

MT システムを用いた表面粗さ曲線の解析

精密・電子・航空技術部門

製品表面の 1/1000mm オーダーの微細な凹凸、いわゆる表面粗さには様々な評価パラメータがありますが、実際にはあまり活用されていません。そこで、粗さの呼び値が同じで、加工方法の違う表面粗さ標準片を測定し、加工表面の違いを判別できる粗さパラメータの探索を行いました。また、あるパラメータから他のパラメータを換算可能か検討しました。

■ はじめに

表面粗さには、周期的なものやランダムな構造を持つものなど様々なものがあります。また、最大高さ粗さ R_z の値が近い製品でも、性能や外観が違うということはよくあります。そこで、粗さの呼び値が同じで、違う加工方法で作られた表面粗さ標準片を測定し、算術平均粗さ R_a や R_z 以外で加工表面の違いを判別できる粗さパラメータの探索を行いました。

また表面粗さ測定では、例えば R_a から R_z を計算するような、パラメータの換算についてしばしば議論されますが、実際には単一のパラメータからの換算は成り立たないことが多いです。そこで、他のいくつかの粗さパラメータから特定の粗さパラメータを計算する方法を検討しました。解析には品質工学における多変量解析手法である MT システムを用いました。

■ MT システムとは

MT システムは、故田口玄一氏が開発した品質工学における多変量解析手法群です。その中の MT 法は、異常のないデータを用いて通常の状態を定義し(単位空間といいます)、判別の対象データの単位空間からの離れ具合を、マハラノビス距離(MD 値)という特別な距離で求めます。また T 法は、重回帰分析のようにいくつかのデータから、あるデータを推定する手法です。

■ 表面粗さ曲線の判別

図 1 に、表面粗さ曲線の例を示します。図上段がベルト研削(呼び値 3S)、下段が研削(呼び値 3S)ですが、曲線の形や R_a 、 R_z が似通っていることがわかります。そこで、MT 法を用いて、両

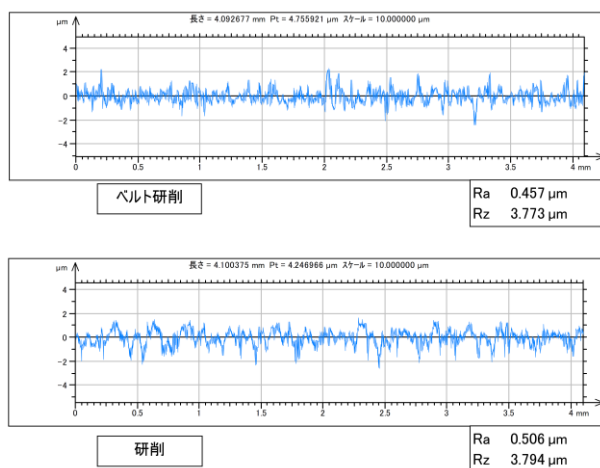


図 1 表面粗さ曲線の測定例

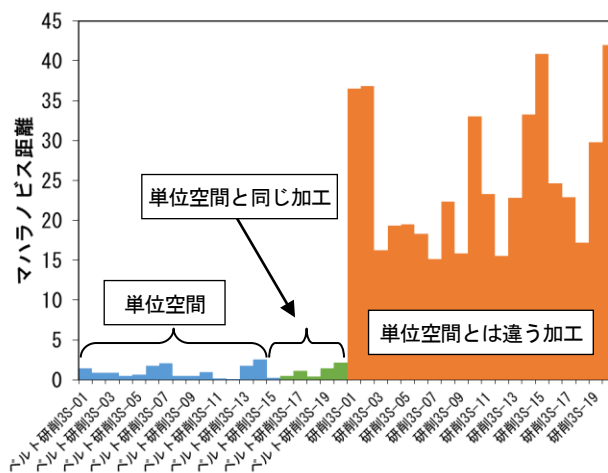


図 2 マハラノビス距離の計算結果

者を判別するパラメータを探索しました。判別に用いるパラメータの候補は、表面粗さ測定機で比較的良好に使われているパラメータから選定し、最大山高さ R_p 、最大谷深さ R_v 、スキューネス R_{sk} 、クルトシス R_{ku} 、平均長さ RS_m 、十点平均粗さ $R_{z_{10S}}$ 、負荷曲線のコア部のレベル差 R_k 、負荷曲線の突出山部高さ R_{pk} 、負荷曲線の突出谷部深さ R_{vk} の 9 種類としました。

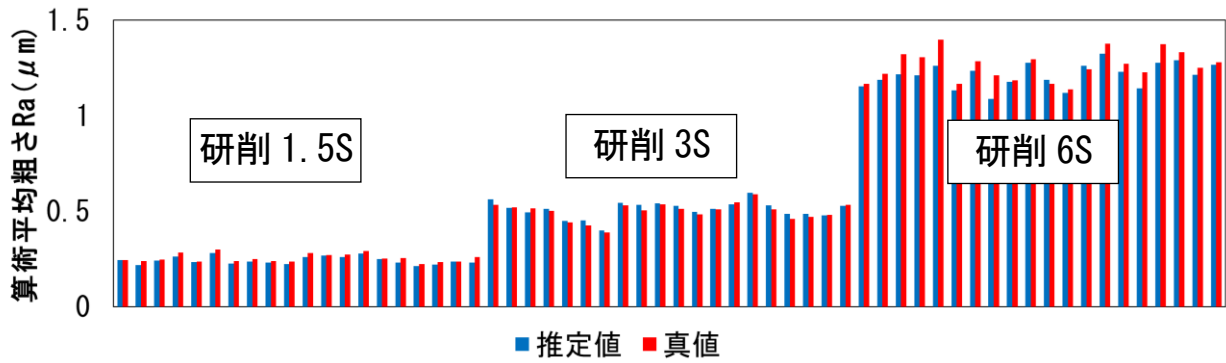


図3 推定式による Ra の推定結果

■ 判別結果

図2に、ベルト研削のデータ 15 個を単位空間とし、判別対象としてベルト研削のデータ 5 個と研削のデータ 20 個の MD 値を求めた結果を示します。加工の違いにより、MD 値が大きく変化し、両者の判別が可能になっていることがわかります。今回のデータから表面粗さ曲線の判別に有効なパラメータは、Rp、Rsk、RSm とわかりました。

■ 粗さパラメータの換算

製造現場などでは Ra は Rz の四分の一などといわれることがありますが、これは表1に基づく考え方 (JISB0601 : 1976 から作成) です。実際の加工表面ではほとんど成立せず、加工方法によって大きく違います。なお、この表での Rz は現在の Rz とは違い、十点平均粗さ Rz_{JIS} であることに注意が必要です。今回は MT システムの T 法を用いて、いくつかの粗さパラメータから、Ra を推定する試みを行いました。

■ T 法による推定式の作成

前項で用いた 9 種類のパラメータから Ra を推定することが可能か、検証しました。ベルト研削の標準片を測定した呼び値 3 水準 (1.5S、3S、6S) × 20 か所 = 60 個のデータを学習データとして推定式を作成し、その後、未知データとして研削加工面のデータの推定を行いました。

結果、推定に用いるパラメータは Rv、Rku、Rz_{JIS}、Rk の 4 つとなり、推定式は以下の式になりました。

$$Ra = 0.0111 \times Rv - 0.000438 \times Rku + 0.0655 \times Rz_{JIS} + 0.196 \times Rk + 0.532$$

表1 表面粗さの区分値

仕上げ記号	表面粗さの区分値		
	Rmax	Rz	Ra
▽▽▽▽	0.8S	0.8Z	0.2a
▽▽▽	6.3S	6.3Z	1.6a
▽▽	25S	25Z	6.3a
▽	100S	100Z	25a
~	特に規定しない		

■ 推定結果

図3に実際の測定値と、推定した値を比較したものを示します。予め測定して得られていた Ra の値と推定式による推定結果は相関係数 0.997 で一致しました。適切な推定式によって、高い精度で別のパラメータを推定できる可能性があります。

■ おわりに

ここで用いた品質工学手法は、それほど難しい手法ではありませんが、初心者には難しく感じられる部分もあります。当センターは長野県品質工学研究会の事務局を担当しており、毎月の定例会などを通じて、品質工学への理解を深めています。また、(公財)長野県産業振興機構と連携して入門セミナー等の開催も行っております。詳細は、研究会ホームページ (<https://nqes.web5.jp/>) からお問い合わせください。

長野県工業技術総合センター
精密・電子・航空技術部門 測定部 児野、古畑
TEL:0266-23-4051 FAX:0266-23-9081
E-Mail:seimitsushiken@pref.nagano.lg.jp

(2024年6月作成)