

科学技術と日本の将来 「昆虫のもつ匂い能力が守る日本社会」

東京大学
工学部 機械工学科 4年
藤林 駿佑



1. はじめに

どうして、スマートフォンに視覚センサ（カメラ）、聴覚センサ（マイク）、触覚センサ（タッチスクリーン）が使われているのに、味覚と嗅覚のセンサは使われていないのだろう、とふと気づいたことがある。現代の社会を全体として捉えると、何となしに、匂いというものに対して期待感が少ない、と考えるのは私だけだろうか。一方、個人として経験を振り返った時、如何程匂いに頼っているだろう。賞味期限の切れた食材を手にした時、街中で嗅ぎ慣れたコロンを感じた時、顔の中心に鎮座する鼻という感覚器官に神経を集中させる人が多いかもしれない。

本論文では、そんな嗅覚受容にスポットライトを当て、匂い検出が近い将来日本社会に与える可能性について考えたい。

2. 国際関係の多様化と複雑化、その中で日本が抱える課題

種々の報道や報告からも分かるように現在の予想不能な国際状況の中で、日本は特殊な環境に置かれている。歴史を振り返っても、地理的に「辺境」に位置し、世界的に稀有な境遇に立ってきた[1]。これからの時代は、少子高齢化による人口減少、高齢化率の上昇、集落の解体などの希望の持てない予測[2]に対して、「課題先進国」として世界の先頭に立って取り組む姿勢が期待されている[3]。

そんな中、世界との関わりの中で課題となるのは、外国から国内へのヒト・モノの動きの増加に伴う検閲の困難さである。この課題は欧州で重大な問題とされており、一昨年イギリスに留学のため滞在していた際、移民をテーマとした議論が一般家庭の日常会話まで浸透していることに驚いた。それは身近な問題と捉えているからであろうが、徐々に日本国内でも国際化の実感を帯びてきた現在、まずはこの問題への興味を持つことから始められる必要があると考える。

3. 危機管理局としての税関の役割と現状

ヒト・モノの国内外への出入りを管理しているのは税関と呼ばれる行政機関である。平成29年7月1日現在で税関支署、出張所と監視署を含めると合計187ヶ所が設置されており、水際危機管理を分担している[4]。

神戸税関の発表によると、2010年から2014年という短期間で、年間訪日外国旅行者数、輸入申告件数、輸入郵便物検査提示個数はそれぞれ1.58倍、1.34倍、1.26倍と増えた[5]。今後さらに増加すると考えられており、それに伴う不正薬物や危険物密輸への対策が喫緊の課題とされている。

法律面では、2005年にテロ対策として、国内でテロに使用される可能性のある爆発物、火薬類等の危険貨物を輸入禁止製品に追加するという関税法の法改正が行われた[6]。

技術面では、税関を通過するヒト・モノについて危険物等の検出の方法の全ては公にはされていない。ただ、我々が知りうる範囲では少なくともX線検査装置や検査犬が主な技術として用いられている。さらに、それらに加えて種々の技術が現場導入に向けて技術開発が進められている[7][8]。

4. 税関における危険物検出手法の課題、昆虫の嗅覚能力

先に述べた通り、犬の優れた嗅覚はよく知られるところであり、探知犬として税関等で活躍している。しかし、探知犬には課題がある。1点目は、個体数の少なさである[9]。検知すべき匂いは動植物臭、麻薬臭から爆発物臭まで幅広く、さらに複数の税関の箇所との掛け合わせを考えると、全てを取り扱うことは困難であろう。2点目は、トレーニング期間の長さである。探知犬に育てられることが決められた個体は幼児のころからトレーニングが始まり、1年かけて育てられたのち、現場で活躍するまでには7~8年を要する[10]。これに加えて犬とコンビを組む税関職員であるハンドラーの養成にかかる期間を考慮に入れるとその課題は明らかだろう[9]。

一方、X線での検出についても、形状のみから危険物かどうか判別することは困難、といった課題がある。

ところで、意外に思われるかもしれないが実は、昆虫は犬に匹敵するレベルの嗅能力を持っているのである。昆虫記でよく知られたファーブルは、100年以上前にメスのガから出される匂い物質によってオスのガが数キロ先からも誘引されることを観察した。このような匂い物質はフェロモンという名で一般にもよく知られているが、昆虫はフェロモン以外の匂いも嗅ぐことができる。例えば、セイヨウミツバチは爆発物臭であるジニトロトルエンと呼ばれる化学物質を非常に高感度で検知することが出来る[11]。昆虫は、同種間のコミュニケーションの大部分を匂いに頼っているのである。さらに、昆虫は世界中に100万種存在し

ており、それぞれの種で異なる嗅覚の特徴を有していることから、彼らが検知可能な匂いの種類は膨大である。

5. 匂いセンサ昆虫細胞の可能性

危険物の探知に犬や人間の嗅覚を用いるのは有効であるが、その手法は十分に確立されたとは言えないのが現状である。匂い検出で困難な点は2つに大別される。1つ目は、気中で複数の化学物質の複合臭で存在している点。2つ目は、原臭が存在しないこと。つまり、三原色をパラメタ調整したらあらゆる色を合成できるのとは異なり、個々の化学物質を認識する必要があるということである。

私の所属する東京大学先端科学技術研究所神崎研究室では、昆虫の嗅覚受容の仕組みを模した「センサ細胞」の技術を保有している。遺伝子工学の技術を用いて、昆虫培養細胞に、特定の匂いを検出できる昆虫由来の嗅覚受容体を発現させた。図1のような、昆虫の嗅覚受容の仕組みを反映させたセンサ素子である[12]。検出の流れは、①匂い物質が細胞に到達。②イオンチャネル型タンパク質嗅覚受容体の立体構造が変形。③細胞の外から中へカルシウムイオンが流れ込む（ここまでは生物としての昆虫と同じ機構）。④カルシウムイオン濃度の変化を、細胞内に発現させた GCaMP というタンパク質が検出し、蛍光を発する。こういった単純な機構により、匂いの到達を我々人間は視覚情報として得られる。その匂い検出の様子の実験結果の一例を図2に示した。写真では疑似カラー処理が施されているが、匂いの刺激で蛍光を発する様子が観察される。

このセンサ細胞は感度が優れていることが既に示されている[13]。また、選択性、つまり複合臭の中から特定の匂いだけを検出する能力に長けている。さらに、匂いの到達から検出までに要する時間が数秒オーダーであり、リアルタイム性も保証されている。

今後この匂いセンサ細胞の技術を用いて、匂い検出機器が完成すれば、動物やその他の主な匂い検出機器を用いる際の課題に対して大幅な改善が見込まれる。複合臭の中から特定の匂いを検出する事に関しては、先にも述べた通り匂いセンサ細胞の得意とすることである。さらに、動物を使う際に課題となる寿命について、細胞には大量培養する技術があり、使い捨て可能なセンサチップ化することで解決できる。

6. おわりに

近代社会において、嗅覚は、定量評価が困難であることから五感の中でも教育されることの無い器官として、立場は低下の一途をたどってきた[14]。しかし同時に、その面妖な魅力に取り憑かれた人は少なく無かつただろう。匂いの定量計測技術の進歩により、その隠然たる力を解放できるのではないだろうか。今後実用の分野において活用されることになれば、

特にセキュリティ分野において大きな貢献をすることになるだろう。国際化の社会潮流の中で、「虫の知らせ」が危険物の検出を意味する将来は近いかもしれない。

図1. センサ細胞の仕組み

遺伝子工学の技術を用いて嗅覚受容体と GCaMP3 を細胞内に発現させる。
匂い検出の仕組みは 1) 匂い物質が嗅覚受容体へ結合。 2) カルシウムイオンが細胞内へ流入。
3) GCaMP3 とカルシウムイオンが結合。 4) 蛍光強度の増加。
光野ら, 2014 より引用

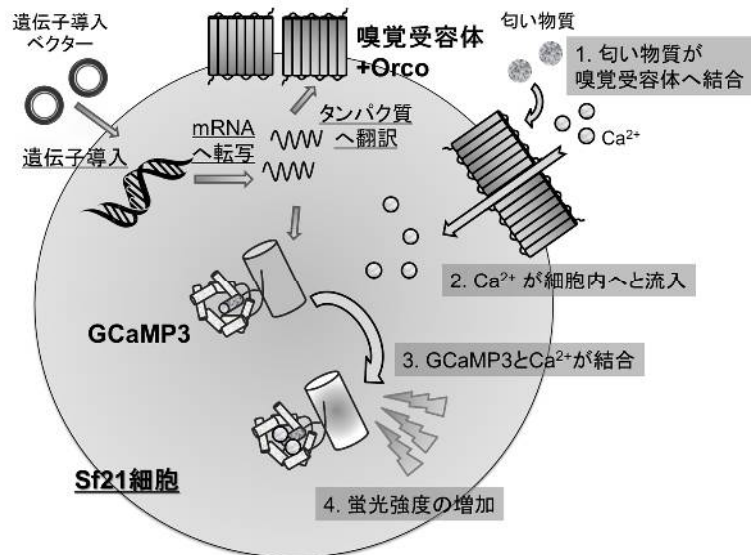
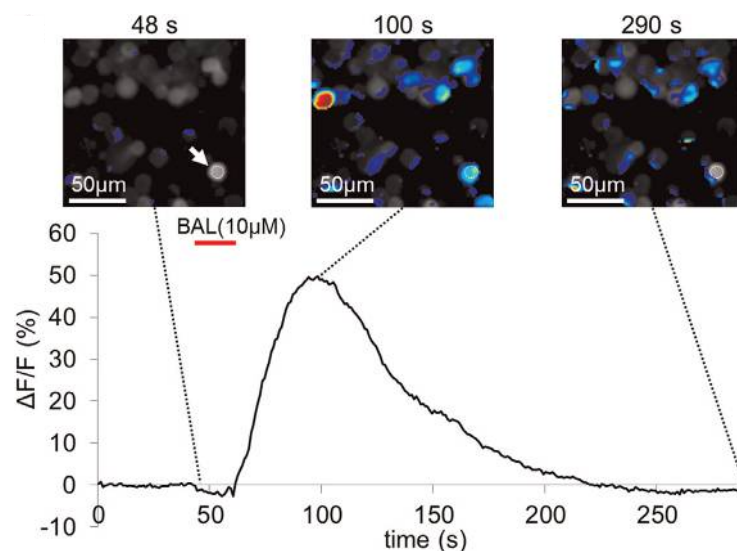


図2. センサ細胞が匂い物質を検出している様子.

写真中の細胞はボンビカールと呼ばれるフェロモンを検出できる「センサ細胞」。実験開始 50 秒のタイミングでボンビカールを「嗅ぐ」と細胞が光っている様子が観察できる。

Mitsuno et al, 2015 より引用



参考・引用文献

- [1] 内田樹 (2009/11/1) 『日本辺境論』新潮新書
- [2] 増田寛也 (2014/8/22) 『地方消滅 - 東京一極集中が招く人口急減』中公新書
- [3] 小宮山宏 (2007/9/1) 『「課題先進国」日本—キャッチアップからフロントランナーへ』中央公論新社
- [4] 税関「税関の機構」
<<http://www.customs.go.jp/zeikan/z-kikou.htm>>
(参照 2018-01-22)
- [5] 神戸税関 (2016) 「最近における関税政策・税関行政について」
<http://www.kanzei.or.jp/kobe/kobe_files/pdfs/soukaikouen201606231.pdf>
(参照 2018-01-22)
- [6] 小黒一正 (2005/4) 「国際テロ対策に係る関税局・税関の取組みについて」、
『ファイナンス』4、財務省
- [7] Thermo Fisher SCIENTIFIC 「化学物質、爆発物、および麻薬の識別」
<<https://www.thermofisher.com/jp/ja/home/industrial/spectroscopy-elemental-isotope-analysis/portable-analysis-material-id/chemical-explosives-narcotics-identification.html>>
(参照 2018-01-22)
- [8] 日立製作所 (2016) 「爆発物の有無を 3 秒で探知する『ウォークスルー型爆発物探知装置』を提供開始」
<<http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2016/09/0929.html>>
(参照 2018-01-22)
- [9] 池田まき子 (2007/7/31) 『検疫探知犬クレオとキャンディー—空港で働く名コンビ』ハート出版
- [10] 税関「麻薬探知犬」

<<http://www.customs.go.jp/mizugiwa/maken/maken.htm>>

(参照 2018-01-22)

[11] MacDonald, Jacqueline et al. (2003) Alternatives for Landmine Detection: INTRODUCTION, RAND Corporation

[12] 光野秀文、櫻井健志、岩松琢磨、神崎亮平 (2014/11/11)

『感覚デバイス開発—機器が担うヒト感覚の生成・拡張・代替技術』廣瀬通孝ほか、NTS

[13] Mitsuno et al. (2015) Novel cell-based odorant sensor elements based on insect odorant receptors, Biosensors and Bioelectronics, Vol.65, pp. 287-294

[14] 鈴木隆 (2007/9/26) 「五感コミュニケーション研究会 第3回 『匂いの世界』 ～香りと嗅覚が拓げる人間の可能性～」

<http://www.hansokuken.co.jp/pdf/gokan_2007_03.pdf>

(参照 2018-01-22)

