

## 身體裡的指南針

鳥類遷徙、海龜洄游，許多動物有辨認方位的本能，是因為體內有羅盤？

撰文／卡司塔維奇（Davide Castelvecchi）翻譯／林雅玲

### 重點提要

- 證據顯示，從螞蟻到鯨魚，有數十種生物能偵測地球磁場，並用來定位或導航。
- 走過一些死胡同後，如今研究人員可能已經找到負責磁感的器官，最終的目標是了解背後的物理基礎。
- 有些動物可能是利用微小的磁粒子偵測磁場，有些動物則可能利用眼睛裡特定色素的量子反應。

2007年，貝格爾（Sabine Begall）花了無數個夜晚，在電腦前盯著牛吃草的照片，這大概是她生命中最長的六個月。她從「Google 地球」下載牧場的衛星空照影像，標出每一隻牛，再接著看下一張影像。貝格爾是德國杜伊斯堡－埃森大學的動物學家，她和合作者後來發現，這些平凡的牛隻似乎朝向某個東西，而且似乎有點偏好把體軸沿著南北極軸排列。不過牠們並非朝向真正的北極（可以利用太陽來定位），相反的，牠們不知為何能夠朝向地磁北極，那位於加拿大北方，距離地理北極南方數百公里。

後續研究也進一步證實，牛這種大型動物對地球磁場有反應：當附近高壓電線的磁場壓過了相對微弱的地球磁場時，牛隻的定向排列行爲就消失了。

數十年前，類似貝格爾的研究還會被嘲笑，每個人都認定生物體不會對地磁這種微弱磁場有反應，而且動物也不可能隨身配備磁鐵做為羅盤。18世紀，麥斯默（Franz Anton Mesmer）提出「動物磁性」，主張生物體內擁有磁性液體，一直名列荒誕言論榜上。

如今科學界已接受特定動物確實能感應磁場並做出反應，而且這種能力有助於動物的生存，雖然牛隻為何要朝向磁北極還是個謎。事實上，已有數十個物種被發現擁有磁感：從隨季節遷徙的生物（例如知更鳥和大樺斑蝶）到導航專家（例如信鴿和海龜）、從無脊椎動物（例如龍蝦、蜜蜂和螞蟻）到哺乳動物（例如鼯鼠和海象）、從微小的細菌到巨大的鯨類。

不過除了細菌，沒有人確知其他生物的磁感究竟如何運作。美國麻州大學醫學院的神經學家雷佩特（Steven M. Reppert）表示，磁感是「我們最不了解的一種感覺」。

過去 10 多年來，生物學家、地球科學家和物理學家開始合作，提出可能的機制，並指出這些機制可能在哪些解剖構造中運作。雖然還沒有任何一種提議獲得全體科學界的接受，但目前找到的實驗證據實在令人著迷。有些動物甚至可能擁有多種磁感器官，有些動物的磁感構造比較像一般的磁鐵羅盤，有些動物的磁感則源於精細的量子效應。

這個議題持續存在著爭議，但是研究人員對磁感的興趣和快速改良的實驗技術，可望在未來幾年解開這個特異感覺能力之謎。

### 遷徙的渴望

大約半個世紀前，科學家開始發現動物有時候會利用磁場指引牠們的行為。1950 年代，研究人員注意到秋天捕捉到的歐洲知更鳥似乎想要逃往南方（也是牠們平時遷徙的方向），即使牠們看不到南方的指標。接著在 1960 年代中期，在德國法蘭克福大學主修生物學的威爾茲柯（Wolfgang Wiltschko）證明，環繞鳥籠的電磁線圈能誘騙牠們逃往錯誤的方向。他的研究可能是第一個磁感的證據，不過各界懷疑的反應倒是一如預期。最近從法蘭克福大學教授職位退休的威爾茲柯說：「當初我發現磁場和知更鳥的定位有關時，幾乎沒有人相信。」

威爾茲柯在這項發現後，就遇見他未來的另一半羅斯維塔（Roswitha），也是他一生在科學研究上的合作者。從此這對伴侶一直研究鳥類磁感偵測，大部份是捕捉在他們實驗室附近築巢的知更鳥做研究。威爾茲柯夫婦在 1972 年開始發表研究成果，他們發現知更鳥不僅對磁北極的方向敏感，也對地磁與水平面的傾角有反應。

磁傾角在南北極之間持續改變：在磁南極垂直向上，在磁北極則垂直向下，在「磁赤道」大約呈水平。一般的羅盤指針已做過水平校正，無法精確測量磁傾角，只會隨環境稍微傾斜。鳥類和其他後來發現的動物具有更精密的磁感，可能是利用磁傾角粗估牠們和磁極間的距離。

地磁的波動不只有兩極間磁傾角的變動，地殼中的磁性礦物會在各地產生不規則的磁場方向和強度。特別是有些動物（例如海龜）心裡似乎有這些不規則磁場的地圖，可幫助牠們知道北極在哪裡，也指出牠們和目的地之間的相對位置。美國北卡羅來納大學教堂山分校的羅曼（Kenneth J. Lohmann）和合作夥伴發現，捉來的海龜會對模擬牠們遷徙路徑上各地磁場環境的人工磁場有反應。這些海龜將感測到的模擬磁場做為起點，朝著原本的目的地前進。要擁有這種地圖磁感，動物可能不只需要偵測磁場不規則的磁傾角，也要能感知磁場強度。

有些研究人員相信，鳥類除了有單純的磁方向感，應該也擁有地圖磁感，不過義

大利比薩大學的鳥類嗅覺專家加利亞多（Anna Gagliardo）表示，這種地圖磁感的證據太微弱，而且鳥類運用其他感覺似乎也可以找到方位。她說：「40 年來的研究，沒有任何一種磁場控制可以阻止信鴿返家。」但是她指出，如果利用手術方式切除信鴿鼻子的神經來破壞嗅覺，牠們就會迷路。此外她說明，養在鳥舍出口朝上的信鴿，無法分辨環境的味道從哪來，因而無法定位飛行。所以儘管鳥類可以分辨南北磁極的證據相當扎實，但是她仍懷疑磁感是否有其他功能。

【欲閱讀完整的豐富內容，請參閱科學人 2012 年第 122 期 4 月號】