

拡張現実感パーティクルの重畳が香りの主観的評価や呼吸運動に与える影響 Effects on Subjective Evaluation and Respiratory Motion of Smelling a Fragrance with Augmented Reality Particles

村松 大[†] 小俣 昌樹[‡]
Dai Muramatsu Masaki Omata

1. はじめに

現在、感覚間における相互作用に関する研究が盛んにおこなわれている^[1]。感覚器官は単独で機能するだけでなく、相互に関係をもちながら情報を処理するため、相互作用を利用することによりユーザの認識に影響を与えられる。最近では、視覚、聴覚、触覚という感覚だけでなく、味覚や嗅覚に関する相互作用の研究も報告されはじめています。

Narumi らは、プレーン味のクッキーに香りとう拡張現実感 (Augmented Reality, AR) を用いた視覚刺激を重畳することで、味の認識を変化させるシステムを構築した^[2]。Belma らは、CG のレンダリング品質が異なる 2 つの動画を作成し、低品質な動画に適切な香りを付加した状態で高品質な動画と比較すると、低品質な動画のほうが、品質が高いと誤認識しやすいことを示した^[3]。これらの研究は香りと CG による視覚刺激との相互作用により味覚や視覚の認識に影響を与える研究である。

本研究では香りと視覚刺激との相互作用を利用し、通行人の注意を集めやすいデジタルサイネージの実現を目指す。そこで、香りに CG によるパーティクルを重畳すれば香り自体の感じ方を高められるのではないかと考え、その呈示手法を提案し、評価実験をおこなう。香りの感じ方を高められれば、従来のデジタルサイネージよりも通行人の視線を集めたり、記憶に残りやすかったりして、映し出している内容の理解や関心を助長させることができる香り付きデジタルサイネージに応用可能であると考えられる。

2. 本研究で用いる各呈示手法

本研究では、CG による蒸気状のパーティクルを香りへ重畳する手法を提案する。視覚刺激として用いるパーティクルは煙や霧などの複雑で不規則な形状の表現に最適なため、本研究でも利用した。また、以下のパーティクルを用いた 2 種類の呈示手法を提案する理由は、香りをパーティクルで表現することだけが有効なのか、それとも、香りの動きに応じたパーティクルを現実空間に重畳して呈示することが有効なのか確かめるためである。

2.1 香りのみの呈示

「香りのみ」の呈示 (図 1 の(a)参照) では、ほかの呈示手法とは異なり、視覚刺激を用いずに香りのみをユーザに呈示する手法である。この手法では、ユーザの純粋な嗅覚能力だけを頼りに香りの呈示を認識する必要がある。また、視覚刺激による手がかりがないため、香りを認識するのにもっとも大きく呼吸をする必要があると考えられる。香りの呈示には株式会社アロマジョインの指向性香り噴射装置「Aroma Shooter」を使用する^{[4][5]}。

[†] 山梨大学大学院医工農学総合教育部修士課程コンピュータ理工学コース, University of Yamanashi

[‡] 山梨大学大学院総合研究部, University of Yamanashi

2.2 香りと 3D パーティクルの呈示

香りの呈示とともに、2 次元ディスプレイ上でパーティクルを重畳して呈示する手法を「香りと 3D パーティクル」の呈示 (図 1 の(b)参照) とする (Unity の Particle System により作成)。ユーザは嗅覚だけでなく、視覚によって香りの呈示を認識することができる。そのため、香りだけの呈示と比べて香りの呈示がわかりやすくなる。しかし、香りがユーザへ届くタイミングを 2 次元ディスプレイ上でしか表現できないなど、実際の香りの動きとやや乖離がある。

2.3 香りと AR パーティクルの呈示

香りの呈示とともに、ディスプレイ上ではなく、AR を用いて現実空間にパーティクルを重畳して呈示する手法を「香りと AR パーティクル」の呈示 (図 1 の(c)参照) とする (Unity, Qualcomm 社の Vuforia SDK, および Vuzix Corporation 社のヘッドマウントディスプレイ (Head Mount Display, HMD) 「Wrap 1200AR」を利用)。AR パーティクルは香りの呈示に加え、いつ香りがユーザの鼻まで到達するかを視覚的に判断できる。したがって、香りを吸うべきタイミングがもっともわかりやすくなると思われる。

3. 実験 1: パーティクルの重畳による香りの感じ方への影響

3.1 実験概要

パーティクルを香りへ重畳することによって、香りの強さ、気づきやすさ、臨場感という香りの感じ方を高められ

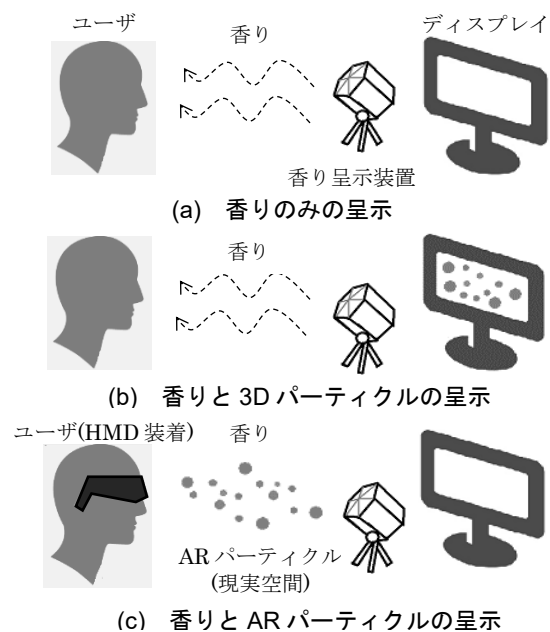


図 1 各呈示手法の概要図

るか検証する。そのため、第2節で説明した3種類の呈示方法で香りの感じ方を評価する実験をおこなった。また、客観的な評価指標として呼吸運動を測定した (Thought Technology 社の ProComp INFINITI と呼吸センサを利用)。

本実験では香りの同定がしやすいようなレモンガラスの香りを用いた。そのため、パーティクルの色を、レモンから連想されると考えられる黄色に設定した。呈示する香りの濃度は Aroma Shooter の 0.0 - 1.0 の濃度範囲の中の、0.25, 0.50, 0.75, 1.0 の4パターンとした。本実験ではどの濃度においても、呈示するパーティクルの量は一定とする。被験者は 22 - 24 歳の 10 人 (男性 9 人, 女性 1 人) である。

3.2 実験環境

本実験は嗅覚と視覚の実験のため、被験者に、外部の音の影響をなくするために防音イヤーマフを装着してもらう。また、体格が異なる被験者間でも鼻の位置を一定にするためにあごのせ台にあごを載せてもらう。図2は香りとARパーティクルの呈示による実験の様子である。室温はエアコンを用いて 20℃前後に調節する。

3.3 実験手順

実験前、被験者には、体調、鼻水・鼻詰まりの症状、および喫煙習慣に関する質問紙調査へ回答してもらった。その後、呼吸センサを装着してもらい、安静時の呼吸運動を1分間測定したあと、香りを感じられるか数回呈示をおこなって確かめた。

本実験では香りの強さをマグニチュード推定法 (ME 法) により回答してもらった。ME 法とは標準刺激を最初に1度呈示し、その香りの強さを 100 として、それを基準に呈示された香りの強さを数値で回答してもらう方法である。このとき、標準刺激の2倍の香りの強さと感じたら 200, 半分の香りの強さと感じたら 50 のように回答するよう教示した。標準刺激には濃度 0.50 の香りのみの呈示を用いた。呈示手法や香りの濃度の順番はランダムとし、被験者には1つの呈示手法に対して標準刺激と8個の刺激を評価してもらった。そして2分間の休憩後、もう一度同様に評価してもらった。このとき、呼吸運動も測定した。嗅覚順応を考慮し、呈示手法間で約半日の間隔をあけた。

すべての呈示手法における評価が終わったあと、呈示手法の違いによる香りの気づきやすさ、臨場感について一対比較法を用いて7段階評価をしてもらった。このとき、各呈示手法における実験の様子の画像を被験者に呈示して、今までの実験内容を想起させた。それから、香りの名称、香りの好み、香りとパーティクルの色との調和、および香りのパーティクル表現に関する質問紙調査をおこなった。

3.4 実験結果

香りのみ, 香りと 3D パーティクル, 香りと AR パーティクル

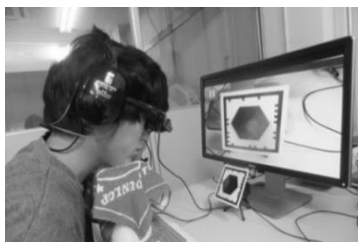


図2 香りとARパーティクルによる実験の様子

ィクルという3つの呈示手法における香りの強さに関する評価の結果、図3に示す、べき関数が得られた。被験者の1人は鼻水・鼻詰まりの症状が特に重かったため、分析から除外した。図3から、香りのみの呈示より、香りへパーティクルを重畳して呈示したほうが全体的に高い評価値を示した。パーティクルを香りへ重畳すると、呈示する香りが弱いときに、香りのみの呈示と比べて特に高い評価値を示した。しかし、香りが強くなるにつれて、香りのみの呈示と比べてパーティクルを重畳しても評価値に差があまりなくなることもわかった。視覚刺激に関して、香りとARパーティクルの呈示は、香りと3Dパーティクルの呈示と比較して、若干ではあるが高い評価値を示した。濃度と呈示手法において2要因分散分析をおこなった結果、濃度のみ有意水準1%で有意差が見られた (濃度: $p < 0.01$, 呈示手法: $p > 0.05$)。しかし、呈示手法間には有意差が見られなかったため、香りへパーティクルを重畳して呈示しても、香りの強さを有意に高めることはできなかった。

香りの気づきやすさおよび臨場感についてのシェッフェの一対比較法による分析結果を図4, 図5に示す。図4の気づきやすさにおける結果から、香りのみの呈示と香りと3Dパーティクルの呈示との間に有意水準5%, 香りのみの呈示と香りとARパーティクルの呈示との間に有意水準1%でそれぞれ有意差が見られた。したがって、香りへパーティクルを重畳すると、香りのみの呈示と比べて有意に気づきやすくなることがわかった。しかし、香りと3Dパーティクルの呈示と香りとARパーティクルの呈示との間には有意差が見られなかったため、どちらの視覚刺激でも気づきやすさに差がないことがわかった。一方、図5の臨

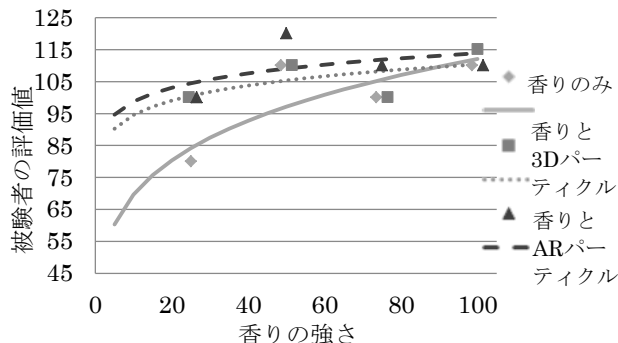


図3 ME法による香りの強さの評価結果

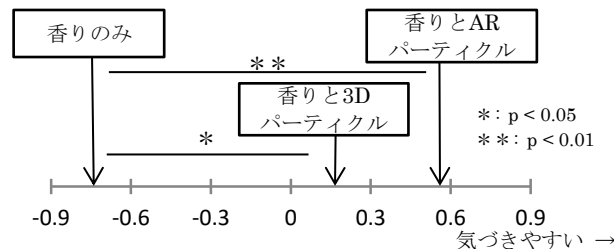


図4 一対比較法による香りの気づきやすさの分析結果

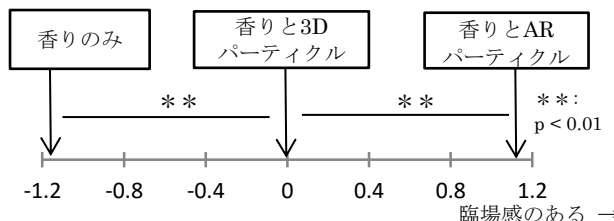


図5 一対比較法による臨場感の分析結果

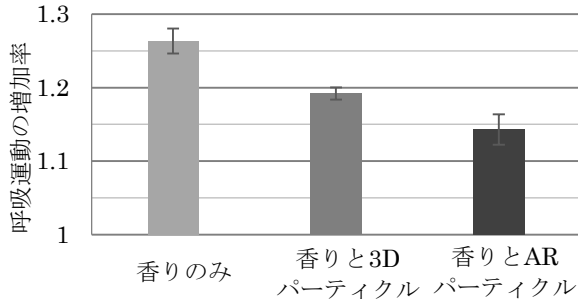


図6 各呈示手法による呼吸運動の増加率

場感における結果から、香りのみの呈示と香りと 3D パーティクルの呈示、香りと 3D パーティクルの呈示と香りと AR パーティクルの呈示との間にそれぞれ有意水準 1% で有意差が見られた。したがって、視覚刺激として AR パーティクルを香りへ重畳すると、3 種類の中でもっとも臨場感を高められることがわかった。

客観的な指標である呼吸運動に関して、安静時の呼吸運動の平均値と実験時の香り呈示時の呼吸運動の振幅値から、各呈示手法における呼吸運動の増加率を求めた結果を図 6 に示す。呈示手法において Welch の補正による一元配置分散分析をおこなったところ、有意水準 1% で有意差が見られた ($p < 0.01$)。Games-Howell 法による多重比較の結果、香りのみの呈示と香りと 3D パーティクルの呈示、および香りのみの呈示と香りと AR パーティクルの呈示との間にそれぞれ有意水準 1% で有意差が見られた。また、香りと 3D パーティクルの呈示と香りと AR パーティクルの呈示との間に有意水準 10% で減少する傾向が見られた。したがって、AR パーティクルを香りへ重畳すると、呼吸運動の増加率をもっとも減少することがわかった。

質問紙調査の結果、「香り」とパーティクルの色は適切であったか」という質問に対して、被験者の半数が「やや適切でない」もしくは「適切でない」と回答し、その他の被験者の多くも「どちらでもない」と回答していた。また、「香りのパーティクル表現をどのように感じたか」という質問に対して、「あまり関連しているとは思えなかった」という否定的な回答もあったものの、「パーティクルから香りが漂ってくる感じがした」や「Aroma Shooter からパーティクルが出ているように見え、より臨場感と香りを感じられた」という肯定的な回答が多く見られた。

3.5 考察

ME 法による香りの強さの評価結果、および、一対比較法による香りの気づきやすさと臨場感の分析結果から、視覚刺激として特に AR パーティクルを香りへ重畳して呈示すると、仮説のとおり、香りの感じ方を高められることがわかった。これは、香りの呈示のタイミングやいつユーザの鼻まで香りが到達するかをパーティクルによって視覚化したため、香り」とパーティクルの相互作用によって香りの感じ方を高められたのだと考える。

呼吸運動に関する図 6 の結果から、パーティクルの重畳により呼吸運動の増加率が有意に減少した。これは香りを吸うべきタイミングがわかりやすくなったため、呼吸運動が減少したのだと考える。また、3D パーティクルの呈示と AR パーティクルの呈示との間には有意傾向にとどまったが、AR パーティクルは香りの到達がよりわかりやすいため、呼吸運動がやや減少したのだと考えられる。

しかし、パーティクルの色に関する質問紙調査の結果から、香り」とパーティクルの色が「やや適切でない」という結果が得られた。本実験ではパーティクルにレモンから連想されると考えられる黄色 (R: 255, G: 255, B: 0) を付加したが、実験前に使用する香りの名称を被験者に教示しなかったため、被験者が香りを同定できなかったので香り」とパーティクルの色に違和感を覚えたのだと考えられる。そこで、香りに適した色のパーティクルを重畳すれば香りの感じ方をより高められるのではないかと考えた。

4. 実験 2 : 色の適/不適による香りの感じ方への影響

4.1 実験概要

香りに適した色のパーティクルを重畳することによって、より香りの強さを高められるか検証する。そのため、香り」のみの呈示、香り」と適色パーティクルの呈示、香り」と不適色パーティクルの呈示という 3 つの呈示手法に関して、香りの強さを評価する実験をおこなった。パーティクルには実験 1 の結果から AR パーティクルを使用した。

本実験では、実験 1 とは異なるシダーウッドの香りを用いた。呈示する香りの濃度はより正確なべき関数の結果を得るため、0.2 - 0.9 という 0.1 間隔の 8 パターンの濃度を使用した。被験者は 22 - 23 歳の 6 人 (男性 6 人) である。

4.2 実験環境

実験環境は実験 1 とほぼ同様である。今回は香り」のみの呈示においても、ほかの 2 つの呈示手法が HMD を用いるので、同様な条件となるよう HMD を被験者に装着してもらい、そのカメラを通して Aroma Shooter に注視させる。

4.3 実験手順

実験前、被験者には、体調、鼻水・鼻詰まりの症状、および喫煙習慣に関する質問紙調査へ回答してもらった。その後、呼吸センサを装着してもらい、安静時の呼吸運動を 1 分間測定したあと、香りを感じられるか数回呈示をおこなって確かめた。

本実験では香りの強さを実験 1 と同様に ME 法に基づいて回答するよう教示した。適色パーティクルに関して、被験者に香り」を呈示してからその香りに合う色を自由に選択してもらった。不適色パーティクルについては適色の補色を利用した。呈示手法や香りの濃度の順番はランダムとし、被験者には 1 つの呈示手法に対して標準刺激と 8 個の刺激を評価してもらった。そして 2 分間の休憩後、もう一度同様に評価をしてもらった。このとき、呼吸運動を測定した。また、呈示手法間で実験 1 と同様に時間間隔をあげた。

すべての呈示手法における評価が終わったあと、呈示手法の違いによる香りの強さに関して、一対比較法を用いて 7 段階評価をしてもらった。それから、香りの名称、香りの好み、および香り」とパーティクルの色との調和に関する質問紙調査をおこなった。

4.4 実験結果

5 人の被験者は適色に (R: 126, G: 219, B: 103) のような緑系の色を選んだため、(R: 196, G: 103, B: 219) のような薄紫系の色を不適色に適用した。残りの被験者は適色

に (R: 214, G: 238, B: 61) のような黄緑系の色を選んだ。

香りのみ, 香りと適色パーティクル, および香りと不適色パーティクルにおける香りの強さに関する評価の結果, それぞれ(1)式, (2)式, (3)式のべき関数を得た (R_i : 心理量, S_i : 物理量). これらの式において, R_i は被験者の評価値, S_i は呈示した香りの強さを表す. また, これらの式から得られた傾向を図 7 に示す.

$$R_1 = 32.6 S_1^{0.273} \quad (1)$$

$$R_2 = 42.1 S_2^{0.225} \quad (2)$$

$$R_3 = 47.0 S_3^{0.186} \quad (3)$$

図 7 から, 香りと適色パーティクルは, 香りのみの呈示より全体的に高い評価値を示すことがわかった. また, 香りが弱いときは香りのみの呈示との評価値の差が特に大きい, 香りが強くなるにつれて差が小さくなることがわかった. 不適色パーティクルは香りのみの呈示と比べて, 香りが弱いときは適色パーティクルの呈示と同様に評価値の差が大きいが, 香りが強くなるにつれて, 差が小さくなり, やがて評価値が逆転している. 色の違いにおいて比較すると, 香りが弱いとき, 差はほぼないが, 香りが強くなるにつれて差が特に大きくなっている. 濃度と呈示手法に関する 2 要因分散分析の結果, 濃度間, 呈示手法間においてのみそれぞれ有意水準 1% で有意差が見られた (濃度: $p < 0.01$, 呈示手法: $p < 0.01$, 交互作用: $p > 0.05$). 呈示手法間における Tukey HSD 法による多重比較の結果, 香りのみの呈示と香りと適色パーティクルの呈示, および香りと不適色パーティクルの呈示と香りと適色パーティクルの呈示との間にそれぞれ有意水準 5% で有意差が見られた. したがって, 香りに適色パーティクルを重畳すると, もっとも香りの強さを高められることがわかった.

一対比較法により香りの強さを分析した結果を図 8 に示す. 図 8 から, 香りのみの呈示と香りと不適色パーティクルの呈示との間に有意水準 5%, 香りと不適色パーティクルの呈示と香りと適色パーティクルの呈示との間に有意水準 1% で有意差が見られた. したがって, 一対比較法の結果からも適色パーティクルを重畳するともっとも香りの強さを高められることがわかった.

呼吸運動に関して, 実験 1 と同様に増加率を求め, 呈示手法において Welch の補正による一元配置分散分析をおこなった結果, 有意水準 5% で有意差は見られなかったため, 呼吸運動の増加率に差がないことがわかった ($p > 0.05$).

4.5 考察

実験 1 と実験 2 の香りの強さにおける ME 法の結果から, 香りが弱いときは香りの感じ方を特に高め, 香りが強くなるにつれてあまり高められなかったのはパーティクルの量が一因と考えられる. 本実験では, どの濃度においても, パーティクルの量を変化させなかったため, 香りが弱いときはパーティクルの多さから錯覚によって強めに感じ, 香りが強いときはパーティクルの少なさからあまり香りの強さを高められなかったのではないかと考える.

色の違いにおいて見てみると, 香りが弱いときはパーティクルの重畳により, 両者とも香りを強く感じさせられる. しかし, 香りが強くなるにつれて香り自体を十分に吟味できるため, 適色の場合は香りとパーティクルと色との相互作用によって香りの強さを高められたが, 不適色の場合は香りと色との間に違和感が生じ, 香りの強さを高められな

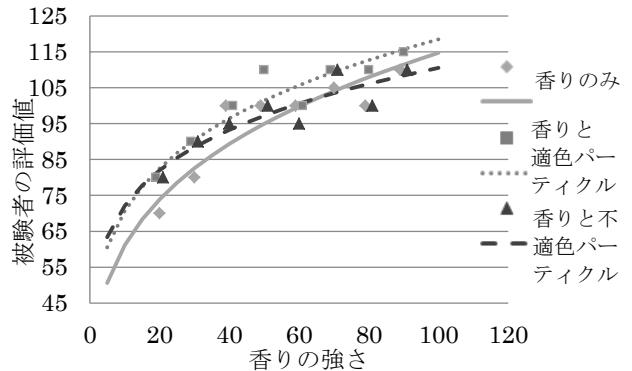


図7 ME法による香りの強さの評価結果

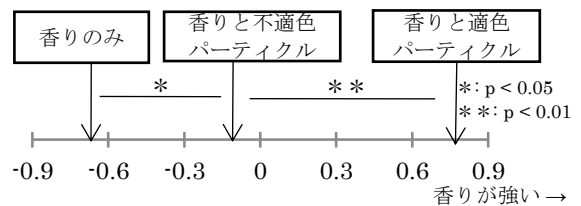


図8 一対比較法による香りの強さの分析結果

かったのではないかと考える.

呼吸運動に関して, 実験 1 では香りへパーティクルを重畳することによって, 増加率が有意に減少したが, 本実験では変化が見られなかった. この原因は, 香りのみの呈示のタイミングに被験者が慣れたからだと考えられる. 本実験の被験者は実験 1 にも参加してもらったため, Aroma Shooter から香りが呈示されるタイミングを経験的に学習し, 吸うべきタイミングをパーティクルなしの香りのみの呈示でもわかったためだと考える.

5. まとめ

本研究では, CG によるパーティクルを香りに重畳することで, 香りの感じ方を変化させて認識させる呈示手法を提案し, その評価実験をおこなった. 実験の結果, 視覚刺激として適した色の AR によるパーティクルを香りへ重畳して呈示すると, 香りのみの呈示と比べて, 香りの強さ, 気づきやすさ, 臨場感という香りの感じ方を高められることがわかった. この結果から, AR パーティクルを重畳することにより, 通行人の注意を集めやすいデジタルサイネージの実現の可能性を示した. 呼吸運動に関しても, AR パーティクルを重畳することにより, 通行人の呼吸運動をあまり乱さずに香りを強く感じさせられると考える.

今後の課題として, 視覚刺激に重畳したパーティクルの量に着目して香りの感じ方への影響について検証する.

参考文献

- [1] 北川 智利, “多感覚錯覚からみる体のリアリティ”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.1, pp.26-31 (2005).
- [2] Takuji Narumi, et al., “Augmented reality flavors: gustatory display based on edible marker and cross-modal interaction”, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.93-102 (2011).
- [3] Belma R. Brkic, et al., “Cross-modal affects of smell on the real-time rendering of grass”, Proceedings of the 25th Spring Conference on Computer Graphics, pp.161-166 (2009).
- [4] aromajoin 株式会社アロマジョイン, Aroma Shooter, (online), <<http://aromajoin.com/aroma-shooter/>> (最終閲覧日: 2016 年 6 月 25 日).
- [5] 安藤 広志, ““香り”を瞬時に切り替えられる「香り噴射装置」の開発”, ITU ジャーナル, Vol.43, No.7, pp.22-25 (2013).