

3D 深度感測技術應用在棒壘球好球帶輔助系統之開發

黃谷臣¹、邱東貴²、謝景棠³、潘孟鉉⁴

¹ 淡江大學體育事務處

² 國立暨南國際大學通識教育中心

³ 淡江大學電機工程學系

⁴ 淡江大學資訊工程學系

摘要

隨著感測器的普及與價格降低，研究人員開始以深度感測器進行相關研究，並提供許多有用的資訊。棒壘球投手在牛棚練習時，如果能透過輔助系統的協助將能提升投球品質，在上場前即調整到最佳狀態。本研究以系統開發方法，使用深度感測裝置為工具，以 13 名大專乙組棒球選手為研究對象，提出以 Kinect 為基礎的 3D 好球帶系統，該系統能判斷球速及其品質，並發展以感測資料為主的 3D K-Zone 回放系統，進行投球軌跡的描繪。

關鍵詞：深度感測、3D 好球帶、棒球

通訊作者：黃谷臣

通訊地址：251 新北市淡水區英專路 151 號

E-mail：tkuped@mail.tku.edu.tw

壹、緒論

隨著運動商業化與職業化程度，各項運動的競爭更加激烈，造就了器材設備的創新與突破，也影響規則的修訂，為營造更公平的競爭條件，科技技術的導入成為各項運動競賽中不可或缺的裝置，如田徑的終點攝影、游泳的觸控計時系統已成為判決的主要依據，跆拳道電子護具與電子襪，擊劍運動的電子感應劍及感應衣及足球的球門線技術，都是輔助裁判判定是否得分的關鍵，羽球和網球比賽使用鷹眼技術，更賦予選手可以申訴平反的機會（楊瑞珠、周財勝，2014），成為選手挑戰裁判判決的工具，對於判決是一項具有重大意義與革新。

棒球是台灣在運動競技場上最具競爭力的運動項目，也是發展成功的職業運動項目之一，在國際大型賽會中都能看到台灣選手精湛的演出；棒球比賽中投手的能力攸關整場比賽的結果，評估投手的重要指標包括球速、控球和策略（Jacobs, 1987），投手必須精準地向 18.44 公尺外的本壘板上方投球，需要考量自然環境的變數、打擊者的能力、裁判的偏好、戰術戰略等因素，來決定將球投到捕手所設定的位置上，此一過程須經無數次的練習，才能將動作控制到完美，在練習的過程中如果能利用現代科技輔助投手練習，不僅可降低人力成本，也能提升投手練習的效率，因此，如何利用現代科技建立 3D 立體好球帶與好壞球的判斷且重現球的軌跡，是本研究的重要課題。

由於攝影器材的進步，利用鏡頭來捕捉動態資訊的技術已經相當成熟，甚至可以蒐集動作資訊做分析與計算。本研究使用微軟公司所開發的 Kinect 來擷取球員身體骨架的參數及棒球的深度資訊，透過影像感測球員身體肢段，建立不同體型的好球帶模型，將其套入所得資訊分析利用，在本壘板上建立一個虛擬 3D 好球帶，並使用球體的深度及位置資訊來判定好壞球，透過演算法計算球速及描繪 3D 軌跡，將所得資訊提供給投手練習時調整動作的參考。

貳、相關文獻評述

棒球運動在歷經百餘年的發展與演進，裁判的主觀判決一直為人所詬病，不僅影響投手戰術與戰略，更可能影響球賽的勝負，也是棒壘球運動進入奧運殿堂的絆腳石，直到 1992 年才得以成為奧運的正式比賽項目。由於裁判與球員間對於判決的思考模式不同，加上視差、角度、遮蔽、光線、陰影、顏色對比及注意力等因素，都可能會影響判決的結果，以 2007 年為例，在男子單打比賽中挑戰成功率為 49.2%，女子單打挑戰成功率也達 47.1%（Paul, 2007），尤其是網球選手的強力發球技術，球速接近甚至超過 200 公里/小時，球與地面接觸的時間大約只有 0.3 秒，以致於裁判誤判的比率高達五成左右，線審的眼睛很難看清球體實際的落點。而職業棒球投手的球速達 150 公里/小時，球出手

至本壘板只需 0.4 秒，裁判能否在長達 3-4 小時且高張力的比賽中，維持高度專注力作出判決，成為影響比賽勝負的因素之一。由於過去並無挑戰裁判判決的機會，比賽場中充斥著誤判的情形；因此，為避免裁判的誤判而影響勝負，美國職棒大聯盟 (Major League Baseball; MLB) 自 2008 年開始啟用重播機制，針對全壘打進行重播確認，據 MLB 的統計，2013 年有 377 個需要動用到重播系統來協助判決；單場比賽發生過二次以上需要重播的情形約有 30 場 (Hagen, 2014)；在 2014 年的球季更賦予教練可以對裁判的判決進行挑戰，但對於主審好壞球的判定卻仍不得挑戰，但無法否認人類肉眼有其極限，很難與機器相互抗衡，預期未來仍會上演著教練或球員因抗議好壞球被驅逐出場的狀況。

美國職棒大聯盟 (MLB) 在各球場安裝了多項新科技，包括追蹤投手球路的「PITCH f/x」，除了球迷可掌握多項資訊外，教練或球員也可在比賽中即時檢視好球帶，間接造成主審肉眼判定好壞球的龐大壓力。棒球技術分析社群 hardballtimes 研究了 2008 年到 2014 年的好球落點面積時指出，2008 年的平均約為 436 平方英吋，到了 2014 年擴張到 475 平方英吋，面積約擴大了 40 平方英吋，也因此造成壞球數減少多達 1 萬顆，而好球的數量增加約 6000 顆左右，也影響了每場比賽得分的狀況；2014 年更因此創下自 1981 年來平均單場得分數最低的紀錄 (Roegole, 2014)。圖 1 為 2009 年及 2014 年的落點分析，可發現不論左打或右打，擴張的區域主要集中於好球帶下緣，顯示裁判在判定時的不穩定狀態。

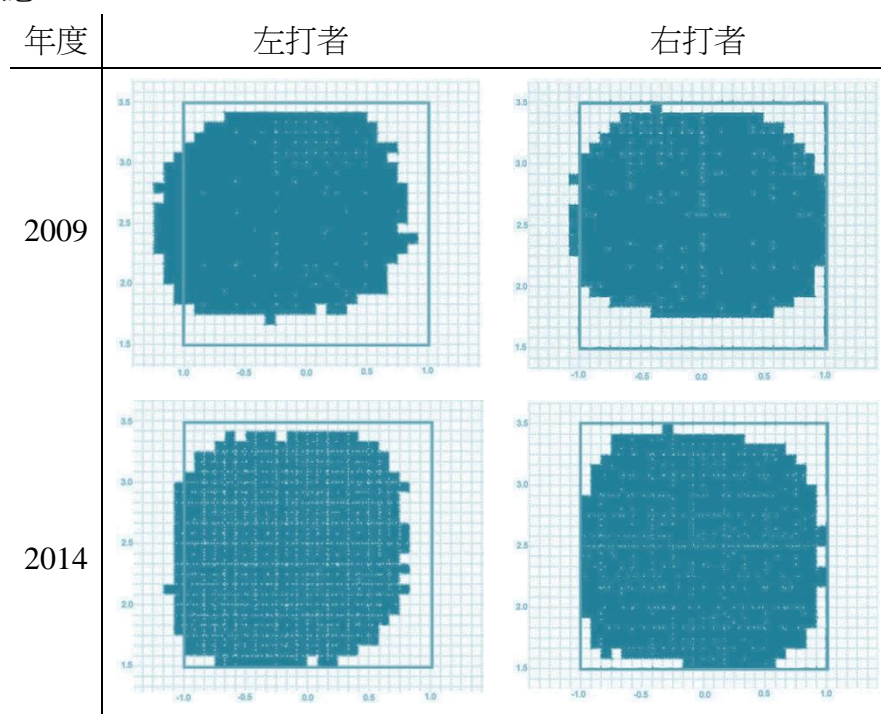


圖 1. 2009 年及 2014 年好球的分布狀況

資料來源: Roegole, J. (2014), *The Strike Zone expansion is out of control*. Retrieved from <https://www.fangraphs.com/tht/the-strike-zone-expansion-is-out-of-control/>

當運動的發展與電視轉播作連結，不僅增加娛樂效果，對於該項運動的推展將大有助益，例如 ESPN 在轉播球賽的過程中，藉助科技技術的發展，將比賽過程及相關資訊揭露螢幕中，包括投球的軌跡、K-Zone、鷹眼等，從娛樂的角度發展相關的技術，讓現場觀眾及電視觀眾可以在享受到比賽所帶來的張力，這些相關技術也可能成為判決的工具，而棒球運動在實施挑戰制度後，裁判的判決也將面臨更大的挑戰。因此，本研究嘗試透過影像資訊科技的技術，開發依打擊者體型變化的好球帶偵測系統，提供相關資訊供裁判判決與培訓、投手訓練及教練調整戰術的參考。

與本研究有關的感測科技在運動競賽中的應用：

一、鷹眼系統

鷹眼系統 (Hawk Eye Innovation) 又稱為即時回放系統，由 Roke Manor 公司在 2001 年所開發，主要應用在板球及網球的球體追蹤與紀錄，以避免人眼對於高速球體的判斷失誤，目前已成為裁判判決的一部分。鷹眼系統是根據比賽的種類使用不同數量的攝影機，如網球比賽使用 10 台高速攝影機，從不同的角度捕捉球體飛行路徑數據，將數據轉為三維影像，再利用即時成像技術由大螢幕來顯示球體落點與軌跡，從數據擷取到影像顯示全部過程不超過十秒鐘。此套系統已經被廣泛使用在大型賽事中，但因技術價格費用高昂，且不干擾賽事進行，比賽仍以裁判為主，鷹眼系統只有在選手提出挑戰時刻才會使用。

二、K-Zone

常見於棒球運動轉播中的好壞球分析，由 ESPN (Entertainment and Sports Programming Network) 與 Sport-vision 公司在 2001 年合作所開發的技術，主要功能為好壞球的判定與投手的球路軌跡，目的以娛樂為主，並沒有作為裁判判決的工具，讓收看棒球轉播比賽的觀眾能夠更清楚的了解投手的球路。Sport-vision 使用 The PITCHf/x® service 的技術，球場中安裝三台攝影機，如圖 2 所示，以三種不同角度來捕捉球的飛行軌跡，進而得知正確的座標。

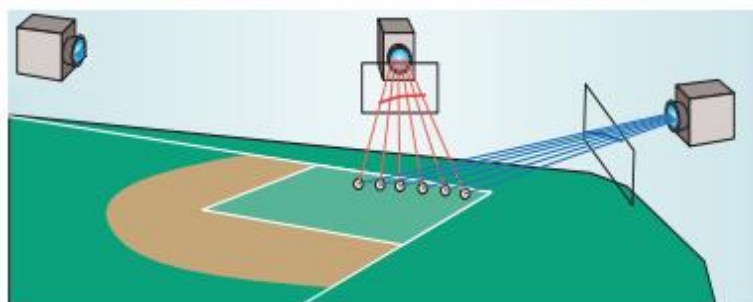


圖 2. K-Zone 示意圖

資料來源: Guézic, A. (2002). Tracking pitches for broadcast television. *Computer*, 35(3), 38-43.

國內學者 (傅元威, 2009; 王晨羽, 2013) 以此方法為其研究方向, 擷取影像依打擊者位置辨識好球帶, 以多幅影像抓取棒球位置並加以記錄, 以建立球體飛行軌跡、判斷球種及球速等。

三、Kinect

Kinect 是由 Microsoft 於 2010 年所開發的深度攝影機, 由投影儀和接受器組成的系統, 用投影儀投射特定光資訊到物體以及背景表面後, 再由接受器採集。在 2013 年所發布的新一代的 Kinect 2 則使用 Time of flight (ToF) 技術, 計算光飛行的時間, 由裝置發出脈衝光, 並且在發射處接收目標物的反射光, 以時間差算出目標物的距離, 精準度得到進一步的提升。Kinect 2 的深度影像解析度為 512×484 , 偵測最短距離 1.4m, 使用 USB3.0, 傳輸延遲速度為 66ms, 逼近於一般人的反應極限。

Kinect 可以自動擷取肢段資訊並進行分析應用, 范姜逸敏、張嘉雄、謝景棠與林駿維 (2014) 以 Kinect 為工具分析網球揮拍動作, 透過 OpenNI 建立三維的骨架座標, 以擷取動作者的肢段資訊, 找出揮拍動作辨識之特徵值, 並以特徵值與動態時間校正 (Dynamic Time Warping), 推算出時間序列的最佳化, 使用軌跡路徑相似度比較, 以評估揮拍動作優略。

參、方法

一、研究對象

以大專乙組棒球選手共 13 人為研究對象, 平均年齡為 20.45 ± 1.36 歲, 身高為 170.54 ± 5.36 公分, 體重為 67.85 ± 7.37 公斤, 球齡為 5.2 ± 2.33 年, 其中 3 人為投手, 10 名為打擊者。

二、研究工具

本研究使用 Intel® Core™ i7 4700HQ 筆記型電腦, Windows 8.1 作業系統。感測器為 Kinect v2 感測器, 彩色影像之解析度為 1920×1080 , 深度資訊解析度為 512×484 , 資訊取樣速率皆為 30fps。以 Microsoft Visual Studio 2013 與 Kinect v2 感測器連結, 使用 OpenCV ver. 2.4.11 進行取得資訊影像之處理與提供參考判斷之輸出。另以 java 開發球體軌跡及 3D 好球帶模型系統, 將測得之 3D 資訊進行軌跡繪製。Kinect v2 能提供關節點之三軸資訊並同時追蹤 25 個關節 (如圖 3), 編號與關節點分別為:

0:SpineBase	13:KneeLeft
1:SpineMid	14:AnkleLeft
2:Neck	15:FootLeft
3:Head	16:HipRight
4:ShoulderLeft	17:KneeRight
5:ElbowLeft	18:AnkleRight
6:WristLeft	19:FootRight
7:HandLeft	20:SpineShoulder
8:ShoulderRight	21:HandTipLeft
9:ElbowRight	22:ThumbLeft
10:WristRight	23:HandTipRight
11:HandRight	24:ThumbRight
12:HipLeft	

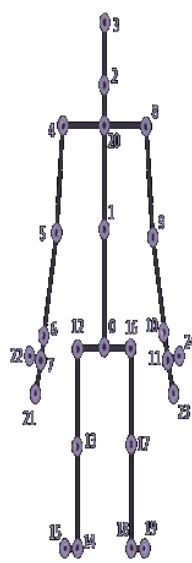


圖 3. kinect v2 標記的關節點

三、系統架構

本研究提出以 3D 深度感測為基礎的棒壘球好球帶輔助判斷系統，系統架構如圖 4。

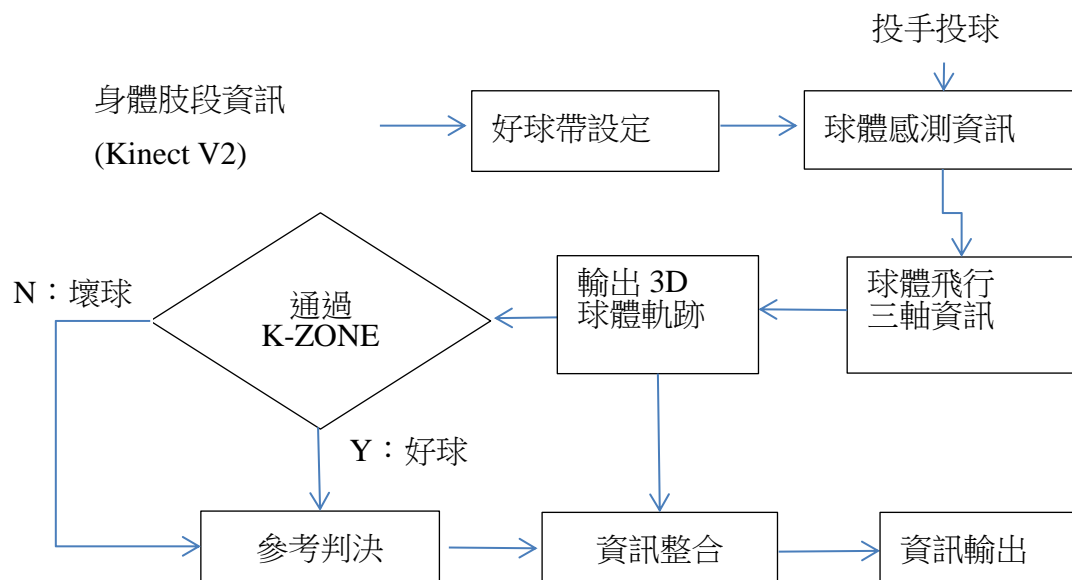


圖 4. 系統架構圖

四、研究步驟與資料分析

(一)身體肢段資訊測量：

1.由具有量測經驗的研究人員依國際身體型態測量促進協會 (International Society of Advancement of Kinanthropometry, ISAK) 的標準程序對研究參與者中 10 名打擊者進

行身體肢段量測，分別量測相關肢段長度並與 kinect 感測器所擷取關節點進行比對，由各相關關節點之 Y 軸座標距離即可得到肢段長度，相關量測內容如下：

- (1) 臂長(肩峰至手掌長)，對應 kinect 關節點 No.4 至 No.21 之 Y 軸座標。
- (2) 腿長(髌關節至腳底)，對應 kinect 關節點 No.12 至 No.14 之 Y 軸座標。
- (3) 小腿長(膝關節至腳底)，對應 kinect 關節點 No.13 至 No.14 之 Y 軸座標。
- (4) 軀幹長(鎖骨中點至脊椎端點)，對應 kinect 關節點 No.20 至 No.0 之 Y 軸座標。

2. 以深度感測器量測基本站姿及打擊準備姿勢，由感測資料演算得到身體各肢段的長度，比對以皮尺所做的肢段長度測量，藉此驗證使用深度感測裝置的可行性，並透過好球帶定義即可描繪出身體肢段與好球帶大小的關係。圖 5 為感測器擷取球員站立及不同打擊準備姿勢。



圖 5. 打擊者之骨架關節點影像

(二)好球帶偵測模組：

由研究參與者中的 3 位投手進行投球實驗，分別由投手丘向本壘投出 10 球，以架設於本壘上方的感測器進行資料蒐集與演算，並評估球速及判定好壞球。本研究請棒球裁判於捕手後方判定好壞球並使用 Stalker 雷射測速槍進行球速測量，以驗證感測裝置的效度；實驗裝置布置如圖 6 所示。

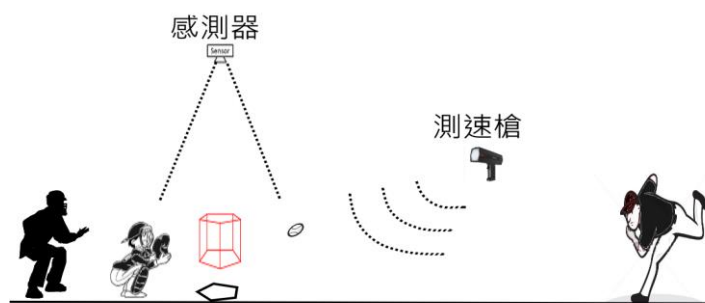


圖 6. 實驗裝置部置示意圖

在本模組中主要測量球體通過感測器的飛行軌跡及球體飛行速度。

1. 球體飛行軌跡

以影像背景相減法來取得球體飛行的軌跡，背景相減是在影像處理當中最直接也最簡單的方法，由目前影像和背景影像圖作相減所得的差值為依據，以設定門檻值來決定該像素為背景圖或是前景圖，計算背景相減的方程式如下所示：

$$D_t(x,y) = |I_t(x,y) - I_b(x,y)|$$

$$B_t(x,y) = \begin{cases} 1 & D_t(x,y) > Th \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases}$$

原點為深度圖的左上角座標位置， (x, y) 為 Pixel 的座標， x 為水平方向， y 為垂直方向座標； $I_t(x,y)$ 為 t-frame 的深度影像， $I_b(x,y)$ 為背景深度影像， $B_t(x,y)$ 判斷是否有物體， Th 是閾值。

背景相減法可提供很好的邊緣資訊，藉此取得球的空間資訊以及深度資訊後，將單位時間的球體資訊做連結就可以得到球的軌跡（圖 7）。

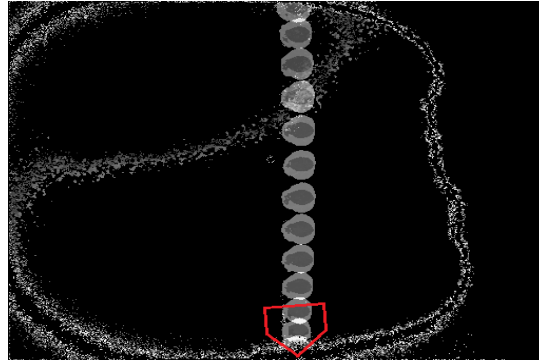


圖 7. 球體軌跡示意圖

2. 球體飛行速度

球速計算方式是以投手丘距離本壘板位置除以時間來計算，因攝影機位置固定，於是影像有效距離不會改變，本研究將系統攝影機高度訂為 4 公尺，取得拍攝畫面之地面寬度為 440cm，畫面之寬度解析度為 512Pixel，可以得知畫面上移動一個 Pixel 實際上移動距離為 $440\text{cm}/512\text{pixel} = 0.859375\text{cm}$ ，因每秒有 30 個 frame，可以求得地面上球體移動的速度，公式如下：

$$\frac{(a - b) \times 0.859375}{\frac{1}{30} \times \frac{1}{3600} \times 100000} = \text{球速}$$

a 點和 b 點為擷取的第一顆球與第二顆球的 x 座標，因間格為 1frame 所以需要乘以 30 後得到一秒移動距離 (cm)，乘以 3600 得到時速，再除以 100000 將單位轉為 km/h，本系統之好球帶下緣高度為 65cm 深度值為 42，實際取得畫面之實際寬度為 368cm，而好球帶上緣高度為 115cm 深度值為 74，實際取得畫面之實際寬度為 313cm，於是可以得出球體於好球帶上下緣時水平移動一個 Pixel 的距離，上緣為 $313\text{cm}/512\text{pixel} = 0.611328\text{cm}$ ，下緣為 $368\text{cm}/512\text{pixel} = 0.71875\text{cm}$ ，其深度值差異為 12，於是能得到好球帶範圍內之球路深度值每相差 1 時水平移動一個 frame 之差異為 0.00335694cm，球體於

好球帶垂直移動 1 個深度值的距離為 $50\text{cm}/32 = 1.5625\text{cm}$ 。

即可由下列式子計算出相鄰兩顆球的水平移動距離 HD_n ，以及相鄰兩顆球的垂直移動距離 VD_n ，再進而計算出實際移動距離 RD_n ，最後即可計算出平均棒球時速 AS ， N 為棒球軌跡所偵測到的棒球總數。

$$HD_n = (b_{n+1} - b_n) \times (0.611328 + 0.00335694 \times d)$$

$$VD_n = (b_{n+1} - b_n) \times (1.5625)$$

$$RD_n = \sqrt{HD_n^2 + VD_n^2}$$

$$AS = \frac{\frac{(\sum_{n=1}^{N-1} RD_n)}{N-1}}{\frac{1}{30} \times \frac{1}{3600} \times 100000}$$

由上述的公式推導，本系統理論值可偵測的最高時速約為 464Km/h ：

$$(500-0) \times 0.859375 \times 30 \times 3600 \times 1/100000 = 464\text{Km/h}$$

依上列公式，將深度值帶入即可得知實際移動的距離，如表 1。

表 1 深度值 40~70 時水平移動一個 Pixel 的距離

深度值	移動距離(cm)	深度值	移動距離(cm)	深度值	移動距離(cm)
41	0.6079	51	0.6415	61	0.6751
42	0.6113	52	0.6448	62	0.6784
43	0.6146	53	0.6482	63	0.6818
44	0.6180	54	0.6516	64	0.6851
45	0.6213	55	0.6549	65	0.6885
46	0.6247	56	0.6583	66	0.6918
47	0.6281	57	0.6616	67	0.6952
48	0.6314	58	0.6650	68	0.6986
49	0.6348	59	0.6683	69	0.7019
50	0.6381	60	0.6717	70	0.7053

肆、結果與討論

一、肢段偵測系統的驗證

好球帶 (Strike Zone) 定義為球體通過本壘的上方，高度以打擊者在準備揮擊自然姿勢下，上限為肩部頂點和制服褲的頂點的中點，下限為膝蓋的頂點。然而擊球員為縮小好球帶，採取了壓低身體的怪異姿勢，主審應依其正常姿勢來決定好球帶，因此本研究將使用 3D 深度感測技術針對擊球員的身高及感測到的骨架進行分析，透過選手身高及準備擊球姿勢的身體肢段角度與好球帶高度，以形態學與數學方法來進行相關研究，推導出最合理的好球帶高度，以避免選手採取怪異姿勢來誤導裁判的判決。

為評估 Kinect 肢段偵測系統的功能，本研究使用人工測量的方式進行對照，測量與感測結果得到相關肢段長度，將該肢段長度依定義建構好球帶高度，並進行差異檢定，結果如表 2。

表 2 不同量測法在肢段長度比較摘要表 (n=13)

方法	臂長	腿長	小腿長	軀幹長	K-zone	t
皮尺 (cm)	69.62±3.38	90.77±5.78	46.23±2.83	62.77±1.17	74.38±3.92	0.005
kinect (cm)	69.16±3.49	88.54±5.95	45.77±3.45	63.22±1.39	74.38±3.80	

* $p < .05$

兩種測量方法在好球帶高度比較上沒有差異，本研究參與者的好球帶高度平均約在膝關節起至上方 74.38 公分止，本壘板的寬度為 43.2cm，由此所構成的五角柱體。黃谷臣與謝豐宇 (2016) 認為骨架感測資訊能有效偵測棒球打擊姿勢之各肢段參數，可據此建立好球帶評估系統。好球帶的高度應隨每個人的身高與肢段長度做判定，而非以固定高度來討論，所以決定好球帶的尺寸與每個人的骨架有關，透過骨架感測可以描繪肢段骨架的位置，對於好球帶有決定性的影響。

二、球體偵測之驗證

本研究以裁判判定之好球次數對照感測裝置的演算結果如表 3。

表 3 不同測量法在好球數之比較摘要表

項目	投手 A			投手 B			投手 C		
	好球	壞球	N/A	好球	壞球	N/A	好球	壞球	N/A
人工判定	8	2	0	6	4	0	6	4	0
深度感測	6	2	2	5	2	3	5	1	4

本研究所使用感測法，雖能準確預測球體是否通過好球帶，但因實驗在戶外進行，以致於感測裝置受到光源的影響，信號漂移以致深度資訊不完整，而影響系統判斷，由表 3 可以發現在 30 個投球數中有 9 球無法判定 (30%)，訊號受影響程度頗大，因此建議本系統應在牛棚下使用，以避免受到陽光的干擾。

球迷或從事棒球運動的玩家都認為好壞球的判定是球體是否通過本壘板的前緣，但實際上只要球體的任一部份通過好球帶的空間，皆應判定為好球。Lang (2015) 以球體追蹤技術的研究指出，電視轉播所使用的好球判定仍以本壘板前緣為主，但本壘板的長度有 1.4 英尺，以球速 90 英哩的垂直改變角度 1 度來計算，從本壘板前緣到離開本壘板的高度落差有將近 2 英寸；龔榮堂 (2005) 使用高速攝影的方式分析也指出，中華隊投手的球體飛行軌跡在本壘前及本壘後平均下移了 11.6 公分，而古巴隊的投手平均約為 10.2 公分；若加上球體的旋轉，各種球路的變化，僅以本壘前緣作為基準判定好壞球，將有很大盲點。Lang (2015) 在分析美國大聯盟 2013 年球季中的 126,489 好球數，發現有高

達 3,950 (3.1%) 個投球是沒有通過本壘板前緣，但因球體旋轉及球路特性而有接觸到好球帶，但其中卻有 68% 被判定為壞球，若依規則定義，好球帶應是一個立體空間的概念，類似滑球軌跡因球體飛行時彎曲而碰觸到本壘板外側角的好球帶邊緣，也應視為好球，這種好球被稱為 **back door strike**，好球帶應以 3D 的思維來作探討。

在球速測量上本研究使用 **Stalker** 測速槍為工具，並計算三位投手所投 10 球之平均球速，以驗證感測器效度，兩種測量方法之比較摘要表如表 4。

表 4 不同量測法在平均球速比較之 *t* 檢定摘要表

平均球速	投手 A	投手 B	投手 C	<i>t</i>
測速槍 (km/h)	114.10±2.62	108.00±2.45	115.10±4.25	0.180
深度感測 (km/h)	114.00±2.83	106.29±2.43	115.00±3.11	

**p*<.05

由表 4 可發現兩種方法在平均球速的測量結果上沒有顯著差異，顯示本研究所提之感測方法能有效測量球體飛行速度。因本研究使用深度感測，無法觀測球體旋轉狀況，因此未考慮球路因素；Alaways 與 Hubbard (2001) 指出球體旋轉與否對於球速及球體飛行軌跡將造成影響，龔榮堂 (2005) 以高速攝影機針對球速與轉速所做的研究指出，快速球的投手在球速變化的程度較小，打擊者較能掌握擊球時機，而轉速型的投手因球體轉動速度較快，投球尾速的變化較大，打者在擊球瞬間必須克服球體的直線速度與轉速的合力，會覺得球質較重。

三、3D 成像回放系統

本研究採用 **three.js** 套件實作以瀏覽器為基礎之 3D 回放系統，便於使用者操作以及使用手持系統觀看。此模組藉由好球帶偵測模組之三軸向之座標來描繪球體飛行軌跡；實作結果如圖 8。

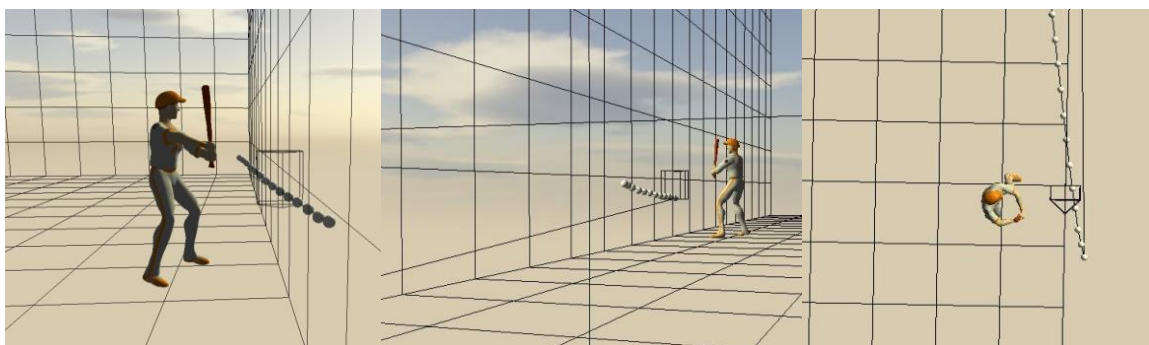


圖 8 本研究實作完成之 3D 回放系統

由於本研究所使用之深度感測裝置偵測範圍約 4 公尺，因此僅依所擷取之空間資訊進行 3D 軌跡描繪，在實作上約可呈現球體通過好球帶的球體軌跡，由於電腦 3D 動作的應用越來越受到多元，從電影工業發展到醫學影像科技，利用 3D 影像協助醫護人員進

行精密手術或訓練，近年來發展到遊戲領域，透過 3D 擬真的場景，將遊戲畫面立體化，呈現維妙維肖的真實感。在體育運動領域應用 3D 動作分析工具，常見的以 VICON、3ds Max 等作為實驗分析的工具，進行比對關鍵動作之間的差異性並將其差異量化，以相似度作為動作辨識。

伍、結論

本研究所提出的 3D 深度感測之棒壘球好球帶輔助判斷系統，可運用於投手訓練上，透過系統感測結果及 3D 成像回放之功能，可讓投手於訓練期間了解球速變化及球路軌跡是否符合原先設定的標準，進而自我調整以優化投球內容，使投手能夠在練習或比賽前的熱身，將狀態調整至最佳狀況。此外，本研究也可作為裁判考核的工具，提升裁判水準。藉由科技輔助裁判執行判決已常見於各項運動競賽中，可預見未來感測科技在棒球運動場上將會扮演重要的角色。許多研究皆指出棒球裁判執法尺度嚴重影響比賽的公平性及結果，但隨著比賽制度的改進，教練選手可以提出挑戰，希冀未來也能針對主審判定好壞球提出異議，甚或類似由機器人輔助判定是否有進入好球帶，如此才能消彌人類眼睛極限所產生的誤判情形。本研究提出 3D 深度感測技術可推廣應用於其他如網球、羽毛球、桌球等運動項目上。

致謝-本研究計畫由淡江大學跨領域研究案 FDRX10-2321 提供經費支持。

參考文獻

- 王晨羽 (2013)。《棒球軌跡重建技術與雲端服務應用》(未出版碩士論文)。玄奘大學，新竹市。
- 范姜逸敏、張嘉雄、謝景棠、林駿維 (2014)。以 *Kinect* 為基礎的網球揮拍動作分析與應用，台灣數位學習發展研討會 TWELF 2014。
- 傅元威 (2009)。以階層式 *Boosting* 演算法為基礎之棒球軌跡辨識 (未出版碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 黃谷臣、謝豐宇 (2016)。骨架感測技術應用在好球帶設定之研究，*運動教練學刊*，44，41-50。
- 楊瑞珠、周財勝 (2014)。羽球比賽應用鷹眼系統之分析，*運動健康休閒學報*，5，185~191。
- 龔榮堂 (2006)。《棒球球速與轉速對打擊之影響》，行政院國家科學委員會專題研究計畫 NSC 94-2413-H-179-009-。
- Alaways, L. W. & Hubbard, M. (2001). Experimental determination of baseball spin and lift.

- Journal of Sport Sciences*, 19, 349-358.
- Guéziec, A. (2002). Tracking pitches for broadcast television. *Computer*, 35(3) , 38-43.
- Hagen, P. (2014, March 26). *Baseball unveils state of the art replay center*. Retrieved from <http://m.mlb.com/news/article/70188846/>
- Jacobs, P. (1987). Sports Performance Series. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 9 (1) , 5-15.
- Lang, E. (2015, September 14). *Analyzing the strike zone as a three-dimensional volume*. Retrieved from <https://www.fangraphs.com/tht/analyzing-the-strike-zone-as-a-three-dimensional-volume/>
- Paul. F. (2007) , Is this the sport we want? *Tennis* ,2007 (5),80-85.
- Roegel, J. (2014, October 13), *The Strike Zone expansion is out of control*. Retrieved from <https://www.fangraphs.com/tht/the-strike-zone-expansion-is-out-of-control/>

A Design of 3D Strike-Zone and Its Track Based on Depth Sensing Technology

Ku-Chen Huang¹, Tung-Kuei Chiu², Ching-Tang Hsieh³ and Meng-Shiuan Pan⁴

¹Office of Physical Education, Tamkang University

²Center for General Education, National Chi Nan University

³Department of Electrical and Computer Engineering, Tamkang University

⁴Department of Computer Science and information Engineering, Tamkang University

Abstract

An increasing number of researchers have begun to use depth sensors in their studies due to the drop in sensor prices in recent years. In computer vision, depth provides a wider range of useful information. In sports, baseball and softball pitchers are typically unable to self-evaluate their throw quality when practicing in the bullpen, and umpires are mostly unavailable to evaluate their throw quality. In this context, the present study proposed a 3D strike zone system based on the Kinect v2. The system was able to determine ball speed and throw quality. Recordings were then exported into a visual ball trajectory image including a 3D K-Zone, which can service as a reference for pitchers.

Key Words: Depth Sensor, 3D K-Zone, Baseball

Corresponding Author: Ku-Chen Huang

E-mail: tkuped@mail.tku.edu.tw