

2022 年度
運用陸域觀測技術衛星之
災害對應方法等檢討與調查



目錄

1. 業務概要	1
1.1 業務目的	1
1.2 業務概要	2
1.3 使用的主要圖書與基準	3
2. 實施方針	3
2.1 判讀指引之配備	3
2.2 衛星影像有效利用檢討之實證	4
2.3 提高事業成效之高效率推動事業的檢討	4
2.4 檢討高效率制度運用之現場人員與專家學者等意見蒐集	4
2.5 高效率資訊活用普及方法之檢討所需之資訊彙整	5
2.6 業務實施流程	5
3. 業務內容	7
3.1 ALOS-2災害速報圖判讀指引之作成	7
3.1.1 指引內容之檢討	7
3.1.2 以抽樣數據進行災害案例判讀	9
3.1.3 指引（案）之作成	32
3.1.4 專責人員訪談	33
3.2 以 ALOS-3 同等級影像掌握災害之驗證	38
3.2.1 判讀所需使用衛星影像之取得	38
3.2.2 災害案例之判讀與驗證	40
3.3 瞭解森林荒廢面積以掌握林野相關災情方法之檢討	51
3.3.1 對象地點之選定	51
3.3.2 資料蒐集及相關關係之計算	51
3.3.3 ALOS-3 同等級光學影像判讀結果適用可能性之檢討	53
3.3.4 SAR 影像判讀結果適用可能性之檢討	55
3.4 應用新衛星技術於坡地災害之檢討	57
3.4.1 應用 ALOS-3 於坡地災害之檢討	57
3.4.2 SAR 衛星於坡地災害之應用檢討	62
3.4.3 災害時衛星利用相關協定內容之檢討	70
4. 依 ALOS-2 數據之災害判讀指引	73
5. 協商會議	79

1. 業務概要

1.1 業務目的

a) 背景與課題

林野廳於『森林及林業基本計畫』（2021 年 6 月）之中，為推動國土保全，有效推展治山事業等工作，提出大規模災害時的迅速對應方案。此外，『國有林管理經營相關基本計畫』（2018 年 12 月 25 日制定）之中，進行快速災害對策以及二次災害防止對策，具體內容如下所述。

“大規模災害等發生時，派遣中央技術專責人員（MAFF-SAT）、協同地方公共團體或民間顧問等進行災害調查、擬定復舊方針等受災地區的復舊支援。此時為迅速掌握受災狀況等，應使用衛星影像與直升機、無人機等進行調查。”（『森林及林業基本計畫』P.22摘要）

“又，大規模坡地災害發生時，應派遣具專業技術人員組成坡地災害緊急對策小組前往現地，協同國有林防災志工群，擬定包含支援私有林防災在內的快速災害對策與二次災害防止對策。”（『國有山林管理經營相關基本計畫』P.4 摘要）

依據上述，林野廳與日本宇宙航空研究開發機構（以下稱為「JAXA」。）簽署協定，推動利用陸域觀測衛星（ALOS-2）掌握坡地災害發生地點之工作。此外，地方政府原本就有義務提供坡地災害發生的相關資訊，必要時中央政府森林管理單位也應提供該當地方政府相關資訊。

其次，災害所造成損害金額，須於災後迅速彙整，向內閣府報告，作為依「嚴重災害對應特別財政援助等之相關法律」檢討是否指定為嚴重災區之根據。

b) 本業務之目的

本業務依據上述背景及做法，為讓森林行政專責人員迅速且有效活用 JAXA 所取得及提供的 ALOS-2 觀測數據，製作判讀指引。

此外，目前已預定發射先進光學衛星「ALOS-3」，因此與 ALOS-2 對山地災害在行政上的對應相同，針對 ALOS-3 影像的應用以及光學衛星影像有效利用等的檢討進行實務驗證，為本業務之目的。

1.2 業務概要

- ① 業務名稱 2022 年度 運用陸域觀測技術衛星的災害應對手法等的檢討與調查
- ② 契約金額 9,977,000 日元
- ③ 業務實施地點 2017年7月九州北部豪雨、2018年7月豪雨、2018年北海道胆振東部地震及2019年房總半島颱風等受災區域
- ④ 業務實施期間 2022年8月8日～2023年3月20日
- ⑤ 業務數量

表 1-1 業務數量

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

- ⑥ 發包單位：林野廳 國有林野部，業務課 災害對策班
- ⑦ 承包單位：股份公司 空間資訊（GIS/航空測量）綜合企業 PASCO

1.3 使用的主要圖書與基準

- ① 林野廳測定規程
- ② 森林整備保全事業測量業務等標準規格書
- ③ 其他相關法令

2. 實施方針

為達成本業務的目標成果，就 ALOS-2 觀測方法的 SAR 技術相關基本事項及技術性注意事項，進行淺顯易懂解說，並製作可供森林行政專責人員迅速、低成本且有效應用之災害判讀指引，檢討利於應用衛星影像於坡地災害的行政對應工作，進行實務驗證。

判讀指引之製作係將衛星影像所判讀災害狀況特徵格式化，成為可依流程逐項選擇格式的內容，以利不熟悉衛星影像判讀的專責人員，也能迅速掌握受災面積等災害狀況。

衛星影像有利應用於政府對應進行檢討與實證對象坡地災害，包括以 SAR 影像判讀的山崩、地滑、土石流、崩塌土砂堆積、漂流木漂流、河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）以及風倒木等。此外，森林伐木跡地也是衛星影像有利於應用檢討與實證之對象。

針對上述災害除了運用 SAR 影像之外，光學影像、災害時的緊急攝影與斜拍照片、既有航空照片等光學影像及地形圖（若已建置CS立體圖，一併活用），也應該用來進行判讀。業務推展基本方針如下。

2.1 判讀指引之配備

判讀指引之製作應注意以下項目，依據災害案例判讀結果，製作出即使不具衛星數據與森林相關知識及經驗的專責人員也能快速有效掌握坡地災害發生地點的指引（案）。

- ① 訪談行政專責人員，製作可供災害現場實際運用的指引。
- ② 針對SAR相關基本事項與技術性注意事項，進行淺顯易懂解說。
- ③ 為協助各種不同立場的政府人員即時、標準且有效率掌握災害狀況，應將坡地災害格式化，使之能選擇流程完成影像判讀。
- ④ 為能對需多方判斷與調整之災害作出最適當的對應，須重視坡地災害對應之的時間軸，必要的數據、取得方法、時間點、判讀順序以及判讀成果的分享方法與監測方法一一予以驗證，並探尋今後應努力方向。

2.2 衛星影像有效利用檢討之實證

衛星影像判讀精度應以過去發生災害判讀結果已公開者，進行驗證。此外，即使已開始使用 ALOS-3，為能同時應用 ALOS-2，須一併彙整 ALOS-2 與 ALOS-3 的數據特性等，將衛星利用的優點最大化，成為觀測成果品的基本內容。

表 2-1 使用之驗證數據

對象災害	驗證數據出處
2017 年 7 月九州北部豪雨	國土地理院
2018 年 7 月豪雨	廣島大學 2018 年 7 月豪雨災害調查團

2.3 提高事業成效之高效率推動事業的檢討

依緊急程度分階段規劃判讀流程。為兼顧緊急性與判讀精度，應檢討 ALOS-3 與 SAR 衛星之並用。

2.4 檢討高效率制度運用之現場人員與專家學者等意見蒐集

實務上災害對應應訪談現場專責人員，參考其反饋資訊改善指引。專責人員訪談對象單位如下。此外，有關協定的相關事項應進行宇宙航空研究開發機構（以下稱為 JAXA）訪談。

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）

2.5 高效率資訊活用普及方法之檢討所需之資訊彙整

除了受災範圍與受災林道的 GIS（空間資訊系統）數據化、森林受害面積與林道受害金額相關關係之外，衛星影像判讀所推定受災總長度與林道受害金額相關關係，也一併整理。

受災地區範圍與受災林道選定如下對象進行。

表 2-4 所選定受災範圍的對象

受災對象之災害	受災地點	受災市町村
2017 年 7 月九州北部豪雨	福岡縣	朝倉郡東峰村
2018 年 7 月豪雨	廣島縣	安藝郡府中町、坂町、海田町、熊野町

2.6 業務實施流程

業務應依下列流程順暢有效率地完成。各作業工程完了時，應協同單位內部檢視及配合監察人員監察。利用課題管理表找出可能出現的風險問題等，及早解決問題。



3. 業務內容

3.1 ALOS-2 災害速報圖判讀指引之作成

ALOS-2 災害速報圖判讀指引之製作，為能淺顯易懂，應儘量以圖表解說 SAR 相關基本事項及技術注意事項。判讀指引的重點乃藉由解說 ALOS-2 等 SAR 基本原理，讓閱讀者完整瞭解。

此外，過去有無以既有災害影像判讀結果完成的高客觀性內容、可用來輔助判讀的光學衛星影像以及是否已取得該影像之狀況等，依據各種作法選項，作成判讀流程。

3.1.1 指引內容之檢討

災害緊迫狀況下進行 SAR 影像判讀時，應讓即使不熟悉影像分析的專責人員也能即時完成判讀、掌握災害狀況。但 SAR 影像判讀有其難度，即使熟練技術人員仍可能產生伐木跡地與崩塌地誤判。因此，進行 SAR 影像判讀最好輔助使用光學影像等。

基於上述考量，本指引內容如表 3-1 所示。本指引除了解說 SAR 影像取得的原理等基本事項之外，也針對所取得影像的狀況等，彙整判讀流程。判讀案例則與光學影像等做對比，使之更容易理解。

表 3-1 指引之內容

章節編號	標題	內容
1	前言	
2	SAR 的基本事項	• 地球觀測衛星的種類 • SAR 的基本事項（空間解析度、波長、側視角、散射（表面散射、體散射、雙重散射） • 本指引所使用的 SAR 影像（強度差分 SAR 影像、二時期彩色合成影像） • ALOS-2 之各單元與觀測模式
3	SAR 影像應用的注意要點	• SAR 影像的幾何扭曲（失真）狀況（前視縮短、疊置、雷達盲區陰影）
4	應用 SAR 影像於坡地災害的判讀調查流程	• 配合災害緊急度分階段1與階段2實施。 階段1:重視速報性，利用地形圖與 SAR 影像進行判讀。 階段2:階段1所選取地點之中有災前光學影像資料者，可參照使用，以提升判讀精度、避免誤判。

		• 判讀時的注意事項
5	依 SAR 影像進行坡地災害判讀調查之判讀案例	• 坡地災害案例介紹（地滑、山崩、土石流（坡面崩塌）、崩塌土砂堆積、河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）、漂流木等漂流、風倒木、採伐） • SAR 影像之判讀精度
6	判讀環境	• 適合用來進行 SAR 影像判讀的PC軟硬體（GIS）之說明
	（參考資料1）坡地災害之解說	• 坡地災害之定義與災害案例之確認
	（參考資料2）坡地災害發生主要因素及其案例	• 以過去案例作為參考資料，彙整各種災害主要因素之中坡地災害的特徵



3.1.2 以抽樣數據進行災害案例判讀

選定過去發生坡地災害的案例，取得拍攝該災害的 ALOS-2 影像。依該影像製作相當於 JAXA 所提供災害速報圖的災前觀測影像與災後緊急觀測影像二者疊加而成的影像（以下稱為「二時期彩色合成影像」）。然後以此二時期彩色合成影像判讀災害發生地點，驗證其結果。

(1) 災害案例之選定

本業務處理對象的坡地災害包含山崩、地滑、土石流、崩塌土砂堆積、漂流木等漂流、河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）以及風倒木等。依據既有的災害報告等資料，選定上述災害造成明顯災情的案例。所選定災害案例如表 3-2 所示。

2017 年 7 月九州北部豪雨調查報告顯示，福岡縣與大分縣為主地區發生坡面崩塌與漂流木等漂流的坡地災害（圖 3-1）。2018 年 7 月豪雨調查報告顯示，廣島縣一帶發生土石流等坡面崩塌（圖 3-2）。

此外，2018 年北海道胆振東部地震調查報告指出，北海道厚真町一帶發生坡面崩塌及其所引致河道阻塞形成的堰塞湖（圖 3-3）。2019 年房總半島颱風造成千葉縣房總半島大量風倒木（圖 3-4）。

表 3-2 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	2017/07/05,06	坡面崩塌（山崩、土石流、地滑）、漂流木等的漂流
2018年7月豪雨	2018/07/05~09	坡面崩塌（山崩、土石流、地滑）
2018年北海道胆振東部地震	2018/09/06	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	2019/09/08,09	風倒木



寺內壩的漂流木與土砂攔阻狀況

- 豪雨期間不止洪水，也有大量漂流木（約10,000立方公尺）與土砂流入水庫，若非水庫攔阻，這些大量漂流木與土砂很可能流向下游河川，堵住橋樑、阻塞河道而擴大災情。



圖 3-1 2017年7月九州北部豪雨引致坡面崩塌與漂流木等漂流的狀況¹²

¹ 股份公司PASCO，2017年7月九州北部豪雨災害・

<<https://corp.pasco.co.jp/disaster/flood-damage/20170708.html>>

² 獨立行政法人水資源機構筑後川局，2017，2017年7月九州北部豪雨寺內壩的漂流木處理過程（報告）・

<https://www.water.go.jp/honsya/honsya/bousai/kyusyugou/pdf/171004_chikugo.pdf>



圖 3-2 2018 年7 月豪雨所造成的土石流³

³ 股份公司PASCO，2018年7月 豪雨災害・

< <https://corp.pasco.co.jp/disaster/heavy-rain/20180709.html> >



圖 3-3 2018年北海道胆振東部地震造成河道阻塞所形成的堰塞湖與坡面崩塌^{4 5}

⁴ 鈴木大和・松田昌之・中谷洋明，2021，災害時における合成開口レーダ(SAR)の散乱変化事例解説集・国土技術政策総合研究所資料，1159・

⁵ 股份公司PASCO，2018年9月 2018年北海道胆振東部地震災害・
<<https://corp.pasco.co.jp/disaster/earthquake/20180906.html>>



(↑人工林與天然林成片受損)



(↑道路沿途連根拔起的闊葉木)



(↑谷部の風倒被害↑)

圖 3-4 2019 年房總半島颱風造成風倒木⁶



⁶ 千葉縣農林水産部森林課森林整備班，第 15 號颱風所造成森林災害等狀況的專業人士緊急調查實施狀況・<<https://www.pref.chiba.lg.jp/shinrin/documents/taifu15-chousazyoukyou.pdf>>

(2) 衛星影像之取得

除了依據(1)調查所取得災害資訊，也找出災情明顯地區，確認災害發生前後所拍攝 ALOS-2 影像歸檔狀況，選出災害發生地點判讀所需影像。本計畫所取得 ALOS-2 影像如表 3-3 所示。選取影像時的注意事項如下。

ALOS-2 的觀測類型有沿衛星行進方向（升軌即北行軌道、降軌即南行軌道）與電波照射方向（右向、左向）合計四種組合，電波照射方向又分東向與西向二種（圖 3-5）。此外，SAR 衛星係斜向往下照射電波，有時會因斜面方向緣故，存在不可視領域而無法獲得正確資料（圖 3-6）。

因此，為減少電波照射方向所形成的不可視範圍，分別實施東向與西向照射，各選出一對的 ALOS-2 影像。

表 3-3 本業務預定取得的 ALOS-2 影像

No.	對象災害	攝影日期	軌道與觀測方向	相片編號
1	九州北部豪雨	2016/04/29	降軌(南行)、左	ALOS2104392910-160429
2		2017/07/07		ALOS2168562910-170707
3		2016/10/14	升軌(北行)、左	ALOS2129300680-161014
4		2017/07/07		ALOS2168630680-170707
5	西日本豪雨(廣島)	2018/03/17	升軌(北行)、右	ALOS2206040680-180317
6		2018/07/21		ALOS2224670680-180721
7		2018/06/20	降軌(南行)、右	ALOS2220012930-180620
8		2018/08/29		ALOS2230362930-180829
9	胆振東部地震	2016/06/23	升軌(北行)、右	ALOS2112590840-160623
10		2018/10/11		ALOS2236790840-181011
11		2018/08/23	降軌(南行)、右	ALOS2229472750-180823
12		2018/10/04		ALOS2235682750-181004
13	房總半島颱風	2019/05/27	降軌(南行)、左	ALOS2270432880-190527
14		2019/10/14		ALOS2291132880-191014
15		2019/08/22	降軌(南行)、右	ALOS2283292910-190822
16		2019/11/14		ALOS2295712910-191114

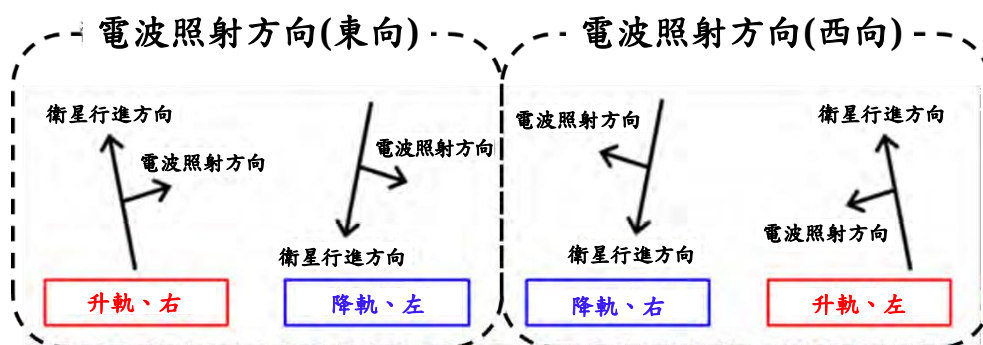


圖 3-5 ALOS-2的觀測類型

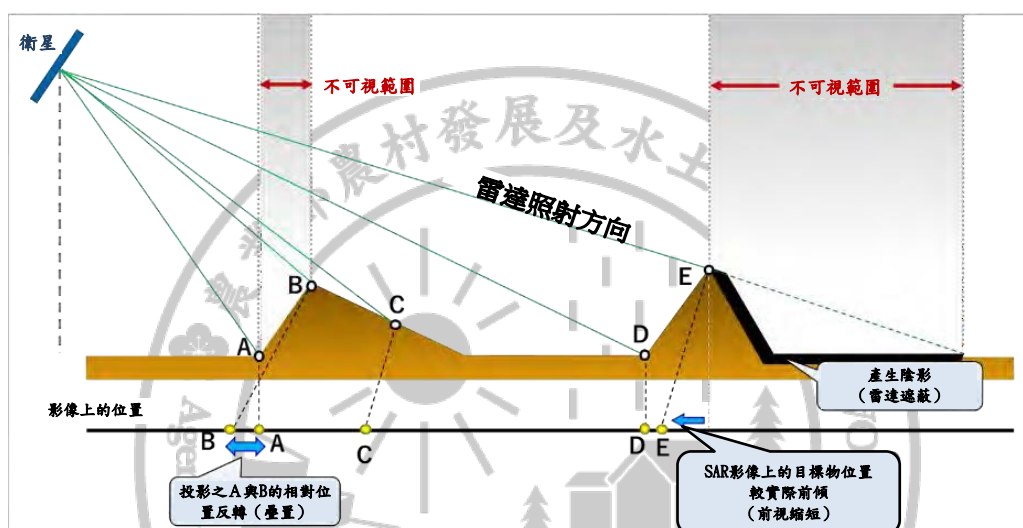


圖 3-6 SAR 衛星影像特有現象之概念圖

(3) 災害案例的判讀

以(2)所取得 ALOS-2 影像製作彩色合成影像，判讀災害發生地點。判讀時發現只靠 ALOS-2 影像難以掌握該地點的地形與土地利用狀況，因此也應參考了地形圖。此外，為提高判讀精度，也參照災害前所拍攝光學影像（3.2.1 所取得），確認是否有人工改變地形狀況，以減少誤判。

針對(1)所選定坡面崩塌（山崩、地滑、土石流）、崩塌土砂堆積、漂流木等漂流、河道阻塞造成堰塞湖（天然壩）以及風倒木等各種坡地災害與容易誤判的伐木跡地，製作二時期彩色合成影像的著色方法及判讀案例，如下所述。此外，說明中提到的背向散射強度大小，在 SAR 影像前後時期所呈現的相對散射強弱關係，必須加以注意。

● 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（圖 3-7）。坡面崩塌判讀案例如圖 3-8 所示。

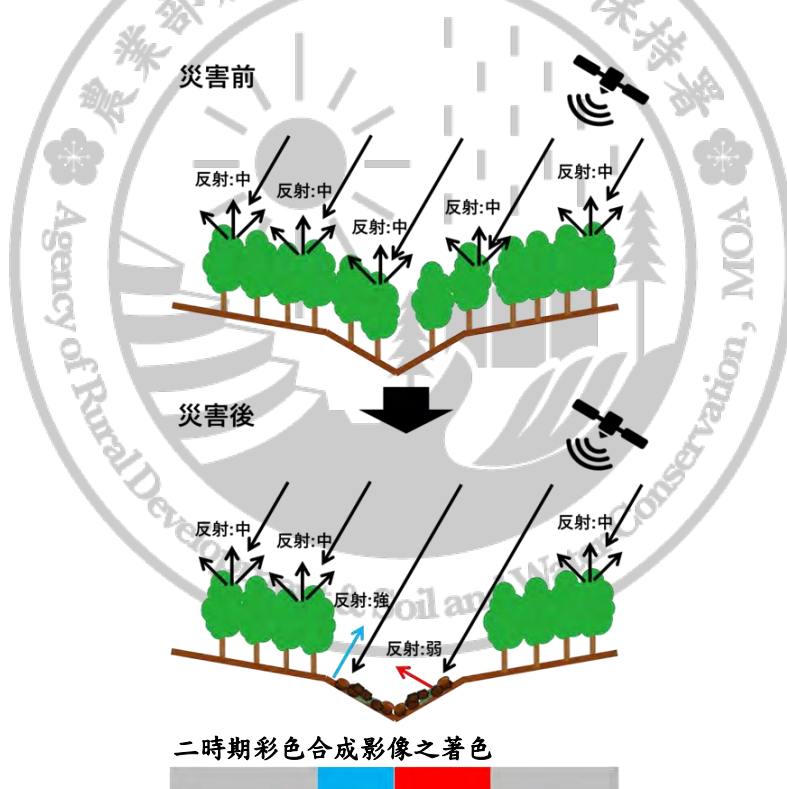


圖 3-7 坡面崩塌（山崩、地滑、土石流）之二時期彩色影像著色機制

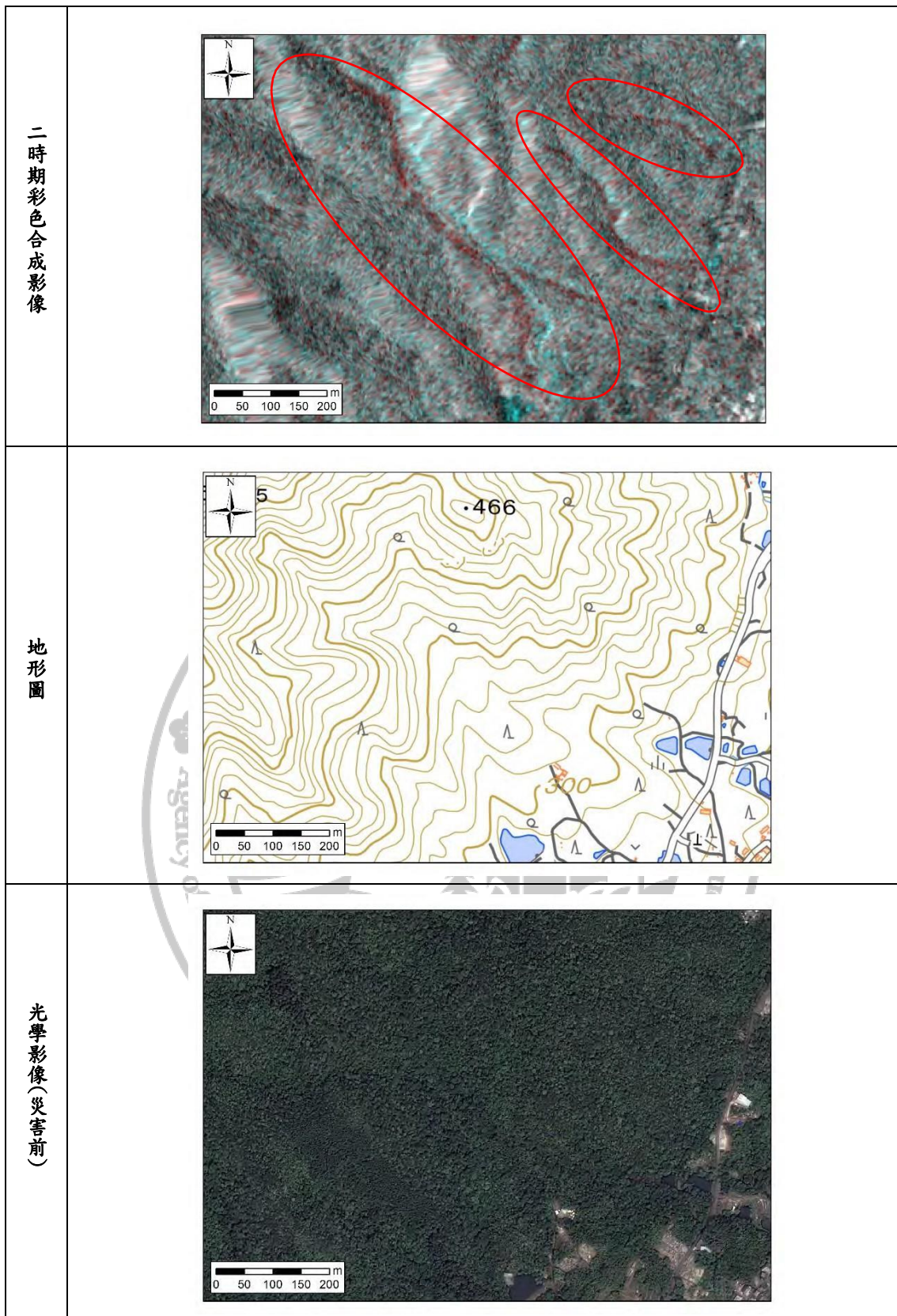


圖 3-8 坡面崩塌（土石流）之案例

- 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（圖 3-9）。崩塌土砂堆積判讀案例如圖 3-10 所示。

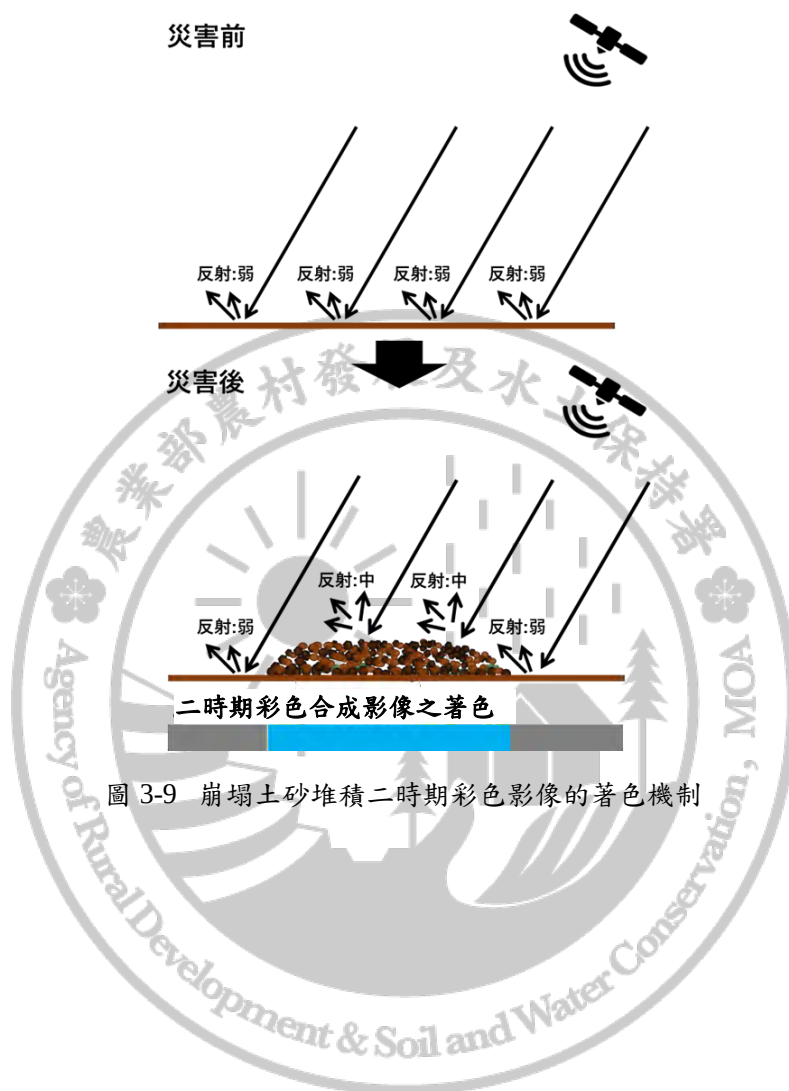


圖 3-9 崩塌土砂堆積二時期彩色影像的著色機制

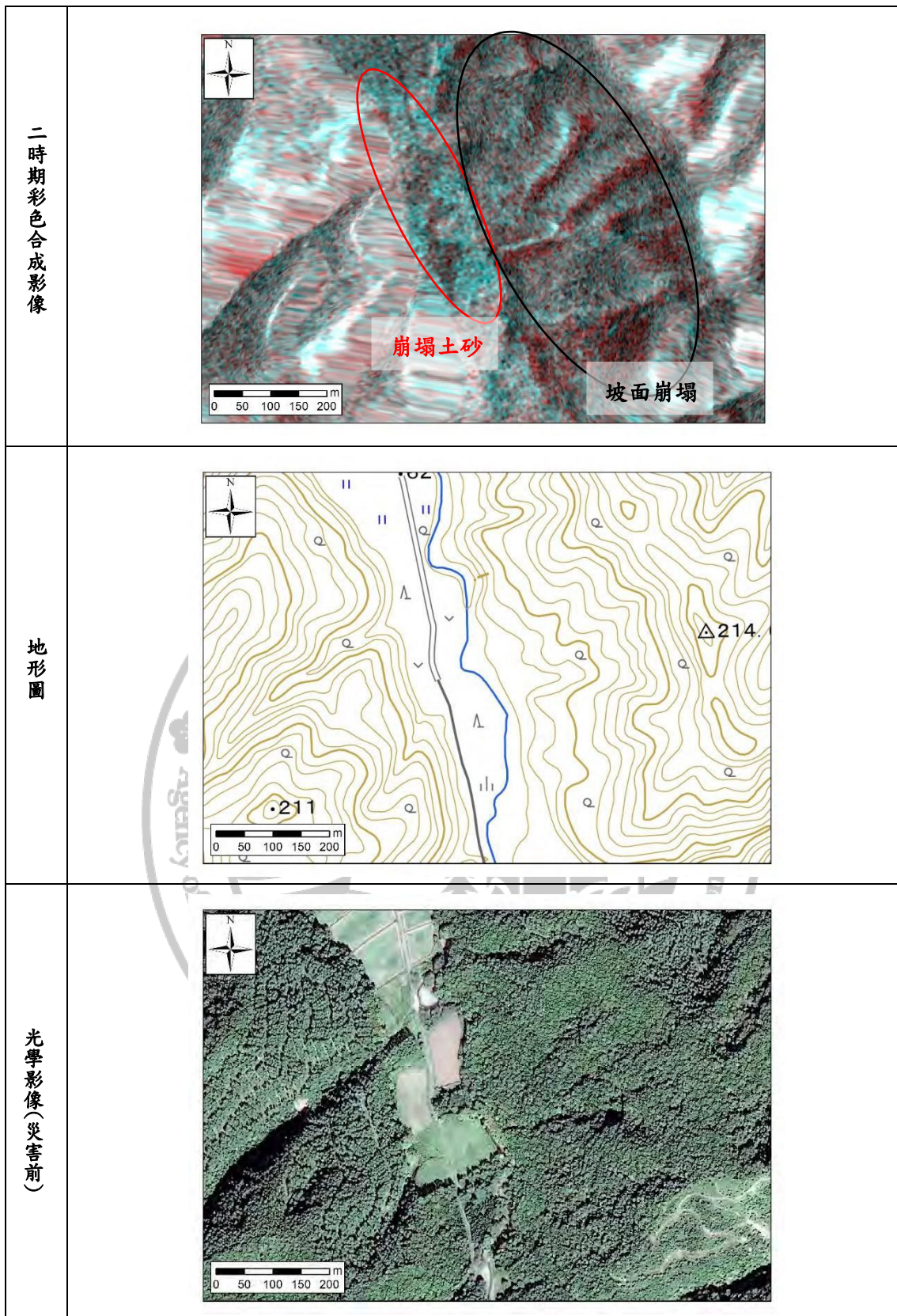


圖 3-10 崩塌土砂堆積之案例

- 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（圖 3-11）。河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）的判讀案例如圖3-12 所示。

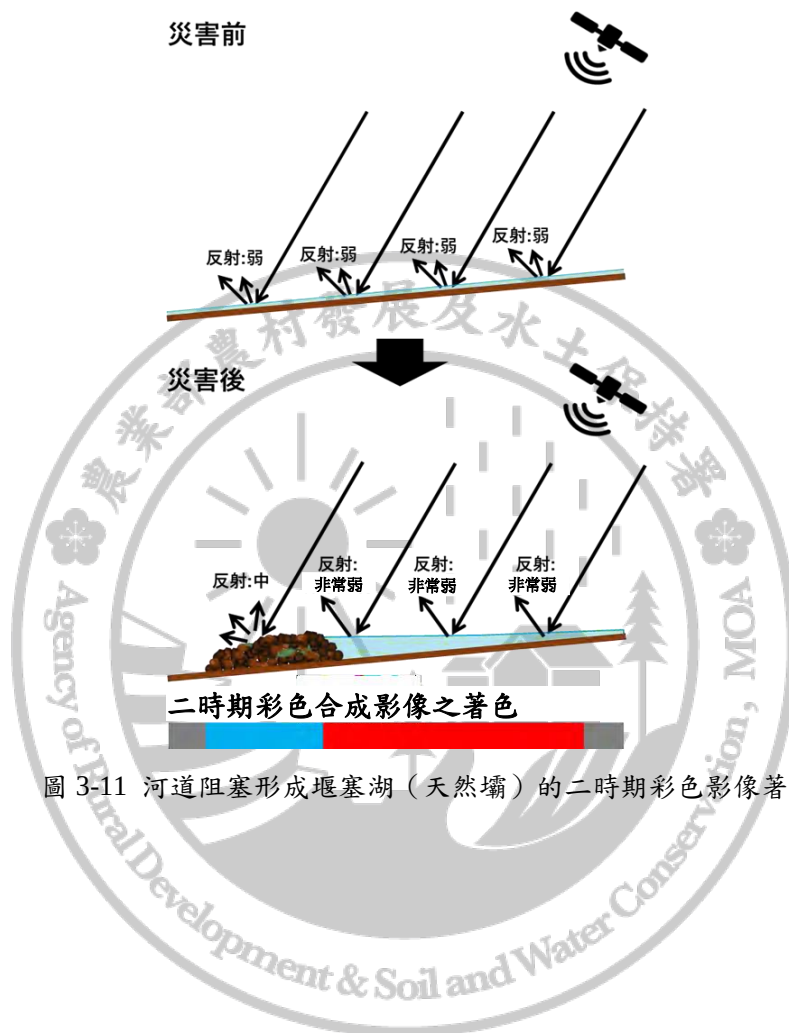


圖 3-11 河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）的二時期彩色影像著色機制

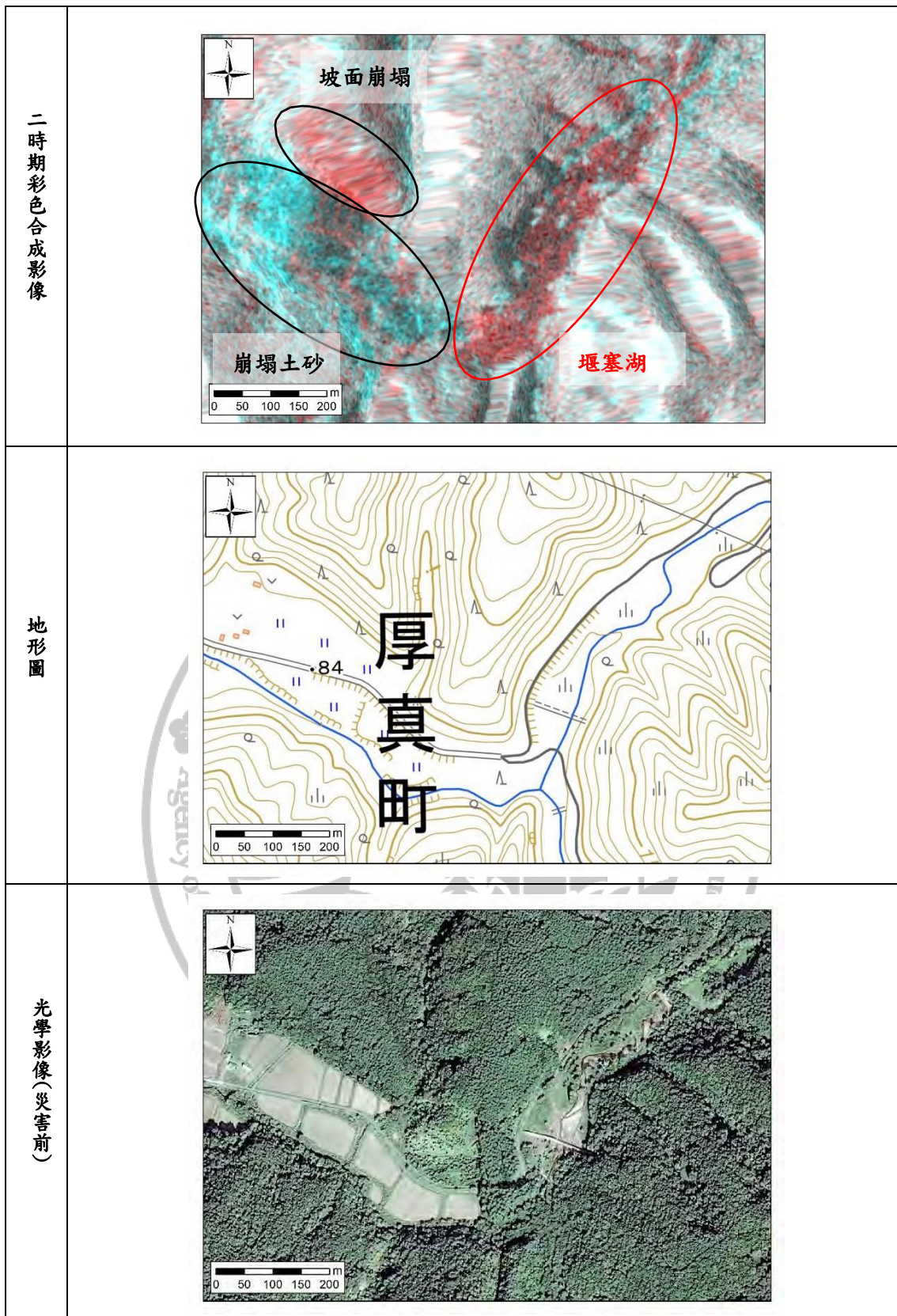
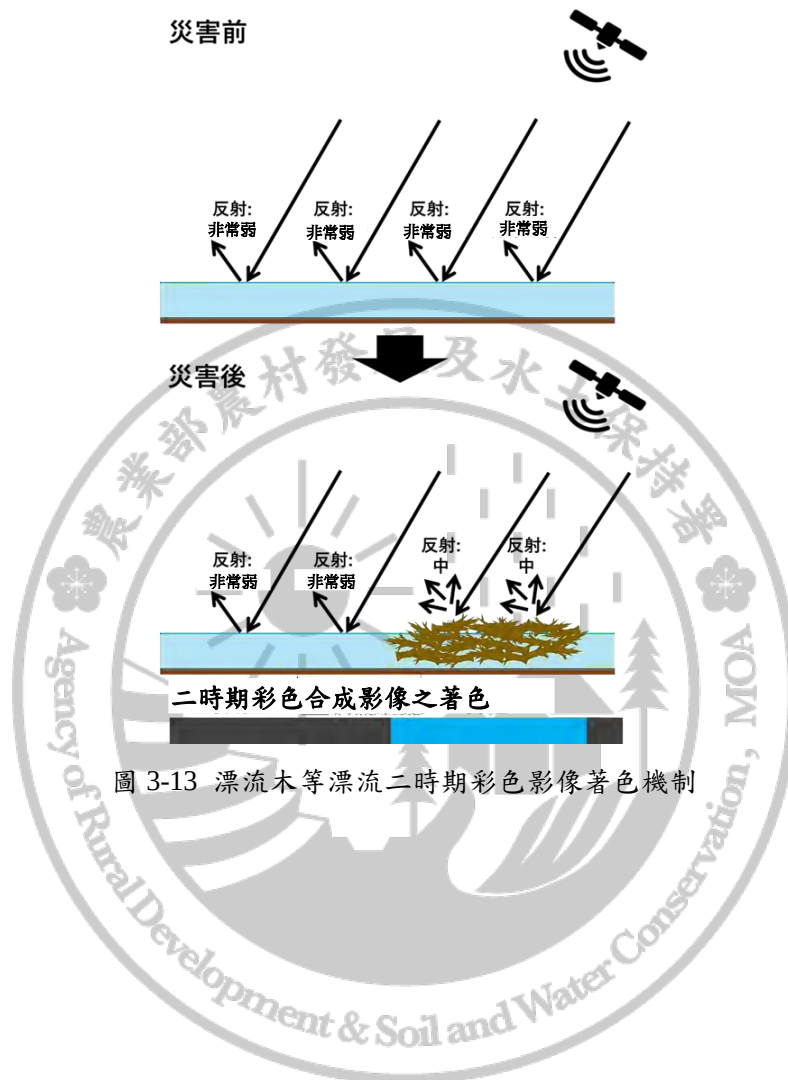


圖 3-12 河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）案例之漂流木等漂流

- 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（圖 3-13）。漂流木等漂流判讀案例如圖 3-14 所示。



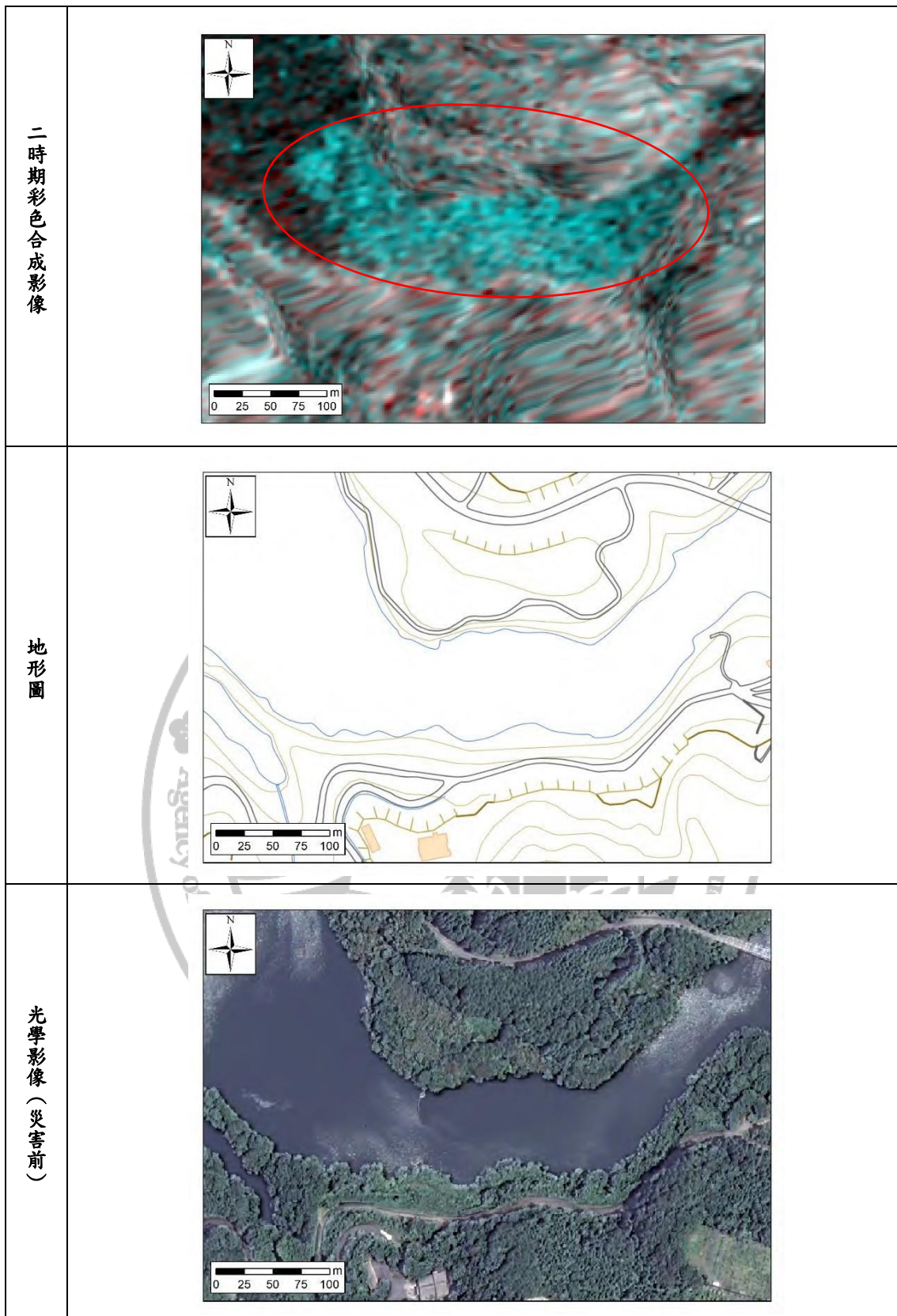


圖 3-14 漂流木等漂流的案例

● 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（圖 3-15）。風倒木判讀案例如圖 3-16 所示。

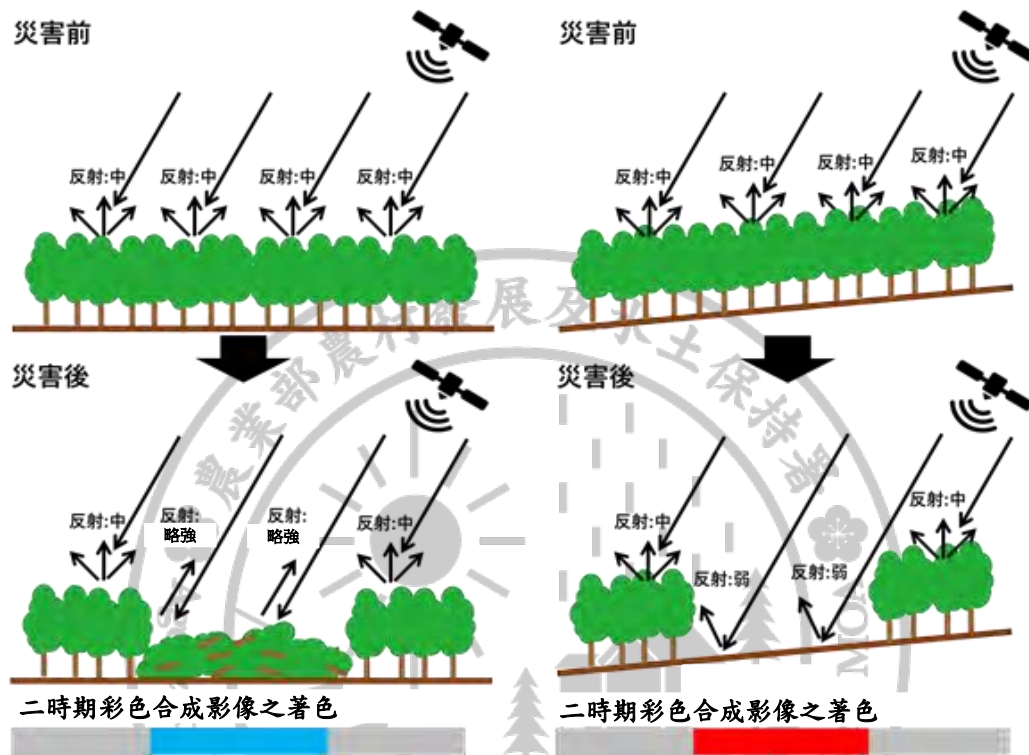


圖 3-15 風倒木二時期彩色影像著色機制

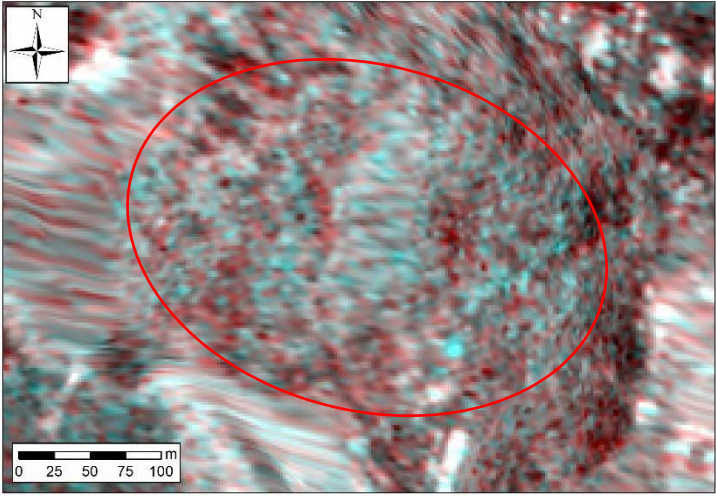
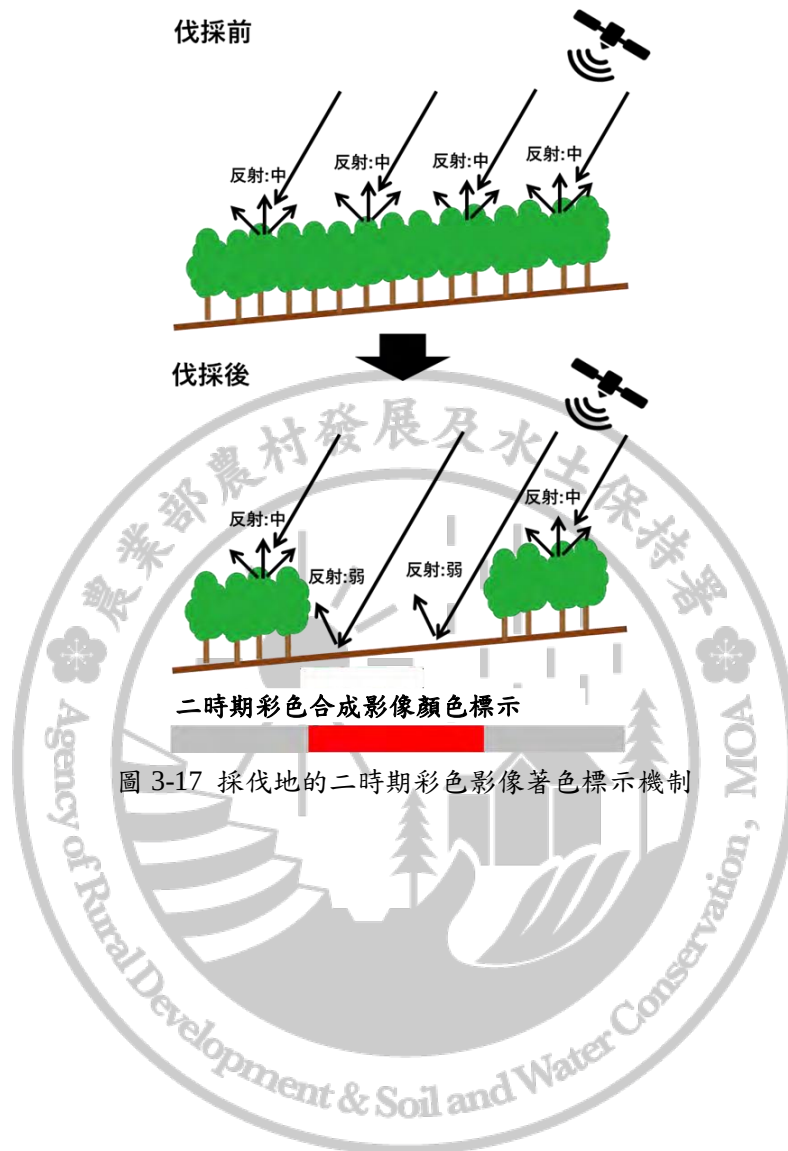
二時期彩色合成影像	
地形圖	
光學影像（災害前）	

圖 3-16 風倒木的案例

- 伐木

伐木前樹木體散射產生。伐木後沒樹林，前向散射優勢，背向散射強度減小，該範圍著色為紅色（圖 3-17）。伐木跡地的判讀案例如圖 3-18 所示。



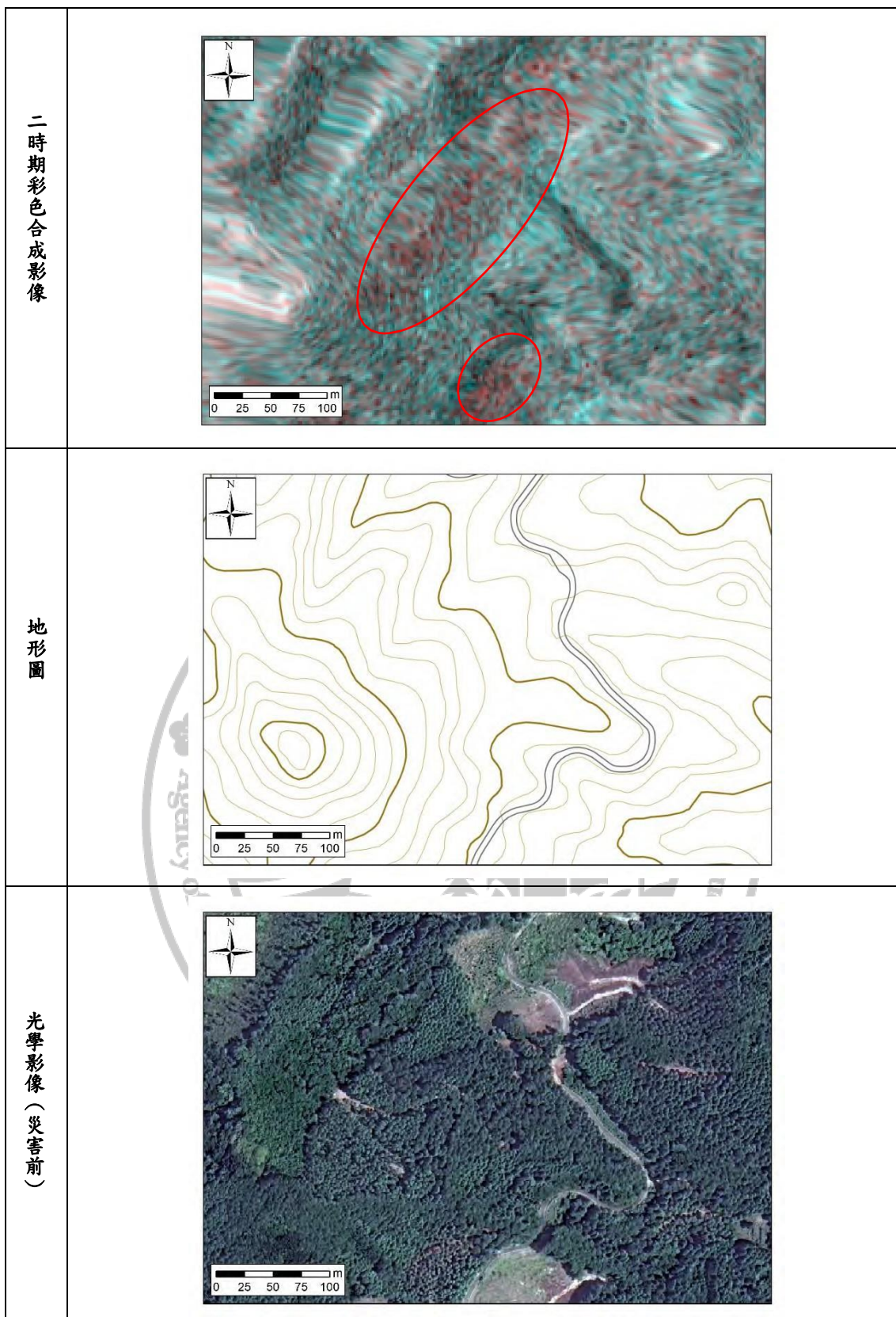


圖 3-18 採伐的案例

(4) 判讀結果之精度驗證

以(1)所選定2017年7月九州北部豪雨與2018年7月豪雨坡面崩塌（山崩、地滑、土石流及崩塌土砂堆積）為對象，進行判讀結果精度驗證。判讀方法包含只使用地形圖與 SAR 影像（指引中的判讀流程步驟1）以及地形圖、SAR 影像之外還參照災害前光學影像（指引中的判讀流程步驟2），比較其差異。

精度的計算使用依衛星影像所判讀土砂移動範圍的「判讀多邊形」，以及外部機關所公布土砂移動範圍的「驗證多邊形」，計算其適合率與重現率。計算方法如圖 3-19所示。

依上述方法所算出的精度結果如表 3-4 所示。計算結果明顯特徵是，相較於2017年7月九州北部豪雨只進行步驟1的判讀流程，進一步完成判讀流程步驟2時的判讀精度適合率明顯提高。這可能是因為也參照災害前光學影像，降低了伐木等人工改變地面的判讀錯誤。2018年7月豪雨判讀範圍之中的伐木跡地很少，因此只進行步驟1，適合率高達90%。此外，不論只進行步驟1還是一併進行步驟2，這兩次災害的重現率都低於30%，代表此次判讀結果明顯大量漏判。災害後若能拍攝光學影像並再度判讀，漏判狀況應可改善。這部分參見3.2說明。使用相同判讀方法的不同災害適合率與重現率高低差異，可能是因為各機關驗證數據的崩塌地判讀基準不同（2018年7月豪雨判讀單位為廣島大學2018年7月豪雨災害調查團，2017年7月九州北部豪雨判讀單位為國土地理院）所致。

此外，鎖定面積大於1公頃範圍進行驗證多邊形精度計算結果，各災害重現率都大幅提高。可見大於1公頃的較大規模崩塌地，即使只使用SAR影像，萃取資料也少遺漏。此外，與小於1公頃驗證多邊形重疊的小規模判讀多邊形，容易被判定為誤判，適合度因而降低，須加注意。

再者，判讀多邊形與驗證多邊形都鎖定大於1公頃的範圍時，適合率同為約60%，這代表大於1公頃面積的判讀多邊形很大機率已發生崩塌。另一方面，判讀多邊形與驗證多邊形都鎖定大於1公頃範圍時，重現率低於前述只鎖定驗證多邊形大於1公頃者。顯見實際發生大於1公頃的崩塌地，有的被判讀為小於1公頃崩塌地。原因可能是局部崩塌地影像無法辨識，該部分無法判讀為崩塌地，判讀多邊形變成不連續、個別判讀多邊形面積變小，大於1公頃的崩塌地因而被判讀為小於1公頃（圖3-20）。

以下彙整使用SAR衛星影像的坡地災害判讀精度影響主要因素。

- SAR 衛星影像判讀需專門知識，較之光學衛星影像更容易產生不同判讀者判讀結果差距。
- SAR 衛星不同電波照射方向與觀測角度（側視角）有時會有無法辨識崩塌地（即使搭配使用向東與向西二照射方向的影像，仍出現不可視區位）的情形，亦即，判讀區位的不同地形，會讓可辨識範圍產生差異。
- 也有即使崩塌地能辨識，受 SAR 影像幾何扭曲（失真）影響而無法掌握其正確位置與形狀之情形。

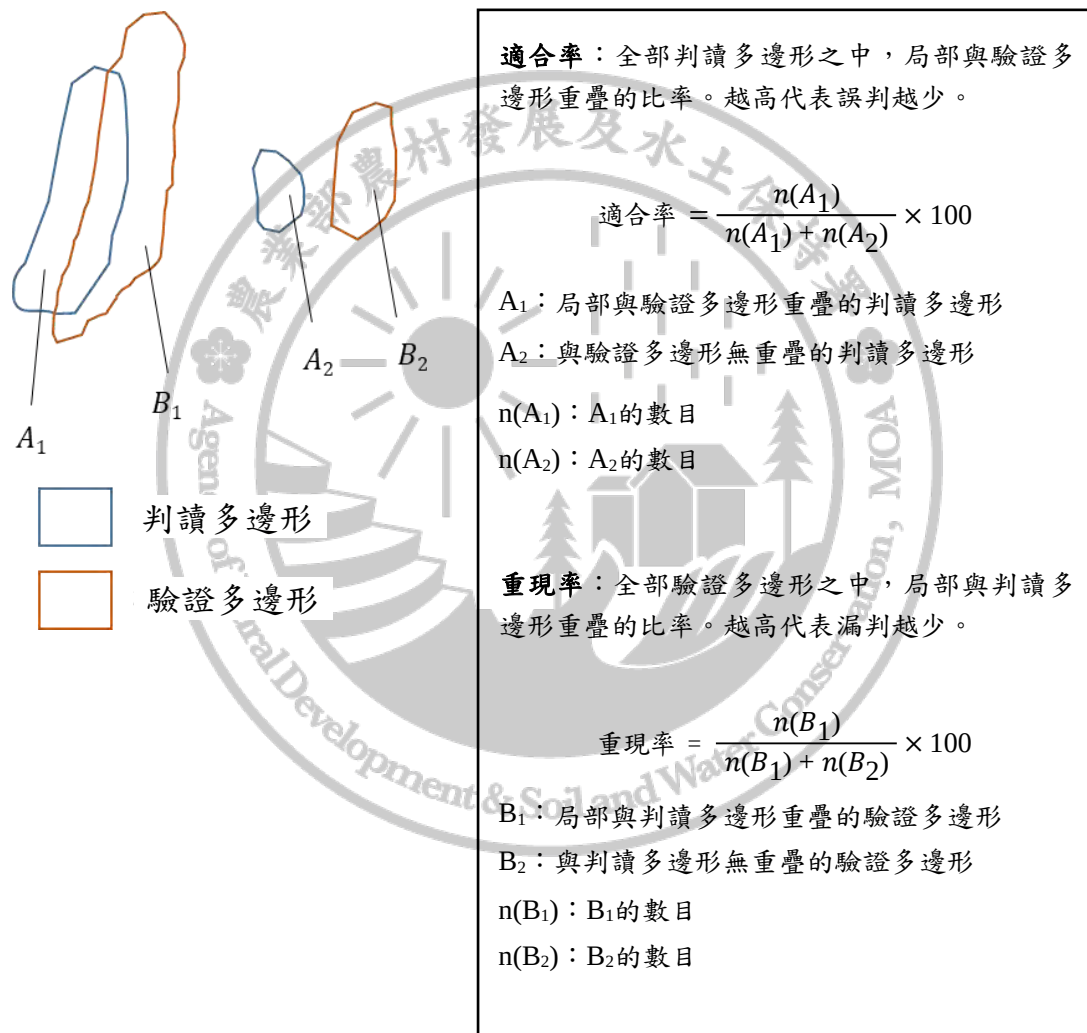


圖 3-19 精度的計算方法

表 3-4 判讀精度的計算結果

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 + SAR影像	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 查圖
		地形圖 + SAR影像 + 災害前光學 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%	
2017年7月 九州北部豪 雨	福岡縣朝倉郡東 峰村	地形圖 + SAR影像	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
		地形圖 + SAR影像 + 災害前光學 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%	

※有時1個判讀多邊形會和複數驗證多邊形重疊，有時重疊多邊形的數目（驗證多邊形之中）超過判讀多邊形。

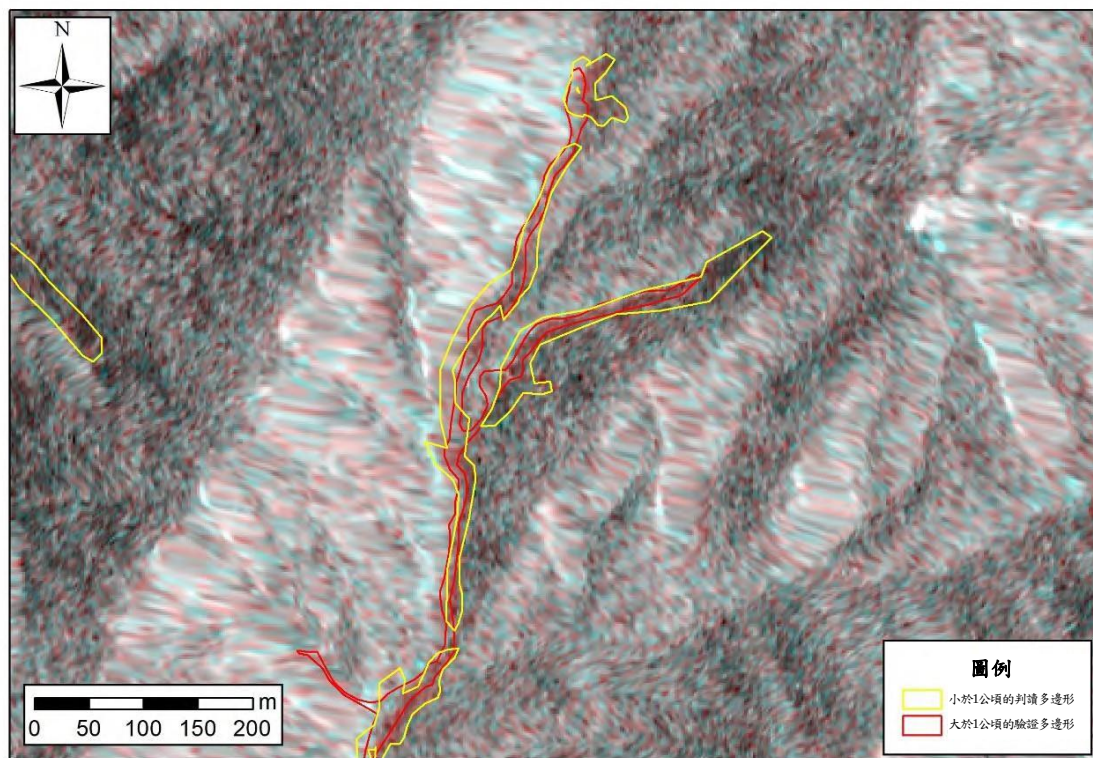


圖 3-20 判讀多邊形不連續的案例



3.1.3 指引（案）之作成

依據 3.1.2 所彙整災害案例判讀結果，製作可供即使缺乏衛星數據或森林相關知識或經驗的專責人員，也能簡便掌握坡地災害發生地點如附錄參考資料之指引（案）。

本指引（案）依據 3.1.1 所完成檢討的內容，臚列含 SAR 影像的相關基本事項、判讀流程與判讀案例。SAR 影像相關基本事項，說明 SAR 的觀測原理、SAR 影像判讀注意要點以及二時期彩色合成影像的原理等。

判讀流程說明二時期彩色合成影像顏色分布等所判讀特徵的反應流程。此時判讀環境設定為將 JAXA 所提供的災害速報圖在 GIS 軟體上加以呈現。

判讀案例除了二時期彩色合成影像之外，災害發生地點的光學影像或地形圖之呈現，也有助於理解狀況。又，為使現場發生災害的現象與二時期彩色合成影像上所呈現的對應關係更明確，儘可能製作影像模式圖。此外，也說明了判讀時的注意要點，舉出容易誤認災害發生地點的誤判案例。



3.1.4 專責人員訪談

本指引除了將專責人員的作業予以標準化，也強化「理解容易度」、「符合即時性」與「注意事項的充實」，以提升災害時的對應能力。此外，判讀案例須儘量網羅必要之資訊。

因此，本指引製作過程中也訪談了實際現場進行災害對應的專責人員，依據其反饋改善內容。

(1) 訪談實施日

專責人員之訪談如表 3-5 所示，各地方政府都實施了三次。

表 3-5 訪談專責人員與專家學者的實施日

實施次數	主要內容	福岡縣	廣島縣	北海道	千葉縣
第1次	確認對象坡地災害，依據所提供過去資料訪談地方政府須注意要點或必要之資訊	10月19日	10月20日	12月2日	1月24日
第2次	坡地災害指引（草案）內容之審查	1月23日	1月23日	2月3日	2月3日
第3次	坡地災害指引（最終案）內容之審查 ・確認草案中須修改的部分 ・蒐集大家對驗證結果的意見	2月2日	2月3日	2月20日	2月24日

(2) 訪談結果

訪談結果如表 3-6 所示。摘要如下。

① 處理災害狀況之優先順序

在廣島縣訪談結果，認為山崩、地滑、土石流與崩塌土砂堆積之優先順序較高。漂流木等漂流物類災害處理優先順序居中，河道阻塞造成堰塞湖與風倒木的優先順序較低。

在北海道認為山崩、地滑、土石流與崩塌土砂堆積之優先順序較高、河道阻塞形成堰塞湖、漂流木等之漂流與風倒木處理優先順序居中，但依災害發生地點可降低其優先之順位。另外，伐木跡地處理優先順位較低，但若大規模伐木或使用重機擾動邊坡地貌，處理優先順序可提高。

在千葉縣認為山崩、地滑與土石流等周邊的人員、基礎（公共）設施為最優先。崩塌土砂堆積或漂流木等之漂流則視堆積狀況與周圍狀況而定。至於河道阻塞造成堰塞湖（天然壩），則依阻塞及下游狀況判斷，若會影響重要基礎設施列為最優先處理，但只限受影響的範圍。

此外，未取得開發許可的伐木跡地，應先處理其違法部分。

在福岡縣認為不需依災害現象特別排定處理優先順序。

② 不明之處或有疑問的部分

福岡縣與千葉縣回應 SAR 影像太小難以辨識，又有的影像內容不明，不易瞭解為何等坡地災害。

在北海道，SAR 影像與光學影像的位置或方位等錯動，感覺不太精準。

另外在廣島縣，希望瞭解 SAR 影像可提供至何種狀態，以及確認地方政府是否也需進行 SAR 影像判讀。

③ 指引內容特別關注的項目

在福岡縣特別關注各判讀案例的 SAR 影像著色機制。在廣島縣則希望活用本指引掌握災害規模大小，及與實際災害發生個數的整合率。北海道與千葉縣則特別關注，依 SAR 影像進行坡地災害判讀調查的流程及各種判讀案例。

④ 過去提供災害速報圖等資料不足之處

本次訪談唯一有災害速報圖應用經驗的是廣島縣，發現災害速報圖與土砂災害發生地點雖然相當一致，但表示仍有其他許多地點發生土砂災害，災害速報圖並未納入。

此外，在北海道之回應，災害速報圖具代表之縱斷面圖等，將災害前後判讀內容有所記載，可更容易看出坡面崩塌前後狀況。

⑤ 就災害現象處理時從現場觀點判讀觀測資料應注意事項

千葉縣回應，應建置可供災區任何工作者均可判讀之簡易方法。又，北海道回應，就保全對象的位置關係或是否具緊急性等，從地圖圖層或依時間軸加以確認，有其必要。

⑥ 提供地方政府相關資訊

提供地方政府相關資訊應注意要點方面，廣島縣指出，災害現場可能因為現地調查等工作陷入混亂，有必要先確認現地調查應以何等資訊為準使用。另外，千葉縣表示，災後對應工作人力資源有限，中央政府提供之災情資訊最好淺顯易懂。

表 3-6 訪談結果

訪談內容	福岡縣	廣島縣	北海道	千葉縣
處理災害現象之優先度。	不特別預設災害現象之優先度。	- 山崩、地滑、土石流與崩塌土砂堆積優先順位高。 - 漂流木等漂流的處理優先度居中；河道阻塞形成堰塞湖與風倒木較低。	- 山崩、地滑、土石流、崩塌土砂堆積以及河道阻塞形成堰塞湖優先順位高。漂流木等漂流與風倒木處理優先度居中。 - 再者，災害若發生地點偏僻，處理優先度下降。 - 山林伐木跡地災後處理優先度較低，但若大規模伐木或重機具擾動邊坡地貌，處理優先度提高。	- 山崩、地滑與土石流若已造成人員傷害或重要基礎設施破壞，最優先處理。 - 崩塌土砂堆積處理優先度高低視堆積狀況與周圍狀況而定。 - 漂流木等漂流的處理優先度視下游狀況而定。 - 河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）的處理優先度視阻塞狀況與下游狀況而定。 - 重要基礎設施明顯受影響，最優先處理，但只限處理受影響之範圍。 - 山林伐木若未取得開發許可，應先處理違法部分。

目錄與構想內容	• 從P.14到19的判讀案例，有 SAR 影像與光學影像，感覺更易理解。 • 各災害光學影像與 SAR 影像如何拍攝，若有具體相片更容易判釋。	無意見	無意見	無意見
難以瞭解的部分與疑問	• P.7 的 SAR 影像太小，不易判釋。 • 森林荒廢面積與林道受損金額部分無法載入指引嗎？	• 能判讀到何等程度，請林野廳儘量提供詳細判讀資料？有無需本地自己判讀的部分？	• P.9 光學照片與 SAR 照片的尺度、方位及位置是否相同？和其他照片比較相同地點未能見到的情形也有。	• SAR 影像拍攝的內容為何？很難瞭解出要呈現何種坡地災害。
指引內容特別關切的項目	• 很關心P.14 到 19 判讀案例所列舉各案例怎樣進行SAR影像著色機制？	• 能活用於掌握災害整體規模之影像，關切實際災害發生地點數目之整合率。	• 很關切判讀案例。 • P.25 地滑之說明提及溪流阻塞後大雨時可能土石流化，希望能附加說明可造成危險。	• 很關切利用SAR影像進行坡地災害判讀調查的流程以及判讀的案例。
過去提供災害速報圖等資料之查覺	• 災害速報圖未提供。過去未提供。	• 所提供災害地點與土砂災害發生地點一致，但實際土砂災害仍存在其他許多地點。		• 沒有特別注意（2019年發生災害時沒特別注意是否有收到災害速報）
應加入過去提供之災害速報圖等的有用資訊	• 災害速報圖未提供。過去未提供。	無意見	• 以具代表的縱斷面圖，記載崩塌前後判讀結果，以利判釋。	• 沒什麼印象，無法回答。
就處理災害現象，從現場角度判讀所應注意之要點	• 建議林野廳災害報告最好做到P.12的階段。	無意見	• 保全對象的位置關係或無緊急性等，似乎有必要以地圖圖層或時間軸加以確認。	• 有必要建置能讓任何人都能判讀的簡易判讀方法。
提供地方政府資訊時應注意要點		• 災後發生時現場調查等工作可能很混亂，應先確認根據什麼資訊進行現地調查才不會陷入混亂。		• 災後對應處理人力資源有限，為了解希望提供簡單明瞭的資訊。

(3) 指引之補充內容

各地方政府希望指引應補充之內容彙整如下，並就應處理部分進行檢討。

表 3-7 指引之補充內容

訪談內容	訪談結果彙整
如何提升災害處理效率？	• 優先處理山崩、地滑、土石流、崩塌土砂堆積。
指引中較難理解的部分與疑問	許多地方政府指出，SAR 影像判讀困難，有必要檢討如何提供地方政府在災害時能直接判讀災害狀態的 SAR 影像。
指引中各縣市特別關注的部分	• SAR 影像的著色機制。 • 依 SAR 影像與實際全部災害處數之整合率。 • 依 SAR 影像判讀調查坡地災害之流程與判讀案例。
查覺過去提供的災害速報圖等資料	• 災害速報圖之結果以外，實際上仍有許多災害地點發生而速報圖所未記載的。
從現場角度指出針對處理災害現象等判讀時注意內容	• 有必要建置讓任何人都能判讀的簡易判讀方法。
提供地方政府之資訊	• 災害發生時現場非常混亂，應對之人力資源有限，希望以簡單易形式的資訊提供。

3.2 以 ALOS-3 同等級影像掌握災害之驗證

為驗證森林行政之災害對應應用光學衛星 ALOS-3 的可能性，取得與 3.1.2 相同災害對象且與 ALOS-3 同等級解析度的衛星影像，作成 ALOS-3 解析度同等級影像（以下稱為「ALOS-3 同等級影像」。）。此外，使用 ALOS-3 同等級影像進行災害案例判讀，驗證其結果。

3.2.1 判讀所需使用衛星影像之取得

本驗證所使用光學衛星係具備與 ALOS-3（空間解析度 0.8 m）同等級解析度的 Pleiades（空間解析度 0.5 m）。坡地災害對象與 3.1.2 相同（表 3-8）。

Pleiades 影像需依面積大小分別取得，得先指定 3.1.2 所劃定的坡地災害嚴重範圍，才能取得災害前後該地點影像。此次精度驗證係針對 2017 年 7 月九州北部豪雨福岡縣朝倉郡東峰村與 2018 年 7 月豪雨廣島縣安藝郡坂町、府中町、熊野町、海田町所發生坡面崩塌，網羅這些地方政府災害前後影像取得之。本業務所取得的 Pleiades 影像，如表 3-9 所示。

所取得 Pleiades 影像進行再抽樣，製作與 ALOS-3 空間解析度（0.8 m）同等級的 ALOS-3 同等級影像。

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

表 3-9 本業務所取得的 Pleiades 影像

No.	對象災害	攝影日期	影像 ID	購買影像之面積 (km ²)
1	2017年7月九州北部豪雨	2017/05/29	DS_PHR1A_201705290215259_FR1 _PX_E130N33_0811_01804	25
2		2017/7/13	DS_PHR1A_201707130219436_FR1 _PX_E130N33_0810_03014	25
3		2017/05/29	DS_PHR1A_201705290215173_FR1 _PX_E130N33_1111_01426	58
4		2017/09/30	DS_PHR1B_201709300212270_FR1 _PX_E130N33_1111_01728	58
5	2018年7月豪雨	2017/05/11	DS_PHR1B_201705110203243_FR1 _PX_E132N34_0710_01880	79
6		2018/07/12	DS_PHR1A_201807120217496_FR1 _PX_E132N34_0611_02636	79
7	北海道胆振東部地震	2017/09/22	DS_PHR1B_201709220131458_FR1 _PX_E142N42_0219_06186	25
8		2018/09/11	DS_PHR1B_201809110108534_JS3 _PX_E141N42_1217_02722	25
9	2019年房總半島颱風	2018/03/02	DS_PHR1B_201803020144478_FR1 _PX_E139N35_1101_02710	25
10		2019/09/17	DS_PHR1B_201909170106540_JS3 _PX_E139N35_1103_01377	25

3.2.2 災害案例之判讀與驗證

使用 3.2.1 所取得與作成的 ALOS-3 同等級影像，判讀災害發生地點。此外，進行坡面崩塌判讀結果的精度驗證。

(1) 災害案例的判讀

使用 3.2.1 所取得與作成的 ALOS-3 同等級影像，判讀災害發生地點。判讀目標與 3.1.2 同為坡面崩塌（山崩、地滑、土石流）、崩塌土砂堆積、漂流木等漂流、河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）與風倒木等坡地災害，以及與坡面崩塌容易誤判的伐木跡地。判讀時應參照地形圖及災害前後的 ALOS-3 同等級影像（光學影像）。判讀案例如圖 3-21～圖 3-26 所示。



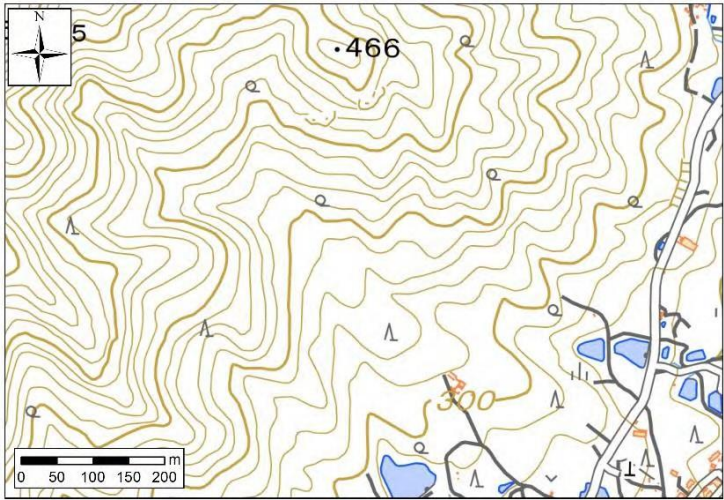
地形圖	
光學影像（災害前）	
光學影像（災害後）	

圖 3-21 坡面崩塌（土石流）的案例

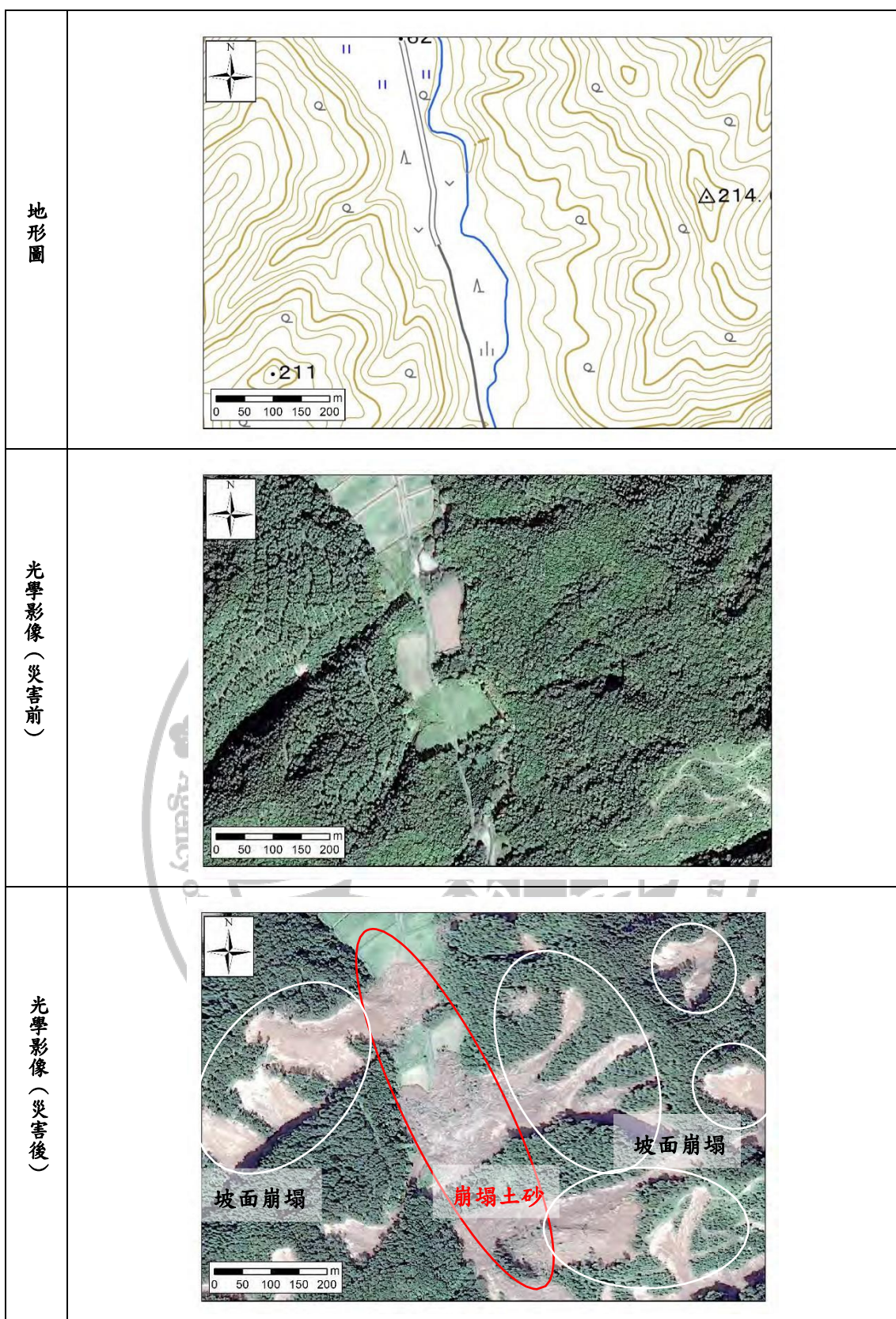


圖 3-22 崩塌土砂堆積的案例

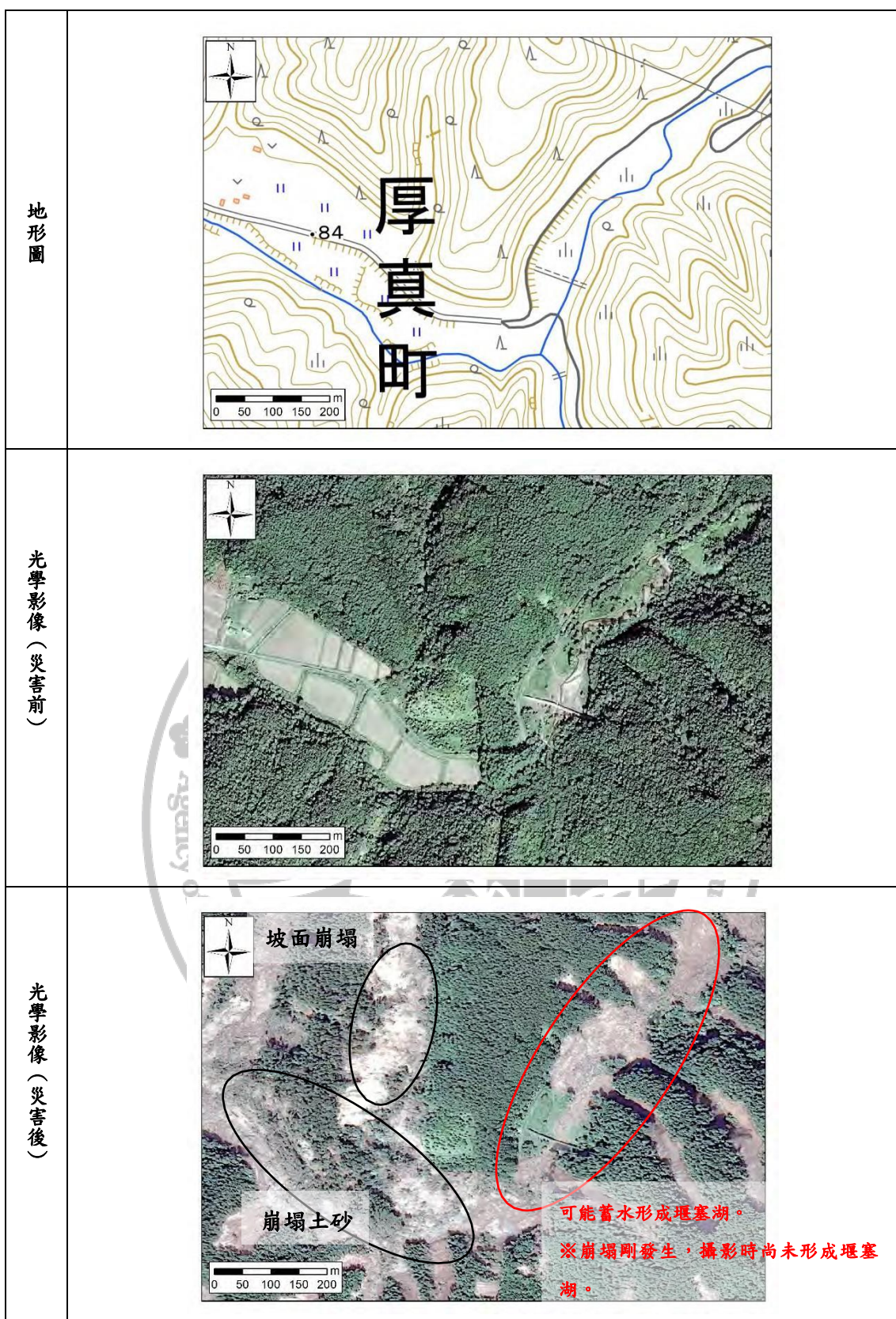


圖 3-23 河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）的案例

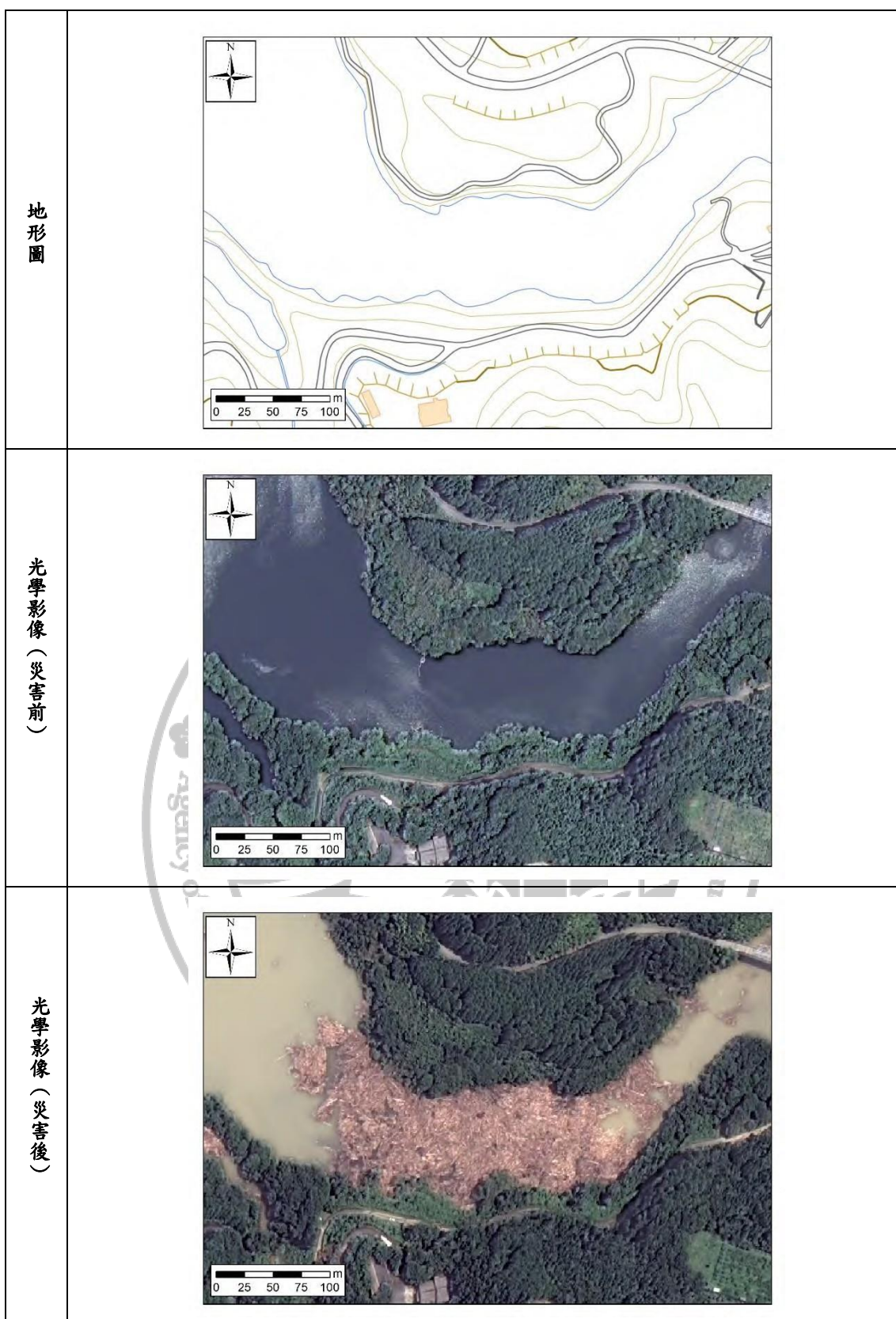


圖 3-24 漂流木等漂流的案例

地形圖	
光學影像（災害前）	
光學影像（災害後）	

圖 3-25 風倒木的案例

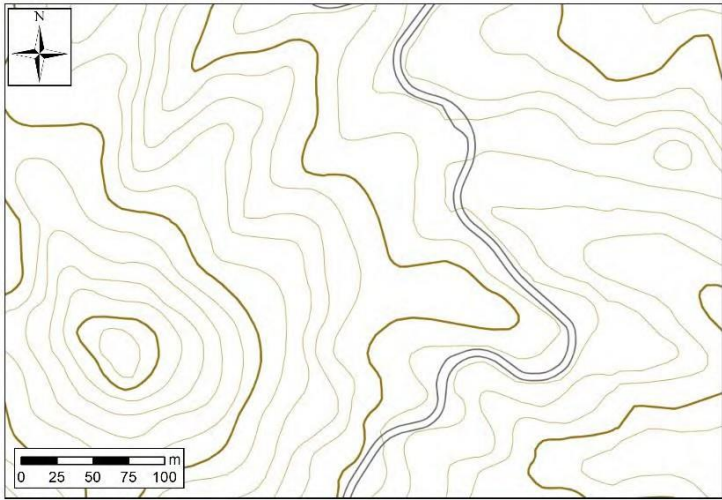
地形圖	
光學影像（災害前）	
光學影像（災害後）	

圖 3-26 伐木跡地的案例

(2) 判讀結果的精度驗證

針對 2017 年 7 月九州北部豪雨及 2018 年 7 月豪雨的坡面崩塌（山崩、地滑、土石流及崩塌土砂堆積），進行判讀結果精度驗證。判讀時使用地形圖災害前後的光學影像，以及地形圖及災害前後光學影像再搭配使用 SAR 影像（類似在 3.1.2 判讀第二步驟的判讀多邊形），二種做法相互比較。

精度計算方法與 3.1.2(4) 所示相同，都使用從衛星影像判讀土砂移動範圍的「判讀多邊形」，以及外部機關所公布呈現土砂移動範圍的「驗證多邊形」，計算其適合率與重現率。

前述表 3-4 追加载入本項判讀的精度，結果如表 3-10 所示。適合率和在 3.1.2 進行的「地形圖+SAR 影像+災害前的光學影像」相比，即使使用災害前後的光學影像，仍幾乎無變化。由此可推測，無論參考災害前的光學影像進行 SAR 影像判讀，還是判讀災害後的光學影像，都較少錯判，顯見判讀地點發生坡面崩塌之可能性相當高。重現率和「地形圖+SAR 影像」及「地形圖+SAR 影像+災害前的光學影像」相比，使用災害後的光學影像大幅改善，降低了漏判。但不論何種災害，重現率都小於 50%，可見實際上仍有衛星影像難以判讀的坡面崩塌。

此外，鎖定面積大於 1 公頃範圍進行驗證多邊形精度計算，結果發現使用災害後光學影像的各災害重現率都提高到接近九成。可見大於 1 公頃的較大規模崩塌地，採用光學影像也能很少遺漏地萃取出來。此外，對於適合率而言，與小於 1 公頃驗證多邊形重疊的小規模判讀多邊形容易產生誤判，須加注意。

另外，判讀多邊形與驗證多邊形都鎖定大於 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，判讀出實際已發生崩塌地點的機率提高。另一方面，判讀多邊形與驗證多邊形鎖定大於 1 公頃的重現率，和前述只鎖定驗證多邊形大於 1 公頃相比，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（圖 3-27）

以下彙整使用光學衛星影像判讀坡地災害時會影響精度的主要因素。

- 攝影時會受雲層遮蔽而無法辨識崩塌地。

- 有時難以辨識樹木陰影下方這類崩塌地。
- 由斜向進行攝影時，有時崩塌地坡面的面向造成辨識性降低。此外，與正射投影時的位置產生偏移，造成實際崩塌地點不一致。
- 災後一段時間才攝影，道路等的土砂可能已經清除。



表 3-10 判讀精度的計算結果

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＋SAR影像	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月豪雨災害調查圖
		地形圖＋SAR影像＋災害前光學影像	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%	
		地形圖＋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＋SAR影像＋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＋SAR影像	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
		地形圖＋SAR影像＋災害前光學影像	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%	
		地形圖＋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＋SAR影像＋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%	

※一個判讀多邊形有時會和多個驗證多邊形重複。驗證多邊形之中的重複多邊形數目，有時會超過判讀多邊形的數目。

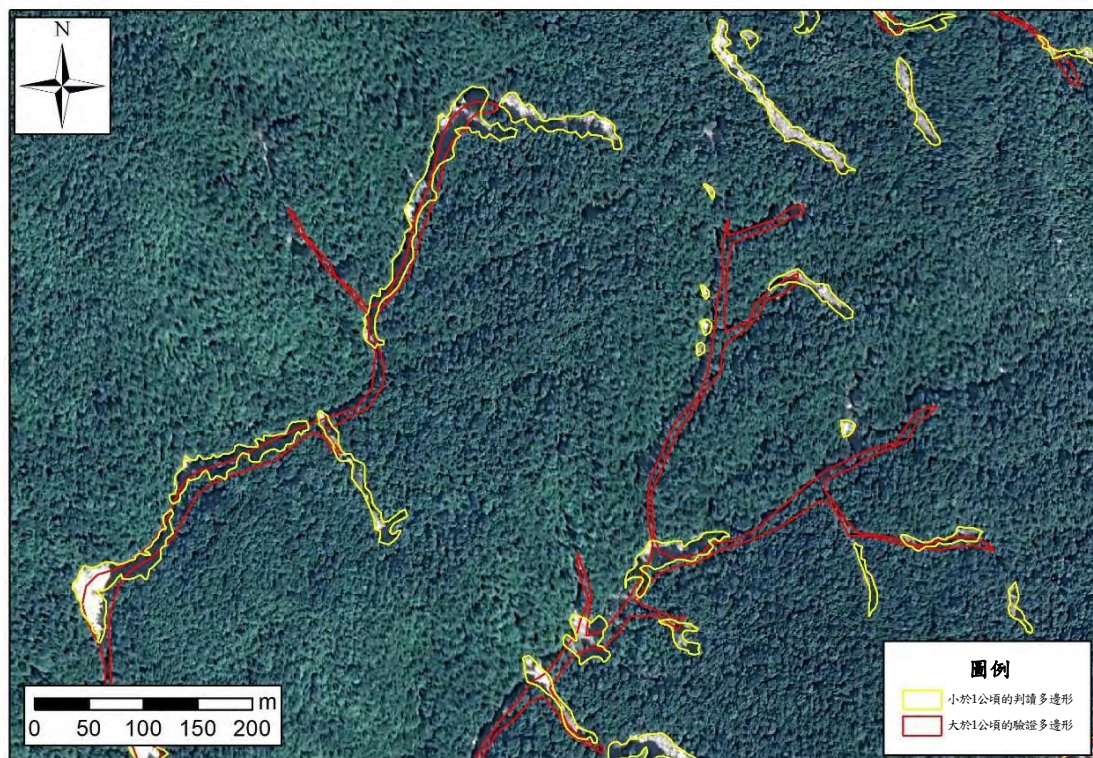


圖 3-27 判讀多邊形不連續的案例



3.3 瞭解森林荒廢面積以掌握林野相關災情方法之檢討

3.3.1 對象地點之選定

依據表 3-2 所示 ALOS-2 升空以來發生的主要災害，特別是從 2017 年 7 月九州北部豪雨、2018 年 7 月豪雨、2018 年北海道胆振東部地震以及 2019 年房總半島颱風事件之中，選定能在 3.1 及 3.2 所取得影像範圍內確認森林荒廢面積與林道受損狀況的地點。

3.3.2 資料蒐集及相關關係之計算

於 3.3.1 所選定地點蒐集森林荒廢地點與林道受損金額相關資訊（復舊計畫概要書及災害査定相關文件），計算受災地區森林荒廢地點與林道受損金額的相關性。

計算方法如下。

- (a) 在 GIS（地理資訊系統）上製作査定說明表所列的林道線性數據資料（linedata）。
- (b) 將査定說明表所記載災害地點及各種災害合計總長度以及受損金額，輸入到 (a) 所完成的線性數據中。
- (c) 將 3.2.2 所取得驗證多邊形設定為正確數據，套疊 (a) 所製作的線性數據，重疊部分推定為災害地點，推定災害地點之長度為推估受損總長度計算之。
- (d) 計算 (b) 所輸入各林道受損金額與 (c) 所算出推定受損地點數目及推定受損總長度之相關係數。

計算結果，由各林道受損金額與由推定受損地點數目及推定受損總長度得到的相關係數，如表 3-11 所示。又，特別是相關係數較高的合計受損金額與推定受損總長度之關係，如圖 3-28 及圖 3-29 所示。

表 3-11 各林道受損金額與推定受損地點數目及推定受損地點總長度之相關係數

對象災害	推定受損地點數目	推定受損總長度
2017 年 7 月九州北部豪雨	0.52	0.82
2018 年 7 月豪雨	0.73	0.91

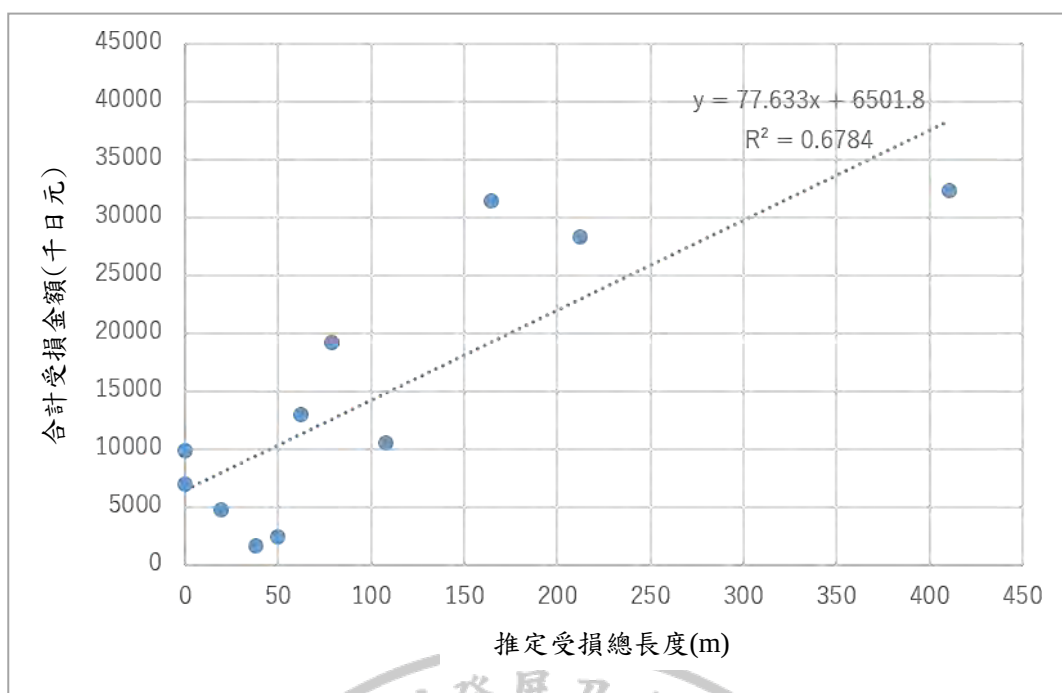


圖 3-28 2017 年7 月九州北部豪雨林道受損金額與推定受損總長度之關係

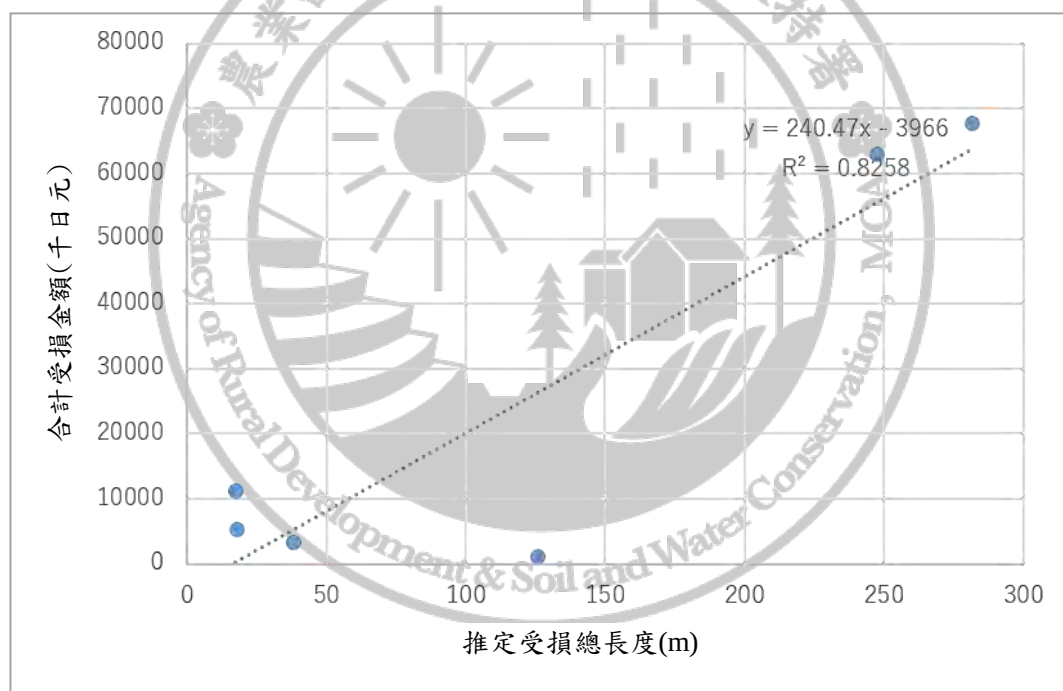


圖 3-29 2018 年7 月豪雨林道受損金額與推定受損總長度之關係

由計算結果可知，各林道受損金額與推定受損總長度具有相當高的相關性，顯然用衛星影像判讀結果來推估林道受損金額頗具可行性。但迴歸線的斜率與切片各地差異很大。（圖 3-29 及圖 3-28），因此，由森林荒廢面積推估受損金額時，可能有必要調查各地區的迴歸公式。

3.3.3 ALOS-3 同等級光學影像判讀結果適用可能性之檢討

利用 3.2.2 所作成的判讀數據，與 3.3.2 相同地調查總計受損金額，推定受損總長度之相關關係，並檢討將 ALOS-3 的判讀結果用來推估林道受損金額之可能性。

相關係數計算結果如表 3-12、圖 3-30 及圖 3-31 所示。

表 3-12 各林道受損金額與推定受損總長度之相關係數比較

對象災害	由正確數據所得之相關關係	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	0.72
2018 年 7 月豪雨	0.91	0.81

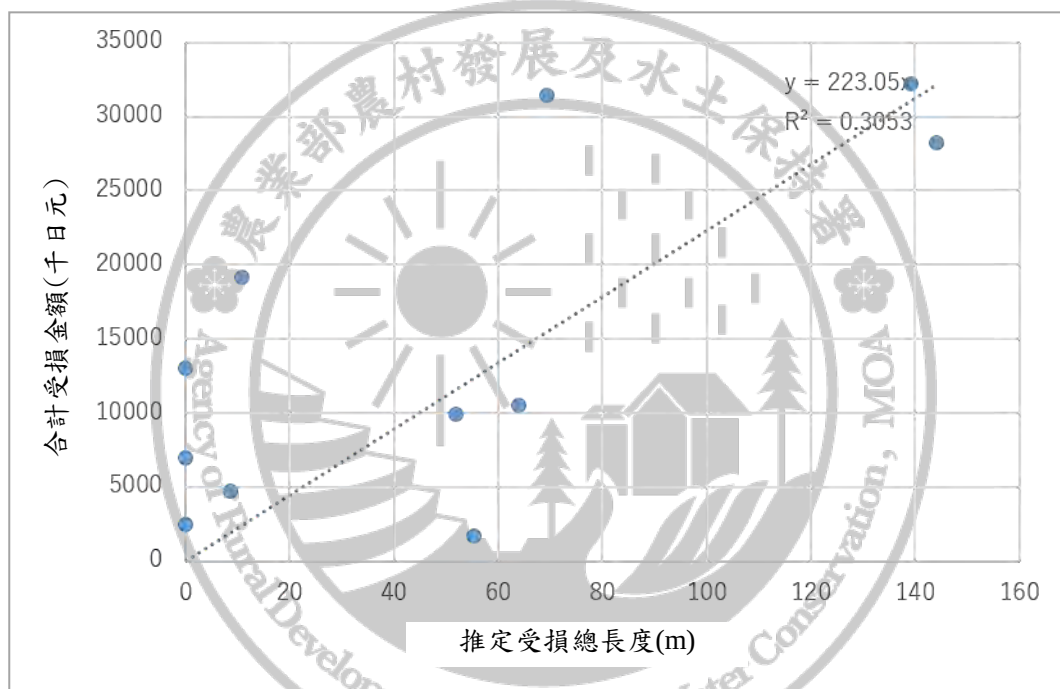


圖 3-30 使用 ALOS-3 同等級影像判讀結果所得 2017 年 7 月九州北部豪雨林道受損金額與推定受損總長度之關係

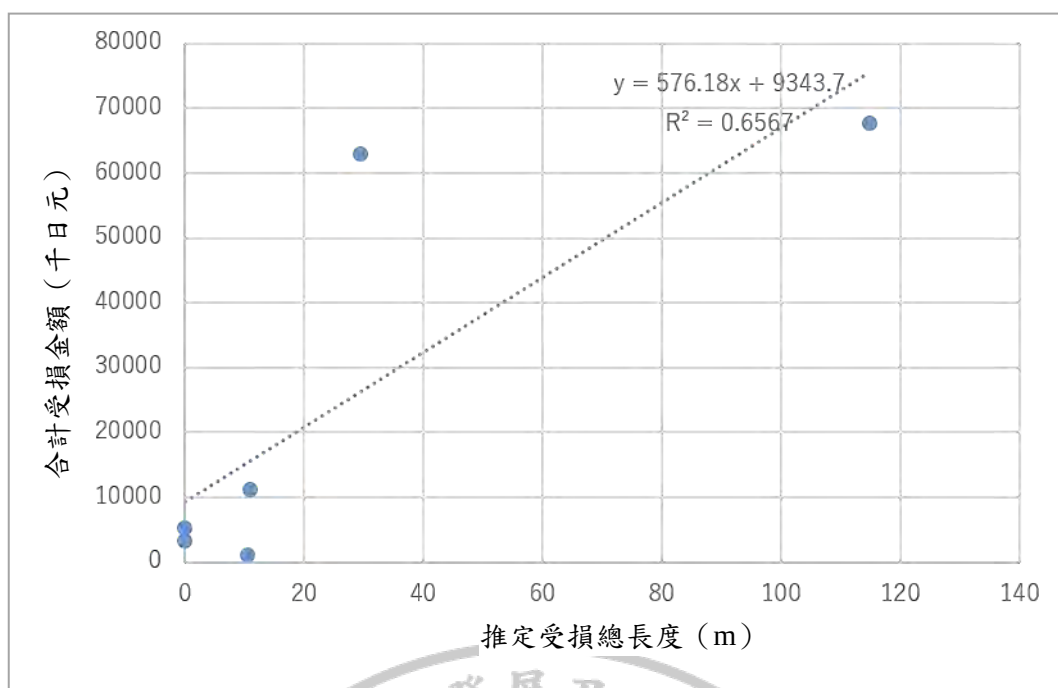


圖 3-31 使用 ALOS-3 同等級影像判讀結果所得2018年7月豪雨林道受損金額與推定受損總長度的關係

由計算結果可知，各地區的相關係數都變大，顯示 ALOS-3 的判讀結果和正確數據一樣，都可用來推估林道受損金額。

使用正確數據及 ALOS-3 同等級影像判讀結果所得到的相關係數，2017年7月北九州北部豪雨數值比2018年7月豪雨的相關係數小0.1左右。顯示不同地區的衛星影像判讀操作容易度可能影響受損金額推定之正確性。

3.3.4 SAR 影像判讀結果適用可能性之檢討

SAR影像為適合災害發生後的緊急觀測方式，因此檢討能更快速推定林道受損金額的材料，即應用 SAR 影像判讀結果的可能性。

利用3.1.2(3)所建立的數據，和3.2.2相同算出推定受損總長度與合計受損金額之相關係數的結果，如表 3-13、圖 3-32 及圖 3-33 所示。

表 3-13 各林道受損金額與推定受損總長度的相關係數比較

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
2017年7月九州北部豪雨	0.82	-0.02
2018年7月豪雨	0.91	0.43

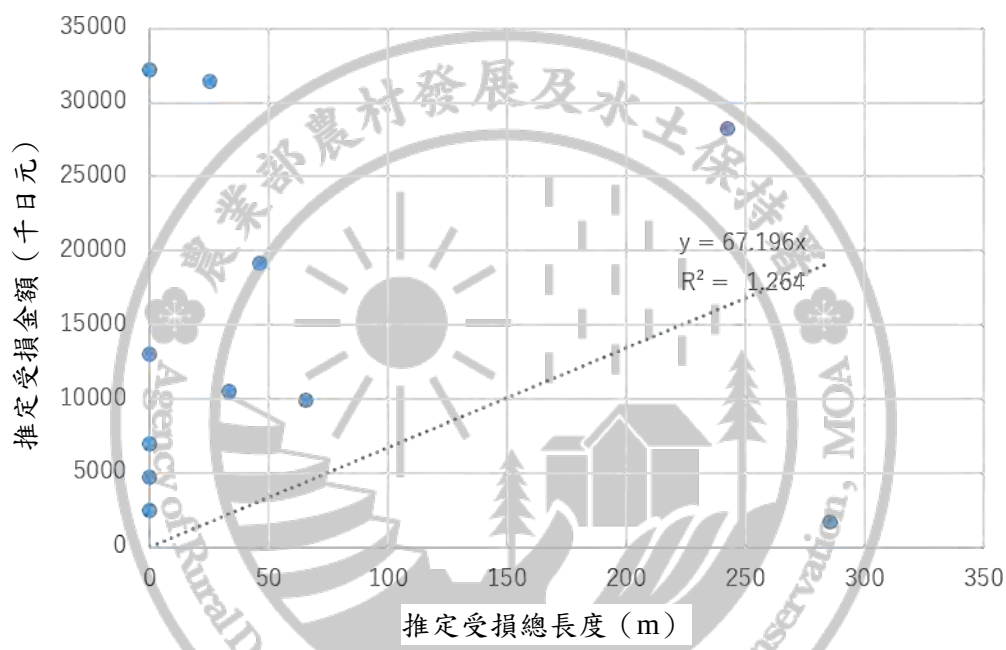


圖 3-32 使用SAR影像判讀的結果所得2017年7月九州北部豪雨林道受損金額與推定受損總長度的關係

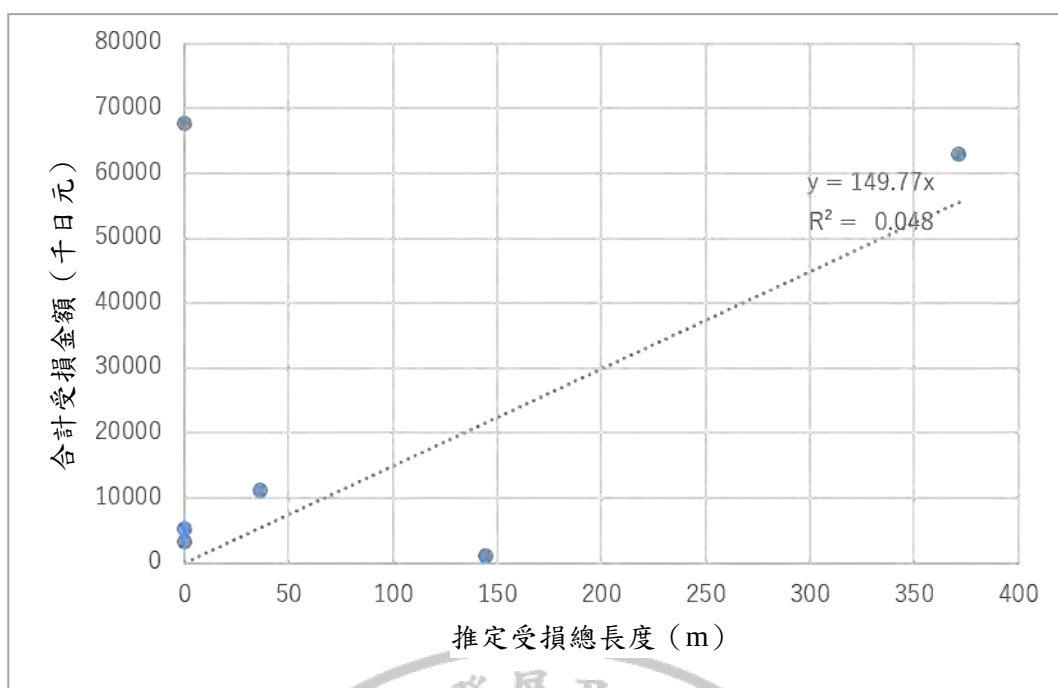


圖 3-33 使用SAR影像所判讀結果算出2018年7月豪雨林道受損金額與推定受損總長度的關係

計算結果顯示，即使不同地區，相關係數都變小，可見使用 SAR 影像判讀的結果難以直接用來推定林道受損金額。SAR 影像的攝影原理本來就容易產生位置偏移，可能因此造成局部崩塌地點分布的判讀精度不足。

由3.3.2及3.3.3的分析結果可知，利用人工衛星觀測結果推估林道受損金額，若能取得災害前後光學影像，乃有效做法；若只能取得災害後 SAR 影像與災害前光學影像，非有效做法。因此，災害發生之適當應對順序如下，（1）以災害發生後即時拍攝的 SAR 影像，大致確認受災地點。（2）利用災區天候恢復正常時拍攝光學影像，以推估受損金額決定是否公告為重大災害。（3）依 SAR 影像及光學影像判讀的結果，確認對應地點，進行詳細調查。

3.4 應用新衛星技術於坡地災害之檢討

蒐集 ALOS-3 於災害觀測的相關資訊，彙整未來災害時可運用之技術及待解決課題。除了光學衛星 ALOS-3 加入以外，也一併檢討現行 ALOS-2 及或今後預定應用之 ALOS-4 SAR 衛星。再者，檢討災害時衛星利用之相關協議。

3.4.1 應用 ALOS-3 於坡地災害之檢討

彙整 ALOS-3 應用於災害觀測的相關資訊，為運用 ALOS-3 於坡地災害，蒐集過去坡地災害運用光學衛星影像適用之案例。

(1) ALOS-3的特徵

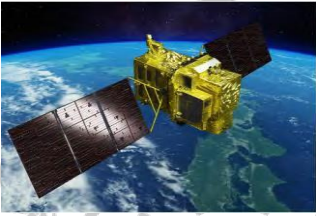
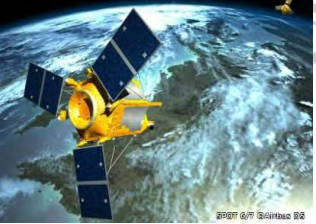
包含ALOS-3在內主要光學衛星的各單元，如表 3-14 所示。ALOS-3 係接續 JAXA 2006 年所發射「大地（ALOS）」（2011年除役後）任務，進行光學觀測的地球觀測衛星，繼續進行全球陸域狀況觀測。觀測數據除有助於災害時與防災時之活動以外，更可運用在地理空間資訊的建置與更新、水岸區域或植生區域之環境保全利用及研究等各種領域。與 ALOS相比，ALOS-3具如下之特徵。

- 相關觀測幅寬（垂直向下攝影70km），解析度提升3倍以上（垂直向下攝影2.5m到0.8m）。
- 觀測波段追加海岸波段（coastal band）與紅邊波段（rededge band）。
※海岸波段適合應用於沿海區域觀測，紅邊波段適合陸域植生觀測。
- 日本國內能以35日軌道周期持續觀測，災害時可和前不久取得的衛星影像做比較。此外，也能用來掌握是否有常年變化。
- 基本上為垂直向下觀測，具較高位置精度。另外，較容易看出被樹木等遮蔽的崩塌地。

由上可知，ALOS-3衛星災害觀測性能優異，但仍有缺點，使用注意事項如下。

- 雲層覆蓋地點或夜間無法進行地表面觀測。
- 入射角較大時有時會受陰影影響，降低辨識度。

表 3-14 各種主要光學衛星之各單元

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)

(2) 光學衛星影像應用於坡地災害的案例

為應用ALOS-3於坡地災害，蒐集過去坡地災害適用光學衛星影像的案例。

① 依光學衛星影像進行大規模崩塌土砂移動狀況常年變化掌握

水野等（2013）應用數種光學衛星掌握印尼大規模坡地崩塌前後及其後土砂流出狀況地形變化。以不同方向2枚以上衛星拍攝所取得衛星影像分析視線方向差，算出其三維座標，做成不同時期的數值高程模型（DEM，Digital Elevation Model）（圖 3-34）。依時間序列比較不同時期DEM，便能掌握崩塌後坡面長期侵蝕等土砂移動的常年變化。

② 運用常態化差值植生指標（NDVI）及監督式分類搜尋坡面崩塌

石出等（2010）運用地震前後的ALOS/AVNIR-2光學衛星影像，針對2008年岩手與宮城內陸地震搜尋坡面崩塌。坡面崩塌搜尋方法有常態化差值植生指標（或標準化植被指數，以下稱為NDVI，Normalized Difference Vegetation Index）和監督式分類（supervised classification）二種（圖 3-35）。比較目視判讀結果與影像分析結果發現，坡面崩塌地點NDVI可搜尋出約66.5%，監督式分類可搜尋出約68.6%。



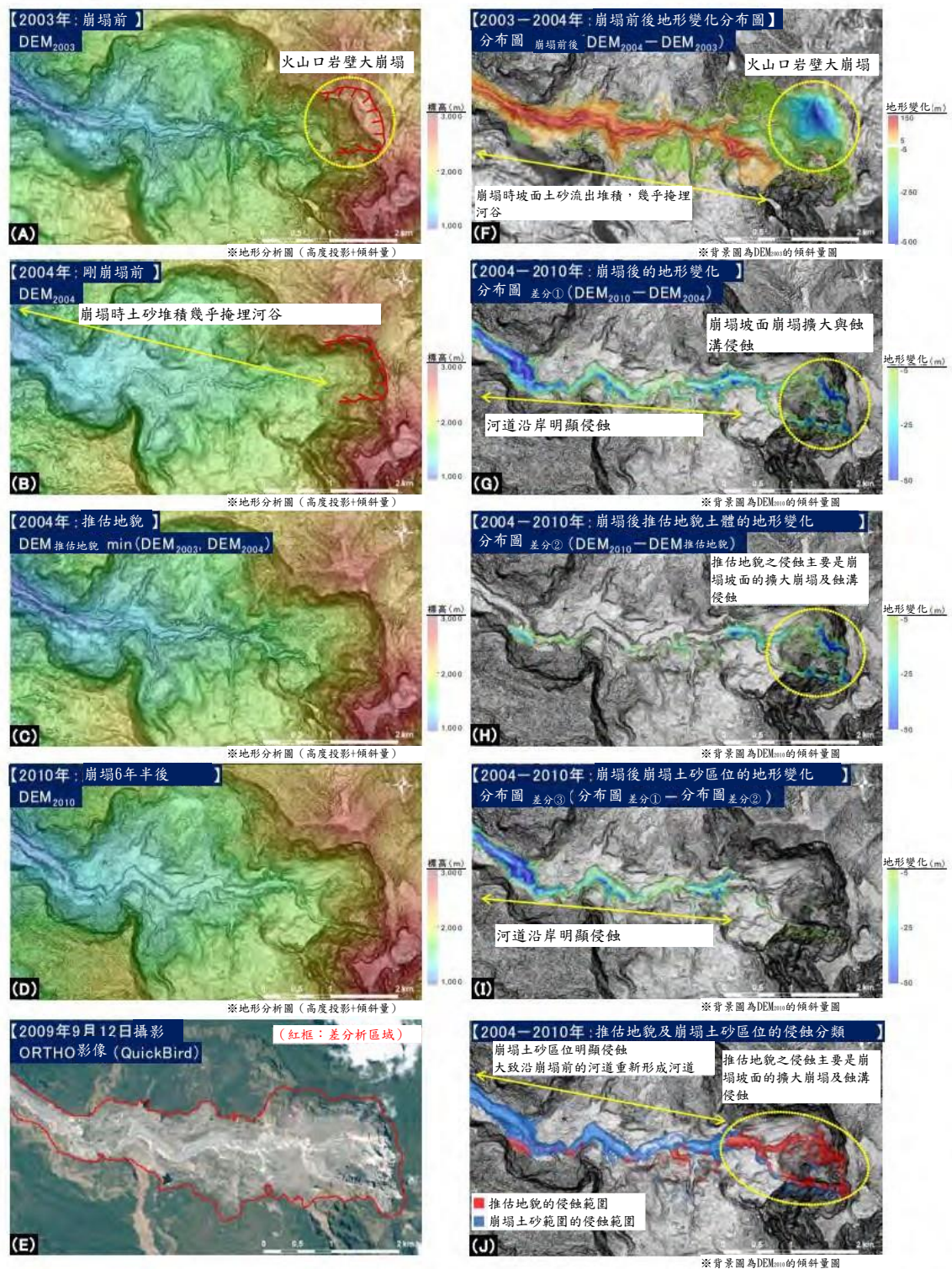
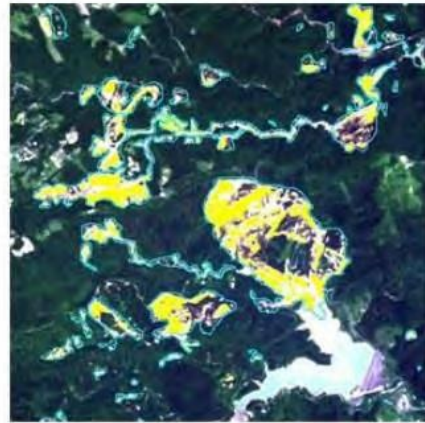
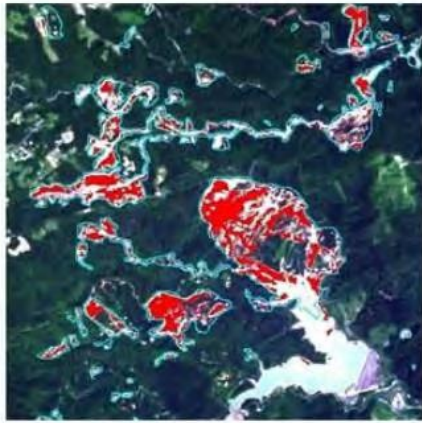
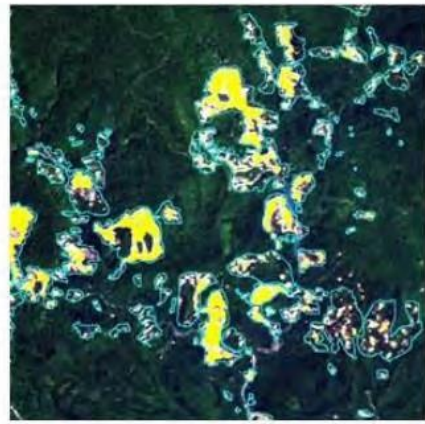
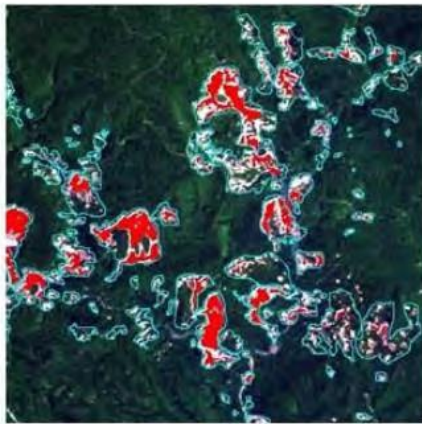


圖 3-34 以光學衛星掌握時間序列DEM及常年變化 (水野等, 2013)



荒砥澤壩周邊的萃取結果（紅色為NDVI指數分類，黃色為監督式分類，藍色為目視判讀結果）



湯倉溫泉周邊萃取結果（紅色為NDVI指數分類，黃色為監督式分類，藍色為目視判讀結果）

圖 3-35 排除傾斜度小於10度之像元的坡面崩塌萃取結果（石出等，2010）



3.4.2 SAR 衛星於坡地災害之應用檢討

ALOS-3乃光學衛星，豪雨災害期間雲層厚或夜間難以觀測，因此檢討併用現行 ALOS-2 或即將發射的 ALOS-4 SAR 衛星。應用 SAR 衛星除了 3.1 所使用二時期彩色合成影像，也針對運用干涉 SAR 分析及多偏振的解析方法進行檢討。

(1) ALOS-4之特徵

ALOS-4 係接續「大地(ALOS)」、「大地2號(ALOS-2)」SAR觀測任務的地球觀測衛星。ALOS-4 任務目的在於監視地殼與地盤變動、掌握災害狀況、觀測森林、監視海冰、掌握船舶動靜以及監控國土基本關鍵設施變異等項目，且與 ALOS、ALOS-2 相同，係依據「基本觀測情境(Basic Observation Scenario; BOS)」進行觀測。ALOS-2 與 ALOS-4 各單元如表 3-15 所示。ALOS-4 維持前代機種 ALOS-2 的垂直解析度 3 公尺之空間解析度，觀測幅寬擴大為4倍(200公里)，觀測頻率提高為 ALOS-2 之 5 倍(每 2 週觀測 1 次)。



表 3-15 ALOS-2與ALOS-4之各單元

衛星名稱	外觀	頻寬	解析功能	像幅寬度	觀測頻率	備註
先進雷達衛星「大地4號」 (ALOS-4)		L波段	聚光（聚束）觀測模式(Spotlight)：1m x 3m 高解析度條帶觀測模式(Stripmap)：3m、6m、10m 廣域掃描觀測模式(ScanSAR)：25m	聚光（聚束）觀測模式(Spotlight)：35km 高解析度條帶觀測模式(Stripmap)：100-200km 廣域掃描觀測模式(ScanSAR)：700km	1年20次	定期觀測
陸域觀測技術衛星觀測2號「大地2號」 (ALOS-2)		L波段	聚光（聚束）觀測模式(Spotlight)：1m x 3m 高解析度條帶觀測模式(Stripmap)：3m、6m、10m 廣域掃描觀測模式(ScanSAR)：100m	聚光（聚束）觀測模式(Spotlight)：25km 高解析度條帶觀測模式(Stripmap)：50-70km 廣域掃描觀測模式(ScanSAR)：350km	1年4次	定期觀測

(2) SAR影像主要分析方法

SAR 衛星所取得 SAR 影像有多種分析方法，可配合目的或緊急程度選用。以下為 SAR 影像主要分析方法。

① 單一時期短偏振觀測

接收到衛星照射電波的反射波，所取得背向散射強度數據以白到黑色之灰階將背向散射強度大小差異影像化。單一時期單偏振觀測即指一般所謂的單次 SAR 影像。

例如觀測水面時，前方散射發生很大的表面散射（鏡面反射），後方幾乎無散射，影像顯示為黑色。照射到森林時則形成體散射、雙重散射，背向散射較大，影像上呈現白色。若照射草地時，雖不像森林那樣產生體散射或雙重散射，但形成比起照射水面更大的背向散射，因此影像呈灰色。可見藉由單一時期的單偏振觀測（單一時期 SAR 影像），可大致掌握該觀測目標的地形與地表覆蓋狀況。

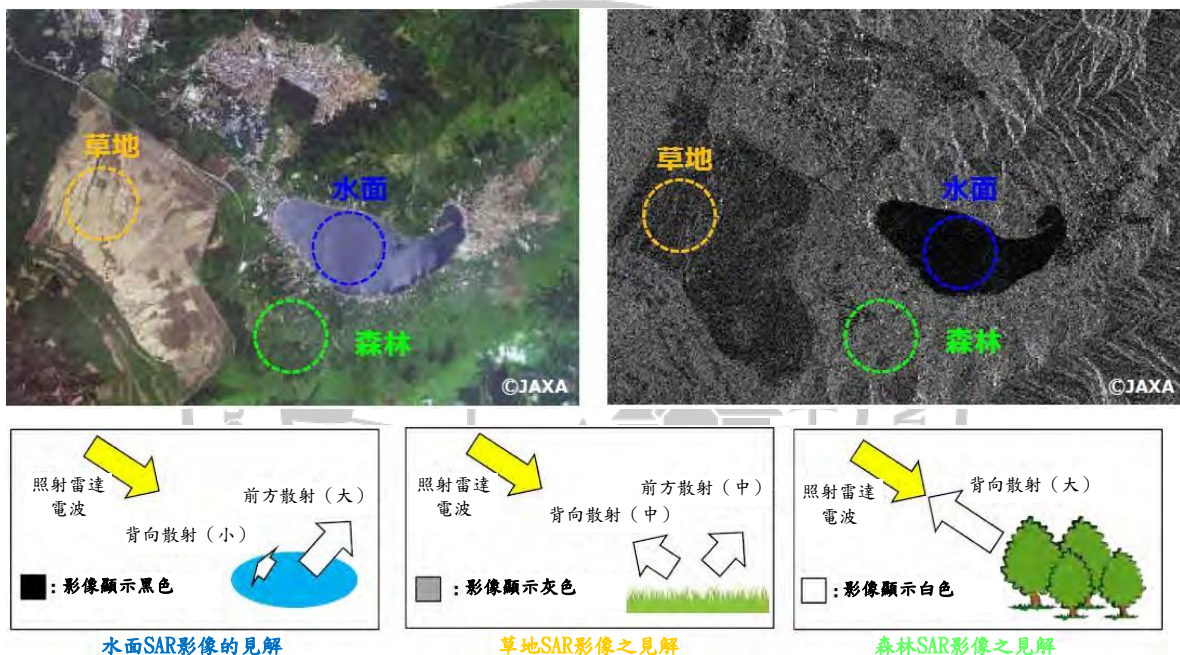


圖 3-36 單一時期單偏振觀測影像的見解（宇宙航空研究開發機構與國土交通省，2018）

② 單一時期多偏振彩色合成影像

從 SAR 衛星照射水平偏振波（H）時，會在如崩塌地等裸地產生以水平偏振為主的強烈反射，在森林等地點則受其立體結構影響，部分電波回轉成垂直偏振波（V）反射，亦即隨地上物不同形成各異的反射偏振特徵。因此，併用同極化偏振（like polarization，HH，VV）與交叉極化偏振（cross polarization，HV，VH）的 SAR 影像以及雙偏振 SAR 影像，更能掌握地表面覆蓋狀態。

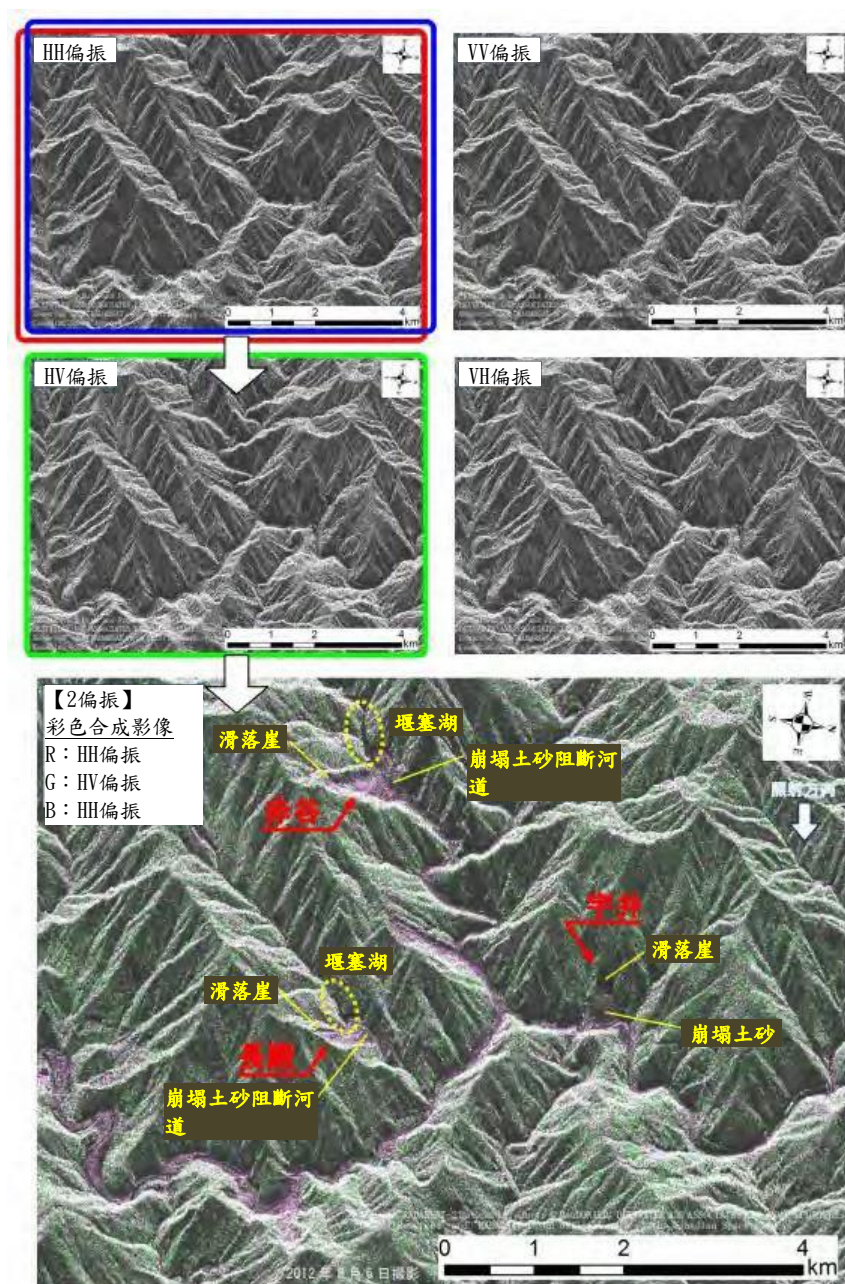


圖 3-37 單一時期多偏振彩色合成影像的見解（水野等，2013）

③ 前後二時期彩色影像之合成

前後二時期彩色合成影像係將原先呈現合成孔徑雷達衛星前期影像背向高強度散射之白色變成紅色，顯示後時期影像背向高散射強度的白色因此著色成藍色與綠色，完成合成影像（圖 3-38）。前後二時期彩色影像所合成影像之中，紅色部分代表後時期背向散射強度低於前時期的背向散射強度。呈水藍色代表後時期背向散射强度高於前時期的背向散射強度。如此，伴隨前後二時期地表面覆蓋變化所產生的背向散射強度增減，便能掌握視覺化（可視化）。

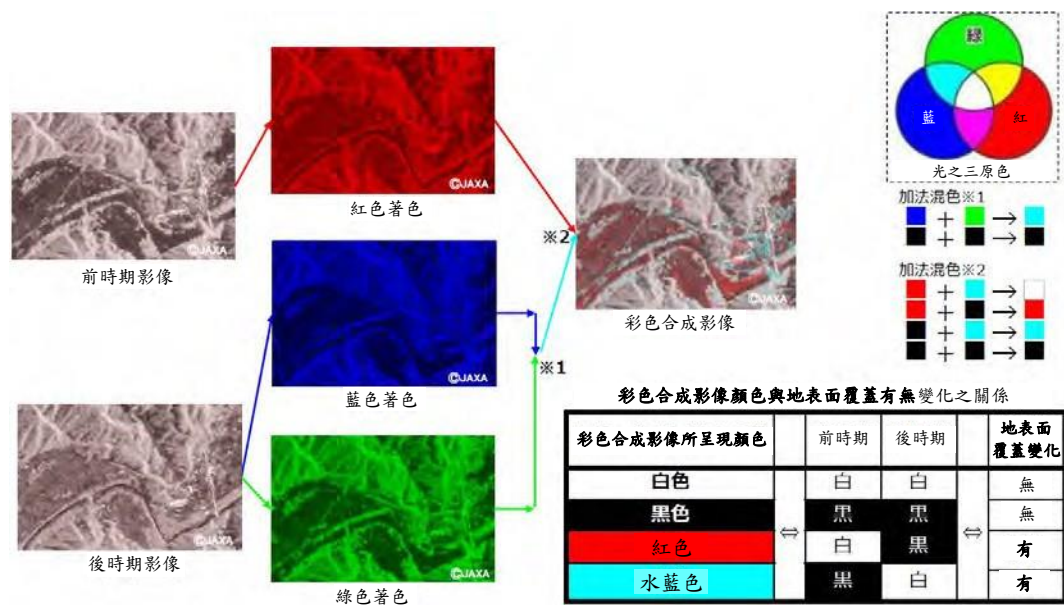


圖 3-38 前後二時期彩色合成影像製作方法（宇宙航空研究開發機構與國土交通省，2018）

④ 干涉技術 (InSAR) 分析

干涉技術係從相同地點的兩個時期合成孔徑雷達數據相位 (phase) 值粹取出地表標高 (高程) 或目標物微量變位 (位移) 的觀測技術。SAR 並非記錄目標物與衛星之距離，而是記錄各接收訊號周期的位置 (相位)。因此，若目標物與衛星距離不變，前後時期觀測到的相位相同，相位差為0；但若目標物移動，移動後SAR觀測所取得相位值改變，只要計算不同時期二幅InSAR 干涉圖的相位差，就能算出目標物移動量所對應的相位差，干涉技術分析即以算出相位差而求得目標物之變位量。

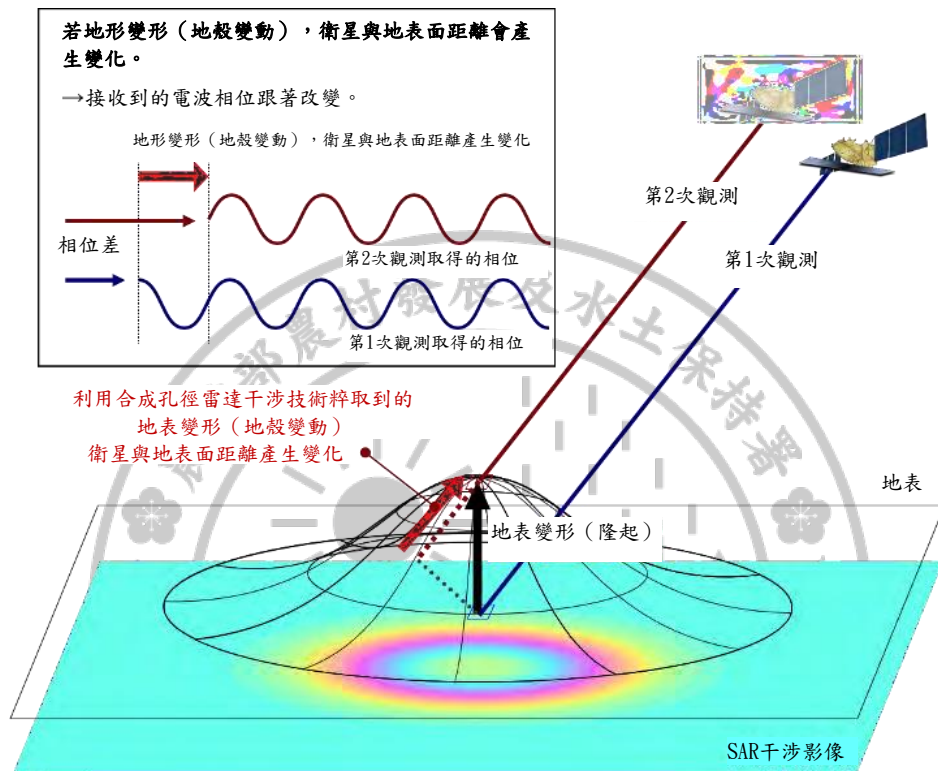


圖 3-39 合成孔徑雷達干涉技術的概念 (引自國土地理院網頁)

⑤ 同調性之分析 (coherence)

SAR 影像分析之同調性，表示在相同地點所觀測 2 張 SAR 影像（某一領域）所包含畫素（包括強度與相位之資訊）之相互關係。若地表面覆蓋未變化，相關性保持高相關狀態；若地表面覆蓋多少產生變化，相關性（同調值）可能降低。因之，同調值降低範圍找出後，即可掌握地表面覆蓋變化地點。例如，火山噴發後，其前後影像之同調值，可用來推定降落火山灰之範圍（水野等，2020）。

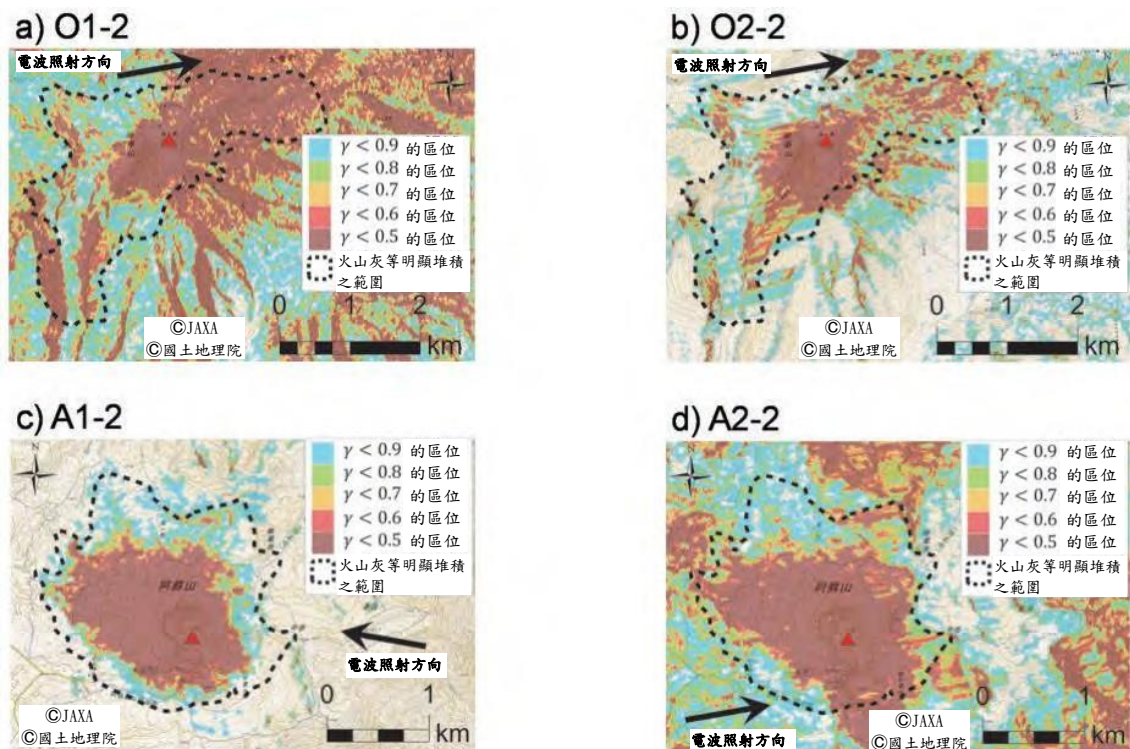


圖 3-40 依同調性分析推定火山灰降落範圍之案例（水野等，2020）

(3) SAR 衛星影像與光學衛星影像之併用

3.2.2 所檢討判讀結果的精度驗證（表 3-10）顯示，只使用 SAR 影像與地形圖也能提高某些災害的判讀適合率，但幾乎所有災害的重現率都小於 30%。搭配使用災害後的光學影像，確認可大幅改善重現率。可見，為掌握災害狀況併用 SAR 影像與光學影像進行判讀有其必要，只是有時雲層影響災後無法立刻取得光學影像。此時得考慮運用如圖 3-41 所示併用 SAR 影像與光學影像。豪雨發生時可先利用 ALOS-2 與 ALOS-4 等 SAR 衛星的優點進行緊急觀測，迅速掌握災情整體狀況。然後再利用 ALOS-3 等光學衛星，能拍攝光學影像階段即進行光學影像判讀，確認應進行災後對應的地點。之後，派航空機或直升機進行地面調查，可掌握詳細災害狀況。

時間經過	颱風、豪雨發生前	豪雨等發生	可能致災	災害發生與災後之對應
災後對應 (資訊蒐集)		掌握整體災情狀況	確認須對應處理地點	災害狀況詳細調查
天候		雨天		陰天、晴天
SAR影像 (ALOS-2、 ALOS-4)	觀測機會確認	緊急觀測 不論晝夜與天候都能掌握災情狀況		
光學影像 (ALOS-3)	觀測機會確認		觀測	
航空機、 直升機			調查	
地面調查			調查	詳細調查

圖 3-41 SAR影像與光學影像併用之檢討

3.4.3 災害時衛星利用相關協定內容之檢討

2023年3月2日（四）JAXA召開災害時衛星利用相關協定檢討會，出席者如表 3-16所示。

表 3-16 出席協定檢討會人員

所屬單位	出席人員
國立研究開發法人 宇宙航空研究開發機構	主幹研究開發員：川北、研究開發員：橋口 主任研究開發員：田中、ALOS-2專案經理：祖父江 其他WEB之出席人員3位
農林水產省 林野廳 業務課	企畫官：山內、課長輔佐（副課長）：田村、災害 對策股長：水村、災害調整股長：須永
農林水產省 林野廳 治山課	山地災害對策室長：門脇
股份公司 空間資訊綜合企業PASCO	課長：柴山、丸山、足達、坂田

林野廳依據表 3-17完成協定草案並行文JAXA，希望現行的ALOS-2資料運用協定書追加ALOS-3相關內容。

此外，農林水產省基於分工，也希望協助推動各地方政府利用衛星資料，將提供地方政府本事業所製作的判讀指引並舉辦研修活動，提升地方政府的衛星影像判讀能力，並希望JAXA繼續提供衛星資料使用建議與相關數據資料，派來講師。

此外，林野廳詢問，過去ALOS-2每年提供50幅衛星影像，未來可提供多少ALOS-3數據，以及提供之單位。

JAXA回覆林野廳的看法與詢問後，表明可接受林野廳請求，以防災平台提供相關數據資料，若林野廳有緊急觀測需要，攝影面積可不受限。

此外，緊急觀測之外的無償利用，以每年1萬平方公里為上限，超過上限以最小購買單位25平方公里（形狀最好是任意多邊形）購買；若是松材線蟲災害防治所需，1年可免費使用1萬平方公里。

最後JAXA附帶要求，防災用途1年使用1萬平方公里影像者，須回報影像的驗證結果。

表 3-17 協商事項

1・協商名稱	農林水產領域推動地球觀測衛星數據等利用之相關協定
2・相關部門	【農林水產省】林野廳國有林部 業務課 【JAXA】第一宇宙技術部門 衛星運用利用中心
3・數據資料之利用概要	(1) 以ALOS-2及ALOS-3衛星資料所呈現坡地災害及ALOS-2與ALOS-3的數據資料，事前掌握坡地災害狀況與災害潛勢區等方法之開發利用。 (2) 旨在常態運用衛星影像等所作成資料於林野廳防災工作的ALOS-2與ALOS-3有效性驗證
4・預期成果	目前大規模災害之坡地災害，係利用直升機或專責人員現地調查，未來希望開發活用JAXA所提供ALOS-2與ALOS-3衛星資料的方法，迅速安全且低成本掌握災害狀況，當作災害復舊對策初期（初步）調查之參考資料，推展災區地方政府災害應對計畫衛星影像等的實務運用。 此外，也要開發活用上述知識見解、事前掌握災害潛勢區方法等的坡地災害應對技術。
5・職責分擔	【農林水產省（林野廳）】 - 負責依ALOS-2與ALOS-3衛星資料掌握坡地災害狀況，進行復舊對策的初期應對 - 開發以ALOS-2與ALOS-3衛星資料掌握坡地災害及災害對應技術 - 應用ALOS-3衛星資料以東日本大地震（311地震）重建工作松材線蟲災害監測 - 冀能提升林野廳及地方公共團體員工衛星影像等的運用能力 - 必要時應將衛星影像等的災害解析結果分享地方公共團體，製作輔助解說資料，推動地方公共團體相關之運用 - 必要時應提供地方公共團體以衛星影像製作的災害分析指引，提升地方公共團體的災害分析能力 - 坡地災害發生時得視必要請求JAXA進行緊急觀測，利用其所提供衛星影像資料 【宇宙航空研究開發機構】 - 提供ALOS-2與ALOS-3觀測資料 - 提供使用ALOS-2與ALOS-3觀測資料者技術支援，給予運用相關建議 - 農林水產省（林野廳）願協助提升林野廳及地方公共團體員工的衛星影像等運用能力，希望必要時JAXA提供教材並派遣講師等。

6・期間	與農林水產部門推動地球觀測衛星資料利用之協定同期間	
7・實際運用之實證	實際運用實證期間： 年 月～ 年 月 希望無償提供數據的數目（ALOS-2）：開始利用1年內使用50幅 希望無償提供面積的數目（ALOS-3）：開始利用1年內使用1萬平方公里	
8・年使用數據量	2019年度25幅，2020年度25幅	
9・資料提供方法	ALOS-2 AUIG 2	防災界面
10・成果報告書之提出	可/否	
	可（提供時期）：每年度末	否（說明無法提出之理由）
11・農林水產省 負責人		
負責人姓名		
主）		
副）		
12・JAXA 負責人		
負責人姓名		
主）		
副）		



4. 依 ALOS-2 數據之災害判讀指引

利用就本計畫所作成之 ALOS-2 數據資料，應用合成孔徑雷達（SAR）衛星之坡地災害判讀指引，如下。

運用合成孔徑雷達（SAR）衛星影像之坡地災害判讀指引

林野廳

國有林野部 業務課

1. 前言

- 大規模災害發生時應迅速掌握災區狀況，擬定對策。應用陸域觀測衛星（ALOS-2）等人造衛星進行觀測，不需人員派往現場即可完成廣域狀況調查，是災害對應有效之方法。
- 本指引係以山崩、地滑、土石流、崩塌土砂之堆積、漂流木等之漂流、河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）及風倒木為對象，利用合成孔徑雷達（SAR）衛星影像說明坡地災害判讀之運用程序。

2. SAR基本事項

• SAR基本事項(1)

■ 空間解析度

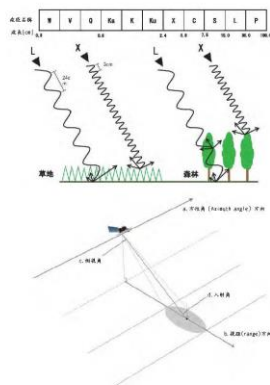
「空間解析度」是每個像元在地面上所代表的長度，一般要觀測特定目標物，其目標物大小須為解析度的10~20倍左右。

■ 波長

SAR主要使用電波波長為X波段（25-37.5mm）、C波段（37.5-75mm）、L波段（150-300mm）三種。波長越短越容易被地面小物體反射，波長越長越容易穿過障礙物。因此，若要觀測樹冠枝葉，可使用X波段或C波段；若要穿過枝葉觀測森林樹幹或森林下方地面，可使用L波段。

■ 側視角（Off-Nadir）

SAR衛星係與衛星行進方向呈直角地往右斜下方或左斜下方發射電波。因此，從衛星觀測地面方向（向下觀測、天底點、Nadir）垂直的角度為0°，與此傾斜的角度稱為「側視角」。



出處：鈴木等（2020）

目錄

- 前言
- SAR基本事項
- 運用SAR影像注意要點
- 以SAR影像判讀與調查坡地災害的流程
- 以SAR影像判讀調查坡地災害之判讀案例
- 判讀環境

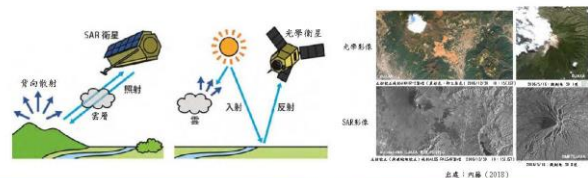
【參考資料】坡地災害解說與坡地災害發生主要因素及其案例

2. SAR基本事項

• 地球觀測衛星之種類

地球觀測衛星主要有光學衛星與合成孔徑雷達（SAR）衛星二種。

地球觀測衛星種類	特徵
光學衛星	可觀測自然放射光與反射光，因此，其所拍攝影像或影像可如一般相片進行判讀。但夜間無陽光照射地點及雲層所覆蓋地面即無法進行觀測。
合成孔徑雷達衛星（SAR衛星）	對地表面射電波觀測其地表面反射波（背向散射）的狀況。SAR衛星電波可穿過雲層，觀測時不需陽光，能不受限於天候與夜間完成觀測。但所拍攝影像需專門知識才能判讀。



出處：內藤（2015）

2. SAR基本事項

• SAR基本事項(2)

■ 散射

衛星所發射電波在地表面產生散射之後，返回發射方向側的電波強度稱為「背向散射強度」。與背向散射強度有關的散射種類有表面散射、體散射與雙重散射。

① 表面散射

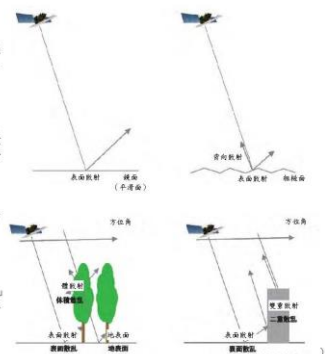
SAR衛星所發射電波在地表等邊界面形成的散射稱為「表面散射」。表面散射會受到邊界面的粗糙度影響。其特性為，邊界面平滑時，與電波發射方向之反方向的散射（背向散射）變大；邊界面粗糙時，往電波發射方向側的散射（背向散射）變大。

② 體散射

SAR衛星所發射電波穿過邊界面進入之後，因內部介電常數不均勻所產生的散射稱為「體散射」。L波段在森林內部產生的體散射為其典型例子。觀測森林內部需同時掌握體散射與地表面的表面散射。

③ 雙重散射

表面散射後再度產生散射而擴大背向散射的現象，稱為「雙重散射」。若所觀測的建築物或結構物正對電波發射方向，就可能強烈地發生這種散射。



2. SAR基本事項

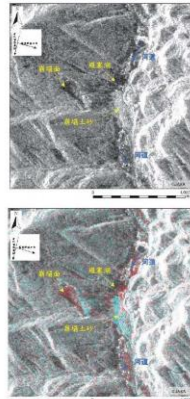
- 本指引所使用的SAR影像

■ 強度影像

發射之電磁波返回的強度以黑白階呈現之影像，稱為「強度影像」。電磁波於平滑面幾乎反射掉，無法取得回波資料；反之照射到明顯凹凸面時產生背向散射，衛星便可接收大部分回波資料。因此，強度影像於森林或農地等較多凹凸地點呈現白色，於水面或崩塌面等平滑地點呈現黑色。

■ 二時期彩色合成影像

二時期彩色合成影像係合成孔徑雷達前時期影像之背向散射強度較高時呈白色的部分變成紅色，後時期影像之背向散射強度較高時則白色部分著上藍或綠色而作成合成影像。災害前後二時期彩色合成影像之中，災害發生後電波強度增強部分標示為藍綠色，減弱部分顯示為紅色，因此，呈現藍綠色部分推測為土砂或漂流物流入使地表面產生凹凸部分；呈現紅色部分推測為崩塌或淹水使表面平滑的部分。



-6- 出處：鈴木等（2020）

2. SAR基本事項

- ALOS-2介紹

■ 各單元

ALOS-2主要的各單元包含，主要觀測模式有聚光（Spotlight聚焦觀測）、條帶（Stripmap，具高方位角分辨率Ultimate）、寬掃描（Wide Scan）等三種觀測模式（mode），各有不同的解析度與觀測幅寬。使用災害前後二時期的ALOS-2影像時，應注意不同觀測模式的差異。

■ 觀測類型

ALOS-2的觀測類型依衛星飛行方向（升軌、降軌）與電波發射方向（向東、向東、向東）形成四種組合（AR、DR、AL、DL）。此外，電波發射的方位角有向東與向西二種。



開始觀測年	2014年
軌道週期	14日
波長名稱	L波段
解析度	聚光模式 (S) 1-3 m
	高解析度 (U) 3/6/10 m
	廣域觀測 (W) 100/60 m
影像幅寬	聚光模式 (S) 25 km
	高解析度 (U) 50/50/70 km
	廣域觀測 (W) 350/490 km

-7-

3. 運用SAR影像注意要點

- SAR影像的變形（失真）

SAR衛星係以相對於衛星飛行方向斜下方的方向發射電波，因此有時會產生SAR影像特有的變形現象，因而降低影像的辨識性。ALOS-2細分東向與西向之發射方向可將此變形範圍。

■ 前視縮短（foreshortening）

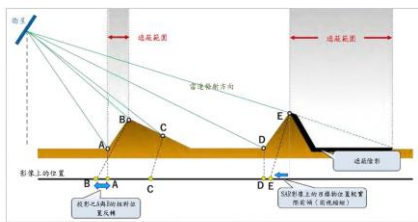
觀測目標物有高度時，電波發射與接收時間較短的部分會先往前方投影，因而其高度的目標物在SAR影像上會看到側向電波發射方向側（較實際前傾）。

■ 疊置（layover）

所觀測目標物若為斜面，坡度越陡者前視縮短現象越明顯，而形成與斜面頂端、底端位置關係相反的投影。

■ 遮蔽（雷達盲區陰影，radarshadow）

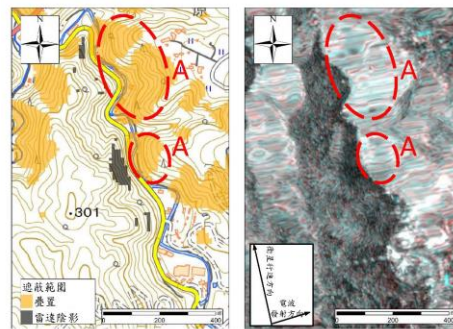
斜面陰影處電波無法照射到的地點無法產生散射，SAR影像產生陰影效果。



-8-

3. 運用SAR影像注意要點

- 前視縮短、疊置

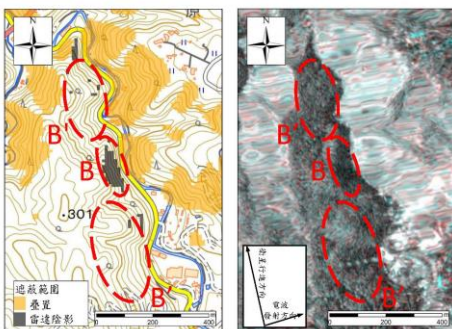


A為面對電波發射方向的斜面，接收電波時間較短。這類地點的前視縮短現象較明顯，因此產生疊置現象。出現疊置現象的區位在影像之中看起來較明亮，且往電波發射方向延伸。

-9-

3. 運用SAR影像注意要點

- 雷達陰影



影像中央的B位處斜面背部、電波無法照射到地表面的位置，因此產生雷達陰影。雷達陰影所在區位無電波散射，因此呈現暗色影像。但B'雖與B同處相同方向的斜面，但因坡度和緩不會遮蔽電波，因此並未形成雷達陰影，仍為可視。

-10-

4. 以SAR影像判讀與調查坡地災害的流程

一步驟1—

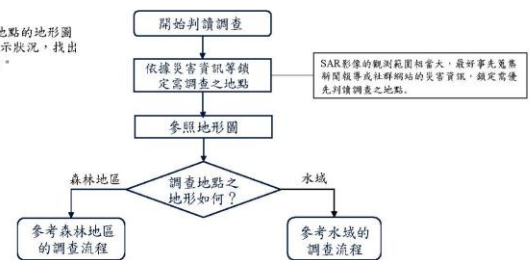
使用ALOS-2災害範圍判讀調查坡地災害時，參考本流程進行。依緊急度區分第1階段與第2階段實施。

階段1：重視速報性，利用地形圖與SAR影像進行判讀。

階段2：針對階段1所選取之地點，參照災害前完成的光學影像，提升判讀精確度（減少誤判）。

步驟1

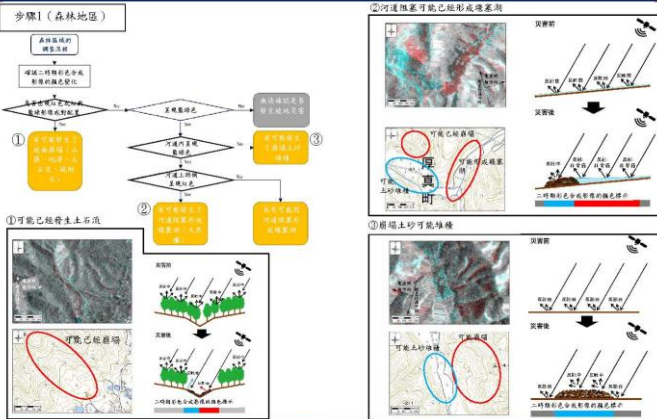
步驟1是藉由調查地點的地形圖與SAR影像顏色標示狀況，找出坡地災害潛勢地點。



-11-

4. 以SAR影像判讀與調查坡地災害的流程

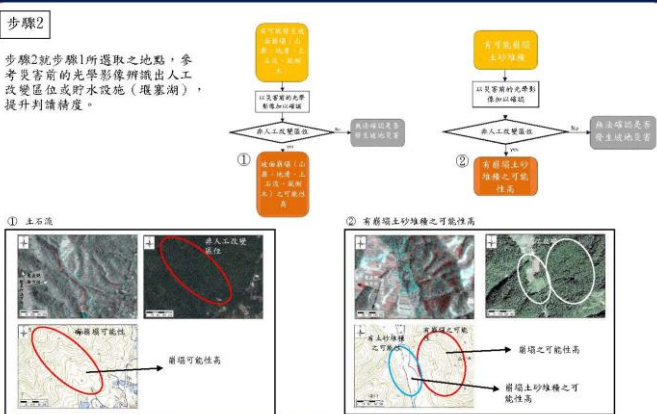
一步驟1—



- 12 -

4. 以SAR影像判讀與調查坡地災害的流程

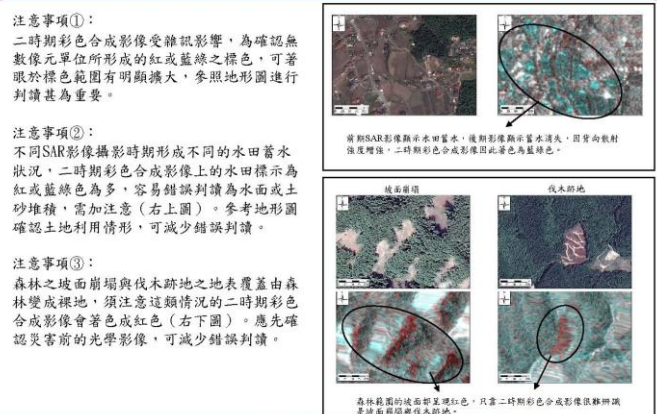
一步驟2—



- 14 -

4. 以SAR影像判讀與調查坡地災害的流程

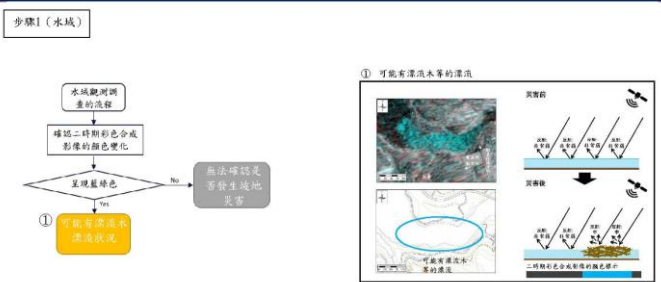
一判讀時的注意事項—



- 16 -

4. 以SAR影像判讀與調查坡地災害的流程

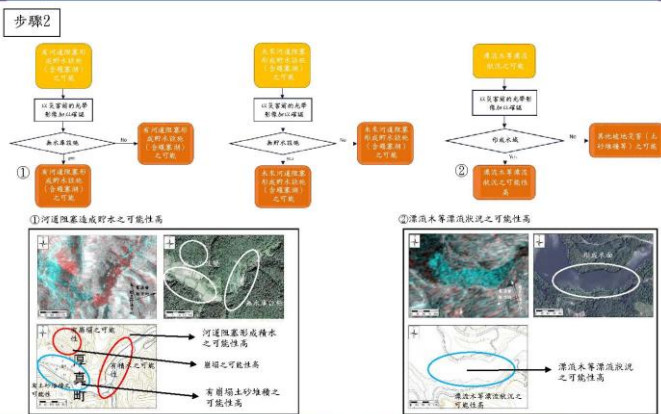
一步驟1—



- 13 -

4. 以SAR影像判讀與調查坡地災害的流程

一步驟2—



- 15 -

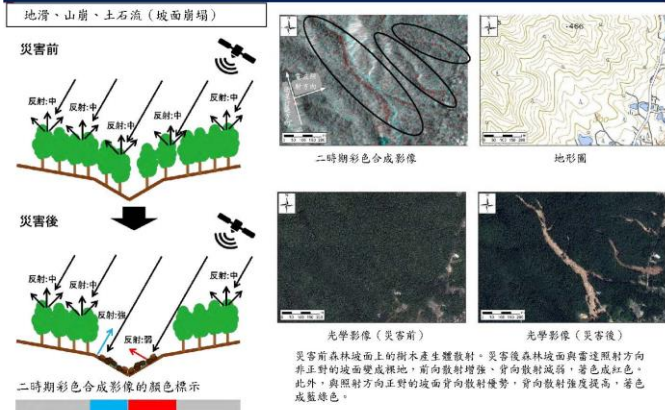
5. 以SAR影像判讀調查坡地災害之判讀案例

- 坡地災害案例的介紹
- 以下各頁介紹各種坡地災害的案例。解說文中之背向散射強度部分代表SAR影像前後時期的相對強弱關係，應加以注意。

- 17 -

5. 以SAR影像判讀調查坡地災害之判讀案例

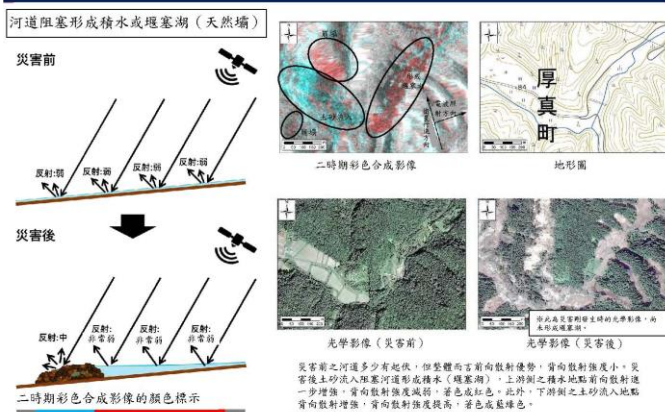
—地滑、山崩、土石流（坡面崩塌）—



- 18 -

5. 以SAR影像判讀調查坡地災害之判讀案例

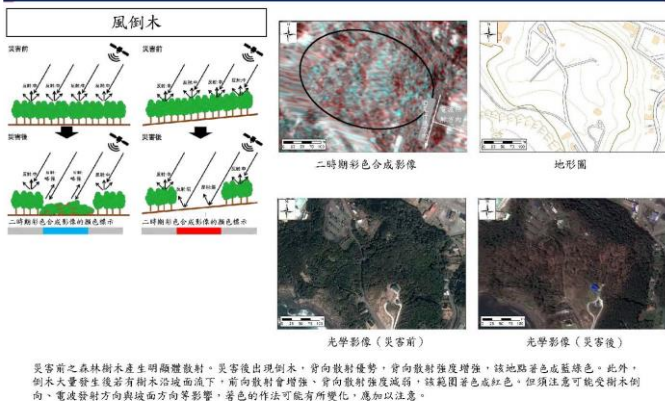
—河道阻塞形成堰塞湖（天然壩）—



- 20 -

5. 以SAR影像判讀調查坡地災害之判讀案例

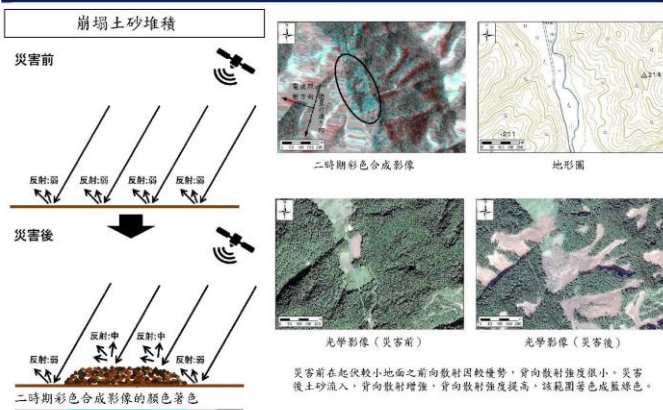
—風倒木—



- 22 -

5. 以SAR影像判讀調查坡地災害之判讀案例

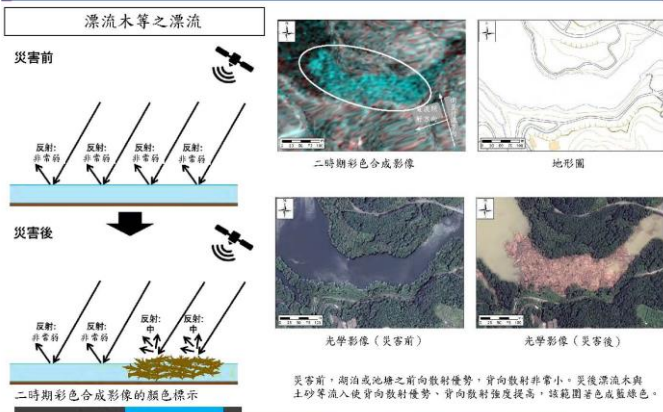
—崩塌土砂堆積—



- 19 -

5. 以SAR影像判讀調查坡地災害之判讀案例

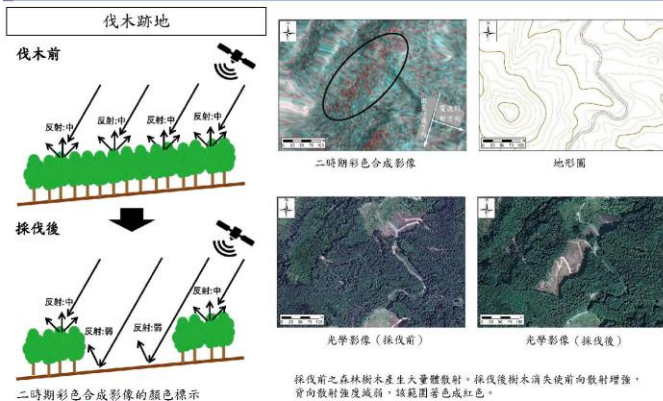
—漂流木等漂流—



- 21 -

5. 以SAR影像判讀調查坡地災害之判讀案例

—伐木跡地—



- 23 -

5. 以SAR影像判讀調查坡地災害之判讀案例

判讀的精度

針對過去災害階段使用SAR影像與光學影像進行坡面崩塌(山崩、地滑、土石流及崩塌土砂堆積)判讀,算出其精度,精度計算使用代表衛星影像所判讀土砂移動範圍的「判讀多邊形」,以及外部機關所公佈土砂移動範圍的「驗證多邊形」,以下計算其適合率與重疊率。

適合率:即全部判讀多邊形之中,驗證多邊形部分重疊判讀多邊形的比例,越高代表判讀越準。

重疊率:即全部驗證多邊形之中,判讀多邊形部分重疊驗證多邊形的比例,越高代表判讀越準。

判讀精度對對象之災害有差異,和未判讀的步驟1相比,在完成本指引步驟2情形下採後等人工校對地之判讀會減少,適合率提高,再者,運用本指引判讀之對象外的情形,多判讀之光學影像可減少漏判,提升重疊率。

此外,面積大於1公頃的範圍以驗證多邊形計算精度,各判讀方法的量測率都大幅提高,可見1公頃以上之較大範圍崩塌地,即使只使用衛星影像,萃取資料也較少遺漏,再者就適合率而言,1公頃以下驗證多邊形重疊小範圍的判讀多邊形容易產生漏判,適合度降低,請多加注意。

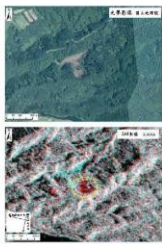
調查區名	判讀範圍	判讀方法	全多邊形		大於1公頃的驗證多邊形		驗證資料來源	
			適合率	重疊率	適合率	重疊率		
2018年7月暴雨	廣島縣安藝郡坂町、月守町、高野町、高田町	地形圖 + SAR影像	判讀流程 步驟1	90%	26%	39%	65%	廣島大學2018年7月暴雨災害調查團
		地形圖 + SAR影像	判讀流程 步驟2	92%	25%	40%	65%	
		地形圖 + SAR影像 + 災害前光學影像	本指引未使用作為判讀方法	91%	40%	32%	88%	
		地形圖 + SAR影像	判讀流程 步驟1	41%	11%	5%	78%	
2017年7月九州北部暴雨	福岡縣新宮町、東牟婁村	地形圖 + SAR影像	判讀流程 步驟1	41%	11%	5%	78%	國立地理院
		地形圖 + SAR影像	判讀流程 步驟2	60%	10%	8%	78%	
		地形圖 + SAR影像 + 災害前光學影像	本指引未使用作為判讀方法	59%	41%	6%	89%	
		地形圖 + SAR影像	判讀流程 步驟1	41%	11%	5%	78%	

- 24 -

【參考資料】1. 坡地災害之解說

山崩 (2021年山崩發生案例: 福岡縣八女市矢部村)

地盤鬆軟坡面崩塌後土砂往山腳下崩落。這類土砂沿陡坡高速往下移動的現象稱為「山崩」。山崩發生在集水區谷型斜坡或曾經崩塌乃至於人為開挖造成陡坡的坡面等地點,危險性會提高。山崩多突然發生,若發生在民眾社區附近,容易造成人員受害。



此外,山崩發生在這離民眾社區或即使是小規模,其土砂與漂流木進入溪流,可能形成後述之土石流災害嚴重發生。特別是產生漂流木的崩塌面積幾乎都小於0.5公頃,但同時多處發生小規模崩塌仍可能引發嚴重土石流與漂流木漂流。

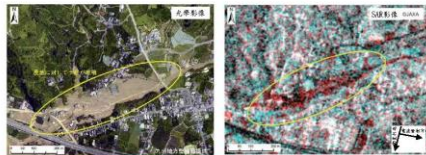
- 26 -

【參考資料】1. 坡地災害之解說

土石流 (2021年土石流案例: 廣島縣廣島市西區田方、靜岡縣熱海市伊豆山)

土砂或石礫與漂流木合為一體往下流動的現象稱為「土石流」。土石流發生於溪流流量增加時,有①溪床堆積土砂等被水流往下推動、②新近發生山崩或地滑所產生土砂等被水流往下帶、③天然崩塌(後述)之大量水與土砂一起往下流動,等3種發生形態。

土石流移動速度非常快且移動距離長,一旦沖到住家社區,很容易造成人員傷害、房屋倒塌等嚴重災情。此外,土石流也可能夾雜漂流木流下,漂流木若阻塞橋樑、阻斷道路,可能引發洪氾,或者漂流木直接衝擊社區住屋等,擴大災情。



- 28 -

6. 判讀環境

ArcGIS

特點

ArcGIS係ESRI公司所開發的GIS(空間資訊系統)軟體,除了可開覽、製作地圖之外,可也用來進行精密分析,但需付費。

建議規格(ArcMap 10.6.1時)

OS: Windows 10(64位元)、Windows 8.1

CPU: 2.2 GHz以上

記憶體: 8 GB

參考: https://www.esri.com/products/arcgis-desktop_old/environments/arcmap/

QGIS

特點

QGIS為開放原始碼的GIS軟體,可無償使用,進行地圖開覽、製作與分析等,但分析機能與支援軟體受限。

建議規格

OS: Windows/MacOS/Linux等

CPU: 無

記憶體: 無

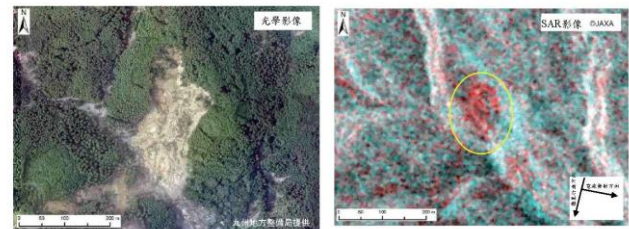
參考: <https://qgis.org/ja/site/forusers/download.html>

- 25 -

【參考資料】1. 坡地災害之解說

地滑 (2021年地滑案例: 長野縣長野市篠井、熊本縣天草市本渡町)

坡度較緩涵蓋範圍較大之坡面緩慢往下移動的現象稱為「地滑」。地滑係滑動面受地下水等影響,抵抗土體往下移動力量的摩擦阻力(摩擦力)因而降低所致。地滑移動速度通常比山崩慢,較不易造成人命傷害,但在地震或豪雨等加成作用下移動可能加速。此外,地滑區域若溪流阻塞,大雨時也可能形成土石流。



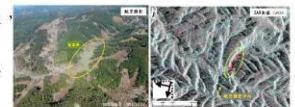
- 27 -

【參考資料】1. 坡地災害之解說

災害擴大的主要因素

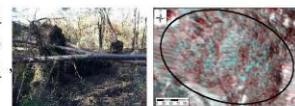
河道阻塞形成積水(天然壩)

坡面崩塌後移動的土砂或漂流木阻塞河道,上游側積水會形成類似水壩的地形(天然壩)。若阻塞河道的土砂若再度崩潰,積水連同土砂快速往下游流動,可能造成大規模土石流。



風倒木

因颱風或陣風吹倒樹木使樹木連根拔起或根系喪失抓地力,造成地盤疏鬆,便容易發生坡面崩塌。此外,風倒木發生後若造成山崩或土石流,可能形成漂流木,成為擴大災情的主要因素。



- 29 -

【參考資料】2. 坡地災害發生的主要因素及其案例

・大雨

雨水滲透使地盤鬆軟或地下水位上升，可能引發山崩或地滑。此外，河水流量增加時，可能將崩塌土砂、河床堆積物與漂流木等往下游推擠而造成土石流。

・地震

地盤鬆軟可能引發地滑或山崩。而地震造成地滑坡面內部液化現象時，有時會引發高速地滑。此外，形成天然壩的土體緩慢崩潰時，可能連帶引致土石流發生。

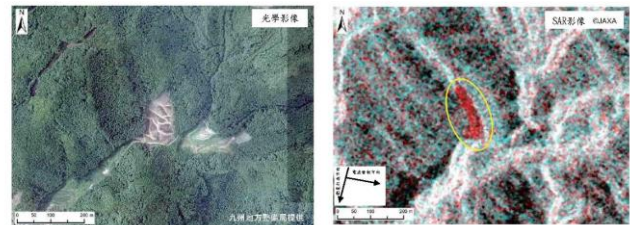
・大雪

融雪水滲透地面使地盤鬆軟，可能誘發地滑或山崩。此外，若滲入地中的水結凍，可能使地中之裂縫擴大，容易發生崩塌。

【參考資料】2. 坡地災害發生的主要因素及其案例

・伐木

坡面伐木後原來之立木經過一段時間，根系會失去抓地力，土砂崩塌防止機能降低。此外，裸露地表面受降雨侵蝕，或地表面固結硬化使透水性降低，雨水無法滲透入地中，可能引致河川流量增加。



- 30 -

參考文獻

- ・広島大学平成30年7月豪雨災害調査団（地理学グループ），2019，平成30年7月豪雨による広島県の斜面崩壊の詳細分布図（第二報：最終報告），<https://ajgc-disaster.blogspot.com/2018/07/3077.html>
- ・国土地理院，2017，平成29年7月九州北部豪雨に関する情報，https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H29h_ukuoka_coita-heavyrain.html
- ・内藤一郎，2018，内閣府 国と地方・民間の「災害情報ハブ」推進チーム 第5回 人工衛星の防災活用について，<http://www.bousai.go.jp/kagirep/saigaiyohouhub/daiSkai/pdf/shiryo5.pdf>
- ・鈴木大和・松田昌之・進口茂隆・野村盛裕・山下久美子・中谷洋明，2020，合成開口レーダ（SAR）画像による土砂災害判読の手引き，国土技術政策総合研究所資料，1110。
- ・鈴木大和・松田昌之・中谷洋明，2021，災害時における合成開口レーダ（SAR）の散乱変化事例解説集，国土技術政策総合研究所資料，1159。

- 32 -

林野廳

國有林野部 業務課

2022年度運用陸域観測技術衛星之災害対応処理手法等の検討與調査（委託廠商：PASCO衛星測量公司）



5. 協商會議

協商會議實施過程如表 5-1 所示。

表 5-1 協商會議

協商次數	協商會議的日期及方法	協商內容
第1次	2022年8月22日（一） 網路會議 10：30～	- 確認業務內容 - 標的受災地點 - 訪談對象 - 訪談內容（構想內容） - 衛星影像選定結果 - 今後將推展的工作 - 其他須確認事項
第2次	2022年11月22日（二） 林野廳 13:00～	- 業務推展狀況 - ALOS-2災害速報圖判讀指引製作 - 指引（草案）的狀況 - 依ALOS-3同等級影像掌握災害之驗證 - 推展進度之狀況 - 瞭解森林荒廢面積而掌握山林災害方法檢討 「2017年7月九州北部豪雨」福岡縣東峰村及「2018年7月豪雨」廣島縣府中町、坂町、海田町、熊野町所選出案例 - 應用新衛星技術的坡地災害應對工作檢討 - 災害時相關單位之協商 - 今後將推展之工作 - 其他須確認事項
第3次	2023年1月17日（二） 林野廳 14:00～	- 業務推展狀況 - ALOS-2災害速報圖判讀指引製作 - 指引須追加補充或修正部分 - 瞭解森林荒廢面積而掌握山林災害方法檢討 「2017年7月九州北部豪雨」福岡縣東峰村及「2018年7月豪雨」廣島縣府中町、坂町、海田町、熊野町所選出案例之修正 - 應用新衛星技術的坡地災害應對工作檢討

		・災害時の協商内容（與JAXA人員協商之内容與相關工作日程等） ・災害發生後的應對流程構想 2. 今後將推展之工作 3. 其他須確認事項
第4次	2月15日（三） （股）PASCO 14:00～	1. 業務内容確認 2022年度 應用陸域觀測技術衛星於災害應對手法等調查計畫報告書草案 2. 今後將推展之工作 3. 其他須確認事項
第5次	3月2日（四） JAXA會議室 16：30～	1. 判讀指引的内容 2. 協定書的内容 3. 今後將推展的工作
第6次	3月13日（一） 網路會議10:00～	1. 判讀指引的内容 2. 報告書内容

