

# 地震研究的現況及前景——

## 專訪國立中央大學地球科學學院蔡義本院長

採訪及文字整理：中央大學物理系 陸駿逸，溫偉源

### 蔡義本院長簡介：

1962 國立臺灣大學 電機工程系 學士  
1965 國立中央大學 地球物理研究所 碩士  
1965 至 1969 麻省理工學院 地球科學研究所 博士  
1969 至 1971 麻省理工學院 地球科學研究所 研究員  
1973 至 1985 中央研究院 地球科學研究所 所長  
1986 至 1995 美國太平洋煤電公司 地震安全部 研究員  
1995 至今 國立中央大學 地球物理研究所 教授

謝謝蔡院長接受我們的訪問，希望不會佔用您太多時間。

**問：**請您先介紹一下目前台灣對地震的研究與預測的工作進行的狀況，以及規劃。

**蔡院長：**目前台灣對地震的觀測及研究，主要是在對地震現象的瞭解。因為目前對地震的現象瞭解還不夠，還談不上能做預測。但是基於對地震現象的瞭解，也能對地震的防災工作有一些貢獻。

從 1972 起，國科會成立地震專案小組。推動台灣近代化的地震觀測工作。主要的工作是在

台灣設立一個連線並且同步的地震網。新的地震網的主要特點在於它的高靈敏度和準確同步的計時。對於地震定位的準確度改善非常多。其實台灣從日據時代以來，就已經建立有一個地震網。以那個時代的標準來看，是一個很夠水準，並且密度很高的網。但舊式的配備是機械式的地震儀，靈敏度不夠高。並且只是用普通的擺鐘來計時。這兩個因素就限制了幾十年來的台灣地震定位的精度。震源定位大約有十幾公里的誤差。當然它還是能看到東部，嘉南地區的地震比較多。但是細的地理分佈及深度情形就無法呈現出來了。現代化的網站在一開始的時候只有中央研究院地球科學研究所的二十幾個觀測站，後來到 1990 年代時，中央氣象局也開始把原來日據時代的網加以現代化。這兩個網結合在一起，再加上新設的站，最後到達七十幾個站。把地震觀測的品質往前推了一步。新的地震網有靈敏度高的地震儀，站的數量也增加，計時也準確並且同步。不出幾年，就已經把台灣基本的地震分佈準確的呈像出來了。這是很重要的一件事情。使我們對台灣地震的成因有了一個基本的架構。也就是回歸到 1968 年提出的板塊構造運動的理論。我們這個網是從 1973 開始持續性的運行。所以跟世界幾乎是同步。就很驚奇的

發現，在台灣這個小小的地方，居然有兩個隱沒帶。在板塊運動裡面，如果兩個板塊碰在一起，可能產生兩種情形。一種是像西馬拉雅山，兩個對撞以後，使得地殼抬升，造成高山。另外一個情形，是有一個板塊被擠到地下去了，叫隱沒。台灣有兩個這樣的地區。一個是在台灣的東北部，另外一個在南邊。當菲律賓板塊向西北方向移動，碰到比較硬的台灣島，就被擠下去了。跟著地震就在這個擠下去的板塊上發生。我們可以很清楚地看到一個地震帶，從花蓮起，向北延伸，並逐漸的加深。到了台灣北部，到了北海岸一帶呢，已經到了約 150 公里左右的深度。是個很明顯的隱沒帶。這個隱沒帶西邊的界線大約在 120 度。差不多在台北和大園山以東是地震帶。以西就不是了。另外一個隱沒帶是在南邊。約在蘭嶼以南，恆春半島那一片，差不多在台南，高雄地區有一個向東隱沒的地震帶。它是倒過來的，在蘭嶼的深度約也到達 150 公里左右。而台灣的中間，則因菲律賓板塊的撞擊，造成台灣島的主體。主要的隆起造成中央山脈及西邊的所謂麓山帶，就是阿里山這一線的山。再往西則是台地，以及平原地帶。所以這一系列的地形，都起因於板塊碰撞所造成的水平距離縮短，以及地形的隆起。處於隱沒帶的地方，由於來的板塊已經進入地下，地表就沒有那麼高的山。我們可以看到台灣是中間一段山很高，而南，北的山都相對的要矮一點。這是跟兩個隱沒有關係。這種隱沒在海底也有清楚的跡象。就是所謂的島湖。我們的北邊有一個琉球島湖，南邊有一個菲律賓島湖。在島湖的前面還有海溝。在東北這邊有琉球海溝，南邊則有

呂宋海槽。所以台灣的造山運動和地震是一體的，也是持續的現象。地震也可以說是台灣的宿命，因為它是台灣島形成過程的一部份。這兩個隱沒帶都影響台灣的形成，但主要的還是東北的隱沒帶。菲律賓板塊是斜的撞過來，碰到比較硬的台灣島，菲律賓板塊受到阻擋，而被迫向北滑。滑了以後就被擠下去了。南方部分的板塊推擠速度比較慢一些。兩邊推擠的速率不同，這是因為整個菲律賓板塊撞過來的時候，它是帶一點旋轉的。

**問：**地震發生的位置是怎麼測定出來的？

**蔡院長：**我們是靠地震波來定地震的位置。原理很簡單。利用各地震站收到同一個地震波到達的先後來定地震的位置。地震波在地殼上傳遞的速度大體是固定的。縱波(P 波)的波速大約是每秒五公尺多，橫波(S 波)大約是每秒三公公尺多。從收到震波的時間先後就代表距離震央的遠近。由幾個地震站的紀錄，用簡單的幾何分析，就可以推出震央的位置及深度。

在這個分析中有兩個因子影響到準確度。一個是時間。另外就是速度。過去每一個地震站都有一個鐘。記錄的人就把地震發生的時間記下來。由於不同步，誤差就比較大。現在透過連線使用統一記時，就沒有不同步的誤差。更精確及同步的計時可以把地震定位的準確度提高到誤差在兩，三公里內。就地震研究的觀點是相當好了。很多過去看起來是混在一起的地震帶，現在已經釐清了。至於為什麼還有這兩，三公公里的誤差呢？這是由速度的誤差來的。因為台灣很多的地震是淺的，發生在二十公里以內的地震。而地殼表面二十幾公里內的區域是構造最複雜，變化最多的部分。我們在分析的

時候，按照我們觀察到的地表層數，常把地表構造簡化為規律的一層一層的水平結構。在很多地方這是一個很好的近似，例如美國東部。但是台灣有剛才談過的擠壓過程，地層被擠的很複雜。傾斜，立起來或甚至翻轉過來的區域都有。勉強用水平層的近似就會產生誤差，造成定位上的不準確性。這種不準確性偶爾可以估計出來。譬如說有一些地震在某一個地方確實是搖的比較厲害。已經可以認出那個地方應該就是震央。和震波預測出的位置相比較，就可以估計出誤差的大小。

**問：**地表水平結構的典型尺度是多大呢？

**蔡院長：**從地表，到以下幾千公尺的範圍人們知道的比較清楚。主要是因為中國石油公司在西部探勘石油，及天然氣的時候，做了不少的鑽探。所以對地層的構造有比較詳細的掌握。但是在中央山脈，和東部地區，這樣的資料就比較少了。其實我們從地形的變化，也知道它是很複雜的。至於典型的地質變化的距離有多大呢？在板塊碰撞中，由於橫向距離的縮短，會產生折皺。在折皺的過程裡，有些地方折斷了，成為斷層。從台灣東到西，可以看到一系列南北走向的折皺或是斷層。典型的間隔從幾公里到一，二十公里都有。非常密。這是主要的構造線。但是中間還有一些東南，西北向，以及西南，東北的走向的裂痕。這是因為固體在受到大幅擠壓的時候，所產生的變形除了是壓縮膨脹之外，也帶有剪切型的形變。因此而產生的裂痕就可能是兩條交叉的斷層，和主壓力軸成一定角度。這樣的斷層模式在地形上是很可以清楚的看出來的。剛才談的是在淺的部分。從我們看到的地震分佈，其深度可至地表

下十幾，二十公里。再往下基本上看不到地震。只在很少數幾個地方看到過更深的地震。但是我們知道板塊這樣擠過來，不是只擠上面的部分。往下應該到一百多公里。海洋的板塊也最少有五，六十公里。而地震只發生在上面的部份，就表示說上面的部份是脆的，會斷的，這樣才會有地震。到了二十幾公里以下，溫度已經高到攝氏 300-400 度左右，地層變得具塑性，韌性，不斷。底下照樣被擠，但因為它具有塑性，它跟著變形但是不斷，也就沒有地震。

**問：**在脆的部份與具有塑性的部份是否一起移動？

**蔡院長：**底下應該走的比上面脆的部分要快。因此脆的部分應該和底層還有滑動。像台灣的蓬萊運動已經有四，五百萬年。假設以每年七公分的速率在擠壓的話，就有三十幾公里的縮短。而推算一百多公里厚的地塊縮短三十幾公里而抬升上來的高度，可要比中央山脈（加上被侵蝕的高度）要高出許多。所以塑性部份應該是要流得快，擠到其他地方去了。這是一個沒有完全解決的問題。

**問：**目前地震定位的誤差大約在一至兩公里左右，而在兩個斷層之間還有一些皺折，他們的分佈要更密，是否有需要更高解析度的理解嗎？

**蔡院長：**剛才講的這些折皺是在更淺的地方，在地表四，五公里內。也就是石油鑽探，有石油的地方。更深的花崗岩質的火成岩，年代比較老，也比較硬。彈性能主要是儲存在這一部份。上面的部份比較弱一些。當它跟著下面跑而被擠時，它很容易就碎了。台灣的地震震源大多在幾公里到一，二十公里。像 921 地震

的車籠埔斷層。它跑上來的這一部份可以說是被動的。本身並沒有儲存多少能量。

**問：**一般談到地震是釋放出地層儲存的彈性能。目前有沒有實驗上的辦法來偵測彈性能的分佈？

**蔡院長：**有人做高壓實驗。在實驗室內產生像幾十公里深的高壓。裡面有微壓，破裂帶，比較弱的面。實驗也可能加水。水的壓力也很重要。這樣擠壓，看看在什麼條件下會產生斷層，滑動。然而在實驗室中的高壓實驗，有尺度上的侷限性。真實的斷層如 921 地震的車籠埔斷層，有將近一百公里。實驗室能作的大致上只有幾公分，二者相差了大約六至七個數量級，實驗的誤差也就影響巨大。這也是目前沒有一個清楚答案的基本原因。

**問：**一般岩石典型的屈服應力，應變有多大呢？

**蔡院長：**物質，如石頭的強度比水泥還來的大。Compressional strength 很大，但是 tensional strength 很弱。一拉就斷。石頭的 shear strength 也是比較弱的。地震，因為是斷層，主要是跟 shear stress 有關。典型的 shear strength 大約從幾十個 bar，到一、兩百個 bar。量到的地震前後的 shear stress 的差別，即 shear stress drop，大約也是從幾十個 bar，到一百多個 bar。

**問：**像這樣的 shear stress 是怎麼量的？

**蔡院長：**量 stress 是最難的。目前沒有辦法直接量地層中的 stress。只有一些間接的量測，估算。過去石油公司鑽了很多孔。剛鑽的孔是圓的。可是過了一陣子以後，孔被擠壓得變形成橢圓了。這就可以當成一個 stress meter。量橢圓的長短軸，就可以倒推回他的 principle stress。當然不同的深度還有重力所造成的

stress。這是間接的從應變推出應力。還沒有直接量應力的 meter。

**問：**一般力學波的波速和張力有關，能不能從波速來測應力？

**蔡院長：**現在有一部份的人在研究相關的問題，叫 anisotropy。均向固體在給定一個 stress 之下，波速和波傳遞的方向有關。例如說被擠的方向傳的快一點。這個效應不大，頂多只有幾個 percents。理論上 anisotropy 是可以反映出 stress 的方向及大小，並且可以追蹤它對時間的變化。實際上因為地殼本身材質不均勻的影響要比 stress 引起的 anisotropy 要大。同時地層結構很複雜。很難有系統的來單獨量出 stress anisotropy 的效應。目前只有少數的幾個例子可以量出來。大部分的地方沒有辦法單獨量 stress 引起的 anisotropy。

**問：**剛才提到地震前後 stress 的差別。這是怎麼量的呢？

**蔡院長：**這是從各地對地震波的波形紀錄分析出來的。特別有用的是先到的 P 波，及 S 波。可以分析出斷層是怎麼斷的。斷層有逆衝斷層，正斷層，平移斷層，斜滑的斷層。不同種類的斷層，產生的地震波不一樣。例如在地上分四個象限。如果 1, 4 象限上滑產生一個地震。往 1, 3 象限的波是向外推出去的，而 2, 4 象限的波是向裡拉進來的。從四周的地震記錄就可以推測斷層的走向。能用以它把斷層分類。進一步關於斷層從頭到尾是怎麼滑的，滑多遠，滑多久？這些也反映在波的細節中。我們假設合理的地震參數，用波的輻射理論計算震波，和記錄比對來多次的回歸參數。用這個方

式來分析震波。得到滑動的距離後，就能推出地震前後 stress 的差別。

**問：**剛才提到許多種的斷層，是怎麼分的呢？

**蔡院長：**在岩層中，垂直重力總是存在的。水平應力和板塊運動有關。簡單的來講，在每一個地點，應力有三個軸，包含一個垂直的主應力軸。三個主應力的大小順序就決定斷層的類別。如果上下的壓力是最小的，水平受壓後就會往低壓方向滑動。斷層就會往上滑，叫逆衝斷層。如果水平的壓力分別是最大，以及最小的時候，就產生平移斷層。如果垂直方向壓力最大，會產生正斷層。所以斷層反映出各個方向壓力的大小關係。

**問：**剛才講的是產生一個新的斷層。如果是一個舊的斷層重新再產生進一步的斷裂呢？

**蔡院長：**那就更複雜了。舊斷層在數學上對應於一個全然不同的邊界條件。不過大體上來講，這些老的斷層之所以會是某一種類型，取決於舊有的應力分佈。穩定的板塊運動基本上產生不太隨時間變化的應力分佈。以台灣來講，最近的一波造山運動，也有幾百年的歷史。所以很多的斷層都是逆衝斷層，其中垂直方向的壓力不如水平方向的壓力大。

**問：**產生地震的時候，地層是由新的地方裂開多呢，還是從舊斷層發生的多呢？

**蔡院長：**看台灣地質圖，斷層很密集。大多是南北走向，或是東北西南及西北東南走向。地質上，或是地震的證據顯示，西部平原跟麓山帶地區的斷層是活動的。而比較靠近山的斷層是比較老的，活動力比較低的斷層。有一個觀察是，受到擠壓以後，原有的變形會遷移。遷移的方向是往擠壓的前緣走，那兒容易產生新的

變形。以前已經有大的變形的地方不容易再動。一種解釋是因為老的斷層在形成時有比較低的角度，容易動。經過壓擠以後，變的陡一點，就不容易動。它撐住了以後，壓力就往前傳，在前緣產生新的，低角度的逆衝斷層。很多次這樣的步驟就造成斷層的遷移。

**問：**土耳其近年來發生好幾次大地震，跟這個機制有關係嗎？

**蔡院長：**不一樣。土耳其那邊的斷層和台灣的不太一樣。在向西北移動的阿拉伯板塊和歐亞大陸板塊交界的地方，它們有一個從東到西的大的走向滑移斷層，其中最大及最小的應力都在水平方向。台灣主要是逆衝斷層，垂直的壓力往往是最小的。剛才提到的斷層遷移的機制只適用在逆衝斷層。走向滑移斷層比較固定。

**問：**有那些因素影響地震波？

**蔡院長：**第一部要知道地怎麼動，動的多大，多久，以及動的頻率是多少。這些都會影響到地震對結構物及地層的破壞。強震儀可以記錄下這些資料。剛才我們所談的全台灣的測震網是對小地震也很靈敏的。但是大地震的震波對它就太強了，dynamic range 不夠寬到能把大地震的震波辨認仔細。所以我們得用強震儀來記錄大地震。強震儀大體只記錄有感地震。台灣採用的強震儀最大可以紀錄到兩個 g 的加速度。已經是非常劇烈的運動了。從七、八年前起，氣象局就開始全面的在全台灣九大都會區密集的設置強震儀。目前總共設了六百多台，這是全世界密度最高的地區了。這個網把這幾年來的有感地震都記下來了。像 921，以及後來的嘉義地震都有仔細的紀錄，甚至金門都有紀錄到。這樣的強震儀就在各地記下了地怎麼

動。要理解各地的震動，第一個是震源本身，是那一類的斷層，滑動的有多少。其次是，地震波傳到觀測的地點。經過的地層性質也有影響。例如地震波走過一個吸收強烈的地區，震波就變小了。有些地方能有效的讓地震通過，而不太衰減它。第三個是儀器底下幾十到幾百公尺內地層的變化也影響很大。這一部份的影響可能要比第二個因素大的多。例如說震波從很硬的周遭地區傳到爛泥巴或是很鬆軟的泥，能量被侷限在低速的地區而出不去，會產生共振。這就會測到一個被放大的波。同時也有一個共振的頻率。現在把台灣的六百多個強震儀的資料來作有系統的分析。就發現上面提的三個因素都有關係，也大體可以分離開來。也看出大小，深淺，東西的地震都各有細部的特質。

**問：**東西部地震的差別在那？

**蔡院長：**東部的地震有深有淺，但是西部的地震都是淺的。東部因為是海洋板塊，是新一點也軟一點的地殼。西部是老的，剛硬的地殼。所以震波輻射的效率不同。即使斷層的大小相仿，西部地震的震波要比東部地震的強。

**問：**局部的地形的影響大不大？

**蔡院長：**一個地區，每次地震常有固定的搖法。我們叫它為 local site response。這種現象在盆地就比較明顯。像台北盆地，宜蘭平原等。它們的地表都有一層比較新的，軟的沖積層。就會有地震放大的效應。但即使都在台北盆地，仔細看，沖積層的厚度也不一樣。在西邊靠關渡蘆洲五股一帶，沖積層很厚。東邊像景美等靠山的地方，沖積層就薄一點，甚至沒有。

**問：**有沒有可能預警？

**蔡院長：**速報做得很好的話，也可以用來做預警。

關於速報，台灣這一方面是最先進的。剛才談到全省網，有七十幾個站。連同六百多個強震站。這本來是兩套系統。因為氣象局是負責測報工作。地震之後要馬上對社會發佈地震消息。過去對震度的報導是靠各個測候所的值班人的主觀判斷來回報。現在已改用強震儀了。本來強震儀都是由震波啟動的，雖然隨時在監控，但是只有強波來才記錄。現在已經把強震儀也連線。把一部份的強震儀改成自動，且連續的送監控的訊號回氣象局。目前有六十幾個這樣的站。根據這個架構，氣象局在兩，三年前就設立了速報網，在地震發生後很快的對各地的震波有所掌握。經過幾年的運轉，證明在地震發生一分鐘左右，這套快且完整的資訊就都有了。這在世界其他各地是沒有這樣子的設備的。特別是對每一個地震都發佈各地震度的網是台灣獨有的。這套設備在 921 地震就出了鋒頭了。這麼大的一個地震，在 102 秒後，消息就全部有了。而且連線到消防署的防救災中心。即使在深夜，這樣的完整資訊就讓政府的各個單位全面動員起來了。不幸的是我們自立的搶救系統還沒有有組織的建立起來。中間還是打了折扣。

氣象局認為這樣的速報能力還值得改善。如果再把地震網加密，使得在二，三十秒內能定出地震的位置與大小，就可以建立一個警報系統，而不只是速報。這樣的警報系統已經在花蓮及嘉南地區設置好了。只是還沒有正式對外公佈啓用。發生在那兩個地區的地震，在二，三十秒內就可以定出來。可以預估各地會受到的震度。把這樣的警告資訊送到約一百公里以

外，地震波還沒有傳到的地區。隨著距離的遠近，警告的時間會有長短之別。東部的地震都可以對西部發出預警。有人會懷疑這麼短的預警時間有什麼用。要發揮它的功用，事前要安排好配套措施。特別是自動化的反應。例如電腦可以緊急關機，科學園區的製程也可能安排一個很短的緊急處理。若是震波不大，也可以照常運作但是保持特別監控。學校也可以利用幾秒鐘讓學生就定位。至少大家心裡有準備，減少一些恐慌。

**問：**地震有沒有清楚的前兆？

**蔡院長：**有，但是零星的前兆。還不足以拿來做經常性的地震預測。但是的確有觀測到可信的前兆現象。早期的徵兆，例如由小地震觀測到地震區到周邊地區的的地震波速有變化。因為地殼變了。另外在地震之前有地下的氣體，例如氫氣，由地殼的小裂縫洩出。在接近地震時的徵兆中，像深井或地下水位的異常變化。例如溫泉忽然乾枯。此外生物也可能有異常反應，但是警訊比較模糊，並且不容易確定。過去也有少數很成功的例子。像 1975 年二月，大陸的海城地震就有很成功的預警。二月的海城是冰天雪地。但是有很多冬眠的動物，像蛇，青蛙等忽然跑到地面上來而被凍死。這是很明確的不尋常前兆。另外在大地震前也先有許多小地震，即前震。在海城這種地震不多的地方，也容易讓人懷疑有大地震的可能。當然在台灣，即使有前震，也是很難判斷。因為平常地震頻率就高。

**問：**兩次地震之間的關連強嗎？

**蔡院長：**有一些關連是很明顯的，像大地震之後的餘震。這有很多的例子。

**問：**餘震有沒有清楚的定義？

**蔡院長：**有，首先它在空間上接近主震的斷層，在主震源一定範圍裏發生的。當然範圍不容易明確界定。不過如果主震後在平常不太發生地震的地方有地震，你可以很確定這是餘震。除了空間的鄰近度，也可以從時間上看到地震的頻率在主震後增加許多。像台灣這種淺的地震，常常跟著有一系列很頻繁的餘震。

**問：**能不能從以經發生的地震來分析地層往前擠壓的方式，而預見到某一個地方也危險了？

**蔡院長：**關於一個地震會不會引起鄰近地區發生大的地震。人們已經開始研究所謂的 *stress transfer*，應力移轉的機制。可以用計算的方式來算出應力移轉的方式。也有少數幾個例子是在應力增加的地方發生地震。但也不是每一次地震都和應力轉移有關。表示還有其他的因素影響地震之間的關係。

**問：**台灣的地形很複雜，應力轉移的研究工作適合在台灣的地形進行嗎？

**蔡院長：**應該還是值得試試看。研究地震之間的關連是一個很有挑戰性的科學問題。如果在台灣能得到答案，肯定是一個突破。在台灣有這樣的機會。因為我們有很多地震，我們有很密集的探測站。另外，我們的人口很密集，我們有這樣的需要，要來做這樣的研究。

現在有一個大型的計畫要開始，就是量 *strain*，應變。是要用 GPS，即全球衛星定位系統來量。預定要在全台灣均勻的設一百個點。隨時在量這些點的位置的變化。比起過去一年量一次的頻率，這是很大的改進。我們早就知道菲律賓板塊擠過來的速率是一年七、八公分。到了台灣西部就變慢很多，甚至有些地

方維持不動。就知道台灣隨時在被擠壓。將來這一百個站的連續觀測可以掌握即時各地價的擠壓狀況，可以馬上發現異常加快或減慢的應變。應該經過一段時間觀測歸納後，有希望做一些預測。

**問：**日本投入了財力以及人力在做地震預測，他們有什麼進展？

**蔡院長：**日本是從 1964 年的大地震之後，就進行了多期的五年地震預測計畫。在全日本設了很多地震站，特別是集中在關東地區。東京，靜岡縣一帶。他們認為那個地區的地震有一個週期。從 1923 以後，已經進入到下一個週期。所以他們從那個時間起，就進行長時間的加強觀測。其中一部份就是要針對地震預測而進行。他們有全國性的測量網，進行三角測量，以及水準測量。幾年前他們已改進為 GPS 的測量網。日本的測量網比我們要早，要有系統。我們起步的比較晚一點。但將來我們設一百台以後大概比日本稍微密一些。

**問：**院長是否還有一些想法想向讀者提出？

**蔡院長：**地震作為一個科學問題，它不只是地震學者應研究的，也是物理學者可以參與的研究。其中它的動力行為，特別是 *initiation* 方面，如在怎樣的一個條件下，地震會開始發生，斷層會開始斷裂，至今仍未有一個清楚的答案。這是一個材料力學，連體力學的問題。

**問：**理論研究對以上問題的了解能否有貢獻？一般在材料科學中的 *crack propagation* 的研究對以上問題是否有幫助？

**蔡院長：**理論上的研究目前是需要突破。*Crack propagation* 的研究和地震研究中，斷層的破裂過程是很相像的。從 1940 年代開始，對地

震的震源的了解，基本上就是從材料科學中的 *crack propagation* 開始的。但是目前還不太清楚的是，關於 *crack* 怎麼停下來的機制。

**問：**這個問題是不是一個材料科學也研究的問題？

**蔡院長：**一般在材料科學中處理的都是純的材料。在地震研究中處理的卻是異質的材料。另外在外力部份，除了有重力，還有不能夠確定的外力，如水壓的影響等，所以這是一個相當棘手的問題。尤其地震的過程是無法直接觀測到的，它不像氣象可以用衛星照相，只能靠震後間接的測量。目前有一個對車籠埔斷層作鑽探的計畫要進行，希望可以得到直接的證據。

**問：**在網路有沒有一般讀者可以看的地震相關資訊？

**蔡院長：**網路上有很多地震網站。在國內主要的是氣象局的網站。其他的像中央研究院的地球科學研究所，中央大學的地球物理所及應地所都有相關網站。這些網站中，有很多部分是在做地震推廣教育，一般讀者都可以看的。

謝謝蔡院長接受我們的訪問。