

研究報告書

「触れ合いデータを収集する子供アンドロイド高機能化」

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016年12月～2020年3月

研究者: 石原 尚

1. 研究のねらい

本研究のねらいは、人と親密に触れ合いながら場をセンシングできるロボットを開発し、そのロボットを用いて触れ合いのビッグデータを収集し、価値のある情報を人から引き出す動作方法を実験的に見つけ出すことで、人社会において人型ロボットが効果的に情報基盤の向上に貢献する「共生ロボット情報化社会」の実現に結び付けることである。人と人のインタラクションで交わされる情報はビッグデータであり、個人個人の特性に合わせたサービスを提供する情報技術基盤構築に貢献する価値のあるデータが含まれていると考えられるが、そのようなデータを効果的に収集する方法は確立されていない。本提案では、触れ合いの情報を主観視点で能動的に人から引き出し、効果的に収集できる情報収集装置の一形態として子供型アンドロイドを考える。柔らかくふくよかな皮膚で覆われつつも、柔らかくまた幅広い動作が可能であり、人の接触を敏感に感知でき、さらに人に似た豊かな表情を呈示可能な、「人と親密に触れ合うこと」に特化した感知・呈示機能を有する子供型アンドロイドロボットを開発し、その触れ合い性能の高機能化に取り組む。そして、親密な触れ合いの中で生じる情報はどのようなのか、人からの豊かな情報を引き出すためにはいかなる振る舞いをロボットにさせることが効果的か、また、ロボットの振る舞いや身体要素の違いによって引き出される情報はどのように変わっていくのか、といった触れ合いに関するビッグデータを実験的に収集して分析する。さらにその分析結果に基づいて、より効果的に価値ある情報を引き出せるようにロボットの振る舞いや身体要素を洗練させていく。このようにして、触れ合い性能に特化した子供型アンドロイドを、人社会の中で作用する、能動的且つ親和的な情報収集デバイスとして活用する「共生ロボット情報化社会」の実現を目指す。

2. 研究成果

(1) 概要

本研究では、①アンドロイド身体デバイス開発、②デバイスの評価解析、③デバイスに対する人からの入力データ収集と分析、④デバイスの対人影響解析、の4領域の研究を並行して進めることで課題の達成を試みた。領域①では、頭や手などの部位毎に必要な機能要件を定め、構造や作成法検討を含めたデバイス開発を行った。具体的には、16の皮膚駆動ユニットを搭載した頭部(業績(1)-3)、三次元方向の接触力を推定可能な肉厚柔軟皮膚センサ(業績(1)-5)、及びこのセンサを備えるアンドロイドハンド(業績(3)-5)を開発した。領域②では、それらに対して、人と親密に触れ合う機能を高める上で必要な評価解析法を策定の上実施し、具体的な改善点を特定して改善に繋げた。頭部に対しては、駆動ユニット毎の皮膚の操作性を定量的に評価し(業績(1)-3)、操作性の低いユニットを特定するとともに、表情の遷移過程に時間的ニュアンスを持たせることを可能にした。アンドロイドハンドに対しては触感

印象評価を実施し、関節の可動域や方向、また表面摩擦が印象を損なう主要因であることを特定した(業績(3)-5)。領域③では、アンドロイド骨格への皮膚実装完了を待たずして皮膚センサへの入力データ解析の研究を開始するため、局所部分に複雑な操作を加える外科手術操作を題材とし、皮膚デバイスに対して縫合操作が加えられた場合の三次元変位データを取得し、人の緊張状態や動きの癖なども把握できる可能性を示した(業績(3)-3)。領域④では、身体デバイスの仕様を変えた複数の条件で人への影響の変化を調べ、仕様と人への影響の関係を解析し、人に所望の影響を与えるための仕様の在り方を絞り込んだ。異なる材料で作成したハンドをアンドロイドに取り付け、その触感と性格印象を調査し、子供アンドロイドに人が触れた際に、親しみやすく、また生き活きしつつかも弱い印象を与えるための皮膚の触感の要件を特定した(業績(1)-1)。上記取り組みを通じて、アンドロイドの性能評価解析法、また皮膚触感による性格印象呈示の可能性を切り拓くことができた。加えて、アンドロイドを高機能化する過程で得られた部分装置や解析技術がそれら単体で社会課題の解決に資する技術として転用される事例も生まれ、アンドロイド高機能化というテーマに関して本課題開始前には想定していなかった価値を見出すことができた。

(2) 詳細

領域①「アンドロイド身体デバイス開発」

頭部や手部ごとに必要な機能要件を定め、構造や作成法の検討を含めたデバイス開発を行った。具体的には、16の顔変形ユニットを搭載した子供アンドロイド頭部(業績(1)-3)、三次元方向の接触力を推定可能な肉厚柔軟皮膚センサ(業績(1)-5)、及びこのセンサを備える小型アンドロイドハンド(業績(3)-5)を開発した。図1に示すこの頭部は、柔らかい触感や外観印象となるように皮膚を厚めにし、また例えば小鼻をひくつかせたり、下唇で上唇を押し上げるなど、口や鼻の周囲の表情が豊かになるような仕様とした。図2に示す皮膚センサは、シリコンゴム層中に局所的に配合した強磁性粉末の三次元位置をゴム層下に敷いたコイル回路で遠隔推定する方式とした。この方式によって、身体部位に応じた測定範囲や感度の調整が容易で、大変形や衝撃にも強く、さらに良触感となる触覚機能付き皮膚を実現した。図3に示すアンドロイドハンドは、触覚センサが搭載されていることを人に意識させることなく、人の手に近い感触を与えられるように、人の



図 1 開発した頭部

ような仕様とした。図2に示す皮膚センサは、シリコンゴム層中に局所的に配合した強磁性粉末の三次元位置をゴム層下に敷いたコイル回路で遠隔推定する方式とした。この方式によって、身体部位に応じた測定範囲や感度の調整が容易で、大

変形や衝撃にも強く、さらに良触感となる触覚機能付き皮膚を実現した。図3に示すアンドロイドハンドは、触覚センサが搭載されていることを人に意識させることなく、人の手に近い感触を与えられるように、人の

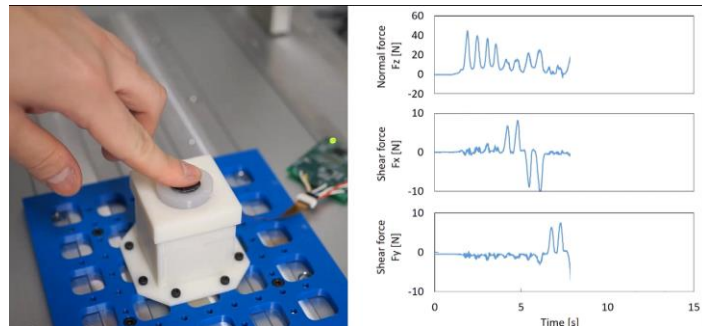


図 2 開発した触覚センサ

骨の形状を模した骨格上に前述の皮膚センサを実装した。

領域②「身体デバイスの評価解析」

上記領域①で開発したデバイスに対して、人と親密に触れ合う機能を高めるために必要な評価解析法を策定の上実施し、具体的な改善点を特定して改善に繋げた。頭部に対しては、内部の皮膚駆動ユニットへの動作指令の変化に応じた顔皮膚表面各点の三次元変位の分布を計測することで、駆動ユニット毎の皮膚の操作性を定量的に評価した(業績(1)-3)。これによって、操作性の低いユニットを特定するとともに、表情を切り替える際の遷移過程に時間的なニュアンスを持たせることが可能になった。またこの評価に基づいて、操作性の低いユニットの機構の改良も実施した。アンドロイドハンドに対しては、触感印象評価を実施し、関節の可動域や方向、また皮膚表面の摩擦が印象を損なう主な要因であることを特定した(業績(3)-5)。



図 3 アンドロイドハンド

領域③「入力データの収集と分析」

各デバイスに対して複雑多様な入力操作が行われる状況を設定し、得られたデータの特性を分析することで、将来的な大規模入力データの解析を進める上の指針を得た。アンドロイド上への皮膚実装完了を待たずして皮膚センサデバイスへの入力データ解析の研究を開始するため、局所部分に複雑な操作を加える外科手術操作を題材とし、皮膚デバイスに対して縫合操作が加えられた場合の三次元変位データを取得した(業績(3)-3)。このデータには手の震えのような周期変動も載っていたことから、開発したセンサを用いることで、単に触り方のパターンだけでなく、人の緊張状態や動きの癖なども把握できる可能性が示された。また、この研究の実施に際し、触覚センサの構造を見直し、金属接近によるセンサ誤反応の影響低減も達成した。

領域④「身体デバイスの対人影響解析」

身体デバイスの仕様を変えた複数の条件で人への影響の変化を調べ、仕様と人への影響の関係を解析し、人に所望の影響を与えるための仕様の在り方を絞り込んだ。子供アンドロイドに人が触れた際に、親しみやすく、また生き生きしつつもか弱い印象を与えるための皮膚の触感はいかなるものであればよいかを特定するため、異なる材料で作成したハンドをアンドロイドに取り付け、その触感と性格印象を調査した(業績(1)-1)。統計的な解析の結果、感触を良くすることが親しみやすさと生き生きした印象を高め、しっとり丸みを帯びた触感がか弱さと生き生きした印象を高め、また表面の滑らかさの触感がか弱い印象を高めることが分かった。皮膚の弾力触感は、生き生きとした印象を高める一方でか弱い印象を損なうため、決定の難しい触感特性であることもわかった。

3. 今後の展開

①アンドロイド用皮膚への変温・変色機能の実装

- ②人の顔面皮膚変形を再現するためのアンドロイドの顔皮膚材料と構造の革新
- ③アンドロイド皮膚への触覚センサの大規模実装
- ④人の表情のアンドロイドへの転写
- ⑤頭部・上半身・手部・脚部骨格機構の統合と機械信頼性向上
- ⑥全身骨格機構への皮膚実装
- ⑦アンドロイド感覚入力から表現への結び付け

4. 自己評価

これまで工学研究として体系的な取り組みがなかったアンドロイドロボットの高機能化という挑戦課題に対して、(1)「触れ合いやすく、感知力と表現力に優れるものにする事で人から情報を得やすくする」という目標設定からトップダウン的に身体各部の機能要件を定めること、(2)機能の改善点を特定することができる評価解析方法を確立すること、の2点を重視した課題細分化を行うことで、解決可能かつ建設的な課題に落とし込むことができた。研究を進める上では、機械工学や情報工学だけでなく、電気電子工学、応用化学、心理統計学、認知科学、発達心理学、医歯学などの分野の技術や知見の結集が必要となり、連携を開始するまでに時間を費やしたものの、具体的な成果が実際に出始めるところまで各分野の研究者との連携体制の構築を進めることができた。課題の遂行につれて当初想定していなかった問題が多く表面化したため、人から価値のある情報を能動的に引き出せる子供アンドロイドを実現する、という最終的な目標の達成には届かなかったものの、表面化した諸問題を解決するために開発した装置や解析法それ自体が特徴的な技術として注目され、アンドロイドへの搭載という用途以外の利活用の道を見出すことができた。今後は、このさきがけ研究で見出した多くの価値を社会に還元できる形に具現化していくため、アンドロイド高機能化という垂直方向と、個々の派生技術の社会実装という水平方向の両方向で効率的に成果を生み出せるように研究体制を整えていく。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

- | |
|---|
| 1. Yuki Yamashita, Hisashi Ishihara, Takashi Ikeda, and Minoru Asada. Investigation of causal relationship between touch sensations of robots and personality impressions by path analysis. <i>International Journal of Social Robotics</i> . 2019, 11(1), pp. 141-150. |
| 2. 山下裕基, 石原尚, 池田尊司, 浅田稔. 触感をもたらすロボット性格印象の変容に対する外見の人らしさの影響. <i>認知科学</i> . 2018, 25(4), pp. 435-450. |
| 3. Hisashi Ishihara, Binyi Wu, Minoru Asada. Identification and evaluation of the face system of a child android robot Affetto for surface motion design. <i>Frontiers in Robotics and AI</i> , 2018. |
| 4. Hisashi Ishihara, Nobuyuki Ota, and Minoru Asada. Derivation of simple rules for complex flow vector fields on the lower part of the human face for robot face design. <i>Bioinspiration&Biomimetics</i> . 2017, 13, 015002. |
| 5. Takumi Kawasetsu, Takato Horii, Hisashi Ishihara, and Minoru Asada. Flexible Tri-axis tactile sensor using a spiral inductor and magnetorheological elastomer. <i>IEEE Sensors</i> . 2018, |

(2)特許出願

研究期間累積件数:2件(公開前の出願件名については件数のみ記載)

1.

発明者:川節拓実,堀井隆斗,石原尚

発明の名称:触覚センサ

出願人:大阪大学

出願日:2017年9月5日

出願番号:2017-170627.

2.

発明者:石原尚,川節拓実,堀井隆斗.

発明の名称:情報処理装置、情報処理システム、およびセンサ装置

出願人:大阪大学

出願日:2019年1月18日

出願番号:2019-007356.

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. (プレスリリース)新型子供アンドロイドの表情変化の作り分けに成功 アンドロイドの表情にニュアンスをつける新技術. 2018年11月14日.

2. (受賞)学生奨励賞(共著)「子供型アンドロイドの接触反応表現のための柔軟な表情生成器と割り込み表情制御器の開発」HAIシンポジウム. 2019年3月9日.

3. (学会発表)Kohei Fukuda, Takumi Kawasetsu, Hisashi Ishihara, Takato Horii, Ryoichi Nakamura, Hiroshi Kawahira, Minoru Asada. Measurement of Three-Dimensional Force Applied to Elastic Suture Training Pads for Laparoscopic Suturing. 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC). Germany, 27 Jun. 2019.

4. (学会発表)福岡慶太, 石原尚. 子供型アンドロイドの接触反応表現のための柔軟な表情生成器と割り込み表情制御器の開発. HAIシンポジウム ポスターセッション. 神奈川県川崎市, P-31. 2019年3月8日.

5. (学会発表)水野海渡, 川節拓実, 石原尚, 堀井隆斗, 浅田稔. 子供型アンドロイドの接触反応実験に向けた骨格と触覚を備える小型手部の開発. ロボティクス・メカトロニクス 講演会, 広島県広島市, 2019.