



令和4年度「探索加速型」研究開発提案 次
世代情報社会の実現
重点公募テーマ：AI・ビッグデータ・IoTを
駆使した Human-centric デジタルツインによ
る新たな未来社会デザイン



香り再現技術を用いた デジタル嗅覚コンテンツ

研究代表者：東京工業大学・科学技術創成研究院・中本高道

共同研究者：東京農工大学・石田 寛

協力・連携機関：株式会社小野電機製作所

背景

- ・視聴覚では当たり前であるが、まだ嗅覚再現技術はない。
- ・嗅覚は根源的な感覚であり、嗅覚再現は新規産業の創出につながる。



- ・嗅覚は論理的思考よりも**情緒、雰囲気、記憶**に貢献する。香り再現技術を用いるとこれまでとまったく異なる感性を有する新しいデジタルコンテンツを制作することが可能になる。
- ・嗅覚をデジタルコンテンツに取り入れることにより、サイバーを通じて没入的に感性を疑似体験・共有する。
- ・香り再現が可能になるとIT・情報産業と香りに関連が出てくる。香りとIT関連企業はこれまでにほとんど接点がなかったので、新しい産業が次々と勃興する可能性がある。
- ・本グループは**少ない要素臭**で多様な香りを再現する基礎技術を開発した。この技術を発展させて、様々なデジタル嗅覚コンテンツを制作して社会に普及させていきたい。

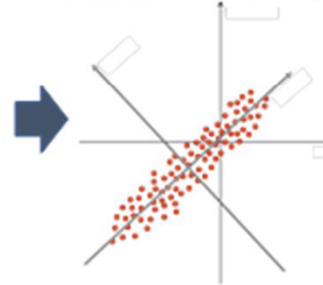
香りを再現する基本的な手法

多数の香りサンプル

Orange
Lemon
Apple
Banana
Rose
Lily
Basil
Lavender
⋮



数百次元のセンシング空間
の基底ベクトル抽出

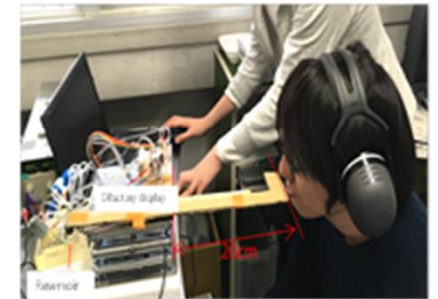


要素臭構成比決定



要素臭の
調合

対象臭≈近似臭



嗅覚ディスプレイによる香り再現

- ・ センシングデータとしては**質量分析器**による実測データを使用。
- ・ データ次元数は200次元程度

要素臭は測定したサンプルを調合して近似的に作成

- ・ 要素臭の調合比を変えることで多様な香りを提示可能
- ・ **調合比を変えるだけで瞬時に別の香りを提示できる。**

POC

- ・ 嗅覚をデジタルツイン化し、香るサイバー空間を構築
- ・ 要素臭と嗅覚ディスプレイによる香り再現（基礎技術は開発済）
- ・ 香り再現技術を用いて**デジタル嗅覚コンテンツ**を作成し、多数のユーザの評価を受ける。
- ・ 本格研究では企業にも参画してもらい、その評価を受けて**実用レベル**まで引き上げる。さらに参画企業以外にも装置や要素臭の有償提供も行う。

研究項目

基本技術のブラッシュアップ

- ① 要素臭の作成
- ② 嗅覚ディスプレイ

デジタル嗅覚コンテンツ

- ③ オンライン広告
- ④ シミュレータ
- ⑤ 医療・リハビリ応用
- ⑥ 遠隔匂い再現

広告：オンラインショッピング



(a)

災害シミュレータ



(b)

香り連想ゲーム



(c)

遠隔匂い再現



(d)

各サブテーマの意義と目標

基盤技術の目標

- ・再現可能な香り範囲の拡大（精油＋香水＋食品）
- ・嗅覚ディスプレイを実用レベルまで（会社にも使ってもらえるレベル）引き上げる

嗅覚コンテンツ	意義	探索研究の目標
③オンライン広告	香り再現の直接的応用	ホームページを通じ 500種類程度の香り再現
④災害シミュレータ	デジタル嗅覚ツインの実現	リアルタイム性導入による 臨場感向上
⑤医療・リハビリ	高齢化社会を支える技術	香りゲームによる 高齢者記憶能力の向上
⑥遠隔匂い再現	センサによる手軽な香り再現	大雑把な香り再現

①要素臭

匂いには原臭がないと言われているが、どうすれば一般的に匂いが再現できるのか？

Bottom up approach

- ・嗅覚受容体の仕組みを明らかにして、匂いの本質を解明する。
- ・Buck&Axellは遺伝子クローニングによりノーベル賞を受賞
- ・遺伝子解析の技術により受容体の数は400弱と言われている。

色の3原色と異なり、数が多すぎてbottom up approachだけでは無理ではないか？

Top down approach

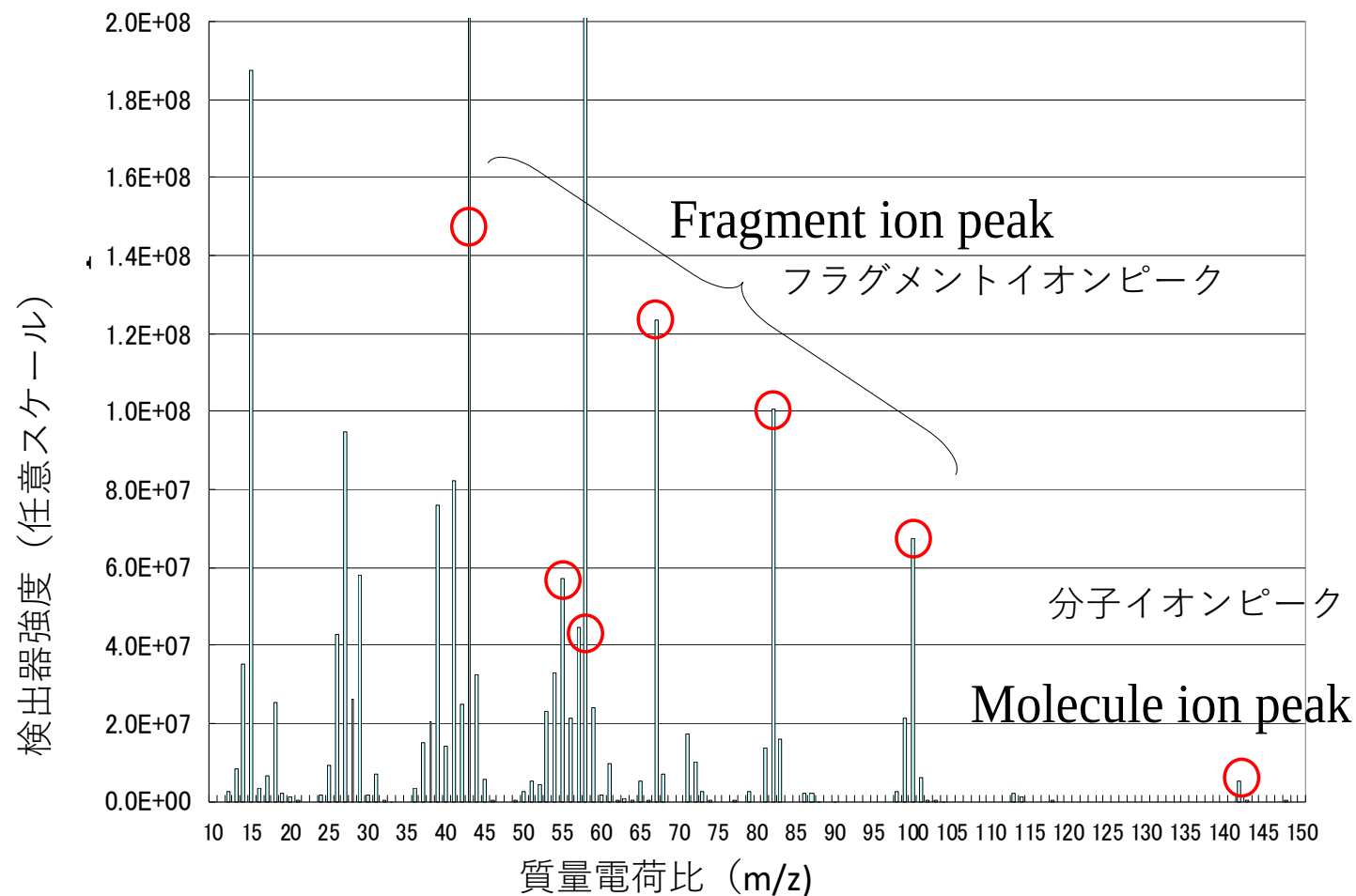
- ・官能検査の結果を解析する。
 - ・脳波を解析する。
 - ・匂いセンサを用いる。
 - ・質量分析器 (MS e-nose)を用いる。
- すべての匂いに対して統一的なデータを得るのは困難
- すべての匂いに対して十分な選択性と安定性を持たせられるか？

大規模なデータベース(10万種以上の化合物のデータ)が既にある。
百次元以上の次元を有して選択性もあり、十分な安定性を有している。

①要素臭

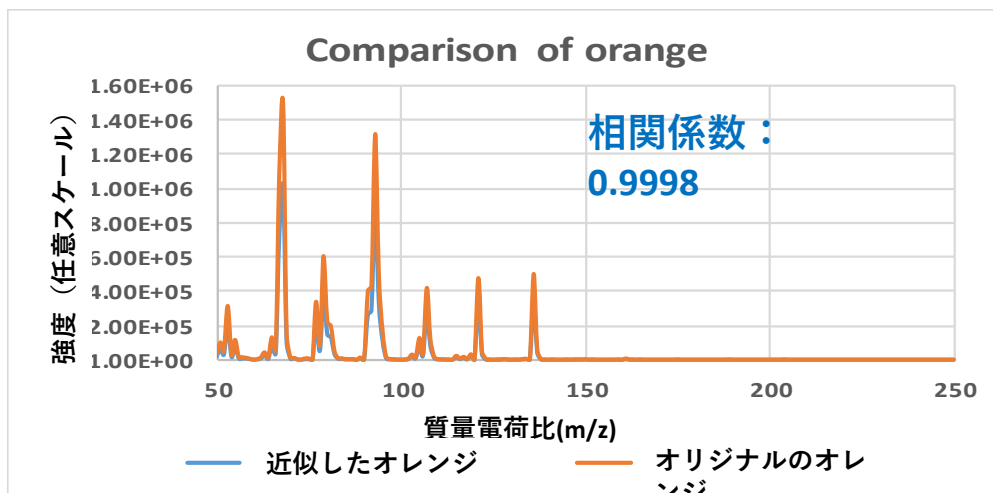
マススペクトルの例 (E I 法)

(trans-2-hexenyl acetate)



分子量に対応するピーク(分子イオンピーク)のみならず開裂によりフラグメントが発生するために、多様な応答パターンが得られる。

20要素臭による香り近似



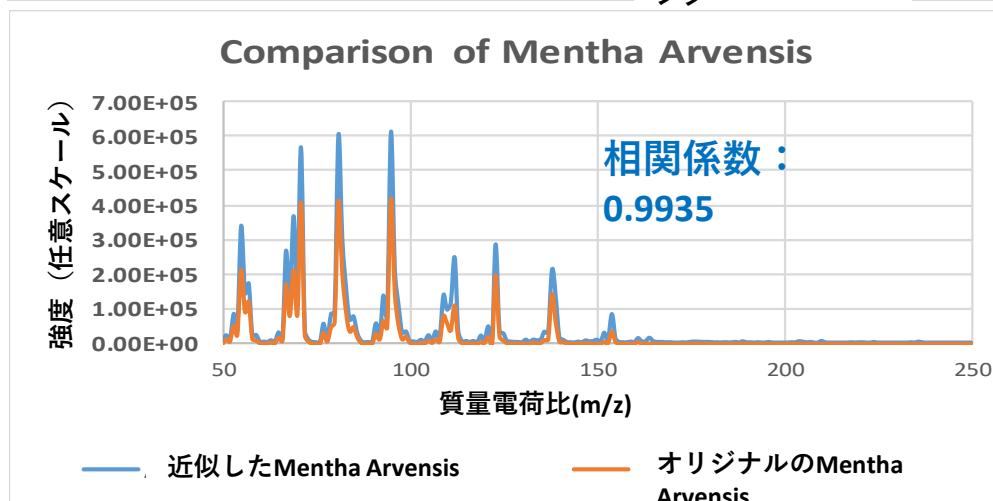
マススペクトル
としてはほぼ一
致する



さらに官能検査で香
りの類似性を確認す
る必要がある



官能検査によっても類
似性は確認済

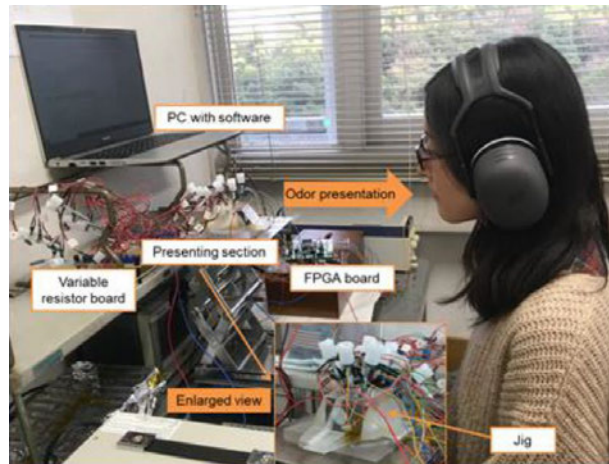


嗅覚ディスプレイ

たくさんの種類の香りを指定した比率で混ぜて、ユーザが香りを嗅げるようにする装置



電磁弁高速開閉方式



弾性表面波霧化方式

据置型（デスクトップ型）



ウェアブル嗅覚ディスプレイ

ウェアブル型

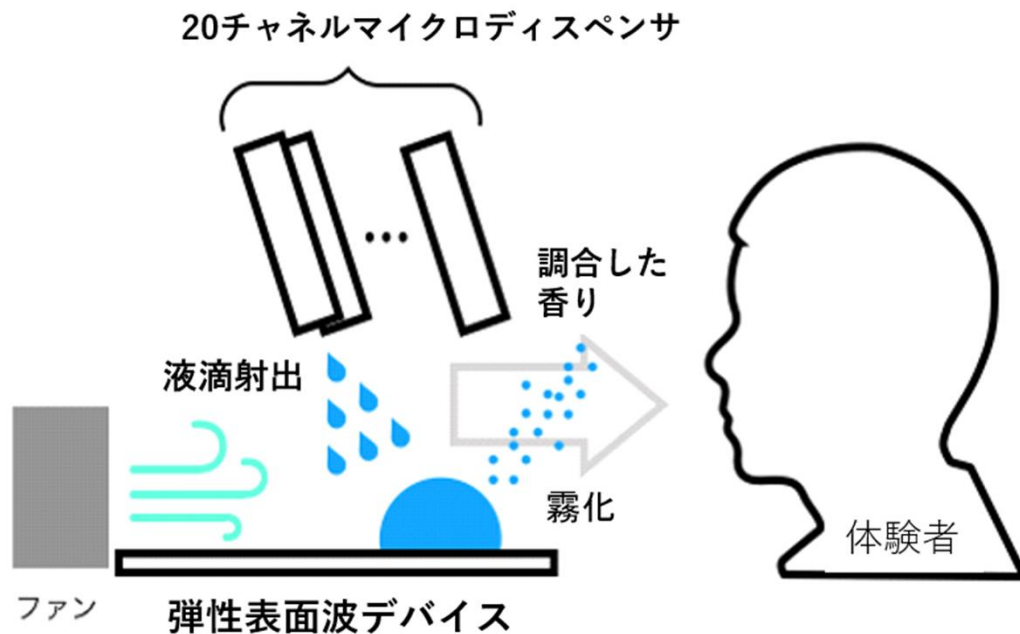
ヘッドマウントディスプレイと併用し**嗅覚VR**を実現

①② 要素臭 & 嗅覚ディスプレイ

185精油の質量分析器データから20要素臭を決定

嗅覚ディスプレイの原理

20要素臭と嗅覚ディスプレイを用いた香り再現の官能評価（3点識別法）



電学論E, 2022

	液体レベル の調合	嗅覚ディスプレイ による香り提示
Lemon (Citrus)	3/9	8/18
Parommarosa (Exotic)	3/9	5/18
Carrot Seed (Spice)	2/9	3/18
Elemi (Resin)	1/9	3/18
Lavender (Floral)	2/9	5/18
Cypress (Woody)	3/9	6/18
Mentha arvensis (Herb)	3/9	9/18

三点識別法：2つ同じで一つ異なるサンプルを嗅いでどれが異なるかをあてる方法。正解率が1/3に近い場合、近似精度が高い。

・近似臭とオリジナルの香りの区別ができるかを嗅ぎ比べ官能評価した結果、両者の間には有意差無し（有意水準5%）

・これまでに香り再現の基本手法を確立済

②嗅覚ディスプレイ、③オンライン広告

CEATEC2023に出展

ホームページでクリックした香りを
嗅覚ディスプレイで再現。香りは20
の要素臭の調合比で表現

【精油 100選】

Essential Oil libraries

Samples



Lemon



Palmarosa



Cypress



Elemi



Lavender



CarrotSeed

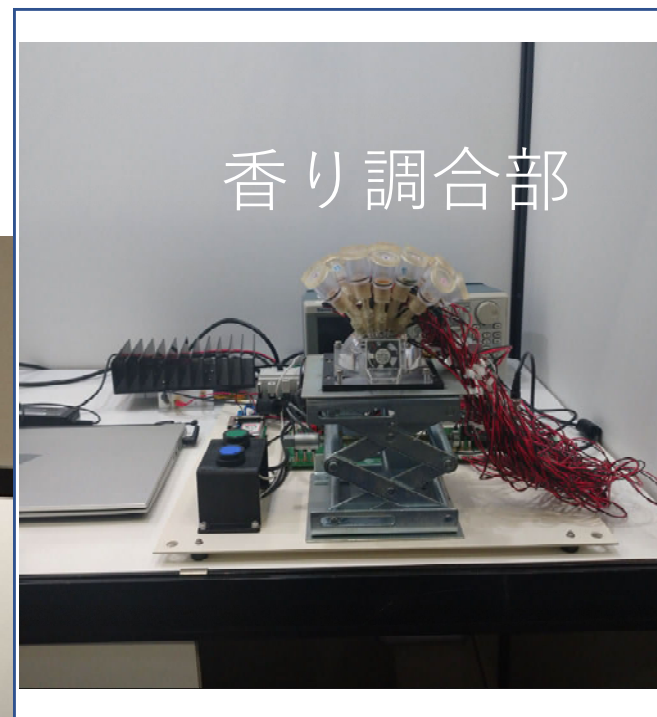
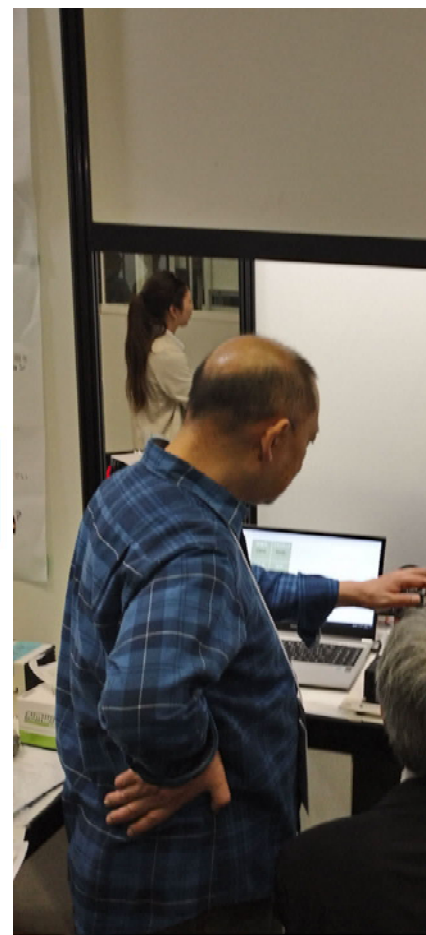


MenthaArvensis



Coriander

Click



香り調合部



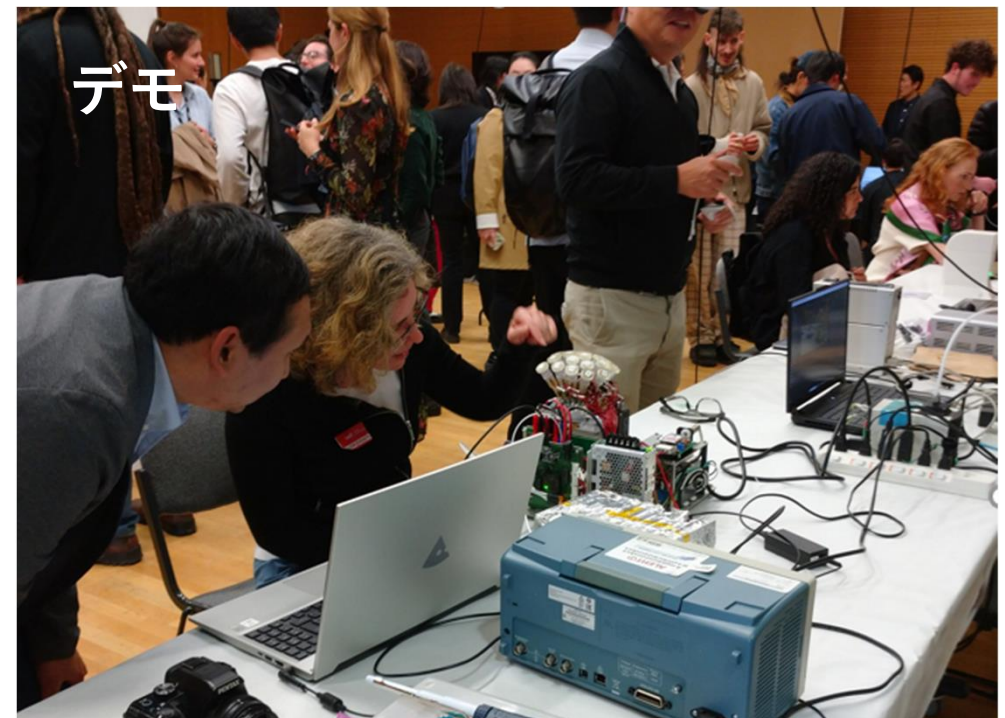
②嗅覚ディスプレイ、③オンライン広告

- ・精油・香水・食品の香りを提示できるようにホームページを拡張する。
- ・国際嗅覚ディスプレイワークショップをオーガナイズしてロンドンにて開催し、世界各国の人々に体験してもらった。

日欧の9研究グループが一同に介して講演とデモを行った。



デモ



International Olfactory display Workshop 2024

-Presentations and Demos-

Location: CSM (Central Saint Martins)

Organizers:

Takamichi Nakamoto

(Tokyo Institute of Technology)

Nathan Cohen

(University of the Arts London)

Date: 8th May 2024



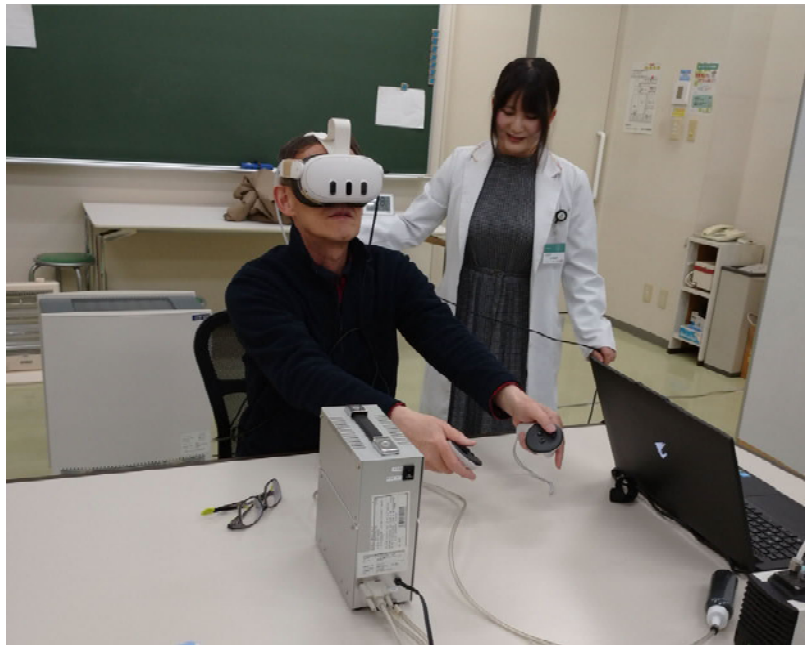
<http://silvia.mn.ee.titech.ac.jp/html/Location8.pdf>

⑤医療・リハビリ応用

- ・嗅覚能力の向上、記憶力の維持向上を目的とした嗅覚ゲームを制作した。
- ・最初にターゲットの香りを嗅いで記憶し、しばらく探索した後、3つの候補からターゲットの香りを当てるゲーム。
- ・CEATEC2023に出展して数多くの人に体験してもらった。
- ・嗅覚心理の研究者の協力を得て、高齢者を対象に嗅覚ゲームの予備実験を行った。



CEATEC2023@
幕張メッセ



高齢者を対象とした嗅覚ゲームの実験風景



ゲームの中で立札から匂いが出ている様子

匂いセンサによる匂い再現実験

- 等量を混合するとOlfactory Whiteとなる30種類の化合物を使用
以下の8種類のフレーバ，食品の匂い再現を試みた

→ 5種類で，Cyrano 320（匂いセンサ）の応答パターンの再現に成功
匂いの特徴が少なくとも一部は再現された

調合臭	応答パターンの再現
[花・果実]	
オレンジフレーバ	成功
[菓子]	
チョコレートフレーバ	成功
[コーヒー]	
コーヒーフレーバ	再現度が低い
[カレー]	
レトルトカレー	再現度が低い
[バター]	
バターフレーバ	成功
[醤油]	
醤油	成功

調合臭	応答パターンの再現
[酢]	
酢	成功
[和風香辛野菜]	
ジンジャー	収束せず
[バター]	
バターフレーバ	成功
[醤油]	
醤油	成功

■ 目指す将来像

嗅覚ディスプレイは、一般家庭への普及の前に店舗やイベントでまず使用できる装置にする。また、クリエイターが自身のコンテンツに容易に香りをつけられるようにして、嗅覚コンテンツの質と量の拡充を図る。さらにAIを駆使した香り創作や匂いセンサを用いた遠隔匂い伝送の技術も進展させ、デジタル嗅覚ツイン・香るサイバー空間を実際に体感できるような環境を構築する。

■ 研究の特徴、従来研究との比較

【技術面】

- ・少数の要素臭を用いて多様な香りを再現する技術を世界で初めて実現した。
- ・従来は複数の香りから一つの香りを選択して香り提示を行っていたが、20成分以上の多成分を精度よく瞬時に自動調合する技術を世界で初めて開発した。
- ・数値流体シミュレーションで計算した濃度分布にもとづき仮想空間上で香りを体験できす仕組みを世界で初めて開発した。従来は等方拡散や風速風向一定で障害物のない環境でしかできなかった。

【研究全体】

- ・本技術の適用により、香り開発の期間やコストが大幅に削減されることが期待される。
- ・本研究によりこれまでできていなかった香りのデジタル化及びデジタル嗅覚ツインの実現を目指す。

■ 研究推進における課題

【技術面の課題】

- ・今後、再現できる香りの範囲を拡大する。
- ・実用化に向けて、残香対策等を行う必要がある。
- ・医療・リハビリ等に向けた応用では、客観的に有意性を説明する実験の計画が必要である。

【社会実装に向けた課題】

- ・嗅覚ディスプレイには用途に合わせたタイプがあり、そのラインアップを揃える。
- ・現在、嗅覚ディスプレイを市場に供給できる体制ができつつある。今後、社会実装に向けて、要素臭を供給する体制の整備、香るコンテンツ作成のソフトウェアツールの整備等が必要である。

■ 期待する共同研究・事業連携先

- ・食品・飲料、化粧品に関連する企業、通信・IT 関連の企業、イベント運営会社、自動車関連の企業、ヘルスケア関連の事業者等との共同研究を希望。
- また、香料会社、香り開発を独自に行いたい企業、香り付きの各種コンテンツへの展開を考えている企業、ヘルスケアで香りの効果を生かしたい企業には、本技術の導入が有効と思われる。
- ・想定される用途：調香、製品開発、ゲーム、シミュレータなど

■ お問い合わせ先

中本高道 nakamoto@nt.pi.titech.ac.jp

■ 論文・学会発表等

- M.Uda, T.Nakamoto, Influence of user's body in olfactory virtual environment generated by real-time CFD, IEEE Virtual Reality, 2024.
- (Invited review paper) Dani Prasetyawan, Member, Takamichi Nakamoto, Odor Reproduction Technology Using a Small Set of Odor Components, 電気学会共通英文誌、2023, <https://doi.org/10.1002/tee.23915>
- (Keynote speaker) T.Nakamoto, Recent topic of olfactory information technology, iSITIA, July 26th, 2023 Indonesia .
- (年間ダウンロード数 top 10%) Iseki M, Prasetyawan D, Yokoshiki Y, Nakamoto T. A study of odor reproduction using multi-component olfactory display. Electr Eng Jpn.2022 e23392. <https://doi.org/10.1002/eej.23392>.
- (Keynote Speaker) T.Nakamoto, Olfactory signal processing and olfactory display, Bio-Digital Standardization Forum in Korea, June 19th, 2023.
- (Best poster award) H.Matsukura, N.Suzuki, R.Chida, S.Takahashi, Y. Uzawa, and H.Ishida, Subtractive Mixing of Odor Components from Olfactory White to Generate Various Odors from a Limited Number of Components, ICAT 2023.

■ 本技術に関する知的財産権

発明の名称：嗅覚ディスプレイ用要素臭の決定方法及び要素臭決定装置

出願番号：特許 5142326 号

出願人：東京工業大学

発明者：中本高道、村上恵介

発明の名称：匂い発生装置

出願番号：特許第6444774号

出願人：東京工業大学

発明者：中本高道、橋本和樹

発明の名称：匂い調合装置、匂い記録装置、匂い再生装置及び匂い記録再生システム

出願番号：特許4452842号

出願人：東京工業大学

発明者：中本高道、ファン ハイ ディン ミン

発明の名称：匂い発生装置

出願番号：特許5429993号

出願人：東京工業大学

発明者：中本高道、アーリヤクン ヨッシリ

■ 産学官連携の経歴

2009年-2009年 JST ASTEP事業に採択