

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K14697

研究課題名(和文)有機材料の活用によるアンドロイド皮膚の高機能化

研究課題名(英文)Utilization of organic materials for fictionalizing android skin

研究代表者

石原 尚(Ishihara, Hisashi)

大阪大学・工学研究科・講師

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)：多種情報機能を備えるアンドロイド皮膚実現のため、(1)皮膚変色機能方式の検討、(2)感触改善のための手骨格構造の改良、(3)顔皮膚運動の計測解析、(4)皮膚触感と性格印象の関係解析を進めた。(1)骨格層の電子素子と、皮膚表面層の変色体、また両層間の色調整層の組み合わせを多数試し、表面変色の強度と違和感のバランスを確認した。(2)従来課題であった関節可動域の違和感を解消し、新たに別の違和感を調査で拾い上げた。(3)顔の運動と変形を精密計測し、顔の機械性能の定量評価を可能にする手法を提案した。(4)ロボット皮膚触感によって人に性格印象が伝わる効果は、特定の第一印象によって増強されることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アンドロイドロボットは、人皮膚用の柔軟素材を人との情報交換に積極的に活用する人型のコミュニケーションロボットであり、その皮膚の柔らかさを活かした情報呈示が期待される一方で、現状は顔において微小な変形でささやかな感情情報を呈示する程度の機能を備えるに留まっている。本研究で実施した、人およびアンドロイドの顔の変形状態の精密計測と解析により、これらを根拠データとして今後顔の変形機能の改善が効果的に進むことが期待できる。また、これに加えて変色や触感変化も同時に可能な皮膚を工学的に実現できれば、アンドロイドにより人に伝達可能な感情情報は大きく向上することが見込まれる。

研究成果の概要(英文)：In order to realize the next generation android skin with multiple information functions, I have (1) investigated a skin discoloration function system, (2) improved the hand skeletal structure to improve its touch sensation, (3) measured and analyzed three-dimensional facial skin movements, and (4) investigated the relationship between robots' skin touch sensation and personality impression.

研究分野：アンドロイドロボティクス

キーワード：アンドロイドロボット ソフトロボティクス コミュニケーションロボット ヒューマンロボットインタラクション

1. 研究開始当初の背景

コミュニケーションロボットにとって身体表面は人と情報を交わすためのヒューマン・インターフェース・デバイス(以下 HID)であり、その表現・感知機能に加えて、外観や触り心地は交わされる情報の量だけでなく質にも多大な影響を与える。その一方で、これまでロボット身体は HID としてではなく、エンドエフェクタや移動体として発展してきたため、人と情報を交わすチャンネルが乏しいまま革新がなかった。人同士が行うように直観的に情報交換できる HID がない現状では、触れ合える至近距離で情緒豊かに多種多様な情報を交換し、人の状態を深いレベルで理解してサービスを提供できる真に知的なロボットの実現は見込めない。

申請者は、人の皮膚こそが理想的な HID だと考えている。従来のロボティクスでは皮膚は単なる緩衝材や触覚センサとしてみなされがちであったが、実際は緩衝材でありながらそれ自体がセンサにもディスプレイにもなる驚異的な HID である。柔らかく触感がよく、強度と耐久性にも優れながら、触覚機能も備え、且つ色味や温度も幅広く変化する。さらに、表面を複雑に変形させて表情を作り出し、様々な感情や意図の織り交ざった情報を直観的に伝えることができる。このように、多様な入出力機能が高度に融合し、形態や機能が目的に応じて適応的に変化する性質は、音声・タッチ・ジェスチャ入力を可能にする Natural User Interface (キーボードやマウス操作に比べて自然に使える UI)の次世代として期待されている Organic User Interface (人社会に馴染む柔らかい UI)の理想そのものである。

本研究の核心の問いは、人の皮膚のような理想的な HID に最適な構造と材料は何かである。従来ロボットの身体は、センサやアクチュエータ、あるいは緩衝材など要素毎に完成させた後に、互いの機能に干渉しないように連結するボトムアップ方式で構築されてきた。この方式では、様々な構成のロボットを無難に組める利点がある一方で、空間的無駄が多く機能集積が難しいという問題を抱えており、この解決のためにトップダウンの設計が必要である。さらに、素材としてよく用いられる金属やプラスチックは硬く、またそれら自体への表現・感知機能付与は難しいため、これらに替わって柔軟かつ特徴的な機能を有する素材が望ましい。

これまでも柔らかい HID の実現の試みは数多くなされているが、センサやディスプレイなど一部の機能に限定した機能要素開発に留まり、それらを組み合わせた際の干渉で機能が損なわれるという課題は放置されていた。例えば、研究例が豊富な薄膜状触覚センサは、それ自体で機能発揮できても、表面や裏面に肉厚の衝撃緩衝材を積層すると緩衝材の変形によって応力が分散し、感度が損なわれる。したがって、ロボット実装を考える場合には、薄膜でセンサが完結する方式よりも、肉厚素材の表面変位に応答するものが本来望ましい。このように、理想的な HID の実現のためには、複数機能を実現する構造全体の設計が最初に必要なであり、その上で各要素の機能要件を定め、それに基づいて個別要素の具体設計に入るべきである。本研究は、このトップダウン開発の実施により、乱立気味に行われてきた多種多様な機能要素開発に共通の方向性を与え、機能融合を促進させるものである。一方で、有機材料を活用したロボット開発研究は既に始められており、例えばコーネル大学の organic robotics lab (<https://orl.mae.cornell.edu/>)では触覚や蛍光、あるいは変形の機能を備えた尺取虫ロボットを実現している。これに対して本研究は、アンドロイドを題材として、人とのより豊かな情報交換に資する HID の実現を目標に掲げ、独自の成果と技術を得ることを目指す。

2. 研究の目的

本研究の目的は、特徴的な機能を備える有機材料を用いた皮膚の多層構造の模擬によって、多彩な表現(形・色・温度)と検知(力)の機能を兼ね備える柔らかく触感のよい皮膚様有機 HID を開発することである。複数柔軟層の力・電磁気・化学的相互作用で機能が発現するように構成することで、多くの機能を同時に実現する。

3. 研究の方法

開発した HID の性能を効果的に評価するため、皮膚で覆われた人型ロボットであるアンドロイドを機能とユーザビリティ評価のプラットフォームとする。ロボット向け HID の開発の難しさの一つは、搭載部位によって機能要求のバランスが大きく異なることである。いずれの部位でも全ての機能が高いレベルで備わることが望ましいが、例えば顔では形(表情)と色(顔色)を多彩かつ精緻に操ることがより重要になり、手では感知の解像度や温度(体温表現)の制御性や触感がより重要になる。このように部位毎に違う機能バランスの調整技術の確立のためには、

ロボット各部に違和感なく実装された状態で機能やユーザビリティを評価する必要があり、その点でアンドロイドはプラットフォームとして最適である。申請者は、本研究課題の実施を前提に独自開発を進めてきた全身アンドロイドを所有しており、これを効果的に利用できる非常に大きな強みがある。各種有機材料を用いて、提案する多層構造のプロトタイプを開発し、機械性能及び感性評価を実施することで、想定使用環境において十分な耐久性を備えており、また印象面でも優れていることを確認する。

4. 研究成果

初年度は変色機能の実現方式の検討および手部の触感の改善に取り組んだ。変色機能については、骨格面に実装する電子素子と、皮膚表面層に混合する変色体、および、電子素子と表面層の間の変色調整層の構成の組み合わせを多数試し、組み合わせによって表面の変色の強度と違和感のバランスが変わることを確認した。また、骨格構造については、先だって実施したアンドロイドハンドの感触についての半構造化インタビューで明らかとなった関節可動域についての違和感を解消するための改良を実施した。この結果、関節可動域についての違和感は解消され、新たに別の違和感をインタビューで拾い上げることができた。後者の成果は国内学会において発表した。2年目は主に、皮膚変形によって呈示可能な情報量を増やすための顔皮膚運動の計測解析と、人がアンドロイドの皮膚に触れた際に伝わる性格印象と皮膚触感の関係の解析、の2つのテーマを進めた。前者については、アンドロイドの顔で呈示可能な情報量を増やすには、顔皮膚の変形をより高精細に操る技術が欠かせない。そこで、その技術向上のために、アンドロイドの表情が呈示可能な情報量を計算して定量評価を可能にする手法を提案し、また、アンドロイドと人の顔皮膚の変形状態を推定し比較する研究を実施した。前者は査読付き論文として採録見込みである、後者は学会発表を済ませ、現在論文準備中である。後者については、ロボットの皮膚触感によって人に性格印象が伝わる効果は、特定の第一印象によって増強されることを見出した。この成果は査読付き論文として採録され、公開された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Umeda Naoki, Ishihara Hisashi, Ikeda Takashi, Asada Minoru	4. 巻 36
2. 論文標題 The first impressions of small humanoid robots modulate the process of how touch affects personality what they are	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 116-128
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/01691864.2021.1999856	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 石原尚
2. 発表標題 豊かな対接触反応を返せる子供アンドロイドの実現に向けて
3. 学会等名 日本赤ちゃん学会第20回学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三須龍, 石原尚, 土井祐介, 中谷彰宏
2. 発表標題 アンドロイドと人の顔皮膚変形状態の可視化と特徴比較
3. 学会等名 日本機械学会関西支部関西学生会卒業研究発表講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石原尚
2. 発表標題 子供アンドロイドで実感する子供の体の驚異性
3. 学会等名 第36回日本助産学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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