運動教練科學 44 期（2016 年 12 月）
Sports Coaching Science Vol. 44, pp. 29-38 (December, 2016)
DOI:10.6194/SCS.2016.44.04

骨架感測技術應用在好球帶設定之研究

黃谷臣 [1、*]、謝豐宇 [2]

摘要：目的：在探索骨架感測技術應用在棒壘球好球帶設定之可行性。**方法：**以大專棒球選手共 13 人為研究對象，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，進行身體肢段量測並使用 kinect 2 為工具量測骨架。所得資料以 SPSS 18.0 統計軟體進行各身體肢段長度與好球帶的相關檢定，並以多元逐步迴歸模式預測準備擊球好球帶的尺寸。**結果：**一、以實際測量和 kinect 2 骨架感測的所得好球帶尺寸間沒有差異。二、由研究樣本分析所得立姿好球帶高度為 74.38 ± 3.80 公分，準備擊球動作的好球帶高度為 67.86 ± 7.04 公分，兩者間落差約 6.52 ± 5.73 公分，脊柱前傾角為 4.80 ± 4.67 度，膝關節的屈角為 148.15 ± 15.03 度。三、以迴歸分析預測準備擊球姿勢之好球帶高度 Y = -10.457 + .598 × 立姿軀幹高度 + -0.548 × 脊柱傾角，由骨架感測所量測準備擊球好球帶的尺寸的解釋 達 56.6%。**結論：**一、骨架感測技術能有效偵測棒球打擊姿勢之各肢段參數。二、使用骨架感測技術能依個人身體肢段快速設定好球帶尺寸。三、透過立姿軀幹長度及脊柱傾角能預測準備打擊姿勢的好球帶尺寸。

關鍵詞：3D 深度感應器，深度感測，擊球準備

The Design of Using Skeletal Sensing Technique for Setting Strike Zone

Ku-Chen Huang[1,*], Feng-Yu Hsieh[2]

Abstract: Purpose: The study is to explore the feasibility of skeleton sensing technology using on the determination of strike zone in baseball and softball. **Methods:** There're totally 13 baseball players participated in this study (age: 20.45 ± 1.36 years, height: 170.54 ± 5.36 cm, and weight: 67.85 ± 7.37 kg). We was according International Society of Advancement of Kinanthropometry guidelines to measure body limb segment and used kinect 2 to measure the skeleton. All data were analyzed by paired t-test and regression. The significant level was set as α = .05. **Results:** (1) The results showed no difference between the strike zone the size of the resulting actual measurement and kinect 2 skeleton sensed. (2) The strike zone size: standing height of 74.38 ± 3.80 cm, batting ready for 67.86 ± 7.04 cm, the trunk angle is 4.80 ± 4.67 degrees, knee angle was 148.15 ± 15.03 degrees. (3) In the regression analysis of the strike zone Y = -10.457 + .598 × standing trunk height + -0.548 × trunk angle.

[1] 淡江大學體育事務處副教授 ; Associate Professor, Office of Physical Education, Tamkang University.
[2] 淡江大學體育事務處講師 ; Lecturer, Office of Physical Education, Tamkang University.
[*] 通訊作者：黃谷臣；淡江大學體育事務處副教授 ; Corresponding author: Ku-Chen Huang; Associate Professor, Office of Physical Education, Tamkang University; E-mail: tkuped@mail.tku.edu.tw

airiti

Conclusions: (1) skeleton sensing technology can effectively detect the parameters limb posture of the baseball strike. (2) Use the skeleton sensing technology can quickly set up the strike zone standard based on individual body segment. (3) By standing trunk length and angle can predict batting ready strike zone size.

Keywords: kinect, depth sensor, batting ready

壹、緒論

運動競技一直是媒體所關注的焦點，選手在場上的奮力拼鬥的精神與技術的展現，透過媒體的傳播，深深吸引大眾的目光，然而運動競技需植基於公平對等及公正的判決下，才會獲得閱聽眾的欣賞，在比賽中使用重播系統或鷹眼的意義在於克服人類觀察能力上存在的極限和盲點，有助於裁判的判決，不僅對選手有益也有助於比賽的流暢性，並可確保比賽的公平性與準確性。在這個潮流下，羽球項目也自 2013 年起也開始在大型比賽中使用鷹眼技術（楊瑞珠、周財勝，2014）。全世界參與人口最多的世界盃足球賽，有鑒於過去足球射門時是否進球的判決所帶來的爭端，於 2014 年的世界盃足球賽開始採用科學的、即時的、準確的判決輔助系統——球門線科技（goal-line technology, GLT）來協助判定進球與否，GLT 通過了各項嚴苛的測試程序，包括人員干擾、環境測試、機器測試及人類測試等，將進球與否以即時的方式傳到裁判的隨身裝置內，以提供裁判做出正確的判決，間接地提升了球賽的服務品質（Fédération Internationale de Football Association [FIFA], 2014）。

在高度競爭的比賽中，每一個球的勝負都影響比賽結果，唯有在公平公正的判決下，才不至於產生爭議。然而，存在於裁判與球員間對於判決的思考模式本來就不同，加上可能受到動作視差、角度、距離、速度、高度、遮蔽、光線、陰影、深度知覺、顏色對比、注意力等因素的影響，而有不同的判決結果（Fein, 2003／陳述譯，2007）。從過去的研究顯示，人類的眼睛並不可靠，以 2007 年澳洲網球公開賽為例，男子單打選手的挑戰成功率竟高達 49.2%，而女子單打的挑戰正確率也達 47.1%，在高水準的網球競賽中，球體與地面接觸的時間大約只有 0.3 秒，專職的司線員實在很難用肉眼看清球體實際的落點，以至於誤判的比率高達近五成。而在棒球比賽中，球速 150 公里／小時計算，球一出手至本壘板僅需約 0.4 秒，在冗長且高張力的比賽中，裁判能否維持高度專注執行任務，能否秉持公平公正的原則作出判決，將成為影響比賽勝負的不確定因素之一。雖然誤判也是比賽的一部分，但在棒球規則 9.05 中指出，裁判員必然會犯錯，但即使犯了錯誤，仍不應尋求補償，一切應基於所見事實來判定（中華民國棒球協會，2014）；很難想像在如此科技化的年代，裁判竟然可以不必承認誤判而做出正確的判決。

為了避免誤判而影響比賽結果，美國職棒大聯盟（Major League Baseball, MLB）自 2008 年開始重播機制，針對是

airiti

否有全壘打進行重播確認，2014 年的球季啟用挑戰制度，從過去由裁判自由心證的時代，擴大到教練可進行挑戰，透過重播運作中心（Replay Operations Center）內的專業裁判針對影像結果提供判定，此舉對棒球運動無疑是重大突破，但為不干擾比賽進行，對於主審好壞球的判定卻仍不得挑戰。Hagen（2014）統計 2013 年 MLB 的資料發現，在 50,000 個判決中約有 377 個需要動用到重播系統來協助，而其中單場比賽發生過二次以上需要重播的情形約有 30 場左右，顯示電子科技能有效輔助裁判執法，在棒球比賽中佔有重要地位；Roegele（2014）針對 MLB 2008 年到 2014 年的好球數進行大數據分析，結果發現好球帶的尺寸由 2008 年的平均 440 平方英吋，到 2014 年擴張為 475 平方英吋，好球的面積腫脹約 40 平方英吋，擴張的區域主要集中於好球帶下緣，這也顯示出裁判在判定時的不穩定狀態。裁判應依據棒球規則所定義的好球帶（strike zone）來執行判決，好球帶的大小應隨著打擊者的體型而有所不同，而不是隨著主審裁判的喜好或是寬容度而有所改變；在科技創新及攝影設備技術不斷的翻新下，棒球競賽若能妥善運用影像感測科技，將能提供更公平合理的判決。

影像感測科技的種類繁多，除了高速攝影外、紅外線、雷射、球體追蹤技術等，微軟公司於 2010 年推出以 3D 深度感測技術為主的kinect，主要應用在體感控制上，有別其他的控制形式，因此帶來更多面向的應用，例如在商業應用中開發虛擬更衣室，透過影像感測及 3D 成像技術讓消費者能在虛擬介面中試穿不同形式及顏色的服裝，或者是在改變髮型前，先以虛擬影像來選擇不同造型等。相關的技術也逐漸運用在動作辨識、教學活動、運動模擬訓練、運動復健、遊戲娛樂上，以體感方式可以體驗操控遊戲的樂趣外，更能帶來運動的效果（范姜逸敏、黃谷臣、張嘉雄，2015；郭癸賓、黃世育、林益亘，2013；陳上迪、姜義村，2013）。然而，kinect 應用在學術討論中卻因精確度與解析度備受質疑，Khoshelham 與 Elberink（2012）的研究認為測量誤差會隨著 kinect 攝影鏡頭與拍攝主體距離而增加，在 3 公尺以內的深度誤差最高約為 4 公分，建議以 kinect 進行人臉辨識、手勢判定或身體骨架量測時，最佳距離應該在 1 ~ 2 公尺之間。深度感測技術能提供骨架的三維空間資訊，免去身上綁定各種感測器的牽絆，透過動作與骨架的追蹤，也可應用在運動技術分析上，是一項便利的研究工具。

有關打擊動作的研究大部分著重於打者和球棒之運動學的探討或是在擊球過程中身體動力學的分析，鮮少討論擊球準備動作或是探討裁判執法標準，本研究嘗試從規則對於好球帶的定義來探討使用影像感測技術辨識身體骨架，並進而自動設定擊球員好球帶的可行性，此研究結果未來可作為輔助裁判執行判決。

貳、方法

一、研究對象

本研究以 13 名大專乙組棒球選手為對象，研究對象平均年齡為 20.45 ± 1.36 歲，平均身高 170.54 ± 5.36 公分，平均體重 67.85 ± 7.37 公斤，接受訓練的平均球齡為 5.2 ± 2.33 年。

airiti

二、研究工具

主要採用的工具為 kinect 2 深度攝影機。此工具是由 Microsoft 在 2013 年所發布的新一代的 kinect，使用 Time of flight（ToF）攝影技術，ToF 是計算光飛行的時間。由裝置發出脈衝光，並且在發射處接收目標物的反射光，藉由測量時間差算出目標物的距離，精準度與精確度得到進一步的提升，kinect 可擷取三項資訊，分別是彩色影像、3D 深度資訊以及聲音訊號。深度影像解析度為 512 × 424 @30fps，彩色攝影機：1,920 × 1,080 @30fps，偵測距離範圍為 0.5 ~ 4.5 公尺，使用 USB 3.0 傳輸，延遲 66 ms，趨近於人體反應極限。kinect 2 能萃取之人體骨架關節點，可以追蹤 25 個關節（如圖一），分別為：

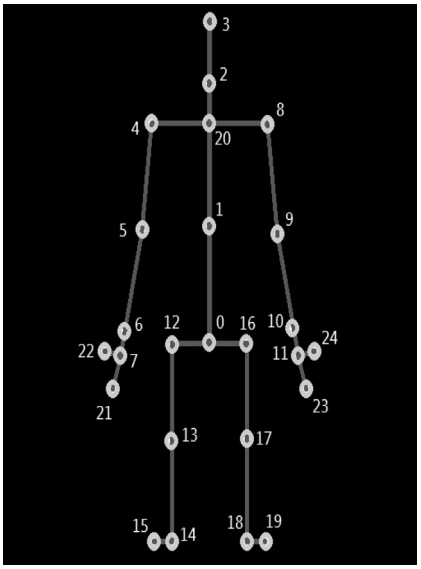
圖一為 kinect 2 能萃取之人體骨架關節點資訊示意圖，依照上述定義之好球帶的垂直高度，上限為肩部頂點和制服褲的頂點的中點，下限膝蓋的頂點，可從微軟定義之關節點 Spine Mid 與 Knee Left 或 Knee Right，即對應圖中編號 1 與編號 13 或 17 之關節點 Y 軸座標，在球員進入感測範圍內時，能快速取得肢段長度，以設定好球帶範圍。

三、研究步驟

（一）身體肢段測量

由 2 名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 for Kinanthropometry [ISAK], 2001）的標準程序進行身體肢段量測，取測量結果之平均值並與 kinect 感測器所擷取關節點進行比對，相關量測內容如下：

1. A；臂長。包含上肢長、上臂長、手掌長等，對應圖一編號 4 與編號 21 之關節 Y 軸座標，或編號 8 與編號 23 之關節 Y 軸座標。
2. L_a；腿長。量測由髖關節至腳底的距離，對應圖一編號 12 與編號 14 之關節 Y



0. Spine Base 脊椎端點
1. Spine Mid 脊柱中心點
2. Neck 頸部
3. Head 頭部中心
4. Shoulder Left 左肩
5. Elbow Left 左手肘
6. Wrist Left 左手腕
7. Hand Left 左手掌
8. Shoulder Right 右肩
9. Elbow Righ t 右手肘
10. Wrist Right 右手腕
11. Hand Right 右手掌
12. HipLeft 左臀
13. Knee Left 左膝
14. Ankle Left 左腳踝
15. Foot Left 左腳趾
16. Hip Right 右臀
17. Knee Right 右膝
18. Ankle Right 右腳踝
19. Foot Right 右腳趾
20. Spine Shoulder 鎖骨中點
21. HandTip Left 左手指尖
22. Thumb Left 左手拇指
23. HandTip Right 右手指尖
24. Thumb Right 右手拇指

圖一　Kinect 2 的萃取關節點

airiti

軸座標，或編號 16 與編號 18 之關節 Y 軸座標。

3. L_b；小腿長。量測由膝關節至腳底的距離，對應圖一編號 13 與編號 14 之關節 Y 軸座標，或編號 17 與編號 18 之關節 Y 軸座標。
4. L_S；軀幹長。量測自肩與脊柱接合處至尾骨處，對應圖一編號 20 與編號 0 之關節 Y 軸座標。

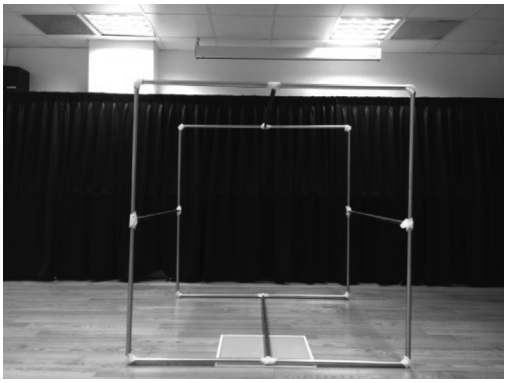
（二）身體骨架感測與比對

1. 本研究使用長寬高各 1.5 公尺的立方體作為參考座標（如圖二），進行儀器校正，並於感測中心點劃一 50 公分 × 50 公分的感測區（如圖三之黑框），感測區中心點距離 kinect 鏡頭 200 公分，距地面高度為 60 公分，器材設備布置如圖四。kinect 感測器能偵測 3D 運動狀態，但各有其座標定義，因而於實際應用時，需仔細的進行角度校正來達到座標對準；若無適當校正，將會造成後續處理失敗（黃繼德，2013）。由於感測位置不同將影響感測的結果，距離鏡頭遠近也將造成演算結果的落差，因此要求本研究受試者在操作時身體重心盡量維持在感測區內，以降低研究誤差。
2. 受試者於感測區內以立姿及準備擊球之正面、前面和背面等四個位置各取一幅感測影像。圖三 (a) 為球員站立於感測區之骨架關節點的圖片，用於測量計算影像中與真實情況的比例，如圖三 (b) ~ (d) 為系統在不同感測位置建立骨架之情形。

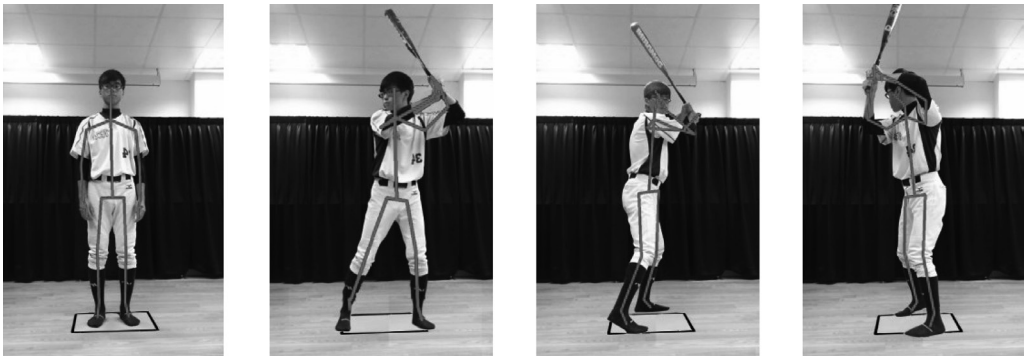
四、資料處理

（一）資料蒐集

本研究使用 kinect 2 為研究工具，以 Kinect for Windows SDK v1.8 開發骨架感測的應用程式，系統所取得的一群座標的集合，稱為骨架關節位置，為所擷取關節點的 3D 座標，以單一幅影像



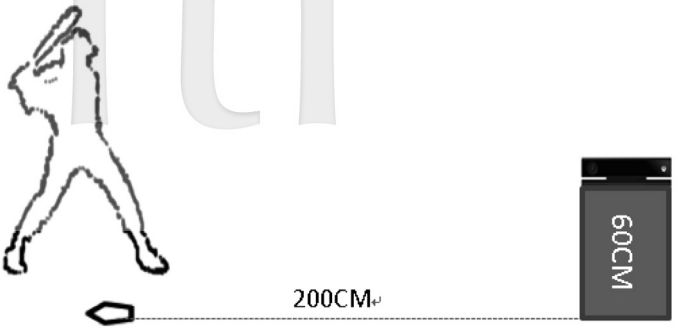
圖二　儀器校正使用之座標參考點



(a) 站立姿勢　(b) 正面　(c) 前面　(d) 背面

圖三　球員之骨架關節點影像

airiti



圖四　器材設備布置示意圖

而言，感測所得資料分別為 X、Y、Z 軸空間資訊與對應之關節點編號。各感測點的 3D 座標，透過 depth generator 的 ConvertProjectiveToRealWorld() 函式，轉換到真實座標系統上進行計算。

（二）感測資料與實際長度的轉換

以實際量測之立姿軀幹長度及腿長數值，比對由感測器抓取立姿關節點編號 20 ~ 0 之感測距離，加上編號 12 ~ 14 與 16 ~ 18 之平均值，由感測數值與實際尺寸換算後，得到轉換變數 K，K = 114.6，由於採用肢段長度來評估好球帶高度，對應以皮尺量測高度恐有皮膚與骨架之測量誤差之虞慮，所以本研究主要採用正面影像（圖三 (b)）的感測資料來演算，因僅取肢段長度，透過各肢段長度相減後，測量誤差相互抵消不計。

（三）軀幹長度之演算

將所得資料各關節點 Y 軸之差與轉換變數 K 之乘積，轉換成為實際垂直尺寸。換算公式為：

$$L = | Y_a - Y_b | \times K \qquad (1)$$

以編號 3 選手之 Y 軸資料為例，比對身體軀幹的長度為關節點編號 0 與關節點編號 20 之距離，帶入公式得到：

$$\text{軀幹長} = | -0.0381298 - 0.493438 | \times 114.6 = 60.74 \text{ 公分} \qquad (2)$$

（四）好球帶之計算

依據中華民國棒球協會（2014）棒球規則（規則 2.74）所定義的好球帶，以擊球員正常擊球姿勢之肩部上緣與球褲上緣中間平行線為上限，以膝蓋下緣作為下限，通過本壘板之空間者稱之。依據定義分別使用下列兩種運算方法，來取得好球帶的尺寸資訊如下：

1. 以皮尺實測的好球帶公式：

$$H_k = \text{腿長 } (L_a) - \text{小腿長 } (L_b) + 1/2 \text{ 軀幹長 } \left(\frac{L_s}{2}\right) \qquad (3)$$

2. 使用 kinect 感測資訊進行運算，好球帶位置為由編號 1（Spine Mid）到編號 13（Knee Left）或編號 17（Knee

airiti

Right）的垂直距離，我們取兩側肢段的平均，公式如下：

$$Kzone = (|S_1 - S_0|) + ((|S_{12} - S_{13}| + |S_{16} - S_{17}|)/2) \quad (4)$$

（五）計算脊柱前傾角

感測資料中並無身體肢段角度的資訊，由於 kinect 感測資訊係以脊椎端點為原點，其他關節為相對位置，假設脊柱肢段為直線，透過鎖骨中點之 X 軸之空間資訊，換算位移距離，利用三角函數運算即可得到脊柱前傾角度；以相同方法可以運算其他身體各關節傾角。

（六）統計分析

本研究將轉換後之尺寸與實際量測尺寸進行比對並進行相關統計分析；統計分析以 IBM SPSS Statistics 18.0 版來進行，顯著水準訂為 $\alpha = .05$。

參、結果與討論

一、不同方法量測好球帶之尺寸誤差

由兩位研究人員依國際身體型態測量促進協會（ISAK, 2001）出版的標準程序，量測受試者立姿的肢段長度及使用 kinect 2 感測立姿的資訊，經換算後分別得到兩種方法的身體肢段長度，詳如表一。

陳書瑋、湯文慈與詹智能（2013）指出在選材時，選手的身高越高、體重越重、上肢肌肉越發達，其運動專項表現也會越好；而棒球選手選材時則會分析肢段長度，選擇體型高大且肢段較長者，其在揮棒或投球時能夠產生較大的速度（Carvajal et al., 2009）。針對體型的研究多數集中於身高與體重的分析，鮮少探討有關肢段長度對於棒球運動的影響。鍾德文（2004）針對我國青少年棒球選手體型所調查顯示，國中棒球選手的平均身高約為 165.56 公分，體重約為 58.37 公斤，缺乏肢段長度的資料。

在中學或大學棒球選手平均身高體重約在同年齡層中常模的 50 ~ 70% 之間，高於同年齡的足球選手與一般人（鍾德文，2004；French, Spurgeon, & Nevett, 2007）。本研究以大學棒球選手為對象，研究對象的平均身高 170.54 ± 5.36 公分，平均體重 67.85 ± 7.37 公斤，約同年齡層常模的 35 ~ 65%，體重則落在 55 ~ 85% 之間，顯示研究對象的體型並沒有高於一般大學生，此結果與上述研究結果有很大不同，因大學棒球代表隊的組訓不易，在甄選隊員時考量即用戰力，會以動作基礎為優先考量，而忽略體型因素。

依好球帶定義計算好球帶尺寸如表二，以成對樣本 t 檢定來分析兩種測量方法發現，兩者間差異未達顯著水準（$t = .005$, $p > .05$），顯示使用 kinect 2 感測方法與實際量測具有相同結果。

表一　不同量測方法之身體肢段長度比較表（n = 13）

方法	臂長	腿長	小腿長	軀幹長
實測（皮尺）	69.62 ± 3.38	90.77 ± 5.78	46.23 ± 2.83	62.77 ± 1.17
感測（kinect 2）	69.16 ± 3.49	88.54 ± 5.95	45.77 ± 3.45	63.22 ± 1.39

airiti

表二 不同量測方法之好球帶尺寸比較表（n = 13）

方法	好球帶	*t*	*p*
實測 H_K	74.38 ± 3.92	.005	.996
感測 Kzone	74.38 ± 3.80		

二、打擊準備姿勢之好球帶尺寸與身體各關節角度之分析

比較 kinect 2 感測器所得立姿與準備打擊姿勢之好球帶尺寸及身體各關節角度的變化；由選手之立姿及準備擊球姿勢，以感測編號 1（脊柱中點）至編號 13（左膝）和編號 1 至編號 17（右膝）之 Y 軸距離的平均值，計算不同姿勢下的好球帶尺寸，並以編號 0（脊柱端點）至編號 20（鎖骨中點）之 X 軸位移距離，以三角函數計算身體的傾角；結果如表三所示。

由表三結果可發現立姿時所計算的好球帶高度平均為 74.38 ± 3.80 公分，而以打擊準備的姿勢下好球帶高度下縮至 67.86 ± 7.04 公分，兩個數值間的差值平均為 6.52 ± 5.73 公分，由每個選手的差值不一的情形可以得知準備擊球姿勢的特殊 性；Nakata, Miura, Yoshie, Higuchi 與 Kudo（2014）也指出棒球打擊者的預備擊球姿勢因人而異，準備擊球時打者所執行的幾個準備動作，包括身體重心轉移、骨盆轉動及軀幹擺動等，打者利用動力鏈，依序由軀幹的下肢、上肢、球棒、球進行能量轉移，所以打擊準備動作時身體關節角度具有意義。由編號 7 號的選手資料為例，該選手在兩個畫面間的差值僅有 0.48 公分，幾乎沒有差異，由其動作影像中發現，該名選手的準備擊球動作並無太多的前傾與下蹲動作。而編號 10 的選手差值達 16.81 公分，因其準備擊球時的身體較為前傾且重心降低，所以膝關節也較為彎曲。在探討打擊動作時常以運動學或動力學的角度來分析，郭展能、黃長福與郭明松（2004）將打擊動作分為四個時期來討論，分別是預備動作期、後擺期、旋

表三 不同站姿好球帶尺寸比較與身體傾角之變化

編號	立姿	準備擊球	差值	脊柱傾角	膝關節角度
1	77.93	76.66	1.27	3.43	141.73
2	81.72	75.60	6.12	4.02	161.20
3	75.69	73.28	2.41	2.98	143.34
4	69.91	68.40	1.51	4.46	144.52
5	72.28	69.88	2.40	3.50	147.73
6	68.23	61.04	7.19	6.43	129.75
7	75.20	74.72	0.48	4.31	160.36
8	73.90	70.17	3.73	3.25	165.43
9	77.23	69.80	7.43	0.75	143.77
10	69.56	52.75	16.81	7.46	124.87
11	73.95	65.06	8.89	2.60	179.59
12	77.59	58.87	18.72	18.94	146.77
13	73.79	65.93	7.86	0.31	136.92
平均	74.38 ± 3.80	67.86 ± 7.04	6.52 ± 5.73	4.80 ± 4.67	148.15 ± 15.03

airiti

轉期與跟隨期，在準備擊球時打者會雙腳微蹲，身體放鬆，眼睛專注著投手，身體重心位置較正常站立重心位置為低，大部分重量集中在後腳，後腳與前腳的支撐比例為 2.33 : 1。

林宗賢（1991）以六名棒球打擊者為對象，分析身體關節角度時指出棒球打擊者在擊球準備時後腿之角度約在 99.16° ~ 103.33° 之間；前腿之角度平均為 150° ~ 150.83° 間；軀幹向前傾之角度，平均約為 5.50° ~ 6.33° 間。本研究所作的相關測量僅就預備動作期中身體的各肢段長度及角度進行來分析，以 kinect 2 感測身體肢段前傾 X 軸距離與軀幹長度之關係，利用三角函數算出的身體前傾角為 4.80° ± 4.67°，膝關節的屈角為 148.15° ± 15.03°，研究結果與林宗賢（1991）的研究結果一致。

三、以身體肢段參數預測打擊準備姿勢之好球帶尺寸

將身體各肢段長度包括臂長、腿長、小腿長、軀幹長、直立站姿、脊柱傾角、膝關節角度等參數進行多元逐步迴歸分析，在七個預測變項預測校標變項（準備擊球好球帶尺寸）時，進入迴歸方程式的顯著變項共有二個，分別為直立站姿及脊柱傾角，其解釋變異量為 56.6%。如表四所示。

由於文獻中缺乏探討有關準備打擊姿勢的技術分析資料，所以本研究以大學棒球選手為對象，使用實際測量及骨架感測方法，用來評估不同好球帶尺寸，藉以驗證骨架感測技術應用於好球帶判定之可行性。

而由迴歸分析中可以發現立姿好球高度與脊柱傾角兩個變項能有效預測準備擊球時好球帶的尺寸。標準化之準備擊球好球帶預測公式：

$$Y = -10.457 + .598\ \text{立姿軀幹高度} + -0.548\ \text{脊柱傾角} \quad (5)$$

肆、結論與建議

一、結論

好球帶的尺寸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，以骨架感測系統能快速而有效地偵測並描繪人體骨架的相關資訊，以肢段長度便可作為辨識好球帶尺寸的工具。本研究獲得以下結論：

（一）骨架感測技術能有效偵測棒球打擊姿勢之各肢段參數。

（二）使用骨架感測技術能依個人身體肢段快速設定好球帶尺寸。

（三）能預測準備打擊姿勢的好球帶尺寸。

表四　不同量測方法之身體肢段長度比較表（n = 13）

變項順序	多元相關係數	決定係數 R^2	增加解釋量 ΔR	*F* 值	原始分數迴歸係數 (B)	標準化迴歸係數 (Beta)
立姿	.582	.338	.278	5.624*	1.106	.598
脊柱傾角	.799	.639	.566	8.832*	- .827	- .548

註：$^*p < .05$。

airiti

二、建議

人類肉眼有其極限，很難與機器相互抗衡，手中握有精密儀器的教練與球員，勢必將會對主審主觀認定的好壞球判定產生更多的質疑，透過相關感測技術的應用，能提供相關資訊協助裁判做出正確判決，不僅有助於競賽的公平性，給予在場上努力奮戰的選手一個公平競爭的機會，提高賽事精彩度，也有助於運動賽事的發展。

本研究結果不敢妄言電子裝置將取代裁判，但藉由科技輔助裁判執行判決已常見於各運動競賽中，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。由本研究結果推估，未來將可利用感測技術，針對球體飛行軌跡、球體飛行速度及通過好球帶的 3D 立體成像等做進一步的探討。

參考文獻

中華民國棒球協會（2014）。**中華民國棒球規則**。臺北市：作者。

林宗賢（1991）。棒球投手與打擊手之運動學研究。**中華體育季刊**，**5**(1)，35-40。

范姜逸敏、黃谷臣、張嘉雄（2015）。體感遊戲對網球正、反拍擊球動作學習效果之影響。**彰化師大體育學報**，**14**，1-14。

郭癸賓、黃世育、林益亘（2013）。運用體感遊戲設備開發高爾夫 位教學輔助系統。**屏東科大體育學刊**，**2**，1-14。

郭展能、黃長福、郭明松（2004）。優秀女壘選手打擊動作之生物力學分析。**大專體育學刊**，**6**(2)，151-160。

陳上迪、姜義村（2013）。體感式遊戲對養護機構高齡者簡單反應力之影響。**大專體育學刊**，**15**(3)，277-287。

陳書瑋、湯文慈、詹智能（2013）。棒球運動科學選材之探討。**中華體育季刊**，**27**(2)，167-173。

黃繼德（2013）。深度感測器與慣性測量單元之座標校正方法。**電腦與通訊**，**153**，138-145。

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。

鍾德文（2004）。我國青少棒棒球選手體型之探討——以 91 年國中棒球聯賽為例。**教練科學**，**4**，159-168。

Carvajal, W., Ríos, A., Echevarría, I., Martínez, M., Miñoso, J., & Rodríguez, D. (2009). Body type and performance of elite cuban baseball players. *Medical Education Cooperation with Cuba Review*, *11*(2), 15-20.

Fédération Internationale de Football Association. (2014), *What is goal-line technology?* Retrieved from http://quality.fifa.com/en/Goal-Line-Technology/

Fein, P. (2007). 這是我們希望的運動嗎？——對鷹眼挑戰的置疑（陳述譯）。**網球**，**2007**(5)，80-85。（原作於 2003 年出版）

French, K. E., Spurgeon, J. H., & Nevett, M. E. (2007). Anthropometric characteristics of Columbia, South Carolina, youth baseball players and Dixie Youth World Series players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *78*(3), 179-188.

Hagen, P. (2014, March 26). *Baseball unveils state-of-the-art replay center*. Retrieved from http://m.mlb.com/news/article/70188846/

International Society for the Advancement of Kinanthropometry. (2001). *International standards for anthropometric assessment*. Potchefstroom, South Africa: Author.

Khoshelham, K., & Elberink, S. O. (2012). Accuracy and resolution of kinect depth data for indoor mapping applications. *Sensors*, *12*(2), 1437-1454.

Nakata, H., Miura, A., Yoshie, M., Higuchi, T., & Kudo, K. (2014). Differences in trunk rotation during baseball batting between skilled players and unskilled novices. *Journal Physical Fitness Sports Medicine*, *3*(4), 457-466.

Roegele, J. (2014, Octoebr 13), *The strike zone expansion is out of control*. Retrieved from http://www.hardballtimes.com/the-strike-zone-expansion-is-out-of-control/