

# マイクロ組立てシステム用小型複合機構

## Multifunction mechanical actuators for miniaturized assembly systems

産業技術総合研究所 ○岡崎祐一  
YKK 株式会社 大船 仁

Yuichi Okazaki  
Nat'l Institute of Advanced Science and Technology (AIST)

Hitoshi Ofune  
YKK Corporation

Three types of miniaturized multifunction mechanisms, intended to be applied to micro production systems, were developed and evaluated. A rotary actuator equipped with a vacuum chuck sizing 25x19x48mm including driver electronics, has resolution of 0.36degree and a maximum velocity of 3rps. Two linear and rotary actuators were also developed, which have sizes of 32x25x64mm and 34x49x100mm, and rotary/linear maximum velocity of 5rps/5mm/s and 50rps/100mm/s, respectively. All the three actuators have indexing repeatability of better than 0.03deg as standard deviation.

### 1. 概要

微小部品を扱う組立てシステムでは、タクトタイムの短縮やスペースの有効利用、また作業精度の向上の観点から、システムをコンパクトにすることが有効である。そのためには小型で軽量化され、いくつかの機能が複合されたアクチュエータを作業点の近くに配置する必要がある。そのような応用を目的として3種類の小型複合駆動機構を試作・評価した。

### 2. 回転吸着機構

#### (1) 構造と仕様

真空チャックによるワークの把持と、ワークを軸回りに回転させるコンパクトな機構を試作した。アクチュエータには減速器付き超小型ステップモータ（アイカムス・ラボ MUCD01、φ8mmx18.8mm）を使用し、ギア変速機構を介して、先端に吸着ノズルを取り付けるパイプ軸を回転させる。吸着真空圧はパイプ軸側面より導かれる（図1）。25x19x48mm（ノズル含まず）、質量31gという小型軽量の機構に駆動回路を内蔵させることによって他の自由度をもつ軸、たとえばスイングアームの先に配置でき、またハンドのようにステージ自体を目的によって交換できる可能性を提供する。

モータの1フルステップ角度360/160degを16/50に減速し、ハーフステップ駆動して、回転角度分解能は0.36deg（1000ppr）となる。脱調しない最高回転速度は3rps（3000pps）であった。回転原点検出用にポテンショメータをもつ。ワークに合わせた吸着ノズルは6%テーパのルーア継手を介して装着される。最大出力トルクは0.4cNmと微小であるが、ハンドリングタスクには負荷トルクは考慮する必要が無い。連続回転時の消費パワーは3rps

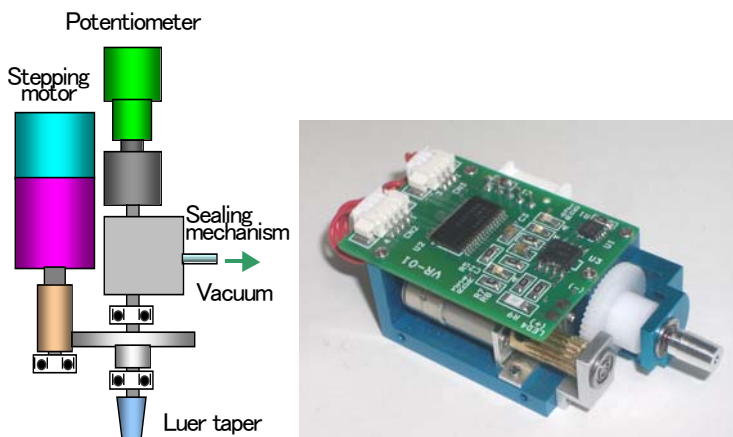


図1 回転吸着機構の構成図と外観写真

時に5V0.12A（0.6W）、1rps時に5V0.19A（0.95W）であった。

#### (2) 回転割出し特性

出力軸に分解能1/8000回転（4通倍後）のロータリエンコーダを接続して回転割出し特性を評価した。図2は原点出しの後、サイズを1から6パルスまで変えた微小ステップ送りしたときの割出し偏差を示す。ハーフステップ駆動は1-2相励磁となり、1相励磁の時には発生変位が不足することがある。図3は1ステップ単位で全周にわたる連続割出しをしたときの割出し偏差を示す。精度は測定系の誤差も含め、起動直後のバックラッシュを除いて0.8deg以内であった。同一目標位置へ双方方向から繰り返し位置決を行ったときの応答を図4に示す。双方方向では約1degの偏差があるが、一方向再現性は標準偏差で0.03deg以内であった。

### 3. 回転直動アクチュエータ

#### (1) 原理

スプラインとボールねじを同一の軸としてつなぎ、スプラインのスリーブとボールねじのナットを独立にモータによって回転させる。ナットのみを回転させれば軸は直動し、スプラインも同一方向に同一速度で回転させれば軸は回転のみをする。両者の回転を組み合わせれば軸の回転と直動を独立に制御できる（図5）。これはパラレルキネマティクスまたは差動機構に属する。異なるモータを使用した2種類の機構（図6）を試作し

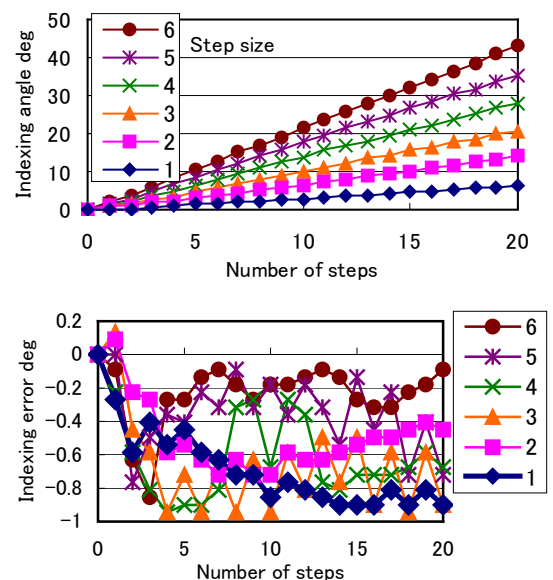


図2 微小ステップ送り応答

評価した。

(2) Model-A (小型版)

回転吸着機構と同じモータを使用し、ギア比も回転吸着機構と同じ16:50としたので、指令分解能は1/1000revおよび1μmになる。回転と直動をそれぞれ単独に行うとき、最高速度はそれぞれ5rpsおよび5mm/sであったが、回転と直動を同時に行うときには各モータの最高回転速度に制限される。

直動性能： 軸端に電気マイクロメータを当て、直動のみさせたときの変位を評価した。1方向に10μmずつ連続位置決め時の位置決め誤差は80μmの範囲にわたって5μm以下であった。同方向繰り返し位置決め誤差は2μm、双方向位置決め偏差は6μmであった(図7)。

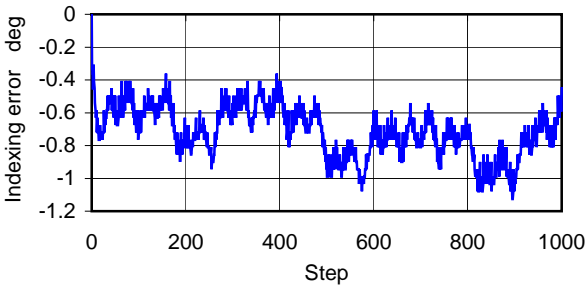


図3 回転吸着機構の全周にわたる割出し誤差

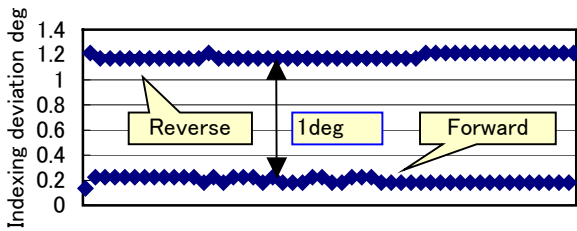


図4 回転吸着機構の双方向割出し偏差

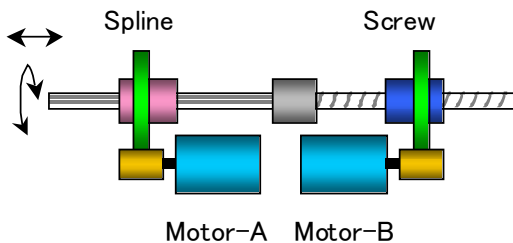


図5 回転直動アクチュエータの原理図

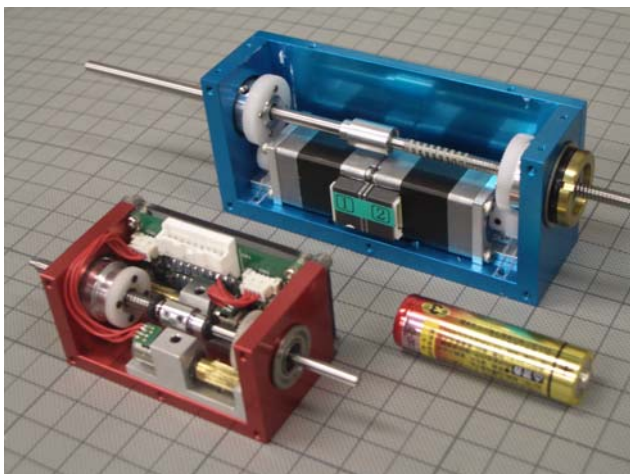


図6 2つの回転直動アクチュエータの外観

割出し精度： 回転吸着機構の場合と同様、軸端にロータリエンコーダを接続し、評価した。繰り返し位置決め再現性は1方向では標準偏差で0.02deg以下と高い。バックラッシュによる双方向位置決め偏差は1deg以内(図8)、全周にわたる割出し精度は±0.8deg以内であった(図9)。

(3) Model-B (高速版)

20mm□の産業用5相ステッピングモータを使用し、これをハーフステップ駆動し、33:66のギア減速を介してリード2mmのボールねじにてナットを回転させるので、1パルスあたり制御分解能は直動が1μm、割出しが1/2000revとなる。Model-Aに比べて大幅な高速化が得られた。

仕様と評価結果をModel-Aと対比して表1にまとめる。

4. 結論

小型化組立て機械などへの応用を想定して製作した機構のうち回転吸着機構は、十分に小型で、昇降機構を付加することによって、負荷を必要としない真空チャックによる微小ワークの把持と割出し作業に応用可能であると見込まれる。小型版の回転直動機構は低負荷の微細マニピュレーションに有効であると思われる。一方、高速版の回転直動機構は小型化に限界があったが、トルクと最高速度は大きかった

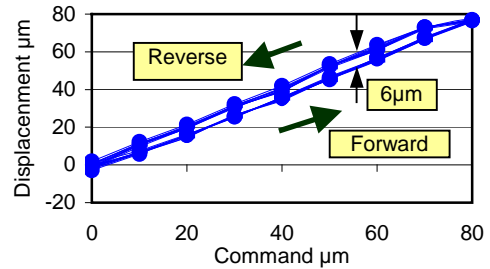


図7 直動位置決め特性 (Model-A)

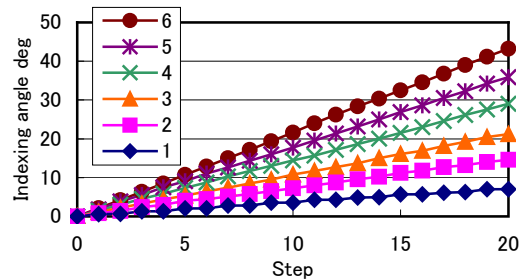


図8 微小ステップ割出し応答 (Model-A)

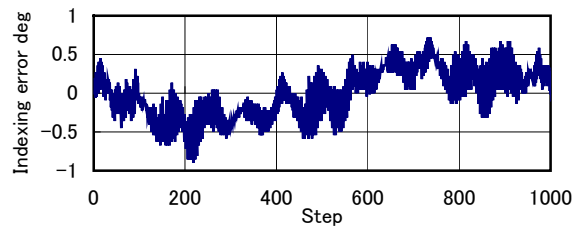


図9 割出し精度 (Model-A)

表1 回転直動アクチュエータの仕様と評価

	Model-A	Model-B
外形寸法	32x25x64mm	34x49x100mm
質量	126g	335g
直動ストローク	20mm	55mm
直動推力/最高速度	15N/5mm/s	10N/100mm/s
回転トルク/最高速度	0.3cNm/5rps	6cNm/50rps
一方向位置決め再現性	2μm	2μm
双方向位置決め偏差	6μm	4μm
最大割出し誤差	±0.8deg	±0.2deg
一方向割出し再現性	0.02deg	0.02deg
双方向割出し偏差	1deg	0.08deg