

# 第一章 序論

## 1.1 前言

透地雷達探測技術發展至今已十分成熟，其快速、非破壞性的特性十分適合於各種淺層環境的探測，並因此而發展出多種不同形式的透地雷達儀器以因應各項需求。然而無論何種環境之下的雷達波信號都會產生相同的問題，即為雜訊過高而影響整體信號品質，尤其在野外對自然的地層施測時影響更為明顯。如何有效降低雜訊、提高信噪比 (S/N ratio) 長期以來一直是透地雷達測勘中研究的議題。

## 1.2 研究動機

在一般的商用資料處理軟體中多半提供一維的 IIR 或 FIR 及二維的 F-K 濾波器，在使用上需要先瞭解信號的頻率分佈情況後再以特定頻率加以進行濾波，這些往往都是使用傅立葉轉換為基礎的濾波器，對非穩態的信號在處理上相當的困難，而雷達波的傳遞其相對振幅及頻率一般受施測介質之介電常數及導電率影響。在地層中，反射信號之相對振幅及頻率會隨不同介質的材質、孔隙率及含水量等因素而呈現一非穩態之信號描線。因此以傳統的傅式轉換濾波是無法有效去除及提高信噪比的。再者，傳統的頻率濾波在頻率的選擇上需要相當程度的經驗判斷，人為的操作不當也會導致同一雷達信號處理後顯現不

同的結果，故若能利用一使用簡便、較無人為操作影響且可用於非穩態信號的濾波方式進行信號處理，則可增加雷達波信號的處理速度，縮短處理人員的養成時間並減少處理上人為所造成的錯誤。

本研究將小波分析 (wavelet analysis) 方法併同希伯特轉換 (Hilbert transform) 方法處理雷達波信號。小波分析為利用一特定波形的母小波於時間域上進行多尺度的分析，在時間域及頻率域中都具有表現信號局部特徵的能力，且分析後的信號與母小波間擁有自相似性的特性。利用其可非固定的取樣特性處理用於處理非穩態信號之雷達波信號，在選擇適當的小波參數後即可不需變更設定而對不同測勘環境中的雷達波進行濾波。之後再利用希伯特轉換求取完整的雷達波信號振幅譜及相位譜，觀察經小波分析及希伯特轉換後的雷達波信號剖面影像確能有效降低雜訊，定位地下異常物及地層分佈情況。

### 1.3 研究方法

本研究主要利用 Matlab 軟體為計算工具，對不同場址測勘所之雷達波信號進行處理。使用一維的離散小波分析找出最適之參數設定後，再利用二維離散小波分析以程式碼編寫的方式合併希伯特轉換用以分析透地雷達測線信號，並將結果直接輸出為希伯特振幅譜及相位譜觀察其剖面是否能有效去噪並定位出場址中已知的異常物及層

面分佈狀況。最終以達成一只需變更輸入資料即能自動分析的處理模式。

#### 1.4 相關研究

透地雷達目前已大量的應用於許多不同種類的地球物理探測上。如地下管線與水槽的辨析 (Zeng and McMechan, 1997; Hermance, 2001), 地下室定址 (Dabas et al., 2000), 油污、農藥等非水相液體 (DNAPL) 污染之追蹤定位 (Yoder et al., 2001; Carcione et al., 2000; Jordan et al., 2004), 土壤液化鑑別 (Liu et al., 2001), 考古調查 (da Silva Cezar et al., 2001; Whiting et al., 2001) 等等。

小波分析常見於各種非線性的信號處理之中。於 1984 年由 Morlet 首先引進於地震波的局部性質分析, 以彌補傳統傅立葉轉換上的不足 (Hubbard, 1998)。而之後離散小波分析技術的開發則更適用於信號的影像分析處理及信號的濾波 (Kumar et al., 1994; Fedi et al., 2000)。小波可處理非線性信號的特性十分適於各種地球物理信號處理: 如信號中的高低頻的雜訊濾除 (Grubb and Walden, 1997; Carrozzo et al., 2002), 抑制震測中低頻的地滾波能量 (Deighan and Watts, 1997; Matos et al., 2002), 利用小波分析

後的信號重組求取淺層磁力測勘信號的局部異常（鄭軒儒，2004），消除雷達波中具有一致性的雜訊（Nuzzo and Quarta，2004）。

Taner 等人於 1979 年發表「Complex seismic trace analysis」（Taner et al.，1979）討論震測信號經希伯特轉換後之振幅、相位及頻率譜的運用後，希伯特轉換現今已廣泛運用於各項地球物理信號分析處理上。而對於瞬時相位的特性及各項瞬時特性之間的關係，之後也有進一步的討論（White，1991）。在透地雷達的技術問世後，希伯特轉換用於雷達波信號也有十分良好的結果。（Pipan et al.，1999b）並逐漸變成一常規性的信號處理步驟。希伯特轉換也常與其他信號處理方法合併使用，如利用小波分析及希伯特轉換提高鋪面分層檢測的準確度（Fang and Pipan，2003）。