

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 3 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2009～2012

課題番号：21680023

研究課題名（和文） 情動を伴う触覚体験の同定およびモデル化

研究課題名（英文） Identification and Modeling of Emotional Tactile Experience

研究代表者

梶本 裕之 (KAJIMOTO HIROYUKI)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号：80361541

研究成果の概要（和文）：本研究は情動を引き起こす触覚体験の単位要素の同定および情動を引き起こす触覚体験に必要な触覚ディスプレイの設計論構築を行った。応用事例として、音響スピーカを用いた触覚提示装置、鉛筆削りを模した触覚提示装置、笑い増幅器、音響コンテンツに合わせた耳触覚、歯磨き振動変調による心地よさ増幅、立毛による驚き感覚の増幅、擬似心拍の提示による親近感の増幅を行い、さらに触聴覚間の和音の存在を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：This research established design methods of tactile experience that elicits emotional reaction. The design method was applied to the design of a speaker type tactile display, haptic display that mimics pencil sharpener, laugh enhancing robots, earlobe tactile stimulator, tooth-brushing enhancer, surprise enhancer by Piloerection, affinity enhancer by pseudo heartbeat. The research also clarified existence of consonance between tactile and auditory stimuli.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,100,000	1,530,000	6,630,000
2010年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2011年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2012年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
総計	18,900,000	5,670,000	24,570,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：触覚，情動，モデル化，インタフェース

1. 研究開始当初の背景

近年の情報化社会の発達に伴い、人間の触覚情報伝送に関する研究がかつてない高まりを見せている。

人間への触覚提示の研究は、そもそも視覚・聴覚障害者のための福祉機器の開発から発達した分野である。外界の情報を障害者に伝える必要性から、福祉を目的とする触覚研究は、なるべく多くの記号的な情報を伝達することを目標としてきた。これに対して近年

は、遠隔コミュニケーションや遠隔医療など、情報化社会の発達によって生じた新たな用途を念頭に、「いかに正確な（自然な）触覚情報を提示するか」という観点に基づくようになった。

一方で工学的研究の立場から、「触覚を何に使うのか」という点を再考すると、触覚研究が想定している福祉や遠隔医療等の「作業支援」の必要性は疑問の余地がないが、視覚や聴覚を用いたコンテンツ産業の今日の隆

盛はこの種の必要性に牽引された結果とは言い難い。むしろ提示技術の完成以前に、絵画や音楽のような、生活を豊かにするコンテンツの型が当初から明確に存在していたことが重要であったと考えられた。

触覚は聴覚と同等以上に人間の情動を誘発することがよく知られている。伝えたいものは確実に存在し、音楽のような生活を豊かにするコンテンツ分野創出の可能性は十分にあると考えられた。

2. 研究の目的

本研究は、触覚によって音楽のような心を揺り動かされる感覚体験を生み出す手法を体系化することを目標とし、情動を引き起こす触覚体験の単位要素の同定、情動を引き起こす触覚体験に必要な触覚ディスプレイの設計論構築、および情動を引き起こす触覚体験の低次-高次モデルの構築を行う。

3. 研究の方法

まず情動を呈示する可能性の高い触覚コンテンツを数多く作成、評価する。これにより触覚における情動誘発の基本パターンを見出し、設計論を構築し、さらに有用性の高い応用を行なっていく。なお本研究では当初脳内情報処理モデルまで踏み込むことを考えていたが、これに関しては触覚においても聴覚と同様の「和音」が存在することを示唆するにとどまった。

4. 研究成果

(1) 触覚による情動誘発の作品群の試作

まず情動を引き起こす3つの触覚的作品を作成した。第一に音響スピーカを用いた簡便な触覚提示装置による生物感提示装置であり、呼吸や鼓動を模した圧と振動により、リアルな生き物を触っている感覚を体験出来る。第二に鉛筆削りを模した触覚提示装置であり、鉛筆を削る際の振動および音をあらゆる速度で記録し、ユーザの回転速度に合わせて再生することでリアルな感覚を再現している。第三に笑いの増幅であり、ユーザの笑い初期動作を筋電で検出し、周りに配置した人形が笑うことによって、ちょうどコメディ番組のラフトラックと同様に笑いの場を生成することができる。



図 1 音響スピーカを用いた触覚提示装置



図 2 鉛筆削りを模した触覚提示装置



図 3 笑い増幅器

(2) 触覚による情動誘発の2戦略の策定

以上の触覚を用いた情動誘発の作品群に基づき、触覚による情動増幅を二つに分類した。第一に触覚それ自体がリアリティ、臨場感を高め、これによって情動を生成するものであり、前出の生き物感、鉛筆削り感が該当する。第二に情動に伴う(生理/運動)反応を提示することによってユーザに自己の情動に関する解釈を促し、以って情動を誘発するものであり、笑い増幅器が該当する。

(3) リアリティ・臨場感による情動触覚

リアリティ・臨場感による情動誘発を行う触覚コンテンツを開発した。

第一に、音響コンテンツに合わせて耳に対して触覚提示を行うものであり、コンテキストに合わせた触覚呈示によって強い情動を生起しうること、効果的な情動の種類は主に交感神経系を刺激するものであることを見出した。

第二に、歯を磨く際の振動変調によって心地よさを増幅するものである。歯を磨く際の振動変調は、歯ブラシに装着したコンタクトマイクにより振動を記録、周波数フィルタリングを行った後に再生するものである。実験の結果、高周波成分が磨いた感(清潔である感覚)を惹起し、低周波成分が磨いている感(努力している感覚)を惹起すること、さらに磨いている最中に徐々に低周波から高周波に変化させることで最も達成感を得やすいことがわかった。



図 4 音響コンテンツに合わせた耳触覚

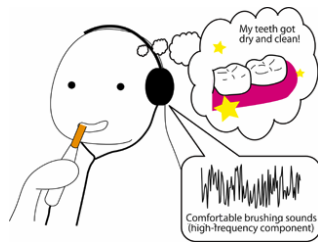


図 5 歯磨き振動変調による心地よさ増幅

(4) 生理反応を呈示する情動触覚

生理反応を呈示する情動触覚コンテンツを開発した。

第一に、「体毛を立毛させることによる驚き感覚の増幅」、「擬似的な心拍の提示による親近感の増幅」を提案、評価した。

体毛を立毛させることによる驚き感覚の増幅は、サイレンによる驚き状況の提示と同時に前腕部に高電圧を加えて立毛させることによって行った。心理評価、および皮膚コンダクタンス反応 (SCR) を観察した結果、立毛によって驚き感情が有意に増加していることが明らかとなった。立毛単独では驚きは生じないことから、ヒトは驚き状況の提示と同時に立毛という自己の生理反応を提示されることで自己の内部状態を調整したと解釈できる。

さらに映画館での視聴時の体験の増強を目的に、椅子型デバイスを用いた全身への提示実験を行った。

擬似的な心拍の提示による親近感の増幅は、好意をもたらすであろう写真 (異性のポートレート) をランダムに提示した際に心拍の上昇または下降を胸部に振動として提示し、それによって写真への評価値が変化するかどうかを見た。その結果、心拍の上昇によって好意が上昇すること、また元々特に好意を持たない (好みでない) 写真については違和感を持ち、むしろ不快となることが明らかとなった。

さらにこれをコミュニケーション用途に用いるため、ソファや携帯電話などの日用品への内蔵を行った。

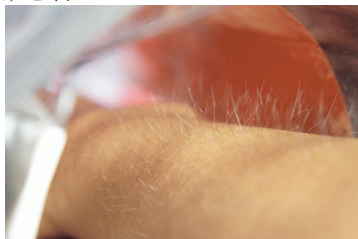


図 6 立毛による驚き感覚の増幅



図 7 擬似心拍の提示による親近感の増幅

(5) 触覚による聴覚の増強

以上の研究の中で、触覚と聴覚の相互作用性が数多く報告された。従来から聴覚が触覚に影響をあたえることは知られていたが、触覚が聴覚に与える影響についての知見は限定的であった。

これに対して我々は、聴覚刺激と倍音構造をなす周波数の触覚刺激が効果が高いこと、言い換えれば触覚と聴覚の間にも一種の和音が成立することを見出した。よく知られているように和音は聴覚的な快を決める重要な要素であるため、今後触覚における快を探求するための重要な手がかりが得られたと考えている。

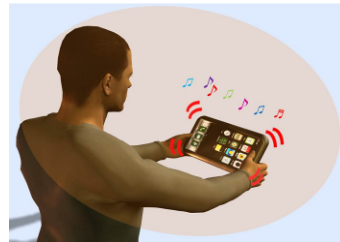


図 8 触覚による聴覚の増強

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- [1] T. Hachisu, H. Kajimoto: Augmentation of Toothbrush by Modulating Sounds Resulting from Brushing, Published in Proceedings of 9th International Conference, ACE 2012, Lecture Notes in Computer Science 7624, Springer-Verlag, pp. 31-43, 2012. (査読有)
DOI: 10.1007/978-3-642-34292-9_3
- [2] R. Okazaki, H. Kajimoto, V. Hayward: Vibrotactile Stimulation Can Affect Auditory Loudness: A Pilot Study, Published in EuroHaptics' 12 Proceedings of the 2012 international conference on Haptics: Perception, Devices, Mobility, and Communication, Lecture Notes in Computer Science 7283, Springer-Verlag, pp. 103-108, 2012. (査読有)
DOI: 10.1007/978-3-642-31404-9_18
- [3] 甲斐, 小島, 橋本, 梶本: 蒸気による圧覚発生要因の検討, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, pp. 513-516, 2010. (査読有)
<http://ci.nii.ac.jp/naid/1100087123>

- [4] 福嶋, 橋本, 野澤, 梶本: 笑い増幅器: 笑い増幅効果の検証, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.12, pp.199-207, 2010. (査読有)
http://ci.nii.ac.jp/naid/10026578420
- [5] 橋本, 中田, 梶本: Hi-Fi 触覚提示に関する研究: ハードウェアの基礎的検討, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.14, pp.491-499, 2009. (査読有)
http://ci.nii.ac.jp/naid/110008724189
- [学会発表] (計 51 件)
- [1] R. Watanabe, N. Saito, Y. Mori, T. Hachisu, M. Sato, S. Fukushima, H. Kajimoto: Evaluation of roller-type itch-relief device employing hot and cold alternating stimuli, CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing System, Paris, France (2013/4/27-5/2)
- [2] R. Okazaki, T. Hachisu, M. Sato, S. Fukushima, V. Hayward, and H. Kajimoto: Judged Consonance of Tactile and Auditory Frequencies. IEEE World Haptics Conference, Daejeon, Korea (2013/4/14-17)
- [3] M. Katoh, S. Nakamura, S. Ikeno, T. Kikuchi, S. Kudo, H. Kajimoto: ViVi-EAT: Augmentation of Food-flowing Sensation using Tactile Feedback, Laval Virtual ReVolution, Laval, France (2013/3/20-24).
- [4] N. Nishimura, T. Hachisu, M. Sato, S. Fukushima, H. Kajimoto: Evaluation of a Tactile Device for Augmentation of Audiovisual Experiences with a Pseudo Heartbeat, Augmented Human, Stuttgart, Germany (2013/3/7-8).
- [5] R. Watanabe, N. Saito, Y. Mori, T. Hachisu, M. Sato, S. Fukushima, H. Kajimoto: Development of Roller-Type Itch-Relief Device Employing Alternating Hot and Cold Stimuli, Augmented Human, Stuttgart, Germany (2013/3/7-8).
- [6] Shogo Fukushima, Hiroyuki Kajimoto Chilly Chair: Facilitating an Emotional Feeling with Artificial Piloerection, ACM SIGGRAPH, Los Angeles, USA (2012/8/5-9)
- [7] N. Nishimura, A. Ishii, M. Sato, S. Fukushima, H. Kajimoto: Facilitation of Affection by Tactile Feedback of False Heartbeat, CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing System, Austin, USA (2012/5/5-10)
- [8] S. Fukushima, H. Kajimoto: Facilitating a Surprised Feeling by Artificial Control of Piloerection on the Forearm, Augmented Human, Megève, France (2012/3/8-9)
- [9] 渡辺, 齋藤, 森, 蜂須, 佐藤, 福嶋, 梶本: サーマルグリル錯覚を用いたローラー型痒み抑制器の開発, 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, 福岡(2012/12/18-20)
- [10] 岡崎, 蜂須, 佐藤, 福嶋, Hayward, 梶本: 触覚刺激による聴覚強度知覚への影響, 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, 福岡(2012/12/18-20)
- [11] 蜂須, 池野, 栗原, 梶本: 自己運動に基づいた減衰正弦振動提示による体性感覚拡張, 第 1 回テレイグジスタンス研究会, 東京(2012/12/14)
- [12] 蜂須, 梶本: 歯磨き音の変調による歯磨き感拡張, エンタテインメントコンピューティング, 神戸(2012/9/28-20)
- [13] 西村, 蜂須, 佐藤, 福嶋, 梶本: 心戯一体: 疑似心拍提示を用いた視聴覚コンテンツ体験の拡張, エンタテインメントコンピューティング, 神戸(2012/9/28-20)
- [14] 菊池, 渡辺, 蜂須, 佐藤, 福嶋, 梶本: 頸部への振動刺激が姿勢にもたらす影響, エンタテインメントコンピューティング, 神戸(2012/9/28-20)
- [15] 池野, 岡崎, 蜂須, 佐藤, 福嶋, 梶本: 徳利の「トクトク感」のモデル化および再現, エンタテインメントコンピューティング, 神戸(2012/9/28-20)
- [16] 渡辺, 大原, 國安, 佐藤, 福嶋, 梶本: 触覚刺激提示部位への温度感覚転写現象の解明, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 浜松(2012/5/27-29)
- [17] 西村, 石井, 佐藤, 福嶋, 梶本: 自己の心拍を触覚提示するデバイスの検討, インタラクション, 東京(2012/3/15-17)
- [18] 宇戸, 岡崎, 佐藤, 福嶋, 梶本: 手部への電気刺激を用いたタッチインタフェースのための触力覚提示手法の検討, インタラクション, 東京(2012/3/15-17)
- [19] S. Fukushima, H. Kajimoto: Palm Touch Panel: Providing Touch Sensation Through the Device, ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces(ITS), Kobe, Japan (2011/11/13-16)

- [20] T. Hachisu, G. Cirio, M. Marchal, A. Lécuyer, H. Kajimoto: Virtual Chromatic Percussions Simulated by Pseudo-Haptic and Vibrotactile Feedback, ACM International Conference on Advances on Computer Entertainment Technology (ACE), Lisbon, Portugal (2011/11/8-11)
- [21] T. Hachisu, M. Sato, S. Fukushima, H. Kajimoto: HaCHIStick: Simulating Haptic Sensation on Tablet PC for Musical Instruments Application, ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST), 2011, Santa Barbara, USA (2011/10/16-19).
- [22] N. Takahashi, R. Okazaki, H. Okabe, H. Yoshikawa, K. Aou, S. Yamakawa, M. Yokoyama, H. Kajimoto: Sense-Roid: Emotional Haptic Communication with Yourself, Virtual Reality International Conference (VRIC), Laval, France (2011/4/4-10)
- [23] 蜂須, G. Cirio, M. Marchal, A. Lécuyer, 梶本: 鍵盤楽器打鍵時に触覚的材質感の再現, エンタテインメントコンピューティング, 東京 (2011/10/7-9)
- [24] 栗生, 石井, 福嶋, 梶本: 耳介への触刺激による音響体験の増幅, エンタテインメントコンピューティング, 東京 (2011/10/7-9)
- [25] 渡辺, 大原, 國安, 佐藤, 福嶋, 梶本: 前腕部への触刺激に対する温度感覚の重畳, 日本バーチャルリアリティ学会大会, 函館 (2011/9/20-22)
- [26] 西村, 栗生, 石井, 佐藤, 福嶋, 梶本: 胸部への触覚提示を用いた好意の生起, 日本バーチャルリアリティ学会大会, 函館 (2011/9/20-22)
- [27] 宇戸, 岡崎, 佐藤, 福嶋, 梶本: 手部筋肉への機能的電気刺激を用いた指先への触覚提示, 日本バーチャルリアリティ学会大会, 函館 (2011/9/20-22)
- [28] 石井, 佐藤, 福嶋, 古川, 梶本: 手部触覚を用いた奥行き情報の提示, 日本バーチャルリアリティ学会大会, 函館 (2011/9/20-22)
- [29] 福嶋, 梶本: 前腕部体毛の立毛制御による驚き感情の増幅, 日本バーチャルリアリティ学会大会, 函館 (2011/9/20-22)
- [30] 福嶋, 梶本: 掌と同化したタッチパネル, CEDEC, 横浜 (2011/9/6-8)
- [31] 石井, 福嶋, 古川, 梶本: ポータブル機器における手の中を通り抜ける感覚の提示, CEDEC, 横浜 (2011/9/6-8)
- [32] 蜂須, Cirio, 古川, Marchal, Lécuyer, 梶本: 触振動覚刺激付加による Pseudo-Haptic Feedback の拡張: 平面上の凹凸感呈示, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 岡山 (2011/5/26-28)
- [33] 福嶋, 梶本: 掌タッチパネル, インタラクション, 東京 (2011/3/10-12)
- [34] K. Aou, A. Ishii, M. Furukawa, S. Fukushima, H. Kajimoto: The Enhancement of Hearing using a Combination of Sound and Skin Sensation to the Pinna, ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST), NewYork, USA (2010/10/3-6).
- [35] S. Fukushima, Y. Hashimoto, T. Nozawa, H. Kajimoto: Laugh Enhancer using Laugh Track Synchronized with the User's Laugh Motion, CHI '10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Atlanta, USA (2010/4/10-15)
- [36] 石井, 福嶋, 古川, 梶本: ファントムセンセーションを用いた手掌部への貫通感提示, 第 11 回システムインテグレーション部門講演会, 仙台 (2010/12/23-25)
- [37] 岡崎, 佐藤, 古川, 福嶋, 梶本, 体毛-毛包受容器構造に着目した触覚増強機構, 第 11 回システムインテグレーション部門講演会, 仙台 (2010/12/23-25)
- [38] 加藤, 福嶋, 古川, 梶本, 錯触を利用した触覚的空間境界提示, Workshop on Interactive Systems and Software (WISS), 福島 (2010/12/1-3)
- [39] 國安, 福嶋, 古川, 梶本: 液体を注ぐ際の心地よさに着目した触覚ディスプレイの提案, エンタテインメントコンピューティング, 京都 (2010/10/22-24)
- [40] 加藤, 福嶋, 古川, 梶本: 音楽鑑賞による身体動作意志の筆記・描画作業への誘導, エンタテインメントコンピューティング, 京都 (2010/10/22-24)
- [41] 山川, 加藤, 福嶋, 古川, 梶本: 腕部および手掌への触覚刺激により生起する自己受容感覚の拡張, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会, 金沢 (2010/9/15-17)
- [42] 岡崎, 佐藤, 福嶋, 古川, 梶本: 体毛-毛包受容器構造を模した触覚増強機構, 日本バーチャルリアリティ学会第 15 回大会, 金沢 (2010/9/15-17)
- [43] 甲斐, 小島, 橋本, 梶本: 蒸気による圧覚発生要因の検討, インタラクション, 東京 (2010/3/1-2)
- [44] Y. Hashimoto, H. Kajimoto: Novel Tactile Display for Emotional Tactile Experience, ACM International

Conference on Advances on Computer Entertainment Technology (ACE), Athens, Greece (2009/10/ 29-31)

- [45] Y. Kojima, Y. Hashimoto, H. Kajimoto: Eternal Sharpener - A Rotational Haptic Display that Records and Replays the Sensation of Sharpening a Pencil, IEEE RO-MAN, Toyama, Japan (2009/9/27-10/2)
- [46] Kojima, Y. Hashimoto, H. Kajimoto: Pull-Navi, ACM SIGGRAPH, New Orleans, USA (2009/8/3-7)
- [47] 三宅, 佐藤, 橋本, 梶本: 液体表面の皮膚知覚における表面張力と体毛の寄与, 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, 東京 (2009/12/24-26)
- [48] 橋本, 梶本: 触覚のスローモーション再生における知覚特性, 日本バーチャルリアリティ学会 第 14 回大会, 東京 (2009/9/9-11)
- [49] 福嶋, 橋本, 野澤, 梶本: 笑い動作検出に基づいたラフトラック再生手法による笑いの増幅, エンタテインメントコンピューティング, 東京 (2009/9/16-18)
- [50] 三宅, 佐藤, 橋本, 梶本: 水面知覚に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会 第 14 回大会, 東京 (2009/9/9-11)
- [51] 甲斐, 小島, 橋本, 梶本: 蒸気圧覚に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会 第 14 回大会, 東京 (2009/9/9-11)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称: 触覚情報提示装置及び触覚情報提示システム

発明者: 橋本, 梶本

権利者: 電気通信大学

種類: 特願

番号: 2009-129597

出願年月日: 2009/05/28

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

名称: 触覚情報提示装置及び触覚情報提示システム

発明者: 橋本, 梶本

権利者: 電気通信大学

種類: 特開

番号: 2010-015551

取得年月日: 2010/01/21

国内外の別: 国内

〔その他〕

研究室 web ページにて研究成果を公開

<http://kaji-lab.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梶本 裕之 (KAJIMOTO HIROYUKI)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・
准教授

研究者番号: 80361541