

科學圖書大庫

生物與情報

譯者 謝世哲 謝世明

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

生物與情報

譯者 謝世哲 謝世明

徐氏基金會出版

美國徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信

科學圖書編譯委員會主任委員

編輯人 林碧鏗

科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十一年元月卅一日初版

生物與情報

定價 新台幣三十元 港幣五元

譯者 謝世哲 國立清華大學客座教授

改訂為基價 1.60 元

謝世明 國立台灣大學物理學系教授

內政部內版臺業字第1347號登記證

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 臺北郵政信箱53002號電話783686號

發行人 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 林碧鏗 郵政劃撥帳戶第15795號

印刷者 美華彩色印刷廠股份有限公司

我們的一個目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識的傳播，是提高工業生產，改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。科學宗旨，固在充實人類生活的幸福也。

近三十年來，科學發展速率急增，其成就超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成事實。際茲太空時代，人類一再親履月球，這偉大的綜合貢獻，出諸各種科學建樹與科學家精誠合作，誠令人有無限興奮！

時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的急要責任，培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如生物、化學、物理、數學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啟發指導，不斷進行訓練。科學研究與教育的學者，志在將研究成果貢獻於世與啓導後學。旨趣崇高，立德立言，也是立功，至足欽佩。

科學本是互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的意外收穫。

我國國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年之間，所可苛求者。因此，從各種文字的科學圖書中，精選最新的基本或實用科學名著，譯成中文，依類順目，及時出版，分別充作大專課本、參考書，中學補充讀物，就業青年進修工具，合之則成宏大科學文庫，悉以精美形式，低廉價格，普遍供應，實深具積極意義。

本基金會為促進科學發展，過去八年，曾資助大學理工科畢業學生，前往國外深造，贈送一部份學校科學儀器設備，同時選譯出版世界著名科學技術圖書，供給在校學生及社會大眾閱讀，今後當本初衷，繼續邁進，謹祈：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者；

主動地精選最新、最佳外文科學技術名著，從事翻譯，以便青年閱讀，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世，助益學者。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。掬誠奉陳，願學人們，惠然贊助，共襄盛舉，是禱。

徐氏基金會敬啓

序 言

現在可稱是情報的時代。但一提起情報，則會令人連想到間諜，不過時代發生了變化，情報這句話的意義在內容上卻煥然一新地與我們的日常生活有了密切的連繫，這是由於電子計算機以及自動機械的高速發展、連社會革命都能預見所造成的。

近代社會被機械文化的導入而更複雜化。這又產生了大量的宣傳，使我們即使坐在家裡也無法逃脫情報的洪流。無論是企業的經營者或是從事生產的人，時間都被單調的部分性的工作所占據，為此使人們喪失了人性，甚至於連喪失這回事都被忘卻了。

只有靠電子計算機和自動機械的開發與普及來補救此現象，因而也就產生了情報處理這句話。在這裡有一點易使人們忽略的是，熱衷於情報處理機構的開發以及電子計算機技術之進步的普及的人們本身和世界上的諸動物本身則遠勝過人工產物之計算機。參與電腦（計算機）之開發的人之頭腦中，隨時都有潛在的標準，這就是生物體。

現在，對於某種固定的計算，無論在速度上或在正確度上人們都無法與電腦相比。但是人工的電腦卻遠不及具有豐富的融通性和多樣性的生物體之情報處理機構。

可見，抓着生物體情報的現象就相當有意義了。為了解明此領域的知識，伴隨現代電腦開發的各種情報理論將對此起很大的作用。同時，又隨着生物體內情報處理機構的解明，此又有可能大舉地推進電腦的更進一步發展。

作為綜合科學之情報科學的一部分，此關係相當重要。此書之內容是以NHK的現代科學講座中「情報的科學」之一部分的“生物與情報”叢書作主題，以解說性的綜合敘述法寫成的。內容上也參考了參加電視演出的伊谷純一郎、內園耕二、時實利彥、南雲仁一、本間三郎、山本清、次田皓、富澤純一、大島正光、加藤一郎、渥美和彥、櫻井靖久以及司儀菊池誠各位的談話內容。有些參加者的姓名沒有一一列舉，此點敬請原諒。此外，在此書中讓筆者引用了各位的高見，在此表示最高的謝意。由於內容範圍甚廣，如

IV

有敘述不完全的地方，則均爲筆者之責任，請予指正。

桑原 萬壽太郎

一九六八年十月 於福岡

目 錄

序言	1
第一章 生物與環境	1
1-1 走性的反應	2
(一) 偏走性	(二) 刺激的對稱性
(二) 保目標性	(四) 光羅針運動
(五) 走化性	(六) 其它的走性
1-2 反射	6
1-3 本能行動	8
(一) 什麼是本能行動	(二) 信號刺激
(二) 本能行動中樞的階層構造	
1-4 學習	15
1-5 智能	17
第二章 生物之間的聯繫	19
2-1 蜜蜂的聯絡	19
2-2 日本猴的聯絡	23
2-3 鳥的聯絡	26
第三章 刺激反應的生理學	28
3-1 威芭·費希乃路法則	28
3-2 條件反射與學習法的利用	29
3-3 電生理學的方法	31
第四章 刺激的感受	32
4-1 約哈乃絲·米拉的特殊勢力學說	32
4-2 起轉換器作用的感受器	32

4-3 各種感受器.....	34
(一) 眼.....	
(二) 舌與鼻.....	
(三) 耳以及其它的機械感受器.....	
第五章 神經所傳遞的信號	56
5-1 神經纖維的構造.....	56
5-2 輸入脈冲波的成立與其傳導.....	60
5-3 輸入脈冲波從一個神經細胞換到另一個神經細胞—突觸.....	64
第六章 腦的情報處理	68
6-1 中樞神經系統的進化.....	68
(一) 無脊椎動物.....	
(二) 脊椎動物.....	
6-2 中樞神經系統的回路網.....	81
第七章 生物體的自動控制	86
7-1 神經系統的運動支配.....	86
7-2 激素對身體的調節.....	90
第八章 遺傳的情報	93
8-1 遺傳子所傳遞的暗號.....	93
8-2 m-RNA的蛋白合成.....	97
8-3 遺傳的暗號與細胞的分化.....	100
第九章 電子義手與人造臟器	102
9-1 人與機械.....	102
9-2 人造假手.....	103
9-3 人造臟器.....	106
後記	109

第一章

生物與環境

生物在環境中生存。環境是指以生物爲中心的諸外界的綜合，因此它包含物理性的或是化學性的因子，當然也包含有生物性的因子。此，瞬間、瞬間地發生着變化，複雜得令人可怕。動物在此變化多端而又複雜的環境中，逃避危險，攝取營養，獲得配偶，進行繁殖，生育，其結果在環境中生存。

連下等的動物也具備着所謂的感覺器官。此種類是多樣的。同時，即使是比較下等的動物，所能容受的感覺的世界也是相當複雜的，一般地說，動物就是生活在刺激（情報）的洪水中。動物必需對此情報費心地進行捨取選擇、處理，並對此變化多端的情報表現適宜的反應，否則，動物是不可能生存的。

如此巧妙的生物的行動反應，似乎令人無法捉摸。事實也是如此，生物學之所以發展得慢，就是因爲很難找到分析此行動的合適而又正確的方法。近幾年來，在生物學上運用了物理學的方法論，來分析生命現象的傾向變得相當顯著，從所有的角度動用了物理性的和化學性的方法，使分析得到進一步的發展。另一方面此有賴於物理學以及化學的進步。現在可以說，生物學它百分之百的利用了物理學以及化學的進步成果來解明生命的現象。

關於行動反應的現象也可以如此說明。與無生物界的現象不同，在求某種目的而行動的動物的領域中，以分析因果關係爲武器的自然科學則避開直接着手困難的行動之目的性，而運用分析間接地反映行動之生理。

爲了適應外界的刺激，動物以行動來反應的體制即爲衆所周知的，如首先是接受外界之刺激的感受器。對於感受器可以理解爲，一般在眼、耳、鼻等感覺器官中直接接受適宜刺激的細胞。如眼睛則對光，鼻則對分散於空中的嗅物質的分子起反應。感覺器官就是如此具有分別接受有限而特定種類的刺激而發生興奮的特性，每個感覺器官都會對某一刺激特別容易接受，而此刺激則稱爲適宜刺激。

以被稱爲感覺器官的人的眼睛爲例，如起照相機之快門作用的眼瞼，起光圈作用的虹膜，起透鏡作用的水晶體，此外附屬裝置有覆蓋在眼球內面之

網膜的視細胞（桿狀細胞與錐體細胞）等由這些直接接受適宜刺激而引起興奮的感受器而組成。

關於感覺器官和感受器將在後面第四章作詳細說明。感受器就是接受適宜刺激而興奮。此結果向與感受器相連的神經發出某種信號。而關於此信號也留於以後加以說明，產生於神經纖維的信號則以非常快之速度沿着纖維而傳遞。然後進入腦或神經節（中樞神經系統），在此有很多的神經細胞的突起，相互連接呈網狀的構造，將進來的信號作各種處理，使之變成進入運動器之神經纖維的信號而送出，其結果引起運動反應。

隨着生理學之技術的進步，最近已經可以將現在所敘述的感覺的情報的信號，在任何階段都能加以追捕了。換句話說，有了能將感覺器出來的情報在它的傳遞的途中的任何地方作盜聽的可能性。這是非常驚人的學問的進步。無論事態如何複雜，這可以說是為了解明動物之感覺情報處理的機構之有力的手段。

現在，在用此手段進行研究之前，首先來看一下最單純之動物的行動反應的實態。

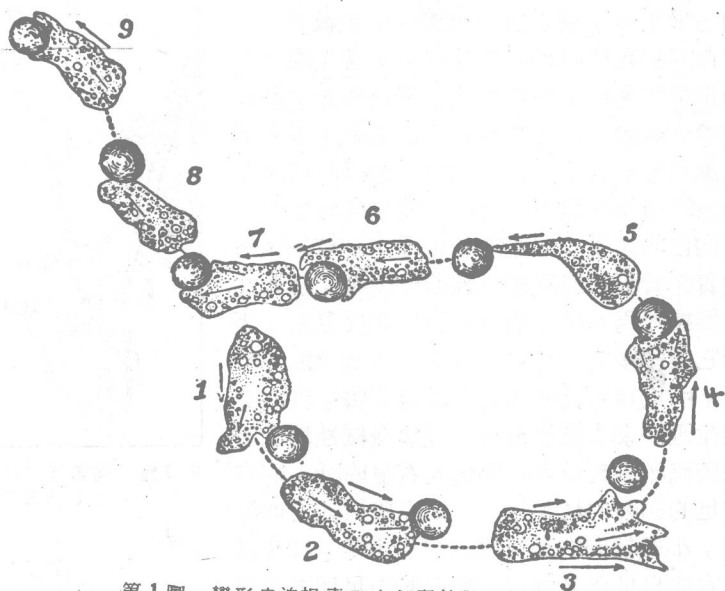
複雜的生物的反應，看來令人難以捉摸，既然如此，用情報處理機構的解析等觀點是否能捉摸呢？首先注意一下比較單純的，比較固定的走性，以找尋能抓着事態之中心開始討論。

1-1. 走性的反應

變形蟲也對刺激作運動的反應。例如變形蟲的旁邊有一個細菌的話，則牠就向着細菌的方向伸出偽足。細菌移動的話，牠就追趕，到達用偽足將此捕捉後，運動才停止。這種情況下的變形蟲的運動是因細菌等物的化學性刺激所引起的（第一圖）。在此避開單細胞生物的行動反應，而主要以具備神經系統的多細胞之動物作研究對象。

有“屈性”這句話，例如，向日葵這類的植物，它的花則向着太陽。動物中有一稱為 *hydrozoa* 的下等動物中，有些附於岩石或貝殼的表面，本身不會轉動，但經常把身體屈向光亮的方向（第二圖）。將這種稱為屈性。與此相對應，例如向着光源移動那樣，伴隨位置移動的稱為走性。

走性的概念是又可以稱為強迫運動，按一定的方向性對動物加以刺激時，動物則不得不作一定的定位運動（向着刺激源的稱為正的走性，背着刺激源而移動的為負的走性）。如在具有一定方向性的光的場所，或是在有氣味之物質的周圍所產生氣味之濃度的分佈的場所等類的條件下所產生的單純的反



第1圖 變形蟲追趕青蟲之包裹的運動
(根據 Jennings 1906)

圖上的數字是變形蟲運動所經過之時間的順序

應。晚間燈點着時有許多昆蟲會集中於此燈光這也屬於此範疇之內。
此可分類於下

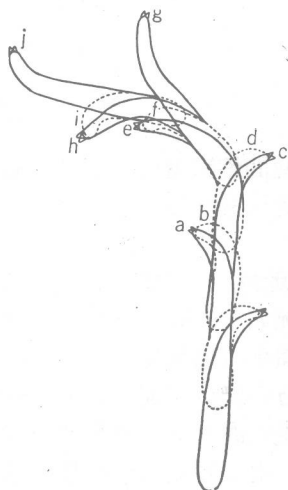
(一)偏走性 蒼蠅的幼蟲對光呈現負的走性。當有光時它逃避光而爬行。此種情況如第三圖所表示的，當光的照射與它的爬行呈直角時，蒼蠅的幼蟲就搖動頭部，結果當對上了光的方向，則立即又向反方向爬行。當它向着沒有光的方向爬行時則比較安定地前進。蒼蠅的幼蟲在前端有感受光的部分，故當光從後面來時，被身體擋着，光就照不到感光部。而當光橫着從前面照射的話，牠就感受光，根據牠感受光後就有搖頭的反應，結果就爬向與光源相反的方向。

在動物中，有些當有光照射時並沒有對光產生定位，不過有的就會出現加快行走之速度。把有光照射時會改變前進的方向的也包含在一起將此稱為避光性。蛆對光的避光性的結果，根據光而決定前進的方向，故具有走性，將此稱為偏走性。

(二)刺激的對稱性 例如昆蟲以體軸為中心有左右相對稱的複眼。對於這類的蟲，當光從右前方照射時，則右邊的眼接受的光較多，如此，此昆蟲就把身體向右侧移動，當光源從身體的正中照來時，兩眼因接受等量的光，就停止身體的轉動，而照舊前進。此結果不得不向着光源直線前進。要證明此型的走性時可將單邊的眼睛用墨塗黑，然後將其放在光的地方（有方向性的光也可，散亂光也可），結果牠總是向着亮着眼睛的那邊畫圓似的周轉。就如在表演雜技的馬一樣，故將此稱為雜技運動。因無論它周轉多久，光更多地進入沒有塗黑的眼睛內，所以自然就導致它不斷地周轉。自古美國的生理學家 J. 羅埃布將此現象機械性地說明成是因為如果有較多的光進入右眼的話，則右側的足的肌肉力量加強，尤如小船只划右側的槳時，小船就向右邊旋轉一樣，但是，如果將昆蟲右側的足全部留着，而左側的足切去二根，只留一根的話，它仍然向右周轉，即使是肌肉力量加強，一根足對三根足而引起右轉則有點無法解釋。如此，由於中樞神經系的構造而引起單個眼昆蟲體軸的如此周轉，的確是今後之研究的好課題。



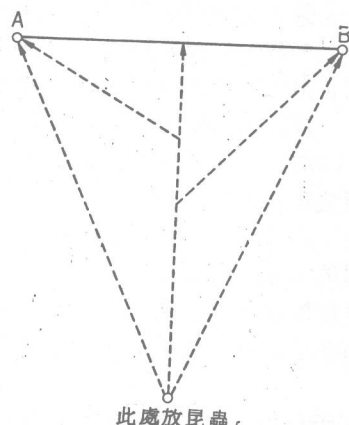
第 2 圖 向着光源之水螳的屈性（根據 Lobeb）



第 3 圖 蒼蠅的幼蟲（蛆）的偏走性，當光改成直角照射時的運動方向的變化（根據 Mast）

(三)保目標性 此現象也可在昆蟲中看到，昆蟲有一對複眼，此複眼有其特定部分對解像力和看東西的能力特別強。昆蟲能持光源捕捉於一點而前進。正好光源從正面照射時，能使光源一致地落於兩眼的此點上，此結果當然就成了面對此光源而作直線前進運動。此單個眼睛也能對光源定位，顯然與前面的刺激的對稱性不同。但好像並不是按照昆蟲的種類而分為刺激對稱性的與保目標性的，所有的昆蟲都具備有刺激對稱性或保目標性之能力之一

，靠着中樞神經系統的同路的更換，可從其一性換到另一性。如第四圖所示的，在A與B的二點上放上同樣強度的光源，在AB連線的垂直二等分線上放上昆蟲的話，有的昆蟲則向着A或B作直線前進運動，此是由於保目標性的走性而所致。有的昆蟲則沿連AB兩點之線的垂直二等分線前進，這就是由刺激的相對性的走性而引起的。



第4圖 二個光源的實驗。A和B分別為同等強度的光源。

可是，在垂直二等分線上前進，被視為刺激相對性定位的，有可能突然在中途向着A或是B作直線前進，另外，將昆蟲其一方的眼塗黑觀察前途的雜技運動的話，也有可能有的昆蟲突然向着光源突進。如此的現象都可理解成從刺激相對性的定位突然向保目標性的定位性轉換而造成的。會引起此轉換的條件至今還不明。但是此現象却是非常明快而突如產生的。這些自古就已發現的現象，尤如前面略有敘述的，隨着能捕捉中樞神經系統局部興奮之技術的進步，以情報處理的機構解明的立場上，中樞神經系統將是特別吸引人的研究對象。

只要光的感受器對體軸呈示左右對稱的位置，無論感受器的構造如何均能產生刺激相對性的定位。與此相對，保目標性則必須具備對光源的方向能辨別的某種構造，否則不能成立。

(四)光羅針運動 在暗室的地上，鋪上一張塗有黑煙子的紙，將蒼蠅或蜜蜂的翅膀剪去，然後讓牠在紙上行走，牠們的行走的足跡就會留在黑煙子上。觀察牠們的足跡，可見有的個體總是向右轉，有的則總是向左轉畫着圓在行走。無論那一個個體都無法在黑暗中作直線前進，均畫着圓在行走，而且隨着個體，右轉，左轉都固定。現在，在相當寬的暗室內，離數公尺的地方點一盆燈的話，剛才的那些昆蟲在瞬間內就會改換成作直接行動。

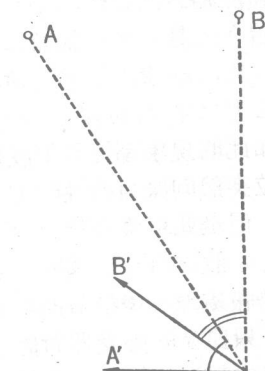
昆蟲的複眼是由無數的稱為單眼的小單位組成的。而每一個單眼以此單眼的軸的方向為中心，只能接受非常有限範圍的方向所射來的光。對於小的昆蟲，從較遠的光源來的光，可視其為平行光線。另外，昆蟲的相鄰接的單眼的軸互呈較小的角度。同時，從較遠處的光源所射來的光常常射在對着此方向的一個單眼上。可以設想成昆蟲往往將突如出現的光源的刺激投射於一

個單眼上而採取行動。其結果，就有可能對着遠處光源而來的平行光源的方向，保持着一定的角度而作直線行動。

事實上，當光源如第五圖所示的突然從A改換成B時，伴隨着光線的角度，正好只有此角度脫離前進的方向。

夜間飛行的蛾，就是依靠月亮的光作光羅針運動。很明顯這是與前二者〔(一)與(二)〕都不同的一種反應形式，在黑暗中作移動運動這一特殊條件下才能發現的機構。在黑暗中隨個體的不同有的固定地向右轉，有的則一定向左轉，這是因為兩側的肢的力量不同而引起的。隨着個體的不同有的右側肢體的力量較強，有的則左邊的肢體的力量較強。人也有與此相近的現象，表現在黑暗中走寬廣的平原常常會畫圓形而走。當看到一點光後，方能作直線前進，這結果也與上述的現象相似。

(五)走化性 蒼蠅會向有氣味的地方集中。水中的生物中也有向上流有氣味的地方游去的生物。如有氣味之物質的話，在空中其周圍就會有氣味之濃度作同心圓的分佈。此時如果原來動物就是向着濃度高的方向在前進的話，那麼它照舊前進，如改變方向，向濃度低的方向前進的話，有時就會產生改變方向的反應。此種情況下，則作不規則的彎曲飛行，結果又向着氣味的中心集中。當然也有與此完全相反的場合。向氣味濃處集中的為正的走化性，離開氣味處的為負的走化性。昆蟲類常常在相對稱的位置上長有一對觸角，因此也會呈示刺激相對性。



第5圖 光羅針運動中光源的更換，虛線為平行光線A以及B的光的方向。實線A'，B'分別為對A以及B的光羅針運動的方向
 $\angle A' = \angle B'$

(六)其他的走性 除了以上所舉的例子以外，還有的動物具備有對重力的方向能感知的感覺器官，如有的橫放在砂上，牠就向着重力的方向，挖起砂土，隨之進入砂內去。

這些被稱為走性的行動，雖然具有相當的自由度和複雜的樣子，但其基本的均按種類在中樞神經系統有固定的反應回路，隨着特殊的感覺情報的進入，其活動被發現並得以控制。此機構按以後敘述的電生理學的方法來解明已經不是太遙遠的事了。

1-2. 反射

我們具備有膝反射，就是較用力地打膝蓋較下面的地方腿就會彈起來，有腳氣病等的這種反射就會消失，看有無此反射來作為診斷這也是眾所周知的事實。

反射是指生物體內某一特定的刺激起作用時，其興奮通過比較簡單的傳導途徑，與意識無關的將特定的反應，非常有規則的能發出來的場合。前面所敘述的膝反射的情況是，打膝蓋的下面時，起伸展膝關節作用的股骨前面的四頭肌就放鬆，此情報通過埋藏在此肌肉內的肌紡錘感受器，傳導到脊髓，在此處直接傳遞到四頭肌的神經纖維，此肌肉就收縮使膝伸直。這種情況下，脊髓中沒有一個神經細胞起作用，是直接通過感覺性的神經傳遞到運動神經。

如在蜜蜂的肢端塗上蔗糖的溶液，可看到它伸長口吻的反應。此種場合，如預先讓蜜蜂喝了很多水份的話，那單單靠肢端塗上水就不能看到此反應。此外，如果在蔗糖溶液裡混入食鹽等使其濃度增加時，雖然蔗糖的濃度並沒有變化但它的口吻並不伸長。從此很明顯地可知，肢端的感受器能區別水，蔗糖與食鹽，通過蔗糖，肢的化學感受器就興奮，然後將情報送入中樞。這種情況，比起剛才所敘述的膝反射雖然經過較複雜的傳導路途，不過它也仍然是反射。

總而言之，被稱為反射的反應，是對某一感受器的興奮，極為固定而特定的肌肉作很快的收縮或腺體作很快的分泌，此可說是行動反應之最單純的要素。也可以說是生物體表示行動的最最單純的情報處理的例子。

將光照射於蜜蜂的眼（複眼），肢體的前端塗上蔗糖液體時口吻伸展的反射均看不到，但是，如果先將光照到眼睛，然後隨即在肢端塗上蔗糖液體那當然就會看到伸展口吻的反射。將此經過，即先用光照射複眼，然後隨即將蔗糖液塗於肢端使其口吻伸展，如此反複了多次後，以後只要將光照到眼睛就能看到口吻伸展的反射。此與巴甫洛夫對狗作的實驗相同，將此稱為條件反射。將生來就有的反射一以剛才的例子，用蔗糖來刺激肢端引起口吻伸展反應的現象一將此稱為無條件反射。巴甫洛夫用狗作的實驗就是給狗看食物，引起狗的唾液分泌的無條件反射，對此，在給狗看食物之前，按一定的振動數的音叉的音反複給狗聽，以後則只要聽到音叉就會引起狗的唾液的分泌也就是說形成了條件反射。

條件反射的成立，可以說是獲得了新的情報處理機構，通過某種形式，以訓練產生了新的傳導途徑。

1-3. 本能行動

(一)什麼是本能行動 本能這句話具有各種意義而又一般性地被使用。但是，在生物學上的本能行動是指被限定的具有某特性的行動群。在生物學上，如走，跑，游泳這類的行動，即使此是動物生來就具有的行動，但此却不能稱為是本能行動。

蜘蛛並沒有人教牠們，但牠們都會織它們之種類所獨特的巢。鳥類也同樣，並沒有人教牠們，麻雀會作麻雀的巢，燕子會作燕子的巢。這一連串的行動我們稱它為本能行動。

本能行動是，動物不需要學，生來就會的一連串行動，然而動物本身並不明白其目的，但其行動却非常有助於生存之目的。如此，具有相當常識的本能行動，有些什麼特性呢？

首先能注意到的是，剛才也已經敘述過的是生來並沒有學就自然會做得很出色。而且此行動的式樣按其種類相當固定，成為其種類之特色。就如青蛙的體色是綠色帶有黑色以及有它的一定的體形，紅蛙的體色則呈紅色而帶有褐色以及有紅蛙特有的體形，與種類的形態性特徵一樣，好像按其種類而獨特的通過遺傳而來的。屬於同一種類的個體，全部與從父母學這類的事無關的，每一個都會採取同樣的行動形態。

從如此看來，與以前敘述的走性以及反射相比較，顯然複雜得多，讓它們採取這樣的刺激一反應形態的感覺情報處理機構，只能說是通過遺傳而形成的。在這裡，從這樣的見解來分析一下本能行動。

(二)信號刺激 剛才我將本能行動稱其為刺激一反應，也就是試想將它作為感覺情報處理機構的表現來加以敘述。其結果到底，本能行動是否與反射一樣，通過某一特定的刺激，能否以某一固定的形態來表現出來呢？

有一種 *Gasterosteida* 的魚，它在繁殖期就到河的淺處來，具有利用水草作巢而產卵的習性。此類的魚大致可分為二種，*Pungitius* 與 *Gasterosteus*，關於 *Gasterosteus* 的生殖行動，有一位稱梯貝爾亨的人已作了出色的分析，首先來看其中的一部份。

Gasterosteus 有海產的和生涯均在淡水中生活的，但到了春季的繁殖期就到小河的淺灘來，雄的就作起自己的勢力範圍，在此範圍內利用水草等做起巢來。動物的勢力範圍聽起來令人感到奇異，不過一般繁殖期的動物有自己的勢力範圍是非常普遍的。到了春天，在麥田上雖然不容易看到雲雀，但

能聽到它“批一奇古”“批一奇古”的叫聲。這是它在自己的造巢地宣言它的勢力範圍。黃鶯的“柯一柯凱奇約”的囀聲也是如此，很多鳥類在繁殖期的鳴叫聲都是宣言它們的勢力範圍的歌。奈良的鹿平時都成群的在散步但到繁殖期時魁武的雄鹿就各自有它的勢力範圍。秋季繁殖期的雄鹿的叫聲並不是它的戀歌，而是地域宣言，勢力範圍宣言的叫聲。鹿的真正戀歌是喃喃細語而不是叫聲。對於動物的勢力範圍的神經生理學之背景現在還沒有得到分析，但現象却相當顯著。

總而言之，*Gasterosteus* 到了繁殖期就到小河的淺灘來占領自己的勢力範圍。然後，有了勢力範圍後，就會表現出幾個以前所看不到的固定的行動的情形。看到水草就把水草咬斷，作它們所特有的形狀的巢也是其中之一。這以前對同族的其他的雄的是漠不關心的，但現在當有雄的出現在勢力範圍的附近時就會出現猛烈的打架。還有，到有雌的出現在勢力範圍的附近時，它就以獨特的身體的搖擺來作一種的表演。這類的行動在占有勢力範圍以前是完全看不到的。

本能行動其實本質性的是以反應的連鎖形式表現出來。當某條件被滿足後，就會表現下一階段的行動這就是一個很好的例子。讓我們注目一下其一連的本能行動的連鎖的一節，也就是占有勢力範圍的雄的 *Gasterosteus* 的行動。

如剛才所敘述的，*Gasterosteus* 的雄的占有了勢力範圍後，在此勢力範圍的境界附近如果出現了同族的雄的，就會打架。而此打架的形式却非常固定，由幾個型所組成的，形式是：當有敵出現時它就咬，敵逃，它就追趕。總而言之，在勢力範圍的境界出現同族的雄的就發生鬭爭。可以說是同族的雄的出現這一個刺激是引起此行動發生的原因。其它種類的魚出現時並沒有任何鬭爭的行動發生。*Gasterosteus* 的雄的能辨別同族的雄的是靠什麼呢？單純的這樣想，試着用各色各樣的模型呈現於勢力範圍的境界，來分析當滿足了怎麼樣的條件時會發生鬭爭。

請看第六圖。在圖上最上面所表示的，以與 *Gasterosteus* 的雄的形狀非常像的模型時，並不能看到有鬭爭的現象出現。在圖上，塗成黑色的部份，實際是塗上紅色。*Gasterosteus* 的雄的到繁殖期，腹部就會明顯的出現紅色的婚姻色。模仿此色在圖形的腹部的地方塗上紅色後，如圖所示的，與實際的魚的形狀根本不像，無論是菱形的也好，或如鰭魚一樣細長的也好，只要腹部塗着紅色，就會發生鬭爭。