

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H05915

研究課題名(和文)面状圧力分布情報に基づく安全な装着型アシストロボットの開発と制御

研究課題名(英文)Development of Safer Wearable Assistive Robot based on Contact Force Distribution

研究代表者

舟洞 佑記(Funabora, Yuki)

名古屋大学・工学研究科・助教

研究者番号：20633548

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,600,000円

研究成果の概要(和文)：人体と同一機構(関節構造)でのロボット製作が困難、かつ、面での接触が前提となる体幹部においても安全に機能するアシスト制御法として接触力分布予測制御を提案、シミュレーションによって制御効果を確認した。体表面形状に即したロボットのリンク構造設計法を提案し、ロボットが人体に加える力(接触力)を直接計測・制御可能な装着型ロボットを開発した。試作機(腕部用・体幹部用・脚部から体幹部用)による計測・制御実験により、人体とロボット間の接触力分布を可視化し、力の伝達性と装着者の安全性を管理・制御できる装着型ロボットの実現可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人に直接触れて力を加える装着型アシストロボットにもかかわらず、ロボットが直接人体に加える力(接触力)はこれまで把握できていなかった。本研究では、接触力を直接計測するための装着型ロボット設計法を提案、設計法に従いロボットを試作することで、人体とロボット間の接触力の分布情報を計測・可視化した。また、計測可能となった接触力の分布情報を用いた新たなロボット制御則を開発した。装着型アシストロボットにおいて、安全で適切な接触力となっているかをリアルタイムで確認できると同時に、危険な接触状態を回避する制御法を示した。

研究成果の概要(英文)：In order to achieve safer assisting for complex body parts such as body trunk, wearable assistive robots enabling to measure the contact force with wearer have been researched. We have developed a design methodology of robot's contact parts (link parts); having similar shapes with contacting humans' body parts for measuring the contact force distribution (CFD) between user and robot via tactile sensors. Also, we've developed a contact force predictive control system; new control strategy taking safer assist by using CFD. By using the control system, local contact forces with high magnitude occurred between wearer and robot can be reduced, and CFD with wearer can control to be intended one. Through some experiments with developed robots, both the safety of wearer and the effectiveness of the transmissibility of assistive power can be evaluated/observed/visualized with CFD.

研究分野：ロボティクス

キーワード：福祉・介護用ロボット 装着型アシストロボット 制御工学 機械力学・制御 知能ロボティクス

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

介護従事者の71%が腰部に、50%が背中中部に、64%が首部に身体的負担（こり・だるさ）を感じている[1]。腰部のアシスト技術は開発され普及しつつあるが、腰～背中～首部を含めた体幹部全体のアシストは実現されていない。介護中に頻繁に行われる移乗作業（被介護者を持上げて車椅子等へ移動する作業）は、体幹部への負担が特に大きい。身体的負担を軽減する装着型ロボットの実用化には、体幹部運動補助の実現が鍵となる。一方、複雑な構造の体幹部では、人体と同一の機構を持つロボットの製作が難しく、同一機構を前提とした既存の制御法[2]（他多数）が正しく機能する保証がない。研究代表者は、接触情報に基づくインピーダンス制御を研究し、同一機構でなくとも運動補助が実現できる可能性を見出した[3]。装着者からの力に対する受動的な制御法は検討したが、運動補助に必要となるアシスト制御法は検討できていなかった。

装着型ロボットの実用化と普及には、装着者の安全性の保障が不可欠である。一般的に、人体の装着部の関節可動域内にロボットの関節可動域を制限する「物理レベル」、人間の最大筋力以下にアクチュエータの出力を制限する「指令値レベル」、人体とロボット間の物理的接触に基づきアクチュエータの出力を抑制する「接触レベル」の3つの枠組みで安全性を保障する。「物理レベル」は人体の構造に基づく必須の保障、「指令値レベル」は人体に“加わる力”に対するワークケースの保障になる。人体に“加わる力”を直接考慮可能な「接触レベル」であるが、現在、力センサやトルクセンサ等で計測できる縮退した情報（人体とロボットの接触情報の一部）でしか保障されていない。加えて、制御においては、ロボットや人体の単純なモデル（剛体を仮定した骨格モデル）に基づき接触状態を仮定するため、皮膚の表面形状や柔軟な接触などの現実の接触状態と差異が生じる。本来「指令値レベル」は必要最低限の出力制限であり、その枠組みの中で「接触レベル」での安全性が機能するが、上記理由から、「接触レベル」での安全性が十分機能せず、実用上「指令値レベル」の制限を厳しく設定せざるを得なかった。

2. 研究の目的

人体と同一機構の製作が困難、かつ、体表と広く接触する（面での接触が前提となる）体幹部の運動補助を目指し、体幹部においても安全に機能するアシスト制御法の確立を第一の目的とする。過度な制限を外した実用性の高い装着型アシストロボットの実現に向け、人体とロボットの実際の接触状態を面状圧力センサで直接計測・制御に用い、接触レベルでの安全性を保障する枠組みを確立することを第二の目的とする。目的達成に向け、次の4つの研究項目に取り組む。

（1）装着型ロボットの制御における圧力分布情報の有意性：単関節部（腕部の肘関節等）でも、装着部の皮膚形状や柔軟性の厳密なモデル化は困難である。そのため、人体とロボット間に生じる力を直接計測できる面状圧力センサにより、皮膚形状の変化や柔軟性を含んだ接触状態が推定できる可能性がある。単関節部を対象に、圧力分布情報を計測可能な装着型ロボットを試作し、圧力分布情報を計測する有意性、及び、ロボット制御に利用する価値を確認する。

（2）圧力分布情報に基づく体幹部アシスト制御：先行研究[3]で実現した受動的なインピーダンス制御の知見を活かし、圧力分布情報を活用したアシスト制御法を確立する。直接人体に加える力（接触力）を評価基準とし、大きな接触力の発生を抑える制御法を検討する。これにより、人体と機構が異なる装着型ロボットであっても、装着者の運動を安全にアシストできる枠組みを構築する。体幹部運動を対象に、シミュレーションと試作機実験を通じて制御法を評価する。

（3）面状圧力センサからの装着者の運動意図推定：装着者の運動を適切に補助するには、支援を要している運動と支援のタイミングを検知する必要がある。筋電位や脳波に基づく運動意図推定法は提案・実用化されているが、専用のセンサを人体に接触させる必要性（筋電位）や大規模な装置の必要性（脳波）から、本ロボットには適さない。装着者が意図的に運動する場合の特徴的な接触が、圧力分布の時系列解析により検出できる可能性がある。人間の自然な動きの中で発生する装着者の運動意図を、面状圧力センサ情報から推定できるかを明確にする。

（4）持上げタスクに対するアシスト制御とアシスト効果の評価：身体的負担の大きい移乗作業を想定し、体幹部の「持上げタスク」に類する前屈運動を補助対象とする。脚部・体幹部・腕部を含む全身アシスト機構を製作、筋電位と官能検査からアシスト効果を定量的に評価する。

3. 研究の方法

2章の項目ごとに研究の方法を説明する。

（1）単関節部である腕部を対象に、圧力分布情報を計測可能なロボットを試作しつつ圧力分布情報を計測するための要件とロボットの設計法を明らかにする。人体とロボットが触合う部位（接触部位）を人体表面と類する形状にすることで、人体-ロボット間に生じる接触力分布が圧力分布情報として計測可能になると考える。そこで、腕部屈曲伸展運動に伴う体表面形状の時間変化を、距離画像センサを用いて計測、計測した時系列形状（点群データ）を基に、体表面形状に則した形の接触部位を設計する。3Dプリンタでロボットを試作し、面状圧力センサ（SRセンサ 数値版、住友理工株式会社）と組み合わせることで人体とロボット間の接触状態を計測する。

腕部用試作機に既存法[1]と圧力分布を活用した制御法（提案法A、項目（2）で検討）を実装し、安全性と負荷低減効果から圧力分布情報の制御における有意性を確認する。

（2）持上げタスクに相当する体幹部前屈運動中の背面の状態（図1上段）を、体表面形状の点

群データとして計測（図1下段）、体表面位置に相当する点と直方体で近似したロボットモデル（先行研究から4関節4リンクでモデル化）の幾何学的関係から、人体-ロボット間に生じる接触力をモデル化する。接触力を含むロボット制御シミュレーションにより圧力分布情報を活用した制御法を検討する。

① 先行研究を拡張した接触力分布フィードバック制御系（図2上段）を軸に、方針の異なる制御則（提案法A：逆モデルを用いた制御則、提案法B：順モデルを用いた予測制御則）の制御性能を比較する（図2参照）。

② 項目（1）の知見を基に、体幹部前屈運動中の体表面形状を計測し、体幹部用試作機を作る。体幹部用試作機で接触力分布の計測性を確認後、シミュレーションで検討した制御法を実装する。装着型ロボットの使用に習熟していない被験者に座位で試作機を装着してもらい、体幹部前屈運動に対する追従制御の効果（図3、20代7名）と、ダンベル持上げタスクにおけるアシスト制御の軽労化効果（図4、20代5名）を確認する。追従性評価実験では、運動中の接触力とアンケートによる官能検査から、軽労化効果評価実験においては筋活動量も含めて定量的に評価する。

（3）腕部用試作機（項目（1）参照）を装着して肘関節屈曲伸展運動を実施、無負荷時と有負荷時（2.5kgのダンベル持上げ）の圧力分布情報を解析する。装着者の持上げ意図推定に有用な特徴が抽出できるかを確認する。

（4）体幹部用（項目（2））と脚部用の試作機を統合し、脚部から体幹部までの持上げタスク（前屈運動）におけるロボットの追従性を検証する。当初は、肩・腕部も含めた全身用試作機を製作する予定であったが、肩の自由度に対応するには、モータ数と試作機重量が著しく増加した。研究期間を鑑み、脚部と体幹部の連携に留めた試作機を製作する。また、脚部と体幹部を含む試作機は、計645セル分の圧力分布情報が計測できる。面接触におけるアシストに適した接触力指令分布の決定法を項目（1）（2）の実機実装中に検討をしたが、手法確立には、時間を要することが見込まれた。当初目的を変更し、持上げタスクに対する追従実験に限定し、圧力分布情報の活用を検討することとした。ここでは特に、着用者の安全性を保障する以外の活用法に着目する。

4. 研究成果

（1）試作した腕部用ロボットを図5に示す。主に「人体との接触部位が人体表面形状と類似した形状であること」、「面状圧力センサを接触部位と剛性の高いフレーム間に配置すること」が接触力分布の安定した計測の要件となった。人体形状と類似した接触部位構造と単純な円筒構造における接触力を比較することで、「ロボットが装着者に加える力のばらつき」、「接触力の計測性（計測精度・再現性）向上」、「着脱に伴う装着位置ずれの低減」が確認された。腕部屈曲伸展運動に伴う筋肉の膨張（図6、4秒の上腕肘側上面）やロボット自重

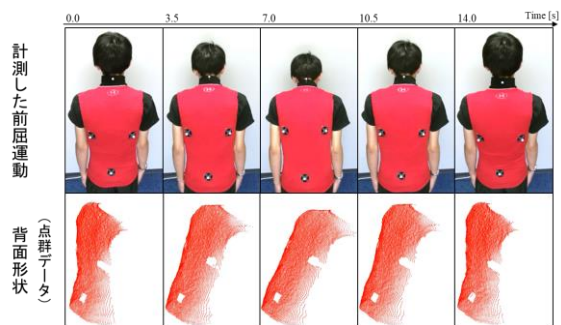


図1：前屈運動と計測した体表面形状

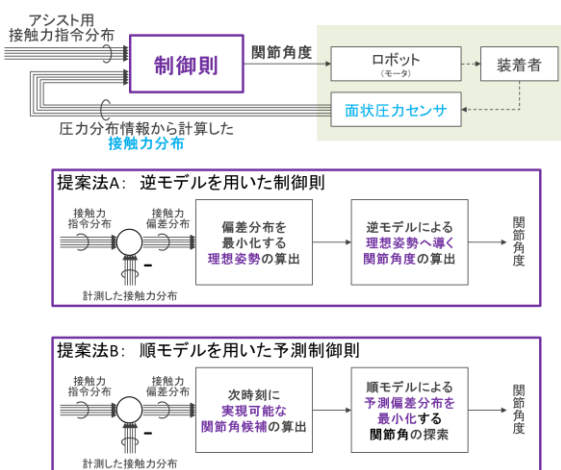


図2：接触力分布フィードバック制御系と提案した2つの制御則の概要



図3：体幹部用試作機装着状態での前屈運動への追従性評価実験のシナリオ

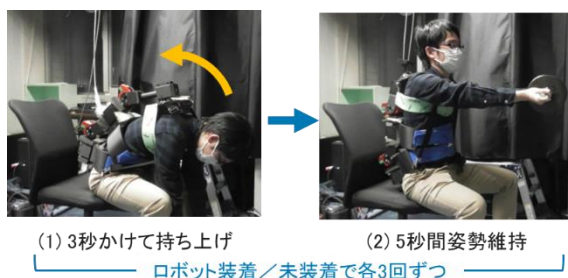


図4：5kgのダンベル持上げタスクにおける軽労化効果評価実験のシナリオ

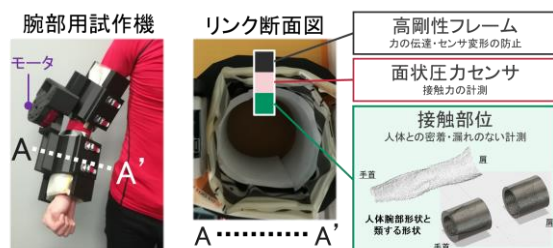


図5：試作した腕部用ロボットと圧力分布情報を計測するリンク構造

に係る接触力が計測できた。円筒構造では、着脱に伴って接触力の計測値が異なるセル(図7右参照)が60%存在し、人-ロボット間の接触力が安定して計測できない。提案構造では、87.5%のセルで、図7左のように着脱を行っても同様の接触力が計測できた。着脱に伴う装着の位置ずれが低減でき、再現性のある計測が可能になった。これにより、制御法を実装して比較できるようになった。

(2) ① 接触力の目標値(屈曲角度に応じ、一様な力で体幹部を支えると仮定、図8の1段目)に対して、既存法[1]、提案法A、提案法Bで制御したアシスト制御のシミュレーション結果を図8に示す。関節に生じるトルクに基づく既存法は、関節ごとに制御することになる点、トルク情報は接触力の合力としてしか計測できない点から、局所的に大きな接触力が発生した(図8の2段目)。提案法Aでは、屈曲運動補助中に大きな接触力を発生させることなくロボットが制御されているものの、接触力の計測値と目標値との誤差が大きい(図8の3段目)。逆モデルで計算した関節角度をロボットに指令しても、計算に用いた理想姿勢と一致しない場合が確認された。原因を解析したところ、逆モデル演算に伴う近似に起因した問題であることが判明した。提案法Aは接触力の大きさや平均値は低減させることができ、安全性は向上する一方で、接触状態が十分に管理・制御できるとは言い難い。提案法Bでは、ロボットが実現可能な関節角の中から接触力指令分布と現在の接触力分布の誤差を最小にするような関節角を、接触力のモデルに基づき探索・選択する。構造等に起因して接触力指令分布と完全に一致する接触力分布を実現できるとは限らない中で、指令分布と類する分布(誤差は $0.02 \pm 2.68 \text{ N}$ (平均 \pm 標準偏差))に制御できた(図8最下段)。

② 体幹部の前屈運動を計測、体表面形状の時間変化(図9左上)を解析することで、運動しても形状が変わらない領域(剛体領域)が明らかになった(図9左下)。3つの剛体領域の形状と類似するようにリンク部を設計、剛体領域間の相対姿勢変化を実現するように関節部を配置することで、図9右のような2関節3リンク型の体幹部用装着型ロボットを設計・試作した。図3の実験における、前屈運動中に各リンク部に生じた最大接触力の時間遷移を図10に示す。実機実験においては、既存法(関節部のトルクをゼロに制御)・提案法B(接触力分布をゼロに制御)ともに最大でも3N程度の接触力に留まり、十分に安全な範囲でロボットが動作した。直接的な力が可視化できたことで、人体とは機構が異なる場合でも、装着者の運動速度が十分に遅い時には、既存法を安全に運用できる可能性が見えた。伸展時の第2リンク背側の最大接触力の立下りに着目すると、提案法Bの応答がやや早い。これは接触力を直接制御に反映させた効果と考える。ただし、被験者への官能検査(5段階、5が最良)では、「痛み」平均:4.86、「フィット感」平均:3.86、「追従性」平均:4.14等、制御法に依らず良好な結果を得た。

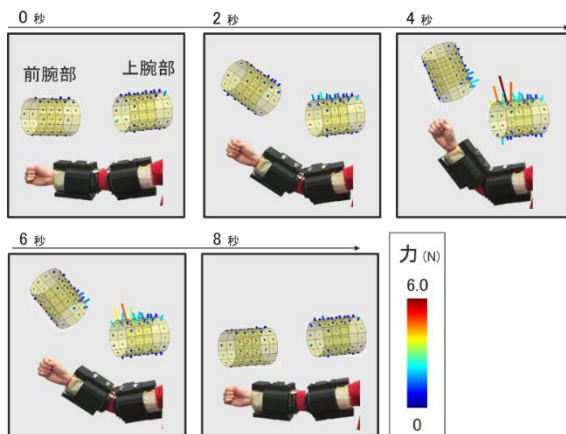


図6: 腕部の屈曲伸展運動に伴って生じた人体-ロボット間の接触力の時間変化

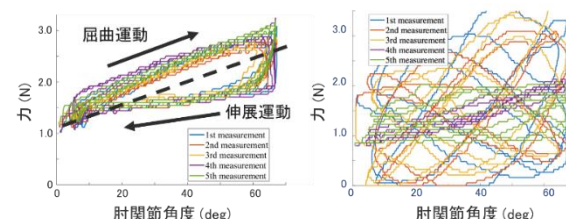


図7: 着脱に伴う接触力計測の再現性(左: 提案構造のあるセルの計測値、右: 単純円筒構造の同一セルの計測値、着脱ごとに異なる色で表示)

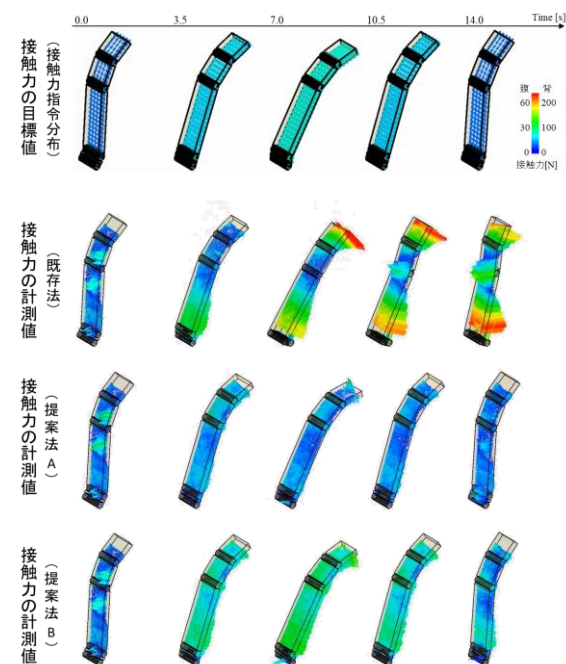


図8: 目標とした接触力指令分布と各制御則で計測された接触力分布

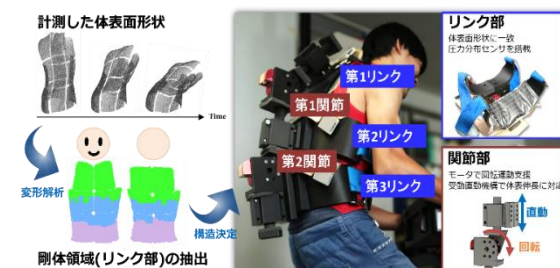


図9: 前屈運動時の体表面形状計測に基づく体幹部用装着型ロボットの設計と試作

図4の実験に際して、接触力指令分布の生成法が問題となった。どの部分にどの程度の接触力を加えると意図したアシストが実現できるかを体幹部全体で分析するには時間を要する。そこで、既存法[2]をベースに5kgの負荷の2kg分を補助するアシストトルク指令を入れた際の軽労化効果を確認する。最長筋の筋電位を計測して筋活動量を計算したところ、ロボット未装着時と比較して装着してアシスト制御を行うことで、5名中4名の被験者で軽労化効果が確認された。筋活動量は平均8.8%、最大で16.8%低減できた。ここで、軽労化効果があった被験者となかった被験者の接触力の時間遷移を確認したところ、軽労化効果ありの被験者では、持ち上げ途中から第2リンク背側・腹側の最大接触力・平均接触力がともに増加した(図11上段)。ロボットが人体にうまく力を伝達することでアシストできたことが確認できる。一方、軽労化効果がなかった被験者では、持ち上げ時に接触力が急激に低下し、ロボットの力が人体に伝達できていないことが確認された(図11下段)。装着時の隙間やずれに起因して効果的に力が伝達できない状況を可視化できたと言える。関節のトルク情報では検出できないアシスト効果が圧力分布情報を活用することで可視化できた。

(3) 腕部用装着型ロボットの屈曲伸張運動における肘関節角度と上腕部の接触領域ごとの力の計測値を図12に示す。伸展状態(0 deg)から肘の屈曲に伴い上腕二頭筋が膨らむ。負荷の有無による膨らみ方の違いが接触力に反映された。上腕二頭筋の膨らみを検出して、それを抑える方向にアシストすることで、装着者の持ち上げ運動意図とそのタイミングが圧力分布情報から推定できる見込みが立った。

(4) 脚部から体幹部までの接触力分布が計測可能な装着型アシストロボットの試作機を図13に示す。持ち上げタスクを想定した装着者の運動時に生じた接触力分布(645セル)が計測可能なことを確認した。制御を行わない場合に比べ、既存法・提案法Bで追従制御を行うことで接触力が全体的に低減できた。項目(2)の結果と同様に、人体-ロボット間の接触力分布の把握に加え、装着ずれに伴う力の伝達性が可視化できた。

本研究期間で可視化した接触力により、安全性と力の伝達性が評価できるようになった(第二の目的)。接触力分布を直接制御する装着型ロボット制御系の枠組みが確立できた(第一の目的)。一方、制御系におけるアシスト指令設計の難しさも明確になった。トルクと圧力分布情報を融合した制御系への拡張により、装着型ロボットをより安全に運用できる可能性が示唆された。

<引用文献>

[1] 大阪府立公衆衛生研究所：高齢者介護サービス従事者の腰痛・頸肩腕障害の軽減策に関する調査(2001)。
 [2] K.Kong, et.al., "Control of Rotary Series Elastic Actuator for Ideal Force-Mode Actuation in Human-Robot Interaction Applications", IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, Vol.14, No.1 (2009).
 [3] Y.Funabora, et.al., "Position Based Impedance Control based on Pressure Distribution for Wearable Power Assist Robots", IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (2014).

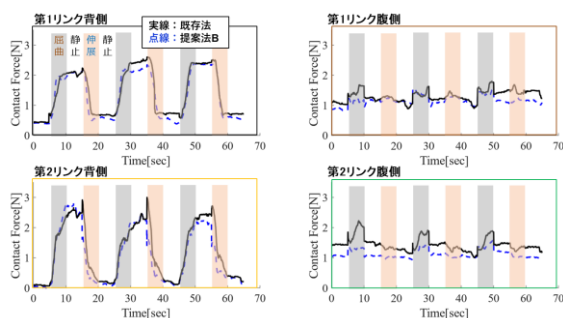


図10：運動中に各リンク部に生じた最大接触力の時間遷移

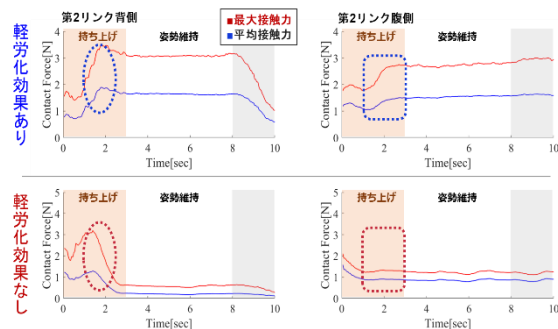


図11：持ち上げ運動補助時の接触力の時間遷移 (上：軽労化効果あり、下：効果なし)

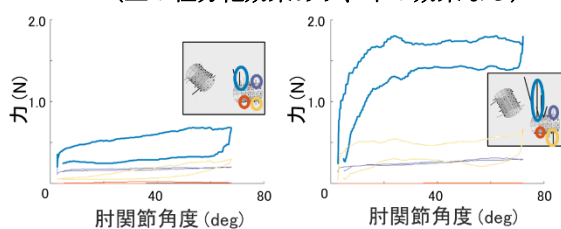


図12：ダンベル負荷の有無と圧力分布情報 (左：無負荷、右：有負荷(2.5kg))

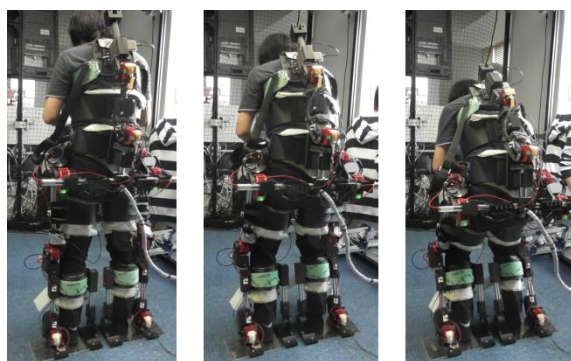


図13：脚部から体幹部までの接触力を計測可能な装着型ロボットの試作機

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 舟洞佑記, 内山直哉, 道木慎二, 道木加絵	4. 巻 139
2. 論文標題 体幹部用多関節装着型ロボットの実現に向けた人体との接触圧力分布情報の制御利用の有用性検証	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌)	6. 最初と最後の頁 1325-1332
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejieiss/139/11/139_1325/_article/-char/ja	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 舟洞佑記, 内山直哉, 道木慎二, 道木加絵	4. 巻 55
2. 論文標題 体幹部全体を安全にアシストする多関節装着型ロボットの実現に向けた逆運動学に基づく人体との接触力分布フィードバック制御の提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 計測自動制御学会論文集	6. 最初と最後の頁 520-528
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicetr/55/9/55_520/_article/-char/ja	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32件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 S.Honda, Y.Funabora, S.Doki, K.Doki
2. 発表標題 Design of Wearable Robot Focused on Contact State with Wearer
3. 学会等名 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS2019) (Poster Contribution) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 正岡真一, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 接触力分布情報を計測可能な汎用腕部装着型ロボットの試作
3. 学会等名 令和元年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本田翔大, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 身体との接触力分布情報を計測可能な体幹部装着型ロボットの試作
3. 学会等名 令和元年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤大輝, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 安全なアシストのための圧力分布センサによる装着者との接触状態の計測
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田翔大, 伊藤大輝, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 体幹部装着型ロボットの接触部位構造検討のための体表面形状変形のマーカレス計測
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤大輝, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 装着者との接触力分布情報が直接計測可能な腕部装着型ロボットの製作
3. 学会等名 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田翔大, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 柔軟物体を対象としたマーカレス表面形状変形計測法における計測精度の基礎評価
3. 学会等名 平成30年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 D.Ito, Y.Funabora, S.Doki, K.Doki
2. 発表標題 Prototype of Wearable Robot with Tactile Sensor Measurable Contact Force Distribution with User
3. 学会等名 The 15th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本田翔大, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 身体との面接触に基づく体幹部装着型ロボットの構造検討
3. 学会等名 第19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 2018年

1. 発表者名 S.Honda, Y.Funabora, S.Doki, K.Doki
2. 発表標題 Markerless Measurement System of Body Surface Deformation for Structure Determination of Wearable Robot
3. 学会等名 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 D.Ito, Y.Funabora, S.Doki, K.Doki
2. 発表標題 Control System Based on Contact Force Distribution for Wearable Robot with Tactile Sensor
3. 学会等名 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤大輝, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 装着型アシストロボットの接触部位形状検討のための複数台のKinectを用いた体表面形状計測
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤飛鳥, 舟洞佑記, 内山直哉, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 表面圧力分布センサを搭載した体幹部装着型ロボットにおける接触力分布の予測制御
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 ロボット表面に搭載した接触圧力分布センサ情報に基づく接触力分布フィードバック制御システム
3. 学会等名 計測自動制御学会ライフエンジニアリング部門シンポジウム2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤飛鳥, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 表面圧力分布センサ搭載型ロボットにおける接触力分布のフィードバック制御系
3. 学会等名 平成29年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本田翔太, 伊藤大輝, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 人体表面形状計測システムの構築と表面形状に基づく装着型ロボットの構造検討
3. 学会等名 平成29年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A.Sato, Y.Funabora, S.Doki, K.Doki
2. 発表標題 Impedance Control System Based on Contact Force Distribution for Wearable Robot with Tactile Sensors
3. 学会等名 2017 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A.Sato, Y.Funabora, S.Doki, K.Doki
2. 発表標題 Contact Force Distribution Predictive Control System for Wearable Robot with Tactile Sensors
3. 学会等名 The 2017 Asian Control Conference (ASCC2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤飛鳥, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 体幹部全体を安全で力強くアシストする装着型ロボットのための接触力分布の予測制御
3. 学会等名 電子情報通信学会2018年総合大会 情報・システムソサイエティ特別企画学生ポスターセッション予稿集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 韓天実, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 面状圧力センサを配置した人間協調ロボットの圧力情報に基づく制御による人体への安全性確保
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤飛鳥, 内山直哉, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 多関節装着型ロボットにおける人体との接触状態を考慮した制御法の実機実装
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 内山直哉, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 面状圧力センサを搭載した多関節装着型ロボットによる体幹部アシストの実現
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 舟洞佑記
2. 発表標題 人間の生活を支援するロボット技術
3. 学会等名 第41回東海フuzzy研究会(蒲研2016)(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 N.Uchiyama, Y.Funabora, S.Doki, K.Doki
2. 発表標題 Control System based on Pressure Distribution on Contact Surface for Wearable Assist Robot
3. 学会等名 The 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2016)(国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 内山直哉, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 多関節装着型ロボットによる安全なアシストのための接触面の圧力分布情報フィードバック制御
3. 学会等名 LIFE2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤飛鳥, 内山直哉, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 体幹部アシスト用多関節装着型ロボットの試作と接触力の分布情報に基づく制御法の実機実装
3. 学会等名 LIFE2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 韓天実, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 面状圧力センサを表面に配置した人間協調ロボットにおける圧力分布情報に基づく制御による安全性向上
3. 学会等名 平成28年度 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 N.Uchiyama, Y.Funabora, S.Doki, K.Doki
2. 発表標題 Control System based on Pressure Distribution for Wearable Assist Robot on Multi-Joint Body Part
3. 学会等名 The 14th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 内山直哉, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 体幹部の安全なパワーアシストのための面状圧力センサを搭載した多関節装着型ロボットの制御
3. 学会等名 第17回 公益社団法人 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 2016年

1. 発表者名 佐藤飛鳥, 内山直哉, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 多関節ロボットの試作機における接触情報のフィードバック制御法の検証
3. 学会等名 第17回 公益社団法人 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 2016年

1. 発表者名 佐藤飛鳥, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 ロボット表面に圧力分布センサを搭載した多関節装着型ロボットによる体幹部アシスト
3. 学会等名 2017年 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤飛鳥, 舟洞佑記, 道木慎二, 道木加絵
2. 発表標題 ロボット表面に圧力分布センサを搭載した多関節装着型ロボットによる体幹部アシスト
3. 学会等名 2017年 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 舟洞佑記, (冊子の著者/編者: 五島 清国, 本村 光節)	4. 発行年 2018年
2. 出版社 北陸館	5. 総ページ数 116
3. 書名 地域ケアリング (寄稿題目: 着用者に加える力を直接計測・制御する安全な装着型ロボットを目指して)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

道木研究室 http://doki-n.nuee.nagoya-u.ac.jp/
--

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
研究協力者	道木 慎二 (Doki Shinji)		
研究協力者	道木 加絵 (Doki Kae)		
研究協力者	内山 直哉 (Uchiyama Naoya)		
研究協力者	韓 天実 (Han Tianshi)		
研究協力者	佐藤 飛鳥 (Sato Asuka)		
研究協力者	伊藤 大輝 (Ito Daiki)		
研究協力者	本田 翔大 (Honda Shota)		
研究協力者	正岡 真一 (Masaoka Shinichi)		