

第四章 InSAR 推求地層下陷結果及分析

4-1 雷達差分干涉結果

本章說明雷達差分干涉成果，本文利用 232_3123(中部地區)之 SAR 影像，該區涵蓋台中、彰化及雲林地區，干涉成果為配合較高解析度的 DEM (40m × 40m)，成果主要呈現雲林地區(圖 4.1)。在差分干涉結果方面，圖 4.2 中之干涉環為地表變形所產生之相位差，由藍色逐漸轉變為紅色的過程代表其變形趨勢呈現上升的現象，反之則為下降，一個完整的彩虹條紋為 2π 之相位差亦代表 2.8 公分的斜距變形量。因雲林地區為多植被與稻田的區域，在干涉結果中僅有局部地區有成像。因此在量化分析上，將對雲林地區分為四大區域來進行分析。

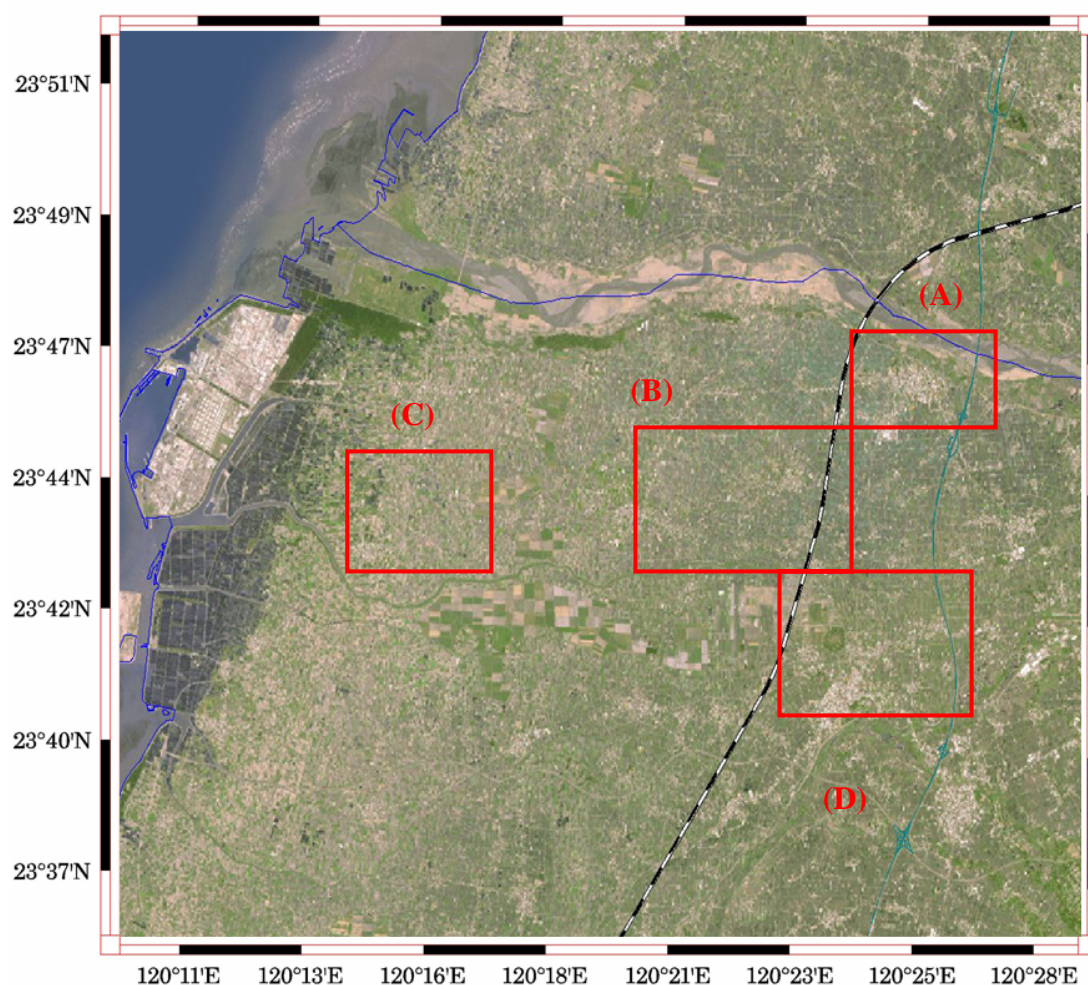


圖 4.1 雷達差分干涉結果之地區(SPOT 影像)。黑白線段為高速鐵路沿線。對雲林地區分為四大區域來分析。

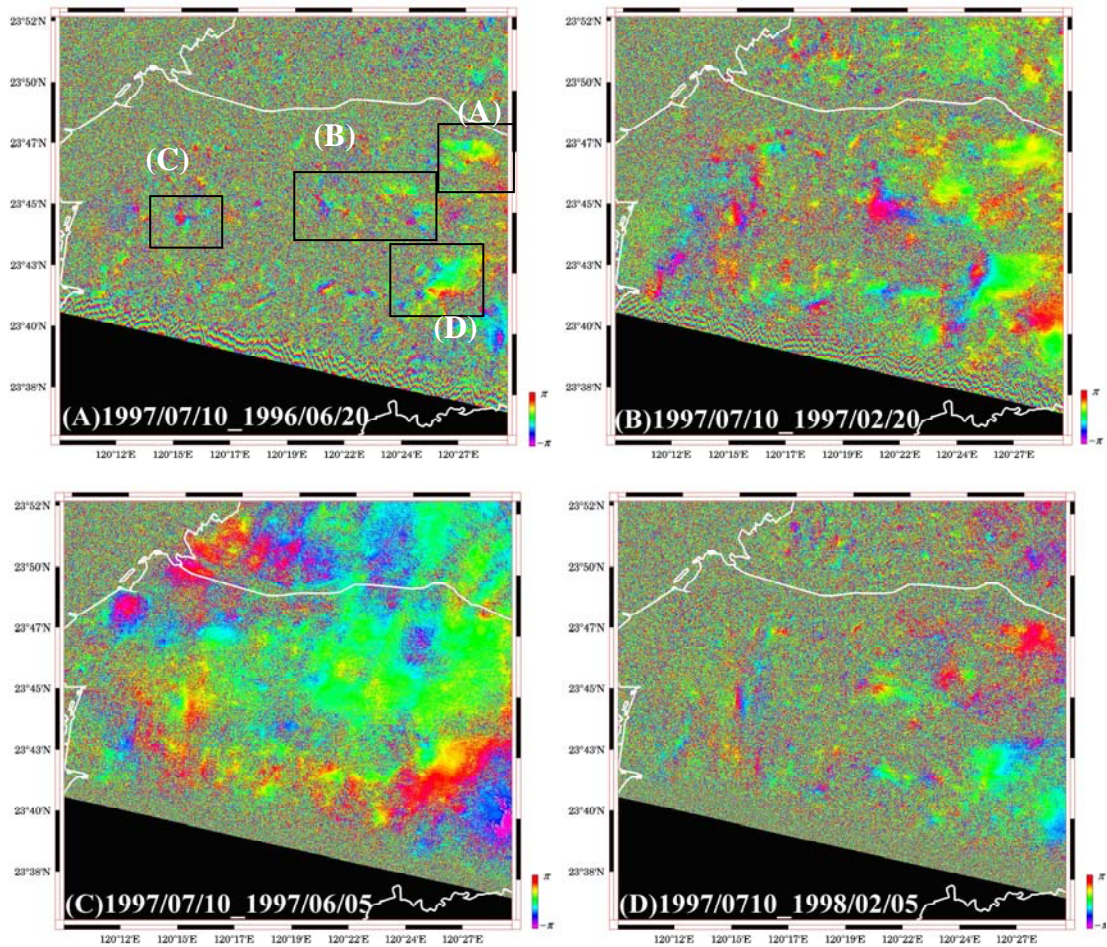


圖 4.2 雲林地區四組雷達差分干涉圖。(a)圖說明將干涉圖分為四大區域來進行分析。

4-1-1 四組影像對及三組影像對之量化分析結果

本研究共使用四組影像對，時間為 1996 年至 1998 年，其中 1997/07/10_1997/06/05 這組影像對之時間間距僅相差 35 天，短時間的影像對有可能會有大氣效應而造成誤差，因此在分析上我們將分為兩個部分：第一部分先取四組影像對進行量化分析，第二部分再將 1997/07/10_1997/06/05 這組影像對去除來進行量化分析，最後將兩部分進行比較與探討 1997/07/10_1997/06/05 這組影像是否受大氣效應誤差之影響。在量化分析中，我們將全部影像對作解相位處理後，分別除以各影像對之時間跨距以得到每組影像之日平均變形率，再將四/三組日平均變形率加總取平均後換算為年平均變化率，此即雷達差分干涉長時

期之年變化率。另外在解相位部分，本研究將定義各地區某一點較平坦變形量為零之不動點，則解相位後的結果為相對點之變形量，即將差分干涉結果轉換至地表實際變化量。

第一部分：四組影像對

(A)

此區域地理位置位於雲林縣西螺鎮的市中心。從年平均變化圖可知(圖 4.3)，最大相對抬升變形區位於西螺的東邊，而最大相對沉陷變形區則位於西螺鎮西邊。由剖面 A_1A_1' 可知(圖 4.4)，其變形趨勢從西螺西南側向中心逐漸上升，至東北側又轉復為下降趨勢；而剖面 A_2A_2' (圖 4.5) 其變形量趨勢由西螺西北側往東南側皆呈現上升的現象。剖面 A_1A_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.58cm/yr 與 0.4cm/yr，而剖面 A_2A_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率則為分別約為 0.5 cm/yr 與 0.4 cm/yr。

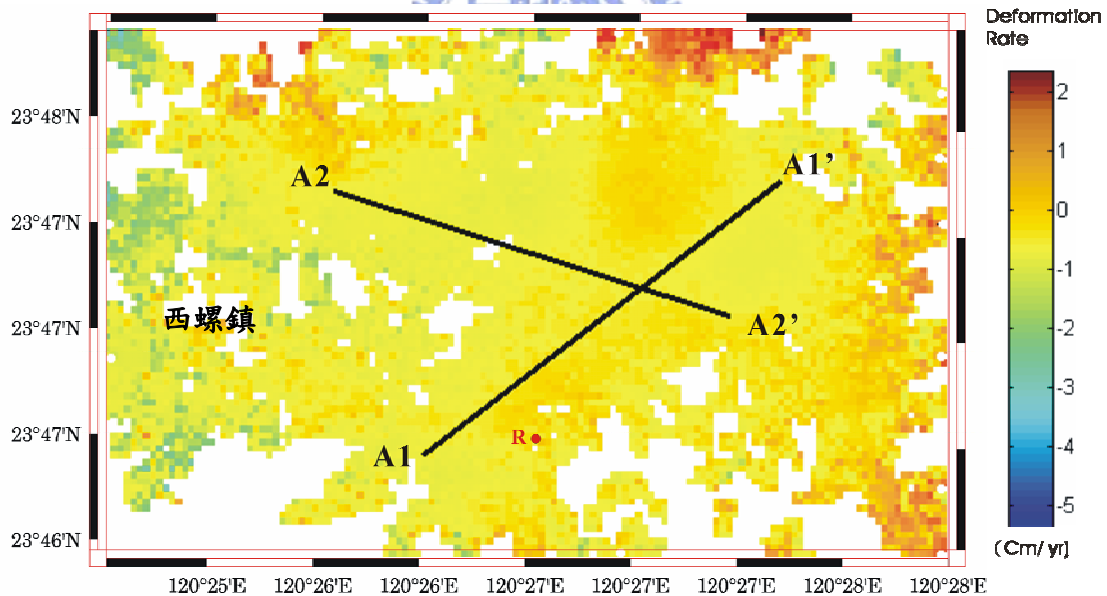


圖 4.3 雲林(A)區域(西螺鎮市中心)長時間地表變形速率圖。此區域範圍大小：長約 5.2km、寬約 3.2km。圖中黑線分別為測線 A_1A_1' 與 A_2A_2' ，紅色原點為參考點 R。

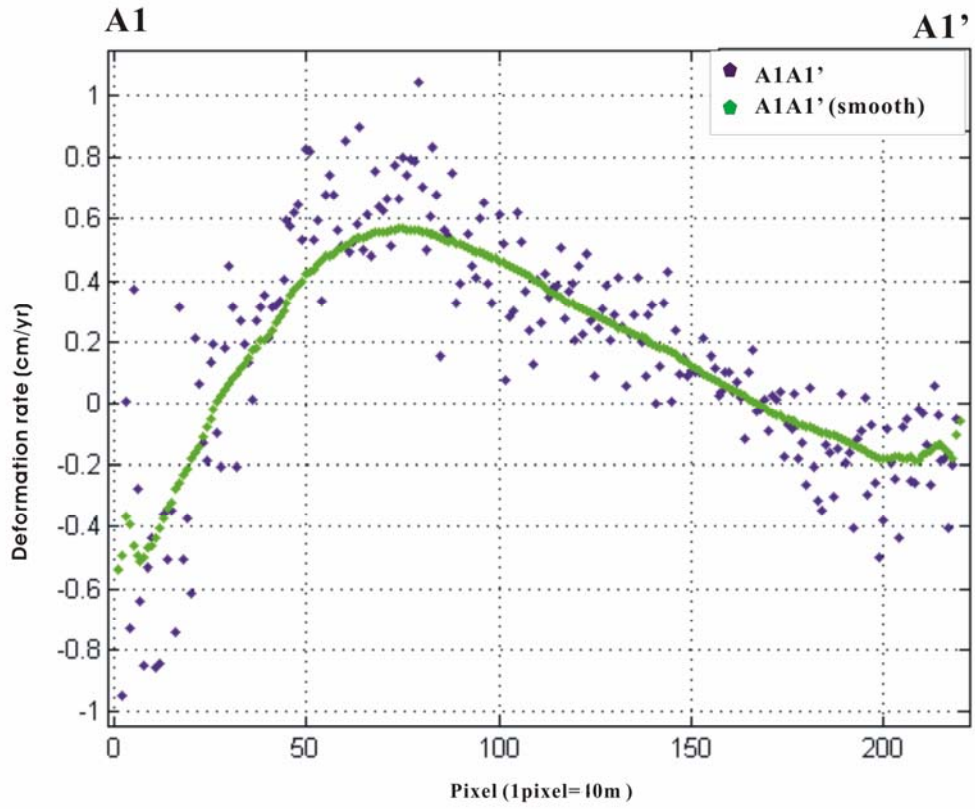


圖 4.4 測線 A1A1' 於雲林(A)地區長時間地表變形圖之量化結果。

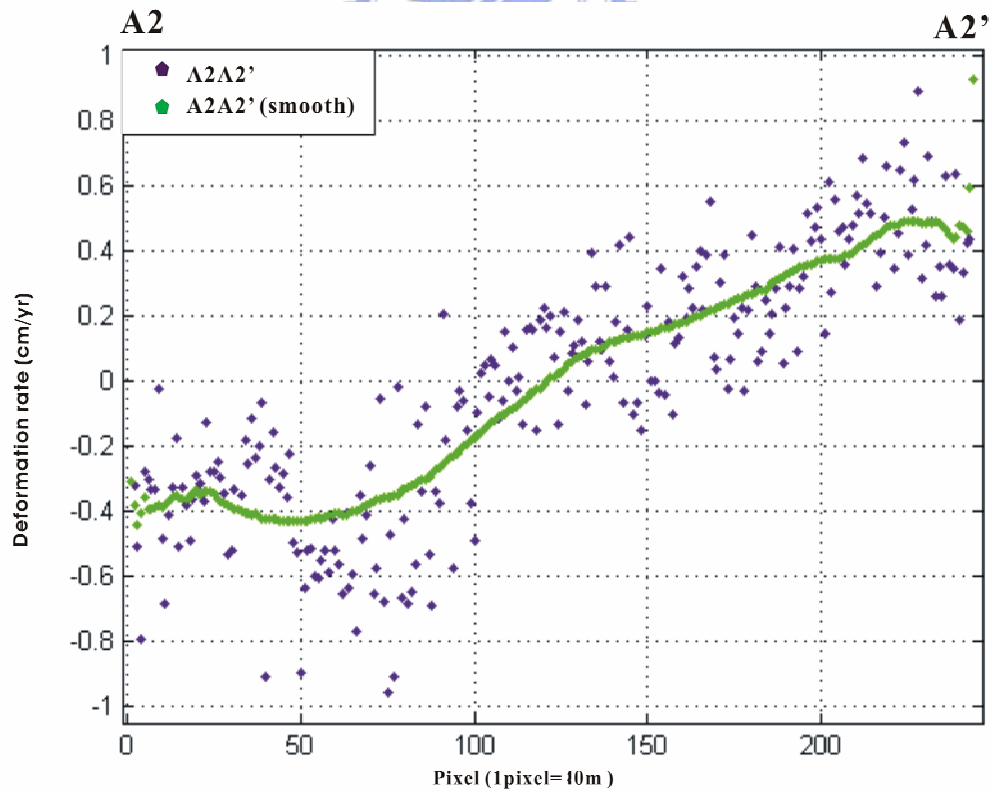


圖 4.5 測線 A2A2' 於雲林(A)地區長時間地表變形圖之量化結果。

(B)

此區域橫跨雲林縣虎尾鄉及土庫鎮兩大鄉鎮，東半部於雲林縣的虎尾鄉、西半部則位於土庫鎮，正是高速鐵路經過的地區。從年平均變化圖可知(圖 4.6)，相對抬升較高變形區位於虎尾鄉附近，而相對沉陷之變形區則位於土庫鎮附近。由剖面 $B_1 B_1'$ 可知(圖 4.7)，東南側相較於西北側成明顯的上升趨勢，而剖面 $B_2 B_2'$ (圖 4.8) 是由西往東呈現下陷的趨勢。剖面 $B_1 B_1'$ 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 5.8 cm/yr 與 4.4 cm/yr，而剖面 $B_2 B_2'$ 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率則為分別約為 7.5 cm/yr 與 5.25 cm/yr。

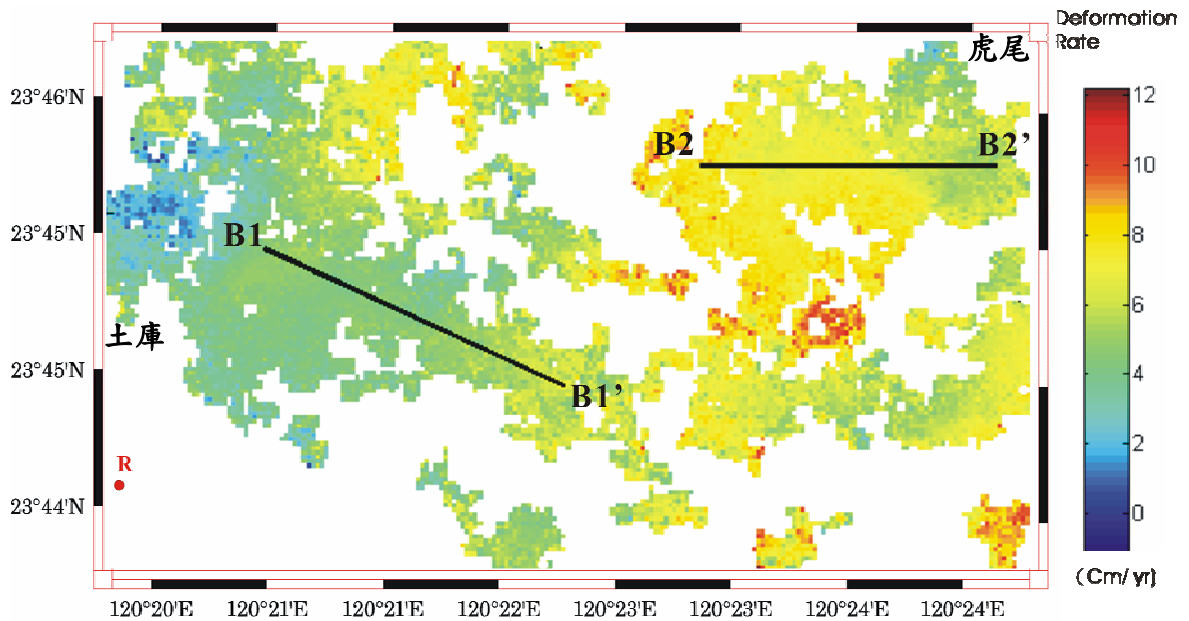


圖 4.6 雲林(B)區域(東邊為靠近虎尾鎮、西邊則位於土庫鎮)長時間地表變形速率圖。此區域範圍大小：長約 8.4 km、寬約 4.8 km。圖中黑線分別為測線 $B_1 B_1'$ 與 $B_2 B_2'$ ，紅色原點為參考點 R。

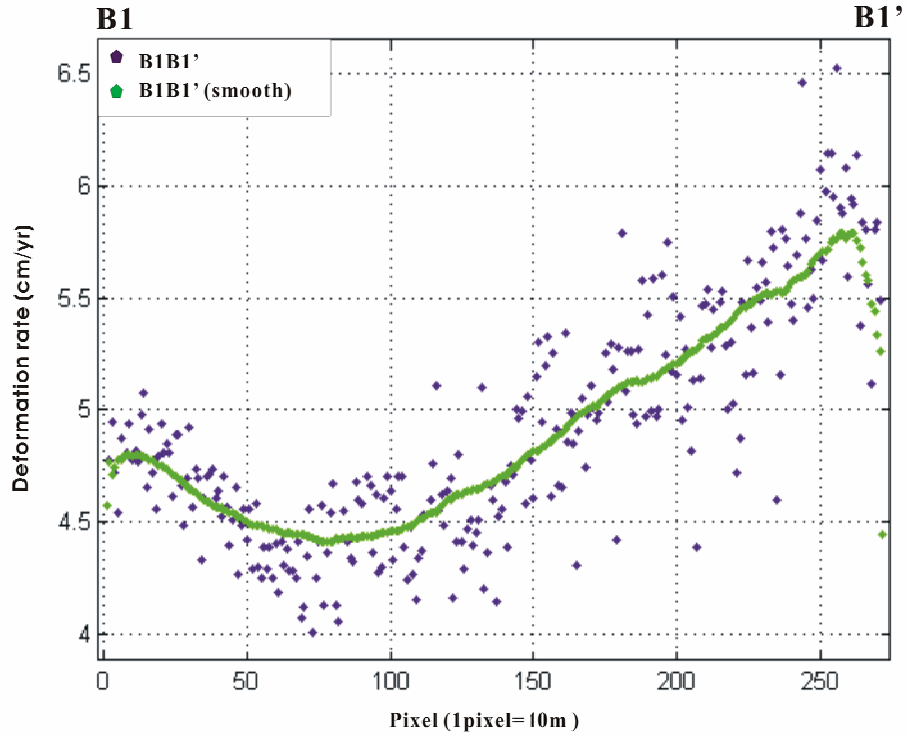


圖 4.7 測線 B1 B1' 於雲林(B)地區長時間地表變形圖之量化結果。

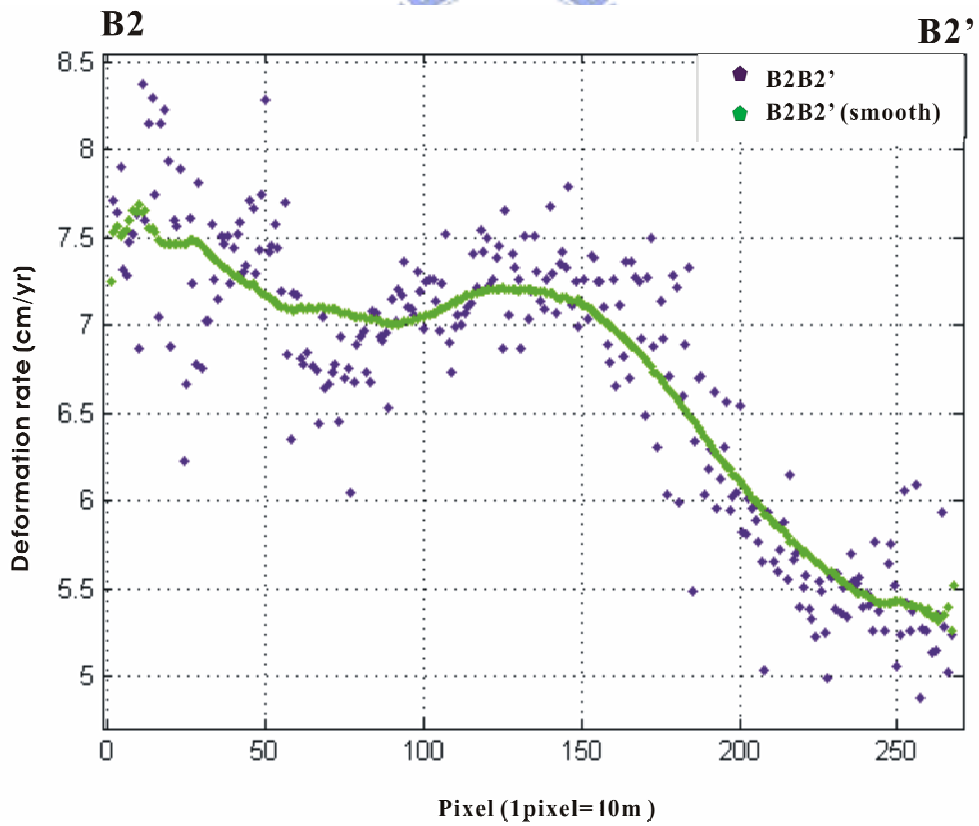


圖 4.8 測線 B2B2' 於雲林(B)地區長時間地表變形圖之量化結果。

(C)

此區域東邊位於雲林縣的褒忠邊緣鄉、西邊則位於東勢鄉、南邊部分區域則位於元長鄉。從年平均變化圖可知(圖 4.9)，此區域的干涉結果是呈現斑駁的現象，僅餘元長鄉附近有明顯干涉成果，因此針對此區塊(約位於元長鄉中心)進行量化分析，在解相位結果方面(圖 4.9)，其變形趨勢是由西北往東南側上升。經由量化分析結果顯示(圖 4.10)，其地表變形率由西北往東南逐漸增加，剖面 C_1C_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別為 3.5 cm/yr 與 0.5 cm/yr。

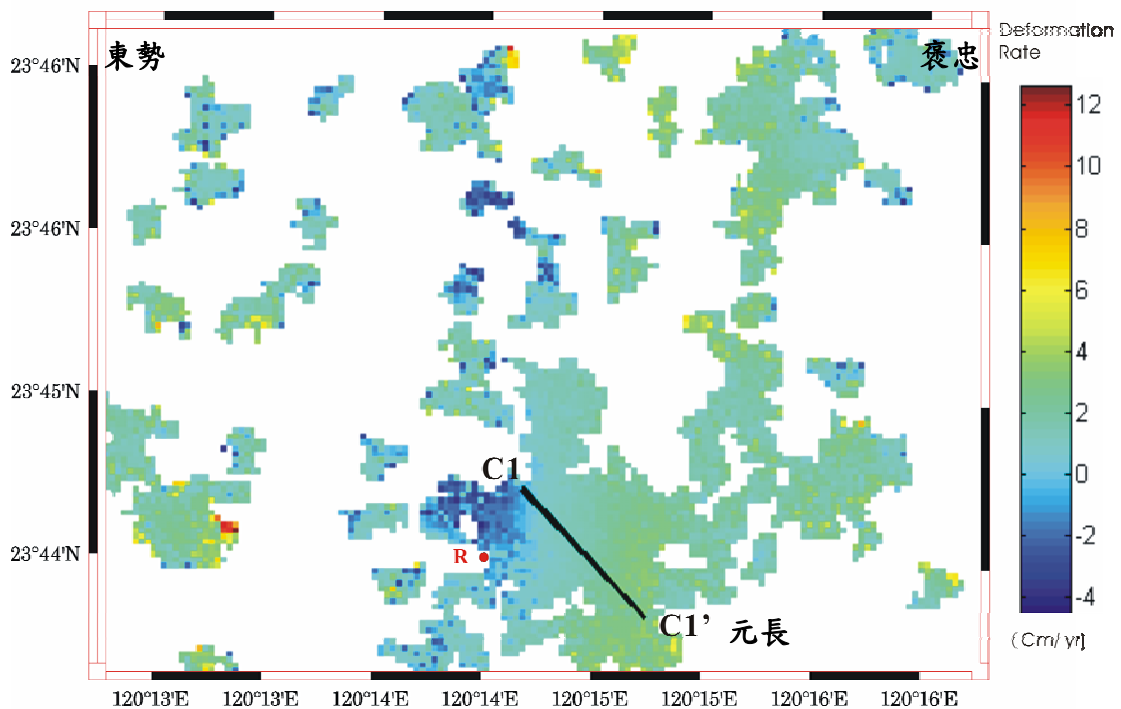


圖 4.9 雲林(C)區域(坐落於雲林縣褒忠鄉、東勢鄉及元長鄉三個地區)長時間地表變形速率圖。此區域範圍大小：長約 6 km、寬約 4.4 km。圖中黑線分別為測線 C_1C_1' ，紅色原點為參考點 R。

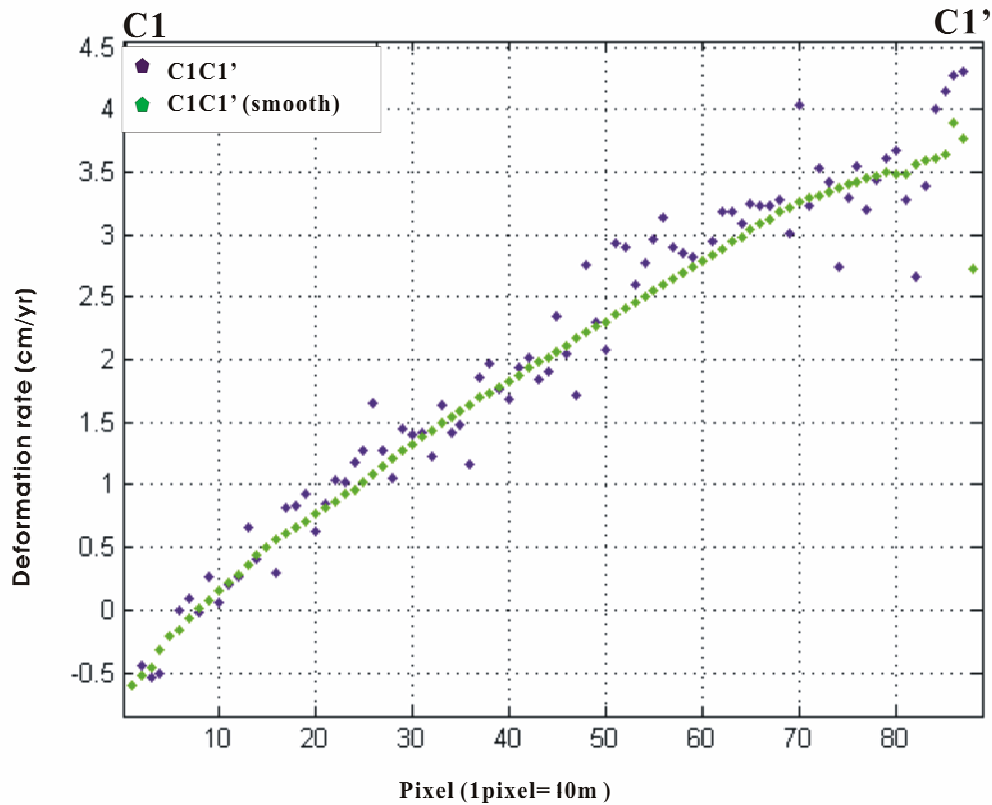


圖 4.10 測線 C1C1' 於雲林(C)地區長時間地表變形圖之量化結果。



(D)

此區域東南半部位於雲林縣的斗南鎮、西北半部則靠近虎尾鎮。從年平均變化圖可知(圖 4.11)，最大相對抬升變形區位於東南側斗南鎮，而最大相對沉陷之變形區則位於虎尾地區。由剖面 D_1D_1' 可知(圖 4.12)，從西南往東北方向成明顯的下降趨勢，而剖面 D_2D_2' (圖 4.13) 是由西北往東南呈現上升的趨勢。剖面 D_1D_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 5.5 cm/yr 與 3.6 cm/yr，而剖面 D_2D_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率則為分別約為 6.5 cm/yr 與 3.6 cm/yr。

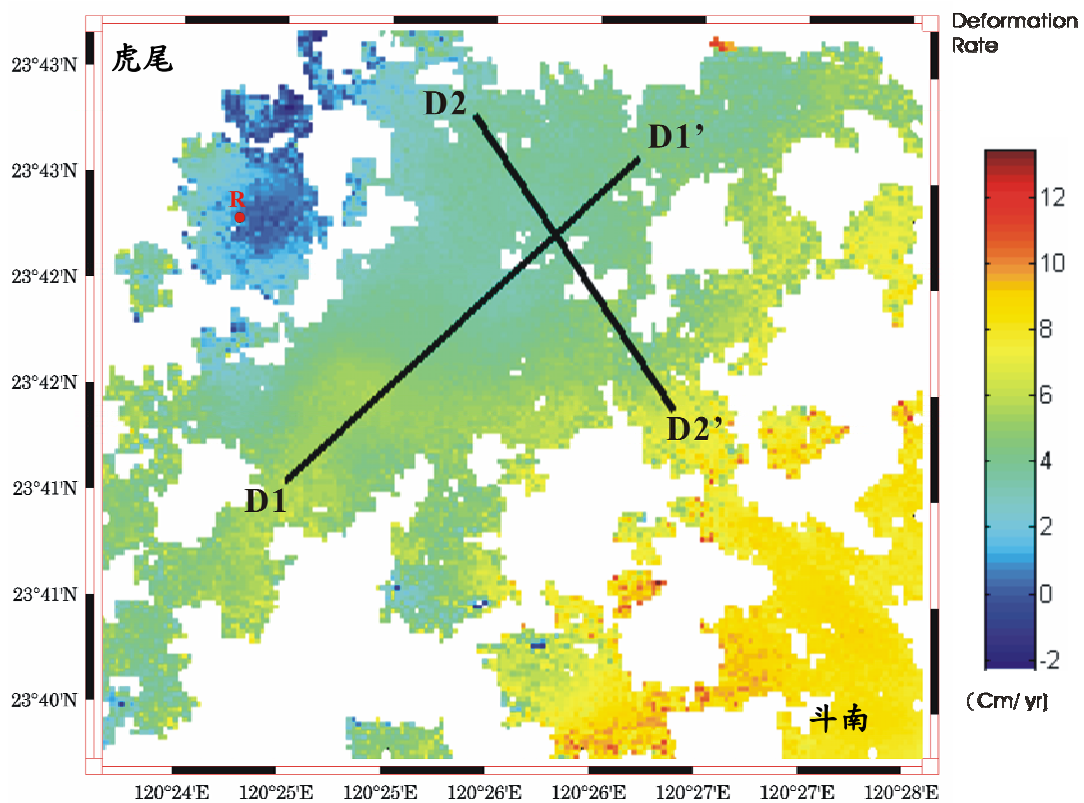


圖 4.11 雲林(D)區域(東南半部位於雲林縣的斗南鎮、西北半部則靠近虎尾鎮)長時間地表變形速率圖。此區域範圍大小：長約 6.8 km、寬約 6 km。圖中黑線分別為測線 D_1D_1' 與 D_2D_2' ，紅色原點為參考點 R。

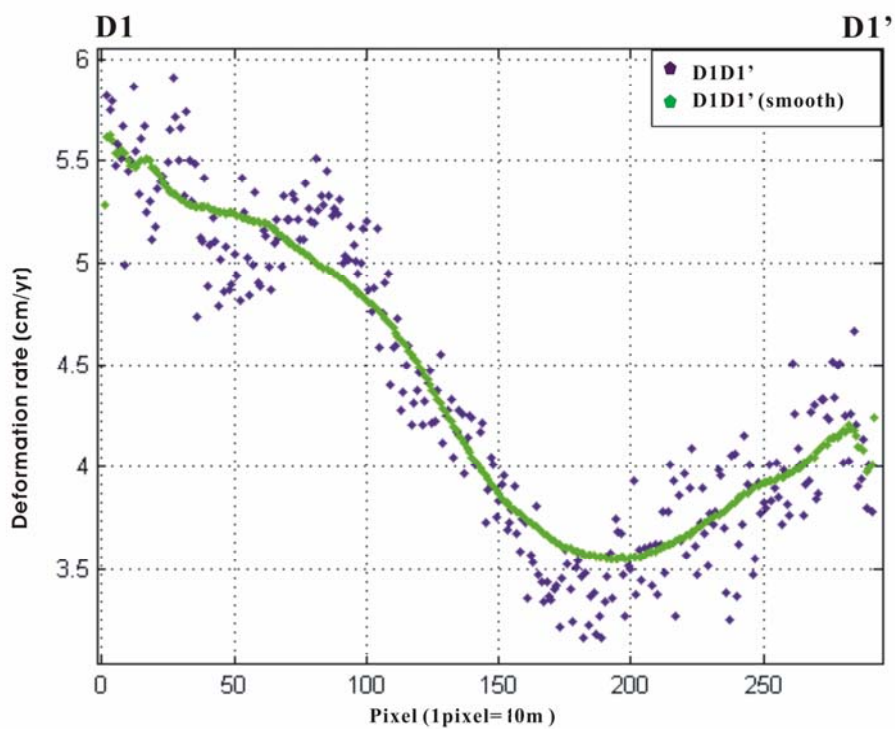


圖 4.12 測線 D_1D_1' 於雲林(D)地區長時間地表變形圖之量化結果。

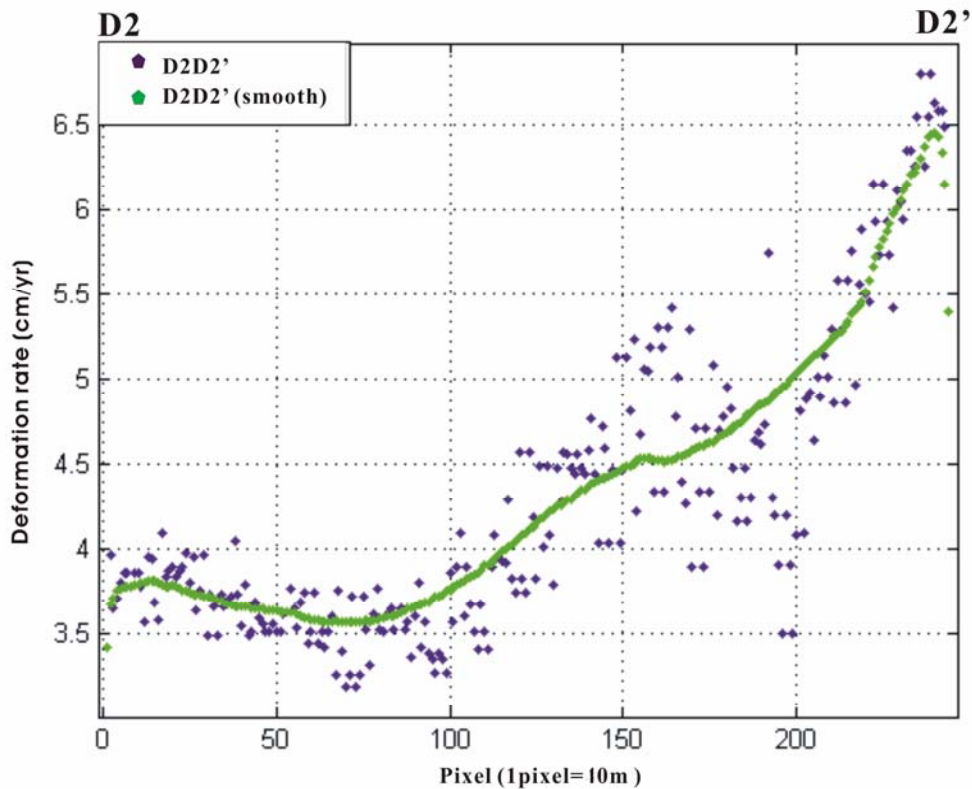


圖 4.13 測線 D2D2' 於雲林(D)地區長時間地表變形圖之量化結果。

第二部分：去除 1997/07/10 1997/06/05 時間對影像之三組影像對

(A)

從年平均變化圖可知(圖 4.14)，最大相對沉陷之變形區則位於西螺鎮西邊。剖面 A_1A_1' 可知(圖 4.15)，其變形趨勢從西螺西南側向中心逐漸上升，至東北側又轉復為下陷趨勢；而剖面 A_2A_2' (圖 4.16)其變形量趨勢由西螺西北側往東南側皆呈現上升的現象。剖面 A_1A_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.8 cm/yr 與 1.2 cm/yr，而剖面 A_2A_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率則為分別約為 0.8 cm/yr 與 1.42 cm/yr。

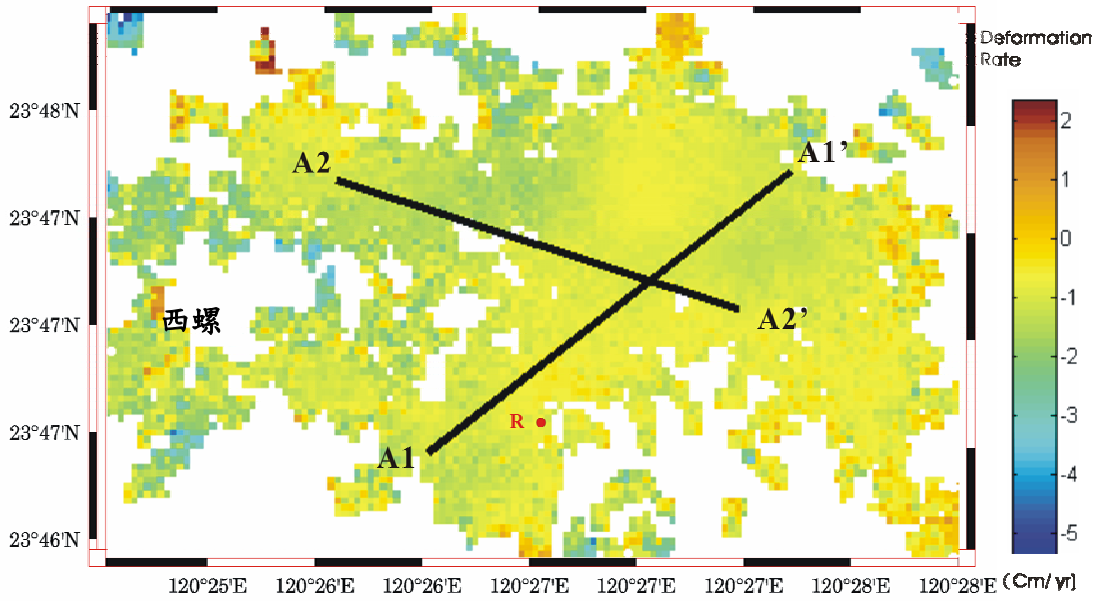


圖 4.14 雲林(A)區域(西螺鎮市中心)長時間地表變形速率圖。圖中黑線分別為測線 A_1A_1' 與 A_2A_2' ，紅色原點為參考點 R。

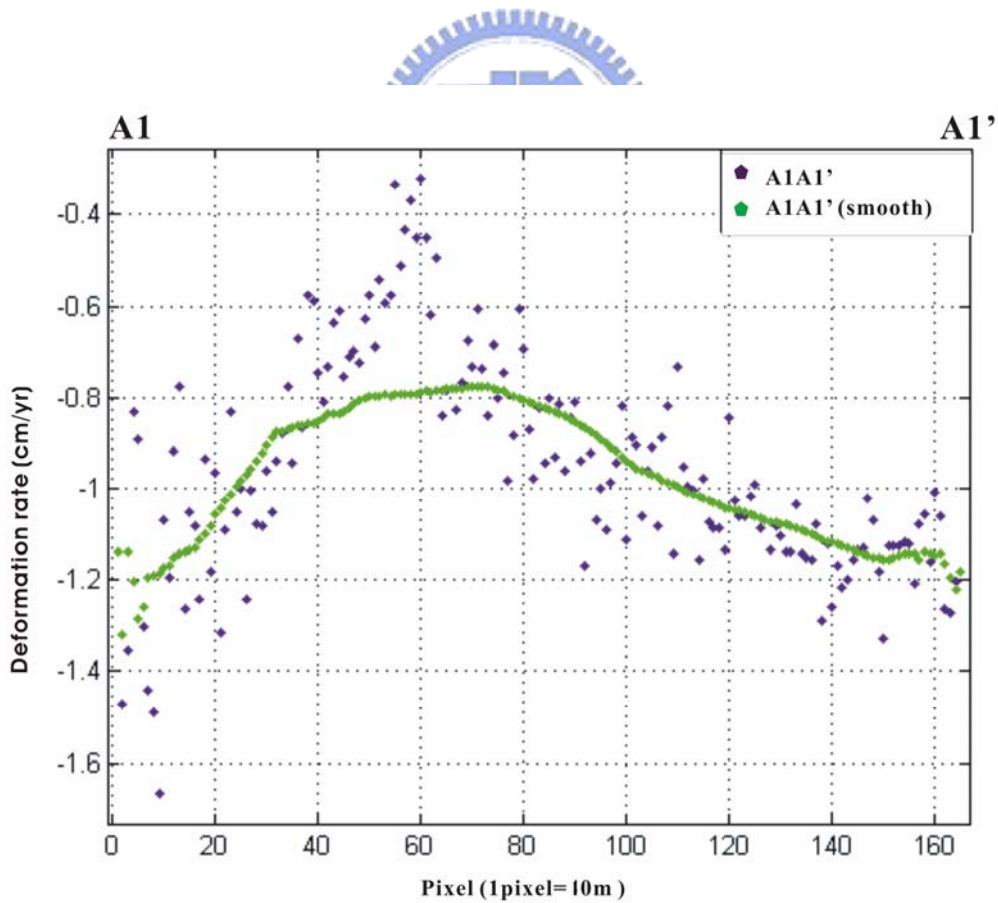


圖 4.15 測線 A_1A_1' 於雲林(A)地區長時間地表變形圖之量化結果。

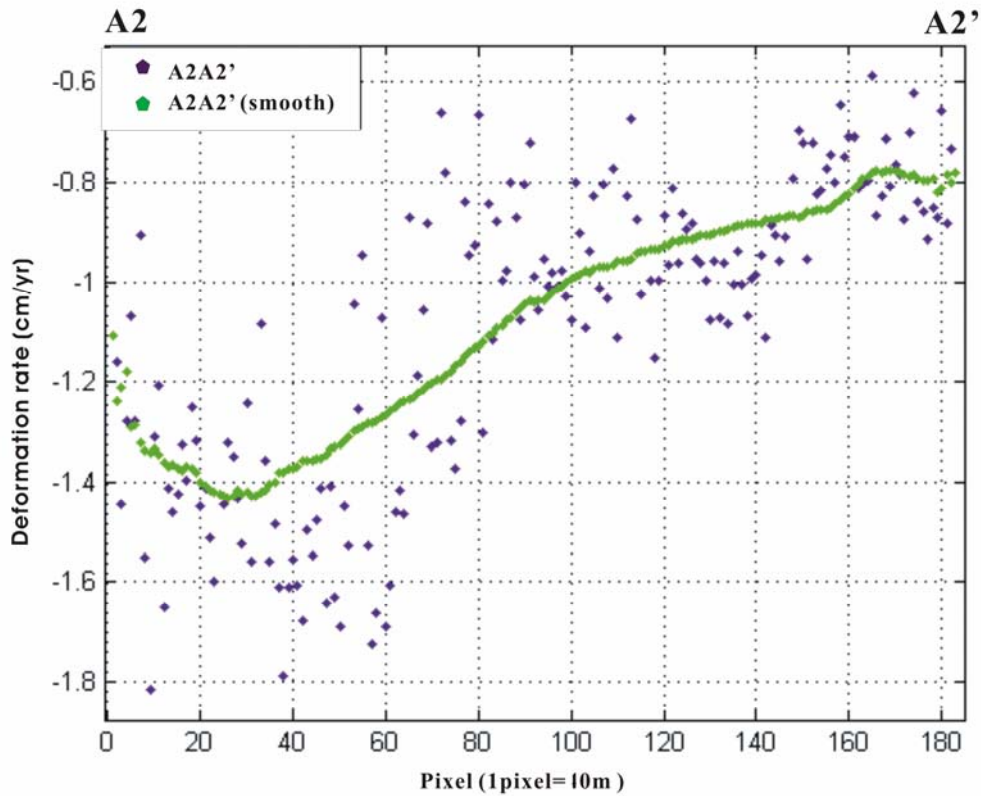


圖 4.16 測線 A2A2' 於雲林(A)地區長時間地表變形圖之量化結果。

(B)

從年平均變化圖可知(圖 4.17)，相對抬升較高變形區位於虎尾鄉附近，而最大相對沉陷之變形區則位於土庫鎮附近。由剖面 B_1B_1' 可知(圖 4.18)，東南側相較西北側成明顯的上升趨勢，而剖面 B_2B_2' (圖 4.19) 是由西往東呈現下降的趨勢。剖面 B_1B_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 2.5 cm/yr 與 3.5 cm/yr，而剖面 B_2B_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率則為分別約為 0.2 cm/yr 與 1 cm/yr。

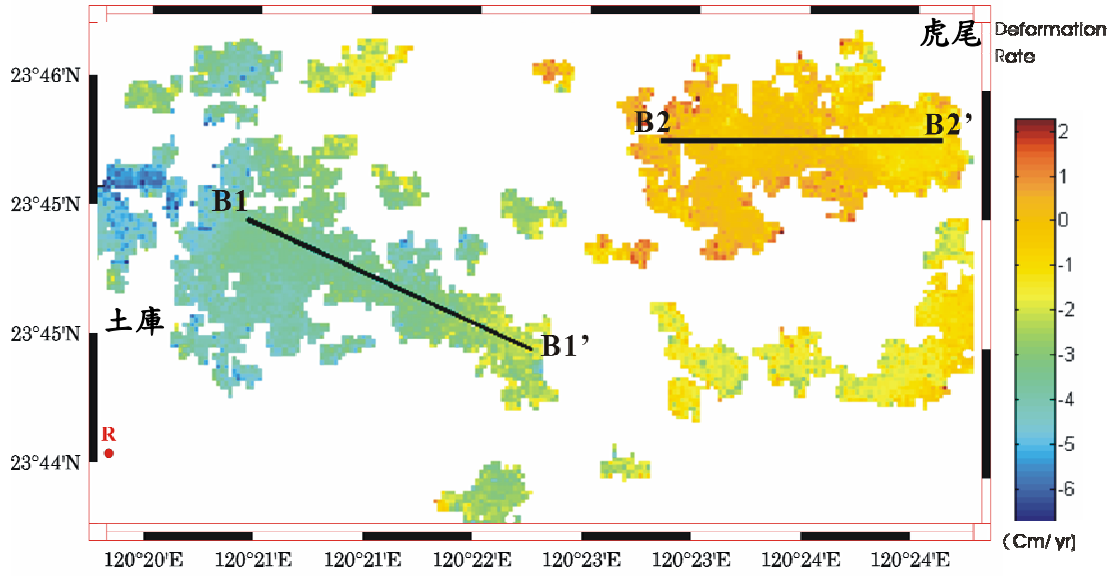


圖 4.17 雲林(B)區域(東邊為靠近虎尾鎮、西邊則位於土庫鎮)長時間地表變形速率圖。圖中黑線分別為測線 B_1B_1' 與 B_2B_2' ，紅色原點為參考點 R。

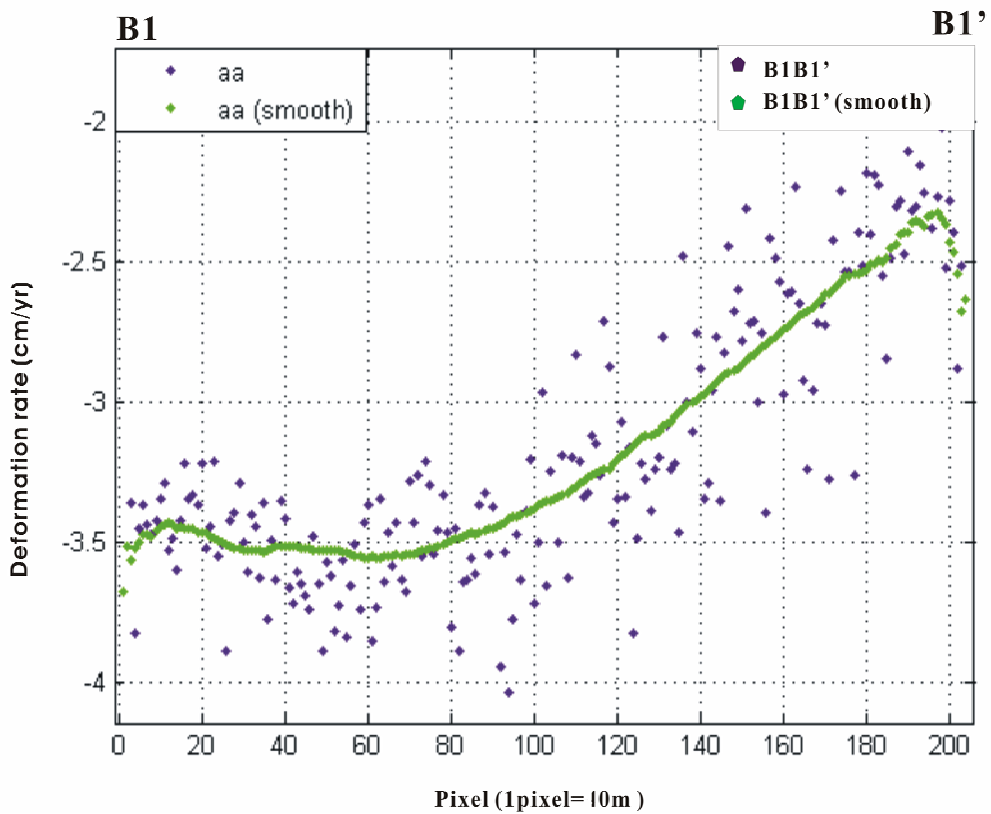


圖 4.18 測線 B_1B_1' 於雲林(B)地區長時間地表變形圖之量化結果。

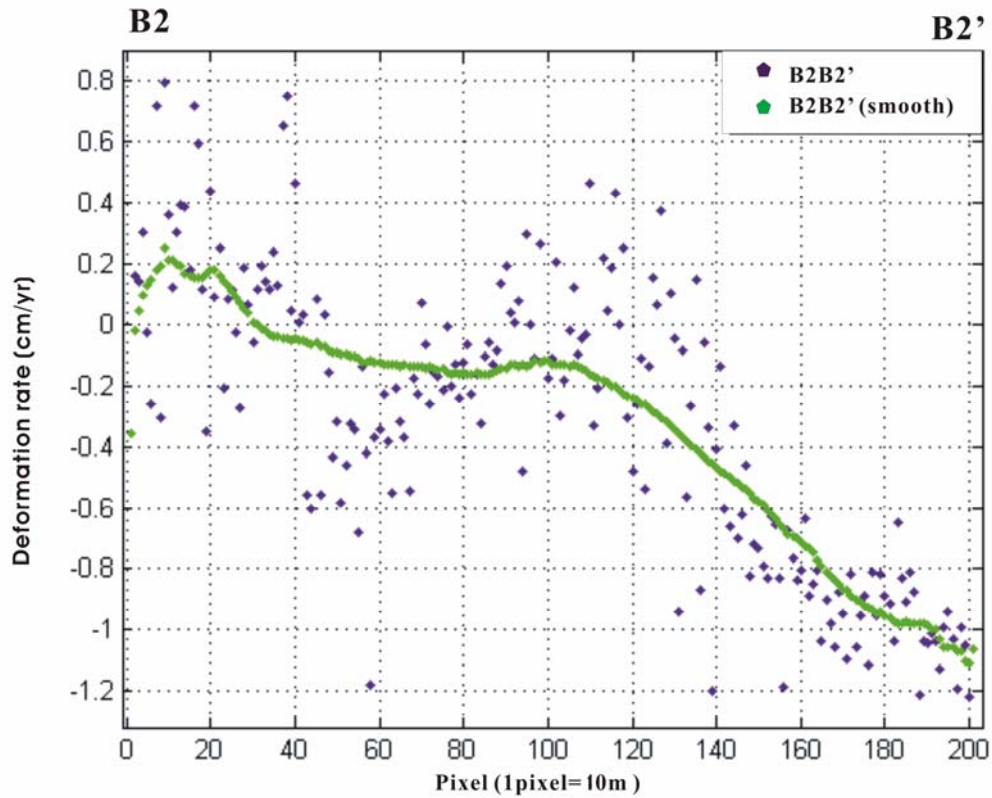


圖 4.19 測線 B2B2' 於雲林(B)地區長時間地表變形圖之量化結果。



(C)

在解相位解果方面(圖 4.20)，變形趨勢是由西北往東南側上升，其變形趨勢和第一部分相比較有較為平緩的情形。經由量化分析結果顯示(圖 4.21)，其地表變形率由西北往東南逐漸上升，剖面 C_1C_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別為 0.25 cm/yr 與 2.1 cm/yr。

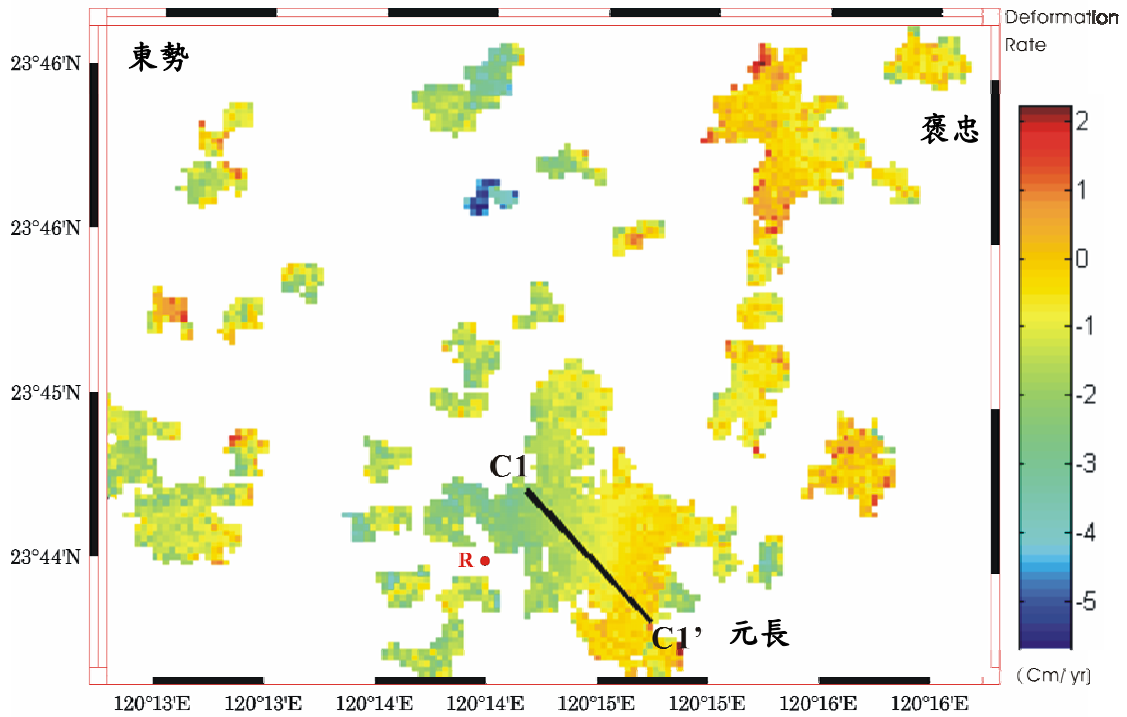


圖 4.20 雲林(C)區域(坐落於雲林縣褒忠鄉、東勢鄉及元長鄉三個地區)長時間地表變形速率圖。圖中黑線分別為測線 C_1C_1' ，紅色原點為參考點 R。

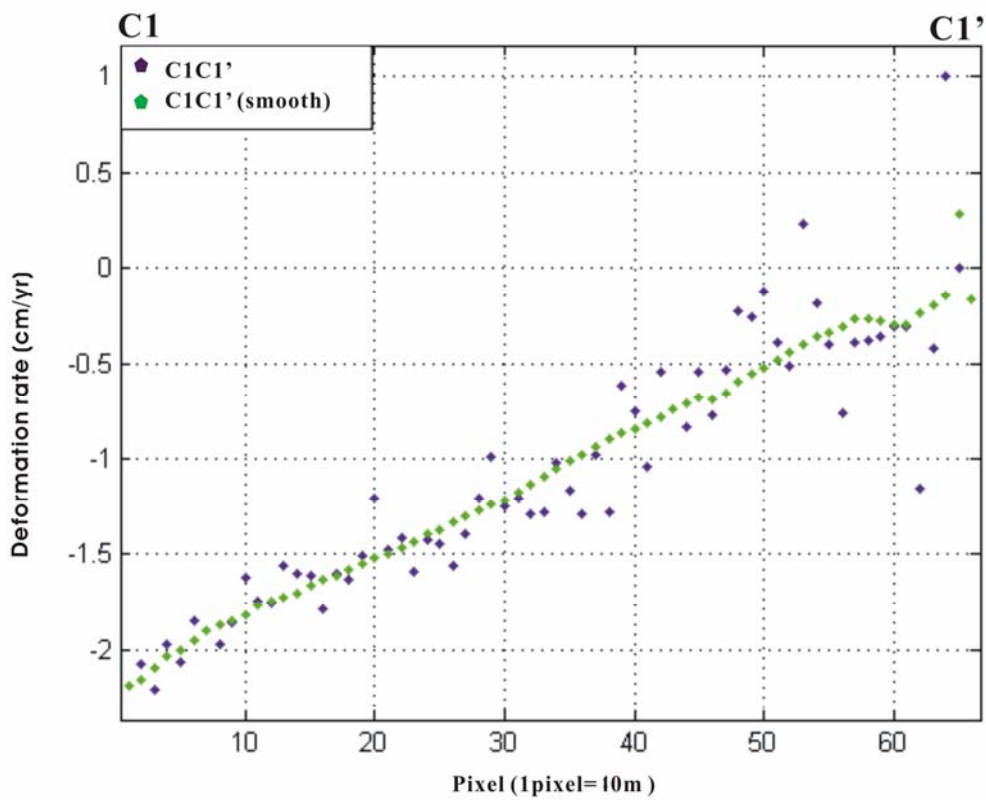


圖 4.21 測線 C_1C_1' 於雲林(C)地區長時間地表變形圖之量化結果。

(D)

從年平均變化圖可知(圖 4.22)，最大相對沉陷之變形區則位於西北側。由剖面 D_1D_1' 可知(圖 4.23)，從西南往東方向成明顯的下降趨勢，而剖面 D_2D_2' (圖 4.24) 是由西北往東南呈現上升的趨勢。剖面 D_1D_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.62 cm/yr 與 0.1 cm/yr，而剖面 D_2D_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率則為分別約為 0.6 cm/yr 與 0.1 cm/yr。

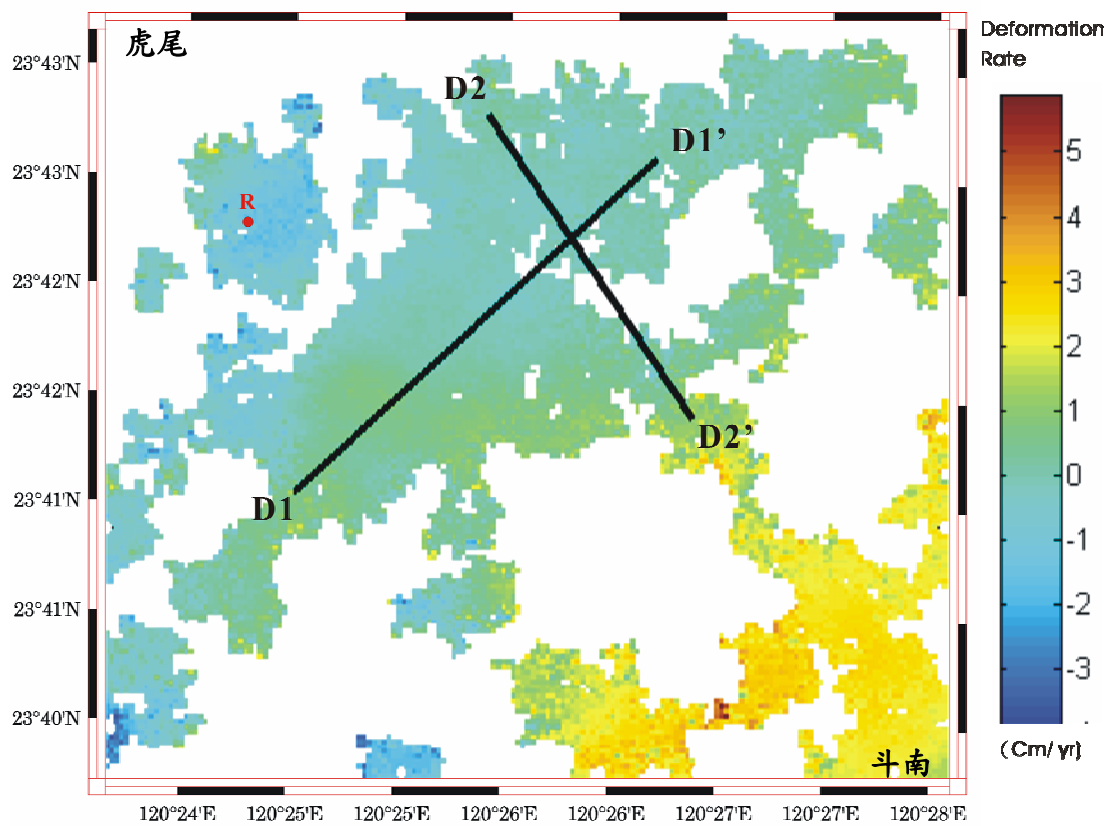


圖 4.22 雲林(D)區域(東南半部位於雲林縣的斗南鎮、西北半部則靠近虎尾鎮)長時間地表變形速率圖。圖中黑線分別為測線 D_1D_1' 與 D_2D_2' ，紅色原點為參考點 R。

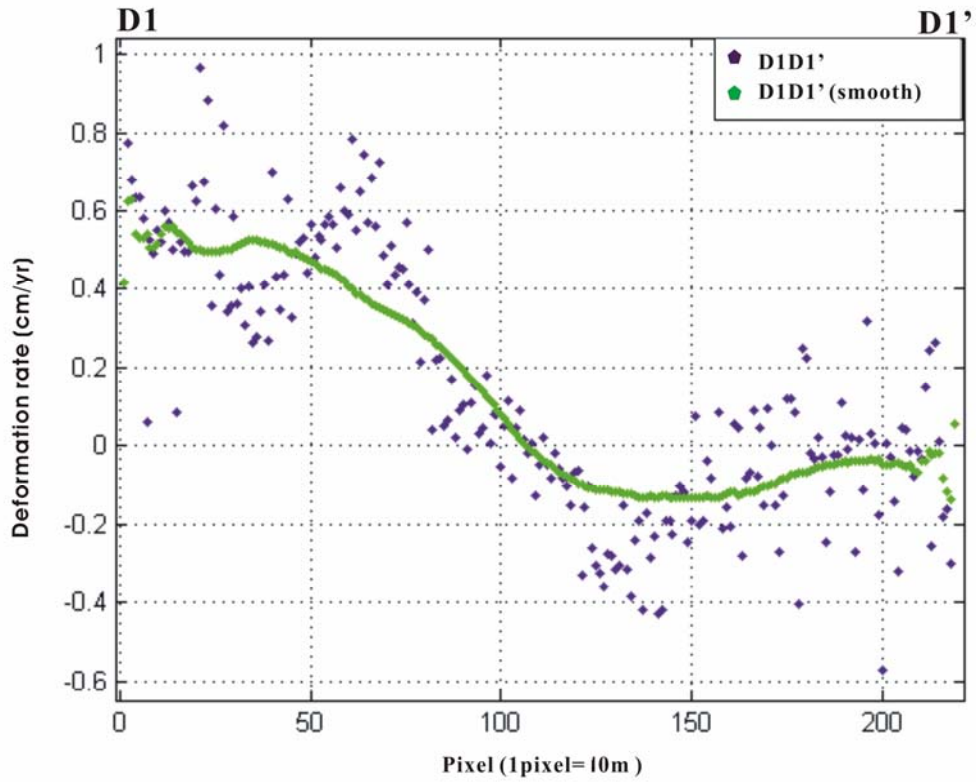


圖 4.23 測線 D1D1' 於雲林(D)地區長時間地表變形圖之量化結果。

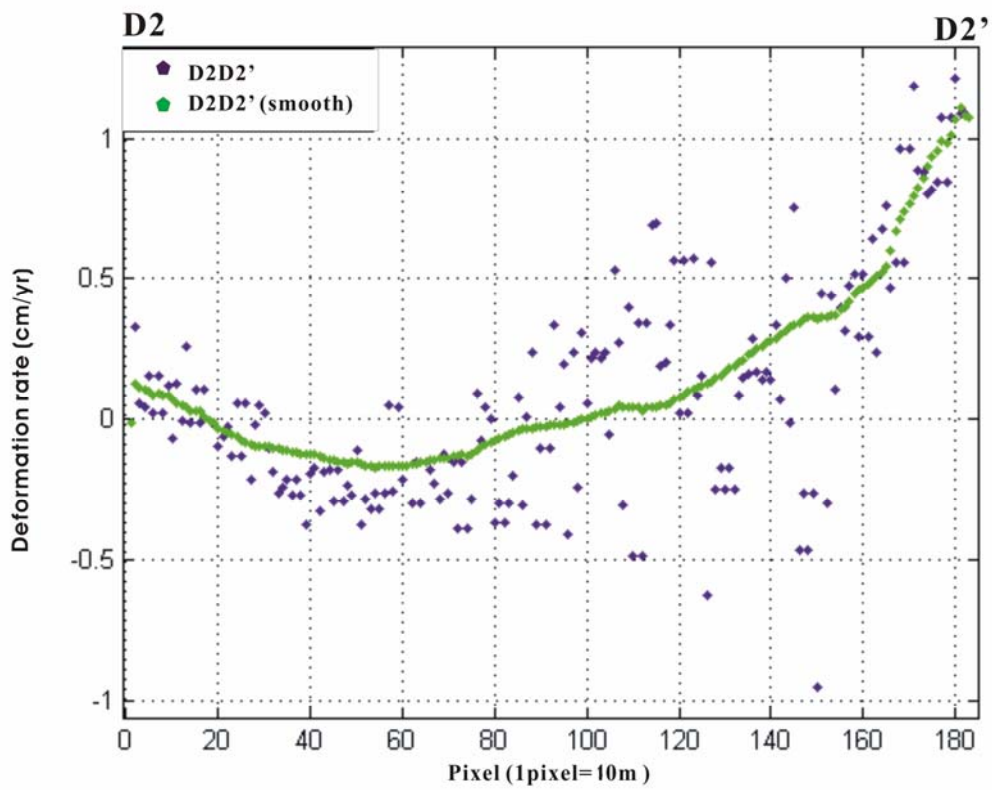


圖 4.24 測線 D2D2' 於雲林(D)地區長時間地表變形圖之量化結果。

4-1-2 綜合分析與探討

本節內容將探討加入 970710_970605 這組影像對是否會有大氣效應的誤差存在?

圖 4.25 為雲林 A 區兩條測線之量化分析結果，可見出在剖面 A_1A_1' 中，變化率趨勢相同，其中四對影像對之 A_1A_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.58 cm/yr 與 0.4 cm/yr，而三組影像對之 A_1A_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.8 cm/yr 與 1.2 cm/yr。四對影像對之 A_2A_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.5 cm/yr 與 0.4 cm/yr，而三組影像對之 A_2A_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.8 cm/yr 與 1.42 cm/yr。在兩個方法中，剖面 A_1A_1' 中最大台升率相差 1.38 cm/yr、最大下陷率相差 0.8 cm/yr；剖面 A_2A_2' 最大抬升率相差 1.18 cm/yr、最大下陷率相差 1 cm/yr。於兩種方法中相比較其間差距約有 1 cm/yr 的變形率。

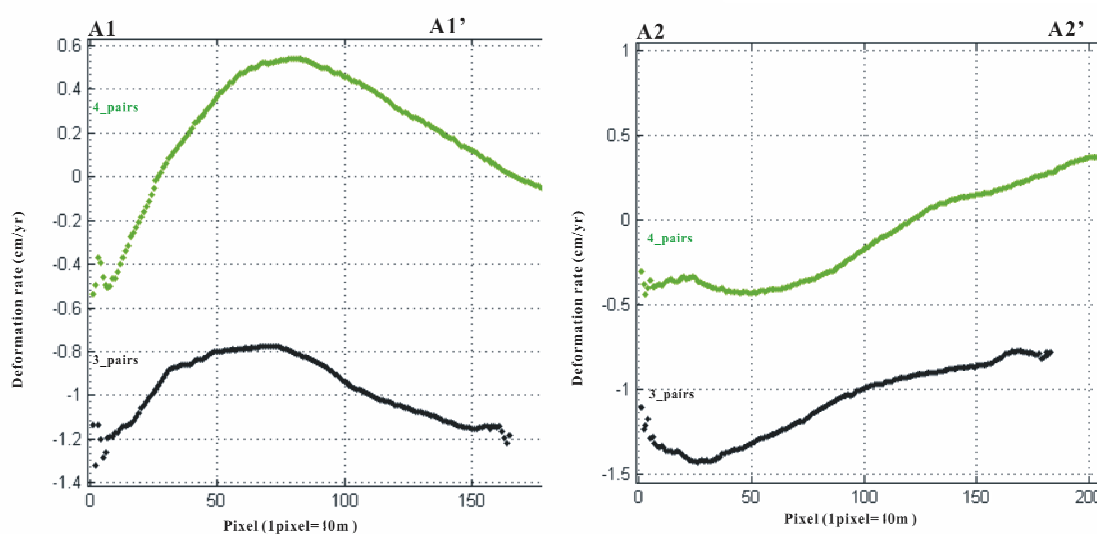


圖 4.25 雲林(A)區測線 A_1A_1' 及 A_2A_2' 於兩種方法結果之差異。綠色線段代表四組影像對之量化分析、黑色線段代表三組影像對之量化分析。

圖 4.26 為雲林 B 區兩條測線之量化分析結果，其中四對影像對之 B_1B_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 5.8 cm/yr 與 4.4 cm/yr，三組影像對之 B_1B_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 2.5 cm/yr 與 3.5 cm/yr。四對影像對之 B_2B_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 7.5 cm/yr 與 5.25 cm/yr，三組影像對之 A_2A_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.2 cm/yr 與 1 cm/yr。可見剖面 B_1B_1' 中最大抬升率相差 7.3 cm/yr、最大下陷率相差 7.9 cm/yr；而剖面 B_2B_2' 最大抬升率相差 7.7 cm/yr、最大下陷率相差 7 cm/yr。於兩種方法中相比較其間差距皆約有 7 cm/yr。

圖 4.27 為雲林 C 區 C_1C_1' 測線之量化分析結果，其中四對影像對之 C_1C_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 3.5 cm/yr 與 0.5 cm/yr，三組影像對之 C_1C_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.25 cm/yr 與 2.1 cm/yr。可見剖面 C_1C_1' 中最大抬升率相差 2.25 cm/yr、最大下陷率相差 1.7 cm/yr。

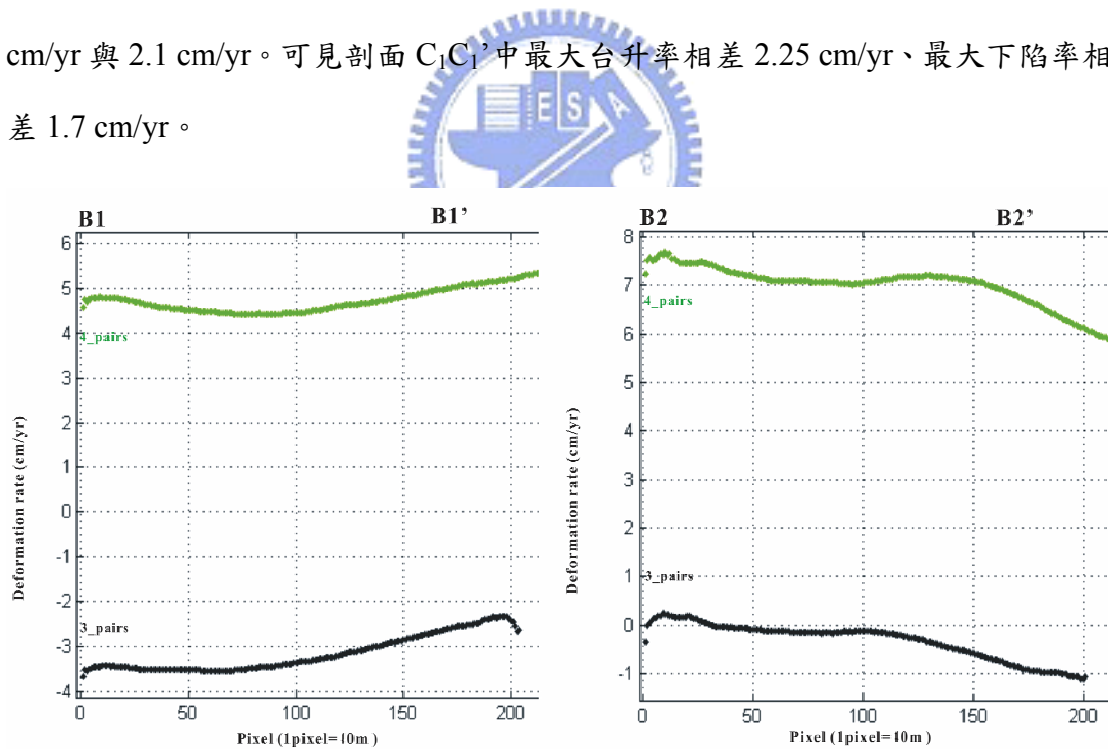


圖 4.26 雲林(B)區測線 B_1B_1' 及 B_2B_2' 於兩種方法結果之差異。綠色線段代表四組影像對之量化分析、黑色線段代表三組影像對之量化分析。

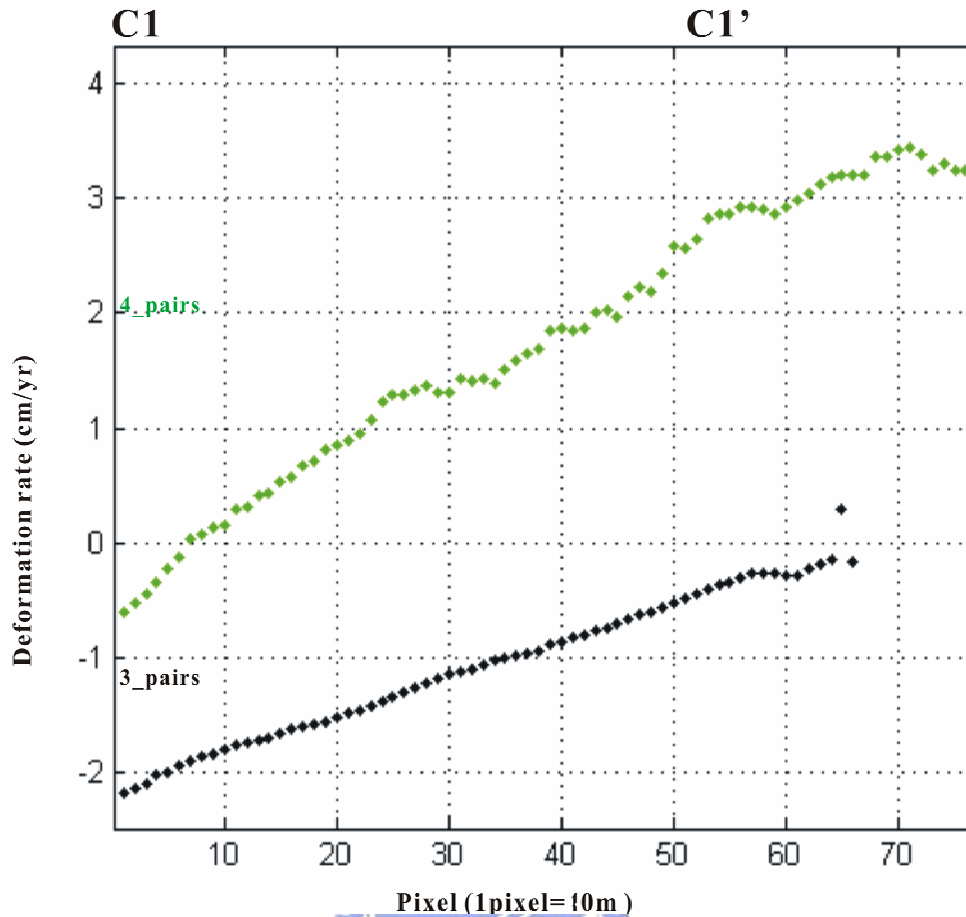


圖 4.27 雲林(C)區測線 C1C1' 兩種方法結果之差異。綠色線段代表四組影像對之量化分析、黑色線段代表三組影像對之量化分析。

圖 4.28 為雲林 D 區兩條測線之量化分析結果，其中四對影像對之 D_1D_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 5.5 cm/yr 與 3.6 cm/yr，而三組影像對之 D_1D_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.62 cm/yr 與 0.1 cm/yr。四對影像對之 D_2D_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 6.5 cm/yr 與 3.6 cm/yr，而三組影像對之 D_2D_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.6 cm/yr 與 0.1 cm/yr。可見剖面 D_1D_1' 中最大抬升率相差 5 cm/yr、最大下陷率相差 3.5 cm/yr；而剖面 D_2D_2' 最大抬升率相差 6 cm/yr、最大下陷率相差 3.5 cm/yr。

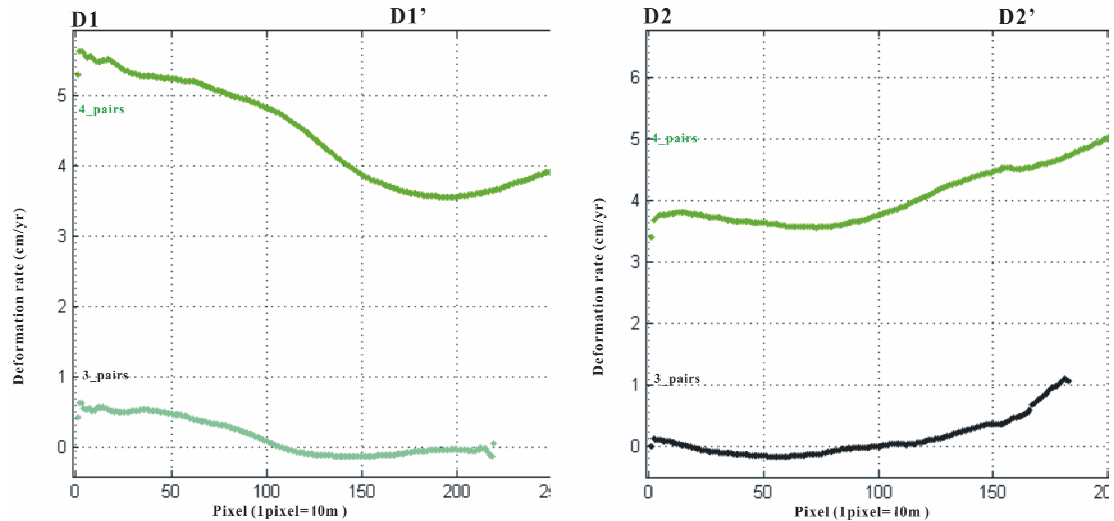


圖 4.28 雲林(D)區測線 D1D1' 及 D2D2' 於兩種方法結果之差異。綠色線段代表四組影像對之量化分析、黑色線段代表三組影像對之量化分析。

以上為兩種方法結果的差異，根據圖 2.4(C)差分干涉結果中，在虎尾、斗南地區有很明顯干涉環顏色變化，而相對其他三組影像中，在這幾個地區雖然有訊號產生，但沒有(C)組影像來的明顯，經比較分析後也發現在虎尾、及斗南這兩個地區的差異性最大，其中最大值有 7.9 cm/yr 的變化率，再者根據先前的資料也未發現於 1997/07/10_1997/06/05 這段期間內，地表有巨大的變化率。因此，我們可推斷在短時間的雷達差分干涉影像中會存在大氣效應所帶來的誤差。四組和三組量化分析結果顯示，整體的變形趨勢是相似的，但其中四組影像和三組影像中所存在的偏移量(offset)，原因是在解相位處理後，分別除以各影像對之時間跨距以得到每組影像之日平均變形率，再將四組日平均變形率加總取平均後換算為年平均變化率。在 1997/07/10_1997/06/05 這對影像中，其變形來自於地表變形加大氣效應所帶來的誤差，因影像對相差 35 天，在計算年平均變化率會將這 35 天的變化量(表變形加大氣效應所帶來的誤差)，會被放大約 10 倍，因此才有這麼大的差異存在。因台灣氣候屬於較潮濕型，我們可推斷在短時間差距的雷達差分干涉影像中會存在大氣效應所帶來的誤差。

針對可信高之三組影像對進行分析，實驗 A 區位於雲林縣西螺附近，於此

區整體變形趨勢由西往東上升，剖面 A_1A_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.8 cm/yr 與 1.2 cm/yr；而剖面 A_2A_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率則為分別約為 0.8 cm/yr 與 1.42 cm/yr。實驗 B 區位於雲林縣虎尾鎮、土庫鎮附近，整體變形趨勢，最大抬升變形區位於東側虎尾地區，而最大相對沉陷變形區則位於西側的土庫地區。剖面 B_1B_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 2.5 cm/yr 與 3.5 cm/yr，而剖面 B_2B_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率則為分別約為 0.2 cm/yr 與 1 cm/yr。實驗 C 區位於雲林縣褒忠、東勢、元長鄉附近，其區域雖然干涉成果較為破碎，但對於此區整體趨勢，西邊相對東邊是呈現沉陷的情形。剖面 C_1C_1' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.25 cm/yr 與 2.1 cm/yr。而實驗 D 區，其所在位置位於雲林縣斗南、虎尾附近，此區域最大相對抬升變形區位於東南側的斗南地區，而最大相對沉陷變形區則位於西側虎尾地區。剖面 D_2D_2' 上各點與參考點之間的最大相對抬升、下陷率分別約為 0.6 cm/yr 與 0.1 cm/yr。

上述三組影像作解相位動作，再將三組相位加總取平均，所得雷達差分干涉長時期之年變化圖，在圖中我們僅針對四塊區域進行量化分析，在這些區域中，尤其是 A 區(圖 4.14)及 D 區(圖 4.22)，分別所在的位置位於西螺鎮及斗南鎮，而兩個區域正是雲林縣人口集中且建物密集高的地區，我們可以很明顯看到這兩個區域的形狀和實際市區分佈相似，因此建物多的地區與得到較佳干涉結果有相當密切關係。從這四個局部地區雖然每個區域有各自參考點，但除 D 區位於斗六鎮其相對抬升率為 0.6 cm/yr 較高，其餘地區相對變化率皆小於此值，可推斷於雲林整個地區相對於斗南、斗六地區，其地表變化相對是沉陷的趨勢。在相對沈陷率中，其他相對沈陷率位於 0.8 ~ 1.2 cm/yr，但在 B 區西側土庫地區，其相對沈陷率達 3.5 cm/yr，推測在此區普遍有沈降運動，可能在這附近有明顯地層下陷的情形發生。

4-2 永久散射體差分干涉結果：方法一

雖然在雲林地區，因誤差存在的因素，讓雷達差分干涉結果不盡理想，但從局部的分析中，我們發現雲林縣的變形趨勢相對由西往東抬升的現象，靠近雲林中心出現沈陷的現象，可初步推測斷下陷中心出現雲林中部地區。而本研究方法希望能藉由永久散射體差分干涉技術提高差分干涉之精度。

利用雷達差分干涉的兩種影像(即強度影像及同調性影像)，依據其影像之特性，挑出影像中較可信的像素，此即本研究之永久散射體(PSC)，而在雲林地區利用時間為1996年至1999年間的33組衛星影像來分析計算。比照影像對1997/07/10_1997/06/20 差分干涉所產生之強度影像(圖4.29)，以灰階色代表雷達回波的強度，較黑色區域表示雷達回波較差區域，而較白區域為雷達回波較佳的區域。圖4.30為雲林地區挑出永久散射體的位置圖，圖中黃色點即為永久散射點，在此方法中，於此區域範圍為960 km²挑選出1806個PS點位，於在圖中永久散射體的分布位置位於強度影像中回波較佳的區域。

依據地表物特徵及雷達波特性，經分析後挑選出散射點，再根據挑選出之散射點作解相位之動作，為了要求資料正確性，給予一些限制，即選取一點為中心，邊長最大上限為800公尺正方形範圍內取至少3個點進行解相位動作。但於雲林地區永久散射體分布較為不集中，因此，我們將雲林地區由西向東分為六大地區來探討，此六大地區選取是根據在水準資料上有明顯呈現變形的區域。

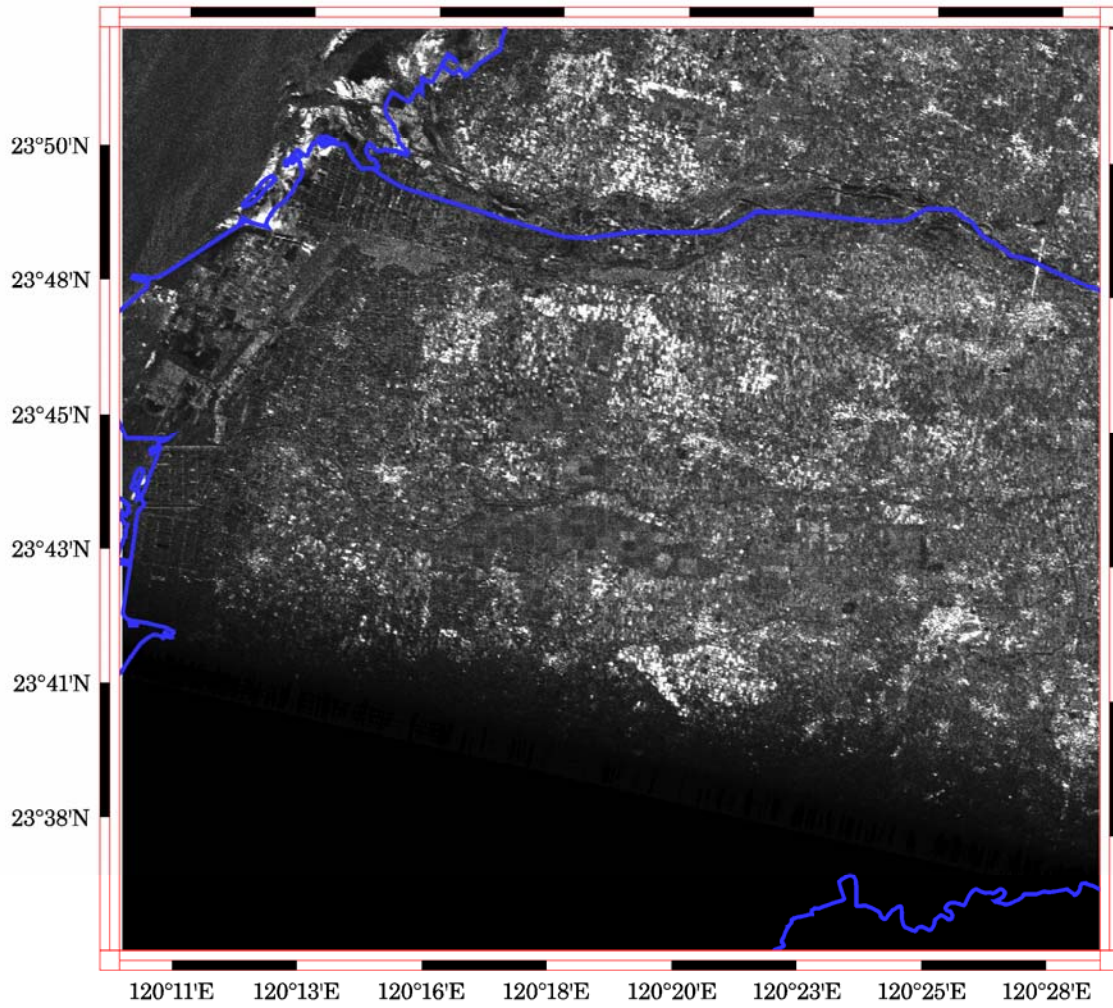


圖 4.29 雲林地區之強度影像。本圖為主影像 1997/07/10，副影像 1996/06/20 差分干涉所產生之強度影像。

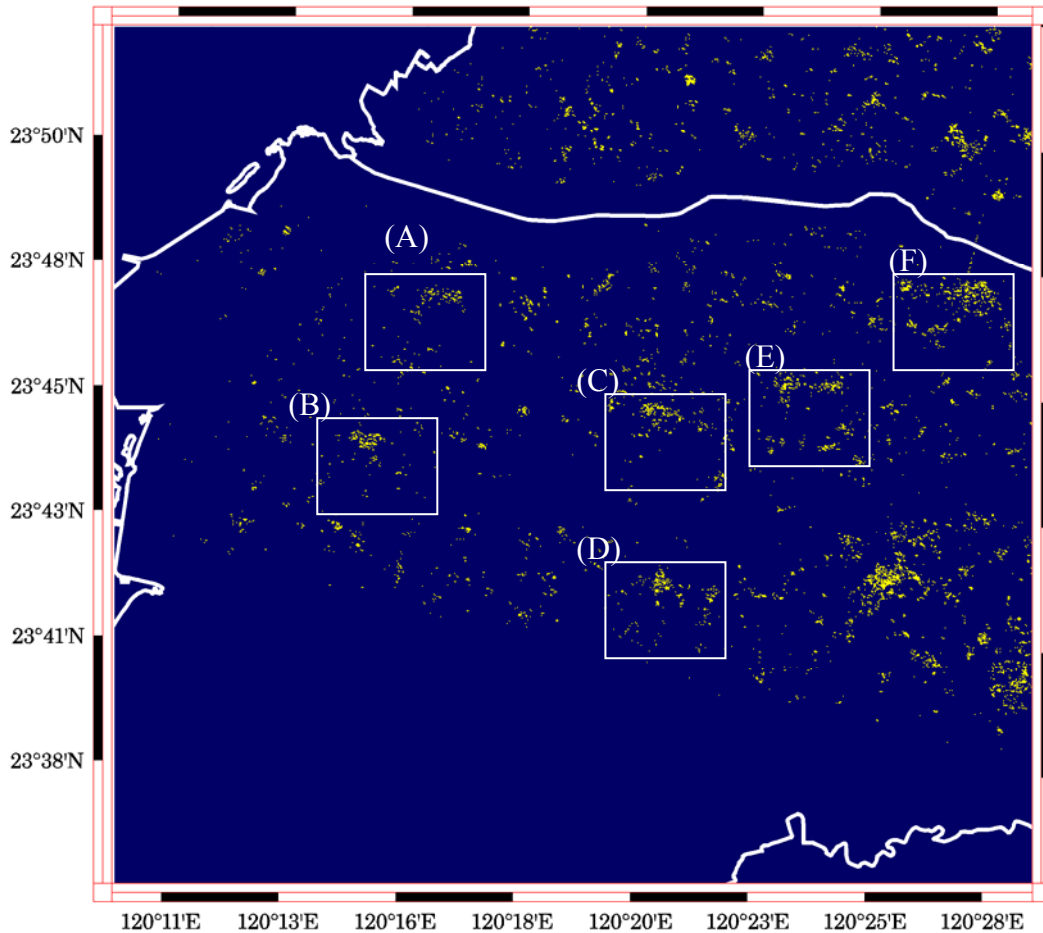


圖 4.30 雲林地區永久散射體位置圖。圖中黃色點代表永久散射點(PSC)。

(A)區

此地區位於雲林縣崙背鄉及褒忠鄉，根據民國 85~87 年(圖 2.4)及民國 87~88 年(圖 2.5)間水準所測得年平均下陷速率最大值為 6 cm/yr。利用永久散射體方法，位於此區面積約 3.36 km²，總共有 116 點 PS 點位，根據永久散射體年變化率圖(圖 4.31)，此區域由西南往東北方相對是下陷的趨勢，變化速率值集中於 -22 ~ -25 cm/yr 間，少部分點為速率位於 -10 ~ -12 cm/yr。根據(A)區之 PS 年位移量統計長方圖(圖 4.32)得知平均年變化率約 -22.76 cm/year，其標準誤差在 3.53 cm/year。其中在參考點的定義上，取下陷速率為最多點數的點位當參考點，因此我們將年變化率 -25 cm/year 定為參考點。我們取正負一個標準差，信心水準為 68%內的點位。其變化率範圍在 -26.2 ~ -19.2cm/year，相對於 -25 cm/year 為參考點，相對最大抬升率大約為 5.8 cm/year，而相對下陷率為 1.2 cm/year。相對變形率的範圍大約有 7 cm/year。

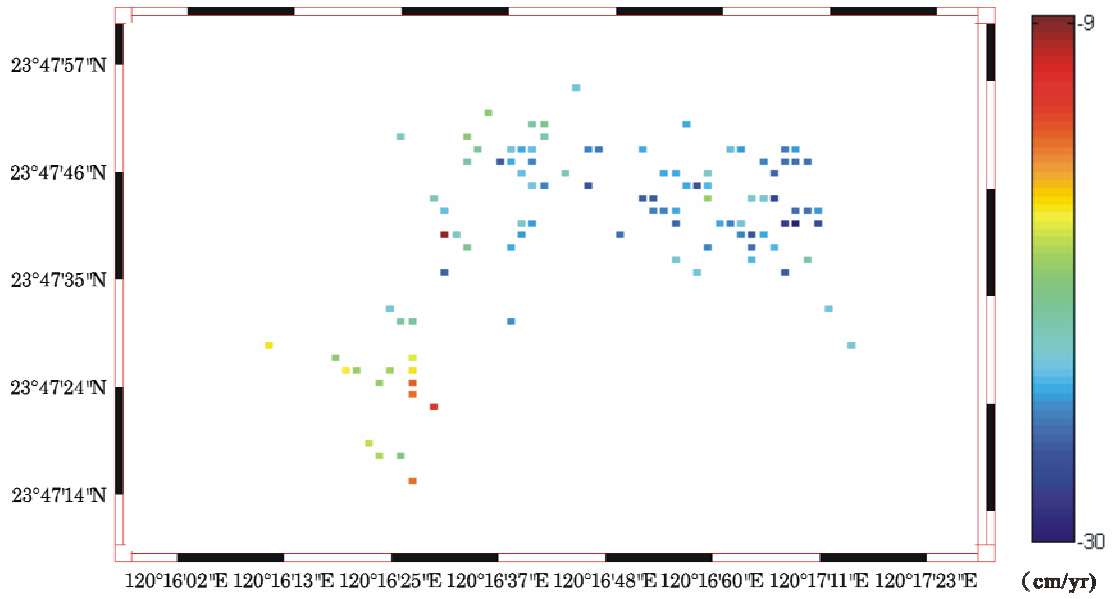


圖 4.31 雲林(A)地區(崙背鄉及褒忠鄉,面積為 3.36 km²)永久散射體之年變化率。

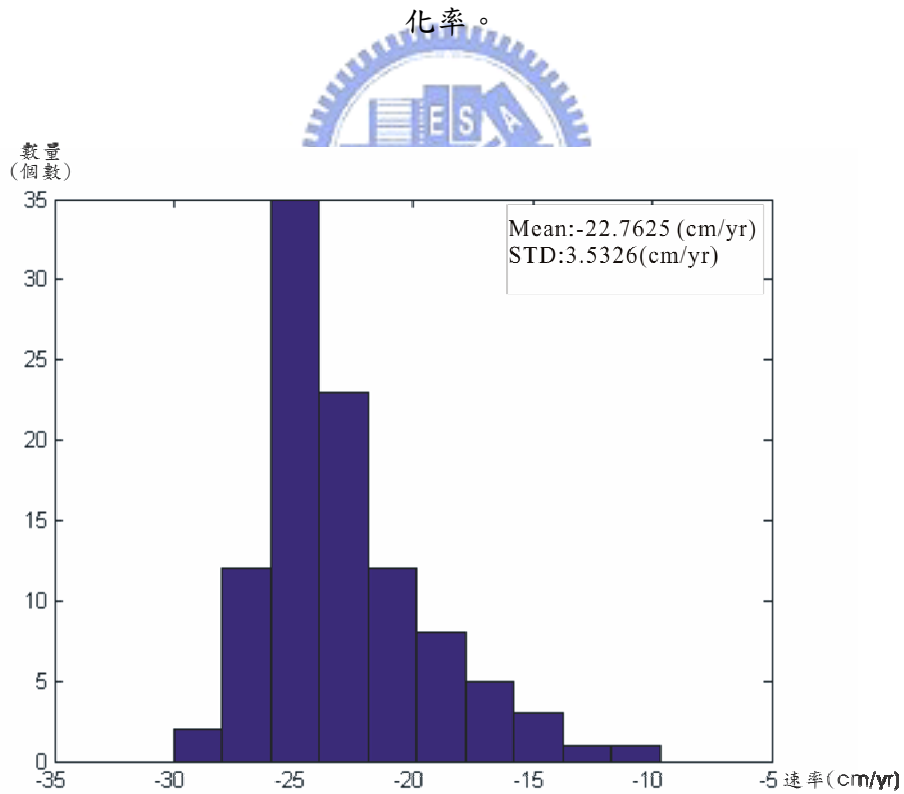


圖 4.32 雲林(A)區之 PS 年位移量統計長方圖。

(B)區

此地區位於雲林縣東勢鄉、褒忠鄉及元長鄉，根據水準資料顯示，於民國85~88年這期間年平均下陷率最大值為 6 cm/yr，我們於此區域面積為 12.8 km²大小，總共挑選出 193 點 PS 點位(圖 4.33)，其平均年變化率約 25.12 cm/year，其標準誤差在 4.63 cm/year。其中以點數最多的年變化率 -25 cm/year 為參考點，在信心水準 68%的資料內，其變化率範圍在 21.5 ~ 29.7cm/year，相對於 25 cm/year 為參考點，相對最大抬升率大約為 4.7 cm/year，而相對下陷率為 3.5 cm/year。相對變形率的範圍大約有 7.2 cm/year。

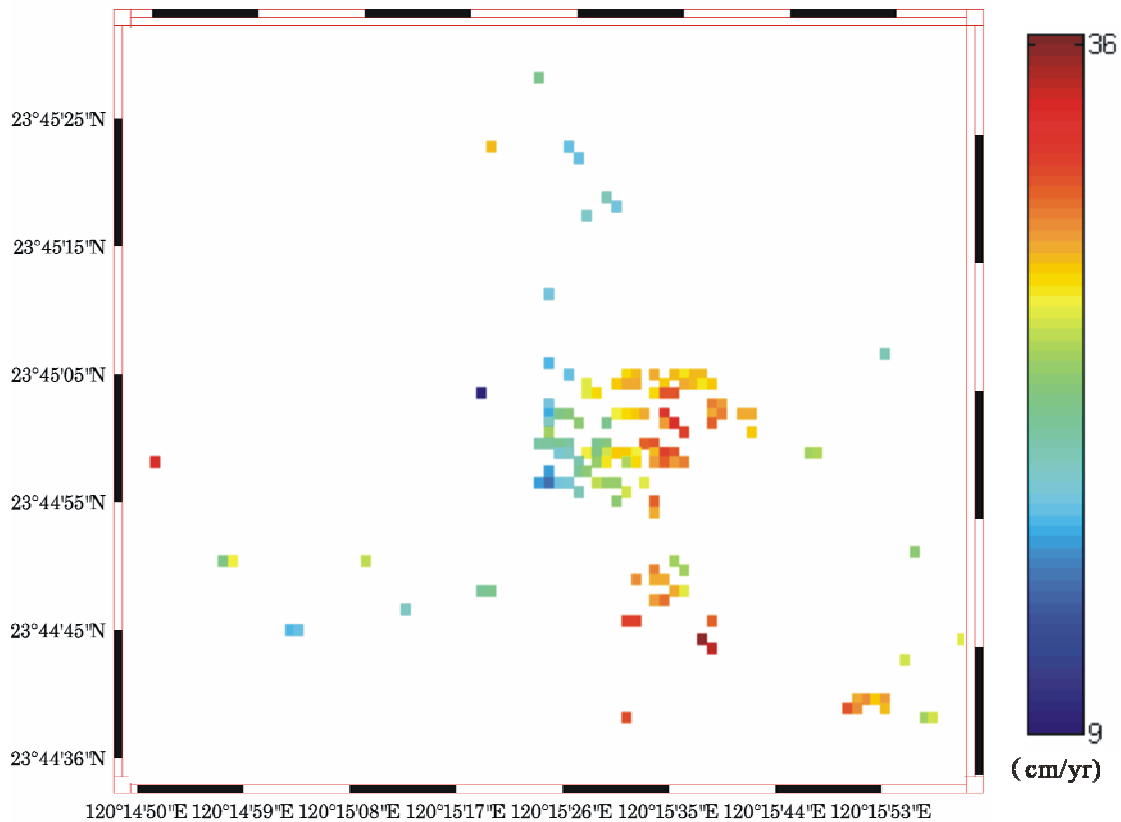


圖 4.33 雲林(B)地區(東勢鄉、褒忠鄉及元長鄉，面積為 12.8 km²)永久散射體之年變化率。

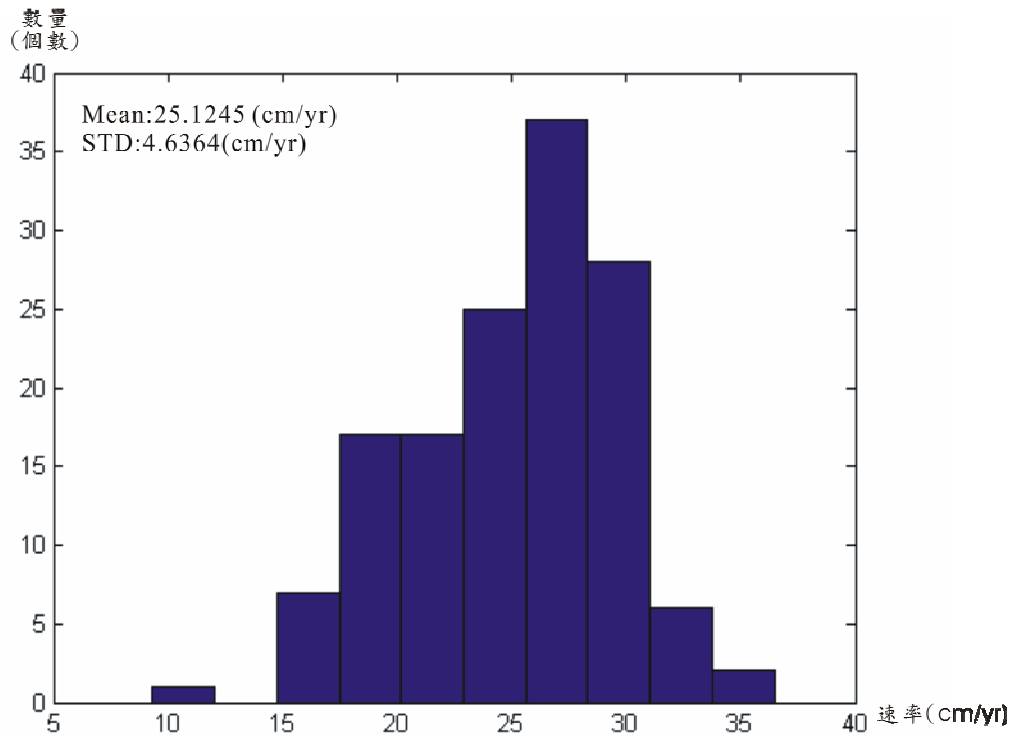


圖 4.34 雲林(B)區之 PS 年位移量統計長方圖。

(C)

此地區位於雲林縣土庫鄉、虎尾鄉，根據水準資料顯示，於民國 85~88 年這期間年平均下陷率最大值為 7 cm/yr，我們於此區域面積為 8.96 km² 內，總共挑選出 439 點 PS 點位(圖 4.35)，其平均年變化率約 10.45 cm/year，其標準誤差在 3.56 cm/year。其中以點數最多的年變化率 10 cm/year 為參考點，在信心水準 68% 的資料內，其變化率範圍在 6.89 ~ 14.01 cm/year，相對於 10 cm/year 為參考點，相對最大抬升率大約為 4.01 cm/year，而相對下陷率為 3.11 cm/year。相對變形率的範圍大約有 7.12 cm/year。

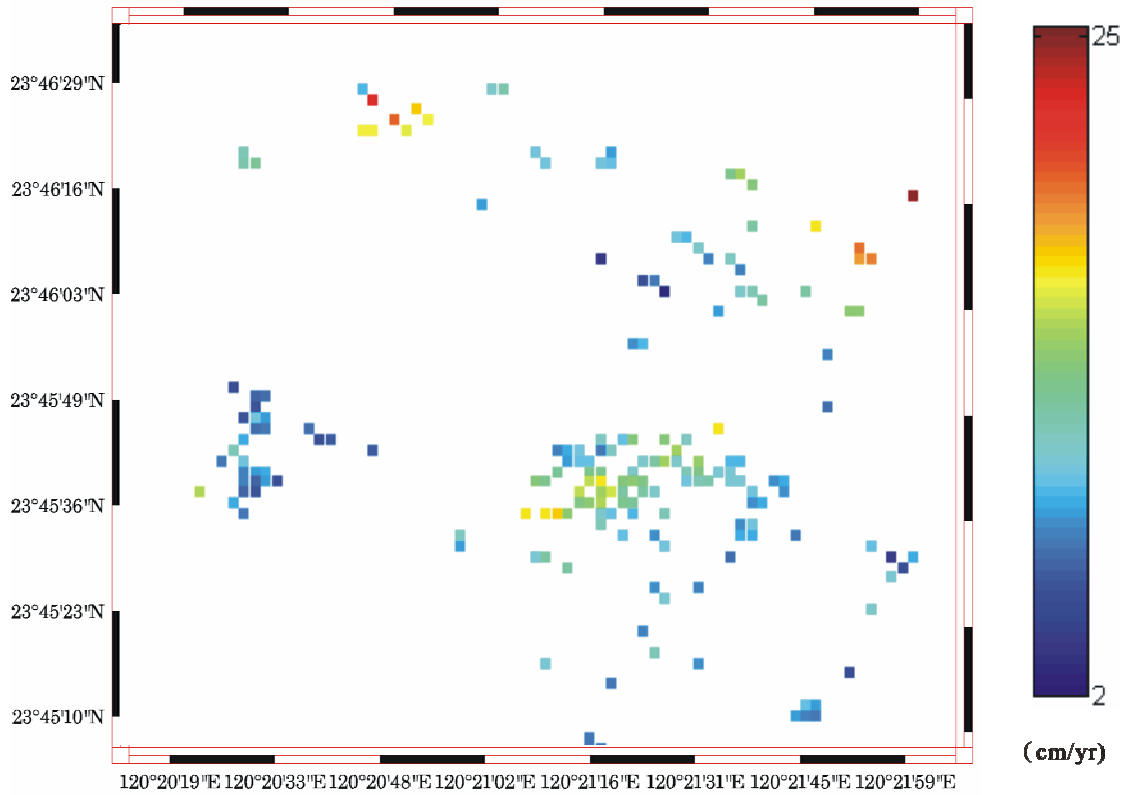


圖 4.35 雲林(C)地區(土庫鄉、虎尾鄉，面積為 8.96 km²)永久散射體之年變化率。

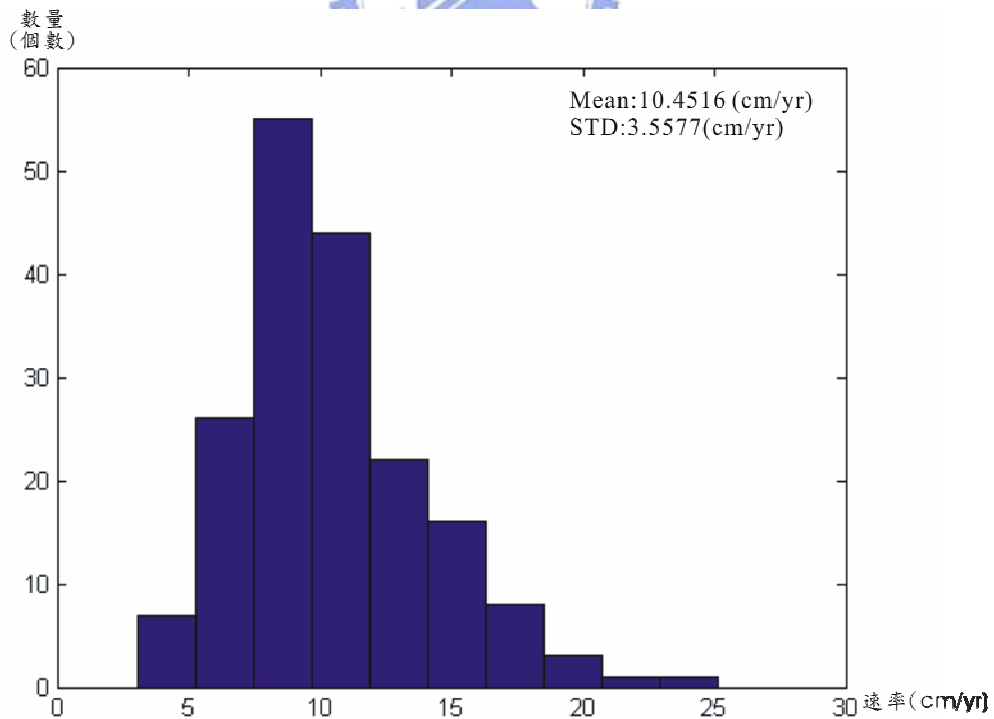


圖 4.36 雲林(C)區之 PS 年位移量統計長方圖。

(D) 此地區位於雲林縣土庫鎮、元長鄉，根據水準資料顯示，於民國 85~88

年這期間年平均下陷率最大值為 7 cm/yr，我們於此區域面積 4.48 km² 總共挑選出 167 點 PS 點位(圖 4.37)，由永久散射體年變化圖可知，由北往南的變化率趨勢逐漸下降到此區域中心達到最低，最後往南逐漸回升。其中也發現，此區域每個下陷率值的點位分佈相當平均。其平均年變化率約 -11.5684 cm/year，其標準誤差在 5.689cm/year。此資料的下陷速率值較為一致，因此以點數平均年變化率 -11.57 cm/year 為參考點，在信心水準 68%的資料內，其變化率範圍在 -5.88 ~ -17.26 cm/year，相對於 -11.57 cm/year 為參考點，相對最大抬升率大約為 5.69 cm/year，相對下陷率為 5.69 cm/year。相對變形率的範圍大約有 11.38 cm/year。

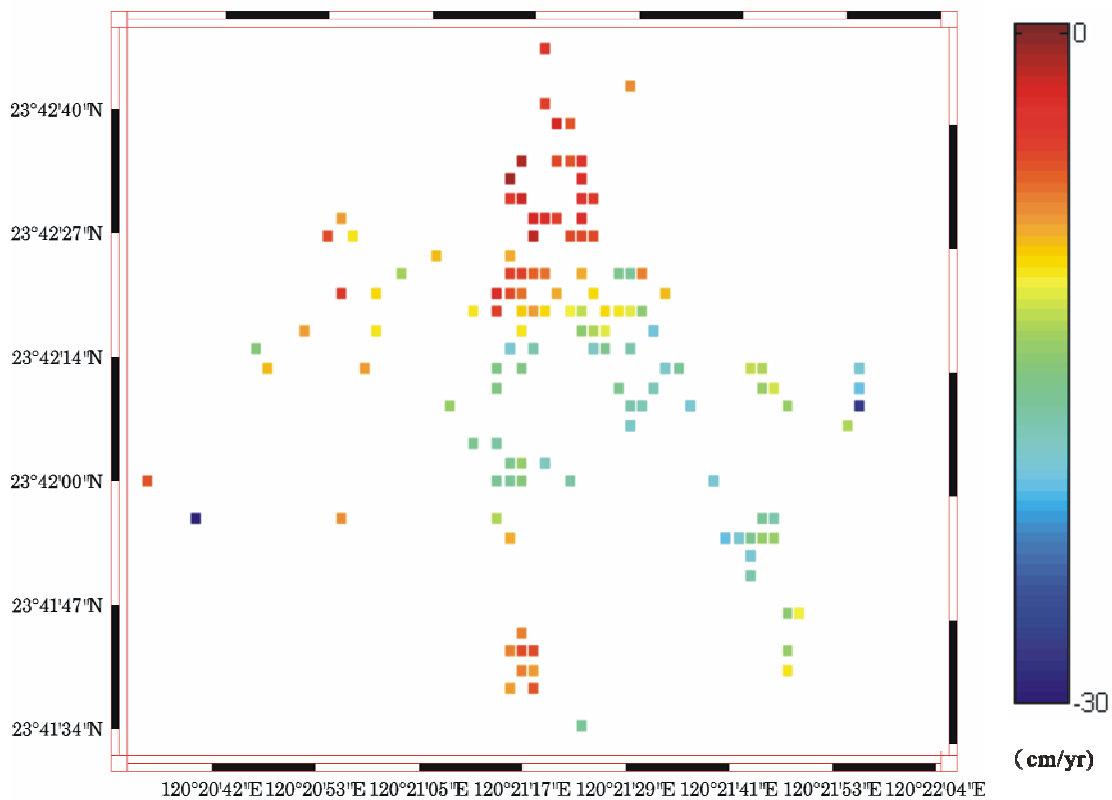


圖 4.37 雲林(D)地區(土庫鎮、元長鄉，面積 4.48 km²)永久散射體之年變化率。

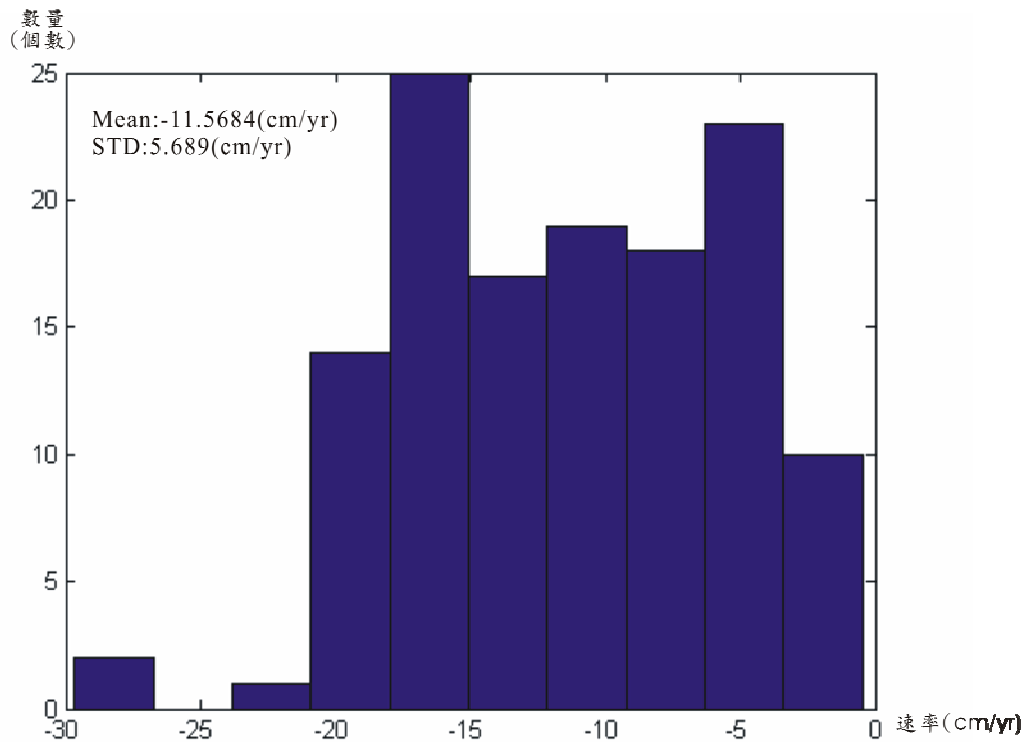


圖 4.38 雲林(D)區之 PS 年位移量統計長方圖。

(E)

此地區位於雲林縣虎尾鎮，根據水準資料顯示，於民國 85~88 年這期間年平均下陷率最大值為 5 cm/yr，我們於此區域面積為 3.84 km² 總共挑選出 220 點 PS 點位(圖 4.39)，其平均年變化率約 -19.03 cm/year，其標準誤差在 2.53 cm/year。其其中以點數最多的年變化率 -19 cm/year 為參考點，在信心水準 68%的資料內，其變化率範圍在 -21.56 ~ -15.5 cm/year，相對於 -19 cm/year 為參考點，相對最大抬升率大約為 3.5 cm/year，相對下陷率為 2.56 cm/year。相對變形率的範圍大約有 6.01 cm/year。

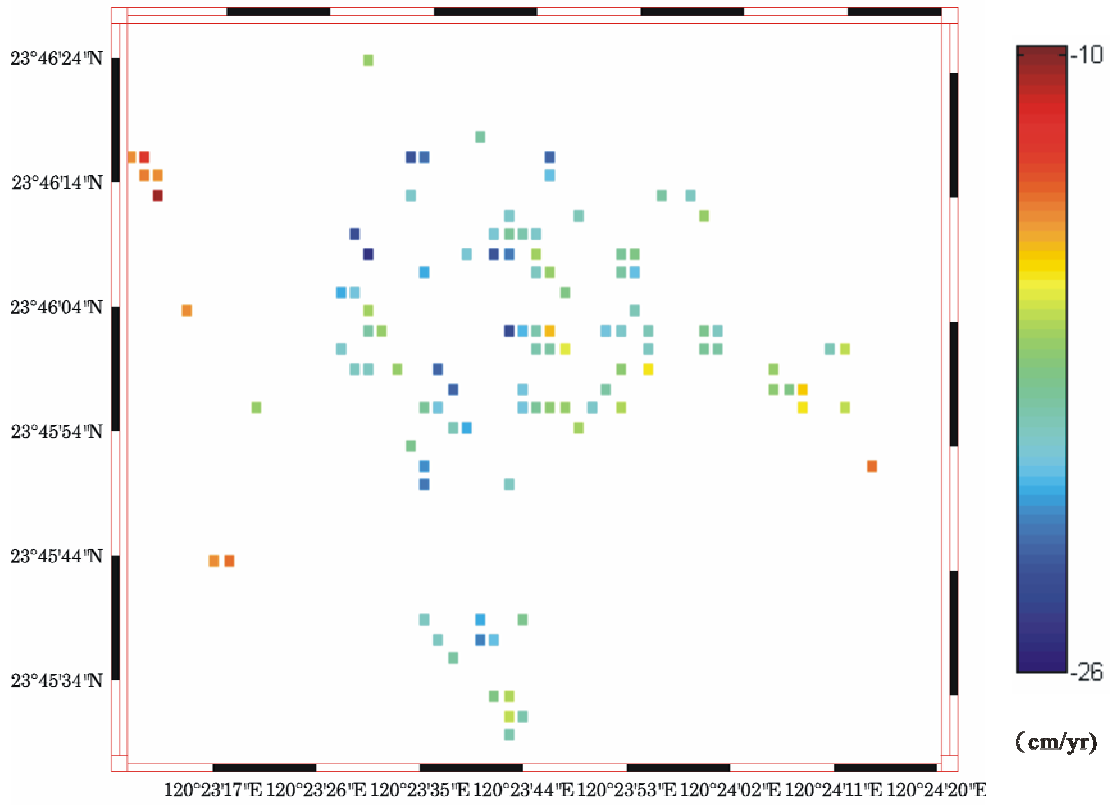


圖 4.39 雲林(E)地區(虎尾鎮，面積為 3.84 km²)永久散射體之年變化率。

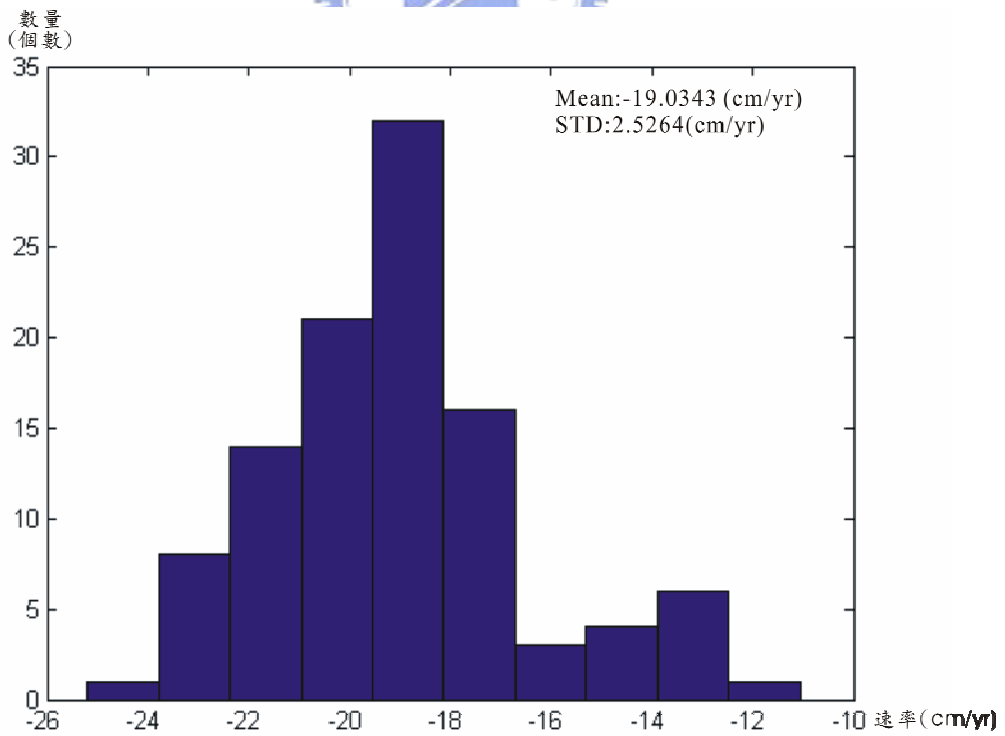


圖 4.40 雲林(E)區之 PS 年位移量統計長方圖。

(F)

此地區位於雲林縣西螺鎮，根據水準資料顯示，於民國 85~88 年這期間於此區域位於西南方局部有 3 cm/yr 下陷率，我們於此區域面積為 17.28 km² 總共挑選出 220 點 PS 點位(圖 4.41)，其平均年變化率約 12.71 cm/year，其標準誤差在 4.33cm/year。其其中以點數最多的年變化率 12.5 cm/year 為參考點，因此區大部分的值落在 8~17 cm/year，因此在信心水準 68%的資料內，其變化率範圍在 8.38 ~ 17.04 cm/year，相對於 12.5 cm/year 為參考點，相對最大抬升率大約為 4.54 cm/year，相對下陷率為 4.12 cm/year。相對變形率的範圍大約有 8.66 cm/year。

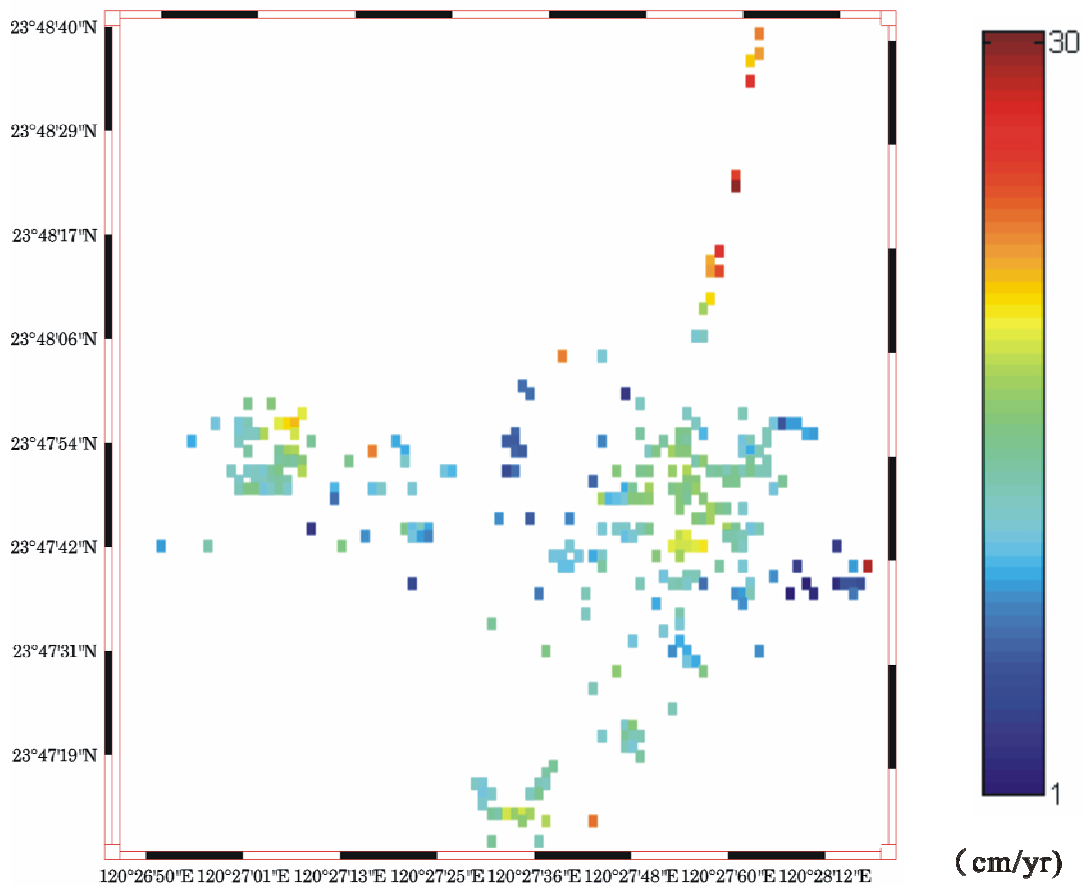


圖 4.41 雲林(F)(西螺鎮，面積為 17.28 km²)地區永久散射體之年變化率。

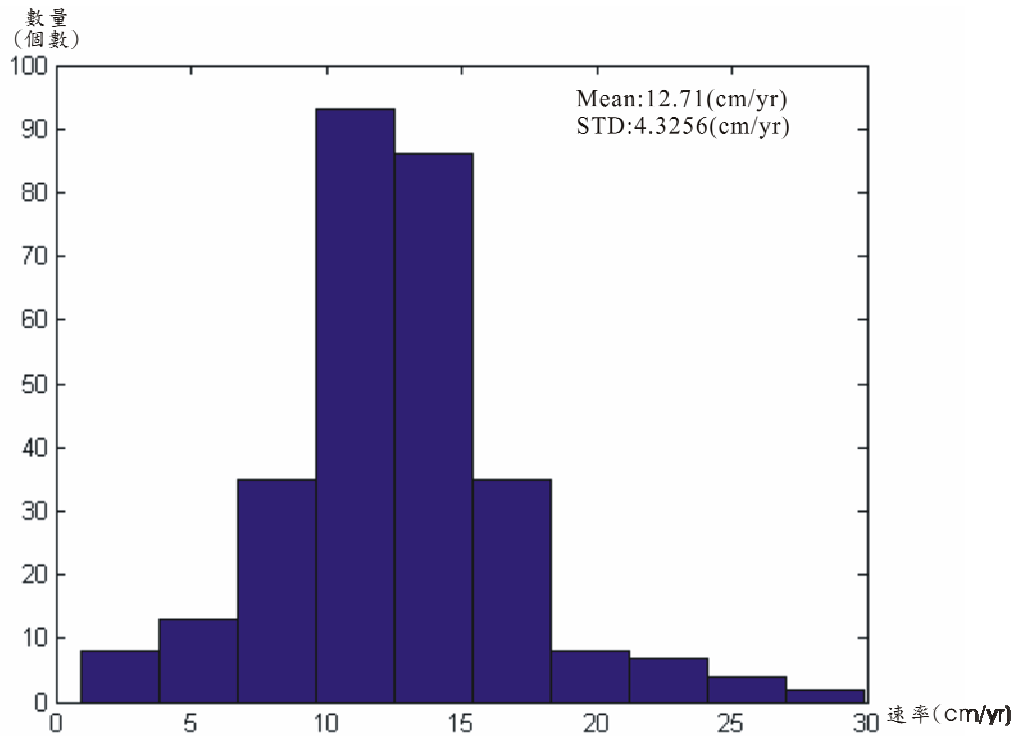


圖 4.42 雲林(F)區之 PS 年位移量統計長方圖。

上述為永久散射體差分干涉方法一的六個區域結果，從六個區域中，由雲林西半部褒忠鄉至最東邊的西螺鎮，發現這六區的變化率範圍從(A)褒忠地區的 7 cm/yr 漸增至(D)土庫、元長達到最大值 11.38 cm/yr，在更東方處(E)虎尾地區 又降低至 6.01 cm/yr。整個變化範圍趨勢是由西向東，在雲林中部達到最到最大值。以這樣的趨勢，我們可以推測在雲林中部位於土庫、元長這些區域有明顯地形變化發生。這六區域的年位移量統計圖，除(D)土庫、元長地區外，其餘的分佈圖幾乎為常態分佈。根據(D)區標準差高達 5.689，可推測此區域的變化是相當大。

4-3 永久散射體差分干涉結果：方法二

根據方法一所使用單一主影像進行 PS InSAR 時會有 PS 點篩選錯誤及相位不佳的狀況出現，其結果誤差也相對較大。本方法從新對 1996 年至 1999 年衛星影像進行規劃，於 1996 年至 1999 年間挑出短時間差及短垂直基線以及配合較高解析度 DEM(25 m × 25 m)以取得較佳差分干涉結果來進行 PSInSAR。

由於相位解算步驟仍受到其空間距離的限制，需經由已解算後之 PS 點位推展開來，在距離超過限制(此處我們設定為方圓五百米以內)時將無法處理，以及本研究著重於高鐵沿線通過雲林地區土庫及元長這個區域。因此，在解算相位的起始中心點設於土庫、元長地區範圍內。在經過相位解算流程之後，PS 點數由原本的 6986 個(圖 4.40)降至 284 個(如圖 4.43)。

結果顯示該區域的年變化量約在 8~11 公分之間，圖 4.44 為年變化量放大圖，位於水準測線 1992~2003 累積下陷量約為 60cm 處，且於此圖其變化趨勢是由西相對於東沉陷狀態，由於資料點數過少，以及尚未經過平滑化處理，結果尚仍無法與水準測量資料進行更精確比對，但仍可見其有相當大的一致性。圖 4.45 為該 284 點 PS 的年位移量，其平均下陷率約 9.34cm/year，其標準誤差在 1.62cm/year。其中將參考點定於下陷速率點位數最多的 -9 cm/yr，取正負二個標準差，信心水準為 95%內的點位。其變化率範圍在-12.54 ~ -6.14 cm/year，相對於-9 cm/year 為參考點，相對最大抬升率大約為 2.86 cm/year，而相對下陷率為 3.54 cm/year。相對變形率的範圍大約有 6.4 cm/year。

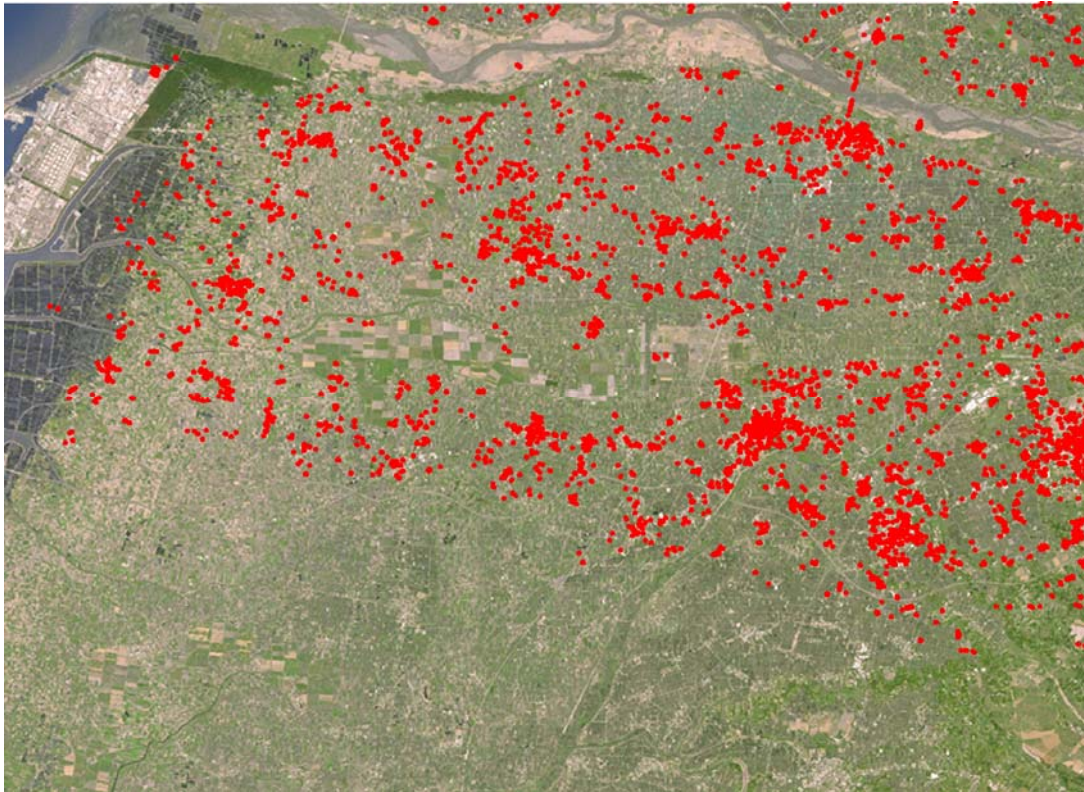


圖 4.43 經強度及同調性篩選後結果 PS 位置圖。總共為 6986 個點數，底圖為 SPOT-5 影像。



圖 4.44 經相位解算後結果 PS 位置圖。由於相位解算受空間因素影響，需經由已解算後之 PS 點位推展開來，在距離超過限制(此處我們設定為方圓五百米以內)時將無法處理，故只剩下 284 個點數。

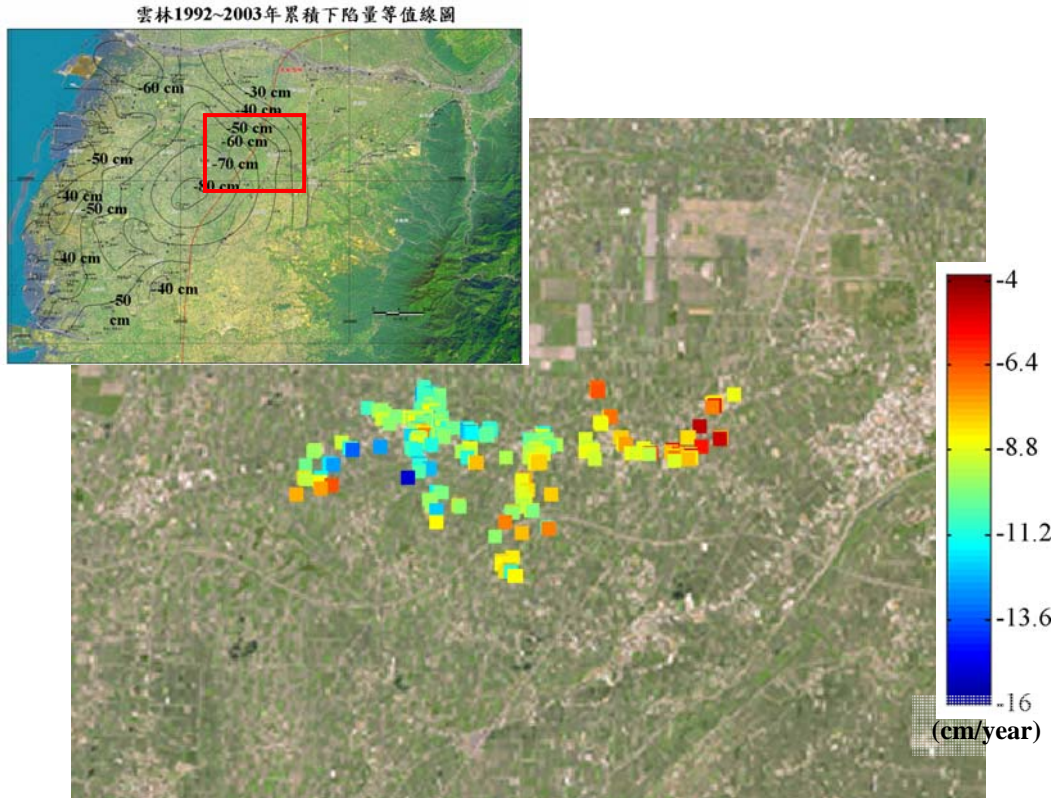


圖 4.45 年位移量放大圖。位置在水準測線 1992~2003 累積下陷量約為 60cm 處。由於資料點數過少，以及尚未經過平滑化處理，結果尚仍無法與水準測量資料進行更精確比對，但仍可見其有相當大的一致性。

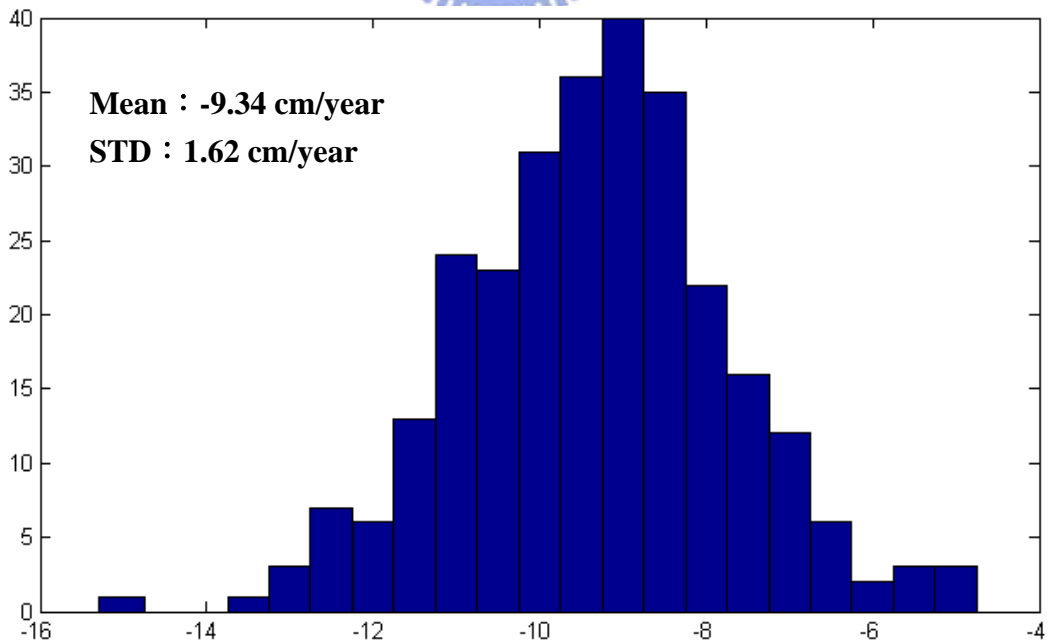


圖 4.46 PS 年位移量統計長方圖。