

草蜻蛉腹部的振動

王效岳

臺灣省立博物館

蟋蟀、螽斯和蟬等種類都是我們所熟知的鳴蟲，所以按照我們潛意識的直覺來判斷，昆蟲長距離利用聲音來傳遞訊息是十分耗費能量的工作，必須體型相當大而強健的種類才能夠勝任愉快，而體小纖弱的昆蟲則不適宜。經由專家研究的結果，實際情形並非如此，本文所介紹的草蜻蛉即為一個例外。

草蜻蛉在分類上屬於古老的脈翅目（Neuroptera）草蜻蛉科（Chrysopidae），體軀纖長柔軟，弱不禁風。一對眼睛呈金銅色，具有趨光性，常常在山區夜晚的燈光下看見牠們。爲了和生活環境的綠色植物配合，體色一般爲草綠色。草蜻蛉最大的特徵是兩對寬大的翅膀，前後翅形狀和尺寸大致相同，薄而透明，並且佈滿許多網狀橫紋，休息時前後翅摺合如屋脊般垂置於身體兩側。細觀草蜻蛉的前翅，並不像蟋蟀的前翅具有明顯的弦器（Files）、彈器（Scrapers）和鼓膜區（Tymbals），草蜻蛉究竟如何發音呢？牠們是利用腹部振動的特殊方式而產生音訊！草蜻蛉爲什麼要用腹部產生聲音訊號呢？草蜻蛉科中至少有一個大族群——草蜻蛉屬

（*Chrysoperla*）——是完全依賴鳴音和牠們的伴侶聯絡，在交尾進行前雌雄蟲都能發出鳴音，如果這個交尾前的「二重唱」不能彼此吻合，正常的交尾行爲就不可能發生。草蜻蛉爲什麼要從鳴音中去辨別彼此是否屬於同一種類呢？這是因爲草蜻蛉屬中，在許多的情況下有些種類形態非常相像，即使是昆蟲學家也很難於分辨，因此本屬中各種類交尾行爲的發生是依據彼此的鳴音是否吻合而決定。

下面敘述分佈於北美洲兩種模樣相像的草蜻蛉如何利用鳴音來調適牠們的生活。淡綠草蜻蛉（*Chrysoperla plorabunda*）通常分佈於較低海拔區域，牠的淡綠色體色和喜歡棲息的草叢環境很相像。另一種松綠草蜻蛉（*C. downesi*）則生活於松林裏，體色是鮮綠色，擬態牠常棲息的松樹顏色。這兩種草蜻蛉的分佈範圍在有些地區是重疊的。

這兩種草蜻蛉的雌蟲產卵數可達到600粒，橢圓形的卵呈綠色，產卵的過程十分有趣。雌蟲先以腹末和葉子表面接觸，然後靠近腹部末端的腺體分泌出一滴濃稠的黏液，再將腹部末端向上高舉，黏液

便被拉成一根長長的絲狀體，在空氣中很快地凝結成一根「絲棒」，然後雌蟲便在絲棒的頂端產下一粒卵。數日後，生龍活虎般的幼蟲便從卵中孵化，捕食體軀柔軟、行動緩慢的獵物，譬如蚜蟲、介殼蟲和粉蟲等，稍大的幼蟲甚至於會攻擊蛾類的卵塊和幼蟲，所以草蜻蛉的幼蟲又有蚜獅（aphid lions）之稱。牠們具有一對像鐮刀般銳刺的中空大顎，能夠注入消化酶將獵物體內的器官組織逐漸溶解，然後再吸取獵物被溶解的體液。幼蟲經過兩次脫皮，然後織一個球形的絲繭並化蛹其中，10至12天後草蜻蛉破繭而出。

這兩種草蜻蛉主要在夜間活動，具有特殊的本能，當發出音波標定位置的蝙蝠出現時，牠們能利用位於翅膀上的“耳朵”來察覺。牠們皆以蚜蟲、介殼蟲分泌的蜜露和花蜜為食物，牠們所需要的氨基酸是由生活在牠們消化系統管壁上的酵母菌所提供。

在六月份的繁殖季節，松綠草蜻蛉只產生一代的子代，這些子代必須越冬直到次年的夏天才交尾。相反地，淡綠草蜻蛉却繼續繁殖好幾代，而以最後一代越冬。雖然兩種草蜻蛉繁殖週期長短不一，生活環境也有不同的傾向，但是在六月份却常可看見兩種個體在相距只有數吋距離的枝幹上相遇。這兩種草蜻蛉除了體色和繁殖時間稍有不同外，必定仍有其他的因素阻止了兩種個體之間的雜交，究竟是什麼因

素呢？

這兩種草蜻蛉的交尾行為在基本上是相同的，都經過一連串細緻的求愛階段，包括腹部振動的鳴音、口器的接觸、翅膀的拍動和生殖器的觸碰。其中最重要也最耗費時間的一項是鳴音階段，而兩種類之間的鳴音也有著極大的差異。

正如同其他動物一樣，昆蟲因為很多原因而發出鳴音，但通常是為求愛和交尾的目的而發出鳴音。動物求愛的過程是一項試驗的過程，可以讓伴侶們有時間判斷出對方是否能迎合自己的需要。一隻求愛中的動物想探測出準伴侶是否有足夠充沛的精力？是否能提供足夠的資源？是否屬於同一種類？而藉著鳴音便可將這些訊息傳達給對方，包括本身的位置、身體情況、生殖情況和種類等等。在某些情況之下，雄性動物的鳴音還可以做為追求一隻較佳雌性動物的方法。根據試驗顯示，草蜻蛉發出鳴音的主要作用是分辨種類，鳴音的其他功能則比較不重要。

早期的昆蟲學家發現草蜻蛉在交尾和求愛時會偶爾地振動牠們的腹部，但是沒有人會將這項舉動聯想到蟋蟀和蟬類的複雜鳴音行為，因為草蜻蛉和我們熟知會發出鳴音的昆蟲不相同，牠們腹部振動的鳴音並不會散佈於空中，我們必須用一些電子和音波學的知識才能探聽到草蜻蛉的鳴音。在實驗室裏用塑膠袋包住一個紙杯，讓草蜻蛉在紙杯底部爬動，然後安裝一個

簡單的錄音機麥克風在塑膠袋上，草蜻蛉移動或音波震盪的訊號便記錄在示波螢幕上或是描圖紙上，結果便將草蜻蛉獨特而複雜的通訊系統十分有趣地顯現了出來。

草蜻蛉會很有節奏地、持續地和有精力地去上下振動著牠們的腹部，產生出的鳴音可傳達數英吋之遙的距離。草蜻蛉絕非用腹部拍擊所棲息的枝葉表面而發出聲音，牠們通常是棲息在質量很輕的草葉或樹葉上，無法拍擊出聲音。當同種類的另一隻個體經由牠腳上的接收器“聽到了”這項訊號，牠便鼓動著同樣地鳴音去回答。結果兩隻伴侶便建立起了「二重唱」，而且一直持續不中斷地唱著，並且彼此逐漸地接近著。如果牠們彼此認為對方都可以做為對象，便會以口器相接觸，仍然發著鳴音，並且轉動身體進入彼此平行的位置開始交尾。任何時候，只要任何一隻未能維持二重唱或是發出不正確的鳴音，都會破壞求愛的過程並且使交尾中止，當一隻草蜻蛉在進行二重唱而被前述情況所打斷時，甚至可能會衝前去咬另一隻行為錯誤的個體。有時會發生有趣的現象，由於同種雌雄蟲兩性的鳴音都太相像，結果雄蟲往往和同種的其他雄蟲演出一場二重唱（雌蟲間亦然），經過好一陣子都不會發現，有時在瞭解彼此錯誤之前，還企圖去交尾哩！

草蜻蛉典型的鳴音包括一些不連續的音節，每秒振動的次數大約 15 到 100 次

，皆隨種類而異。在實驗室中，假如在沒有選擇的情況下，淡綠和松綠兩種草蜻蛉能夠彼此交尾，並且生育健康的雜交種。但是如果讓牠們有機會和自己同種的個體去建立二重唱的聯繫，牠們就絕對不會產生類似的錯誤。由於草蜻蛉不同種類的模樣很相像，推測全世界的種類或許比既知的種類還要多，而這項推測具有超乎純學術研究的重要性。許多年以來，草蜻蛉一直被用來幫助抑制重要農作物的病蟲害，農業人員人工養殖並釋放數種草蜻蛉於農作物區內，却誤認為只有一種而已。沒有認清草蜻蛉不同種類彼此之間的競爭或敵對的關係，而一起釋放的結果，大多數的個體可能會被驅趕出農作物區，或被阻止去捕食有害的昆蟲。此外，將遠地的種類草率地引入本地的環境，必定也可能會破壞本地的自然生態平衡。

茲舉一例說明草蜻蛉容易被誤認的情形。原分佈於北美洲的淡綠草蜻蛉（*C. plorabunda*）被送到大西洋的彼岸，而一直被誤認為和瑞士當地的草蜻蛉（*C. carnea*）是同一種。經由儀器檢查牠們腹部振動的鳴音，結果發現瑞士草蜻蛉和北美洲草蜻蛉的鳴音行為非常地不相同。來自北美洲的草蜻蛉在進行二重唱時，快速地回答著對方的每一個音節，而瑞士草蜻蛉在性伴侶沒有如預期回答之前會一連串地發出幾個音節。同時瑞士種的音節比美國種的要長一些，頻率也揚得高一些。除了

上述的差異，瑞士種和北美種的草蜻蛉很少交尾，即使是在實驗室裏被強迫聚成一個族群時也是如此。幾個例外交尾的配對也只產下數量少而大多沒有受精的卵粒。

現在導引出更深一層的問題：或許有許多的草蜻蛉種類，牠們彼此無法互相交尾，形態上雖然難以區分彼此，但却能利用二重唱去加以鑑別。分佈於北美洲許多低海拔地區的淡綠草蜻蛉族群具有相同的鳴音，但是分佈在北美洲西部許多高海拔山區，被認為屬於同一種類的草蜻蛉族群却有著變調的鳴音，發出這類鳴音的高山草蜻蛉分佈範圍廣達數百甚或數千平方英里，鳴音的特徵有和低地族群相同的地方，却也有牠們獨特之處。在實驗室裏，如果給予機會去選擇牠們自己的同類，這兩種族群的個體就會彼此拒絕選擇對方做為伴侶。最可能地解釋是：雖然在勉強的情況下彼此可以交尾，只有鳴音有差異，但是這些草蜻蛉實際上是不同種的族群。

現在我們發現容易造成種與種混亂的草蜻蛉種類幾乎可以確定是屬於草蜻蛉屬(*Chrysoperla*)，分佈於全世界。由於所有的種類看起來都很相像，而且在強迫的情況下，牠們的遺傳基因都接近得可以去交配，由此可推斷，這些種類的形成過程可能是在相當短的時間內。又產生了一項疑問，草蜻蛉的鳴音行為如何運作以增加新的種類呢？

現在我們不妨想像有一隻淡綠草蜻蛉

突然出現了變調的鳴音(突變種)，這隻草蜻蛉由於不能發出正確的二重唱，將會被同族群中的每一位潛在的伴侶所拒絕交尾。但假如意外地這隻雌或雄蟲能夠「俘虜」到一隻比較容易接受新事物的個體，那麼突變的鳴音就有機會繁殖下去了。這種情況最可能發生在山區裏的小族群中，因為在那兒同族群的數目很少，而且個體又很難跑到很遠的距離去找適當的伴侶。因為鳴音的特徵具有遺傳性，結果突變種生育的子代中就會出現幾隻具有不同鳴音的遺傳特徵。長時間以後，突變種和正常種彼此利用鳴音自動歸類的結果，就產生了兩個不能彼此配對的族群。換句話說，由於鳴音的不同，產生了兩個不同的族群。

當一個現存動物族群中的一部分，由於一些限制(如山河的阻擋或生態上的冷僻區隔絕)而和主要族群分開時，就造成種的隔離，結果這個種的兩個孤立部分就獨立地演化了許多的世代。由於在長期分離的時間中，牠們的基因和行為已經發生改變，假使在以後的歲月讓牠們重新恢復接觸，牠們不能或不願再行交配。

本文所述的草蜻蛉就是一項特殊的案例，許多種類的草蜻蛉，除了腹部振動的鳴音不同之外，其他每一個特徵幾乎都相似。這項事實再度說明了自然界生物的多變性，以及種的起源仍存在著許多的基本問題。這些生命裏最奧妙和神祕的一部分，而有待我們大家共同努力去探索。

(取材於NATURAL HISTORY)