

## 第五章 資料選取及處理

雷達干涉處理技術包含多項複雜的處理步驟，每一個處理過程都會對結果品質有相當大的影響，因此本章主要探討處理過程中的注意事項，並根據實作的範例討論產生的結果，以確保正確的處理，並產生高品質干涉的結果。

### 5.1 資料來源

選擇合適的影像來源才可能處理出符合要求的結果。在干涉的處理中，複數雷達影像是必備的要求，所以選擇的影像必須具備振幅資料及相位資料。通常複數影像以實數及虛數的方式來表示，在複數空間中，地面解析度範圍內散射的結果就是影像像元的向量，而向量的長度表示振幅，向量的角度就是相位值。

為選擇合適的影像來源，經整理衛載 SAR 系統的觀測任務及時間序列如圖 5.1。從圖中可以看出最早發射的衛載雷達系統是 Seasat 衛星，目前還在運作的衛星右方有箭頭表示，包含有 ERS-2、RADARSAT、ENVISAT 及 ALOS 等衛星。

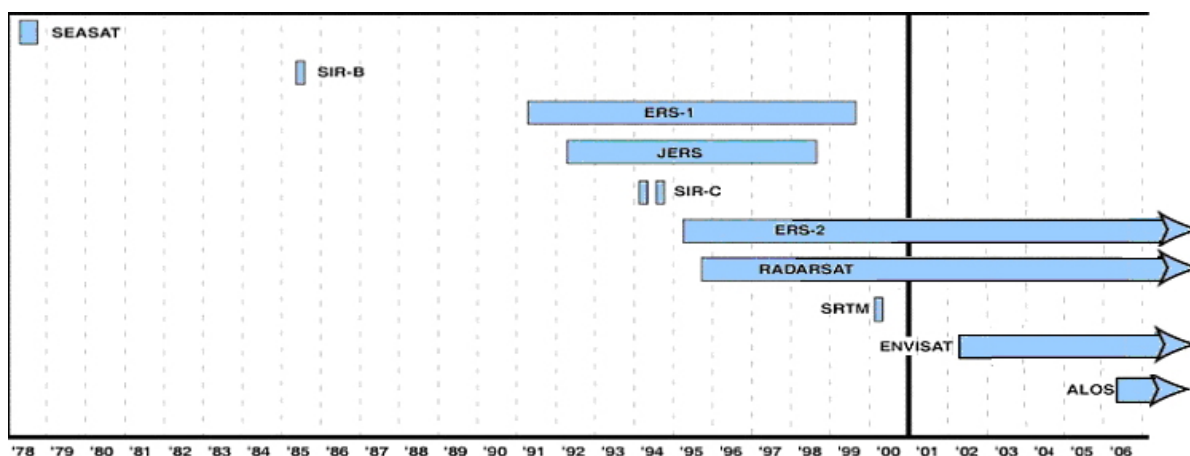


圖 5.1 衛載 SAR 系統觀測任務時間序列圖[修改自 Hoen, 2001]

在上述的衛星影像中，以理論及實際運作的狀況而言，ERS 的衛星影像最適合做干涉處理的應用，歐洲太空總署為配合全球的不同任務，將 ERS-1 衛星的任務依不同時期進行調整，調整的任務名稱及時間如表 5.1。

表 5.1 ERS-1 衛星各項任務的名稱及時間

Phase	Phase name	Date
Phase A	Commissioning Phase	25-Jul-91/10-Dec-91
Phase B	Ice Phase	28-Dec-91/30-Mar-92
Phase R	Roll Tilt Mode Campaign	4-Apr-92/13-Apr-92
Phase C	Multidisciplinary Phase	14-Apr-92/21-Dec-93
Phase D	Second Ice Phase	23-Dec-93/10-Apr-94
Phase E	First Geodetic Phase	10-Apr-94/28-Sep-94
Phase F	Second Geodetic Phase	28-Sep-94/21-Mar-95
Phase G	Tandem Phase	21-Mar-95/5-Jun-96

當 ERS-2 衛星發射以後，配合 ERS-1 衛星可以獲得間隔一天的雷達干涉對，將原來需間隔 35 天的時間解析力，提升到 1 天的狀況，藉此大大的降低時間不相關的因素，這種模式就是串聯任務。此項特別的任務從 95 年 3 月 21 日開始至 96 年 6 月 5 日止，此時間內的資料涵蓋地球大部分的範圍，也產生了大量的干涉結果。

ERS-1 與 ERS-2 相差一天前後通過同一地區的串聯任務，是衛星軌道中首先針對合成孔徑雷達干涉目的設計的任務，目標在可以涵蓋全球而且影像對的時間基線非常短(1 天)，因此可以降低時間的不相關，在進行干涉處理時產生品質較好結果。

JERS-1 是 L 波段的衛星系統，重複軌道時間為 44 天，雖然間隔的天數較多，但因 L 波段對地面植被的改變較不敏感，所以影像的同調性還能接受。且因基線長度較長，導致影像像元間同調性降低的影響，可以利用較大視角(32-38 度)的成像機制進行彌補，所以仍有許多應用的潛力，特別適合變形的監控[Rossi et al., 1996]。

Vachon 等(1995)則對於 RADARSAT 的干涉成像能力進行評估，RADARSAT 的細解度模式(Fine-Resolution Mode)配合大視角的成像方式，其成像幾何比 ERS 衛星更好，

且 RADARSAT 的涵蓋區域也能涵蓋全球，因此希望在植被稀少的乾燥地區能有較好的干涉成果。但是 RADARSAT 的重複軌道為 24 天，因植被變化會產生時間不相關，而且軌道的精度比 ERS 差，所以不適宜以干涉的方式產生 DEM [Gens and Genderen, 1996]。

## 5.2 ERS 衛星

在現有雷達差分干涉技術變形研究的成果中，大部分的影像來源都是 ERS 系列的衛星影像，ERS-1 與 ERS-2 是歐洲太空總署發展之地球資源衛星，兩顆衛星都攜有相同規格之 SAR 雷達影像系統，ERS-1 於 1991 年 7 月 16 日發射運作，現已經退役。ERS-2 則於 1995 年 4 月 20 日發射運作，預定運作時間為 4 年，但因狀況良好，目前仍運作中。

ERS-1 與 ERS-2 都是太陽同步衛星，衛星飛行高度約 785 km，通過台灣地區上空約為上午 10 點 28 分與晚上 10 點 20 分，軌道與赤道傾斜角為 98.5 度，繞地球一圈週期約 100.6 分鐘，一天可轉 14.31 圈，目前軌道是以每 35 天週期通過同一地區，全球共有 501 個軌道，ERS 的軌道資料如表 5.2。



表 5.2 ERS 衛星的軌道相關資料

ERS1,ERS2 軌道資料	
Type	Near-circular, polar, Sun-synchronous
Altitude	782 to 785 km
Inclination	98.52 deg.
Period	About 100 minutes
Orbits per day	14.3
Repeat cycle	3-day, 35-day and 176-day

ERS 衛星的重複軌道時間為 35 天，ERS-2 跟隨 ERS-1 拍攝同一地區的時間為 1 天，在這種組合下，可以挑選的衛星時間間隔影像包括短至 1 天、長至 35 天及其倍數的時間間隔。配合較短時間間隔的影像，就可以有效的監控突發的地表變形，如地震、火山爆發及洪流氾濫等；配合較長時間間隔的影像，就可以進行較慢的地表變形監控，如地

層下陷等。在近十年的衛星運轉中，ERS 衛星已提供相當大量的地面觀測影像資料，藉由這些大量的影像資料，可以從事大範圍及長時間的地表變形研究。

在衛載的雷達系統中，飛行的路徑為穩定的軌道，配載的雷達感測器與飛行方向垂直，軌道投影在地面軌跡稱為地面軌跡(Ground Track)，雷達波束照射成像的範圍稱為雷達照射寬度(Radar Swath)。因為 ERS 衛星的視角大約為 23 度，所以成像的區域大約在地面軌跡右方約 250 km 處；雷達成像的地區又可區分為較接近地區軌道的近距點(Near Range)及距離地面軌跡最遠的遠距點(Far Range)；衛星移動的方向稱為方位方向(Azimuth Direction)，雷達波行進方向稱為斜距方向(Range Direction)，ERS 衛星雷達系統的成像幾何模式如圖 5.2，系統參數如表 5.3。

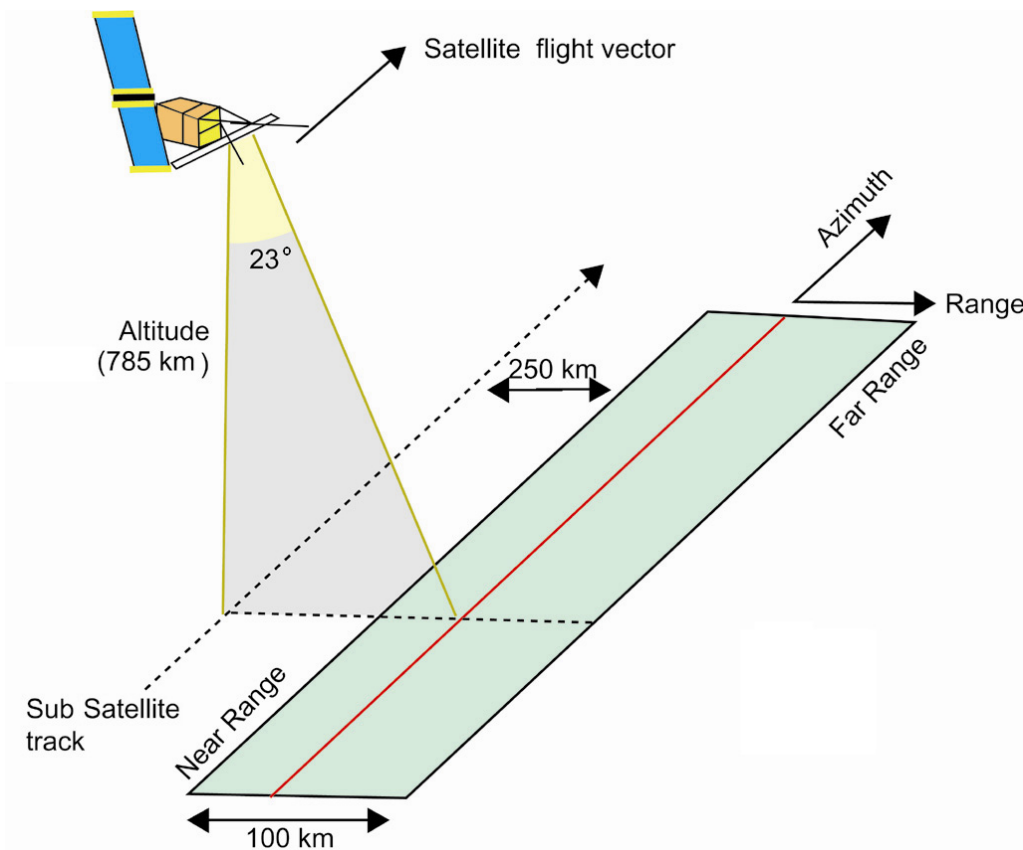


圖 5.2 ERS SAR 成像幾何配置圖(參考自 ESA 網站 <http://earth.esa.int>)

表 5.3 ERS 衛星的系統參數

ERS1,ERS2 satellite	
Frequency	5.3 GHz
Wavelength	5.6 cm(C-band)
Polarization	VV
Sampling Rate	18.96 MHz
Transmit Pulse Length	37.1 us
Pulse Repetition Frequency	1640 - 1720 Hz
Sample Work Size	5 bits each I and Q
Antenna Size	10 m × 1 m
Incidence angle:	23 degrees at mid-swath
Swath width:	100 km
Right-Looking	

一般 ERS 衛星影像可在重複軌道的 35 天拍攝同一地區의影像，但因 ERS-1 使用期限超過預期的緣故，在 ERS-2 發射後，執行 9 個月特殊的串聯任務，這段期間內，可以獲得間隔一天的衛星影像對，特別適用於干涉處理用。



### 5.3 SAR 影像格式

CEOS 針對 SAR 雷達影像的檔頭格式及資料格式加以定義。一幅符合 CEOS 規格的 SAR 影像必須具備三個檔案：標頭檔(Leader file)、影像檔(Image file)及尾檔(Trailer file)，另外影像中會有一個描述影像資料的卷冊檔(Volume file)，所以一幅標準的 CEOS SAR 影像必須具備上述四個檔案。

干涉的處理雖也可以從已經聚焦處理的單一觀點影像(Single-Look Complex, SLC)開始，但是大部分的處理都是從 RAW 格式開始，其原因為 RAW 的影像檔案較小、傳遞較快、也保留有較多的原始資料，可以配合干涉的處理要求進行不同聚焦的處理，產生較好的結果[Hanssen, 2001]。RAW 的影像資料從衛星接收下來時是 5bits，但為便於儲存，將每個像元資料補成 8bits 的位元組儲存在影像檔中，所以每一像元的值為介於 0-31 之間。該項資料為複數型態，包括有 Inphase(I)及 Qquadrature(Q)兩部份。



在影像資料中，影像最前面有一個短的檔頭，此檔頭記載影像的各項基本資料。影像中每一行的起始處有一短的行頭敘述(Prefix)，利用此行頭的資料，可以檢查影像中行與行之間是不是連續的，如果敘述不連續，表示行的影像間有遺漏。因為雷達影像的成像模式為行掃描、紀錄，所以傳輸的時候都是以行為單位，如果在傳輸的過程中，有任何狀況造成資料錯誤或遺失，可以從行頭的敘述中檢查出來。所以在處理衛星影像時，一定要先進行檢查動作，避免因整行影像的錯漏造成錯誤的影響。

本研究所使用的影像為中央大學太空及遙測中心產製之影像，影像的大小為4876(Pixels)x26789(Lines)，影像像元斜距方向解析度為7.904890 m，方位方向解析度為3.947885 m。全幅影像的涵蓋的範圍在斜距方向38544 m，方位方向為105759 m。

## 5.4 影像選取

在決定區域後，影像的選擇是開始最重要的一個步驟，如果有相當多的影像可供選擇，則以研究的方向為主要考量，考慮的因素有感測器的型態、可用的資料、基線的長短及時間分佈等條件。

感測器決定主要的因素有：雷達波長、軌道的傾角及重複軌道的週期等。目前較常用的有C波段及L波段的雷達影像。若波長太短，則觀測品質會受到電離層的影響而降低；波長太長，則會對氣候因素相當敏感；並且，波長也直接影響產生干涉圖的條紋密度；軌道的傾角則會影響地面涵蓋範圍及成像的角度；重複軌道的週期會影響地面因時間不同產生變化等因素。

另一個考量的重點為可獲得的影像，例如ERS、JERS及RADARSAT等衛星的影像都可以快速的獲得，且可以透過線上的軟體查詢決定空間基線、時間基線等不同條件的衛星影像狀況。例如要研究地表變形，則要挑選橫跨變形時間段的影像，且在此變形的時間段內選擇最短的時間基線，以減少因地表其他因素變化的影響降低同調性；另一方面要選擇較短的垂直基線，因為短基線可以減少因地形及雜訊引起的相位誤差。

目前較常用的影像選取工具有 ESA 提供的軟體 Descw (Display Earth Remote Sensing Swath Coverage for windows)及網站公告適合進行干涉處理的像對資料。

#### 5.4.1 Descw 軟體

Descw 為歐洲太空總署所發展的軟體，提供使用者選擇合適的衛星影像資料，可搜尋的衛星有 ERS-1、ERS-2、Landsat-5、Landsat-7、JERS-1、Terra/Modis 及 Envisat 等衛星影像資料。軟體的介面設計的相當人性化，可以從進入軟體的全球地圖上，直接圈選需要的研究區域。

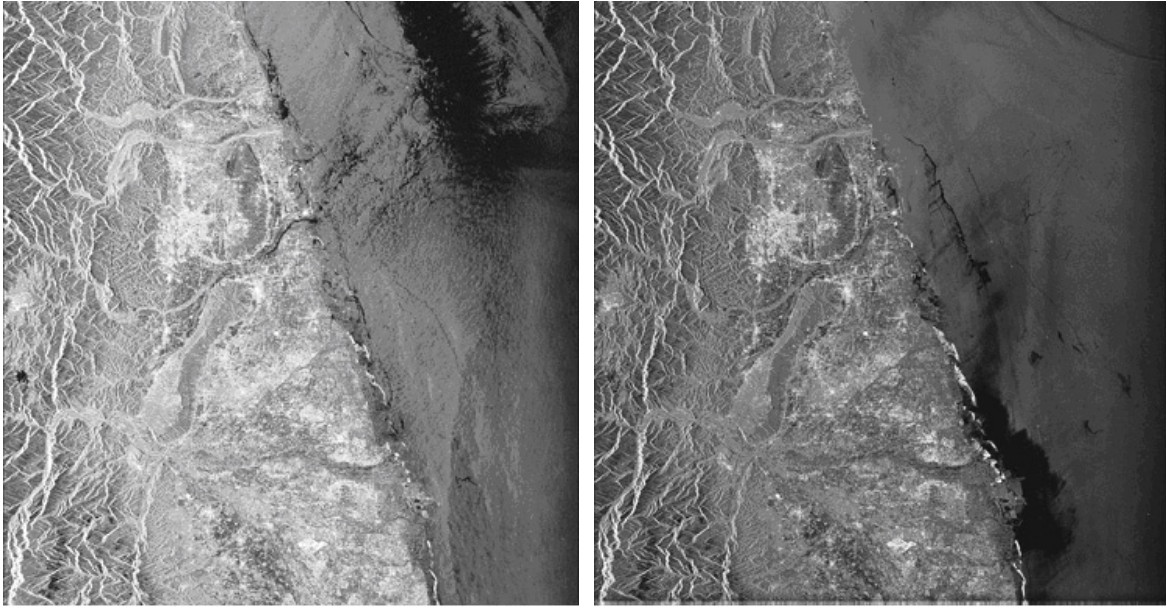
影像選擇的方法包括定義任務需求、選擇所要的衛星及確定條件等步驟，確定的條件如日期、軌道及像幅等影像位置的資料。當基本資料確定時，即可挑選一幅主影像，列出所有該區符合條件的影像及與主影像間的基線長，再配合時間間隔及基線長度即可挑選合適的影像對。

#### 5.4.2 利用網站資料查詢

歐洲太空總署為方便使用者查詢合適的干涉像對資料，將所有 ERS-1 及 ERS-2 的影像資料存放在網站上，並可直接由網站查詢像對的基線長，網址為：  
<http://odisseo.esrin.esa.it/baseline/baseline.html>，使用者可以直接利用此網站來挑選干涉影像對。

### 5.5 前級處理

本章以 1996/03/06 的 ERS-1 影像及 1996/03/07 的 ERS-2 影像為例進行處理，並顯示處理過程中每個步驟的處理結果。此兩幅影像時間間隔差一天，振幅影像的內容如圖 5.3，影像範圍為中台灣地區，因為顯示影像為處理過程的中間影像，影像成像時衛星軌道在右側，所以靠近台灣東邊為近距點、西邊為遠距點，以近距點的像元開始處理至遠距點，所以影像的東西方向與現有的地理座標相反；且此影像對為下降軌道影響，所以在方位方向的取樣順序為由北而南與地面座標相同，因此在判讀影像時，會有左右顛倒之情形。



(a):96/3/6

(b):96/3/7

圖 5.3 台中地區的雷達振幅影像

從圖中可以明顯的看出影像右邊為台灣海峽，圖中有明顯地面資料的地區為中台灣的地區，中間地面為平原區，平原中兩處隆起分別為大肚台地及八卦台地，影像左方為高程較高的山區。大肚台地的範圍，北自大甲溪，南至大肚溪，東接台中盆地，西臨清水隆起海岸平原；八卦台地北起大肚溪，南至濁水溪，東接台中盆地，西臨彰化地區，地勢大致為南高北低，台地北部和西緣的侵蝕較盛，已呈丘陵地貌，南部和東緣則尚保留許多平坦面。

在處理資料前要先確定影像的資料及其格式，雷達影像的檔頭資料中有記載影像資料、載台資訊及處理資訊等三大類，其中影像資料內有儲存格式、影像軌道及像幅數、影像中心點成像的時間、影像中心對應地面點的經緯度、影像中心點的行列數、影像的地面寬度及長度、衛星地底點的經度及緯度、軌道旋轉角及影像中心的傾斜角等資料。載台資料有衛星 5 個點位的點位座標及速度等狀態向量值。處理的資訊包含脈衝寬度、處理的起始時間、都普勒頻率的係數及處理的影像行數等資料。ESA 有發展可以讀寫 CEOS 檔案的執行程式，其中 Sar\_to\_Disk 程式就可以直接將影像的檔頭資料轉寫為文字檔，方便使用者閱讀影像內容。



在確定影像的屬性及內容後，再來就要確定影像本體的資料是否正確，紀錄的資料是否完整等。因為雷達影像為方位方向雷達波掃描，所以都以整列式的記載方式發送及儲存，如果資料有遺漏，則會缺一整列的影像，此種狀況稱為行遺漏(Missing Line)。如果行遺漏的情形沒有校正，則會引起後續所有處理影像的對應資料產生錯誤。因此在進行干涉處理前，需先進行影像行列的檢查，如果有缺漏，則以前後行完整資料進行填補，使影像能正確的呈現。

在干涉的處理中，期望在方位方向的點位能完全的對應，就必須知道都普勒中心頻率(Doppler Centroid Frequency,  $f_{DC}$ )。以同樣都普勒中心頻率來進行雷達影像對焦的處理，會使兩影像像元在方位方向有同樣對應量；如果用單一觀點影像來進行干涉處理，因影像已進行對聚焦處理，後續需經方位濾波的方式來校正，然而其校正效果很難達到理想的地步。因此，我們先進行都普勒中心頻率值計算，計算結果如圖 5.4，左圖(1996/03/06)的都普勒中心值約-35.38 Hz，右圖(1996/03/07)的都普勒中心值為 26.56 Hz。

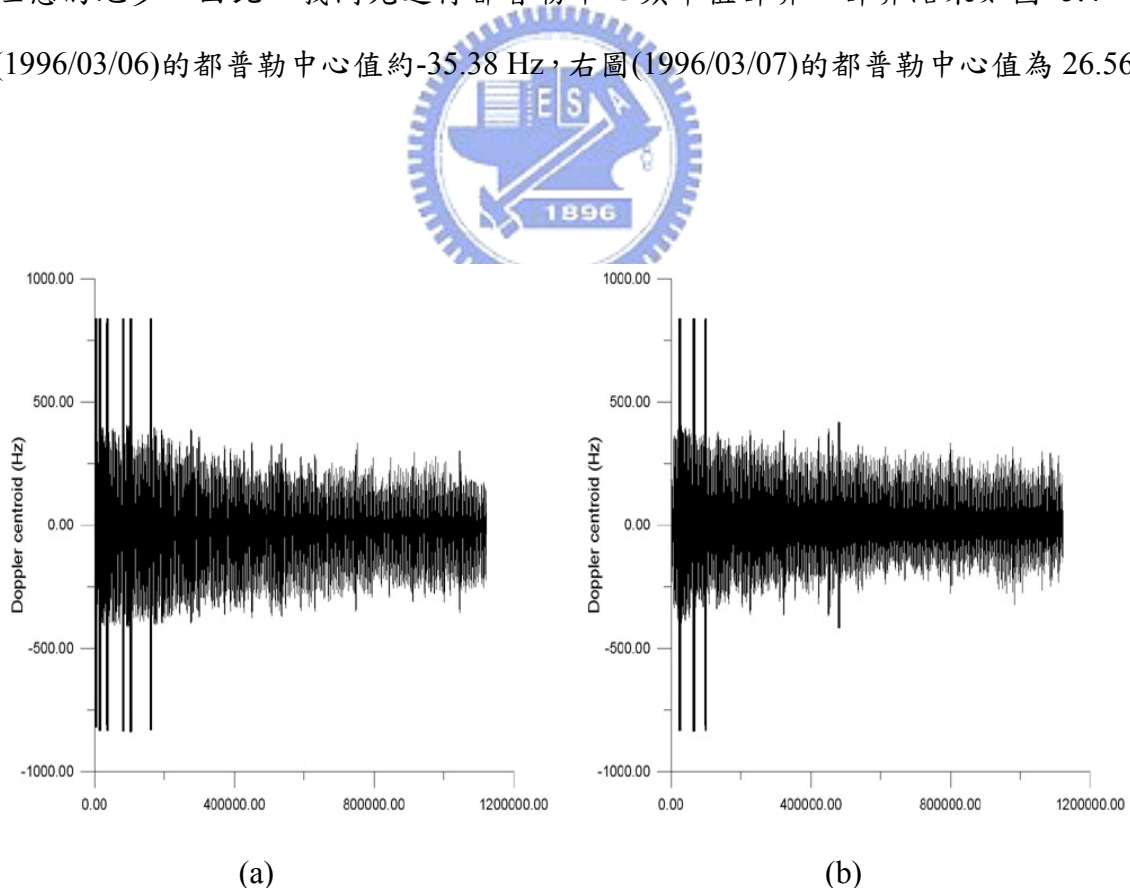


圖 5.4 台中地區 96/3/6 及 96/3/7 影像都普勒中心值

## 5.6 基線計算

通常干涉處理使用的精密軌道是 DEOS 所提供的 ERS-1 和 ERS-2 衛星的高精度衛星軌道，該資料主要是支援衛星測高及 InSAR 處理使用。本研究以 Delft 大學的精密軌道資料來計算衛星影像的精確位置，再以各幅影像位置來計算各像對間幾何參數，如基線的水平分量( $B_{//}$ )及垂直分量( $B_{\perp}$ )、基線與水平線間的夾角( $\alpha$ )等。

ERS-1 的精確衛星軌道資料，可以包括飛行任務期間從 1991 年 7 月 30 日到 1996 年 6 月；稍後因為測高資料已關閉，所以後面僅剩快速傳送的軌道資料。ERS-1 衛星在 1996 年 7 月到 1998 年 7 月期間，雖然這段期間其仍在運轉，但沒有雷射系統的追蹤資料，所以無法有效的計算精確軌道，也就無法提供精密的軌道資料。

精確的 ERS-2 衛星軌道資料因需經過較詳細的計算，所以資料的取得可以從發射以來至幾個月前。如果需要較新的衛星軌道資料，則可以考慮只經前級處理的軌道資料，此前級資料可以提供幾週前的衛星軌道資料。

利用精密軌道資料計算範例影像對的各項成像幾何參數值如表 5.4。

表 5.4 影像對計算的各項幾何參數值

SC_height	786532.40 m
SC_vel	7128.2125 m/s
baseline_start	76.937 m
baseline_end	81.446 m
alpha_start	159.885°
alpha_end	160.703°
B_parallel	-47.15 m
B_perpendicular	-60.80 m
rotation from spherical triangle	13.9531529°
rotation on flat earth	12.8944383°
ambiguity height	-116.2 m
theta_nearange	17.68°
Bperp	-60.80 m
Bpar	-47.15 m

從表中可以看到衛星的高度為 786 km，基線長分為兩部分，影像頭的基線長為 76.937 m，但是影像尾的基線長就變成為 81.446 m，所以兩影像軌道並非完全平行，且基線的長度隨著像元所在行數的不同而不同，因此在進行每行像元計算時，都要精確的計算其基線值。影像的基線值約為 80 m，顯示此像對適合進行干涉處理。

## 5.7 套合處理

在干涉的處理中，進行次像元精度的套合處理是必須的步驟。由於精確的影像套合技術處理較耗時，且需要非常大儲存空間，為有效的提升套合的效率，通常將套合程序區分成兩個步驟：初步套合及精確套合。初步套合為計算影像對中對應點的位移量，以提供精確套合良好的起始點，減少大量的運算量以提升計算效能，對應點位位移量的計算方法可以用軌道資料來自動計算，也可以直接用人眼辨識量測。精確套合的方法則以自動相關的技術來產生次像元精度的套合成果。

在初步套合的處理中，為避免進行精確套合時計算量太大，因此要求初步套合的位移量精度須在 2 個像元內，以此精度的位移量當起始值，再取進行高精度的相關計算，以此範例影像為例，

直接以影像軟體量測影像中心附近明確的相對點位位移量為(110, 6)，因為方位方向與斜距方向在成像時已先經過 5:1 的多觀點處理，所以量測的方位方向位移量要乘以 5，才能計算出原始影像的真正位移量，計算實際位移量為(550, 6)。

雷達影像因為隨機性的斑駁，使參考影像的特徵在套合影像上未必是特徵；且因為地物背向散射係數的敏感性，使地物在兩影像上可能有不同的輪廓，無法以一般的特徵方法來進行套合。而較常使用的方法為將兩影像中重疊區域區分為若干個網格點，每個網格點選取鄰近的像元成為一區塊，而後以兩區塊的灰階亮度計算最大相關值來求區塊位移量。因圖右方為海洋地區，不利進行套合的運算處理，所以將海洋地區的影像予以標註不處理，其餘影像區分為 6×6 個網格區塊，逐一計算區塊間的最佳套合點。

在計算出點位次像元的套合精度後，便可以多項式來代表兩者間的轉換關係。計算前將相關係數值較低的點位去除，再以最小二乘法求出該轉換參數。求出轉換參數後須將套合影像依前述的多項式，予以重新取樣，經過取樣後再與參考影像進行精密套合的處理。

從影像基線值計算得結果可知，影像頭與影像尾的基線值並不相同，也就是影像對的衛星軌道並非完全平行，所以在計算轉換的多項式時，通常會分別計算影像頭的轉換式及影像尾的轉換式，因衛星軌道的穩定性相當高，所以中間的影像轉換可以用頭尾的轉換參數內插計算得到。

## 5.8 產生干涉圖

干涉圖是主影像與次影像兩個複數影像共軛像元相乘結果，因雷達影像在方位方向與斜距方向的解析度不同，所以為便於人眼審視及降低雜訊，會將干涉圖進行多觀點的處理。多觀點處理的方法為擷取多個像元成為一個運作視窗，將運作視窗內所有像元進行平均的計算[Goldstein et al., 1988]。在進行多觀點處理時，為使像元對應的地面為方格狀，在斜距方向與方位方向的取樣比例為 1:5，所以實際取樣的值為 1:5 或是 2:10。

從本研究的範例影像產生的干涉圖如圖 5.5，圖中干涉圖的像元值介於 $-\pi$ 到 $\pi$ 之間，從影像中可以看到右邊海面區域有明顯的雜訊，像元間沒有任何相關性，在圖中間平原地區則有密密麻麻的干涉條紋，在左邊山區則有更明顯的條紋出現。由此可證實，此一像對有良好的干涉效果，但是此干涉圖尚未移除地形效應及修正軌道誤差，所以除顯示有干涉效應外，仍無法進行判釋。





圖 5.5 初步形成的干涉條紋



## 5.9 平坦化處理

在進行平坦化處理的過程，可以直接利用橢球模式進行處理，也可以 DEM 來進行平坦化的處理，本研究模擬直接以橢球引起的地形效應及 40 m 之 DEM 產生的地形效應，兩者結果如圖 5.6 所示。

直接以橢球形成的地形效應，為點位與影像軌道旋轉角的距離函數，所以條紋與影像的有一旋轉角的夾角，且愈靠近左邊影像，其間隔越密，而靠近右邊的干涉條紋間距則較寬。以 DEM 模擬的影像，則因在山區的高度不同，模擬成像時會真實的反應到雷達成像點位處，所以兩者的處理結果在山區有明顯的不同。在左側的山區中，DEM 產生的干涉條紋較明顯、間隔較大，因為山區點位的高度較高，對應的雷達座標明顯不同，所以必須以此點位的修正量計算地形效應，才能正確的移除地形效應。



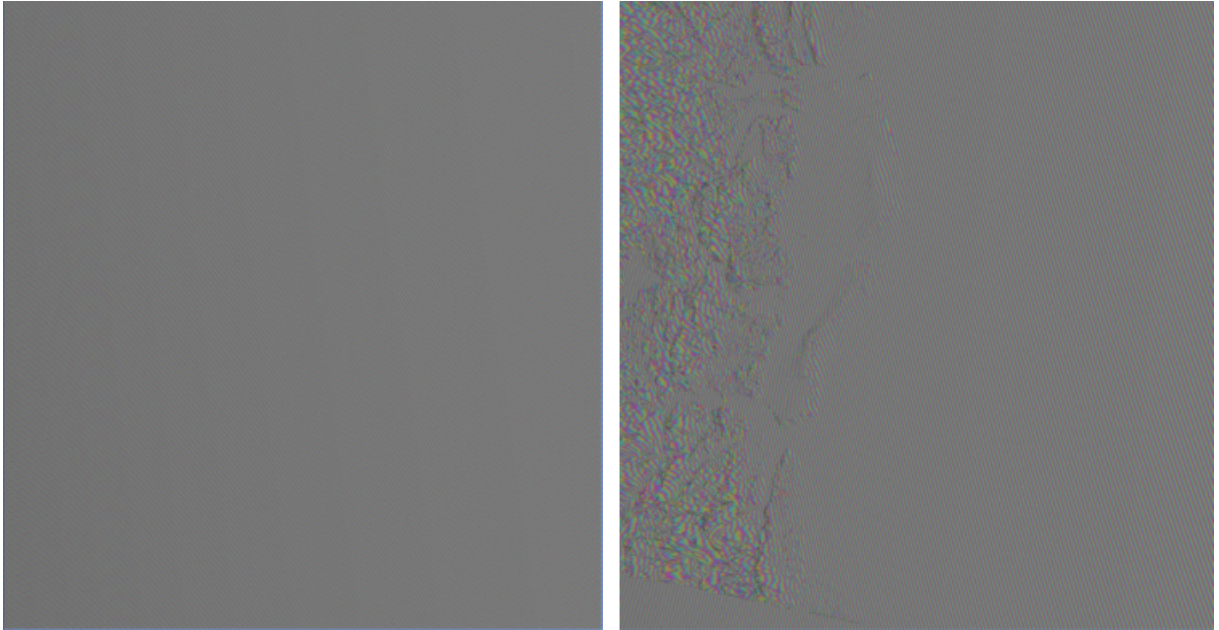


圖 5.6 從橢球及 DEM 模擬產生的干涉圖

經過以 DEM 平坦化處理後的干涉影像如圖 5.7，圖中清楚顯示干涉條紋的間距及趨勢，顯示平坦化處理的結果。理論上，經平坦化處理的條紋應反應地形的效應，也就是顯示在雷達座標的高程等高線圖。但是，圖 5.7 結果顯示有東西向的平行條紋，這明顯為軌道誤差所引起的處理錯誤，所以要以微調的方式來修正。

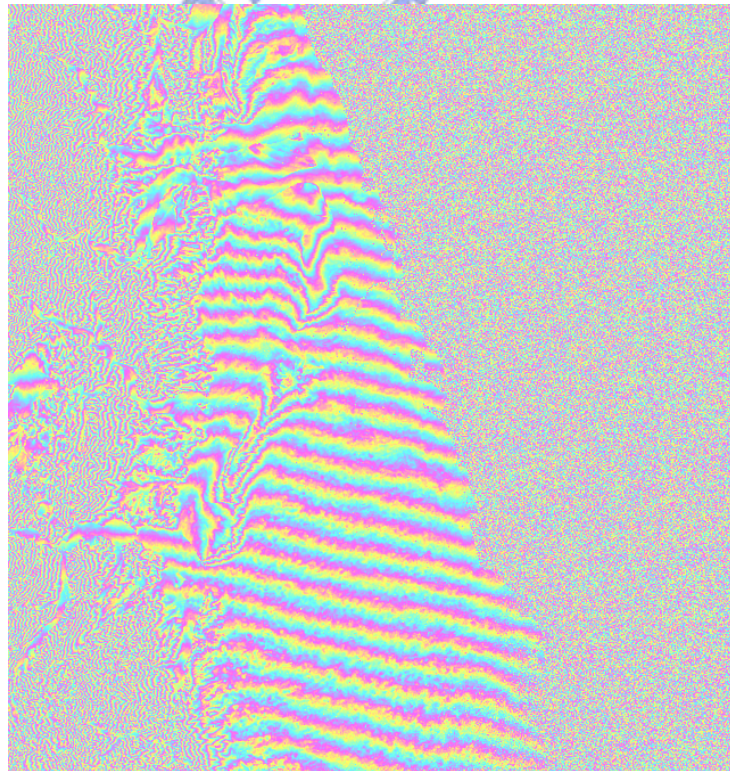


圖 5.7 經過平坦化處理的干涉圖

## 5.10 干涉圖微調處理

進行微調處理時，須將軌道的誤差區分為方位方向的誤差及斜距方向的誤差，方位方向的誤差會引起干涉條紋在方位方向形成平行條紋，而斜距方向的誤差，則會在斜距上形成平行條紋。

就理論而言，干涉條紋為相位值的呈現方式，其實是高程的函數。所以可以利用平坦地區或海岸線為參考指標，當平坦區或海岸地區應為平坦處卻有干涉條紋，則代表該處的相位值不正確，處理的過程中可能包含有軌道誤差，因此藉由試誤法逐步修訂軌道資料，至干涉條紋顯示正確的結果為止。圖 5.7 含有平行條紋軌道誤差的干涉圖經微調後如圖 5.8 所示，從圖中可以看出已經沒有斜向或橫向的平行干涉條紋，在平坦地區的變化較和緩，且海岸線等高程地區沒有干涉條紋。

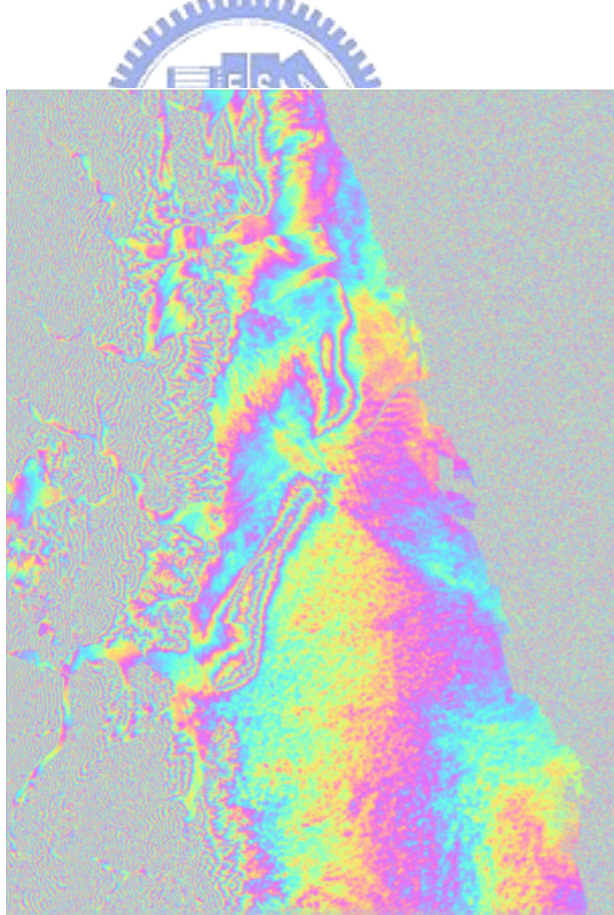


圖 5.8 經過微調處理的干涉圖



為瞭解研究區像元的干涉狀況，可以計算干涉影像的同調性圖，本研究使用的影像干涉圖如圖 5.9，圖 5.9 中左側影像為研究區的相關性圖，右側為顏色圖例，同調性同的相關係數從 0 至 1。從圖中可以看出，海洋區的相關性為 0，在平原區有較好的相關性，在山區則相關性明顯的比平原區低，可能原因為因山區植坡茂密，形成不同的散射條件，所以降低相關性。

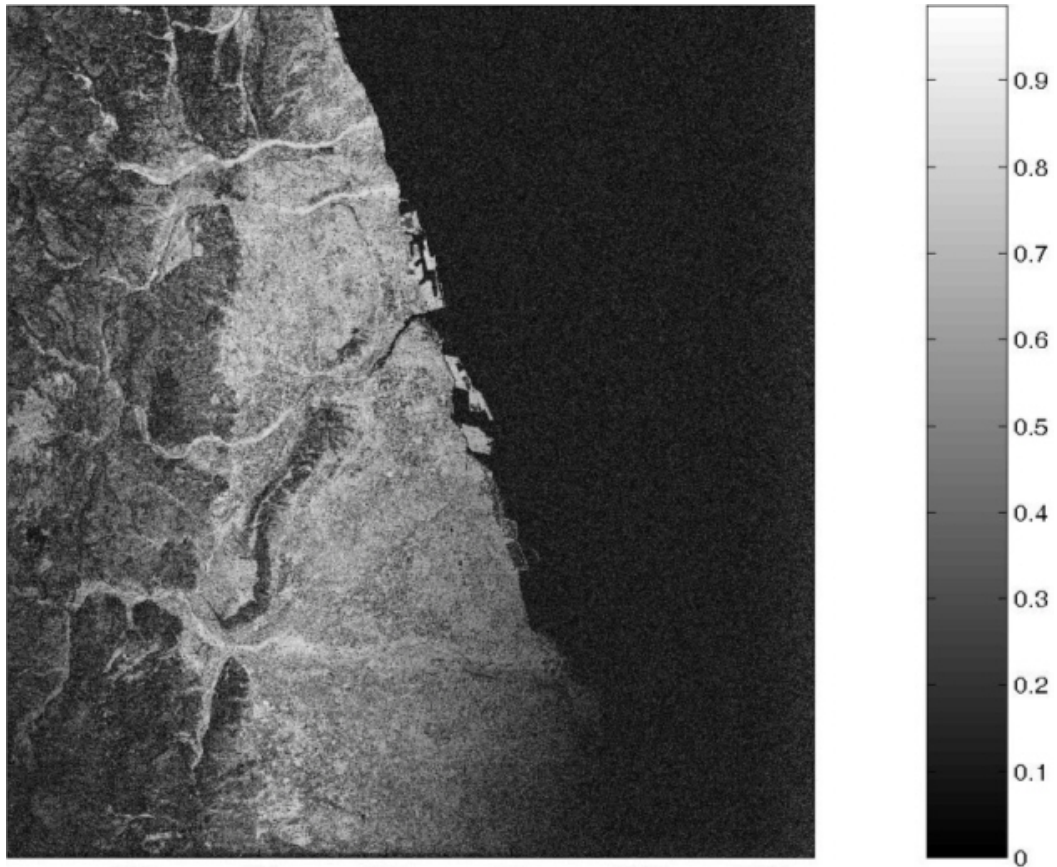


圖 5.9 雷達影像同調性圖

### 5.11 全相位回復

本研究以 Stanford 大學所發表的 Snapu 軟體來進行全相位回復的處理，因為該軟體可以完整回復整幅影像相位值，並可配合影像各項相關資料進行統計計算，所以回復的點位可信度很高，也獲得多數的研究團隊使用。Snapu 在進行回復處理時必須先指定回復影像的目的，其統計模式有地形模式及變形模式兩種不同的統計模式，因此將相關

參數輸入後，即可得到相位回復影像圖如圖 5.10。因為影像相位值已完全回復，並不侷限於 $-\pi$ 到 $\pi$ 之間，所以相位值的比例可以視為地面高程值的比例。值得注意的是，此影像的座標值仍為雷達座標系統。

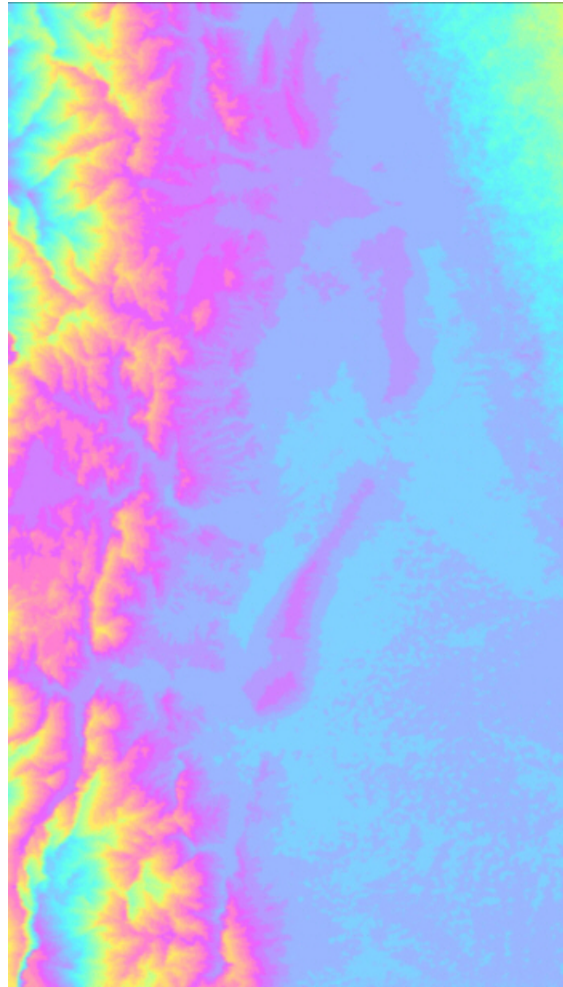


圖 5.10 經過全相位回復的干涉圖

## 5.12 座標定位

座標定位的處理係將干涉圖從雷達座標系統轉換至地面座標系統，計算的方法如 4.7 節所述，本研究利用成像幾何法直接計算點位的地面座標值，經座標計算後的干涉圖如圖 5.11 所示，從圖中可以看出影像已經左右顛倒，與地面的座標一致，且山區因位於遠距點，所以原雷達影像成像取樣時有壓縮現象，現經座標定位計算後，回復其原有的間距，所以視覺上間距有些微的加寬。

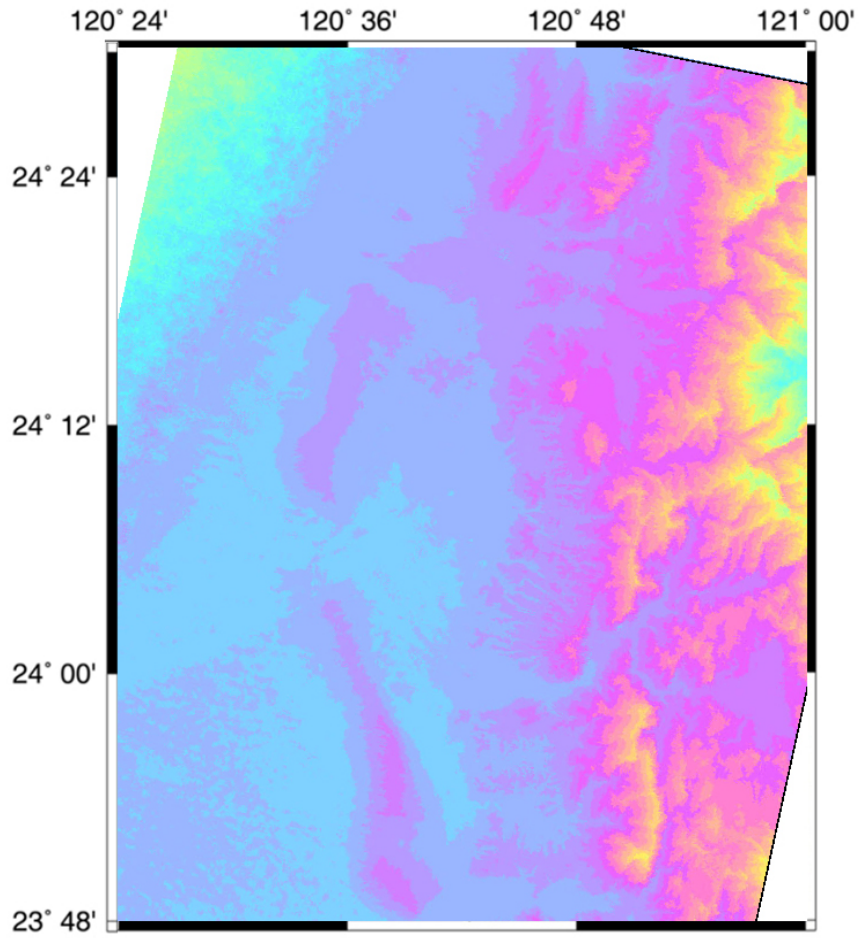


圖 5.11 座標定位的干涉圖