

建構體態感測系統之可行性初探-以跌倒監測為例

王乃弘、張肅婷、林政彥、林俊榮、郭峻廷、陳思吟

摘要

近年來除了少子化的浪潮引起討論外，高齡社會相關議題亦是引起相當多的討論和重視，而臺灣社會也在西元 2018 年進入到世界衛生組織所定義的高齡社會 (65 歲以上老年人口佔總人口比率達 14%)，也因此關於長期照護的議題也有相當多的研究。

因老年人的健康狀態與體能會隨著年齡的增加進而逐年衰退，「跌倒」這樣的偶發事件也隨著年紀的增長而越發容易發生。我國衛福部發佈的消息也指出，我國老年跌倒髖骨骨折人數，在 2025 年預估將達到 38,404 人。而更讓我們擔憂的是，老人在發生髖骨骨折後，將有 50% 無法再恢復行走，而更有約 20% 的老年人在六個月內會死亡。近年有關大數據、人工智慧與物聯網相關的議題也有著許多的研究與應用，這也讓醫療機構積極朝向智慧醫療、智慧醫院的方向進行發展與投入，預防老人跌倒也是其中受到關注的研究議題。

本研究應用體感器進行人體骨架關節點的偵測，將所感測到的關節點座標轉換成活動數據，做為人體姿勢與行為的推估資訊，再以決策樹技術判斷最有可能的跌倒姿勢，除了可以即時將相關訊息傳送給醫療照護人員外，更可以做為後續進行處置與照護的重要參考資訊。

關鍵詞：體感器、姿勢、跌倒、決策樹、高齡社會

王乃弘，光田醫療法人光田綜合醫院院長室院長。E-mail: admin@ktgh.com.tw

張肅婷，光田醫療法人光田綜合醫院院長室副院長。E-mail: finance@ktgh.com.tw

林政彥，銘傳大學醫療資訊與管理學系助理教授。E-mail: chengyan@mail.mcu.edu.tw

林俊榮（通訊作者），弘光科技大學資訊管理系副教授。E-mail: raymond@hk.edu.tw

郭峻廷，Coastline Taiwan 負責人。E-mail: mark81129@gmail.com

陳思吟，上福科技股份有限公司系統工程師。E-mail: s9410254125@gmail.com

Preliminary Study on the Feasibility of Constructing Body State Sensing System-Taking Fall Monitoring as an Example

Nai-Phon Wang & Sue-Ting Chang & Cheng-Yen Lin & Chun-Jung Lin &
Chun-Ting Kuo & Si-Yin Chen

Abstract

In recent years, in addition to the discussion of the trend of declining birthrate, the issues related to senior society have attracted considerable discussion and attention. The Taiwanese society also entered the advanced society defined by the World Health Organization in 2018 (the population of the elderly over 65 years old accounts for 14% of the total population) The total population ratio is 14%), so there is considerable research on the topic of long-term care.

As the health status and physical fitness of the elderly will decline year by year with the increase of age, the accidents such as "fall" are more and more likely to occur with the increase of age. The news released by the Ministry of Health and Welfare also pointed out that the number of hip fractures in the elderly in Taiwan is estimated to reach 38,404 in 2025. What worries us even more is that 50% of the elderly will not be able to resume walking after a hip fracture, and about 20% of the elderly will die within six months. In recent years, there have been many researches and applications on issues related to big data, artificial intelligence and the Internet of Things. This has also enabled medical institutions to actively develop and invest in the direction of smart medical and smart hospitals. Preventing falls in the elderly is also a research topic of concern.

In this study, the body sensor is used to detect the joint points of the human skeleton, and the sensed joint coordinates are converted into activity data, which is used as the estimation information of the posture and behavior of the human body, and then the most likely fall is judged by the decision tree technique. Posture, in addition to the immediate delivery of relevant information to medical care personnel, can be used as an important reference for subsequent treatment and care.

王乃弘、張肅婷、林政彥、林俊榮、郭峻廷、陳思吟 建構體態感測系統之可行性初探-以跌倒監測為例

Keywords: body sensor, posture, fall, decision tree, old society

Nai-Phon Wang, Superintendent, admin@ktgh.com.tw

Sue-Ting Chang, Deputy Superintendent, finance@ktgh.com.tw

Cheng-Yen Lin, Assistant Professor, chengyan@mail.mcu.edu.tw

Chun-Jung Lin (Corresponding Author), Associate Professor, raymond@hk.edu.tw

Chun-Ting Kuo, Principal of Coastline Taiwan, mark81129@gmail.com

Si-Yin Chen, System Engineer, s9410254125@gmail.com

壹、前言

依照世界衛生組織的定義(維基百科, 2019), 65 歲以上人口占總人口比率達 7% 稱為「高齡化社會」, 達 14% 稱為「高齡社會」, 達 20% 則為「超高齡社會」。我國主計總處發布的國情統計通報(內政部戶政司全球資訊網, 2019), 截至 2019 年 6 月底, 我國老年人口占總人口比率已升至 14.9%, 我國已正式邁入高齡化社會。老年人的健康狀態會逐年衰退, 「跌倒」這樣的偶發事件也隨著年紀的增長而越發容易發生。跌倒經常會造成老年人嚴重的傷害, 而造成跌倒的原因很多, 例如像是視力衰退、骨骼關節退化、環境視線不佳、身旁缺乏照護者等。另外許多研究也指出(石崇良、侯勝茂、薛亞聖、鍾國彪、蘇喜、廖熏香, 2005; 林佳欣、賴錦皇、鍾其祥、白璐、高森永、簡戊鑑, 2010), 「跌倒」也是住院病人經常發生的意外事件, 老年人在住院期間中有相當高機率會發生跌倒。王惠貞(2014)的報告中指出, 在美國跌倒是高齡老人意外死亡的最主要原因, 在台灣則是第二大意外死亡的原因, 而綜合國內外的研究結果, 每年老人跌倒的發生率約為 15~40%, 並且隨著年齡增加而升高。

隨著我國漸漸步入高齡化社會, 老人照護是近年來為國人重視的議題, 衛生福利部慢性疾病防治組(2015)發佈的消息指出, 我國在 1999、2003 及 2007 年老人跌倒粗盛行率分別為 18.1%、19.3% 及 22.7%, 並推估老年跌倒髖骨骨折人數, 將從 2007 年的 17,632 人增加為 2025 年的 38,404 人(2.2 倍)。老人髖骨在骨折後, 50% 無法再恢復行走, 約 20% 在六個月內死亡。預防老人跌倒的議題與研究, 更是受到各級醫療院所與照護機構的關注。以現今的科技發展來看, 要實現「預防」跌倒仍有許多技術需要突破, 當「預防」尚不可及時, 若能在發生跌倒的當下, 能即時發現與通報, 並能還原跌倒的過程與可能撞擊的情況, 相信對跌倒病人後續的治療與照護可以有相當大的助益。

貳、文獻探討

現今資訊科技的發展, 體感裝置已經可以直接感測到人體的動作變化, 體感裝置只需設置在適當的位置上, 即可在有效的感測範圍內進行人數的計數、姿勢的辨識及活動的監測, 並能將所偵測到的數據和結果進行分析與應用。而體感裝置可以在不接觸人體皮膚的情況下進行感測, 被感測的對象並不需要穿戴任何裝置在身上, 故在使用上相當的便利與安全。以下我們對各種偵測或預防跌倒的技術進行文獻整理和比較, 並分別對攜帶式裝置、非攜帶式裝置之探討及分類技術應用相關文獻進行整理與

回顧。

(一) 攜帶式裝置之探討

使用攜帶式裝置進行跌倒偵測是常見的偵測方式，此種方式需要讓使用者將偵測裝置配戴於身上，以擷取數據進行後續的應用，與跌倒偵測相關的研究如表 1 所示。

表 1 攜帶式裝置之相關應用與研究

專家學者	研究摘要內容
林卓彥 (2009)	利用三軸加速度計紀錄老人的活動，並使用類神經網路建置跌倒偵測演算法來訓練分析，透過類神經網路的訓練，在事件發生時判斷跌倒的狀態，並透過藍芽無線傳輸將求救訊號發出。
蘇明雄 (2012)	使用 Android 智慧型手機中內建的三軸加速度計，將跌倒發生前及發生後的三軸變化量，建構成有限狀態機，並以 JAVA 開發成手機程式。當手機放在使用者身上的衣物口袋時，可以透過所建置好的機制判斷出各類跌倒。
許宏駿 (2004)	將感測器嵌入於使用者衣物中，當穿著這衣物的使用者發生跌倒時，系統自動偵測使用者發生跌倒的狀態，偵測到的訊號透過藍芽無線傳輸至 PDA 進行判斷，並由 PDA 所內建的語音資料庫發出語音求救訊號，通知周圍的人前往協助。

相關的研究主要都運用攜帶式裝置內建的三軸加速度感測器，再搭配演算法進行分析。具有感測器的裝置通常也必須被嵌入到使用者穿戴的服飾中，才能偵測到使用者的活動狀態再進行判斷。

(二) 非攜帶式裝置

非攜帶式裝置最主要的特色即是不需穿戴或嵌入在使用者身上，攝影機即最常見被用來進行動態監測的裝置。非攜帶式裝置的研究經常著重在分類演算法的應用，藉由相關特徵進行分析與分類，並進行動態與行為的推斷，因此資料蒐集的頻率、範圍與所使用的演算法即為判斷是否準確的關鍵要因。與跌倒偵測相關的研究如表 2 所示。

表 2 非攜帶式裝置之相關應用與研究

專家學者	研究摘要內容
顏欽賢 (2013)	利用景深攝影機追蹤人體骨架，並且找到人體 20 個關節點的 3D 座標，再利用主成份分析法求取身體主軸，並將其結果與地板形成之角度作為跌倒判斷的主要特徵，再將動作所持續的時間進一步確認是否為跌倒。
林瑞峯 (2008)	使用無線射頻識別(RFID)技術定位並判斷是否有發生跌倒的狀況，並將資訊以無線網路進行傳送，以進行後續的整合分析。
林秉旻 (2008)	整合人臉辨識系統並用此功能得到人體特徵，再利用 kNN(k-th Nearest Neighbor)分類法分類人們姿勢，最後藉由實驗計算出的速度來分析的跌倒偵測系統。

(三) 分類技術的應用

常見的分類技術應用有決策樹演算法 (Decision Tree)、貝式分類法 (Bayes classifier)、支援向量機 (Support Vector Machine)、類神經網路 (Artificial Neural Network)、案例式推理 (Case-Based Reasoning)等技術(資料挖掘探討)，國內、外也有許多相關的研究與應用，表 3 列舉與本研究相關之分類技術應用。

表 3 分類技術之相關文獻

類別	學者	研究摘要內容
	Schank (1982)	Case-Based Reasoning，簡稱 CBR，其觀念起源於學者 Schank 所提出的動態記憶為基礎的後續發展。
案例式推理	洪庭啟 (2004)	當人們預見新的問題時，不是由一條條理論來解決，而是使用在過去中，曾經發生的類似經驗或問題來進行解決
	蘇俊霖	使用 CBR 案例式推理建置一個出院準備服務後續照護資訊系統，藉由過去舊紀錄的評估報告，進行新案例

	(2003)	指標相似度的比較，再配合層級分析法 (Analytic Hierarchy Process) 求算指標權重值，推理出一個最接近新案例的情況的舊案例，協助出院準備人員能更加有效率且準確的評估案例經驗，並且從中獲得新的決策資訊。
陳彥良 吳家齊 胡蕙玲	(2009)	決策樹的準確度雖然並不突出，但由於其容易表達、方便解讀、且不需要使用者提供參數等種種優點，決策樹可說是目前最受歡迎且最普遍被使用的一種分類器。
決策樹	莊凱勝 (2012)	利用決策樹演算法建構台灣版診斷關聯群 (Taiwan's Diagnosis Related Groups, Tw-DRGs) 分類模型，再將健保局醫療保險住院資料匯入資料庫並透過結構化查詢語言 (SQL) 進行分類，再將資料透過決策樹演算法建構分類模型。
	張國雄 (2005)	大量的歷史資料並無法提供使用者較有用的參考，但經由處理分析淬取後的資訊，進而轉化成有用的知識，相對地其利用價值便大大提高許多。
資料探勘	魏于盛 (2006)	應用資料探勘技術之關聯規則分析，探勘既往病歷，並建立線上資料庫，再於目前在醫療機構廣為使用的『中醫門診醫療資訊管理系統』中加入輔助登錄系統，以解決中醫門診病歷登陸與病症辨別問題，也可協助醫師於線上確證候、辨證、治則與處方開立。

由相關的研究可知，分類技術可以應用在許多領域的研究分析，不管是 CBR 案例式推理、決策樹演算法或是資料探勘，都能在大量的資料中找出最有可能發生的結果，因此本研究將透過體感裝置所擷取之資訊，除了進行跌倒偵測之判斷外，並再以

分類技術來推測可能的跌倒姿勢，做為醫護人員後續臨床照護之參考。

參、研究方法

本研究以微軟公司在 2012 年發布的「Kinect for Windows」裝置與做為主要的非接觸式感測裝置，利用該裝置本身具有之紅外線發射器、紅外線 CMOS 攝影機及 RGB 彩色攝影機所構成的 3D 結構光深度感應器，感測人體的骨架及關節座標資訊，做為人體姿勢判斷之數據來源。表 4 為本研究使用之軟、硬體設備及系統發展環境。

表 4 系統設備與開發環境

項目	說明
Kinect V2(體感裝置)	體感偵測裝置
Kinect 轉接器	Kinect 轉接電腦設備之線材
作業系統	Windows 8 (64 位元版本)
電腦硬體	中央處理器 64 bit、雙核心 3.1Ghz
	記憶體 4GB
	USB 3.0
	支援 DirectX 11 的顯示卡
開發軟體	Kinect for Windows v2.0 SDK
	Visual Studio 2010

本研究以 Kinect 體感裝置進行人體骨架與關節座標的偵測，當目標進入感測範圍後，系統將所擷取到之動態座標資料進行數據分析，若分析結果為跌倒，即將跌倒相關之訊息傳送給照護人員，照護人員到達現場後則依其現場觀察之結果進行事件型態的判定(跌倒或非跌倒事件)，並於系統上進行確認與回饋，回饋之資訊並可做為系統學習之回饋經驗資料。

Kinect 體感裝置可以擷取和偵測到 25 個人體關節點，如圖 1 所示。從這些關節點包括有：頭部(Head)、脖子(neck)、脖子連接關節(SpineShoulder)、肩膀(Shoilder)、

肘部(Elbow)、手掌(Hand)、手尖端(HandTip)、手指(Thumb)、中間軀幹(Torso Center)、腕關節(SpineBase)、臀部(Hip)、膝蓋(Knee)、腳踝(Ankle)、腳掌(foot)等，將這幾點連結起來即可形成一個人體的關節分布圖。

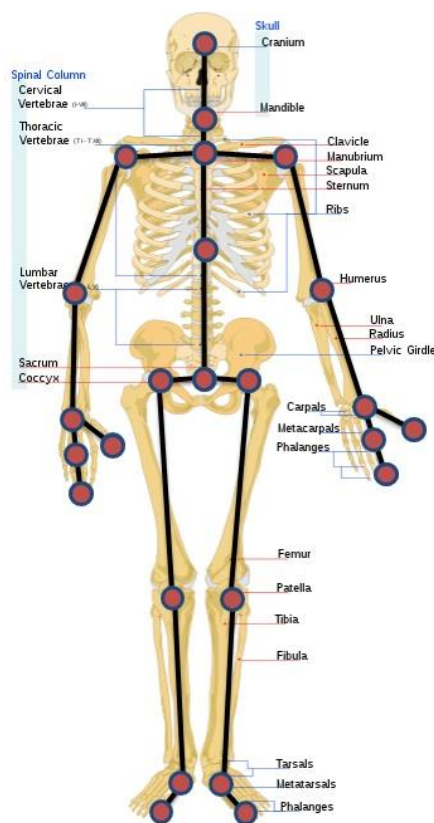


圖 1 可偵測人體關節點

圖片來源：Heresy's Space (2015)

體感裝置在感測到人體骨架時，會將每個關節點的座標 X、Y、Z 軸的資料回傳，隨著姿態的變化，每個關節點的座標也會跟改變，這樣的數據變化也是本研究進行跌倒偵測的判斷基礎。當 X、Y、Z 軸座標值在短時間內發生大幅度的波動變化時，我們可以判斷人體姿態有所變化，再將這些數據與案例庫資料進行比對，並結合決策樹進行動作判斷，即可偵測出可能已經發生的跌倒事件。

圖 2 為前趴下跌倒的頭部座標值變化前後的示意圖。假設 p 值為短時間發生座標值變化的臨界參數，因向前趴下時 Y 軸值會由正數下降到負數，即 $Y_2 - Y_1 < -p$ ，我們以 $\hat{y} = -1$ 表示；而因為傾向體感裝置的方向，使得 Z 軸的值也增加，即 $Z_2 - Z_1 > p$ ，我們以 $\hat{z} = 1$ 表示；X 軸的值無明顯差異時即 $-p < X_2 - X_1 < p$ ，我們以 $\hat{x} = 0$ 表示。亦即我們可以 $\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}$ 的值為 0、1、-1 時分別表示未有變化、向上或向前或向左移動變化、向下或向後或向右移動變化，可以得到當 $\hat{x} = 0, \hat{y} = -1, \hat{z} = 1$ 時，頭部關節點的座標變化可

能為向前且往下的狀態。

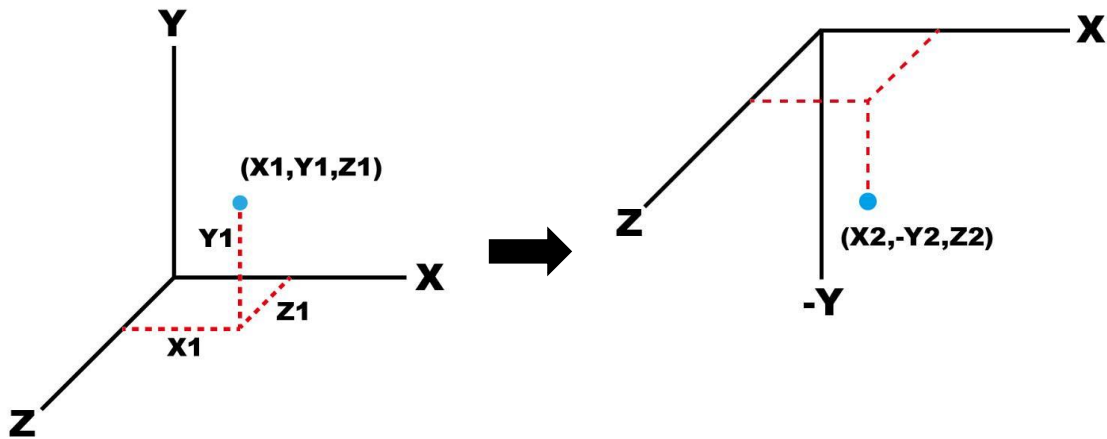


圖 2 座標變化示意圖

圖 3 為本研究跌倒判斷的決策樹狀圖。本研究透過體感裝置所偵測到的骨架座標數據進行判斷，將偵測到的數據分別對座標下降的速度及座標移動的距離長度進行分類判斷。我們先以下降的速度進行跌倒的判斷，如果下降的速度超過標準值，則判斷為跌倒。接著我們再利用骨架座標移動的方向和距離，推斷出可能的跌倒姿勢，若移動的距離在標準值正常範圍內，且動作變化不明顯，則推斷為日常行為，例如：頭部與中間軀幹偵測數據出現明顯下降變化、骨架方向為向前傾倒，且此變化是在瞬間發生，則可能判斷為前趴下跌倒；如果雙手與膝蓋偵測數據出現下降變化，但移動速度緩慢或動作不明顯，則可能為一般彎腰撿取物品的行為。

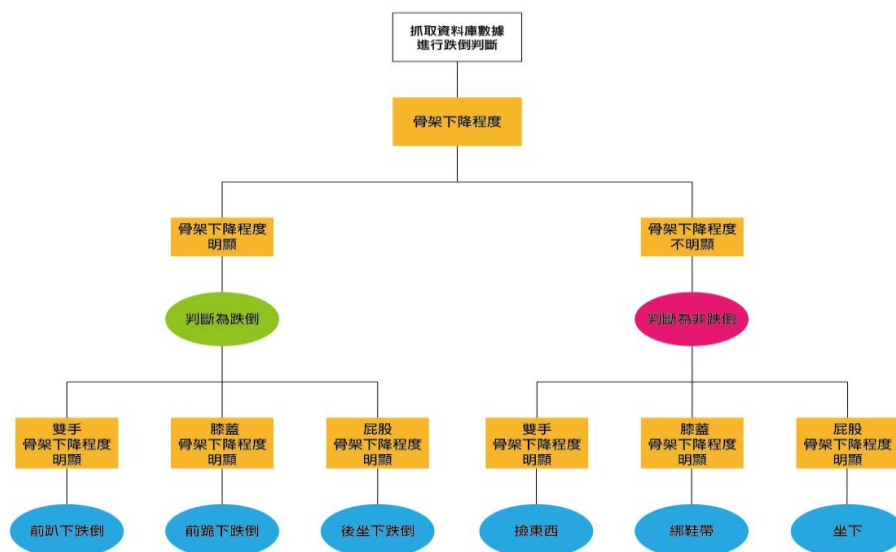


圖 3 跌倒判斷決策樹

肆、研究結果

圖 4 為本研究模擬前趴下跌倒的狀況。在圖中左邊為正常站立姿勢，右邊則為前趴下跌倒後的狀態，我們利用關節座標下降的速度判斷使用者是否為跌跌倒的狀態，並以 x 和 y 座標的變化來判斷可能的跌倒姿勢。



圖 3 前趴下跌倒模擬

圖 5 為我們骨架系統實際監測畫面，我們利用頭部、肩膀、手部、髖關節、膝蓋，作為主要偵測的關節座標點，計算座標變化的時間差值，再以決策樹推斷出是否可能發生跌倒以及可能的跌倒姿勢。

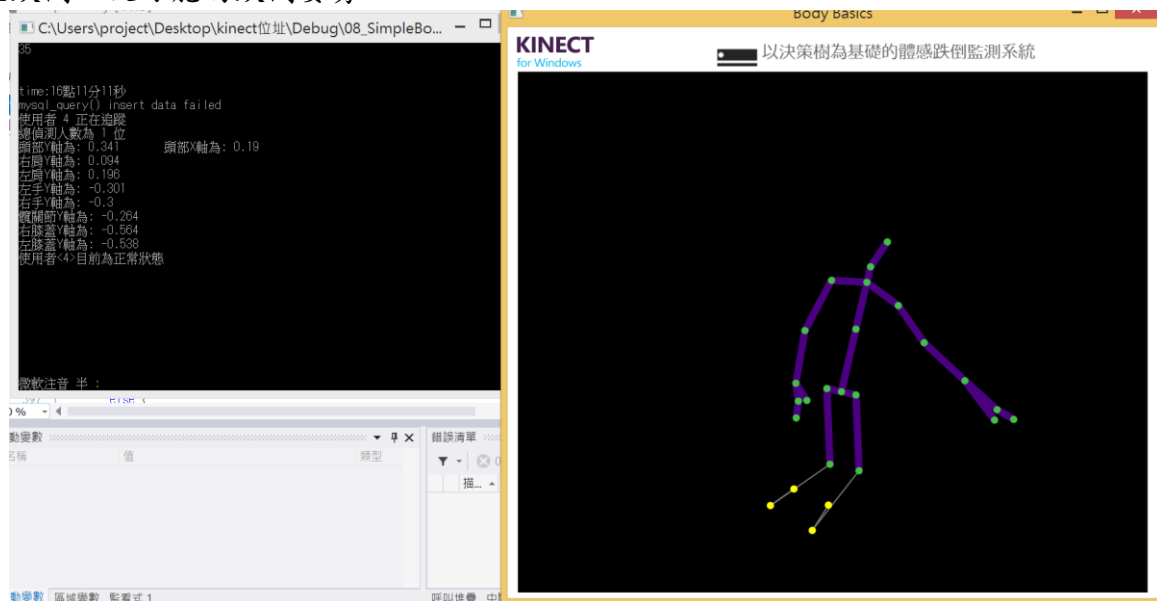


圖 4 系統監測畫面

圖 6 為使用 3D 動畫繪製出的跌倒模擬情境。我們可以將座標變化的資訊，透過 3D 動畫的方式，模擬出可能發生的情境，例如：前趴下跌倒、前跪下跌倒、後坐下跌倒、後躺下跌倒、側身跌倒等。



圖 5 動態 3D 模擬情境

伍、結論與建議

本研究以 Kinect 體感裝置結合決策樹進行跌倒監測系統的設計與建置，並且可以將資訊以 3D 動畫的方式模擬跌倒情境。系統判斷出現跌倒事件時，也可以最快的時間進行警示與通報，以協助醫護人員前往意外事故發生地進行後續之協助與照護，讓跌倒者能減少受到傷害程度。不論是在醫療院所、長照機構或是居家範圍，任何地方皆有可能發生跌倒事故，而病患與年長者更是發生跌倒事故的高危險族群。然而醫療院所的醫護人力有限，以住院病患為例，我國在護病比的規範上，僅規定醫院需要達到護理人數及病床數目 1 比 4(病床比)的標準，但這恐怕無法滿足實際運作的人力需求，也因此 1 位護理人員或許經常會有需要照護超過配比規定位以上的病患人數。

本研究以裝置所提供的體感偵測技術進行人體骨架座標資訊的擷取，再以決策樹判斷被感測者的活動情況，以獲得即時的監控資訊，這可使有限的醫護人員人力能獲得更有效的運用，並可縮短意外事故發生後的搶救時間。而使用非攜帶式體感裝置更也大幅提升了設備佈建的便利性，被照護者不需要再額外攜帶或嵌入裝置也提高了系統的可用性與可行性，設備使用的衛生條件也較攜帶式裝置優越。但使用 Kinect 體感裝置仍有其應用上之限制，其感測距離實測雖可達到六公尺之距離，但其最佳距離卻為 1.2 公尺到 3.5 公尺間，水平視野則是 57 度，也因此超過最佳距離範圍後，即容易出現關節座標抓取異常之情況，使得系統無法正確判斷。而微軟公司在 2017 年停

王乃弘、張肅婷、林政彥、林俊榮、郭峻廷、陳思吟 建構體態感測系統之可行性初探-以跌倒監測為例

產 Kinect 產品後，也使得其後續的研究發展為之中止，未來應可再尋找類似的替代產品或方案進行相關之延伸應用與研究。

參考文獻

1. 石崇良、侯勝茂、薛亞聖、鍾國彪、蘇喜、廖熏香(2005)。異常事件通報系統與通報障礙。臺灣醫學，9(1)，63-70。
2. 林佳欣、賴錦皇、鍾其祥、白璐、高森永、簡戊鑑(2010)。臺灣 2005-2007 年意外墜住院病人之流行病學。北市醫學雜誌，7(4)，323-337。
3. 林秉旻(2008)。使用人體輪廓資訊與 KNN 分類器的即時跌倒偵測系統。國立交通大學多媒體工程研究所碩士論文。
4. 林卓彥(2009)。智慧型跌倒偵測系統。慈濟大學醫學資訊研究所碩士論文。
5. 林瑞峯(2008)。用非接觸式感應技術做智慧型病房內活動之監測與防護。亞洲大學資訊工程系碩士論文。
6. 許宏駿(2004)。以個人數位助理(PDA)為基礎之可穿戴式跌倒即時監測系統。逢甲大學自動控制工程學系碩士班碩士論文。
7. 張國雄(2005)。決策樹用於股市之研究。立德管理學院應用資訊研究所碩士論文。
8. 陳彥良、吳家齊、胡蕙玲(2009)。成本考量下的決策樹建構。南亞學報，29，115-128。
9. 莊凱勝(2012)。應用決策樹演算法建構 Tw-DRGs 醫療分類模型元培科技大學企業管理研究所碩士論文。
10. 魏于盛(2006)。資料探勘應用於輔助中醫門診病歷登錄與病證辨別。國立臺灣科技大學資訊管理系碩士學位論文。
11. 顏欽賢(2013)。景深相機應用於跌倒偵測之研究。大同大學資訊工程研究所碩士論文。
12. 蘇明雄(2012)。基於有限狀態機之智慧型手機跌倒偵測機制。大同大學資訊工程研究所碩士論文。
13. Schank, R.C. (1982). Dynamic Memory: A Theory of Reminding and Learning in Computers and People. Cambridge University Press.
14. 王惠貞(2014)。預防病人跌倒及降低傷害程度。長庚醫訊，35(3)。取自 https://www.cgmh.org.tw/cgmn/category_s.asp?id_seq=1402011
15. 內政部戶政司全球資訊網(2019)。人口統計資料。取自

http://www.ris.gov.tw/zh_TW/346

16. 維基百科(2019)。人口高齡化。取自 https://en.wikipedia.org/wiki/Population_ageing

17. 衛生福利部慢性病防治組(2015)。老人跌倒的問題有多嚴重？。取自 <https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=807&pid=4326>

18. Heresy's Space (2014)。Kinect for Windows SDK v2 基本介紹。取自 <https://kheresy.wordpress.com/2014/12/29/kinect-for-windows-sdk-v2-basic/>

19. Heresy's Space (2015)。K4W v2 C++ Part 7：偵測、追蹤人體骨架。取自 <https://kheresy.wordpress.com/2015/03/03/k4w-v2-part-7-user-skeleton/>