

テンセグリティ型多面体移動ロボットの接地状態判定

柴田 瑞穂, 寺師 和真, 仲瀬 洸男, 平井 慎一 (立命館大学)

Judgment Method of Contact Conditions for Polyhedral Locomotion Robot with Tensegrity

Mizuho SHIBATA, Kazuma TERASHI, Mitsuo NAKASE, and Shinichi HIRAI
Ritsumeikan Univ.

Abstract: This paper presents judgment method of contact conditions for a polyhedral locomotion robot with tensegrity. In a six-strut tensegrity, we can judge the contact conditions using directions of the struts against the vertical direction. Judging of the contact plane is basis of determining a gait of the locomotion robot. We make sensors, considering of two switches, to measure the direction of the struts against the vertical direction.

1 緒言

近年, ロボットの外殻を変形させ, 移動・跳躍を実現しようとする試みが多くなされている [1, 2, 3]. 本研究では, テンセグリティ構造体の外殻を変形させることによる転がり移動を実現している [4]. テンセグリティは, 複数の圧縮材と張力材の力のつりあい状態によってその形状を維持している構造体であり, それぞれの圧縮材が互いに接触しない特徴を有している [5]. テンセグリティは元々建築の分野で研究されてきた. しかしながら, アクチュエータと組み合わせることにより変形が可能であることから, 近年, ロボットの分野でも研究がなされるようになってきている [6, 7]. 我々は, 外殻を形状記憶合金 (Shape Memory Alloy: SMA) によって変形させることで, 転がり移動を実現した [8]. 移動戦略を記述するために, 結晶学の知見を応用し, 面の規則的な命名法について論じている [9]. また, 準正多面体型など, ある種の外殻を持つテンセグリティ構造は, 接地面に対する重力ポテンシャルエネルギーの観点から, 安定に静止しやすい面が存在することを確認している [10].

本報告では, 接地面を基準とした移動戦略を実現するために, 接地面をセンサによって判別する手法について論じる. テンセグリティ構造の圧縮材の向きを判別することによって, 接地面を判別する.

2 接地面判別方法

本節では, テンセグリティ構造の接地面の判別について論じる. 図 1 に, 本報告で用いる, テンセグリティ構造体を示す. 図に示される構造体は, 圧縮材が 6 本からなるテンセグリティ構造体であり, その形状は, 正二十面体を基にしている [11]. したがって, 接地面は 20 個存在する. 圧縮材は, 平行な 2 本の圧縮材の組が 3 組ある構造している. 便器上, 圧縮材の頂点に図のように番号をつける. ここでは, 頂点 1・7 の棒と 4・10 の棒, 2・8 の棒と 5・11 の棒, 3・9 の棒と 6・12 の棒が平行に配置されている. 本テンセグリティ構造が鉛直方向に対してどちらの面が下向きであるかは, 圧縮材の向きを判別することによって判別することが可能である. 表 1 にそれぞれの接地面においてより下にある圧縮材の番号を示す. 接地と書いてある項目は, 接地している頂点を表し, 空中と書いてある項目は, 空中にある圧縮材において, 鉛直方向でより下にある側の頂点を示す. 状態 9~20 では, 2 本の圧縮材が水平となるため, 空

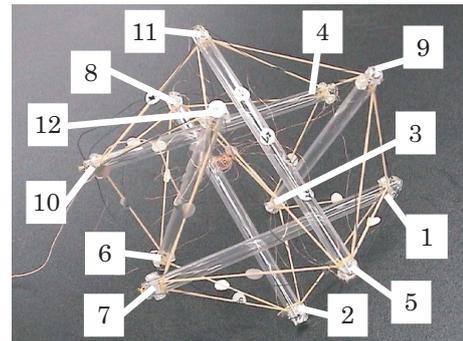


Fig.1: Notation of strut ends of our prototype (a six-strut tensegrity)

中で下を向く圧縮材がそれぞれ 1 本しかない. それぞれ接地している 3 本の向きが判別できれば, どの面が下にあるかが判別できる. 本手法のメリットとして,

- 圧縮材の重力に対する方向だけ分かればよいので, 使用するセンサを小型軽量にできる,
- どの接地面が下にあるかを離散的に判断できる,

が挙げられる. 一方,

- 圧縮材の数だけセンサが必要である,
- 接地面との接触についての情報が得られない,

といったデメリットがある. 今回は, 接触の情報そのものより, どの面が重力方向に対して下向きになっているかを判別することが, 移動戦略に直接影響を及ぼすと考えた.

3 実機

図 2 に作成したセンサを示す. このセンサは, 外殻 (中空のパイプ), 2 つの電極, 鉄製の心棒のパーツから構成される. 電極は, パイプの両端に配置する. 重力によって, 心棒がパイプ内を移動し, 電極が通電できる状態にする. このとき, 他端の電極は通電しない. したがって, このセンサは, デジタル入力回路を用いて, 各電極が通電するかを判定することによって, どちらの向きが重力方向に対して下向きにあるかを判定できる. センサ 1 個の質量は約 2g である. 図 3 に実験風景を示す. 図では, テンセグリティ構造の 6 本の圧縮材に作成したセンサを取り付けている. デジタル入力回路として, マイコン (SparkFun Electronics 製 gainer) を使用する.

Table 1: The number of contact struts

No.	On ground	In air
1	1, 2, 3	4, 5, 6
2	2, 6, 7	3, 5, 10
3	3, 4, 8	1, 6, 11
4	4, 9, 11	1, 8, 12
5	1, 5, 9	2, 4, 12
6	5, 7, 12	2, 9, 10
7	6, 8, 10	3, 7, 11
8	10, 11, 12	7, 8, 9
9	4, 8, 11	1
10	5, 9, 12	2
11	6, 7, 10	3
12	1, 2, 5	4
13	2, 3, 6	5
14	1, 3, 4	6
15	8, 10, 11	7
16	9, 11, 12	8
17	7, 10, 12	9
18	2, 5, 7	10
19	3, 6, 8	11
20	1, 4, 9	12

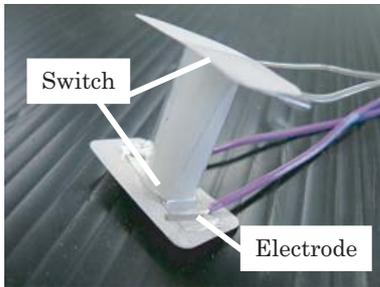


Fig.2: Sensor for judging contact conditions

4 結言

本報告では、テンセグリティ型多面体移動ロボットに関して、接地面を基準とした移動戦略を実現するために、接地面をセンサによって判別する手法について論じた。テンセグリティ構造の圧縮材の向きを判別することによって、接地面を判別することが可能である。今後は、図4に示すように、作成したセンサを内蔵した圧縮材を作成する。この圧縮材を用いたテンセグリティ構造を用いて、自立移動を実現する。

謝辞

本研究の一部は、平成21年度科学研究費補助金若手研究(B)(課題番号:21760210)の支援を受けて行われた。

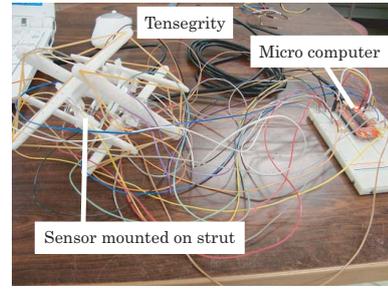


Fig.3: Experimental setup

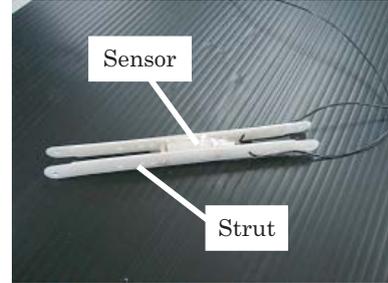


Fig.4: Strut with sensor for judging contact conditions

参考文献

- [1] 杉山勇太, 平井慎一: “柔軟ロボットの变形を用いた移動と跳躍”, 日本ロボット学会誌, Vol.24, No.3, pp.102-111, 2006.
- [2] 山田篤史, 望山洋, 藤本英雄: “閉ループ柔軟カタパルトの静力学解析”, 日本ロボット学会誌, Vol.26, No.2, pp.49-57, 2008.
- [3] R. Armour, K. Paskins, A. Bowyer, J. Vincent, and W. Megill: “Jumping robots: a biomimetic solution to locomotion across rough terrain”, *Bioinspiratoion and Biomimetics* Vol.2, Issue 3, 65/S82 (2007)
- [4] 柴田瑞穂, 西條文雄, 平井慎一: “テンセグリティ型柔軟移動ロボットの実験的検討”, 第26回日本ロボット学会講演集, 2008.
- [5] R. Motro: “Tensegrity”, Kogan Page, 2003.
- [6] C. Paul, F. J. Valero-Cuevas, and H. Lipson: “Design and Control of Tensegrity Robots for Locomotion”, *IEEE Transactions on Robotics*, Vol.22, No.5, pp.944-957, 2006.
- [7] 木野仁, 岸川博美, 名切大: “Tensegrity 構造ロボットにおける狭所移動方法の考察”, 第9回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2008.
- [8] M. Shibata, F. Saijyo and S. Hirai, “Crawling by Body Deformation of Tensegrity Structure Robots”, *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp.4375-4380, 2009.
- [9] M. Shibata and S. Hirai, “Rolling Locomotion of Deformable Tensegrity Structure”, *Mobile Robotics: Solutions and Challenges*, pp.479-486, 2009.
- [10] 柴田瑞穂, 寺師和真, 仲瀬光男, 平井慎一: “テンセグリティ型多面体ロボットの転がり移動”, 第27回日本ロボット学会講演集, 2009.
- [11] 西條文雄, 柴田瑞穂, 平井慎一: “テンセグリティ型柔軟ロボットの転がり移動の解析”, 第9回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2008.