

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22540417

研究課題名(和文) 手触りによる物質認知と感情喚起のメカニズム

研究課題名(英文) Mechanism of perception and emotional arousal by touch

研究代表者

野々村 美宗 (Yoshimune, Nonomura)

山形大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：50451662

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトがモノに触れた時に人体に加わる外部刺激が触覚を生み、感情を喚起するプロセスを明らかにした。特に皮膚表面での摩擦現象との関係に着目した。その結果、ヒトは摩擦抵抗の周期変動によって喚起されるキュキュッと感に基づいて水を認知していること、この時、マイスナー小体とパチニ小体と呼ばれる触覚受容器が重要な役割を果たすことを示した。さらに、毛皮・木・皮膚などの生体物質特有の触感を明らかにしただけでなく、化粧品用スポンジや石鹸の使用感の支配因子を明らかにした。本研究の成果は繊維・化粧品・自動車からロボットや情報機器まで様々な商品の設計指針となるであろう。

研究成果の概要(英文)：We have focused friction phenomena on human skin surfaces to show arousal mechanisms of tactile senses and emotions by external stimuli when humans touch objects by their fingertips. We found that stick-slip feel which is caused by a characteristic frictional stimulus with large acceleration is one of the cues to differentiate water from other liquids. This stimulus could activate tactile receptors: Meissner's corpuscle and Pacinians. In addition, we have shown the physical origins of tactile textures for biological materials, cosmetic sponges and soaps. These findings could potentially be applied in the following areas: fabrics, cosmetics, automobiles, robotics, and information devices.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・生物物理・化学物理

キーワード：触覚 摩擦 感情 認知

1. 研究開始当初の背景

ヘレン・ケラーはサリバン女史が注いだ水に触れた時、すぐにそれが「水」であることを理解した。この時、彼女の体内では何が起こったのだろうか? 触覚は皮膚内に存在する触覚受容器に加わった刺激により発生する。このシステムは意外に複雑で、ヒトが自ら物に触れて対象を認知する時は、手の運動を分析する運動感覚受容器も関与することが指摘されている。最近では、触感検知における指紋の重要性も報告された。

しかしこれらの知見は、触ることによって誘起される心理現象のほんの一部に過ぎない。触覚によって誘起される感情は、もっと複雑である。子供たちは肌の柔らかい感触を通して親の愛情を実感することが指摘されている。このような抽象的で豊かな心理現象の起源が明らかになってはじめて、われわれは触覚を理解したと言えよう。そこでわれわれは、指でモノに触れ、手触りを評価すると同時に、指とモノの界面で発生する摩擦抵抗や触対象の変形を評価できる手触り評価システムを開発し、感覚と物性の関係をより精緻に解析することを可能にしてきた。この装置を用いることで、水やヒト皮膚の手触りの特徴と皮膚上で起こる界面現象の関係を明らかにし、「べたべた」「さらさら」「しっとり」などの感覚の起源をトライボロジーの視点から明らかにすることにも成功した。

2. 研究の目的

本研究ではヒトがモノに触れた時に人体に加わる外部刺激が触覚を生み、感情を喚起するプロセスを説明する物理モデルの提案を目指す。特に皮膚表面での物質の変形や摩擦などの物理現象との関係に着目する。まずモノに触れることによって喚起される感覚・感情を被験者へのインタビューという心理学的手法で評価する。次に、皮膚内の触覚受容器に加わる外部刺激を摩擦評価装置や高速撮影、シミュレーションを用いて評価し、感覚・感情の物理的起源を探る。さらに、触対象の熱・力学的特性や界面科学的特性と指に加わった刺激、感覚・感情との関係を多変量解析し、モノとの接触がある心理現象を喚起するプロセスの全体像を示す物理モデルを構築する。

3. 研究の方法

(1) 手触り評価装置の開発

指でモノに触れた時に指先に加わる摩擦と運動に関する情報を同時に取得できる手触り評価装置を開発する。試料台の基部の歪みゲージによって指で触対象に触れた時の摩擦抵抗を測定できるだけでなく、高速カメラによって指の動きを記録、ミリ秒オーダーの動きまで解析する。

(2) 手触りによる物質認知の物理モデルの構築

(1)で開発した装置を用い、ヒトが手触り

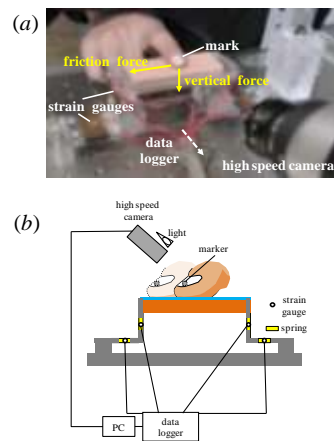


図1 *in vivo* 触感評価システムの外観(a)と概念図(b)。

によって物質を認知するメカニズムを明らかにする。ヒトがモノに触れ、認知する能力と、その時感じる「さらさら」「べたべた」「しっとり」などの感覚、摩擦や熱などの物性との関係を統計的に解析する。さらに、シミュレーションによって触覚受容器に加わる刺激を見積り、バーチャルリアリティシステムによって人工的にその手触りを再現することで、多面的に物質認知プロセスの支配因子を解析する。

(3) 手触りによる感情喚起の物理モデル

指が触対象に触れることによって生じる「好き/嫌い」「快/不快」などの感情と感性情報、物性情報の関係を解析する。また、脳内で起こっている現象を機能的脳画像診断や脳波測定によって解析し、感性情報と物性情報、生物学的情報を組み込んだ俯瞰的な物理モデルを完成する。感情と感覚、物性情報の関係はあまりに複雑すぎ、これら全てを盛り込んだ数理モデルを構築することには困難が予想される。そこで、統計的に適当なモデルを構築できない場合は感情と感覚、感覚と物性の関係を個別に解析する。

4. 研究成果

(1) 手触り評価装置の開発

高速カメラによって指の動きを観察しながら指先に加わる摩擦を評価する *in vivo* 触感評価システムを開発することができた。このシステムの摩擦力と垂直力の検出限界はそれぞれ 0.20N と 0.08N、最大垂直力は 5N で、500 Hz の周期でデータを測定できた。歪みゲージの応答はこれらの範囲内では良好な線形性と再現性を示した。さらにこの装置には高速カメラが連結されており、数千 fps、空間分解能 $200 \mu\text{m} \cdot \text{pixel}^{-1}$ の撮影が可能だった。さらに、*in vitro* 触感評価システムも開発した。この装置にはヒトの指の形態と力学的物性を模したウレタン樹脂製指モデルが接触子として装着しされており、さまざまな垂直荷重・運動速度でモノに触れた時に指に加わる摩擦を再現することができる。触覚はヒトが置かれた環境や経験によ

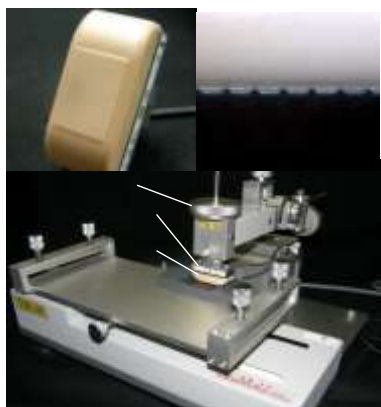


図2 *in vitro* 触感評価システムの指モデルと全体図。

っても変化するあやふやな感覚であるため、これが喚起された瞬間の指の運動と摩擦をその場で評価できる *in vivo* 触感評価システムによって得られた物理的データを用いて心理現象を解析することが望ましいが、一方でヒトの感覚や感情には個人差も多く、普遍的な法則を見出すことが難しい場合が多い。そのような場合には、*in vitro* 触感評価システムを用いたモデル実験によって得られたデータを踏まえて心理現象を支配する因子を解析することが可能になった。

(2) 手触りによる物質認知の物理モデル

① 触覚による水の認知

水は人体の主成分であるばかりでなく、その手触りは極めて魅力的である。本研究によって、この手触りの特徴は「キュキュッと感」であり、これは摩擦抵抗の周期変動に起因することが明らかになった。ヒトが指で水をガラス板に塗布する過程では、皮膚上に重力加速度の約7倍の加速度をともなった摩擦刺激が加わっていた。コンピュータシミュレーションの結果から、この刺激はマイスナー小体、パチニ小体と呼ばれる触覚受容器を特徴的なパターンで発火させること、この脳神経系への刺激に基づいてヒトは水を認知している可能性が示唆された。さらに、超音波振動子を用いた力覚呈示装置によりガラス板上に水を塗布した時に指に加わる力学的刺激を再現した。

② 触覚による石鹸の認知

石鹸で皮膚を洗うとキュキュっとしたりしっとりしたりする。この肌触りは商品評価を左右する重要な因子である。そこでわれわれは何種類かの石鹸で洗浄した人工皮膚の手触りと摩擦特性の関係を *in vivo* 触感評価システムで解析した。その結果、指で触れた時の摩擦プロファイルが滑らかな時はしっとり感を、大きな変動を伴う時はキュキュッと感が現れることを見出した。

(3) 手触りによる感情喚起の物理モデル

① 生体由来の物質の触感による感情喚起

兎の毛皮、木など産業界で広く利用される

生体由来の物質の触感を評価した。その結果、ヒトが毛皮や木に触れると「好感」と「快適感」が喚起されることが明らかになった。この感情は、ガラスやアルミなどの無生物物質に触れた時は発生しなかった。固体試料の触感や物性と感情の関係を多変量解析したところ、兎の毛皮や木に触れた時に好感が喚起されたのは、これらの物質がサラサラしていてツルツルしていないためであること、さらにこれらの感情は、表面粗さの影響を最も強く受けることが示唆された。

② 化粧用スポンジの触感による感情喚起

ファンデーションを肌に塗る時に用いられる化粧用スポンジには、化粧の仕上がりが美しいだけでなく、化粧効果の持続性に優れ、使用した時の感触が好ましく、仕上げやすいことが求められる。われわれは、市販の化粧用スポンジに指で触れた時の手触りの好感度と触感を官能評価によって明らかにした。また、ヒト指接触子を装着した摩擦評価装置を用いてスポンジの摩擦特性を解析し、官能評価との関係について明らかにした。人は、スポンジの好感度を指で触れた時の触感で決めることができ、それは「すべすべ」「さらさら」「ふわふわ」「ざらざら」という触感で判断していることが分かった。「さらさら」感は摩擦力の大きさと、「ふわふわ」感は硬度と密度、「ざらざら」感はスポンジのセル壁の厚さによって決まる事が示された。また、「すべすべ」感は摩擦力の大きさ、硬度、スポンジのセル壁の厚さによって決まった。これらの結果から、摩擦力が低く硬度が低く、さらにセル壁が薄いと高い好感度が得られる事が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計13件)

①山口梓、高橋央、王宗洋、今井由美、野々村美宗、化粧用スポンジの摩擦と触感、色材協会誌、査読有、印刷中。

②齋藤里奈、鈴木誠、前野隆司、眞山博幸、野々村美宗、人工皮膚表面の水の触感と摩擦特性、計測自動制御学会論文集、査読有、Vol. 50, No. 1, 2014, pp. 2-8.

doi.org/10.9746/sicetr.50.2

③野々村美宗、モノの摩擦特性と触感、月刊ディスプレイ、査読無、Vol. 19, No. 11, 2013, pp. 57-59.

④野々村美宗、触感とトライボロジー、月刊トライボロジー、査読無、Vol. 309, No. 1, 2013, pp. 40-41.

⑤Yoshimune Nonomura, Eri Seino, Saya Abe, Hiroyuki Mayama, Preparation and characterization of fractal elastomer surfaces, Journal of Oleo Science, 査読有、Vol. 62, No. 8, 2013, pp. 587-590.

doi.org/10.5650/jos.62.587

⑥Keitaro Kuramitsu, Toshio Nomura, Shyuhei Nomura, Takashi Maeno, Yoshimune Nonomura, Friction evaluation system with

a human finger model, Chemistry Letters 査読有、Vol. 42, No. 3, 2013, pp. 284–285. doi.org/10.1246/cl.2013.284

⑦野々村美宗、水の手触りの物理的起源とその呈示、日本ロボット学会誌、査読無、Vol. 30, No. 5, 2012, pp. 502–503. doi.org/10.7210/jrsj.30.502

⑧Yoshimune Nonomura, Taku Miura, Takaaki Miyashita, Yuka Asao, Hirokazu Shirado, Yasutoshi Makino, Takashi Maeno, How to identify water from thickener aqueous solutions by touch, Journal of Royal Society Interface, 査読有、Vol. 9, No. 71, 2012, pp. 1216–1223. doi:10.1098/rsif.2011.0577

⑨遠藤真遊、前野隆司、森川利哉、野々村美宗、石鹸で洗浄した皮膚の手触りと摩擦特性、色材協会誌、査読有、Vol. 85, No. 11, 2012, pp. 449–452. doi.org/10.4011/shikizai.85.449

⑩野々村美宗、生体由来の物質の触感とトライボロジー 皮膚・毛皮・木材の質感の物理的起源、オレオサイエンス、査読無、Vol. 11, No. 8, 2011, pp. 277–282. doi.org/10.5650/oleoscience.11.277

⑪野々村美宗、手触りによる水認知のメカニズム、フレグランス ジャーナル、査読無、Vol. 39, No. 6, 2011, pp. 55–59.

⑫宮下高明、前野隆司、野々村美宗、生物由来の物質の触感と表面物性、色材協会誌、査読有、Vol. 84, No. 5, 2011, pp. 169–172. doi.org/10.4011/shikizai.84.169

⑬Yoshimune Nonomura, Takehito Baba, Takaaki Miyashita, Takashi Maeno, Softness evaluation of silicone elastomer, Chemistry Letters, 査読有、Vol. 40, No. 12, 2011, pp. 1426–1427. doi.org/10.1246/cl.2011.1426

[学会発表] (計 16 件)

①野々村美宗、高橋央、倉光慶太郎、指モデルを装着した摩擦評価装置による触覚センシング、日本物理学会第 69 回年次大会、2014 年 3 月 28 日、東海大学、神奈川、28pAB-6.

②倉光慶太郎、高橋央、有倉智志、栗原正幸、鈴木隆司、野々村美宗、スムーズフィール：指先における触感と摩擦現象、日本化学会第 94 春季年会、2014 年 3 月 28 日、名古屋大学、愛知、2C7-02.

③山口梓、高橋央、王宗洋、今井由美、野々村美宗、化粧用スポンジの触感と摩擦、第 64 回コロイドおよび界面化学討論会、2013 年 9 月 20 日、名古屋工業大学、愛知、P159.

④倉光慶太郎、高橋央、野村俊夫、野村修平、前野隆司、野々村美宗、指モデル摩擦評価システム：触感と表面物性の関係、第 64 回コロイドおよび界面化学討論会、2013 年 9 月 20 日、名古屋工業大学、愛知、P158.

⑤Yoshimune Nonomura, Helen Keller problem: how to recognize water by touch,

AQUA INCOGNITA Galileo 400years on, 2013 年 7 月 17 日、Convitto della Calza, Florence, Italy.

⑥齋藤里奈、鈴木誠、眞山博幸、前野隆司、野々村美宗、触覚による水認知プロセスのトライボロジー、日本化学会第 93 春季年会、2013 年 3 月 23 日、立命館大学、滋賀、2A8-50.

⑦齋藤里奈、鈴木誠、眞山博幸、前野隆司、野々村美宗、水の認知過程における摩擦ダイナミクス、第 13 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、2012 年 12 月 18 日、福岡国際会議場、福岡、1D4-4.

⑧遠藤真遊、前野隆司、森川利哉、野々村美宗、石鹸で洗浄した皮膚の手触りと摩擦特性、第 13 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、2012 年 12 月 18 日、福岡国際会議場、福岡、1D4-3.

⑨倉光慶太郎、野村俊夫、野村修平、前野隆司、野々村美宗、指モデルを装着した摩擦評価システム、第 13 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、2012 年 12 月 18 日、福岡国際会議場、福岡、1D2-4.

⑩齋藤里奈、鈴木誠、前野隆司、野々村美宗、手触りによる水認知プロセス、日本化学会 92 春季年会、2012 年 3 月 27 日、慶應義塾大学、神奈川、3H4-47.

⑪宮下高明、前野隆司、野々村美宗、生物由来の物質の手触り、第 12 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、2011 年 12 月 25 日、京都大学、京都、3I2-1.

⑫Yoshimune Nonomura, Takaaki Miyashita, Hirokazu Shirado, Yasutoshi Makino, Takashi Maeno, Tactile texture of water on glass, International Conference on BioTribology, 2011 年 9 月 18 日、Imperial college, London, UK, G01.

⑬野々村美宗、三浦卓、宮下高明、白土寛和、牧野泰才、前野隆司、触覚による固体表面の水の認知、第 63 回コロイドおよび界面化学討論会、2011 年 9 月 7 日、京都大学、京都、1G-01.

⑭今井由美、阿部文佳、野々村美宗、高寺政行、化粧用スポンジの摩擦特性評価、第 13 回日本感性工学会大会、2011 年 9 月 3 日、工学院大学、東京、E22.

⑮Yoshimune Nonomura, Tactile Texture of Liquids and Soft Materials, Sensibility Ergonomics and Bioindustry, 2011 年 4 月 27 日、Yonsei 大学、Seoul, Korea.

⑯野々村美宗、三浦卓、宮下高明、浅尾結花、白土寛和、牧野泰才、前野隆司、水の手触りの物理的起源、日本物理学会第 66 回年次大会、2011 年 3 月 27 日、新潟大学、新潟、27pGT-1.

[図書] (計 5 件)

①野々村美宗、「実践的官能特性評価 事例集」、技術情報協会、2014、分担執筆 “水の手触りの官能評価” 印刷中.

②Yoshimune Nonomura, Rina Saito, “Aqua Incognita: Why Ice Floats on Water, and

Galileo 400 Years on”, Pierandrea Lo Nostro, Barry W. Ninham Eds., Connor Court, Ballarat, 2014、分担執筆、pp.306-319 “Helen Keller problem: tactile texture of water isn’t necessarily favorable”.

③野村俊夫、野々村美宗、「皮膚の測定評価法バイブル」、技術情報協会、2013、分担執筆 pp.201-206 “皮膚のみずみずしさを測定するための皮膚摩擦を評価したい”.

④野々村美宗、「実務における官能評価の留意点 試験計画・パネル管理・用語選択・データ解析・事例」、情報機構、2013、分担執筆 pp.216-221 “手触りに関する官能評価の実施事例”.

⑤野々村美宗、「新商品開発における【高級・上質・本物】感を付与・演出する技術」、技術情報協会、2012、分担執筆 pp.532-533 “使用感を高めるための処方テクニック”.

〔その他〕
ホームページ等
<http://nonomura.yz.yamagata-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野々村 美宗 (NONOMURA, Yoshimune)
山形大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号：50451662

(2) 連携研究者

前野 隆司 (MAENO, Takashi)
慶應義塾大学・大学院システムデザイン・マネジメント研究科・教授
研究者番号：20276413