

建置實驗動物人道管理自動辨識監測數據系統

林文華*¹、張春梵*²、張文杰³、郭曉芸¹、林勇成¹、陳朝欽⁴、高成炎³、趙磐華¹

¹行政院農業委員會家畜衛生試驗所

²中國文化大學動物科學系

³台灣大學生物醫學與電子資訊研究所

⁴清華大學資訊學系

摘要 建置實驗小鼠籠組自動收集射頻識別與感測數據整合系統係由台大資工無線感測網絡團隊設計開發，硬體系統包括射頻識別感測影音與飲量體溫體重跑輪，應用軟體包括感測數據統計分析採用 MatLab 程式語言開發，控管介面與資料庫採用 Delphi/Java 程式語言開發，數據自動登錄與統計分析探採至少同步處理八隻小鼠的有效閾值範圍數據登錄。運用本項準無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統，小鼠研究全程 31 日自動登錄密集數據顯示整體於不同情境的單日表現可見高度變異，個體於不同情境相同社群的單日表現亦見高度變異，推論傳統小鼠實驗誤差因子可能存在日間短期實施對於實驗小鼠的逢機日期晝夜顛倒高度緊迫，本項準無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統適為初版解決方案，兼顧同時減輕實驗動物與研究人員的雙方緊迫程度，助益達成實驗動物人道管理基礎目標之最佳數據與最善管理，高度提升鼠隻實驗檢測安全性與數據品質有效性。

關鍵詞： 實驗小鼠，射頻識別，感測數據，自動登錄，整合系統。

緒言

國內實驗動物科學加速逼近國外歐美科技水準，安全硬體實驗操作動物設施及有效軟體資訊錄用飼養管理，分別為實驗動物健康的必備要件以及試驗研究成功的效能要件。符合需求的研發趨向建置低度緊迫的動物福利人道管理飼養環境，提升實驗安全性與結果有效性；規劃對策目標包括個體辨識的無線射頻識別標籤，生物參數的體重體溫脈搏呼吸，行為事件的給藥處理活動影音，與資料分析的無線感測紀錄探採。

自動辨識監測數據系統的實驗動物人道管理新型需求，對於相同遺傳性狀與明確健康狀態的實驗動物，期望實驗過程準無緊迫操作的管理目標規格，朝

向穩態健康維持與常態生理數值的自動監測紀錄，避免動物緊迫導致生理異常的錯誤數值。自動監測紀錄涵蓋個體識別與管理照護的健康監測與醫療實驗，動物籠組結構的群獨飼養設計注重個體空間需求與環境門禁控管，隔離箱式環境的物理化學與生物遺傳危害避免，符合實驗鼠隻種系特徵夜行習性的領土侵略行為，以及溫溼換氣與照明噪音控管。

實驗動物人道管理整合系統的自動辨識監測紀錄，使用合法品管監測來源實驗核可鼠隻，搭配傳統式與電子式識別標籤實施個體群籠種系識別，操作準無緊迫型式自動例行監測溫溼通風照度晝夜與體重體溫飼料飲水與體型運動領土階級；併用傳統式與電子式動物標識卡登錄基本資料與紀錄實驗數據，種系

*抽印本索取作者

行政院農業委員會家畜衛生試驗所

日齡性別數量與貨源簽收研究人員，以及試驗設計核可字號與即時更新群籠紀錄。

實作設計建置實驗小鼠人道管理整合系統的籠舍隔離箱符合操作有效與材質安全，實驗小鼠體重 10, 15, 25 公克四段區間分別空間需求為 40, 52, 77, 97 立方公分，常見實驗小鼠市售籠舍規格 19*29*12.7 立方公分容納飼養密度 4~11 隻，高度需求為 12.7 公分。飼育籠具設計便於每日換新飲水飼料與排程換洗清潔消毒，個體識別確認與無線自動測錄運用射頻識別標籤與無線感測元件，整合系統效能長期密集自動感測與無線數據紀錄，建置自動運作系統平台與資料錄存探採技術，達成實驗動物人道目標的最佳數據與最善管理。

身份辨識的無線射頻識別標籤(RFID)追蹤方面，配置動物辨識標記與建置無線讀取儀器與設置無線讀取傳輸匯載資料庫，常見應用於經濟動物精準動物畜殖(Precision Livestock Farming)，兼具動物識別追蹤路徑與社群層級轄地評估的實用價值(Sallvik & Oostra, 2005; Harms et al., 2005; Spiessl-Mayr et al., 2005)。試驗鼠隻與試驗兔隻等實驗動物隔離櫥籠系統約 100 籠每櫥，執行自動感應科學型式人道個別管理以及特殊層級試驗型式隔離在位確認，例如嚴格管制脫逃的高傳染性案例。

生物參數的體重體溫脈壓呼吸(TWPR)感測方面，理想建置體重體溫脈壓呼吸等生物活體特徵的無線感測儀器，並整體設置無線讀取傳輸匯載資料庫，基本功能建置體重體溫部分，先端功能增益脈壓呼吸部分。實驗動物體型較小容易使用內建近距離測的個體識別磅秤與紅外線體溫儀，經濟動物豬隻雞隻亦可使用個體識別欄柵磅秤甚至個體影像估測體重(Rydberg and Gilbertsson, 2005; Vranken et al., 2005)。

行為事件的給藥處理活動紀錄(DPAT)影音方面，實驗動物飼養鼠籠的活動影音包括門禁鎖控給藥處理，跑步滾輪運動活力，與人工照度晝夜控制。門禁鎖控給藥處理建置藥物劑量高中低無四組通道，跑步滾輪運動活力建置轉速時間運動份量自動紀錄，人工照度晝夜控制建置晝夜週期預定時程自動調控。影

音紀錄應用領域涵蓋估測體重體型肉質與反映行為社群層級，應用趨向涵蓋追蹤識別定義譯讀與註解蒐尋統計探採(Leroy et al., 2005; Schofield et al., 2005)。

資料分析的無線感測紀錄探採(WSRM)演算方面，準無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統涵蓋硬體系統資料登錄與分析探採即時呈現，管理系統資訊軟體操控感測系統儀器硬體，實驗動物高中低無四組處理至少八隻的有效閾值範圍登錄數據，建置選取晝夜時辰全半時刻的即時呈現統計比較。仿效精準動物畜殖的資訊管理系統，乳品生產管理系統運用累加統計控管曲線圖提前檢出因應異常改變(Eastwood et al., 2005; Engler et al., 2005)。

本篇研究報告設計與使用無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統，實驗進行咖啡與噪音在於晝夜時段分別處理的相關數據統計比較探討，涵蓋體重體溫與飲水進食與運動份量，藉以評估準無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統的實用效能。

咖啡飲料所含咖啡因促進中樞神經刺激與運動活力提昇，阿茲罕默症的罹患延緩或風險降低，肝臟-SH 內容物與 GST 活性微緩增加的對抗基因毒性能力，成人每日咖啡因攝食量應低於 300 毫克係由消費者保護委員會建議。噪音緊迫的鼠類壓力通常由於實驗操作維持低於 65db 與高於 85db 導致，比較鼠類聽覺音域 200Hz~90kHz 與人類 16Hz~20kHz，顯示鼠類低頻遲鈍與高頻超佳，再者，鼠類頰鬚剛毛連接發達神經系統的微幅顫動發出高頻回波辨識位置，鼠類嗅覺細胞千種組合無數辨識氣味種類遠勝人類，完全彌補鼠類視覺夜行習性近視色盲的避難覓食缺陷。飲水份量相關因素主要包括運動活力與生理代謝，生理機能的腎臟水分回收能力由低至高排序為實驗鼠隻、褐溝鼠、黑鼠、與家鼯鼠，然而，鼠類飲水通常具備飲足儲水習性，突發禁水耐受能力輕易可達半日。進食份量相關因素包括運動活力與社群層級，進食多寡消化代謝所需水分亦影響飲水份量，依據品種每日餵食建議飼料量 PMI 為充分供給小鼠 4~5 克、倉鼠 10~14 克、與大鼠 12~35 克。

材料與方法

實驗小鼠籠組自動收集射頻識別與感測數據整合系統與資料庫

實驗小鼠籠組自動收集射頻識別與感測數據整合系統硬體規格與軟體介面如圖一與表一，係由台灣大學資工學系無線感測網絡團隊設計開發，硬體系統整體籠組與籠具模組尺寸規格分別為 36.0 x 38.0 x 40.0 與 17.5 x 38.0 x 19.5 立方公分。實驗小鼠籠組感測系統包括動物辨識標記無線讀取儀器與影音系統，控管軟體使用者介面與數據資料庫採用 Delphi 與 Java 程式語言開發。

實驗動物小鼠

實驗動物小鼠體重雌雄不拘共計 10 隻，經動物實驗管理小組核可，購自國家實驗動物中心，小鼠成鼠平均值體重 10~30 公克，體長 6~10 公分，與尾長 7~11 公分，統進統出運用本項系統進行實驗與自動數據收集，個別小鼠分別於皮下植入活體動物專用射頻識別 RFID 電子標籤，其內部動物識別編碼如示：[00000- ???????- 0900-032000000 nnn]，編碼 nnn 部分代表個別動物序號分別為 094, 109, 110, 351, 352, 360, 402, 431, 446, 447 (ISO, 1996a; ISO, 1996b)。

實驗設計排程

小鼠 RFID 無線射頻系統監測數據建立實驗設計細節參閱排程簡表如表二，實驗小鼠籠組之自動收集射頻識別與感測數據整合系統的實驗規劃，包括飲用量、活動區域、體溫、體重、與跑輪運動份量。並且增益於晝夜情境的咖啡飲用實驗與聲音緊迫實驗，進行前述數據登錄期間 11/16~12/16 的小鼠實驗觀察與自動數據收集，飲用量登錄於表二。

咖啡飲用實驗

咖啡飲用實驗規劃晝夜二批分別連續進行三日，逐日分別使用 1/4，1/2，與 1/1 的不同稀釋倍數提供小鼠任飲半日，咖啡任飲實驗前執行嚴格禁

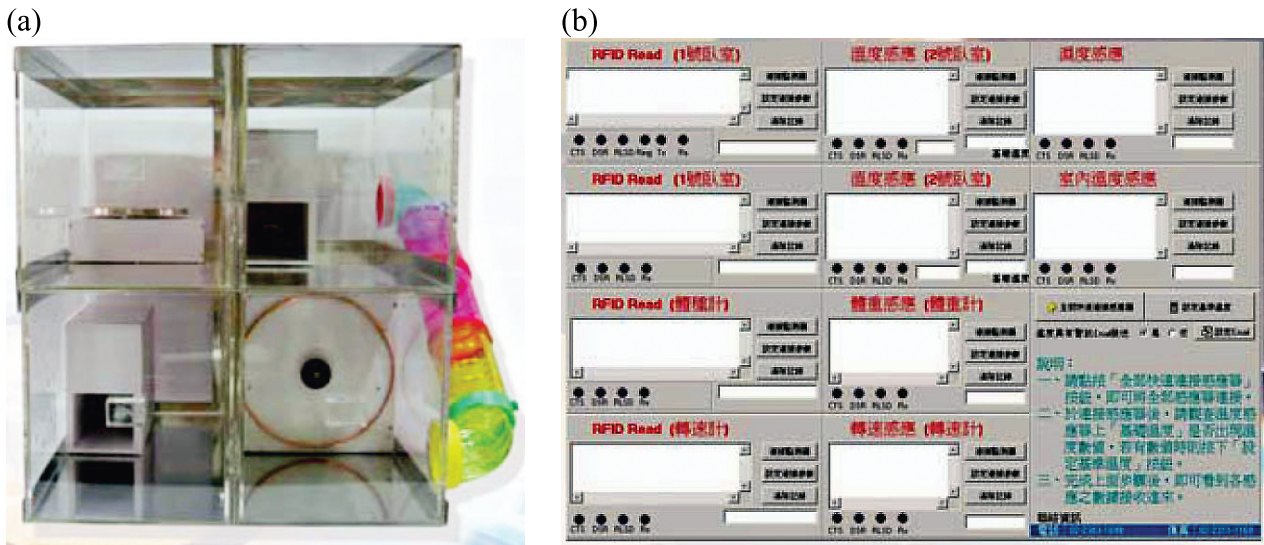
水禁食半日，實驗小鼠籠組之自動收集射頻識別與感測數據，包括飲用量、活動區域、體溫、體重、與跑輪運動份量；小鼠的咖啡因致死劑量約每公克體重 0.2~0.5 毫克，小鼠的成鼠體重中值 20 公克換算的成鼠個體咖啡因致死劑量共計約 7.0 毫克。咖啡飲料來源為每日購買現製星巴克 16 盎司大杯鮮乳咖啡，合計 473.6 毫升約含 372 毫克咖啡因，換算每百毫升約含咖啡因 78.55 毫克。咖啡因參考劑量方面，消保員會建議成人個體每日咖啡因攝取量應低於 300 毫克。

聲音緊迫實驗

聲音緊迫實驗規劃晝夜二批分別連續進行二日，逐日分別使用半音量與全音量的不同功率倍數干擾小鼠半日，播聽內容分別安排 FM99.7 古典音樂電台與 FM100.7 美語社區電台，聲音緊迫實驗前無需執行嚴格禁水禁食。實驗小鼠籠組之自動收集射頻識別與感測數據，包括飲用量、活動區域、體溫、體重、與跑輪運動份量。鼠類聽覺低頻遲鈍與高頻超佳，聽覺音域鼠類 200Hz~90kHz 相較人類 16Hz~20kHz，維持低於 65db 與高於 85db 通常導致鼠類的噪音緊迫壓力。

實驗小鼠籠組射頻識別與感測數據分析軟體

實驗小鼠籠組射頻識別與感測數據分析軟體採用 MatLab 程式語言開發。管理系統資訊軟體操控感測系統儀器硬體，感測系統數據資料登錄與分析採探數據，至少處理八隻實驗動物的有效閾值範圍數據登錄，建置選取晝夜時辰全半時刻的統計比較，增益功能開發即時呈現。數據分析伺服器作業系統微軟 Vista 與記憶體 1.0 GB，使用頻率 2.0GHz 雙重單元 Intel(R)中央處理器 Pentium(R) E2180。自動登錄 11/16~12/16 全程數據的計算分析耗用時間約為 493.795995 秒。



圖一、實驗小鼠籠組自動收集射頻識別與感測數據整合系統：(a)實體建置；(b)軟體介面。硬體系統整體與模組籠具尺寸規格分別為 36.0 x 38.0 x 40.0 與 17.5 x 38.0 x 19.5 立方公分。控管軟體採用 Delphi 與 Java 程式語言開發使用者介面與數據資料庫。

表一、實驗小鼠籠組自動收集射頻識別與感測數據系統整合設計

	品項	數量	功用效能規格
A	小鼠飼養籠櫃軌式模組感測系統： 體溫、體重、跑輪、窩室影音	1 組	整體籠櫃尺寸規格 36.0 x 38.0 x 40.0 立方公分。 模組籠櫃尺寸規格 17.5 x 38.0 x 19.5 立方公分。
	室內溫度濕度感測器模組	2 組	室內溫度濕度感測器模組
	個體射頻識別 RFID 標籤	10 組	尺寸規格 2.12 x 12.00 公釐，編碼系統 15 位碼。
	個體射頻識別 RFID 標籤無線讀取機	4 組	符合活體射頻識別標籤規範 ISO11784/11785。
1	個體溫度及識別感測器體溫模組 紅外線 IR 無線測溫型式	2 組	範圍-20~650°C，解析度 0.1°C 或 1.0°C，解析度 0.1°C 或 1.0°C， 準確度讀數±3%或± 3°C (5°F)。
2	個體重量及識別感測器體重模組	1 組	範圍 0.1~500 公克，解析度 0.1 公克，準確度讀數± (0.2% + 2 位數)。
3	個體運動及識別量測器跑輪模組 非接觸式無線感測	1 組	範圍 5.0~99999 RPM，解析度 0.1 RPM，準確度讀數± (0.1% + 1 位數)，數值讀取位數 5 位數。
4	個體影音及識別感測器窩室模組 活動影音即時監測晝夜紀錄存檔	2 組	解析度 400 TV lines，掃描頻率 PLA/CCIR 50Hz 與 NTSC/EIA 60Hz，最低照度 0.0 燭光紅外線攝影。
B	彙整收集器與系統控管軟體：		系統控管軟體開發使用 Delphi/Java 程式語言，包括數據資料庫。
1	監測訊號數據資料蒐集器	1 組	尺寸規格 40 x 29 x 10.5 立方公分，電源供應器 AC 120V 與 50/60 Hz。
2	影音數據 Video/WAV 收集器	4 組	影音 IR 模組容量 9 組，解析度 640x480, 320x240, 160x120， 快速乙太網介面 10/100M。
3	感測器與個人電腦 RS232 連接頭	14 組	感測器連接頭數量：溫度 2、體重 1、跑輪 1、窩室影音 2、標 籤讀取 4、溫濕度 2。
4	監測訊號數據自動紀錄分析軟體	1 組	自動紀錄與分析軟體開發分別使用 Delphi/Java 及 MatLab 程式 語言。

表二、小鼠 RFID 無線射頻系統監測數據之實驗設計表與飲用量紀錄

第一週	序	星期	實驗設計 說明	系統功用 備註	日間餘液 mL AM8~PM8	日間 飲量	夜間餘液 mL PM8~AM8	夜間 飲量
11/15		Thu						
11/16	1	Fri		儀器正常	120~90	30	90~38	52
11/17	2	Sat		儀器正常	120~86	34	86~31	55
11/18	3	Sun		儀器正常	120~98	22	98~42	56
第二週	序	星期	實驗設計	系統功用	日間餘液 mL	飲量	夜間餘液 mL	飲量
11/19	4	Mon		儀器正常	120~100	20	100~23	77
11/20	5	Tue	夜間鮮奶咖啡稀釋 4x	儀器正常	禁水	0	120~20	100
11/21	6	Wed	夜間鮮奶咖啡稀釋 2x	儀器正常	禁水	0	120~25	95
11/22	7	Thu	夜間鮮奶咖啡稀釋 1x	儀器正常	禁水	0	120~58	62
11/23	8	Fri		儀器正常	禁水	0	120~52	68
11/24	9	Sat		儀器正常	120~101*	19	101~40	61
11/25	10	Sun		儀器正常	120~100*	20	100~42	58
第三週	序	星期	實驗設計	系統功用	日間餘液 mL	飲量	夜間餘液 mL	飲量
11/26	11	Mon	夜間 FM99.7 古典樂台收聽半音量	儀器正常	120~100*	20	100~39	61
11/27	12	Tue	夜間 FM99.7 古典樂台收聽全音量	儀器正常	120~100	20	100~41	59
11/28	13	Wed		體重計故障	120~96	24	96~26	70
11/29	14	Thu	夜間 FM100.7 美式電台收聽半音量(-)	體重計修復	120~93	27	93~25	68
11/30	15	Fri	夜間 FM100.7 美式電台收聽全音量(-)	體重計故障	120~95	25	95~30	65
12/01	16	Sat			120~100*	20	100~28	72
12/02	17	Sun			120~103	17	103~31	72
第四週	序	星期	實驗設計	系統功用	日間餘液 mL	飲量	夜間餘液 mL	飲量
12/03	18	Mon			120~101	19	101~44	57
12/04	19	Tue			120~88	32	88~31	57
12/05	20	Wed			120~86	34	86~36	50
12/06	21	Thu		體重計修復	120~93	27	禁水	0
12/07	22	Fri	日間鮮奶咖啡稀釋 4x	體重計失靈	120~42	78	禁水	0
12/08	23	Sat	日間鮮奶咖啡稀釋 2x		120~63	57	禁水	0
12/09	24	Sun	日間鮮奶咖啡稀釋 1x		120~74	46	禁水	0
第五週	序	星期	實驗設計	系統功用	日間餘液 mL	飲量	夜間餘液 mL	飲量
12/10	25	Mon	日間 FM99.7 古典樂台收聽半音量		120~37	83	37~12	25
12/11	26	Tue	日間 FM99.7 古典樂台收聽全音量(-)	體重計失靈維修失敗	120~85	35	*85~30	55
12/12	27	Wed			120~70	50	*70~38	32
12/13	28	Thu	日間 FM100.7 美式電台收聽半音量	滾輪脫落	120~91	29	91~39	52
12/14	29	Fri	日間 FM100.7 美式電台收聽全音量	滾輪修復	120~86	34	86~23	63
12/15	30	Sat			120~88	32	88~12	76
12/16	31	Sun			120~92	28	92~35	57

說明：

- 1.常態監測預設給予法：實驗鼠正常飲水飲食。監測試驗場所「全部暗黑」處理。
- 2.試驗監測：鮮乳咖啡(星巴克 Latte)稀釋 4x、2x 及 1x。收聽 FM99.7 Classical, FM100.7 ICRT。(-)未實施。

結果與討論

實驗動物小鼠人道管理 RFID 無線射頻感測系統實施 10 隻小鼠準無緊迫方式監測數據自動收集，小鼠統進統出體重雌雄不拘，依據表二實驗設計細節進行 11/16 ~ 12/16 期間無線射頻感測系統的小鼠實驗觀察與數據自動登錄，所得實驗數據於表二合併實驗設計細節展示晝夜間飲用量。整體而言，小鼠準無緊迫方式監測數據的飲用量與夜行性相符，圖二顯示小鼠晝夜間飲用量明顯差異，所得數據顯示通常夜飲用量約介於 55 ~ 70 毫升與晝飲用量約介於 15 ~ 30 毫升。再者，咖啡刺激興奮活動代謝作用似與飲用量相符，晝或夜間禁水半日後鮮乳咖啡任飲可見晝夜飲用量明顯差異，依序使用鮮乳咖啡稀釋倍數 4, 2, 1, (水)分別獲得數據為夜飲用量 100, 95, 62, (68)毫升與晝飲用量 78, 57, 46, (83)毫升；禁水晝夜飲用量分別明顯高於常態晝夜飲用量，可能顯示小鼠飲足儲水習性，晝或夜間禁水半日對於小鼠未見嚴重健康危害，此項飲用量數據分析的增益功能版本朝向開發比對個體飲用頻率與活動區域能力。

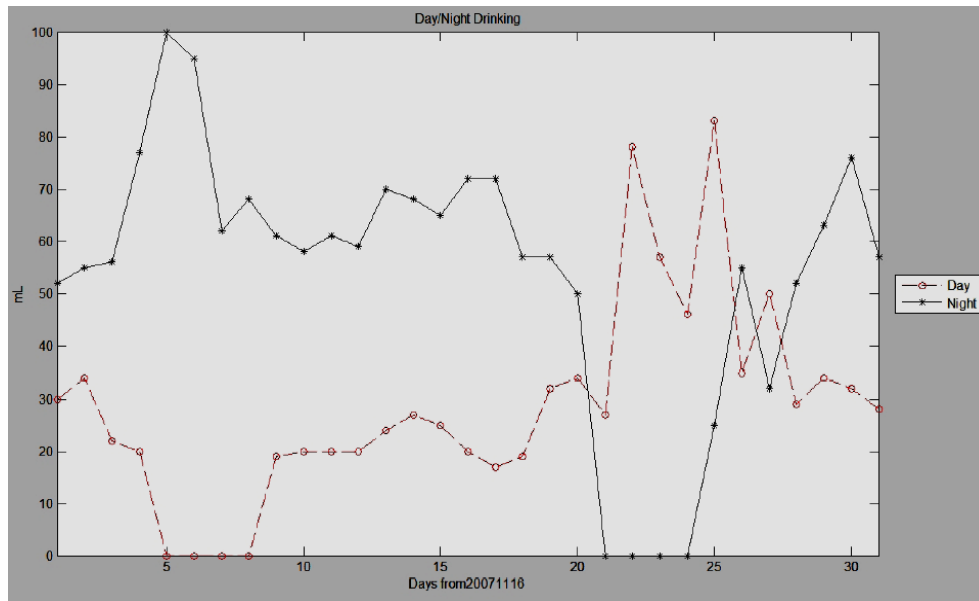
小鼠 10 隻準無緊迫方式自動登錄收集小鼠 RFID 無線射頻整合系統的射頻識別與監測數據，採用實驗初始日 2007-1116 單日數據總數列表展示於表三，整體小鼠處於全新環境階段獲得單日總數 1367 筆自動登錄的個體相關感測數據，包括：(a) 體溫 53 筆平均值 31.9°C，(b) 體重 770 筆平均值 39.5 公克，與 (c) 跑輪次數 544 筆平均輪速 531rpm。整體統計單日呈現最高活動力的小鼠 352 號感測總數 283 次最高，反映跑輪次數 197 次與平均輪速 779rpm 均屬最高，體溫量測次數近似飲水次數的 17 次數亦為最高，體溫量測次數近似飲水次數係基於體溫感測器設置於量測飲用姿勢拉高軀體的小鼠頭部。

本項研究目標的準無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統涵蓋資訊軟體操控感測與資料分析探採呈現，實驗動物小鼠至少八隻同籠涵蓋高中低無四組處理的有效閾值範圍自動登錄數據，初版包括量測總數、體溫飲用感測數與體重感測數、與跑輪次數均速

感測值，新版包括個體飲用頻率與活動路徑地域與跑輪運動份量，建置選取晝夜時辰全半時刻的即時呈現統計比較。

本項研究開發軟體計算分析實驗全程 11/16~12/16 全部數據的量測總數、體溫飲用感測數與體重感測數、以及跑輪感測數與均速，耗用時間約為 493.795995 秒。數據分析結果以單日平均值的全程統計圖展示，橫軸為實驗進行全程 11/16~12/16 依序日數如表二所示，縱軸依序為圖三之感測單日總數、圖四的體溫單日均值、圖五的體重單日均值、與圖六的跑輪單日均速等，所有數據的全程展示採用個別曲線追蹤呈現全數 10 隻小鼠的個體數值，射頻標籤識別序號分別為 094, 109, 110, 351, 352, 360, 402, 431, 446, 447。

建置實驗動物人道管理自動辨識監測數據系統

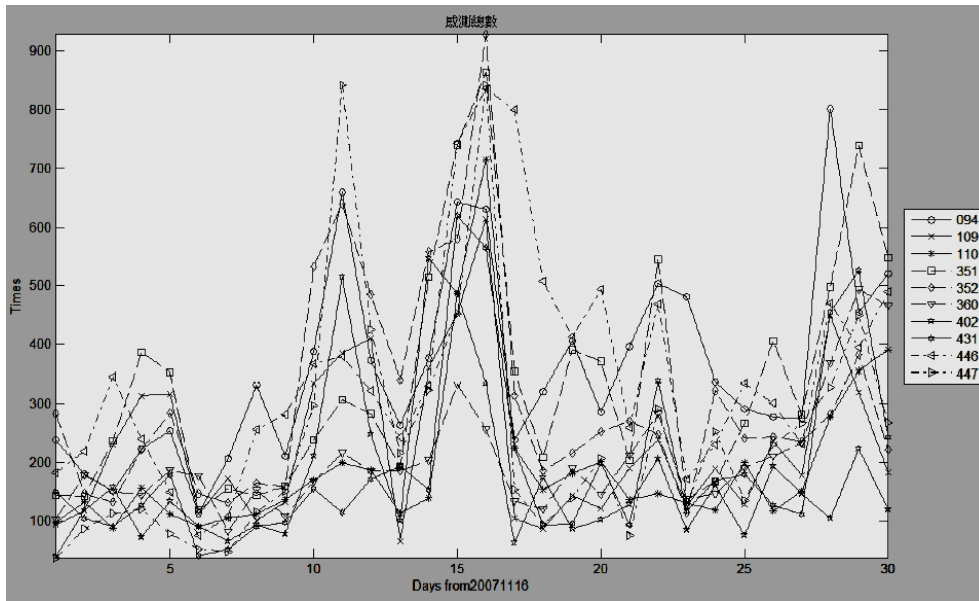


圖二、晝夜飲用總量統計圖。數據登錄橫軸為實驗全程 11/16~12/16 依序日數如表二所示，縱軸為整體 10 隻小鼠晝夜飲用量毫升總數，0 毫升表禁水。紅段線為晝，黑實線為夜。

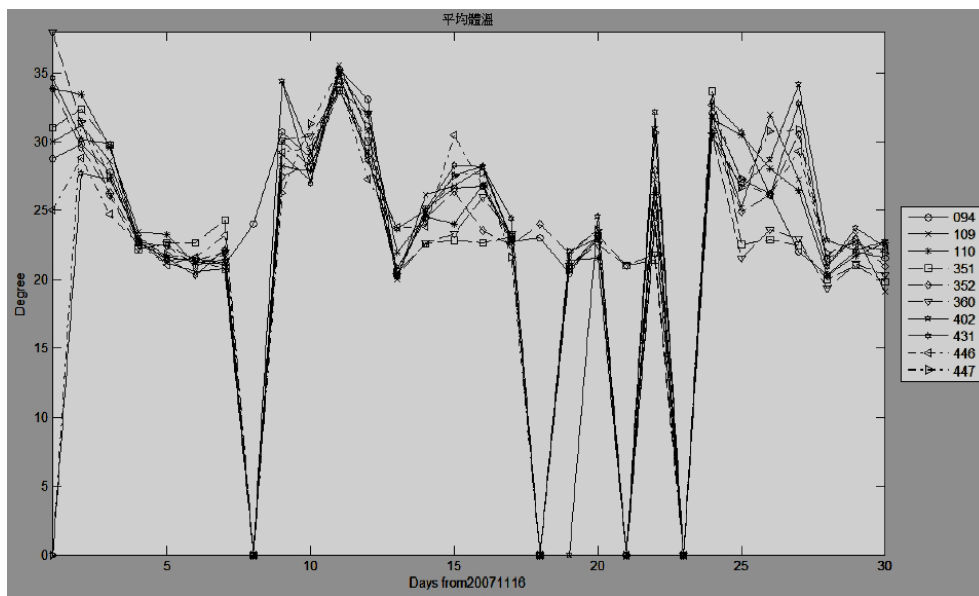
表三、小鼠 RFID 無線射頻系統監測數據的單日紀錄總數與初步統計分析

	動物號碼	感測總數	平均體溫	測體溫次數	平均體重	測體重次數	平均輪速	跑輪次數
1	094	238	28.8	8	38.2	162	565	68
2	109	94	30.0	2	36.1	62	581	30
3	110	97	33.9	8	43.7	89	0	0
4	351	144	31.0	12	38.2	101	545	31
5	352	283	33.9	17	39.1	69	779	197
6	360	103	38.0	1	38.4	52	681	50
7	402	39	0	0	36.7	38	400	1
8	431	149	34.7	3	45.9	46	546	100
9	446	183	25.0	2	41.7	117	474	64
10	447	37	0	0	36.7	34	206	3
	總數	1367	255.3	53	394.7	770	4777	544
	個體數	10	*8	10	10	10	*9	10
	平均值	136.7	31.9	5.3	39.5	77	531	54

註：實驗日期 2007-11-16，動物識別碼[00000-????????-0900-032000000nnn]，編碼 nnn 包括 094, 109, 110, 351, 352, 360, 402, 431, 446, 447。*表示實際有效數值的個體數。

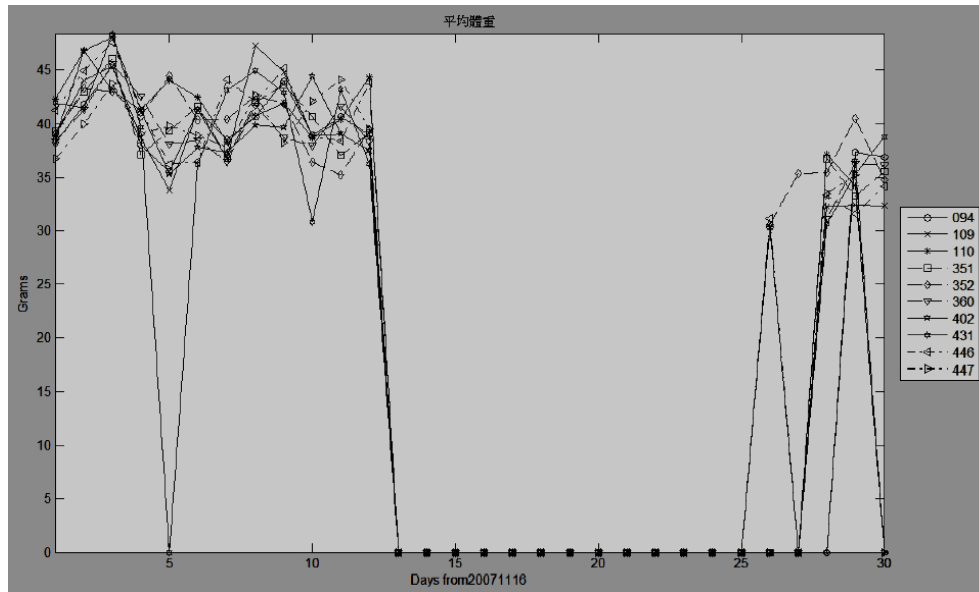


圖三、感測總數單日全程統計圖。數據登錄橫軸為實驗全程 11/16~12/16 依序日數如表二所示，縱軸為個別 10 隻小鼠單日晝夜感測總數。

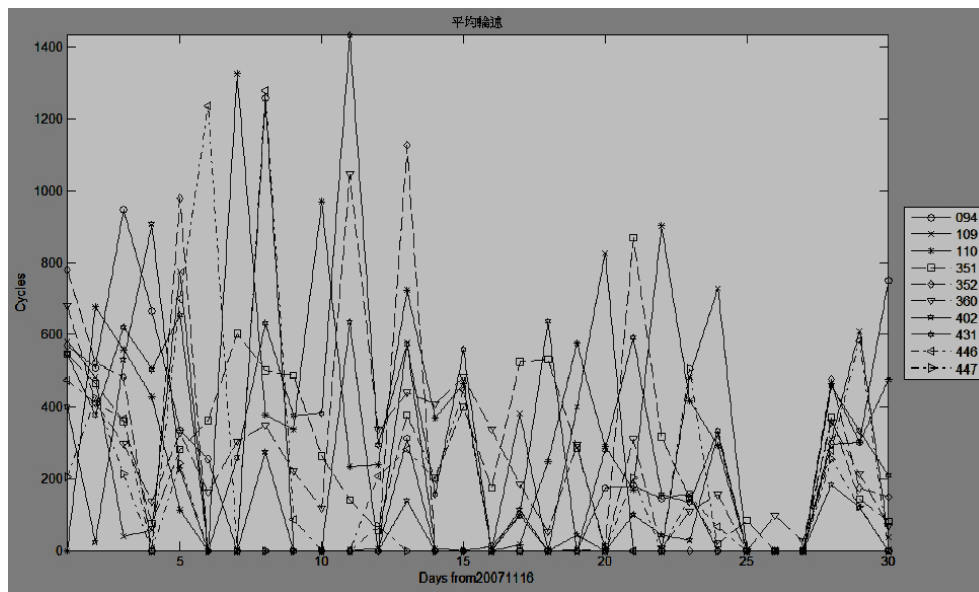


圖四、體溫感測單日均值全程圖。數據登錄橫軸為實驗全程 11/16~12/16 依序日數如表二所示，縱軸為個別 10 隻小鼠單日晝夜體溫感測均值。

建置實驗動物人道管理自動辨識監測數據系統



圖五、體重感測單日均值全程圖。數據登錄橫軸為實驗全程 11/16~12/16 依序日數如表二所示，縱軸為個別 10 隻小鼠單日晝夜體重感測均值。



圖六、跑輪感測單日均速全程圖。數據登錄橫軸為實驗全程 11/16~12/16 依序日數如表二所示，縱軸為個別 10 隻小鼠單日晝夜跑輪感測均速。

本項準無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統的 11/16~12/16 全程長期密集研究觀察數據如圖三至圖六所示，全程實驗 31 日顯示小鼠整體於不同情境的單日表現可見高度變異，小鼠個體於不同情境相同社群的單日表現亦見高度變異；因而，推論傳統小鼠實驗誤差因子可能存在日間短期實施對於實驗小鼠的逢機日期晝夜顛倒高度緊迫。

準無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統的長期密集個別觀察小鼠 10 隻，圖三感測單日總數的異質度遽降為第 6, 7, 23 日與遽增為第 11, 15, 16, 28, 29 日，圖四體溫單日均值的異質度較低為第 4, 5, 6, 11, 17, 20, 24, 28, 29, 30 日，圖五體重單日均值的異質度較低為第 3, 4, 6, 9 日。然而，圖六跑輪單日均速的異質度普遍呈現偏高且較高

為第 8, 11 日，較低則為第 6, 15, 28 日。

對照咖啡飲用實驗的禁水半日後鮮奶咖啡處理分別為夜間第 5, 6, 7 日與與晝間第 22, 23, 24 日，圖三感測單日總數的次數與異質度遽降為第 6, 7, 23 日，初步顯示整體小鼠於飲用咖啡稀釋 2 倍的第 6 與 23 日傾向相似減低活動，稀釋 2 倍/1 倍鮮奶咖啡的準無緊迫型式飲用量為夜 95/62 與晝 57/46 毫升，咖啡因總量依據百毫升 78.55 毫克換算約為夜 37.3/48.7 與晝 22.4/36.1 毫克，整體小鼠 10 隻的平均個體飲用約為夜 3.7/4.9 與晝 2.2/3.6 毫克，接近小鼠成鼠個體咖啡因致死劑量 7.0 毫克，然而本項實驗小鼠全數未見嚴重異常與傷害。再者，咖啡因飲用時間對於夜行性影響似乎夜間飲用導致活動感測總數低於晝間，相關原因如禁水半日的貢獻度仍待深入分析。圖四體溫單日均值的異質度較低為第 5, 6, 24 日，初步顯示整體小鼠於飲用咖啡傾向相似體溫程度，準無緊迫型式咖啡因飲用時間影響整體小鼠體溫單日均值的總平均值為夜間飲用約 22°C 與晝間飲用約 32°C，晝夜飲用時間相關的顯著體溫相似夜低晝高變化趨勢亦與圖三感測總數相符；再者，本項系統確認體溫變化趨勢的有效觀察效能，仍將增益效能開發體表體溫感測的相對正常值與絕對正常值相關軟體校正模組。圖五體重單日均值的異質度較低為第 6 日，初步顯示整體小鼠於飲用咖啡傾向相似體重程度，準無緊迫型式咖啡因飲用影響整體小鼠體重單日均值呈現減重趨勢。圖六跑輪單日均速的異質度較低第 6 日，初步顯示整體小鼠於飲用咖啡傾向相似活動程度，準無緊迫型式咖啡因飲用影響整體小鼠體重單日均值呈現跑輪運動減少趨勢，反例僅有小鼠 446 號呈現高度活動狀態。整體綜論，準無緊迫型式咖啡因飲用似乎導致小鼠整體相似的感測總數活動力降低與跑輪次數均速降低，體溫降低於夜間飲用顯著，以及體重微幅降低；此項現象觀察所得可能由於咖啡因作用於提高小鼠腦部活動相關的敏銳度，伴隨警覺不安與避難不食等反應模式，自動登錄數據呈現體重降低與體溫降低現象，仍需後需深入觀察分析確認。

對照聲音緊迫實驗的播聽聲音半量與全量處理

分別為古典樂台夜間第 11, 12 日與晝間第 25, 26 日，以及美語電台夜間第 14, 15 日與晝間第 28, 29 日，準無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統的長期密集個別觀察小鼠 10 隻，圖三感測單日總數的異質度遽增為第 11, 15, 28, 29 日，顯示整體小鼠於聲音緊迫實驗傾向相似增高活動。圖四體溫單日均值的異質度較低為第 11 與 28, 29 日，顯示整體小鼠於聲音緊迫實驗傾向相似的古典夜間第 11 日增高至 34°C 與美語晝間第 28, 29 日降低至 21°C。圖五體重單日均值的異質度未見相關。圖六跑輪單日均速的異質度較高第 11 日為高均速，初步顯示古典樂台夜間播聽整體小鼠於傾向極端型式相異活動程度，異質度較低第 28 日為低均速，初步顯示美語電台晝間播聽整體小鼠傾向遷移型式相似活動程度。

結論

準無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統實施全程長期密集研究觀察，全程 31 日實驗數據顯示小鼠整體於不同情境的單日表現可見高度變異，小鼠個體於不同情境相同社群的單日表現亦見高度變異，似乎傳統小鼠實驗誤差因子可能存在日間短期實施對於實驗小鼠的逢機日期晝夜顛倒高度緊迫，因而，準無緊迫型式實驗動物人道管理整合系統適為初版解決方案，兼顧同時減輕實驗動物與研究人員的雙方緊迫程度，助益達成實驗動物人道管理基礎目標之最佳數據與最善管理，高度提升鼠隻實驗檢測安全性與數據品質有效性。

參考文獻

1. Engler J, Tolle KH, Timm HH, Hohls E, Krieter J; 2005: Control charts applied to individual sow farm analysis. In: Cox S. Edited: Precision Livestock Farming '05, Wageningen Academic Publisher, Netherlands, 2005. (ISBN 907699868)
2. Eastwood C, Chapman D, Paine M; 2005: Information management within Australian precision dairy systems. In: Cox S. Edited: Precision Livestock Farming '05, Wageningen Academic Publisher, Netherlands, 2005. (ISBN 907699868)
3. Leroy T, Aerts JM, Eeman J, Maltz E, Stojanovski G, Berckmans D; 2005: Automatic determination of body score of cows based on 2D images. In: Cox S. Edited: Precision Livestock Farming '05, Wageningen Academic Publisher, Netherlands, 2005. (ISBN 907699868)
4. Harms J, Petterson G, Wendl G; 2005: Influence of social rank on animal behavior of cows milked by an automatic milking system: implementation of automated procedures to estimate the rank and the length of stay in the feeding area. In: Cox S. Edited: Precision Livestock Farming '05, Wageningen Academic Publisher, Netherlands, 2005. (ISBN 907699868)
5. International Standard Organization; 1996a: Radio-Frequency Identification of Animals -- Code Structure, ISO 11784 Second Edition 1996-08-15, Reference Number ISO 11784-1996(E).
6. International Standard Organization; 1996b: Radio-Frequency Identification of Animals – Technical Concept, ISO 11785 First Edition 1996-10-15, Reference Number ISO 11785-1996(E).
7. Rydberg A, Gilbertsson M; 2005: Monitoring live pig weight with mobile imaging system. In: Cox S. Edited: Precision Livestock Farming '05, Wageningen Academic Publisher, Netherlands, 2005. (ISBN 907699868)
8. Sallvik K, Oostra HH; 2005: Automatic identification and determination of the location of dairy cows. In: Cox S. Edited: Precision Livestock Farming '05, Wageningen Academic Publisher, Netherlands, 2005. (ISBN 907699868)
9. Schofield CP, Tillett RD, McFarlane NJB, Mottram TT, Frost AR; 2005: Emerging technology for assessing the composition of livestock. In: Cox S. Edited: Precision Livestock Farming '05, Wageningen Academic Publisher, Netherlands, 2005. (ISBN 907699868)
10. Spiessl-Mayr E, Wendl G, Zahner M, Klindtworth K, Klindtworth M; 2005: Electronic identification (RFID technology) for improvement of traceability of pigs and meat. In: Cox S. Edited: Precision Livestock Farming '05, Wageningen Academic Publisher, Netherlands, 2005. (ISBN 907699868)
11. Vranken E, Chedad A, Aerts JM, Berckmans D; 2005: Improving the accuracy of automatic broiler weighting by image analysis. In: Cox S. Edited: Precision Livestock Farming '05, Wageningen Academic Publisher, Netherlands, 2005. (ISBN 907699868)

Deployment of Automatic Identification and Surveillance Data System on Humane Management of Laboratory Animals

Lin W. H.*¹, C. F. CHANG*², W. C. CHANG³, H. Y. Kuo^{1,2}, Y. C. Lin¹,
C. C. CHEN⁴, C. Y. Kao³, P. H. Chao¹

¹ *Animal Health Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan*

² *Department of Animal Science, Chinese Culture University*

³ *Graduate Institute of Biomedical and Bioinformatics, National Taiwan University*

⁴ *Department of Computer Science, Tsing Hua University*

Abstract The lab-mice cage-system integration of RadioFrequency Identification (RFID) and sensor data developed with the Wireless Sensor Network Team in Bioinformatics Laboratory of National Taiwan University comprises both the hardware sensor devices of RFID, audio-video recorder, drink load, body temperature/weight, and jogging wheel and as well the software application systems for conducting statistical data analysis. The databases for the hardware system were developed with MatLab and Delphi/Java programming languages. The software performance is capable of concurrent processing of data generated from 8 or more lab-mice within effective thresholds for data entry. With this nearly no stress lab-mice cage system we have developed a humane regimen for the practice of long-term animal model studies. The data collected using the cage system RFID during a 31-day experiment indicates that each mouse may show a highly variable daily performance according to the experimental parameters used in this study. The measurements of the various physiological responses by this lab-mice cage system of humane management infers that most conventional lab-mice studies introduce inadvertent errors created by opportunistically scheduled dates and day-night inverse stress on lab-mice. This lab-mice cage system of humane management represents a convenient solution for reducing the risks of observer-induced errors caused by researcher-animal interactions. In conclusion, researchers employing our cage system RFID may accomplish the goals of securing optimal data and achieving low stress animal management; this in turn greatly enhances animal trial safety and accuracy of any experiments.

Keywords: *Lab Mice, RFID, Sensor Data, Automatic Entry, System Integration.*