

においの知覚と順応・慣化過程に及ぼす 認知的要因の効果に関する研究の動向

小 林 剛 史*

はじめに

生体の嗅覚系は、さまざまな化学的刺激に対する感受性を有する。さらに刺激の濃度変化に対する感受性をも維持するために、感受性の機能自体を調節している。例えば我々は、しばしば異臭を感じる状況に置かれても、数分も経たないうちにそのにおい刺激環境に適応し、その嗅覚刺激を「感じなく」なる。しかし、新奇のにおい刺激が現れたり、刺激濃度が変化したときには速やかにその刺激を感知することができる。こうした高度な感受性の調節機能過程は順応・慣化過程と呼ばれている。一般に、順応・慣化というと感受性の減衰のみを言及するものと捉えられがちであるが、順応・慣化過程で感受性が増強する状況もある。感受性の調節機能によって、我々はおい刺激の濃度変化を感知することができるが、こうした濃度変化を感覚強度として実時間的に評定すると、その感覚強度の推移は実際のにおいの物理的濃度の変化と対応する場合もあれば、対応しない場合もある。これは、我々の嗅覚機能が実際のにおい刺激環境を必ずしも正確に捉えるものではないこと、そして認知的な影響を少なからず受ける機能であることを示唆している。近年、フェロモンに関する研究分野などでおいの知覚過程における分子生物学的機能の研究が加速しているが、こうした遺伝子・分子レベルの研究と、従来から行われてきた行動学的・精神物理学的・電気生理学的（動物）技法を用いた研究から得られた順応・慣化の特徴とを関連づけることが益々重要となっている。本稿では、近年加速度的に注目を集めている嗅覚情報処理過程において、順応・慣化をはじめとするにおいの知覚がどのような要因に影響を受けるかについて、最近の研究を概観しながら考察する。

Studies on Cognitive Effects on Odor Perception and Adaptation/Habituation: A Review

*Takefumi Kobayashi

Correspondence Address: Faculty of Human Studies, Bunkyo Gakuin University,
1196 Kamekubo, Fujimino-Shi, Saitama 356-8533, Japan

Accepted November 16, 2005. Published December 20, 2005.

嗅覚研究で用いられる測定方法および尺度：閾値、感覚強度、快-不快度

ヒトの嗅覚研究において代表的に用いられてきた測定方法および尺度のうち、代表的なものとして閾値、感覚強度、快-不快度などがある（斉藤，2003）。

閾値には一般に検知閾，認知閾，弁別閾がある。検知閾は，そのにおいが何のにおいか分類・命名はできなくても，においを感じる最低の濃度，認知閾はにおいを同定することができる最低の濃度，そして弁別閾はにおいの感覚強度および質の変化を感じる最小の濃度変化量である。これらの閾値は，におい物質の化学的特性に依存して異なることが知られているが，同時に個人差や加齢による影響が大きく，さらに測定方法も煩雑で難しいという問題点がある。

嗅覚における順応・慣化によってにおいの感覚強度は減少するが，これはにおいを数回吸い込むだけでも起こる。ヒトの嗅覚の研究で，このような変化は実験協力者に嗅覚刺激の強度の評定を依頼する方法を用いて検討されてきた（Cain, 1969, 1970, 1974）。においの持続的提示によって感覚強度は減少し，最終的にはにおい自体を感じなくなる，すなわち強度が0（ゼロ）になることがあるが，一般に嗅覚は視覚や聴覚に比してこうした順応・慣化が顕著に見られることが知られている（Dalton, 2000）。

においの評価尺度において快-不快度は極めて重要である。様々なにおいを複数の形容詞や記述語で評価した結果を多変量解析すると，一般に，ヒトの場合快-不快度が第1軸として抽出される（斉藤，2003）。においに対する快-不快度はにおいの質とその強度の影響を強く受け，個人差も大きい（斉藤ら，1983）。また，においに対する認知的操作を行った場合に最も敏感に反応する測度がこの快-不快度であり，においの知覚に関わる多くの研究で重要な指標として用いられている。

嗅覚における末梢（受容体レベル）と中枢（後受容体レベル）の機能：順応と慣化

先に述べたように，長期的に嗅覚刺激に曝されると，生体はその刺激に特異的な嗅覚鈍化を示す。しかし，それ以上刺激の暴露が続かなければ，時間の経過と共に嗅覚は回復する。この嗅覚順応・慣化過程は，においの知覚に関わる研究の主要な検討対象の1つである。末梢（受容体レベル）における嗅覚鈍化および変化は，定義的に嗅覚順応と呼ばれ，中枢（後受容体レベル）における嗅覚鈍化・変化は，定義的に嗅覚慣化と呼ばれる。嗅覚順応・慣化が，嗅覚系における多様な水準で起こり得ること，そして末梢（受容体レベル）およびより中枢（後受容体レベル）の両方に関わることは一般に知られるところである。嗅覚系の知覚および順応・慣化過程に関わる変数は多様である。まず，嗅覚系の知覚における生体内の要因がある。すなわ

ち、におい刺激が鼻腔内に取り込まれ、受容体に結合する末梢（受容体レベル）の水準における変数から、その信号が中枢（後受容体レベル）に至り、高次な処理が行われる水準における変数まで、実に多様である。また、におい刺激がどのような濃度、温度、湿度条件下で、またどのくらいの持続時間で漂ってくるのかといった生体外の要因も存在する。

生体内の要因に着目すると、その過程は大きくは末梢と中枢、すなわち順応と慣化の過程に分けることができる。この過程は互いに混濁し分離が極めて困難である。しかし、これらが異なる過程であることを理解するために分かりやすい例がある。片方の鼻腔ににおい刺激を提示すると、同側および対側の鼻腔内で順応・慣化が見られるが、対側の鼻腔における順応・慣化の程度はより大きく、また回復も緩慢であることが知られている。このことは、嗅上皮上の末梢受容器のみでは嗅覚順応・慣化過程が説明できないことを示している。一方、におい刺激を繰り返し嗅いだ場合、感覚強度の顕著な低下とは対照的に末梢受容器の反応性の低下が相対的に少ないことが知られている。つまり、嗅覚順応・慣化には末梢受容器のみではなく中枢が絡んでおり、このことが近年報告されている多様な順応・慣化パターンを説明すると考えられる。しかしながら、順応・慣化に関する多くの精神物理学的研究において、末梢と中枢の機能を実験的に分離して検討することは極めて困難であり、特に中枢の機能に関わる研究はまだ日の目を見たばかりである。

嗅覚順応過程の一般的特徴

嗅覚順応は、末梢受容器の「疲労」による嗅覚鈍化とも説明され得る。末梢のみの機能を抽出して嗅覚の感受性の変化を測定すれば、仮説的には嗅覚を有するほとんどの生体で類似した変化、すなわち速やかな嗅覚鈍化および刺激環境の変化による鈍化からの回復が生ずると考えられる。こうした嗅覚順応において、多くの動物種は類似した特徴を示すことが知られているため、ここでは線虫類 (Colbert and Bargmann, 1995) とキイロショウジョウバエの幼虫 (Wuttke and Tompkins, 2000) の研究を例に挙げる。線虫類、キイロショウジョウバエの幼虫のいずれも、におい刺激の暴露時間によってにおいの感受性に差が生じることが報告されている。水が浸漬されたディスク、およびにおい刺激が浸漬されたディスクがそれぞれ対側に置かれた培養皿の真中に被験体を置き、被験体がいずれのディスクを選択し、そこに滞在するかが観察された。反応指標は、刺激ディスクに反応した幼虫の数と統制ディスクに反応した幼虫の数の差で求められ、ディスクに反応した全ての幼虫の総数で標準化された。未順応段階において、キイロショウジョウバエの幼虫はにおい刺激の置かれたディスクを有意に多く選択した。しかしながら、暴露順応段階の後、幼虫は両方のディスクをほぼ同様に選択した。プロプリオン酸、ベンツアルデヒド、エチルアセテートを5分間先行提示されたキイロショウジョウバエの幼虫は、清潔な空気のみ先行提示された幼虫に比して、それらにおい刺激に対する走

においの知覚と順応・慣化過程に及ぼす認知的要因の効果に関する研究の動向（小林剛史）

化性反応（接近反応）が有意に抑制された。さらに、におい刺激の1分間の暴露では、そのにおいに対する反応性は有意には減少しなかったが、先行的暴露時間が最長10分間まで増加するにつれて、順応の程度も同様に増加していた。このことは、におい刺激に対する順応の効果が、刺激暴露時間依存的に見られることを示している。

また、観察される順応の程度は、順応するにおいの濃度にも依存する。においの濃度が高くなると、におい刺激を選択する幼虫は減少し、さらに高濃度になると、統制刺激とにおい刺激が弁別されなくなった（Wuttke, 1999）。

濃度や暴露時間といった刺激特性はヒトにおいても類似した影響を生じさせる。広範なにおい刺激に対する順応と回復を検討した多くの研究では、感覚強度の減衰が特徴的な指数関数的減衰を示し（Ekman et al., 1967；Cain, 1974；Berglund, 1974）、順応の割合・程度、そして回復の時間的動態は、いずれも濃度・暴露時間依存である（Cain, 1974；Berglund, 1974；de Wijk, 1989）。

さらに、暴露による感受性や感覚強度の低下は、順応するにおいに特異的である。職業上日常的にアセトンのニオイに暴されている労働者のグループと統制群の間で、アセトン以外の統制刺激に対する彼らの感受性と評定強度を調べた研究がある（Dalton et al., 1997；Wysocki et al., 1997）。労働者たちは、アセトンのにおいを統制刺激よりもずっと弱いものとして評定し、またアセトンに対する検出閾値も上昇していた。しかしながら、統制刺激に対するグループの効果は検出されなかったため（ブタノールおよびフェニルエチルアルコール）、アセトンの暴露によって観察された順応は全てのおいに般化するものではないことが示唆された。このように、日常的に曝されているにおい環境に対して、我々は他の動物と同様に感覚鈍化を示すが、その鈍化はにおい刺激に特異的なものであり、他のにおい刺激環境に曝されれば、低い検出閾値で速やかに新たな刺激を知覚することができる。

においの知覚に及ぼす認知的要因の影響に関する検討（1）：従来の研究とその問題点

近年の嗅覚研究で、においの知覚に及ぼす認知的要因に焦点を当てた研究の潮流がある。これまで、においの知覚については、多くの基礎的研究が行われてきたが、ヒトにおいては、閾値、感覚強度、快-不快度などの指標におけるばらつきが大きく、その評価の不安定性については多くの議論が行われてきた。その中で、個人の生育環境や記憶、予期や感情などによる影響に焦点を当てた研究が行われるようになった。近年、提示されたにおい刺激のみによって導かれる末梢からの「ボトムアップ」過程と、記憶、予期や感情といった中枢の機能が絡む「トップダウン」過程の相互作用によって出力が決定するという文脈でようやく嗅覚研究が行われるようになってきた。

嗅覚系においては、分離した鼻腔が分離した嗅覚の受容体群に繋がり、それが嗅球レベルで

収束している。この神経経路の特徴を活用することによって、嗅覚的順応・慣化過程における末梢（受容体）および中枢（嗅球と皮質）組織の寄与について検討する重要な方略が得られる。片側の鼻腔に一定時間におい刺激を暴露し、感覚閾値や閾値以上の感受性を、同側あるいは反対側の鼻腔で調べることで、先述したようにさらに中枢（後受容体レベル）に特化した機能を選択的に評価することができる。Cain (1977) は、リナリルアセテートあるいは希釈液に対する片側鼻腔における知覚強度の減少が、異なる濃度の順応刺激の感覚強度に与える効果を検討した。その結果、常に対側の鼻腔で知覚強度の減少が大きいことを見いだした。反対側の鼻腔における順応・慣化はニオイの蒸発による逆行性の嗅覚の刺激によっても説明され得るが、この結果は少なくとも末梢と中枢の両方が嗅覚順応に関与していることを示唆する。

近年注目すべき研究として、におい刺激に関する認知的情報（危険、安全など）が嗅覚系の知覚に及ぼす影響に関する研究がある (Dalton, 1996; Dalton et al., 1999)。Dalton (1996) は、におい刺激が健康にネガティブな物質であるという実験者による教示（認知的要因）が、においの感覚強度および順応・慣化過程に影響を及ぼすことを見いだしている。ここではまず、9つのにおい刺激が健康的なものか危険なものの特徴づけを行う際に、教示内容がどのように影響するかを検討した。実験協力者は、スクイーズボトルに入ったバニリン、メチルサリチル、酢酸、ブタノール、フェニルエチルアルコール、ベンツアルデヒド、シトラルバ、イソボニルアセテート、アミルアセテートを嗅ぎ、それぞれのにおい刺激が健康的であるか危険であるかを9段階で評定した。独立変数は、これらのにおい刺激に対する事前教示で、一方の群はこれらのにおいが健康に寄与するもの、もう一方の群は危険なものとして情報が与えられた。同時に、各におい刺激についてその親しみやすさも評価した。その結果、実験協力者がよく知っている（親しみやすい）においは教示内容の影響を受けなかったが、あまりよく知らないにおい、すなわちイソボニルアセテートやアミルアセテートは教示内容による影響を受けた。そこで、次に教示による情報操作に特に敏感であったイソボニルアセテートを用いて、同刺激を長時間連続提示したときの感覚強度および閾値の時系列的な変化を調査した。ここで提示された教示内容は以下の3種類であった。ポジティブ群は、「自然のバルサム木から採取し、アロマセラピーにも使用され、ムード作りにも健康にも良い」、ネガティブ群は「工業用の溶媒で、長時間吸い込むと健康的に、そして認知的に悪影響がある」、そして中立群は「嗅覚調査のため認可された一般的なにおい」として教示された。その結果、におい刺激に対する感覚強度評定値に教示の内容が統計的に有意な影響を及ぼすことはなかったが、提示時間と教示条件間の有意な交互作用が見られた。すなわち、教示内容によって順応・慣化のパターンには差があることが示された。このことから、同一のにおい刺激について異なる情報が与えられると、そのにおい刺激に対する順応・慣化過程も教示内容に依存して変化する可能性が示唆された。一般に、においの知覚に関する研究は上記の知見も含め、異なる実験条件の下で行なわれており、それぞれの結果を同じ枠組みの中で比較することは難しい。しかし、少なくとも嗅覚系の順応・慣化過程において、あるにおい刺激に対して一様に感覚強度の指数関数的減少が起こるわ

けではないことはもはや明らかである。

さらに坂井ら（2004）も上記の知見と同様の結果を報告している。日本人に馴染みの薄いアネトール（Ayabe-Kanamura et al., 1998；Distel et al., 1998）に対して2種類の異なる教示（ポジティブ群：アロマセラピーに効果があるなど v.s. ネガティブ群：殺虫効果を持つなど）を行い、感覚強度および快-不快度に及ぼす影響を検討した。その結果、ネガティブ群はポジティブ群に比してアネトールのにおいをより不快に感じること、感覚強度評定値の変化パターンから、ネガティブ群の方が相対的にアネトールに対して順応・慣化が緩慢であると判断され得ることが明らかになった。

Dalton（1996）および坂井ら（2004）の研究は、同一におい刺激に対する異なる教示によって心理的反応が異なることを示した点でその功績は大きい。特ににおい刺激に対する順応・慣化パターンが教示によって異なる様相を呈するのは、先述した中枢の処理が嗅覚順応・慣化に有意な影響を持つ可能性を示唆する点で興味深い。しかしながら、いずれの研究も、においの知覚の重要な測度である感覚強度において刺激の暴露期間全体に渡る頑健で有意な教示の効果（異なる教示内容による感覚強度の差）を見いだすには至っていない。以上の研究でのにおい刺激の暴露方法は、日常的な環境と類似して、連続的ににおい刺激が提示されるというものであった。すなわち、におい刺激は実験協力者の鼻腔内に常に滞留しており、その除去は行われていなかった。嗅覚研究の難しさは、視覚や聴覚と異なり、刺激提示後に化学的刺激が受容器周辺に残留してしまうという事実にある。においの除去、そして順応・慣化と回復の程度の相違は、多様なにおい刺激の物理化学的特性、あるいは鼻腔粘膜下組織の血流、鼻腔粘膜繊毛上におい分子の除去、および呼気による脱着などの要因の相違によって起こり得る（Dalton and Scherer, 1999）。つまり、におい刺激が鼻腔内に滞留することはにおい刺激の除去を妨げ、末梢嗅覚受容器の順応を加速させる。従って、におい刺激に対して与える情報（認知的要因）の影響を検討しようとしても、順応が過度に促進されればにおい刺激に対する情報操作の影響が順応に伴う感覚鈍化によってマスキングされてしまう恐れがある。これまでの認知的要因に関与する研究は、複雑に絡み合う生体外、受容体、そして認知的要因の統制が不十分であり、中枢の機能が関わる認知的要因を検討する上では多くの問題点を包含している。

においの知覚に及ぼす認知的要因の影響に関する検討（2）：刺激統制法の確立

小林ら（2003）は、においの知覚に及ぼす認知的要因の検討を行う上で、におい刺激提示条件を厳密に統制することが不可欠であると考え、その方法の確立を試みた。近年、嗅覚系の知覚に関わる生体外の要因の統制については、完全ではないが、高い正確さでの統制が可能になってきた。コバル式オルファクトメーター（嗅覚刺激提示装置）を用いた嗅覚刺激提示法を用いれば、におい刺激の濃度（バブリングした臭気と空気の割合）、温度、持続時間を制御し、

加湿して提示することが可能である。オルファクトメーターを用いた刺激提示法は、もともと嗅覚刺激に対する脳の誘発応答計測に不可欠なものとして発展してきた。小林ら（2003）は、このオルファクトメーターが、中枢の機能に特異的に関わる認知機能を反映したにおいの知覚を実験的に検討する上で極めて有用であると考えた。オルファクトメーターを用いれば、刺激提示方法を厳密に統制し、末梢における順応の影響を可能な限り減少させ、中枢への影響がより顕著に現れると考えられる。この仮説の下、200ミリ秒という極めて短いにおい刺激提示を断続的に行い、同条件下におけるにおい刺激に対する感覚強度変化を測定した。におい刺激には、坂井ら（2004）と同様アネトールを用いた。馴染みの薄いにおいを材料として使用したのは、実験協力者の生育環境によるにおいに対する既知情報の影響を相対的に減少させ、におい刺激に対する教示の効果をより特異的に検出するためである。アネトール原液（100%）をバブリングさせた気体5.0mLを空気1Lで希釈し、流量は3.9L/分、温度はバブリング部で40.0℃になるように調整した。刺激は片側鼻腔（左鼻腔）に提示した。刺激提示は14.8秒間隔で200ミリ秒間、計15を1セッションとして、計4セッション、合計60回行った。各セッションの間に3分間の休憩時間を挿入した。休憩時間中は強度評定モニターは実験と関係のない映像に切り替わった。さらに、刺激提示流量の2倍の吸入量に調節したバキューム管を鼻腔内の刺激提示部の5mm下方に設置し、におい刺激の鼻腔内滞留に対する万全の予防措置を行った。以上のような厳密な刺激提示条件の統制を行うことで、嗅上皮上の嗅覚受容器周辺にアネトールのにおい分子が滞留する要因を可能な限り排除した。その結果、実験協力者が鼻腔部に不快感やにおい刺激の残留感を感じない水準、すなわち末梢への影響が極めて少ないと考えられる水準にまで刺激提示条件を統制することができた。

においの知覚に及ぼす認知的要因の影響に関する検討（3）：末梢と中枢の機能

小林ら（2004）は馴染みの薄いにおい刺激に関する情報の提示といった認知的要因がにおい刺激の知覚に及ぼす影響、およびにおい刺激の提示が初めて行われるのか、2回目以降であるのかといった提示順（学習効果）の影響について、小林ら（2003）の刺激提示条件下で検討した。実験参加者は、まず実験で使用されるにおい刺激（アネトール）に関する説明（ポジティブ、ネガティブな内容のいずれか）を受け、その後断続的に提示されるにおい刺激を嗅ぎ、感覚強度評定をリアルタイムで行った。60回（1セッション）の刺激提示の後、1時間の休憩を挟んで、初回のセッションでポジティブ教示を受けた実験協力者は2回目のセッションではネガティブ教示を、初回のセッションでネガティブ教示を受けた実験協力者は2回目のセッションでポジティブ教示を与えられ、その直後に同刺激提示条件でにおい刺激を嗅いだ。その結果、順応・慣化に対するポジティブ、ネガティブ教示（認知的要因）の効果、提示セッションが初回か2回目かの提示順の効果（学習効果）のいずれも有意ではなかった。そこで、ポジティブ、

ネガティブ教示の要因を除外して、初回と2回目のセッションの感覚強度を比較したところ、初回のセッションの感覚強度は2回目よりも有意に高いことが見いだされた。すなわち、におい刺激の感覚強度は、におい刺激に対する教示の影響（認知的要因）よりも、そのにおい刺激の提示セッションが初回か2回目かといった提示順（におい刺激に対する学習の効果）の影響を受けることが明らかになった。

このように、においの知覚に及ぼす認知的要因の影響は、快-不快度や内省報告においては有意であったが、感覚強度においては有意ではなかった。感覚強度が認知的要因によって影響を受けないのか、あるいはにおいに対する学習の効果によってマスクングされているのかについては検討の余地が残された。そこで小林ら（2004）は、参加者をポジティブ教示群とネガティブ教示群のいずれかにランダムに振り分け、被験者間計画を設定することで、同一におい刺激に対する学習の効果が生じない要因計画を設定し、それ以外のはほぼ同様の実験条件下で教示内容（認知的要因）の効果を検討した。その結果、ネガティブ群がポジティブ群に比して有意に高い感覚強度を示すという結果が得られた。従来、教示内容を操作しても有意な感覚強度の差が見いだされたという報告はなかったが、刺激提示条件を厳密に統制することで、はじめて教示内容による感覚強度の差が検出された。さらに、ポジティブ群とネガティブ群の感覚強度の差は後半の2セッションで有意に増大していた。また、におい刺激がどのようなにおいに感じられたかについては、ポジティブ群とネガティブ群で顕著な差が見られた。まず、におい刺激の質に対する自由記述についてはさまざまな表現が見られた。ポジティブ群15人全員の自由記述を以下に短く列挙すると、「ほっとする感じ」「いやされるような」「好みのにおい。ほのかな感じ」「まろやか」といった心地よい印象の記述（4名）、「消毒液のような」「薬。人工的な」「アロマのような。薬品のような」といった薬品系の記述（3名）、「草とか茎のような」「菜とハーブの中間のような。ハーブ系」「自分の好きな、メントールの」といったハーブや草木、メントールといった記述（3名）、その他に、「工場で使う油のニオイ」（1名）、「家庭用の洗剤のにおいのような」（1名）、「車の香料のような」（1名）という記述が見られた。また、「アニスのような」（1名）、「言えない」（1名）という記述も見られた。一方、ネガティブ群18人全員の内省を以下に短く列挙すると、「揮発性の感じ。化学的な。人工的。甘い感じもするが、ごまかしの様な感じ」「化学合成物質のような」「防虫剤系」「殺虫剤のような」「プラスチックかアロンアルファ」「石油とかガソリンのような」「最初ミントだと思ったが、後で殺虫剤のにおいに似ていると思った」といった化学・人口物質系および殺虫剤といった記述（7名）が優勢で、「花の香水のきついににおい。その中に渋みがある」「ムスクみたいなにおい。モワっという感じ」「男性のオーデコロンのような」「濃い香水。ワインの毒。薄ければいいにおい。凝縮している感じ」といった香水系の記述（4名）、その他は「ミント系」（1名）、「ほこりっぽい。かすかに甘い」（1名）、「多少金属的なにおいの混じった、直接脳にくるにおい」（1名）、「歯医者のににおい」（1名）、「甘くぴりっとする」（1名）、「きついににおい。酸っぱいにおい」（1名）と様々な記述が見られ、「木のににおい」という植物系の記述は1名のみであった。

においをカテゴリー別に分類した表を用いると、ポジティブ群とネガティブ群のにおい刺激に対する記述はさらに顕著な差を示した。ポジティブ群において最も多かったにおい刺激の記述は「植物系のにおい（花、草木、果物）」であり、15人のうち、11人がこれに相当する記述を行った。その他は、「植物系と化学物質系の混合したにおい」（2人）、「化学物質系（ガス、ベンジン、油）のにおい」（1人）、「その他：甘いにおい」（1人）であった。一方、ネガティブ群において最も多かったにおい刺激の記述は、「化学物質系のにおい」であり、18人のうち10人がこれに相当する記述を行なった。「植物系」と記述した人数はポジティブ群に比して少なく4人であった。その他は「植物系と化学物質系を混合したにおい」（3人）、「ゴムのようなにおい」（1人）であった。同一のにおい刺激がこれほど対照的な記述内容の相違を導いたことは、嗅覚系の知覚における認知的要因の影響の大きさを反映すると考えられる。また、馴染みのないにおい刺激を用いたことも、上記の顕著な効果に寄与していると考えられよう。においには文化に依存して未知のものと既知のものがある。特に未知のにおいに対する情報（認知的要因）は、そのにおいに対する快-不快度を決定する主要な要因の1つであることが、同結果からも確認されたと言える。

以上のように、においの知覚に及ぼす認知的要因の影響を検討する際には、相対的に未知のにおい刺激を使用することが極めて重要であると考えられる。同一刺激に対して異なる認知的操作を行なうような実験に適用可能なにおい物質の条件は、相対的に未知のにおい物質であること、そして教示を与えない状態で大きな快-不快度の偏りが見られないことである。以上の条件を満たす物質を適切な条件の下で提示すれば、認知的操作による快-不快度および感覚強度の差異が検出可能なレベルで得られると考えられる。

においの知覚に及ぼす認知的要因の影響に関する検討（4）：既知のにおい刺激について

一般的に「快」「不快」と既に見なされているにおい刺激に対するヒトの反応の測定についての研究もある。Jacobら（2003）は、小林ら（2004）と同様の刺激提示統制が可能な嗅覚刺激提示装置を用いて、「不快におい刺激」としてヴァレリックアシッド、スカトール、プチリックアシッド、「快におい刺激」としてアミルアセテート、シス3ヘキサノール、リナルールを用い、これらの刺激に対する反応を比較した。その結果、嗅覚系は快においよりも不快においに対しての方が速やかに順応・慣化するが、不快刺激に対しての方が感受性が顕著に高く、順応・慣化の程度は刺激強度に反比例した。すなわち、不快刺激に対する感受性は、快刺激に対してよりも速やかに低下（順応）することが示されたのである。快におい、不快においという認知が生得的に獲得されているのか、生後の経験によって獲得されていくのかについては議論のあるところであり、同一のにおいでも快におい、不快においのいずれにカテゴリー化されるかは、文化に依存して異なること（Ayabe et al., 1998 ; Distel et al., 1998）は既述した。

つまり、馴染みの薄い同一のにおい刺激に対してポジティブあるいはネガティブな教示を行なうか否かという条件を設定した小林ら（2004）の研究とJacobら（2003）の研究は、同次元上で比較できない。しかし、不快、あるいは危険だと感じられるにおいに対する感受性（感覚強度）が鋭敏になるという点で両研究は相互に類似していると考えられ、同指標では既知、未知のにおいにかかわらず一定の傾向が見られる可能性がある。

あるにおいが安全であるのか、危険であるのかといった判断は、既知のにおいに対しては可能でも、未知のにおいに対しては様々な反応が出現すると考えられる。実際に、未知のにおいは一般に不快に感じられる場合も多く、無害なにおい物質に対する誤った異臭騒ぎが起これることも考えられる。また、においに対する知識に乏しいと、大気中に漂う様々なにおい物質に対して危険回避の対応ができない可能性も考えられる。一般的な生活では、さまざまなにおいに対する学習の機会は極めて少ない。今後、においに対する知識を高めることは、教育現場をはじめとする多くの場面で益々重要になるであろう。

結 語

本稿では、嗅覚順応・慣化に関わる基礎研究からにおいの知覚に及ぼす認知的要因の効果の検討に至るまで、比較的近年の研究を概観してきた。近年の研究で特筆すべき点は、におい刺激の提示方法の統制が可能になったことにより、においの知覚に関わる中枢の高次な機能が選択的に検討可能になってきた点である。におい刺激が末梢レベル（受容体レベル）に及ぼす効果を可能な限り減少させる実験パラダイム、すなわち短時間で断続的なにおい刺激提示パラダイムが構築されたことで、感覚強度およびその変化（順応・慣化過程）に及ぼす認知的要因の効果がはじめて検出可能となった。認知的操作によって生じる中枢レベルの変化は、末梢への影響を減ずるほど選択的に測定できると考えられる。すなわち、ポジティブ条件とネガティブ条件間の感覚強度および順応・慣化過程の相違は、より中枢に特異的な反応を反映したものであると推測される。しかし同時に、この末梢・中枢レベルを「完全に」分離して検討する方略は現時点では存在せず、小林らの研究（2004）がその点を完全には克服していないことも事実である。嗅覚系の末梢および中枢レベルの機能を詳細に検討するためにはより多様なパラダイムを用いた検討が必要である。

今後、においに対して与えられる情報によって当該のにおいの印象や感覚強度が変化するという過程をさらに検討するためには、脳機能計測による分析が不可欠である。認知的要因の影響が有意に見られた小林らの研究（2004）の刺激提示条件、およびにおい刺激に対する記述を踏襲したパラダイムは多数回の誘発応答の測定が要求される脳機能計測に適用可能である。今後、同パラダイムを用いて脳機能計測を行なうことによって、認知的要因が関与する中枢レベルの嗅覚系の知覚および順応・慣化過程がさらに詳細に明らかになることが期待される。

文 献

- 齊藤幸子 (2003) 味とにおいの感覚・知覚. 粉体と工業, 36, 41-49.
- Cain, W. S. (1969) *Olfactory adaptation and direct scaling of odor intensity*. Diss. Abstr. Int., 30, 696.
- Cain, W. S. (1970) *Odor intensity after self-adaptation and cross-adaptation*. Percept. Psychophys., 7, 271-275.
- Cain, W. S. (1974) *Perception of odor intensity and the time-course of olfactory adaptation*. ASHRAE TRANS., 80, 53-75.
- Dalton, P. (2000) *Psychophysical and Behavioral Characteristics of Olfactory Adaptation*. Chem. Senses, 25, 487-492.
- 齊藤幸子, 飯田健夫, 坂口裕, 小玉廣之 (1983) “減圧/加圧式オルファクトメータによる快・不快度の測定”. 第17回味と匂のシンポジウム論文集, 17, 25-28.
- Colbert, H. A. and Bargmann, C.L. (1995) *Odorant-specific adaptation pathways generate olfactory plasticity in C. elegans*. Neuron, 14, 803-812.
- Wuttke, M. S. and Tompkins, L. (2000) *Olfactory adaptation is TRP-independent in Drosophila Larvae*. J. Neurogen., 14, 43-62.
- Wuttke, M. S. (1999) *Olfactory adaptation in Drosophila melanogaster larvae*. Doctoral dissertation, Rijks University.
- Ekman, G., Berglund, B., Berglund, V., and Lindval, T. (1967) *Perceived intensity of odor as a function of time of adaptation*. Scand. J. Psychol., 8, 177-186.
- Berglund, U. (1974) *Dynamic properties of the olfactory system*. Ann. N.Y. Acad. Sci., 237, 17-27.
- de Wijk, R. A. (1989) *Temporal factors in human olfactory perception*. Doctoral dissertation, University of Utrecht.
- Dalton, P., Wysocki, C.J., Brody, M.J., and Lawley, H.J. (1997) *Perceived odor, irritation and health symptoms following short-term exposure to acetone*. Am. J. Ind. Med., 31, 558-569.
- Wysocki, C. J., Dalton, P., Brody, M.J., and Lawley, H.J. (1997) *Acetone odor and irritation thresholds obtained from acetone-exposed factory workers and from control (occupationally non-exposed) subjects*. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 58, 704-712.
- Cain, W. S. (1977) *Bilateral interaction in olfaction*. Nature, 268, 50-52.
- Dalton, P. (1996) *Odor perception and beliefs about risk*. Chem. Senses, 4, 447-458.
- Dalton, P., Dilks, D., and Ruberte, J. (1999) *Effects of social cues on perceived odor, irritation and health symptoms from solvent exposure*. Proceedings and Abstracts of Annual Meeting of the Eastern Psychological Association, 70, 135.
- 坂井信之, 小早川達, 齊藤幸子 (2004) 認知的要因がにおいの知覚と順応過程に及ぼす影響. におい・かおり環境学会誌, 35, 22-25.
- Ayabe-Kanamura, S., Schicker, I., Laska, M., Hudson, R., Distel, H., Kobayakawa, T. and Saito, S. (1998) *Differences in perception of everyday odors: A Japanese-German cross-cultural study*. Chem. Senses, 23, 31-38.
- Distel, H., Ayabe-Kanamura, S., Martinez-Gomez, M., Schicker, I., Kobayakawa, T., Saito, S.,

- and Hudson, R. (1999) *Perception of everyday odors—correlation between intensity, familiarity and strength of hedonic judgement*. Chem. Senses, 24 191–199.
- Dalton, P. and Scherer, P.W. (1999) *A mass transport model of human olfactory adaptation*. Proceedings and Abstracts of Annual Meeting of the Eastern Psychological Association, 70, 135.
- Dalton, P. and Scherer, P.W. (1999) *A mass transport model of human olfactory adaptation*. Chem. Senses, 24, 561.
- 小林剛史, 小早川達, 秋山幸代, 戸田英樹, 綾部早穂, 別所央城, 坂井信之, 齊藤幸子 (2003) ニオイの認知的要因が順応に及ぼす影響: 大脳誘発応答計測のための評価系の検討. 日本味と匂学会誌, 10, 745–748.
- 小林剛史, 小早川達, 秋山幸代, 戸田英樹, 齊藤幸子 (2004) 断続提示されるにおい刺激に対する感覚強度変化, 認知的要因と学習的要因の効果. におい・かおり環境学会誌, 36, 23–30.
- Kobayashi, T., Kobayakawa, T., Akiyama, S., Toda, H., and Saito, S. (2004) *Cognitive effects on subjective intensity under intermittent presentation of short-duration odor*. Proceedings and Abstracts of Annual Meeting of the European Chemoreception Research Organization, 16, 121.
- Jacob, T., Frasier, C., Wanga, L., Walkera, L., and O'Connor, S. (2003) *Psychophysical evaluation of responses to pleasant and mal-odour stimulation in human subjects; adaptation, dose response and gender differences*. Internation. J. Psychophysiol., 48, 67–80.