

房状ジャミング膜に基づく柔剛可変グリップ機構

Variable Stiffness Gripper Mechanism Based on Tufted Jamming Membrane

○藤田政宏*, 野村陽人*, 高根英里*, 小松洋音*, 西田健**
多田隈建二郎*, 昆陽雅司*, 田所諭*

○Masahiro Fujita*, Akito Nomura*, Eri Takane*, Hirone Komatsu*
Takeshi Nishida**, Kenjiro Tadakuma*, Masashi Konyo*, Satoshi Tadokoro*

*東北大学, **九州工業大学

*Tohoku University, **Kyushu Institute of Technology

キーワード：膜 (Membrane), ジャミング (Jamming), グリップ (Gripper), 機構 (Mechanism)

連絡先：〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01 田所研究室

藤田政宏, Tel.: (022)795-7025, Fax.: (022)795-7023, E-mail: fujita.masahiro@rm.is.tohoku.ac.jp

1. はじめに

近年, ジャミング転移という物理現象を用いて物体を把持する袋型グリップ^{1, 2, 3)}が多く開発されている. 我々研究チームは, 低押付力把持が可能な内体積可変メカニズム⁴⁾に基づく3層膜構造グリップ^{5, 6)}を考案している. ジャミング膜グリップの基本概念図を Fig. 1, 三層膜構造グリップの実機を Fig. 2 に示す. 三層膜構造とは二層のシリコンゴム膜間に粉体を充填した三層構造のことを示す. 三層膜構造によりグリップの軽量化・少自由度化ができるため, 索状プラットフォームへ搭載し, 物体把持やボタン押しなどが可能である. しかしながら, 本膜構造は二層の独立した膜間に粉体が充填されているため, 粉体が自重により重力方向に移動する. 三層膜構造グリップの問題点を Fig. 3 に示す. 粉体の自重により, 姿勢によっては使用時に粉体が偏り, 粉体層全体を充填させることが困難

であり, 粉体の偏りは座屈などの原因であった.

そこで, 本稿では本問題を鑑み, 自重による内部粉体の移動を防ぐための原理考案・具現化・実機実験を行なったため報告する.

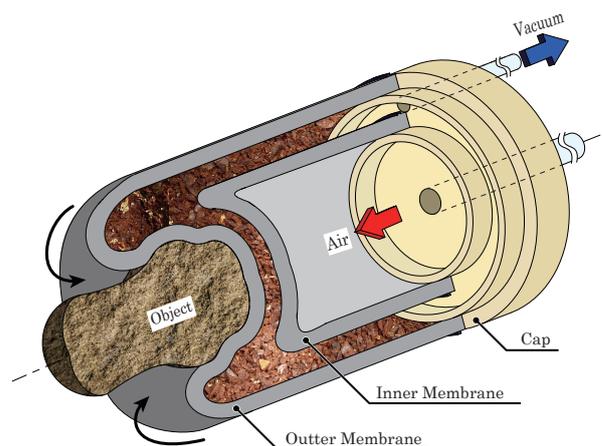


Fig. 1 Basic Conception view

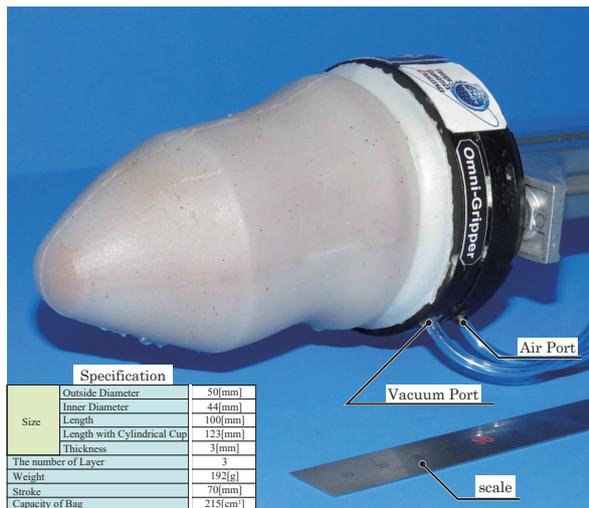


Fig. 2 The first prototype model of three membrane mechanism gripper

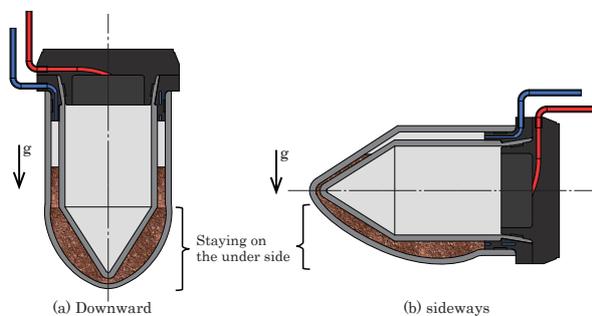


Fig. 3 The problems of first prototype model

2. 房状ジャミング膜グリッパ機構

2.1 構想

従来の3層膜構造グリッパ機構では、グリッパの姿勢により粉体が偏る問題が生じた。そこで、本問題を鑑み、Fig. 4に示す房状ジャミング膜構造を考案した。房状ジャミング膜構造とは、二層のシリコンゴム膜間に対して軸方向に仕切りを設けた房状構造である。これにより、粉体が移動し、偏りによるたわみが発生することを防ぐことができる。この房状ジャミング膜に内包するものは、今回具現化する機体に採用した粉体に限定せず、磁性流体やその複合流体を代表とするような、いわゆる機能性流体でも密閉性を付与すれば内蔵可能である。今回の媒体は圧縮性の空気であるが、液状の機能性流体であ

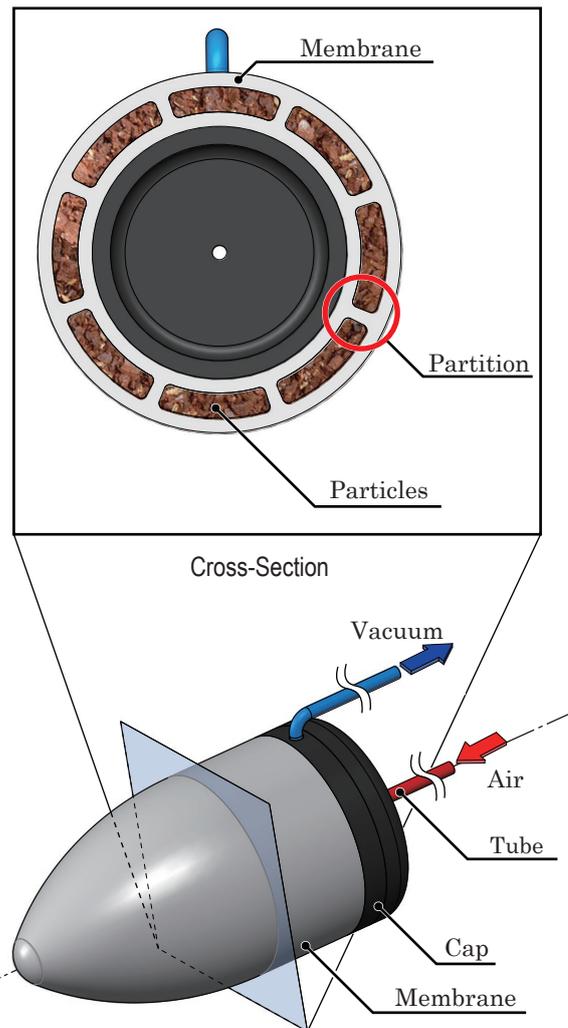


Fig. 4 The basic principle view of the tufted jamming membrane gripper

れば、真空状態が作業環境となる宇宙ロボット用のグリッパやハンドとしても応用可能であると考え研究開発をしている。

2.2 具現化

基本構造図に基づいて房状ジャミング膜グリッパ機構の具現化をおこなった。具現化した房状ジャミング膜グリッパ機構をFig. 5,仕様表をTable1に示す。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。また、グリッパには真空と加圧の2つのポートがあり、柔剛状態を切り替えることが可能である。

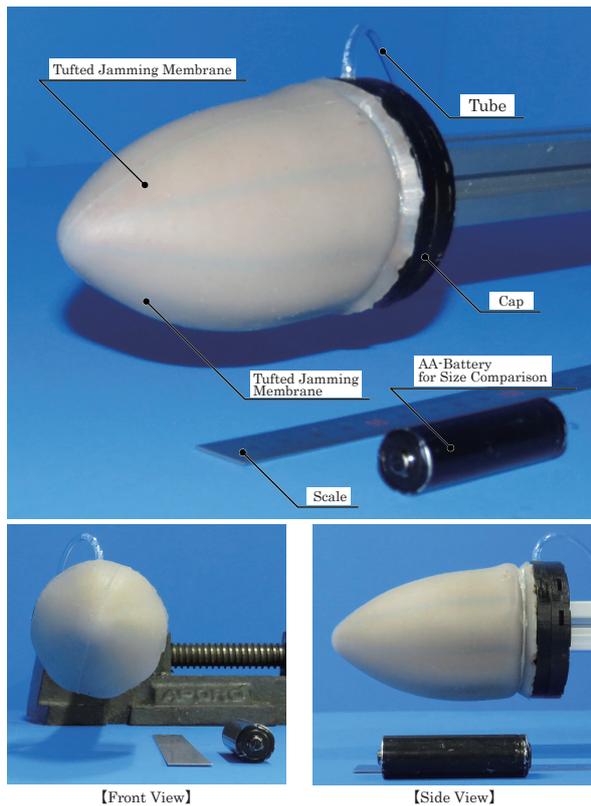


Fig. 5 Real prototype model of tufted jamming membrane gripper

3. 実機実験

3.1 実験条件

考案したグリッパが様々な姿勢で使うことが可能であるかを確認するために、具現化した実機を用いて特性評価実験を行なった。実験条件としてリニアアクチュエータに取り付けたフォースゲージ (AIKOH 製 RZ-5) を重力方向に対して下向き, 上向き, 横向きの3つの姿勢状態のグリッパに対して5mm/sの一定速度で押込み, その際の反力を測定する。実験回数として, 真空時の高剛性状態, および大気圧開放時の柔軟状態のそれぞれの状態に対して10回の押込み実験を行なった。フォースゲージの先端は直径15mm, 高さ6mmの円筒形状となっており, 押込量としてグリッパ先端から, 粉体層真空時の強硬状態で20mmとした。使用真空圧力は-88kPaである。押込み実験の様子をFig. 6に示す。

Table 1 Specification of tufted jamming membrane gripper

Size	Outside diameter	50[mm]
	Inner diameter	40[mm]
	Length	90[mm]
	Effective length that can be grasped	70[mm]
	Thickness of one membrane	2[mm]
The number of layer		3
Filling amount of particles		40[g]
Weight		87[g]

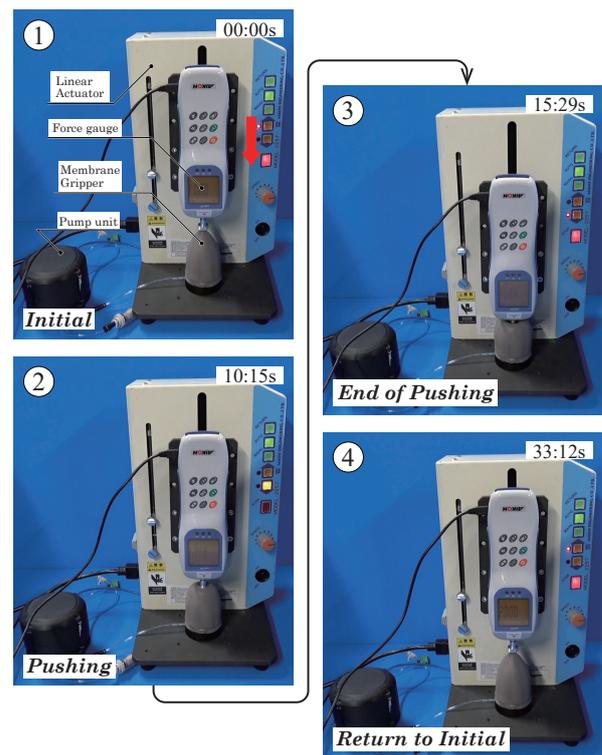


Fig. 6 The conditions of the experiment

3.2 実験結果

押込み実験の結果をFig. 7に示す。グリッパの姿勢が(a)は下向き, (b)は上向き, そして(c)は横向きでの実験結果である。どの姿勢においても実験結果の傾向は一致していることが分かる。また下向きと横向きの実験結果が類似していることから, 横向きで使用してもグリッパの剛性に影響がないことが分かる。これは設けたしきりにより, 粉体の移動が制限されているため, 粉体の偏りが生じにくいことの効果であると考えられる。

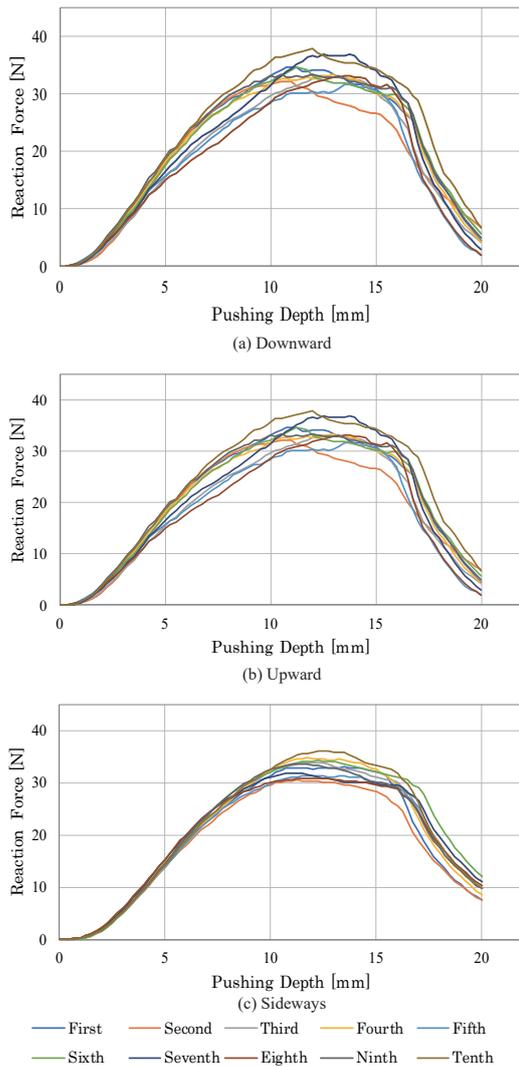


Fig. 7 The result of pushing experiment

4. まとめ

本研究では、三層ジャミング膜グリッパ機構で問題であった粉体の自由移動によるたわみの発生を鑑み、房状ジャミング膜グリッパ機構を考案・具現化および実機による特性評価実験を行なった。本機構は中間層のシリコンゴム膜間にしきりを設けたものであり、これにより粉体の自重による移動を防ぐことができる。実験結果より、横向き、および下向き状態でグリッパ機構を使用しても、グリッパの袋部の剛性に差はなく、傾けた状態で本機構を使用することが可能であると言える。

今後の予定として、グリッパの袋部のサイズ・

形状や粉体充填量などのパラメータによるグリッパの柔軟性・剛性への影響を調べる予定である。

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) Eric Brown, Nicholas Rodenberg, John Amend, Annan Mozeika, Erik Steltz, Mitchell R. Zakin, Hod Lipson, and Heinrich M. Jaeger, "Universal robotic gripper based on the jamming of granular material", Edited by Daniel Meiron, Cal Tech, and accepted by the Editorial Board September 17, 2010 (received for review March 16, 2010)
- 3) John R. Amend, Jr., Student Member, IEEE, Eric Brown, Nicholas Rodenberg, Heinrich M. Jaeger, and Hod Lipson, Member, IEEE, "A positive pressure universal gripper based on the jamming of granular material." IEEE Transactions on Robotics 28.2 (2012): 341-350.
- 4) 藤田 政宏、根 英里、野村 陽人、多田 隈 建二郎、小松 洋音、昆陽 雅司、田所 諭、内体積可変メカニズムを有するトラス袋状グリッパ機構、第34回日本ロボット学会学術講演会、2016年9月7日-9日、山形
- 5) 藤田 政宏、根 英里、野村 陽人、小松 洋音、多田 隈 建二郎、昆陽 雅司、田所 諭、"先端テーパー型全方向なじみグリッパ機構—スイッチ押し動作の円錐形状および索状プラットフォームとの統合—", 第17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 (SI2016), 1H2-3, Dec.2016
- 6) 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.