

平成 22 年 4 月 30 日現在

研究種目：若手研究 (A)

研究期間：2006 ～ 2008

課題番号：18686022

研究課題名 (和文) ヒトの触感測定用センサシステムの開発

研究課題名 (英文) Sensor system for measuring human tactile sensation

研究代表者

田中 真美 (TANAKA MAMI)

東北大学・大学院医工学研究科・教授

研究者番号：80271873

研究成果の概要：ヒトの触感にどのような因子が強く関わるかを、物理パラメータが既知な対象物の製作、さらにそれらを用いた官能調査やヒトの触動作測定、受動触刺激等による評価を通して、調査した。これらの知見を基に皮膚の感覚受容器の特性と触動作を、センサ材料、駆動機構ならびに信号処理方法により実現し、しっとり感、ふんわり感、温冷感、ぺたぺた感、きゅきゅつと感などの多機能な触感計測を可能とするセンサシステムを開発した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	10,400,000	3,120,000	13,520,000
2007 年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
2008 年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
年度			
年度			
総計	23,100,000	6,930,000	30,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：触覚センサ、アクティブセンシング、触動作、触感の多機能化

1. 研究開始当初の背景

触覚は視覚とともに人間の生活において必要不可欠な感覚である。特に指先は単にものに触れるという動作だけでなく、撫でる触る等の触運動をアクティブに行うことによって質感や手触り感などの触感を収集している。手触り感は極めて複雑かつ曖昧な主観的な感覚量であり、さらに経験に大きく左右され、熟練者と一般の人の評価の差が大きいことが医療や工業分野などで報告されている。様々な分野における品質や性能の評価、さらには設計分野において感性計測を導入する試みが近年いくつかなされているが、人間の触覚感性や手触り感と触覚センサ出力の対応を調べた研究は未だ十分に

行われていない。布は柔軟かつ変形しやすい物体であり、モデル化や測定、ロボットで操作することが困難である。

一般に布の触感特性評価は職業熟練者の用いる表現である「風合い」で判断される。現在用いられている風合いの客観評価システムとしては、引っ張り・せん断・曲げ・圧縮・表面特性および構造の統合された情報をそれぞれの測定器を用いて測定するものがあり、これらの測定結果により風合いを表わすことが試みられているが、未だ十分な対応は見られていない。さらに風合いの中の表面性状に関わる言葉と物理因子の対応についての研究も見られる。物理因子として熱特性、表面凹凸特性、圧縮特

性および摩擦特性を測定し、それらの特性と表面性状との対応について検討しているものがあるが、風合いの評価を可能とするものは未だ無い。

以上のように手触り感や肌触り感のメカニズムは明らかにされてなく、そのためどのように計測すべきかは未知である。メカニズムの解明およびセンサシステムや定量化の方法の開発が切に望まれている。申請者は人間の皮膚内に存在する圧力感覚受容器(パチニ小体)に似た出力特性や焦電特性を示す高分子圧電フィルム(PVDF)を他の柔軟材と組み合わせた触り心地用アクティブセンサシステムの開発を数年前より行ってきた。得られた結果より、センサをアクティブに操作することの有効性やヒトの各感性量と対応できるものが各々得られることが確認したが、統合化つまりこれらを組み合わせた総合的な手触り感の判断評価装置の開発は未だ十分に行われていない。

2. 研究の目的

本研究はヒトの指の代替を可能とするヒトの触感測定用センサシステムを確立することである。ヒトが皮膚に持つ数種類の感覚受容器に対応させた触覚センサを製作し、これとヒトの触動作を模した駆動機構とを統合した能動型触覚センサシステムを開発することで、曖昧である触覚感性量を客観的に計測評価する方法を実現する。

3. 研究の方法

ヒトが皮膚に持つ数種類の感覚受容器に対応させた触覚センサを製作し、これとヒトの触動作を模した駆動機構とを統合した能動型触覚センサシステムを開発することで、曖昧である触覚感性量を客観的に計測評価する方法を実現するものである。

ヒトによる官能調査を行いそれに対する解析を行い感性量についての調査を行う。同時に、ヒトの触動作についても調査を行い、センサシステムの触動作に組み入れる。また、物理特性が明らかな人工的なサンプルを製作し、ヒトによる調査を行い触感のメカニズムについても検討する。特にこれまで皮膚の感覚受容器の一つであるパチニ小体の応答に着目したセンサを開発してきたがそれ以外の感覚受容器についても着目する。

以上の事を統合し、総合的な手触り感の評価可能とするヒトの触感測定用センサシステムを完成させる。

4. 研究成果

(1) ポリイミド薄板上にレーザー加工による表面形態変化を作成し、表面形態と触感の関係について調査した。用意した表面形態は三角波状の形態であり、高さ方向に $1\mu\text{m}$ 、幅方向に $10\mu\text{m}$ のものを基準として、幅方向を広くしたもの

、高さ、幅の両方向を大きくしたもの、幅、高さをランダムに変化させたものの4種類を用意した。これを用いてヒトによる触感調査を行ったところ、幅、高さをランダムに変化させたものが著しく触感が悪く感じる事が分かった。なお市販の摩擦感テスターを用いてこの4種の試料を測定したところ、違いは大きく現れないことが分かった。

(2) ヒトによる触感調査として、布を用いたSD法による手触り感に関するアンケート調査を行った。得られた結果に対して因子分析を行った結果、布の触感を表現する上での支配的因子となる感性量は「しっとり感」、「ふんわり感」、「温冷感」であることが明らかになった。

(3) 高分子圧電材料(PVDF)を用いた触覚センサを製作し、圧電情報および焦電情報の取得を試みた。微小変位を制御する圧電素子と大変位を可能とするスライド機構からなる二段型フィンガを作製し、その先端にセンサを装着し対象物へ押し付け擦るという動作を行うことにより圧電情報は得られる。また、焦電情報は、触覚センサに対して温度制御を行い、押し付けた際に得られるセンサ出力のピークの値から読み取った。ヒトによる温冷感と焦電効果のピークの値には良好な相関係数があることが分かった。

(4) 対象物を布(レディースインナーニット6種)としてヒトによる手触り感を判断する時の触動作(なでる動作)について昨年度購入した触感計を用いて調べた。調べた項目としては、接触力、摩擦力、走査時間であり、一般被験者と熟練者について調査を行った。結果として、サンプル間において触動作の差はないことが確認された。また、一般被験者と熟練者の走査時間はほぼ同じであったが、力に関しては熟練者は一般被験者に比べ非常に小さいことがわかった。これに関連して、一般被験者に対して接触力を変化させ、対象物を押し付け走査させた場合の受動触覚実験を行ったところ、一般被験者の風合いの評価能力は接触力によって変化しないことがわかった。

(5) センサの表面について7種類の樹脂素材で高さ $250\mu\text{m}$ の点状、高さ $80\mu\text{m}$ の線状を基本とする複数の表面性状を作製し測定を行い、ヒトの手触り感実験と比較した。結果より表面を格子状としたときに触感測定用のセンサ性能が向上することが確認された。

(6) 作製したセンサシステムを用いて接触力を変化させた場合の、ヒトの手触り感実験によって得られた重要な因子である「じっとりウェット感」と「ふんわりやわらか感」の両因子との相関係数について調査した。結果として両因子と相関が

大きくなる接触力が存在することが確認された。

(7)ハンディタイプの触感計測用センサを開発した。センサには高分子圧電材料と、2枚のひずみゲージをセンサ材料として用いる。対象物を押し付け軽く擦ることによって、センサ出力を得る。押しつけた時の2枚のひずみゲージ出力から対象物の硬さを計測することが可能である。また、擦っている時のPVDF出力にウェーブレット解析を用いその後出力に対し分散を求めることにより粗さ計測が可能であることを確認した。また、このセンサを用いて「ぺたぺた感」の計測も試みた。パチニ小体の応答だけでなく、他の感覚受容器であるマイスナー小体やメルケル触板の出力のように持続的な力に対応して応答する特長に着目し、PVDF出力の値を時間に関して畳みこみ積分を行った。得られた値の時間平均値と官能検査結果の「ぺたぺた感」を比較したところ、強い相関があることが確認された。

(8)これまでに作製した対象物に対し押し付け擦る動作を行い触感を計測する装置において、センサ部を改良し乾湿両状態での計測を可能とした。対象として濡れた状態でのお皿の洗いがりのキュキュッと感についての計測を行った。PVDF出力の畳みこみ積分値の変化において、動作開始時と動作終了時に大きなピークが得られ、洗いがりによってその値が変化することが確認され、またこれらの値と官能検査の値で大きな相関が得られることが確認された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 9 件)

- ① 触覚センサを用いた洗いがり感の評価に関する研究、日本AEM学会誌 特集MAGDA特集II,Vol.16, No.3, Sept. 2008, 178-183, 土見大介、田中真美、査読有
- ② Development of a tactile sensor for evaluation of detergents , Proc. of SPIE, 6794, 2008, (in CD) 6, Daisuke Tsuchimi and Mami Tanaka, 査読有
- ③ Measurement and Evaluation of Tactile Sensations using a PVDF Sensor,Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol.19(2008),35-42, Mami Tanaka, Yoshiro Tanaka and Seiji Chonan, 査読有
- ④ Development of a 3D tactile sensor, Journal of Materials Processing Technology, Vol.181, No.1-3, (2007), pp.286-290, Mami Tanaka, Takashi Iijima, Yoshikatsu Tanahashi, Seiji Chonan, 査読有
- ⑤ 手触り感計測用センサシステムを用いた触覚感性計測, 日本機械学会論文集(C編) 73 卷, 727 号, (2007), 169-176, 田中由浩、田中真美、長南征二, 査読有
- ⑥ Development of a Sensor System for

Collecting Tactile Information , Microsystem Technologies, 13 (2007), 1005-1013, Y. Tanaka, M. Tanaka, S. Chonan, 査読有

- ⑦ Measurement and valuation of tactile warmth using a PVDF sensor, International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanic , Vol.23, (2006), pp.217-228, Yoshihiro Tanaka, Mami Tanaka, Seiji Chonan, 査読有
- ⑧ Development of an active tactile sensor for measuring human skin conditions, SIXTEENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADAPTIVE STRUCTURES AND TECHNOLOGIES, (2006), 335-341. (DEStech Publications Inc.) , Mami TANAKA, Masahiro MATSUMOTO, Norihito UETAKE, Katsuko KIKUCHI, Jean Luc Leveque, Seiji CHONAN, 査読有
- ⑨ 手触り感計測用センサシステムの開発, 日本機械学会論文集(C編), 72 卷 724 号 (2006-12), pp.3818-3825, 田中由浩、田中真美、長南征二, 査読有

[学会発表](計 23 件)

- ① Development of a Haptic Sensor System for Monitoring Human Skin Conditions , 8th International Symposium of 2008 Global COE Program, “Global Nano-Biomedical Engineering, Education and Research Network Centre “ , Nano-Biomedical Engineering in the East Asian-Pacific Rim Region, Dec. 5-6(2008), 86-89, D. Tsuchimi, T. Okuyama and M. Tanaka, シンガポール国立大学(シンガポール)
- ② (社)精密工学会 創立 75 周年記念、国立大学法人 弘前大学「医用システム開発マイスター」養成塾 開設記念記念講演会「ものづくり技術と医用システム開発」医用システムの研究開発事例～触覚・感性に関連するQOLテクノロジーの創出～、田中真美、2008 年 11 月 17 日
- ③ Development of a PVDF Tactile Sensor for an Endoscopic Application, 7th International Symposium of 2008 Global COE program “Global Nano-Biomedical Engineering Education and Research Network Centre”, Oct. 16-17(2008), 92-93, Mikiko Sone, Takeshi Okuyama, Yoshikatsu Tanahashi, Seiji Chonan and Mami Tanaka, 台湾国立大学
- ④ 文部科学省学術フロンティア推進事業 医工学研究の新展開 —生体適合材料と福祉・介護システムの開発—第7回医工学研究センターシンポジウム、触覚・感性に関連するQOLテクノロジーの創出、田中真美

- 2008年9月20日,同志社大学
- ⑤ 皮膚性状計測用小型センサシステムの開発-第2報 硬さおよび粗さの評価手法の検討-土見大介,奥山武志,田中真美,日本機械学会 2008年度年次大会,2008年8月3日,横浜国立大学
- ⑥ 毛髪手触り感計測用センサシステムによるヘアケア効果の評価に関する研究,奥山武志,針生 誠,柿沢みのり,川福智行,清水秀樹,田中真美,日本機械学会 2008年度年次大会,2008年8月3日,横浜国立大学
- ⑦ 第20回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム土見大介,奥山武志,田中真美,皮膚性状計測用小型センサシステムの開発,2008年5月21日-23日,別府国際コンベンションセンター
- ⑧ 触覚感性計測用センサシステムの開発に関する研究,小林秀光,田中真美,IIP2008情報・知能・精密機器部門講演会,2008年3月17日,107-109,東京工業大学
- ⑨ 毛髪手触り感計測用センサの開発に関する研究,針生誠 田中真美,柿澤みのり,川副智行,清水秀樹,IIP2008 情報・知能・精密機器部門講演会,2008年3月17日,69-73,東京工業大学
- ⑩ 皮膚性状計測用小型センサシステムの開発,土見大介,田中真美,IIP2008 情報・知能・精密機器部門講演会,2008年3月17日,74-76,東京工業大学
- ⑪ 医療福祉用センサ開発に関する研究,田中真美,IIP2008 情報・知能・精密機器部門講演会,2008年3月17日,153-154,東京工業大学
- ⑫ 触覚センサを用いた洗い上がり感の評価に関する研究,土見大介,田中真美,第16回MAGDAコンファレンスin京都電磁現象および電磁力に関するコンファレンス,2007年11月21-23日,99-104,コープイン京都
- ⑬ 人間の触覚と調和する触覚センサおよびデバイスの開発,田中由浩,佐野明人,藤本英雄,田中真美,長南征二,電子情報通信学会技術研究報告,97~102,2007年11月12日,金沢工業大学
- ⑭ 毛髪手触り感計測用センサの開発に関する研究,針生誠 田中真美,柿澤みのり川副智行,清水秀樹,日本機械学会 2007年度年次大会,2007年9月9-10日,331-332,関西大学
- ⑮ 触覚感性計測用センサシステムの開発に関する研究,田中真美,小林秀光,日本機械学会 2007年度年次大会,2007年9月9-10日,333-334,関西大学
- ⑯ 皮膚性状計測用センサの開発,土見大介,田中真美,日本機械学会 2007年度年次大会,2007年9月9-10日,23-24,関西大学
- ⑰ 触覚感性計測用センサシステムの開発 ~手触り感の情報化~,田中真美,繊維学会
- 第21回感覚と計測に関するシンポジウム,59-62,2007年6月21日,タワーホール船堀(東京)
- ⑱ Development of Tactile Sensor System (Tactile Warmth Compared with PVDF Sensor Output), Future Medical Engineering Based on Bionanotechnology, Proceedings of the Final Symposium of the Tohoku University 21st Century Center of Excellence Program, Jan. 7-9(2007), 1095-1104, YOSHIHIRO TANAKA, MAMI TANAKA, SEIJI CHONAN, 仙台国際センター
- ⑲ Development of a sensor system for measuring tactile sensation, 5th IEEE Conference on Sensors 2006, Oct. 23(2006), pp. 554-557, Yoshihiro TNAKA, Mami TANAKA, and Seiji CHONAN, (Daegu, Korea)
- ⑳ Study on the relationship between hair surface property and tactile perception, Proceedings of the third Asia International Conference on Tribology, Oct. 18 (2006), 97-98, Minori KAKIZAWA, Tomoyuki KAWASOE, Hideki SHIMIZU, Mami TANAKA, 金沢都ホテル
- ㉑ DEVELOPMENT OF A SENSOR SYSTEM FOR COLLECTING TACTILE, ASME/JSME Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment(MIPE 2006), 2006.June 21-23, pp.377-379. Santa Clara, California, USA, Yoshihiro TANAKA, Mami TANAKA, Seiji CHONAN, CD-ROM Proceedings
- ㉒ 毛髪性状計測用センサの開発と触覚認識に関する検討、SCCJ研究討論会(第58回)講演要旨集、日本化粧品技術者会(2006.6.15.大阪国際交流センター), pp.43-46、清水秀樹、川副智行、田中真美
- ㉓ 手触り感計測用センサシステムの開発 日本機械学会Dynamics & Design Conference 2006 2006年8月6-9日,235-240CD-ROM論文集およびアブストラクト集、田中由浩、田中真美、長南征二,名古屋大学

[図書](計2件)

- ① Encyclopedia of Chemical Technology, Concise, 5th Edition (ISBN 978-0-470-04748-4) John Wiley & Sons, Inc. (BIOMATERIALS, PROSTHETICS, AND BIOMEDICAL DEVICES), J. Qiu and M. Tanaka(執筆分担), (2007), 244-250
- ② Handbook of Non-Invasive Methods & Skin (2nd Edition) (Chapter28 "Haptic Finger"), CRC Press LLC, Mami TANAKA, chapter 28, 233-236, 2006

[産業財産権]

○出願状況(計3件)

①名称:生体硬さ計測装置

発明者:長南征二、高梨宏之、田中真美、
棚橋善克

権利者:秋田県立大学

種類:特許

番号:特許出願2008-129897

出願年月日:2008年5月16日

国内外の別:国内

②名称:毛髪性状計測装置

発明者:田中真美、清水秀樹、川副智行

権利者:東北大学、(株)資生堂

種類:特許

番号:PCT/JP200754395

出願年月日:2007年3月7日

国内外の別:国外

特許出願2006-81584

特許公開2007-252657

③名称:毛髪特性測定用センサ、毛髪特性測定

用センサを用いた評価装置、及び評価方法

発明者:田中真美、柿沢みのり、清水秀樹、
川副智行

権利者:東北大学・(株)資生堂

種類:特許

番号:特願2008-048430

出願年月日:2008年2月28日

国内外の別:国内

○取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

- ① ヒトから学ぶ触覚感性計測用センサシステムの開発、日本ロボット学会誌、26巻(2008), 14-17
- ② 医療や福祉に役立つ触覚センサ、日本機械学会誌, 110巻(2007), 53-56
- ③ “解体”されたロボット・・・人工皮膚、現代用語辞典『知恵蔵2007年版』
- ④ 朝日新聞(宮城版 先端を見る) 2006年4月20日「髪 触覚センサーでピタリ」
- ⑤ 機能性材料を用いた医療福祉機器の開発、金属, 76巻(2006), 12-14.

6. 研究組織

(1)研究代表者

田中 真美(TANAKA MAMI)

東北大学・大学院医工学研究科・教授

研究者番号:80271873

(2)研究分担者

()

研究者番号:

(3)連携研究者

()

研究者番号: