

# 球形柔軟ロボットの dish shape を利用した跳躍

立命館大学 宮崎 正行, 平井 慎一

## Jumping of spherical soft robot via dish shape

Masayuki MIYAZAKI and Shinichi HIRAI (Ritsumeikan Univ.)

**Abstract:** As jumping is an effective method of moving over rough terrain, there is much interest in building robots that can jump. Deformation of a soft robot's body is an effective method to induce jumping. Our aim was to develop a jumping robot by deformation of a circular shell made of spring steel to result in the highest jump. Higher jumping requires large impulse from the ground during jumping. We developed mechanisms for jumping via dish shape.

### 1. 緒言

動物や昆虫の移動手段としてよく見られる跳躍は、多くの障害物が存在する不整地において踏破性を向上させる効果的な手段である。そのため、様々な跳躍ロボットが現在研究されている [1]。当研究室ではボディ変形を利用した跳躍ロボットを開発した [2]。柔軟なボディ変形は跳躍にとって効果的な手段である。柔軟物体の跳躍に関してシミュレーションおよび実機実験から、跳躍のための初期形状により跳躍量が大きく異なることが分かった。また、この跳躍量の差はロボットのボディが得る床からの力積に依存するということが分かった [3]。本報告では、跳躍量の改善のため、Fig.1 に示す dish shape から跳躍ができる変形機構を提案し、その跳躍を実験的に評価する。



Fig.1 dish shape

### 2. ボディ変形による跳躍の原理

球形柔軟ロボットのボディ変形による跳躍原理を Fig.2 に示す。柔軟なボディを変形させ、ボディにポテンシャルエネルギーを蓄積する。変形形状から元の形状に戻ろうとする際に、エネルギーを即座に放出することにより跳躍を行う。跳躍方法には床を叩きつける跳躍とボディ自体が伸び上がる跳躍がある。Fig.2 の dish shape が床との接触時間が長く、力積を多く得られる形状であることが分かっている [?]

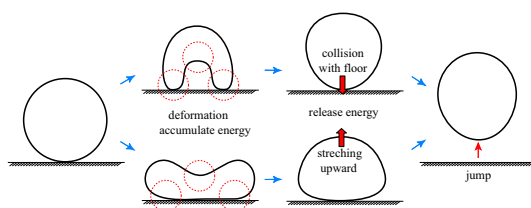


Fig.2 Principle of jumping

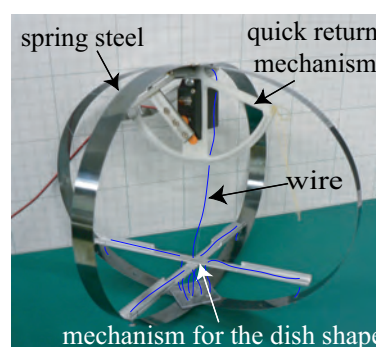


Fig.3 Prototype of a jumping robot

### 3. 跳躍ソフトロボット

円形に繋がれた板ばね鋼を2本使用し球形を作りボディとし、早戻り機構と dish shape 機構を組み合わせ球形柔軟ロボットを開発した。Fig.3 に球形柔軟ロボットを示す。高さ 200 mm、全質量は 94.2 g (板ばね鋼 31.9 g、早戻り機構 51.6 g、dish shape 機構 10.7 g) である。使用した板ばね鋼は、直径 200 mm、幅 15.0 mm、厚さ 0.20 mm である。ワイヤをロボットボディの最下部から最上部を介し早戻り機構に接続している。駆動部分にモータを使用し、ワイヤの引っ張り、解放動作により dish shape への変形、跳躍を行う。

### 4. 跳躍機構

dish shape からの跳躍を実現するため機構を開発した。dish shape の特徴として3点が考えられる。ボディを変形するための十分な駆動力、跳躍のための変形形状の瞬時の解放、ボディと床との長い接触時間である。これらの特徴を実現するために開発した機構について述べる。

#### 4.1 ワイヤの引っ張り、解放機構

ボディを変形のためにワイヤを使用する機構を提案する。ワイヤは自然形状から dish shape へボディを変形させるために引かれなければならない。かつ、ワイヤを解放することで即座に元の形状に戻らなければならない。そのためワイヤの引っ張り、解放手段として早戻り機構 (Fig.4) を

使用した．大きさは縦 68 mm，ワイヤの最大巻取り長さは 130 mm である．駆動部は GWS 製の MICRO 2BBMG に使用されているモータを使用した．ワイヤは球形ボディの最下部と最上部を介してこの機構のガイド部分を往復運動する回転部に接続している．この回転部が移動するとワイヤが外周に巻きつけられボディ変形が行われる．この機構はモータが 1 回転する際に，Fig.4-(a),(b),(c) に示す 306° でワイヤを引き，球形から dish shape へ変形を行う．Fig.4-(c),(d),(a) の 54° でワイヤの解放を行う．モータの速度を変えずに，ワイヤの引っ張り，解放で速度の異なる動作を行うことが可能であるので跳躍動作に適している．

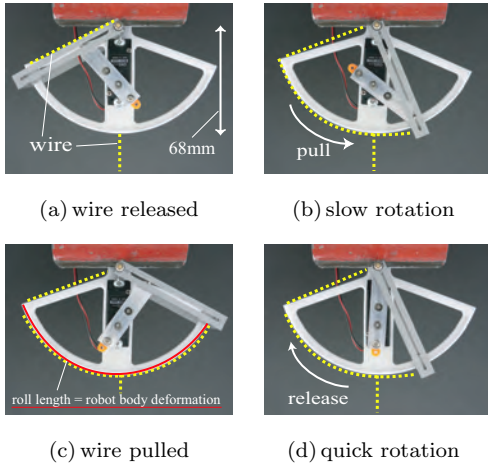


Fig.4 Quick return mechanism

#### 4.2 床面を平らにする機構

ワイヤを引くだけでは dish shape を作る事ができない．床との接触時間を長くするため床面を平らにする機構が必要である．Fig.5 に変形機構を示す．ばね鋼とフレームはワイヤで繋げ，跳躍の際にはばね鋼に干渉しないように接続している．Fig.5-(a) に示すボディ中央のワイヤを引くことにより，フレームがボディ方向へ押付けられ Fig.5-(b) に示すように床面を平らにすることが可能である．この機構を早戻り機構と連動させることで跳躍直前の変形形状 dish shape を作る事が可能である．

#### 5. 跳躍実験

ロボットに電圧 6.0 V を与え，跳躍実験を行った．Fig.6 に跳躍の様子を示す．Fig.6-(a) はロボットを安定させるために 60 mm ワイヤを巻きとり，自然形状から変形した状態である．Fig.6-(d) に示す 0.53 s で自然形状における直径

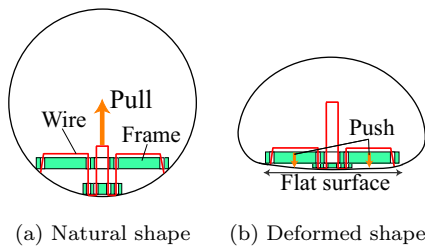


Fig.5 Mechanism for a dish shape

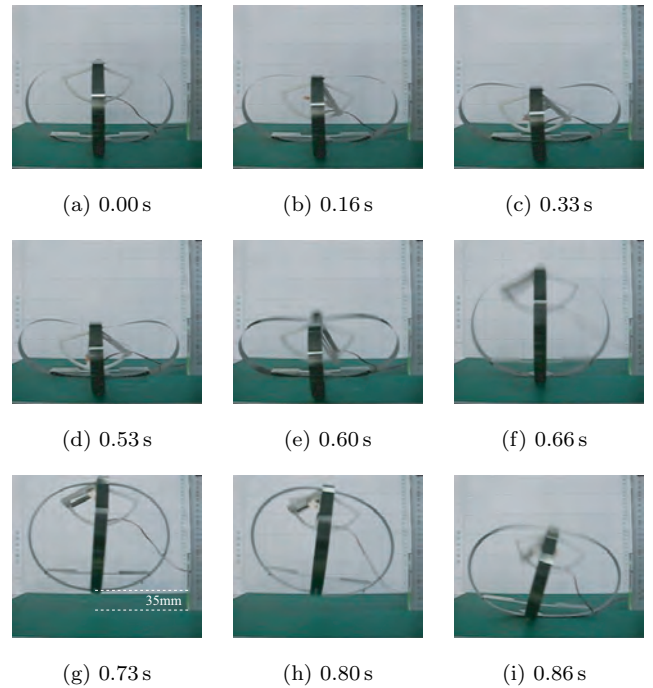


Fig.6 Jumping of a prototype robot

200 mm から 115 mm の変形をし，最大の変形状態となり dish shape からの跳躍を実現した．最大跳躍量は 35 mm であった．モータを使用したため応答性が速く連続的な跳躍も可能であった．

#### 6. 結言

本報告では力積を多く得られる形状である dish shape からの跳躍を実現するため，早戻り機構と dish shape 機構を開発し球形柔軟ロボットを開発した．跳躍実験の結果，直径 200 mm，全質量 94.2 g のロボットで dish shape からの跳躍を実現し，最大約 35 mm の跳躍が可能であった．しかしモータトルクが小さかったため，実験で使用した板ばね鋼以上の剛性では十分な変形を得ることができなかった．今後は，変形可能な板ばね鋼の剛性を大きくするために，モータにギアを取り付けトルクを大きくする．そしてロボットのボディに，より剛性の大きい板ばね鋼を使用し，直径以上の跳躍を実現する．

#### 参考文献

- [1] S.B. Kesner, J.S. Plante, P.J. Boston, T. Fabian, and S. Dubowsky, Mobility and Power Feasibility of a Microbot Team System for Extraterrestrial Cave Exploration, *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp.4893-4898, Rome, April, 2007.
- [2] Y. Sugiyama, A. Shiotsu, M. Yamanaka, and S. Hirai, Circular/Spherical Robots for Crawling and Jumping, *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp.3595-3600, Barcelona, April, 2005.
- [3] 松山吉成, 平井慎一, ボディの変形による跳躍の力学, ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.119-126, 2008