

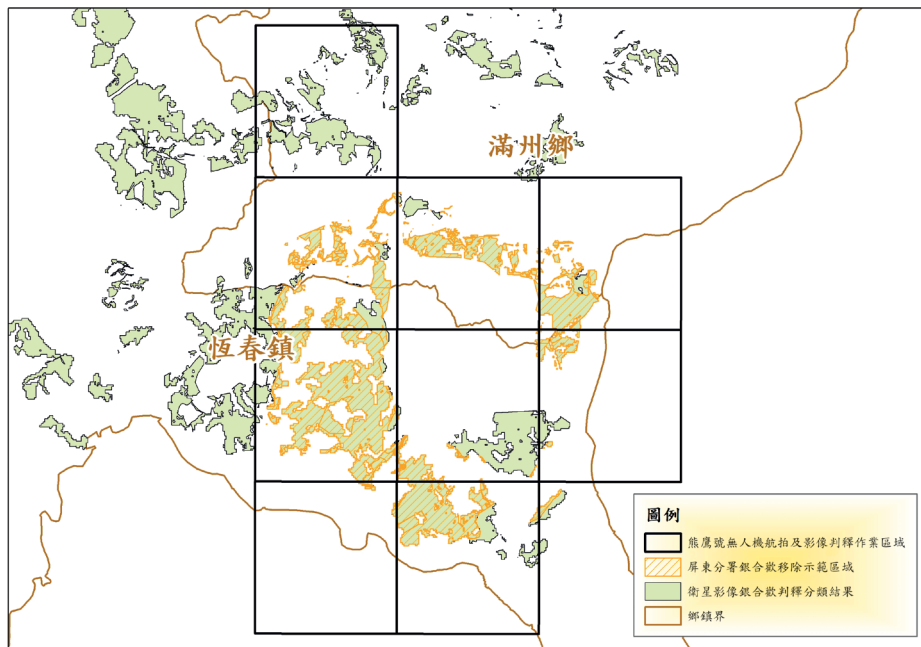
應用航照影像判釋恆春半島 銀合歡分布區域

文、圖／蔡家銘（通訊作者 | 林業及自然保育署航測及遙測分署技正）
鄧國禎（林業及自然保育署航測及遙測分署科長）

銀合歡 (*Leucaena leucocephala*) 自 1976 年由中南美洲薩爾瓦多引進作為紙漿用材後，因生產成本不敵低廉的進口紙漿及因木蝨危害致形質不佳，未受到市場青睞。後續銀合歡憑藉強盛的結實及萌蘖能力，擴散至恆春半島內，成為危害嚴重的入侵種植物。除降低恆春半島的生物多樣性、危害本土物種生存，甚至完全改變了當地的景觀和地貌，為此林業及自然保育署屏東分署（下稱屏東分署）成立「恆春

半島外來入侵種銀合歡移除復育造林」跨機關平臺，協同其他機關共同投入移除作業。

航照影像是由飛行載具攜帶精密空中照相機自空中向下垂直拍照，將地面上地物、地貌做永久真實記錄。林業及自然保育署航測及遙測分署（下稱航遙測分署）於 2018 年建置的熊鷹號定翼型無人機，具備高機動性及低空雲下拍攝高解析度影像特性，藉此輔助傳統有人機航攝影像，可機動執行各種任務，增加航拍任務的彈性，



並提供更多影像特徵資訊作為判釋作業的參考。為配合屏東分署辦理恆春半島外來入侵種銀合歡移除復育造林區域調查，及瞭解有人機航攝影像與熊鷹號無人機影像應用於判釋作業之效益，於 2021 年選定恆春鎮及滿州鄉交界地區的 9 幅 1 / 5000 圖幅範圍進行先期測試，希望瞭解銀合歡分布位置，提供航照影像與判釋資料予屏東分署作為工作規劃參考。

影像判釋作業區域

屏東分署參考國立屏東科技大學（下稱屏科大）以衛星影像判釋銀合歡的研究成果，選定銀合歡移除的示範區域。航遙測分署配合屏東分署的規劃，進行無人機航拍及其影像判釋銀合歡的分布情況，作業區域如熊鷹號無人機航拍及影像判釋區域圖所示。

影像材料

航照影像依載具不同可分為衛星影像、有人機影像及無人機影像 3 類，各有其應

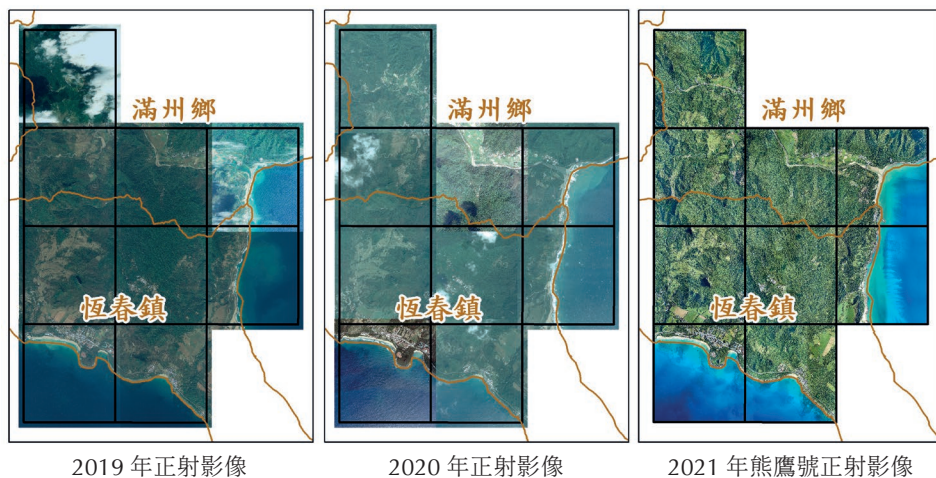
用範圍與限制，彼此間為互補而非互斥的，皆有其不可取代性。本次判釋作業使用有人機航攝影像（正射影像及立體像對專案檔）及熊鷹號無人機影像，說明如下：

■ 有人機航攝影像

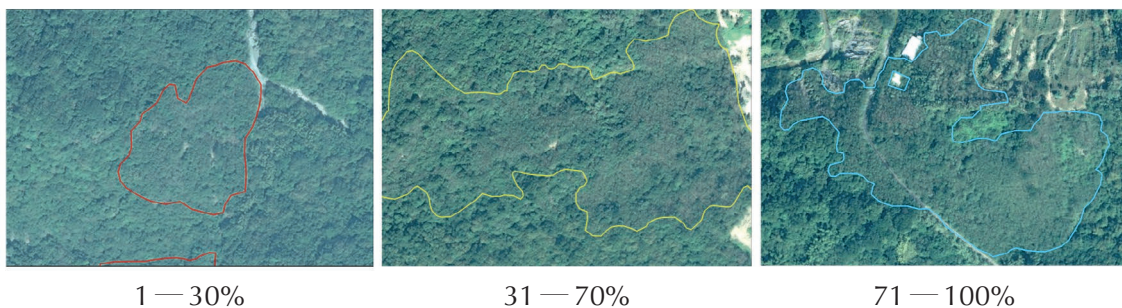
航遙測分署有人機航攝影像平均解析度為 25 公分，作業範圍可涵蓋全臺各地，一次飛行的拍攝能量於平地約可拍攝 7 萬公頃，山區約可拍攝 3.5 萬公頃，常用於大範圍環境資源或災害的調查與監測、地形圖測製等。本次作業使用 2019 年及 2020 年 2 期無雲正射影像，倘若正射影像特徵不足以判釋，則以原始影像於立體觀測儀上進行立體觀察，透過地形、樹高及樹冠型態等資訊輔助銀合歡的判釋。

■ 熊鷹號無人機影像

熊鷹號無人機作業地區以平地及淺山丘陵為主，一次飛行的拍攝能量約 3,000 公頃，影像平均解析度為 10 公分，應用面向為小範圍需高解析度影像的調查與監測



■ 有人機正射影像及熊鷹號正射影像圖



■ 銀合歡影像判釋覆蓋率分級示意圖（紅褐色處為銀合歡）

任務，如農業災害、外來入侵物種、特殊物種保育等。

熊鷹號無人機雖具高機動性及可低空雲下拍攝影像惟單張影像涵蓋範圍小，對比有人機影像於同一區域須拍攝更多張影像，如製作立體像對將增加硬體需求及作業時間，不適合大範圍判釋作業，故最終僅使用正射影像進行判釋。

判釋作業方法及程序

航照判釋是根據航空照片上的影像，辨別其呈現的地物種類，解釋地物的形狀、大小、高度及其他屬性的技術，判釋人員依其對銀合歡瞭解及經驗，或透過已建立的銀合歡影像樣本，瞭解銀合歡於航照影像上特徵樣態後進行作業。為提高作業精確度，需選取若干樣點現地檢核。工作內容包含圖資整備、立體像對製作、影像判釋與圈繪數化、圖資檢核修正等內業，以及踏勘、現況攝影與記錄、現地比對等外業。

■ 判釋作業方式

銀合歡多分布於開闊地，常以純林的方式大量占據地表，亦有與其他樹種混生的

情形，原始林地則鮮少出現。判釋作業參考林業及自然保育署第四次森林資源調查航照影像判釋數化作業模式，於 ArcGIS 地理資訊軟體載入航照影像圖資，根據影像特徵判釋出銀合歡分布後，再將其位置進行數化圈繪，並為瞭解圈繪區域內銀合歡與其他樹種混淆的情形，將銀合歡覆蓋率分為 1 — 30%、31 — 70%、71 — 100% 等 3 個級別。

熊鷹號無人機搭配 Phase One 相機執行航拍任務，可獲取高解析度影像，對於地物判釋提供了更多的影像資訊，是航遙測分署新建置的航拍技術。惟人員尚無應用熊鷹號無人機影像進行判釋的經驗，且尚無銀合歡影像樣本，故先以有人機航攝影像判釋後，再將成果套疊熊鷹號無人機影像，作為判釋樣本推判其他區域，並進一步確認與校準有人機影像的判釋結果，更新最新銀合歡分布資料，以取得時效性及準確性的平衡。

■ 銀合歡航照影像特徵說明

• 有人機航攝影像上銀合歡特徵

地面解析度：25 公分

影像拍攝時間：2020 年 11 月 3 日

秋季拍攝影像，為銀合歡落葉及莢果成熟期，色調帶紅褐色，樹冠輪廓呈不規則形，樹冠邊緣全緣；多冠結構尺寸相近，樹冠表面非連續；樹梢圓角且冠層頂葉呈半透明；枝葉層質地平滑。



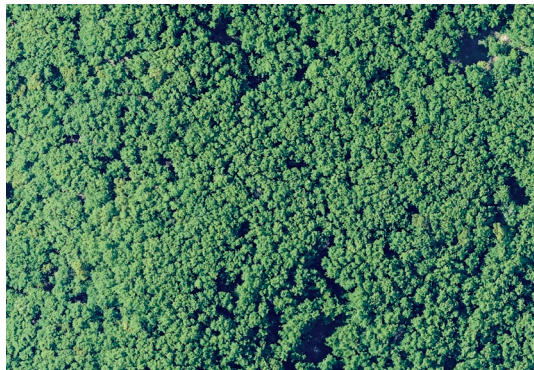
■ 有人機航攝影像上銀合歡的特徵樣態

• 熊鷹號無人機影像上銀合歡特徵

地面解析度：10 公分

影像拍攝時間：2021 年 7 月 3 日

夏季拍攝影像，為銀合歡展葉期，色調為鮮艷的青綠色，樹冠輪廓呈不規則形，樹冠邊緣齒緣；多冠結構尺寸相近、相鄰樹冠明顯分離，樹冠表面非連續；冠層樹梢圓角至略平展，冠層頂葉不透明；枝葉層質地粒狀。



■ 熊鷹號無人機影像上銀合歡的特徵樣態

■ 現地圖資檢核修正

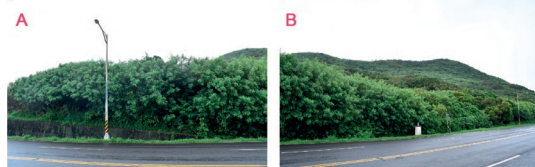
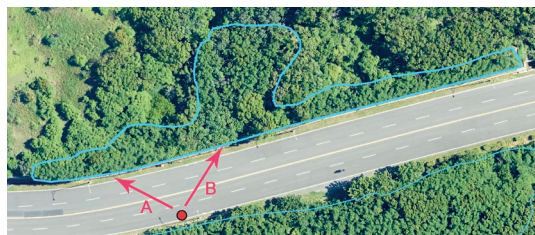
為確認內業影像判釋成果是否與銀合歡實際分布情形符合，將判釋成果攜至現地，比對及釐清銀合歡生長情形與航照上特徵樣態之異同，糾正照片上判釋錯誤處，同時記錄調查點位坐標、攝影及銀合歡生長分布情形等資訊，作業情形如下圖。



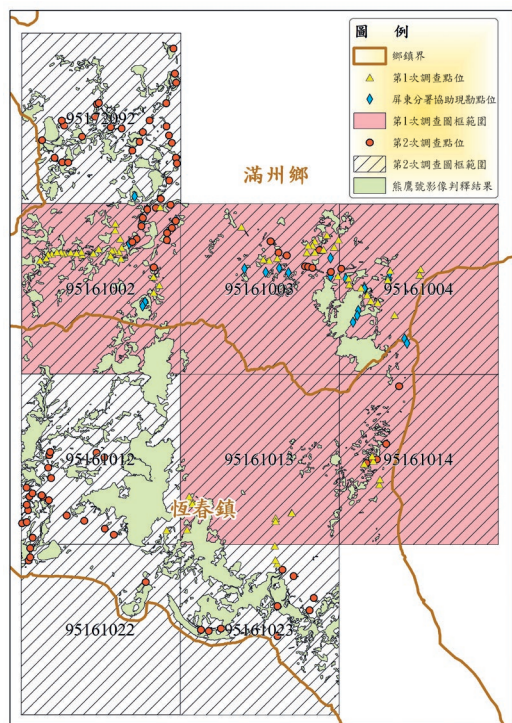
■ 門馬羅山沿線調查情形



■ 良鑾溪沿線調查情形



■ 船帆路沿線檢核作業銀合歡現況攝影紀錄



■ 勘查點位與銀合歡判釋結果分布圖

本判釋作業計執行 2 次現地檢核作業，點位分布如上圖，於完成 95161002、95161003、95161004、95161013、95161014 等 5 幅 1 / 5000 圖幅範圍的有人機航攝影像判釋作業後，2021 年 3 月 15 — 18 日前往良巒溪、公館路、興海路、社興路、公園路、茶山路、第四公墓及門馬羅山等地區 70 個點位進行比對，並依檢核結果修正判釋成果，並提供前述資料予屏東分署，再由該分署抽樣 26 處確認，確認現況與判釋結果符合，相關作業紀錄亦回饋航遙測分署作為後續判釋作業的參考。

繼第一次外業檢核後，於完成 95161012、95161022、95161023、95172092 等 4 幅有人機航攝影像及全數 9 幅區域熊鷹號無人機正射影像判釋後，9 月 13 — 17 日進行第二次外業檢核，檢核地點以和興路、都魯

路、永南路、公園路大溪巷、屏鵝公路、船頂路、港口溪等 113 處點位。

影像判釋結果與討論

■ 銀合歡分布判釋結果

• 有人機航攝影像先期判釋作業

2019、2020 年 2 期有人機影像拍攝時間點（11、12 月）均落於恆春地區乾季時期，前人研究顯示，銀合歡在物候特性上與其他伴生樹種有所差異，於乾季時會有假落葉的現象，葉片呈枯黃狀態；濕季時，枝葉生長茂盛而呈現濃綠的樣貌，故在遙測影像分析上，可使用這 2 個時期的影像光譜特徵作為分類的依據。惟該時期亦為恆春半島落山風季節，受植物本身生理特性及落山風影響，現勘時發現九芎 (*Lagerstroemia subcostata*)、黃荊 (*Vitex negundo*) 及相思樹 (*Acacia confusa*) 等闊葉樹亦有落葉情形，故在影像判釋上不能單以落葉情形作為唯一判釋依據，尚需考量色調、樹冠大小、紋理及質地等影像特徵，進行綜合判斷。



■ 九芎落葉情形



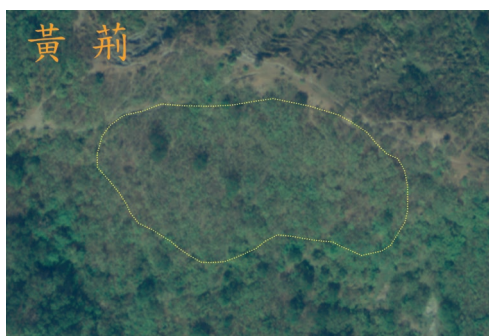
■ 相思樹落葉情形



■ 銀合歡落葉情形



■ 黃荊落葉情形



■ 黃荊及銀合歡於正射影像上的樣態比對圖

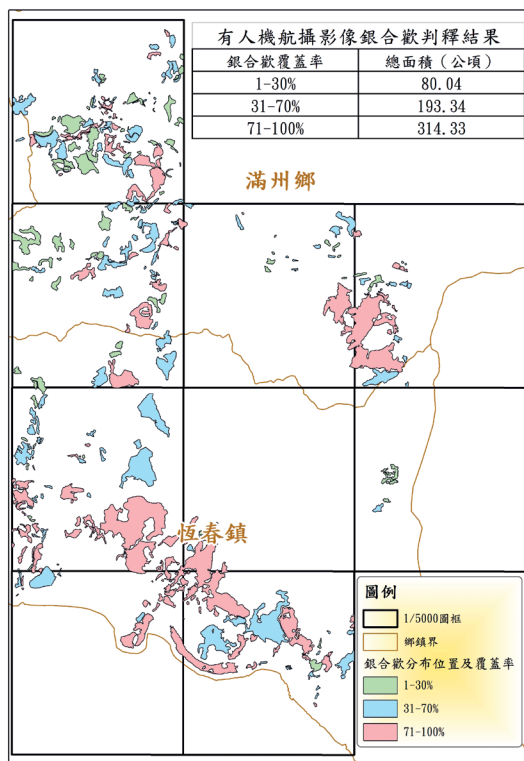
乾季時期有人機航攝影像中落葉植物以黃荊及銀合歡較易混淆，而分布面積較多的相思樹可由樹冠遠大於其他兩者進行區分，黃荊及銀合歡於有人機航攝影像上的差異一般可由黃荊樹冠較小，呈點狀或線狀，且色調較淺，而銀合歡樹冠較大，成團狀，色調較深，進行區別。

有人機航攝影像先期判釋銀合歡分布區域成果，面積經統計覆蓋率 1—30% 為 80.04 公頃、覆蓋率 31—70% 為 193.34 公頃、覆蓋率 71—100% 為 314.33 公頃，總計 587.7 公頃。

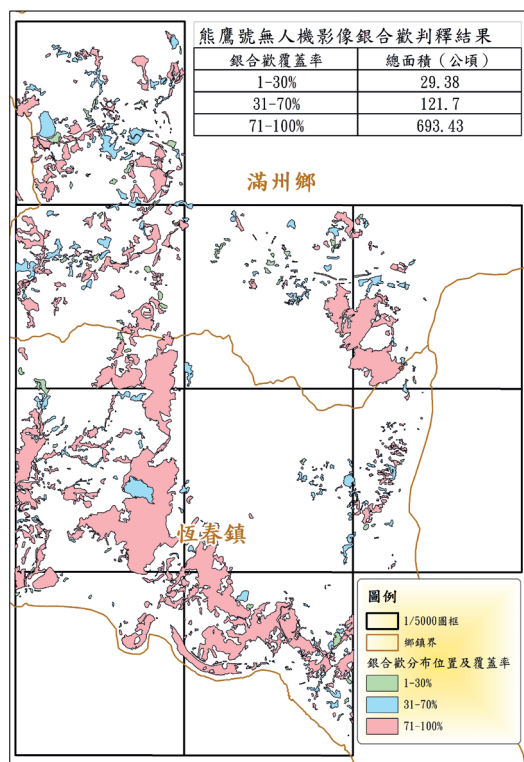
• 熊鷹號無人機高解析影像判釋校準作業

以熊鷹號無人機影像進行更新校準判釋，以及 2 次現地查核結果修正，銀合歡分布與覆蓋率的判釋作業成果如熊鷹號無人機影像判釋結果圖，銀合歡總判釋面積為 844.51 公頃，其中覆蓋率 1—30% 為 29.38 公頃，覆蓋率 31—70% 為 121.7 公頃，覆蓋率 71—100% 公頃為 693.43 公頃。

覆蓋率分級中以 71—100% 占最多數，1—30% 所占面積最少，並非現地多以近純林方式分布，主因人工判釋數化作業中會先判釋出標的樹種「銀合歡」的分布位置，再進行圈繪作業，其作業已先排除大部分非目標樹種，因而造成覆蓋率 71—100% 的分級擁有最多的判釋面積。另混淆林中如銀合歡呈零星分布，受鄰近混淆木的樹冠遮蔽，或所占比例甚低，以至於植株個體的影像特徵樣態不足以被辨識出，均為覆蓋率 1—30% 判釋總面積最少的原因。



■ 有人機航攝影像判釋結果—銀合歡分布圖



■ 熊鷹號無人機影像判釋結果銀合歡分布圖

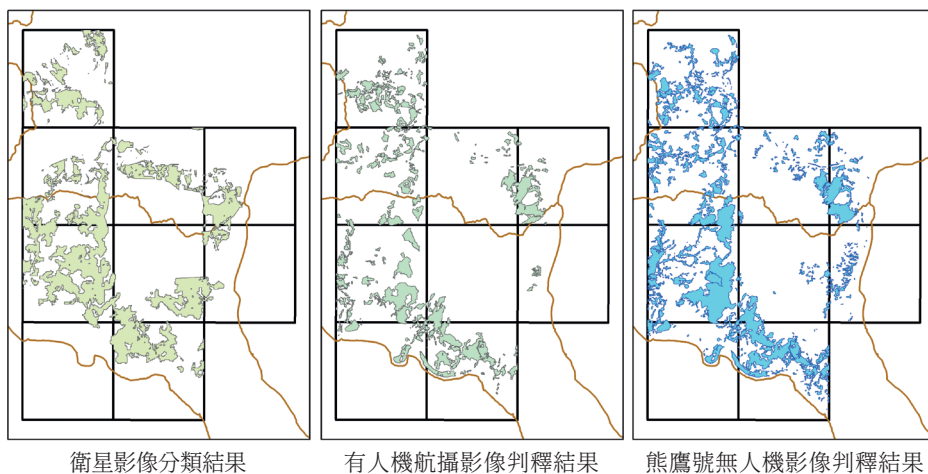
■ 不同影像判釋結果比較討論

本次銀合歡影像判釋作業使用的影像材料包含有人機航攝影像（正射影像及立體像對專案）與熊鷹號無人機影像（正射

影像），另尚有屏科大運用衛星影像的光譜資訊進行影像分類的結果作為參考背景資訊，前述3種影像銀合歡判釋結果如3種影像應用於判釋銀合歡分布區域的結果圖，作業結果顯示銀合歡主要集中於鄰近人為活動干擾區域，茂密林地處則鮮少有銀合歡分布的情形，此判釋結果與現地銀合歡的生長特性相符。

至於熊鷹號無人機影像的高解析特性，可提供更多影像資訊進行地物辨識，應更接近實際銀合歡實際分布情形，爰以熊鷹無人機影像判釋成果視為地真，據以評估衛星及有人機航攝影像分析成果與現況的差異。

由有人機航攝影像銀合歡判釋結果誤差矩陣表可知有人機航攝影像應用在銀合歡判釋作業時具有一定準確率（87.2%），惟仍漏判大部分的區域（332.05公頃，漏受率39.32%），推測原因為有人機航攝影像對於銀合歡相關樣態特徵較不明顯，難以單就現有資訊判別確認，造成較多漏判，另人員判釋能力及經驗亦有影響，可透過



■ 3種影像應用於判釋銀合歡分布區域的結果

有人機航攝影像銀合歡判釋結果誤差矩陣表

面積單位：公頃

有人機航攝影像	熊鷹號無人機影像				
	銀合歡	非銀合歡	合計	使用者精度	誤授
銀合歡	512.46	75.24	587.70	87.2%	12.8%
非銀合歡	332.05	0	332.05	100%	0%
合計	844.51	75.24	919.75	—	—
生產者精度	60.68%	100%	—	—	—
漏授	39.32%	0%	—	—	—

整體精度：55.72%

衛星影像銀合歡判釋結果誤差矩陣表

面積單位：公頃

衛星影像	熊鷹號無人機影像				
	銀合歡	非銀合歡	合計	使用者精度	誤授
銀合歡	386.11	662.49	1048.6	36.82%	63.18%
非銀合歡	458.40	0	458.4	100%	0%
合計	844.51	662.49	1507.0	—	—
生產者精度	45.72%	100%	—	—	—
漏授	54.28%	0%	—	—	—

整體精度：25.62%

長期的經驗累積，及強化對於銀合歡外觀形態特徵及生態的瞭解改善；另衛星影像在誤授及漏授率皆較高，除了影像解析度較大之外，因無其他影像分析相關背景資訊，故無從推判實際差異的原因。

精進判釋人才與樣本 助力辨識銀合歡分布地

應用有人機航攝影像判釋銀合歡分布區域的材料，雖可達到一定的判釋準確率，惟仍有一定漏判，除人員的專業與經驗需

再精進外，未來如以有人機航攝影像作為銀合歡的判釋材料，可再查找同一地點不同生長狀態的多時期影像，運用較多的影像資訊協助比對，以減少漏判。

本次作業為首次運用熊鷹號無人機影像進行判釋，共計判釋出 844.51 公頃的銀合歡，透過其高解析度影像，確實可提供更多資訊予判釋人員作為地物推斷及辨識出更多銀合歡分布地的依據，為記錄地物實況及判釋作業上之一利器，未來航遙測分署將持續精進判釋人員職能，並充實判釋樣本，以滿足不同類型的判釋應用需求。🌱