

2. 生活を支える五感の情報

人間の思考や行動を支配する視覚情報

鷲や鷹などの猛禽類は上空高くから地上に鼠や小鳥を識別する視覚を持っていますし、蝙蝠は夕闇に飛ぶ虫を見つけて食べています。夏の初めにスズメバチが木の高い枝に巣を作る年は秋に大雨が降り、低い枝に作る際には大風が吹くと言い伝えられています。浅間山が2004年に噴火した折に、著者は愛犬とともに火口から比較的近いところに偶然滞在していました。愛犬が突然気の狂ったように唸り声をあげてから約30秒後に、大きな音とともに強い爆風が窓ガラスを強く揺らしました。このように、それぞれの動物の生活様式に適応するようにその五感の能力は異なっていますが、生存競争に打ち勝ち、生命活動を維持し、子孫を繁栄させるために、視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚の五感を用いて生活に必要な情報を集めることはすべての動物の持つ本能と思われる。人間も眼で見、耳で聴き、手で触れ、口で味わい、鼻で嗅ぐことにより多くの情報を集めてきました。

光は $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ の速さで直進しますから、情報源から発せられる光の情報が眼に届くときに時間的なずれのないままに直接認識されます。人間の眼は角膜と水晶体と硝子体で構成される光学系により対象物の光学像を網膜上に結び、情報源から来る光のエネルギーにより網膜上で起こる化学変化を視神経が知覚し、その情報を大脳皮質の視覚野で整理する機構を持っています。人間の眼が顔の前の方向を向いていますから、眼から得られる情報は顔の前方からだけに限られており、後方にある情報源は全く認識できません。しかも、睡眠などで瞼を閉じて光を遮断しているときは情報を集めることができません。しかし、この眼の機構は精巧にしかも堅牢にできていますから、長年にわたりほとんど故障することなく視覚が極めて高い精度と感度を維持します。そのため、視覚により得られる情報が人間の思考や行動を主に支配しているように思います。

人間の眼の中で、レンズの役割を果たしている水晶体は年齢を重ねる間に次第に劣化して黄白色の濁りを帯びてきますから、入射した光が散乱してレンズとしての性能が低下してしまい、白内障と呼ばれる視覚障害を発症します。白内障を患いますと黄色に変色し劣化したレンズを通して像を結ぶのですから、黄色のサングラスをかけたように、当然白色の物も黄色に見えるはずですが、大脳皮質の視覚野で目からの黄色の情報を白色と修正し整理して認識します。著者は数年前に白内障を患い非常に視力が低下してしまいましたので、左眼の水晶体の蛋白質をポリアクリロニトリルのレンズと交換する手術を受けました。手術前に白色と思っていた物を術後に改めて見直したところ、左眼では明暗の差が際立って鮮やかな本当の白色に見えるようになりましたが、手術を受けていない右眼では黄色く見えるようになりました。このように、人間は眼が対象物を最適の条件で見て情報を取り込み、大脳皮質の視覚野が主観的に整理し認識する特性を持っています。

近年の科学技術の進歩に伴い種々の道具や機器を利用して、人間は更に広く多くの情報を収集し生活に役立てるようになってきました。銀イオンに光が当たると極めて少量なが

ら還元して金属銀が生成します。この金属銀を核にして適当な大きさまで銀粒子を成長させて光の当たった部分が黒い点の像を形作るように現像します。銀塩写真の技術では、0.001 秒の短い時間にあたる光でも像を作ることができますから、一瞬の情景を記憶にとどめることができます。150 年ほど前に発明されたこの銀塩写真の技術により、人間の表情や情景を切り取るように記憶に残していますから、坂本龍馬の風貌や太平洋戦争後の東京の焼け野原の情景や息子の成長の記録を現在もかなり正確に見ることができます。

また、太陽電池は光のエネルギーを電気エネルギーに変換する装置ですが、画素と呼ばれる小さな太陽電池を整列させ、そこに光学系を通して像を結びますと、各画素にあたる光の強弱に応じて電流に変換しますから、デジタルカメラではこれらを整理し像を作っています。このデジタルカメラの技術を利用したビデオカメラが商店の入口や店内ばかりでなく、駅の構内や道路にまで常時作動して、被写体となる人間の挙動を長時間にわたり監視しています。人間の眼では種々の波長の光の混ざった光を色として認識していますが、プリズムを通して種々の波長に分離した光を小さな太陽電池に当てて、電流に変換すれば各波長の光の強さが電流量として測定できます。この技術は分光光度計に応用されて、種々の科学における色に関係した研究や成分分析に利用されています。さらに、人間の目には見えない X 線やマイクロ波を用いた胸部 X 線撮影や MRI で体内の奥深くまで見ることができます。

眼の代役となる写真や分光器のような道具や機器は測定条件を予め設定して作動させますから、精度や感度が不十分になるような悪条件でも状況の変化に無関係に眼の代わりに働きます。そのため、代役の道具や機器は一定の基準の光の強さに対する違いを情報として常に与えてくれますから時間的な変化などを調べることができますが、眼は対象物を最適の条件で見て大脳皮質の視覚野が主観的に整理し認識しますから、基準値からの違いを客観的に調べることはできません。光の強さも形も色も人それぞれに異なった個性をもって対象物を見ているし、都合のよいように変形して記憶に残します。ピカソにとってはヒラメやカレイのように 2 つの目が鼻の片側に見えますし、富士山が赤く真っ赤に見える浮世絵師も出てきます。これに対して、統一した条件で代役の道具や機器を用いて見るときには同じ強さの光は同じ情報を与えてくれますから、光の色も強さも客観的に測定し、統一した単位で数値化することができます。しかも道具や機械は疲れて寝ることも食事をすることもありませんから、文句一つ言うことなく長時間にわたり見続け、記憶し続けます。目に焼き付くような記憶でも長年の間には薄れて美化されてゆき、死とともにその記憶は完全に消滅しますが、坂本龍馬の銀塩写真のように、眼の代役となる道具や機器による記録は 150 年を超すほどの長年の時間経過にもかかわらず忠実に再現されます。

聴覚と触覚と味覚の情報

音は地表では約 300m/s の速さで伝搬する空気の圧力変動が振動する縦波で、局所的に空気の密度の変動を引き起こしますから、光と異なり間に障害物があっても回折して到達

します。人間の耳は外を向くように頭の右端と左端に20cmほど離れて2つ付いていますが、その特殊な形により指向性をもって選択した音波が鼓膜を振動させます。しかも、音波が右耳に到達してから左耳に到達するまでに最長0.0005秒程の時間的なずれを生じます。両耳の鼓膜の振動はそれぞれ情報として大脳皮質の聴覚野に伝えられ、そこで音の高低や強弱や時間的なずれから音源の位置や性質を解析処理して、耳に入る音を認識しています。耳が頭の左右にあり音波が回折しやすい縦波ですから、人間は周囲の全ての方向の情報を間接的に聴覚により認識することができます。

人間が認識する音は対象物の音を拾い出し騒音などの不要な音を消し去りますから、地下鉄の車内のように大きな騒音の中でも会話することも、車内放送を聞き取ることも来ます。寝言を云ったり大きな鼾をかくような人でも、当人にはほとんど聞こえていませんし全く記憶にも残っていません。昼食後の授業で教壇からの声が急に弱くなったり途切れたりした経験をお持ちの読者もあると思います。小学館の国語大辞典によれば他人の言うことを聞く考えがないときに「聞く耳持たぬ」といいますが、このように聴覚は人間の意思に従って対象物の情報を主観的にしか与えてくれない傾向があります。

耳の鼓膜が振動することにより音を感じるように、聴覚の代役を務めるマイクロフォンも音波が薄い膜を振動させ、その時の音の強さや音色に応じた振動の大きさを電流量に変換しています。この時、種々の音を取捨選択することなく、時間的ずれもなくすべて音波の強さに比例した電流量に忠実に変換します。逆にスピーカーやイヤフォンでは、微妙に変化する電流を電磁石に通電して薄い膜を振動させ、膜に接する空気を振動させて音を時間的なずれもなく忠実に発生します。このマイクロフォンで変換した電流量の変化を遠く離れたところまで送り、スピーカーで音に変えれば電話となります。10km以上離れたところまでは雷鳴や花火などの大きな音でも人間の耳に届きませんが、電話を使えば地球の裏側のニューヨークの友達とも内緒話をすることができます。同じ原理で、放送局は音波を電流の強弱に変え、電波に乗せて送っていますから、その電波を再度電流の強弱に変換しスピーカーで音波に変換するラジオの放送も音を送っています。近年、マイクロフォンで拾った騒音から逆の位相の音波成分の騒音を発生させて打ち消し合い騒音を低減させ、聞きたい音だけを聞くことのできるノイズキャンセリングという機能を持つイヤフォンが市販されるようになりました。さらに、電流量の変化を数字に変えて記憶すればCDとして録音することもできます。聞く耳を持たない人には何も聞こえませんが、マイクロフォンはすべての音を忠実に電流に変えます。騒音計という機器が市販されていますから、工場などの騒音公害を示すために音の強さがいつでも数値として測定できるようになっています。

統一した条件で代役の道具や機器を用いて聞くときには同じ強さの音は同じ情報を与えてくれますから、音の強さも音色も客観的に測定し、統一した単位で数値化することができます。しかも道具や機械は疲れて寝ることも食事をすることもありませんから、文句一つ言うことなく長時間にわたり聞き続け、記憶し続けます。焼夷弾の落下するときの恐

怖を伴った音など耳に残るような記憶でも長年の間には薄れて美化されてゆき、死とともにその記憶は完全に消滅しますが、耳の代役となる CD などの道具や機器による録音はフルトベングラーが指揮をする交響曲「運命」のように 70 年を超すほどの長年の時間経過にもかかわらず忠実に再現されます。

触覚は情報源の表面が滑らかかざらざらしているか、硬いか柔らかいか、さらには冷たいか温かいかなど直接肌に触れたときに得られる感覚です。しかし、文明の発展とともに人間は衣服を纏いほとんど肌を露わにすることがなくなってきましたから、直接触れることのできる肌は手や顔などに限られています。子供の挙動が尋常でないとき母親は子供の額に手を当てて体温を確かめますし、「肌寒い」や「爛酒は人肌で」という言葉があるように肌に充てて微妙な温度を調べてきました。個々の体温の違いや体調の違いにより体感温度には個人差がありますから一般化することはできませんが、首まで浸るように入浴した時と指先で触れた時の体感と温度の関係を著者の経験を基にして表 2-1 に纏めてみました。触覚は直接接触しなければ情報を与えませんから、身体に損傷を与えるような情報源からは情報を得ることができません

表 2-1 触覚で感じる温度

し、この表からもわかるようにその精度も感度もあまり高いものではなく、手で触れただけでは温度範囲も狭く精度もかなり大雑把な温度しかわかりませんが、理科の授業で使う温度計では -50 ~ 100℃ まで正確に測ることができます。近年、耳の穴に差し込むだけですぐに体温が測れる体温計まで開発されています。

| 温度 | 入浴した時 | 指先で触った時 |
|--------|---------|----------|
| 0~10℃ | 皮膚が痛い感じ | 痺れる感じ |
| 10~20℃ | 身体が締る感じ | ヒヤッとする感じ |
| 25~30℃ | 生温い感じ | 温度を感じない |
| 35~40℃ | ぬるま湯の感じ | 少し温かい感じ |
| 40~45℃ | 気持ち良い感じ | 温かい感じ |
| 50℃ | 熱く痺れる感じ | 長く触れない感じ |
| 70℃ | | 瞬時でも熱い感じ |

温度は温度計で、材質の成分は X 線や電子線を照射して分析する XMA や EPMA で、材質の硬さは硬度計で、吸着する気体の量から表面の滑らかさは比表面積測定装置でそれぞれ高い感度と精度をもって個々に調べることができます。しかし、触覚は情報源の材質や表面の状態の情報を総合的に与える感覚ですから、これに代わる総合的な道具や機器はほとんど開発されていません。

味覚は食べ物が口の中に入った時にのみ情報を与えるものですから、非常に限られた部分で非常に限られた目的のために特化した触覚と考えられます。身体にとって必要な食べ物と有害な食べ物を取捨選択するための情報を得ることを目的としていますから、味覚は舌にある味覚を感知する部分に食べ物に含まれる分子が接触した時に情報を感じる機構になっています。人間の基本的な味覚は酸っぱい、甘い、苦い、塩っぱい、旨いの 5 味と考えられています。身体の水分が不足すると渇きを感じて本能的に水を飲むように行動します。身体から塩分が不足すると塩っぱいものが美味しくなりますし、長時間の運動や重労働

働で身体各部の活力が不足するときには、ブドウ糖を必要としますから、甘いものが食べたくなります。肉や魚に含まれるアミノ酸は旨味成分として味覚を刺激し、蛋白質が食べられるように食欲を促します。人間にとって欠くことのできないアデニンの原料となるイノシン酸は極めて重要な必須の栄養素ですから、好んで食べて体内に摂取したがるように旨味の味覚ができています。このように身体活力となる炭水化物や構成素材となる蛋白質や脂肪の不足を補うように味覚が刺激して本能的に食欲を促します。

反対に、多くの動物は毒性の物質を体内に取り込まないような本能的な自己防衛の能力を備えています。蛋白質やでんぷんが腐敗するときには、種々の毒性の物質を生産しますが、同時に食べ物の味はしばしば酸っぱくなったり苦くなったりします。そのために、酸味と苦味を不快な味覚と感じて、人間は本能的に自己防衛をしてきました。味覚の未発達な子供たちは動物的な本能であまり強い酸味と苦味を好みませんから、母親の乳首にキニーネなどの苦味物質を塗って母乳で育った乳児の乳離れを早めることがしばしばあります。成人して味覚が発達するほど酸味や苦味を好むようになり、夏の夕暮れには限りなくビールを飲みたくなります。「空腹は最良の調味料」といわれるほどに、味覚は視覚や聴覚よりもさらに強い主観的な特性を持っています。長時間の肉体労働や運動の後には、水が最も美味しくなり、塩辛いものが美味しく感じられます。身体に必要とされるアミノ酸や糖類などの栄養を美味しく感じますし、腐敗などによる有害な物質を不味く感じます。同じ料理でも薄汚れた鍋から食べる場合と、綺麗な皿に盛りつけられた場合では異なる味わいになります。このように味覚は個人的な嗜好や経験が大きく影響しますし、食べる時の体調や雰囲気や精神状態などに大きく影響されます。

食べ物の味が酸っぱいかどうかはリトマス試験紙で瞬時にわかりますし、食べ物の旨味のもとになるアミノ酸の量はアミノ酸分析計と呼ばれる機器で正確に分析できます。近年のスーパーマーケットでは果物の値札の横に甘さを示す糖度が明示されていますから、味見をしなくても甘いリンゴを買うことができます。しかし、味覚は個人的な嗜好や経験や食べる時の体調や雰囲気や精神状態などに大きく影響されますから、基本的な酸っぱいと甘いと苦いと塩っぱいと旨いの5つの味でさえ絶対的な尺度がほとんどありません。食べることは生命を維持するための根源的な活動ですから、その活動が有用か有害かを判断する最も重要な情報を与える味覚は当然利己的であると思われます。

主観的で感度の変化し易い嗅覚情報

嗅覚は匂いの情報を得ることに特化した触覚の一つで、呼吸をする時に外気が通り過ぎる鼻の中にありますから、空気中に含まれる物質が接触して情報をもたらします。空気は主に窒素と酸素で構成されていますが、二酸化炭素やアルゴンのほか、種々の物質から気化してきた多くの気体の分子が含まれています。一昔前の漫画には胡椒の粉が飛散してクシャミが止まらなくなる場面が良くありましたが、杉や檜の花粉をはじめほこりや黄土や煤などの非常に細かい粉末もまた空気中に浮遊していますから、当然鼻の粘膜に接触して

情報をもたらします。

自由に動き回る気体の分子は、壁に衝突すると壁は質量を持った分子から何がしかの力を受けます。これを圧力といいます。気体の衝突で受ける力は分子の数が少なければ小さく、分子の数が多ければ受ける力も大きくなります。密度がある一定体積中の分子の数を意味していますから、気体の圧力はその体積に反比例し、気体の分子の数に比例します。また、分子の衝突で生まれる圧力は分子の質量 m とその分子の運動の速度 v に比例します。1モルの気体の分子の数 N_a はアボガドロ数 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ですから、一定体積 V 中の n モルの気体分子の圧力 P は式 2-1 の関係式に纏めることができます。さらに理想気体定数を R とすると、式 2-2 に示す n モルの理想気体の状態方程式を加味すると式 2-3 のように表すことができます。この式を変形しますと気体の分子の平均速度はその分子量 M_w に反比例します。イタチやスカンクの発する屁の匂い成分スカトールの分子量は131ですから、気温 27°C のとき式 2-2 に代入しますとスカトールの分子の運動平均速度 v は秒速 239m と算出されます。音波ほどではありませんが、かなりはやい速度で気体の分子の飛び回っていることがこの計算結果からわかります。気体の分子は風に流されて空気とともに移動しますが、風のない状態でも気体の分子は平均速度 v で自由に空気中を動き回り、広い周囲に拡散し移動してゆくことを意味しています。

$$P = \frac{nN_a m v^2}{3V} \quad \text{式 2-1}$$

$$PV = nRT \quad \text{式 2-2}$$

$$v = \sqrt{\frac{3RT}{N_a m}} = \sqrt{\frac{3RT}{M_w}} \quad \text{式 2-3}$$

物質の性質や分子量などにより差異がありますが、多くの物質はわずかずつ気化して気体の分子として周囲の空気中に拡散してゆきます。鼻はこれらの種々の物質が鼻孔から吸い込まれ、鼻の粘膜に接触して検出することにより種々の情報を得ていますが、空気中にわずかに含まれるこのような気体の分子や非常に細かい粉末の情報を整理して、その発生源となる物質の所在や性質を推測します。例えば、スカトールの匂いがほのかに匂えばどこかにイタチがいるとわかりますし、強烈に匂えばイタチが最後っ屁をして逃げたと考えられます。

人間は他の動物に比べて優れた視覚を持っていますし、際立った天敵や対処できない害毒もあまりありませんから、嗅覚などの五感がかなり退化していますが、嗅覚により得られる情報が思考や行動を主に支配している動物もいます。例えば犬の嗅覚は平均して人間の $1000 \sim 10000$ 倍程度と考えられていますが、特別の物質に対しては人間の1億倍まで感知できるようです。瞼を閉じてじっと動かずに眠っているときには視覚の情報も触覚の情

報も入りませんし、食べ物を食べないときには味覚の情報も入りません。しかし睡眠中でも呼吸をしていますから、嗅覚は空気中に含まれる物質と接触して情報を送り続けますから、不意に起こる状況の変化の情報を的確に捉える傾向があります。五感はすべて連動していますから、一度不意の状況の変化を捉えた後には、精度や感度の高い視覚や聴覚や味覚が主に情報を集める働きをします。これに対して、この不意の変化による匂いを消し去り、嗅覚は全く匂いのない状態に戻って、次に起こるかもしれない不意の状況の変化に備えます。犬ほどではありませんが、生存競争に打ち勝ち、生命活動を維持し、子孫を繁栄させるために、このように人間も嗅覚で生活に必要な情報を集める本能をもっています。

近年の科学技術の進歩に伴い視覚と聴覚に代わる役割をし、情報を記録し、数量化する種々の道具や機器が開発され、広く多くの情報を収集し生活に役立てるようになってきました。空気中に含まれる気体物質の成分比やそのそれぞれの化学的性質は非常に高い精度と感度でガスクロマトグラフィーや質量分析計などの測定機器で容易に測定することができます。人間は嗅覚により、身体にとって必要で有益な情報を**匂い** (smell) あるいは**香り** (fragrance あるいは aroma) と感じて好み、危険や害毒を予知するような情報を**臭み** (odour) と感じて嫌います。しかし、匂いの強弱や良し悪しは極めて主観的で変化し易く、人それぞれの嗜好や体調や状況など多くの要素に影響されます。スカトールはイタチが自衛のためにする最後っ屁の成分ですから、空気中に大量に含まれているときには鼻を掴みたくなるような臭みと感じますが、少量だけ含まれるときにはよい香りとして好まれますから、多くの香水に微量に調合されています。嗅覚は次に起こるかもしれない不意の状況の変化に備えて、短時間の間にその感度を弱めてゆき、全く匂いのない状態に戻ります。このように人間の匂いの好みは主観的で嗜好や体調や状況などに影響されますが、嗅覚の代役となるガスクロマトグラフィーや質量分析計などの道具や機器は空気中に含まれる物質の量を測定できますが、その匂いが良いか、忌み嫌うような臭みかを判断できません。嗅覚に代わる道具や機器はいまだに作られていませんから、匂いが重要な要素となる食品や化粧品などの産業では、匂いの良し悪しは調香師と呼ばれる特技を持った人によって最終的に判断されています。