



乳牛腳蹄運動評分AI影像辨識系統

李佳馨⁽¹⁾ 王科翔⁽²⁾ 丁文宏⁽²⁾ 黃妃平⁽²⁾ 王思涵⁽¹⁾ 蕭振文⁽¹⁾

⁽¹⁾農業部畜產試驗所北區分所

⁽²⁾工業技術研究院智慧感測與系統科技中心



■ 前言

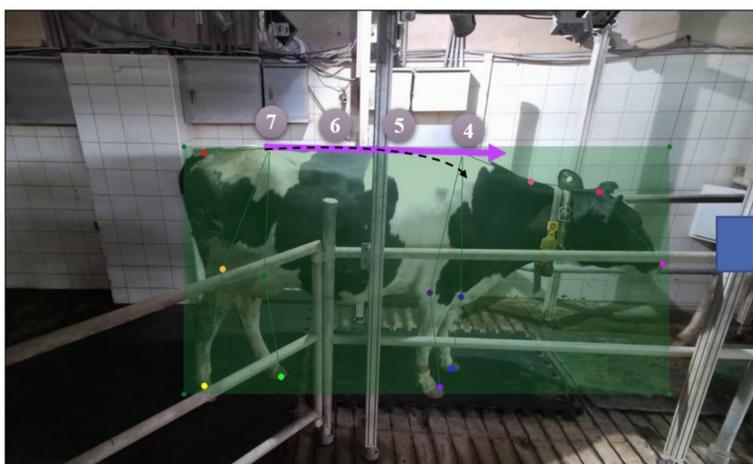
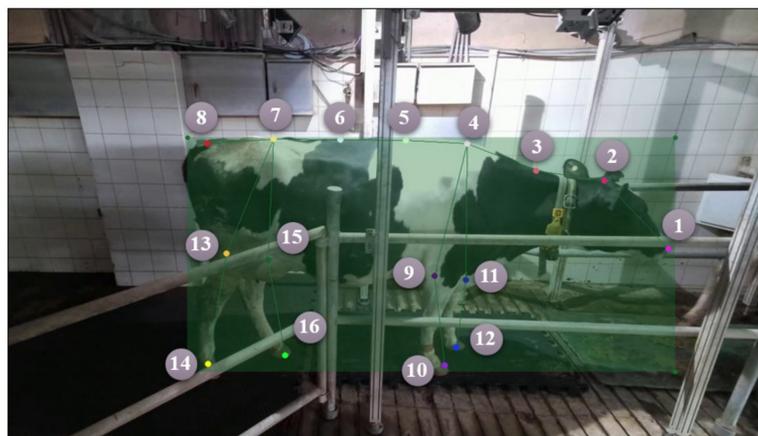
乳牛蹄病長期以來是影響酪農產業的主要健康問題之一，對乳牛的泌乳表現、繁殖效率及生存年限均具有顯著影響。研究顯示，蹄病為乳牛淘汰的第三大原因，僅次於繁殖障礙與乳房炎。傳統上，跛行評估多依賴酪農或獸醫以目測方式進行，然而此方法存在主觀性高、評分標準不一致及需耗費大量人力等限制，特別是在跛行初期往往不易察覺，進而延誤治療時機。隨著資訊科技與人工智慧（AI）的快速發展，如何發展自動化與標準化的乳牛健康監測方法，已成為畜牧領域的重要研究課題。本研究結合3D影像感測與深度學習技術，建構乳牛跛行嚴重程度的辨識模型，期望能於日常牧場環境中自動化進行跛行偵測，提供早期預警機制，以降低乳牛淘汰率並提升整體生產效能。

■ 材料與方法

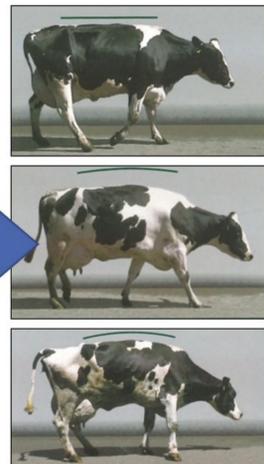
本研究於乳牛日常行走的擠乳通道側面架設3D攝影機，視野涵蓋約5公尺的行走距離，以完整捕捉乳牛拱背及蹄部運動特徵，並精準記錄其行走過程中的三維動態資料。系統透過乳牛骨架關鍵點AI模型，鎖定背部與臀部（第4至7點）輪廓，以反映站姿與步態變化。再結合專家評分，建立跛行分類資料庫，作為模型訓練基礎。最終，模型能依據背部輪廓變化自動判定拱背程度，並將跛行程度區分為正常、輕微與嚴重三類，提供精確的跛行偵測與分級結果。

■ 16個關鍵標記點：

- | | |
|--------|-----------|
| 1. 鼻尖 | 9. 右前腿根部 |
| 2. 頭頂 | 10. 右前蹄 |
| 3. 頸部 | 11. 左前腿根部 |
| 4. 肩隆 | 12. 左前蹄 |
| 5. 前脊椎 | 13. 右後腿根部 |
| 6. 後脊椎 | 14. 右後蹄 |
| 7. 薦骨 | 15. 左後腿根部 |
| 8. 尾椎 | 16. 左後蹄 |



根據專家判定牛隻的跛行分數+實際標記是取出骨架點4~7之間的乳牛邊緣輪廓點進行AI模型訓練。



專家判定跛行分數程度1~3

■ 結果與討論

骨架定位模型的驗證顯示，其整體準確率達95.78%（±3.76%），且在不同拍攝日間的準確率維持於90%至99%之間，證實模型具備穩定的骨架特徵辨識能力，並能適應複雜牧場環境。跛行分類模型則以50天收集的資料進行訓練與測試，訓練樣本包含6,155筆，測試樣本涵蓋37天，共19,571筆。結果顯示，整體分類準確率為83.55%（±1.75%）。其中，正常步態的辨識效果最佳；而輕微與嚴重跛行因樣本數量僅為正常的約十分之一，導致模型在此類別的判別上仍有部分誤判。然而，模型在不同測試日的準確率波動不大，穩定維持於82%至87%之間，顯示其具備實際應用之穩定性與可行性。



乳牛骨架關鍵點

乳牛邊緣輪廓點

跛行拱背特徵

乳牛骨架關節標記資料庫(共8日)

資料庫編號	日期	測試數	預測正確率
1	2024/04/19	756	
2	2024/04/29	601	
3	2024/05/09	379	97.10%
4	2024/05/20	386	99.48%
5	2024/05/21	227	89.87%
6	2024/05/22	69	92.75%
7	2024/05/24	49	95.92%
8	2024/05/25	77	90.92%
總計		1187	95.78%

乳牛跛行分類標記資料庫(共50日)

資料庫編號	日期	測試數	預測正確率
1	2024/05/20~2024/05/30	492	
2	2024/06/20~2024/06/30	1121	
3	2024/07/01~2024/07/10	4542	
4	2024/08/01~2024/08/10	1323	83.52%
5	2024/08/11~2024/08/20	5242	85.16%
6	2024/08/21~2024/08/31	3510	86.50%
7	2024/09/01~2024/09/10	2100	83.57%
8	2024/09/11~2024/09/20	1845	81.57%
9	2024/09/21~2024/09/30	2588	81.76%
10	2024/10/01~2024/10/10	2565	83.74%
總計		19571	83.55%

■ 結論

本研究結合3D影像感測與AI模型，建立乳牛跛行監控技術，能在牧場日常環境中自動化辨識乳牛的步態異常。骨架定位模型已達到高精準度（95.78%），跛行分類模型亦達到可應用水準（83.55%），能有效區分正常與異常步態，並提供管理者即時預警。此系統的導入可降低酪農對人工目測的依賴，減少勞力需求與判讀差異，並有助於早期發現蹄病，提升治療成功率與乳牛生產效益。隨著資料庫持續擴充與模型優化，預期跛行辨識的準確率將進一步提高，未來亦可與乳牛體態評分、泌乳量監測等資料整合，建立完整的乳牛智慧化健康管理平台。

■ 致謝

本研究獲得農業部科技司與經濟部產業技術司經費補助支持。