

磁覚の仕組みを探る

量研・量子生命科学研究所
新井栄揮

多くの生物は、磁気を感じ取る能力である“磁覚”を有しています。世界中の研究者がその仕組みの解明に挑んでおり、現在までに主に3つの説が提唱されています（電磁誘導則利用説、マグネタイト説、蛋白質説）。生物は、種によってそれらの仕組みを使い分ける、もしくは、複合的に利用している可能性があります。本講演では、2000年以降に提唱された比較的新しい説である蛋白質説を中心に、これまでに解明された磁覚の仕組みの一端や、残された多くの謎、及び、量研における磁覚の研究をご紹介します。

これまでに渡り鳥やショウジョウバエなどの磁覚保有種において、網膜細胞などに存在する蛋白質・クリプトクロム（図1）が磁覚に利用されている多くの状況証拠が見つかっています。クリプトクロムは、フラビン補酵素(FAD)と呼ばれる分子を結合しています。このFADに青色光が照射されると、FADと近傍のアミノ酸との間で電子移動が生じ、結果として長寿命（数十～百マイクロ秒程度、もしくはそれ以上）のラジカル対（不対電子をもつ原子・分子の対）を生成します。このラジカル対の電子スピンは、地磁気のような弱い磁場（50マイクロテスラ程度）にも敏感に応答し、地磁気との相対角に応じて化学反応性が変化します。蛋白質説では、この化学反応性の変化を感じ取っているのではないかと考えられています。実際、クリプトクロムを作れないように遺伝子操作したショウジョウバエは磁覚を喪失します。また、渡り鳥であるヨーロッパコマドリは、渡りの際に青色光を必要とするとともに、ごくわずかな磁場のノイズ（地磁気の0.3%程度の振動磁場）を受けるだけでも磁覚が混乱します。

一方、現在までに得られている知見だけでは、蛋白質説の仕組みを説明できません。例えば、蛋白質説は、クリプトクロムが生体内に規則正しく並び、配向が固定されているという前提条件が必要です。そうでないと、地磁気とラジカル対との相対角が定まりません。そのような規則的なクリプトクロムの配置・配向は生体内で生じ得るのでしょうか？また、クリプトクロムが受容した磁気情報がどのように神経系へ伝達されるのか（クリプトクロム受容体は何か）、どのように認識・知覚化されているのかも明らかにされていません。そもそも、地磁気を検出できるような長寿命ラジカル対や量子状態が生体内で生じること自体が、物理学の常識とうまく整合しない大きな謎と言えるでしょう。量研ではこれら謎の解明を目指して研究を行っています。

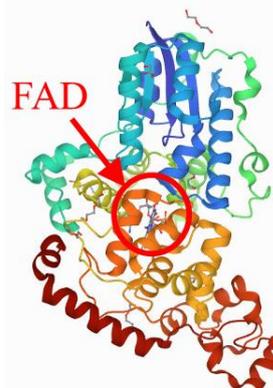


図1 磁覚保有種であるハトのクリプトクロムの例 (PDB: 6PTZ)