

## ニオイの記憶に関する心理学的研究の動向

筑波大学大学院(博)心理学研究科 綾部 早穂

筑波大学心理学系 菊地 正

Psychological research on odor memory: A review

Saho Ayabe-Kanamura and Tadashi Kikuchi (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Ibaraki 305, Japan*)

This paper reviews the research and the state of knowledge on short-term and long-term odor recognition memory and cortical localization of olfactory information processing. Recent experimental findings suggest that odor memory is not essentially different from other sensory memories. Odor recognition memory is relatively stable over short-term retention interval but it decreases significantly over one week. Odor is encoded into both odor and verbal codes. Apparently visual encoding facilitates odor recognition memory independent of verbal code. Patients with right temporal or right frontal lobe excisions show significant deficits in discrimination and recognition of odors. Also the brain-imaging techniques such as PET indicate that temporal lobe and right orbitofrontal cortex are associated with higher-order olfactory information processes.

**Key words:** odor memory, recognition, verbal code, olfactory cortex.

嗅覚に関する心理学的研究としては、ニオイ物質の閾値などを測定する知覚的アプローチ、ニオイの快不快度やニオイの同定や再認を測定する認知的アプローチ、ニオイが気分や情動、覚醒レベルに及ぼす影響を測定する精神生理学のアプローチを挙げることができる。研究アプローチが様々な存在にもかかわらず、嗅覚に関する実験データは他の感覚に関する研究と比較すると非常に少ない。嗅覚に関する心理学的研究が少ない理由として、人間における嗅覚の役割が他の感覚と比較してさほど重要ではないと考えられていたために関心を向ける研究者が少なかったこと、ニオイを扱う実験手続きが煩雑であること等が考えられる。

近年、生活の質を高めようという風潮から人間においても嗅覚の役割が見直されている。国内では10年ほど前からリラクゼーションの1つの手法としてアロマセラピー(芳香療法)がもてはやされはじめた。アロマセラピーの生理学的効果を検討するため

に、ニオイの情動的特性を計測する生理心理学的な実験的研究(Doty & Kobal, 1995を参照)が、特に商業的ニーズから注目を集めるようになった。ACChemS(アメリカ化学受容器感覚学会)やECRO(ヨーロッパ化学受容研究機構)などの化学受容感覚に関する学会においても、嗅覚に関する応用研究が増加する中で基礎的な心理学的研究の発表件数も急激に増加している。

ニオイの記憶に関しては、「ニオイには、そのニオイと連合した過去の経験を鮮明に喚起させる特別な性質がある。」と言われることが多い。例えば、フランス人の小説家ブルーストは、ニオイは他の感覚事象よりも過去の記憶と強く結びついていることをその著書「失われた時を求めて」の中で象徴的に描写し、以来、ニオイが過去の記憶を喚起させることをブルースト現象と呼ぶことがある。しかし、実験的研究の結果からは、ニオイには過去の記憶を鮮明に喚起させる特異的な性質があるという考え方は

支持されていない(Schab, 1991を参照)。実際に、過去の出来事が鮮明に想起される現象はニオイによって特異的に引き起こされるのではなく、写真や録音されていた声などでも生じる。また、ブルースト現象は、ニオイにより生じられる記憶がそもそも情動と結びついていることが多いためにその記憶が鮮明であるように感じられるために生じるとする解釈もある(Levine & McBurney, 1986を参照)。ニオイと連合された記憶そのものが、他の感覚モダリティと連合した記憶よりも数量的に少ないために干渉を受けにくく、記憶がよく保持され、詳細に喚起されやすいということも考えられる。

ブルースト現象の研究は記憶手がかりとしてニオイを扱ったものであるが、ニオイそのものの記憶に関して、実験室研究で主に今までに検討されてきたのは、ニオイの同定課題(identification task)や、ニオイの再認記憶課題(recognition memory task)を用いた研究である。ニオイの認知や記憶に関するレビューとしては、Richardson and Zucco (1989), Engen (1991), Schab (1991), Schab and Cain (1991)が挙げられる。

何のニオイであるかを記述するニオイの同定に関する初期の研究では、ニオイの同定率は、身の回りにある familiar なニオイでさえ40~50%程度であると報告されていた(例, Cain, 1979; Lawless & Engen, 1977; Engen, 1982)。しかしその後の研究で、同定率は、ニオイの正確な名前を課題中にフィードバックしたり、訓練したりすると90%にまで上昇することが報告されている(Cain, 1979, 1982)。現在のところ、ニオイと名前のマッピングは一对一対応ではなく、複数対複数の関係である可能性が高いこと、あるニオイに対する言語ラベルを検索する過程は all or none ではなく、連続的であることなどが知られている(Schab, 1991)。

本稿では、ニオイの再認記憶課題を用いた研究にフォーカスを絞ってニオイの記憶の研究動向を探っていく。まず、ニオイの記憶に関する実験心理学的研究の動向について短期記憶と長期記憶のタイプ別に記述する。ここでは、短期記憶と長期記憶のそれぞれが別の記憶システムを表象しているかどうかの理論的な問題点は考えずに、保持時間が5分以内に設定された研究をニオイの短期再認記憶とし、保持時間が10分以上に設定された研究を長期再認記憶として扱い、それぞれの研究について別々に述べる。ただし、本稿で取り上げたニオイの長期記憶に関する研究で用いられた保持時間は1週間が最も多かった。ニオイの記憶に関しては、短期記憶と長期記憶の別に検討されているが、両者をシステムティッ

クに検討した例はほとんどないようである。

さらに本稿では、脳の特定部位を切除されたてんかん患者の臨床事例や、脳内の局所的血流変化を調べる手法(PET)や脳内の活動磁場を測定する手法(MEG)を用いた高次脳機能解明のための最新の研究によって推察されている嗅覚刺激の処理過程、特にニオイの記憶に関わる脳内部位に関するトピックスについても取り挙げる。

## 1 ニオイの短期記憶

ニオイの短期再認記憶に関する最初の実験は、Engen, Kuisma, and Eimas (1973)によって、100種類ほどの様々な質のニオイを用いて行われた。彼らの研究から、ニオイの記憶は、他の感覚モダリティ刺激の記憶と比較すると、(1)忘却が保持時間(3, 6, 12, 30秒間)の影響を受けにくい、(2)直後(3秒後)の再認成績ですら80%程度と低く、30秒後の再認成績とあまり変わらない、(3)符号化がゆっくりと生じる(12秒後で再認成績は最高得点)、(4)保持期間中の3桁数字の逆唱課題の影響を受けない、という結果が示された。彼らは、保持時間中に挿入された言語課題がニオイのリハーサルを妨害しなかったことから、ニオイの短期記憶に言語的符号化は関与せず、ニオイの再認記憶は他の感覚記憶とは異なる独特のものであると結論した。

しかし、例えば、視覚刺激の符号化において、視覚的な妨害刺激は言語的な妨害刺激よりも多く干渉を与えることも実験から示されており、数値の逆唱課題がニオイの再認記憶を干渉しないことが、ニオイの再認記憶の独特な性質を意味するかどうかは明確ではない。実際に、ニオイ刺激の符号化においても、別のニオイ刺激による妨害刺激は言語的な妨害刺激よりも多くの干渉を与えることが、Walk and Johns (1984)の研究により示されている。彼らは、短期記憶の保持時間中の妨害課題を操作する実験を行うことで、ニオイ情報の忘却に関わる干渉の働きについて検討した。この実験では、ニオイ学習後の保持時間中に、(1)学習時に提示したニオイとは異なる種類のニオイ(同じモダリティ)を提示する条件、(2)学習時に提示したニオイとは異なる種類のニオイの名前(無関連な意味情報)を提示する条件、(3)学習時に提示したニオイの名前(関連のある意味情報)を提示する条件、(4)何も提示しない統制条件が設定され、その後の再認成績が比較された。その結果、26秒間の保持時間中に、関連のある意味情報を提示した条件で他の条件よりも有意に高い再認成績(ニオイの再認記憶の促進)が得られ、同じモダリ

ティを提示した条件で最も低い再認成績(ニオイの再認記憶の干渉)が得られた。Walk and Johns (1984)は、ニオイの記憶は干渉から特に独立しているのではなく、干渉に対する抵抗は逆行干渉をもたらす可能性のある事象(つまり、同じモダリティであるニオイ)が比較的少ないことによる結果であるとし、ニオイの記憶システムも他の感覚記憶システムの忘却のルールと基本的には同じであると結論している。さらに、White, Kurtz, Treisman, and Horning (1995)も、ニオイの短期再認記憶では、音韻的コードではなく、ニオイの嗅覚的コードが主に保持されていることを実験的研究から示している。

さらにWalk and Johns (1984)はニオイの符号化に関しても触れ、学習されたニオイに関連のある意味情報が再認記憶を促進したことは、他のモダリティでも検証されているように、豊富な符号化の結果であると推測している。ニオイの符号化の際、言語情報が提示されない場合には普通、被験者は言語的符号化処理を活性化させにくく、嗅覚的符号化に頼らざるを得ない傾向があるが、付加的な意味情報が示されると嗅覚的符号化と同時に言語的符号化が活性化されて、豊富な記憶痕跡を残すことができると考察した。

ペアにされたニオイの質が同じか違うかを判断させる方法でニオイの短期再認記憶について検討した研究では、ペアのうちの2番目を提示するまでの時間間隔(保持時間)を2秒から5分まで延長させてもヒット率はほとんど変化しないが、フォールスアラーム率は保持時間が長くなるにつれて増加することが示された(Jehl, Royet, & Holley, 1994)。Jehlらは、非常に短期の再認記憶課題においても、被験者は再認の際にニオイの質的類似性を頼りにしているのではなく、そのニオイが何かという意味的な同定をしてそれによってニオイの質の違いを弁別している可能性を主張した。

ニオイの短期記憶に関する将来的な研究には、短期記憶から長期記憶へ移行する過程をとりあげる必要があると考えられる。どのレベルで意味的コード化が始まるのかが興味深いところであろう。また、視-空間スクラッチパッドや音声ループといった視聴覚モダリティの作業記憶システムとの関係や中央制御部への関わり方についても検討されなければならない。

## 2 ニオイの長期記憶

ニオイの長期再認記憶は、短期記憶と同様に、再認成績は100%にはならないが、時間経過による忘

却は比較的少ないことが示されている。例えば、Engen and Ross (1973)は20種類と48種類のニオイを用いて、保持時間1年間までの再認記憶の実験的研究を報告している。視覚的や聴覚的な材料が刺激として用いられた場合と比較すると、学習直後のニオイの再認成績はあまり高くないが、時間経過に伴う忘却はほとんど認められなかった。例えば、写真は学習直後には100%再認できるが、120日後には50%しか再認できない。一方、ニオイは学習直後には約75%しか再認できないが、1年後でも約65%再認できた。また、ニオイの長期再認記憶は、記銘時での言語ラベルの提示の有無、ターゲット刺激やディストラクタ刺激の熟知度や快不快度、学習が意図的であるか偶発的であるかといった要因によって影響を受けることはなかった。しかし、ターゲット刺激とディストラクタ刺激のニオイの質的類似性が高い場合には、再認成績は低下した。彼らは、ニオイの長期再認記憶が言語ラベルによって促進されなかったので、ニオイの記憶が言語的符号化とは独立している可能性を示唆した。さらに、ニオイの記憶が保持時間による影響を受けにくかったことから、ニオイは強度や様々な質のカテゴリに分割されて符号化されるのではなく、様々な質の側面が複合された1つの対象として全体的(ホリスティック)に符号化される可能性が大きいと推察した。つまり、ホリスティックな符号化処理によると、1つのコードの容量が大きくなるので習得には量的な限界が生じるが、他のコードとの共通な属性が少ないためにコード相互の干渉が少なくなるために、時間経過による損失が減少し、その結果として記憶が長く保持されやすくなると解釈した。

ニオイと言語ラベルとの連合をより直接的に操作した研究が、Davis (1975, 1977)によって行われている。彼は、連想価の低い電気関係の記号(例えば、コンデンサの記号)や幾何学的に定義される単純なアマーバー状の図形(free form)を非言語的な視覚刺激として、また、familiarityの比較的高いニオイ質を有する化学物質(例えば、バナナ様のニオイを有する isoamyl acetate)を嗅覚刺激として用いて、アルファベット1文字との対連合学習課題の実験を行った。1週間の保持時間後、非言語的な視覚刺激の再認成績はニオイの再認成績よりも一般的には優れていた。しかし、熟知度の高いニオイの再認成績は視覚刺激の再認成績と同等になった。Davisは嗅覚情報の獲得は言語との対連合学習課題においてはある程度の限界があることを示唆した。しかし、この実験では2つのモダリティ間(視覚刺激と嗅覚刺激)でターゲット刺激とディストラクタ刺激の類似

度のレベルに差異があったために、再認成績がモダリティ間で異なる結果が得られた可能性も残された。

Lawless (1978)も、視覚刺激として風景写真と free form, 嗅覚刺激として生活の中でよく接するニオイを用いて、保持時間を20分, 1週間, 4週間, 4カ月の4条件に設定して再認記憶実験を行った。彼は、ニオイの記憶に関しては Engen and Ross (1973)と同様の結果を得た。しかし、free formの忘却曲線は、同じ視覚モダリティ刺激である写真とは異なっているが、ニオイの忘却曲線と非常に類似していることが示された。それゆえに、彼は、ニオイ記憶特有と考えられていた、ゆっくりとした忘却という特徴は、嗅覚モダリティに特異的なものではなく、言語的符号化や言語コードと嗅覚コードの連合が頻繁に行えるか否かといった刺激そのものの性質に依存するものであることを主張した。ニオイの記憶における干渉のパターンも言語を刺激した場合と大変類似しており、嗅覚刺激の処理が他の感覚モダリティと比べて特異的である可能性は低いことが示されている (Lawless & Engen, 1977)。保持時間の影響に関してもニオイの再認記憶成績は学習直後(10分から15分後)よりも1~2週間後に有意に低下する傾向が最近の研究では報告されており (Ayabe-Kanamura, Kikuchi, & Saito, 1995a, b; Murphy, Cain, Gilmore, & Skinner, 1991; Perkins & Cook, 1990; Rabin & Cain, 1984), ニオイの記憶の性質も言語や視覚刺激の記憶の性質と本質的には変わらないことが示唆されている。

最近では、言語的な処理システムがニオイの記憶にどのように関与しているかを検討する研究が多い。言語ラベルの正確さ(正しい同定)がニオイの長期記憶にどのように影響するのかについて Rabin and Cain (1984)が検討している。彼らは、提示されるニオイ刺激に対して、可能な限り適切な名前をつける学習課題を被験者に実行させ、的確なニオイの名前がつけられた場合に、7日後の再認テストで最も高い成績が得られることを示した。彼らは、ニオイに関する付加的な情報は再認をより向上させるような精緻化処理を増加させると論じている。抄録ではあるが、Jehl, Royet, and Holley (1992)もニオイの再認記憶における言語的符号化の役割について報告をしている。彼女らは、(1)言語情報を何も与えない統制条件、(2)ニオイの名前を提示する条件、(3)化学物質名を提示する条件、(4)自分でニオイの名前をつける条件を設定し、ニオイの学習から1週間後の再認記憶を比較した。その結果、ニオイの名前が提示された条件と自分で名前をつけた条件で同程度に高い成績が得られ、統制条件で最も成績が低

かった。従って、ニオイの長期再認記憶には意味的な言語的符号化が促進的に働くのであろうと推察している。familiarなニオイと unfamiliarなニオイの再認記憶に及ぼす言語ラベルの効果を調べた実験では、学習から15分後に行われた再認テストではどちらのニオイの場合も言語ラベルによる再認成績の促進効果は認められなかったが、学習から1週間後の再認テストでは、familiarなニオイに対してのみ言語ラベルによる再認成績の促進効果が認められている (Ayabe-Kanamura, Kikuchi, & Saito, 1995b)。

ニオイの符号化処理における2重符号化説の検討が、被験者が行う精緻化処理を直接的に操作することによってなされている (Lyman & McDaniel, 1986)。Lyman and McDanielは、学習課題で、(1)提示されたニオイの視覚的イメージをつくる条件、(2)ニオイの名前をつけたり簡単な定義をしたりする条件、(3)そのニオイに関わる個人的な出来事(エピソード)について記述する条件を設定し、1週間後のニオイの再認成績を比較した。その結果、視覚イメージ以外の条件でただニオイが提示された統制群よりも統計的に有意に高い成績が得られた。さらに、ヒット率とフォールスアラーム率の分析から、特定の符号化課題がターゲット刺激の同定を高めるわけではなく、むしろ、ディストラクタ刺激を弁別できるような働きがその符号化課題に含まれているかどうか再認記憶の強化に関与した可能性があることを説明している。また、ニオイ刺激に基づいて作られた視覚イメージの鮮明度と再認成績の間には、高い正の相関関係は認められなかった。これら全ての結果を包括して、視覚イメージのような非言語的な符号化は、同じ非言語的符号化の嗅覚イメージと重なるので、再認記憶が強化されにくいだが、ニオイに関する言語的符号化は2重のコード(ニオイの表象によるコードと言語的コード)を作るので再認記憶が強化されると説明した。しかし、ニオイの視覚的イメージの記憶痕跡の存在を実験手続き上確認することが出来なかったという問題点も残された。

さらに Lyman and McDaniel (1990)は、(1)身の回りによくある物のニオイとその物の写真(視覚的イメージ)の2種類の情報による精緻化条件、(2)ニオイとその物の名前(言語)の2種類の情報の精緻化条件、(3)ニオイと名前(言語)と写真(視覚的イメージ)の3種類の情報の精緻化条件を設定し、保持時間1週間の再認記憶実験を行った。この結果、視覚的処理(写真)と言語的処理(名前)が同程度にニオイの再認記憶を強化し、視覚的かつ言語的処理(写真と名前)が最も良い再認記憶をもたらすことが示された。彼らは得られた結果から、嗅覚情報の多次元

的検索パスが、他のモダリティ情報の記憶の場合と同様に、視覚的精緻化や言語的精緻化で形成される可能性を示唆した。しかし、言語的精緻化も視覚的精緻化も再認記憶を同じ程度にしか強化しなかったことから、ニオイに関しては、言語的符号化だけに特別な精緻特性があるわけではないと、彼らの1986年の報告とは見解を違えて主張している。Perkins and Cook (1990)の実験結果も、嗅覚情報が視覚的にも言語的にも符号化されることを示している。彼らは、ニオイの符号化時に、(1)抑制課題を行わない統制条件、(2)同時に視覚抑制課題(コンピュータゲーム)を付加した条件、(3)同時に言語抑制課題(ヘッドフォンで提示される数値の追唱)を付加した条件、(4)同時に視覚と言語の両方の抑制課題を付加した条件を設定し、1週間後の再認成績やニオイの名前の再生を比較した。その結果、正答再認成績は統制条件で一番高く、次に視覚抑制条件、言語抑制条件、視覚と言語の両抑制条件と続いた。ニオイの名前の再生成績も再認成績の結果とほぼ同じ傾向を示したが、視覚的抑制と言語的抑制の条件間に有意差が見られなかった。

Lehrner (1993)はニオイの長期再認記憶課題において女性は男性よりも優れた再認成績を示すことを報告している。ニオイの自由再生や同定課題においても男性よりも女性の方が優れていることが言われている(Cain, 1982; Doty, Applebaum, Zusho, & Settle, 1985)。理由は明らかにはされていないが、一つの解釈として、言語能力の性差があるのではないかと考えられている。しかし、一方で複雑な言語的ラベルや認知的処理を要しないと考えられる嗅覚閾値でさえも性差が見られる。Lehrnerの結果からは、ヒット率は男性より女性で有意に高かったが、フォールスアラーム率では両者に有意差は見られなかった。このことは記憶の正確さ(ヒット率)には女性優位の性差があったが、反応バイアス(フォールスアラーム率)には性差がないことを示唆していると解釈された。さらに、ニオイを学習する時と再認する時に用いられた言語ラベルがどの程度一貫していたかや、どの程度正しいラベルが付けられていたかには男女差が見られなかったことから、Lehrnerはニオイの再認記憶における性差は認知的要因によるものではなく、感覚要因によるものであると主張した。しかしながら、ニオイの長期再認記憶成績に性差はなく、ニオイを同定する個人の能力差が存在するとする実験結果(Ayabe-Kanamura, Kikuchi, & Saito, 1995a)も報告されており、性差に関しては議論の余地のあるところである。

ニオイの再認記憶に及ぼす加齢の影響を調べた研

究によると、65歳以上の高齢者は非常に短い保持時間の後でさえも、ほとんどニオイを再認することができず、また忘却曲線の勾配も20代の青年と比較すると急激であることが示唆されている(Murphy, Cain, Gilmore, & Skinner, 1991)。また、Cainらがニオイの弁別課題、自由にニオイを同定する課題、手がかり(選択肢)の与えられる同定課題を、青年、中年、高齢者を対象に実施したところ、高齢者では全ての課題において低い成績が示された(Wijk & Cain, 1994)。高齢者の場合、特に手がかり同定課題の成績が低くなり、嗅覚情報処理の認知的側面の加齢による減退が示唆されている。

### 3 ニオイの記憶に関わる脳内部位

人間の嗅覚情報の処理過程には、嗅球以降、側頭葉と下部前頭葉が関与しているのではないかと現在のところ考えられている。このことは、てんかんの治療のために脳内の特定の部位を切除した患者の臨床データ(例えば、Carroll, Richardson, & Thompson, 1993; Jones-Gotman & Zatorre, 1993; Zatorre & Jones-Gotman, 1991)や高等霊長類を使った神経生理学的な実験データ(例えば、Takagi, 1989)から示唆されている。臨床データからは特に、ニオイに対する検知閾の低下は脳内の切除部位に関わらず認められなかったが、2種類のニオイの弁別課題においては、側頭葉切除または眼窩皮質を含む右前頭葉を切除した場合に有意な成績の低下が認められることが示された(Zatorre & Jones-Gotman, 1991)。16種類のニオイを学習直後、20分後、24時間後に再認する記憶課題においても、保持時間延長に伴って成績が低下する傾向は全被験者で共通であったが、右側頭皮質または右眼窩前頭皮質を切除した患者は他の部位を切除した患者よりもどの保持時間条件においても有意に低い成績を示すことが報告されている(Jones-Gotman & Zatorre, 1993)。さらに、Carroll, Richardson, and Thompson (1993)も、右側頭葉を切除した患者は、ニオイに関するエピソード記憶における検索段階が選択的に阻害されることを示している。これらのデータは、嗅覚の高次情報処理に関しては右半球が大きな関わりを持っていることを示唆していると考えられる。

嗅覚の処理系は同側性、つまり、右鼻腔側で受容された嗅覚情報は主に右半球で処理され、左鼻腔側で受容された嗅覚情報は主に左半球で処理されると一般的には考えられている。しかし、Zatorre and Jones-Gotman (1990)は、脳の右半球が嗅覚処理に優位に関わっていることを健常者でも確認してい

る。彼らは、被験者の右鼻腔と左鼻腔の別にそれぞれニオイを提示して、その時の弁別課題の成績と比較し、右鼻腔にニオイが提示された場合に有意にその成績が高くなることを見出した。さらに、Zatorre, Jones-Gotman, Evans, and Meyer (1992)は、最近著しく進歩した陽電子放射断層撮影(PET)を用いて、嗅覚情報の処理過程中的脳内部位の活動を同定するために、活動に関連した局部的大脳血流の変化を静注された $H_2O^{15}$ を測定し、その結果、日常生活の中で接するような8種類のニオイそれぞれが両鼻腔同時に提示された後に、嗅覚情報の中継部位と考えられている左右梨状皮質と、さらに右眼窩前頭皮質において有意な活性化が認められた。この結果から、臨床研究で示されていた嗅覚刺激処理過程における右眼窩前頭皮質の重要性が確かめられた。

嗅覚刺激を定量的にかつパルス状に提示できるオルファクトメータを開発し、嗅覚誘発電位を測定したKobalらの実験からは、嗅覚刺激によって頭皮上の中心部と頭頂部で最大振幅が誘発されることが報告されている(Kobal, Hummel, & Van Toller, 1992)。また彼らは、快のイメージをもたらすニオイは右鼻腔に、不快なものを通感させるニオイは左鼻腔に提示した場合に、潜時と振幅の短小がそれぞれ観察されたことを報告し、情動情報の処理に関する大脳半球の役割の差異を示唆している。最近ではさらに、脳の磁場をSQUIDを用いた脳磁場測定装置(MEG)で測定する方法を用いて、嗅覚刺激オンセットから潜時400msecと600msecで扁桃体や海馬傍回を含む側頭葉の中央部位から嗅覚刺激に対する応答が発生していることが見いだされている(Kobal & Kettenmann, 1995)。しかし、刺激オンセットから1600msecまでの間に嗅覚刺激に対する眼窩前頭皮質からの応答は認められなかった(Kettenmann, Kobal, & Hari, 1995)。

今後、刺激のオンセット及び潜時を統制するような刺激提示方法や課題を統一して様々なアプローチで嗅覚情報の処理過程、他の感覚モダリティーとの関係、特に記憶を含む高次の処理過程を探っていく必要がある。人間の脳の高次機能を非侵襲で計測する手法が急速に発展し進歩する中でその成果が最も期待される場所である。

## 要約

ニオイの記憶に関する心理学的研究では、ニオイの同定課題や顕在的な再認記憶課題が用いられてきた。本稿ではニオイの短期及び長期再認記憶に関する研究について概観し、さらに嗅覚刺激の処理過程

に關与している人間の脳内部位に関する知見についても記述した。5分程度までの短期再認記憶内では嗅覚情報は遅延時間の影響を受けずに保持されやすいようであったが、1週間程度の遅延後には嗅覚情報は徐々に減衰し他の感覚モダリティー同様に時間による干渉を受けることが最近の研究で明らかにされた。また、ニオイの再認記憶には嗅覚的コードに加えて言語的コードが含まれている可能性が示唆された。さらには視覚的な符号化も言語的符号化とは独立してニオイの記憶に促進的に働くようである。今後ニオイの再認記憶に関する研究では、ニオイに関する名前の記憶がニオイの記憶に貢献する程度、嗅覚的コードと言語的コードとの対応関係、言語的コードの内容等が検討される必要があると思われる。てんかん治療のために脳の一部を切除した患者のニオイの再認記憶成績やPETやMEGを使って測定した健常者の脳の活動の様子から、嗅覚情報は側頭葉や右眼窩前頭皮質で高次レベルの処理が行われている可能性が示唆された。脳の高次機能を測定した研究例は未だ少なく、今後データの再現性や信頼性を高めるためにもさらに多くの研究がなされる必要があるであろう。

## 引用文献

- Ayabe-Kanamura, S., Kikuchi, T., & Saito, S. (1995a). The effect of verbal label on the memory and pleasantness evaluation of unfamiliar odors. *Chemical Senses*, **20**, 379.
- Ayabe-Kanamura, S., Kikuchi, T., & Saito, S. (1995b). Effect of verbal cue on recognition memory of familiar and unfamiliar odors. *Chemical Senses*, (abstract) (in press).
- Cain, W.S. (1979). To know with the nose: Keys to odor identification. *Science*, **203**, 467-470.
- Cain, W.S. (1982). Odor identification by males and females: Prediction vs. performance. *Chemical Senses*, **7**, 129-142.
- Carroll, B., Richardson, J.T.E., & Thompson, P. (1993). Olfactory information processing and temporal lobe epilepsy. *Brain and Cognition*, **22**, 230-243.
- Davis, R.G. (1975). Acquisition of verbal associations to olfactory stimuli of varying familiarity and to abstract visual stimuli. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, **104**, 134-142.
- Davis, R.G. (1977). Acquisition and retention of

- verbal associations to olfactory and abstract visual stimuli of varying similarity. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, **3**, 37-51.
- Doty, R.L., Applebaum, S., Zusho, H., & Settle, R.G. (1985). Sex differences in odor identification ability: A cross-cultural analysis. *Neuropsychologica*, **23**, 667-672.
- Doty, R.L., & Kosal, G. (1995). Current trends in the measurement of olfactory function. In Doty, R.L. (Ed.), *Handbook of Olfaction and Gustation*. New York: Dekker.
- Engen, T. (1982). *The perception of odors*. New York: Academic Press.
- Engen, T. (1991). *Odor sensation and memory*. New York: Praeger.
- Engen, T., Kuisma, J.E., & Eimas, P.D. (1973). Short-term memory of odors. *Journal of Experimental Psychology*, **99**, 222-225.
- Engen, T., & Ross, B.M. (1973). Long-term memory of odors with and without verbal descriptions. *Journal of Experimental Psychology*, **100**, 221-227.
- Jehl, C., Royet, J.P., & Holley, A. (1992). Role of verbal encoding processes in olfactory memory. *Chemical Senses*, **17**, 845.
- Jehl, C., Royet, J.P., & Holley, A. (1994). Very short term recognition memory for odors. *Perception & Psychophysics*, **56**, 658-668.
- Jones-Gotman, M., & Zatorre, R.J. (1993). Odor recognition memory in humans: Role of right temporal and orbitofrontal regions. *Brain and Cognition*, **22**, 182-198.
- Kettenmann, B., Kosal, G., & Hari, R. (1995). Areas of cortical olfactory activity in man identified with event-related magnetic fields. *Chemical Senses*, (abstract) (in press).
- Kosal, G., & Kettenmann, B. (1995). Functional relations of cortical olfactory areas studied with MEG and MRI. *Second International Symposium on Bioscience and Human Technology* (abstract), 3.
- Kosal, G., Hummel, T., & Van Toller, S. (1992). Differences in human chemosensory evoked potentials to olfactory and somatosensory chemical stimuli presented to left and right nostrils. *Chemical Senses*, **17**, 233-244.
- Lawless, H. (1978). Recognition of common odors, pictures, and simple shapes. *Perception & Psychophysics*, **24**, 493-495.
- Lawless, H., & Engen, T. (1977). Associations to odors: Interference, mnemonics, and verbal labeling. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, **3**, 52-59.
- Lehrner, J.P. (1993). Gender differences in long-term odor recognition memory: verbal versus sensory influences and the consistency of label use. *Chemical Senses*, **18**, 17-26.
- Levine, J.M., & McBurney, D.H. (1986). The role of olfaction in social perception and behavior. In C.P. Herman, M.P. Zanna, & E.T. Higgins (Eds.), *Physical Appearance, Stigma, and Social Behavior: The Ontario Symposium*, Vol.3. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lyman, B.J., & McDaniel, M.A. (1984). Effects of encoding strategy on long-term memory for odors. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **38A**, 753-765.
- Lyman, B.J., & McDaniel, M.A. (1990). Memory for odors and odor names: Modalities of elaboration and imagery. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, **16**, 656-664.
- Murphy, C., Cain, W. S., Gilmore, M. M., & Skinner, R.B. (1991). Sensory and semantic factors in recognition memory for odors and graphic stimuli: Elderly versus young persons. *American Journal of Psychology*, **104**, 161-192.
- Perkins, J., & Cook, N.M. (1990). Recognition and recall of odors: The effects of suppressing visual and verbal encoding processes. *British Journal of Psychology*, **81**, 221-226.
- Rabin, M.D., & Cain, W.S. (1984). Odor recognition: Familiarity, identifiability, and encoding consistency. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, **10**, 316-325.
- Richardson, J.T.E., & Zucco, G.M. (1989). Cognition and olfaction: A review. *Psychological Bulletin*, **105**, 352-360.
- Schab, F.R. (1991). Odor memory: Taking stock. *Psychological Bulletin*, **109**, 242-251.
- Schab, F.R., & Cain, W.S. (1991). Memory for odors. In D.G. Laing, R.L. Doty, & W. Breipohl (Eds.), *The human senses of smell*. New York: Springer.
- Takagi, S.F. (1989). *Human olfaction*. Tokyo: University of Tokyo Press.
- Walk, H.A., & Johns, E.E. (1984). Interference and facilitation in short-term memory for odors. *Perception & Psychophysics*, **36**, 508-514.

- White, T., Kurtz, D., Treisman, M., & Hornung, D. (1995). Olfactory stimuli and verbal recoding in short-term memory. *Chemical Senses*, (abstract) (in press).
- Wijk, R.A., & Cain, W.S. (1994). Odor quality: Discrimination versus free and cued identification. *Perception & Psychophysics*, **56**, 12-18.
- Zatorre, R.J., & Jones-Gotman, M. (1991). Human olfactory discrimination after unilateral frontal or temporal lobectomy. *Brain*, **114**, 71-84.
- Zatorre, R.J., Jones-Gotman, M., Evans, A.C., & Meyer, E. (1992). Functional localization and lateralization of human olfactory cortex. *Nature*, **360**, 339-340.