

# 能動変形可能なジャミング膜グリッパ機構

## — 挿入除去作業用扁平型エンドエフェクタの索状プラットフォームとの統合 —

### Active deformable jamming membrane gripper mechanism

#### - The Integration of Flat Type End Effector for Insertion Removal Works and Cord-Like Platform -

○学 藤田政宏 (東北大学)      学 高根英里 (東北大学)      学 野村陽人 (東北大学)      正 小松洋音 (東北大学)  
 正 多田隈建二郎 (東北大学)      正 昆陽雅司 (東北大学)      正 田所諭 (東北大学)

Masahiro Fujita, Tohoku University, fujita.masahiro@rm.is.tohoku.ac.jp

Eri Takane, Tohoku University

Akito Nomura, Tohoku University

Hirone Komatsu, Tohoku University      Kenjiro Tadakuma, Tohoku University

Masashi Konyo, Tohoku University      Satoshi Tadokoro, Tohoku University

This research relates to the device and realization of active deforming jamming membrane gripper. When mount a gripper on rescue robots, it is difficult to place a heavy object on the robots. Therefore, it is difficult to mount multiple grippers on the robots. Our team have developed jamming membrane gripper which it is possible to push button and pick up a object. Other request tasks include lifting objects. So, we thought that deform the gripper thinly. After that, insert the gripper into a gap of objects. These operations allow the gripper to lift the object. In this paper, we report about the concept of the deformable jamming gripper, the realization of it and the experiment with real model.

**Key Words:** Jamming Membrane, Snake Like Robot, gripper, Mechanism

### 1 はじめに

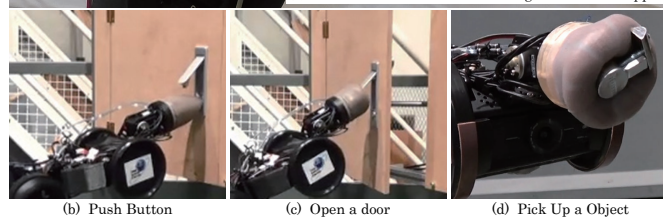
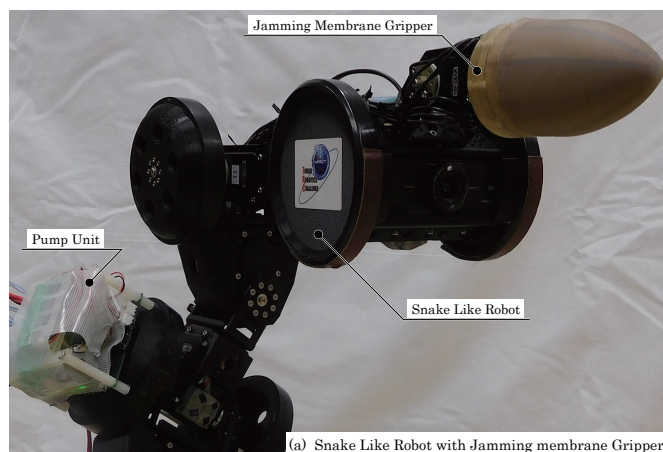
我々研究チームはジャミング転移現象を利用した、ジャミング膜グリッパ機構 [1][2][3][4] の原理考案、具現化および索状プラットフォーム [5][6] との統合を行ってきた。本グリッパはゴム膜間に粉体を封入した3層構造をしており、粉体層を真空にすることでジャミング転移により剛性を変えることができる。また、グリッパの軸方向に対して仕切りがあり、粉体層を分割することで、グリッパの姿勢の変化による粉体の偏りを防止している。従って、本グリッパ機構は重力方向に対して横向きにも使用することができるため、Fig. 1 に示す様な、ボタン付平面ハンドル開け、物体把持などの実作業を可能とした。しかしながら、ジャミング膜グリッパ機構の問題点として、把持するために把持対象物を包込むのに十分な厚みが必要である点があげられる。そのため、板状物体は包込むのに十分な厚みがなく、また実際の災害現場では多数の板状物が複雑に積み重なっているため、把持することが困難である。

そこで本問題を鑑み、我々はジャミング膜グリッパを扁平形状に変形させ、物体の隙間に挿入することで物体を持上げることが可能であるエンドエフェクタを考案した。本稿では板状物体を持ち上げることが可能である、能動変形可能なジャミング膜グリッパ機構の原理考案・具現化 (具体的設計・実機試作)、実機実験を行なったので報告する。

### 2 扁平型エンドエフェクタ

ジャミング膜グリッパの扁平形状変形を利用した索状プラットフォームの探索の構想図を Fig. 2 に示す。Fig. 2 では索状プラットフォームにより物体を持上げ、その他の探索ロボットの侵入経路を確保する様子である。ジャミング膜グリッパはジャミング転移発生のための粉体層と繋がる空圧ポート 1、および扁平形状変形用の内部空間と繋がつ空圧ポート 2 の合計 2 つの空圧ポートを有する。従来機において、空圧ポート 1 はジャミング転移発生のための粉体層の真空、また空圧ポート 2 はグリッパ初期状態復帰のための内部空間の加圧のみに使用していたが、内部空間を真空にすることでグリッパは扁平状に変形する。空圧ポート 1 によって内部空間のみを真空にした状態ではジャミング転移は発生していないため、グリッパの柔軟性は損なわれておらず、対象物形状に馴染みながら隙間に挿入することができる。挿入後、空圧ポー

ト 2 により粉体層を真空状態にすることで、グリッパはジャミング転移により硬化し、強硬状態になる。この剛性変化を使用することにより、対象物を持ち上げることが可能である。



**Fig.1** The integration of snake like robot and jamming membrane gripper

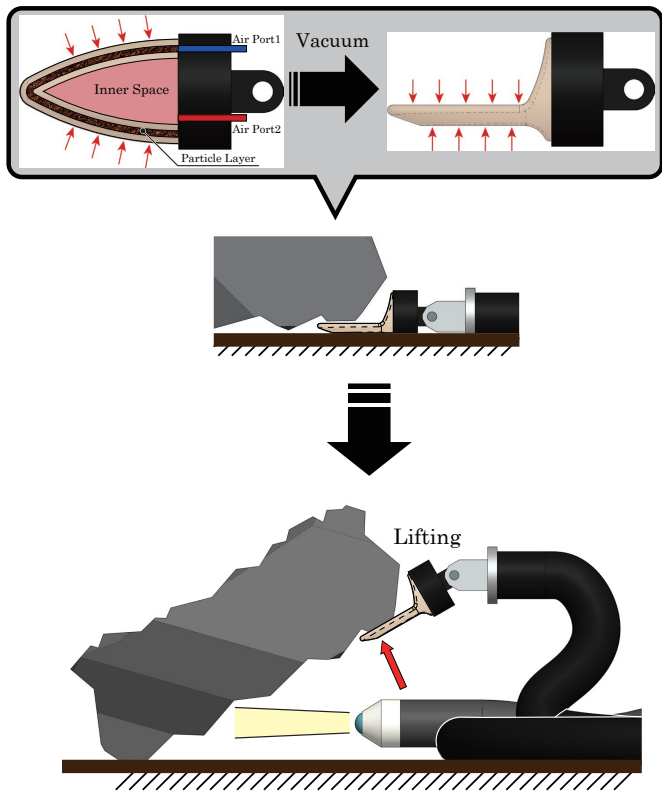


Fig.2 The concept view of the operation by the flat shape gripper

### 3 扁平グリッパの具現化

具現化した能動変形可能なジャミング膜グリッパ機構を Fig. 3 に示す。Fig. 3 は内部空間及び粉体層を真空にした扁平強硬状態である。実機仕様として、外形：50mm，長さ：90mm，物体把持有効長さ：70mm，重量：87g，膜材質はシリコンゴムである。

### 4 実機実験

#### 4.1 実験条件

試作した能動変形可能なジャミング膜グリッパ機構を利用して、実機実験を行なった。実験の説明図を Fig. 4 に示す。扁平状態のジャミング膜グリッパの先端地点である A 地点、および物体把持有効長さの中間地点である先端から 35mm の B 地点の 2 箇所において、グリッパ表面から 30mm 押込んだ際の反力をフォースゲージで測定する。扁平グリッパに対して大気圧開放の柔軟状態と、粉体層真空による強硬状態の 2 状態それぞれに対して 10 回の測定を行なった。使用真空圧力は-88kPa である。

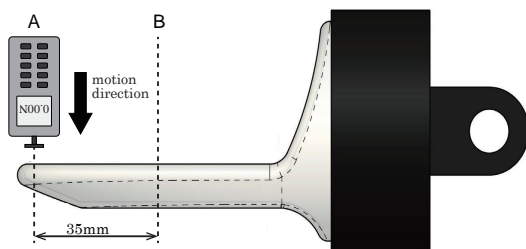


Fig.4 Explanation view of experiment

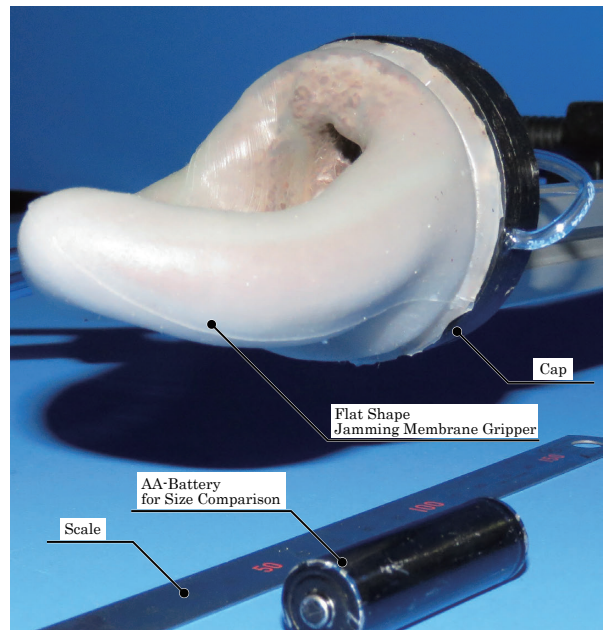


Fig.3 The realization of flat spatula shape in the active deformable jamming membrane gripper mechanism

#### 4.2 実験結果

扁平状態での先端部 A および中間地点 B での実験結果を Fig. 5 に示す。横軸は押し込み量 [mm]，縦軸は反力 [N]，Ⓐ および Ⓑ はそれぞれグリッパ先端部および中間地点での実験結果である。グラフには 10 回の測定データを記載している。Fig. 5 より、先端部、中間部それぞれにおいて押し込み量と反力の傾向が一致していることが分かる。さらに、大気圧開放状態と真空状態では剛性が 5 倍以上差があることがわかる。また、根本のキャップ部に近づくにつれて剛性が高くなる傾向にあることが実験を通して確認できた。

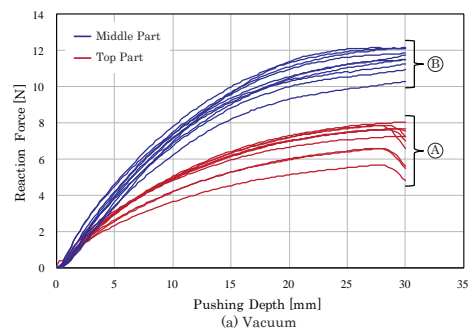
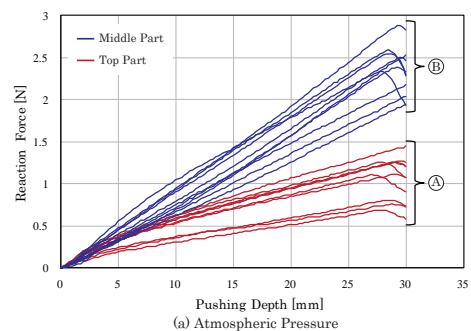


Fig.5 Experimental result of pushing experiment

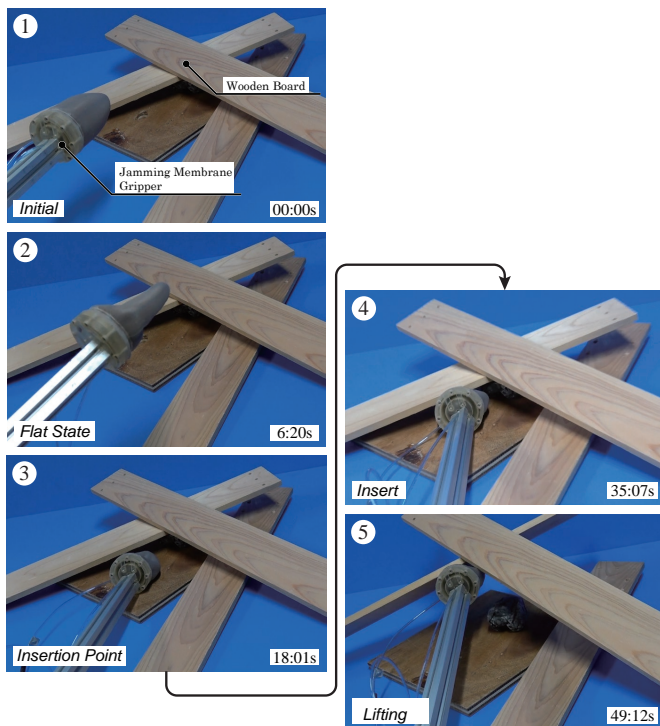


Fig.6 The experiment of lifting a wooden board

#### 4.3 木片持ち上げ実験

扁平グリップ機構を使用して、木片持ち上げ実験を行なった。実験の様子を Fig. 6 に示す。Fig. 6 より、扁平形状になることで、木片の隙間に挿入が可能である。挿入後、グリップを硬化させることで、木片を持ち上げることが可能であることが実験を通して確認できた。

### 5 まとめと今後の予定

本研究では、従来機の問題点であった薄板形状の把持のために、グリップを扁平状に変形させ、薄板間の隙間に挿入することで把持し運搬することを可能とする、能動変形可能なジャミング膜グリップ機構の原理考案・具現化を行い、実機実験により考案機構の有効性を確認した。扁平形状への変形方法として、グリップ内の内部空間を真空にすることで、扁平形状に能動変形させることができる。本グリップの基礎的物性評価のため実機実験を行なった。実験結果より、柔軟状態および強硬状態では剛性に5倍以上の差があるため、扁平状グリップによる物体持ち上げが十分に行える可能性がある。また木片密集環境下において、木片持ち上げ実験を行なった。グリップを扁平状にすることで木片群の隙間に挿入することができ、挿入後硬化させることで木片の持ち上げを行なった。実験結果より、粉体層を真空にしグリップを強硬状態にすることで、対象物持ち上げを行うのに十分な強度となる可能性があることが確認できた。今後グリップの改良を行い、持ち上げ耐荷重性能を向上させる。また、索状プラットフォームとの統合を行っていく予定である。

### 謝辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発推進プログラム (ImPACT) により、科学技術振興機構を通して委託されたものです。

### 参考文献

- [1] G. Banconand B. Huber : Depression and Grippers with Their Possible Applications, 12th ISIR, Paris (1982) PP. 321 - 329
- [2] Stanley, Andrew A., Kenji Hata, and Allison M. Okamura. "Closed-loop shape control of a haptic jamming deformable surface." Robotics and Automation (ICRA), 2016 IEEE International Conference on. IEEE, 2016.

- [3] 多田隈建二郎, 多田隈理一郎, 勅使河原誠一, 溝口義智, 長谷川浩章, 寺田一貴, 高山俊男, 小俣透, 明愛国, 下条誠, "全方向包括式なじみグリップ-基本概念の提案と機械モデルの第一次試作", 第26回日本ロボット学会学術講演会予稿集 (2008), 11-01.
- [4] 藤田 政宏, 野村 陽人, 根 英里, 小松 洋音, 西田 健, 多田隈 建二郎, 昆陽 雅司, 田所 諭, "房状ジャミング膜に基づく柔剛可変グリップ機構", 計測自動制御学会 東北支部 第307回研究会, 307-6, Feb.2017
- [5] Tanaka, Motoyasu, Mizuki Nakajima, and Kazuo Tanaka. "Smooth control of an articulated mobile robot with switching constraints." Advanced Robotics 30.1 (2016): 29-40.
- [6] Tanaka, Motoyasu, and Fumitoshi Matsuno. "Modeling and control of head raising snake robots by using kinematic redundancy." Journal of Intelligent & Robotic Systems 75.1 (2014): 53-69.