

平成 29 年 5 月 31 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18006

研究課題名（和文）ヒト皮膚の張力膜構造を模した柔軟外装の子供アンドロイドへの全身実装と機能評価

研究課題名（英文）Evaluation of bio-inspired flexible coverings on a child android robot

研究代表者

石原 尚（ISHIHARA, HISASHI）

大阪大学・工学研究科 ・助教

研究者番号：90615808

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：人皮膚構造を模したロボット用被覆の構造を複数試し、歪-抵抗力曲線を調整する方法を明らかにした。被覆をアンドロイドロボット前腕に取り付けて、被覆触感とロボット性格印象を調査し、触感の好ましさが性格の好ましさを向上させ、弾力感の強さが能力感を向上させるなどの因果構造を明らかにした。被覆への負荷や変形状態を測定するため、エラストマゲル中に配線や固形物を含まず、表面近くの変形を計測可能な磁気式触覚センサを開発し、歪応力特性や空間応答分布を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Several types of bio-inspired flexible robot coverings were developed to investigate their mechanical properties and humans impressions. We found that strain-resisting force curves can be tuned by selecting appropriate materials and that touch sensations of the coverings change personality impressions of the robot covered by the flexible coverings: Preference touch sensation significantly improves Likability personality impression and Resilient touch sensation significantly improves Capability personality impression. Furthermore, we developed and evaluated a flexible tactile sensor that can detect surface deformations with no wiring and solids in its flexible layers.

研究分野：ロボティクス

キーワード：ロボット皮膚 柔軟センサ 性格印象 触感

1. 研究開始当初の背景

(1) 人とロボットの共生社会はいまや現実のものとなりつつあり、運動性能だけでなく、人が安心して密接に触れ合い易く、また生活環境での長時間稼働に耐えるロボットの身体ハードウェアの実現が重要な研究課題となってきた。申請者は、共生社会における適切なロボット身体デザインを見出すため、人を惹きつけ、親密な対人触れあいを実現している子供の身体に注目して子供アンドロイドの機構部分から開発を進めてきた。

(2) 上記のようなロボットは電気機械的に繊細であり、人と接する場面では内部を効果的に保護し、且つ人に対しても優しく安全な全身外装が必要である。しかし、従来のロボットに多く採用されてきた剛体シェル方式による外装の機能は十分でない。そのため申請者はヒトの皮膚の構造を力学的に模した外装用柔軟被覆の試作を通じ、繊維張力膜とゲルを組み合わせた新たな方式のロボット外装の実現可能性を検討してきた。

2. 研究の目的

ヒト皮膚の力学的構造を模した、繊維布とエラストマゲルを積層した膜被覆を試作し、特性を明らかにし、ロボットへシームレスに実装する方法を考案して実装し、その外装の機能を実験的・解析的に明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 被覆の材料・官能特性を測定し、構造の違いによる特性変化を明らかにする。

(2) 子供アンドロイドロボットにおける被覆の構造と実装方法を決定する。

(3) 被覆が動作に与える影響と被覆の動作耐久性を実験的に明らかにする。

(4) 被覆の力学モデルを作成し、機能と構造の関係を解析的に明らかにする。

4. 研究成果

(1) 材料・官能特性の評価

①異なる張力特性を持つ繊維布でエラストマゲルを覆うことで、図1のように圧縮に対する抵抗力の非線形性の強さを調整できることを確認した(発表④⑥⑨⑱)。

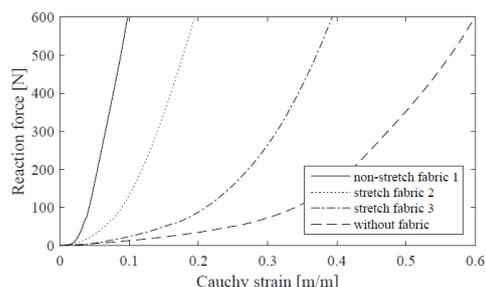


図1 圧縮率と反力の非線形関係

②異なる弾性の被覆をアンドロイドロボット前腕に取り付けて触感と性格印象を調査し、図2のように触感の好ましさが性格印象の好ましさを有意に向上させ、また弾力の強さが能力感を向上させるなどの因果構造を明らかにした(発表②③⑥⑧)。

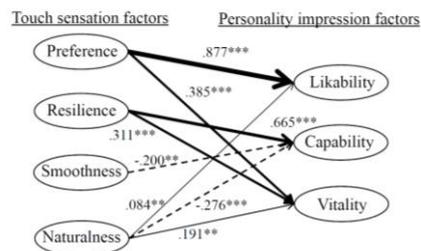


図2 触感と性格印象の因果構造

(2) アンドロイドロボットへの実装  
膜被覆をロボットに実装する方式は決定したものの、被覆への負荷や変形状態を測定する触覚センサの搭載が必要となったため、膜被覆に搭載可能な方式の触覚センサの開発を実施した。エラストマゲル中に配線や固形物を含まず、表面近くの変形を磁場の変化として検出する方式のセンサを開発し、歪応答曲線や空間応答分布を明らかにした(論文①、発表⑤⑥⑩⑪⑫⑬⑮⑰⑱、特許出願)。

(3) 運動に与える影響と耐久性の評価

①一軸の曲げ関節上に膜被覆を取り付けて、関節角度と回転抵抗力の関係を調査した。繊維布の適切な選択によって、図3のように曲げ関節の全可動範囲において抵抗力を低く抑えられることを確認した(発表⑥⑨)。

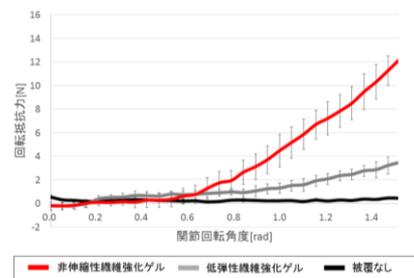


図3 関節角度と回転抵抗力の関係

②膜被覆に対する落下試験によって、図4のように非伸縮性の繊維布が効果的に衝撃力を吸収可能であることを確認した(発表⑥⑨)。

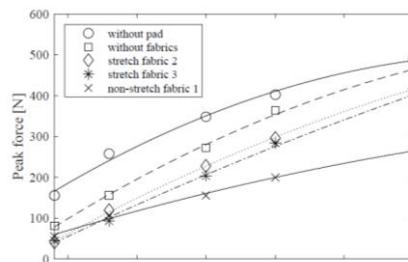


図4 被覆底面に伝わる衝撃力の被覆間比較

(4) 曲げ関節上に搭載した被覆の曲げ角度と抵抗力の関係を求める近似式と、圧縮率と反力の関係を解析的に求めるモデルを立て(図5), ある程度の予測が可能であることを確認した。

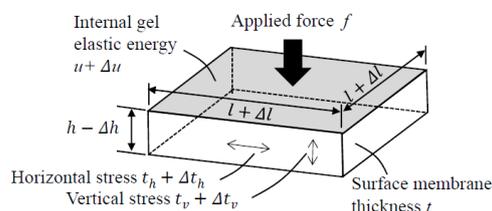


図5 膜被覆片の近似モデル

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

- ① 川節 拓実, 堀井 隆斗, 石原 尚, 浅田 稔. 磁性・非磁性エラストマを積層した磁気式触覚センサの基礎特性解析. 日本AEM学会誌. 査読有. Vol. 24, No. 3, pp. 204-209, 2016.  
DOI: 10.14243/jsaem. 24. 204

[学会発表] (計18件)

- ① 石原尚. 柔らかくつながる子供アンドロイドロボット. 身体性と生命性, そして社会性をつなぐ学際的研究会. 2017年1月25日. ホテル日航八重山(沖縄).
- ② 山下裕基, 石原尚, 池田尊司, 浅田稔. 被覆接触によるロボットの性格印象変化における外観の影響. 第171回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会. 2017年1月23日. 大濱信泉記念館(沖縄・石垣島).
- ③ Hisashi Ishihara. Analyses of human behaviors and impressions related to Android engineering. Workshop on Cognitive Neuroscience Robotics in Social Interaction. 2016年12月13日. 千里ライフサイエンスセンター(大阪).
- ④ Hisashi Ishihara. Building a Child Android Robot. Final Symposium on "Cognitive Developmental Science Based on Understanding the Process from Neuro-Dynamics to Social Interaction". 2016年12月13日. 千里ライフサイエンスセンター(大阪).
- ⑤ Takumi Kawasetsu, Takato Horii, Hisashi Ishihara, and Minoru Asada. Difference of Gaussian like feature enhances object classification accuracy in magnetorheological elastomer-gel tactile sensor. Humanoids Workshop on Tactile sensing for manipulation: new progress and

challenges. 2016年11月15日. Bielefeld University (Germany).

- ⑥ Hisashi Ishihara. Analysis and functionalization of soft materials toward rich interaction between humans and robots. International Symposium at Frontier Research Base for Global Young Researchers, 2016年11月15日. 大阪大学(大阪).
- ⑦ Hisashi Ishihara. Child Android Robot "Affetto". Robot Design Competition in International Conference on Social Robotics. 2016年11月2日. Kansas City (USA).
- ⑧ Yuki Yamashita, Hisashi Ishihara, Takashi Ikeda, Minoru Asada. Path Analysis for the Halo Effect of Touch Sensations of Robots on Their Personality Impressions, in Proc. of International Conference on Social Robotics (ICSR). 2016年11月2日. Kansas City (USA).
- ⑨ 石原尚. 子供アンドロイドロボットへの皮膚実装に向けた取り組み. 日本赤ちゃん学会若手部会第4回研究合宿, 2016年9月10日. 白浜荘(滋賀).
- ⑩ 川節拓実, 堀井隆斗, 石原尚, 浅田稔. Difference of Gaussian 様空間応答を示す磁気式柔軟触覚センサ. 第34回日本ロボット学会学術講演会講演論文集. 2016年9月7日. 山形大学(山形県).
- ⑪ 川節 拓実, 堀井 隆斗, 石原 尚, 浅田 稔. 磁性・非磁性エラストマを用いた磁気式触覚センサの磁場解析. The Robotics and Mechatronics Conference 2016. 1P1-19a4, 2016年6月9日. パシフィコ横浜(神奈川県).
- ⑫ Takumi Kawasetsu, Takato Horii, Hisashi Ishihara, and Minoru Asada. A magnetic type tactile sensor that detects deformation of its surface made of dual layer elastomer. CITEC Workshop "From Robotics to Cognitive Interaction and Beyond". 2016年5月22日. Bielefeld University (Germany).
- ⑬ Takumi Kawasetsu, Takato Horii, Hisashi Ishihara, Minoru Asada. Towards rich physical human-robot interaction: A novel magnetic-type flexible tactile sensor that detects its surface deformation. ICRA 2016 WS "human-robot interfaces for enhanced physical interactions". 2016年5月16日. Stockholm (Sweden).
- ⑭ Hisashi Ishihara. Compliant and compact joint mechanism for a child android robot. The 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. 2016年3月10日. Christchurch (New Zealand).

- ⑮ Takumi Kawasetsu, Takato Horii, Hisashi Ishihara, and Minoru Asada. Toward humanlike tactile sensation: magnetic type tactile sensor with dual-layer elastomer. The 2nd International Workshop on Cognitive Neuroscience Robotics. 2016年2月21日. サンケイカンファレンス大阪梅田(大阪).
- ⑯ 川節 拓実, 堀井 隆斗, 石原 尚, 浅田 稔. 磁性エラストマを用いた磁気式触覚センサの特性評価. 第16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. 2L3-5. 2015年12月15日. 名古屋国際会議場(愛知)
- ⑰ Hisashi Ishihara. Designing and fabricating a bio-inspired child-type soft humanoid robot, International Symposium at Frontier Research Base for Global Young Researchers, 2015年11月24日. 大阪大学(大阪)
- ⑱ 川節 拓実, 堀井 隆斗, 石原 尚, 浅田 稔. 磁性・非磁性エラストマを積層した磁気式触覚センサの基礎特性解析. 第24回MAGDAコンファレンス, 1-5-3. 2015年11月13日. 東北大学(宮城)

[産業財産権]

○出願状況(計1件)

名称: 変形測定装置

発明者: 川節拓実, 堀井隆斗, 石原尚, 仲田好宏, 浅田稔, 細田耕, 宮下敬宏

権利者: 株式会社国際電気通信基礎技術研究所

種類: 特許出願

番号: 2016-146070

出願年月日: 2016年7月26日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.ams.eng.osaka-u.ac.jp/user/ishihara/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石原 尚 (ISHIHARA, Hisashi)

大阪大学大学院工学研究科・テニュアトラック助教

研究者番号: 90615808