

## 認知症患者ケアのためのウェアラブル触覚センサの開発

平松 知樹 井上 大路 倉爪 亮

九州大学 〒 819 – 0395 福岡県福岡市西区元岡 744

E-mail: {hiramatsu,inoue}@irvs.ait.kyushu-u.ac.jp, kurazume@ait.kyushu-u.ac.jp

あらまし 本研究では、認知症患者に対する「優しい介護」として注目されている「ユマニチュード」に対し、主要な4つのスキル（見つめる、触れる、話しかける、立たせる）の1つである「触れる」スキルの定量化に向けたウェアラブル分布型触覚センサの開発を行い、触覚センサを組み込んだTシャツや、触覚センサをベスト状に加工したウェアラブルセンサを試作した。さらに、ユマニチュードの技術習得のためのトレーニングシステムとして、拡張現実感と実体を併用したユマニチュード教育システムの開発を行った。

キーワード 認知症介護、ユマニチュード、ウェアラブルセンサ、分布型触覚センサ、拡張現実

## Development of wearable tactile sensor for dementia care

Tomoki HIRAMATSU, Daiji INOUE, and Ryo KURAZUME

Kyushu University Motoka 744, Nishi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka-ken, 819 – 0395 Japan

E-mail: {hiramatsu,inoue}@irvs.ait.kyushu-u.ac.jp, kurazume@ait.kyushu-u.ac.jp

**Abstract** In this study, we developed a wearable tactile sensor which can measure the position and the pressure applied on a patient body for quantifying care skills in the care technique called “Humanitude”. Humanitude has been attracting much attention as a gentle and effective care technique for a dementia patient in recent years. The developed wearable tactile sensor aims to quantify the “touch” skill among the four representative skills in Humanitude, which are gaze, touch, talk, and stand up. We have developed two types of wearable tactile sensors, an underwear-type using a pressure-sensitive conductive sheet and a FPC, and a vest-type using a conductive cloth. In addition, we developed a learning system of Humanitude using AR technology and a real object, which realizes the interaction between a care-giver and a patient by overlaying a face and eyes of a patient on a real doll using AR technology, and the quantification of touch skill using the wearable sensor.

**Key words** Dementia care, Humanitude, Wearable Sensor, Distributed Tactile Sensor, Augmented Reality

### 1. はじめに

近年、医療や介護の現場では、認知症など認知機能の低下した高齢者の介護負担が増加している。認知機能の低下した高齢者の介護は過酷であり、介護士や看護師の不足、疲弊、バーンアウトや被介護者の身体機能の低下などの多くの問題が存在する。これらの問題に対して、近年注目されているケア技法であるユマニチュード (Humanitude) は、知覚、感情、言語による包括的コミュニケーションに基づいたケア技法であり、「見つめる」「触れる」「話しかける」「立たせる」の4つのスキルを基本とし、150の具体的なケア技法から構成されている [1]。ユマニチュードは極めて有効な認知症患者に対するケア技法であるが、その習得の困難さが普及への課題となっていた。そこで我々は、家庭を含む介護現場へのユマニチュード導入のための教育手法の確立を目指し、IT 技術を活用したスキルの定量化について現在研究を行っている。

特に本研究では、ユマニチュードの4つのスキルのうち「触

れる」に着目し、その教育効果を定量化するためのウェアラブル分布型触覚センサの開発を行っている。「触れる」スキルの定量化には触った位置と力を計測する必要があり、被介護者の全身に装着したセンサから圧力分布が得られなければならない。また、着脱可能なセンサにすることで模擬患者や人形に着用させることができ、様々な条件でスキルの定量化が可能になる。これまで圧力分布を得ることができるセンサは、静電容量の変化を利用するもの [2][3] や、感圧導電性ゴムを用いるもの [4] など様々提案されている。またウェアラブルなセンサとしては、圧電ファブリックを用いて着用した人物の動きをキャプチャできる衣服状のウェアラブルセンサ [5] や、金属繊維を織り込んだ布による心拍センサ [6] などがあるが、体全体を覆うウェアラブルな触覚センサは開発されていない。そこで本研究ではまず、背中や胴体を覆う衣服状のウェアラブル触覚センサを開発し、圧力分布の視覚化を行うことでユマニチュードの「触れる」スキルの定量化を図った。さらに開発したセンサと AR (Augmented Reality) 技術を組み合わせたユマニチュードの教育システムの開発を試みた。

## 2. シート状触覚センサ

本研究では2種類のシート状触覚センサを用い、衣服状のウェアラブル触覚センサを試作した。本章では使用した2種類のシート状触覚センサについて述べる。

### 2.1 フレキシブル基板状触覚センサ

1つ目のセンサは鈴木陽介・金沢大学助教が開発したフレキシブル基板を用いた触覚センサである。センサの構造を図1に示す。このセンサはフレキシブル基板（Flexible Printed Circuits, FPC）と感圧導電性シート（Velostat）の2枚からなり、加えられた圧力に応じて変化する感圧導電性シートの抵抗値をマトリクス状に配置された感圧部毎に読み取ることでシート上の圧力分布を計測することができる。ここで使用している感圧導電性シートはカーボンブラックを含有することで導電性を持たせたシート状のポリオレフィンである[7]。また抵抗値の読み取りやセンサの制御にはPSoC（Programmable System-on-Chip）を用いている。このセンサは感圧部分の厚さが約0.2mm程度と非常に薄く、曲面に対してフレキシブルに形状を曲げることができる。さらに構造が単純であり、大量生産に適している。なおこのセンサは[8]で提案されたCoP（Center of Pressure）型センサを改良し、マルチプレクサとデマルチプレクサを追加することで、荷重の重心位置ではなくマトリクス状に配置された感圧部個々の反応値を計測できるようにしたものである。

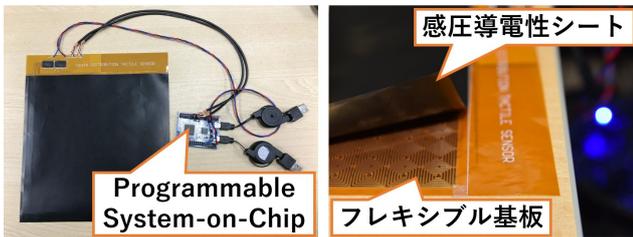


図1 フレキシブル基板状触覚センサ

### 2.2 布状触覚センサ

2つ目のセンサは株式会社榎屋が開発した布状の触覚センサである[9][10]（図2）。このセンサは導電糸を織り込んだ2枚の導電性織物を重ね合わせ、両者の間隙部に生じる静電容量の変化を計測するものである。このセンサは布状であるため様々な形に加工して利用することができる。

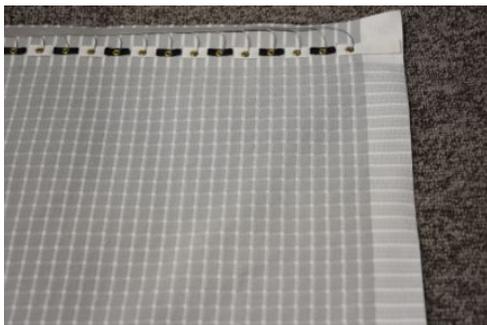


図2 布状触覚センサ

## 3. ウェアラブル触覚センサの作成と実験

上述した2つのシート状触覚センサを用いて2種類のウェアラブル触覚センサを試作した。本章ではこれら2種類のウェアラブル触覚センサとその動作実験について述べる。

### 3.1 Tシャツ状ウェアラブル触覚センサ

まず、上述したフレキシブル基板状触覚センサを背中部分に装着できるようにTシャツを加工したウェアラブル触覚センサを試作した（図3）。図4に、試作したTシャツ状のセンサを装着し、背中に圧力を加えた際の実験の様子を示す。図4では圧力が高い部分は黄色、低い部分は青色で示されている。実験の結果、背中への接触を圧力分布としてリアルタイムに可視化できることを確認した。またこの実験ではセンサ値はPSoCからUSBケーブルを介してPCへ送信している。

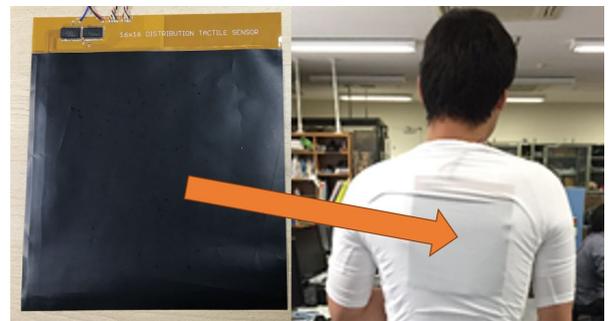


図3 Tシャツ状ウェアラブル触覚センサ

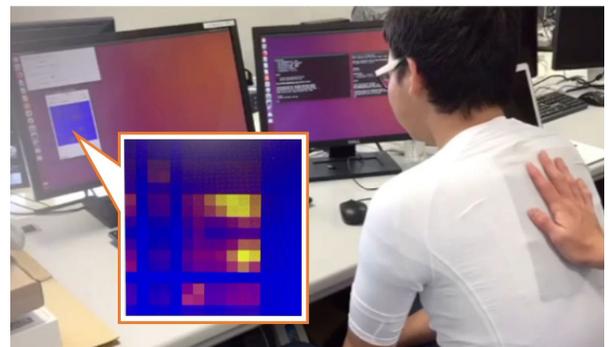


図4 Tシャツ状ウェアラブル触覚センサの動作実験

### 3.2 ベスト状ウェアラブル触覚センサ

次に、上述した布状触覚センサを衣服状に加工することでウェアラブルなベスト状触覚センサを試作した。センサの構造を図5に示す。このセンサは前パーツと後パーツと制御回路から成り、前パーツと後パーツは布状触覚センサを加工して作られている。従って前後パーツ全体で接触位置と接触力を測定でき、着用することで胴体への接触を圧力分布としてリアルタイムに定量化することが可能である。着用した人物の胴体の圧力分布を測定する実験を行った結果を図6に示す。図6では圧力が高い部分は黄色、低い部分は青色で示されており、圧力分布をリアルタイムで視覚化できた。なお、この実験ではセンサ値は制御回路からBluetoothを介してPCへ送信している。

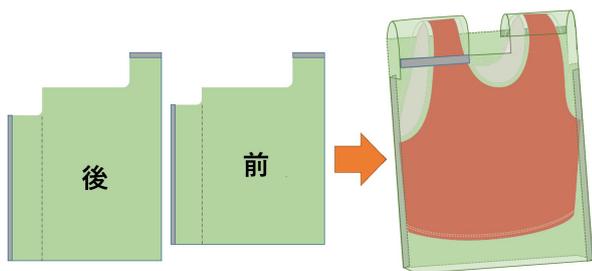


図5 ベスト状ウェアラブル触覚センサの構造



図6 ベスト状ウェアラブル触覚センサの動作実験

#### 4. AR技術を用いた ユマニチュード教育システムへの応用

上述したセンサを利用して、ユマニチュード教育システムを開発した。ユマニチュード普及のためには介護士のみならず、家庭でも習得が可能な教育システムの開発が有効であると考えられる。これまでも人工知能を活用して熟練者のケア技能の特徴を解析し、学習を支援する教育システムが開発されている[11]。教育システムではユマニチュードのスキルを定量化できることが求められるが、実際の患者にセンサを装着することは困難である。また、模型を利用した訓練ではユマニチュードにおいて重要な要素であるインタラクションが欠落してしまい、模擬患者を用いる場合も模擬患者自身のスキルが必要となるため、どちらも有用な教育システムを構築することは容易ではない。これらの問題を解決するために、実体とAR技術を組み合わせることでセンシングとインタラクションを両立した教育システムを構築した。このシステムは、胴体や手足に上述のウェアラブルセンサを装着した人形を用い、Microsoft社が開発しているヘッドマウントディスプレイ（Head Mounted Display, HMD）方式の拡張現実ウェアラブルコンピュータであるHoloLens[12]を通して、仮想の顔や目を人形に重畳表示することで、介護動作中の目線や表情を動的に変更し、「触れる」および「見つめる」技術の習得を目指すものである。本章では今回開発したユマニチュード教育システムについて述べる。なお、AR技術を用いたユマニチュード教育システムは株式会社エクサウィザーズが開発したものである。

##### 4.1 触覚センサを利用した接触のセンシング

まず、全身型の人形に上述したベスト状ウェアラブル触覚センサを装着し、更に両腕にフレキシブル基板状触覚センサを巻く

ことで、人形の上身の大部分を触覚センサで覆った（図7）。これにより人形の上半身への接触を圧力分布として測定することが可能となり、ユマニチュードの「触れる」スキルの定量化を実現した。

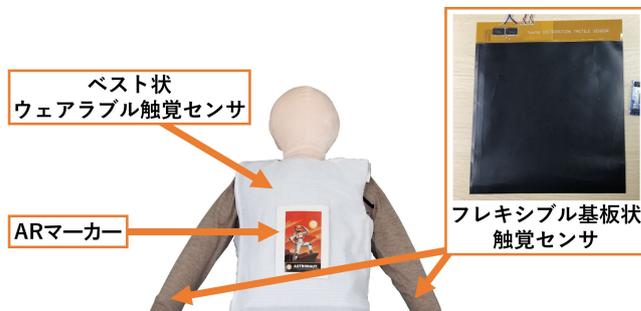


図7 人形への触覚センサの装着

##### 4.2 AR技術を利用したインタラクション

次に、人形を用いた訓練では欠落してしまうインタラクションを補うために、HoloLensを利用して人形の顔へ仮想の顔モデルを重畳表示した。仮想の顔モデルを利用することで教育システム側から表情や視線を制御することができ、仮想の顔とのインタラクションを実現できる。今回用いた顔のモデルはオープンソースの人体生成3DCGソフトウェアであるMakeHuman[13]で作成したものである。

##### 4.2.1 顔モデルの位置合わせ

顔のモデルと人形との相対位置合わせの様子を図8に示す。まず人形に貼り付けたARマーカーを利用して相対初期位置を決定する。この初期位置合わせのシステムは拡張現実のソフトウェア開発キットであるVuforiaを使用して構築を行った[14]。しかしARマーカーだけでは正確に位置を合わせることは難しいため、指のピンチ動作で細かい位置を調整できる機能を実現した。位置合わせを行った後の重畳表示の様子を図9に示す。



ARマーカーを利用した相対初期位置合わせ



NUI(Natural User Interface)による正確な位置合わせ

図8 顔モデルの位置合わせ[12][14]



図9 顔モデルの重畳表示

#### 4.3 実体とAR技術の統合実験

最後に、AR技術によるインタラクションと触覚センサによる接触のセンシングを統合して実験を行った。実験の様子を図10に示す。実験の結果、接触位置と接触力を検出しつつ顔モデルが重畳表示できることを確認した。なお、図10では圧力が高い部分は黄色、低い部分は青色で示されている。

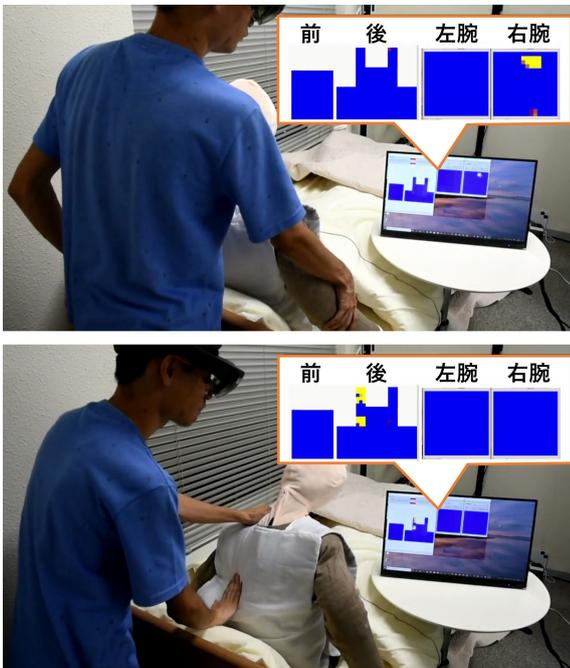


図10 実体とAR技術の統合実験

### 5. まとめと今後の予定

本研究ではユマニチュードのスキルの1つである「触れる」スキルの定量化を目指し、ウェアラブル分布型触覚センサの開発を行った。さらに、HoloLensを利用して仮想の顔モデルを人形に重畳表示することでインタラクションを実現しつつ、同時に開発したウェアラブル分布型触覚センサを人形に装着することで接触位置や接触力を計測可能な、ユマニチュード教育システムを開発した。今後は、下半身を覆うウェアラブルセンサの開発と、仮想の顔による表情や視線の変化などのインタラクションの追加を行い、「見つめる」の定量化にも取り組む。

### 謝 辞

本研究は、JST CREST JPMJCR17A5の支援を受けたものである。また、フレキシブル基板状触覚センサをご提供いただきました金沢大学鈴木陽介先生に感謝いたします。

#### 文 献

- [1] 本田美和子, イヴ・ジネスト, ロゼット・マレスコッティ. ユマニチュード入門. 医学書院, 2014.
- [2] 白岡貴久, 郭士傑, 橋本和信, 向井利春. ポリマー材料を用いた静電容量型面状センサの開発(測定精度と空間分解能両立構造の提案). 日本機械学会論文集C編, Vol. 79, No. 798, pp. 304-313, 2013.
- [3] 星貴之, 篠田裕之. 接触力と接触面積を計測する非線形触覚素子. 計測自動制御学会論文集, Vol. 42, No. 7, pp. 727-735, 2006.
- [4] 石川正俊, 下条誠. 感圧導電性ゴムを用いた2次元分布荷重の中心の位置の測定方法. 計測自動制御学会論文集, Vol. 18, No. 7, pp. 730-735, 1982.
- [5] Y Tajitsu. Smart piezoelectric fabric and its application to control of humanoid robot. *Ferroelectrics*, Vol. 499, No. 1, pp. 36-46, 2016.
- [6] Mitsufuji Corporation. hamon. <http://www.hamon.tech> (2018.10.17 アクセス).
- [7] Adafruit Industries. Pressure-Sensitive Conductive Sheet. <https://www.adafruit.com/product/1361> (2018.10.15 アクセス).
- [8] 鈴木陽介. 接触位置及び接触力ベクトルを検出可能なシート状触覚センサの開発. 第17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, pp. 3050-3055, 2016.
- [9] 鈴木陽久, 江島充晃, 吉田統, 水野寛隆, 宮本晃吉, 島上祐樹. 「導電性繊維及び導電性繊維を使用した圧力センサ」. 特開2016-161555 (2016.9.5).
- [10] 鈴木陽久, 江島充晃, 水野寛隆, 間瀬健二, 榎堀優. 「圧力分布検知装置」. 特開2018-105827 (2018.7.5).
- [11] ExaWizards Inc. ケア事業 - 株式会社エクサウィザーズ. <https://exawizards.com/service/humanitude> (2018.10.15 アクセス).
- [12] Microsoft Corporation. Microsoft HoloLens. <https://www.microsoft.com/en-us/hololens> (2018.10.15 アクセス).
- [13] The MakeHuman team. MakeHuman community. <http://www.makehumancommunity.org/> (2018.10.15 アクセス).
- [14] PTC Inc. Vuforia Developer Portal. <https://developer.vuforia.com/> (2018.10.15 アクセス).