

モグラやモグラの仲間たちは非常に代謝がよく、しょっちゅう餌を食べていないと死んでしまいます。そのため水辺にすむモグラは、土や泥の中だけでなく、水の中でも餌を探しやすいような体の形状や機能を備えています。

今週は、北米にすむホシバナモグラとミズベトガリネズミが、水中で器用に匂いを嗅いでいることを報告した論文を取り上げます。全体の長さが短く、論理の展開が明快なので、語句解説や写真を参考に挑戦してみましょう。

Brief Communications

語数 : 571 words 分野 : 動物行動、生理

Nature **444**, 1024-1025 (21/28 December 2006) | doi:10.1038/4441024a

Olfaction:

Underwater 'sniffing' by semi-aquatic mammals

Kenneth C. Catania

<http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7122/full/4441024a.html>

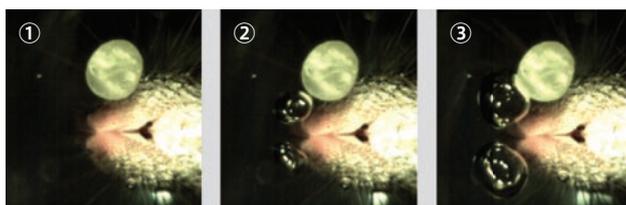
著作権等の理由により画像を掲載できません。

ホシバナモグラ

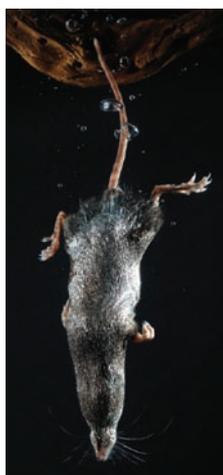
1. **Terrestrial species** that **forage** underwater face challenges because their body parts and senses are adapted for land — for example, it is widely held that mammals cannot use olfaction underwater because it is impossible for them to inspire air (sniff) to convey **odorants** to the **olfactory epithelium**. Here I describe a mechanism for underwater sniffing used by the semi-aquatic **star-nosed mole** (*Condylura cristata*) and **water shrew** (*Sorex palustris*). While underwater, both species exhale air bubbles onto objects or **scent trails** and then re-inspire the bubbles to carry the smell back through the nose. This newly described behaviour provides a mechanism for **mammalian** olfaction underwater.
2. High-speed video recordings of star-nosed moles reveal that they continuously emit and re-inhale air from their **nostrils** while foraging underwater, indicating that they could be 'sniffing' odours while submerged. To test this idea, moles were trained to follow an underwater scent trail that was randomly laid on either of two paths leading to food. Trails were laid in a **channel** covered with a **steel grid** that allowed the air bubble to pass through it, contact the scent trail, and be re-inhaled, while at the same time preventing contact with the mole's star nose.
3. The five moles tested on an earthworm scent followed the underwater scent trails to reach a reward with an average accuracy of 85%, and the two moles tested on a fish scent followed the smell with 85% and 100% accuracy, **respectively**.
4. Three moles were also tested with a grid of finer mesh that prevented bubbles from contacting the scent trail. Their performance dropped to **chance** (that is, 50% in a two-choice test), suggesting that **close proximity** or contact of the bubbles with the odorants is important in this behaviour; performance was also at chance for two moles when there was no scent trail to follow.
5. Star-nosed moles therefore seem to have adapted their olfactory system for use underwater. To test whether other semi-aquatic mammals might show the same behaviour, I investigated whether the water shrew uses a similar strategy. Four water shrews were each seen to emit and re-inhale bubbles that were frequently in contact with objects before being re-inhaled.
6. Two water shrews were trained to follow an underwater fish-scent trail. No grid was used to prevent direct contact with the scent, because the nose of these animals does not physically permit sniffing through a grid; they depend on their whiskers, or **vibrissae**, for **exploratory contact**, unlike the mole, which uses its sensitive

star nose. One shrew was accurate in 80% of trials and the other in 85% of trials, and both performed at chance when a blocking grid or a no-scent trail was used. These findings show that water shrews are also able to use olfaction underwater.

- Can the observed behaviour be classified as 'sniffing' underwater? The volumes of air that are expired and re-inspired (0.06–0.10 ml), the rate of airflow (5–6 ml s⁻¹), the frequency (8–12 Hz) and the context (while exploring an object or pausing) were all remarkably similar to sniffing, as described in air. Rats, for example, sniff at a similar frequency (4–12 Hz) and airflow rate (5 ml s⁻¹) and, **corrected for** body weight, by using comparable volumes of air (0.25 ml).
- These results call for a **reassessment** of the **assumption** that olfaction is useless underwater and raise the possibility that air could be an **intermediate substrate** for odorant transport in other aquatic animals as well.



ミスベトガリネズミの匂い嗅ぎのようす。左から右にいくにつれて、吹き出した気泡が緑色の物体（ワックス）にだんだん接触していくのがわかる。



水に飛び込んだ瞬間のミスベトガリネズミ。毛皮には撥水性がある。

Science key words

タイトル **Olfaction** : 「嗅覚 (匂いを嗅ぐ機能、匂いの感覚)」

タイトル **semi-aquatic mammals** : 「半水生哺乳類」

semi-aquatic (半水生) とは、基本的には陸生だが、水中で餌を探したり、生涯の特定の時期だけ水中で過ごしたりすることを示す。

- Terrestrial species** : 「陸生の (動物) 種」
- olfactory epithelium** : 「嗅上皮」
動物の嗅覚器官にあり、匂い物質を感知する組織。
- star-nosed mole** : 「ホシバナモグラ」
食虫目 (モグラ目) モグラ科。北米東部に生息する体長約 11 ~ 13 cm のモグラ。湿地の浅いところにトンネルを掘ってすみ、土の中のミズや泥の中の幼虫、池や小川の底にいるミズミズや貝類などを餌にする。土を掘るよりも泳ぐほうがうまい。22 本の突起からなる星鼻は、以前から敏感な触覚器であることは知られていたが、今回の報告では、水中で匂いを嗅いで餌を探すのにも役立っていることが判明した。
- water shrew** : 「ミズベトガリネズミ」
食虫目 (モグラ目) トガリネズミ科。北米の山岳地帯の湖や小川にすむ。体長は約 15 cm だが、その半分は長い尾が占める。水中に飛び込んで、昆虫の幼虫やオタマジャクシなどの餌をとる。10 分間隔で餌を食べる。
- vibrissae** : 「震毛」
哺乳類の顔面 (上顎) に主として存在する特殊分化した感覚毛で、毛鞘中に血脈洞があり、また感覚神経の末端が分布している。(『マグロー・ヒル科学技術用語大辞典』より)
- Hz** : ヘルツ (hertz) を表す記号
ヘルツは、国際単位系 (SI) における周波数・振動数の単位。電磁波や音波などの波の周波数を表すのに用いられることが多い。「1 Hz = 1 秒間に 1 回の周波数・振動数」だが、ここでは、ミスベトガリネズミが 1 秒間に水中で空気を吹き出して再び吸い込んだ回数 (頻度) を表すのに用いられている。ヘルツは SI 組立単位である s⁻¹ (毎秒) に与えられた固有の名称で、一定周期で発生する現象にのみ使用される。ランダムに発生するような現象については、ヘルツではなく s⁻¹ を使用する。

KENNETH C. CATANIA

KENNETH C. CATANIA

Words and phrases

タイトル **sniffing** : 「匂いを嗅ぐこと」

1. **forage** : 「餌 (食料) を探す」「餌 (食料) をあさる」
名詞の forage は「飼料」「馬草」のこと。

1. **odorants** : 「匂い物質」
匂いを発する物質のこと。

1. **scent trails** : 「臭跡」
生物が移動した跡に残る匂いの跡のこと。

1. **mammalian** : 「哺乳類 (哺乳動物) の」
mammal の形容詞。

2. **nostrils** : 「鼻孔」

2. **channel** : 「通路」「溝」

2. **steel grid** : 「鋼製の格子」

3. **respectively** : 「それぞれ」

2 つ以上の事柄の特性などを一文にまとめて記述する場合に用いられ、事柄とその特性は記述順に対応する。

4. **chance** : 「偶然」

例えば 2 つの現象のいずれかが必ず起こる状況下で、それぞれの現象が起こる確率が 50% になっている状態をいう。

4. **close proximity** : 「距離的に極めて近い状態」

6. **exploratory contact** : 未知の物体に接触して、それが何かを調べてみること。

7. **corrected for ...** : 「〜で補正する」

この論文では、体重の異なる動物間で 1 つの特性を比較する際に、特性値を体重で補正している。

8. **reassessment** : 「再評価、従来の考え方などを見直すこと」

8. **assumption** : 「仮定」「前提」

8. **intermediate substrate** : ある事物 (この論文では動物の鼻) と別の事物 (食物の臭跡) の間で働く担体のこと。

Brief Communications

参考訳

Nature 444, 1024-1025 (21/28 December 2006) | doi:10.1038/4441024a

半水生哺乳類による水中での「匂い嗅ぎ」

ケネス C. カタニア

<http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7122/full/4441024a.html>



水中で呼吸をするホシバナモグラの星鼻。気泡の大きさから、地上で小型の哺乳動物が吸い込む空気量とほぼ等しいことがわかる。

1. 陸生の動物種は、陸での生活に適した身体部分や感覚を備えているため、水中で餌を探す際にはいくつかの問題に直面する。例えば哺乳類は、水中では空気を吸い込んで匂い物質を嗅覚上皮まで運ぶこと（匂い嗅ぎ）ができないので嗅覚が使えない、というのが一般的な見方となっている。本論文では、半水生のホシバナモグラ (*Condylura cristata*) とミズベトガリネズミ (*Sorex palustris*) が用いる水中での匂い嗅ぎのメカニズムについて記載報告する。この2種の動物は、水中で物体や臭跡に向けて鼻孔から気泡を吹き出し、すぐにまたその気泡を吸い込んで匂いを鼻に通すのである。今回新たに報告するこの行動は、哺乳類の水中での嗅覚メカニズムの1つといえる。
2. 高速度撮影したホシバナモグラの動画をみると、水中で餌を探すホシバナモグラの鼻孔から空気がしょっちゅう出入りしているようすが見てとれることから、水中のホシバナモグラが匂いを「嗅いでいる」のではないかと考えられた。この考え方を検証するため、水中に餌までの経路を2つ設置して、そのいずれかに任意に臭跡をつけ、その経路をたどるようにホシバナモグラを訓練した。臭跡をつけた溝状の経路の上は、スチール製の格子で覆った。こうすることで、ホシバナモグラの出した気泡は格子を通り抜けて臭跡と接触し、再び吸い込まれるが、ホシバナモグラの鼻は臭跡に接触できない。
3. ミミズの匂いで試験した5匹のホシバナモグラの場合、水中の臭跡をたどって報酬（ミミズ）を獲得できた率（正解率）は平均85%で、魚の匂いで試験した2匹のホシバナモグラの場合にはそれぞれ85%と100%の正解率だった。
4. 3匹のホシバナモグラを使ったさらなる試験では、もっと目の細かい格子で臭跡を覆い、気泡が臭跡と接触しないようにした。その結果、正解率は偶然で当たる確率（つまり二者択一の試験で50%）まで下がってしまった。このことは、気泡が匂い物質の至近距離にあるか、匂い物質と接触することがこの匂い追跡行動にとって重要であることを示唆している。また、臭跡をつけない試験での2匹のホシバナモグラの正解率も偶然で当たる確率と等しかった。
5. したがってホシバナモグラは、その嗅覚系を水中で使用できるように適応させたと考えられる。これ以外にも同じ行動をみせる半水生哺乳類がいるかどうかを検証するため、ミズベトガリネズミがホシバナモグラと同じような戦略を用いているかどうかを調べた。4匹のミズベトガリネズミのそれぞれで、気泡を吹き出しては吸い込む行動がみられ、気泡は吸い込まれる前に物体と接触する頻度が高かった。
6. そこで、2匹のミズベトガリネズミを水中で魚の臭跡をたどるように訓練した。この場合、匂いとの直接接触を防止する格子を使わなかった。なぜなら、ミズベトガリネズミの鼻では、格子を通した匂い嗅ぎが物理的にできないからだ。未知の物体を調べようとして接触する場合、ホシバナモグラは星形をした敏感な鼻を使うが、ミズベトガリネズミは上顎のひげ（震毛）を使うのである。この実験での正解率は1匹が80%、もう1匹が85%で、防護用格子を使った場合と臭跡をつけなかった場合の正解率は偶然で当たる確率に等しかった。これらの実験結果から、ミズベトガリネズミも水中で嗅覚を使えることがわかる。
7. 今回の実験で観察された行動は、水中での「匂い嗅ぎ」といえるものだろうか。動物が吹き出して再び吸い込んだ空気量 (0.06 ~ 0.10 ml)、空気の流速 (5 ~ 6 ml s⁻¹)、頻度 (8 ~ 12 Hz)、状況 (物体を探索しているか一時休止しているか) は、すべて地上での匂い嗅ぎと非常によく似通っていた。例えばラットの匂い嗅ぎでは、頻度 (4 ~ 12 Hz) と空気の流速 (5 ml s⁻¹) は今回の実験で得られた値に近く、また、体重比で補正した空気量 (0.25 ml) もやはり近い値になる。
8. 以上の結果は、嗅覚が水中で役に立たないとする仮説の見直しを求めるものであり、また、ほかの水生動物でも空気が匂い物質を運ぶための中間担体となっている可能性を示すものである。