

# アルミ材の3次元加工条件の最適化

機械技術部 ○南晃, 市来浩一

(有) 新光エンジニアリング 竹中幸三

## 1. はじめに

近年, 機械加工の分野では三次元加工を行う機会が増加している。三次元加工では曲面の加工を行い, 刃先と切削点の位置関係・加工条件などが一定でないため加工条件の設定が困難である。

本研究ではアルミ材の三次元加工実験を行い, 品質工学の手法を用いてデータを解析し, 切削加工条件の最適化を試みた。

## 2. 実験の方法

### 2.1 実験の計画

被削材はマシニングセンタ (三井精機VT3A) を使用して所定の削り代を残して荒加工する。次に図1に示す形状に加工を行う。加工後は, 三次元測定機 (ミットヨLEGEX707) で形状を測定し, 品質工学の手法を用いて解析を行う。

### 2.2 制御因子

三次元加工において加工精度に影響を及ぼすと思われる要因を8つ選んで制御因子とした。制御因子と水準値を表1に示す。これらの要因をL<sub>18</sub>直交表に割り付けた。

### 2.3 信号因子

NC工作機械で加工を行うとき, 指令された寸法どおりに加工できることが理想である。本実験では信号因子を図2に示すように, 高さ3, 5, 7mmにおける円すいの直径をそれぞれM1=14mm, M2=10mm, M3=6mm, 円すいの高さをM4=10mmとした。

### 2.4 誤差因子

図1に示すように, 同一条件で同一形状を3個削ることで誤差因子とした。

## 3. 実験の結果

### 3.1 実験結果の解析

NC工作機械への指令値をM, 加工寸法をyとすると  $y = \beta M$  の関係が成立することが理想である。このことからゼロ点比例式のSN比を求めて解析を行った。解析結果を表2に示す。

これらのSN比から各制御因子の効果を求めるために, 制御因子の各水準ごとのSN比を求め (表3), 分散分析を行った。各制御因子の要因効果図を図3に示す。

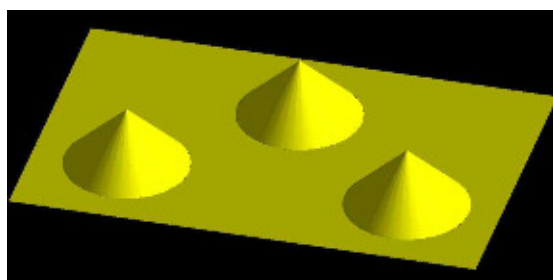


図1 加工形状のCADデータ

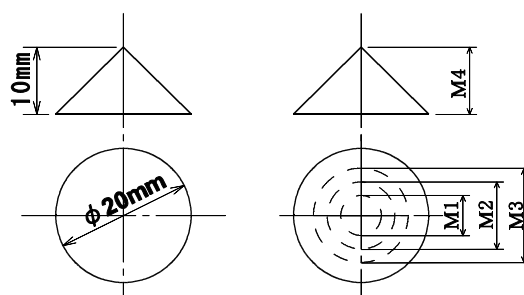


図2 信号因子

表1 制御因子と水準値

列	記号	制御因子	単位	水準値		
				1	2	3
1	A	加工方向	—	UPCUT	DOWNCUT	—
2	B	切り込み	mm	0.25	0.5	1
3	C	切削速度	m/min	100	200	400
4	D	送り量	mm/刃	0.0250	0.050	0.100
5	E	工具種類	—	a	b	c
6	F	締付トルク	kg.m	強	中	弱
7	G	切削油	ℓ%/min	なし	9	18
8	H	パスの種類	—	A	B	C

工具 φ5BEM	
a	ハイスXPM-EBD
b	ハイスコートV-XPM-EBD
c	超硬MG-EBD

パスの種類	
A	フォロボケット外→内
B	フォロボケット内→外
C	ジグザグ

### 3. 2 利得の推定

以上の結果をもとに最もSN比の高い組み合わせの最適条件と最も低い組み合わせの最悪条件の推定を行い、最適条件と最悪条件の推定値の差である利得を計算した。分散分析の結果、効果の大きい切り込み量、パスの種類、切削速度、加工方向の4つの要因を用いて推定を行った。計算式は下式のとおり。

最適条件の推定

$$\hat{\mu} = B_1 + H_1 + C_1 + A_1 - 3\bar{T}$$

$$= 13.32 + 12.18 + 11.85 + 9.62 - 7.044 \times 3 = 25.84$$

(dB)

最悪条件の推定

$$\hat{\mu} = B_3 + H_3 + C_2 + A_2 - 3\bar{T}$$

$$= 3.16 + 3.12 + 2.81 + 4.46 - 7.044 \times 3 = -7.58 \text{ (dB)}$$

利得を計算すると

$$\text{最適条件} - \text{最悪条件} = 25.84 - (-7.58)$$

$$= 33.42 \text{ (dB)}$$

### 3. 3 確認実験

実験結果の再現性を検討するために表4に示す条件で確認実験を行った。

確認実験の結果を表5に示す。

## 4. 結果および考察

本実験は、アルミニウム材の三次元加工において、形状精度にどのような要因が影響するかを品質工学の手法を用いて検討したものである。

切り込み量、パスの種類、切削速度、加工方向などの要因が大きく影響することがわかった。

確認実験の結果、最適な条件の組み合わせで加工を行うことで形状精度は高まることがわかった。しかし、表5におけるSN比の利得は推定値に近いほど再現性は良いと言えるが、今回の実験では半分程度であった。

今回の実験は、アルミ材を被削材として円すい形に加工する実験を行った。三次元加工では加工条件は変動することから、加工形状やパスの種類、被削材など色々な要因を考慮した実験を行う必要がある。

表2 解析結果

行	SN比 $\eta$	感度 S	行	SN比 $\eta$	感度 S
1	34.92	-0.040	10	15.36	0.063
2	15.05	0.024	11	-1.43	0.357
3	6.93	0.020	12	9.08	0.099
4	6.41	0.357	13	7.75	0.291
5	7.90	0.240	14	-3.42	0.719
6	1.67	-0.030	15	7.61	0.224
7	3.12	0.476	16	3.54	0.407
8	2.17	0.296	17	-3.43	0.855
9	8.45	0.178	18	5.12	0.115

表3 分散分析の補助表

因子	SN比 $\eta$ の平均			感度Sの平均		
	1	2	3	1	2	3
加工方向 A	9.62	4.46	—	0.17	0.35	—
切り込み B	13.32	4.65	3.16	0.09	0.30	0.39
切削速度 C	11.85	2.81	6.48	0.26	0.42	0.10
送り量 D	8.76	8.00	4.37	0.32	0.21	0.25
工具種類 E	6.66	7.31	7.16	0.27	0.23	0.27
締付トルク F	8.69	7.83	4.61	0.25	0.24	0.29
切削油 G	10.08	6.56	4.49	0.27	0.27	0.24
パスの種類 H	12.18	5.84	3.12	0.15	0.20	0.42

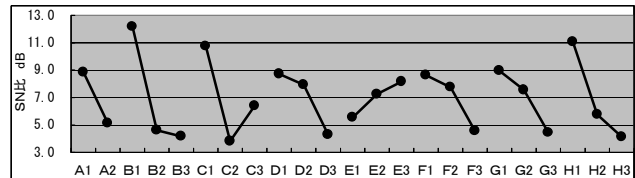


図3 要因効果図

表4 確認実験の条件

制御因子	単位	最適条件	最悪条件
加工方向	A	1 UPCUT	2 DOWNCUT
切り込み	B mm	1 0.25	3 1
切削速度	C m/min	1 100	2 200
送り量	D mm/刃	1 0.025	3 0.1
工具種類	E	2 b	1 a
締付トルク	F kg.m	1 強	3 弱
切削油	G 潤滑/min	1 なし	3 18
パスの種類	H	1 A	3 C

表5 確認実験の結果

	推定値	確認実験
最適条件	25.84	15.03
最悪条件	-7.58	-1.08
利得	33.42	16.11