

## 壹、地震前兆的研究介紹

位於環太平洋火山帶的臺灣，所處之地剛好是歐亞大陸與菲律賓海兩個板塊交會處的位置，這兩個板塊每年大約以 7、8 公分的速度相互碰撞，使得地震成為臺灣經常性的天然災害之一；當地震波造成地面振動劇烈時，往往都能破壞房屋及其他建築物，因而常使人類的生命財產蒙受嚴重損失。雖然，地震與颱風都是具有破壞性的災害，但人們可以藉由氣象資料預測颱風的動向來進行預警；然而以地震來說，卻沒有發現在地震發生前較明顯的異常現象而來藉此預防，因此學界或一般民眾們對於發現能預警地震的各類前兆的工作便非常地熱衷。

在 1997 年的神戶大地震後，日本大量地研究地震電磁前兆並發表近千篇之學術期刊論文 (Hayakawa, 1999; Hayakawa & Fujinawa, 1994; Hayakawa & Molchanov, 2002)，其中地震電離層前兆更具有突破性的進步。隨後更多的研究者紛紛投入相關研究 (Pulinets & Boyarchuk, 2004)，而我國則是於 1999 年集集大地震後，方才開始有相關電離層地震前兆研究 (Liu, Chen, Pulinets, Tsai, & Chuo, 2000)。2000 年，劉正彥教授分析了 1994 ~ 1997 年這 4 年中百餘個規模大於 5 的地震，並逐步檢視這 4 年內電離層雷達 10 萬多筆的紀錄資料，發現在地震前的 1 ~ 5 天的電離層全電子濃度 (total electron content, TEC) 大多有明顯異常的變化；有發生電離層全電子濃度異常的日子，中午到傍晚這時段電離層最大全電子濃度會大量減少，利用這些機制應可大致得到地震前兆約略的模式。

基於前述電離層地震前兆的研究，若孕震期的電離層全電子濃度存有異常的情況，那麼應該可以從沒有發生地震時的電離層全電子濃度中鑑別出來。因此，本研究將利用階層式群聚分析 (hierarchical cluster analysis, HCA) 的方法，來研究有地震事件的電離層全電子濃度變化及無地震事件的電離層全電子濃度變化，探究有地震事件的電離層全電子濃度變化能否被鑑別出來。

## 貳、研究方法與結果

本研究採用的是階層式群聚分析 (Anderberg, 1973; Hartigan, 1975) 中的最小變異法 (ward's method) 分析對有地震事件的電離層全電子濃度變化及無地震事件的電離層全電子濃度變化進行分類；在群聚分析的過程中需要建立兩組電離層全電子濃度變化之間距離的定義，這是假定電離層全電子濃度變化的時

間序列為一  $n$  維向量，兩組電離層全電子濃度變化之間的歐式距離便是群聚分析過程中所需要的距離。

本研究中所使用的電離層全電子濃度資料乃是下載自美國地殼動力資料中心 (Crustal Dynamics Data Information System, CDDIS)<sup>1</sup>。資料是地球上特定測量點上空的電離層全電子濃度，測量點由西經  $180^\circ$  至東經  $180^\circ$ ，間隔  $5^\circ$ ；由北緯  $87.5^\circ$  至南緯  $87.5^\circ$ ，間隔  $2.5^\circ$ 。由於本研究中將選用震央位在臺灣的地震，所以用來進行分析的電離層全電子濃度變化的時間序列則是選擇測量點在東經  $120^\circ$ 、北緯  $22.5^\circ$  及東經  $120^\circ$ 、北緯  $25^\circ$  之間的資料進行分析。在此，研究者選取了三個有地震事件 ( $M > 6$ ) 時段的電離層全電子濃度變化之時間序列跟三個沒有地震事件 ( $M > 4.5$ ) 時段的電離層全電子濃度變化之時間序列，詳如表 1 所列。同時，也將這六個時段的電離層全電子濃度變化作圖 (圖 1 ~ 圖 6)。整理好上述六組數據後，再以 SPSS 20 進行階層式群聚分析，分析後所得的樹狀圖如圖 7 所示。很明顯地，三組含有地震事件發生的時段很快地被歸類在一起，可見編號 A060401、A100304 及 A101121 (即圖 1 ~ 圖 3) 三組電離層全電子濃度的時間序列有較高的相似度。

表 1

所選取的六個時段，三個有地震事件 (編號開頭為 A)，三個沒有地震事件 (編號開頭為 B)

編號	年	起			訖			地震事件時間	
		月	日	時	月	日	時	規模	震央
A060401	2006	03	23	0	04	01	24	M6.2	121.08°E, 22.88°N
A100304	2010	02	26	0	03	04	24	M6.4	120.71°E, 22.97°N
A101121	2010	11	12	0	11	21	24	M6.1	121.69°E, 23.85°N
B090119	2009	01	10	0	01	19	24	—	—
B090430	2009	04	21	0	04	30	24	—	—
B111020	2011	10	11	0	10	20	24	—	—

## 參、結論與討論

藉由 HCA，三組  $M > 6$  地震發生前的電離層全電子濃度變化的時間序列被從六組的資料中給鑑別出來，並群聚在一起。雖然在本研究中所使用的資料組

<sup>1</sup> 詳見網址：<http://cddis.nasa.gov>