

平成24年度 学内研究助成金 研究報告書

近畿大学

課題番号：SR10

研究種目	<input checked="" type="checkbox"/> 奨励研究助成金	<input type="checkbox"/> 研究成果刊行助成金
	<input type="checkbox"/> 21世紀研究開発奨励金 (共同研究助成金)	<input type="checkbox"/> 21世紀教育開発奨励金 (教育推進研究助成金)
研究課題名	テンセグリティ構造体の変形を利用した移動機構の実現	
研究者所属・氏名	研究代表者：工学部 ロボティクス学科 講師 柴田 瑞穂 共同研究者：	

1. 研究目的・内容

本研究の目的は、外殻変形による移動機構を、テンセグリティ構造体で実現し、その運動計測および運動解析を通して、柔軟体の変形を積極的に利用する移動機構の巧みさを明らかにすることである。特に、外殻変形を利用する移動機構の移動戦略に関する知見を得る。また、テンセグリティ構造体は複数の部材から構成されるため、複数の変形方法が考えられる。実験を通して、外殻変形を利用する移動機構の変形方法についての知見を得る。

2. 研究経過及び成果

1. 試作機および研究方法

テンセグリティ構造は、元々建築の分野で開発された構造体である。複数の圧縮材を張力材で結合した構造であり、それぞれの圧縮材が互いに接触していないという特徴を持つ。研究代表者（柴田）は、以前より、テンセグリティ構造に着目し、外殻変形による重心移動を利用した移動方法を提案している。図1に開発した正20面体型テンセグリティロボットを示す。本試作機では、圧縮材を木材、張力材をゴム材としている。全高は、52mmである。3本の圧縮材の端点で接地し、接地面の形状は三角形となる。このロボットは、この接地面を支持多角形として静止する。すなわち、静止状態では支持多角形の上方に重心が配置される。このロボットの張力材としてゴム材を使用し、アクチュエータを利用して外殻を変形させることで、ロボット全体の重心位置が変化する。この外殻変形によりロボットの重心を支持多角形の外にだすことで転がり移動を実現する。多足歩行ロボットの動歩行とは異なり、ロボットが移動したあと、ロボット本体の別の面が新たな接地面となる。したがって、重心位置を適切に制御することで、新たな接地面を支持多角形として、ロボットは静止することができる。本機構では、連続的な転がりを実現するためには、アクチュエータの配置が重要になる。本研究では、図1に示すように、正20面体型テンセグリティ移動ロボットを取り扱う。このとき、アクチュエータ配置および接地状態の分類に関して議論を行った。

2. 幾何学的対称性を利用したアクチュエータ配置

外殻を変形させるためのアクチュエータは直動のアクチュエータとする。形状記憶合金、マッキベン型空気圧人工筋などが直動アクチュエータとして利用できる。図1に示す試作機では、アクチュエータを形状記憶合金（トキコーポレーション製BMX150）としている。このアクチュエータは通電加熱することで約40%程度収縮することが可能である。製作の容易さ、外殻の変形量を大きくするという観点から、各頂点間にアクチュエータを配置することを考える。すなわち2個の頂点間を結ぶ線分上にアクチュエータを配置する。ここで、正20面体の幾何学的配置を考慮して、アクチュエータも圧縮材と同様に、3対の平行に配置されたアクチュエータが互いに直交するように配置した。図1の試作機では、この配置を実現している。ここで、正20面体のテンセグリティ構造体に関して、接地面に対する圧縮材の向きの観点から、接地面を{111}型と{210}型に分類した（図2）。この番号付けは結晶学におけるミラー指数を参考にしている。アクチュエータも同様に、接地面に対するアクチュエータの向きの観点から、{111}型と{210}型に分類する

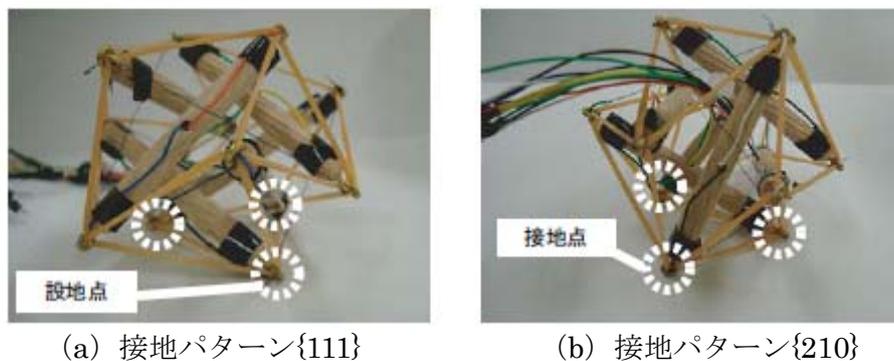
ことができる (図 3). すなわち, このアクチュエータの配置では, 接地状態の分類は, {圧縮材} – {アクチュエータ} = {111} – {111}, {111} – {210}, {210} – {111}, {210} – {210} の 4 つになる. すなわち本試作機の 20 の接地面はこれら 4 つの組み合わせのいずれかになる. のこれらすべての組み合わせから, 適切なアクチュエータを収縮させることによって, 任意の方向に転がることが可能であることを実験的に確かめた.

3. 結言

本研究では, 外殻変形を利用したテンセグリティ移動ロボットのアクチュエータ配置に関して議論した. 本稿では, 正 20 面体型移動ロボットに関して, 幾何学的対称性を利用した配置を提案した. 圧縮材の接地パターンおよびアクチュエータが配置されている端点の接地パターンをそれぞれ考慮すると, ロボットの接地状態の分類は 4 つとなる. また, 適切にアクチュエータを動作させることにより, これらすべての組み合わせから任意の方向に転がることを実証した. この結果より, 本試作機は, このアクチュエータ配置を利用して, 連続的な転がりを実現できる可能性が示唆される.



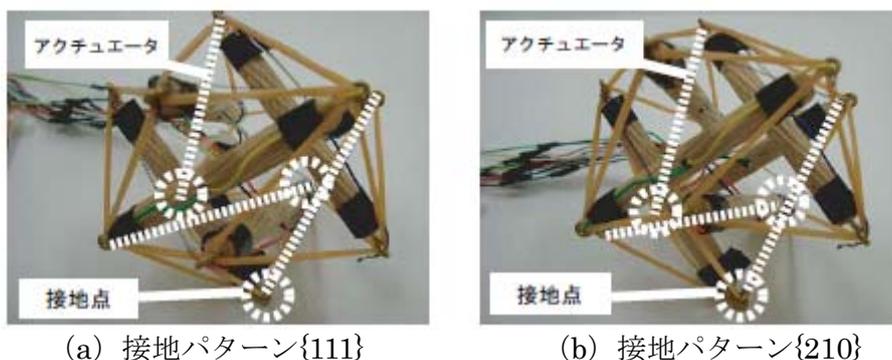
図 1 テンセグリティ型移動ロボット



(a) 接地パターン{111}

(b) 接地パターン{210}

図 2 圧縮材と接地面の分類



(a) 接地パターン{111}

(b) 接地パターン{210}

図 3 圧縮材と接地面の分類

3. 本研究と関連した今後の研究計画

本研究の成果により，テンセグリティ構造のロボットへの適用可能性および有用性が明らかになりつつある．特に，柔軟な外殻変形を用いることで種々のロボット骨格として利用できることが期待できる．具体的には，

- ・ロボットアーム
- ・歩行ロボット
- ・水中ロボット

などへの適用を試みる．現在，水中ロボットに適用し，外殻を変形させることで運動中の移動特性が変化することを実験的に明らかにしている．これらの研究を統合することで，テンセグリティ構造のロボットへの適用可能性を明らかにし，軽量ロボットの実現のための新たな礎となることを目指す．

4. 成果の発表等

発表機関名	種類(著書・雑誌・口頭)	発表年月日(予定を含む)
日本ロボット学会	口頭	2012年9月20日