## 非対称形状表面によるマイクロパーツの対称振動輸送 第8報-フィーダ表面の材質が輸送特性におよぼす影響の検証 札幌市立大学 三谷 篤史 立命館大学 平井 慎一

## Microparts feeding by an asymmetric fabricated surface using symmetric vibration: 8th report - Influence of feeder material on feeding characteristics

OAtsushi MITANI, Sapporo City Univ.

Shinichi HIRAI, Ritsumeikan Univ.

Abstract: We have previously shown that microparts can be fed along an asymmetric microfabricated surface using simple planar symmetric vibrations. Microparts move forward because they adhere to the microfabricated surface asymmetrically. We have also described the effects of sawtoothed surfaces on the movement of submillimeter-sized microparts; for example, 0603 (size,  $0.6 \ge 0.6 \ge 0.3$  mm; weight,  $0.3 \ge 0.3 \ge 0.4 \ge 0.2 \ge 0.2 \ge 0.2 \ge 0.2 \ge 0.2 \ge 0.2 \ge 0.3 \le 0.2 \ge 0.2 \le 0.2 \ge 0.2$ 

### 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,非対称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 フィーダの表面に非対称な形状の微小加工を施し,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.マイクロパーツのように微小軽量なワークの輸送 においては,重力など体積に比例する力だけでなく,接 触面積に比例する凝着力の影響をも考慮する必要がある. 凝着力は,互いに接触する材質によって大きさが異なる [2].そこで,フィーダ表面の材質がマイクロパーツの輸 送特性におよぼす影響を検討する.ここでは,加工特性に 優れた三種類の材料を用意し, グラインディング加工を 用いて同一の非対称溝加工を施した.これらの加工表面 と従来のシリコンウェハ加工表面を用いてマイクロパー ツの輸送実験を行い,輸送特性を比較した.

## 2 微細加工表面の詳細

フィーダ表面の材質が輸送に及ぼす影響を検証するために,従来のシリコンウェハに加えてジルコニア,超硬合金,快削黄銅の三種類の材料を用いた表面を制作した. 各表面のサイズを材料を $10 \times 30 \text{ mm}$ とし,それぞれ仰角  $\theta = 20^{\circ}$ ,ピッチp = 0.05 mmののこぎり歯形状の周期的 構造を持つように微細加工を施した.シリコンウェ八加 工表面の顕微鏡写真を図1に,また,ジルコニア,超硬 合金,快削黄銅の加工表面をそれぞれ図2,3,4に示す. これらの図より,各表面は完全なのこぎり歯形状ではな く,材料の加工特性に応じて様々な亀裂や凹凸が生じて いる.しかしながら,どの表面も非対称性を有しており, 対称振動によるマイクロパーツの輸送を実現できる[3].

#### 3 輸送実験

図 5 に輸送装置の写真を示す.アクチュエータとして, メステック製積層型ピエゾアクチュエータ MZ-20L1dを 用いる.本アクチュエータには変異角度機構が搭載され ており,印加電圧 V = 150 V の時に A = 0.2 mm の変位 が得られる.フィーダテーブルの運動を同一平面上の一 方向往復運動に限定するために,フィーダテーブルの両 端をそれぞれリニアガイドに固定している.なお,フィー ダ表面はフィーダテーブルに設置されている.駆動信号 源には関数発生器を用い,メステック製の電力増幅器に より駆動信号を最大 10 倍に増幅し,アクチュエータに入 力する.

輸送対象物 (ワーク) として単層マイクロチップコンデ ンサ (サイズ: $0.25 \times 0.25 \times 0.35 \text{ mm}$ ,質量: 0.06 mm)(図 6) を適用した.気温 24°C,湿度 40%の条件下において, パーツフィーダの振動振幅をA = 0.02 mm,駆動周波数 を $f = 370, 375, \cdots, 400 \text{ Hz}$ とした場合の輸送実験を行



Fig. 1 Convexity section of each microfabricated surface



Fig. 2 Convexity section of each microfabricated surface

い,ワークの輸送速度を計測した.ここでは,それぞれの 駆動条件において,ワークを5個用いて2回実施し,輸 送速度の平均値を実験結果とした.なお,輸送速度の計 測には1秒間 30 フレームのディジタルビデオカメラを用 いた.ワークがフィーダの表面を移動するのに費やした フレーム数を読み取り,輸送速度に換算した.実験結果 を図7に示す.なお,駆動周波数f = 370 Hz において, 超硬合金およびジルコニア表面を用いた場合には,ワー クが不規則に前進と後退を繰り返していたため,速度を 0.00 mm/s とした.

すべてのフィーダ表面において,駆動周波数は385 Hz以下と390 Hz以上では輸送方向が負方向から正方向へと 遷移しており,負方向よりも正方向の方が高速輸送を実 現できている.また,それぞれのフィーダ表面における最 高速度を図8に示す.最高速度は6.12 mm/sで,超硬合 金においてf = 395 Hzの駆動時に実現している.また, 最低速度は4.51 mm/sで,快削黄銅を用いてf = 390 Hzの駆動周波数で駆動したときに実現している.



Fig. 3 Convexity section of each microfabricated surface



Fig. 4 Convexity section of each microfabricated surface

# 4 ワークの運動の検証

それぞれの表面におけるワークの運動を比較するため に,高速度カメラを用いて輸送時におけるワークの運動 を撮影した.高速度カメラとして,キーエンス製の VW-5000を用いた.ここでは,最高速度の輸送を実現した超 硬合金と最低速度の輸送を実現した快削黄銅におけるワー クの運動を検証した.図9および10に,超硬合金および 快削黄銅によるフィーダ表面において, ワークが正方向 に輸送される場合のワークの運動をそれぞれ示す.なお, 輸送時におけるワークの姿勢を確認するために、撮影さ れたワークの一角にマーキングを施している.これらの 画像から,超硬合金においてはワークの姿勢が一定であ るのに対し,快削黄銅では0.08sの間に姿勢が反時計回 りに約45°変化しているのがわかる.これは,超硬合金の 方がワークを安定的に輸送できていることを意味してお り,快削黄銅では直進に使われるべきエネルギがワーク の回転にも使われ、その結果輸送速度が遅くなったと考



Fig. 5 Photograph of microparts feeder driven by an accumulated piezoelectric actuator

#### えられる.

次に,ワークが負方向に輸送される場合のワークの運動を,図11 および12 にそれぞれ示す.超硬合金表面を用いた場合には,0.08 sの間に時計回りに10°,快削黄銅を用いた場合には時計回りに120°の姿勢変化が見られた.したがって,正方向輸送時よりも負方向輸送時の方が姿勢の変化は大きく,それに伴って輸送速度も低下しているのがわかる.

#### **5 おわりに**

本報では,従来のシリコンウェハを用いたフィーダ表 面と,ジルコニア,快削黄銅,超硬合金を用いたフィーダ 表面の4種類の表面を用いてマイクロパーツの輸送実験 を行い,輸送特性を検証した.今後は,今回の実験にお いて生じた輸送方向の逆転現象を解析し,ダイナミクス を導出する.本研究は,科学研究費補助金・若手(B)(課 題番号:20760150)および財団法人メカトロニクス技術高 度化財団(EMTAF)の補助を受けている.

#### 参考文献

- [1] 三谷 篤史, 菅野 直人, 平井 慎一:のこぎり歯形形状を有 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] 新上 和正, 平野 元久: 摩擦の研究, 物性研究, Vol. 55, No. 6, pp 577-602, 1991.
- [3] A. Mitani and S. Hirai: Feeding of Submillimetersized Microparts along an Asymmetric Surface Using Only Horizontal Vibration (Analysis of Contact between Feeder Surface and Microparts Based on Measurements), IEEE Conference on Automation Science and Engineering 2008 (CASE 2008), Aug. 26, 2008, Washington D.C., USA.



Fig. 6 Single layer ceramic chip capacitor



Fig. 7 Relationship between feeding velocity and driving frequency



Fig. 8 Maximum feeding velocities on each microfabricated surface



(c) t = 0.346 s Fig. 9 Movement of a micropart in the positive direction on the carbide surface



(a) t = 0.080 s



(b) t = 0.120 s



(c) t = 0.160 s

Fig. 11 Movement of a micropart in the negative direction on the carbide surface



(a) t = 0.080 s



(b) t = 0.120 s



(c) t = 0.160 s

Fig. 12 Movement of a micropart in the negative direction on the brass surface



(c) t = 0.185 s

Fig. 10 Movement of a micropart in the positive direction on the brass surface