



農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development and Soil and Water Conservation, MOA

遙測-依合成孔徑雷達（ SAR ）圖像判讀 土砂災害指引

報告者：林恩如

114年2月25日



依合成孔徑雷達（ SAR ）圖像判讀土砂災害指引

- 出版單位：國土交通省 國土技術政策總合研究所
- 作者：鈴木大和、松田昌之、瀧口茂隆、野村康裕、山下久美子、中谷洋明
- 出版日期：April 2020
- 出版單位簡介：日本國土交通省轄下的研究機構，旨在為國土交通省的政策制定提供技術支持。主要領域的研究：國土規劃與管理、基礎建設、環境、防災。

原文連結：

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1110pdf/ks1110.pdf>

翻譯文獻連結：

<https://tech.ardswc.gov.tw/api/File/1753>



前言

案例：災害時的合成
孔徑雷達（SAR）散
射變化案例解說集

■ 緣起：

堰塞湖偵測（土砂呈不穩定狀態）

盡早掌握崩塌場所及其範圍

■ 先前努力：

2013年「藉由單偏振的高解析度SAR圖像，進行河道閉塞區位判讀調查手法（草案）」

2014年「藉由雙偏振SAR圖像，進行大規模崩塌及河道閉塞區位的判讀調查手法（草案）」

■ 本文觀測對象：

主要為大規模坡面崩塌，次要掌握更小規模的崩塌現象、地形和土地覆蓋變化區位

■ 概述：針對ALOS-2判讀土砂災害的方法進行解說，同時也彙總適用條件和注意事項。

■ 關鍵字：SAR圖像、坡面崩塌、土砂災害、河道閉塞、圖像判讀、背向散射係數



大綱

1. 合成孔徑雷達(SAR)圖像基本資訊

2. SAR圖像的土砂災害判讀調查手法

- 圖像選擇
- 雙偏振圖像
- 強度差分圖像
- 判讀注意事項

3. 強度差分判讀調查的適用結果

- 判讀所需時間
- 判讀精準度

第1篇	合成孔徑雷達(SAR)圖像相關基本事項.....	1
1.	合成孔徑雷達(SAR)	1
1.1	SAR的觀測原理.....	1
1.2	SAR的特徵.....	3
1.3	波長(波段)	4
1.4	散射特性.....	5
1.5	偏振特性(polarization characteristics)	7
2.	SAR圖像.....	8
2.1	SAR圖像的生成	8
2.2	SAR圖像的特徵.....	9
2.3	SAR圖像的注意事項	10
2.4	SAR圖像的解析度.....	13
2.5	SAR圖像的分析和種類	14
3.	將SAR圖像有效運用於土砂災害判讀調查.....	17
3.1	適合土砂災害判讀調查的SAR圖像觀測條件.....	17
3.2	將SAR圖像有效運用於土砂災害判讀調查時的注意事項	18
第2篇	解說根據SAR圖像的土砂災害判讀調查手法.....	19
1.	依SAR圖像所做的土砂災害判讀調查手法的選擇.....	20
1.1	根據可取得SAR圖像的條件進行選擇	20
1.2	根據作為判讀調查對象的土砂災害規模選擇.....	21
2.	依雙偏振SAR圖像所做的土砂災害判讀調查.....	22
3.	依強度差分SAR圖像所做的土砂災害判讀調查.....	23
3.1	強度差分SAR圖像的生成	23
3.2	強度差分SAR圖像的解釋.....	24
3.3	強度差分SAR圖像的標示和檢視方式	26



大綱

1. 合成孔徑雷達(SAR)圖像基本資訊

2. SAR圖像的土砂災害判讀調查手法

- 圖像選擇
- 雙偏振圖像
- 強度差分圖像
- 判讀注意事項

3. 強度差分判讀調查的適用結果

- 判讀所需時間
- 判讀精準度

3.4	依強度差分SAR圖像所做的土砂災害判讀調查流程.....	27
3.5	依強度差分SAR圖像所做的土砂災害判讀調查檢查表.....	30
4.	應用依SAR圖像所做的土砂災害判讀調查.....	33
4.1	有效率的判讀調查方法.....	33
4.2	提高結果可靠性的判讀調查方法.....	35
5.	依SAR圖像進行土砂災害判讀調查手法的注意事項.....	36
5.1	因人為改變所帶來的影響.....	36
5.2	對微波照射方向的坡面方向.....	38
第3篇	依強度差分SAR圖像進行土砂災害判讀調查的適用結果.....	40
1.	依強度差分SAR圖像，進行土砂災害判讀調查的所需時間.....	40
2.	依強度差分SAR圖像所做的土砂災害判讀調查精準度.....	41
2.1	精準度驗證條件.....	41
2.2	精準度驗證結果.....	43
	參考文獻.....	46
	本文中的SAR圖像技術規格.....	47
	參考資料1，依各災害強度差分SAR圖像，進行土砂災害判讀調查的所需時間.....	48
	參考資料2，依各災害強度差分的SAR圖像，判讀和調查土砂災害的精準度.....	56
	參考資料3，依強度差分SAR圖像所做的土砂災害判讀調查檢查表.....	61



第1篇

合成孔徑雷達（ SAR ）圖像相關基本事項

合成孔徑雷達衛星

■ Synthetic Aperture Radar(SAR) -->合成孔徑雷達

合成孔徑技術是利用衛星穩定的高速飛行進行連續觀測，實現等同於透過比天線物理長度（實際孔徑長度（ D_r ））還長的虛擬天線（合成孔徑長度（ D_s ））所觀測的結果效果（圖-1.1.3）。（[影片說明](#)重點於9:30處）

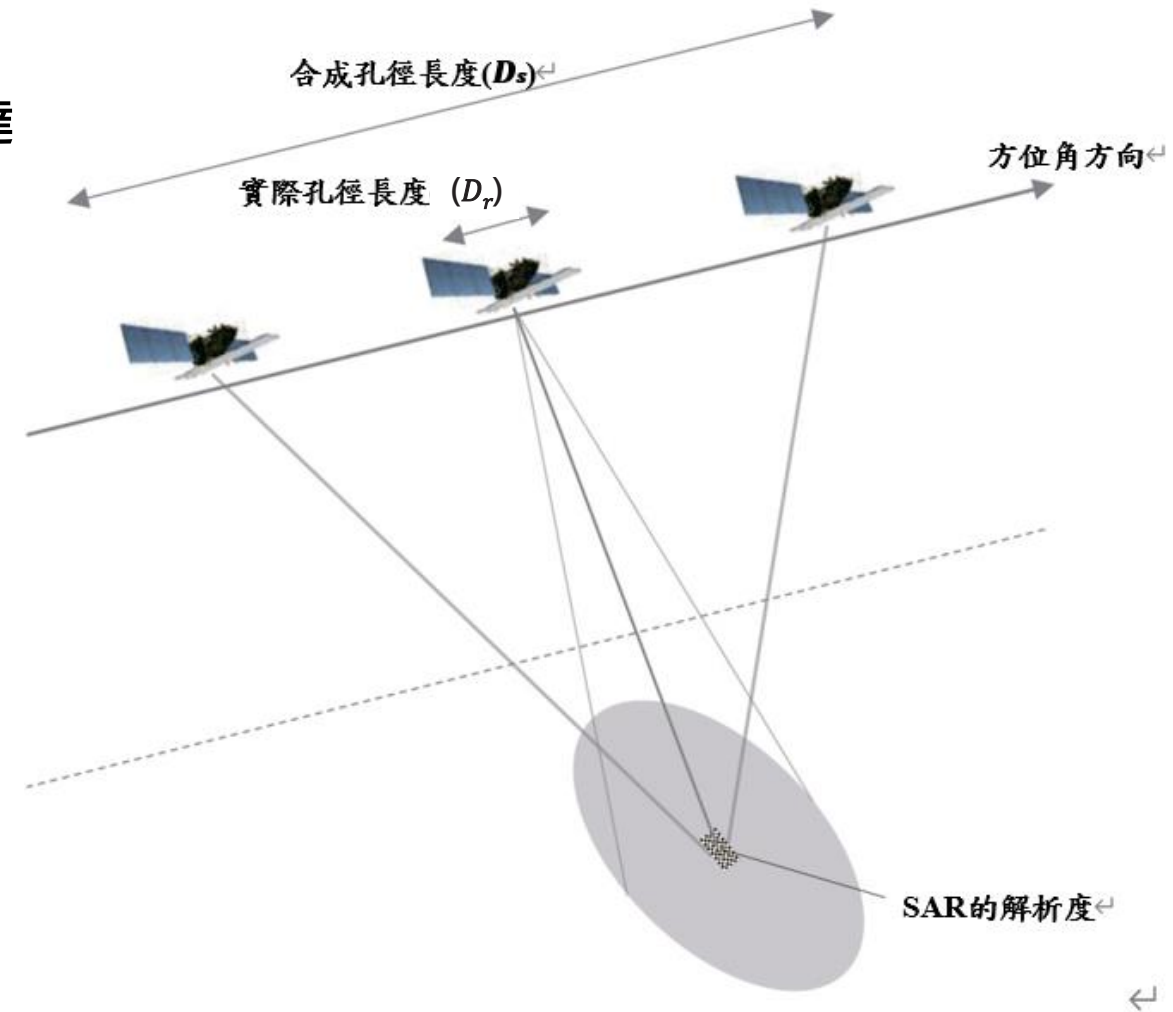
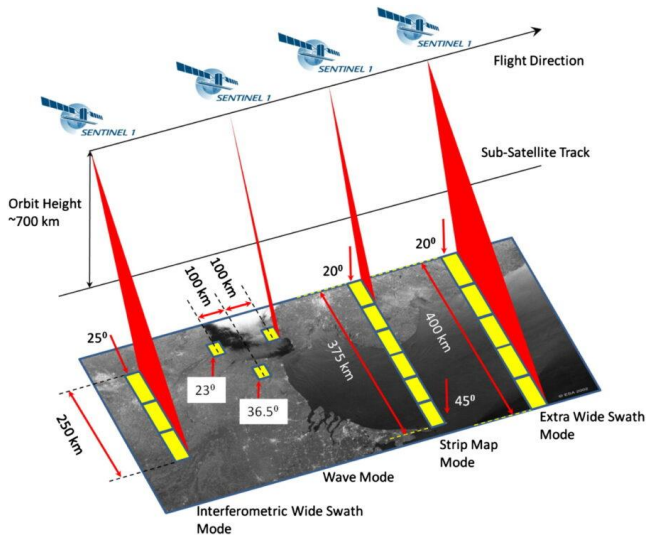


圖-1.1.3 合成孔徑技術的原理



合成孔徑雷達衛星



多元拍攝方式使SAR有多種產品，其空間解析度都不同

以Sentinel1為例(右表)：

SM 模式：通常具有較長的合成孔徑，以獲取高解析度的影像。

IW 模式：合成孔徑長度適中，兼顧解析度和成像寬度。

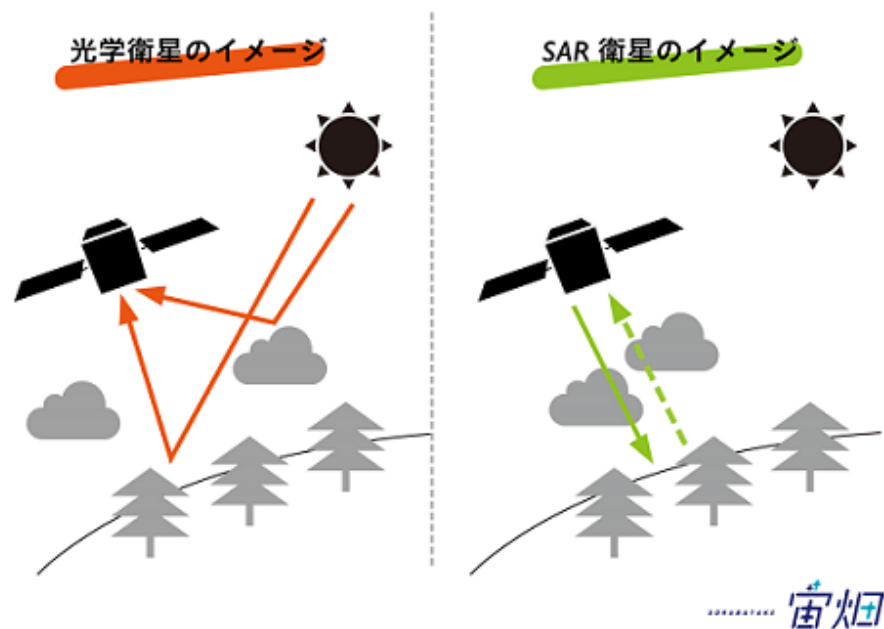
EW 模式：合成孔徑較短，以犧牲解析度為代價，換取更寬的成像寬度。

Acq. Mode	Product Type	Resolution Class	Resolution Rng x Azi [m]
SM	SLC	-	1.7x4.3 to 3.6x4.9
	GRD	FR	9x9
		HR	23x23
		MR	84x84
IW	SLC	-	2.7x22 to 3.5x22
	GRD	HR	20x22
		MR	88x87
EW	SLC	-	7.9x43 to 15x43
	GRD	HR	50x50
		MR	93x87
WV	SLC	-	2.0x4.8 3.1x4.8
	GRD	MR	52x51

合成孔徑雷達(SAR)的散射 - 1

掌握不同波長穿透能力

- 主動型感測器 (active sensor)：無論白天或黑夜均可進行觀測SAR波長比雲、雨等大氣中微粒大小還長，因此不易被雲等所影響。



光學成像衛星與SAR衛星的區別 (圖片來源：Sorabatke)

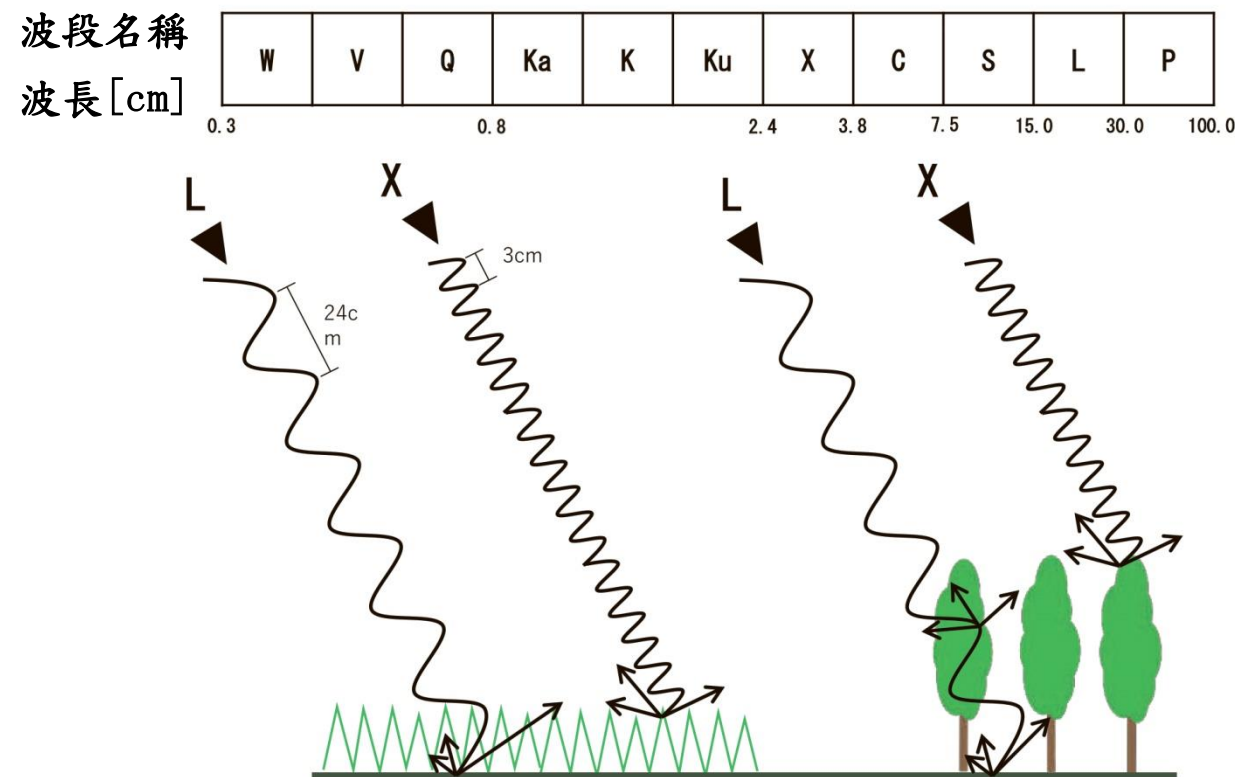


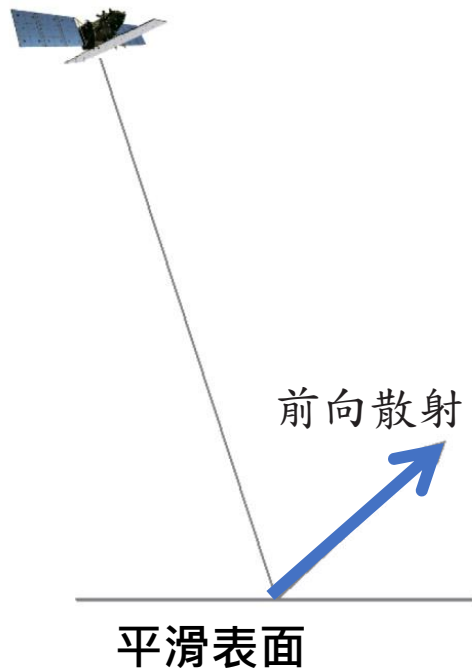
圖-1.1.5 波段名稱和波長的分類和特徵

合成孔徑雷達(SAR)的散射 - 2

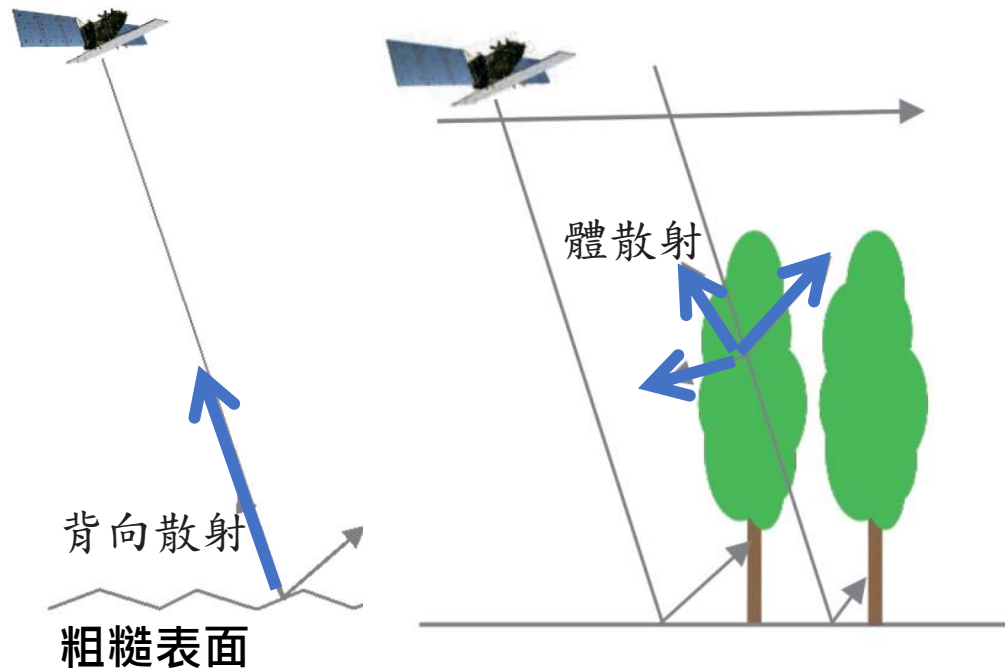
掌握不同地物的反射差異

- 「背向散射強度」：SAR所接收的訊號，即衛星發射的微波在地表面散射後，返回照射方向側的微波強度。

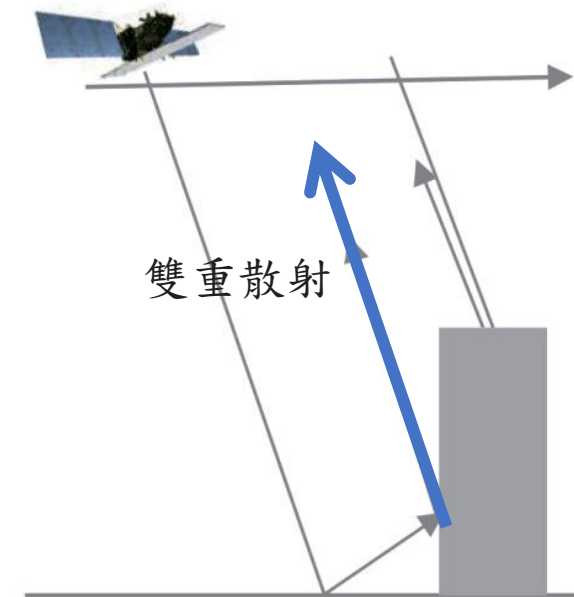
1. 表面散射



2. 體散射

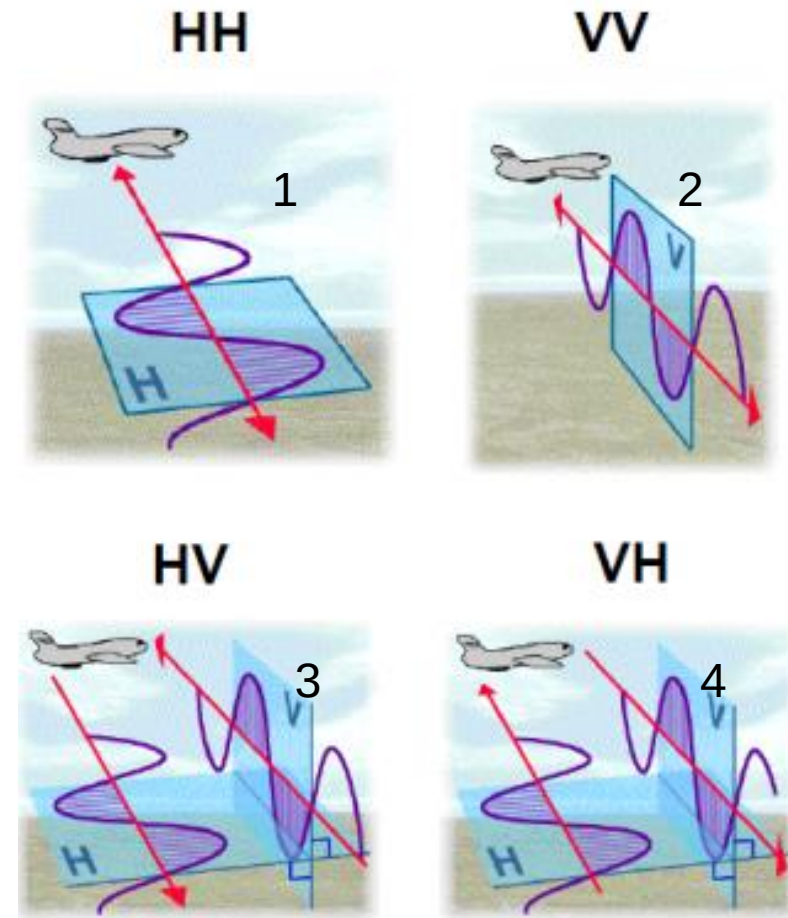


3. 雙重散射



合成孔徑雷達(SAR)的偏極

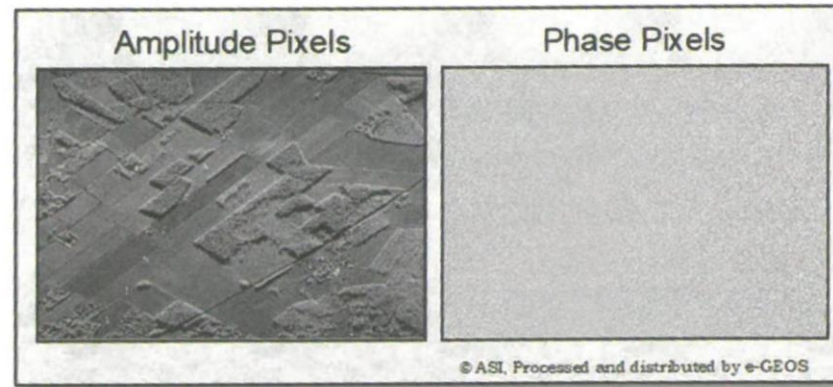
- 依據雷達波電場震動方向與(相對於)地球表面之間的方向，決定偏極方向，例如V為電場震動方向與地面垂直(右圖2)
- 共4種偏極方向(右圖)
- 同極化：HH、VV；交叉極化：HV、VH
- 一般來說HH、VV的強度會強於HV及VH - 因大多數的自然地物跟人工構造物沿原電場方向反射雷達波，且HV及VH(1)轉換過程中會有能量散失，(2)通常因多次/複雜散射形成，過程中常有能量損失。
- 空間解析度高的單偏振SAR圖像的地形判讀，大多能掌握到平面投影面積大約在 $10,000\text{m}^2$ 以上的大規模坡面崩塌等所致的河道閉塞區位。



SAR衛星電磁波之極化示意圖 (Haagsma 2015)

如何看SAR的圖 - 1

1. 複數影像振幅 + 相位資訊 (本文僅使用振幅資訊，即反射強度進行判釋)
2. 光學：可見光；雷達：背向散射強度
3. 將圖面轉為陰影在影像之下方 (即衛星觀測方向往觀測者方向，較容易看出地形起伏，詳下頁)
4. 找出衛星飛行方向與視角方向
5. 前波縮短 (Foreshortening)、疊置 (Layover) 與陰影 (Radar Shadow) 的現象



12.2 複數影像由振幅與相位組成
COSMO SkyMed

Thomas P. Ager, 2023, SAR基本入門

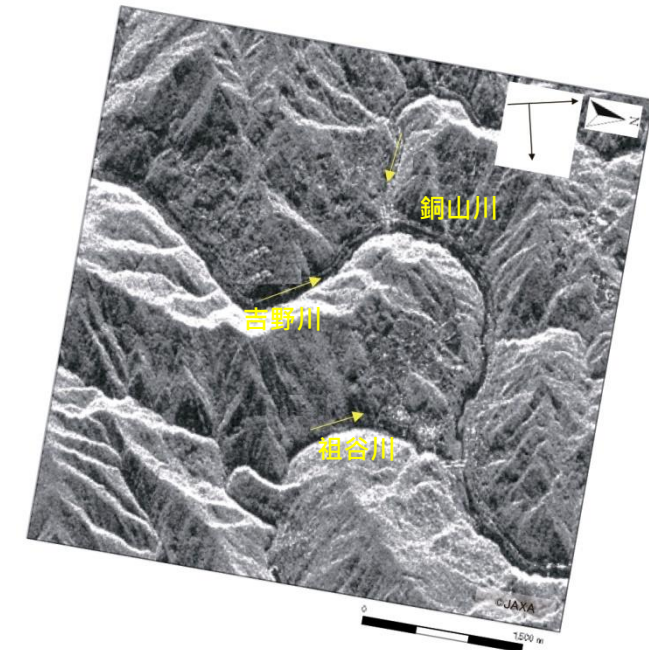
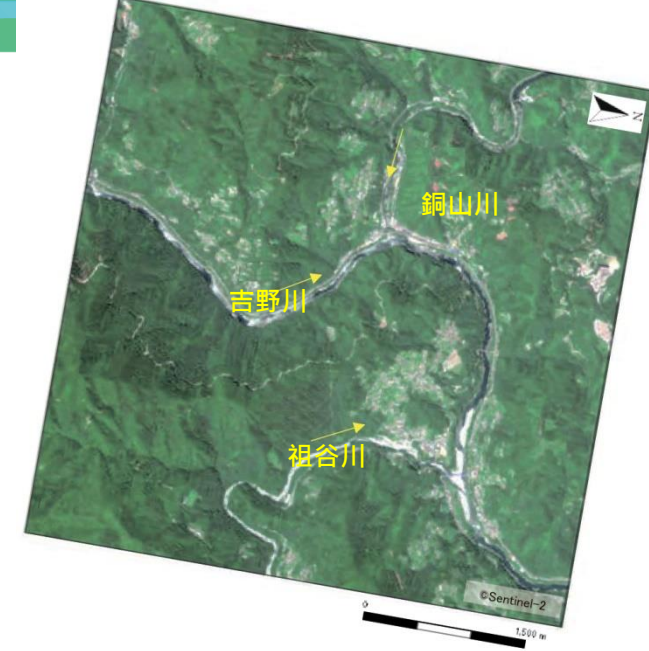


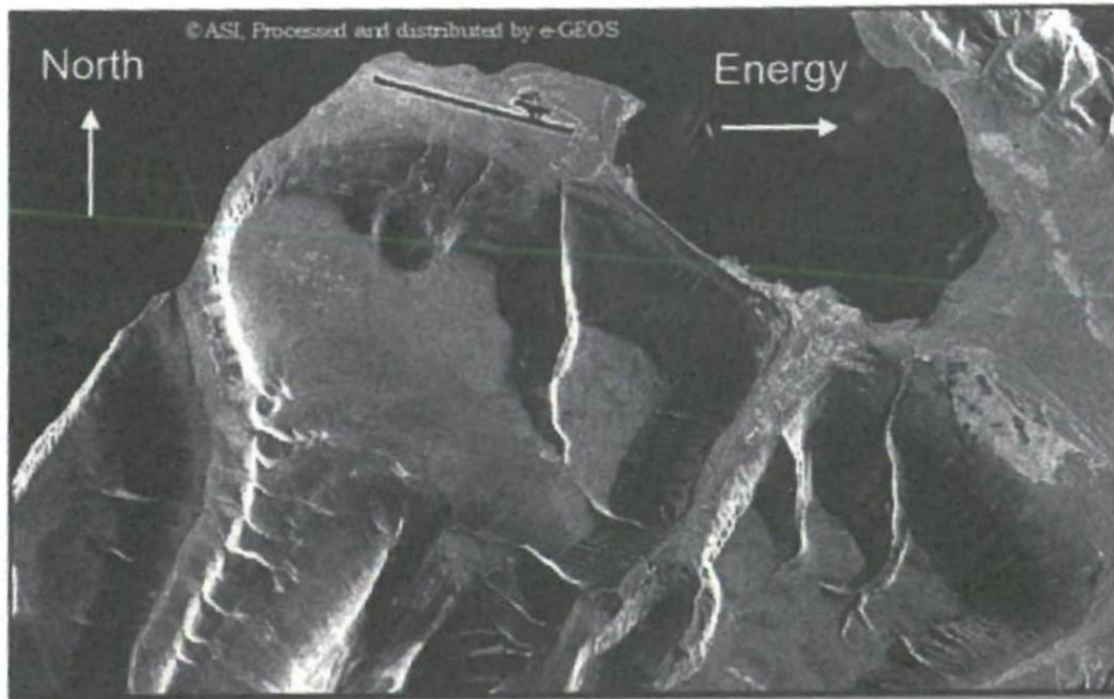
圖-1.2.2 光學圖像 (上) 和單偏振SAR圖像
(下) 檢視方法的不同 (德島縣三好市)

掌握正確的立體感

如何看SAR的圖 - 2

陰影在影像之下方

陰影不在影像之下方



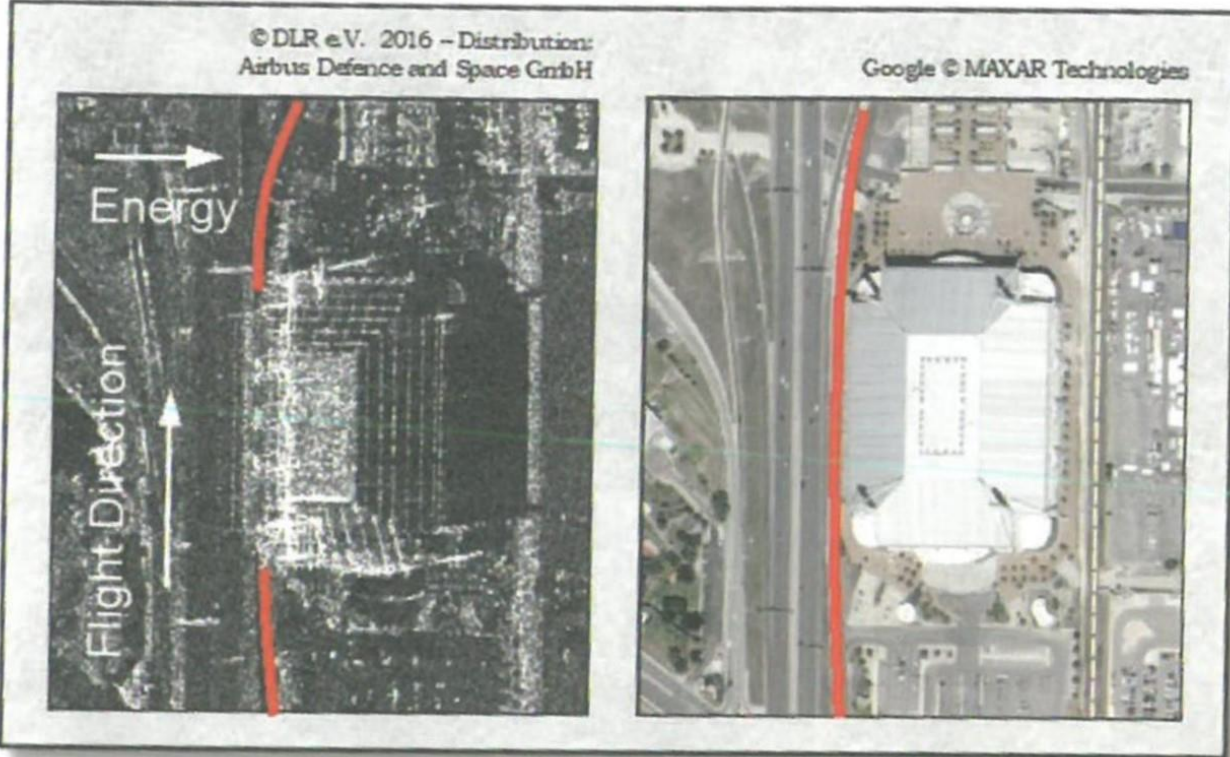
6.3 地形感知錯置
COSMO SkyMed



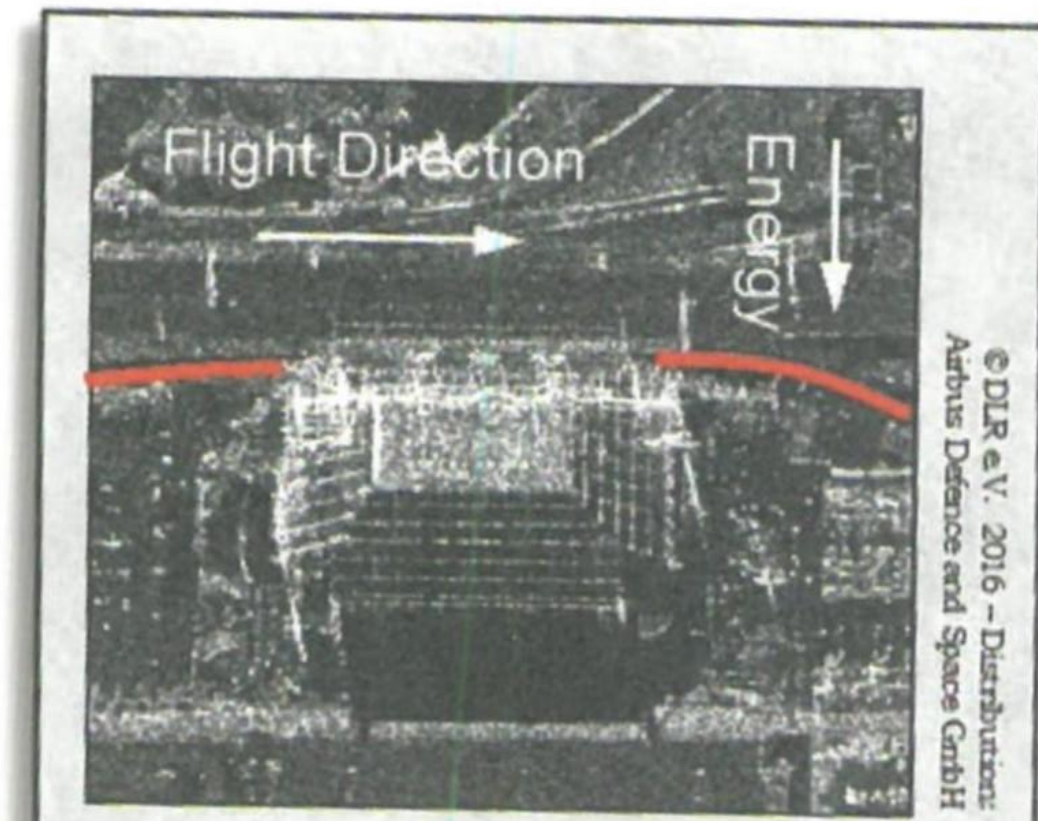
6.3 地形感知錯置
COSMO SkyMed

如何看SAR的圖 - 3

陰影不在影像之下方



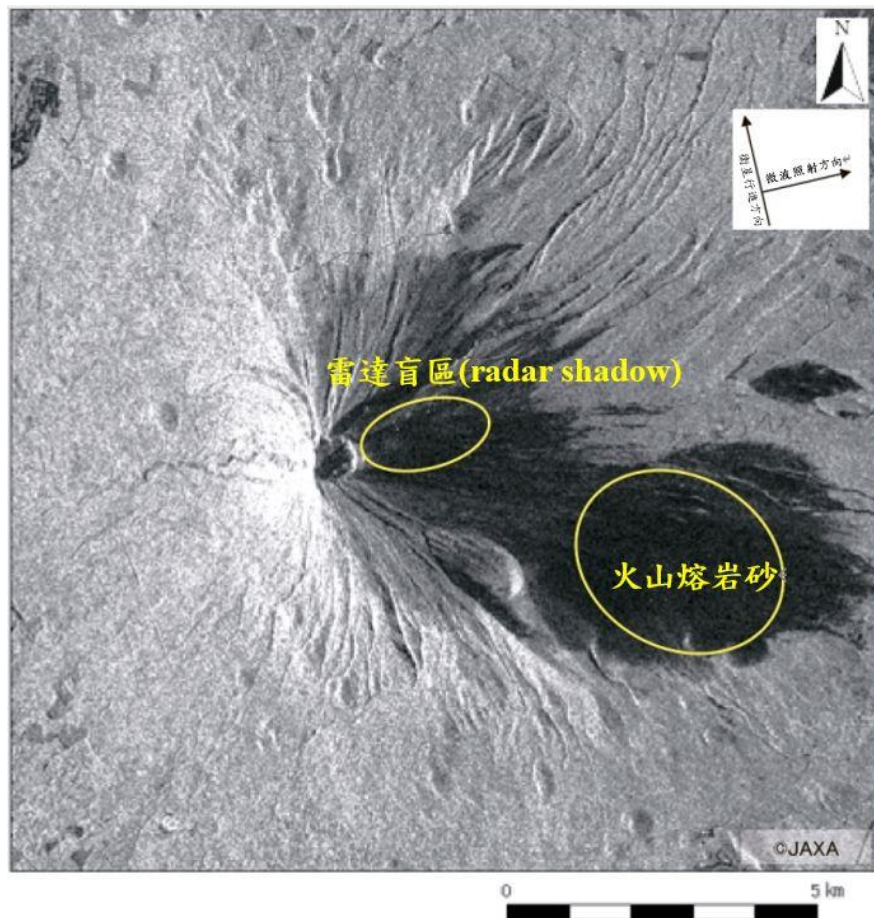
陰影在影像之下方



6.13 垂直於飛行路徑的疊置

如何看SAR的圖 - 5

陰影不在影像之下方

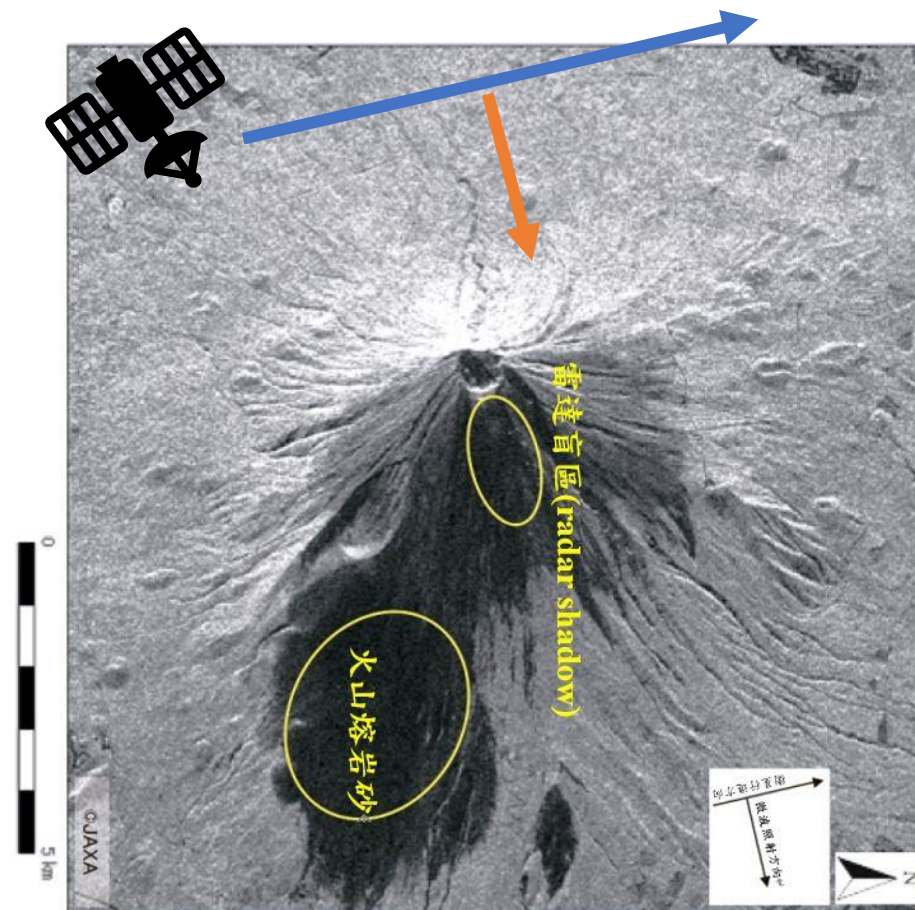


掌握正確的立體感

陰影在影像之下方

找出衛星飛行方向與視角方向

衛星飛行方向
衛星拍攝方向



掌握雷達資訊不足區域

如何看SAR的圖 - 6

1.前波縮短 (Foreshortening)

2.疊置 (Layover)

3.陰影 (Radar Shadow)

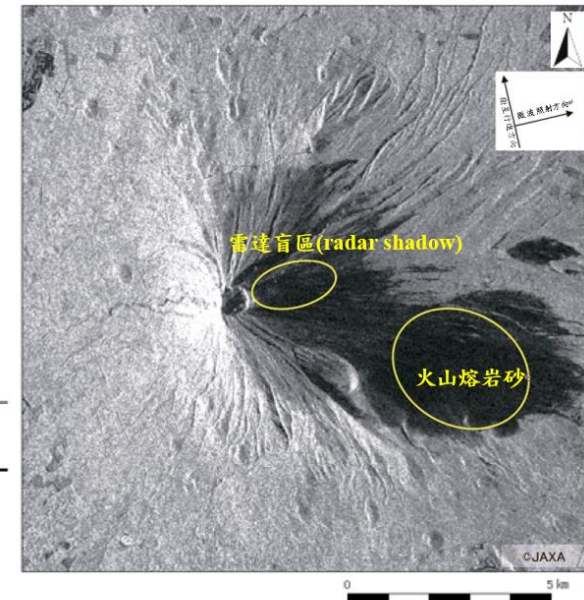
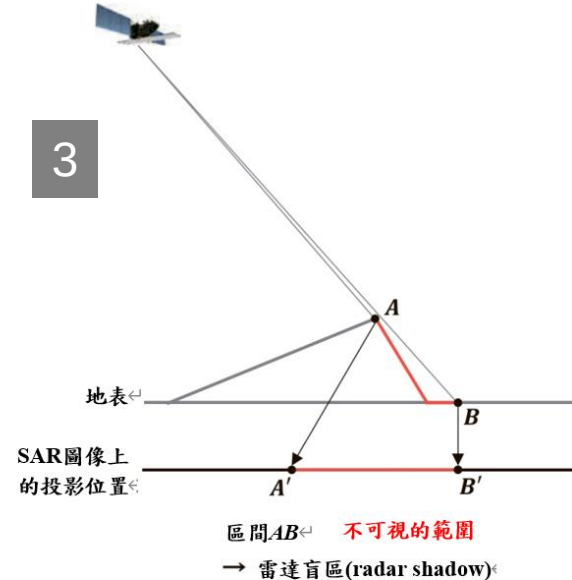
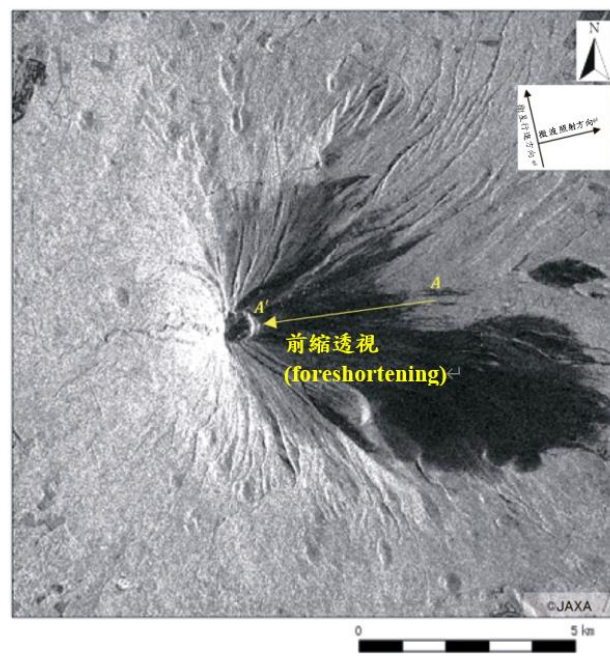
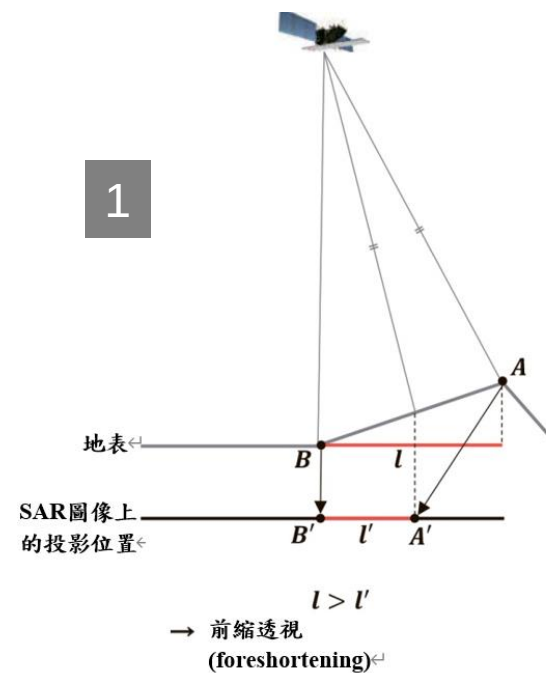


圖-1.2.5 疊置的模式圖和單偏振SAR圖像案例 (富士山周邊)

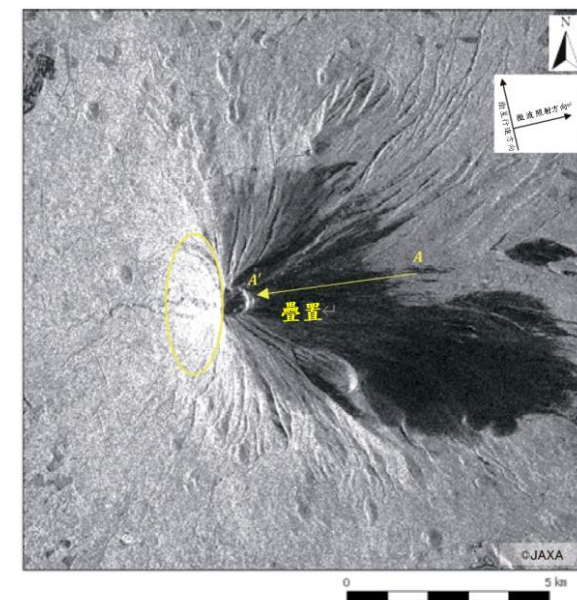
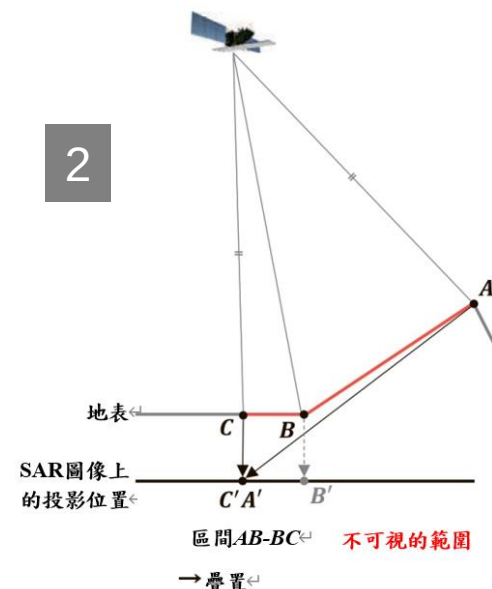


圖-1.2.4 疊置的模式圖和單偏振SAR圖像案例 (富士山周邊)



要用那些組合的雷達影像來判別？

表-1.2.1 本資料處理的SAR圖像種類和特徵

種類	特徵
單偏振SAR圖像	- 將單一時期的單偏振背向散射強度可視化 - 以濃淡做呈現的圖像
雙偏振SAR圖像	- 將單一時期各偏振的散射特性的差異可視化 - 空間解析度低於單偏振SAR圖像
強度差分SAR圖像	- 將不同時期的單偏振背向散射強度變化可視化 - 非觀測時期，則需相同條件的單偏振SAR圖像

- 只用1張影像來判釋。區分單期影像的地表物
- 用同時期，不同偏極，共2張影像組合來判釋。強調區分單期影像的地表物
- 用不同時期，相同偏極，共2張影像組合來判釋。強調前後期地物變遷

要用那些組合的雷達影像來判別？

表-1.2.1 本資料處理的SAR圖像種類和特徵

種類	特徵
單偏振SAR圖像	- 將單一時期的單偏振背向散射強度可視化 - 以濃淡做呈現的圖像
雙偏振SAR圖像	- 將單一時期各偏振的散射特性的差異可視化 - 空間解析度低於單偏振SAR圖像
強度差分SAR圖像	- 將不同時期的單偏振背向散射強度變化可視化 - 非觀測時期，則需相同條件的單偏振SAR圖像

是否能取得與歷史影像相同觀測條件的資料？

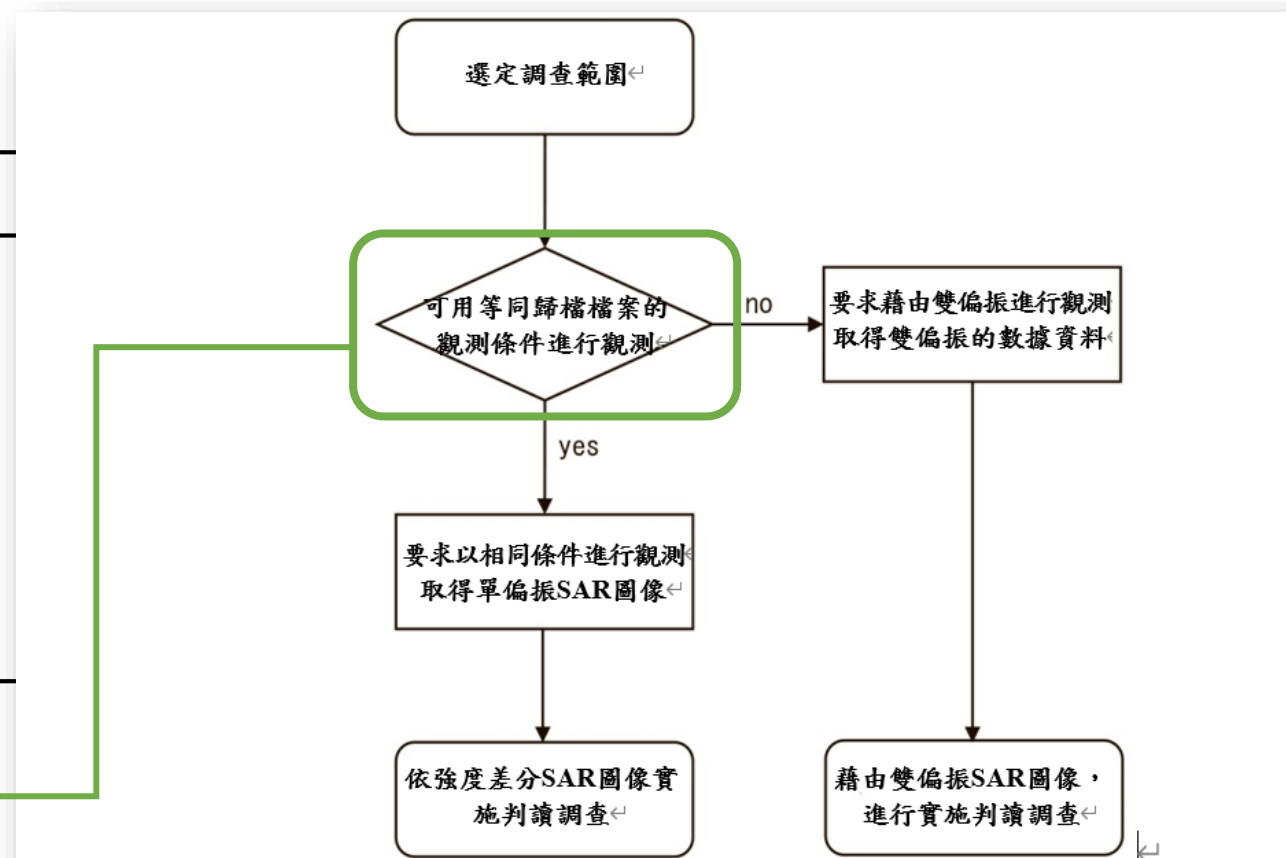


圖-2.1.1 根據可取得SAR圖像的條件進行選擇土砂災害判讀調查手法的流程

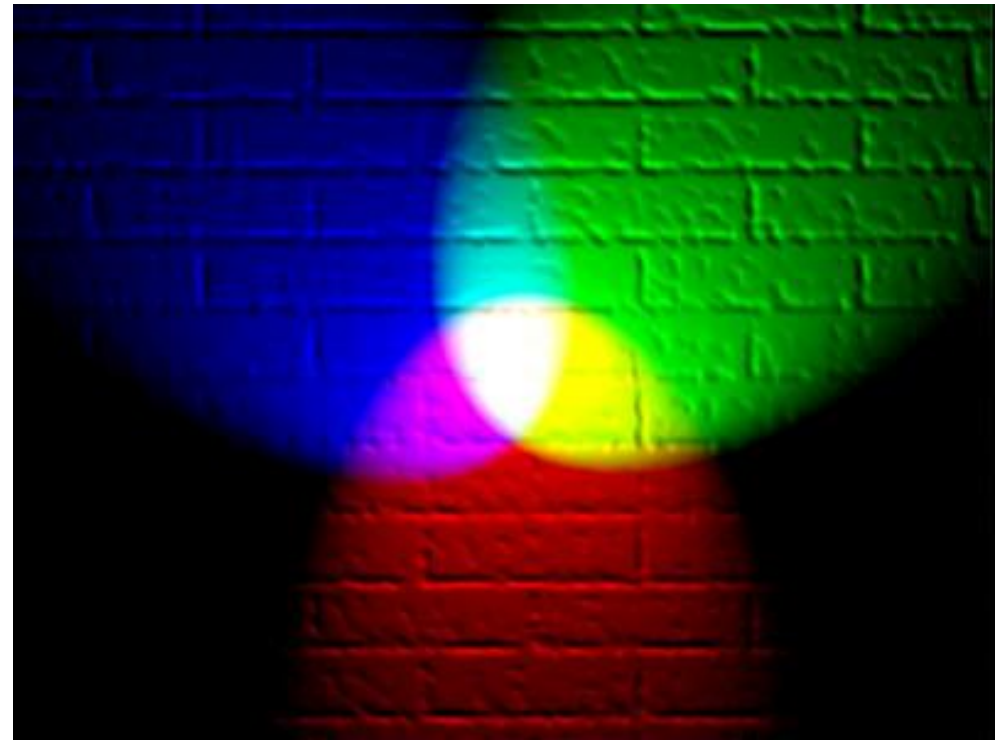
要用那些組合的雷達影像來判別？

人類主要只能看到RGB三種顏色

視網膜上有兩種感光細胞：桿狀細胞和錐狀細胞。
桿狀細胞負責在光線較暗的環境中感知物體形狀和明暗；
錐狀細胞則負責感知顏色。

錐狀細胞分為三種類型，分別對不同波長的光線敏感：

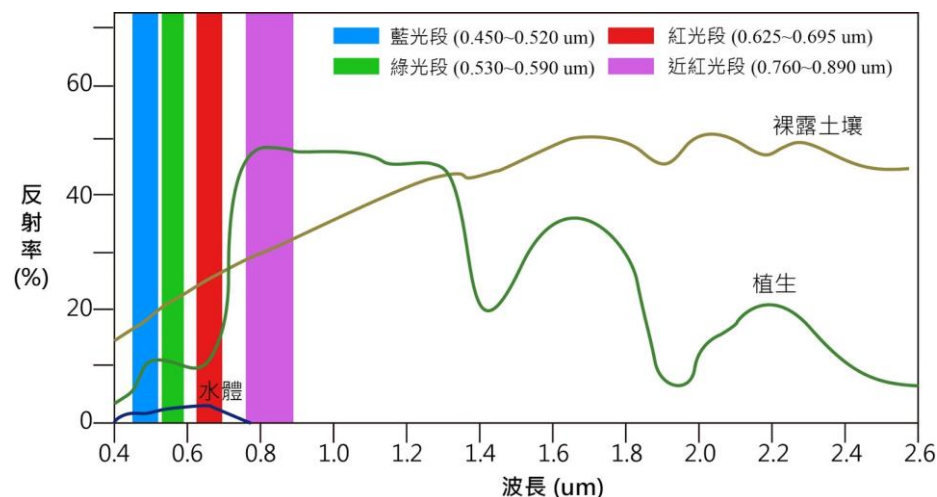
- S-錐細胞：對短波長光線（藍色光）敏感
- M-錐細胞：對中波長光線（綠色光）敏感
- L-錐細胞：對長波長光線（紅色光）敏感





要用那些組合的雷達影像來判別？

先了解遙測照片常常拿不可見光波段用紅色顯示



近紅外波段

綠光波段

藍光波段

20091106
SPOT假彩色





要用那些組合的雷達影像來判別?

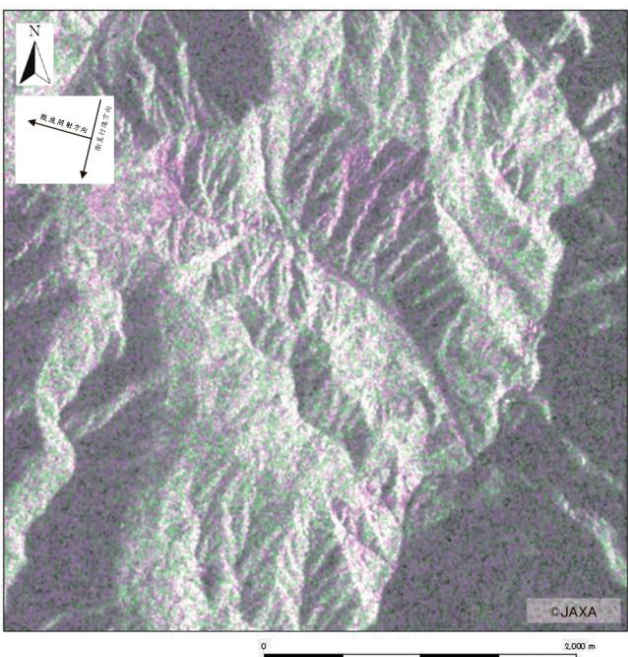


圖-1.2.7 雙偏振SAR圖像例 (靜岡縣靜岡市葵區) 41



此種配色方法可讓森林區域以綠色、無森林的裸地區域則以紫紅色呈現。

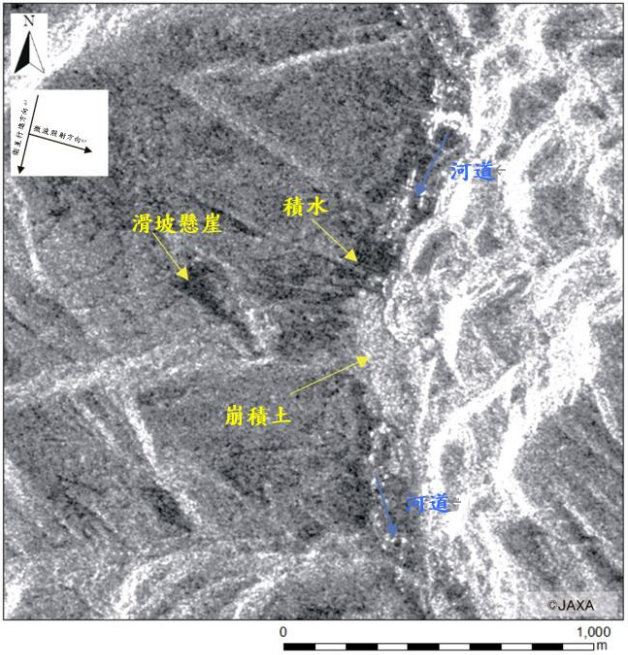
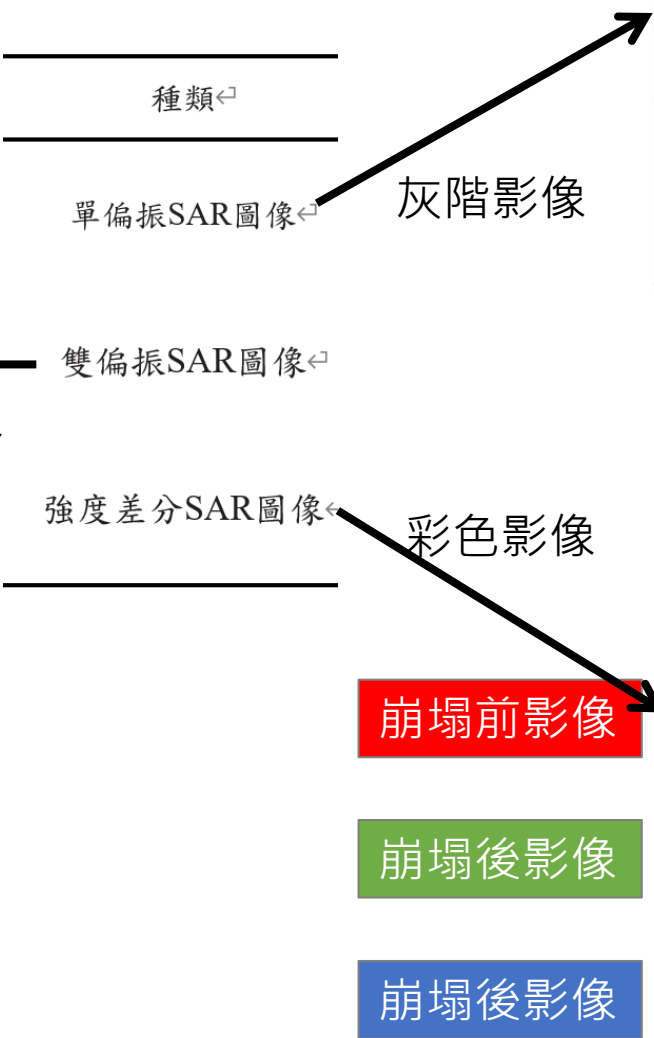


圖-1.2.1 單偏振SAR圖像例 (大分縣日田市) 41

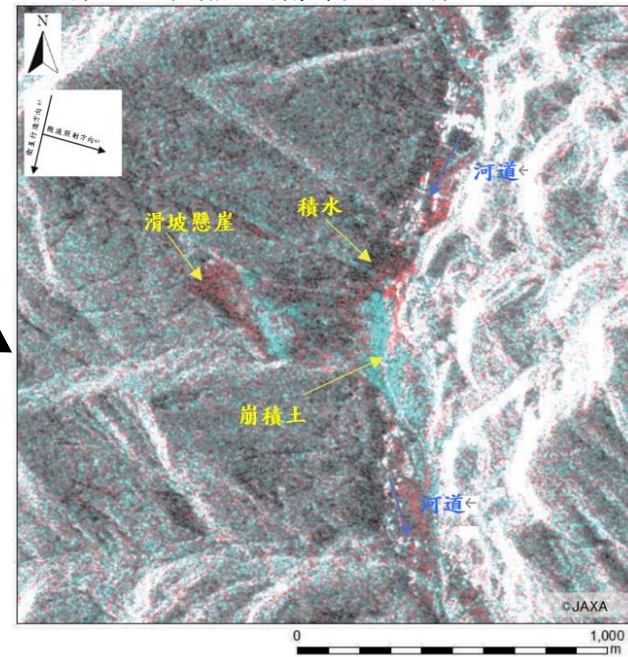


圖-1.2.8 強度差分SAR圖像例 (大分縣日田市) 41

背向散射強度下降處用紅色；背向散射強度上升處，則用藍綠色呈現，可透過圖像的顏色變化識別發生土砂災害的情況



合適的雷達影像條件

表-1.3.1 適合土砂災害判讀調查的SAR圖像觀測條件

觀測條件	建議值
側視角	30°~45°左右
解析度	~3m左右
波長（波段）	3~30cm左右（X・C・L）

側視角變小時，疊置的影響則變大；側視角變大時，雷達盲區的影響擴大

解析度越高越好。在本資料中，是針對用3m左右解析度的SAR圖像所確認的土砂災害判讀調查手法進行解說

掌握雷達空間解析度

判別發生土砂災害時，**X~L 波段**中的辨識性差異較小。因此，據預測，若屬X~L 波段所觀測的SAR圖像，即可有效運用本資料所解說之土砂災害判讀調查手法

判讀的注意事項

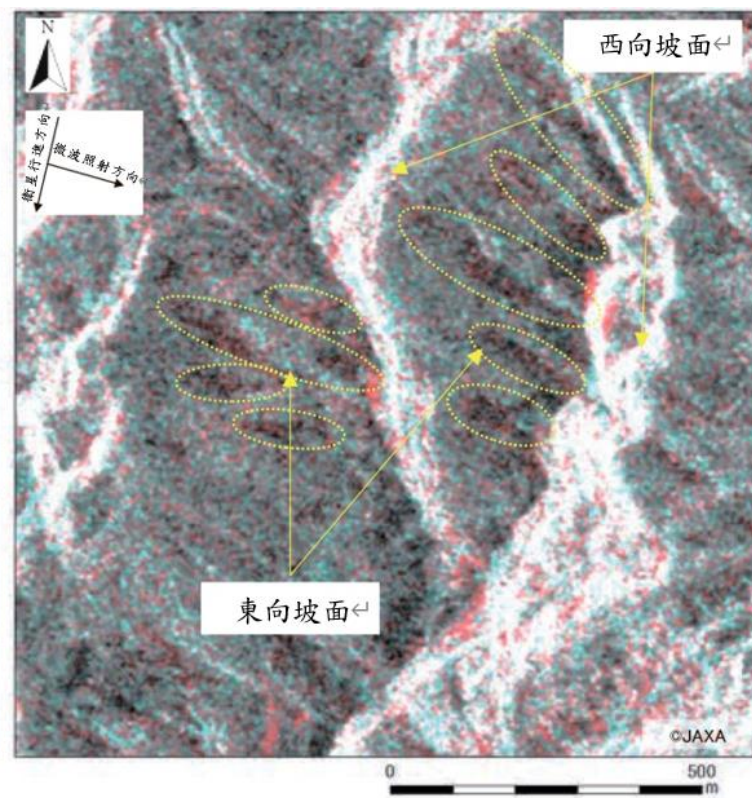
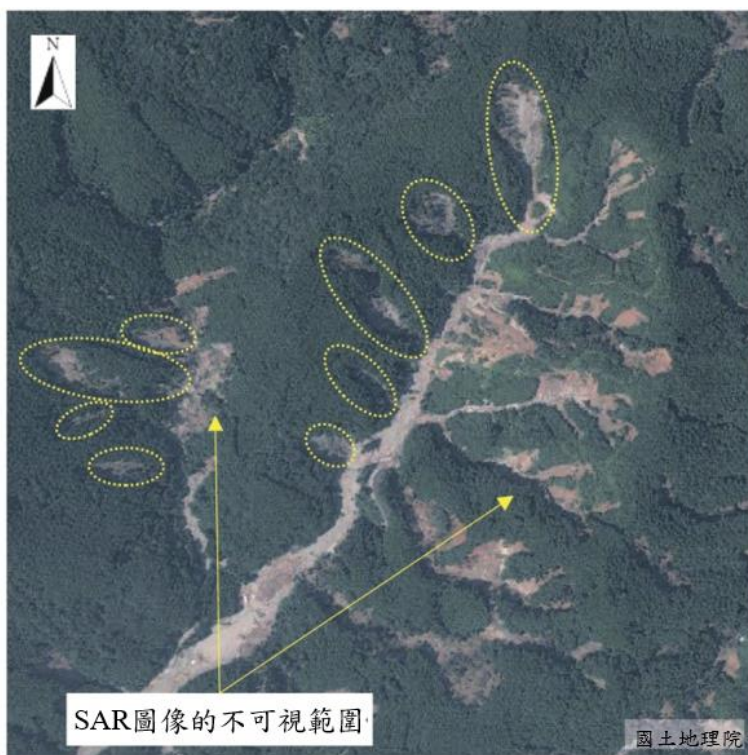
掌握不同波長穿透能力

掌握正確的立體感

掌握雷達空間解析度

掌握不同地物的反射差異

掌握雷達資訊不足區域



拿一張光學影像來對比

1. 找到衛星飛行跟拍攝方向
2. 對照光學影像
3. 找河道
4. (如果可以的話)看地形圖或DEM判別坡向，才能找出前坡縮短的空間範圍
5. 找前波縮短跟疊置的大致範圍

→ 須注意不可視範圍且建議不同地物可能有相近反射率的可能性(例如，人為採伐與崩塌反射率相近，可用多期影像增加判釋資訊)

圖-1.3.1 SAR圖像不可視範圍例(福岡縣朝倉市) ←



第2篇

解說根據SAR圖像的土砂災害判讀調查手法



根據災害規模/類型選擇影像組合

表-2.1.1 本資料處理的SAR圖像種類

依SAR圖像所做的土砂災害判讀調查手法	大規模崩塌河道閉塞	小規模崩塌
藉由雙偏振SAR圖像，進行判讀調查	○ (可適用)	× (不可適用)
依強度差分SAR圖像進行判讀調查	○ (檢測約8成)	○ (可能檢測過半數)

※ 大規模：正射面積10,000m²以上、小規模：正射面積2,000m²以上、
※ 不可視的範圍不包含於驗證中

符合「第2篇1.1根據可取得SAR圖像的條件選擇」所示條件時，
建議依**強度差分SAR圖像進行判讀調查**。

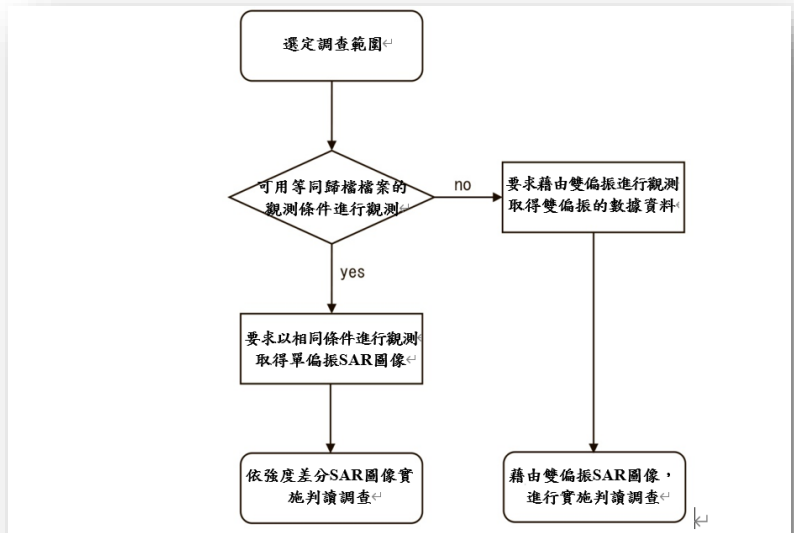
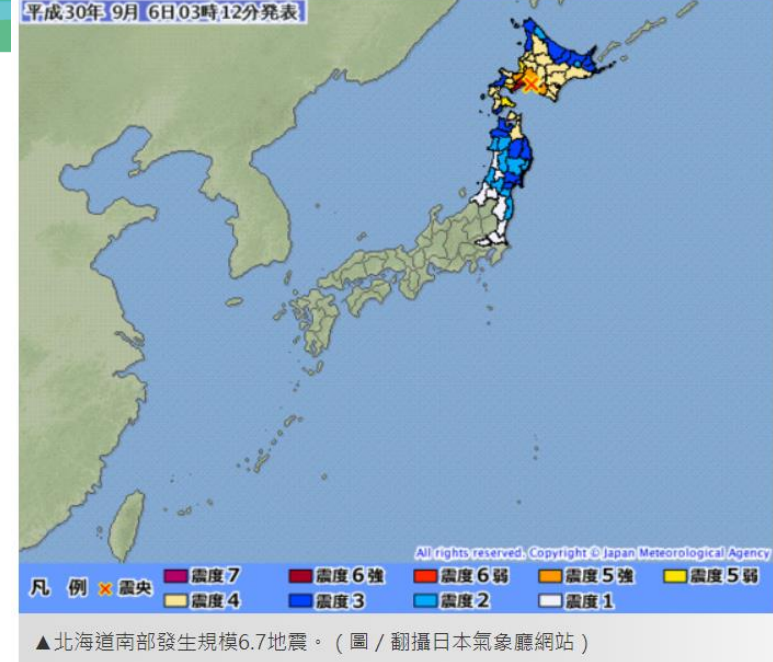


圖-2.1.1 根據可取得SAR圖像的條件進行選擇土砂災害判讀調查手法的流程

依強度差分SAR圖像判讀調查

案例：2018年北海道膽振東部地震

- 1.強度差分影像生成
- 2.強度差分SAR圖像的解釋
- 3.強度差分SAR圖像的標示和檢視方式
- 4.土砂災害判讀調查流程(步驟1～3階段)
- 5.土砂災害判讀調查檢查表



2018年北海道地震：



2018年北海道地震，日本氣象廳命名為平成30年北海道膽振東部地震，是2018年9月6日發生於日本北海道膽振綜合振興局勇拂郡厚真町附近的一場地震，震央位於北緯42.7度，東經142.0度，震央距札幌市約70公里，距東京都約790公里。本次地震規模為 M_j 6.7，震源深度約40公里。[維基百科](#)

地點：[日本北海道膽振綜合振興局](#)

日期：2018年9月6日

傷亡：41人死亡、692人受傷

最大加速度：1796 gal (追分，NIED)

最大震度：震度7 (JMA) (JMA)；IX度 (MMI, USGS)；8(VIII)度 (MSK, PAH)；5(V)度 (EMS, EMSC)

海嘯：無

發生時間：03:07:35.780 (USGS)；03:07:59.3 (JMA)

依強度差分SAR圖像判讀調查

1.強度差分影像生成

崩塌前影像：20180823

崩塌後影像：20180906

崩塌後影像：20180906

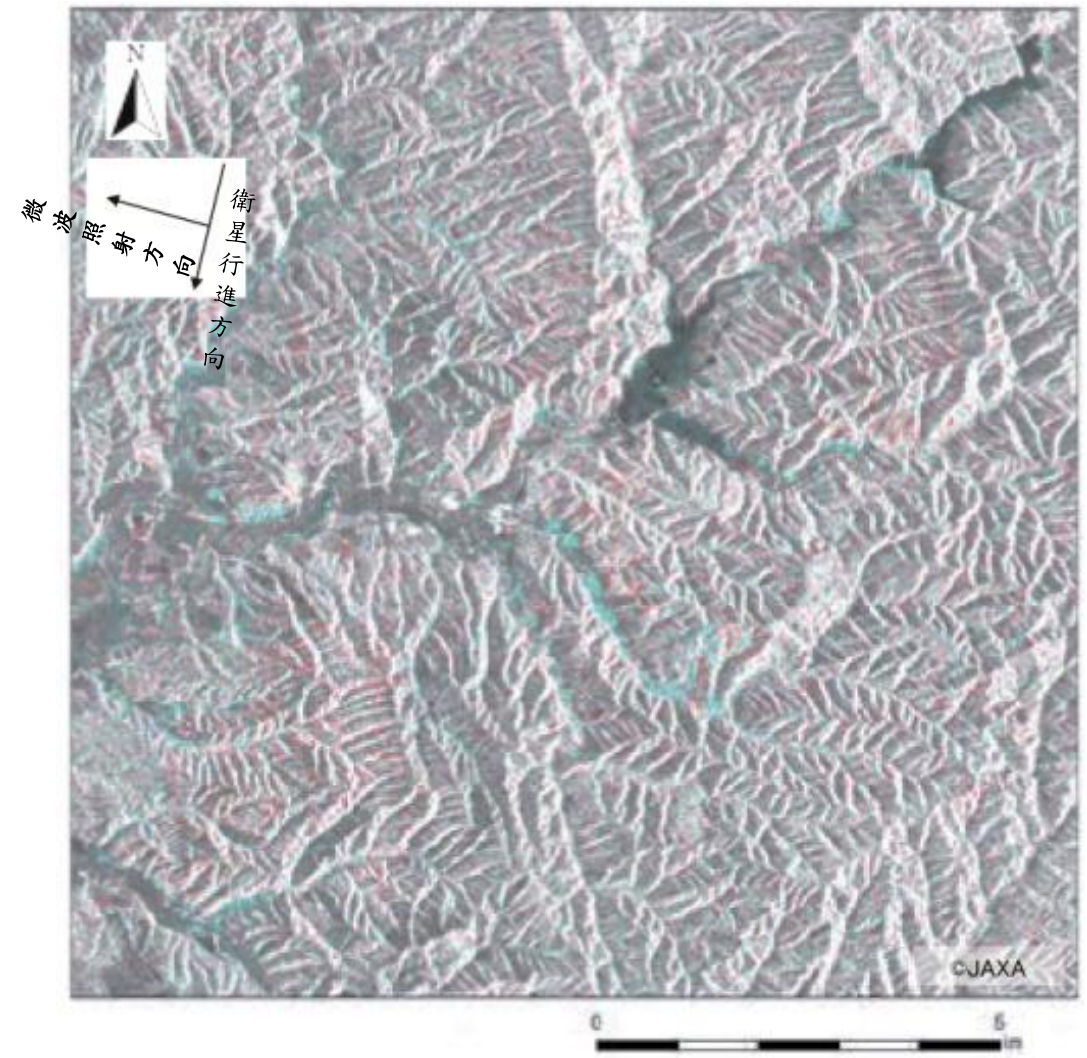


圖-2.3.1 強度差分SAR圖像的生成 (北海道厚真町、鵜川町)



依強度差分SAR圖像判讀調查

2.強度差分SAR圖像的解釋 →災害前後背向散射強度變化

表-2.3.1 強度差分SAR圖像上的顏色和背向散射強度的變化

顏色	災害前後的背向散射強度變化	例
白	有背向散射強度、無變化	森林、農地
黑	背向散射強度小、無變化	海面、湖面
藍色	災害後增加背向散射強度	土砂流出、漂流物
紅色	災害後的背向散射強度下降	坡面崩塌、淹水與積水

森林或農地等，原屬背向散射較大的區位，若在災害前後無變化時，仍以白色做標示

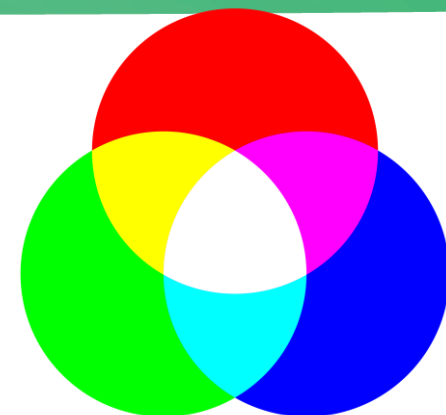
藍色：發生災害而使土砂流入水田等時，會在災害後增加背向散射強度

紅色：因坡面崩塌而流出森林的區位，會在災害後降低背向散射強度

崩塌前

崩塌後

崩塌後



光的三原色

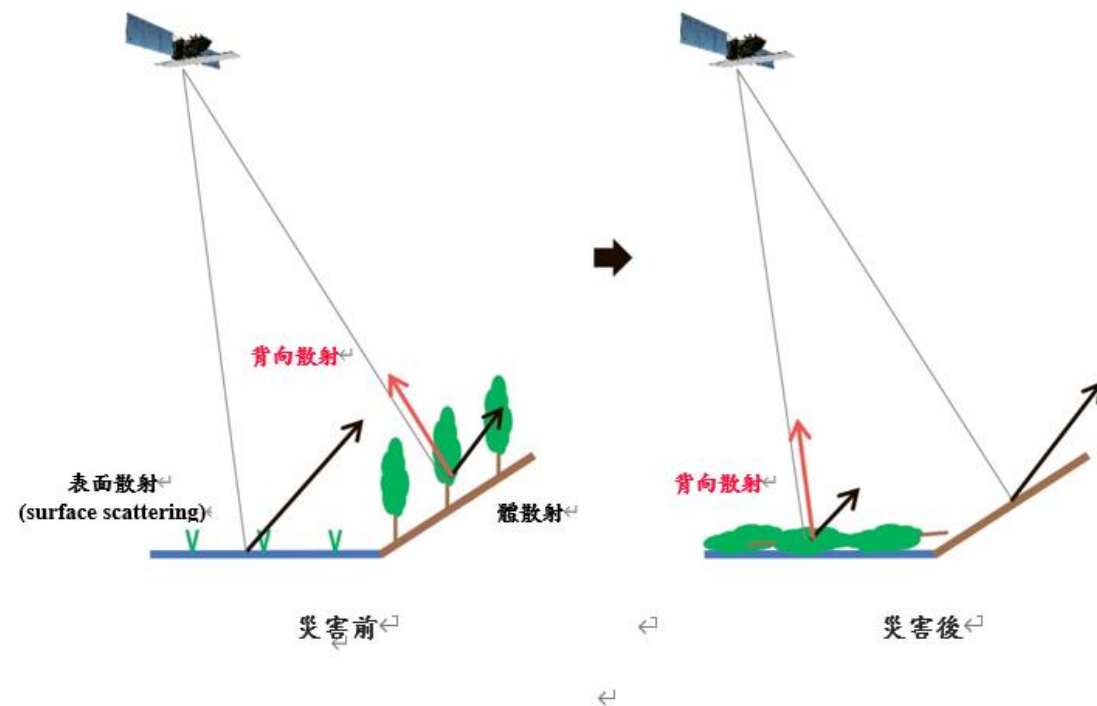


圖-2.3.2 背向散射強度因發生土砂災害而起變化的示意圖



依強度差分SAR圖像判讀調查

2.強度差分SAR圖像的解釋 →災害前後背向散射強度變化

表-2.3.1 強度差分SAR圖像上的顏色和背向散射強度的變化

顏色	災害前後的背向散射強度變化	例
白	有背向散射強度、無變化	森林、農地
黑	背向散射強度小、無變化	海面、湖面
藍色	災害後增加背向散射強度	土砂流出、漂流物
紅色	災害後的背向散射強度下降	坡面崩塌、淹水與積水

森林或農地等，原屬背向散射較大的區位，若在災害前後無變化時，仍以白色做標示

藍色：發生災害而使土砂流入水田等時，會在災害後增加背向散射強度

紅色：因坡面崩塌而流出森林的區位，會在災害後降低背向散射強度

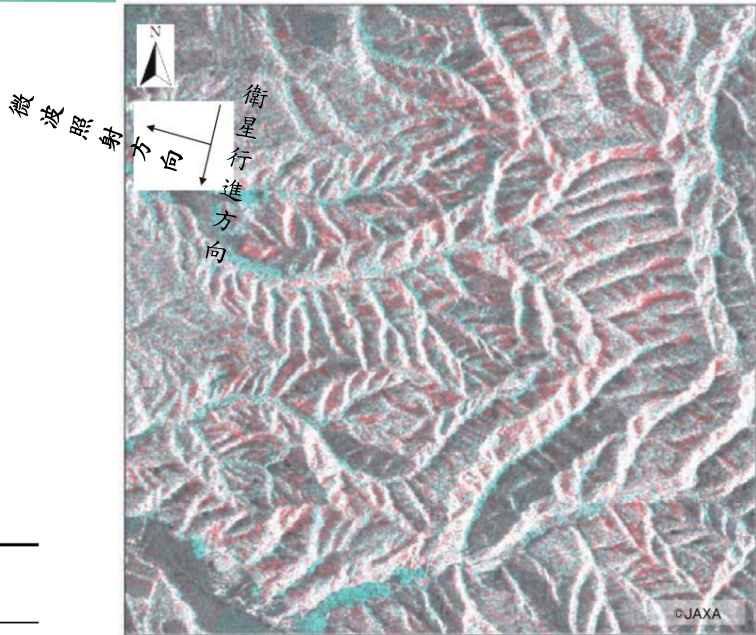


圖-2.3.3 強度差分
SAR圖像（上）和光
學圖像（下）
（北海道厚真町、鵠川町）



根據災害時SAR散射變化的判讀調查要領

災害時的SAR散射變化傾向

案例：災害時的合成
孔徑雷達 (SAR) 散
射變化案例解說集

新增散射面

強度上升

(A)堆積土砂、(B)漂流木會提高災後的背向散射強度，因此強度差分SAR圖像上的辨識性高。兩種發生地點不同，因此SAR散射變化的誤判的可能性低，於災害時**容易被檢測**。

散射面消失

強度下降

(C)堰塞湖、(D)淹水與洪水、(E)橋梁流失會明顯降低災害後的背向散射強度，於強度差分SAR圖像上的辨識性高。但因這些現象皆發生在河道周邊，因此有可能形成**難以判別**之情形。

體散射消失

強度下降

(F)森林坡面崩塌、(G)火山碎屑會降低災害後的背向散射強度，因此強度差分SAR圖像上的辨識性高。特別是細長形的森林坡面崩塌具有一併發生二次散射的特徵，災害時**容易被檢測**。

二次散射消失

強度下降

(H)住宅堆積土砂、(I)結構物倒塌及變形於強度差分SAR圖像上的散射變化**並不明確**。



依強度差分SAR圖像判讀調查

3. 強度差分SAR圖像的標示和檢視方式

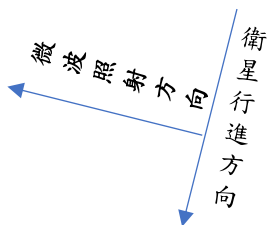


表-2.3.2 表示強度差分SAR圖像時的比例尺參考	
調查階段	比例尺
概查 (俯瞰整體圖像)	1:50,000
徹底調查 (山谷單位的判讀)	1:25,000
判定 (坡面單位的判讀)	1:10,000

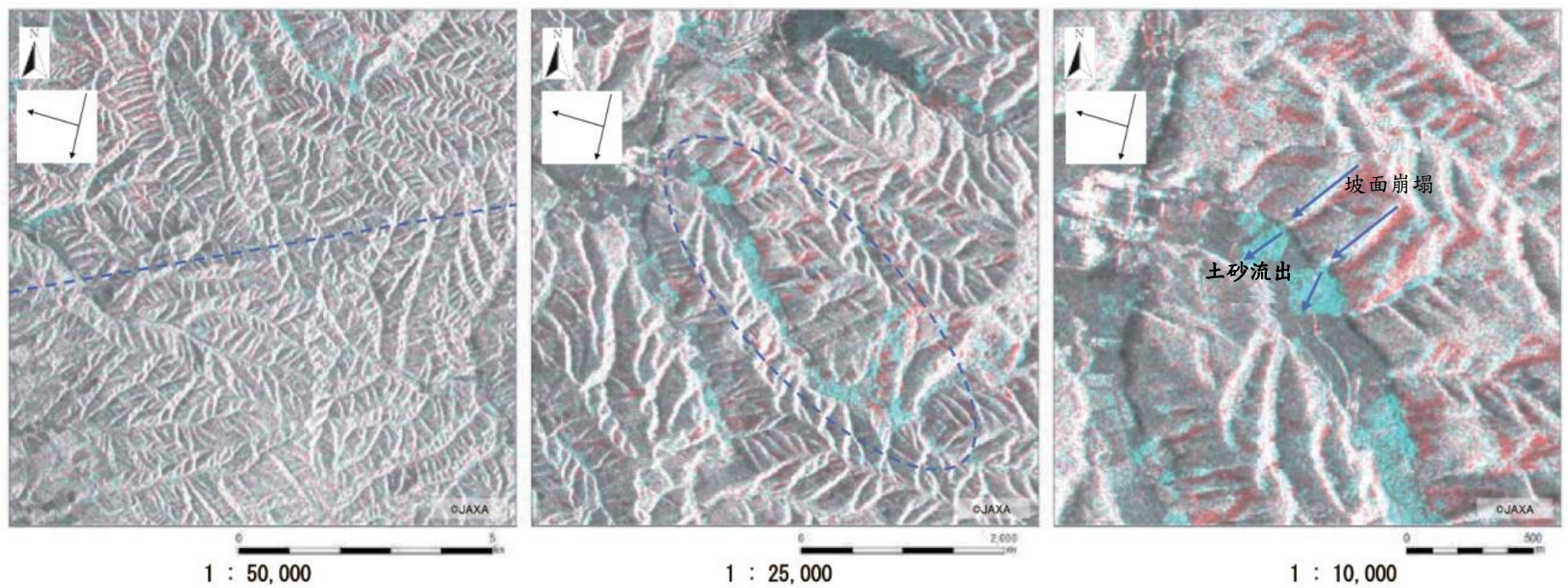


圖-2.3.4 各比例尺標示的強度差分SAR圖像與其檢視方式 (北海道厚真町)



依強度差分SAR圖像判讀調查

4.土砂災害判讀調查流程

- 步驟1-從強度差分SAR圖像的坡面周邊有無變形(具速報性)來掌握區位。
- 步驟2-從SAR圖像以外的資料評估其確實性(緊急性高時可省略)。
- 步驟3-確認河道閉塞的可能性。

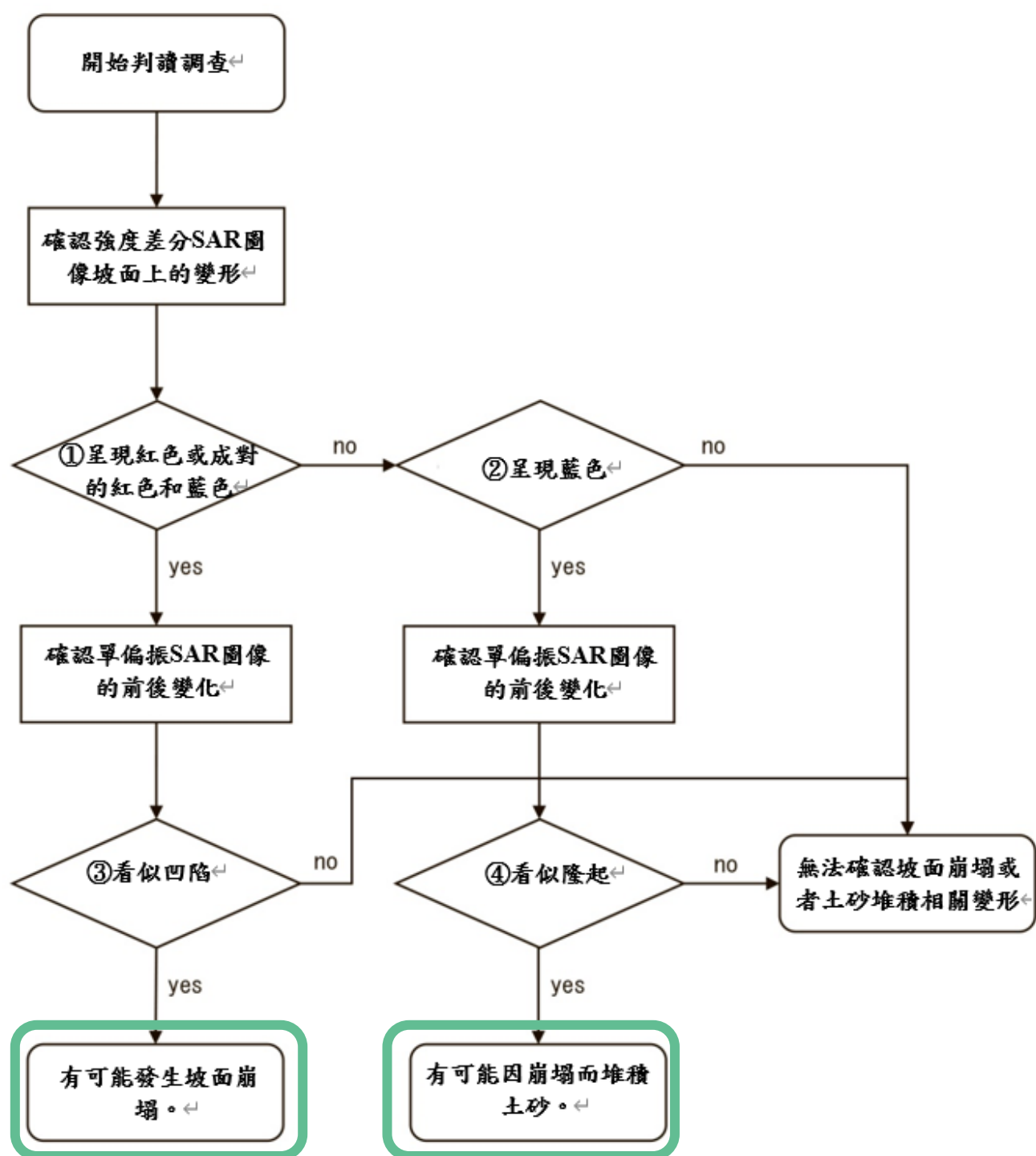
依強度差分SAR圖像判讀調查

4.土砂災害判讀調查流程

步驟1-從強度差分SAR圖像的坡面周邊有無變形(具速報性)來掌握區位。

表-2.3.1 強度差分SAR圖像上的顏色和背向散射強度的變化

顏色	災害前後的背向散射強度變化	例
白	有背向散射強度、無變化	森林、農地
黑	背向散射強度小、無變化	海面、湖面
藍色	災害後增加背向散射強度	土砂流出、漂流物
紅色	災害後的背向散射強度下降	坡面崩塌、淹水與積水



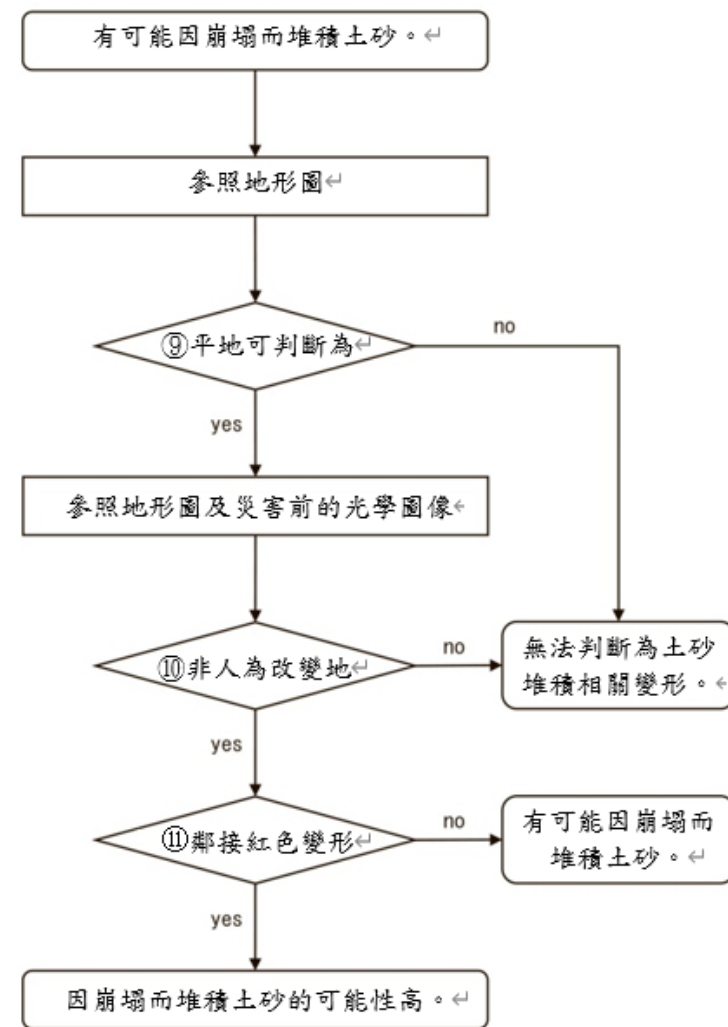
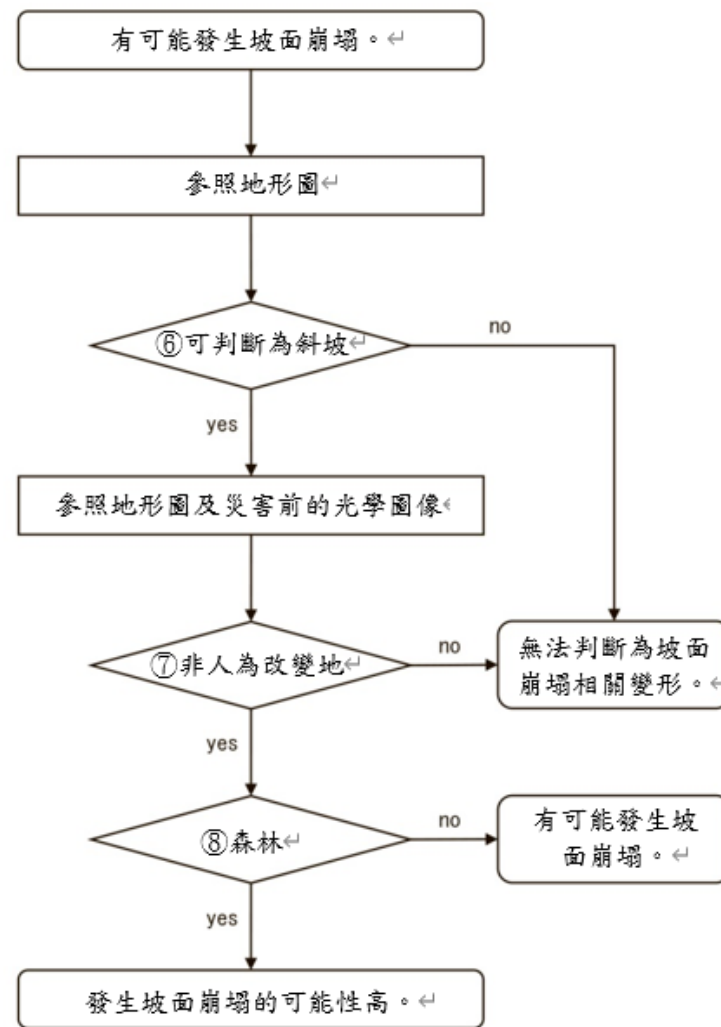
依強度差分SAR圖像判讀調查

4.土砂災害判讀調查流程

步驟2-從SAR圖像以外的資料評估其確實性(緊急性高可省略)

「有可能發生坡面崩塌」時-地形圖(坡度 $>20^\circ$) 災害前的光學圖像，確認原狀態(人為改變的可能性低)。

「有可能因崩塌而堆積土砂」時-地形圖、土地利用確認為平地，災害前的光學圖像(人為改變的可能性低)，並鄰接紅色變形。

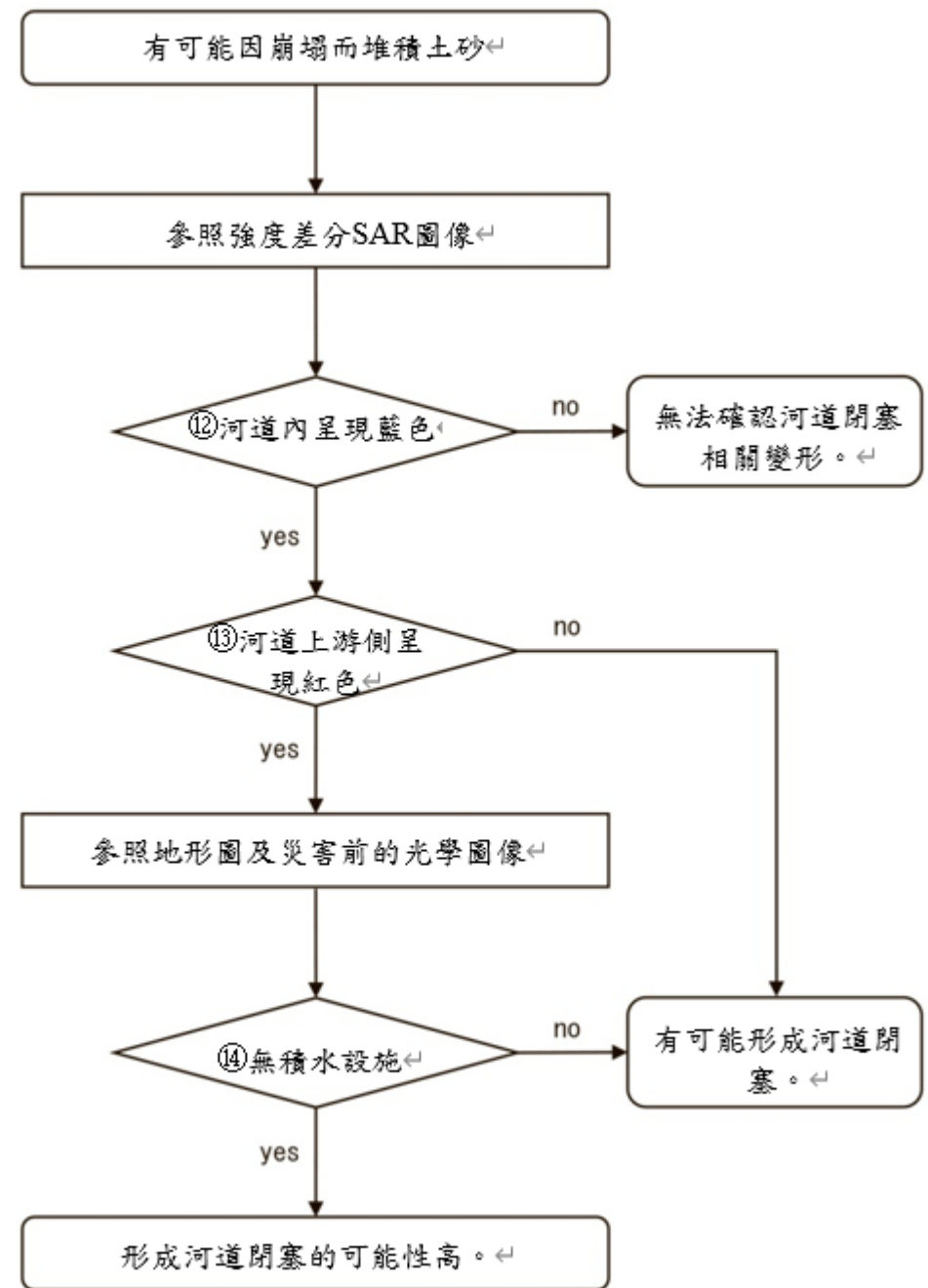


依強度差分SAR圖像判讀調查

4.土砂災害判讀調查流程

步驟3-確認河道閉塞的可能性

- ① 確認所有符合步驟1「有可能發生坡面崩塌。」的區位
- ② 河道內是否呈現藍色變形，或河道上游側呈現紅色範圍，倘若任一項皆符合時
- ③ 參照地形圖和災害前的光學圖像，確認並不是既設的水壩和蓄水池等被看錯。





依強度差分SAR圖像判讀調查

案例：2018年北海道膽振東部地震

5.土砂災害判讀調查檢查表
實施者的評估觀點或經驗，有可能影響到評估結果，因此需確保一定精準度，以作為普遍化的土砂災害判讀調查結果。

項目	輸入	輸入內容
No	不拘	為處理判讀調查結果編列任意的編號。
ID	不拘	編列管理判讀調查區位的任意代碼。
所在地	不拘	填寫判讀調查區位的地址。
緯度與經度	必須	輸入判讀調查區位的緯度及經度。
強度差分SAR圖像	必須	黏貼判讀調查區位的強度差分SAR圖像。
單偏振SAR圖像（災害前）	必須	黏貼判讀調查區位的單偏振SAR圖像（災害前）。
單偏振SAR圖像（災害後）	必須	黏貼判讀調查區位的單偏振SAR圖像（災害後）。
地形圖	不拘	黏貼判讀調查區位的地形圖。
災害前光學圖像	不拘	黏貼判讀調查區位的災害前光學圖像。
步驟1	必須	依照圖-2.3.5進行評估。 再者，⑤是在調查範圍內自由進行相對性評估。
步驟2 （崩塌和堆積）	不拘	依照圖-2.3.6進行評估。
步驟3	必須	依照圖-2.3.7進行評估。
判定結果	必須	從評估結果足以分辨符合a~d的方式填寫。

依強度差分SAR圖像所做的土砂災害判讀調查 檢查表

No.

ID		所在地		緯度	
				經度	

強度差分SAR圖像	單偏振SAR圖像（災害前）	單偏振SAR圖像（災害後）
地形圖	災害前光學圖像	

步驟	參照圖像等	確認範圍	檢查項目	判斷基準	評估 (○×)
1	強度差分SAR圖像	強度差分SAR圖像的着色範圍	支配色	①呈現紅色或成對的紅色和藍色	
	單偏振SAR圖像	單偏振SAR圖像的前後變化	形狀變化	②呈現藍色	
	強度差分SAR圖像	強度差分SAR圖像的着色範圍	清晰度	③看似凹陷	
				④看似隆起	
				⑤清晰	

①、③：○ ⇒ 2（崩塌） ②、④：○ ⇒ 2（堆積）

2 （崩塌）	地形圖	地形	坡面坡度	⑥斜坡	
	地形圖 災害前光學圖像	周圍	土地覆蓋	⑦非人為改變地	
	地形圖 災害前光學圖像	周圍	土地覆蓋	⑧森林	
2 （堆積）	地形圖	地形	坡面坡度	⑨平地	
	地形圖 災害前光學圖像	周圍	土地覆蓋	⑩非人為改變地	
	地形圖 災害前光學圖像	周圍	位置關係	⑪鄰接紅色變形	

3	強度差分SAR圖像	河道內	支配色	⑫呈現藍色	
		河道上游側		⑬呈現紅色	
	地形圖 災害前光學圖像	河道上游側	積水設施	⑭無積水設施	

判定結果	a. 發生坡面崩塌 b. 因崩塌而堆積土砂 c. 河道閉塞的形成 d. 無法從SAR圖像充分判讀	有可能性 / 無法確認變形 有可能性 / 無法確認變形 有可能性 / 無法確認變形
------	---	---

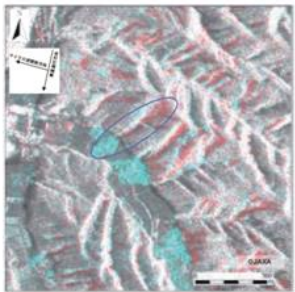
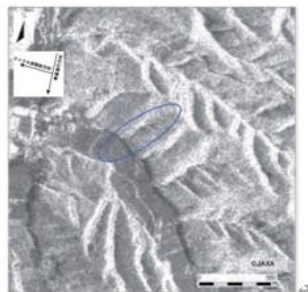
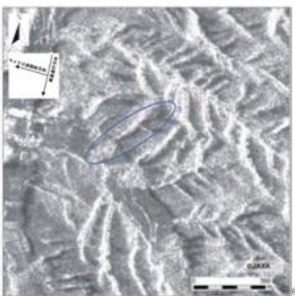
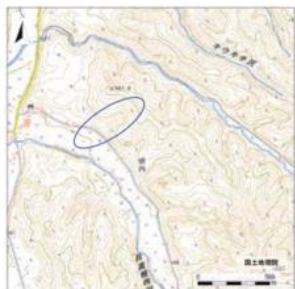


依強度差分SAR圖像判讀調查

案例：2018年北海道膽振東部地震 5.土砂災害判讀調查檢查表

依強度差分SAR圖像所做的土砂災害判讀調查 檢查表

No.1

ID	填寫例	所在地	緯度	經度
		北海道勇払郡厚真町字梶内	42.753956	141.985929
強度差分SAR圖像		單偏振SAR圖像（災害前）	單偏振SAR圖像（災害後）	
				
地形圖		災害前光學圖像		
				

步驟	參照圖像等	確認範圍	檢查項目	判斷基準	評估 (○×)
1 a	強度差分SAR圖像	強度差分SAR圖像的著色範圍	支配色	①呈現紅色或成對的紅色和藍色	○
	單偏振SAR圖像	單偏振SAR圖像的前後變化	形狀變化	②呈現藍色	○
	強度差分SAR圖像	強度差分SAR圖像的著色範圍	清晰度	③看似凹陷 ④看似隆起 ⑤清晰	○ ○ ○
①、③：○ ⇒ 2（崩塌） ②、④：○ ⇒ 2（堆積）					
2 (崩塌) b	地形圖	地形	坡面坡度	⑥斜坡	○
	地形圖 災害前光學圖像	周圍	土地覆蓋	⑦非人為改變地	○
	地形圖 災害前光學圖像	周圍	土地覆蓋	⑧森林	○
2 (堆積) b	地形圖	地形	坡面坡度	⑨平地	○
	地形圖 災害前光學圖像	周圍	土地覆蓋	⑩非人為改變地	○
	地形圖 災害前光學圖像	周圍	位置關係	⑪鄰接紅色變形	○
C ³	強度差分SAR圖像	河道內	支配色	⑫呈現藍色	○
	地形圖	河道上游側		⑬呈現紅色	×
	災害前光學圖像	河道上游側	積水設施	⑭無積水設施	○
判定結果		a. 發生坡面崩塌 有可能性 / 無法確認變形 b. 因崩塌而堆積土砂 有可能性 / 無法確認變形 c. 河道閉塞的形成 有可能性 / 無法確認變形 d. 無法從SAR圖像充分判讀			

SAR圖像判讀訣竅

- 1.善用GIS軟體與資料(如，行政邊界、河川、道路、土砂災害警戒區域等GIS數據資料)
- 2.有效運用廣域圖像(省時，直覺性高)
- 3.圖像正立(突顯地形的立體感)

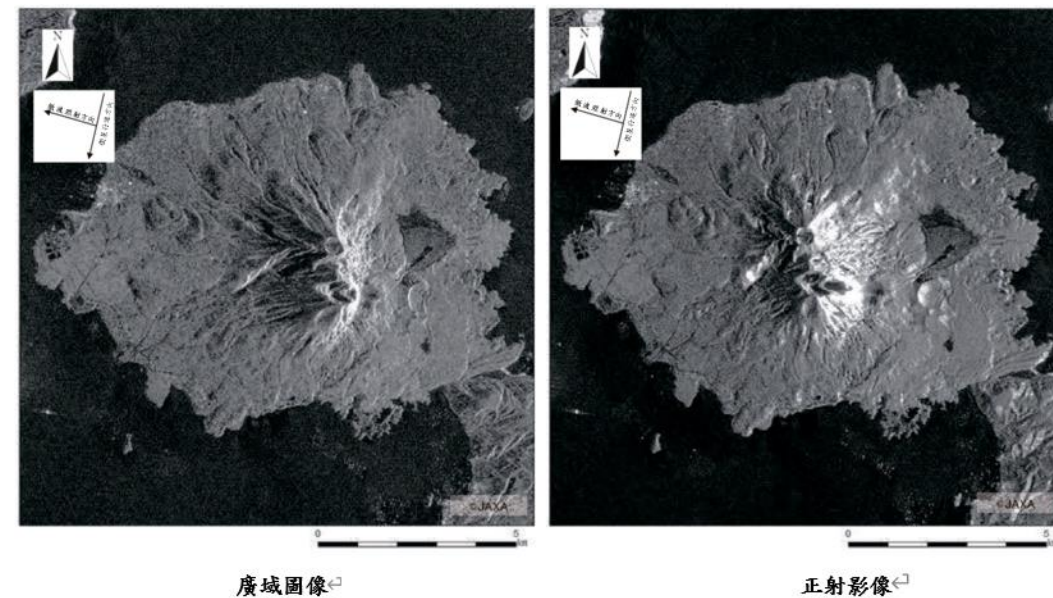
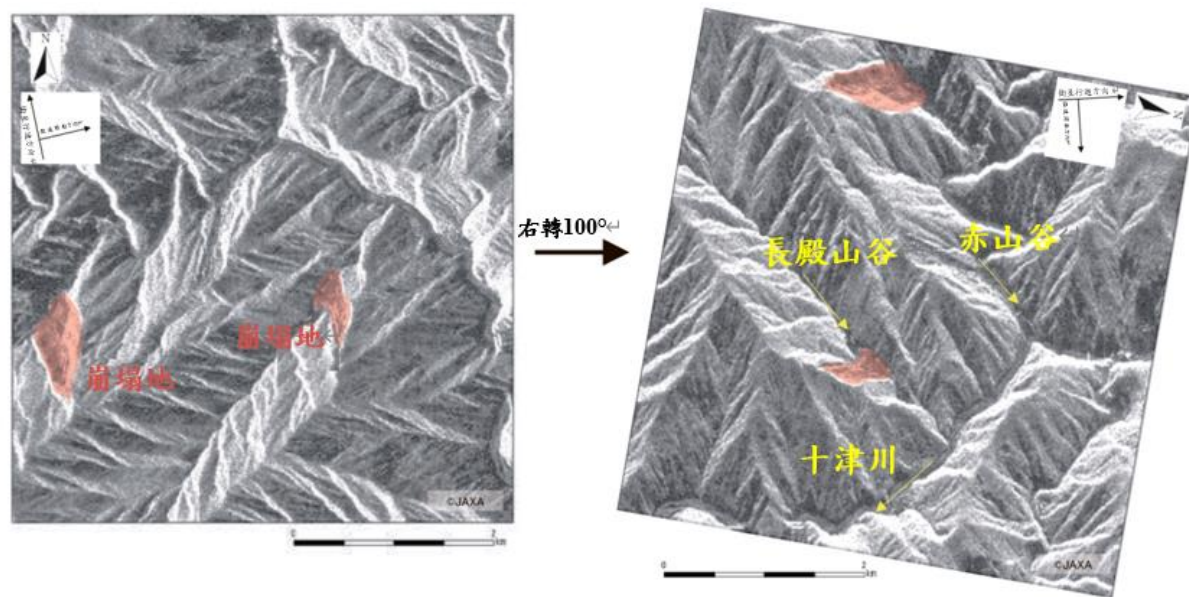
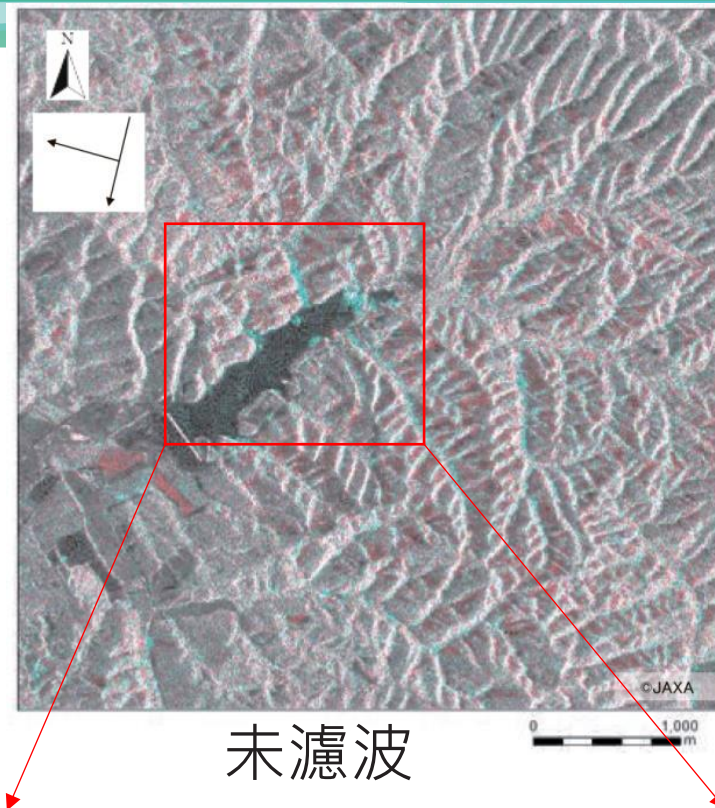


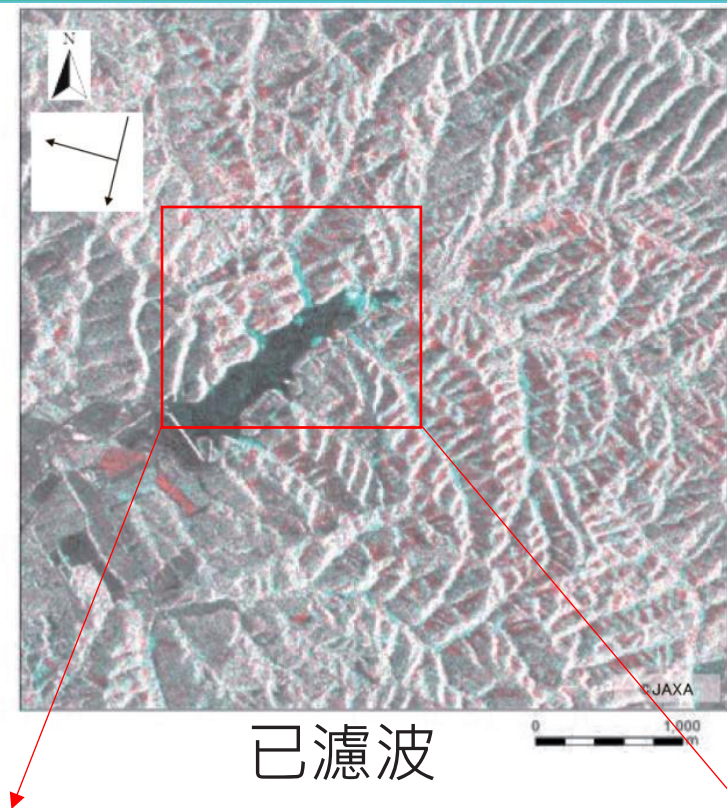
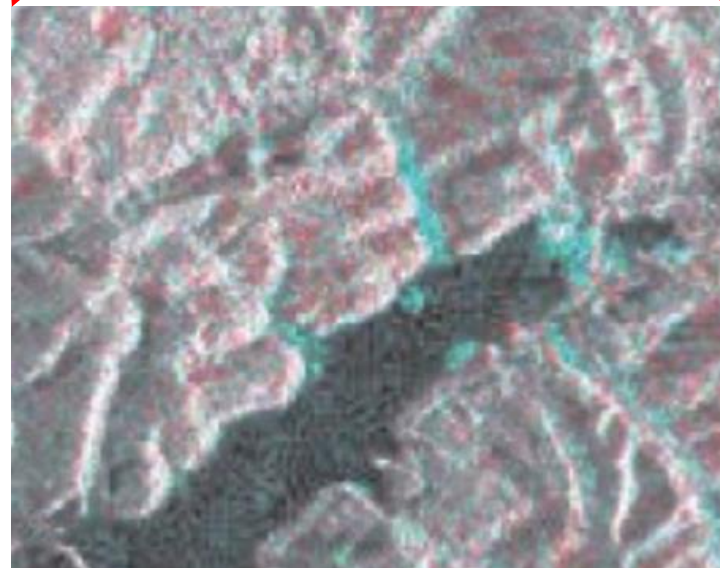
圖-2.4.2 讓SAR圖像正立時的辨識性(奈良縣五條市・十津川村)

提升判讀結果

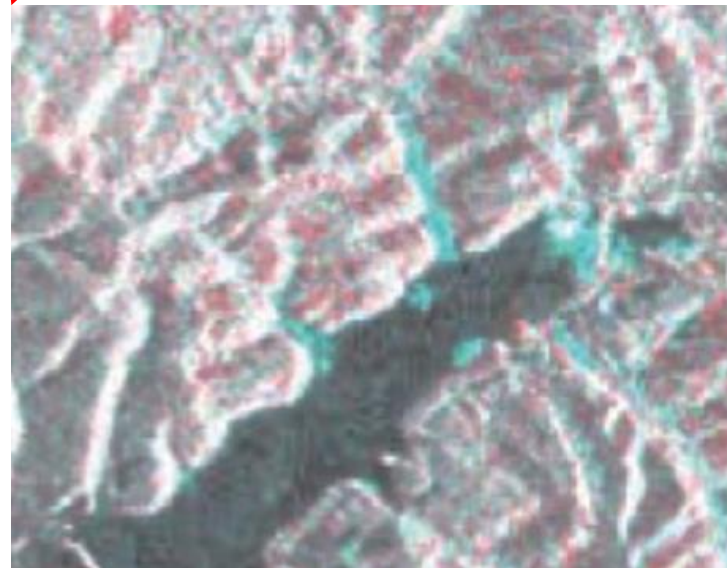
1. 濾波處理
2. 升降軌資料都看(建議追加影像)



未濾波



已濾波



判讀注意事項

1. 因人為改變所帶來的影響

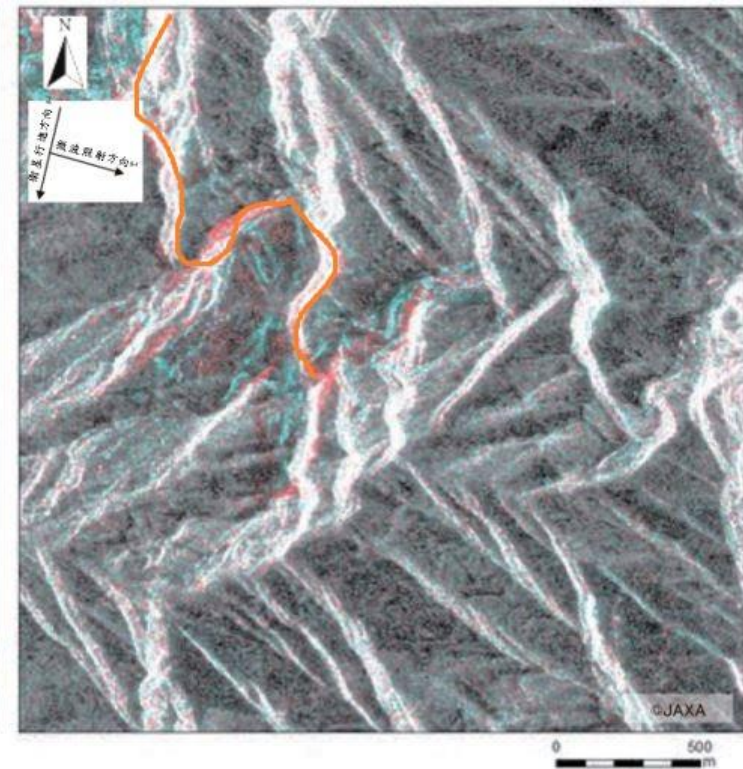
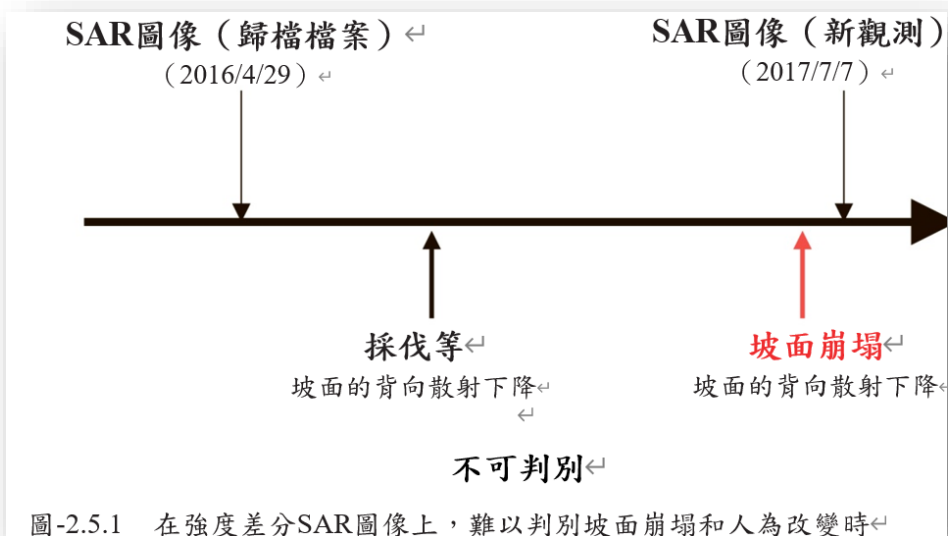


圖-2.5.3 因採石所呈現的背向散射變化例（福岡縣朝倉市東峰村）

注意以下事項

- ①確認是否因土砂流往平原部而呈現藍色變化。
- ②在可取得範圍，使用最近期歸檔檔案(archive)的SAR圖像。
- ③從人造矩形或規則性等變形的形狀做判斷。
- ④從災害前的光學圖像，確認人為改變的影響。

判讀注意事項

2.對微波照射方向的坡面方向

注意以下事項

- ① 確認不易受到疊置影響的平地等藍色變形後再進行判斷。
- ② 將產生不可視範圍銘記於心實施判讀調查和處理調查結果。

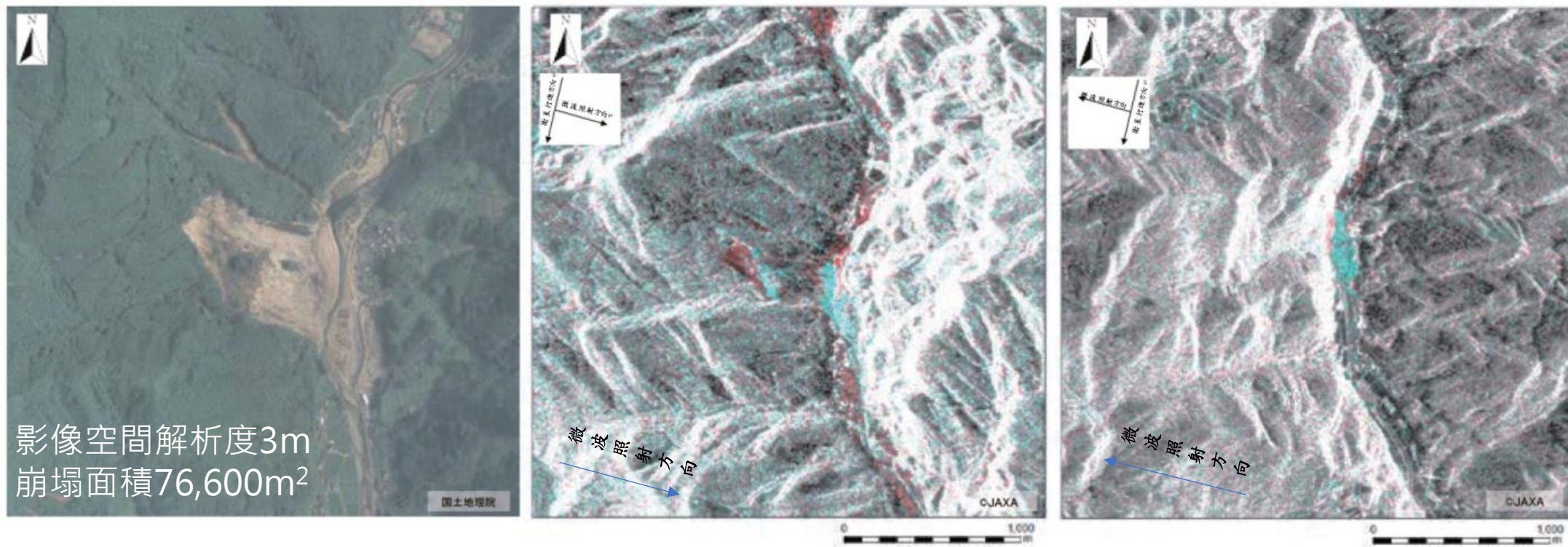


圖-2.5.5 依照微波照射方向比較辨識性（大分縣日田市）←



第3篇

依強度差分SAR圖像進行土砂災害判讀調查的適用結果



判讀所需時間(強度差分圖像)

結論：

降雨災害：從發生災害（發布土砂災害警戒資訊）起約35小時

地震災害：從發生地震起約15小時。

雖然還有大幅仰賴衛星觀測的部分，但藉由SAR觀測後的土砂災害判讀調查約為7小時。

災害名稱

所需時間〔h〕

災害發生～SAR觀測 SAR觀測～判讀調查 災害發生～判讀調查

2017年長野縣南部地震	4.9	8.7	13.5
2017年7月島根縣豪雨	11.9	7.1	19.1
2017年7月九州北部豪雨	46.7	7.1	53.8
2017年21號颱風	19.5	7.3	26.8
2018年大阪府北部地震	16.0	9.2	25.2
2018年7月豪雨	33.9	7.9	41.8
2018年北海道膽振東部地震	8.6	3.8	12.4
平均值（整體）	20.2	7.3	27.5
平均值（降雨災害）	28.0	7.4	35.4
平均值（地震災害）	9.8	7.2	17.0
中央值（整體）	16.0	7.3	25.2
中央值（降雨災害）	26.7	7.2	34.3
中央值（地震災害）	8.6	8.7	13.5

調查精準度(強度差分圖像)

結論：

面積：大於 $2,000\text{m}^2$ 以上的坡面崩塌和土砂流出與堆積時，檢出的機率大約在7成左右。

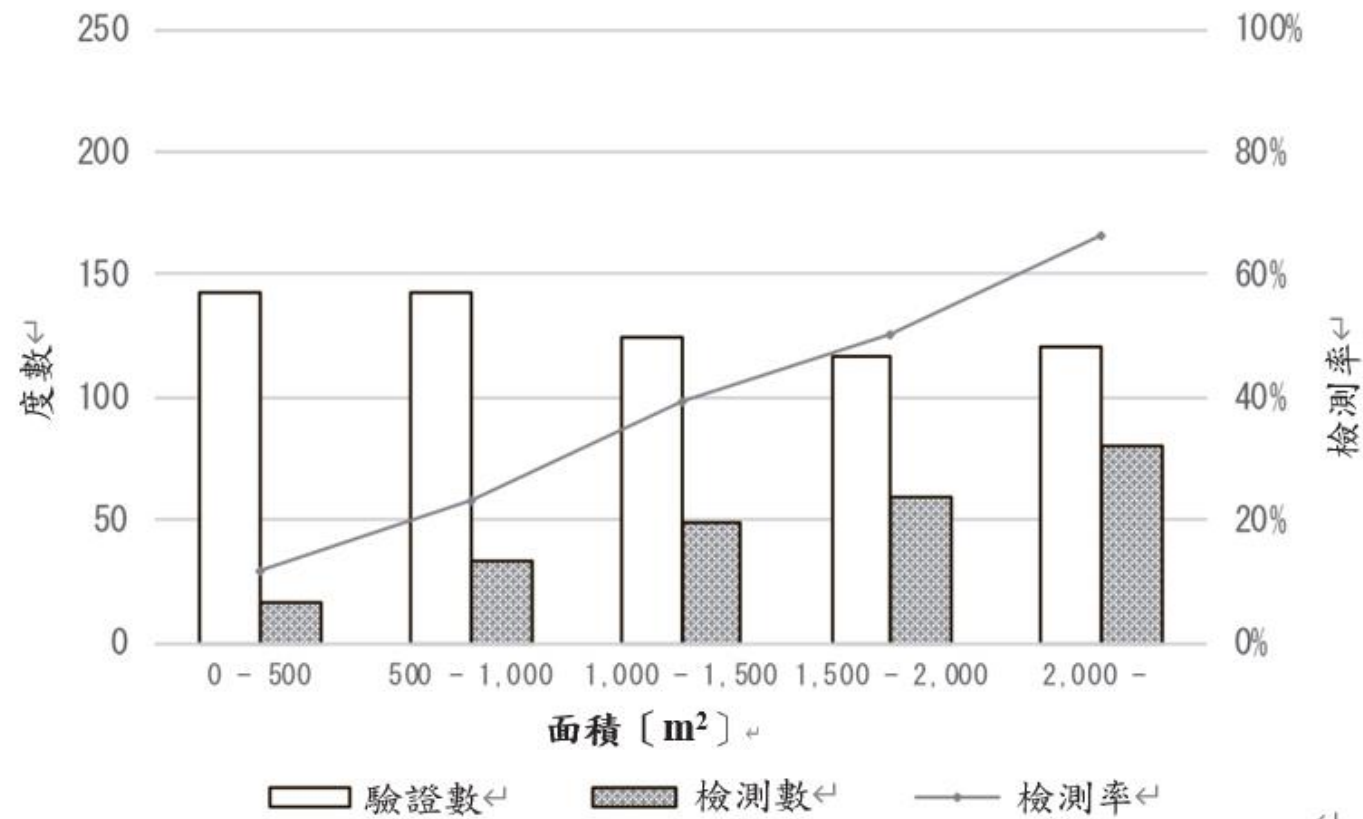


圖-3.2.2 依強度差分SAR圖像所做的土砂災害判讀調查檢測率（面積）



參考資料1

範例-各災害進行土砂災害判讀調查的所需時間



2017年7月九州北部豪雨

2017年7月九州北部豪雨

判讀調查條件和所需時間

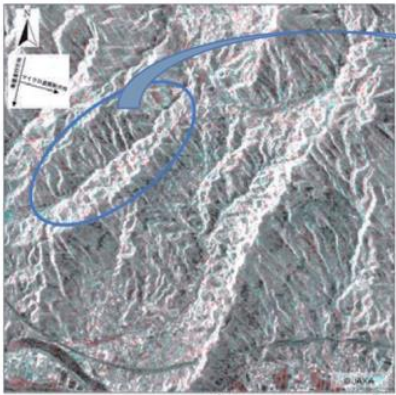
災害誘因	災害發生日期與時間	災害發生時的氣象情況	判讀面積 [km ²]	【A】災害發生 ～SAR觀測	【B】SAR觀測 ～判讀調查	【A+B】發生災 害 ～判讀調查
降雨	2017/7/5 14:10	雨 隔天早晨開始晴 天	約3,500	46小時42分	7小時08分	53小時50分

判讀調查時間軸

日期與時間	傳送來源	接收目的地	因應等
2017/7/5 14:10	-	-	福岡縣朝倉市、東峰村發佈土砂災害警戒資訊
2017/7/5 17:51	-	-	福岡縣發布大雨特別警報
20:00左右	國土交通省	JAXA	ALOS-2要求緊急觀測
7/6 6:00左右起，地方整備局等待天氣恢復，直昇機開始調查⇒在朝倉市發現多起土砂災害			
2017/7/7 12:52左右	-	-	ALOS-2觀測
14:16	JAXA	國總研	ALOS-2提供觀測數據資料、開始判讀
17:21	國總研	國土交通省	報導的主要受災區位判讀結果（速報）報告
18:01	國總研	國土交通省	報告東峰村北側主要找出區位的判讀結果
20:00左右	國總研	國土交通省	報告判讀結果（整體判讀範圍），對九州地方整備局提供資訊

用於判讀調查的SAR圖像技術規格

	觀測日期與時間	解析度 [m]	側視角 [°]	偏振	軌道方向	微波照射方向	場景數
歸檔檔案	2016/04/29 12:52左右	3	29.1 (U2-6)	HH	下行(descending) (南向)	進行方向左	1
新觀測	2017/07/07 12:52左右						



（左）朝倉市周邊強度差分SAR圖像

（右）透過直昇機調查發現多起崩塌地區



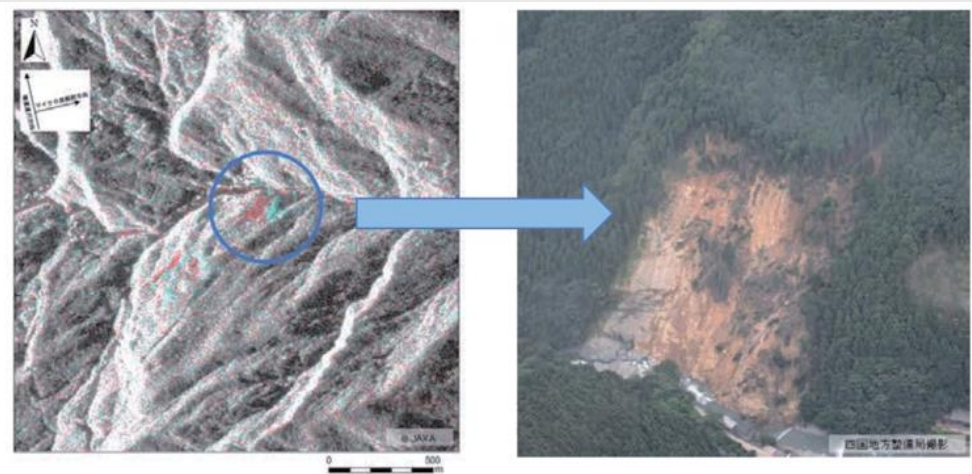
2018年7月豪雨

判讀調查條件和所需時間

災害誘因	災害發生日期與時間	災害發生時的氣象情況	判讀面積 [km ²]	【A】災害發生 ～SAR觀測	【B】SAR觀測 ～判讀調查	【A+B】發生災 害 ～判讀調查
降雨	2018/07/06 14:10	雨	約10,000	33小時54分	7小時56分	41小時50分

判讀調查時間軸

日期與時間	傳送來源	接收目的地	因應等
2018/07/06 14:05	-	-	廣島縣廣島市等發布土砂災害警戒資訊
17:00左右	國土交通省	JAXA	ALOS-2要求緊急觀測
19:40	-	-	廣島、岡山、 <u>鳥取縣</u> 發布大雨特別警報
2018/07/08 00:04左右	-	-	ALOS-2觀測
03:50左右	JAXA	國總研	ALOS-2提供觀測數據資料、開始判讀
08:00左右	國總研	中國・四國地方整備局	報告判讀結果



(左) 判讀SAR圖像時，報告的土砂移動區位

(右) 在現場發現大規模崩塌

用於判讀調查的SAR圖像技術規格

	觀測日期與時間	解析度 [m]	側視角 [°]	偏振	軌道方向	微波照射方向	場景數
歸檔檔案	2018/04/14 00:04左右	3	38.2 (U2-9)	HH	上行(ascending) (北向)	進行方向右	4
新觀測	2018/07/08 00:04左右						



2017年斯里蘭卡西部豪雨

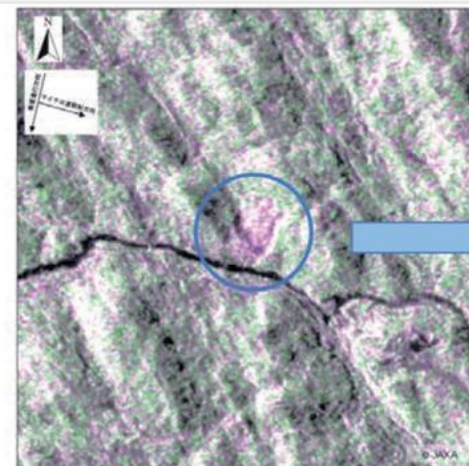
判讀調查條件和所需時間

災害誘因	災害發生日期與時間	災害發生時的氣象情況	判讀面積 〔km ² 〕	【A】災害發生 ～SAR觀測	【B】SAR觀測 ～判讀調查	【A+B】發生災害 ～判讀調查
降雨	2017/5/24～26	雨	約5,600	144小時00分	29小時00分	173小時00分

判讀調查時間軸

日期與時間	傳送來源	接收目的地	因應等
2017/5/24～26	-	-	因創紀錄的豪雨，造成斯里蘭卡西部發生土砂災害
2017/5/29	國土交通省	JAXA	ALOS-2要求緊急觀測
2017/5/30	-	-	ALOS-2觀測
2017/5/31 08:30左右	JAXA	國總研	ALOS-2提供觀測數據資料、開始判讀
17:00	國總研	國土交通省	判讀結果看法報告
2017/6/1	國總研	JICA	提供判讀結果

6/6國際緊急援助隊基於判讀結果，進行現場調查⇒發現大規模崩塌



(左) 判讀SAR圖像時，報告的土砂移動區位



(右) 在現場發現大規模崩塌

用於判讀調查的SAR圖像技術規格

	觀測日期與時間	解析度 〔m〕	側視角 〔°〕	偏振	軌道方向	微波照射方向	場景數
新觀測	2017/10/23日間通行	10	39.3	HV	下行(descending) (南向)	進行方向左	3



參考文獻&相關連結

- Thomas P. Ager, 2023, SAR基本入門：初探合成孔徑雷達及其強大威力，影臻智太股份有限公司
- 國土交通省，2020，災害時的合成孔徑雷達（SAR）散射變化案例解說集
- [BigGIS巨量空間資訊系統](#)
- [The basics of satellite data — What it tells us, types, observation interval, resolution and use cases | Sorabatake](#)
- <https://www.earthdata.nasa.gov/>
- <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s1-products>

報告完畢 敬請指教



農業部農村發展及水土保持署
與您一起打拼