



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

日本「2022 年度運用陸域觀測技術衛星 (ALOS 系列) 之災害對應方法檢討與 調查」文獻導讀

減災監測組 黃偉宸

114年12月2日



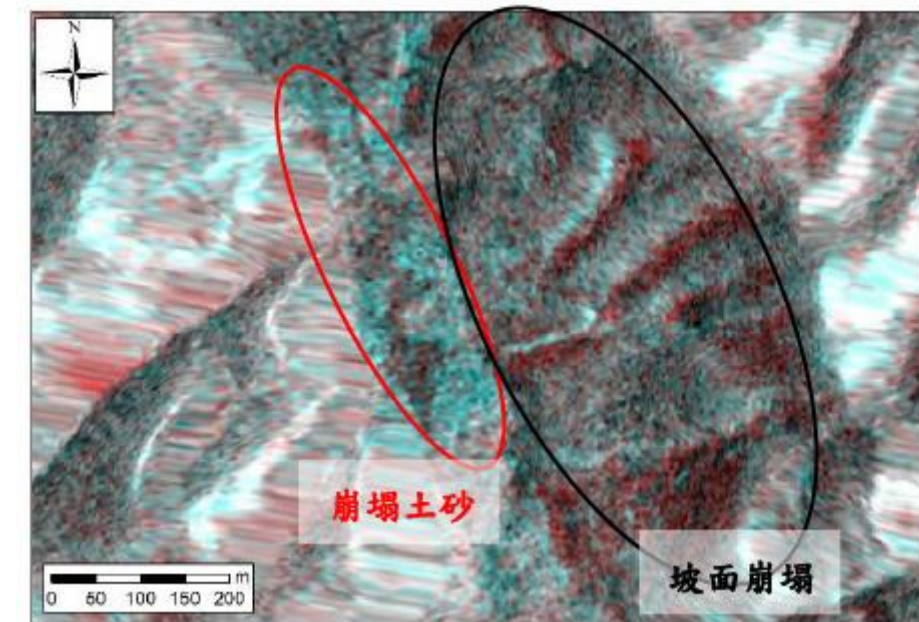
內容大綱

- 壹、背景與目的
- 貳、業務概要與實施流程
- 參、**ALOS-2** 災害判讀
- 肆、光學影像
- 伍、結果與討論
- 陸、結論

壹、背景

簡述：

日本近年多次發生大規模豪雨與坡地災害，需迅速掌握廣域受災情形。《森林及林業基本計畫》（2021）要求：災害時必須結合**衛星影像**、**無人機**、**直升機**進行調查，以支持中央與地方政府行動。因坡地災害常位於**偏遠山區**，提供**即時**影像支援(ALOS-2 (SAR))，作為判定「嚴重災害」的重要依據。





壹、目的

1. 製作 ALOS-2 災害判讀指引

2. 驗證未來 ALOS-3 光學影像的災害應用性(現階段用Pleiades)

3. 支援地方政府、強化影像判讀能力

衛星名稱	外觀	波段的種類	空間解析度	觀測幅寬	周期	備註
先進光學衛星「大地3號」 (ALOS-3)		• 全色態 (panchromatic) : 0.52~0.76μm • 多光譜波段 (multiband, 彩色) - 波段1 : 0.40~0.45μm (海邊藍光波段) - 波段2 : 0.45~0.50μm (藍光波段) - 波段3 : 0.52~0.60μm (綠光波段) - 波段4 : 0.61~0.69μm (紅光波段) - 波段5 : 0.69~0.74μm (紅邊光波段) - 波段6 : 0.76~0.89μm (近紅外光波段)	• 全色態 : 0.8m • 多光譜波段 : 3.2m	70km	35日	定期觀測
陸域觀測技術衛星「大地」 (ALOS)		• 全色態 (panchromatic) : 0.52~0.77μm • 多光譜波段 (multiband, 彩色) - 波段1 : 0.42~0.50μm (藍光波段) - 波段2 : 0.52~0.60μm (綠光波段) - 波段3 : 0.61~0.69μm (紅光波段) - 波段4 : 0.76~0.89μm (近紅外光波段)	• 全色態 : 2.5m • 多光譜波段 : 10m	70km	46日	定期觀測
Pleiades-HR (1A / 1B)		• 全色態 (panchromatic) : 0.48~0.82μm • 多光譜波段 (multiband, 彩色) - 波段1 : 0.45~0.53μm (藍光波段) - 波段2 : 0.51~0.59μm (綠光波段) - 波段3 : 0.62~0.70μm (紅光波段) - 波段4 : 0.78~0.92μm (近紅外光波段)	• 全色態 : 0.5m • 多光譜波段 : 2.8m	20km	4日	衛星網路 (衛星星系, satellite constellation)
SPOT 6,7		• 全色態 (panchromatic) : 0.46~0.75μm • 多光譜波段 (multiband, 彩色) - 波段1 : 0.46~0.53μm (藍光波段) - 波段2 : 0.53~0.59μm (綠光波段) - 波段3 : 0.63~0.66μm (紅光波段) - 波段4 : 0.76~0.89μm (近紅外光波段)	• 全色態 : 1.5m • 多光譜波段 : 6.0m	60km	1日	衛星網路 (衛星星系, satellite constellation)

各種主要光學衛星



貳、業務概要與實施流程

業務內容包括：

- **ALOS-2 災害速報圖判讀指引之作成**
- **ALOS-3 同等級影像之災害掌握驗證**
- **森林荒廢面積與林道受災掌握方法之檢討**
- **新衛星技術在坡地災害應對之評估**

種 類 別	單 位	數 量	備 註
(1) ALOS-2 災害速報圖判讀指引之作成			
① 指引內容之檢討	式	1	
② 以抽樣數據進行災害案例判讀	式	1	
③ 判讀指引(案)之作成	式	1	
④ 專責人員訪談	式	1	
(2) 以 ALOS-3 同等級影像掌握災害實況之驗證			
① 判讀所需衛星影像之取得	式	1	
② 災害案例之判讀與驗證	式	1	
(3) 瞭解森林荒廢面積以掌握林野相關災情方法之檢討			
① 目標地點之選定	式	1	
② 資料蒐集與影像判讀	式	1	
③ 災害狀況掌握方法之檢討	式	1	
(4) 運用新衛星技術對坡地災害因應之檢討			
調查報告書之作成	份	5	
ALOS-2 數據之災害調查指引	份	50	
電磁記錄媒體 (DVD-R 等)	份	5	
協商會議之實施	式	4	第一次、中間 (2 次)、最後一次



貳、業務概要與實施流程

- 製作易懂且標準化的判讀指引：使非影像專家也能快速掌握坡地災害位置。
- 整合 SAR 與光學影像：以 ALOS-2 (SAR) 為核心、配合光學影像提升判讀精度。
- 強化行政應用：提供地方政府可直接使用的工具，提高即時性。
- 蒐集地方政府與專家意見：三輪訪談回饋，改善指引內容與流程。

表 2-2 訪談之地方政府對象

地方政府對象	專責單位
福岡縣	農林水產部農村森林整備課治山係（股） 農林水產部農村森林整備課林道係（股）
廣島縣	農林水產局 森林保全課 治山小組 農林水產局 林業課 林業基層小組
北海道	北海道水產林務部林務局治山課治山事業係（股）
千葉縣	千葉縣農林水產部森林課 治山及保安林班

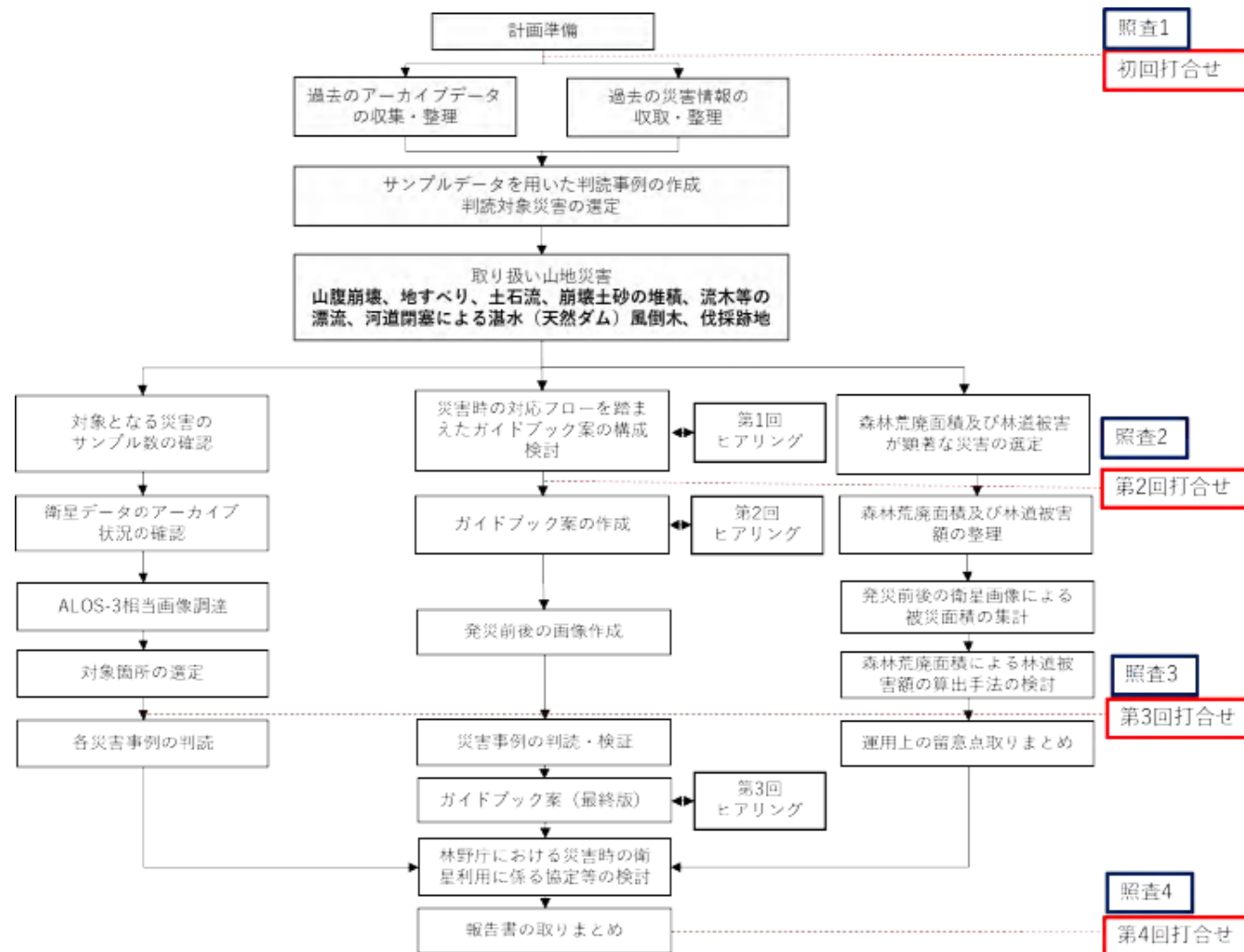
表 2-3 協定相關意見之蒐集

專家學者對象	專責單位
宇宙航空研究開發機構（JAXA）	國立研究開發法人 宇宙航空研究開發機構 第一宇宙技術部門 衛星利用運用中心（SAOC）

貳、業務概要與實施流程

本業務的執行採完整的循序流程：

- 1.資料蒐集與準備（過去災害、ALOS 資料歸檔）
- 2.選定災害案例與影像取得
- 3.ALOS-2/3 災害案例影像判讀
- 4.判讀指引草案 → 修正 → 最終版
- 5.三輪地方政府訪談
- 6.森林荒廢面積與林道災害分析
- 7.彙整成果、完成報告書



參、ALOS-2 災害判讀

SAR 判讀核心概念：

散射機制：表面散射、體散射、雙重
散射影響顏色呈現。

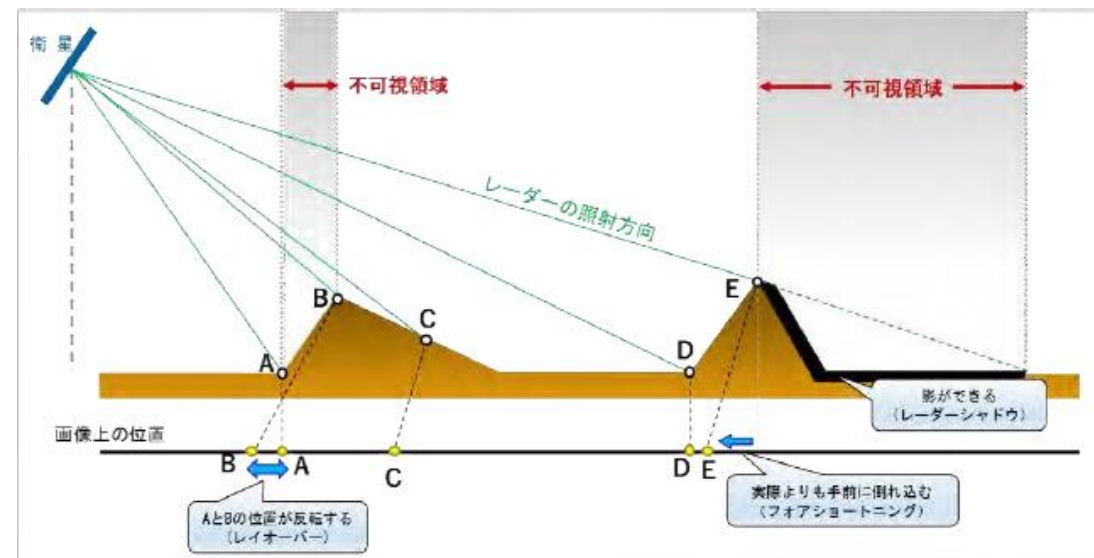
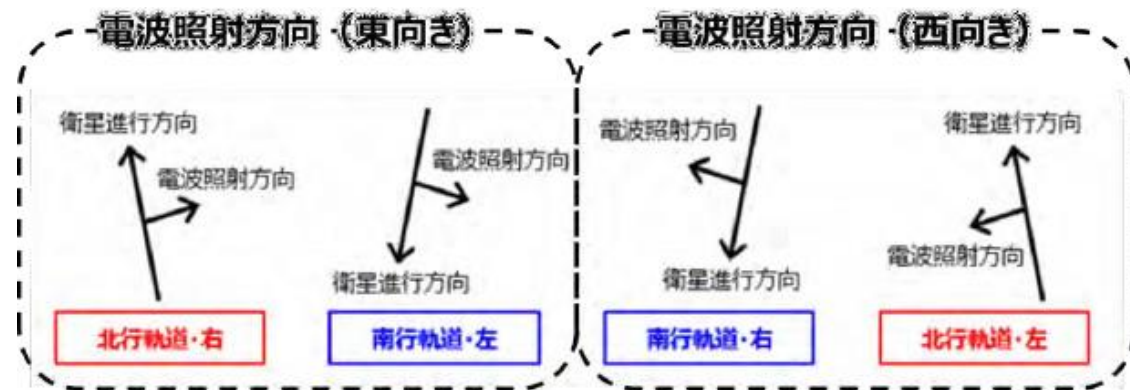
幾何失真：

前視縮短（物體往雷達方向傾斜）

疊置（山坡反轉）

雷達陰影（無回波區）

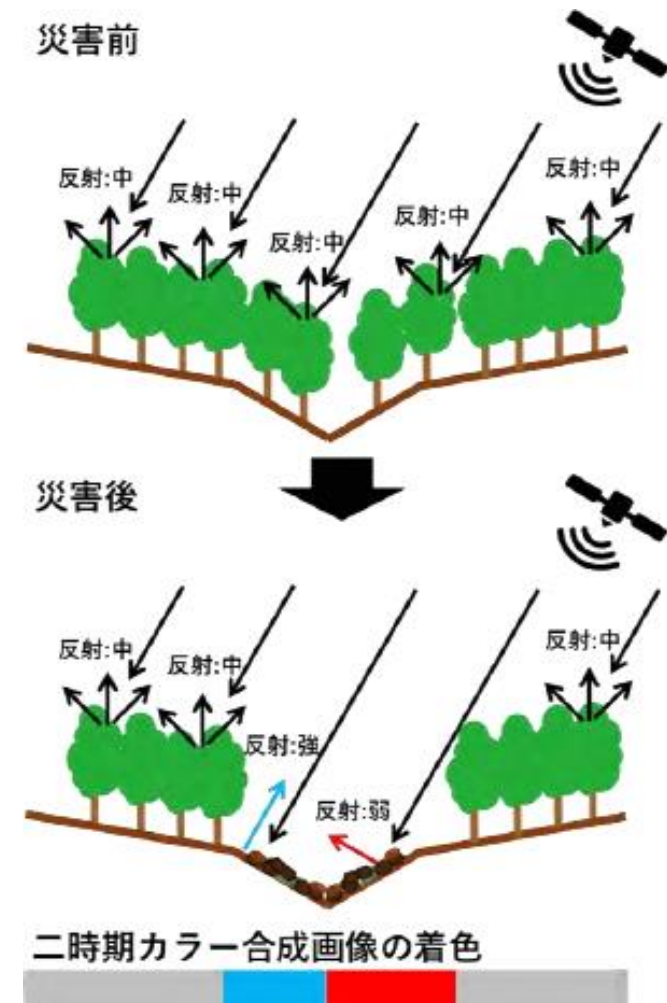
→ 判讀時需搭配地形圖確認。



參、ALOS-2 災害判讀

坡面崩塌（山崩、地滑、土石流）：

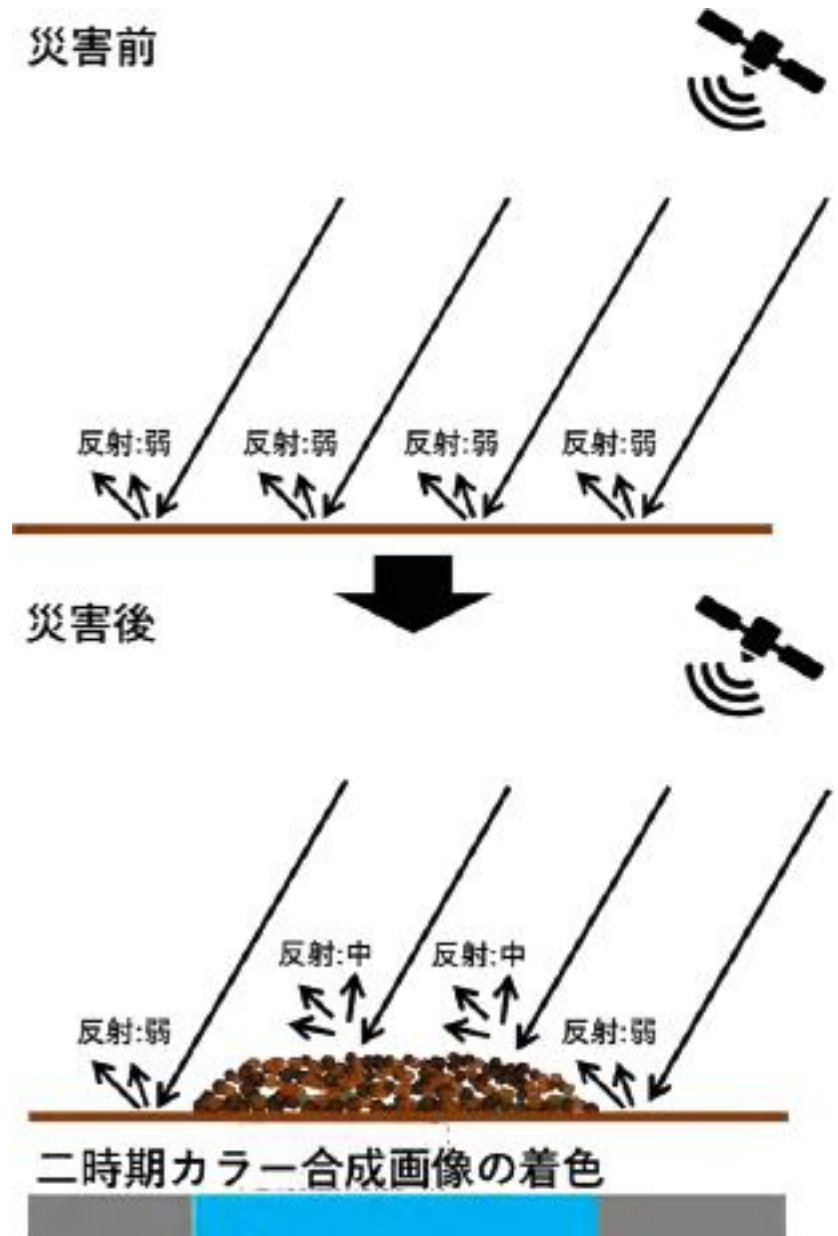
災害前森林坡面容易形成樹木體散射。災害後森林坡面之中非正對雷達照射方向的坡面成為**裸地**，前向散射優勢、**背向散射強度減弱**，因此著成**紅色**。此外，正對照射方向的坡面背向散射優勢，背向散射程度增加，著成**藍綠色**。



參、ALOS-2 災害判讀

崩塌土砂之堆積：

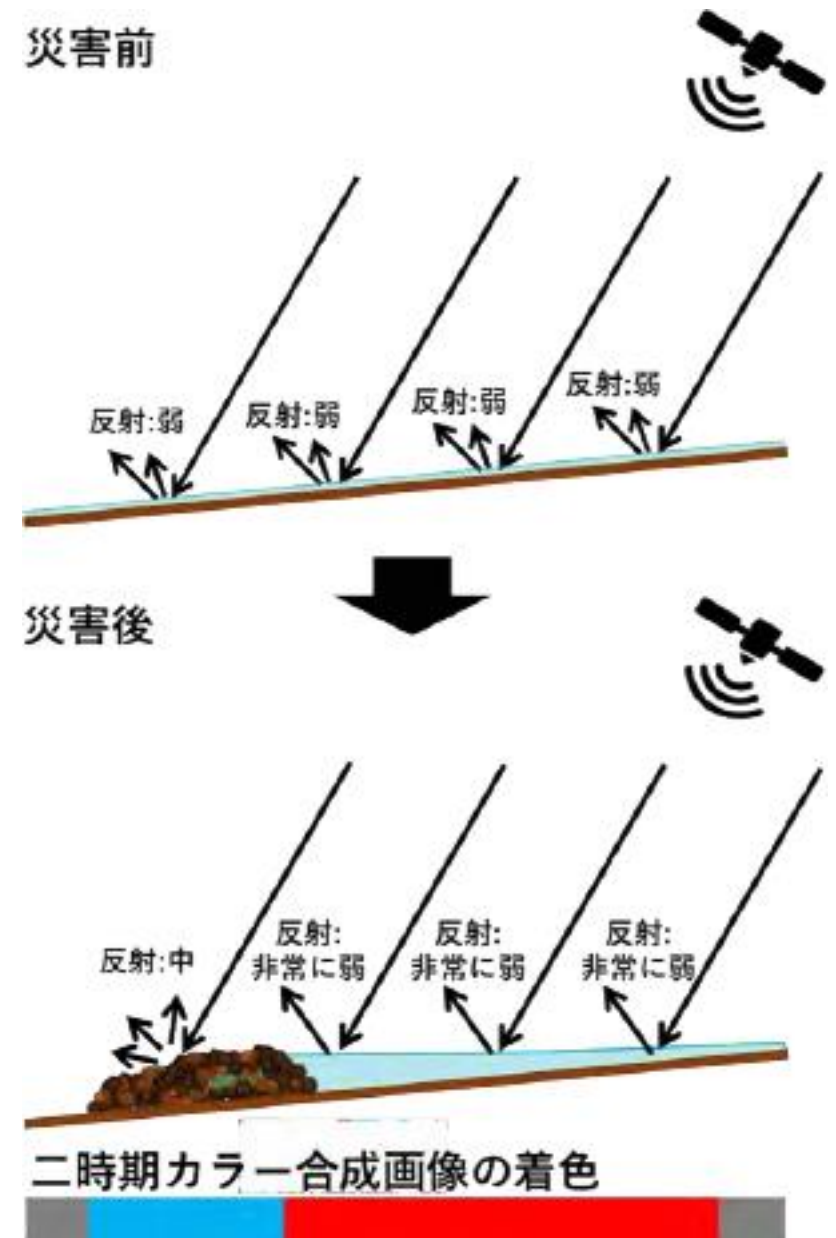
災害前起伏較小地面前向散射優勢，背向散射強度較小。災害發生後土砂流入，背向散射增強、**背向散射強度增加**，該地點著色成藍綠色。



參、ALOS-2 災害判讀

河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）：

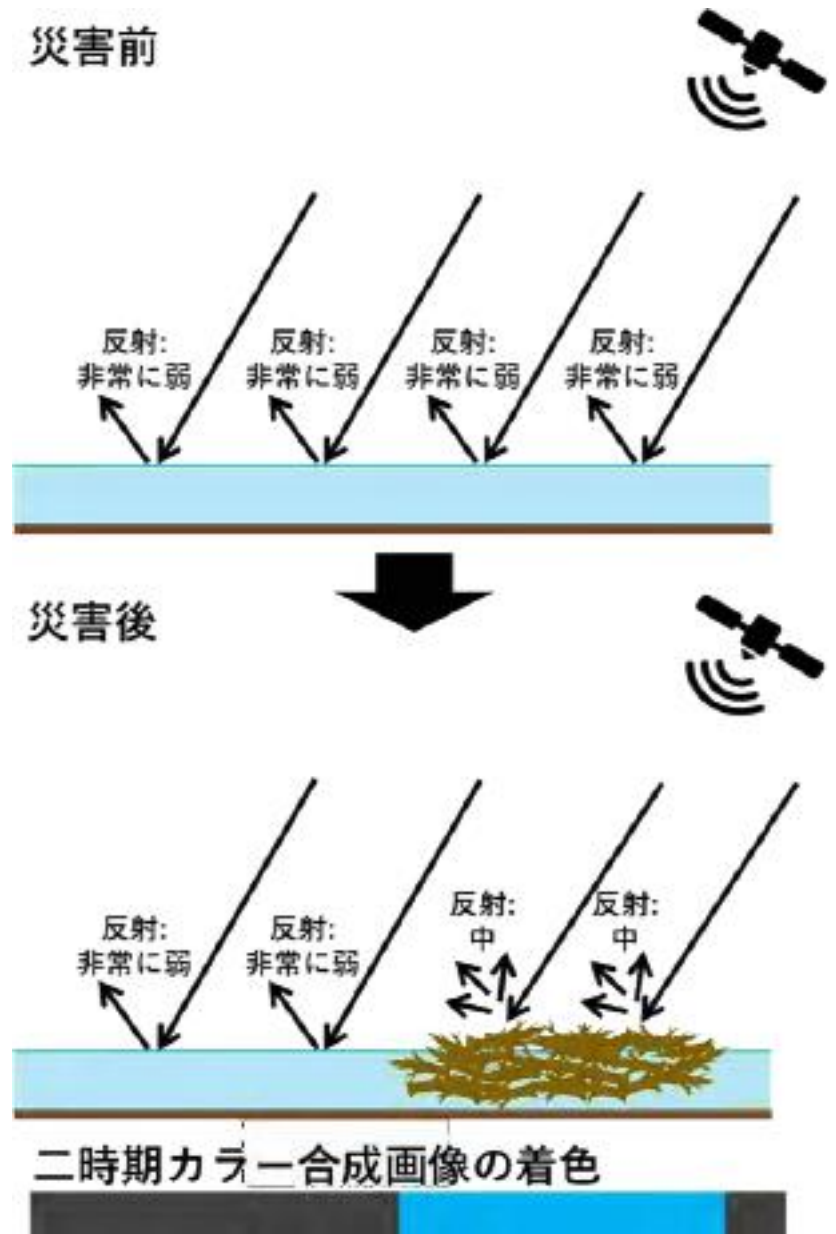
災害前的河道多少有起伏，整體而言前向散射優勢，背向散射強度較小。災害後土砂流入河道阻塞、形成堰塞湖，**上游**側積水範圍前向散射更優勢，**背向散射強度更小**，因此著色為**紅色**。此外，**下游**側土砂流入區位背向散射優勢，背向散射**強度增加**，著色為**藍綠色**



參、ALOS-2 災害判讀

漂流木等之漂流：

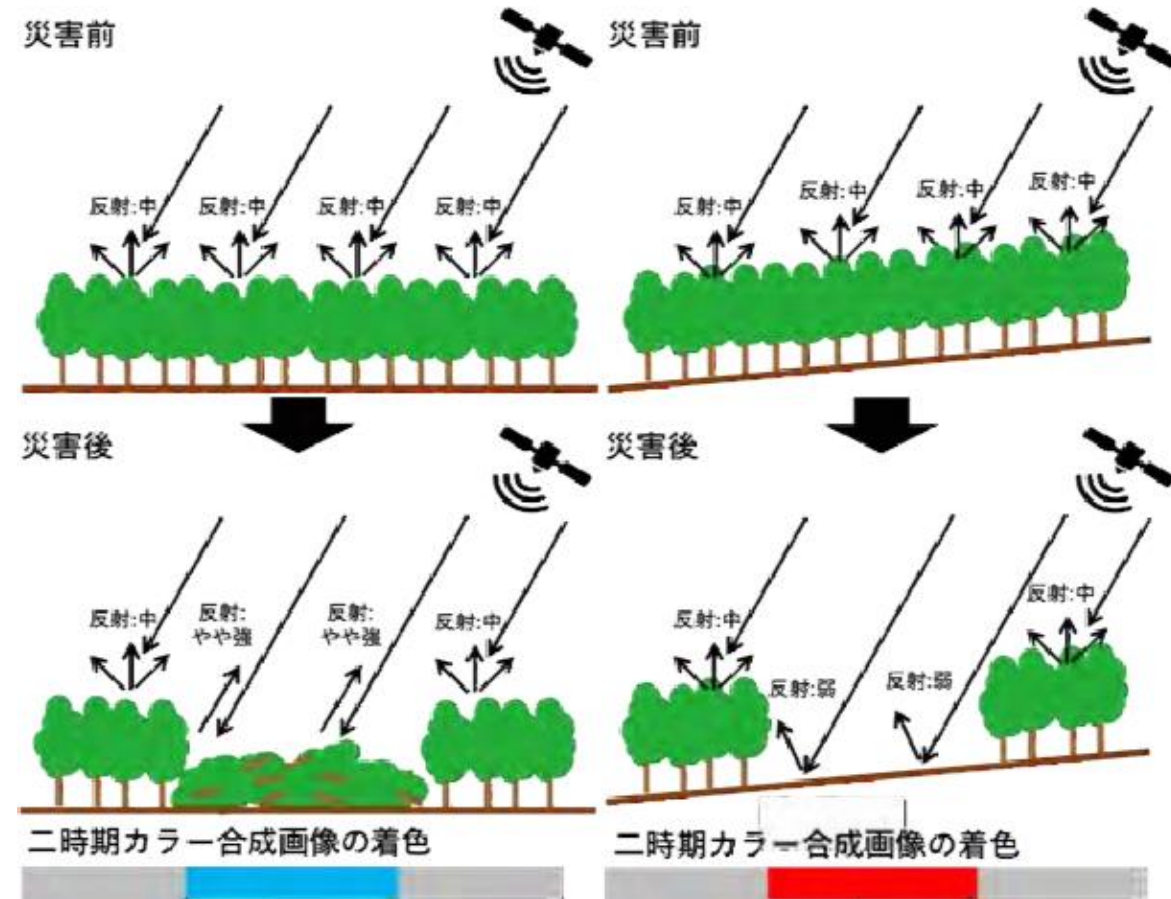
災害前湖泊或池塘前向散射優勢，
背向散射強度非常小。災害後漂流
木或土砂等流入，背向散射優勢，
背向散射強度增加，該範圍著色為
藍綠色。



參、ALOS-2 災害判讀

風倒木：

災害前森林樹木之體散射產生。災害造成倒木，背向散射優勢，**背向散射強度增加**，該範圍著色為**藍綠色**。此外，倒木若樹木**沿坡面流下**時，前向散射優勢，背向散射**強度減小**，該範圍著色為**紅色**。但須注意樹倒方向或電波照射方向與坡面傾向之關係，可能出現不同著色狀況。



參、ALOS-2 災害判讀

ALOS-2 判讀流程分為兩種：

1. 速報性判讀（重視時效）：

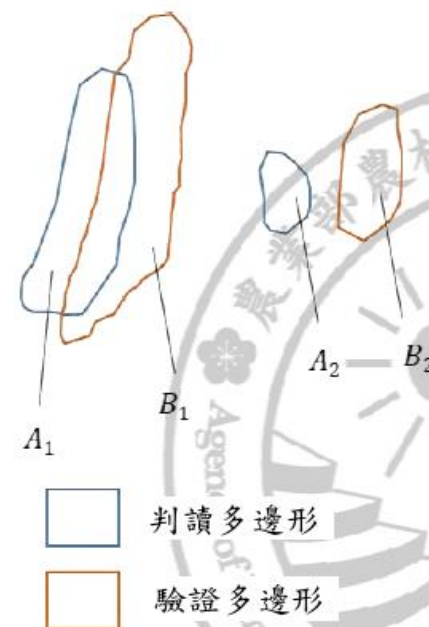
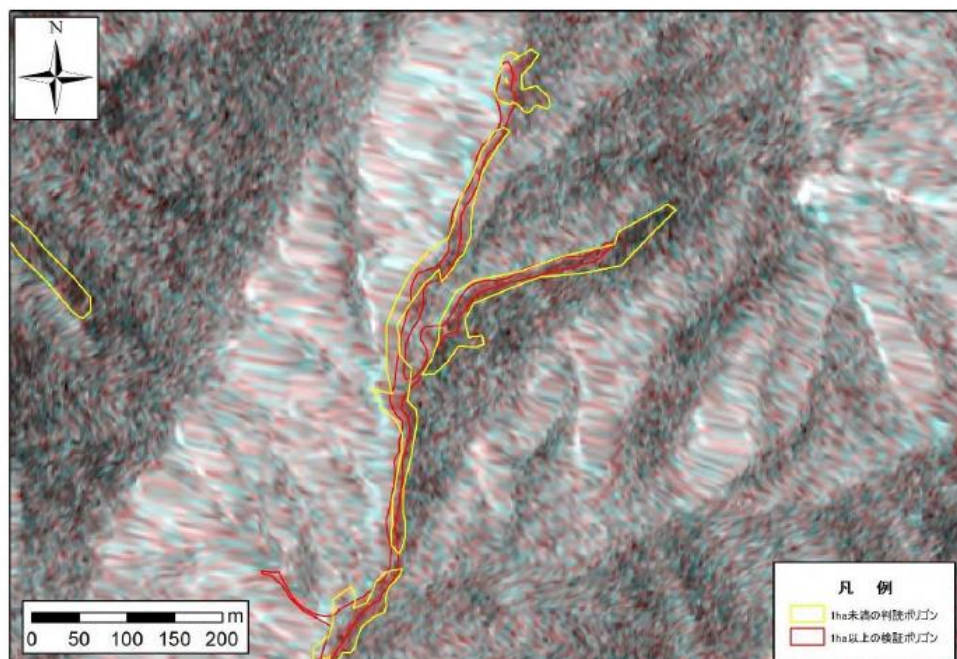
地形圖 + **SAR** 災害速報圖任務，快速圈選疑似崩塌地點特色，可不依賴光學影像，在豪雨後立即執行。

2. 精度提升（重視正確性）：

加入災前光學影像（例如 **ALOS**、**Pleiades**），釐清是否有人為開挖避免將伐木地、風倒木來大幅減少誤判情形發生。

參、ALOS-2 災害判讀

本研究針對兩階段判讀流程
(SAR 為主 → SAR+光學) 進
行精度驗證，確認二時期彩色合
成影像能否正確標示崩塌範圍



適合率：全部判讀多邊形之中，局部與驗證多邊形重疊的比率。越高代表誤判越少。

$$\text{適合率} = \frac{n(A_1)}{n(A_1) + n(A_2)} \times 100$$

A₁：局部與驗證多邊形重疊的判讀多邊形

A₂：與驗證多邊形無重疊的判讀多邊形

n(A₁)：A₁的數目

n(A₂)：A₂的數目

重現率：全部驗證多邊形之中，局部與判讀多邊形重疊的比率。越高代表漏判越少。

$$\text{重現率} = \frac{n(B_1)}{n(B_1) + n(B_2)} \times 100$$

B₁：局部與判讀多邊形重疊的驗證多邊形

B₂：與判讀多邊形無重疊的驗證多邊形

n(B₁)：B₁的數目

n(B₂)：B₂的數目

圖 3-19 精度的計算方法

肆、光學影像

本驗證所使用光學衛星的Pleiades (空間解析度0.5 m)

評估光學影像對坡地災害判讀的可行性

與 ALOS-2 SAR 的互補性

檢視災前/災後影像對判讀精度的影響

表 3-8 對象災害一覽表

災害名稱	發生日期	主要的坡地災害
2017年7月九州北部豪雨	2017/7/5、6	坡面崩塌(山崩、土石流、地滑)、漂流木等漂流
2018年7月豪雨	2018/7/5~9	坡面崩塌(山崩、土石流、地滑)
2018年北海道胆振東部地震	2018/9/6	坡面崩塌(山崩、土石流、地滑)、河道阻塞形成堰塞湖(天然壩)
2019年房總半島颱風	2019/9/8、9	風倒木

肆、光學影像

坡面崩塌（山崩 / 土石流）：
相較 **SAR**，光學影像高解析
度可清楚判別崩塌裸露地、
崩塌頭部剪切線、崩塌堆積
物形態。

光學影像（災害前）



光學影像（災害後）



肆、光學影像

崩塌堆積：

坡腳堆積土砂的紋理在光學影像中極為明顯，可確認流路與堆積厚度分布

光學影像（災害前）



光學影像（災害後）



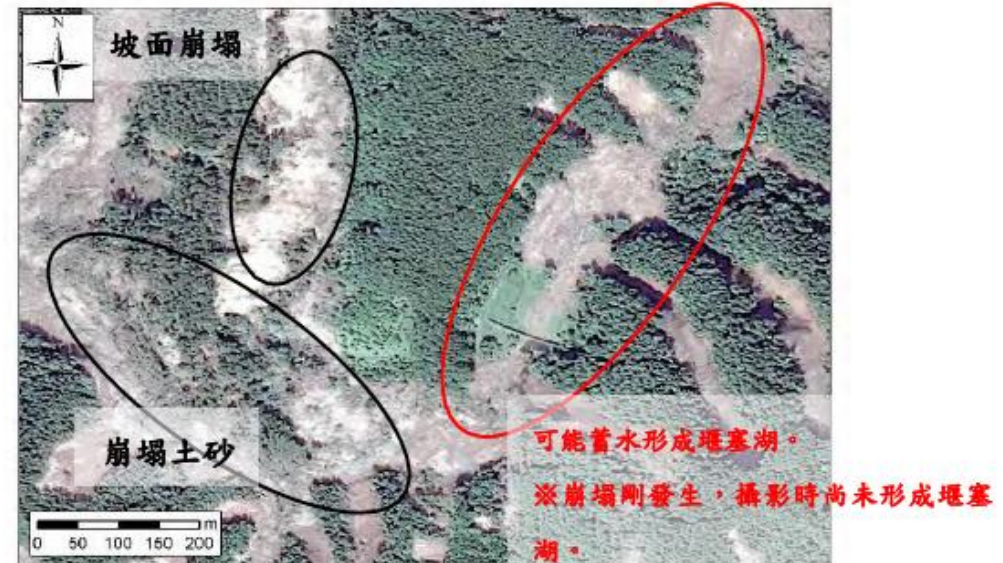
肆、光學影像

堰塞湖（天然壩）：
水面反射特性在光學影像中
非常明顯

光學影像（災害前）



光學影像（災害後）



肆、光學影像

漂流木：
災後影像中呈現漂浮材的破碎反射

光學影像（災害前）



光學影像（災害後）



肆、光學影像

風倒木：
可清晰區分倒伏方向與林相破壞

光學影像（災害前）



光學影像（災害後）



肆、光學影像

伐木地：
因容易與崩塌混淆，透過光
學影像能有效排除誤判

光學影像（災害前）



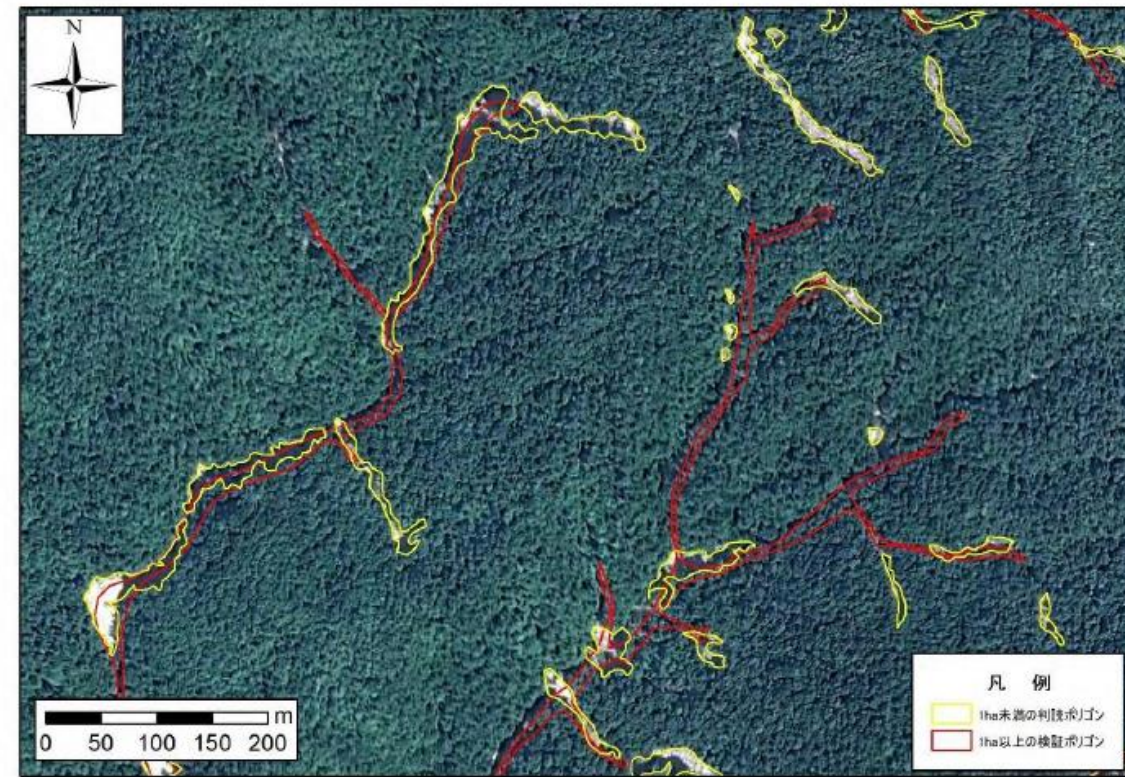
光學影像（災害後）



伍、結果與討論

判讀多邊形與驗證多邊形都大於1公頃的範圍時，**適合率都比較高**，代表大於1公頃面積的判讀多邊形誤判低，但**重現率較低**。顯見實際上已發生大於1公頃的崩塌地，有些被判讀為小於1公頃的崩塌地。

原因可能是局部崩塌地被樹蔭遮蔽，影像上無法辨識，該部分便無法判讀為崩塌地，判讀多邊形因此變成不連續、個別判讀多邊形面積縮小，許多大於1公頃的崩塌地因而被判讀為小於1公頃(右圖)。





伍、結果與討論

光學影像能大幅提高大規模崩塌的重現率，但小規模崩塌仍受遮蔽與地形因素限制，需與 SAR 互補使用。

對象災害	判讀地區	判讀方法		全多邊形						1公頃以上之驗證多邊形						1公頃以上之判讀與驗證多邊形						驗證數據來源
				判讀多邊形	重複多邊形數目 (判讀多邊形之中)	適合率	驗證多邊形數目	重複多邊形數目 (驗證多邊形之中)	重現率	判讀多邊形	重複多邊形數目 (判讀多邊形之中)	適合率	驗證多邊形數目	重複多邊形數目 (驗證多邊形之中)	重現率	判讀多邊形	重複多邊形數目 (判讀多邊形之中)	適合率	驗證多邊形數目	重複多邊形數目 (驗證多邊形之中)	重現率	
2018年7月豪雨	廣島縣安藝郡坂町、府中町、熊野町、海田町	地形圖+	判讀流程步驟1	191	172	90%	900	230	26%	191	74	39%	26	17	65%	20	13	65%	26	11	42%	廣島大學2018年7月豪雨災害調查團
		SAR影像+	判讀流程步驟2	184	169	92%	900	228	25%	184	73	40%	26	17	65%	19	12	63%	26	10	38%	
		災害前後光學影像		480	445	93%	900	349	39%	480	173	36%	26	23	88%	6	6	100%	26	5	19%	
		地形圖+	災害前後光學影像	456	415	91%	900	416	46%	456	147	32%	26	23	88%	33	23	70%	26	15	58%	
2017年7月九州北部豪雨	福岡縣朝倉郡東峰村	地形圖+	判讀流程步驟1	75	31	41%	219	23	11%	75	4	5%	9	7	78%	12	4	33%	9	4	44%	國土地理院
		SAR影像+	判讀流程步驟2	48	29	60%	219	22	10%	48	4	8%	9	7	78%	6	4	67%	9	4	44%	
		災害前後光學影像		155	96	62%	219	88	40%	155	7	5%	9	8	89%	8	6	75%	9	6	67%	
		地形圖+	災害前後光學影像	169	100	59%	219	90	41%	169	10	6%	9	8	89%	11	7	64%	9	7	78%	



伍、結果與討論

整理災區森林荒廢地點與林道受損金額（復舊計畫書＋災害查定資料），並套疊衛星影像判讀結果（推定受損長度），計算其相關性：

- 1.光學影像：相關性高，可有效推估林道受損金額
受損金額與「推定受損總長度」之間呈現高度相關性。
使用 **ALOS-3** 等級光學影像，其相關係數與正確數據相近。
- 2.SAR 影像：相關性低，不適合作為金額推估來源
因SAR 的幾何偏移與坡面影響造成崩塌位置判讀不準。
→ 無法直接用 **SAR** 判讀結果推估受損金額。

對象災害	由正確數據得到的相關係數	依 SAR 影像所判讀結果的 相關係數	由使用 ALOS-3 同等級影 像判讀結果所得之相關係 數
2017年7月九州北部豪雨	0.82	-0.02	0.72
2018年7月豪雨	0.91	0.43	0.81

陸、結論

1. **ALOS-2 (SAR)** 具備**全天候、快速覆蓋**優點，能在災後**即時**掌握大範圍可能受災區域，是理想的災情**速報**工具。然而受限於幾何扭曲、坡向影響、空間解析度不足，崩塌位置與範圍常發生偏移，導致判讀**精度不足**。用於林道受損金額推估時，與實際資料的相關性偏低，因此適合速報、不適合精查。

2. **ALOS-3** 等級的高解析度光學影像能**清楚辨識**崩塌裸露地、堆積物、漂流木與堰塞湖等細部災情，判讀結果與實測資料有較高的一**致性**。對於 **>1** 公頃的大規模崩塌，重現率可達近 **90%**，可有效推估林道受損金額，是目前最可靠的災情**精查**來源。

陸、結論

3. 在災害應變過程中，**單一來源的影像無法同時兼顧時效與精度**，因此最有效的作業模式是將 **SAR** 與光學影像互補整合。災後**初期**受到雲雨遮蔽限制時，可先利用 **SAR** 的全天候特性快速掌握疑似受災區域，提供**速報**範圍；待天候改善、光學影像取得後，再進行高精度判讀，以確定崩塌位置、範圍與受損程度，並視需要加上實地查核。此「**SAR 速報 × 光學精查**」的雙軌策略，不僅可縮短災後情資取得時間，也能確保最終判讀的可靠度，是兼顧速度與準確度的最佳實務流程。

4. 光學影像判讀所得的崩塌資訊與林道受損金額之間呈現**高度相關性**，但不同災區因地形、植生、影像品質差異，迴歸線斜率與相關係數並不完全一致。

→ 建議建立地區化迴歸模型，以提升未來在不同區域的金額推估準確度。

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