

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	球殻の座屈現象を利用した跳躍および投擲が可能なソフトメカニズム
Title	Jumping and Throwing Soft Mechanism using Buckling of Spherical Shell
著者	北守 隆旺, 和田 晃, 難波江 裕之, 鈴森 康一
Author	Takaaki Kitamori, Akira Wada, Hiroyuki Nabae, Koichi Suzumori
掲載誌/書名	ロボティクス・メカトロニクス講演会2016 予稿集, Vol. , No. , pp.
Journal/Book name	Proceedings of the 2016 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Vol. , No. , pp.
発行日 / Issue date	2016, 6
URL	http://www.jsme.or.jp/publish/transact/index.html
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本機械学会に帰属します。

球殻の座屈現象を利用した 跳躍および投擲が可能なソフトメカニズム

Jumping and Throwing Soft Mechanism using Buckling of Spherical Shell

北守 隆旺 (東工大) 〇正 和田 晃 (東工大)
正 難波江 裕之 (東工大) 正 鈴森 康一 (東工大)

Takaaki KITAMORI, Tokyo Institute of Technology, kitamori.t.aa@m.titech.ac.jp
Akira WADA, Tokyo Institute of Technology
Hiroyuki NABAE, Tokyo Institute of Technology
Koichi SUZUMORI, Tokyo Institute of Technology

We developed soft mechanism which can achieve jumping and throwing by using buckling. This mechanism consists of big and small spherical shells which are made of silicone rubber. The small spherical shell bites into the large spherical shell which has an air supply tube to apply compressed air into the mechanism. The small spherical shell turns over immediately when the internal pressure of the mechanism reach to some point. This rapid movement can push ground in order to jump and throw something which is in the small spherical shell. In the experiments, this mechanism threw M4 nut which weight is 0.7 g to the height of 27 cm and jump to the height of nearly 1 m.

Key Words: Soft robot, Pneumatic actuator, Soft mechanism

1. 緒言

半球状の球殻に外側から圧力を印加していくと、この半球状の球殻はある圧力で座屈を起こし急激にひっくり返る。この現象を利用することで跳躍や物体の投擲が可能なソフトメカニズムを考案した。研究の初期段階としてヒューリスティックに寸法を決定した試作機を製作し、質量 0.7 g の M4 ナットを 27 cm の高さまで投擲できることを確認した。次に、試作機を改良した改良機を製作し、1 m 近くの跳躍を実現した。

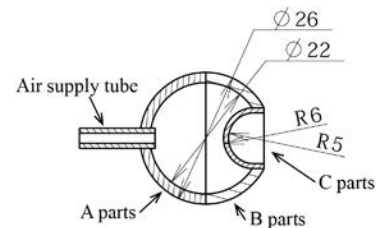


Fig.1 Dimension and names of each parts (prototype)

2. 駆動のメカニズム

今回考案したソフトメカニズムは、シリコンゴムでできた A parts, B parts, C parts の 3 つの部品と圧縮空気をメカニズムに印加するための空圧チューブから成り立っている。このメカニズムの大きな寸法と各部品と名前の対応を図 1 に示す。

このメカニズムの駆動原理を図 2 に示す。空圧チューブを用いてこのメカニズムに圧力を印加すると、初期状態 I. の状態から II. の状態のように、圧力をうけた A parts と B parts が C parts を図の黒矢印の向きへ広げようとする力 F_1 を発生させる。逆に C parts はシリコンゴムの弾性により元に戻ろうとする力 F_2 を発生させる。この 2 つの力は常に釣り合っており、この力の大きさに従って距離 d が一意に決定する。距離 d がある閾値を超えると III. の状態のように C parts が外側に座屈する。この座屈時の変位を利用して、跳躍や物体の投擲が可能である。

このメカニズムのゴム硬度による挙動の変化を確認するために、B parts のゴム硬度を変化させた試作機 A-1 と A-2 を製作した(図 3)。A-1 にはすべて硬度 28 のシリコンゴム KE-1603-A/B(信越化学工業株式会社)をもちい、A-2 には B parts のみ硬度 45 のシリコンゴム KE-1600(信越化学工業株式会社)を用いた。図 3 において青色が付いている部分が KE-1600 である。

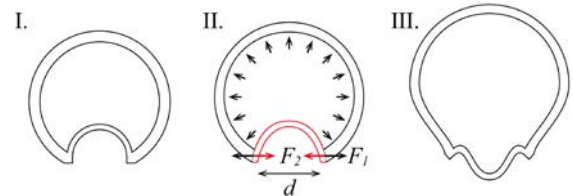
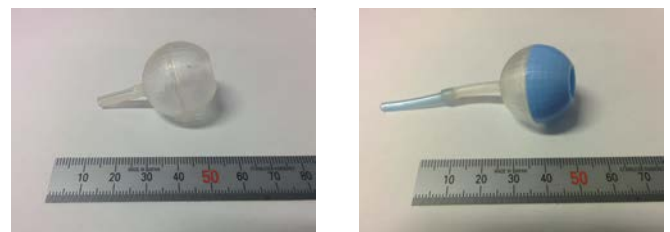


Fig.2 Principle of the Jumping and throwing soft mechanism



(a) Appearance of A-1 (b) Appearance of A-2

Fig.3 Appearance of each prototypes

3. M4 ナット投擲実験

試作機に実際に圧力を印加して座屈時の圧力を計測したところ、試作機 A-1 は 38 kPaG, 試作機 A-2 は 62 kPaG で座屈を起こした。これは B parts のゴム硬度の増加の影響により、小さな変位で大きな力を発生させることが可能となったためである。跳躍や投擲といった動きを考えた場合、座屈時の圧力が大きい方がやり取りするエネルギー量も増え、結果としてメカニズムの性能向上に繋がると考えられるため、ナットの投擲実験においては試作機 A-2 を用いることとした。

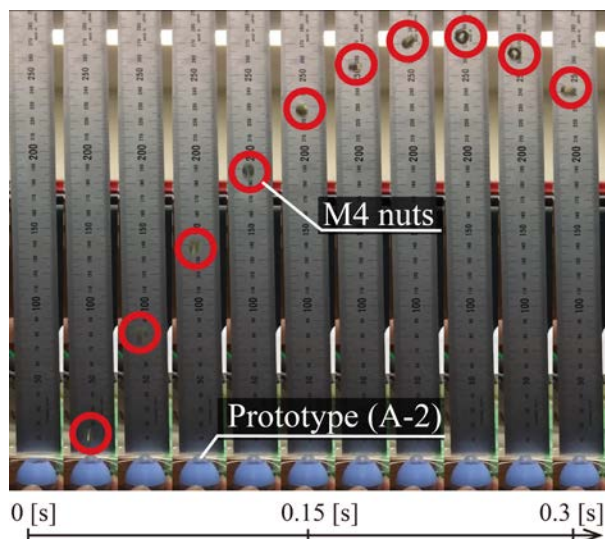


Fig.4 Experiment of throwing M4 nut using A-2

図 4 に投擲実験の結果を示す。この実験から 0.7 g の M4 ナットを約 27 cm の高さまで投擲できることを確認した。

4. 改良機の試作

このメカニズムの座屈時の圧力は、このメカニズムの剛性の高さと同相がある。そこで改良機 A-3 においては C parts の厚みを増すことで座屈時の圧力上昇を狙う。厚みが急激に変化する B parts と C parts の間には大きな応力が発生するため、改良機 A-3 においては B parts と C parts を一体で成形した。A parts および B parts の厚みではなく C parts の厚みを増した理由は、2 乗 3 乗の法則から A parts および B parts の厚みを増すよりも C parts の厚みを増した方が、より小さい質量変化で高い剛性を得られると考えたからである。軽量のボディは飛躍可能な高さを向上させる。結果として質量は 17.7 g となった。以下、B parts と C parts を一体で成形したものを BC parts と呼称することとする。

また試作機よりもスケールを大きくすることで扱えるエネルギーを増やすことにした。改良機 A-3 の具体的な寸法および部品と名前の対応を図 5 に示す。将来的に電池と小型制御回路およびコンプレッサレス空圧アクチュエータ[1,2,3]を搭載することを見越し、A parts の上部を平面とした。コンプレッサレス空圧アクチュエータを搭載することで自立駆動が可能になると考えられる。D parts は A parts と BC parts を接合させやすくするためのものであり、動きを阻害させないよう、硬度 23 の比較的柔らかいシリコンゴム KE-1316 (信越化学工業株式会社) を用いた。A parts に入った圧縮空気が BC parts にも行き渡るよう中央部に直径 4.5 mm 程度の穴が開けられている。製作した改良機 A-3 の外観を図 6 に示す。改良機 A-3 はすべてシリコンゴム KE-1600 を用いて製作した。

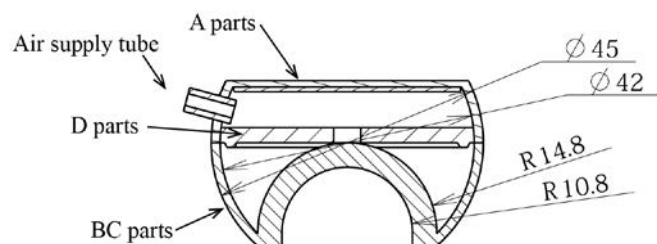
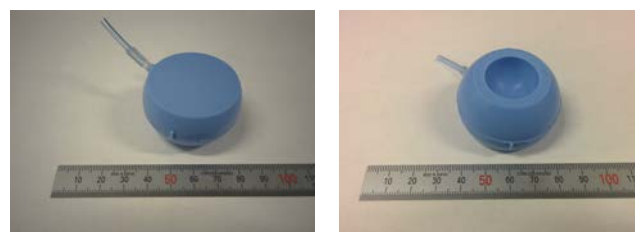


Fig.5 Dimension and names of each parts (A-3)



(a) Front

(b) Back

Fig.6 Appearance of A-3

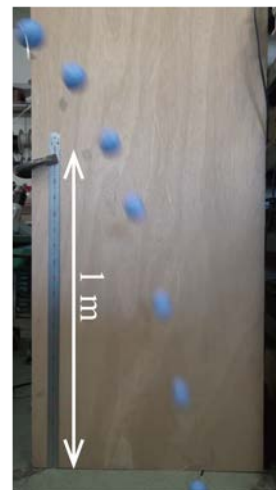


Fig.7 Experiment of the jumping (60 fps)

5. 跳躍実験

製作した改良機 A-3 を用いて跳躍実験を行った。実験の様子を図 7 に示す。向かって手前方向に跳躍したため、正確な高さの計測が困難であったが、図 7 の結果から 1 m は跳躍したと判断できる。

6. 結言

球殻内部にさらに直径の小さな球殻を組み合わせることで、圧力印加時に座屈現象を示すことを確認した。この座屈を利用したソフトメカニズムを用いて、実際に物体の投擲や跳躍が可能であることを示した。投擲に関しては試作機を用いて質量 0.7 g の M4 ナットを 27 cm の高さまで投擲することに成功し、跳躍に関しては改良機を用いて 1 m 以上の跳躍を実現した。

現在は空圧源としてコンプレッサを用いているため空圧チューブを有しているが、今後はコンプレッサレス空圧アクチュエータを搭載することで、自立駆動できるようにする予定である。

文 献

- [1] 鈴森康一, 和田晃, 脇元修一, "可逆化学反応現象を利用したガス圧制御システムの開発-第 1 報; 水の分解/合成を利用した試作実験-", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2012, 2A1-D07, 2012
- [2] 亀谷英裕, 和田晃, 鈴森康一, "気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ-第 2 報; 高分子形燃料電池を組み込んだ FMA の試作と駆動実験-", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, 2A2-O04, 2014
- [3] 北守隆旺, 和田晃, 難波江裕之, 鈴森康一, "気液可逆化学反応を利用したガス圧アクチュエータ (第 4 報 ドライ陰極構造による軽量化)", 第 16 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予稿集, pp. 1540-1543, 2015