

形状記憶合金を用いた小型分散ユニット機械 - 多数台の自己組立手法 -

機械技術研究所 吉田 英一 小鍛治 繁 村田 智
富田 康治 黒河 治久

1. はじめに

多数の小型の自律ユニットからなる再構成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、形状記憶合金 (SMA) トーションばねを用いて小型ユニットを設計し、試作機により、その再構成の基本性能を確認した¹⁾。本報では、開発した小型ユニットの3次元化の可能性について述べ、その組立手法として、3次元自在結合ユニット²⁾の自己組立手法³⁾⁴⁾を適用できることを示す。

2. 小型機械ユニットの概要

設計した機械ユニットは正方形状で、対角する頂点に配した SMA トーションばね拮抗型の回転アクチュエータが結合部 (オス) を回転させる。結合部 (オス) は他ユニットの結合部 (メス) とオートロック機構による結合が可能で、離脱は SMA コイルばねによって行う。Fig. 1(a)~(c) は 2 ユニット U1, U2 による基本的な移動である。U1, U2 の結合部 A, B の回転 (1)~(3) と離脱を適切な順序で行い、U1 が U2 の周囲を回転する。この動きの繰り返しにより、多数ユニットが様々な 2 次元形状を構成できる。

Fig. 2 は試作したユニットの外観である。今回新たに用いる SMA は Ni-Ti-Cu 合金 (大同特殊鋼製) で、非加熱時 (マルテンサイト相) の弾性係数が加熱時 (オーステナイト相) に比較して非常に小さく、拮抗型のアクチュエータに適している。これにより、前報¹⁾ で用いた Ti-Ni 合金に比較し、トルクや動作範囲などのアクチュエータの特性を改善することができた。

3. 3次元への拡張可能性

Fig. 1 のユニットを組み合わせると Fig. 3 に示す正八面体を構成することができ、頂点で結合して 3 次元構造を形成できる単位ユニットとすることができる。このユニットは Fig. 4 に示すように (a)~(c) の手順で 3 次元直交格子座標上を移動することができ、さまざまな 3 次元構造を構成できる。これは、基本的には筆者らがこれまでに開発した 3 次元自在結合ユニット²⁾の移動形態 (Fig. 5(a)~(b)) を包含することが明らかになった。また、移動は 2 個組で行う自在結合ユニットに対し、単独で移動可能な SMA ユニットには組立時の制約が少なくなる利点がある。

4. 3次元構造の自己組立手法

これまでに開発した 3 次元自在結合ユニット群の自己組立アルゴリズムには比較的小規模な系³⁾、さらに大規模な系⁴⁾を対

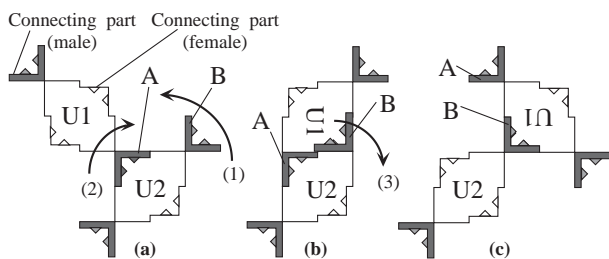


Fig. 1 ユニット (U1, U2) の動作

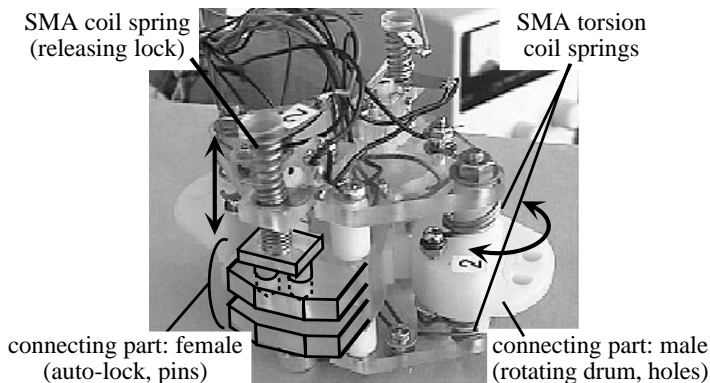


Fig. 2 試作したユニットの外観

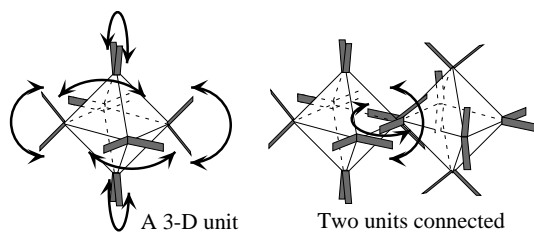


Fig. 3 3次元への拡張

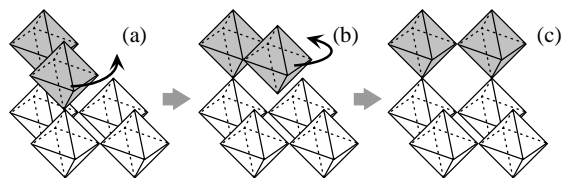


Fig. 4 拡張した SMA 3次元ユニットによる移動形態

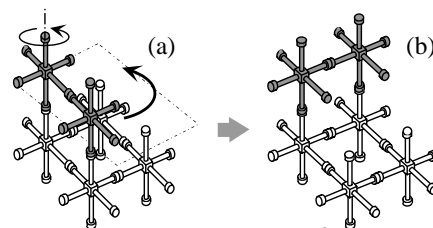


Fig. 5 3次元自在結合ユニット²⁾の移動形態

象としたものがあり、前章の考察よりいずれも拡張型 SMA 3 次元ユニットに適用が可能である。

ここでは、ユニットの自己組立手法として、小規模系を対象とするアルゴリズム³⁾を適用した例を示す。ユニットの結合型を、Fig. 6 のように分類し、これを用いて組立の目標形状を記述する。12 ユニットからなる立方体は、C31, C41 の結合型からなり、それぞれに結合している型を列挙して {C31 [C41, C31, C31]}, {C41 [C41, C41, C31, C31]} と記述することができる。自己組立のシミュレーションを Fig. 7 に示す。各ユニットがランダム確率場 (MRF) に基づいて目標に近づこうとする均質な分散アルゴリズムに基づき、梯子状の初期形状から目標形状に収束していることがわかる。これは開発した 2 次元ユニットにも移動方向を制限をすることによって適用可能である。

5. おわりに

SMA アクチュエータを利用した再構成可能な小型ユニット機械の 3 次元への拡張可能性を示し、自己組立アルゴリズムを構築した。今後は、これらの有効性を実機で検証していきたい。

参考文献

- 1) 吉田他: 1998 年度精密工学会秋期大会, 613 (1998).
- 2) 村田他: 第 9 回自律分散システムシンポジウム, 21/24 (1997).
- 3) 吉田他: 1998 年度精密工学会秋期大会, 518 (1997).
- 4) 吉田他: 第 37 回計測自動制御学会学術講演会, 527/528 (1998).

Valence Type	1	2	3	4	5	6
0	● C1	● C20	● C30	● C40	● C5	● C6
1		● C21	● C31	● C41		

Fig. 6 3次元ユニットの結合型の分類

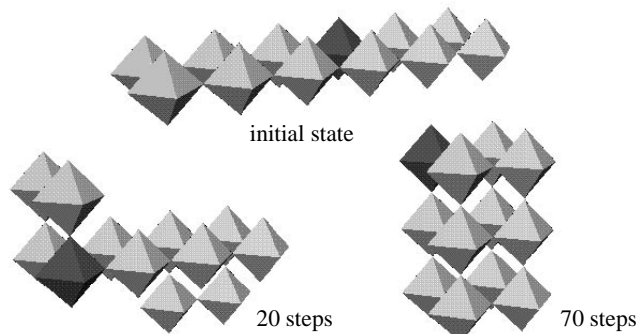


Fig. 7 3次元拡張ユニットの自己組立シミュレーション