

Title	動的造形可能な簡易型ソフトアクチュエータAirFabの開発
Author(s)	垣花, 元貴; 千葉, 蒼司; 張, 萍; 鳥居, 拓馬; 謝, 浩然
Citation	HCGシンポジウム2020: HCG2020-1-2-3
Issue Date	2020-12
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/17033
Rights	Copyright (C)2020 IEICE. 垣花 元貴, 千葉 蒼司, 張 萍, 鳥居 拓馬, 謝 浩然, HCGシンポジウム2020, 2020, HCG2020-1-2-3.
Description	

動的造形可能な簡易型ソフトアクチュエータ AirFab の開発

垣花 元貴[†] 千葉 蒼司[†] 張 萍[†] 鳥居 拓馬[†] 謝 浩然[†]

[†] 北陸先端科学技術大学院大学 〒923-1211 石川県能美市旭台 1-1

E-mail: [†] {s2010041, s2010118, s2010125, tak.torii, xie}@jaist.ac.jp

あらまし 近年、インフレータブル（膨脹式）構造による動的制御可能なソフトアクチュエータの開発が進んでいる。しかしながら、多くの既存研究では特殊な専用の素材や機器を必要とする課題が残っている。本研究では、インフレータブル構造体製作の低コスト化を目指し、ツイストバルーンとポリエチレンフィルムを用いた簡易型インフレータブル構造体の製作手法を提案する。本提案機構を用いれば、誰でも手軽にインフレータブル構造をもつ造形物を作ることができるため、教育面やエンターテインメント領域への応用が容易く実現できると考えられる。

キーワード ソフトアクチュエータ, バルーン, インフレータブル.

Simple Pneumatic Balloon Actuator for Dynamic Fabrication

Genki KAKIHANA[†] Aoshi CHIBA[†] Ping ZHANG[†] Takuma TORII[†] Haoran XIE[†]

[†] Japan Advanced Institute of Science and Technology Asahidai 1-1, Nomi-shi, Ishikawa, 923-1211 Japan

E-mail: [†] {s2010041, s2010118, s2010125, tak.torii, xie}@jaist.ac.jp

Abstract The controllable soft actuators with inflatable structures have been extensively explored recently. However, the previous approaches may require specialized materials or equipment in actuator fabrication. This work aims to create a pneumatic actuator with low cost and easy fabrication procedure. The proposed actuator adopts twisted balloons and polyethylene film with common sewing machine. The proposed device is easy to build for common user, so we believe that the proposed pneumatic balloon actuator can be easily applied to the applications for education and entertainment purposes.

Keyword Pneumatic Actuator, Balloon, Inflatable Structure.

1. 研究背景と目的

近年、素材にインフレータブル（膨脹式）構造をもたせ、素材の形状を動的に変化させるアクチュエータの研究が盛んにおこなわれている。ヒューマン・コンピュータ・インタラクション(HCI)分野においては、インフレータブル構造体の膜内部の充填剤の量調節や熱による変形、相転移等を利用し、内圧を動的に操作するアクチュエータの研究が進んでいる。例えば、膜内に低沸点の液体を封入し、外から熱を加え気化させることで、内圧を上げて変形させる平面アクチュエータがある[1]。また、シリコンや紙等の柔らかい素材にインフレータブル構造をもたせ、動的に形状変化が可能な立体物を製作する手法が提案されている[2]。しかしながら、これらの研究手法は、素材の入手が困難、もしくは製作にあたり専用の工作機器や配線等が必要であることが多く、手軽には扱えないという課題がある。こうした実情を踏まえ、本研究は、従来の方法と比べ素材の入手・加工が容易なインフレータブル構造体 AirFab の作成手法を提案する。

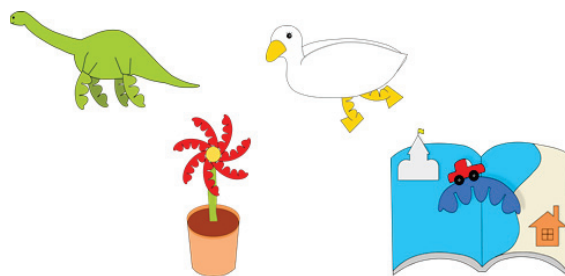


図 1 提案デバイスの応用例

本研究の提案では、市販のツイストバルーンとポリエチレンフィルムを用いて、簡易型インフレータブル構造体を構成する。本提案では、特定の形状に加工した袋状のポリエチレンフィルム内部にツイストバルーンを仕込ませ、ツイストバルーンの膨脹方向を強制することで形状変化を制御する。この形状変化の機構は、誰でも簡単かつ安価に作成可能なことから、本提案機構を学校教育で利用するなどソフトロボティクス普及のためのアウトリーチ活動や、本機構を絵本に組み込むことで、空気の流入で動く仕掛け絵本を簡単に作成

できるなど、教育方面への応用が期待される。また、エンターテインメント応用においても、生物や花の動く模型の製作等、ソフトアクチュエータの応用が容易になると考えられる(図 1)。

2. 関連研究

インフレータブル構造体を造形するにあたり、シリコンやフィルム等の柔軟な素材にインフレータブル構造を持たせる手法が開発されてきた。その中でも、インフレータブル構造体の内圧操作に空気圧を用いた例として、Sticky Actuator は、透明なフィルムを熱で圧着することにより、中空の構造をもつアクチュエータを実現している[3]。また、Bubble は、鋳型に流し込んで固めたシリコンどうしを接着剤で接着することによりシリコンベースのインフレータブル構造体を造形している[4]。さらに本研究と同様に、異種素材を用いてインフレータブル構造をもたせる手法の研究も進められている。山岡らの提案[5]では、熱可塑性樹脂からなる多層の樹脂板に熱を加え、樹脂が変形する際に、層内部に空気を入れ膨らませることでインフレータブル構造を製作する手法が提出されている。この既存研究において、本提案と同様に軟化点の異なる 2 種類の樹脂を組み合わせることで、切り込みを入れた樹脂を曲げる造形物が紹介されている。本提案では、樹脂の熱変形に比べ、より素早く形状を変形させられる点に違いがある。

3. 提案手法

本提案手法では、手軽な材料・加工方法で、インフレータブル構造体を容易に製作できる。

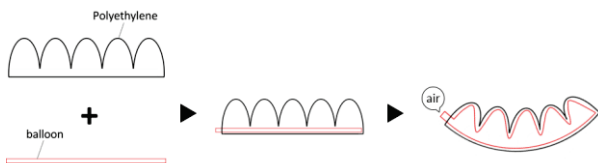


図 2 提案デバイス AirFab の造形手順

AirFab の造形過程を図 2 に示す。まず、袋状のポリエチレンフィルムに図 2(左図)のようなパターンの線画を描く。ツイストバルーン(以下、バルーン)はポリエチレンフィルムの長さに合わせて端をカットして結ぶ。その後、パターンの線画に沿って袋状のポリエチレンフィルムをミシンで縫い付け、バルーンを開口部に差し込む(図3)。

プロトタイプ開発に実際に用いたバルーンと加工したポリエチレンフィルムを図 3(左)に示す。ソフトア

クチュエータの性能を検証するため、4 種類の実験用試作品を作成した(図 3(右))。空気ポンプで空気をバルーン内に充填することで作動する。空気を注入するとバルーンは膨張するが、膨張は縫い付けたポリエチレンフィルムに拘束されて、結果的にパターンの節点で屈曲し、形状変化を引き起こす。

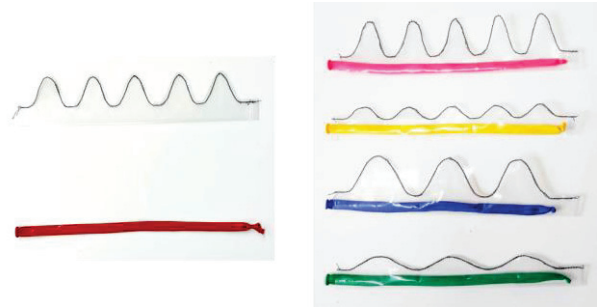


図 3 (左)バルーンと加工したポリエチレンフィルム, (右)実験用の試作品

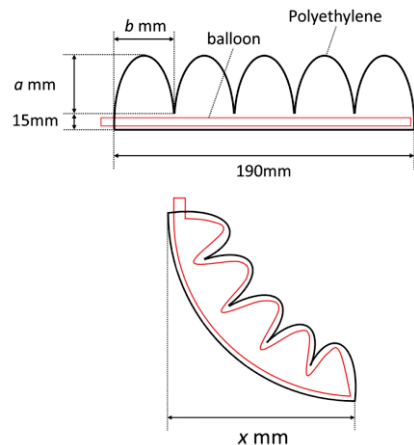


図 4 (上)水平方向から見たパターン, (下)内圧を高めた際に屈曲した様子

4. 実験と結果

今回の実験においては、山の高さは a [mm], 山の幅は b [mm], 山の曲線はフリーハンドで描いた(図 4)。山の高さや数と屈曲幅の関係を調べるため、図 4 (上)の山の高さ a [mm] と山の幅 b [mm] の比率を変え、造形物の屈曲幅 x [mm] の変化を調べた。調査にあたって、造形物の横幅を 190mm, バルーン挿入幅を 15mm に固定した。高さ a [mm] を 10mm と 30mm, 山の幅 b [mm] を 30mm と 50mm で変えた計 4 種類を製作し、各々の屈曲幅 x [mm] を測定した。その結果を図 5, 図 6 に示す。

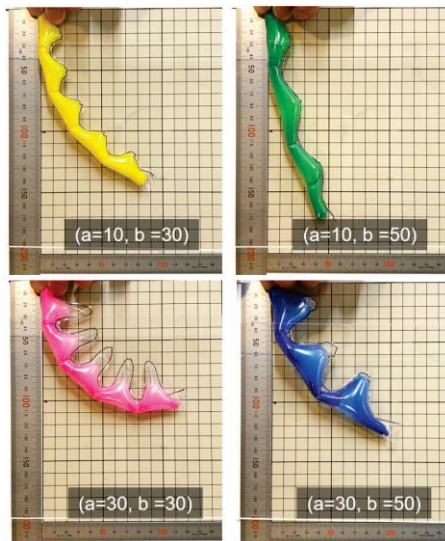


図 5 山の高さ a と幅 b の変更による
屈曲幅の変化

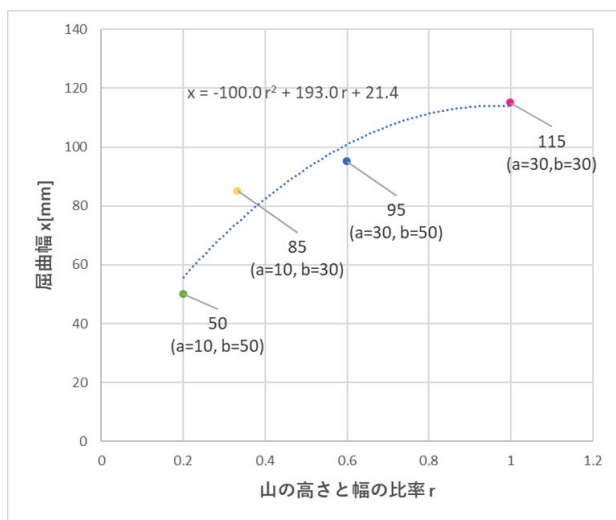


図 6 山の高さと幅の比率 r と屈曲幅 x [mm]
の関係

5. 考察

図 6 より、山の高さと幅の比率 $r = a/b$ の値が大きいほどよく屈曲していることがわかる。屈曲幅 x [mm]は、比率 r を用いて 2 次近似し、以下のように表すことができる。

$$x = -100.0r^2 + 193.0r + 21.4 \quad (1)$$

式 1 に基づくことで、図 5 のような山の高さが一定の形状パターンであればその屈曲幅が予測されるため、式 1 は本機構製作における簡易的な設計指針となると考えられる。

6. 結論と今後の展望

本稿では、ツイストバルーンとポリエチレンフィルムを用いた安価かつ簡易なインフレーター構造体の製作手法を提案した。さらに、形状と膨張の際の変形関係を量的に評価し、簡易な設計指針を提示した。

この手法の利点は、使用素材が非常に入手しやすく加工も容易な点にある。すなわち、素材の入手・加工が容易であることにより、子どもでも手軽にインフレーター構造をもつ造形物を作ることができるため、教育面やエンターテインメント領域への応用が容易く実現できると考えられる。

今後の展望として、さらなる簡易化を目指し、ポリエチレンフィルムどうしを縫い付ける作業の簡略化を図るとともに、より複雑なパターンに縫い付けたポリエチレンフィルムによる 3 次元動作の制御や、シミュレーションによる強度・動作推定を行う。

文 献

- [1] K. Nakahara, K. Narumi, R. Niiyama, and Y. Kawahara, "Electric phase-change actuator with inkjet printed flexible circuit for printable and integrated robot prototyping," 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp.1856-1863, Singapore, May.2017.
- [2] L. Yao, R. Niiyama, J. Ou, S. Follmer, C. D. Silva, and H. Ishii, "PneUI: pneumatically actuated soft composite materials for shape changing interfaces," Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and Technology, pp.13-22, St. Andrews, UK, Oct.2013.
- [3] R. Niiyama, X. Sun, L. Yao, H. Ishii, D. Rus, and S. Kim, "Sticky actuator: Free-form planar actuators for animated objects," Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, pp.77-84, Stanford, CA, USA, Jan.2015.
- [4] X. Zhang, A. Shatarbanov, J. Zeng, V. K. Chen, V. M. Bove, P. Maes, J. Rekimoto, "Bubble: Wearable Assistive Grasping Augmentation Based on Soft Inflatables," Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.1-6, Glasgow, Scotland, UK, May.2019.
- [5] J. Yamaoka, R. Niiyama, and Y. Kakehi, "BlowFab: Rapid Prototyping for Rigid and Reusable Objects using Inflation of Laser-cut Surfaces," Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, pp.461-469, Québec City, Canada, Oct.2017.