

第一場 『仿生與日常生活及科技』(2006 年 11 月 05 日)

國立高雄應用科技大學機械工程系 沈瑞文 紀錄整理

主持人：國家科學委員會副主任委員 戴謙 博士

陳楚驤陳教授、國科會林處長、國立高雄應用科技大學郭東義郭教務長，還有從今年到明年五月推動這一連串十二場演講活動、國立高雄應用科技大學機械系微奈米磨潤實驗室的計劃主持人李旺龍李教授、各位鄉親、年青好友以及先生女士們，大家早安，大家好！



今天是禮拜天，大家起的這麼早來到這裡，可能這對我們這些「老灰仔」來說沒有問題，但對年輕朋友而言，大概是很不容易的事。我記得我在成功大學任教的時候，不管我是幾點上課，我的學生們就會在幾點吃早餐；八點上課他們就八點吃、十點上課他們就十點吃，剛剛郭東義郭教務長告訴我，他說他常看到學校宿舍到了晚上兩點依然燈火通明，接著他就去看看是怎麼回事，原來學生個個都在電腦前「努力不懈」，到了隔天早上再去探視時，學生都還在睡覺。今天

在場的大多數都是年輕朋友，所以我認為大家能夠在星期天起的這麼早，實在是相當不簡單，我不僅要肯定大家，也感謝大家對這個活動的熱情支持。

這個活動從今天十一月五日開始，在本單位國科會經費的補助下執行，很感謝許多的單位共同協助，包括工研院、台灣大學、海洋博物館等等，當中最重要的就是國立高雄應用科技大學承接了這麼一個計劃，在校長、教務長以及李教授的努力下，安排了一系列的科普講座活動，同時更要感謝科學工藝博物館能提供環境如此良好的場地，同時有參與活動後集點兌換參觀券的獎勵辦法。本人以前曾經擔任南部科學工業園區的局長，剛剛李教授還跟我開了個玩笑，說拿我的名片三張可以分到南科股票一張，不過實際上如果拿我三張名片大概只能進南科裡面本來就不用錢的廁所，而且如果索取本人名片三張可以換股票，那我現在大概已經在看守所等著被起訴啦！

這不禁說到前天震驚全國的起訴案件，在這裡要呼籲大家應該要了解，司法必須到最後的判決後才是真正且完整的司法程序，不過在過程中所存在的種種道德認定問題，處處都顯示出此為台灣民主發展的重要成果。昨天我在成功大學參與由成大所召集的東南亞校長研討會，來自東南亞各地與台灣本地的校長合計共

有一百多位，我特別告訴他們，昨天致詞的都是部會副首長，沒有一個是部會首長，這是因為在台北發生了重要的事件，所以部會首長都要待命，當中我特別說這是台灣民主發展的重要成就，所以大家平常不要都往後看，台灣的民主發展到了今天能夠對總統夫人進行起訴，我想這顯示一個相當重要的課題，台灣的民主在世界上建立了很好的模式。



今日大家一起到這裡來關懷科技的發展，與科學大師閒話家常共同了解一路上的心路歷程，這個跟前天發生的事件來比可說是同樣重要。今天大家來這裡無非就是為了聆聽大師演講，雖然我與陳老師都是台大校友，不過陳老師在我七歲的時候就已經從台大畢業，之後前往國外取得雙碩士與博士學位，並在相當多的國際公司機關從事有機化學的工作。陳老師告訴我當時錢校長規定工學院的學生一定要修化學，我剛剛還問他不知道當初他是抱持著什麼樣的心情與觀感，但他到現在還沒給我答覆，或許大家待會有興趣可以問問陳老師，到底當初這樣的硬性規定對當時的陳老師跟現在的感觸有什麼不一樣；我想我們都曾當過學生，在場的大部份也都是學生，有時候老師無理的規定，也許你當時會認為是無理，但在十年二十年之後你將會覺得感恩，不過也說不定會因此痛恨一輩子。

今天在週日閱讀科學大師的安排上，相當感謝李旺龍李教授與林處長的努力，能夠將科學與科技平民化、社會化，更重要的是我們要多多在南台灣舉辦活動，而不要老是在北台灣，台灣如果要發展一定要有南台灣參與，現在大家都在說高鐵落成之後台灣已經成為「一日生活圈」，九十分鐘的車程就可以從台北到高雄。不過當我在南科擔任局長時，許文龍先生曾經跟我說過：「高鐵落成會造成南台灣的資源更輕易朝台北輸送。」不知這樣的話在場有沒有人反對？對此我要特別一提的是，如果南台灣沒有優質建設、沒有就業機會，或許真的會如同許文龍先生所擔心的那樣，一旦南台灣無法就業，我們就只好到北台灣尋找工作機會，因為搭高鐵到台北只要有足夠的錢也不過只需要一小時。但是在我的期望當中我認為，我們應當要給南台灣一個機會，因為我們希望用「整個台灣」拼世界經濟，而不要只用「半個台灣」來拼世界經濟，我們要讓更多的優質建設能在南台灣發展，讓更多的思惟衝擊能夠在南台灣發生，有許多人才都是來自於南台灣，我本身就是路竹人出身然後在台南長大，之後因緣際會下才到國科會工作。

今天我們舉辦這樣的活動無非就是在心中有著南台灣這個地方，所以才把活動辦在這個地方，並且請來當地技職教育的龍頭大學來舉辦，因此我希望所有的社會大眾都能夠參與，共同來推動這樣的活動。南台灣的好朋友們，我們要展現

出對事物的關心、展現出建設南台灣的聲音與決心，如果我們今天都只是安於現狀、接受事實、悶不吭聲，那就很難在觀念是「不乖的小孩有糖吃」的時代裡有糖吃，乖的小孩反而沒糖吃？這是很沒有道理的事情，我希望為政者心中一定要有南台灣，讓南台灣有平等的機會對國家的經濟與整體發展作出貢獻。

關於今天一系列的演講內容，陳教授在仿生上並不是談對生物的模仿，而是很深入的探討要如何進行仿生科學，同時說明仿生對我們帶來了多麼深遠的啟示，我在應用科大小記者專訪陳老師的文章裡頭讀到這麼一句話：「**仿生是取自生物界帶來的創意與創新，而不是純粹的模仿。**」我們不可能跟不同種類的動物有著相同的結構與行為上的特殊功能，像我們看見的壁虎，他在牆壁上跑來跑去沒有對牆壁造成汙染，我們人類同樣也是在走，但是卻會在牆壁上印上腳印，這是為什麼？理由在哪裡？我們是不是可以藉由仿生達到這樣的功能，來為人類創造更多的福祉。像這樣的課題，我想我們很高興也相當感謝陳教授有這樣的機會來跟大家分享，十一月五號是這一系列科普講座活動的開始，往後還有十一個場次，希望每一場都能像今天一樣熱烈，剛剛林處長告訴我，今天的演講比台北還要熱烈、參與的民眾也比台北更多，我聽之後了實在很高興，南台灣的年輕朋友有這樣強的參與感，如此重視這樣的活動，從這裡我們才能開始展現南台灣的希望，所以我再度的感謝大家，國科會抱著的就好像是過年時節的阿嬤在包紅包給孫女時的心情：「**阿嬤什麼都沒有，只有這個能給妳，妳好好的收起來。**」我所要說的是，國科會有足夠的經費推動這方面的工作，然而要反問這樣的經費為何要留在南台灣？因此我們要提出更多更好的計劃，要不然等這些全都到了北台灣，我們就失去這樣的機會了。所以紅包是大家的，我們要不斷思考如何提出更好的計劃，讓紅包送到南台灣，讓南台灣能有更多這方面的活動，有更多的思惟與衝擊，讓年輕的青年學子能在學習的過程中就能擁有非常前瞻的看法與具備豐富知識，具有更高的競爭力。剛剛從頭到尾都是用國語在說話，以前我在台南一中唸書的時候幾乎很少說國語，我想大家大概也聽的很辛苦，無論如何我希望南台灣除了「俗擱有力」，更要能夠展現出我們的智慧。

最後感謝相關單位的協助，也祝福此活動能夠順利的發展，直到明年五月能有圓滿的豐收，同時新的一年能夠有更好的計劃可以在這個地方繼續的來推動，祝大家身體健康，萬事如意，接下來我們請陳教授開始為我們展開今天的演講，謝謝大家！

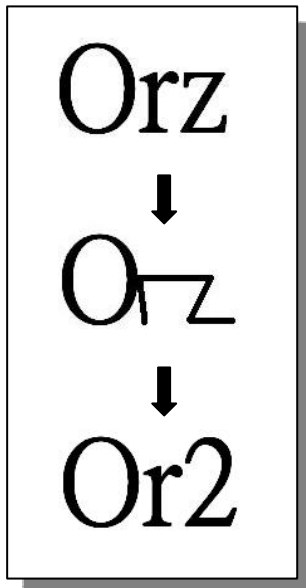


主講人：工研院量測中心顧問 陳楚驤 教授



謝謝大家，剛剛戴副主委說他七歲的時候我台大就畢業了，這個洩露了我的年紀了，另外一點講到我們以前的校長錢思亮校長，因為他是學化學的，前後說起來跟我也算是校友，因為他以前在伊利諾大學，而我碩士也在那裡唸書，那時候因為台大的物理系是用鮑林(Pauling Linus)的化學，那本書記得是物理化學，跟高中的化學完全不一樣，所以呢那時候我是在唸機械系，所以化學真的是非常痛苦，後來我想到西方有說過這麼一句話：「If you can't fight them,

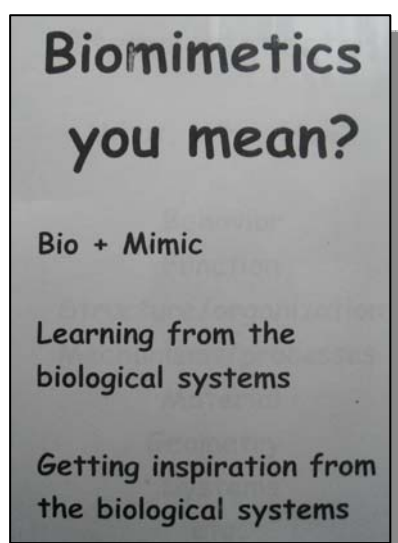
join them.」就是如果你打不過它，那你就參加它，所以呢就在美國化學界做了十五年，因為我覺得化學我不懂，我就去參加它，而且我在美國的化學協會，我是他們的教育負責人(Education Director)，協助他們推動化學教育，在這當中對化學是又害怕又敬仰，也因此幫他們做了一點事。後來我有機會遇見鮑林(Pauling Linus)，他聽到我對化學這麼害怕，他當時不禁大笑，我遇過他兩次，第二次是他獲頒諾貝爾和平獎的時候。



這裡先跟大家抱歉一下，我跟大家很像，我也是抱佛腳的那一種，在抱佛腳的時候我不會做簡報(Powerpoint)，我都是自己寫自己打字的，那打字的話我不會打中文，我到現在還是打不起來，英文只有二十六個字母，我怎麼摸也可以摸的出來，所以很抱歉我這投影片上大部份都是英文的，不過我中文還可以講，因為我在美國待了差不多快五十年了，所以在清大開課的時候常常聽到我講話會笑，後來我才發現原來是我講的中文不知道是哪一國的中文，我看今天有很多的年輕朋友在這裡，因為我開的課都是比較不適合考試的，因為是通識課程，各個科系都有，所以很難考試，所以就不考試改作報告，結果呢有一次有個同學寫了個打油詩，他最後的結論是：「我只好 Orz...。」我當時一看，我

說在美國待這麼多年，「Orz」是什麼東西我好像沒有見到過，所以呢我就請教他，請教他半天我發現他大概也覺得我是頑古不化，解釋半天跟對牛彈琴一樣，問了幾個同學後我還是不滿意，所以後來我就發揮老師的權威，請大家寫一份「Orz」的報告，後來我一看啊，我知道你們對「Orz」很熟悉，我發現「Orz」原來是這

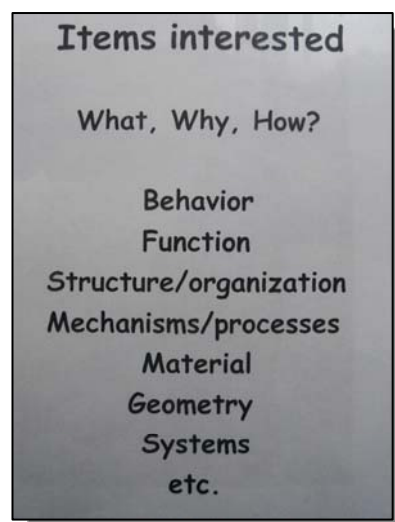
個東西，後面還有同學的解釋，我這下才恍然大悟，我自己打「Orz」我也可以查的到，我因為中文不會打，後來我發現原來這可以查英文，結果我查到了，這是我查到的，這個是我的解說—「Orz」。下面「Orz」你看這個圖，那同學告訴我「Orz」還有很多種，裡面有一個是這個「Or2」，這個看起來就像是屁股翹起來的人，結果找到一個嬰兒的照片，這嬰兒看起來不是很清楚，這嬰兒站起來的時候，頭比較重，所以頭比較不容易站起來，所以你看那屁股翹的高高的，所以我覺得這個是「新型的仿生」，這個像是新型的象形文字，這個是近代的象形文字，因為在仿生裡有一個是象形文字，所以這個我們在開頭稍微提一提，那麼就讓我們言歸正傳。



仿生的英文叫做「Biomimetics」，這是兩個字拼起來的，「Bio-」屬於跟生物有關的，後面是「mimic」是個動詞，叫做模仿，我們當時也沒有完全而是漸漸的在做這方面的事，所以我們後來覺得，我們就發明這樣一個字叫做「Biomimetics」，因為它後面的「tics」，你看很多像是數學，後面加個「s」就好像比較有學問，所以我們就造了這麼一個字，這個字我常常跟同學開玩笑，請他們去查字典告訴我這代表什麼意義，這個呢是我捉弄學生的方式之一，因為在現在很多普通的字典裡沒有這個字，大概是字典還不承認有這個字，可是

是網路上面寫了很多，因為這個字稍微比較新興一點，所以這個意思就等於是「向生物模仿」。剛剛戴副主委也有提到，我們不能夠完全向生物模仿，因為很多生物的要求跟我們的要求是不太一樣。舉個例子，我們希望賺錢，生物在這個方面的智慧可能還不是這麼先進，它主要是想生存，所以呢比方說你要做個材料，我們希望是耐高溫、耐高壓、製造的又很快，但你看一顆樹！它長了好幾年甚至是上百年，這如果總是這樣子向它學的話，我看你這做材料的大概要關門了，所以不適合。還有我覺得你如果完全向它學的話就沒有什麼創意，我覺得能給你一點啟示這是比較重要的一點。所以現在在美國的材料協會常常有這麼一個領域(Section)叫做「Bio-inspired material」，就是指從生物上面得到一些啟示來發展新的材料，所以我覺得「Inspiration」這方面可能更為重要。

那麼提到仿生我們到底注重哪些？現在幾乎凡是對我們人類生活有利的，我們都想知道、都想學習，所以這裡面我想知道到底有哪些東西變化？為什麼會這樣子？他們是怎麼做到的？大概就是這幾個問題。那再下來就是很多關於它的行為以及



它的功能，舉凡對我們科技、生活有幫助的我們都要研究，這個就是仿生，所以範圍非常非常廣。

那在這裡面有很多我們做不到，我們所沒有的，而我們想要學習，比如像是這個和這個是我很想學的，它可以在水上走。因為我家住在國外，所以每次放假的時候我回美國去了，而飛機票很貴，所以看到這功能我就想要從水上走過去，不過走過太平洋太累了，不過這是一個方式，而它為什麼可以在水上走？我們



大概會很困惑，我們在一塊板子上面也可以，不過站著可能會沉下去。所以這個就好像有一點幻想似的，後來就有個學生寫了，他幫我找出來，他說這個在《洛神賦》裡頭就叫做「凌波微步」，很優雅的形容，然而我更喜歡的是下面這個「登萍踏浪」，這是我以前在還珠樓主的《蜀山劍俠》小說中看到的，當初看到這個東西，我一直都對這很有興趣，可是我那時候還沒看到這張照片。

所以這方面仿生聽起來好像很遠，其實在我們日常生活上很多，除了在吃方面我不太熟悉，衣、住、行與醫療，還有我們的娛樂，每一項都有牽涉到，比如說我們的衣服，早期的時候我們穿樹葉，還有向動物借它的皮，它們的皮怎麼借？不就是把動物殺了之後把肉吃掉，皮就把它取下來，因為我們的皮膚禦寒功能不是很高，所以我們借它們的皮，但說要借也不容易，所以後來我猜這就是我們衣服的來源，直到後來就更清楚了，為什麼叫做「人造纖維」(artificial fiber)，其實這是我最早

做的工作之一，這主要是我們模仿羊毛、模仿蠶絲、模仿棉花，我到了後來對於羊毛、棉花、蠶絲的了解比很多學這方面的人知道的還多。那另外就是最近不是聽到說我們模仿鯊魚皮的表面組織，對於游泳的阻力會比較小，其實我覺得這在奧林匹克中是違反規定(out rule)，這就不完全是看游泳技術，因為游泳高手

衣著(clothing)	獸皮
人造纖維	羊毛、蠶絲、棉花
游泳衣	鯊魚皮
飛行器	飛鳥、飛行昆蟲
船舶	魚類
雷達聲納	生物回音系統 (蝙蝠、海豚)
電腦	部份人腦
機器人	人類、生物
游泳方式	蛙式、蝶式、狗爬式
武術	猴拳、形意拳
...	

都只差那一點點，那在這方面因為泳衣的幫助而差了一點，那就是犯規了。

那因為我之前在國外主要是做航空的，所以我們飛行器裡面我們是完全模仿飛行的生物，像是飛鳥、昆蟲，這方面我們研究的相當透徹，水面的船舶、水裡面跑的，還有就是通信、雷達。另外舉個例子，電腦現在幾乎是在模仿人類大腦一部份的功能，所以這完全就是仿生，我這裡有個圖，下面是「Robot」，「Robot」就是機器人，從意義看就是在模仿生物。那在運動方面呢，我另外很有興趣的是武術，中國的武術很多都是模仿生物，所以你們看金庸裡面很多地方提到的我還不是很了解，不過我是覺得他是非常有遠見。

我國較早的"仿生學者"

雷震子	翅膀
墨子	木鳶
公輸般	木鵲
老子	道法自然
諸葛亮	木牛流馬
楚留香	縮骨功

其實仿生在中國歷史上很早就有提到，早期的傳說是雷震子，他因為吃了紅杏長出了翅膀，他會飛，結果他救了父親商紂王，但問題是有沒有雷震子這個人，我們當然都不知道因為這是傳說，但至少寫出這個的人他第一個想到會飛，這是我們人類做不到的事，比如說我要打獵的話，那個獵物跳過一個大溝，我就只好在這頭看著，但假如飛過去就沒有問題，這是打獵。但那個野獸它也想打獵你呀！它也要吃你，而那時我也跑不快，假如我飛在天上的話，它就拿我無奈何，但那個時候你要注意喔！天上還有其他東西，它

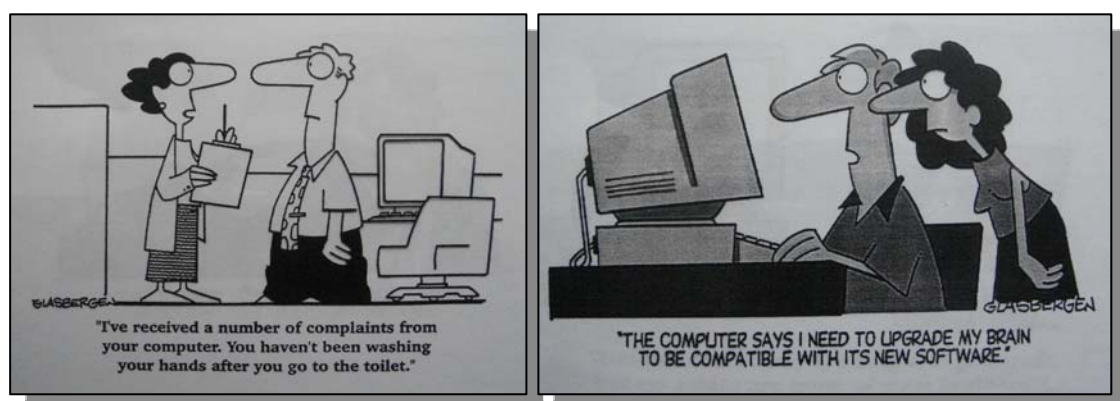
準備打獵你，不過飛是一個好的技能，但要會飛為什麼一定要有兩個翅膀？這當中幾乎可以印證多半我們是看到飛鳥，因為它們都有翅膀，所以這是很早的仿生。那麼到後來墨子和公輸般作了木鵲、木鳥，照這字面講是木頭做成的鳥會飛，我太高興了希望有這樣的東西，這種東西要是做出來，我跟同學講，這可以知道我們現在的物理學、生物學很多不健全，因為新的理論發生出來了，你可以發明一個木頭汽車，你可以賺一大筆錢，不需要燃料，所以這個就很奇怪，後來我們推證出來，這個是風箏，因為它提到這裡面還可以載人，這對風箏來說是沒有問題的，這個在後來已經考證出來了，我的那些同學們也出了一些力，後來到了老子的師法自然，這是我們在一篇通俗文章裡的下的一個結論，現在好像很多人在引用，這其實不是我們的話，是老子在道德經裡面的話。那麼諸葛亮的木牛流馬，我到現在一直都還想不到，到底木牛流馬是怎麼一回事？也有很多種說法，我差不多有同學寫的好幾千份的報告在那裡，我要他們去思考這個問題，去找並解決這個問題，各人的說法都好像有道理，也好像

Major Biomimetics related Accomplishments

1. Transportation
2. Communication
3. Computer technology
4. Materials
5. Architecture
6. Chinese characters
(xiang xing wen zi)
7. Dance/Sport/Martial art
8. Medicine

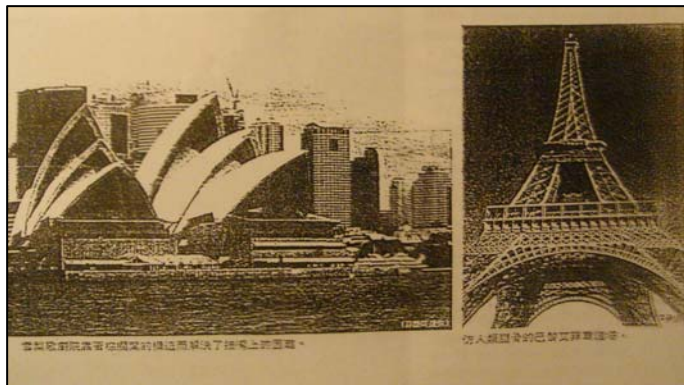
都沒有道理，因為我也聽過成大的顏教授的演講，我也在心中有一點想法，因為我是在四川長大的，所以我對這些也有些看法，可是這是見仁見智，這東西很難說。

好，那接著讓我們看看在仿生裡面，現在哪些領域做的最成功，第一個我覺得是跟交通有關，交通就是天上飛的、地上爬的跟水裡面游的，什麼大小都有。第二個是通信(communication)技術，我剛剛光講雷達是錯的，其他還有很多。第三個就是在電腦(computer)技術方面，這仿生做的非常好，越來越成功了，當初我還覺得他們電腦方面還不是很成熟，但今年暑假到麻省理工學院去的時候我發現他們已經有個書發表出來了，電腦技術怎麼仿生。那下面呢，就是材料，材料方面有很多，蜘蛛絲因為早期 1960 年左右在發展防彈衣，我當初也有涉獵到，所以這方面我大概還有點熟悉。另外一個就是建築，建築方面有很多仿生可以看到；那還有就是中國的象形文字，我前面提到的「Orz」，那個是近代的象形文字；再來是藝術方面，舞蹈；還有剛剛講的武術；醫藥，醫藥方面也有仿生，那個是大家比較沒有注意到的部份，是新的。



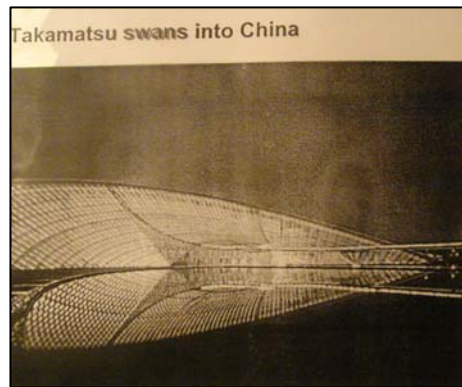
那我們先看看電腦怎麼仿生，電腦技術，這個是漫畫，大家看不清楚我來跟大家稍微講一下，這個員工跟老闆說：「我接到好幾台電腦在抱怨，它說你上了廁所沒洗手。」他的電腦嫌他髒！所以這電腦就好像很人性化，這是第一張；另外一張，這個電腦告訴主人：「你的頭腦要 Upgrade！這樣才能追上我們新的 Software！」他的電腦告訴他說他的頭腦已經不夠新，這就像我一樣，我打中文還是不會打，所以在這方面我要更新，不然追不上 Software(軟體)。現在不是 Word 可以幫你改英文的錯誤嗎？不過我覺得這 Word 不夠聰明，因為我打我的姓「Chen」它老是說這是錯的，對我的姓它會知道的比我清楚嗎？還有新竹——「Hsinchu」它老是錯，還有就是大家打電腦都知道，第一個字它總是給你大寫，那我一句話哪有第一個字一定要大寫的，除了第一句第一個字，中間到最後不一定要大寫呀！可是它都是給你大寫，這個就是 Software 不夠聰明的地方，給大家看一張，這個人在發火，他說：「你這個電腦可以改我的文法，改我的英文，我的行為道德，與你無關！」，為什麼呢？因為這電腦跟他說：「Shame you. (我

因你感到羞恥)」，這個人說：「這不關你電腦的事！」所以這電腦看來就像是另外一個人，甚至於比這個人還要來的聰明能幹。



那現在看看建築方面，為什麼我們蓋的那棟房子叫做巨蛋，那是真的模仿一個蛋，它的結構不但很牢固，而且很薄，不需要支持，那再看看右邊，這是早期很有名的建築，模仿睡蓮，是在英國，Chris Paris 這是第一個不需要很多支柱的建

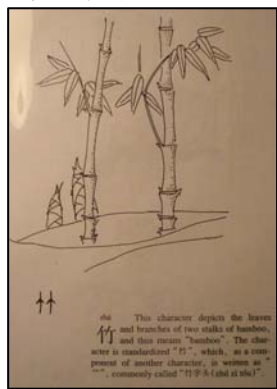
築，最右邊的是很多像蜘蛛網的結構，像吊橋就是這樣，還有我們現在的網路「Website」，開頭的「Web」就是從蜘蛛網來的，因為它四通八達，所以這是大家平常也許沒有注意到。這裡也挑兩張圖大家最熟悉的，右邊是巴黎的艾菲爾鐵塔(Eiffel Tower)，艾菲爾鐵塔如果要照它原來的設計的話支持不住，後來這個人從我們的大腿骨得到啟示，這就是模仿大腿骨建造的；左邊這個是雪梨的歌劇院，這個當初在設計上也發生問題，後來用這個方式建造，它造成功了，這個有人說是模仿恐龍，但我覺得恐龍我也沒看過，大概只能憑化石的印象，另一個說法是模仿棕櫚樹的葉子，我覺得這個比較貼近一點，所以這都是模仿大自然的仿生。因為對建築不太深入，我只舉三個例子。另外清大人文社會學院他們說是模仿一條龍來設計，這個我們有一篇科普文章上有一張照片，不過那個外型並不像龍，在後面有一個很高的塔，我起初以為是鐘樓或是雷達站，結果那是龍的「peck」，那個龍因為是在裡面走來走去，就像龍一樣繞來繞去，聽說就是有另外一義，這建築可以鎮邪，因為清大很多都是以前的墳場；這個是天津一個日本建築師設計的博物館，這個博物館像一個起飛的天鵝，非常明亮也非常漂亮，這大概是大陸方面第二大的建築。所以這是建築方面部份的仿生。



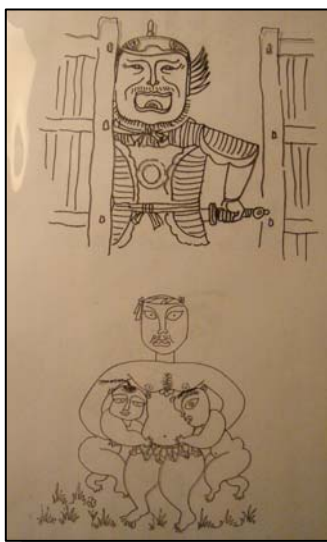
接下來我們看看藝術方面，這個是大家都很熟悉的，這是柴可夫斯基(Pyotr Ilyich Tchaikovsky, 1840-1893, 俄國)的天鵝湖(Swan



Lake)，模仿一群天鵝在那裡，那更明顯的這個我只能很快的瀏覽，這些是從網路上下載下來的，這是一個芭蕾舞者，跳舞的姿勢非常美，就像一個天鵝；那其實在我們雲南傣族他們對孔雀非常崇敬，所以他們很多舞蹈是模仿孔雀的走路及其他相當多的姿態；那這是一道在紡織上面的，這裡就是一個孔雀，這是一個跳孔雀舞的，這個非常漂亮，我只知道在電影有看到，這是一個很有名的舞者，手指挽起模仿孔雀的姿態，那孔雀舞不一定要女生跳，男生一樣可以跳，這是一張男生跳孔雀舞的走路姿態，這些就是學習孔雀，所以這是舞蹈，而這些是在歐洲和中國；在美國的話，印第安人對老鷹非常崇敬，所以他們根本就像一個老鷹，這是印第安人的鷹舞，所以在舞蹈裡很多都模仿生物的，這是在藝術方面。

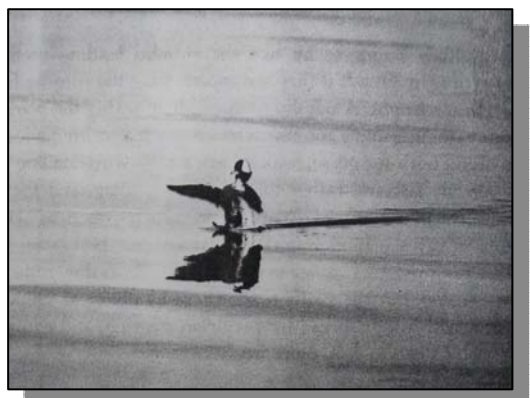


另外一個方面的仿生是我們中國的象形文字，這一個「竹」字大家可以看到它是怎麼形成的，還有樹林的「林」是兩顆樹，還有很多很多。而這個呢我不知道該說還是不說，我帶了個工研院的小獎品，這個是象形文字，看哪位知道第一個是什麼字，第二個是什麼字，我先擺在那邊，你們假如猜到的話就會有一個獎品，這是兩個字，下面呢，所以我很怕上電視，因為我很喜歡開玩笑，也不太嚴肅，這兩個什麼字？這是兩個象形文字，你們如果有猜到的話趕快告訴他們，這假如讓你們等的話，你們都很害羞，不太答話，要等你們答話的話，你們今天午餐沒有時間吃，晚飯也沒有時間吃就跟我一直耗在這裡，所以那樣不行，而且我下午要趕回新竹，明天我就有課。好，那這就是藝術與文化方面，（此時有觀眾回答），沒錯，第二個就是「夾」，很好，這個字是個「夾」，夾了兩個人，那一個，他很兇哦，要是答不出來他的劍就會砍下來，就會砍你一劍唷！所以你要答的很快。



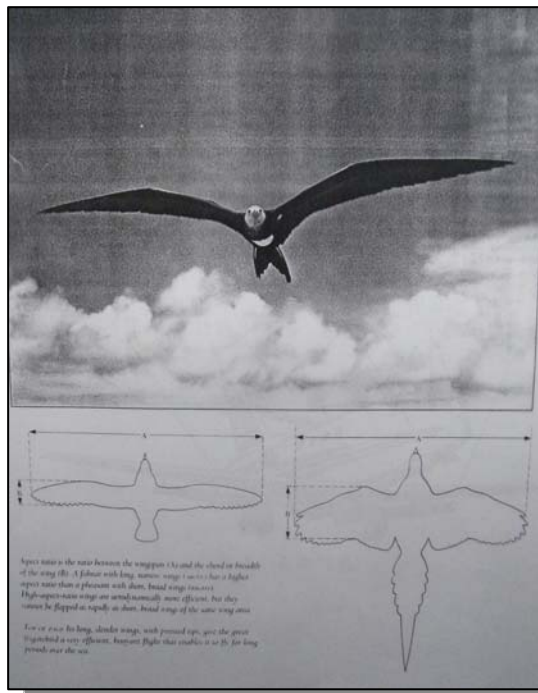
所以現在開始要稍微嚴肅一點了，言歸正傳，那因為我在國外一直都是做航空的，所以總是要把本行請出來，所以看看，這是一隻鳥，不太清楚，你說他是起飛也可以，你說他在降落也可以，問題在於他不管起飛降落，它的翅膀壓的很低，你看我們飛機起飛

降落也是這個樣子，因為這樣子，那個空氣的浮力把它抬起來，降落的時候它上面翹起來，這樣等於把它壓下來，把它浮力減少，像這個跟那個鳥很像，問題是這一張，這一張呢，我不知道你們有多少同學看過經歷過，你看這是一隻鳥，它在幹嘛？因為牛頓告訴我們，有地心引力，就是重量，所以在天上抓不住，你比方說我不知道怎麼上去，你把我拋上去，拋上去後我掉下來，因為地



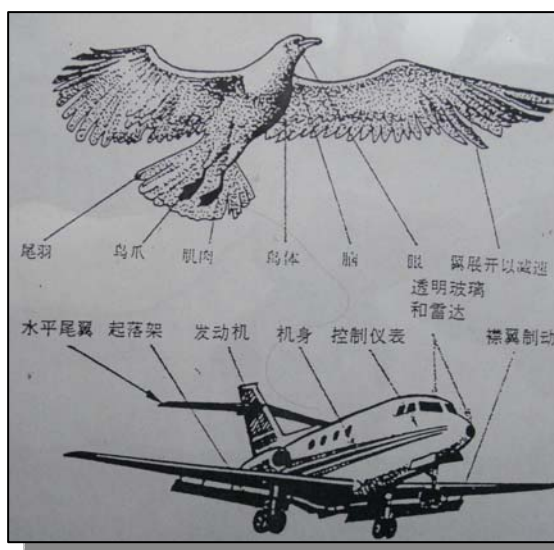
心的吸引力，可是我不掉下來是為什麼，因為空氣浮力，再加上你有一個空氣動力給它，因為牛頓慣性所以上下的速度不一樣快，所以產生一個浮力把它浮起來，所以飛機翅膀下面比較慢，上升浮力可以平衡你的重力，所以不會掉下來，那這個時候，它翅膀成了九十度，浮力幾乎沒有了，它就會掉下來，這個飛鳥要降落的時候就是這樣做，飛機，你們要是坐飛機的話你們可以注意到快降落的時候，你會看見一邊看到天一邊看到地，那就是在減少你的浮力，完全靠重力把他拉下來，可是飛機有沒有飛到這樣子，你要是飛到這樣子，哪家飛機飛到這樣子你下次一定不坐這家航空公司的飛機。這種飛機有，屬於軍機，還有以前我在國外的時候那個雷鳥(Thunderbirds)美國空軍特技小組(United States Air Force, USAF)叫做藍天使機隊(Blue Angel)，他們也這樣飛，甚至還倒過來，可是我們一般人你能這樣做嗎？吃不消，對不對，這個問題是降落的時候這個鳥會這樣做，我們也會這樣做，所以說是我們向鳥學的呢？還是鳥向我們學的呢？假如說是鳥向我們學的話，我們飛機有多少年的歷史？最多算個一百多年歷史，那在這一百多年歷史以前，鳥沒有學到的話，那鳥怎麼辦？一天到晚在天上飛，不降落了，所以很顯然鳥比我們知道的早，那我們掛不下臉的是我們說我們向鳥學，我們人是萬物之靈還要向鳥學？不太好意思，所以第三個答案是「英雄所見略同」，我們誰也沒學誰，這是我們自我安慰。降落的時候，你看這個鳥就很聰明，它降落在水裡面，那個鳥降落在地上的話很痛苦，地面比較硬，弄得腳很痛，它降落在水裡面，讓水吸引能量，結果那個小鳥腳掌像鴨子一樣張起來的，所以是像划水一樣，小鳥就很聰明，不過當然不是每個鳥都這樣做，所以呢，在飛機上面我也可能不太多講，因為我知道下一場蕭飛賓蕭教授他會專注在航空方面的發展。

我給你們看，因為我看到飛鳥在飛的時候翅膀多半要動，假如像是海鷗這種它動到後來會累死掉，在海上面也沒地方停，要停到水裡面的話也很危險，下面



還有東西可能會把它吃掉，所以很多這種鳥呢，我叫它長程鳥，是靠氣流，靠氣流的時候它的翅膀結構就很奇怪，就是說這個翅膀很長，並不怎麼寬，你們看這是不是像滑翔機翅膀，那我想這裡比方說，我比你們年紀都大一點，有誰有看過「U2」這架飛機？韓戰的時候，這個飛的非常高，普通飛機偵測不到它，打不到它，它可以飛很久，我為什麼看到？我在空軍服兵役的時候在屏東，旁邊就是 U2 的基地，那是西方企業公司，美國的一個艦艇公司，他飛機在晚上出去了第二天才回來，飛很久，所以這個就是說這種飛機它翅膀很長，可是呢它不靈巧，我們知道要飛空

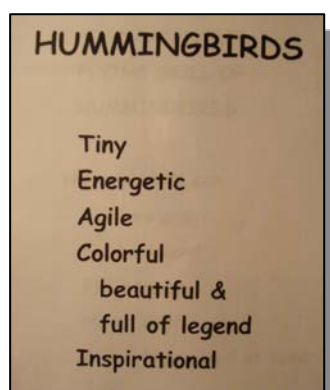
戰就跟狗打架一樣，你要很靈巧，這很靈巧的是哪一種，你看燕子，它翅膀就是像這樣，它翅膀都是寬寬的、短短的，你們要用很好的眼睛才看得見我，因為我在這方面也加入 F16，因為我曾工作的地方 F16 就是我們做的，我是沒牽涉到 F16，翅膀很短、很寬，甚至現在有三角形的，所以我等等給大家看一個，我希我能找得到，這是很小心帶的，這是一架最新的戰機，F22，下一代的戰機，你看他的翅膀，寬寬的、短短的，就是三角形，這種是非常靈巧，這種學習非常靈巧的鳥兒，這一個呢是學非常長程的，比如說你們看看那個蜻蜓，翅膀就是那樣子，所以呢，像這些簡直我們在航空方面對飛行的生物非常尊敬。



甚至於我們看，很抱歉這是從大陸網路上找來的一個圖解，連名字都一樣，這個中文叫鳥的翅膀，英文叫「Bird Wing」，中文飛機翅膀，英文叫「Air Vehicle's Wing」，一模一樣，飛機的頭、鳥的頭，飛機的尾、鳥的尾，可是呢？鳥類眼睛非常靈敏銳利，尤其是老鷹，我們飛機上沒有，我們取代的是雷達跟導航系統，那這隻鳥它吃了東西才會產生能量，我們飛機吃什麼？吃燃料，我們飛機相關的是什麼？是我們的引擎。再下面呢

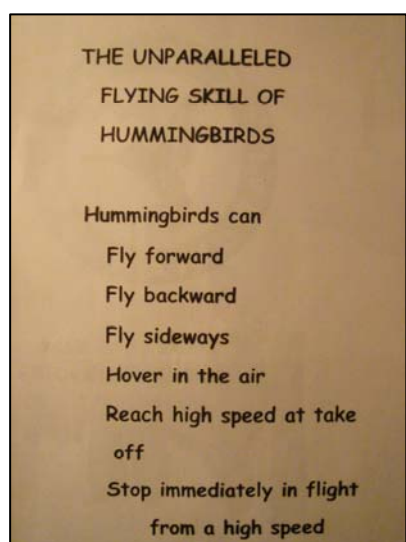
是輪子，這個早期的時候人類最偉大的發明就是輪子(圓圈)，好那生物沒有，這個不正確，現在發現很多微生物都有輪子，那是仿生未來要做的，我們要向微生

物學習，所以呢你看，這個方面在飛行方面是對飛行的昆蟲或鳥類佩服的五體投地，也學了太多。



那這個是另外一個特殊的，這個叫蜂鳥「Hummingbird」，旁邊有一朵花，你看那鳥在那邊飛，那這個有什麼特殊呢？這個鳥是世界上最小的鳥，它的行為跟蜜蜂很像，所以中文翻作「蜂鳥」非常好，常常有人看到，眼睛發花，以為那是一個蜜蜂，或者倒過來，他們說在陽明山看到蜂鳥，其實看到的是蜜蜂，為什麼我可以說是蜜蜂呢？因為這個蜂鳥只生存在北美洲，其他地方看到都叫做眼花，眼睛比我還差，這個鳥是世界上最小的鳥，它是非常活躍的，非常靈敏，它是最漂亮的

的鳥，這個鳥跟孔雀不一樣，它的顏色從不同角度去看、不同時間看，它會改變，哪隻鳥有這種功能？為什麼它有這功能？因為它羽毛的結構，所以造成你不同角度看它反射回來的不一樣，因為我家在德州，這個鳥在冬天從北美洲飛過德州(Texas)跟新墨西哥(New Mexico)，飛過墨西哥灣，到南美洲中美洲去，所以我第一次看到這個鳥覺得很奇怪，這個顏色好像是一個顏色又好像是另一個顏色，我以為我眼睛發花，後來才證明這鳥果然是不一樣，所以這個鳥有人叫「彩虹鳥」。



那這個鳥對我們有什麼重要？我現在不舉別的，就舉飛行方面，這個鳥呢，跟大多數其他鳥都一樣它會往前面飛沒有問題，它還可以往後面飛，它還可以往兩邊飛、側飛，它還可以懸在空中不掉下來，更厲害的是他在一起飛馬上可以飛到最高速度，這是我們飛機辦不到的，還有一個是它可以在飛行很快時突然停下來，這也是我們飛機辦不到的，那這個是它一秒鐘翅膀平均振動五十幾次，我這個手大概一秒鐘擺兩次我就累死掉了，它五十幾次，假如它在最快時可以到三百次，所以普通看起來在空中停

留的時候好像翅膀都沒有動，這就很奇怪，但如果用高速照相機照下來的話就可以看到，這是一隻停在空中的鳥，你看它的翅膀是扭曲的，它靠這個扭曲它能夠控制它停在空中或是朝前飛，或是朝後飛，這是研究出來的它的翅膀的動作，為什麼它可以這樣飛。在美國對這種鳥非常崇敬，所以這給美國在直昇機上非常多的啟示，因為四大直昇機公司的其中之一在成立之前很多的想法就是來自於蜂鳥，所美國國際直

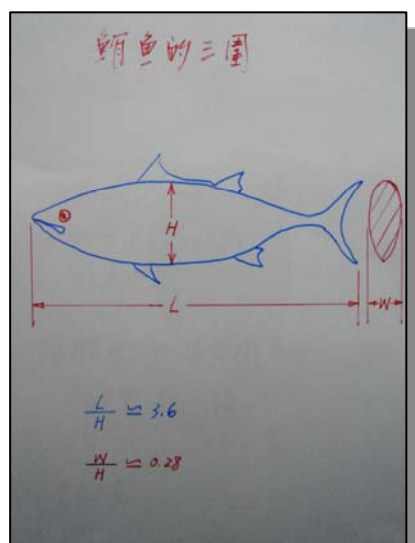


昇機協會(American Helicopter Society International. AHSI)會徽就是一個蜂鳥，那個是他們的會徽商標。所以在飛行方面，對飛行的動物或是飛行的昆蟲，我們非常崇敬，你們可以看看，也許你們下次蕭教授會跟你們提到更多。



那在做飛機的都有一個夢想，就是說我希望有一天在飛機上面的感測系統跟監控系統，我能夠模仿到人類的神經系統；在我們飛機上我們叫做 Smart Room，電腦的功能我能夠模仿一部份人類大腦的功能；在飛機上面控制的系統，這些功能我能夠模仿肌肉骨骼

系統，所以這是我們的目標，這是完全的仿生。這個做到最後，這飛機就好像是另外一個人，這個我們叫「人機合一」，在武俠小說呢是「人劍合一」，所以那寫武俠小說人劍合一的人很早就有遠見，這比我們後來想到的「人機合一」不知道早多少年。

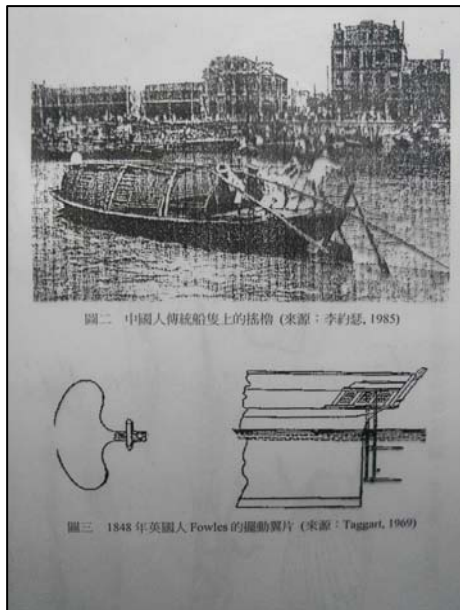


那我們就看看水下面跑的，這種是「快速魚」，我們看來游的比較快的，因為在早期我後來學物理，所以碰到我們這些人什麼東西都要用數字表示，所以我們來看這個魚的三圍，這個魚它中間很肥，這跟我們人不一樣，人的中間比較細，有腰身嘛，所以它不一樣，可是它呈橢圓形，有代表尺寸，這個橢圓形的高度、寬度與長度，這三個是主要的尺寸，從這裡面發現，它的寬度與高度的比較是「0.28」，所謂的快速魚有這個很奇怪的數字，後來作這方面流體力學的人就出來

了，比這個數字大的游的比較慢，比這個數字小也游的比較慢，這是因為阻力的關係，阻力有好幾種，一種是形狀，一種是摩擦，所以在這個數字之上，其中一種阻力變小，可是另一種阻力變大，變大的很快，所以總共是增加，那在這之下就剛好倒過來，一個阻力減少，但減少的很慢，可另外一個增加的很快，這個是最好的數字，所以潛水艇就是模仿這個而造的，因為這是我提出來的，在我以前做的公司是天上飛的、地上跑的、水裡面游的我們全做，所以潛水艇也是我們做的，因此我們大概知道一些。

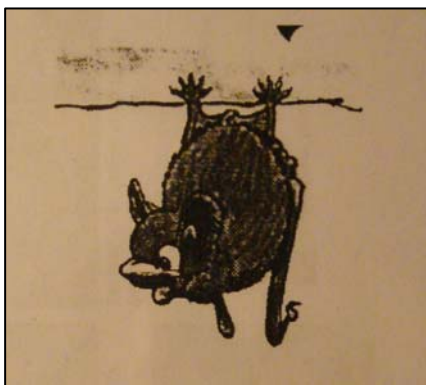
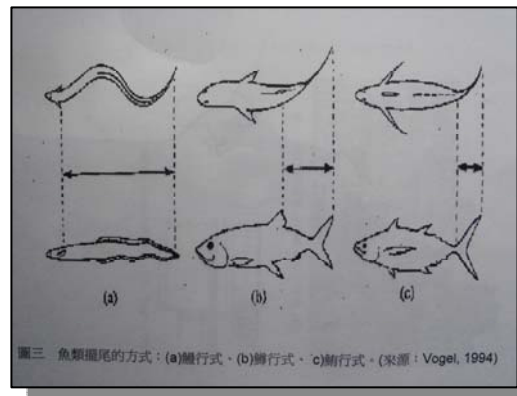
魚兒的泳姿

- 波動狀(如蛇->鱔)
效率高(>85%)
游速低
- 搖擺狀(如搖頭擺尾)
效率低(<65%)
游速高
- 噴射式



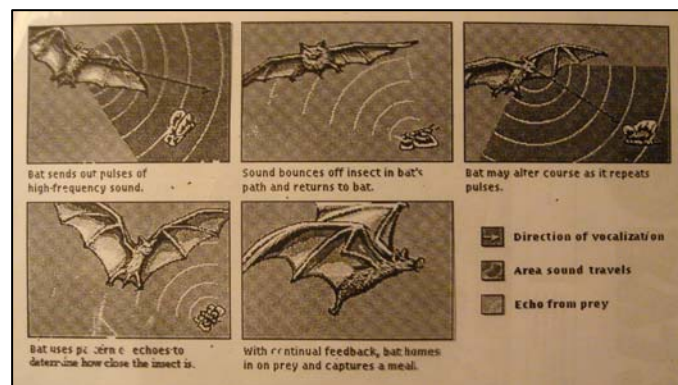
那是一個櫓，一根大木棍左右搖，以前我就想不通為什麼是左右搖，因為我記得划船是這樣划的，槳推水使水產生反作用力才能把船推到前面去，這樣的我倒是想不透它怎麼這樣走，但現在你看看哪一條魚在游的時候是這樣游的？有沒有？都是這樣子的，尾巴是這樣擺不是上下擺，這個是很早我們就從生物裡學來的，用來推進這個船，就是早期的櫓的功能，所以到後來我才接受了，原來這個櫓也是向生物學來的。這是噴射推進，章魚就有這個功能，它可以朝很多方向噴射所以 Helix 飛機(直升機)起飛的時候它可以多方向的垂直飛。

那再看看，後面我記得有一位老師他會和大家討論水裡的仿生，那我們看這個魚，它有幾種方式，一種是波動形，就像是蛇一樣扭來扭去的，後來我們算出來它的效率很高，但是它游的比較慢，那另外一種搖頭擺尾的，這一種效率不是很高，可它游的很快！還有一種是噴射式的，噴射式這就是我們噴射機的來源，我們噴射機的原理是從這裡學來的，所以是幾個大略上的圖，這個像蛇一樣扭來扭去的，那這是搖頭擺尾的，在台灣不容易看到，因為台灣的河流都不大，在大陸上可以看到，這個船在推行的時候，它靠

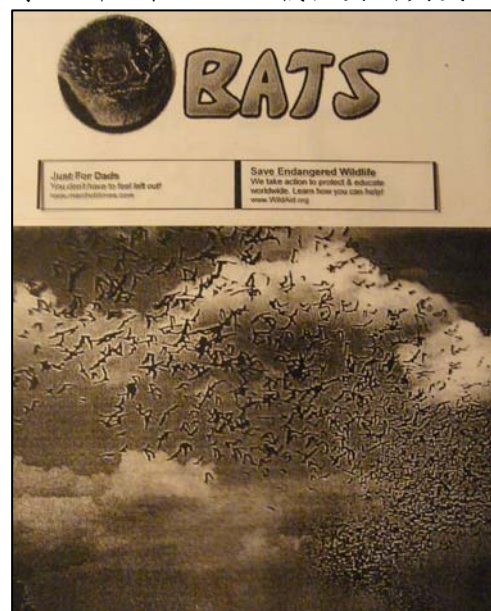


這一個我想大家可以看的出來，因為它倒掛在那裡，這是一個蝙蝠，可是這樣子畫的很可愛平常沒這麼可愛，因為這是一個五歲的小男孩畫的，因為在美國小孩子都喜歡抱著 Teddy bear 睡覺，所以他大概是被 Teddy bear 泰迪熊洗腦洗太多，畫出來的蝙蝠就像 Teddy bear，一隻熊的樣子，畫得很漂亮，那這個對我們有什麼興趣？這個是在生物的哺乳類動裡唯一真正能夠飛的，假如你說像是 Flying Fox 之類的飛，那種叫滑翔，從比較高的高度滑向比較低的高度，真正像鳥一樣飛的，只有這個——蝙蝠，所以國外說：「only one mammal can fly.」，唯一哺乳類能夠飛的，那這個有什麼特別？主要在於它怎麼導航的，因為他夜間眼睛不是很那麼靈敏，有的假使把它眼睛弄瞎，它當然還是飛的很好，但是把它耳朵包起來，它

就飛的不好，所以是聲音，那聲音從哪裡來？哈佛大學有個教授 Donald R. Griffin，他說他發射了頻率我們也沒有聽到過，因為這頻率在我們耳朵之上，是超音波，他就發一個聲音，像這裡，這裡有個圖，比如說這個蝙蝠飛出去，它發了音波，當測到回音的時候，它就可以判斷對方是不是一個需要躲避的，像門或牆那是要躲避的，或者判斷是不是可以吃的東西，它很厲害，一碰到就馬上可以判斷，頭馬上朝那個方向飛，聲波朝那個方向發，而且發出不同的波長，完全的來判斷，到最後就把那個蟲給抓到了。



所以這個原理跟我們雷達是一樣的，只是我們雷達發的是電磁波，它發的是聲波。這個是夜間照的照片，這是蝙蝠的軌跡，從這裡飛到這裡，而這是一個昆蟲的軌跡，你看這昆蟲飛的很奇怪，直到這裡它被抓到了，這種攔截技術遠比我們的飛行高明太多，我們做不到，在空間裡很強調攔截技術，像現在飛彈要打另一顆飛彈也要攔截，得好好的向蝙蝠學，它是怎麼做到的？那有人計算了一下，把蝙蝠很多的功能算在一起計算他的效率，如果他代表的是一，那我們雷達的定位在哪裡？十的負二十幾次方，差得太遠了，所以才會說我們的雷達得好好的向蝙蝠學，所以在二次大戰裡英國與美國便支持好的大學研究這方面，所以這方面很多，而這只是一個，另外一個呢？就是坐飛機時大家都知道，起飛時會告訴你不要玩電動玩具，也不能打行動電話，也不能玩電腦，這主要是擔心在這當中產生電磁波干擾我們的導航系統，可是蝙蝠怎麼說？它們一大群，每一隻蝙蝠都要發音波來判斷飛行的路線，它的干擾在哪裡？它沒有干擾，為什麼它沒有干擾？所以你看這遠比我們的飛行技術高明太多倍了，那我們現在猜測，照我們的了解可能是說就像三個人在講話，大家聽不清楚，也許一個人講的比較快一點，或另一個人講得晚一點，這就是說在時間上有所調整，在頻率上也有所調整，而這是我們的猜測，可是這個蝙蝠太多了，你怎麼樣來判斷，這些蝙蝠到底誰先有發言權？到現在還是不了解，還沒有研究出來，所以這當中有太多需要學了。



多，而這只是一個，另外一個呢？就是坐飛機時大家都知道，起飛時會告訴你不要玩電動玩具，也不能打行動電話，也不能玩電腦，這主要是擔心在這當中產生電磁波干擾我們的導航系統，可是蝙蝠怎麼說？它們一大群，每一隻蝙蝠都要發音波來判斷飛行的路線，它的干擾在哪裡？它沒有干擾，為什麼它沒有干擾？所以你看這遠比我們的飛行技術高明太多倍了，那我們現在猜測，照我們的了解可能是說就像三個人在講話，大家聽不清楚，也許一個人講的比較快一點，或另一個人講得晚一點，這就是說在時間上有所調整，在頻率上也有所調整，而這是我們的猜測，可是這個蝙蝠太多了，你怎麼樣來判斷，這些蝙蝠到底誰先有發言權？到現在還是不了解，還沒有研究出來，所以這當中有太多需要學了。

而這是我們的猜測，可是這個蝙蝠太多了，你怎麼樣來判斷，這些蝙蝠到底誰先有發言權？到現在還是不了解，還沒有研究出來，所以這當中有太多需要學了。

假如蝙蝠它晚上吃很多昆蟲，它把這些昆蟲吃完的話要怎麼辦？吃完了以後他沒有東西可以吃了，這影響了他的生存，其次也影響了昆蟲的生存，那昆蟲要怎麼生存？大自然裡我們發現，有些昆蟲它能夠偵測到蝙蝠的信號，這是一種飛蛾，它的翅膀兩邊有兩個耳朵，這表示一種圖案，假如蝙蝠發的信號是這樣子的，它偵測到的信號假如左右一樣的話，它就知道蝙蝠在它後面，於是當它在飛行時翅膀就放下來，當它發現信號比較弱的话，它就知道蝙蝠在它上面，若兩邊不一樣，一邊弱一邊強，它就知道蝙蝠在左邊右邊，所以三度空間它能夠判斷這蝙蝠是在後面、上面、下面、或左邊右邊，前面的話偵測到就沒有用了，馬上就會被吃掉了，所以它馬上就做一個飛行，讓蝙蝠抓不到，它不但如此，它還可以送個反信號來干擾蝙蝠的信號。這在美國除了哈佛大學之外另外一個學校也在做這種，這個我們稱作對抗技術—countermeasure，所以剛剛給大家看那個蝙蝠攔截的很好，現在這個是「Smart」的，很聰明的昆蟲，這裡依然還是蝙蝠的飛行軌跡，可這個昆蟲飛到這裡，它以為它可以攔截到，可你看這昆蟲突然一轉，跑掉了，所以這個就是中國講的「一物剋一物」，要不然的話它這根本沒辦法生存，很多的生物有這種功能。

其實蝙蝠的天敵有一個是貓頭鷹，貓頭鷹能偵測到蝙蝠的信號，它不發聲但它可以偵測到它的信號，蝙蝠要發一個聲音出去收回音，這叫做主動式的，另外一種是被動式的，它不發聲，它只收別人的信號，貓頭鷹就是這種，且貓頭鷹它聽聲音很靈敏，比如說一隻老鼠它聽到馬上飛下來，飛下來時它的羽毛能夠減音，飛下時沒有聲音，但是老鼠一聽到聲音馬上就跑掉了，這是另一個很厲害的技巧，這方面研究最好的是加州理工學院的一位日本教授。在西方文化裡蝙蝠都是邪惡的，很多誤解為蝙蝠很髒、能飛到人的頭髮裡面去，尤其是女孩子，那假如蝙蝠飛到你的頭髮裡去了那代表那蝙蝠的回音系統要好好的修理了，它已經失效了，所謂的西方就跟中國一樣，它也有保護蝙蝠的組織，它的徽章是五隻紅顏



色的蝙蝠，外面有五個字，叫做「五福臨門」，當初我數了一下，「福」、「祿」、「壽」、「喜」，第五福到哪去了？數不出來，我記得我在台灣講這方面大概從一九九二年開始環島講，我也不知道五福是什麼東西，當時我問五福是什麼，沒有一個答案，後來我們有一個同事年輕人，他找出來在尚書洪範篇裡面講了這五福，所以現在網站上面都有，你們有興趣的話可以上網查查看五福是哪五福，這是英文，因為中文不太容易翻譯，翻譯後再組合成中文很困難，這裡我有五福的白話文。

在蝙蝠當中除了飛行以外，你們看蝙蝠的翅膀，沒有羽毛，在飛行裡鳥類的羽毛非常重要，每一根羽毛都有功能，但是蝙蝠沒有，現在的問題在於，它沒有羽毛有什麼好處？這是我同學的一個答案，你們可以想一下會有什麼好處，那麼這是一種蝙蝠，叫做「吸血鬼蝙蝠」(Vampire Bat)，專門攻擊在睡眠裡的受害動物，吸取血液，所以聽起來很不好，可是它很厲害，它在攻擊睡眠中的動物時，它的牙齒會先把動身上的毛剃掉，咬起來比較方便，咬了之後它的牙像刀片一樣很快的切入，但是切了會痛，它馬上會注入麻醉劑，讓動物不感覺痛，所以不會

Interesting Chemicals
and
Potential Medical Application

Chemical in saliva can numb the
animal's skin

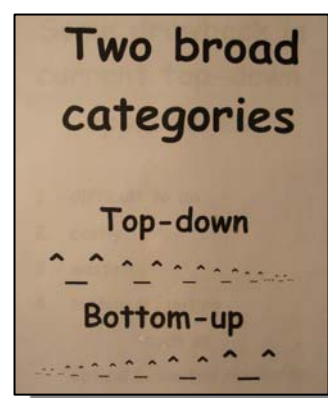
Chemical in saliva can keep blood
from clotting

- Good anesthetic potential?
- May prevent heart attacks and strokes

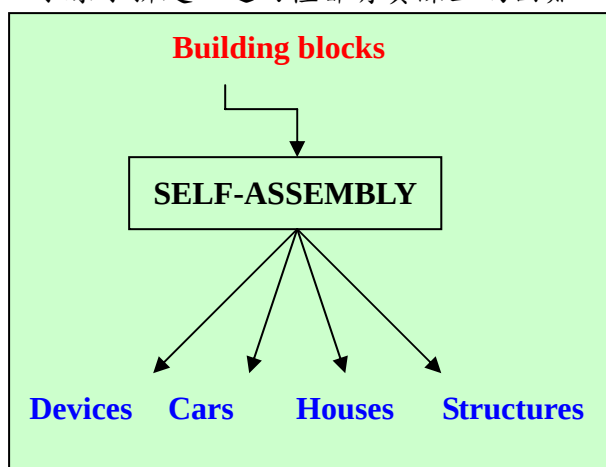
吵醒；另外就是會放出防止血液凝固的酵素，所以血液不會凝固，會一直流出，它只要舔就可以了。這兩者在醫學上相當重要，防止血液凝固劑，這與人的心臟病有關，在防止血液凝固的部份，就我們所知道蝙蝠是最強的一種，所以現在有一種藥，以蝙蝠的唾液加以模仿或是直接做出來，名字就是「吸血鬼」，但這是一個藥，所以蝙蝠有很多地方值得我們在醫藥的部份發揮，不過我們做航空的對於這方面並沒有太注意。

那麼另一個大家很不喜歡，我也不喜歡的「蚊子」，蚊子在吸血的時候我們通常不知道，等它吸完血之後，它就留著「商標」到此一遊，所以你會感覺癢，那時已經太晚了，但我很敏感，蚊子一叮我馬上就知道，我就一掌打下去，但通常是打到我自己的手，蚊子並沒有打到，所以蚊子很厲害。那他哪裡厲害，它的口器裡面有好幾層，這口器經過偵測，很快的可以判斷你的微血管在哪裡，這一沾下去的時候就不會浪費工夫，而且它剛開始沾著吸血的時候也會注射麻醉劑，所以在剛開始叮的時候沒有感覺，也會注射防止血液凝固劑，所以它在吸血的時候很容易，這個與剛剛說的蝙蝠很雷同，在醫學上相當重要，還有我們在飛行也模仿蚊子為什麼會這麼敏感，為何不容易打到？而且蚊子在很遠的時候就可以判斷它要叮誰，所以它的感測器非常靈敏，那據說日本在奈米技術上就是因為模仿這個，發明了一個不痛的針頭，我不知道他們怎麼做的，蚊子在叮你的時候你還不會感覺痛，只是它叮完之後留個記號證明它到此一遊，那時候你就會感覺癢癢的，而且會腫起來。

那接下來我們跳到另一個範圍，奈米技術，因為我有開奈米的課程，所以就講一講，奈米技術首先我們要把東西做出來，有一種是屬於「Top-down」，就是由大做到小，這看起來似乎很自然，所以我這從大的做到小的，做到後來看不見了，因為到了一百個奈米或幾個奈米時是肉眼看不見的，要用電子顯微鏡來



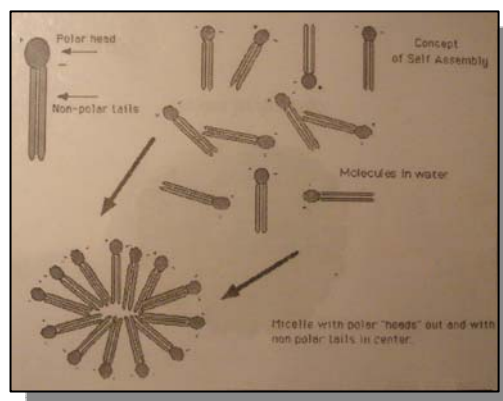
看，所以你們看不到，我畫裡有沒有畫你們也不知道，所以我常跟同學開玩笑：「我忘記畫在哪裡了，你幫我找出來」，他要是找的出來我就會說：「你這眼睛有特異功能。」；下面這個是「Bottom-up」，從小的做到大的，這多半是從分子原子排起。這兩種都有實際上的困難，不但實際上有困難，理論上也有困難，



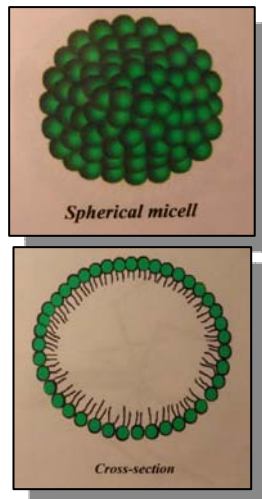
因為我在 MIT 和他們討論的時候，回來看現在的技術都是很難做，而且可能做不到，那麼這裡我很快跳過去，那麼要怎麼辦呢？現在很多都在做了，各有些進展，但還不是做的很好，那有一個說法是說，我是不是有這麼一個可能，比如說我現在造房子，我去買材料，造房子要很多磚頭，我是不是能告訴磚頭：「給我造一個房子」然後它就

自己造了？那麼我既不需要「Top-down」也不需要「Bottom-up」，甚至於我可以在家裡面睡覺，隔天就跟樹一樣長了個房子出來。

所以這裡面就是說有基本的單位，不管是磚頭或是原子分子都好，經過一種好像魔術的方式，我說我要房子它就給我一個房子，我要汽車它就給我汽車，所以這好像有點空想，但其實當你在國外要把大型建築除去的時候，是用炸藥將它炸掉，那「Twin Towers」被飛機撞了之後它是怎麼垮下來的？在那次案件之後發展一大堆的磚塊石頭，你如果把電影倒過來撥放看看，一大堆的磚頭石頭讓一間房子長出來了，這就是「self-assembly」自我組合，這個有時候聽起來簡直好像比封神榜還要不可思議。

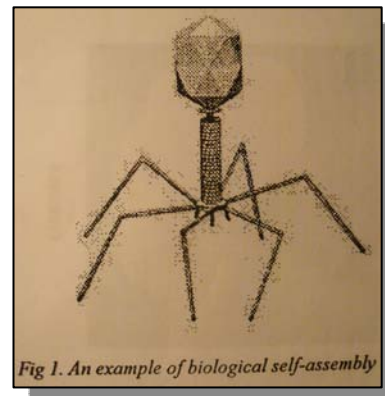


可是假如說這裡有一群人，頭部很喜歡水，腳很怕水，把你們往水裡面一丟，看看你們會幹什麼；你們馬上會組成一個球而頭在外面，剖開來看是什麼樣的情況，剖開一看後發現頭都在外面，腳都在裡面，這樣的話是皆大歡度，腳不會看到水，頭看得到水，這是不是很自然？而且這個現象我們可以在物理學上解釋，這是最穩定的狀態，就跟一個球放在杯子裡一樣，它一定會滾到最下面，這個我們可以在物理學、熱力學裡解釋，而這還有一個很奇妙的，假如說我把任何一個的腳放到外面去，你看他會幹什麼？他會馬上恢復，因為他的腳不喜歡水，腳一看到水就會恢復到原狀，這個是很重要的技術，這個我們叫做「self-repair」自我修復；就如同假如皮膚上受了傷，如果沒有細菌感染的話，傷口就會恢復；假如是木頭做成的，我在上面劃了一刀，你看看



那一刀會不會存在，它一定會存在，但如果我在樹上劃一刀會怎樣？它癒合了。為什麼呢？我們會說樹有生命，這個我不是學生物的，當然這在生物學裡有很多的解釋。那我可以不以要求木頭做成的東西也有這樣的功能？我劃了一刀，它會不見，這個聽起來似乎太幻想了，不過我們做飛機的就希望有這樣的功能，當我飛機上打出一個洞，那個洞會自己長回去，有這種可能嗎？這個就有可能，這就是將沒有生命的東西做的像它有生命一樣，所以這是一個想法，那這個想法可不可以做到？那現在我們講假如有兩排排的很好，頭朝外，腳朝內，可是這當中有四個人不高興，他們的腳還會看到水，還是不穩定，覺得不舒服，結果

它馬上會合起來，組成這麼一個東西，腳都在裡面，可是裡面這一層呢？頭朝內，腳朝外，這也是皆大歡喜，這個我們在物理中可以解釋，這在現在在藥物輸送上有很多功能，我們把藥物放在裡面；比如說對酸性很有反應，很多人吃阿斯匹靈，會發現阿斯匹靈對酸性很敏感，所以它在通過胃的時候擠的很緊，讓裡面的藥出不來，過了以後到大腸，這就鬆懈了，於是藥就出來了。這個叫做「control-release」控制釋放，這個在醫學上起了非常重要的一點，那這個我們做了，在生物上有沒有？生物上到處都是，可能你們很多學生物的會告訴我，細胞膜的組成就是這麼組成的，這是三度空間的，所以呢，我們發現要做東西得要向生物界學習，它早就存在了。



問題是我們現在不清楚它的機制，那這是一個病毒，這是一個最明顯的例子，這叫「T4 病毒」，它的組合就是這樣子，它專門長到細菌(bacteria)裡面去，它就取代了細菌的新陳代謝，就生出頭部、頸部還有腳，有人說這是一個蜘蛛，細看跟蜘蛛有點不一樣，少了兩條腿，蜘蛛有八條腿，這是在研究蜘蛛絲的時候才發現的，以前我不知道蜘蛛到底有幾條腿，這是生物上最典型的生物體，我們叫「self-assembly」自組合，它根本也沒有生殖或自主性；另外一個更有趣的自組合就是你跟我，這



個是胚胎，這個細胞為什麼會長成你一個鼻子，我也一個鼻子，大家也都只有兩個眼睛跟兩個耳朵，這個細胞怎麼會知道要這樣長？現在組織工程裡面在你們看到的老鼠身上長耳朵，為什麼在老鼠身上會長耳朵形狀？那是因為在老鼠身上做了個支架，我們叫做「skeleton」的很多支架，讓你的細胞自上面長，長滿之後就是個耳朵形狀，這很多花草都是這樣做的，花草可以剪成很多象形的複雜形狀，有一種是裡面做

了支架，外面則在爬，那種可以做到，那麼胎兒的支架在哪裡？沒有，它為什麼會這樣長成？像前面的那一些我們可以解答，那是平衡狀態，這個我們沒辦法解釋的，所以我們就說這可能有個密碼在裡面，這叫「Coded self-assembly」，現在就希望找這個密碼。所以第一類呢，我們叫「Thermodynamic self-assembly」那種是很穩定跟很有規則的結構，那這個呢也是很有規則的結構，但我們不知道它到底是什麼東西，我們它有個 code 在裡面，所以叫「Coded self-assembly」，這是基因解碼之後第二步要做的，因為解了碼之後要做什麼？跟人體內差太遠了，你要知道的是這個基因怎麼組合的，比方說它怎麼組成一個細胞？細胞怎麼組成各種器官？就像一架飛機一樣，我知道很多零件，假如這飛機沒有藍圖的話，這架飛機你不知道要怎麼做，不知道怎麼湊合起來，而且這架飛機要能飛。

兩種類型的自我組合

- 熱力學型
(Thermodynamic Self-Assembly)
- 編碼型
(Coded Self-Assembly)

類似於此，飛機比人體要來的容易知道，而這就是我在開的系統生物學上，在講這些東西，所以這是一個非常有挑戰性的，那現在國外在研究奈米製造裡，



自我組合是最重要的題目，大家還是拼命的在找但找不出來，那我就稍微擴充了一點，我說這個也是自我組合——「雁飛」，它怎麼組成隊？裡頭有沒有領隊？我們現在知道燕子有領隊，而且你在看這些鳥在飛的時候有些突然這樣轉，並沒有撞擊，人做不做的到？做不到，飛機更不要談，它怎麼做到的，這個是很有名的題目，還有和魚在游也很像，一群突然轉來轉去，這出現很多我們猜測的原因。這些我把它們擴充為「self-assembly」，這是生物學不認同的，那因為我跟哈佛大學一位教授我們兩個都認為這是「self-assembly」，所以我們是不學生物的，說這是「self-assembly」也沒什麼不好，我們可以解釋很多現象，所以也沒有什麼話說。

自我組合是最重要的題目，大家還是拼命的在找但找不出來，那我就稍微擴充了一點，我說這個也是自我組合——「雁飛」，它怎麼組成隊？裡頭有沒有領隊？我們現在知道燕子有領隊，而且你在看這些鳥在飛的時候有些突然這樣轉，並沒有撞擊，人做不做的到？做不到，飛機更不要談，它怎麼



剩下五分鐘，我舉一個很快的例子，你們說這個像什麼？像一顆樹，這是一個化學高分子的結構，非常漂亮，高分子它的結構通常是「Random」，很不容易解釋，用數學描述幾乎不可能，可是這個用數學描述沒有問題，所以我們學數學的看到這個高興的要命，它有對稱性，這是當初一個做高分子的人，他家裡頭有

很多樹，他就在想：「這高分子這麼複雜，假如可以做出形狀一樣不是很好嗎？」為什麼？因為樹有很多枝節，可以抓很多感應器，就像我們中國講的「千手觀音」一樣，而且這個樹裡面是中空的，所以可以攜帶藥物，所以他發明這個名詞叫做「Dendrimer」，「Dendr」在希臘文裡叫做「樹」，所以他從樹裡得到啟示，作出這種東西，不但他做出了這個東西，他在做的過程就是像是一顆樹在長一樣，比如說這下面是它的開始，它幾個原子是這樣排列，由外這變得很複雜，而且可以調整控制，這個外形尺寸在一個奈米之下，所以這是在奈米範圍裡面，所以它外面有很多枝節可以抓很多，裡面是空心的可以輸送藥物，它還有一個很奇妙的功能，它可以吸收不同波長的光能進行整合，以一個波長放出去加強，所以我們稱這是一個「Light Harvesting」，好像採收光線一樣，更厲害的是它可以將光能變成化學能，這個你們想想像是什麼？就像植物的光合作用，這是一個沒有生命的系統，但幾乎有光合作用的功能，所以這是我們把非生命的東西，做得像它有生命一樣，這原來的 idea 是從生物來的、從樹來的、過程也像樹在長，功能也跟樹很像。

現在這在國外是用於藥物輸送，甚至也有人在這樣作，現在大家比較擔心恐怖戰，不知道會放什麼化學藥品，利用這抓了很多的感測器，你放了什麼東西我都會知道，甚至帶了很多對抗你的藥品馬上把你消滅掉，這是美國在發展得技術，這我們稱為智慧型技術，所以這在奈米的方面裡，在我稱來這是 Nanotech 技術裡一個最好的基本「building block」之一，另外也有些人講「carbon nanotube」奈米碳管，不過我覺得 carbon nanotube 它有些性質我們並不太需要，殺雞焉用牛刀，而且這個在醫學上非常重要，這個在國外醫學上叫做「Smart bomb」，就是它帶著藥品進到你的細胞裡面去，因為到了一個地步細胞會把它抓進去，不需要自己進去，它帶著 DNA、RNA 會幫你的細胞做偵測，判斷你的細胞有沒有問題，假如有問題它會幫你作治療，要是治療覺得沒有希望它就把這個細胞殺掉，所以它的名字叫「Smart bomb」智慧型炸彈，把它消滅掉，所以這對治療「Cancer」癌症非常有幫助，這是美國太空總署(NASA)的研究，因為在太空技術裡作了很多放射性研究，得到癌症的機會很大，因此研究這方面的技術，所以這一個例子你可以看到它從各方面都是從生物學來的。

最後給你們看一點我剛剛沒講到的，比方說醫藥方面「Hummingbird」能夠判斷花的病、花的香味、花的顏色、花的形狀也看的出來，我們現在不確定它是怎麼判斷的，最後我給你們看這個，不曉得有多少人看過這個，回去你可以練習一下，這是模仿老虎出現的時候，四平八穩很威風，這叫「虎戲」；跟老虎不一樣，這個鹿在出來的時候就要很謹慎，隨時可能被抓到或吃掉，它最擔心的是後面，因為後面看不到，所以我有時候希望後面有隻眼睛，後面在幹什麼都可以看到，但是沒有，所以一定要回頭去看，這個能鍛鍊你的頸部，這叫「鹿戲」；還有一個，我也很有興趣做的事——「打滾」，這個叫「熊戲」，像熊一樣，你看熊在

地上或在冰上滑一跤打滾了，但他沒有受傷，這叫熊戲；還有這個像猴子，它踩到水果，非常高興，這在訓練你的腳，這個叫「猿戲」。如果忘記的話，這個就是漢朝華陀所創造的「五禽戲」，傳說他有一個徒弟這個練的很好，所以後來很長命，活了一百多歲還是多少我也搞不清楚，所以說這個很早在這方面就有仿生了。那武裡面像我自己會太極拳，太極拳裡有兩個招式很清楚，一個是「白鶴亮翅」，一個是「金雞獨立」，那是模仿鳥類的平衡，所以很早，那時候沒有人講仿生學，也沒有注意到，可是現在仿生學越來越系統化，就逐漸組織起來，而這也是時代的關係。

那我想我今天的時間到了，就暫時到這裡為止作一個結束，這裡面可能大家的問題很多，那現在就進入問答時間，看看大家有什麼問題可以提出來，你們提出來的我不見得知道，你們可以問，而我也可以拒絕答覆，這是開玩笑的，那謝謝大家。



問：想請教陳教授是否可以跟大家談談，關於智慧系統如何控制之前提到所要完成的東西？那麼目前的發展又是如何？

答：我也不知道這答覆合不合適，也許我該這樣講，智慧系統的話我想中文以往叫做「鬥智」，就是你想做的怎麼樣，我要做的比你更好，比如像雷達就是這樣，但昆蟲卻可以讓蝙蝠失去功能，這就是有人製造對抗技術，做雷達的人不會這麼笨，因為一被你反彈失效那他就沒飯吃了，所以他一定要做的比你更厲害，讓你的對抗技術失效，所以從中我們發展出所謂的「智慧系統」，就是要憑大家的聰明才智，這個是在八零年之前冷戰的時候，美蘇競爭的非常激烈，所以這是我們後來所發展出的智慧系統，這就是我們希望什麼都做的非常巧妙。



然而這些我們回頭一看，大自然早就有了，這裡跟大家舉個例子，就像防彈衣，因為我早期也牽涉到一點，那個是我們要把裡頭的分子結構排列的很整齊，這裡稍微提一下，我們有一點很重要的是「Complex Systems」複雜系統，這也是中國的早期哲學「分久必合，合久必分」，本來沒有次序的到後來變得很有次序，self-assembly 也是其中一個，本來沒次序後來有次序，他可能後來又變回去，所以這方面轉換的很多；回到防彈衣上，這方面我們若要

讓組織達成很良好的情況，我們必須要在高溫高壓的情況下製造，但後來發現蜘蛛的絲在相同體積或相同的重量下，它遠比我們的還要強，但蜘蛛有沒有高溫高壓？沒有，那它怎麼做到的？這一點我曾帶同學寫了一篇科普文章稍微檢討一下，那已經好多年了，在那當中提到考慮了很多方式，例如現在的分析技術非常先進，已經可以分析出蜘蛛絲的基因裡頭哪些特別具有功效，那麼我們來做合成，有人在做，但沒有蜘蛛做的好；另外有個公司用生物科技在做，它用細菌做，也沒有蜘蛛做得好，而且很麻煩；做的最好的一個，是把蜘蛛絲的基因放在羊的身上，從羊奶裡面抽，大家可想這個太好了，這做的最成功的是加拿大的一家公司，全世界都在等它，結果它一公斤只能提供你幾個克(gram)，供給這幾克能幹什麼？牙齒縫都塞不進去，這個我很清楚，因為我在幫工研院時有看到在進行這個，我還要到國外去看他們養蜘蛛，因為蜘蛛是互相殘殺的，要分開來養。所以蜘蛛這麼一個小東西，它做的比我們精巧太多，它是低污染、低能量消耗，所以在大自然中有很多我們需要學習的。

不過我不知道大家有沒有想過，我們未來仿生的大目標在那裡？答案是向微生物學習，尤其跟奈米技術結合在一起，因為我對奈米醫學非常有興趣，你們可以看到有很多幻想的情節，不是有一個很有名的電影是在說把醫生縮到很小的血管裡去循環，但問題來了，你要怎麼控制？你要如何做到？在裡面的能源該如何？以現在的能源無法做到，沒有希望，要新的Idea。可是微生物是怎麼做的？不說別的，精蟲是怎麼跑的？它的能源從哪裡來？現在我們知道有很多生物會發光，像是螢火蟲的「ATP」，三種化學元素，那個是我們能源上另外一個方向，當然現在也有人注意到太陽能，那可以模仿很多植物的功能，像光合作用就是其中一個，因此這些很有值得發展的地方。那這微生物的部份，在清大有次我跟另一位教授，我們叫這個做「奈米生物科技」，將奈米和生物科技結合在一起，剛好那位教授是專門研究微生物—病毒，我對那個是外行，那我從奈米的眼光來看，所以這方面是我們未來仿生的另一個大方向。談到這個就講到人類所發展的輪

子，早期用石頭刻出圓形的輪子，在微生物上早就有了，像很多海藻它們的營養如何鑽進去，這個在Discovery上已經有，這是我在上課用的教材，所以在生物界裡面有很多很多，我們還只是牽扯到一點點。牽涉的部份是我們觀測到的，早期我聽說在大陸地震之前，感覺很多生物有奇怪的現象，那是不是它們有什麼預感？而它偵測到比如像溫度變化、或是振動、或是什麼信號，它比我們靈敏，我們還沒偵測到它就已經偵測到了，這我記得很清楚，九一一大地震之後看到很多照片，照到一片土上很多蚯蚓爬出在地上，這有沒有關係？這些我們現在都不知道。

在仿生裡我有個同事開玩笑，一個做的最好的是要跟生物能夠community、能夠交往，我們剛剛說蝙蝠能夠避免干擾是因為我們在實驗上它有區別，實際真正上有什麼區別？說不定問那蝙蝠的話，它會說：「對對對，他胡說八道。」這是在我們的猜測，因為我們沒有去了解，推測可能它不只那種方式，但我們不知道，要知道的話裡面有個很重要的就是要能和它「community」，它告不告訴你就知道了，所以這裡頭有很多很值得去做的，不過這個要很多領域結合，而且要很仔細的觀察並追根究底，找出它為什麼可以這樣子？因為這裡頭很多對生物學家來說是雕蟲小技，他們沒有注意到沒去關心，因為他們都專注在「monica bology」裡，那對我來說是必須知道的知識，但不夠充分，大家在數學上都知道我們要有「必須」條件還有「充份」條件，這兩個都需要，假如差一就就做不出來。比如說飛機，我對零件很清楚，但你能做一架飛機嗎？要靠運氣，要能飛的話，更是另外一回事，這是很好的例子。

問：想請教一下陳教授，當涉及到一些科技佈建，即「Technology deployment」，需要哪一些技術？生物學上是否有哪一些生物現象或生物體可以在Technology deployment這方面應用。



答：我對「deployment」的解釋可能跟你不太一樣，我們在非常美的一個「deployment」技術上，假如我現在要放一個太空天線，它像一把傘一樣，我如果把天線像傘一樣撐開帶上去的話，那這會很麻煩，所以我們就把傘收起來，這跟傘的功能很像，它們其實原理一樣，這個也是deployment，我想這可能跟你講的不太一樣，這我想有點抱歉。而這個傘到了軌道上我們要把它撐開，這是很重要的技術，這技術是從哪裡學來的？是從昆蟲學來的，蝴蝶的

蛹。原本這個蛹縮的很小，而到後來展開來，很多的植物也是從一個苞然後展開來，這個我們在「Space」（太空）上面叫做「deployment」，我想我可能沒有答覆到你的問題，因為我對那個不是很清楚，因為我做的是比較技術性的，也許我想你會有很好的答案，但這是我們對「deployment」的另一種解釋，很多人大概沒有注意到，這是早期在太空方面並不是很明顯的一個仿生實例。

演講活動總結：國家科學委員會 科學教育發展處 林陳湧 處長



陳教授、教務長以及李教授，今天非常有這個機會回到高雄，那天李教授問我早上能不能到高雄，我回答其實高雄是我第二個故鄉，我小學畢業之後就到高雄來，那時候唸的是道明中學，我的同學大部份都是在高雄跟屏東地區，後來我一直常來這裡，還記得當時在高雄要去旗津得坐渡輪，那個時候渡輪好像要幾毛錢，大家大概很難了解那幾毛錢，現在幾毛錢掉在地上也不會有人去撿它，不過那時候幾毛錢可以從中山大學西子灣那裡到旗津，那時候的旗津和現在完全不一樣，所以我其實是滿喜歡回到高雄的，看看這幾年的變化，以前看到愛河真的是很臭，但現在真的是變得很漂亮，還有旗津等等各方面都發展的非常好。

我們這個活動已經辦了好幾年了，從最早的一年六場，到現在一年十二場，我非的感謝李旺龍李教授，且看到這麼多的同學真的是非常高興，星期天竟然沒有在家裡打電動，我兒子現在說不定就在家裡打電動；除此之外還有其他一些已經在社會上工作的人，大家都願意來聽這樣的一個演講，支持這樣的活動，所以覺得非常的感激，並感謝高雄這裡的工作同仁，謝謝。