Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

バイオメカニズム学会誌, VOL. 7, No.3 (1983)

解　説

嗅　覚　の　あ　い　ま　い　さ

外　池　光　雄*

1. はじめに

嗅覚は未知の感覚であると言われている。例えば視覚や聴覚の場合、光という電磁波のスペクトルを網膜中の視細胞が受けて物体の形や色の情報が伝達されるメカニズム、あるいは空気中を伝播する粗密波が耳の鼓膜を振動させこの情報が聴覚神経に伝えられるしくみなど、かなりのことがわかっている。しかし、嗅覚については、「ニオイとは何であるか。」「ニオイはどのように生体に伝えられるか。」という基本的なことが実は今日においても依然として解明されていない。そういう意味で嗅覚は感覚の中で最も「あいまい」な感覚と言えるであろう。

ニオイは日常我々の生活と深く結びついているので、日常的には、「あいまいさ」をそれほど問題にすることはない。ところが我々は、バラの香りは確かに気持良いニオイと感じ、魚の腐ったニオイは、非常に不快なものと感じる。これは一体何が異っているからであろうか。ここでは嗅覚に関し、どれ位まで現状把握ができているか、筆者の浅学と独断によって概観し、「嗅覚のあいまいさ」について検討してみたい。まず、嗅覚の特徴のいくつかを述べ、嗅覚の優れた人から学ぶべきこと、嗅覚の異常な人や嗅覚障害者の実態等につき注目する。次に嗅覚計測の現状を見わたし、これらを踏まえ、嗅覚における問題点、今後の方向に対する私見を述べる。

2. 嗅覚の特徴

2－1　主嗅覚系と副嗅覚系

ニオイは鼻で感じるが、ヒトの鼻腔は第1図のようになっている。ニオイ物質の粒子は鼻腔内の天井部にある嗅上皮に達すると、そこに存在する嗅細胞を刺激し、ニオイの情報は嗅神経を通つて大脳の嗅覚領へ伝えられる。従ってこの経路に障害があると、正常なニオイ感覚が得られないから最も大切な経路であり、主嗅覚系と呼ばれている。ここで重要なことは第1図に示したように鼻腔内に広く張りめぐらされている三叉神経や、咽頭部に分布する舌咽神経の果たしている役割である。これらは化学受容器としても関与しており、副嗅覚系と呼ばれ、最近ようやく注意されるようになった。ニオイの感覚とは、結局これら主・副両方の嗅覚系によってひき起される複合感覚である。[1] 副嗅覚系の役割はまだ不明な点が多いが、最近浅賀ら[2]は、主・副嗅覚系の双方を刺激すると考えられるテトラハイドロフラン(THF, C_4H_8O)を用い、嗅覚脱失者304例について調べた。71％の人が「ツンとした感じ」を表現し、副嗅覚系によると考えられる感覚のあることが明らかにされた。またこれら嗅覚脱失症例では、ニオイの種類による識別ができなかった。

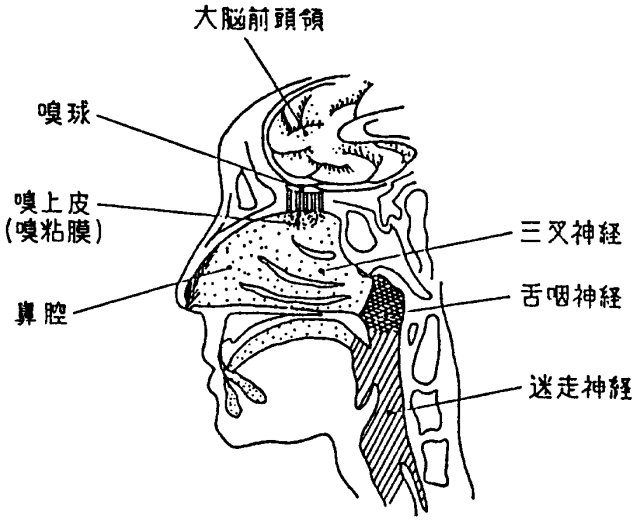


図1　ヒトの鼻腔

2－2　嗅覚の敏感さ

さて、嗅覚の特性の中で特筆すべきはその敏感さである。おそらく嗅覚は最も敏感な感覚と言えるであろう。例えば、バラのニオイの中で、ガスクロマトグラフィーによって分析できずに残った5％の成分に対し、良く訓練された調香師の鼻は、

* 電子技術総合研究所大阪支所
〒661　尼崎市若王寺3－11－46

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

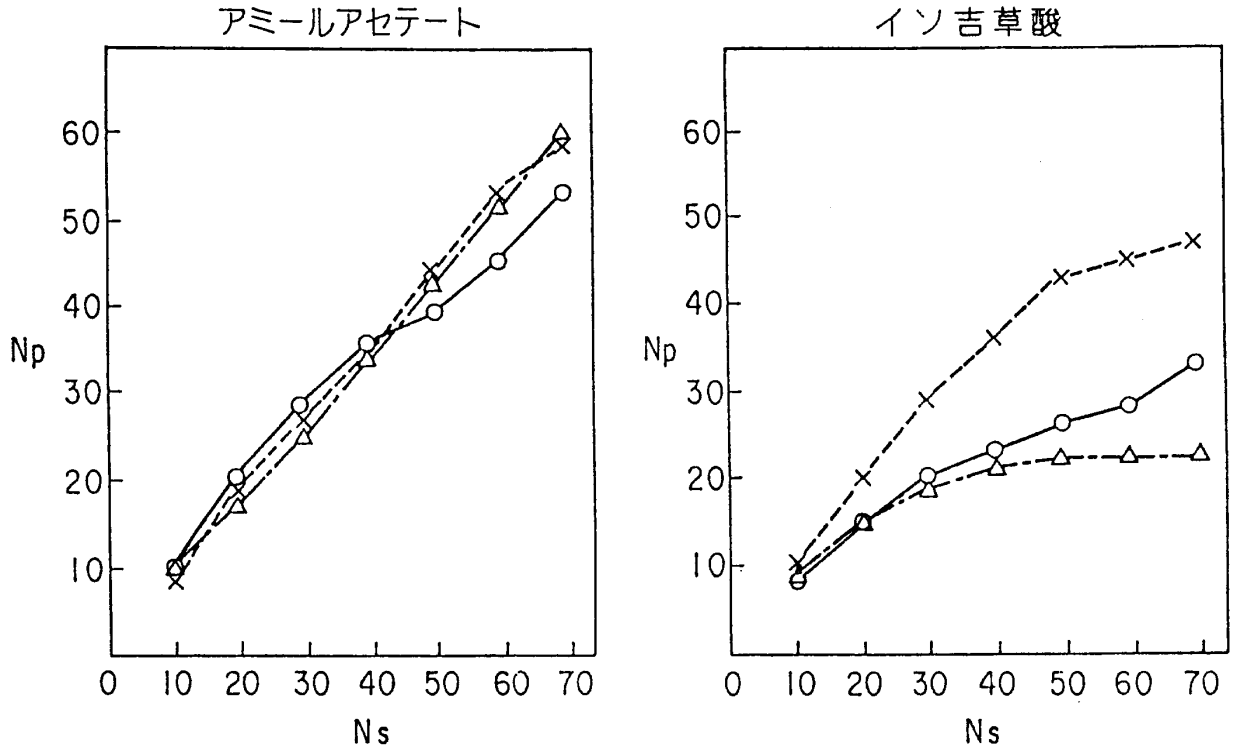


図2　ニオイ刺激と認知回数（Ns:ニオイ刺激回数、Np:ニオイ認知回数）

表1　イヌの鼻とヒトの鼻の比較（高木[3]による）

ニオイ	水1mℓ中の最小分子数	
	イヌ	ヒト
酢酸	5.0×10^{5}	5.0×10^{13}
プロピオン酸	2.5×10^{5}	4.2×10^{11}
酪酸	9.0×10^{3}	7.0×10^{9}
吉草酸	3.5×10^{4}	6.0×10^{10}
カプロン酸	4.0×10^{4}	2.0×10^{11}
カプリル酸	4.5×10^{4}	2.0×10^{11}

さらに200種類にものぼる香り成分を分析したと言われている。[1]人間の鼻はこのように大変優れているが、第1表に示すように、イヌの鼻はもっと驚くほど鋭敏である。[3]つまりイヌはほぼヒトの百万倍も嗅覚が鋭い。税関では、麻薬の摘発に特別訓練したイヌを使い、また犯人の捜索をする警察犬は、ちょうど我々が一人一人の顔の特徴を覚えて人を識別するように、ニオイによって個体識別を行っている。これはニオイのパターン認識であり大変興味深い課題である。

2－3　嗅覚疲労

次に嗅覚が他の感覚よりも著しいと思われる特徴として、「疲労」の効果がある。疲労、あるいは順応現象は視覚や聴覚においても認められるものであるが、嗅覚疲労は、その効果がもっと大きく、かつ重要な影響をもたらす。嗅覚疲労はまだ充分にその機序が解明されていないが、γ－ウンデカラクトンというニオイをニオイ紙につけ、被験者の鼻先にかざした時、濃度の薄い場合（10^{-4}）はわずかに10秒で、また濃い場合（10^{-1}）は約150秒でニオイがわからなくなったという報告がある。[4]ところで筆者らは、当所で試作したニオイ刺激装置（エルスバーグ型）を用い、2呼吸に1回の率で被験者の鼻にニオイパルスを与え、この刺激で被験者がニオイを認知すればボタンを押し、刺激回数に対するニオイの認知回数を測定した。3人の実験結果は第2図に示したとうりで、アミールアセテート（バナナの香り）のような快いニオイよりも、イソ吉草酸（汗くさいニオイ）のような不快臭の方が嗅覚疲労効果が大きい。[5]このことは悪臭に満ちた環境下においても、我々が苦痛なしで平気でいられるという嗅覚の長所であると同時に、ガス中毒の例などは、この疲労が命取りにもなる。ところで嗅覚疲労は選択的疲労であり、1つのニオイに鼻が疲労していても、他のニオイは充分感

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

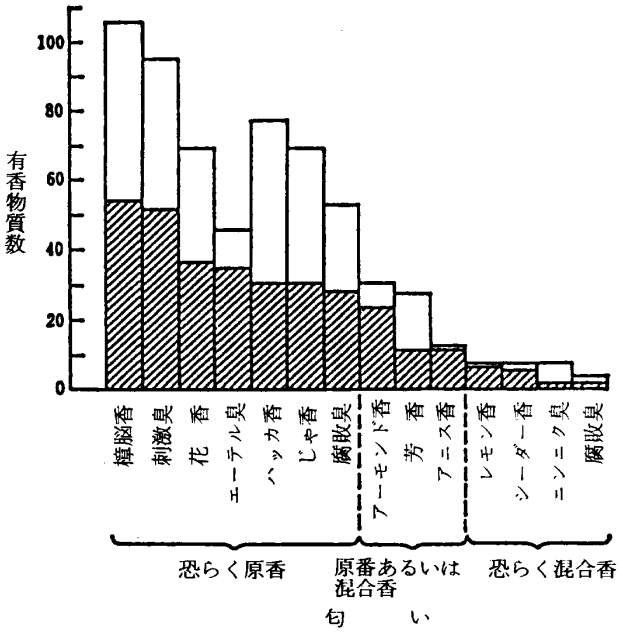


図3　ニオイの言葉の出現頻度ヒストグラム
（アムーア[7]による）

じられる。この証拠に我々は自分自身の体臭や口臭は感じず、自己のニオイには疲労しっぱなしであるが、他人や異性のニオイには敏感である。また我々は呼吸をしているが、自分が常に吸っている空気や、日常飲んでいる水についてニオイを意識することはない。通常の空気や水は、まず無臭であると思っている。しかし空気や水が、客観的に無臭か否かは、別の問題である。オットソンの研究では、カエルの嗅粘膜上皮細胞が、蒸留水に対しても応答を示している。[6]

3. 嗅覚の実態

3－1　なぜ今ニオイなのか

すでに述べたように、視覚や聴覚の刺激媒体は明瞭である。それでは、嗅覚の刺激媒体は一体何であろうか。この何であるかよくわからないもの、これがニオイである。そしてこれが原因となって感じる時、ニオイがすると、表現する。昔からこのニオイを分類しようとした人は多い。しかし、いずれも科学的根拠が不足していた。これに対し、アムーアはバイルシュタインの化学便覧とモンクリーフの「化学感覚」の本から616種の物質を拾い出しこれらを表現するのにニオイの言葉が何回使われているかの統計を取った。[7] この結果第3図のようなヒストグラムを作成した。図中斜線部はニオイの分子構造形が不変のものを示す。この図の全体のヒストグラムで、腐敗臭とアーモンド香の間に明らかに段差が認められた。これを根拠にアムーアは、腐敗臭より左側の7つのニオイ言葉が重要で、これが基本的なニオイ ── 原香 ── であろうと考えた。ニオイの分類にアムーアは始めて科学的な分析 ──客観的考察 ── を試みたのである。これは古くて新しい課題である。これがもとになってアムーアはニオイと物質分子の立体的な形とを結びつける有名な「立体化学説」を提唱した。[7] 一方、ライトは「振動説」[8]を、さらにデーヴィスは「吸着穿孔説」[9]を主張した。しかしこのニオイの学説はまだ決着がついておらず、今日における大問題でもある。このことに関連して、ニオイはそれを表現する言葉が万人に認められるものとして確立されていない。「まるで……の様なニオイ」のごとく、他の感覚的表現で代行させている。共通概念としてのニオイの表現が未完成であることは、我々がニオイの実体をまだ良く知らないことを暴露している。これはニオイがまだ「あいまい」であることの証左であろう。

3－2　嗅覚の優れた人

この世には、嗅覚が特に優れた人がいる。まず筆者自身の体験から述べる。当所では数年毎に研究所の一般施設公開を実施しているが、前回の公開の際に、「T&T式オルファクトメータ」の実験を見学者の希望する人に実施した。これは、高木ら[10]によって開発された嗅覚基準検査法である。5種類のニオイが基準臭に選ばれており、10倍単位に稀釈された8段階の濃度レベルがあって、ニオイ紙で薄いものから順に鼻で嗅ぎ、自分の嗅覚閾値（検知域値と認知域値）を求める検査法である。日本人の標準が0に定められているので、0か1程度の値なら、正常嗅覚者である。ところが、テストした人の中に、－2のレベルですでに5種類のニオイとも知覚できるという人が1人いた。これは大変鼻の効く人だと感心したが、実はその後もっとびっくりする人にめぐり合った。この人は東京都水道局鑑識課の人で、職業上水の識別を仕事とされている。筆者はこの人が異った水系の

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

水を識別される時の嗅覚誘発脳波（後述）を測定したが、通常人ではとても識別できない水を識別され、この時、異った水のニオイ刺激によって、明瞭な水の誘発脳波をはじめて記録した。当然のことながら、この人のT&Tテストでは、－2以下をはるかにスケールオーバする嗅覚の鋭さであった。そこで、どうして水を識別されるのかを尋ねたところ、日頃の訓練で確立している自己のニオイ尺度をもつており、まず嗅いだ水のニオイを4種類のパターン型のどれに属するかを識別する。それから各々のパターン型の中でさらにまたいくつかの種類へと分けていくのだと言われた。この概念として、「土くさい」、「藻のニオイ」という様な水源池の特徴にまでさかのぼる独得の言葉であった。この嗅覚の達人は、前述の警察犬の個体認識に相通ずるものがある。ここまでくれば、嗅覚は「あいまい」ということはなく、むしろ、実に繊細で、明瞭な感覚となる。そして、視覚や聴覚と同等、あるいはそれ以上にパターン識別が可能な優秀な感覚と言えるであろう。

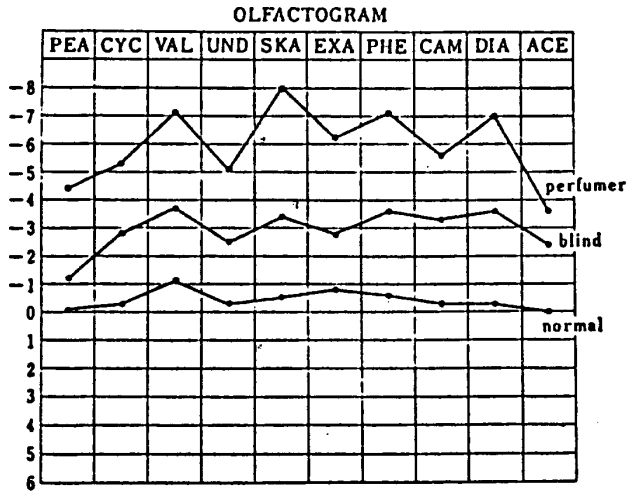
ところで第2表は、10種類の基準臭を用いて、正常嗅覚者、盲人、調香師のそれぞれの嗅力を検査した実例である。[4] この結果は、視力に頼れない盲人にあっては、その嗅力が正常者より鋭くなっていること、および訓練された調香師の嗅力はさらに一層優れていることを証明している。筆者が最近測定したある調香師の嗅覚誘発脳波波形は非常に鮮明で、応答ピークの振幅値が大きく、通常人よりも嗅覚に対する大脳活動がより明瞭であった。

3－3　特異的無嗅覚者

ある原因によって、特定のニオイのみ著しく嗅覚が減退、または全くニオイを感じられない人のことを、特異的（選択的）無嗅覚者と言う。再たび筆者の体験では、前述のT&Tの嗅覚検査中に、40才くらいの男性で、「常々花のニオイが感じられない」という人があった。この人は、Aのニオイ（β－フェニルエチルアルコール）のみが、最高濃度の5（10^5）においても、尚感じられなかった。

ところでアムーアは、イソ吉草酸に対しニオイを感じない（嗅盲）人を10人集め、正常嗅覚者と閾値に有意な差があることを示した。これによって、アムーアは「汗のようなニオイ」であるイソ吉草酸は、原香の1つであると推定した。このことは、ちょうど色覚異常や色盲の研究が、色の基本的な三原色の有力な証明を与えたことに対応している。特異的無嗅覚症の原因やそのメカニズムの研究は、今後も原臭探求の有力な方法の1つであろう。

表2　盲人や調香師の嗅覚（豊田ら[4]による）



3－4　嗅　覚　障　害

嗅覚障害は、病気、事故の他、先天性のものも含まれ非常にその原因は複雑である。今最も信頼性が高いと考えられている嗅覚障害の分類は、昭和46年に全国14大学の共同研究で作成されたもので[4] これを第3表に示す。

調所[11]によると、昭和大学耳鼻科における5年間の外来受診者の嗅覚障害1376例の内訳では、鼻疾患、特に慢性副鼻腔炎が他国に比して、我国は圧倒的に多く、嗅上皮性と混合性の疾患を合わせると、1322例（96.1％）を占めていると報告されている。こうした患者の治療が適切に行われる為には、数多くのニオイを用いる嗅覚の定量的検査法、嗅力検査法の開発が必要である。ペンシルバニア大学で開発されたニオイ識別テストは、マイクロカプセル化してニオイ紙としたものを、紙やすりでこするとニオイを発するので、各々4つの名前の中からそのニオイを選ばせるものである。[12] 前述のT&T式オルファクトメータを用いた本格

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

表3　嗅覚障害の分類（豊田ら[4]による）

嗅覚障害の分類

① 嗅覚過敏 hyperosmia
- 全般的嗅覚過敏
- 部分的嗅覚過敏

② 嗅覚減退 hyposmia
- 全般的嗅覚減退 general hyposmia
- 部分的嗅覚減退 partial hyposmia
- 特殊的嗅覚減退 specific hyposmia*

*（色弱に相当してある種のニオイに対してだけ感受性が減退した場合で嗅弱ともいう）

③ 嗅覚脱失 anosmia
- 全般的嗅覚脱失 general anosmia
- 部分的嗅覚脱失 partial anosmia
- 特殊的嗅覚脱失 specific anosmia＝嗅盲 olfactory blindness

④ 嗅覚錯誤症 parosmia：異嗅症ともいう。

⑤ 嗅覚幻覚 olfactory hallucination

⑥ 自覚的悪嗅症 kakosmia subjectiva
（耳鳴に相当するもの，自発嗅ともいう）

⑦ 後遺嗅感 Nachgerüche

的嗅覚検査は昭和大学耳鼻咽喉科において実施されている。ここでは嗅覚外来4000例の経験にもとづき、オルファクトグラムパターン分類がされている。[13] この結果では、嗅覚異常者のオルファクトグラムは、検知域値と認知域値に解離現象が見られ、2型に分類された。Ⅰ型は検知域値が正常であるのに認知域値がスケールアウトするもの、またⅡ型は検知域値が、3～4程域値の上昇があり、さらに認知域値がスケールアウトしているものであった。この解離で、Ⅱ型では嗅覚神経の障害と考えられる。一方、Ⅰ型は検知域値が正常であることから、後述のサルの嗅覚生理実験[14]によって明らかにされた嗅覚経路2系統のうち、視床下部を通る経路のみが障害をうけた為、ニオイ識別のみが不能となっているケースと推測されている。これら嗅覚障害の問題は、生理学的基礎研究、臨床的知見、嗅覚検査法が相互に関連する重要課題であり、嗅覚の「あいまい」をなくしていく上で一層の研究が望まれる分野である。

4. 嗅覚計測の現状

4－1　官能検査法とニオイの閾値

嗅覚を測定する方法で、従来から一番よく行われている方法は、ヒトの鼻を用いる「鼻かぎ法」（スニフィング法）である。これは代表的な官能検査法であり、段階的に稀釈された試料を用い、ニオイ紙、あるいは広口びんのニオイを直接鼻で嗅ぎ判断する方法である。この応用例として、東京都公害研究所で開発され、現在東京都の悪臭規制に用いられている三点比較式ニオイ袋法[15]がある。3つの袋のうち1つの袋に稀釈されたニオイを入れ、他の2つは無臭空気をつめ、訓練されたパネラーがそれらを嗅いで基準以下の濃度かどうかを判定するものである。一方、ポンプや圧搾空気で連続的に空気稀釈を行い、ニオイを直接人の鼻腔に噴射注入するエルスバーグ型オルファクトメータがある。この方法はニオイの流量、温度、湿度、濃度の調節ができるが、装置が大がかりで高価な上、配管、バルブ、流量計などの内壁でニオイの吸着があるので、出力端の濃度は薄くなる傾向がある。ここで重要なことは、鼻かぎ法の場合と噴射注入式オルファクトメータ法の場合では、測定されたニオイの閾値に差があり、一般に鼻かぎ法の方が閾値が低い。これは、自分の鼻を効かし、自主的にニオイを嗅ぐ時、精神が集中化され鼻の感度が良くなるからであると考えられる。ニオイの閾値測定はこのように中々むつかしい問題である。閾値について、過去何人かのデータがあ

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

表4　ニオイの物理化学的機器測定法

測定法		測定量	感度
物理化学的測定	ガスクロマトグラフィー	ガスクロマトグラムスペクトル	～ppm
	ガスマス (GC-MS)	質量スペクトル (M/e)	～ppb
	遠赤外分光器	赤外吸収スペクトル	
	半導体赤外センサ		
	レーザラン分光器	ラマンスペクトル (700 cm^{-1} 以下)	
	光音響素子 (PAS)	熱量	～0.1 ppb
ガスセンサ	半導体薄膜センサ (SnO_2, ZnO など)	電気抵抗の変化	
	多孔質セラミックスセンサ (MCT 系セラミックス)	電気伝導度	
	集積化超微粒子センサ	電気抵抗	～ppm
生体関連物質および生物機能素子	ベータカロチン	電気伝導度の変化	～10^{-11}amp
	コレステリック液晶	色変化，濃度	～ppm
	生物機能素子 (バイオセンサ)		

るもののニオイ提示法、測定法の違い、被験者の相違などにより、データ間にかなりの差違が見られる。これに対し、坂口ら[16]が開発した減圧/加圧式オルファクトメータは、装置内を減圧、加熱して壁面からの脱着を行うと共に試料液はアセトン/ドライアイスで冷却し、液体窒素で固化した後、真空槽中へ気化する方法を用いており、臭気物質の蒸気圧には依存しないので、厳密に定義されたニオイ濃度が作り出せる。また、斉藤ら[17]はこの装置を用い、13種類のニオイの閾値を測定し、良好な結果を得ている。

4－2　機器測定法

ニオイ物質を物理化学的手法で測定し、嗅覚を客観的に数量化しようとする試みは、最近急速に発展しつつある。[5]この概要を第4表に示す。この中でGC－MS 装置は現在、有香物質の成分分析に最もよく用いられている。一方、新しいニオイのセンサをめざす研究も開始されており、有機半導体としての性質に注目したβ－カロチンや生体関連物質としてのコレステリック液晶による色変化の測定、ガスの吸着を利用した半導体ガスセンサの研究など、日進月歩の勢いである。しかし、現在作られているものでは、大部分が無機性ガスを対象としており、有機性のニオイガスに反応するセンサとしては、これからの課題である。現在バイオクテノロジーの発達によって、バイオセンサ、ケミカルセンサの研究がはじまっているので、近い将来新しい原理にもとづくニオイセンサや、測定機器の出現が大いに期待されている。

5. あいまいさの問題点

5－1　嗅覚経路と嗅覚中枢

最近の生理学的研究によると、高等なサルに二つの嗅覚神経経路が発見されている。[14]田辺が見い出した嗅覚系は、嗅上皮から嗅球を経て、前梨状皮質、扁桃核内側部を通ったあと視床下部を経由して、眼窩前頭皮質外側後部 (LPOF) に達する経路であった。また槍田らが発見した嗅覚系は視床下部を通らず、視床背内側核を経て、眼窩前頭皮質中央後部 (CPOF) に投射する経路であった。LPOFの細胞は、8種類のニオイに対し、ただ1種類のみのニオイに応答するものが、50%もあり、ニオイの種類が2，3，4と増すに従い応答する細胞が減った。一方、CPOFの嗅覚領の細胞は、1種類、2種類のニオイに応答する細胞が存在せず、3，4，5種類のニオイに応答する細胞が多く、明らかにLPOFとは異なる応答パターンであった。これらの結果から、LPOFではニオイに対する分析的働きが行われ、ニオイの識別が成されており、また一方CPOFではニオイの総合的な働きが行われているのではないかと推測されている。[14]

5－2　嗅覚誘発脳波と心理応答の対応

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

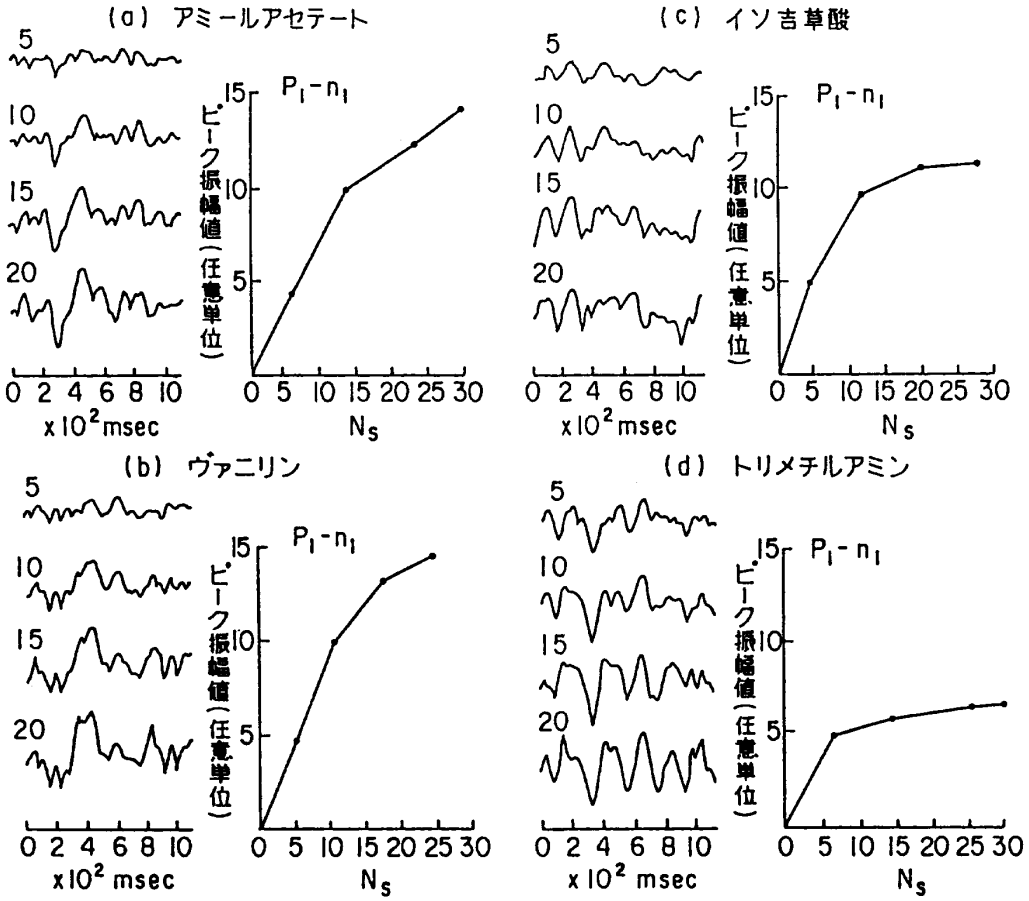


図4　嗅覚誘発脳波の加算波形変化（Ns:ニオイ刺激回数）

ニオイの物理化学的測定はまだこれからという段階にあり、一方生理学的研究で得られている細胞応答結果を心理学的事実に結びつけることは、現状では大変むつかしい。そこで、人間の心理知覚量を生理学データに結びつける1方法として大脳の誘発脳波の計測が考えられる。この研究は、筆者も含め、まだ緒についたばかりである。当所では、被験者による呼吸同期式ニオイ刺激法によって、圧力一定のもとに200ミリ秒間ニオイをパルス状に与えて、ヒトの嗅覚誘発脳波を頭頂中央部から記録している。[18]

すでに述べたように、嗅覚実験では反復刺激に対し、嗅覚疲労の影響がある。そこで、この実験中、被験者がニオイを認知した時のみ、波形加算を行う方法を用い、加算脳波波形の応答ピーク振幅値が、ニオイの刺激回数によってどのように変化するかを測定した。[5] 第4図は、この結果を示したもので、これによると、ニオイ刺激のくり返しによって脳波の応答ピーク振幅値に飽和現象が観測された。そして、アミールアセテートのような快いニオイよりも、イソ吉草酸のような不快臭の方が、より飽和傾向が著しい。これは嗅覚疲労によるものと考えられ、この結果は第2図の嗅覚疲労の心理実験結果と良く対応している。このように快いニオイと不快臭で疲労に違いがあるということは、嗅覚の知覚メカニズムの一端を示唆するものであろう。嗅覚誘発脳波は、この他に2.1で述べた三叉神経による応答も含まれてくる。従って三叉神経応答と嗅覚性応答とを脳波の波形から分離することが今後の問題である。嗅覚誘発脳波の研究は、因子分析などの方法によって、一層心理応答との対応をはかる必要があろう。このような研究の応用例として、例えば、詐病の診断という臨床応用が考えられる。[19] これらは、嗅覚の客観的検査法の1つの有力な手法となるであろう。

6. おわりに

以上、嗅覚についての現状を概観してきたが、

NII-Electronic Library Service

Society of Biomechanisms Japan (SOBIM)

これらを総合的に検討する必要があろう。確かに嗅覚は未知の部分が多いが、何が問題であり、今後どのような方法で研究すれば少しでも「あいまいさ」が解消されるかはかなり明らかになってきたように思われる。今後の研究の発展が期待される。

文　献

1) 高木貞敬：嗅覚の話，岩波新書.
2) 浅賀英世他：主・副嗅覚系の関係についての検討，第16回味と匂のシンポジウム論文集 (1982)
3) 高木貞敬：味とにおいの科学，日本化学会編，東京大学出版会.
4) 豊田文一他：嗅覚障害　—その測定と治療—，医学書院.
5) 外池光雄：嗅覚とニオイ脳波計測，電子技術総合研究所彙報，46(11) (1982)
6) Ottoson, D. : Analysis of the electrical activity of the olfactory epithelium, Acta Physiologica Scandinavica, 35(suppl. 122) (1956)
7) Amoore, J. E., 原俊昭訳：匂い　—　その分子構造，恒星社厚生閣版.
8) Wright, R. H., 菊地俊英訳：匂いの科学，みすず書房.
9) Davies, J. T. : Olfactory theories, Handbook of Sensory Physiology, Chap. 13.
10) 高木貞敬，浅賀英世：T & T 式オルファクトメータについて，第15回味と匂のシンポジウム論文集 (1981)
11) 調所広之：嗅覚の臨床研究における今後の問題点(I)，第15回味と匂いのシンポジウム論文集 (1981)
12) 調所広之：嗅覚の臨床研究の今後の問題点(II)，第16回味と匂のシンポジウム発表論文集 (1982)
13) 岡嗣郎他：オルファクトグラフにおける検知域値と認知域値の解離現象，第15回味と匂のシンポジウム論文集 (1981)
14) 高木貞敬：嗅覚の神経機序，医学のあゆみ，113 (8) (1980)
15) 石黒辰吉：悪臭公害の現状と対策(3)，産業公害，13(2) (1977)
16) 坂口豁他：減圧／加圧式オルファクトメータ，第15回味と匂のシンポジウム論文集 (1981)
17) 斉藤幸子他：減圧／加圧式オルファクトメータによるニオイ物質の閾値測定，第15回味と匂のシンポジウム論文集 (1981)
18) 外池光雄他：呼吸同期式嗅覚刺激による嗅覚誘発電位の精密計測，脳波と筋電図，9(3), 214～223 (1981)
19) 調所広之：私信による.

NII-Electronic Library Service