

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2015

課題番号：24680012

研究課題名(和文) 感覚間相互作用の誘発による拡張現実型食体験提示システムの研究

研究課題名(英文) Augmented Eating Experience based on Cross-modal Effects

研究代表者

鳴海 拓志(Narumi, Takuji)

東京大学・情報理工学(系)研究科・助教

研究者番号：70614353

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、食にまつわる感覚として味覚・食感・満腹感に注目することで、元となる食品の味覚・食感・満腹感を感覚間相互作用によって任意に制御する手法を構築し、それらの手法の定量的評価により感覚間相互作用を効果的に誘発する方法論を明らかにした。また、食味を変化させる感覚間相互作用における視覚、嗅覚、味覚のそれぞれの感覚の寄与度を明らかにし、それに基づいて感覚間相互作用に基づく食味提示手法の簡略化を可能にする手法を実現した。これらの研究を通じ、開発した技術を組み合わせることで多様な食体験をバーチャルに合成するシステムを実現できることを示した。

研究成果の概要(英文)：This research project realizes novel methods to augment eating experience by modifying the perception of taste, texture and satiety based on cross-modal effect induced by augmented reality techniques. We developed several flavor/texture/satiety displays which utilizing the cross-modal effects mainly related to visual modification with augmented reality, and evaluated their effectiveness and limitations quantitatively. We also investigated how users perceive the taste under various visual and olfactory conditions, both with and without the visual-olfactory interactions, and suggested that the cross-modal effect between vision and olfaction can effectively simplify pseudo-gustatory simulations.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：感覚間相互作用 味覚 満腹感 食感 嗅覚 拡張現実感 バーチャルリアリティ 食体験

1. 研究開始当初の背景

バーチャルリアリティ (VR) 技術の発展により、様々な行為や状況を高い臨場感とともにバーチャルに体験可能になりつつある。一方、人間の日常行為の中でも特に重要な食体験については、その中心となる味覚提示手法が確立されていないため、VR による再現が難しい。その理由として、味覚は線形性がない「化学的な信号」に基づいているため、人工的な合成が難しいことが挙げられる。

これに対し、研究代表者は、ある感覚が他の感覚刺激と同時に提示された場合、相互作用によって本来とは異なる刺激として知覚されるという現象 (感覚間相互作用) に着目し、化学物質を組み合わせる味合成手法とは異なるアプローチの新しい味覚提示手法を提案してきた。先行研究では、拡張現実感によって食品の見た目と匂いを変化させて感覚間相互作用を誘発し、味を変化させて認識させられることを示している。一方、味の認識を高確率で変化させるためには、感覚間相互作用を誘発しやすい五感情報提示手法や、食感等食にまつわる他の感覚についても考慮する必要があることが明らかになった。

2. 研究の目的

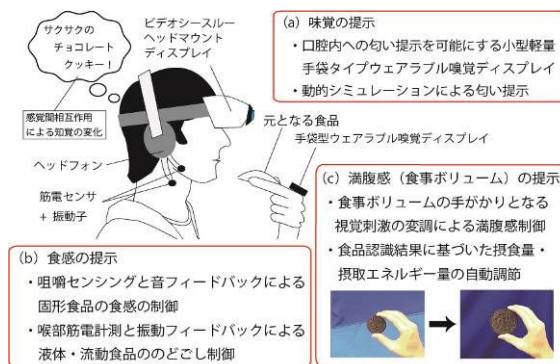


図1 感覚間相互作用を利用した食体験拡張

本研究の目的は、食に関連する複数の感覚について、感覚間相互作用を誘発することで簡易な刺激から多様な知覚を作り出す手法を明らかにし、限られた食品から多様な味・食感・ボリューム等を体験できる食体験拡張システムを実現することである。VR による食体験の合成は、味覚提示の困難さのためにほとんど研究が進んでいない。本研究では、感覚間相互作用に着目し、元となる味覚刺激と味覚以外の感覚刺激を組み合わせ提示することで、食にまつわる感覚を多彩に認知させ、多様な食をバーチャルに体験できる手法 (図1) の提案と実証を行う。

3. 研究の方法

本研究では、食にまつわる感覚として味覚・食感・満腹感に注目し、元となる食品の (1) 味覚・食感・満腹感を感覚間相互作用によって任意に制御する手法を構築し、(2) それらの手法の定量的評価により感覚間相互

作用を効果的に誘発する方法論を明らかにする。その上で、(3) それらを組み合わせることで多様な食体験をバーチャルに合成するシステムを実現するという段階的な方法をとった。

4. 研究成果

(1) 感覚間相互作用を利用した食にまつわる感覚提示手法の構築

感覚間相互作用を利用した味覚提示では、嗅覚提示のタイミングが重要となる。匂いには、鼻から入って感じられる匂いと、喉の奥から入って感じられる匂いがある。前者をオルソネーザル、後者をレトロネーザルという。いずれも嗅覚受容体で感知されるものであるが、食品を味わう際にはレトロネーザルの果たす役割が大きい。そのため、嗅覚味覚間の感覚間相互作用によって食味知覚に強く影響を与えるには、嗅覚提示と呼吸との同期を実現し、飲食物を口にする前の吸気において鼻から、飲食物を口にしたあとの呼気において口から匂いを提示し、摂食時と同様の自然な嗅覚提示を行えるようにすることが望ましい。そこで、呼吸と正確に連動した嗅覚提示を実現する装置を開発した (図2左)。

気体の分子量変化を高い時間分解能で計測する装置を用いた実験の結果、実際の呼吸から 0.3s の遅延での嗅覚提示が実現されていることが明らかになった (図2右)。これは嗅覚刺激と味覚刺激が同期して感じられる閾値内に収まっており、人間の呼吸周期 (3~5s) より十分に短い時間であるため、本装置は嗅覚味覚間相互作用を誘発するのに十分な提示能力を持つ装置であると言える。

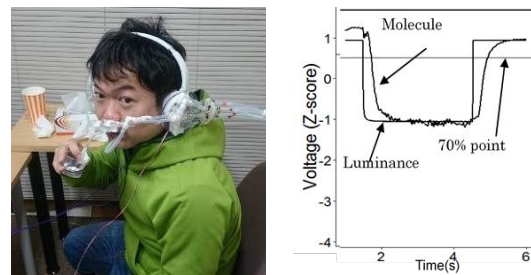


図2 高精度呼吸連動型嗅覚刺激提示装置

また、異種感覚を利用した味覚提示手法として、鼻部に冷温覚を提示することで食味認知に影響を与える手法を確立した。近年の研究によって、食味認知に応じた共通の生体反応変化が起こることが明らかになりつつある。例えば、食味認知に応じて鼻周辺の皮膚に特有の温度変化が起こる。他方、認知科学の分野では、感情の変化に伴って表情が変化するだけでなく、表情の操作によって感情変化が起こることを示した「表情フィードバック仮説」のように、特定の生体反応を起こすことで、文化差や個人差の影響を受けることなく、それと生得的に結びついた高次の認知や判断に影響を与えられることが示さ

れている．これらを踏まえ，食味認知にともなう生体反応を身体外部からの感覚刺激によって再現することで食味認知に影響を与えられると考えた．

そこで，食味認知に応じて鼻周辺の皮膚温度が変化するという先行研究を踏まえ，飲料を飲むのと同時に鼻周辺の皮膚温度に影響を与えることが可能な Affecting Tumbler(図 3) を提案した．構築した Affecting Tumbler を用い，飲料を口にする際に鼻周辺に冷温覚を提示することで，食味に対する認知が変わるかを評価した．その結果，鼻周辺の皮膚を加温した際に食味を濃く感じ(図 4) ，食味の心地よさが向上することが示唆された．また，後味の強さや苦味の知覚にも変化が見られた．これらの結果により，提案手法によって食味認知に影響を与えられる可能性が示唆された．ただし，元とする飲料の食味特性に応じて，生じる食味変化が異なることも示唆された．



図 3 Affecting Tumbler と使用の様子

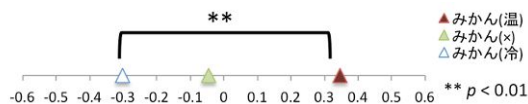


図 4 Affecting Tumbler 使用時の味の濃さの知覚の変化

感覚間相互作用を利用した食感提示に関しては，小泉らが実現した音提示による食感知覚変化手法を利用し，固形食品の食感を変化させる手法を構築した．これとは異なる手法として，のどごしの違いが喉の筋電の差として現れるという知見を基に，喉の筋肉に電気刺激を与えることで飲料ののどごし知覚に影響を与える手法を検討した．しかし電気刺激が喉への触覚提示として感じられることなどの問題が生じたため，有効な手法を確立できず開発を断念し，他の研究に注力した．

感覚間相互作用を利用した満腹感の提示では，まず固形食品だけでなく飲料にも対応可能な手法として，コップの長さを変えて見せることで飲料消費量を調整するシステム Illusion Cup(図 5) を開発した．まず，コップをどのように変形して見せることが最も消費量へ影響するかを検討するために，コップをそのままのサイズで見せる基準条件，長さ 1.3 倍に見せる long 条件，直径 1.3 倍に見せる wide 条件，長さ・直径共に 1.3 倍に見せる large 条件を設定し，一口あたりの

消費量に変化が現れるかを計測する実験をおこなった．その結果，長さを変化させる long 条件が最も消費量に影響することを明らかにした．そこで，長さを 70%に見せる条件，100%に見せる条件，130%に見せる条件を設定し，一口あたりの消費量に変化が現れるかを計測する実験をおこなった．その結果，コップの長さを短く見せると飲料消費量が減り，コップの長さを長く見せると飲料消費量が増えること，30%の長さの視覚変化で一口あたりの消費量を ± 20% 変化させられることを示した．

さらに，1 時間の飲料消費量の違いを計測する実験をおこない，長時間視覚刺激に晒されても効果は変わらず，一口あたりの消費量変化とほぼ同じ変化率で 1 時間の飲料消費量にも変化が現れることを明らかにした(図 6) ．

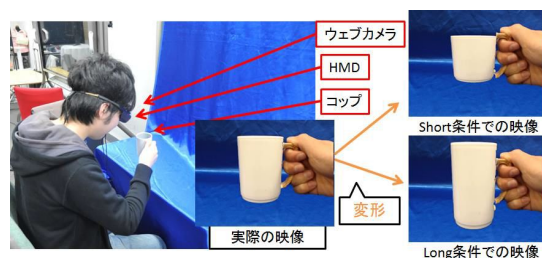


図 5 飲料消費量を変える Illusion Cup

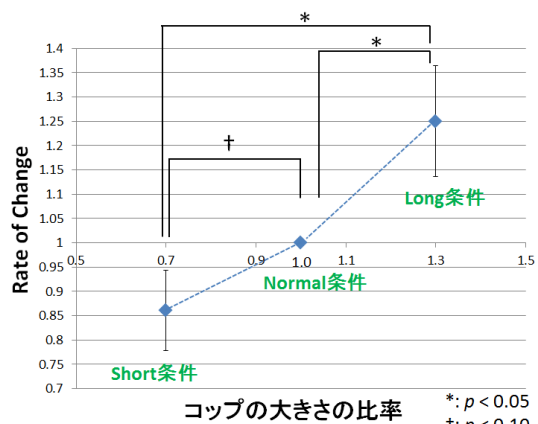


図 6 コップの見た目の長さの変化による 1 時間の飲料消費量の変化

これまでの満腹感に影響を与えるシステムでは Head Mounted Display (HMD) を使用していた．しかしこのことは，現状では日常的に利用する上での大きな障害となる．そこで HMD を使用しない手法として，テーブルトップディスプレイを利用して食品の周囲に投影する映像のサイズを変えることで食品の見た目のボリュームを変化させ，摂食量に影響を与えることが可能なシステム CalibraTable を構築した(図 7) ．CalibraTable ではデルブーフ錯視の原理に基づいて，食品の周囲の映像のサイズを調節することで食品のボリュームを増加，または低減させて見せることができる．これにより，投影映像のサイズの調整によって ± 5% 程度摂食量

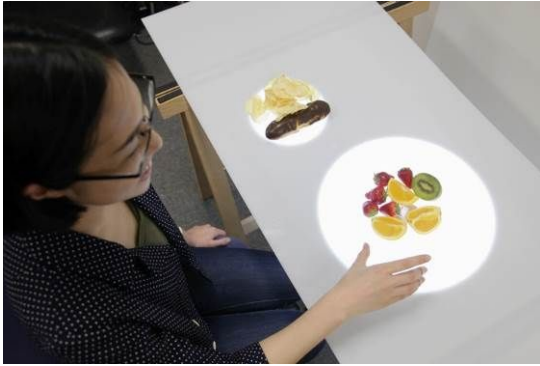


図7 CaribraTable

を調整可能なことを明らかにした。

(2) 感覚間相互作用の定量的評価と発生条件の明確化

構築した各システムの評価については既に(1)の中で述べた。そこでここでは、食味を変化させる感覚間相互作用における視覚、嗅覚、味覚のそれぞれの感覚の寄与度を明らかにした実験と、それに基づいて感覚間相互作用に基づく食味提示手法の簡略化を可能にする手法について述べる。

食味を変化させる感覚間相互作用における視覚、嗅覚、味覚のそれぞれの感覚の寄与度を検証するため、味袋・着色・着香デバイスによるクロスモーダル味覚ディスプレイ(図8)を用いて、事前に化学物質を調合して作成した特定の味覚刺激に対し、10種の食味と対応付いた視覚刺激と、必ずしも対応付いていない嗅覚刺激を重畳することで、ジュースから認識される食味にどのような変化が起こるかを調査した。その際、あらかじめ利用する嗅覚刺激の知覚の類似度を官能評価によって調査し、知覚類似度を求めてクラスタリングをおこなっておく。この実験の際に得られた匂いの類似度とクラスタ分けを図9に示す。クラスタ数は4つとし、それぞれのクラスタを代表する匂いをそのクラスタの要素臭として抽出した。

実験の結果、視覚嗅覚間の感覚間相互作用は間接的に食味の認識にも影響を与えること、この効果を有効に利用したい場合には対象匂い(食味と一対一に対応した匂い)に近い匂い(対象匂いと同一クラスタに属する匂い)を提示する必要がある、対象匂いと似て感じられない匂いを提示しても対象食味認識率には影響が現れないことを示した(図10)。また、対象匂いと要素臭とで対象食味認識率を向上させる効果に差が見られなかったことから、感覚間相互作用に基づく食味提示手法において提示したい食味と一対一に対応する嗅覚刺激を用意する必要は無く、嗅覚知覚の類似性に基づく要素臭の選定によって用意すべき嗅覚刺激が効果的に縮約できることを明らかにした。

これを反映し、視覚と嗅覚の間の感覚間相互作用を利用することで、クロスモーダル味

覚ディスプレイで利用する嗅覚刺激を縮約する手法を提案した。提案手法は、提示したい食味と一対一対応する匂いの代わりに、その匂いと類似した要素臭を、提示したい食味と対応した視覚刺激とともに提示する。これにより、視覚嗅覚間相互作用の効果によって、要素臭を食味に対応した匂いのように感じさせ、その効果によって食味にも変化をもたらすというものである。

こうした手法により、提示したい食味に対応した匂いを1対1で用意しなければならないという先行研究の感覚間相互作用に基づく食味提示手法の制約を打破し、より効率的な食味提示手法が実現可能であることを示せた。

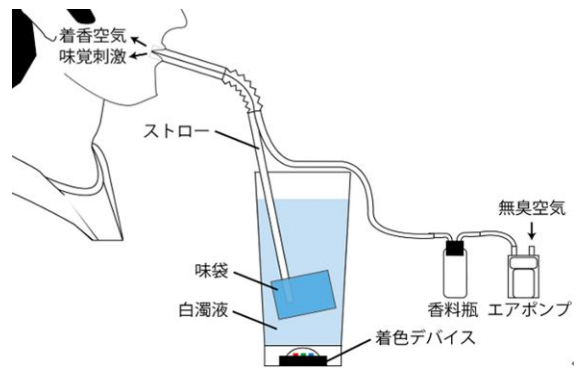


図8 味袋・着色・着香デバイス法

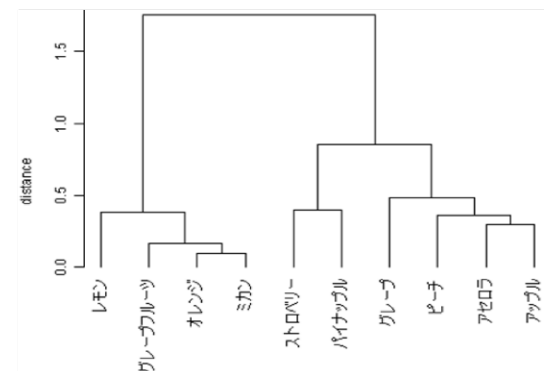


図9 実験で用いた匂いの類似度とクラスタ

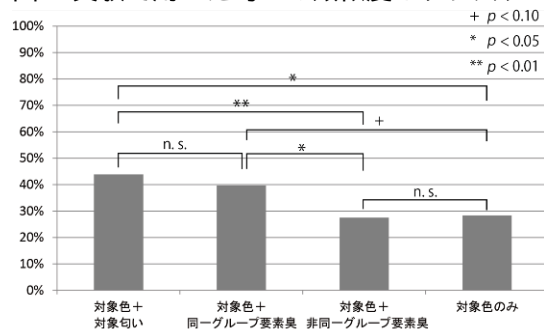


図10 各視覚提示・嗅覚提示条件において対象食味を認識したと回答した割合

(3) 多様な感覚を統合したバーチャル食体験システムの構築

上述してきたシステムを組み合わせ、限られた食品から多様な味・食感・ボリュームを体験することができるバーチャルな食体験

拡張システムを実現した。統合にあたっては本来意図しなかった感覚間相互作用が生まれる可能性も懸念されたが、各刺激特性の独立性が高かったために問題となるような新たな相互作用は発生しなかった。

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7件)

1. 鳴海拓志: 感覚間相互作用に基づく香りと味の拡張現実感, *Aroma Research*, No.66, 2016年5月.
2. 竹内俊貴, 藤井達也, 小川恭平, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 他者評価を利用した食習慣改善ソーシャルメディア, *人工知能学会論文誌*, Vol.30, pp.820-828, 2015年9月.
3. 鳴海拓志, 鈴木智絵, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 鼻部への冷温覚提示による食味認知変化手法, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol.19 No.4, pp.439-448, 2014年12月.
4. Takuji Narumi, Masaaki Miyaura, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Simplification of Olfactory Stimuli in Pseudo-gustatory Displays, *IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics (TVCG)*, 20(4), pp.504-512, Mar. 2014.
5. Yuki Ban, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Modifying Perceived Size of a Handled Object through Hand Image Deformation, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments Summer 2013*, Vol. 22(3): 255-270, 2013.
6. 鳴海拓志, 伴祐樹, 梶波崇, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 拡張現実感を利用した食品ボリュームの操作による満腹感の操作, *情報処理学会論文誌*, Vol.54 No.4, pp.1422-1432, 2013年4月.
7. 鳴海拓志: 内臓とインタラクション, *ヒューマンインタフェース学会誌*, Vol.15 No.1, pp.255-258, 2013年2月

[学会発表](計28件)

1. Sho Sakurai, Takuji Narumi, Yuki Ban, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose: CalibraTable: Tabletop System for Influencing Eating Behavior, *SIGGRAPH ASIA 2015 Emerging Technologies*, 2015年11月2-5日。(神戸国際展示場, 兵庫県神戸市)
2. 森数馬, 鳴海拓志, 小早川達, 和田有史: 呼吸状態に応じて匂い刺激を呈示する装置の作成, *日本心理学会第79回大会*, 2015年9月22日。(名古屋国際会議場, 愛知県名古屋市)
3. Eiji Suzuki, Takuji Narumi, Sho Sakurai, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Changing Drinking Behavior and Beverage Consumption Using Augmented Reality, *HCI12015*, 2015年8月6日。(ロサンゼルス, アメリカ)
4. Toshiki Takeuchi, Tatsuya Fujii, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka

Hirose: Considering Individual Taste in Social Feedback to Improve Eating Habits, *7th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities*, pp.1-6, 2015年6月3日。(Turin, イタリア)

5. 鳴海拓志, 鈴木瑛二, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 水面表示の操作による飲料消費量操作に関する基礎的検討, *第16回香り・味と生体情報研究会*, 2015年6月11日。(べっちゃん館, 熊本県南小国町)
6. 森数馬, 鳴海拓志, 小早川達, 和田有史: 呼吸との同期を制御した匂い呈示装置の開発, *第16回香り・味と生体情報研究会*, 2015年6月11日。(べっちゃん館, 熊本県南小国町)
7. 松尾宇人, 伴祐樹, 櫻井翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: メディア技術による摂食量調整に関する基礎的検討, *第15回香り・味と生体情報研究会*, 2015年3月6日。(東海大学, 東京都港区)
8. Chie Suzuki, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Affecting Tumbler: Affecting our flavor perception with thermal feedback, *11th Advances in Computer Entertainment Technology Conf.*, 2014年11月11-14日。(フンチャル, ポルトガル) [ACE Gold Paper Award 受賞]
9. Toshiki Takeuchi, Tatsuya Fujii, Kyohei Ogawa, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Using Social Media to Change Eating Habits without Conscious Effort, *CEA2014*, pp.527-535, 2014年9月14日。(シアトル, アメリカ)
10. 鈴木瑛二, 櫻井翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 拡張現実感によるコップの見た目の長さ操作が長時間の飲料消費量に与える影響の検討, *日本バーチャルリアリティ学会第19回大会*, 2014年9月17-19日。(名古屋大学, 愛知県名古屋市)
11. 鈴木智絵, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 鼻周辺への温度提示による食味認知変化手法に関する基礎的検討, *第14回香り・味と生体情報研究会*, 2014年6月12-13日。(福岡工業大学, 大分県由布市)
12. 藤井達也, 竹内俊貴, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 個人の嗜好を反映した食習慣改善ソーシャルメディア, *第13回香り・味と生体情報研究会*, 2014年3月10日。(山梨大学, 山梨県甲府市)
13. Eiji Suzuki, Takuji Narumi, Sho Sakurai, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Illusion Cup: Interactive Controlling of Beverage Consumption Based on an Illusion of Volume Perception, *Augmented Human 2014*, 2014年3月7-9日。(神戸国際会議場, 兵庫県神戸市)
14. 鈴木瑛二, 鳴海拓志, 櫻井翔, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 錯視を用いた飲料消費量調節システムの基礎的検討, *日本バーチャルリアリティ学会第18回大会*, 34D-2, 2013年9月18-20日。(グランフロント大阪, 大阪府大阪市)

15. 藤井達也, 竹内俊貴, 小川恭平, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 食事への他者評価付加による食生活改善手法の基礎検討, 日本バーチャルリアリティ学会第 18 回大会, 31A-6, 2013 年 9 月 18-20 日 (グランフロント大阪, 大阪府大阪市)
16. Sho Sakurai, Takuji Narumi, Yuki Ban, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Affecting Our Perception of Satiety by Changing The Size of Virtual Dishes Projected with a Tabletop Display, HCI12013, 2013 年 7 月 21-26 日。(ラスベガス, アメリカ)
17. 廣瀬通孝, 谷川智洋, 鳴海拓志, 小川恭平: ソーシャルメディアと食生活改善, 第 27 回人工知能学会全国大会, 2H4-0S-15a, 2013 年 6 月 4-7 日。(富山国際会議場, 富山県富山市)
18. 鈴木瑛二, 鳴海拓志, 櫻井翔, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 拡張現実感を利用したコップの見た目の長さ操作による飲料消費量操作手法の基礎検討, マルチメディア・仮想環境基礎研究会, IEICE-MVE2013, 2013 年 6 月 25-26 日 (山上会館, 東京都文京区)
19. 鳴海拓志: 錯覚応用インタフェースと五感情報通信, 信学技報, vol. 112, no. 476, CQ2012-88, pp.27-30, 2013 年 3 月 11 日。(福岡工業大学, 福岡県福岡市)
20. 鳴海拓志, 伴祐樹, 櫻井翔, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 拡張満腹感, 第 4 回多感覚研究会, 2013 年 1 月 22 日。(文部科学省研究交流センター, 茨城県つくば市)
21. Takuji Narumi, Yuki Ban, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Augmented Satiety: Interactive Nutritional Intake Controller, SIGGRAPH Asia 2012 Emerging Technologies, 3:1-3, 2012 年 11 月 28 日-12 月 1 日。(シンガポール, シンガポール)
22. 鳴海拓志: 五感インタフェースによる食体験の拡張, 信学技報, vol. 112, no. 225, PRMU2012-69, pp. 95-100, 2012 年 11 月 6 日。(工学院大学, 東京都新宿区)
23. Kyohei Ogawa, Yukari Hori, Toshiki Takeuchi, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Table Talk Enhancer: Communication visualizing system for enhancing and balancing utterance rates, 4th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities, pp.25-30, 2012 年 11 月 1 日.新公会堂 (奈良県奈良市)
24. Yuki Ban, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose: Modifying an Identified Size of Objects Handled with Two Fingers Using Pseudo-Haptic Effects, Joint Virtual Reality Conf. of ICAT - EGVE - EuroVR 2012, pp.1-8, 2012 年 10 月 17 日。(マドリッド, スペイン) [Best Paper Award 受賞]
25. Sho Sakurai, Yuki Ban, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose: Augmented Dining Table for Affecting Our Food Consumption, Joint Virtual Reality

Conf. of ICAT-EGVE-EuroVR 2012, 2012 年 10 月 17 日。(マドリッド, スペイン)

26. 小川恭平, 堀紫, 竹内俊貴, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: Table Talk Enhancer: 場の雰囲気盛り上げるテーブル, エンタテインメントコンピューティング 2012, 2012 年 9 月 28-30 日。(神戸大学, 兵庫県神戸市)
27. 櫻井翔, 伴祐樹, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: テーブルトップ型拡張満腹感システムに関する基礎的検討, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 日本バーチャルリアリティ学会第 17 回大会, 2012 年 9 月 14 日。(慶應義塾大学, 神奈川県横浜市)
28. Takuji Narumi, Yuki Ban, Takashi Kajinami, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Augmented Perception of Satiety: Controlling Food Consumption by Changing Apparent Size of Food with Augmented Reality, CHI2012, pp.109-118, 2012 年 5 月 7 日。(オースティン, アメリカ)

〔図書〕(計 3 件)

1. Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose: Making Emotion and Decision via Changing Self-perception, Emotional Engineering, S. Fukuda. Eds, 4, 2016
2. 蔵田武志, 清川清 (監修): “AR (拡張現実) の基礎・発展・実践”, 科学技術出版, 2015.
3. 鳴海拓志, 「食べたつもりになる AR ダイエットメガネ」, 萩原一郎編著『人を幸せにする目からウロコ! 研究』(岩波ジュニア新書), 岩波書店, 2014.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)
取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等
研究室プロジェクトページ
<http://www.cyber.t.u-tokyo.ac.jp/ja/projects/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者
鳴海 拓志 (NARUMI TAKUJI)
東京大学・大学院情報理工学系研究科・助教
研究者番号: 70614353

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者
廣瀬 通孝 (HIROSE MICHITAKA)
東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授
研究者番号: 40156716

谷川 智洋 (TANIKAWA TOMOHIRO)
東京大学・大学院情報理工学系研究科・講師
研究者番号: 80418657