

從多光譜影像到可複查病害圖：DJI Mavic 3M 水稻白葉枯病 疑似區偵測的可拒判模型、跨感測器遷移與田間驗證框架

From Multispectral Imagery to Reviewable Disease-Suspect Maps: An Abstention-Aware DJI Mavic 3M Model for Rice Bacterial Leaf Blight Screening, Cross-Sensor Transfer, and a Prospective Field-Validation Framework

周秉漢 / CHOU, BING-HAN

ORCID : 0009-0000-7018-5096 | 發布日 : 2026-08-04 | DOI : 10.5281/zenodo.21787704

研究摘要

植物病害的無人機偵測容易把兩件不同的事混在一起：第一是從影像找出異常冠層，第二是判定異常由何種病原造成。前者可由多光譜與 RGB 影像協助；後者仍受乾旱、積水、養分、蟲害、藥害、倒伏、品種、生育期、陰影與感測器差異混淆。本研究因此不以「自動確診」為目標，而提出一套可拒判、可追溯、以人工複查為終點的最低可行模型，先聚焦水稻白葉枯病（bacterial leaf blight, BLB）疑似區篩檢……

本版本完成

可執行 18 特徵模型、品質與域外拒判、群組切分、模型卡、推論憑證、33 項自動測試、公開資料格式查核與 v1.0 公開發行。

本版本尚未完成

臺灣田間飛行、Mavic 3M 真實影像、植物病理真值與跨場域效能驗證；合成測試不等於田間診斷效能。

生成式 AI（OpenAI Codex）協助來源線索整理、研究程式、測試、語言起草、圖表與版面製作；AI 不列為作者。周秉漢負責研究問題、來源核對、方法選擇、結果解讀、公開決策與後續更正。

摘要

植物病害的無人機偵測容易把兩件不同的事混在一起：第一是從影像找出異常冠層，第二是判定異常由何種病原造成。前者可由多光譜與 RGB 影像協助；後者仍受乾旱、積水、養分、蟲害、藥害、倒伏、品種、生育期、陰影與感測器差異混淆。本研究因此不以「自動確診」為目標，而提出一套可拒判、可追溯、以人工複查為終點的最低可行模型，先聚焦水稻白葉枯病（bacterial leaf blight, BLB）疑似區篩檢。

研究完成三層工作。第一，稽核可公開取得的 BLB UAV Dataset：Figshare 版本 3 採 CC BY 4.0，公開雲端含 D1、D2、D3 三組資料；每組分別有 1,299、277、281 個訓練、驗證、測試影像及對應遮罩。本研究實際下載一組固定 D1 測試影像—遮罩、類別表與原作者 notebook，確認影像為 256×256×5 float32、D1 波段順序為 B/G/R/RE/NIR，並以 G/R/RE/NIR 四個共同波段定義 Phantom 4 Multispectral 至 Mavic 3M 的遷移介面。第二，實作 18 項可稽核 RGB—多光譜特徵、L2 正則化邏輯斯模型、field+flight+date 群組切分、品質閘門、域外偵測、雙閾值拒判、JSON 模型卡與推論憑證。第三，以六個獨立合成田區進行決定性端對端測試，證明資料建立、訓練、載入、推論與 fail-closed 路徑可執行；模型狀態被強制鎖定為 **RESEARCH_ONLY**。

本研究的主要結論不是「Mavic 3M 已能在臺灣確診 BLB」，而是已完成可接真實資料的工程骨架，並清楚界定升級條件：原始 DN 需經輻射、暗角、畸變、日照與波段配準處理；標籤須有獨立現勘及植物病理參考標準；資料須先按田區、飛行與日期切分後才能切 patch；最後必須在不同田區、日期、品種與期作做外部測試。達成這些條件前，系統只能提供人工巡田的優先順序。

關鍵詞：DJI Mavic 3M、無人機多光譜影像、水稻白葉枯病、病害疑似區、跨感測器遷移、拒判模型、空間洩漏、可重現研究。

Abstract

UAV plant-disease detection often conflates two different tasks: locating an optically anomalous canopy and identifying the pathogen responsible for that anomaly. Multispectral and RGB imagery can support the former, whereas the latter remains confounded by drought, waterlogging, nutrient imbalance, insects, chemical injury, lodging, cultivar, phenology, shadow, and sensor-domain shift. This study therefore develops an abstention-aware minimum viable model for human-review prioritisation rather than autonomous diagnosis, using rice bacterial leaf blight (BLB) screening as the first bounded target.

Three layers of work are completed. First, the public BLB UAV Dataset is audited. Figshare version 3 is licensed CC BY 4.0 and points to D1, D2, and D3 datasets, each containing 1,299 training, 277 validation, and 281 test images with masks. One deterministic D1 image-mask pair, the class dictionary, and the source notebook were locally inspected. The image contract is 256×256×5 float32 with B/G/R/RE/NIR band order. The common G/R/RE/NIR bands define the Phantom 4 Multispectral-to-Mavic 3M transfer interface. Second, the study implements 18 auditable RGB-multispectral features, an L2-regularised logistic model, field-flight-date group splitting, quality and out-of-distribution gates, dual-threshold abstention, a JSON model card, and inference receipts. Third, a deterministic six-field synthetic fixture verifies the complete data, training, loading, inference, and fail-closed paths while forcing model status to **RESEARCH_ONLY**.

The result is not evidence that Mavic 3M can already diagnose BLB in Taiwanese fields. It is an executable engineering foundation with explicit promotion gates: raw DN processing and radiometric correction, vignetting and distortion correction, sunlight normalisation and inter-band registration; independent ground inspection and plant-pathology reference standards; group splitting before patch extraction; and external testing across fields, dates, cultivars, and seasons. Until those gates are passed, outputs remain reviewable optical disease-suspect zones only.

Keywords: DJI Mavic 3M; UAV multispectral imagery; rice bacterial leaf blight; disease-suspect screening; cross-sensor transfer; abstention; spatial leakage; reproducible research.

1. 研究問題與可反駁命題

本研究回答五個具體問題：

1. DJI Mavic 3M 的 G、R、RE、NIR 與 RGB 影像，能否形成可重現的病害疑似區篩檢資料契約？
2. 公開 Phantom 4 Multispectral BLB 資料能否作為跨感測器預訓練或格式相容性來源？需要排除哪些波段與宣稱？
3. 如何在輸入品質不足、樣本落在訓練分布之外或機率不明確時，讓模型拒絕作答？

4. 如何避免同一正射影像的相鄰重疊 patch 同時進入訓練與測試而高估成效？

5. 在什麼前瞻性證據條件下，模型才可由工程原型升級為特定場域的田間篩檢工具？

命題 P1：通過校正與配準的 G/R/RE/NIR 加 RGB 特徵，對「需複查」與「無旗標」具有可檢驗的區辨訊號；若跨田區 PR-AUC 與召回率沒有超過預先門檻，命題被否證。命題 P2：group-first split 的外部測試表現將低於或等於同場域隨機 patch split；若差異不存在，仍須報告估計值與不確定性。命題 P3：加入 QC、OOD 與不確定區間後，可降低高信心錯誤，但會犧牲覆蓋率；應以 coverage-risk 曲線而非單一 accuracy 選擇閾值。命題 P4：只用植生指標不能證明特定病原；若非病害壓力的誤報率過高，模型不得升級。

2. 為何第一個標的選擇水稻白葉枯病

「植物疾病」不是單一類別。不同作物、冠層、病原、病徵部位與生育期需要不同真值與光學尺度。本研究選 BLB，是因為目前可取得具 UAV 多光譜遮罩、病害嚴重度分層、公開程式及明確授權的稻作資料。Logavitoool 等人以人工接種稻田、IRRI 嚴重度評分與 DJI Phantom 4 Multispectral 建立健康、低度 BLB、高度 BLB 及非稻作背景的像素級資料，提供第一個可審查的工程起點。

臺灣官方資料描述白葉枯病常由葉緣形成波浪狀黃化病斑；但相似的黃化、枯萎與冠層稀疏也可能來自其他生物或非生物壓力。影像因此最多支持「與已標註症狀相似」，不能單獨確認病原。未來若要擴充葉稻熱病、紋枯病、褐斑病或其他作物，應建立各自的 label taxonomy、尺度、混淆因子與外部測試，不可把 BLB 權重直接改名重用。

3. 感測器能力與不可觀測量

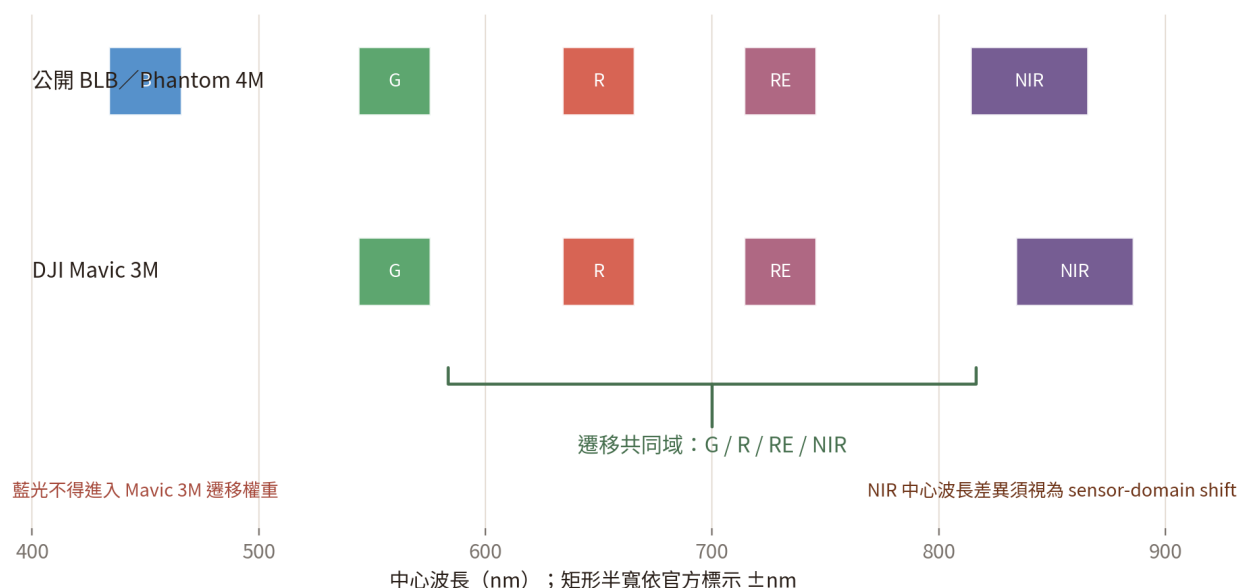
DJI 官方規格列出 Mavic 3M 的 20 MP RGB 相機，以及四個 5 MP 多光譜相機：G 560 ± 16 nm、R 650 ± 16 nm、RE 730 ± 16 nm、NIR 860 ± 26 nm。多光譜影像為 2592×1944 TIFF，RGB 最大影像為 5280×3956 。官方名目 GSD 公式為 RGB $H/37.2$ cm/px、多光譜 $H/21.7$ cm/px，H 以公尺計；30 m 約為 0.81 與 1.38 cm/px，50 m 約為 1.34 與 2.30 cm/px。名目像元尺寸不等於可辨認病斑大小，因為模糊、風、冠層遮蔽、正射重採樣與配準誤差會降低有效解析度。

Mavic 3M 沒有藍光多光譜、SWIR 或熱紅外。它不能重建需要窄波段高光譜的疾病指標，也不能直接量測葉溫或含水量。本研究使用的植生指標為：

- $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$
- $NDRE = (NIR - RE) / (NIR + RE)$
- $GNDVI = (NIR - G) / (NIR + G)$
- $RGB\ ExG = 2G - R - B$
- $RGB\ VARI = (G - R) / (G + R - B)$

這些是壓力與冠層特徵，不是 BLB 專屬生物標記。

感測器波段不是完全相同：跨感測器模型只保留共同波段



4. 公開資料稽核與權利界線

4.1 BLB UAV Dataset

Figshare 紀錄 [10.6084/m9.figshare.26955862.v3](https://figshare.com/records/10.6084/m9.figshare.26955862.v3) 採 CC BY 4.0，附件含原作者 notebook 與 Readme；Readme 指向公開 Google Drive 完整資料。本研究於 2026-08-04 列舉該資料夾，共觀察 11,144 個檔案：D1、D2、D3 各自包含 1,299 train、277 validation、281 test 影像，以及一一對應的 label。D1 為 B/G/R/RE/NIR，D2 再加 NDVI，D3 再加 NDRE。

本研究只在排除於發布包之外的暫存研究環境下載一組固定 D1 測試影像與遮罩、類別 CSV 及 notebook。檔案契約檢查通過：影像為 $256 \times 256 \times 5$ 、float32、值域位於 0-1；遮罩為 256×256 ，類別值落在 0-4。這只證明格式相容，沒有計算或宣稱模型效能。

4.2 空間洩漏風險

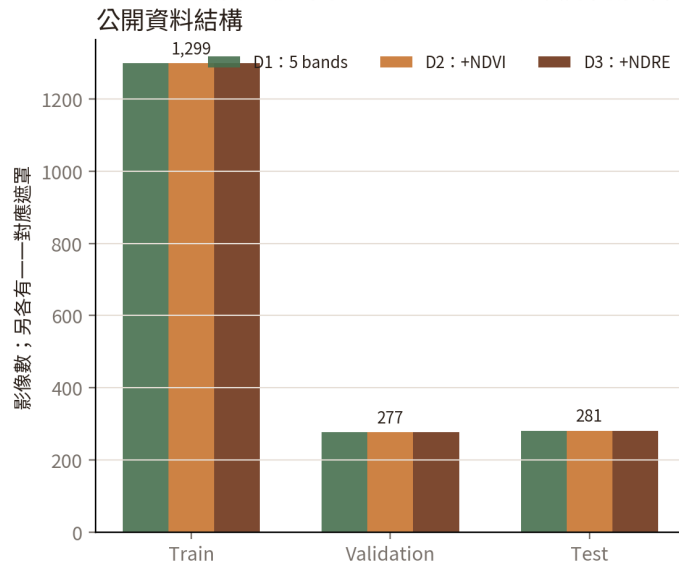
原論文方法明載：正射影像先用 256×256 、 128×128 overlap 切片，再按 70:15:15 分為 train/validation/test。公開資料未提供足以重新按 field、flight、date 群組切分的 manifest。由此可合理推論，相鄰且重疊的 patch 可能跨集合，造成空間相似性洩漏；這是方法風險判讀，不是指控其結果不實。原論文報告最高 mIoU 97.20% 與 mF1 98.56%，本研究只把它視為該資料切分內的結果，不轉譯為 Mavic 3M、臺灣或跨田區效能。

2026 年直接使用 Mavic 3M 的 BLB 研究報告，同分布測試 OA 92.3%，跨地理、年度、生育期與品種的獨立情境降為 80.0%；這個落差支持本研究把跨場域驗證列為必要升級閘門，而非附加分析。

4.3 其他候選資料

Zenodo [10.5281/zenodo.17008818](https://zenodo.org/records/10.5281/zenodo.17008818) 提供 Mavic 3M RGB+多光譜與稻穀變色分割遮罩，適合日後檢查 Mavic 3M 讀檔與配準；但該紀錄的 License 欄位在本次擷取時為空白，而且「稻穀變色」不是單一病原。因此，在取得明確權利條款前，本研究不重新散布、不納入公開訓練權重，也不把它當作 BLB 真值。

BLB UAV Dataset：公開總體結構與有限本地查核須分開解讀



本研究實際相容性查核

1 組 D1 影像—遮罩
+ 類別 CSV + 原作者 notebook

PASSED：256×256×5 float32
未計算任何模型效能

發布邊界

第三方 TIFF、完整 notebook、
Google Drive 鏡像不進研究發布包

保留 DOI、檔案雜湊與衍生查核結果

圖2 公開 BLB 資料的結構與本研究實際查核範圍。灰色區代表只做本地格式檢查，第三方原始影像不進入研究發布包。

5. 最低可行模型：先可稽核，再談深度網路

本研究把模型分為兩級。L0 是已實作的可稽核 baseline：每個 32×32 共註冊 patch 萃取 18 項特徵，以 class-weighted L2 logistic regression 估計「需複查」機率。模型、平均數、尺度、權重、閾值與 OOD 參數全部存成 JSON，避免不透明 pickle。L1 是未來在足量、跨田區且具有病理真值後才訓練的語意分割模型，可比較 U-Net/ResNet-34、U-Net++/EfficientNet-B0 或輕量 SegFormer，但不能在沒有真實資料時製造深度模型績效。

L0 的 18 項特徵包括 RGB 三通道平均、ExG、VARI、亮度變異與邊緣量，多光譜四通道平均，NDVI/NDRE/GNDVI 平均，NDVI/NDRE 變異，以及陰影、飽和比例。標準化後的模型為：

$$p(\text{review}) = \text{sigmoid}(\beta_0 + \sum \beta_j \times (x_j - \mu_j) / \sigma_j)$$

最佳化使用加權二元交叉熵與 L2 懲罰。權重的用途是驗證工程接口與形成可比較 baseline，而非證明這 18 項特徵足以辨認特定病原。

程式摘錄 | python

```
indices = {
    "ndvi": (nir - red) / (nir + red),
    "ndre": (nir - red_edge) / (nir + red_edge),
    "gndvi": (nir - green) / (nir + green),
}
features = [
    rgb_r_mean, rgb_g_mean, rgb_b_mean, exg_mean, vari_mean,
    brightness_std, edge_mean, green_mean, red_mean,
    red_edge_mean, nir_mean, ndvi_mean, ndre_mean, gndvi_mean,
    ndvi_std, ndre_std, shadow_fraction, saturation_fraction,
]
```

Fail-closed 病害疑似區篩檢管線

模型不控制飛行、不確診病原、不產生施藥處方；每個輸出都留下可查核 receipt。

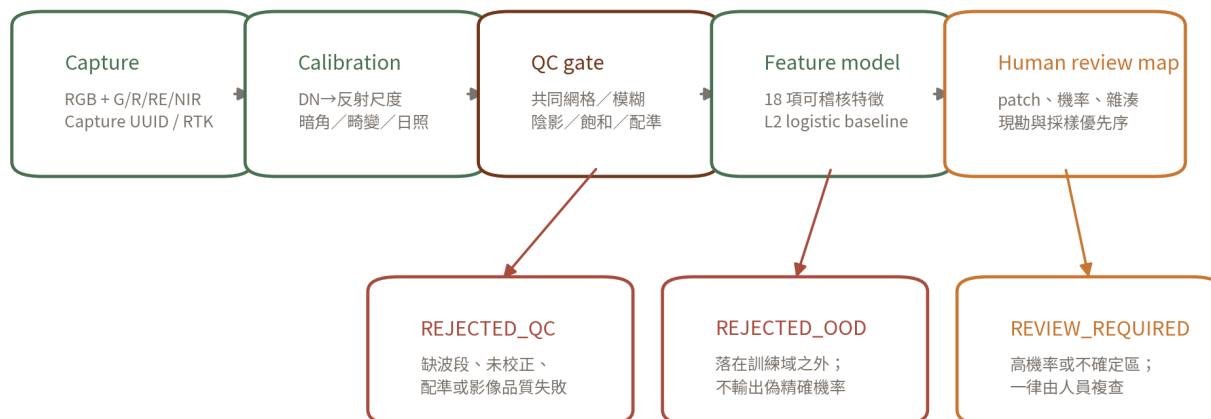


圖3 從原始 Mavic 3M 影像到人工複查區的 fail-closed 管線。任何必要品質條件失敗，流程立即拒絕輸出病害分數。

6. 品質、域外與不確定性拒判

模型先決策「能不能判」，再決策「是否需複查」。品質閘門檢查必要波段、有限值、共同網格、反射率尺度、共註冊 RMSE、陰影、飽和、模糊與必要 metadata。品質失敗輸出 REJECTED_QC。通過 QC 後，輸入特徵與訓練分布比較；超過 z-score 特徵比例或標準化 RMS 距離門檻時輸出 REJECTED_OOD。只有位於訓練域內才計算機率。

低閾值以下輸出 NO_FLAG；高閾值以上輸出 REVIEW_REQUIRED；兩者之間仍輸出 REVIEW_REQUIRED，並設 abstained=true，表示模型無法做出穩定方向。所有推論憑證固定包含：模型雜湊、輸入 ID、QC、OOD、機率、閾值、patch 座標、automationAuthorized=false、diseaseConfirmed=false 及 treatmentRecommendationPresent=false。

程式摘錄 | python

```
if not qc_passed:
    status = "REJECTED_QC"
elif outside_training_envelope:
    status = "REJECTED_OOD"
elif probability <= low_threshold:
    status = "NO_FLAG"
else:
    status = "REVIEW_REQUIRED"
    abstained = probability < high_threshold
```

這個設計刻意不提供「健康」「確診 BLB」或自動施藥命令。**NO_FLAG** 只表示本次合格影像沒有超過既定複查門檻，不代表沒有病害。

7. 資料切分與標註階梯

每個樣本的分組鍵為 **field_id + flight_id + capture_date**。程式先分配完整群組至 train、validation、test，之後才切 patch，並以自動測試禁止同一群組跨 split。正式田間資料使用五級真值：

層級	定義	可否作為正式病害效能真值
A_LAB_CONFIRMED	現地樣本由合格植物病理單位鑑定，具樣本編號、方法與日期	是，主要真值
B_EXPERT_SUSPECTED	專業人員依現地病徵判讀，尚無實驗室確認	僅次要／敏感度分析
C_FIELD_ANOMALY	現地可見異常，但病因不明	否，可作弱監督佇列
D_IMAGE_ONLY	只由影像產生的候選區	否，不得反過來證明模型
E_NON_DISEASE_STRESS	有證據支持積水、缺肥、藥害、倒伏等非病害因素	必須納入混淆負例
U_UNUSABLE	模糊、陰影、缺波段、配準失敗或位置不確定	排除並保留拒絕紀錄

模型 promotion gate 至少要求：跨田區 A 級真值、獨立日期測試、第二位標註者與裁決、無群組洩漏、校準曲線、非病害壓力誤報率、推論延遲與公開模型卡。任何一項缺失，狀態維持 **RESEARCH_ONLY**。

8. 合成工程驗證

為測試程式而非模擬真實病害，本研究用固定 seed 產生六個彼此獨立的 128×128 合成田區。每個田區包含正常冠層、合成病斑形狀、非病害混淆區、陰影與雜訊，並生成 RGB、G/R/RE/NIR、latent mask 及 capture manifest。以 32×32 patch 建立特徵資料，再以 field+flight+date 群組切分。測試集混淆矩陣與衍生數值只用來確認模型可以學習、序列化、載入與推論，不能引用為 BLB 或 Mavic 3M 田間準確率。

本次端對端執行產生 6 個合成田區、96 個 patch；以完整群組分配 4 個 train、1 個 validation、1 個 test，未偵測到群組洩漏。16 個合成測試 patch 的混淆矩陣為 TN=10、FP=0、FN=0、TP=6，Brier score=0.029232；這個近乎完美的簡化結果正顯示合成場景遠比真實田間容易，故只記為工程測試。對第六個合成田區推論時，系統產生 7 個 **REVIEW_REQUIRED** patch，其中 1 個落在雙閾值不確定區而 **abstained=true**；所有輸出維持 **automationAuthorized=false**、**diseaseConfirmed=false**，模型 promotion 狀態為 **RESEARCH_ONLY**。

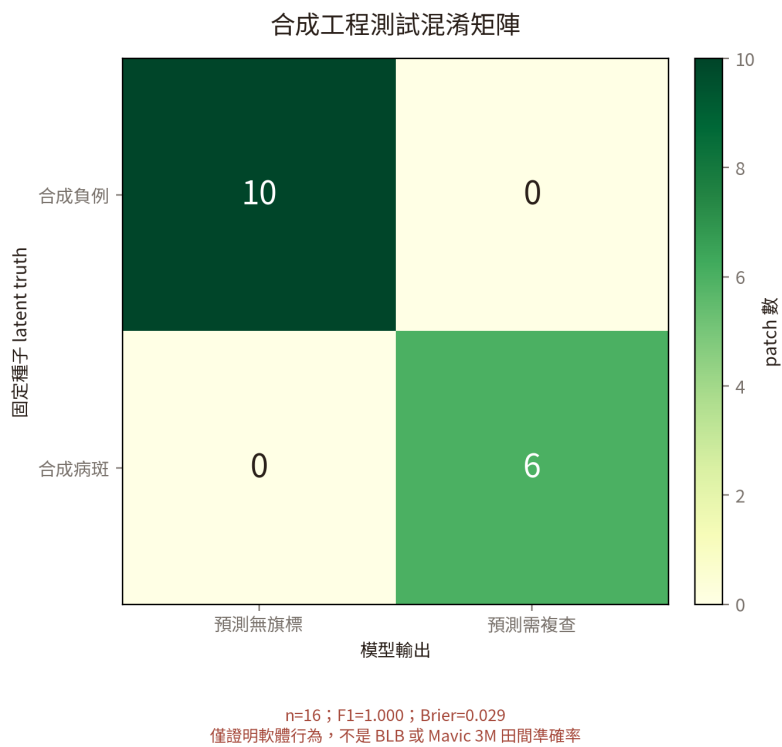


圖4 固定種子合成工程測試混淆矩陣。圖中所有數值只驗證程式行為，不是田間病害效能。

模型升級不是按版本號，而是按證據層級

任一必要證據缺失，promotionStatus 強制維持 RESEARCH_ONLY。



圖5 模型升級證據階梯。只有跨場域、具病理參考標準的獨立測試通過後，才可由研究原型升級為限定場域篩檢工具。

9. Mavic 3M 原始影像處理契約

DJI 官方 FAQ 與 Image Processing Guide 指出，Mavic 3M 原始多光譜照片是 DN 而非反射率，原始影像也未直接完成暗角校正。正式程式至少應：

1. 以 Capture UUID 確認 G/R/RE/NIR 屬於同一次拍攝；
2. 保存 RTK、時間、高度、姿態、曝光、增益、黑階與日照感測器資料；
3. 依官方 metadata 將 DN 正規化，做暗角與鏡頭畸變校正；
4. 以 Calibrated HMatrix 及影像特徵完成跨波段配準；
5. 使用校正板與日照資料建立可追溯反射率尺度；
6. 遮罩陰影、水、裸土、模糊、過曝、拼接縫與無資料區；
7. 記錄處理軟體、版本、參數、輸入及輸出 SHA-256；
8. 只有通過 QC 才計算植生指標與模型特徵。

跨日期資料應固定相近時段、航高、航向、重疊率與生育期紀錄。DJI 建議光線良好且太陽高度角不低於 30°；日照感測器被遮蔽、必要 metadata 無效、缺波段或配準失敗時，流程應 fail closed。

10. 臺灣前瞻性田間驗證

嘉義縣鹿草鄉可作為稻作場域候選情境，但本版本沒有地主同意、田界、飛航核准或採樣安排，因此不公開地號與精確座標，也不宣稱已選定場地。正式試驗建議至少納入四個田區、兩個日期、不同嚴重度與非病害壓力對照；單一田區只能證明場內工程可行性。

每個樣區至少記錄匿名田區 ID、品種、插秧日、生育期、灌溉、施肥、農藥與除草劑、病徵日期與部位、航高、風況、太陽高度角、相機與韌體、日照感測器、影像雜湊、採樣袋號、診斷方法、兩位標註者及 split。正式效能以 A 級真值為主，報告 sensitivity、specificity、precision、F1、PR-AUC、Brier/ECE、每公頃誤報區塊數、coverage-risk、病害面積 MAE/RMSE，以及以田區為抽樣單位的 bootstrap 信賴區間；不得把像素當成彼此獨立樣本。

預先成敗門檻應在取得資料前鎖定。例如：跨田區病害召回率下限、非病害壓力誤報率上限、校準誤差、可用影像比例、最大每公頃人工查核點數與處理時間。門檻未達時，結果仍應公開為負向或不確定結果，不得事後只調整閾值讓數字好看。

11. 飛航、個資與操作安全

Mavic 3M 最大起飛重量超過 250 g。自然人、法人、專業操作證、活動許可、禁限航區與地方限制應依實際持有人、任務地點與操作方式核對。基本作業須維持日間、目視、400 呎以下、避開人群與障礙物，並在每次任務前以民航局圖資查核實際田界。法人或公司業務操作不能以自然人一般休閒條件代替。

另須取得地主與耕作者書面同意，涵蓋進場、航拍、採樣、農務資料、保存期限及公開範圍。飛行應避開住宅、道路與人員；公開資料須移除姓名、電話、地號，模糊臉孔與車牌，精確座標只留在受控研究環境。模型分數不得直接觸發農藥、肥料或灌溉；任何處置須由合格人員結合現勘、標示與法規決策。

12. 工程實作與可重現性

原型以 Python、NumPy 與 Pillow 實作，不需要 GPU。CLI 包含 `fixture`、`validate`、`train`、`evaluate`、`predict` 與 `demo`。模型使用 JSON 序列化並驗證雜湊；資料、split、模型與每次推論皆保存 receipt。核心再現命令為：

程式摘錄 | bash

```
python -m pip install -r requirements.txt
python -m pytest -q
python -m m3m_disease demo --output outputs/demo --seed 20260804
python audit_external_blb_sample.py --source &private-temp&gt; \
  --output outputs/external-blb-sample-audit.json
```

公開發布包不得包含第三方完整 TIFF、原始 notebook、Google Drive 鏡像、精確農地座標或個資。應只包含作者程式、schema、合成 fixture、衍生檢查結果、來源 URL 與雜湊。BLB 資料即使為 CC BY 4.0，也應透過原 DOI 取得並遵守歸屬；未釐清授權的 Mavic 3M 候選資料不得重新散布。

13. 限制

第一，本研究沒有臺灣田間影像與病理真值，不能報告田間 accuracy。第二，合成場景雖含混淆區與陰影，仍遠比真實冠層簡單，合成模型權重沒有農學效度。第三，已查核的 BLB 公開資料來自 Phantom 4 Multispectral，NIR 中心波長與 Mavic 3M 不同，且缺少可重新群組切分的 field/date manifest。第四，公開資料的病害嚴重度以 subplot 比例形成類別，與單葉確診或自然感染的時間動態不同。第五，RGB 與多光譜解析度不同，共註冊誤差可能主導細小病斑特徵。第六，即使外部效能良好，光學相似仍不等同病原鑑定。

14. 結論與下一版決策

本研究完成的是一個「會說不知道」的無人機病害篩檢模型。它可以接受共註冊 RGB 與四波段反射率、建立 18 項特徵、按田區群組切分、訓練可稽核 baseline、拒絕低品質與域外資料，並輸出帶雜湊的人工複查清單。它不能確診 BLB，也不控制飛行或施藥。

下一版最有價值的工作不是增加模型層數，而是取得一個具同意與飛航條件的候選田區，完成校正航拍、非病害壓力對照、A/B 級地面真值及跨日期保留測試。若這一關不能通過，深度網路只會更精準地學到場地、日期或拼接特徵。若通過，才以本研究的 L0 baseline 為最低比較基準，訓練輕量分割網路並設計後續無人機巡航程式。

研究揭露、版本與更正

版本紀錄

- v0.1 | 2026-08-04 | 未公開內部草稿：研究設計、工程原型與合成測試初稿；未配置 DOI，未對外授權。
- v1.0 | 2026-08-04 | 公開工作論文：確認 DOI、CC BY 4.0 授權範圍、研究限制、重現性證據與發行封裝。

本研究為公開工作論文，未經外部同儕審查。正式 DOI 為 [10.5281/zenodo.21787704](https://doi.org/10.5281/zenodo.21787704)。公開版本不改變證據界線：目前只以合成資料驗證工程流程，尚未建立臺灣田間疾病診斷效能。

AI 使用聲明與作者責任

生成式 AI（OpenAI Codex）協助來源線索整理、研究程式、測試、語言起草、圖表與版面製作；AI 不列為作者。周秉漢負責研究問題、來源核對、方法選擇、結果解讀、公開決策與後續更正。

利益衝突

作者未接受 DJI、資料集作者、平台、農藥或無人機服務業者委託或資助。DJI 與 Mavic 僅用於識別研究設備；本研究與 DJI 或其他第三方不存在隸屬、合作、贊助、認可或背書關係。作者可能在未來提供網站、AI 或農業科技相關服務，並可能因本研究展示的工程能力間接受益。

研究範圍聲明與研究限制

本研究僅描述指定來源於標示擷取日期可觀察之公開資訊，並以合成資料驗證工程流程。「未觀察到」或「未揭露」不表示任何個人、企業或機構實際未提供能力、未遵守法令、品質較差或存在違法情形。本文不構成病原確診、農藥處方、食安、法規遵循、投資、醫療、法律或交易建議。合成測試數值不等於田間準確率，也不得用於宣稱特定設備、產品或服務優於其他方案。

第三方權利及授權聲明

版本 1.0 以 [Creative Commons Attribution 4.0 International](#) 公開，但 CC BY 4.0 僅適用於作者有權授權的原創分析、文字、研究程式及原創圖表。第三方名稱、商標、網址、資料、圖片、文字摘錄、文件及其他內容，仍依原權利人或來源授權條款使用，不因收錄於本研究而改以 CC BY 4.0 授權。

更正申請聲明

本研究依特定日期可取得的公開資訊製作。被提及之個人、企業、機構或權利人如認為資料有誤、已更新、缺乏必要脈絡或涉及權利問題，可提供具體來源寄至 handson0102@hotmail.com 申請更正。作者核實後將以新版本修訂並保留修訂紀錄；必要時將限制、替換或移除受影響內容。

參考文獻與官方資料

1. Logavito, G., Horanont, T., Thapa, A., Intarat, K., & Wuttiwong, K. (2025). Field-scale detection of Bacterial Leaf Blight in rice based on UAV multispectral imaging and deep learning frameworks. PLOS ONE, 20(1), e0314535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314535>
2. Logavito, G. et al. (2025). Bacterial Leaf Blight UAV Dataset and U-Net with ResNet-101 Code for BLB Detection, version 3. Figshare. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.26955862.v3>
3. Ma, H., Gui, Z., Jing, Y., Chen, D., Li, D., Shen, D., & Zhang, J. (2026). Field-Scale Detection of Rice Bacterial Leaf Blight Using UAV-Based Multispectral Imagery: Via Cross-Scale Sample-Label Transfer and Spatial-Spectral Feature Fusion. Remote Sensing, 18(6), 880. <https://doi.org/10.3390/rs18060880>
4. DJI Enterprise. DJI Mavic 3M Specifications. 擷取日期 2026-08-04. <https://enterprise.dji.com/mavic-3-m/specs>
5. DJI Enterprise. DJI Mavic 3M FAQ. 擷取日期 2026-08-04. <https://enterprise.dji.com/mavic-3-m/faq>
6. DJI. Mavic 3M Image Processing Guide. 擷取日期 2026-08-04. https://dl.djicdn.com/downloads/DJI_Mavic_3_Enterprise/20230829/Mavic_3M_Image_Processing_Guide_EN.pdf
7. 農業部農業試驗所。農作物病蟲害診斷服務與送件原則。擷取日期 2026-08-04. <https://www.tari.gov.tw/sub/content/index.asp?Parser=1%2C34%2C511%2C492>
8. 農業部臺南區農業改良場。水稻病害防治與病徵資料。擷取日期 2026-08-04. <https://kmweb.moa.gov.tw/knowledgebase.php?id=428037>
9. 交通部民用航空局。遙控無人機一般操作規定、自然人與法人問答及活動區域圖。擷取日期 2026-08-04. <https://www.caa.gov.tw/Article.aspx?a=2430&lang=1> ; <https://www.caa.gov.tw/Article.aspx?a=3005&lang=1> ; <https://www.caa.gov.tw/Article.aspx?a=3006&lang=1> ; <https://drone.caa.gov.tw/>
10. Nguyen, V. H., Le, D. C., Le, P. T., & Bui, P. T. M. (2025). GD-RGBMS-DB: UAV RGB and Multispectral Dataset for Rice Grain Discoloration Segmentation. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17008818> (本次擷取時 License 欄位空白，未納入發布資料或訓練權重。)
11. International Rice Research Institute. (2013). Standard Evaluation System for Rice, 5th edition. <https://www.irri.org/resources-and-tools/publications>
12. U.S. Geological Survey. NDVI, the Foundation for Remote Sensing Phenology. 擷取日期 2026-08-04. <https://www.usgs.gov/special-topics/remote-sensing-phenology/science/ndvi-foundation-remote-sensing-phenology>