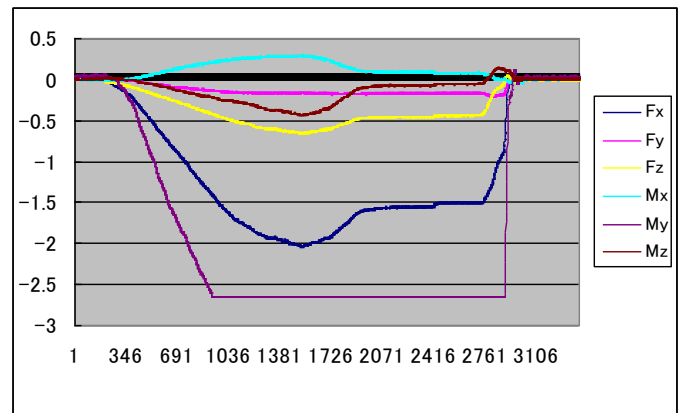


図7 被削材Cによる切れ味評価試験

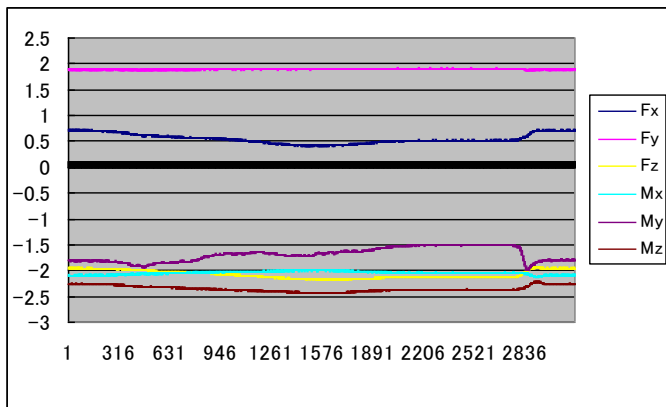


図5 被削材Aによる切れ味評価試験

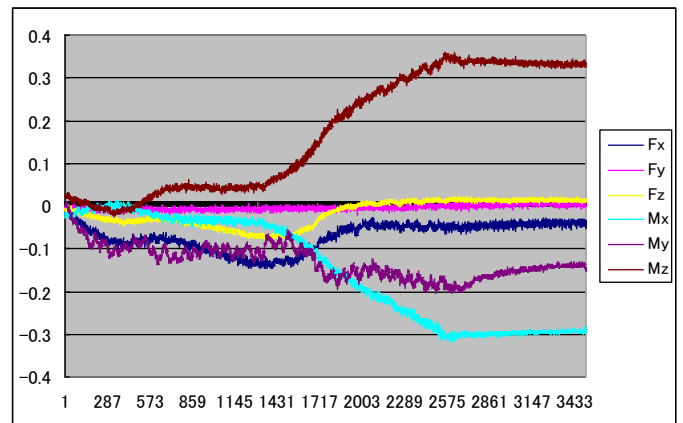


図8 被削材Dによる切れ味評価試験

表2 切れ味評価試験結果

最大値	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
A	0.726	1.916	-2.178	-2.128	-2.006	-2.437
B	0.031	0.022	0.03	0.08	0.08	0.157
C	-2.051	-0.216	-0.664	0.304	-2.653	-0.442
D	-0.146	-0.022	-0.078	-0.318	-0.205	0.361
平均値	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
A	0.551756	1.896007	-2.07551	-2.04331	-1.68698	-2.35122
B	-0.28984	0.001163	-0.18029	-0.01772	-0.0493	-0.00655
C	-1.10293	-0.11215	-0.32979	0.111537	-1.79359	-0.12134
D	-0.07056	-0.0031	-0.01662	-0.14862	-0.1295	0.174178

4. まとめ

これまで本多式切れ味試験機を使い、切断枚数のみで切れ味を評価してきたが、様々な種類の包丁があり、様々な切り方で使われている状況の中で、より現実的な評価をするために、新しい手法による評価を提案することができた。特徴は、切断動作（軌跡）を何種類でも変えることができること、切断時の荷重変化を計測することができることである。但し、切断動作はあらかじめプログラミングしておかなければならず、簡単にその場で作成するには、そこまで使い勝手の良いシステムではない。また、被削材はこれまでの紙束に変わり、フェルトを選定した。厚みがあり連続的な評価が可能である。一度のセットで20回まで切断動作を繰り返し、計測できるが、切れ味耐久性試験を行うためには、被削材の自動供給及び自動取り替えを行うなどの装置の改良（拡張）が必要となる。さらには、切れ味評価のための理論の確立がまだできておらず、それぞれの値が示す要因の分析と切れ味の関係を明らかにしていく必要があると考えるが、今後の検討課題としたい。

【参考文献】

- 1) 経済産業省 工業統計調査, 平成12~18年, 工業統計表「品目編」データより
- 2) 株式会社ワコーテック取扱説明書 DynPick (静電容量型6軸力覚センサ)
henni/jiten/laser02.html

Abstract

It was able to propose a new method of evaluating the sharpness of the kitchen knife. It is a device with the function that the Honda sharpness examination machine that has been used up to now doesn't provide.

The feature of this device is as follows.

The cutting method can be changed by the program. The change in the load when cutting it can be caught.

There is a practical possibility enough.