

## 自己評価報告書

平成 23 年 3 月 31 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2011

課題番号：20560238

研究課題名(和文) 形状記憶合金ワイヤ駆動可変形状トラス

研究課題名(英文) Variable Geometry Truss Actuated by Shape Memory Alloy Wires

研究代表者

花原 和之 (HANAHARA KAZUYUKI)

神戸大学・大学院システム情報学研究科・准教授

研究者番号：70254430

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学 ・ 知能機械学・機械システム

キーワード：可変形状トラス、形状記憶合金、並列メカニズム

## 1. 研究計画の概要

可変形状トラスは、本質的に多くの運動学的自由度の保有が可能であることによる多彩な動作と、トラス構造を基本とすることによる軽量性・高剛性という特性を持つ魅力的な機械システムである。本研究課題ではアクチュエータとして形状記憶合金ワイヤを用いることにより、このようなメカニズムのシステムとしての特性ならびに実現可能性を検討する。研究計画の概要としては以下のような項目が挙げられる。

(1) このようなメカニズムは、運動学のみを扱う場合でも力学的な考察が必要である。準静的な運動を想定した運動学モデルを構築するとともに、計算機シミュレーションによりその運動学的特性について検討する。

(2) 形状記憶合金ワイヤは、形状記憶合金であることによる温度による特性変化と、ワイヤであることに起因する張力のみを支えられるという構造力学的特性を併せ持つ。これらの特性を考慮した可変形状トラスの動力学モデルを構築し、計算機シミュレーションによりその特性を評価する。

(3) 可変形状トラスは二次元構造であれば節点部の構成が単純になる。このような試作システムを構築し、動作実験によりその実現可能性についての基礎的な検討を行う。

(4) 可変形状トラスの三次元試作システムを構築し、実用的なシステムとしての実現可能性について検討する。また、特に節点部の構成について多面的に考察する。

(5) 一般にトラス構造のシミュレーションにおいては理想化された節点モデルを用いるが、可変形状トラスの場合には特に三次元システムの場合に実際的な節点構成の影響に

ついて評価する必要がある。このような点について適切なモデルを構築するとともに、実際の節点構成が運動学的・力学的特性に及ぼす影響について検討する。

(6) 形状記憶合金ワイヤをアクチュエータとし、トラス構造を基本とするこのようなシステムは、駆動のためのモータ類を必要とせず、また全体として軽量のメカニズムとして構築することができる反面、個々のワイヤについては基本的に On/Off の二値的な駆動となる。このような特性を活かすことができる適用分野について検討し、それらを想定した特性評価を行う。

(7) 研究全体として形状記憶合金ワイヤ駆動可変形状トラスの実現可能性ならびに有用性について総合評価を行う。

## 2. 研究の進捗状況

理想的なトラス節点にもとづく運動学モデルならびに動力学モデルについては構築を完了し、いくつかの計算例も示している。また試作システムによる実現可能性についても基本的な確認を行っている。

(1) 準静的な取り扱いによる運動学モデルを構築し、これにもとづくシミュレーションを行った。また、このようなメカニズムにおいて考慮が必要となる特異姿勢付近の特性についても一般的な観点から検討を行っている。

(2) 形状記憶合金の温度による特性変化を考慮した動力学モデルを構築し、計算例を示した。しかしながら通電加熱による電気抵抗の変化等、さらなる検討が必要である。

(3) 二次元試作システムによる実現可能性については基本的な検討を行い、このようなメ

カニズムが実際に動作することを検証するとともに、構築した数理モデルとの差異を確認した。

(4) 実際の節点構成については試作システムを通じて検討中である。二次元および三次元の形状記憶合金ワイヤ駆動可変形状トラスにおける節点部構成の基本的な問題点が明確となったが、その解消には至っていない。

(5) 実際の構成の節点部が運動学的ならびに動力学的特性に及ぼす影響について評価するための運動学モデルならびに動力学モデルについては現時点では基礎的な検討が完了した程度である。

(6) このような特徴的な構成のメカニズムの用途として超小型あるいは超大型のシステムを想定している。実際の使用環境ならびに使用状況と形状記憶合金の冷却方法を考慮した適性評価については現在検討中である。

(7) 実現可能性については確認できているが、有用性についてはまだ未知の点が多い。これらについてはさらなる検討の必要がある。

### 3. 現在までの達成度

② おおむね順調に進展している。

(理由)

試作および実験に関してはやや不十分な点はあるものの、三次元試作システムの動作実験を実施することができており、当初予定していた程度の達成度である。

理論的な側面では、実際の節点部構成の取扱いがまだ達成されていないものの、理想的なトラス節点のモデルにもとづく運動学モデルならびに動力学モデルおよびそれらの計算機シミュレーションを実施し、形状記憶合金ワイヤ駆動可変形状トラスの興味深い特性を示すことができています。さらに準静的な力学特性についてより一般的な観点も含めた特性評価をいくつか行うことができています。

### 4. 今後の研究の推進方策

三次元試作システムの改善と運動学モデルおよび動力学モデルにおける実際の節点構成の考慮が中心的課題となる。

(1) 試作システムの改善については、現在の実験システムにより明らかとなった問題点の解消ならびにより簡潔なシステム構成を検討することとなる。

(2) 実際の節点構成の影響のモデル化については、申請者が可変形状トラスに関する以前の研究で行っていたアプローチが適用できると考えている。具体的には節点オフセットを導入したモデルを構築し、これが運動学的特性ならびに動力学的特性に及ぼす影響について検討を行う。

(3) 節点部も含めた妥当なモデルが構築で

きれば、超小型システムならびに超大型システムへの適用可能性についての評価を行う。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① 高弘 圭祐, 花原 和之, 多田 幸生, 形状記憶合金ワイヤを用いた可変形状トラスの動的挙動の観察, 第 19 回スペース・エンジニアリング・コンファレンス講演論文集, CD-ROM, 2011, 査読無.
- ② T. Urakubo, T. Mashimo and T. Kanade, Efficient Pulling Motion of a Two-Link Robot Arm near Singular Configuration, Proc. 2010 IEEE / RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 1372-1377, 2010, 査読有.
- ③ 高弘 圭祐, 花原 和之, 多田 幸生, 形状記憶合金ワイヤを用いた可変形状トラス (実験による力学特性の評価), 第 18 回スペース・エンジニアリング・コンファレンス講演論文集, 149-153, 2010, 査読無.
- ④ Kazuyuki HANAHARA, Keisuke TAKAHIRO and Yukio TADA, Dynamic Characteristics of Variable Geometry Truss with SMA Wire Actuators, Proceedings of the 13th Asia-Pacific Vibration Conference, CD-ROM, 2009, 査読有.
- ⑤ 花原 和之, 高弘 圭祐, 多田 幸生, 形状記憶合金ワイヤによる適応トラス (動特性の基礎的検討), 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2009 CD-ROM論文集, 2009, 査読無.
- ⑥ 花原 和之, 高弘 圭祐, 多田 幸生, 形状記憶合金ワイヤアクチュエータによる可変形状トラス, 第 24 回宇宙構造・材料シンポジウム講演論文集, 85-88, 2008, 査読無.

[学会発表] (計 1 件)

- ① 花原 和之, 高弘 圭祐, 多田 幸生, 形状記憶合金ワイヤによる可変形状トラス (二次元トラスによる基礎実験), 日本機械学会 2009 年度年次大会, 2009. 9. 14, 岩手大学.