

SMA を用いたユニット型機械のマイクロ化

機械技術研究所 吉田 英一 村田 智 小鍛治 繁
富田 康治 黒河 治久

1. はじめに

多数の小型自律ユニットからなる自己組み立て可能な機械システムは、極限環境の検査機械などへの応用が期待できる。これまでに、形状記憶合金 (SMA) を用いた小型ユニットを設計・製作し¹⁾、多数台による自己組み立て実験を行った²⁾。本報では、さらに広範な応用を目指し、ユニットのサイズを 2cm 立方 (約 1/2) にマイクロ化する設計について述べる。

2. 小型機械ユニットの概要

設計したユニットは正方形形状で、対角する頂点に回転駆動部を持ち、オス結合部を $\pm 90^\circ$ 回転させる。駆動部には SMA トーションばね拮抗型の回転アクチュエータを用いる。オス結合部は、ピンを用いたロック機構により他ユニットのメス結合部と結合する。ロックを解除するには、別の SMA コイルばねによってピンを引き抜く。Fig. 1(a)–(c) は 2 ユニット U1, U2 による基本動作である。U1, U2 の結合部 A, B の回転 (1)–(3) と結合・離脱を適切な順序で行い、U1 が U2 の周囲を回転する。この動作の繰り返しにより、多数ユニットが様々な 2 次元形状を構成できる。

3. ユニットのマイクロ化設計

SMA の発生力はひずみエネルギーによるもので、トルク・重量比が一定である。したがって、小型化した場合にこの比が低下する電磁モータに比べ有利である³⁾。また、マイクロ化により体積に対する表面積の比が大きくなり、冷却効率が上がるため、応答性も向上する。SMA マイクロアクチュエータは、能動カテーテルなどに応用されている⁴⁾。このように SMA はマイクロ化に適しているので、ここでは管内など狭隘環境での移動や作業など、応用範囲の拡大を視野に入れた設計を行う。

Fig. 2 に、設計したユニット 2 号機の構造を示す。ユニットのマイクロ化において、単純な機構である SMA による駆動部分については、小型のばねを用いればよい。基本的な構造は既報の小型ユニットと同様であるが、回転ドラムを 0° と $\pm 90^\circ$ の位置に止めるための機構は板ばね機構を用いている (Fig. 2 の 0° stopper mechanism)。 0° 位置での固定の開放は SMA コイルばねにより行う。結合ピンは上下にスライドする機構となっており、オートロックにより結合し、その解除も SMA コイルばねにより行う。結合の維持や 0° 位置での固定はバイアスのコイルばねに

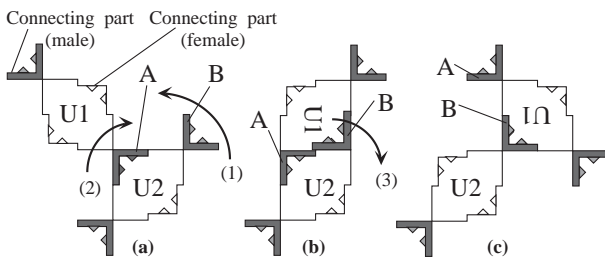


Fig. 1 Basic motion of units.

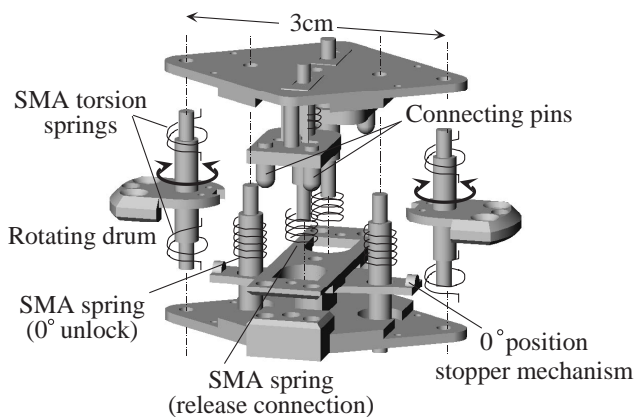


Fig. 2 Structure of micro-unit.

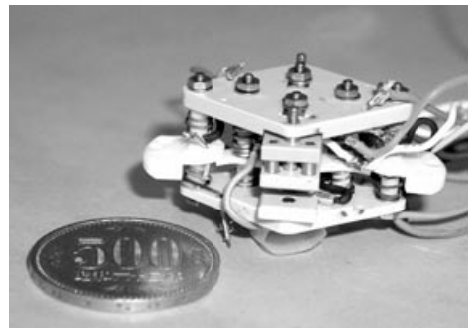


Fig. 3 Prototype of micro-unit with 500yen coin.

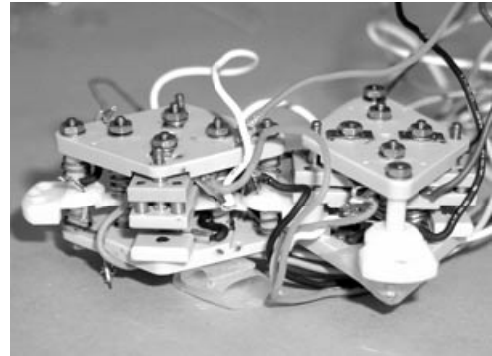


Fig. 4 Two units connected.

よりなされるので、SMA を通電加熱するのは、その解除のときだけである。

Fig. 3 に、試作したマイクロサイズのユニットを示す。大きさは約 2cm^3 で (高さ約 1.5cm)、これまでの小型ユニットに比較して大きさは約 1/2 となっている。Fig. 4 は、ユニットが 2 個結合しているところである。

回転アクチュエータの SMA トーションばねには、加熱時と非加熱時の剛性の差が大きい材料である Ti-Ni-Cu を使い、線径 0.45[mm]、ばね径 3.0[mm]、有効巻数 3 とした。また、結合の解除と 0° 位置での固定の開放のための SMA コイルばねの材料には Ti-Ni を使い、線径 0.6[mm]、ばね径 3.0[mm]、有効巻き数 7 とした。

4. 基本動作実験

これまでに、ユニット単体の動作について実験を行った。回転アクチュエータの機能の検証のため、もう一つのユニットを回転させる実験を行った (Fig. 5)。配線などが障害となって 90° の回転が完了していないので、今後改良する必要がある。また、結合解除と、回転のロック/解除については、所期の動作が行われていることを確認した。

5. おわりに

SMA を利用したユニット機械のマイクロ化を行った。今後、試作したユニットによる実験を進め、その自己組み立ての基本機能の検証を行って行く予定である。

参考文献

- 1) 吉田他: 1998 年度精密工学会秋期大会, 613 (1998).
- 2) 吉田他: 1999 年度精密工学会秋期大会, 36 (1999).
- 3) K. Ikuta: "Micro/minature shape memory alloy actuator," *Proc. IEEE ICRA*, 2156–2161 (1990).
- 4) 江刺: 1999 年度精密工学会秋期大会, 117 (1999).

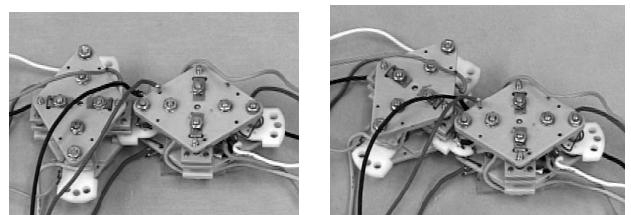


Fig. 5 Fundamental experiment (drum rotation).