

- 研究 -

# 家具部材の最良歩留まり切削

- マイクロコンピュータによる演算と計測制御 -

白川 真也 野崎 兼司  
佐藤 眞

## The Best Cutting Order for Furniture Parts

- Calculation, measurement and control with a micro computer -

Shinya SHIRAKAWA  
Makoto SATO

Kenji NOZAKI

Studies were made to find out the best method of calculating the least cutting volume and height that is corresponding to the warps of furniture parts, and a micro computer was applied to automatical measurement, calculation and posture control. The results are summarized as follows:

1. As for posture control, when thickness irregularity was small, the parts should be inclined on a height basis. On the other hand, when the irregularity was large, they should be inclined on a volume basis.
2. Compared with the skill of an expert, some yield improvement was expected of our system.
3. As for automatic control, either the hardware or the software presented no problem in operation, and their correctness was confirmed to be of practical use.

家具部材の狂いに対応した最少切削体積と高さを求める演算法についての検討を行い、マイクロコンピュータを用いて、自動計測・演算・姿勢制御を行った。結果をまとめると、以下のとおりである。

- 1) 姿勢制御の方法としては、厚さ変動が小さい場合には高さ基準で、また、その変動が大きい場合には体積基準で傾斜させるのが良いと考えられる。
- 2) 熟練者との比較において、歩留まり向上の有効性を見いだす事ができた。
- 3) 自動制御については、ハードウェア・ソフトウェアとも問題なく作動させる事ができ、その精度は実用的なものである事を確認した。

## 1. はじめに

家具製造等において、主として乾燥過程で生ずる狂いを切削加工して、加工基準面を決定するむら取り作業は、熟練者の経験と勘により行われているのが現状であり、このため、様々な変形に対応した最良歩留まり切削は難しく、また、自動化も遅れ労働災害の原因の一つにもなっている。

この様な事から、手押しやかな盤作業を例にとり、種々の被削材の狂いに対応し、最少の切削体積及び切削高さを算出する方法を検討し、マイクロコンピュータを用いて自動的に変形量の測定・最少切削体積・最小切削高さを算出、及び駆動試験装置を用いての最適位置への姿勢制御を行った。

なお、本研究は中小企業庁の昭和58年度技術開発研究費補助事業「木製品加工におけるマイクロコンピュータ活用技術に関する研究」の分担研究として行われ、日本木材学会北海道支部研究発表会（昭和59年11月、旭川市）で報告したものである。

## 2. 狂いの分類と熟練作業者の切削方法

マイクロコンピュータを用いた実験に先立ち、あらゆる変形に対応した最良歩留まりとなる位置の算出方法を見いだすため、被削材の狂いを測定し、パターン分類を行った。



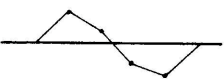
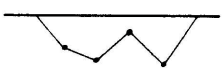
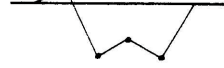
第1図は、含水率10%に乾燥したミズナラ製材95本の狂いを測定し、パターン分類したものである。

これによると、A型とB型を同一のパターンとみなすと、4つのパターンに分類する事ができ、A型とB型で全体の77%であった。C型は8%、D型は14%、E型は1%の割合を占めた。

次に、同様の理由により、熟練作業者の作業方法の分析を行った。

この結果、曲がり、ねじれのある材では、被削材の凹面を下にして3点を接触させ、透き間の出来た1点の透き間量が $1/2$ になる様に、被削材を傾斜させて切削する方法が一般的であった。

この方法では、被削材のねじれ量が材長方向にわたって一定量ずつ増加している場合には切削高さ、切削体

分類	パターン例
A	
B	
C	
D	
E	

第1図 各種パターン分類

積とも少なくなると思われるが、複雑な変形の被削材には対応しきれなくなる場合もあると思われる。

## 3. 試験装置

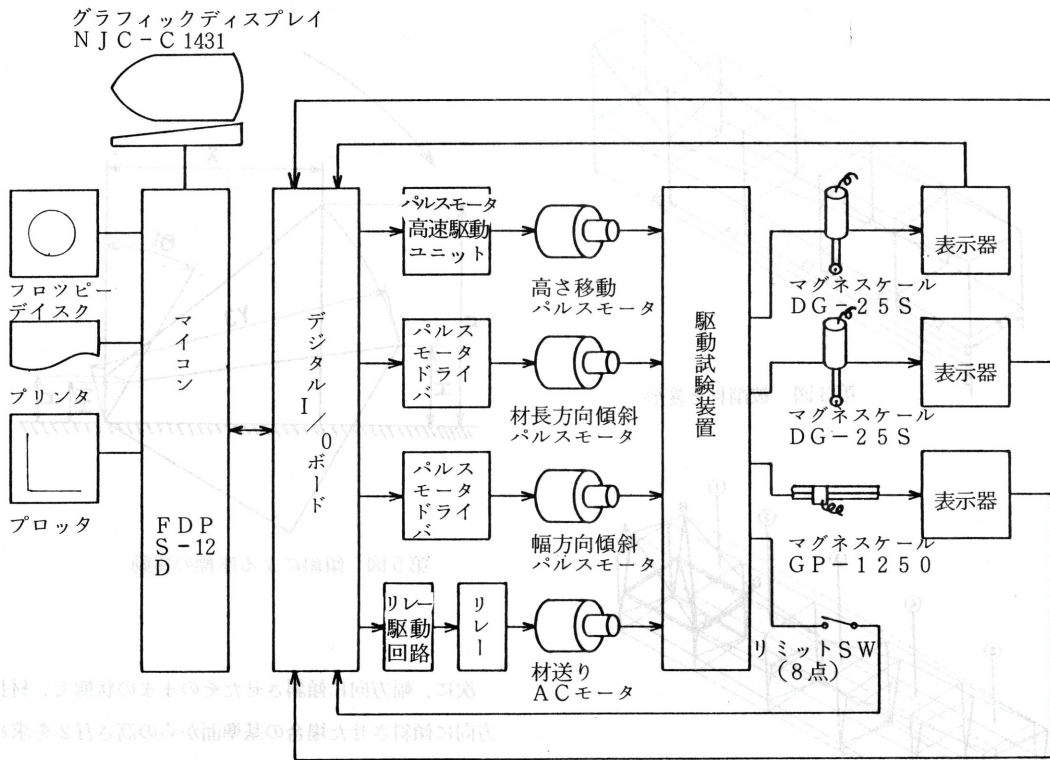
第2図に装置の概要を示す。変形量の測定には、マグネスケールDG-25Sを使用した。

マイクロコンピュータは、FDPS-12D(CPU: Z80A)言語はFORTRANを用いた。マイクロコンピュータでは、測定装置から送られてきた変形量に基づき、最適位置演算、図形処理、駆動試験装置制御等を行う。

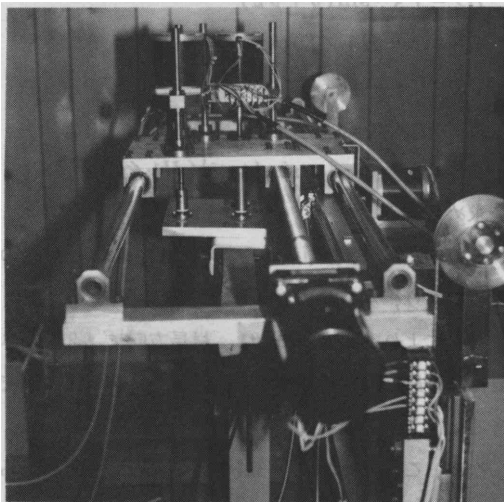
駆動試験装置は、被削材の変形量測定の際の材送りと、マイクロコンピュータで演算した最適位置への姿勢制御を行うものであり、被削材の幅方向及び材長方向の傾斜と、高さ移動及び材送りを行うことができる(写真)。

被削材の材長方向及び幅方向の傾斜には、パルスモータとボールネジを用い、移動量は、1パルス当たり0.005mmとした。

高さの移動にもパルスモータを用い、その移動量は、



第2図 システムのハード構成



駆動試験装置

1パルス当たり0.00125mmである。

材送りには、ACモーターを使用し、その移動量の検出には、有効長1250mmのマグネスケールを取りつけて、サンプリング位置の検出に用いた。また、各軸にはリミットスイッチを設け、装置のオーバーランに対

処した。

ただし、本装置は実験室レベルでの使用を前提にしたもので、実用に供する事はできない。また、試験に際し、グラフィックディスプレイや Yプロッタ等も用いた。

#### 4. 演算方法

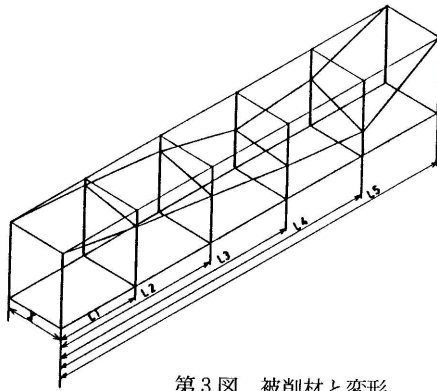
先述の変形パターン、熟練作業者の作業分析から、最小切削高さ及び最少切削体積となる被削材の傾斜方法についての検討を行い、本試験においては、以下の方法により、切削高さ及び体積と被削材の傾斜角を算出することとした。

第3図の様な変形を持つ被削材の場合、第4図の様に横方向に 1、縦方向に 2 傾斜させるとする。

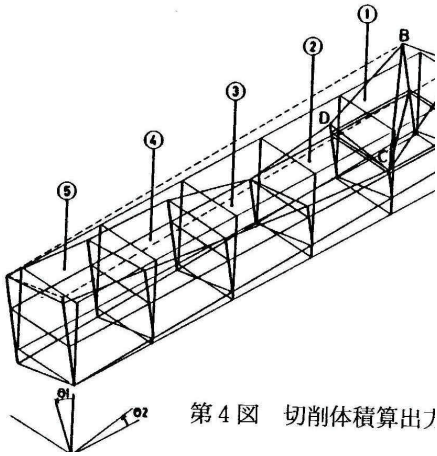
1 傾斜させた場合の各点の座標は、第5図において

$$H1 = Y3 \cdot \sin(\theta + 1) \dots \dots \dots (1)$$

で求められる。



第3図 被削材と変形



第4図 切削体積算出

ここで、 $H1$ はもとの基準面からの高さであり、 $Y3$ は傾斜軸から各座標までの直線距離である。

は座標原点から各座標を結んだ線の初期傾斜角である。

座標が傾斜軸上にある場合、 $Y3$ は変形量であり、は90度である。

座標が傾斜軸上にない場合には、変形量を  $h$  とすると、

$$= \tan^{-1}(h/x) \dots \dots \dots (2)$$

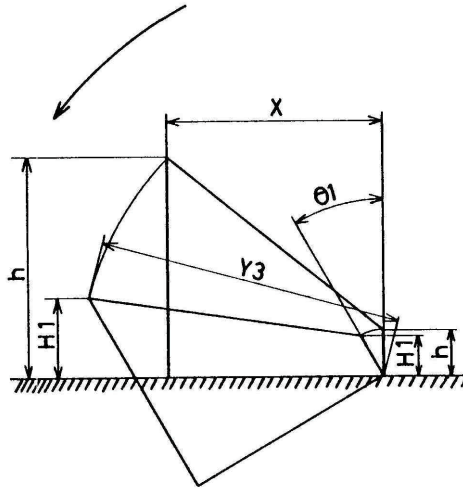
で求められ、

$$Y3 = / \cos \dots \dots \dots (3)$$

で求められる。よって(1)式に(2)・(3)式を代入すると、

$$H1 = / \cos \{ \tan^{-1}(h/x) \} \sin \{ \tan^{-1}(h/x) + 1 \}$$

でもとの基準面からの高さが求められる。



第5図 傾斜による座標の移動

次に、幅方向に傾斜させたそのままの状態では、材長方向に傾斜させた場合の基準面からの高さ  $H2$  を求めると、これも全く同様にして、

$$H2 = Y3 \cdot \sin(\theta + 2)$$

$$= \tan(H1 / L)$$

$$Y3 = L / \cos$$

$$H2 = L / \cos \{ \tan^{-1}(H1 / L) \}$$

$$\cdot \sin \{ \tan^{-1}(H1 / L) + 2 \}$$

で求められる。

ここで、 $L$ は座標原点から各座標までの材長方向の長さであり、第3図における  $L1 \sim L5$  である。

これにより、幅方向に 1、材長方向に 2 傾斜させた際の最終的な基準面からの高さを算出することができる。

次に、この  $H2$  の中から最小値を求め、各  $H2$  から差し引くと、切削高さが算出される。

切削体積はこれを基にして算出した。  $H2$  の中の最小値を  $P$  とすると、基準面からの長さは

$$H3 = (H2 - P) / \cos 1 / \cos 2$$

である。

第4図において、ブロックを例に体積を計算すると、4点の基準面からの長さのうち、最小の点はC点

であり、この点を  $H3(C)$  とすれば平行六面体部分の体積は

$$V_1 = H3(C) \cdot \cdot L$$

であり、その上の部分の体積は、 $C$ 点を頂点とする2つの四角錐の和として考えられ、幅方向を底面とした四角錐の体積は、

$$V_2 = 1/3 \cdot \{ \{ H3(A) - H3(C) \} + \{ H3(B) - H3(C) \} \} / 2 \cdot \cdot L$$

材長方向を底面とした四角錐の体積は、

$$V_3 = 1/3 \cdot \{ \{ H3(D) - H3(C) \} + \{ H3(B) - H3(C) \} \} / 2 \cdot L \cdot$$

である。

よって ブロックの体積は

$$V1 = V_1 + V_2 + V_3$$

で算出される。

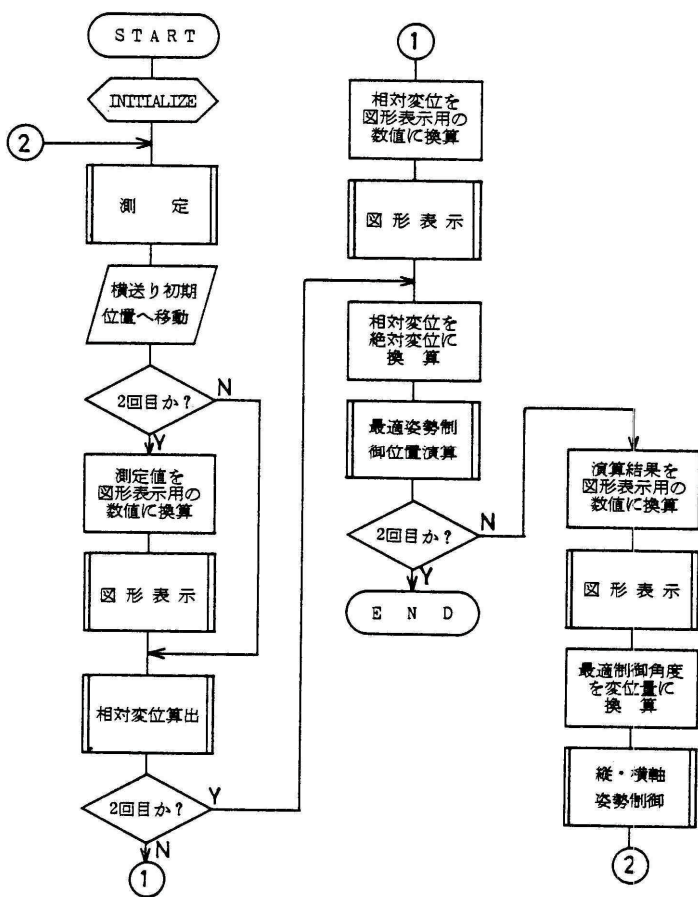
このようにして ~ までのブロックの体積を算出し、その総和を全体の切削体積とした。

傾斜角度は、初期状態で0.5度ずつ変化させて、体積もしくは高さを比較し、最少体積または最小高さとなる角度を見だし、次に角度の変化量を  $1/2$  にして同様の繰り返しを行う。この事を数回繰り返し、角度の変化量が0.001度になるまで行い、最小高さ、最少体積となる傾斜角度を算出した。

### 5. フローチャートと試験方法

フローチャートを第6図に示す。アクチュエータに被削材をセットし、メインプログラムをスタートさせると、材送りモータが駆動し、指定ポイントにおける

変形量を測定する。最終ポイントの測定が終了すると、被削材は初期位置へ戻され、検出した変形量を3点を零にした場合の相対変形量に換算すると同時に、その時の初期傾斜角を算出する。次にその相対変形量をグラフィックディスプレイ及び - Yプロッタ表示用の数値に換算して、図形表示を行い、相対変形量に基準面からの距離を加えて、被削材が3点接触した場合の最適制御角度の演算を行う。この演算が終わると、演算結果に基づき、幅方向及び材長方向に傾斜させた場合の図形表示を行い、算出した角度をセンサの変位に換算する。次にセンサがこの変位量になるように、幅方向、材長方向、高さの各モータを動かす、姿勢の制御

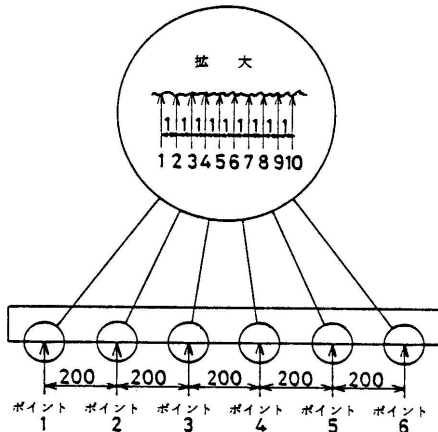


第6図 メインプログラム フロ-チャート

を行い、再度材送りを行って、図形表示、応答の確認を行い、終了する。

試験材は、厚さ 27mm、幅 50mm、長さ 1,100mmのミズナラ及び雑力バの乾燥製材を用いた。

測定方法は、前述のマグネスケールを被削材の幅方向の両端に設置して、被削材を材長方向に送って第7図に示すように、1mmおきの変形量を10点測定したものの平均を1ポイントの変形量とし、200mmおきに片側6点、両側で12点の変形量を測定した。



第7図 変形量測定方法

## 6. 結果及び考察

### 6.1 熟練者との比較

第1表に 24本の被削材を用いて行った熟練者による切削方法に対する、最少切削体積となる切削方法（体積基準）と最小切削高さとなる切削方法（高さ基準）の比率を示す。

第1表からも明らかなように体積基準の場合は、切削体積は少なくなっているが、切削高さは大きくなっている。高さ基準の場合は、高さ、体積ともに少なくなっており、一般的には、高さ基準による切削が適当

と思われる。しかし、複雑な変形の場合や、厚さ変動が大きい場合には必ずしもこのことは当てはまらないと思われる。

第8図～第10図に熟練者による切削方法と、前述の方法による比較を示す。

(1)が熟練者、(2)が高さ基準、(3)が体積基準により切削する場合である。太線で示した下方が切削面、上方が変形面である。

第8図はC型の変型であるが、高さにおいては(1)に比較して(2)は0.33mm、(3)は0.16mm低くなった。体積においては、(1)に対して(2)は80%、(3)は75%である。

しかし、厚さ変動が全くないと仮定し、表裏両面を切削した場合には、(2)は90%、(3)は95%となる。

第9図は、E型の変型を持った被削材である。高さは(2)が0.5mm低く、(3)は0.37mm高くなった。体積は、それぞれ、57%、48%である。同様に、厚さ変動が全くないとした場合には、(2)が80%、(3)は115%となった。

この様に、厚さ変動の少ない場合には、高さ基準による切削が歩留まり向上において有利である。しかし、片面の切削体積に限って考えれば、体積基準の場合が有利であることがわかる。すなわち、厚さ変動が大きい被削材で、片面の切削体積を極力少なくしたい場合等においては、最少切削体積となるような被削材の傾斜により、切削する事が有効であると思われる。

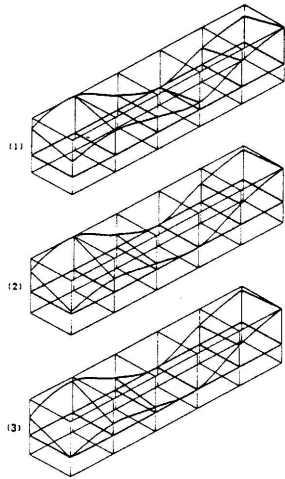
第10図は、D型の変型を持った被削材である。高さは(2)が0.08mm減少と大差は見られず、(3)は0.55mm増加した。体積は、(2)が95%とあまり差は見られず、(3)は49%と1/2程度に減少した。厚さ変動がないとした場合には、(2)は98%、(3)は114%となった。

体積基準の場合は、片面の切削体積において、かなりの差が見られ、また、実際の切削高さも熟練者の場合で3.8mmと、かなり大きくなっている。このため、右端の一部分を切断する等の方法で有効厚さを得、他用途への利用が望ましいと思われる。

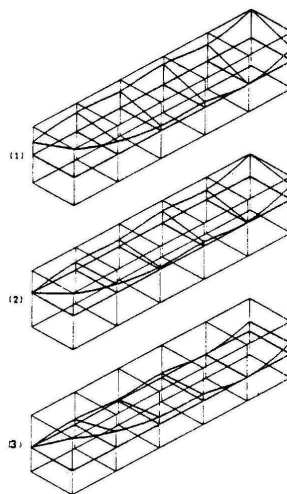
この様に、それぞれの変形や、厚さむらにより、切削方法や、前処理等においての違いがあり、個々の被削材の様々な変形に対応した適切な処理を行うことに

第1表 熟練者に対する比率

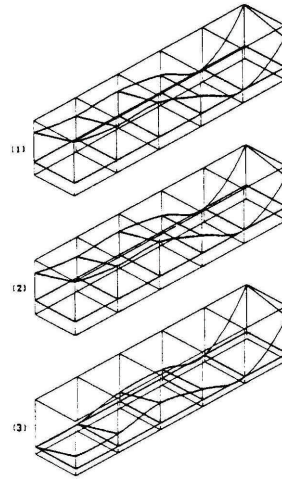
方法	切削高さ(%)		切削体積(%)	
	平均	範囲	平均	範囲
体積基準	116.24	83.40～159.04	69.58	45.75～95.54
高さ基準	93.39	76.81～99.63	85.07	65.99～99.51



第8図 熟練者との比較



第9図 熟練者との比較



第10図 熟練者との比較

よって、歩留まり向上を図る必要があると思われる。

### 6.2 マイコンによる自動制御

測定 演算 制御を駆動装置を用い、試験材24本について試験を行ったところ、制御の誤差は最高で0.35mm、最小で0.02mm、平均で0.08mmであった。

誤差原因としては、センサー先端部がローラー型であるため、測定の際と、姿勢制御後の結果の確認の際とで接触部分が異なること、また、駆動装置の精度による誤差等が考えられる。

しかし、乾燥した製材の場合、表面粗さは0.1mm程度はあり、また、木工機械の切削寸法精度等も考慮すると、今回の試験装置を用いた場合の自動制御においては、良好な結果を得ることができたと言える。

## 7. まとめ

1)最良歩留まり切削については、表裏の厚さ変動の大小によって切削方法が異なり、厚さ変動が少ない場合には、切削高さが最小となるように、また大きい場合には、切削体積が最少となるように被削材を傾斜させて切削する方法が有効である。また、材端に極端な変形がある場合等には、一部分の切断等により有効厚さを得ることが望ましい。

2)熟練者との比較の結果、歩留まり向上についての

有効性を見いだす事ができ、作製した演算ソフトが妥当であることが確認できた。

3)コンピュータコントロールによる自動制御は、本試験装置による場合においては、実用的な精度の計測制御を行う事ができたが、実用化に際しては、駆動装置の精度を向上させる等の必要がある。

以上の演算方法及び自動姿勢制御装置を発展させて、実用規模の自動機械を製作した場合、切削をしてみなければ分からなかった最終的な厚さについてあらかじめ予見することもできるため、規定厚さの得られない被削材の事前チェック及び他用途利用の指示も可能であり、熟練者による方法ではぎりぎりで規定厚さに達しなかった被削材も規定厚さに達することができる可能性も出てくると思われる。また、製材する際に削り代に余裕を持って決めていた木取り厚さを極力小さくする事もできると思われる。

さらに、木作業の中で、比較的多いとされている手押かんな盤作業の労働災害においては、その減少に大いに役立つものと思われる。

- 試験部 林産機械科 -  
(原稿受理 昭60.7.12)