

地震預測面面觀

馬幼俠

中正大學地震研究所

一、前言

「無聲無息地來，轟轟烈烈地去。」可以用來形容於西元一九九九年九月二十一日發生在中台灣的集集大地震。大地震以後，中南部的地震活動頻繁，造成全島人心惶惶。從媒體上，我們看到對地震的各種推測、揣測、預卜、宣告、評論等紛紛出籠。這些從各種角度來分析地震的動機不一，然而目標是一致的：把地震預測的複雜性簡單化、困難性淺顯化、無機性規則化。有趣的是研究地震的科學家們還在為“能不能預測地震？”這個問題傷腦筋呢。

二、有趣的預測行為

自有人類以來，人就渴望掌握未來的命運和未知的事物。伴隨著這種渴望而來的預測行為就自然地入了人類的思想和語言中^[1]。有人說在科學這個玩意兒上，預測就好像蹺蹺板的支點，其它活動只是借著它擺盪而已。雖然有些言過其實，但是每一天我們確實是活在與預測相關的活動裡：小從各人命運大到兩岸關係，加上許許多多每天都會接觸到的氣象預測、股價預測、路況預測等等。我們幾乎是無時無刻不在預測，可是對預測的準確度和方式，卻是沒有太大的要求，至少許多人是不明究理

的。就此而言，相信預測和不信預測都可稱之為迷信了。

在用詞上，人常常將預測、預言、先見、和預報混為一談。嚴格說來，其中有顯著的差異，只是在日常生活中，我們對名詞的用法相當地鬆散，也不怎麼注意。讓我們來看看在英文韋伯斯特大字典 (Webster's New Universal Unabridged Dictionary) 中對它們的解釋：

“...Predict, prophesy, foresee, forecast mean to know or tell (usually correctly) beforehand what will happen. To predict is usually to foretell with precision of calculation, knowledge, or shrewd inference from facts or experience... Prophesy may have the solemn meaning of predicting future events by the aid of divine or supernatural inspiration;... To foresee refers specifically not to the uttering of predictions but to the mental act of seeing ahead... Forecast has much the same meaning as foresee, except that conjecture rather than real insight or knowledge is apt to be involved; it is used particularly of the weather...”

所以就地震預測(earthquake prediction)而言，對將來會發生的地震，不僅要事先知道，而且要能在發生之前，說出個所以然來(“usually” correctly is not “always” correctly, 即使犯錯也要求至少八九不離

十)。當然預測工作中所採用的方法和工具必須是科學的。很明顯地，“嘗試預測”只是地震學家工作中的一部分；然而“能夠預測”確是每一位地震學家的夢想（不一定是理想）。

人類歷史上並不是沒有人成功地預測過某些地震，可惜的是沒有一種預測方法能連中二元；亦即不是預測該發生的地震沒發生；就是發生了地震，卻沒預測到（這裡指的是災害型地震）。不過那些對預測所花的心血並不是沒有意義的，畢竟它們讓我們了解到某些方法的盲點。科學研究的結果講的是準確性、必然性、和普遍性。那麼對科學家而言，說中了一件獨立事件的功勞和猜號碼、中獎券的結果是完全不同的。科學家們可以大膽地提出合理的假設，但絕不容許瞎猜。科學界中，大膽的預測非得通過極嚴苛的考驗不可，這種預測也非得說服科學界中之最懷疑論者和同儕才行。大陸曾經幸運地掌握了發生在遼寧海城的地震，多少蒼生也因此受益。不幸的是緊接在其後就發生了慘絕人寰的唐山大地震。地震預測的可信度何在？難怪大陸老百姓有句俏皮話：「與其一日無預測，不如千日無地震。」無獨有偶，台灣老百姓也以「狼來了！狼來了！」來形容地震預測。在先進國家裡，科學家作了錯誤的預測，不僅會賠上自己的學術生命，還會被控告妨害社會安寧。因此我們不難瞭解地震學家們對地震預測所採的謹言慎行態度！

三、地震學家們作了些甚麼？

地震學是一門相當年輕的科學。它的誕生大概可以追溯到西元一七五五年發生了葡萄牙的里斯本大地震之後。雖然有關地震待解決的問題和困難還很多，但是在短短的不到一個半世紀的時間裡，隨

著地球科學和地質學的成長，地震學家們已經提供我們不少寶貴的地震知識了。如今我們對地下或海底斷層錯動、斷層如何斷裂、斷層的形態、地震大小的判定、地震能量如何以波動的形式傳播、板塊交界處為何發生地震、地震活動的深度與分佈、板塊年代與大地震的關係、海底地震引起的海嘯、地震與地體構造之間的關係等，都有了相當多的了解。而全世界地震學家們仍繼續不斷地在地震波、地殼、地球內部暨板塊構造的問題上作更深入的探討。除此之外，地震學理論、地震預報之理論及方法、地震前兆現象與餘震分析、地震地質、地震成因、震源機制、地震觀測、地震資料處理、偵測儀器之開發等，都是地震學家們工作的主要內容。

事實上早在西元一八九七年，台灣就有了近代地震儀器的記錄，而在日據時代也有簡陋的地震測網。但是一直到西元一九六〇年世界標準測震網設立以後，台灣才積極地建立起本土的地震監測網。在政府支持及地震科學家的努力下，目前中央氣象局所經營管理的地震網中已有近八十個即時和強震速報網站。由過去到現在，台灣的地震研究對島上之斷層位置，震區的分類，地震的報導和教育，和重大工程設計作了不少貢獻。在地震的研究和野外工作上須要相當大的人、物力資源，而目前我們仍相當地缺乏。在台灣，年輕人以職業導向選擇研究學習領域，造成地震研究工作即將面臨青黃不接的危機。

四、地震能預測嗎？

「地震能預測嗎？」有趣的是其本身即是一個預測的問題。當我們答覆這樣的問題時要很小心，更不能直覺地回答「能」或「不能」。諸如此類的問

題，就像人類的老祖先問「人能飛嗎？」一樣。在這個問題上，我們不提答案；但與「地震預測」相關之國家型研究計畫已持續至少三十年的有日本、前蘇聯、和中國大陸等國家。而美國和英國的大多數地球科學家們則對預測的工作興趣缺缺。

科學家們很挑剔，不管你說「能」還是「不能」，你總得說出個道理來。最近有許多文章也在這個問題上打轉^[2,3,4]。對科學家而言，在公說公有理婆說婆有理的情況下，不管甚麼預測、學說、理論、模型等都得等時間來證明。筆者猶記得當初德國科學家韋格那(Alfred Wegener)在進行了相當多的研究後，於西元一九一五年出版他那先知型的著作“大陸和海洋的起源(The Origins of the Continents and Oceans)”時，所受到的冷嘲熱諷。終其一生（他於一九三〇年，即五十歲時，在從事極地的實驗工作上，死於格陵蘭）他未被同行肯定。然而，今天沒有人不知道他所提出的大陸漂移和板塊運動學說。這是一個經過長時間考驗預測的例子！

地震和產生地震的斷層是眾所周知的一種極其複雜的物理系統。一般人常因它的複雜性中具有混沌的表現，就認為地震預測的本身就是一個混沌。科學上的混沌不是一般所想所說的完全地不可測度、隨機、或不規則；相反地，它是說可測度性在經過一段相當的時間後終究會昏晦不明。因此，在地震預測的內容裡，如果忽略了時間或頻率的因素也就是 Sykes 等人^[2]所強調的長期、中期、短期、和及時的預測，一般人很容易就否定作任何預測的努力。舉一個例子來說，如果一個人擲銅板，第一次得正或反面的機會是各佔一半。當一個人連續擲出了五個正面後，第六次擲出後，你押「正」還是「反」呢？筆者雖然不盡同意 Sykes 等人的樂觀說法，但

是其所提及之長期、中期、短期、和及時的預測，其預警時間、可能性或可行性、科學上的根據、和防震或減震所該採取的手段等確有相當之參考價值（見表一）。

於科學史上，許多前人認為不可能的問題，後來都被解決了。新的理論、新的實驗、新的科技、新的方法都有貢獻，但是最重要的還是人類擁有一個不受拘束的腦袋。將來在地震的研究領域中，或許會出現一個如牛頓或愛因斯坦級的人物（這不也是個預測嗎？）。我們不須要在這裡爭議「地震預測」到底是不是一個科學問題，因為預測所帶來的風險，一直是促使科學成長的動力。

五、對地震預測的正確態度

一般而言，老百姓對地震預測的內容並不是很清楚，很容易對地震預測的報導產生誤會，也因此會影響社會大眾對地震研究工作的肯定度。舉例來說，地震預測的報告和新聞報導一樣得面臨五個 W：Who or Whom(人)，Where(地)，When(時)，What and Why(事和物)。而對地震預測結果的發佈，並不屬於地震科學家的權責。剛開始發佈的對象，也並不是社會大眾。這樣的作法是為了整個地震防災體系的有效運作。目前地震研究工作的重點，都著眼於活斷層、大都會、及工業和生產力密集的地區。因為以有限的地震研究人力和物力，加強對這些地方的監測，能避免當大地震發生時所造成慘重的人員傷亡和經濟損失（以致影響國家生命力）。地震預測工作極具本土性，原因是：誰會比我們自己更有興趣去了解台灣的斷層和地質狀況呢？所以外來和尚的言論和預測固可供參考，但不必奉為聖旨。然而，老百姓如果沒有正確的統計和或然率的概念，

那麼對所謂的三十或五十年的大地震週期說，到了某些時間點上，心理情緒的反應就會如同遇到了世界末日。如果對氣象預測中的下雨機率都不了解，那麼對具統計性質的地震預測說明，我們就永遠無法避免“請問多大的地震，將會在那一天、那一刻、發生在那一個點？”這類的天真問題。

後記

就在完稿前，六月十一日（西元 2000 年）凌晨，在玉山北方發生了一個芮氏規模 6.7 的地震。這個地震也給中部地區帶來相當大的災害。據中央氣象局的說法它是集集大地震後的餘震（我國的氣象法明文規定只有中央氣象局得發布——當然也包括了解釋——一切有關地震的消息）。這個餘震在地震科學的研究上固然重要。這樣規模的餘震能不能讓老百姓事先提防，才更加重要。集集大地震後，於震區內分佈密集之各型地震儀皆收錄到相當豐富且品質佳的地震資料，是提供國內地震科學家研究本土地震最好的禮物。盼望國內研究地球科學、地球物理、和地質的專家學者們，在最優先的超大型整合計畫裡通力合作，得到一些可以幫助老百姓的成果。我們實在不願意也不忍心再看到中央氣象局地震測報中心每於地震發生後，總是拿出「在主震發生後的

一年內，請大家對各式各樣的餘震提高警覺」的無奈說法來提醒民眾。

誌謝

筆者在此謝謝中正大學地震研究所的黃蕙珠和謝秋霖兩位教授所給與的寶貴意見和在文字及用詞上的斧正。

參考資料

- [1] H. F. Judson, “Strong prediction,” in **the Search for Solutions**, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1980.
- [2] L. R. Sykes, B. E. Shaw, and C. H. Scholz, “Rethinking earthquake prediction,” *Pure and Applied Geophysics*, Vol. 155, pp. 207-232, 1999.
- [3] R. S. Geller, D. D. Jackson, Y. Y. Kagan, and F. Mulargia, “earthquake cannot be predicted,” *Science*, Vol. 275, pp. 1616-1617, 1997.
- [4] J. Trefill, “Will we be able to predict earthquakes?” in **101 Things You Don’t Know about Science and No One Else Does Either**, Houghton Mifflin Co., New York, 1996.

表一 不同期之地震預測內容

及時鳴警	<p><u>預警時間</u>：零到二十秒。</p> <p><u>科學上之依據</u>：以電磁波作預警工具，因為它的傳播速度遠大於震波波速。</p> <p><u>可行性</u>：好。</p> <p><u>預防措施</u>：人員迅速找掩護，即刻關閉煉油廠中之輸送閥門、迅速中斷核反應器之工作，停止瓦斯和電力的輸送，電腦、捷運系統和高速鐵、公路的緊急應變，繪製震度圖供急救使用。</p>
短期預測	<p><u>預警時間</u>：數小時到數週。</p> <p><u>科學上之依據</u>：某些大地震會有前震，非地震所引起的地層滑移量增加。</p> <p><u>可行性</u>：目前還不知道。</p> <p><u>預防措施</u>：提高警覺並安排各種急救服務，在預測期間，呼籲大眾注意自身住和行的安全，並藉由媒體教導震害預防。</p>
中期預測	<p><u>預警時間</u>：一個月到十年。</p> <p><u>科學上之依據</u>：觀察地震活動行為、地殼變形、地底下化學成分、地下水水位、土壤孔隙水壓等之變化。</p> <p><u>可行性</u>：對被密集監測和做過研究的地區而言還算好。</p> <p><u>預防措施</u>：加強結構物和維生系統，改善急救措施，立法減災，加強地震教育，為短期預測做準備，進行更多的偵測儀器與其技術方面的研究。</p>
長期預測	<p><u>預警時間</u>：十年到三十年。</p> <p><u>科學上之依據</u>：大地震之回復週期，某地區發生地震之頻率增加。</p> <p><u>可行性</u>：對長週期、活動性強且經過仔細研究過的斷層而言，不錯。</p> <p><u>預防措施</u>：作長期之災害及風險評估（不考慮時間因素），國家重大建設之選址，加強地震教育，增加儀器以偵測中期之地震前兆。</p>
長期潛勢	<p><u>預警時間</u>：大於三十年。</p> <p><u>科學上之依據</u>：長期之地震活動率，板塊之運動狀況。</p> <p><u>可行性</u>：很好。</p> <p><u>預防措施</u>：作長期之災害及風險評估（不考慮時間因素），訂定建築法規，規劃土地之使用。</p>