

# のこぎり歯形状を有する表面によるマイクロパーツの対称振動輸送 ～ パーツサイズの違いが輸送に及ぼす影響 ～

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

### Influence of pitch of saw-tooth surface on feeding

Ritsumeikan Univ. Atsushi Mitani, Naoto Sugano, and Shin-ichi Hirai.

We have previously shown that a saw-tooth surface with only horizontal vibration, simple planar and symmetric, can feed along microparts. The microparts move forward because they adhere to the saw-tooth surface more in the backward direction than in the forward direction. Previously, we studied the effects of the pitch of the saw-tooth surface and the vibration frequency on the movement of **2012**-type capacitors (size:  $2.0 \times 1.2 \times 0.6$  mm, weight: **7.5** mg). In the present study, we investigated the movement of smaller capacitors, **0603**-type (size:  $0.6 \times 0.3 \times 0.3$  mm, weight: **0.3** mg), and compared them with those of the larger capacitors. For the smaller capacitors, the fastest feeding was realized when the pitch was **0.05** mm. The smaller capacitors moved slower than the larger capacitors because the former were affected more by adhesion. The feeding velocity of the smaller capacitor was affected much by the ambient humidity.

## 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、大きさの異なる二種類のチップコンデンサ、すなわち 2012 型 (サイズ:  $2.0 \times 1.2 \times 0.6$  mm, 重量: 7.5 mg) および 0603 型 (サイズ:  $0.6 \times 0.3 \times 0.3$  mm, 重量: 0.3 mg) をそれぞれ同一の駆動条件で輸送実験を行うことにより、パーツの違いが輸送におよぼす影響を検証する。

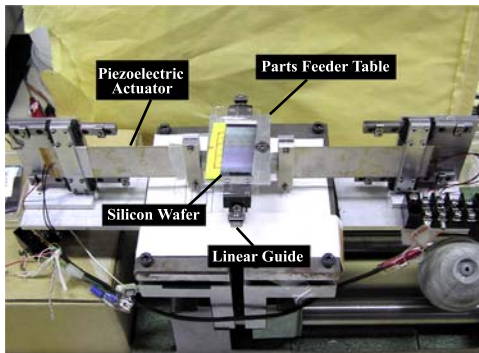


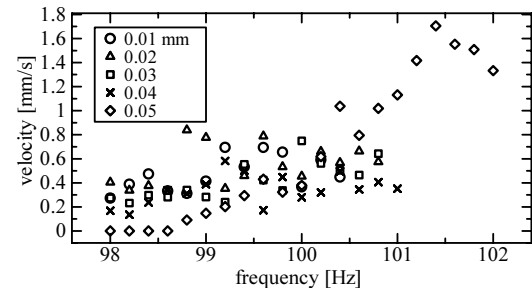
Fig. 1 Mechanism of microparts feeder

## 2 輸送実験

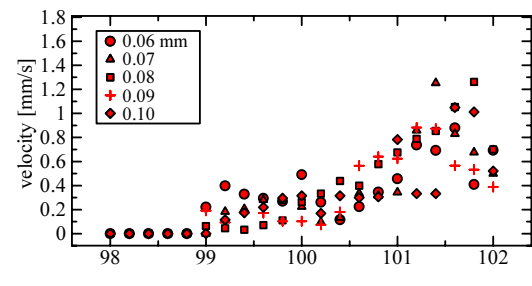
### 2.1 輸送速度および輸送性能比較

フィーダ表面として、のこぎり歯の仰角を  $\theta = 20$  deg とし、ピッチを  $p = 0.01, 0.02, \dots, 0.10$  としたのこぎり歯形状のシリコンウエハを用いた。なお、フィーダの振動振幅は  $A = 0.5$  mm とした。

図 2(a) および (b) に、0603 型の輸送実験結果を示す。輸送速度計測には秒間 30 フレームのビデオカメラを利用し、パーツがテーブル上を 30 mm 進む間のフレーム数から速度を計算した。それぞれの実験を 15 回行い、それらの平均値を実験結果とした。図 3 に、各表面における最高輸送速度を示す。ピッチが  $p \leq 0.04$  mm を用いた場合、フィーダ振動数が  $f = 98$  から 101 Hz において約 0.6 mm/s の輸送速度を実現したものの、パーツには前後運動が生じたために輸送速度のばらつきが大きい結果となった。 $f > 101$  Hz ではパーツの跳躍が生じ、安定した輸送が不可能であった。 $p = 0.05$  mm では、 $f = 101.4$  Hz において最高輸送速度



(a)  $p = 0.01$  to  $0.05$  mm



(b)  $p = 0.06$  to  $0.10$  mm

Fig. 2 Relationship between velocity of **0603**-type capacitors and the frequency of the driving vibration at each saw-tooth pitch

1.7 mm/s を実現した。これは 1 分間あたり 170 個のパーツを供給できる速度である。

図 4(a) および (b) に、2012 型の輸送実験結果を示し、図 3 に各表面における最高輸送速度を示す。 $p = 0.02$  mm において速度のピークが生じており、輸送速度は 4.4 mm/s すなわち 1 分間あたり 132 個のパーツ供給能力であった。同様に、 $p = 0.05$  および 0.10 mm においても速度のピークが生じており、輸送速度はそれぞれ 7.0 mm/s および 7.9 mm/s であり、一分間あたりの供給パーツ数はそれぞれ 210 個、237 個となった。

これらの結果を比較すると、 $p = 0.5$  mm ではどちらのパーツとも速度のピークを生じている。0603 型の輸送速度は 2012 型の約 25% となっている。これは、より小型な 0603 型の方が、フィーダ振動による慣性力を得にくく、その結果凝着力の効果が増大したためであると考えられる [2]。一方、パーツ供給数で比較すると 0603 型の方が優れている。したがって、 $p = 0.05$  mm の表面は 0603 型の輸送に適している。また、 $p = 0.10$  mm においては、0603 型の輸送速度にピークが生じていない。これは、パーツサイズに比してのこぎり歯のピッチが大きいため、のこぎり

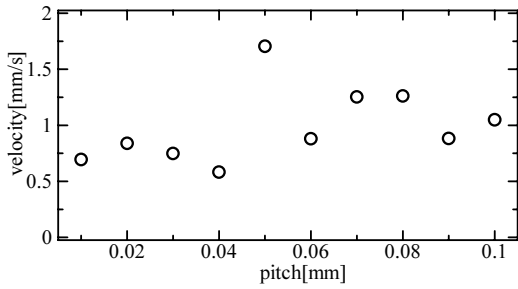


Fig. 3 Maximum velocity of 0603-type capacitor

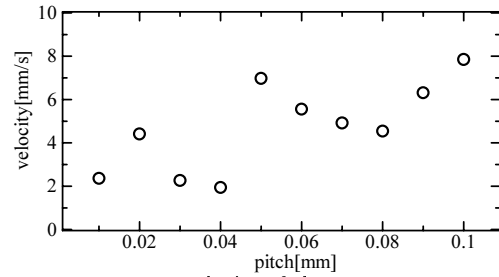


Fig. 5 Maximum velocity of the 2012-type capacitors

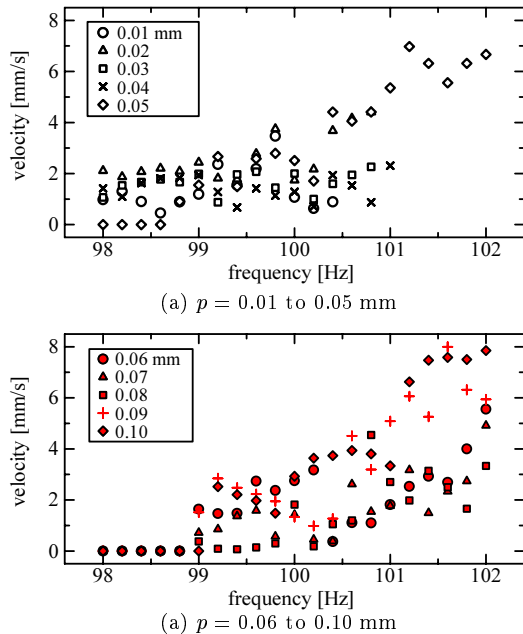


Fig. 4 Relationship between velocity of 2012-type capacitors and the frequency of the driving vibration at each saw-tooth pitch

歯に沿った軸周りの回転が生じたからであると考えられる。パーツが回転する場合、パーツの前方先端がのこぎり歯の斜面へ衝突することにより、負方向へ駆動力が生じ、その結果輸送効率が低下する。したがって、のこぎり歯のピッチはパーツサイズに応じて決定する必要がある。

## 2.2 輸送の安定性

図 6(a) および (b) に、 $p = 0.05$  および  $0.10$  mm における輸送速度とフィーダ振動数との関係を示す。なお、 $\circ$  と  $\triangle$  は平均速度を示し、両端に四角形のついた縦線はばらつきの範囲を示す。

$p = 0.05$  mm の表面を用いる場合、 $f \leq 98.6$  Hz においてはどちらのパーツも輸送が不可能であった。 $f \geq 98.8$  Hz において、2012 型の輸送速度はフィーダ振動数に応じて上昇している。なお、輸送のばらつきの範囲は 1.6 から 9.2% であり、平均は 4.0% であった。一方 0603 型は、 $f = 98.8$  から 101.4 Hz まで上昇し、それ以降は低下している。輸送のばらつきの範囲は 3.5 から 59.9% であり、平均は 18.8% であった。

同様に、 $p = 0.10$  mm を用いる場合、 $f \leq 99.0$  Hz でどちらのパーツも輸送不可能であり、それ以降はフィーダ振動数に応じて輸送速度が上昇している。2012 型のばらつきの範囲は 1.6 から 9.9%、平均は約 4.2% となり、 $p = 0.05$  mm のときとほぼ同一の結果となった。一方 0603 型におけるばらつきの範囲は 11.2 から 52.1%、平均は 24.2% であり、 $p = 0.05$  mm のときより 1.5 倍に悪化した。

したがって、輸送速度はパーツサイズによって異なるものの、一方輸送が可能な駆動条件およびフィーダ表面はパーツに依存しないことがわかった。一方、輸送速度のばらつきは、より小さなパーツの方が大きくなり、また、フィーダ表面形状の影響も受けやすいことがわかった。

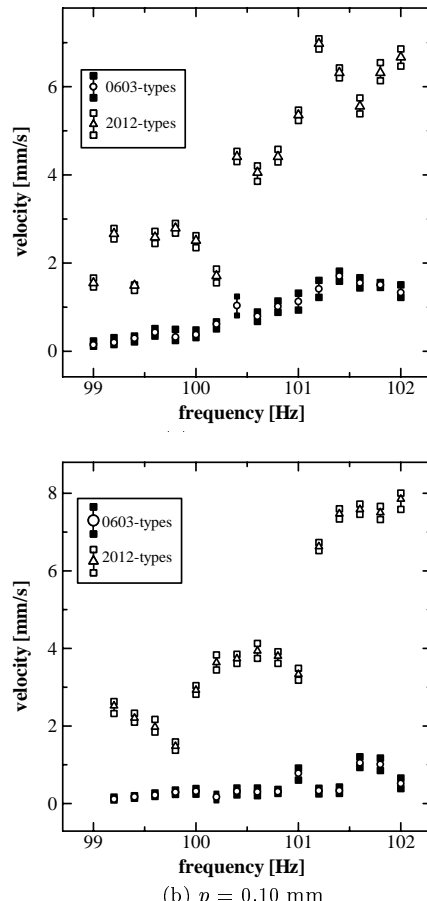


Fig. 6 Comparison of velocities and dispersions of both capacitors with the same surfaces and driving conditions

## 3 まとめ

本稿では、同一のフィーダ表面および駆動条件で 0603 型および 2012 型セラミックコンデンサの輸送実験を行い、それらの結果について比較した。特に、それぞれのパーツにおける最高輸送速度およびパーツ供給能力、輸送速度のばらつきについて比較した。今後の予定としては、(1) 回転を考慮したマイクロパーツのダイナミクスの導出、(2) マイクロパーツとフィーダ表面との間のより正確な接触モデルの定義、を行う。

## 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(2005-4) .
- [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.