

粗 さ 測 定

装置開発系技術室 磯 谷 章

1. はじめに

工作技術センターの日常業務では、工作実習のほか研究室からの委託業務として数多くの実験・研究用機器、材料試験片等を製作している。これらの製作図面には、表面状態まで指示している図面から全く指示の無いものまで様々であるのが現状である。また、製作にあたり表面粗さは、作業者のこれまでの経験によるところが大きく、改めて表面粗さを測定することもなかった。

そこで今回の研修では、この表面粗さを再認識するために、最新の J I S 規格（2001年1月改正）を学ぶと共に、日頃使用している工作機械の加工条件と表面粗さの関係をデータベース化する第1歩となるよう、代表的な加工事例についての表面粗さを測定したので報告する。

2. 表面粗さとは

物の表面は一見滑らかで平坦に見える。しかし、加工工程により、うねりを含んで滑らかな表面から粗い表面まで常に粗さを持っている。表面粗さとは、部品表面の種々の凹凸の重畳している中から、ある定められている方法と定義（JIS B0601, JIS B0651）によって、表面粗さ成分を取り出し、解析して量的に表したものである。

代表的なものとして最大高さ(Rz)は基準長さにおける粗さ曲線の山高さ Zp の最大値と谷深さ Zv の最大値との和、算術平均高さ(Ra)は基準長さにおける Z(x) の絶対値の平均（図1）。

3. 研修内容

3.1 粗さについての最新 J I S 規格の確認

表面粗さに関する J I S 規格は2001年1月改正された。表1に JIS B0651 製品の幾何特性仕様(GPS) - 表面性状：輪郭曲線方式 - 触針式表面粗さ測定機の特徴、表2に JIS B0601 製品の幾何特性仕様(GPS) - 表面性

状：輪郭曲線方式 - 用語、定義及び表面性状パラメータの主な変更点を示す。

3.2 粗さ測定のデータ処理の流れ

図2(a)に示すように断面曲線は、実表面とそれと直角な平面との交線として表され、測定曲線は対象面上を指針先端でなぞったときの指針の中心の軌跡として表される。これをAD変換したものが測定断面曲線であり、これをカットオフ値 λs の低域フィルタをかけた断面曲線にカットオフ値 λc の高域フィ

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx$$

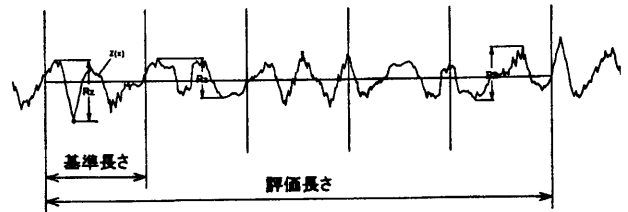


図1 表面粗さ

JIS B0651:1996		JIS B0651:2001	
触針 材質	ダイヤモンド	指定なし	60° (90°)
角度	60°, 90°	触針の平均位置における静的測定力	触針の平均位置における静的測定力
測定力	触針の平均位置における静的測定力	先端半径(μm)	静的測定力(mN)
	2	0.7	2
	5	4	5
	10	10	10
		<small>(注)触針の平均位置における静的測定力の最大値は、付け替え方式の触針など、特殊な構造のプロープでは4.0mNとする。</small>	
λc mm	λs μm	λc/λs	最大rip μm
0.08	30	2.5	2
0.25	100	2	0.5
0.8	300	2	0.5
2.5	900	8	1.5
8	25	300	10
			5

表1 表面粗さ変更項目 JIS B0651

	JIS B0601:1994	JIS B0601:2001
断面曲線(P)	対象面に直角な平面で対称面を切断した時に、その切り口に現れる輪郭	測定断面曲線にカットオフ値 λs の低域フィルタを適用して得られる曲線
粗さ曲線(R)	断面曲線から所定の波長より長い表面うねり成分を位相補償高域フィルタで除去した	カットオフ値 λc の高域フィルタによって、断面曲線から長波長成分を遮断して得た輪郭曲線
うねり曲線(W)	断面曲線から所定の波長より短い表面粗さの成分を位相補償低域フィルタで除去し	断面曲線にカットオフ値 λf 及び λc の輪郭曲線フィルタを順次かけることによって得られた輪郭
フィルタ	カットオフ値 λc 位相補償高域フィルタの利得が50%になる周波数に対応する波長	輪郭曲線フィルタ λs 粗さ成分とそれより短い波長成分との境界を定義するフィルタ λc 粗さ成分とうねり成分との境界を定義するフィルタ λf うねり成分とそれより長い波長成分との境界を定義するフィルタ
パラメータ	6種類: Ra, Ry, Rz, tp, Sm, S(全て粗さ曲線から算出する)	42種類(P, R, Wそれぞれの曲線から算出) 曲線 パラメータ P Pa Pz ... R Ra Rz ... W Wa Wz ...

表2 表面粗さ変更項目 JIS B0601

ルタをかけたものが粗さ曲線、カットオフ値 $\lambda_c \sim \lambda_f$ の帯域フィルタをかけた物がうねり曲線となる (図 2 (a))。この輪廓曲線を利用し、表面の状態を表すパラメータを算出する。

3.3 簡易測定機を用いた粗さ測定

測定には、Mitutoyo 製ポータブル粗さ測定機 (SJ-301) を用いた。本測定機はデータ演算・出力をする演算指示部と触針のある駆動検出部により構成されている (図 3)。

測定対象は旋削面、フライス加工面、ワイヤ放電加工面とし、これらの表面粗さを測定した。ただし、本測定機は、JIS 規格 1996 仕様となっており、今回の測定は旧規格のもとに最大高さ R_y 、算術平均粗さ R_a の測定を行った。

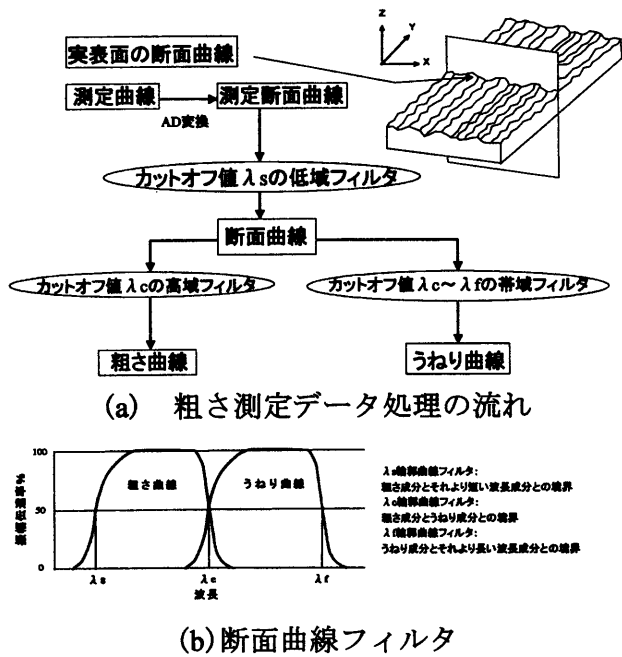


図 2 粗さ測定

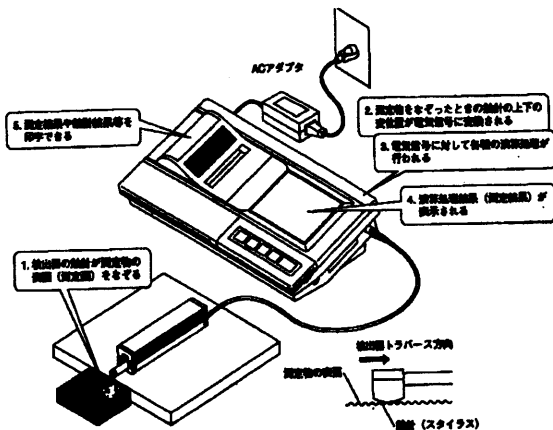


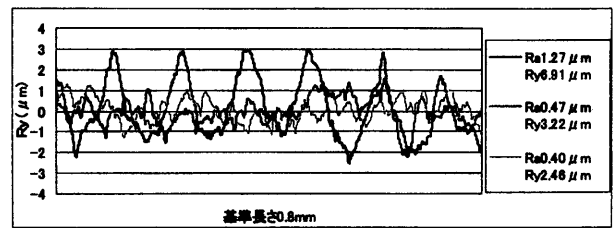
図 3 粗さ測定機

に使う 0.07mm/rpm を基準とし、前後 0.05mm/rpm、0.13mm/rpm とした。刃物は京セラ製セラチップ TN60 ノーズ半径 0.4mm を用いた。測定結果を図 4 に示す。

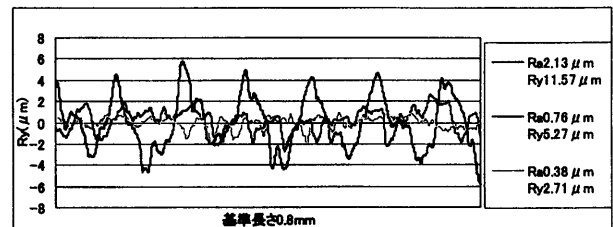
3.3.1 旋削面粗さ

旋削面粗さのサンプルとして、当工作技術センターにおいて、日常作業でよく使用する 4 種類の材質 (ジュラルミン A2017、黄銅、SUS304、S45C) について製作した。切削速度は 80m/min とし、切り込み量は半径 0.1mm とした。送り速度は、当方で通常仕上げ加工用

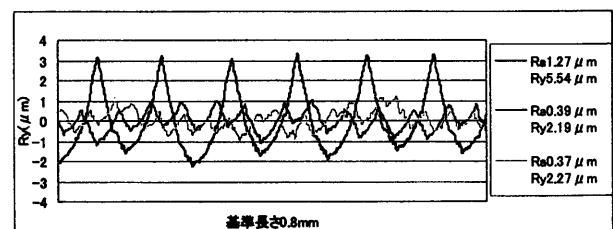
— 切削速度80m/min — 送り0.07mm/min — 送り0.05mm/min
送り0.13mm/rpm
切り込み量0.1mm



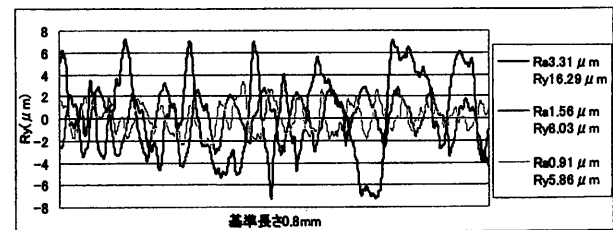
(a) ジュラルミン A2017



(b) 真鍮



(c) ステンレス SUS304



(d) 鉄 S45C

図 4 旋削加工面粗さ

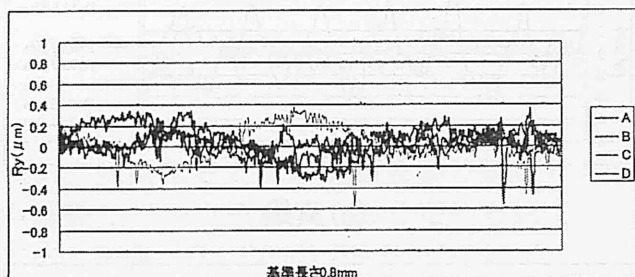
図からわかるようにジュラルミン A2017、SUS304 については、切削性も良く、送り速度に応じた表面状態が確認できた。S45C の表面状態は、日常の加工において、視覚的にも良い表面状態が得られずこれを数値的に証明することとなった。これは旋削チップの交換等である程度の向上は可能である。

3.3.2 フライス加工面粗さ

フライス加工では、ジュラルミン A2017 を用い日常業務の仕上げ加工の条件および更に加工面状態を改善するため、送り速度を小さくした加工条件で加工を試みたが、何れも場合においても表面は良好な状態であった (図5)。これは切削速度が十分に出ているため、切り込み量、送り速度にはあまり影響さないものと思われる。

	切り込み量 (mm)	送り速度 (mm/min)	Ra (μm)	Ry (μm)
A	0.9	210	0.12	0.85
B	0.2	210	0.09	0.95
C	0.5	300	0.12	0.84
D	0.5	100	0.08	0.97

(a)加工条件



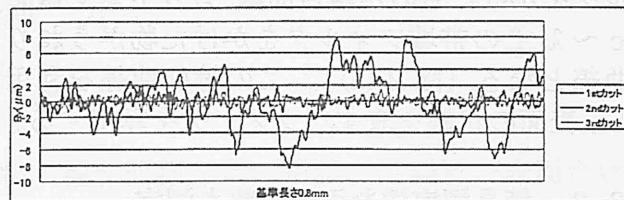
(b)表面粗さ

図5 フライス加工面粗さ

3.3.3 ワイヤ放電加工面粗さ

ワイヤ放電加工ではソディック製 SM300 を用いて材料 SKD11 を 1st カットから 3rd カットまで行い、加工面の表面粗さにを簡易表面粗さ計にて測定した。結果を図6に示す。1st カットと 2nd、3rd カットの表面状態の違いは非常に大きいことがわかる。

十分な表面状態を得るためには、2nd カット以上が必要であることがわかる。また、メーカーデータとのほぼ一致することも確認できた。



1st カット 2nd カット 3rd カット
Ra 2.52 μm Ra 0.64 μm Ra 0.53 μm

図6 ワイヤ放電加工面粗さ

3.4 工作センター製品のデータベース化

図7のような、当工作センターに於いて日常製作している製品について、幾つかの製品の表面粗さを測定した。結果を図8に示す。旋削品の割合が多く、ワイヤ放電加工品については、今回は1点の測定におわり、偏った結果となつたが、今後完成の製品について更にデータを収集していく必要がある。

ワイヤ放電加工 1st カット以外、何れの加工においても Ra 1 μm 以下となっており、製品の表面状態としては、製作依頼者が満足できるものと言える。



12mmエンドミル 旋削 ワイヤ放電
回転数700回転 C: Ra=0.32 μm E: Ra=3.44 μm
A: Ra=0.82 μm D: Ra=0.34 μm
B: Ra=0.27 μm

図7 工作センター製品例

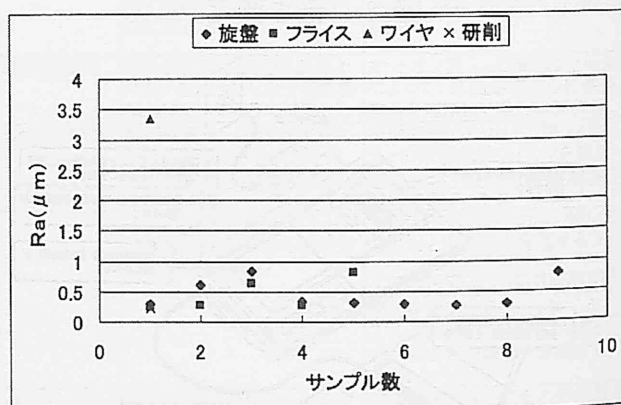


図8 工作センター製品表面粗さ

4. まとめ

今回の表面粗さの講習により、以下のような成果を得ることが出来た。

- ・最新の表面粗さの J I S 規格についての知識が得られた。
- ・表面粗さ測定機操作がマスター出来た。簡易測定器であるので短時間に気軽に測定できることがわかった。
- ・工作技術センター製作物の表面粗さについて数値的に表すことができ、また現状粗さについて把握できた。
- ・現状は、製作依頼図面に表面粗さの指示がないのが大半であり、ほぼ全ての加工において算術平均粗さが $R a 0.3 \sim 0.5 \mu m$ に加工できている過剰品質気味である。これは、企業においては作業時間、つまりコストに直接跳ね返ってくるものであり、今後は当工作センターにおいても作業時間の短縮、コスト削減の考えを浸透させていく必要がある。
- ・製作依頼者は、表面粗さ指示記号と実際の表面状態（視覚的、感覚的）が結びついていないのが現状であると思われる。今後はサンプルを交え表面粗さについて、指示の徹底につとめる必要がある（図9）。

参考規格：

JIS B0601:2001, JIS B0610:2001, JIS B0651:2001
JIS B0031:1994

研修参加者（敬称略）：

三輪宜弘、松野貞雄、石野健英、佐原和芳、岩澤充弘、神尾恒春、岡本哲幸

参考文献：

株式会社ミツトヨ：SJ-301 サーフテストユーザーズマニュアル

算術平均粗さ Ra		面の粗さの表示	最大高さ Ry		十点平均粗さ Rz		Ry・Rzの 基準長さ (mm)	従来の 仕上げ記号	
標準数値	カットオフ値 (mm)		標準数値	標準数値	標準数値	標準数値			
0.012 a	0.08	$0.08 \sqrt{\lambda} / \sim \sqrt{\lambda} /$	0.05 s	0.05 z	0.08	▽▽▽▽			
0.025 a			0.1 s	0.1 z					
0.05 a			0.2 s	0.2 z					
0.1 a			0.4 s	0.4 z					
0.2 a	0.25	$0.25 \sqrt{\lambda} / \sim \sqrt{\lambda} /$	0.8 s	0.8 z	0.25	▽▽			
0.4 a			1.6 s	1.6 z					
0.8 a			3.2 s	3.2 z					
1.6 a			6.3 s	6.3 z					
3.2 a	0.8	$0.8 \sqrt{\lambda} / \sim \sqrt{\lambda} /$	12.5 s	12.5 z	0.8	▽▽			
6.3 a			25 s	25 z					
12.5 a			50 s	50 z					
25 a			100 s	100 z					
50 a	2.5	$2.5 \sqrt{\lambda} / \sim \sqrt{\lambda} /$	200 s	200 z	2.5	▽			
100 a			400 s	400 z					
—			—	—			—	—	~
—			—	—			—		

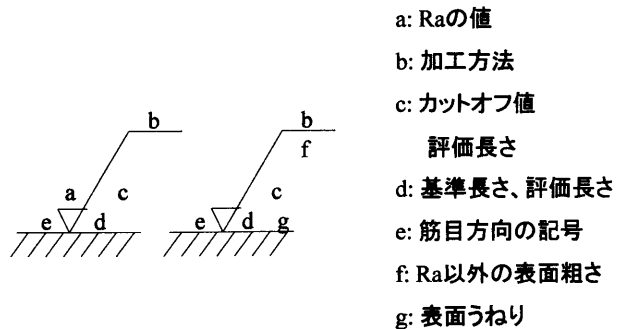


図9 表面粗さ表記方法