

# のこぎり歯形状を有する表面によるサブミリサイズマイクロパーツの水平対称振動輸送 ~ フィーダ表面における摩擦の方向性に関する検証 ~

札幌市立大学 三谷 篤史, 立命館大学 吉村 俊厚, 平井 慎一

## Micro-parts Feeding by a Saw-tooth Surface Evaluation of directionality of friction of feeder surfaces Sapporo City Univ. Atsushi Mitani, Ritsumeikan University Toshiatsu Yoshimura and Shinichi Hirai.

We have previously showed that microparts can be fed along saw-tooth surfaces using simple planar symmetric vibration. The microparts move forward because they adhere to the saw-tooth surface more in the backward direction than in the forward direction. We then studied the movement of 0603-type capacitors ( $0.6 \times 0.3 \times 0.3$  mm, 0.3 mg) using saw-toothed silicon wafers, and also the movement of the 0402-type capacitors ( $0.4 \times 0.2 \times 0.2$  mm, 0.1 mg). In this study, we evaluated the characteristics of friction of these feeder surfaces. The friction angle of 0603- and 0402-type capacitors in both positive and negative direction were measured to estimate the directionality of friction. The angles of friction under various ambient humidity were also measured to evaluate the effect of humidity on friction.

### 1 はじめに

筆者らは、図 1 に示す、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、対称な水平振動による一方向輸送を実現する。

本報では、セラミックチップコンデンサの摩擦角を計測することにより、フィーダ表面の摩擦係数および凝着力を検証する。とくに、フィーダ表面の傾斜方向を正方向とした場合と負方向とした場合それぞれについて計測することにより、摩擦の方向性を検証する。また、サブミリ以下のスケールを有するマイクロパーツの運動においては、慣性力だけでなく、フィーダ表面から受ける摩擦や凝着力の影響をも考慮する必要がある。パーツの大きさが小さいほど慣性力が得にくいだけでなく、慣性力に対する凝着力の比が大きくなり、パーツの運動特性は凝着力が支配的になる傾向を示す。凝着力は、周囲の湿度に影響をうける。そこで、異なる湿度条件下で摩擦角計測実験を行い、湿度が摩擦角におよぼす影響を検証する。

### 2 摩擦角計測実験

のこぎり歯のピッチを  $p = 0.01, 0.02, \dots, 0.1$  mm、仰角を  $\theta = 20^\circ$  としたフィーダ表面を用いて、0603 型および 0402 型セラミックコンデンサの摩擦角を計測した。サブミリサイズ以下のマイクロパーツにはたらく凝着力は、周囲の湿度に影響を受ける。ここでは、図 2 に示す調湿システムを用いて、湿度を 50%, 60%, 70% にしたときの摩擦角を計測した。各実験は 35 個のマイクロパーツを用いて 3 回行い、落下したパーツ個数とそれらの摩擦角の平均を実験結果とした。また、摩擦の方向性を確かめるために、フィーダ表面を正方向および負方向に傾斜させた場合それぞれについて計測した。ここでは、図??における奥行き方向の軸に対して、時計回りに傾斜させる場合を正方向とした。なお、実験を行う前に、実験装置およびマイクロパーツをそれぞれの湿度環境下に一日間放置した。各パーツの実験結果を図 3 および 5 に示す。

### 3 実験結果の考察

0603 型の実験では、湿度 50% では  $p = 0.05, 0.06$ 、湿度 60% では  $p = 0.08$ 、湿度 70% では  $p = 0.01, 0.02, 0.04$  においてそれぞれ逆転しているものの、全体的に正方向の摩擦角が負方向よりも小さくなっている。また 0402 型においては、湿度 50% では  $p = 0.01, 0.02, 0.09, 0.1$ 、湿度 60% では  $p = 0.09$ 、湿度 70% では  $p = 0.04, 0.08$  において方向性が反転している。各湿度における摩

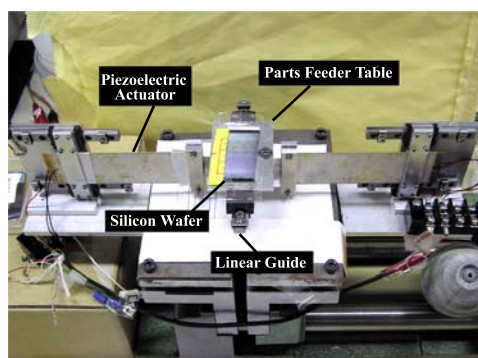


Fig. 1 Mechanism of microparts feeder



Fig. 2 Humidity control system

擦角の平均値と落下した個数を図??に示す。パーツの落下個数を検証すると、どちらのパーツにおいても、湿度が増加するにつれて落下個数は減少し、摩擦角は増加している。これは、湿度の増加にしたがって凝着力が増加したことが原因である。また、湿度にかかわらず、0402 型に比較して 0603 型の方が落下個数が大きく、摩擦角が小さいという結果となっている。これは、パーツサイズが小さいほど慣性力に対する凝着力の比が大きくなるのが原因としてあげられる。

一方で、湿度 50% における 0402 型の摩擦においては、方向性が得られていない。この原因としては、湿度が小さいほど凝着力の効果が小さくなり、接触の違いによる方向性が得られなかったことが挙げられる。それぞれのパーツにおいて摩擦の方向性が

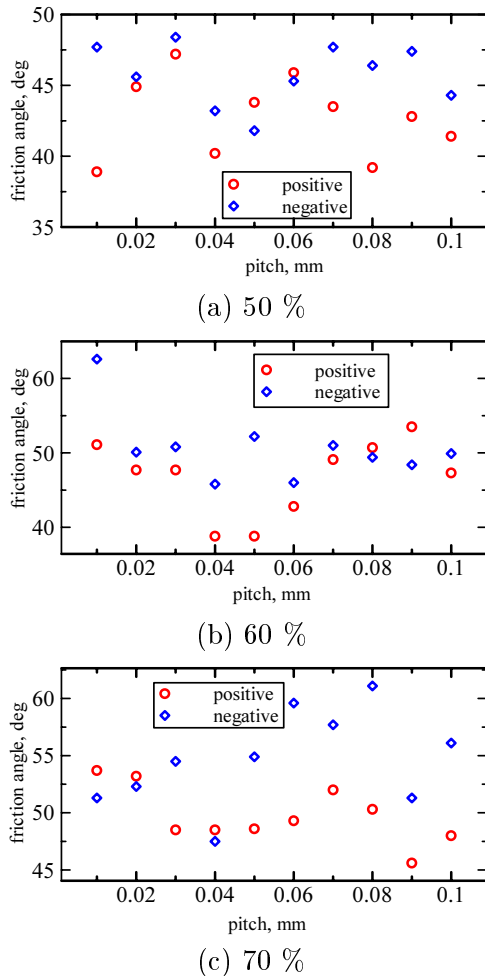


Fig. 3 Friction angle of 0603-type capacitor

最も得られている条件を検証すると、0603型においては湿度が70%のときに9.0%の方向性が得られており、また、0402型においては湿度60%において8.4%の方向性が得られている。

#### 4 おわりに

本稿では、のこぎり歯形状を有するフィード表面の摩擦特性を検証するために、マイクロパーツの摩擦角を検証した。マイクロパーツとして0603型および0402型のセラミックチップコンデンサを用いた。摩擦の方向性を検証するために、フィード表面を正方向および負方向に傾斜させていった場合の摩擦角を計測した。また、サブミリ以下のマイクロパーツにはたらく凝着力の影響は、周囲の湿度に影響を受けるため、様々な湿度条件下での摩擦角を計測することにより、湿度が摩擦角におよぼす影響を検証した。今後の予定としては、フェムト秒レーザー・ダブルパルス加工表面のフィード表面への適用可能性について検証する。

本研究は、科学研究費補助金(若手研究(B)、課題番号:20760150)、およびメカトロニクス技術高度化財団(EMTAF)の助成を受けたものである。

#### 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(2005-4).
- [2] Y. Ando and J. Ino, "The Effect of Asperity Array Geometry on Friction and Pull-Off Force.", *Transactions of the ASME Journal of Tribology*, Vol. 119, pp. 781-787, 1997.

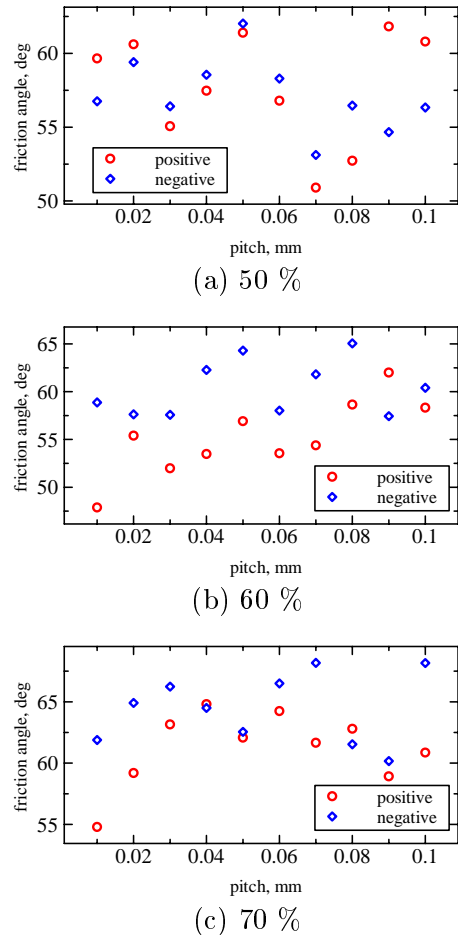


Fig. 4 Friction angle of 0402-type capacitor

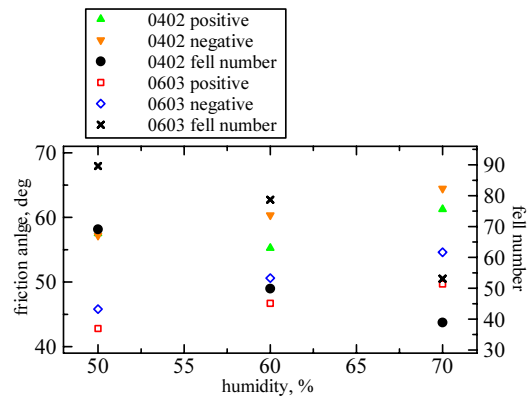


Fig. 5 Averaged friction angle and fell number of each capacitor