

令和 6 年 5 月 9 日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K19790

研究課題名（和文）熱・水・風を放出制御できるロボットハンドを活用したウェットヒート柔軟物整形

研究課題名（英文）Wet heat flexible object shaping using a robotic hand that can control the emission of heat, water, and air

研究代表者

渡辺 哲陽（Watanabe, Tetsuyou）

金沢大学・フロンティア工学系・教授

研究者番号：80363125

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：紙に水を振りかけて、紙を柔らかくすることで、不要なしわを減らし折り目をきれいに仕上げるWet Foldingという手法がある。この手法を拡張し、ロボットハンドの指先に熱・水・風を放出できる機構を搭載する。高温水蒸気などの熱・水・風を活用して、しわ取りや折り目をつける等、対象となる柔軟体の特性（硬さ等）を変えながら望みの形状へと柔軟物を整形する、これまでにない新しいロボットによる柔軟物整形マニピュレーション手法の確立に挑んだ。Wet Folding機能を有するロボットハンドの開発、ならびに柔軟物を操作する際に生じる不要な折れ曲がりやしわを解消するような機構と動作方法の開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来手法では、対象となる物体の特性（硬さや濡れなど）を変えながら物体操作を行うことは考えられていない。しかしながら、日常生活においては、紙や布等のしわを取り除いて整頓する、など、その特性を変えながら操作される柔軟物が多い。人の場合、アイロンや霧吹きという道具を用いて対象物体の特性を変化させているが、簡単な道具の操りをやっどできる程度の機能しか持たない現状のロボットにとって、対象の特性を変えながらの物体整形は実現が困難な未探索・未開拓の問題と言える。本研究ではこの未探索・未開拓に挑み、特性を変えながら物体を操作する新しい方法論の実現に取り組んだ。

研究成果の概要（英文）：There is a technique known as Wet Folding, where water is sprinkled on paper to soften it, reducing unwanted wrinkles and creating clean folds. We have expanded this technique by equipping a robotic hand with mechanisms that can release heat, water, and air. Utilizing hot steam and other combinations of heat, water, and air, we have developed a novel robotic manipulation method for shaping flexible materials into desired forms by altering their properties, such as stiffness, to remove wrinkles and create folds. This involves both the development of a robotic hand with Wet Folding functionalities and the creation of mechanisms and operational methods that eliminate unwanted bends and wrinkles when manipulating flexible materials.

研究分野：知的機械システム

キーワード：ロボットハンド マニピュレーション 柔軟物 布・紙

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ロボットは“乾燥”した対象を扱ってきたが、実際の日常空間には“濡れ”ている物体も数多く存在していることから、本研究グループは油や水で濡れていても乾いていても高摩擦を与えるテクスチャならびに、そのテクスチャ表面にエタノールを滲出させることで、接触摩擦を能動的に減少させる摩擦可変システムを開発した。一方、折り紙の世界では、紙に水を振りかけて、紙を柔らかくすることで、不要なしわを減らし折り目をきれいに仕上げる Wet Folding という手法が使われている。開発した液体滲出機構を拡張し、指先から液体を放出して対象物体を柔らかくするなど対象物体の特性を変えることで、ロボットによる物体整形操作の難易度を下げられる可能性がある。またその適用範囲は、折り紙だけに留まらず、段ボール等の紙製品、布製品、皮製品など、様々な柔軟体の整形に有効に機能する可能性がある。以上を踏まえ、熱・水・風などを活用して、しわ取りや折り目をつける等、対象となる柔軟体の特性(硬さ等)を変えながら望みの形状へと柔軟物を整形する、これまでにない新しいロボットによる柔軟物整形マニピュレーション手法の確立に挑む。

2. 研究の目的

紙に水を振りかけて、紙を柔らかくすることで、不要なしわを減らし折り目をきれいに仕上げる Wet Folding という手法がある。この手法を拡張し、ロボットハンドの指先に熱・水・風を放出できる機構を搭載する。高温水蒸気などの熱・水・風を活用して、しわ取りや折り目をつける等、対象となる柔軟体の特性(硬さ等)を変えながら望みの形状へと柔軟物を整形する、これまでにない新しいロボットによる柔軟物整形マニピュレーション手法の確立に挑む。

3. 研究の方法

水や風などを放出したり、熱を与えたりすることができるロボットハンドを新たに開発するとともに、しわや折り目などを解消しながら布や紙などの柔軟物を操作するための手法を開発する。

4. 研究成果

ウェットフォールディング機能を有するロボットハンドの開発

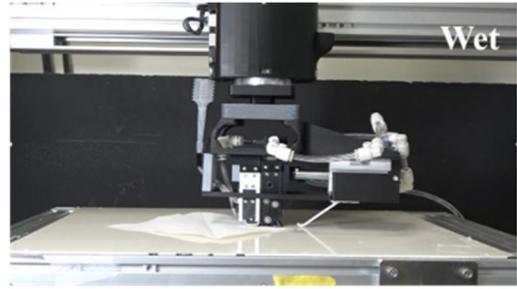
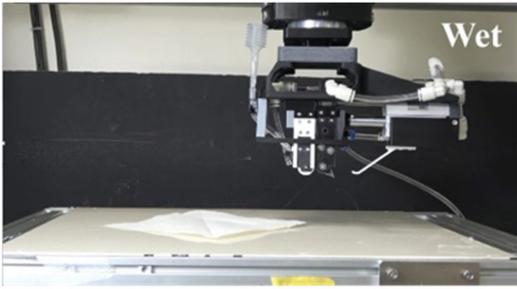
風や水を放出する機能を付加することを想定し、電動アクチュエータではなく、空圧アクチュエータにより、全ての機能を動作させるロボットハンドシステムの開発を行った。1流路に流れる圧縮空気のみで全ての機能を動作させることができる点が特徴となっている。保持している機能は、水の放出、紙などの薄くて柔らかい物体をめくるためのめくり機能、物体把持、折り目をおしつけることができるローリング機能、しわをつけずに柔らかい物体を離脱させることができる柔軟物リリース機能、物体を乾かすための乾燥機能の6つである。これにより、紙の折り目部分に水をつけて床に固定し、紙をめくって摘み上げ、反対側の端へと紙をリリースし、ローラで折り目をつけながら濡れた部分を乾かす、といった作業を実現することができた。なお、濡らして乾かすにあたり、熱の放出をしなくても乾燥としわの解消が実現できることから、当初加熱機構を搭載していたローラ部分から加熱機構を取り除いている。加熱機構を搭載することで、熱を必要とする操作に応用することも可能となっている。

ピンチ&スライド展開機能を有するロボットハンドの開発

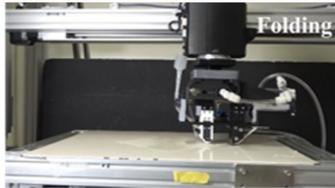
布服の展開に有効な手法であるピンチ&スライド展開に着目したロボットハンドを開発した。布を広げる際、重力によって布が下に引っ張られ指の隙間から布が落下してしまうという問題点がピンチ&スライド展開にはある。そこで1)適切な指の形状と握り方を工夫することで衣服の裾を曲げた状態で挟むことを防止、2)指当て部にベアリングで受動的に回転する突起を取り付け、挟むときとスライド展開するときの衣服裾の細かい凹凸を連続保持、機能を有する指部を開発した。

柔軟物における不要な折れ曲がりを解消する機構・動作の開発

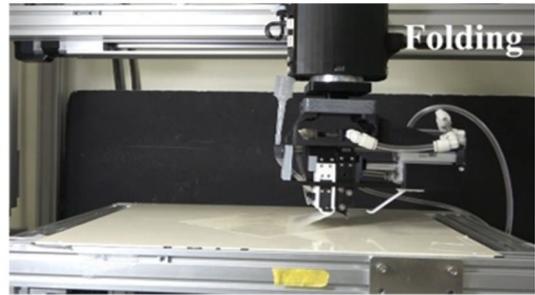
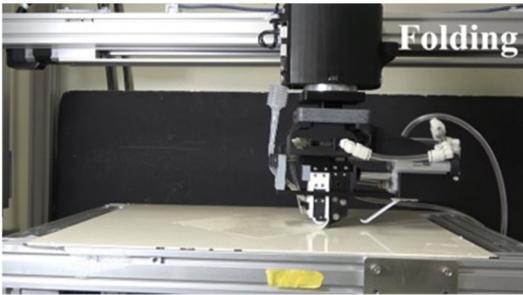
操作中の柔軟物に不要な折れ曲がりが発生していた場合に、所望の操作を加えるのに合わせてその折りも解消するため、ロボットハンドの新たな機構及び動作方法を提案した。その基礎的検証を矩形布生地での展開作業で行った。また、柔軟物の複数の部位を一つのハンドで把持できるようにし、その把持を開放するタイミングをずらしながら操作を進めることで、複数回の折り操作を双腕ロボットで効率的に行う方式を提案した。



Wetting 操作



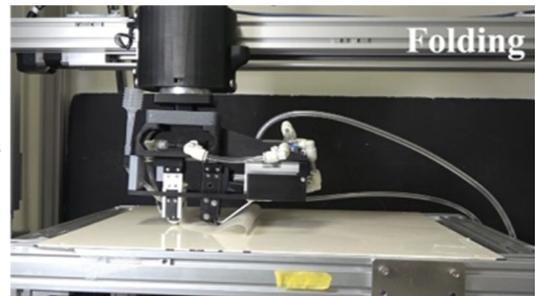
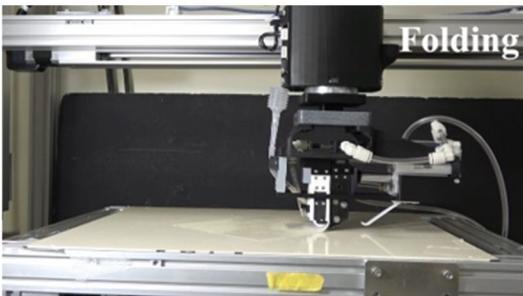
めくり 操作



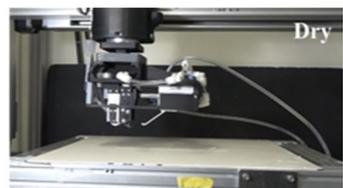
把持操作



紙全体のめくり操作



リリース操作



乾燥・ローリング操作⇒折り目付け

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nojiri Seita, Nishimura Toshihiro, Tadakuma Kenjiro, Watanabe Tetsuyou	4. 巻 8
2. 論文標題 Flexible and Slim Device Switching Air Blowing and Suction by a Single Airflow Control	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 2637 ~ 2644
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2023.3254465	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Fujihara Shunji, Yamazaki Kimitoshi, Watanabe Tetsuyou	4. 巻 -
2. 論文標題 An End-Effector for Pinch and Slide Unfolding Using a Protruding Passive Rotation Mechanism	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)	6. 最初と最後の頁 882-887
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICMA54519.2022.9856216	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nishimura Toshihiro, Shimizu Kensuke, Nojiri Seita, Tadakuma Kenjiro, Suzuki Yosuke, Tsuji Tokuo, Watanabe Tetsuyou	4. 巻 7
2. 論文標題 Soft Robotic Hand With Finger-Bending/Friction-Reduction Switching Mechanism Through 1-Degree-of-Freedom Flow Control	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 5695 ~ 5702
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2022.3157964	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Suzuki Yoshiyuki, Yamaguchi Akihiko, Nojiri Seita, Watanabe Tetsuyou, Hashimoto Koichi	4. 巻 -
2. 論文標題 Vibration Control for Pivoting by Robot Hand Equipped with CAVS and FingerVision	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/IRC52146.2021.00010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小澤優生、西村斉寛、渡辺哲陽
2. 発表標題 ウェットフォールディング機能をもつロボットハンドの開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原俊史、山崎公俊、渡辺哲陽
2. 発表標題 突起状回転体を有する挟み込み式ハンドを用いた布生地 of 摘み滑り展開
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野尻晴太、西村斉寛、多田隈建二郎、渡辺哲陽
2. 発表標題 生活支援ロボットのための布の吸着が可能な柔軟吸着パッドの開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西村斉寛、清水健介、野尻晴太、多田隈建二郎、鈴木陽介、辻徳生、渡辺哲陽
2. 発表標題 摩擦可変機能を有する1自由度ソフトロボットハンドの開発 流路切替機構の解析と検証
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原俊史, 吉岡優太, 山崎公俊
2. 発表標題 布生地の展開および折り畳み操作のための一対のエンドエフェクタ
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗林祐介, 吉岡優太, 呉天セイ, 恩田佳祐, 山崎隆広, 高瀬裕, Solvi Arnold, 山崎公俊
2. 発表標題 双腕ロボットシステムを用いた異種矩形布生地 of 操作
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野尻 晴太, 山口 明彦, 鈴木 吉幸, 鈴木 陽介, 辻 徳生, 渡辺 哲陽
2. 発表標題 突起構造に基づく3Dプリント可能な透明摩擦可変表面の開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木吉幸, 山口明彦, 野尻晴太, 渡辺哲陽, 橋本浩一
2. 発表標題 CAVSとFingerVisionを利用したインハンド回転操作
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水健介, 水島歌織, 鈴木 陽介, 辻 徳生, 渡辺 哲陽
2. 発表標題 液体滲出により摩擦制御可能な表面を備えた柔軟多関節ロボットハンドの開発
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野尻 晴太, 山口 明彦, 鈴木 吉幸, 鈴木 陽介, 辻 徳生, 渡辺 哲陽
2. 発表標題 突起の摩擦特性の違いを利用した摩擦可変表面の開発
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木吉幸, 山口明彦, 野尻晴太, 渡辺哲陽, 橋本浩一
2. 発表標題 CAVS+FingerVision搭載ハンドによるピボット操作のための振動制御
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堀内 優輝, 野尻 晴太, 倉又 菜津子, 西村 斉寛, 渡辺 哲陽
2. 発表標題 FBGセンサを活用した布地上のStick Slipとその方向検出
3. 学会等名 第22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
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野尻 晴太, 西村 斉寛, 多田隈 建二郎, 渡辺 哲陽
2. 発表標題 接触サポートのための負圧と正圧を発生可能な吸盤の開発
3. 学会等名 第22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
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 倉又 菜津子, 野尻 晴太, 堀内 優輝, 西村 斉寛, 渡辺 哲陽
2. 発表標題 摩擦・温度・湿度可変な薄いフレキシブル機構
3. 学会等名 第22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
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水健介, 西村 斉寛, 野尻 晴太, 多田隈 建二郎, 鈴木 陽介, 辻 徳生, 渡辺 哲陽
2. 発表標題 流量で制御可能な分岐弁を用いた摩擦可変機構を有する空圧駆動ソフトロボットハンド
3. 学会等名 第27回ロボティクスシンポジア
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 吸盤	発明者 渡辺哲陽, 西村斉 寛, 野尻晴太, 多田 隈建二郎	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-202904	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 サポート	発明者 渡辺哲陽, 西村斉 寛, 野尻晴太, 倉又 奈津子, 多田隈建二	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-202900	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

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
研究分担者	山崎 公俊 (Yamazaki Kimitoshi) (00521254)	信州大学・学術研究院工学系・教授 (13601)	

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
---------	---------