

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：10103

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13719

研究課題名(和文) 流体指内部のテクスチャ構造による把持性能の向上とそのメカニズムの解明

研究課題名(英文) Improvement of grasping performance by texture structure pattern in two-layer fluid fingertip and clarification of its mechanism

研究代表者

藤平 祥孝 (Fujihira, Yoshinori)

室蘭工業大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：40783379

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、流体で膨らませたゴム膜の指の中に剛体構造のある二層構造流体指のさらなる把持性能向上を目指し、剛体構造にミリスケールのテクスチャ構造を設けた指を開発し、その性能評価とテクスチャ構造と把持性能の関係について調査を行った。把持性能として把持耐力(把持を維持し続けられる外力)や接触圧力に着目し、テクスチャ構造の設計パラメータが与える影響について検証実験を行った。把持耐力において平面との接触では各テクスチャ構造間で有意な差は見られず、接触圧力については曲率が高く、パターンピッチが狭い方が分散しやすいことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

多層化した指が開発されているが各層の形状やミリスケールのテクスチャ構造が物体把持に与える効果やそのメカニズムについては未解明の部分が多い。そこで、本研究では、物体把持に与える効果について把持耐力や接触圧力に着目し、テクスチャ構造の設計パラメータを形状、ピッチ、高さで整理して検証実験を行い調査した。これらの検証実験で得られた結果は、目的のタスクに応じてテクスチャ構造を設計するときの指針の基礎になるものである。

研究成果の概要(英文)：In this study, in order to further improve the grasping performance of a two-layered fluid fingertip with a rigid structure inside a fluid-filled finger, we developed a finger with a milli-scale texture structure on the rigid structure, and investigated the performance evaluation and the relationship between the texture structure patterns and the grasping performance. In order to improve the grasping performance, we have developed a finger with a rigid structure and a textured structure. It was found that there was no significant difference in the grasping force between the texture structures when the contact was with a flat surface, and that the contact pressure was more easily distributed when the curvature was higher and the pitch of the pattern was narrower.

研究分野：ロボットハンド

キーワード：ロボットハンド ロボット指 流体指 ソフトロボット テクスチャ構造

1. 研究開始当初の背景

社会的に新たな労働力としてロボットの需要が高まっており、このような需要に応えるために多種多様な物体の把持がロボットハンドには求められている。一般的に、多様な物体を把持するには物体に合わせた複雑な制御が必要となるが、ロボットハンドや指の機構を工夫することで制御系を単純化できる。例えば、粉体のジャミング効果等を利用したハンドは多様な物体形状に受動的になじむことができるので、対象物体の形状に合わせた複雑な制御を必要としない。私たちも単純な制御系による多様な物体の把持を目指し、指内に流体を充填することで多様な物体になじむことができる流体指の開発を行ってきた[1]。流体指の一番の特色は、流体を用いているので接触面の圧力分布が一樣となり壊れやすい物体が把持できる点である[1]。このような把持を柔らかい把持と呼んでいる。一方で、指が非常に柔らかいため強い把持(重量物を持ち上げる/強い外力に耐えて把持し続ける)ができないという問題があった。

この問題を解決するために、流体指の内部に弾性体/剛体部を設けた二層構造流体指[1]やマイクログリッパ内蔵指[2]を開発してきた。これらの指は内部の構造や機構により単純な流体指にはできなかった強い把持ができるようになった。特にマイクログリッパはバネを用いた機構により対象物体を受動的に把持でき、物体の拘束を一時的に増やすことができる。これにより、物体操作の自由度が高くなる(操作性の向上)ことが研究結果[2]から示唆されている。しかし、マイクログリッパのサイズ以上の物体を把持するとき、グリッパ先端部に集中的な圧力が発生し柔らかい把持ができない(図1)といった問題がある。

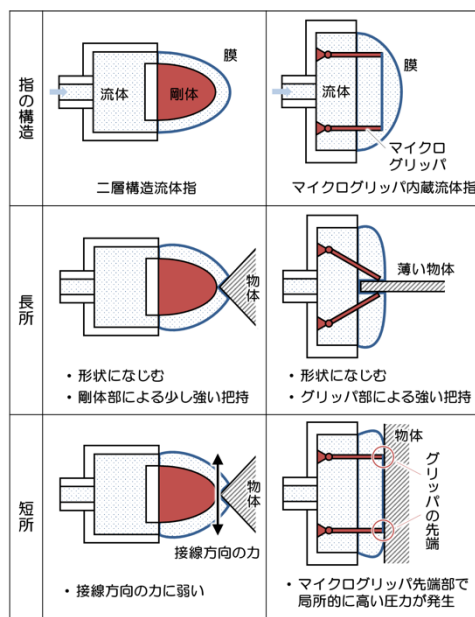


図1 開発した指の長所と短所

2. 研究の目的

これまでに開発してきた指の問題点を解決するために、本研究ではテクスチャ構造に着目をする。流体指の内部にテクスチャ構造を設けることでこれまで開発してきた指以上の把持・操作性の向上を目指す。指内部のテクスチャ構造には例として図2のような効果が期待できる。

テクスチャ構造を有した指を実際のタスクに応用していくためには、テクスチャ構造の最適な設計方法の提案が必要である。具体的には、必要な把持性能に対してテクスチャ構造の設計パラメータを提示したい。

そこで、本研究では、テクスチャ構造が把持性能へ与える効果とそのメカニズムを明らかにすることを目的とする。把持性能として強い把持に関係する評価指標である把持耐力(把持を維持し続けられる最大の外力)と柔らかい把持に関係する評価指標である接触圧力に着目をして調査を行い、これらの指標とテクスチャ構造の設計パラメータとの関係について明らかにする。

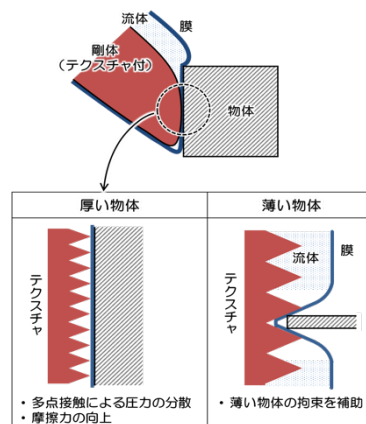


図2 内部テクスチャにより期待される効果の例

3. 研究の方法

(1) テクスチャ構造にはたらく力の計測装置の開発: 把持耐力の検証実験を行うための計測装置の開発を行う。把持耐力を計測するためには、物体を把持する力(把持力)と指と物体との間の接線方向の力(接線力)を同時に計測する必要があり、把持力と接線力を計測するための力センサを組み込んだ小型の把持耐力計測装置を開発する。

(2) 検証用のテクスチャ構造指の開発: テクスチャ構造の設計パラメータとして、断面形状、ピッチ、高さ、配列方向を設定する。これらのパラメータを変更したテクスチャ構造を作成し検証実験を行うので、テクスチャ構造を簡単に交換して実験が行える指を開発する。

(3) テクスチャ構造と把持耐力の関係についての調査: (1), (2)で開発した装置や指を用いて、高さのパラメータを揃えた条件で形状間、ピッチ間、配列方向間での把持耐力の比較実験を行い、形状、ピッチ、配列方向が与える効果について検証する。

(4) テクスチャ構造と接触圧力の関係についての調査：テクスチャ構造指が期待されるような圧力分散の効果があるのかについて、(3)と同様にテクスチャ構造を変更しながら検証を行う。また流体指は内圧を変化させることもでき、圧力分布に影響を与えるためこのパラメータの影響も検証した。詳細な圧力分布の測定にはプレスケールシートを使い、接触面積の測定はカメラを用いたシステムを使う。

4. 研究成果

(1) テクスチャ構造にはたらく力の計測装置の開発：開発時の問題点として、把持実験をするときに指と把持物体にコンプライアンス要素が少ない状況で位置制御型のロボットを用いてしまうと、細かく把持耐力を計測することができない。そこで開発した装置には内部にコンプライアンス要素を内蔵しつつ、その機構の摩擦の影響を計測値が受けないように構造を設計しており、細かく把持耐力を計測することが可能となっている。

図3に開発した把持耐力計測装置の模式図と外観を示す。把持面（指が接触して把持力 f を負荷する面）と力センサはバネを介して繋がっており、力センサを介して計測装置が固定される。把持面はガイドにより上下にスライドできるようにし、位置制御により強制変位を把持面に与えた際に、バネに変位が生じ接線力 f_t が発生する仕組みとなっている。

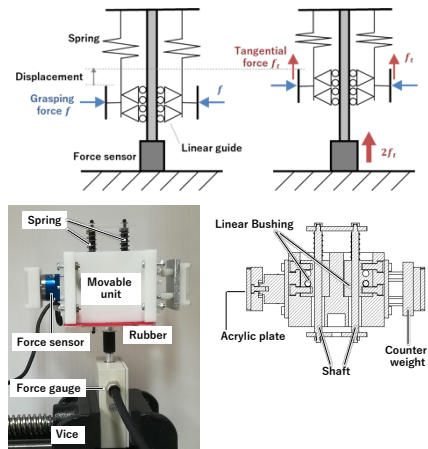


図3 開発した把持耐力計測装置

(2) 検証用のテクスチャ構造指の開発

スリット高さとう膜の厚さの比に、う膜のテクスチャ構造への入り込み量が大きく依存すると考えられる。本研究では、テクスチャ構造の高さ5mmとう膜の厚さ1mmの条件は変えず、テクスチャ構造の形状とピッチ[mm]を変化させた（表3）。形状としては、基本的な形状である二等辺三角形、直角三角形、半円形とテクスチャ効果の比較用としてテクスチャなし（平面）を用意した。

図4に開発した指の構造を示す。内部のテクスチャ構造やう膜が容易に交換できるようにネジの締結力により密閉する構造となっている。う膜をアクリル板とテクスチャ構造を設置するベースで挟み込み、密閉性を確保できるような構造となっている。

表1 テクスチャ構造のパターン例

断面形状	ピッチ[mm]	断面図
二等辺三角形	2.5	
	5	
	10	
半円形	5	
平面	5	

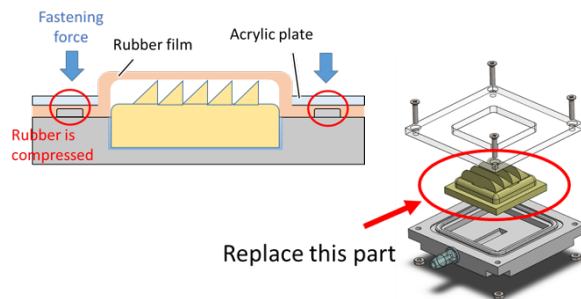


図4 開発した実験用テクスチャ構造指

(3) テクスチャ構造と把持耐力の関係についての調査

各テクスチャパターンで把持力10N、試行回数10回で把持耐力の計測実験を行った結果を図5に示す。全体的には1~2Nの範囲で把持耐力が発生した。パターンによって分散の違い若干あるように見えるが、今回の実験条件では統計学的な有意な差は見られなかった。平面に対する接触の場合は、形状、ピッチ、配列方向の把持耐力への影響はほとんどないため、テクスチャ構造に対して十分に大きな面と接するタスクに関してはテクスチャパターンの差を意識して設計する必要はないと言える。

(4) テクスチャ構造と接触圧力の関係についての調査

接触圧力は、プレスケールシートに指を次のような条件で押し付けることで測定し、結果のシートを画像処理することで詳細な圧力分布を調査した。指の内圧はゲージ圧で、-5[kPa]から5[kPa]ごとに10[kPa]までとし、付加荷重は10[N]、持続圧（加圧時間2分）で測定した。

代表的な結果の例として表2に示す。表2は断面形状が同じ（二等辺三角形）でテクスチャパターンのピッチ間隔が2.5mm、5mm、10mmで比較したものである。これより、ピッチが狭い指の方が期待された通りに圧力が分散することが分かった。またピッチが狭い方が内圧を高くしていくと圧力が分散されやすいことも分かった。内圧を高くしていくと、スリットの頂点の接触圧力が低くなり、スリット頂点以外の部分に圧力が分散してかかるようになる傾向がすべての指

で見られた。

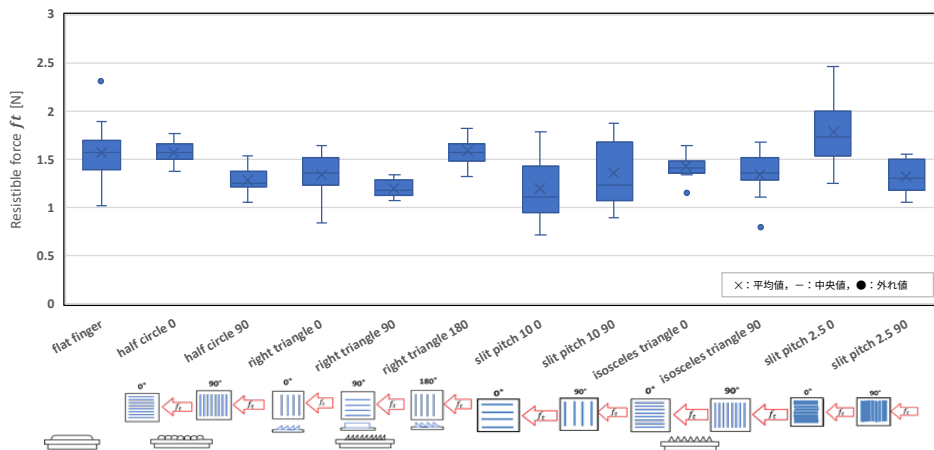


図5 テクスチャパターン間での把持耐力の比較

表2 ピッチでの比較

		ピッチ間隔[mm]		
		2.5	5	10
内圧 [kPa]	0			
	5			
	10			

<引用文献>

- ① R. Adachi, Y. Fujihira et al., Identification of danger state for grasping delicate tofu with fingertips containing viscoelastic fluid, IROS, 2015
- ② T. Nishimura, Y. Fujihira et al., Microgripper-Embedded Fluid Fingertip-Enhancing Positioning and Holding Abilities for Versatile Grasping, JMR, Vol. 9(6), 2017
- ③ Y. Fujihira et al., Experimental investigation of effect of fingertip stiffness on resistible force in grasping, ICRA, 2015

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 馬場 爽矢斗, 藤平 祥孝, 花島 直彦, 水上 雅人
2. 発表標題 二層構造流体指内のテクスチャパターンが圧力分布に与える影響
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 馬場 爽矢斗, 藤平 祥孝, 花島 直彦, 水上 雅人
2. 発表標題 流体指内のテクスチャパターンが把持安定性に与える影響の基礎検討
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤平 祥孝, 高橋 尚弘, 長岡 拓弥, 花島 直彦, 水上 雅人, 渡辺 哲陽
2. 発表標題 スリット構造を内部に有した二層構造流体指の把持性能の評価
3. 学会等名 第19回(公)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 S I 2 0 1 8
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

室蘭工業大学システム制御工学研究室
http://www3.muroran-it.ac.jp/sce_lab/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------