

# モグラの聴覚脳機構



金沢大学医学部

教授 医学博士 工藤 基

## 1. はじめに

土中に生息するモグラは視覚系が極度に退化している反面、きわめて鋭敏な聴覚機能を持ち、餌であるミミズが土中をほう音や地上を歩く大型動物の音を聞きわけることが知られている。モグラは地下の数十メートル四方におよぶ空間に、迷路のようなトンネルシステムを構築している。このトンネルからは地上への出口も多数つくり、掘出した土をもちあげて、いわゆるモグラ塚をつくっているのをみられた方も多であろう。このような地下トンネル内での音場は、地上のオープンフィールドの音場と本質的に異なっているであろうことは容易に想像できる。モグラはこの何本ものトンネルを伝音管としてもちい、ちょうど何本も

の聴診器をききわけるようにして地上と地下の両方の音をモニターしているともいわれている。しかしこのトンネル壁はやわらかい土でできているので音は吸収されやすく、特に高音の伝達効率は悪いので比較的低音域にモグラの可聴域がシフトしているという報告もある。また土壌そのものを媒体として伝わってくる振動、すなわち地震波を検知できる聴機能をもつともいわれている。実際、モグラの聴器の形態学的特徴として、耳介が欠損した外耳、巨大な鼓膜と耳小骨、左右が交通している中耳など、通常の哺乳類にはみられない特徴があることが以前から指摘されていたが、最も関心をもたれる脳内メカニズムについては不明のままであった。本研究では、モグラ脳の聴覚中枢の特徴を調べる目的で、聴覚神経回路網の構成を形態学的アプローチにより解析した。

## 2. 聴覚中枢の同定

モグラの脳内の聴覚中枢を同定し、その神経細胞の大きさ、数、分布、およびその神経連絡のおこなわれかたを調べて、これが一般的な動物の聴覚中枢の構成とどのように異なるか（または同じか）を比較することが当面の目的であった。これに先立って、私のオーストラリアでの共同研究者である L. Aitkin 博士（聴覚生理学者）が欧州産のモグラで得ていた所見を個人的に教えてもらっていたが、これがとても参考になった。実験は具体的には、麻酔下にモグラを開頭し、微小外科手

術によって、一応見当をつけてある脳内聴覚中枢に Neurotracer を微量注入する。1-2日の生存期間の後、深麻酔下にアルデヒド混合液で灌流固定し、組織学的諸処理をして、顕微鏡標本を作製する。標本を観察、写真撮影し、所見を解析する。我々の研究室ですでに結果の得られているネコ、マーモセット、ラット、スナネズミ、オッポッサム、フクロネコ等での所見と比較し、モグラでのみ特徴的にみられる点についてさらに精査検討するという手順である。

### 3. 研究過程で苦心した点

モグラが、日本原生種であるにもかかわらず現在までのあらゆる研究分野で報告がすくなかった理由として、①捕獲入手が困難、②飼育が困難、③麻酔薬剤にきわめてよわいことなどから、実験動物としての使用条件がほとんど満たされなかったことがあげられる。欧州産のモグラでも、同様の困難さがあることを L. Aitkin 博士からきいていたので、あらかじめこれらの悪条件を克服すべく：①特に考案されたもぐら捕り器をもちいて、金沢近郊の農家の協力を得て入手する体制を整えること、②餌であるミミズの採取、土壌入り飼育ケージ等にわたって2年間の予備的な飼育実験をおこない、③麻酔管理についても安全かつ十分な効果の得られる方式を開発し、もぐらのあつかいに関して多くの経験を得てきた。

### 4. 研究成果の概要

①内側上オリブ核 (MSO) が両側下丘投射する点と上オリブ核の神経細胞構成において、オポッサム (*Didelphis*) やフクロネコ (*Dasyurus*) 等の原始有袋類と類似し、②脳全体の概観においてハリネズミ (*Erinaceus*) 等の地上生息性食虫類と類似し、③外側毛帯核群が相対的に増大している点と蝸牛神経前腹側核 Spherical cells が下丘直接投射する点において、ヒゲコウモリ (*Pteronotus*) 等の翼手類と類似し、④低周波音域優位の聴覚をもつ点と蝸牛神経核顆粒細胞層が増大している点において、マウンテンビーバー (*Aplodontia*) やヤマアラシ (*Hystrix*) 等の土中生息性齧歯類と類似していることがわかった。⑤家ネコの聴覚中枢とは以上のあらゆる点で異な

っている。⑥さらにモグラの伝音性聴器の特徴、すなわち耳介のない外耳道と骨梁を介して左右が交通する鼓室は、鳥類や爬虫類で一般的な形式であるが、哺乳類としては特殊であることがわかった。現在までの研究結果の詳細は、末尾に掲載した公表論文を直接参照していただくとして、ここでは以上のように比較解剖学的に興味ある点を列挙するだけにとどめる。

### 5. 研究の今後の発展と展望

聴覚生理学領域では、専らネコを使って研究がすすめられてきたが、最近の世界的流れとして、聴覚系が特殊に発達した動物、例えば超音波で Echo-locating をするコウモリ、聴覚鋭敏で暗闇でも正確な音源定位のできるフクロウ、熱帯樹林に集団生息して活撥に Vocal communication をするマーモセット (小型猿) などの聴覚中枢の比較神経学的研究に、多くの研究者の興味が増がれつつある。世界的にみて、コウモリ (セントルイスの菅, *Science*, 194 (1976) 542、ノースキャロライナの Zook と Caseday 等のグループ, *Science*, 236 (1987) 824-826) やフクロウ (カリフォルニアの小西と Knudsen, *Science*, 200 (1978) 795-797) での聴覚中枢の特殊化の研究が注目をあびて成功裏に大きく進展していることを考えると、今後もこのような特殊な生態をもつ動物の感覚生理に研究の独創性を見出す流れがあるといえる。

聴覚にかぎらずモグラの脳機構に興味をもたれる点：①耳介がなく、大型で水平に位置する鼓膜をもち、左右の鼓室が交通していることなど、哺乳類としてはきわめて特殊な構造の聴器をもつ (Coles et al., *J. Exp. Biol.* 101: (1982) 337-341)。②哺乳類のなかでも最も視覚系の退化が著しいと考えられる動物である (実際、眼球はケシ粒大のものが皮下に埋没し、視神経、視蓋表層、外側膝状体もほとんど消失している)。③食虫目に属し、原始的な脳をもち、系統発生的にはいわゆる primate line 上に位置する。④地中生息という特殊な生態との関連において、いかなる感覚運動機構をもつか (飛行哺乳類であるコウモリとの対比、水中哺乳類であるクジラやイルカとの対比に

おいても興味深い)。

分析的手法の飛躍的な進歩をみている最近の自然科学領域のなかにあっても、比較解剖学的研究はその重要性を失ってはいない。私が現在まで研究の結果蓄積してきた種々の動物種における聴覚中枢機構に関するデータを背景にして、今後とも機会あるごとに同様の研究をいろいろな動物種ですすめようと考えている。

この研究課題に対し心あたたまるお励ましと財政的援助を与えてくださったサウンド技術振興財団に対し、心より感謝の意を表します。

## 6. 参考文献

- 1) Auditory brainstem in the mole (*Mogera*): Nuclear configurations and the projections to the inferior colliculus. 1990年 J. Comp. Neurol. 298巻4号 (400-412頁).
- 2) Differential organization of crossed and uncrossed projections from the superior olive to the inferior colliculus in the mole. 1990年 Neurosci. Lett. 117巻1号 (26-30頁)
- 3) Auditory forebrain organization of an Australian marsupial the northern native cat (*Dasyurus hallucatus*). 1989年 J. Comp. Neurol. 279巻1号 (28-42頁).
- 4) Bilateral projections from the medial superior olivary nucleus to the inferior colliculus in the mole (*Mogera robusta*). 1988年 Brain Res. 463巻3号 (352-356頁).
- 5) Direct retinal projections to the lateroposterior thalamic nucleus (LP) in the mole. 1988年 Neurosci. Lett. 93巻2/3号 (176-180頁).