

令和元年9月5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00268

研究課題名（和文）「触譜」を用いた触感覚表現の方法論の構築とその実用化

研究課題名（英文）Expression method of tactile sensation and its practical application

研究代表者

鈴木 泰博（suzuki, yasuhiko）

名古屋大学・情報学研究科・准教授

研究者番号：50292983

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：時間変化する触覚を、五線譜を用い圧力の強弱と長さを記述する「触譜」を提案した。触譜によりマッサージ熟練者のスキルを分析し合成法を抽出し、生体応答計測により合成法の検証を行い確認を得た。触譜から振動触覚への変換法を構築し頒布することを可能とし、生体応答計測により変換法の検証を行い確認を得た。音声や時系列データの大きさを圧力とみなすことで触譜への変換を可能とし、様々なデータから触感や触質などを抽出することを可能とした。音楽から抽出した触覚によりマッサージを行う機器を構築し、効果の検証を行い肌年齢の若年化、低次脳機能障害の改善を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有史以来、未発達だった触覚を記述、編集、頒布可能な記述法「触譜」を提案した。触譜を振動触覚に変換することで、触覚のインターネット等での配信を可能とした。また熟練技術、音声やデータの「強度」を触譜化することで、スキルの抽出や多様なデータの感性的解釈を可能とした。視聴覚情報を振動触覚に変換することで、視・聴覚障がい者を含めすべての人々が触覚を介しバリアフリーな相互作用を行うことが可能となった。感性は言い方や動かし方などものごとの「強さの時間変化」に宿る。触譜により、触覚のみならず、様々な感性情報の記述、編集、頒布が可能となった。

研究成果の概要（英文）：We proposed Tactile score, which describes the strength and length of pressure using a staff score. We analyzed skills of massages from expert by using Tactile Score and obtained the composing method of massage and verify its validity through biological response measurement were. We have also developed the method of transforming Tactile Score to haptic vibration and verify its validity through biological response; by using this method reversely, it enables us to transform music or voice into Tactile Score. By using these methods, we developed a massage equipment with haptic vibrations extracted from music and verified the effects of aging of skin age and improvement of lower brain dysfunction.

研究分野：感性情報学

キーワード：触覚 感性情報学 スキル科学 人工知能

様式 C - 19, F - 19 - 1, Z - 19, CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

私たちがこの世に誕生した時、目はよく見えず言語も理解できず、頼りになるのは触覚のみであった。触覚は五感のなかでもっとも早く発達し成熟する感覚で、胎児期7週齢頃には発達が始まり、出産時にはほぼ完成している。触覚刺激は成人の場合、脳内の感覚野を賦活するが、乳幼児の場合は感覚野だけでなく周辺領域や聴覚野までの広範囲を賦活させることが知られている。他の感覚の発達が途上の乳幼児にとって触覚は自他を分け世界を認識・学習するため重要な感覚である。このように触覚は重要な感覚であるが、触覚を媒介するメディアは視聴覚に比べるとあまり発展してこなかった。視聴覚を媒介するメディアはグラフィック、音楽、映画などさまざまに発展してきたが、触覚は視聴覚メディアに付随したものでしかない。近年、力覚フィードバックディスプレイが一般化し、ATM、スマートフォン、ゲームなどで触覚が用いられるようになってきたが、視聴覚の優位性は変わらない。数千年前からほぼ例外的に、視聴覚より触覚が優位となっているメディアがマッサージであり、ギリシア時代にヒポクラテスが治療としてのマッサージの有用性を示唆しているが、ヒポクラテス以降、外科術や内科術が西洋医学として発展・成立したのに比べると、マッサージは現在のところ補完統合医療の1つにとどまっているにすぎない。触覚は知識や論理性を一義的に必要としないメディアであり、これまで触覚の時間変化の情報化は言語・論理化されてこなかった。

2. 研究の目的

研究の全体構想:本研究では複数の触覚を時空間的に組み合わせ、快と不快の触覚を表現するための方法論を確立する。そのため「触覚産業」として古来より成立してきたマッサージに着目し、マッサージを構成する触覚の組み合わせ方法の分析から一般的な方法論を構築する。具体的な目的:マッサージでは“手の動き”が触覚をつくる。そこで“手の動き”の記述法(触譜)を用い複数のマッサージを採譜し共通する手の動きの組み合わせ方法を抽出する。その方法でマッサージを生成し効果測定により検証を行う。次に生成された触譜を振動触覚に変換し手のマッサージと同等の効果を示すように改良を加え、触譜を用いた振動触覚呈示装置の試作を行う。

3. 研究の方法

時間変化する触覚を記述するため提案した「触譜」を用いる。楽譜が音高と長さを記述するのに対し、触譜は圧力の強弱と長さを記述する。五線譜の第三線(真ん中の線)を基準の圧力(普通に何かを持つときの圧力)とし、第三線から下に向かうにしたがって強い圧力、上行するにしたがって弱い圧力を表記する。そして音符により長さの時間変化(リズム)をあらわすようにした。

触譜は触覚での圧力の時間変化のみならず、マルチメディアデータ(音楽、音声、言語、時系列データ全般)の「大きさ」の時間変化を記述することができる。たとえば、「おはようございます」について、「言い方」を音の大きさの時間変化として記述できる。これにより、元気な挨拶、そっけない挨拶などの感性情報を記述することができる。

これにより、触譜で記述された圧力の時間変化を、音量の時間変化とみなすことで、触譜に記述された通りに振動触覚の音量を時間変化させることにより、触譜を振動触覚(音声)に変換することが可能となる。本研究では触譜や触譜と振動触覚(音声)の相互変換などを基盤技術として研究を行った。

4. 研究成果

平成27年度は研究の目的で述べている、マッサージ時の手の動き、について触譜に採譜し、採譜した触譜の分析から快不快を表現するための方法論の検討を行った。生成文法理論などの援用も検討したが、比較的単純な構成原理により快不快の表現が行われていることが予見される結果を得た。そこで、この構成原理をもちいてつくられた触譜を振動触覚に変換するための方法を考案し、変換プログラムを計算機上に実装して予備的な実験を行った。実験では振動触覚とコントロールとなる振動(ピープ音、ホワイトノイズ)で振動刺激を与えた場合の唾液アミラーゼと自律神経系の亢進の変化の計測により測定した。従来の関連研究ではアミラーゼ、自律神経系ともに「リラックス」する方向に変化する報告が殆どであったが、触譜によってはストレスが増加する方向に変化する結果もみられた。成果の社会実装として、触譜から変換して得られた振動触覚と、その触譜による手によるマッサージ映像をリンクさせた美顔器を制作し、ニコニコ超会議、ISMAR, SIGGRAPH Asiaなどでデモンストレーションを行った。

平成28年度は「快-不快の触覚の構成原理(平成27年度の成果)」の検証を触覚刺激に対する生理的な応答の計測を通して行った。そのため手によるマッサージのための触譜を振動触覚に変換するシステムを構築し、このシステムを用いて主に次の3つの成果を得た。それらは、

1. 触譜から振動触覚への変換システムの確立とその実装、
2. 本システムを用いて生成された振動触覚の効果検証、
3. 振動触覚用美顔器の作成とアウトリーチ

である。振動触覚に関する関連研究を参考に、平成27年度に試作した触譜-振動触覚変換システムを改良した。このシステムが「手によるマッサージ」による触覚刺激を効果を維持したま

まで「振動触覚によるマッサージ」へ変換できているのかを検証するため、インタビュー、基礎心理学の実験法である Semantic Differential, SD 法による印象解析（アンケートによる）、唾液アミラーゼによるストレスマーカー計測、NIRS による脳活性イメージングを用いて 20 名の被験者で実験を行った。そして 200Hz の正弦波による振動触覚をコントロールとして統計的有意に本システムで変換した振動触覚が脳機能を賦活させることが確認された。また以上の研究成果をもちいて美容マッサージ器を作成した。

研究成果のアウトリーチのためキャラクタ「あちゃん」をデザインし 3D プリンタをもちいて成型し「あちゃん」を振動するマッサージ器とした。そしてこの美顔器のデモンストレーションを動画サイトのニコニコ動画が主催するイベント「ニコニコ超会議」での NTT 超未来大博覧会（ステージ&ネット生中継）や名古屋大学の学園祭（名大祭）で行った。

平成 29 年度は、時系列データ・音声-触覚変換システムの構築を行った。触譜を振動触覚に変換するシステムの検証実験をおこない触譜を振動触覚に変換するシステムを確立させた。そして任意の時系列データ（音声、音楽、株価ほか）を触譜に自動変換するシステムを構築した。以上により、任意の時系列データを触譜へ変換し振動触覚へと変換することが可能となり。演説や話芸（落語や漫才など）、音楽、株価や生体データを可触化させることができるようになった。

また、時系列データ・音声・音楽の触質測定システムの構築を行い、音声の触質（硬-軟、粗-なめか）を数量化して分析するシステムを構築した。このシステムの試験的なユーザビリティの評価から、このシステムで分析された音声の触質が大まかに 4 から 5 段階に分類されることが示された。また、音楽、音声、話芸、データなどをこのシステムにより分類し特徴的なものを用いることで、触質特徴量のリファレンスを得ることができた。

さらに、触譜による振動触覚シンセサイザーの構築を行い、研究協力者の鈴木理絵子氏が 100 種類余の振動触覚マッサージを触譜を用いて作成しデータベース化した。振動触覚マッサージ生成のため、同氏は素材となる振動触覚を数百種類生成し、触譜を入力としてこの振動触覚データベースと組み合わせることで、振動触覚を生成する「振動触覚シンセサイザー」を作成した。

加えて、触覚検索システムの構築を行い、触譜によりデザインし振動触覚シンセサイザーで作成した 100 種類余の振動触覚マッサージデータベースの検索を行うため、ユーザーの音声を構築したシステムにより触質分析を行い、ユーザーの状態にあわせた振動触覚マッサージを検索してリコメンドするシステムを構築した。研究協力者の鈴木理絵子氏は振動触覚を再生する装置（振動触覚によるフェイシャルマッサージ装置）を開発し試用版を完成させた。

平成 30 年度には音楽に内在する触覚を触譜を介し振動触覚に変換するシステム（音-触変換）と専用再生システムを確立した。この技術は研究成果の「音楽から触譜への自動変換」、「触譜と振動触覚データベースからの振動触覚生成」そして「音楽（2ch）と振動触覚（2ch）を 2ch に変換し通信する技術」を組み合わせたものである。

さらに音楽・音響の専門家と共同し音声情報のなかに音-触変換して非可聴化した振動触覚を埋め込む技術を開発した。大手音響メーカーと共同して埋め込まれた振動触覚を抽出する専用デコーダーを開発し、通常の音声 2ch のみで触覚情報の通信を可能にした。聴覚障がい者のダンスチーム（筑波技術大学 OB）と共同し（音-触変換で）音楽から抽出した振動触覚化の実証実験（ライブパフォーマンス）に成功し（ニコニコ超会議に参加）、音-触変換技術で様々なモダリティをもつ人々が同じ音楽を同時に体感可能なことを確認した。

また、研究協力者の鈴木理絵子氏と共同し、音-触変換技術を応用して音楽に内在する触覚でフェイシャルマッサージを行う美容器を開発した。本美容器の実証実験を行い（70 代を中心とする女性、20 名程度）使用前後の顔面の画像をマイクロソフト社の人工知能 API を用い年齢推定を行い平均して -3.6 歳の変化を確認した。その他、アンケートや末梢部（手指）の温度変化計測（温かくなる）から、医学研究者により自律神経系への作用が示唆された。

さらに音-触変換技術を時系列データ解析に応用し、任意の時系列データの触覚情報化（これを Tactilebit, T-bit と命名）を可能とした。例えば株価の T-bit 化から 2008 年（リーマンショック）の株価は触覚情報的に特異なことを確認した。

本助成のこれまでの成果を基盤として 9 月に日本触覚学会を設立した。本会の発起人は自然科学、人文社会科学から芸術までの分野横断的な専門家による。

5. 主な発表論文等 （研究代表者は下線）

1. Tactileology; Haptic Informatics by using Tactile bit, T-bit, Suzuki Yaushiro, PROCEEDINGS OF THE 2019 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS Vol.24, pp. 225-228, ISSN:2188-7829, DOI:10.5954/ICAROB.2019.0S9-2, Jan.（査読あり）2019 年
2. Tactile Score; Development and Applications, Suzuki Yasuhiro, PROCEEDINGS OF THE 2019 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, Vol.24 pp. 221-224,

ISSN:2188-7829, DOI:10.5954/ICAROB.2019.OS9-1, (査読あり) 2019年.

3. Computational Aesthetics, Yasuhiro Suzuki, in book Computational Aesthetics, 1-35, Springer Verlag, (査読なし) 2019年
4. 触譜とインフォメーション インフォメーションのための,新しい触覚学, Tactileologyの創成に向けて,鈴木泰博,トライボロジスト, 63(9), 593-598(J STAGE), (査読なし), 2018年
5. Computational aesthetics: From tactile score to sensory language, Suzuki Yasuhiro, Suzuki Rieko, Pervasive Haptics: Science, Design, and Application, 201-220, (査読なし) 2016年

〔雑誌論文〕(計 13 件)

1. Tactile Score; Development and Applications, Yasuhiro Suzuki, PROCEEDINGS OF THE 2019 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, (頁: 221-224), (査読あり) 2019年
2. Tactileology; Haptic Informatics by using Tactile bit, T-bit, Yasuhiro Suzuki PROCEEDINGS OF THE 2019 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, (頁: 225-228), (査読あり) 2019年 Best Paper Award 受賞
3. Natural Computing and Formal Computing, T-bit, Yasuhiro Suzuki PROCEEDINGS OF THE 2019 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS, (頁: 229-232), (査読あり) 2019年
4. 触譜とインフォメーション, 鈴木泰博, トライボロジスト, vol.63, 593-598, (査読なし), https://doi.org/10.18914/tribologist.63.09_593, 2018年
5. あたらしい「触覚学」の創成 Tactileology = Tactile + Haptics with time development, 鈴木泰博, アグリバイオ, vol.2, 593-598, (査読なし), 2018年
6. Mathematical Expression of Minakata Kumagusu's Philosophy of, Natural Science, Yasuhiro Suzuki, PROCEEDINGS OF THE 2018 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS vol.23, (頁: 342-344), (査読あり) 2018年 Best Paper Award 受賞
7. Toward Artificial Intelligence by using DNA molecules, Y.Suzuki and R. Taniguchi, Journal of Robotics, Networking and Artificial Life, Volume 5, Issue 2, September 2018, Pages 128 - 130 (査読あり), 2018年
8. Differentiation and Integration of Sensation and its Application, Yasuhiro Suzuki, PROCEEDINGS OF THE 2018 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS vol.23, (頁: 348-351), (査読あり) 2018年
9. Artificial Chemistry by Sound Waves, Yasuhiro Suzuki, PROCEEDINGS OF THE 2017 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS (頁: 599-602), (査読あり) 2017年
10. Neural Networks by using Self-Reinforcement Reactions, Yasuhiro Suzuki, PROCEEDINGS OF THE 2017 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS (頁: 595-598), (査読あり) 2017年
11. Molecular Artificial Intelligence by using DNA reactions, Y.Suzuki and R.Taniguchi, PROCEEDINGS OF THE 2017 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE AND ROBOTICS (頁: 591-594) (査読あり), 2017年
12. A novel haptic vibration media and its for application, Y.Suzuki and R. Suzuki, IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Media, Art, Social Science, Humanities and Design, , vol1. 51-52, 2015, DOI 10.1109/ISMAR-MASHD.2015.21(査読あり), 2015年
13. Haptic vibration for hands and bodies, Yasuhiro Suzuki, Rieko Suzuki, Junji Watanabe, Shigeru Sakurazawa, ACM SIGGRAPH ASIA 2015 Workshop on Haptic Media and Contents Design, , vol1, 9, 2015, DOI 10.1145/2818384.2818389 (査読あり) 2015年

〔学会発表〕(計 30 件)

1. Tactile Score: Development and Applications, Yasuhiro Suzuki, International Conference of Artificial Life and Robotics (国際学会), 2019年
2. Tactileology; Haptic Informatics by using Tactile bit, T-bit, Yasuhiro Suzuki, International Conference of Artificial Life and Robotics (国際学会), 2019年
3. Natural Computing and Formal Computing, Yasuhiro Suzuki, International Conference of Artificial Life and Robotics (国際学会), 2019年
4. 多要素システムのデザイン～情報の散逸, 鈴木泰博, 第4回 デザイン生命工学研究会 (招待講演), 2019年
5. あたらしい触覚学の創成, 鈴木泰博, IEEE 技術講習会 (招待講演) 自律分散シンポジウム 2019 (招待講演), 2019年
6. NTT 超未来大都会 _NTT Ultra Future Peta City, 鈴木泰博, ニコニコ超会議 2018 (招待講演), 2018年

7. The Interctile Networks, Networks of Natural Computing Medium, Yasuhiro Suzuki, 11th International Workshop on Natural Computing (国際学会), 2018 年
8. 自然計算としてのあたらしい触覚学の創成～人間計算機に向けて, 鈴木泰博, 人工知能学会合同研究会, 2018 年
9. Natural Computing and Formal Computing; Evolution of Computing, Y.Suzuki, 12th International Workshop Natural Computing (国際学会), 2018 年
10. 「触譜」を用いた触感覚生成とその生体応答, 鈴木泰博, 2018 年度日本機械学会年次大会先端技術フォーラム(招待講演), 2018 年
11. Heartoid, 心臓を触れて, 感じて, 投げつける: 触覚バーチャル リアリティゲーム, 丑田佳人, 鈴木泰博, 情報処理学会インタラクシオン 2018, 2018 年
12. Heartoid, 生体情報を用いた触覚バーチャルリアリティのゲームへの応用, 丑田佳人, 鈴木泰博, 2018 年自律分散シンポジウム, 2018 年
13. 蜜蜂の採蜜調整項を備えた Artificial Bee Colony アルゴリズム, 古川 まき, 森 敏彦, 鈴木泰博, SOFT 北信越支部シンポジウム 2018 年
14. 触譜による触覚デザインとその応用, 鈴木泰博, 2018 年自律分散シンポジウム, 2018 年
15. 「触譜」を用いた触感覚生成とその生体応答, 鈴木泰博, 2017 年度日本機械学会年次大会先端技術フォーラム(招待講演), 2017 年
16. 美容人工知能のその展開, 鈴木泰博, 人工知能学会合同研究会, 2017 年
17. Biomimetics Bricks, BioBricks; a Platform of Knowledge Integration for Biomimetics by Digital Fabrication, Sayo Morinaga, Yasuhiro Suzuki, International Conference on Digital Fabrication 2016 年
18. 2D から 3D へ 生物の体表の幾何学パターンや行動のリズム(視覚・聴覚・触覚)を応用してデザインする, 森永さよ, 鈴木泰博, 図学会 2016 年春季大会, 2016 年
19. 生体・分子”感”相互作用の諸相, 鈴木泰博, 国際高等研究所プロジェクト「総合コミュニケーション学」第 6 回研究会(招待講演), 2016 年
20. Harness nature for computing, Yasuhiro Suzuki, Proto-computation and Proto-life Workshop (国際学会, 於 Harbard Univ.), 2016 年
21. 美容人工知能, 基礎 概論 展開, 鈴木泰博, 人工知能学会合同研究会 2016(招待講演), 2016 年
22. 超生体ヒトのヒットスタジオ, 鈴木泰博, 鈴木理絵子, ニコニコ超会議 2016(招待講演), 2016 年
23. Tactile communication for beauty & wellbeing AI, Yasuhiro Suzuki, Seminar, MIT Media lab., 2016 年
24. Introduction to Natural Computing, Yasuhiro Suzuki, Preworkshop lecture of IWNC10 (招待講演)(国際学会) 2016 年
25. Haptic vibrations for hands and bodies, Yasuhiro Suzuki, Rieko Suzuki, Junji Watanabe, Ayano Yoshida, Shigeru Sakurazawa, SIGGRAPH Asia 2015, 2015 年
26. 触譜」を用いた振動触覚のデザインとその応用, 鈴木泰博, 鈴木理絵子, ヒューマンインターフェイス 2015, 2015 年
27. ”マッサージ”スキルの言語、触譜とその教育への応用, 鈴木泰博, 鈴木理絵子, 教育システム情報学会 2015 年第 5 回研究会, 2015 年
28. (身体+美学)+計算, 鈴木泰博, 人工知能学会合同研究会(招待講演), 2015 年
29. 顔感音響 振動ローション「おかをゆらし」, 鈴木泰博, 鈴木理絵子, 情報処理学会第 36 回エンタテイメントコンピューティング研究発表会, 2015 年
30. A Novel Haptic Vibration Media and its application, Yasuhiro Suzuki, Rieko Suzuki, IEEE ISMAR 2015, 2015 年

〔図書〕(計 3 件)

1. Computational Aesthetics, Yasuhiro Suzuki, in book Computational Aesthetics, 1-35, Springer Verlag, 2019
2. On the Possibility of Computational Aesthetics of Massaging, F.Akiba and Y.Suzuki in book Computational Aesthetics, 37-42, Springer Verlag, 2019
3. Computational Aesthetics: From Tactile Score to Sensory Language, Yasuhiro Suzuki, Rieko Suzuki, in book Pervasive Haptics 201-220, Springer Verlag, 2016

〔産業財産権〕
出願状況（計 1 件）

名称：マッサージ器

発明者：鈴木泰博，鈴木理絵子，小室雅司 他
権利者：同上
種類：特許
番号：2018-195336
出願年：2018 年
国内外の別：国内

〔その他〕
ホームページ等
日本触覚学会 <http://www.ttsj.org>
日本触覚協会 <http://www.shokkaku.org>

6 . 研究組織

研究協力者
鈴木理絵子 株式会社ファセテラピー 代表取締役
Suzuki Rieko CEO, Face Therapie Co.Ltd.

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。