

のこぎり歯形状を有する表面によるマイクロパーツの輸送 ～第6報 フェムト秒レーザ加工表面を用いた微小パーツの輸送に関する検討～

札幌市立大学 ○三谷 篤史

立命館大学 吉村 俊厚, 辻 英也, 平井 慎一

キヤノンマシナリー 二宮 孝文

Micro-parts Feeding by a Saw-tooth Surface

6th Report - Study of feeding using an asymmetric fabricated surface by femtosecond laser pulses

○Atsushi MITANI, Sapporo City Univ.

Toshiatsu YOSHIMURA, Hideya TSUJI, and Shinichi HIRAI, Ritsumeikan Univ.

Takafumi NINOMIYA, Canon Machinery Co.

Abstract: We have previously proposed a microparts feeder using a saw-tooth surface with symmetric and horizontal vibrations. Then by observing saw-tooth surfaces used in the previous experiments with a microscope, we understood that a surface which has asymmetric profile, not perfectly saw-toothed, is necessary in order to feed along microparts in one direction. So we examined the application of the femtosecond laser double pulse method to obtain an asymmetric surface. First, asymmetry of the surface was evaluated using an atomic force microscope (AFM). Next, the effect of the micro-fabricated surface on adhesion was examined by measuring friction angles of **0402**-type capacitors (size: $0.4 \times 0.2 \times 0.2$ mm, weight: 0.1 mg). Finally, we conducted feeding experiments of these capacitors, then relationship between driving frequency and feeding velocity was represented experimentally.

1 はじめに

筆者らは、数十から数百ミクロンサイズのマイクロパーツの輸送機構として、のこぎり歯形状表面を有するマイクロパーツフィーダを提案している [1]。この機構は、振動式フィーダの表面にのこぎり歯形状の溝加工を施し、マイクロパーツとフィーダの接触条件を正負方向で変化させることで、対称な平面振動による一方向輸送を実現している。前報 [2] にて用いたフィーダ表面を顕微鏡で観察したところ、フィーダ表面形状は非対称三角波や非対称正弦波形状をしていることが分かった。すなわち、フィーダ表面は完全なのこぎり歯形状である必要はなく、非対称性を有していれば対称平面振動による一方向輸送が可能であると考えられる。そこで、フェムト秒レーザ照射で自己組織的に誘起されるサブミクロンピッチの微細な周期溝を、入射角を設けたうえでダブルパルス形成する手法 [3] の適用について検討した。

本報では、上記手法で得られた加工表面について、原子間力顕微鏡 (AFM) を用いて表面形状を定量的に計測し、表面の非対称性を検証する。次に、**0402** 型セラミックコンデンサ (サイズ: $0.4 \times 0.2 \times 0.2$ mm, 質量: 0.04 mg) の摩擦角を計測することにより、加工表面の凝着力低減効果を評価する。また、**0402** 型セラミックコンデンサの輸送実験を行い、駆動周波数と輸送速度の関係およびそれらの分散を明らかにする。

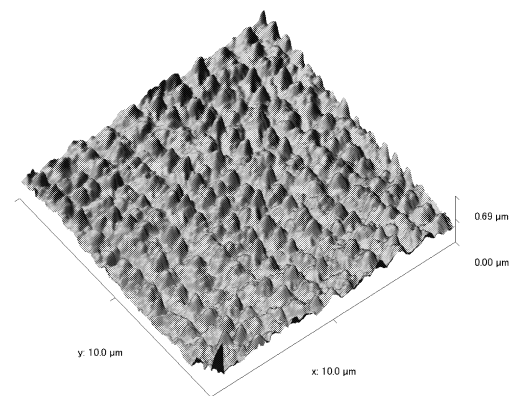


Fig. 1 Fabricated surface profile by the AFM

2 フェムト秒レーザ誘起周期構造

非対称な表面形状を得るために、単軸のフェムト秒レーザをビームスプリッタで2分割し、片側に 50 ps の遅延を設けて入射角 20° で照射した。材料に第1パルスを照射して 50 ps 後に材料の蒸散が生じ始める。それと同時に第2パルスを照射し蒸発粒子を再加熱することで、反跳力は第2パルスの入射角方向にシフトする。これらの作用を利用して非対称表面を加工した。図1に、AFMを用いて計測した撮影した加工表面を示す。これらの計測結果から、表面に生成されたパターンは Duty 比 35% の非対称三角波形状を有していることがわかった。

Table 1 Friction angle of the **0402**-type capacitor

	dir.	humidity					
		50%		60%		70%	
		num	deg	num	deg	num	deg
non.	—	41	57.1	43	62.0	25	65.4
fab.	pos.	79	42.8	65	44.8	40	53.3
	neg.	78	43.3	61	58.9	37	61.6

3 加工による凝着力低減効果の検証

温度を 24℃ とし、湿度を 50, 60 および 70 % とした状態で、**0402** 型チップコンデンサの摩擦角を計測した。ここでは、未加工表面とフェムト秒レーザ加工表面を比較することにより、加工による凝着力低減効果を検証した。実験結果を表 1 に示す。なお、実験は 35 個のパーツを用いて 3 回行った。摩擦角 90 deg 未満で落下した場合について、それらの個数および摩擦角の平均値を実験結果とした。落下した個数を比較すると、湿度にかかわらず未加工表面が一番少なく、加工表面負方向・正方向の順に多くなっている。摩擦角も同様に、未加工表面が一番大きく、加工表面負方向・正方向の順に小さくなっている。したがって、表面加工による凝着力低減効果が得られた。次に表面の方向性に着目すると、50, 60 および 70%それぞれの湿度において、正方向の摩擦角は負方向よりそれぞれ 1.6%, 24%および 14%小さくなっている。すなわち、湿度にかかわらず表面の方向性が得られた。

4 輸送実験

フェムト秒レーザ加工表面を用いて **0402** 型チップコンデンサの輸送実験を行った。実験結果を図 2 に示す。駆動周波数は $f = 120.5, 121.0, \dots, 126.5$ Hz とした。輸送には 10 個のコンデンサを用意し、それぞれの駆動周波数において 4 回の実験を行った。図においては、それぞれの計測結果を ×, 平均値を ○ で示した。なお、輸送速度計測には 30 fps のデジタルビデオカメラを使用した。フィーダ表面上を 30mm 移動するのに要した時間をフレーム数から計算し、そこから輸送速度を導出した。なお、実験時の温湿度はそれぞれ 25℃, 70%であった。また図 3 は、実験結果の分散

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{v} - v_i)^2 \quad (1)$$

を示す。ここで n , $\bar{v}$ および v_i はそれぞれデータ個数、平均速度および個々の計測値である。

駆動周波数 $f \leq 122.0$ Hz において、平均輸送速度は 3.2 から 3.3 mm/s とほぼ一定の結果となった。しかし、

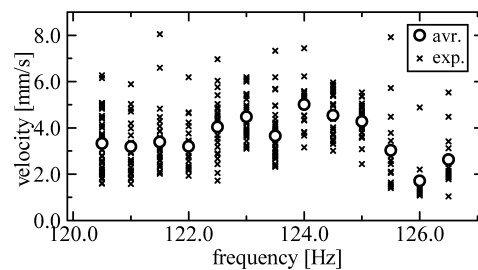


Fig. 2 Relationship between frequency and velocity

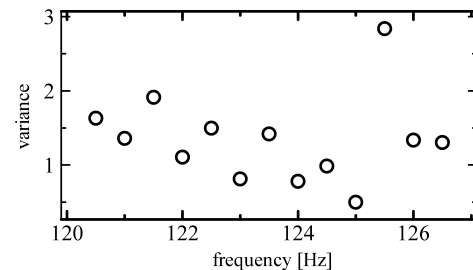


Fig. 3 Variance of experimental results

周波数が下がるにつれて輸送速度のばらつきが大きくなる傾向にある。また、最高平均速度は、 $f = 124.0$ Hz において 5.1 mm/s となった。このときの 1 分間あたりの部品供給量は 765 個である。輸送速度の分散が最小となったのは $f = 125$ Hz においてであり、値は $s^2 = 0.50$ となった。また最高平均速度を実現した $f = 124.0$ Hz における分散は $s^2 = 0.78$ であり、2 番目に小さい値である。 $f \leq 123$ においては、駆動周波数の減少とともに分散が大きくなっている。これらの原因としては、駆動周波数が減少するにつれてパーツの駆動力が減少し、パーツの安定輸送に必要な駆動力が得られなかったことが考えられる。また、 $f = 125.5$ Hz において分散が急激に大きくなり、 $f \geq 126.0$ Hz においては $s^2 \approx 1.4$ となっている。したがって、駆動周波数が $f = 124.0$ から 126.0 Hz の範囲において、最も安定した輸送が実現できている。

5 おわりに

本報では、フェムト秒ダブルパルス加工による非対称表面を用いて振動輸送を行った。今後は、(1) 温湿度が輸送におよぼす影響、(2) より適した非対称表面を得るための加工パラメータの検討、について行う。

参考文献

- [1] 三谷 篤史, 菅野 直人, 平井 慎一: のこぎり歯形状を有する表面によるマイクロパーツの輸送, 日本機械学会論文集 (C編), Vol. 71, No. 704, pp. 1169-1176, 2005.
- [2] 三谷 篤史, 吉村 俊厚, 平井 慎一: のこぎり歯形状を有する表面によるマイクロパーツの輸送 第 5 報 より微小なワークの輸送における駆動条件の検討, 計測自動学会 SI2006(札幌), CD-ROM, 2006.
- [3] 二宮 孝文, 沢田 博司, 川原 公介, 黒澤 宏: フェムト秒ダブルパルスレーザ照射による表面周期構造の形成, 精密工学会誌, Vol. 71, No. 7, pp. 921-925, 2005.