

特集 生活の中の化学物質を問う

01

脳科学から見えてくる香害の影響

岡本 剛 (九州大学基幹教育院 准教授)



岡本 剛 氏

## はじめに

私たちは様々な刺激に囲まれて生活している。と言うより、「周囲にある様々なモノを感覚刺激として認識できる脳」を使って生活していると聞いたほうが正しい。それらがあまりに当たり前を実現されているため、「全ての感覚は、脳という仮想空間内で脳が作り出した仮想現実である」ことを認識することは通常ない。

例えば、色について考えてみて欲しい。あなたが見ている色は絶対だろうか。「人によって見ている色が違う」可能性があることを知っている人はどれだけいるだろうか。本題から逸れるため色の話題は最小限に留めるが、脳は決して絶対評価で色を決めているわけではなく、注目している色とその近隣の色との相対評価をし、さらに周囲の光の状態も加味して決めている。だからこそ、2015年の「ドレスの色論争」(同じ写真なのに、青地に黒のレースラインが付いたドレスに見える人と、白地に金のレースラインが付いたドレスに見える人が出た)のようなことが起こってしまう。そもそも、自然界に色という物理量は存在しない。

では、感覚刺激の源は何だろうか。色の源は光の波長だし、音の源は空気の振動だ。そして、嗅覚や味覚の源は化学物質である。鼻で気体を嗅ぐのと、舌で液体や固体を味わうという違いはあるが、どちらも化学物質を知覚するものだから、脳科学の分野では、嗅覚と味覚をまとめて「化学感覚」と呼んだりもする。

光や音はコンピュータ上で(プログラミングの技術があれば)簡単に作成・制御できるのに対し、化学物質は作成することも制御することも難しい。液体の化学物質については、その味を定量化する味覚センサが開発されているが、気体の化学物質は、センサの開発も脳の研究も遅れている。

本稿では、その匂いに焦点を当て、ヒト嗅覚の特性や特徴、生活の中における匂いの課題について取り上げる。特に、ある種の柔軟剤に代表され



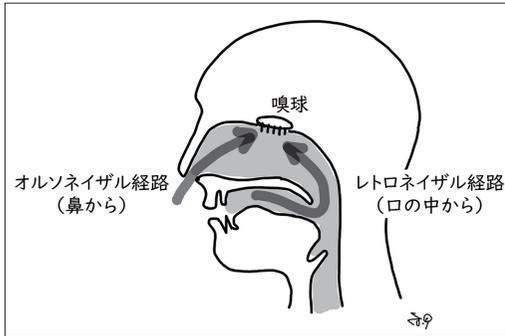


図3

知は不可欠だ。その一方、ヒトは視覚依存度が高く、外界の大部分を視覚で捉えているため、コミュニケーションに積極的に匂いは使っていない。現に、フェロモンを検出する鋤鼻器官は、ヒトでは（実はサル、鳥、ワニも）退化してしまっている。しかし、食物については、匂いで食べ物の在り処を発見する食物発見ではなく、味の修飾としての役割を拡大させてきた。

匂いを嗅ぎ取るための経路は、実は2つある（図3）。1つ目は、鼻をクンクンさせて鼻の穴から匂いを吸い込んで嗅ぐ（嗅球の下にある嗅上皮に到達する）経路で、オルソネイザル経路と呼ぶ。犬はヒトよりも検知できる化学物質の種類が多い（嗅覚受容体の種類は、犬が約 800 種類あるのに対し、ヒトは約 400 種類しかない）だけでなく、このオルソネイザル経路が発達しているため、クンクンして嗅ぐ能力がヒトより高い。2つ目は、口の中から喉を経由して嗅ぐ経路で、レトロネイザル経路と呼ぶ。犬など、霊長類以外の哺乳類は、一般にこの経路が弱く、なかなか口中の匂いが嗅上皮まで到達しない。そのため、食べている最中に感じる食べ物の匂いは、犬よりもヒトの方が遥かに豊かであると言える。

匂いの源となる化学物質は、鼻の奥の上側にある嗅上皮に届いた後、どのように検出されるだろうか。化学物質を鍵だとする

と、それを受け止める鍵穴の役割をしているのが嗅覚受容体である。嗅覚受容体は、嗅上皮を構成する嗅細胞に生えた毛の表面に付いている。そして、この鍵と鍵穴が「多対多」の非常に複雑な関係になっている（図4）。こうすることで、受容体の種類より遥かに多くの種類の匂い分子を識別することが可能になる。もし、鍵と鍵穴が1対1なら、識別可能な匂い分子の種類は、受容体の種類に限られてしまう。鍵と鍵穴が多対1なら、検出できる匂い分子は増えるが、似た形状の匂い分子の違いは識別できなくなってしまう。

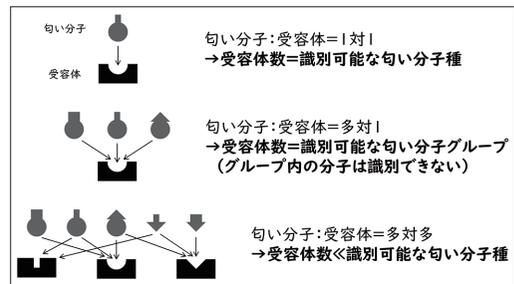


図4

## 匂い評価の難しさ

少し難しい匂いの情報処理から、より直感的な匂いの性質に話題を変えよう。さて、私たちが日常的に感じる匂いの特徴は何だろうか。これだと答えにくければ、匂いを評価することが難しいのはなぜかを考えてみて欲しい。それでも想像しにくければ、飴でもハンドクリームでも何でもいいので、匂いのある近くの物を手にとって、その匂いの強さや種類を言葉で表してみよう。自信を持ってハッキリと表現できる人はいるだろうか。

ここでは、匂いの評価が難しい理由を4つにまとめてみたい。

まず1つ目の理由は、順応という性質に

ある。私たちの鼻は、何らかの匂いにさらされるとすぐにその匂いに慣れてしまい、その匂いを感じにくくなってしまう（順応）。これは、嗅覚情報の入り口である嗅覚受容体が匂い分子に慣れやすいため、脳がどう頑張っても、同じ環境ではなかなか慣れから抜け出すことができない。ただし、環境が変われば簡単に解消し、新たに匂いを感じるようになる。ちなみに、繰り返し刺激を受けると脳が慣れてしまうことは馴化と言ひ、これは簡単には解消できない。

順応はヒトだけの性質ではなく、他の動物でも起こる。もちろん、その方が生き残るのに有利だから備えている性質で、順応があることで匂い環境に素早く適応できるという利点がある。つまり、生命の危険があるような場所ではその匂いをすぐに検知して緊急避難しなければならないが、生命の危険のない「ただ臭いだけ」の場所なら、すぐ慣れてしまった方がハビタブルゾーン（後述するように、実はこの性質が、香害にも関係する）の拡大に繋がる。

ただし、私たちの日常生活では、同じ環境の中で、順応から復帰しながら、異なる匂いを嗅ぎ分けなければならない状況がある。アロマオイルや香水を選ぶ時はまさにそういう状況だと言える。一方、仕事柄、繊細な嗅ぎ分けを常に要求される人たちもいる。調香師、杜氏、ウイスキーのブレンダーなどである。これらのケースでは何を使って鼻のリセットをすればいいだろうか。

効果の明確なエビデンスがあるわけではないが、次の方法がよく使われるため紹介しておきたい。まず、強い香りのリセットには、コーヒー豆が使われる（図5左）。実際、香水売り場には必ずと言っていいほどコーヒー豆が置かれている。焙煎したコーヒー豆の極めて複雑な香りに、強い匂

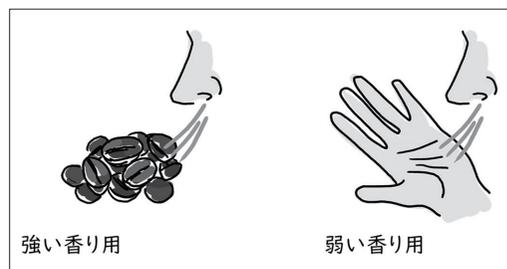


図5

いをリセットして受容体を復帰させる効果があるのだろう。弱い香りのリセットは、自分の体臭が使われる（図5右）。それは、着ている服の匂いだったり、手のひらの匂いだったりする。素人が手のひらの匂いで嗅覚をリセットすることは難しいように思うが、酒造りの現場では実際そうしていると杜氏の方から聞いたことがある。

では、匂いの評価が難しい次の理由に移ろう。2つ目の理由は、化学物質の濃度に依じて、匂いの種類が変わり得ることだ。例えば、インドールという化学物質は、低濃度だとジャスミンの花のような香りがするが、高濃度だと糞便臭のような臭いになってしまう（図6）。

筆者の周辺では、確かに高濃度のインドールには顔をしかめる人が多い（実際、多くの人に嗅いでもらっている）。しかし、外国人の先生の中には、こちらの方が好きだという人もいたりする。この先

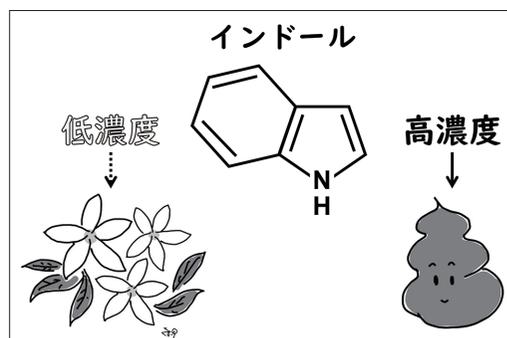


図6

生は、変な匂いであることは認めた上で、「でも、私はこちらの方が好き」だと言っていた。このように、匂いには快・不快と好き・嫌いが一致しない場合がある。そしてそのような匂いについては、主観的な評価が不安定になる（比較的低い濃度だと、匂いの表現が人によってバラバラになる）ことが筆者らの研究からわかっている (Hamakawa & Okamoto, Flavour and Fragrance Journal, 2018)。

3つ目の理由は、匂いの情報処理に関わる脳の領野が多様で、経験や記憶に依存して匂いの評価が大きく変わることだ (図 1)。嗅覚研究で、匂いを評価する際に必ず確認しなければならないことに「親密度」がある。親密度が異なれば匂いに対する印象が真逆になることもあるため、これを調べておかないと、まず査読者から指摘が入る。例えば、筆者はパクチャーの香りが大好きで、トムヤムクンからパクチャーが香って

くると幸せな気分になる。でも、食べ慣れていない人に言わせると、パクチャーはカムムシと同じ匂いらしい。

4つ目、匂いの評価が難しい最後の理由は、言語表現の難しさだ。味覚だと、基本的な6種類の味とその言語表現が定まっているため、その組合せで味を表すことができる。色覚だと、主要な多くの色に明確な言語表現があるため、もっと表現しやすいだろう。しかし嗅覚は、非常に多くの化学物質が認識可能な反面、核となる表現が存在しない。そのため、近いと思える匂いをできるだけ沢山、正確に思い出して表現することになる。これが曖昧で非常に難しい。自由に記述してもらおうと、全く想像のできない、その人しかわからない匂い表現が出てきたりもするため、実験では、あらかじめ言語表現リストを用意し、その中から選んで回答してもらおうことが多い (図 7)。

植物	ハーブ、葉、切った茎	果物	カンタロップ、ハネデューモン	焦げた、焼けた	焼けた、焼した	薬品・燃料	エーテル、揮発薬
	葉芽の		菓物(糖縁系)		臭を嗅いだような		アンモニアのような
	ユウガリの		菓物(その他)		酸が燃えたような		酸味性、アルコールの
	ミント、ペパーミント		オレンジ(菓物)		燃えたろく		酸い、刺戟的な、酸
	じゃぶのような		ナシ(菓物)		いやなタバコの煙		樟腦のような
	木、樹木、樹皮		にんにく、まねぼ		焼けたごんのような		タールのような
	花の、フローラル		バナナのような		新鮮なタバコの煙		膠着質のような
	アニス(カンゾウ)		レモン(菓物)		焦げた牛乳		ガソリン、溶剤のような
	テレピン油(マツ油)		ストロベリーのような		すずの		塩素の
	新鮮な青野菜		モモの(菓物)		汗臭い		薬の、医薬品
	キョウワダイ		グレープフルーツ		臭の		アルコールのような
	樹皮、シシトウの樹皮		レーズン、押しドウ		動物		化学的な
	バラのような		さくらんぼ(菓物)		糞(肥料のような)		クレオソール(フェノール含有の薬品)
	セロリ		リンゴ(菓物)		イースト、酵母		除光液、マニキュア落とし
	生の骨髄のような		パイナップル(菓物)		濡れた羊毛、濡れた犬		ニス
	臭のジャガイモのような		ブドウジュースのような		水気のような		行違
	豆のような		経路された野菜		屎のような		家庭ガス
	ゼラニウムの葉		甘い		精子、精液のような		洗浄液のような
	スギ材のような		シナモン		洗濯物、汚れ物のような		臭い、ライトな
	物研した臭		ポップコーン		塵の臭のような		臭い、ペーパ
	インド(セサミ科植物)のような		肉の(調理された、良い匂い)		死体、死んだ動物のような		深しい、ひんやりする、クール
	スミレ		ハチミツのような		血のような、生肉の		湿かい
	茶葉のような		糖蜜、糖液		油の、脂肪の		金属の
	コルクのような		パイロウのような		古くさい、臭の揚げ、腐りかけ		程しい、粉上の
	タンナー		アーモンドのような		下着臭の匂い		かび臭い、土の、若い
	ナッツの(クルミなど)		新鮮なバター		臭散させた(腐った)菓物		ペンキ、酸の臭のような
	月桂樹の葉		チーズ		酸味のある牛乳		石鹸の
	穀物のような		ブタックベッター、ミンシウのような		腐敗した、不潔な、ゴミの		コロソ(香水)
クロロのような	ビールのような	腐った、悪臭の	チーク				
干し草	ピーマン、シシトウ	臭が広がる、うざりする	革のような				
オーク材、コニャックのような	フライチキン		ロープ、縄のような				
キノコのような	焼した魚のような		厚紙のような				
ココナツのような	カラメル		濡れた紙のような				
臭い、フグシメント	ザウアークラウトのような		新しいゴム				
芳香の、アロマな	チョコレート						
香気の、パフューム	ピーナツバター						
物研したタバコの葉	コーシーのような						
	スープのような						
	凍ったアイス						
	メーブルシロップ						
	肉用の調味料						
	新鮮な卵						
	すず払い、臭、汗						
	辛い、ピター						
	びりびりした、スバレー						

匂いの言語表現リスト (Hamakawa & Okamoto, 2018)

図 7

## 生活の中の化学物質と香害

次は、生活の中で身近な化学物質について取り上げよう。そもそも、地球上の生物が住んでいる場所には必ず化学物質が存在する。フグ毒やキノコ毒など、天然物でも生命を脅かす危険な化学物質がある一方、私のような頭痛持ちには欠かせない頭痛薬など、人工物でも日常生活に欠かすことのできない重要な化学物質もある。以上は極端な例だが、どちらも目に見える形状のため（だからこそ間違えてしまうこともあるが）、まだ対処はしやすい。問題なのは、目に見えない気体で空気中に浮遊している揮発性化学物質だ。「直ちに健康被害が及ぶわけではない」種類・量の化学物質でも、暴露を続けると、思わぬ健康被害を生じることがある。嗅覚は順応しやすいため、暴露されていることを忘れやすいのもたちが悪い。

では、どんな揮発性化学物質だと私たちの健康に悪影響が懸念されるだろうか。環境省が定めた「大気汚染に係る環境基準」では、二酸化硫黄、一酸化炭素、浮遊粒子状物質（近年問題になっているPM2.5もこの一種）、二酸化窒素、光化学オキシダントの基準数値が定められている。目に見えない気体で、さらに匂いがしない有害物質は特に危険なので、その発生が想定される場所には行かないか、警報器を設置しておくか、持っていくことを強くおすすめする。一般人はそんな危険な場所に行かないよ、と思われるかもしれないが、一酸化炭素は一般家庭でも発生しやすく、注意が必要だ。筆者が冬のキャンプで薪ストーブを使う際は、必ずメーカー違いの一酸化炭素濃度計を2台（いずれも信頼のできるメーカー製）設置している。

もう少し身近で、警報器を置くまでもな

いが、気になる匂いはどうだろうか。特に、本稿のタイトルにも掲げている「香害」の要因となりそうな匂いには何があるだろうか。その前に、馴染みのない読者のために、香害について説明しておこう。香害の読みは公害と同じ「こうがい」で、香りが原因となって引き起こされる不快感や健康被害のことを表す。「匂害」でも「臭害」でもなく「香害」であることに重要な意味がある。「良い匂い」に位置づけられる「香り」が、有害事象を引き起こすことが問題なのだ。大好きな香りの香水を付けて気分があがっていると、それによって苦しんでいる人がいるかもしれないということには気づきにくい。

香害という言葉は、海外の柔軟剤が日本でブームを起こした2009年頃から使われ始めた。そのため、香害の多くは「柔軟剤の香害」を指すように思う。では問題となる柔軟剤の香りの特徴は何だろうか。それは、強さと持続性の両立である。匂いの強さは、空気中に含まれる匂い分子の濃度の「対数」に比例して変化することが知られている（ウェーバー・フェヒナーの法則）。つまり、匂いの強さを2倍、3倍にしようと思ったら、元の分子濃度を10倍、100倍にしなければならない。そして匂いを持続させるということは、何らかの技術で匂い分子を揮発させ続けるということだ。匂い刺激が全くない完全無臭空間も好ましいとは言えないが、強い匂いに暴露され続けるのも問題がある。

特定の化学物質を慢性的あるいは大量に曝露されることにより引き起こされる最悪のケースが化学物質過敏症である。花粉症と同じように、一旦この引き金が引かれてしまうと、非常に微量な化学物質の暴露でも、脳と身体が過敏に反応し、様々な健康被害を引き起こす。そのため、防毒マスク

を装着しないと外出できず、本を読みたくても印刷物の匂いで頭が痛くなって本が読めないという事態に陥ってしまった方もいる。さらに問題なのは、どういう機序でそういう症状を引き起こすのかの詳細が未だ不明で、診断や治療ができる医療機関が日本には数える程度しかないことだ。

このような深刻な状態になっている方々のケアと合わせて、香害や化学物質過敏症を引き起こさない香りとの付き合い方を、一人ひとりが真剣に考える時期に来ていると思う。自分が好んで使っている高濃度の香りによって、ある日突然、あなた自身の健康が脅かされる可能性さえあるのだ。もちろん、強い香りが持続する柔軟剤がここまで普及した背景には、消費者がそれを望んだことがある。たしかに、それにより気分が上昇したり、リフレッシュしたり、心理的に良い効果が期待できる面はある。しかし、危険性もあることを知った上で、少なくともその環境にいる人全員が嫌な思いをしない程度の強さで、持続しない香りを社会が求めるような意識改革ができればと思う。

## おわりに

匂いの好みは千差万別で、匂いの強さの感覚も人によって違う。そのため、なかなか思いが伝わらないことがあり、言い出しにくいのも事実だ。だから、例えば、家庭、学校、職場など、そこに集う人が一定期間固定される環境では、匂いの環境アセスメント（匿名のアンケートだけでも良い）を定期的実施すると決めてしまうのはどうだろうか。そうすることで、なかなか言い出せないで困っている人が抱える香害問題を解決できるかもしれない。

通常、当事者意識のない人に問題に目を向けさせ解決法を探るのは難しいが、筆者が最近取り組んでいる「フューチャー・デザイン」の手法は役に立つかもしれない。フューチャー・デザインとは、未来志向で施策立案や人材育成を行うための手法で、次のような手順で行う。

1. まず、現在の問題を1つ設定し、その要因が過去世代（例えば50年前）にあると考える。そして、現在の問題を解決するために、過去世代へ送るリクエストを考える（パスト・デザイン）。
2. 次に、将来世代（例えば50年後）になりきって将来を想像する。その将来を実現／回避するために、現在世代へ送るリクエストを考える（フューチャー・デザイン）。

筆者が担当している大学1年生向けの授業（課題協学科目）では、この手法を導入することで、自分たちの損得勘定から離れ、より広い視野で日本全体の問題を考えられるようになる効果があった。最初はゲーム感覚で良いので、ぜひ試してもらいたい。

もう一つ、香害を考えるにあたって、個人的におすすめしたい方法がある。それは自然の中で一夜を過ごすこと、つまりキャンプに行くことだ。完全に筆者の趣味で申し訳ないが、キャンプで自然の中に入ると、自然から多種多様な刺激を受け、気付かされるのがたくさんある。そして、自然の中の色々な匂いにも気付き、時に煙を浴びながら（少しなら煙の匂いも良いものだ！）焚き火の炎を見ていると、自然と思索が深まっていく。

実は、これまで焚き火の効果は脳科学的にほとんど解明されていなかった（1/fゆらぎも然り！）。筆者は1年かけて大学から実験の許可をもらい、さらに1年かけて自分自身を被験者として実験を繰り返した

(実際に焚き火に当たりながら本格的な脳波測定を行った実験は恐らく世界初)。そのデータを解析し、「焚き火の脳科学的効果」の結果をていねいに考察し、これまた1年かけて1冊の本（『焚き火の脳科学』）を書き上げた（2024年1月に九州大学出版会から出版）。焚き火で思索が深まることも、物理、心理、脳波の同時測定データから示した。これからの脳科学を考えるヒントも随所に盛り込んでいるので、本稿と合わせてお読みいただくことで、香害問題という燃えにくい薪に着火する火口になれば望外の喜びである。