



匂い関連物体のリアルタイム検出システムと Olfactory White 現象に基づく匂い生成に向けた試み

Realtime Recognition of Odor-Related Objects and Odor Reproduction Based on Olfactory White

松倉悠¹⁾, 江田悠紀¹⁾, 千田隆介²⁾, 石田寛²⁾, 坂本真樹¹⁾

Haruka MATSUKURA, Yuki EDA, Ryusuke CHIDA, Hiroshi ISHIDA, and Maki SAKAMOTO

- 1) 電気通信大学 情報理工学研究所 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, matsukura@uec.ac.jp)
2) 東京農工大学 生物システム応用科学府 (〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16, h_ishida@cc.tuat.ac.jp)

概要: 本展示では, ウェブカメラで撮影した映像の中に映し出された匂い関連物体をリアルタイムに検出するデモを行う. 検出対象の匂い関連物体は, 「コーヒー」「カレー」「花」「果実」「甘い菓子」「酢」「ニンニク」「醤油」「バター」「メントール」「線香」「木」の 12 クラスである. それぞれのクラスに対応する匂いを嗅覚ディスプレイにあらかじめセットしておけば, 検出した匂い関連物体に対応する匂いをリアルタイムに提示できる. また, Olfactory White 現象に基づく匂い生成について, フルーツ香料の匂いの再現を試みた例などを紹介することも予定している.

キーワード: 嗅覚ディスプレイ, 物体検出, 画像処理, 匂い調合

1. はじめに

立体映像やサラウンドサウンドシステムによる映像や音声のプロジェクトが一般的になり, 映画館やアミューズメントパークなどだけではなく自宅でも臨場感の高いコンテンツが手軽に楽しめるようになってきた. さらに, 映像や音声に加えて振動や匂い, 煙, 水滴など, 別の様式の感覚提示も行う 4D 映画や 4D シアターも見かける機会が増えた. テーマパークなどにおいて, 最初から様々な様式の情報を組み合わせて提示することを前提として作られたコンテンツであれば, 各感覚情報の提示タイミングがあらかじめ組み込まれている. 一方で, 従来と同様に撮影された映画を 4D シアターで上映する場合には, 映像と音声のみで構成されたコンテンツに対して別の効果を追加する必要がある. 作業者が同じ作品を繰り返し見ながら適切なタイミング付けを行う必要があり, 大変な労力を要する[1].

そこで本研究では, 映像中に存在する匂い源物体を自動的に検出し, その物体に対応する匂いをその場で生成するシステムの開発を目指す. このようなシステムが実現すれば, 現状では人間が長時間の手間暇をかけて実施している匂い提示タイミング付け作業を自動化できると期待される. 本展示では主に, 匂い源物体の検出システムのデモを行う. 検出対象の匂い関連物体は, 「コーヒー」「カレー」「花」「果実」「甘い菓子」「酢」「ニンニク」「醤油」「バタ

ー」「メントール」「線香」「木」の 12 クラスである. それぞれのクラスに対応する匂いを嗅覚ディスプレイにあらかじめセットしておけば, 検出した匂い関連物体に対応する匂いをリアルタイムに提示できる. また, Olfactory White 現象に基づく匂い生成について, フルーツ香料の匂いの再現を試みた例などを紹介することも予定している.

2. 映像中の匂い関連物体検出

弱教師付き機械学習を用いて画像中の匂い関連物体を検出するモデルがこれまでに提案されている[2]. しかし, 文献[2]で検出を試みているのはアクア, コーヒー, オレンジ, ローズの 4 クラスのみであり, 日常で我々が感じる様々な匂いには対応できていない. 一方, 日常生活の中で我々が頻繁に感じる匂いについて範囲を限定して類型化を行う試みがあり, 例えば日本の日常生活臭を対象とした研究がこれまでに報告されている[3]. この研究では, 98 種の匂いに関する記述語を, 複数の被験者に規定したルールに基づいて分類し, その結果をクラスター分析して, 日常生活臭についての類型を得ている. 本研究では, この分類を基にして匂い画像データセットを作成し, 幅広い匂い物体を画像から検出することを試みた.

日常生活臭の分類数はクラスター距離 (0~1) に応じて変化するが, 文献[3]では 0.85 以上で分類した 18 類型を提案している. 18 の類型は具体的に, 「コーヒー」「カレー」

「花・果実」「甘い菓子」「酢」「ニンニク」「醤油」「バター」「メントール」「線香」「木」「生ぐさ臭」「腐敗・糞便」「硫黄」「ほこり」「燃えるニオイ」「ガソリン・ゴム」「シンナー」である。この程度の数のクラスの検出が研究の第一ステップとして適当であると考え、この類型を基本とし、「花」と「果実」を分けた 19 のクラスを本研究で用いることとした。ただし、最後の七つのクラスは不快な匂いであり、将来的な応用として匂い提示を考えた際に、匂い提示により使用者の健康を害する恐れもある。そこで、研究の初期段階では不快な匂いを検出対象から除外し、「コーヒー」「カレー」「花」「果実」「甘い菓子」「酢」「ニンニク」「醤油」「バター」「メントール」「線香」「木」の 12 クラスを対象とした匂い関連物体の検出を試みた。

映像中に存在する匂い関連物体を機械学習により検出するためには、物体検出モデルを学習するための画像が必要となる。本研究では、物体検出モデルの学習のために、12 のクラスのそれぞれに対応する画像を、各クラスにつき 300 枚程度を目安にして収集した。12 クラスのうち「ニンニク」については、ニンニクそのものが画像に映ってなくても、ニンニクを使用した料理が出てくる場面があれば、ニンニクの匂いを提示すべきである。同様に、「酢」「醤油」「バター」についても、材料そのものだけでなく、それを使った料理も匂い関連物体として検出する必要がある。しかし、これらを含む料理は多岐にわたるため、画像をすべて網羅するように収集するのは難しい。そこで、256 種類の料理画像を集めた UECFOOD-256 [4] データベースに含まれる画像を利用した。まず、データベースにあるそれぞれの料理に対し、「酢」「ニンニク」「醤油」「バター」が含まれているか否か、レシピウェブサイト Delish Kitchen [5] のサービスを利用して調べる。いずれかの材料が含まれている場合には、その料理の画像をそれぞれのクラスのデータセットに加えた。

その他のクラスの匂いに対しては、その匂いを発する匂い関連物体が画像の中に直接映っているケースが多い。そこで、それぞれの匂いを発する物体の画像を収集した。「カレー」については、UECFOOD-256 から画像を直接収集した。それ以外の七つのクラスについては、google-images-

download 等の API や ImageNet [6] を利用して画像を収集した。

物体検出用のモデルには、YOLOv7 [7] を用いた。物体検出モデルの学習時には、画像中に映っている物体の位置と大きさをバウンディングボックスとしてモデルに与える必要がある。UECFOOD-256 から収集した五つのクラスの画像には、あらかじめバウンディングボックスが付与されている。それ以外の七つのクラスの画像については、手動でバウンディングボックスを付与した。

このようにして収集した画像をクラス毎に 7 (学習) : 3 (評価) の割合で分割し、モデルの学習及び評価を行った。学習したモデルに動画を入力し、匂い関連物体の検出を行った例を図 1 に示す。画像の中央に映るコーヒーが匂い関連物体として検出できており、このシーンが映し出された時点でコーヒーの匂いを自動的に提示することができる。

評価データに付与された各物体のバウンディングボックスを正解とし、検出された匂い関連物体のバウンディングボックスとの重なり誤差の指標 IoU (Intersection over Union) が 50% 以上の場合に判別成功としたところ、「カレー」「コーヒー」「フルーツ」「メントール」のクラスについては、80% 以上の判別率が得られた。一方、「甘い菓子」や「ガーリック」の判別率は 50% 以下と低くなってしまった。全てのクラスを対象とし、物体検出において精度評価の指標として一般的に用いられる mAP (mean Average Precision) を求めると、66% となった [8]。実用的なモデルの mAP 値は 90% と言われているので、検出精度の改善が今後の課題である。

今回の展示では、検出クラスに含まれる匂い源物体をいくつかが用意しておき、それをウェブカメラで撮影しながらリアルタイムに物体検出を行うデモを実施する。また、検出クラスに対応する香料を匂い提示装置にセットしておき、物体検出と同時にそれに対応した匂いを提示する予定である。

3. Olfactory White に基づく匂い再現の試み

視覚に関しては、網膜に赤、青、緑それぞれに対応する錐体細胞が存在する。この錐体細胞の応答特性に対応して光には 3 原色が存在し、これらを混合することで様々な色を作り出すことができる。一方、嗅覚に関しては人間が約 400 種類の嗅細胞を持つことが分かっているものの、各嗅細胞の応答特性が完全には明らかにされていない。そのため、原臭と呼べるような匂いが存在するか分かっておらず、所望の匂いを即座に調合する手法は確立されていない。しかし近年、様々な色の光を重ねると必ず白色に近づくように、特性の異なる化学物質を 30 種類程度混ぜると一定の匂いに近づく「Olfactory White」と呼ばれる現象が発見された [9]。

多様な色の提示を試みる場合、様々な色の光が重なり合って白色になった状態を出発点とし、重なり合う光の強度を調整すれば、多様な色の光を作り出すことができる。原



図 1: 学習したモデルを動画に適用した結果の例

色は原色そのものが存在しなければ提示できないが、それ以外の色であれば、近い色を再現できる。嗅覚の場合にも、Olfactory White を引き起こす状態に混合した数十種類の化学物質の蒸気の混合比をうまく変更することができれば、様々な匂いを再現できると期待される。

そこで本研究では、Olfactory White を引き起こす 30 種類の化学物質を用い、幅広い匂いを再現することを試みている。そのために、最大 40 種の化学物質をセットし、その匂い蒸気を任意の混合比で混合・提示することができる匂い調合装置を製作した。また、この装置を用い、再現したい匂いと E-Nose (Electronic Nose, Cyranose®320) のセンサ応答パターンが一致するように 30 種類の化学物質の蒸気を調合するシステムを構築した[8]。市販されている複数の香料について匂い再現実験を実施した結果、これまでに一定条件下で 6 種類の匂いの応答パターンの再現に成功している。当日の展示では、応答パターンの再現に成功した匂いについて、デモを行う予定である。

4. むすび

映像から匂い情報を検出してその匂いを再現することが可能なシステムの実現を目的とし、匂い関連物体の検出モデルの作成と、Olfactory White を活用した匂い再現の研究を行っている。本展示では、これまでに開発した匂い関連物体検出モデルを中心に実演を行う予定である。現状では、画像中の匂い関連物体検出と、多様な匂いの再現手法の研究を並行して進めているが、将来的には二つを組み合わせ、生放送のテレビ番組に匂いを付ける、遠隔地から匂いをライブ配信するといったことに取り組みたいと考えている。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 (22K12124) および JST 未来社会創造事業 (JPMJMI22H4) の支援を受けて行った。ここに謝意を表する。

参考文献

- [1] 東亜日報: 4D映画…目ではなく全身で感じる, <https://www.donga.com/jp/article/all/20140715/425451/1>, 2014年7月15日 (2023年7月21日アクセス) .
- [2] S. Kim, J. Park, J. Bang, and H. Lee: Seeing is Smelling: Localizing Odor-Related Objects in Images; Proceedings of the 9th Augmented Human International Conference, Article No. 15, 9 pages, 2018.
- [3] 斉藤幸子: 悪臭と日常生活臭を表現する, におい・かおり環境学会誌, Vol. 44, No. 6, pp. 363–379, 2013.
- [4] Y. Kawano, K. Yanai: Automatic Expansion of a Food Image Dataset Leveraging Existing Categories with Domain Adaptation; Lecture Notes in Computer Science, Vol. 8927, pp. 3–17, 2015.
- [5] Delish Kitchen, <https://delishkitchen.tv> (2023年7月21日アクセス) .
- [6] J. Deng, W. Dong, R. Socher, L.-J. Li, K. Li and L. Fei-Fei: ImageNet: A Large-Scale Hierarchical Image Database; Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 248–255, 2009.
- [7] C.-Y. Wang, A. Bochkovskiy, H.-Y. M. Liao: YOLOv7: Trainable Bag-of-Freebies Sets New State-of-the-Art for Real-Time Object Detectors; arXiv:2207.02696, 15 pages, 2022.
- [8] 松倉悠, 江田悠紀, 高橋秀, 鈴木雄大, 鶴沢友貴, 石田寛, 坂本真樹: 画像中の匂い関連物体検出と Olfactory White を活用した匂い再現, 日本バーチャルリアリティ学会香り・味と生体情報研究会研究報告, SBR2023-12, 5 pages, 2023.
- [9] T. Weiss, K. Snitz, A. Yablonka, R. M. Khan, D. Gafso, E. Schneidman, N. Sobel: Perceptual Convergence of Multi-Component Mixtures in Olfaction Implies an Olfactory White; Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 109, No. 49, pp. 19959–19964, 2012.