

追尋第六感覺

神奇的導航系統

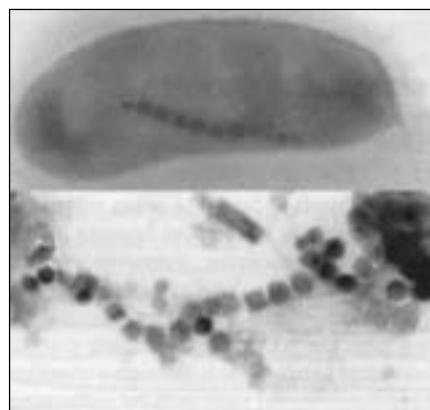
為甚麼信鴿能從數百里外歸家？候鳥能飛越萬里尋覓故壘？海龜、鯨魚能在茫茫大洋中決定游弋方向？自上世紀以來，這些驚人的導航能力便已經一直是生物學家竭力探索的謎，而隨着實驗方法的進步和觀測儀器的改進，這個謎團也逐步解破。現在我們知道，作長途旅行的動物其實具有多種天賦本能，可以根據地形、洋流、風向、日月星辰的位置乃至在迷霧中日光的偏振等自然指標來決定方向和旅行途徑。而且，其定向程序並非單單取決於一種指標，而是多指標和綜合性的，所以有相當強的抗干擾和自糾正能力。因此，可以說，這種本能是一個「導航系統」①。

在這個導航系統之中，最令人感到不解的，無過於磁場感應能力了。不但許多昆蟲、鳥類和海洋動物能夠在完全缺乏前述種種指標的狀況下尋覓正確方向，而且，在實驗室中也已經有許多證據清楚顯示，牠們的確具有磁感應能力。例如，每到一定季節，即使在與外界完全隔絕的環境中，候鳥也會依磁場方向棲息或振羽。

「指南針」在那裏？

困難在於我們無法回答：牠們的「指南針」到底在那裏？它如何為大腦「指示」方向？這個困難的問題一直要到60年代初期才由於利用極敏感的超導磁強計先後在石鰲（一種貝殼類軟體動物）牙齒中找到了微量（約 10^9 分之一）磁鐵礦（ Fe_3O_4 ）而露出曙光。

到了70年代，布力摩爾（B.P. Blakemore）



Reprinted with permission from *Nature* 390, 339. Copyright 1997 Macmillan Magazines Limited.

圖1 上：一種淡水趨磁菌：其體內的成串的黑色方塊即磁鐵晶塊，每塊長度約 0.07μ 。下：從紅鮭魚首端體質纖維中取得的生物性磁鐵晶體串。

發現了趨磁菌 (magnetotactic bacteria)，它體內含有一條或多條由磁鐵礦單晶體組成的串鍊（圖1），因而有相當大的固定磁偶矩。它無論死活，體軸都因而會依地磁方向校列。說來奇妙，這竟然也是一種導航系統，因為它令這種在淺海中的離氧性 (anaerobic) 細菌蠕動前進時順着地磁線栽進海底缺氧的沉積層環境中：它們在北半球時體內的磁矩有指北性，而在南半球則正好相反②！

這一發現為其他生物磁感能力的根源提供了重要線索。在隨後十餘年間，經過近乎系統性的探索，在昆蟲（例如蜜蜂、蝴蝶）、鳥類（例如鴿子和幾種候鳥）、魚類（例如鮭魚、鱒、金槍魚）乃至鼠、猴、人等哺乳動物體內都發現了磁性物質，主要是磁鐵礦。就魚、鳥等較高等的脊椎動物來說，這些相當於「生物指南針」的磁鐵晶體，一般都是在頭部，特別是近眼睛和嗅覺器官的部分。同時，在與這些器官相連的三叉神經節細胞中，也測到了由體外磁場改變而產生的電生理訊號③。所以，動物體內的確有「指南針」，已再無疑問。

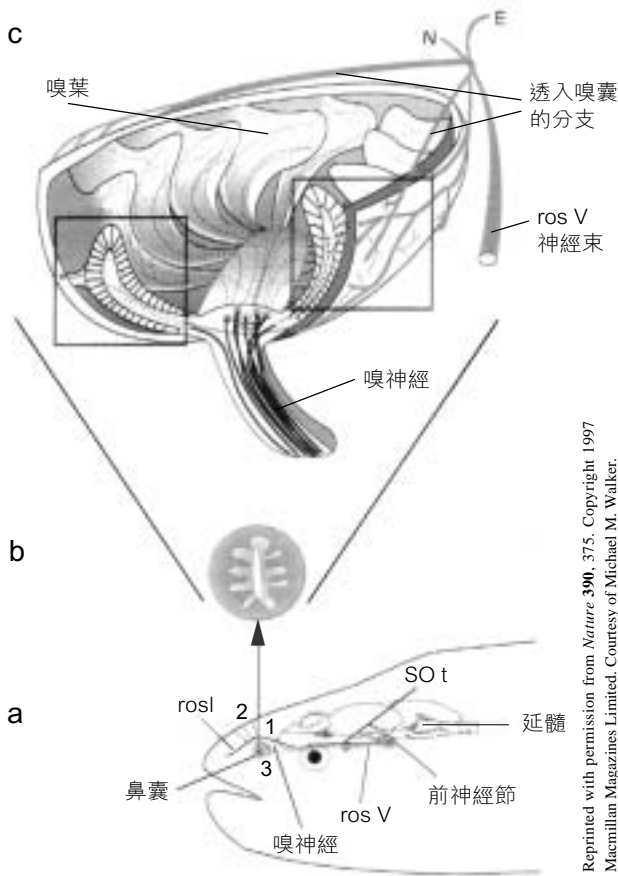


圖2 a：鮭魚頭部SO t神經分支分布示意圖；與之並行的視神經ros V用虛線表示。b：鮭魚鼻端的嗅覺蓮座(rossette) (俯視圖)。c：可能為磁感神經的ros V束(除N, E兩支以外者)分為多支網狀末梢穿過鼻囊分布於嗅葉之上的示意圖。

磁感應系統的發現

然而，指南針的訊號是怎樣產生，又怎樣為大腦識別呢？現在，這問題的初步答案已被發現了。紐西蘭奧克蘭(Auckland)大學的一個研究組在鮭魚體上所做的實驗證實了三點^④。首先，他們利用磁場強度脈衝來刺激實驗池中的鮭魚覓食，從而發現能為傳導磁感的神經束ros V：它與視神經束的上眼眶支平行而且非常之接近。這是和以前有關鳥類磁感的研究結果相符的。其次，他們利用共焦激光反射顯微鏡在鮭魚鼻端嗅覺蓮座(olfactory rosette)的切片中

發現了少量微細(約0.05微米)晶粒，並且用透射電子顯微鏡和X光分析法證實，這些晶體微粒不但與趨磁菌中的磁鐵礦晶粒高度相似，而且的確包含有鐵元素(出乎意料之外，這些細胞似乎並未特殊化)。因此，它們很可能就是鮭魚磁感細胞中的磁鐵晶粒。最後，研究者還利用一種名為DiI的特殊趨脂螢光染料追蹤SO t神經末梢進入鮭魚的嗅覺蓮座，以及在其中分布的詳細狀況(圖2)。

由於磁鐵晶體極微細不易辨認，磁感細胞又非常稀少，而在一個錯綜複雜的生理器官中跟蹤特殊的一組神經末梢更是極之困難，所以奧克蘭大學研究組的工作雖然還不能算是具有結論性的成果，但它所用的各種先進方法，以及發現的體系性結構，都是主要突破。在這基礎之上，各種甲殼和脊椎動物諸如魚類、鳥類、深海哺乳類動物乃至人類等等的磁感系統應該也可以被辨認、析解和闡明了。

從這一角度看，人類的所謂第六感覺或者某些特殊功能似乎是完全可以在正統科學範疇之中找到根據的。例如，在近年就已經發現，和許多動物一樣，人類的犁鼻器(vomerinal organ)仍然具有接受異性個體所散發的微量體外性激素(sex pheromone)的能力，而這原以為是在人進化過程中已經喪失了的。因此，中國人相信睡覺身體應該順着地磁方向(即南北向)才舒適健康，那也許亦是有確切經驗根據的吧？最少，地磁通過磁感神經而影響人的感覺或其他生理作用，是有可能的了。

① V.B. Droscher, *The Magic of Senses* (London: W.H. Allen, 1969).

② R.P. Blakemore, "Magnetotactic Bacteria", *Science* 19, 377 (1975); J.L. Kirschvink, "Home in on Vertebrates", *Nature* 390, 339 (27 November 1997).

③ R. Wiltschko & W. Wiltschko, *Magnetic Orientation in Animals* (Berlin: Springer, 1995), 233-54.

④ M.M. Walker et al., *Nature* 390, 371 (27 November 1997).