

智能籃球運用於罰球入球角度之研究初探-以大專男子籃球隊為例

A Research of Smart basketball application for free throw entry angle: A case study of college male basketball players

黃昭銘^{1*} 劉孟竹² 鄭文玄¹ 賴胤瑋³

¹宜蘭縣立中山國民小學、²健行科技大學、³新北市市立榮富國小

*通訊作者: stanely503@gmail.com

摘要

籃球運動屬於動態運動一種(Dynamic)，比賽中雙方你來我往進攻投籃得分是比賽的重點，除了一般投籃得分之外，因為對手犯規而進行的罰球線罰球也是得分的方式之一，如何在比賽中一點一滴累積分數是籃球比賽中致勝關鍵之一。影響罰球命中率的因素除了球員本身之外，當籃球進入籃框的入球角度也是重要的因素之一。本次研究主要嘗試利用行動科技進行研究資料收集，探討罰球入球角度與命中率之相關性研究，研究樣本主要針對國內某大學男子籃球校隊球員(n=26)進行罰球入球角度進行資料收集與分析，研究方法主要是以具有無線傳輸與感應器的智能籃球進行罰球入球角度資料收集。研究結果顯示罰球命中率與入球的角度有顯著相關(42 度~48 度)，為了探討不同罰球命中率選手在入球角度的表現差異，將選手依照罰球命中率分成高(n=6)、中(n=11)、低(n=9)三組進行分析，結果顯示高命中率組罰球準確性與一致性高於其他兩組，在 one-way ANOVA 統計分析結果顯示中、低兩組在入球角度 38 度~41 度達顯著差異，高、低兩組在入球角度 42 度~48 度達顯著差異。研究結論顯示籃球罰球入球角度與命中率有顯著相關，而且高命中率的選手其發球準確性與一致性與其他選手的表現達顯著差異。

關鍵字：行動學習、智能籃球、罰球命中率、籃球入射角

壹、前言

籃球比賽中最精彩的部分莫過於兩方你來我往，透過精彩投籃進攻得分或是合作無間的防守策略降低對手得分，比賽過程中除了一般投籃得分之外，另一種得分方是就是罰球得分。當實力伯仲之間的兩隊比賽中如何掌握得分機會往往是獲勝的關鍵，例如罰球成功率往往是左右勝負的關鍵之一。

籃球比賽是屬於動態的運動(Dynamic)，選手往往需要不斷的移動找出最佳投籃的位置、距離與角度進行出手投籃。此外，投籃時可能還需要面對對手防守球員的干擾，迫使選手在不利的情況下出手，面對上述的因素如何提高投籃的準確性是籃球訓練的重點之一。

罰球則是將上述影響因子干擾降到最低的投籃的分機會，選手往往因為對手犯規時裁判判定執行罰球；選手在罰球線上面對籃框（距離 4.32 公尺），將籃

球投向內徑 45 公分的籃框，每進一球獲得一分。換言之，罰球投籃中在距離固定、沒有防守球員的干擾之下，選手只要能夠維持投籃的準確性與一致性，對於提高罰球命中率(Free throw percentage, PT%)有正向的影響。

除了投籃得分之外，籃球精彩的地方包含戰術的應用，例如在籃球比賽中當兩隊比分接近時往往落後的一方往往會採用許多戰術以求獲得更多進攻的機會藉此反敗為勝，例如利用攻守交替時使用暫停機制來獲取較多的進攻時間，或是利用故意犯規戰術迫使對方罰球命中率較差的球員執行罰球，使用故意犯規戰術的用意一方面讓比賽時間暫停，另外一方面則可以讓對手盡快完成一次進攻機會，但是進攻機會是利用罰球來進行，防守方希望進攻方罰球失敗藉此降低對手這次進攻的得分。換言之，落後的一方利用執行故意犯規戰術，在一來一往過程中不但能縮短進攻方的時間，為自己爭取進攻機會與時間，配合對手罰球失誤降低對手得分，透過增取進攻機會與降低對手得分然後反敗為勝。

在現代籃球比賽中，利用這類的故意犯規戰術早已司空見慣，罰球命中率在籃球比賽勝負中也逐漸扮演重要的關鍵因素之一(Khlifa et al., 2012)。尤其在美國 NBA(National Basketball Association)籃球比賽中，特別針對各隊罰球命中率不佳的主力球員進行故意犯規戰術在比賽中屢見不鮮。綜合上述，比賽中針對罰球命中率不佳的主力球員所進行故意犯規戰術日漸頻繁，如何提昇球員的罰球命中率在現代籃球比賽中更是需要強化與提昇的目標之一。

本研究主要嘗試透過利用行動科技所具有即時性、便利性與可視化資料呈現特性收集罰球入球角度資料，探究罰球命中率與入球角度關係，進而分析不同罰球命中率的選手在入球角度的差異。

貳、文獻探討

隨著科技進步，包含物聯網(Internet of Things, IOT)、大數據(Big Data)、雲端運算與儲存(Cloud Computing)與資料傳輸科技(Wifi、藍芽與電信網路)、無線射頻辨識系統(Radio Frequency Identification, RFID)，透過這些科技的整合與應用提供即時性的資訊，以及真實的學習環境與適性化的學習需求，透過觀察與實際體驗真實世界的情境，協助學習者建構個人的知識，進行獨立思考與提高學習動機與學習成就(Chu, Hwang, & Tsai, 2010; Jeng, Wu, Huang, Tan, & Yang, 2010; 黃國禎, 2012)。

行動科技泛指一般具有行動性與無線傳輸功能的資訊設備，例如具有上網連線功能的行動載具(智慧型手機或平板電腦)、提供儲存空間的雲端硬碟(網路硬碟空間或是 iCloud)、GPS(衛星導航與定位功能)、大數據等資訊設備。近年來行動科技不論是軟體或是硬體發展更是日新月異，科技整合方面相關資訊廠商所開發的產品更是琳瑯滿目、包含資料儲存與處理、訊息與資料傳輸方式與速度方向、與資料呈現與平台 app 程式設計；舉例來說大數據資料庫(Big Data)分析、結合 GPS 衛星定位系統與無線網路科技的物聯網 (Internet of Things)、穿戴式行動載具或是感應器等科技產品。

此外，在資料收集與傳輸方面，透過行動數據傳輸頻寬提昇，藍芽無線傳輸科技發展更從一對一的藍芽傳輸到現階段結合物聯網概念的藍芽 4.2，讓資料的傳輸更便利。為因應現代人的生活模式例如網路社群或是 Social Media 紛紛問世，讓學習者透過快速連結到 Facebook、Twitter、Instagram 等社交網站分享與紀錄個人表現。

依照上述資訊科技與應用筆者提出 FABRIC 架構(Framework of Authentic Big data Retrieved from Internet of things and Clouds)(黃昭銘, 汪光懿, 鄭文玄, & 宋順亨, 2017)，從字面來看 FABRIC 架構主要是透過物聯網與雲端運算進行真實的數據收集與提取，將資訊科技分別所具有的單一功能(Point)，相互連結應用整合成線(Threads)讓資料可以互通，最後擴大整合範圍編織成面(Fabric)，提供學習資料或資訊的完整性，其核心架構如圖 1 所示。

換言之，FABRIC 資訊應用架構主要結合真實學習情境，透過資料即時收集、傳輸的感應器(Sensor)，提供立即性的學習成效回饋，其內容包含各項數據表現、可視化資料或是影像重建資料，協助學習者藉由情境感知訊息(Context Aware)(Chu, Hwang, & Tsai, 2010; Hwang, 2014; Jeng et al., 2010)引發學生學習動機，結合大數據與雲端運算優勢記錄與分析學習歷程，觸發概念連結與改變歷程並引導學生進行思考與省思，擬定解決問題策略然後執行策略，再將分析數據進行評估，透過良性的學習過程進行有意義的學習活動(黃昭銘, 游育豪, 宋順亨, 劉孟竹, & 鄭文玄, 2017)。在未來配合人工智慧科技(Artificial Intelligence, AI)，FABRIC 架構除了原有的資料分析、紀錄與可視化資料呈現應用之外，還可以針對大數據資料透過 AI 科技提出建議與預測。

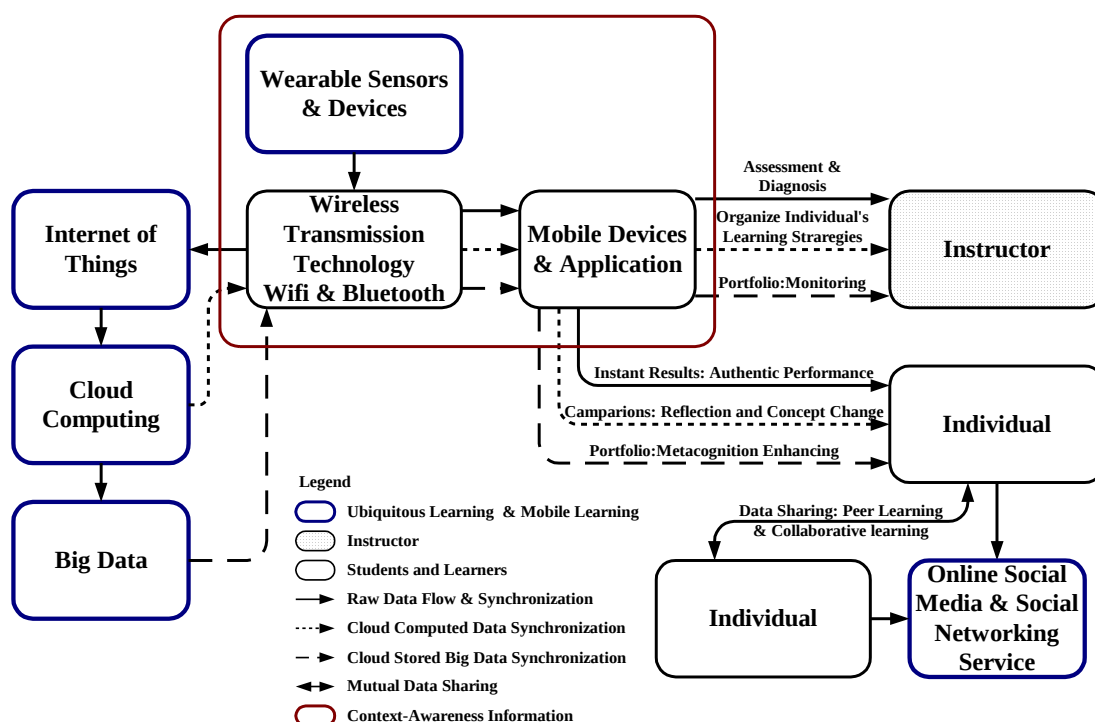


圖 1.FABRIC 資訊應用架構圖

籃球運動屬於動態運動項目(Dynamic)一種，球員需要面對籃框不同角度、距離與對方防守球員守備情況下出手投籃(Okazaki & Rodacki, 2017)，在不同的位置出手投籃時所採用的投籃策略也有所不同，尤其在遠距離投籃時更是需要較高的準確度(accuracy)(Elliott, 1992)，因此如何提高投籃的命中率往往是籃球比賽勝負的關鍵之一。

傳統探究影響投籃相關因素研究大多讓選手身上貼上反光球，然後採用高速攝影機(Khlifa et al., 2012; Okazaki & Rodacki, 2017)記錄選手動作與影像分析軟體進行分析(翁梓林 & 謝志鍵, 2004)。研究結果顯示影響投籃的命中率的因素包含選手投籃時出手的速度、角度、高度(Miller & Bartlett, 1996)、籃球飛行的軌跡(trajjectory)一致性(Austin, 2010; Tran & Sliverberg, 2008)、入射角、與生理方面的協調性(Khlifa et al., 2012)等因素。

為了清楚描述籃球進入籃框時不同角度的狀況，針對入射角度 0 度、45 度與 90 度繪製成圖 2 進行說明。從圖 2 來看當籃球從不同角度進入籃框時所面對的 Entrance Area(Okazaki & Rodacki, 2017)有所不同，圖 2 中的灰色區域所顯示面積就是當球在對應的入射角時所看到的籃框區域大小，相關研究稱這個區域面積為 Margin for Error(Khlifa et al., 2012)或是 Entrance Area。

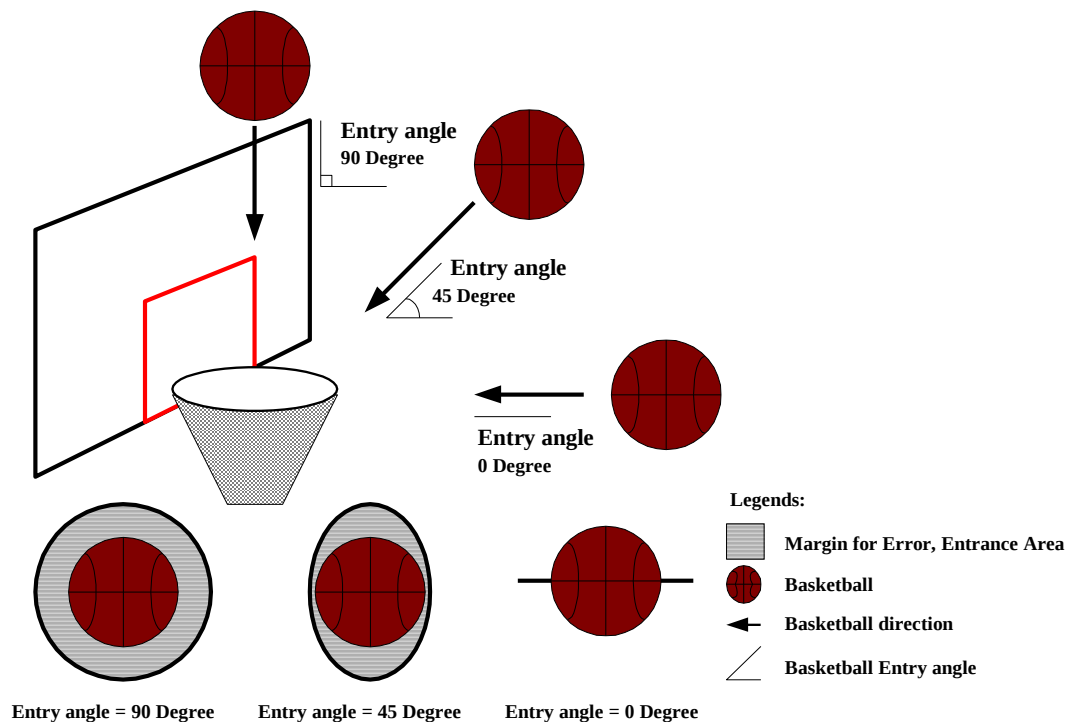


圖 2.籃球入射角度與 Margin error 關係圖

為了能夠清楚呈現實際不同入球角度所看到的籃框 Entrance Area 的狀況，本研究特別在不同入球角度進行實際籃框拍攝，從圖 3-圖 6 分別顯示不同角度時所觀察到的 Entrance Area 的差異。圖 3 為入射角為 0 度，從圖 3 可以看到完全沒有看到任何 Entrance Area，因此當入射角為 0 度時投籃命中率为 0，圖 4 則是入射角提高到 30 度時的情況，這時候 Entrance Area 已經以橢圓形出現，如

果跟圖 5 入射角為 45 度的 Entrance Area 比較，可以發現入射角為 45 度時的 Entrance Area 比入射角 30 度大。



圖 3.入射角 0 度 Entrance Area 圖



圖 4.入射角 30 度 Entrance Area 圖



圖 5.入射角 45 度 Entrance Area 圖



圖 6.入射角 90 度 Entrance Area 圖

隨著入射角度增加，一直來到 90 度時，可以從圖 6 所顯示的 Entrance Area 已經是實際籃框的大小面積。如果從 Entrance Area 來比較籃球進入籃框時所獲得的 Margin for Error 的大小來看，從圖 1 中可以發現入射角為 90 度時所獲得的 Margin for Error 最多，然後隨著入射角度的縮小而 Margin for Error 開始遞減，當入射角為 0 的時候則 Margin for Error 則為零。罰球命中率取決於 Margin for Error 的大小，當所獲得的 Margin for Error 較大的時候，則允許較低的準確性 (Accuracy)，當 Margin for Error 越來越小的時候，則需要更高的準確性 (Accuracy)(翁梓林 & 謝志鍵, 2004)。

一般投籃時往往需要考量許多因素，包含選手身體狀態、距離、角度與是否有防守球員進行干擾等，而罰球則是將影響因子干擾降到最低的投籃機會，當選手在罰球線上面對籃框（距離 4.32 公尺），將籃球投向內徑 45 公分的籃框，每進一球獲得一分。排除外界干擾因素，在罰球時選手只要能夠維持固定距離（4.32 公尺）投籃的準確性與一致性，便可以獲得較高的罰球命中率。

現代籃球比賽中常運用故意犯規戰術，落後的一方希望透過故意犯規戰術讓比賽時間暫停，另外一方面則可以讓對手 盡快完成一次進攻機會，但是進攻機會是利用罰球來進行，落後方希望進攻方罰球失敗藉此降低對手這次進攻的得

分。換言之，落後的一方利用執行故意犯規戰術，在一來一往過程中不但能縮短進攻方的時間，為自己爭取進攻機會與時間，配合對手罰球失誤降低對手得分，透過增取進攻機會與降低對手得分然後反敗為勝。利用這類的故意犯規戰術早已司空見慣，罰球命中率在籃球比賽勝負中也逐漸扮演重要的關鍵因素之一(Khlifa et al., 2012; Tran & Sliverberg, 2008)。

此外，近年來球員的罰球命中率受到重視，以 NBA(National Basketball Association) 球員來看，大約有接近三分一的球員其罰球命中率低於 70%(Gablonsky & Lang, 2005)。在美國 NBA 籃球比賽中，特別針對各隊罰球命中率不佳的主力球員進行故意犯規戰術在比賽中屢見不鮮。在籃球比賽中針對罰球命中率不佳的主力球員所進行故意犯規戰術日漸頻繁，如何提昇球員的罰球命中率在現代籃球比賽中更是需要強化與提昇的目標之一。

綜合上述研究指出發現投籃的距離越遠則準確度會降低(Okazaki & Rodacki, 2017)，球的飛行高度與出手的角相互影響，而且會影響罰球時的瞄準點(Abdelrasoulb, Mahmoudc, Stergioua, & Katza, 2015; Tran & Sliverberg, 2008)，出手角度與入射角成正相關，高角度出手角度可以獲得較大 Margin for Error 或 Entrance Area，進而提高命中機率。

綜合上述，影響罰球的因素涵蓋甚廣，摒除個人的基本動作之外，相關研究指出罰球進球的機率與進入籃框的入球角度有其關連性，一般來說最佳的入球角度大約介於 42-48 度角之間，也有相關研究指出最佳入球角度為 45 度。不論是比賽時的犯規，或是故意犯規戰術，顯示罰球得分對於籃球比賽勝負有正向影響(Tran & Sliverberg, 2008)，如何提高罰球命中率也是訓練的重點之一。相較於以往複雜且昂貴的設備而言，行動科技的便利性、即時性與透過行動載具呈現可視化的數據等優點已經陸續應用在體育活動領域(黃昭銘 & 林顯丞, in press)，例如 2016 年巴西奧運、美國大聯盟棒球比賽、美國國家排球隊、歐洲足球、世界國際網球總會(International Tennis Federation, ITF)都可以看到這些科技融入訓練，本次研究主要嘗試利用行動科技「智能籃球」所具有的功能之一「罰球入球角度」進行資料收集，透過資料收集探討罰球命中率與入球角度的關係。

參、 研究方法與樣本

本次研究主要是探討籃球罰球命中率與入射角度間的關係，研究樣本為國內某大學籃球校隊全隊隊員，參與受測的隊員共有 26 位。資料的收集的工具是採用具有無線傳輸感應器的智能籃球，該感應器可以立即提供每次罰球時入球角度協助研究資料收集(Abdelrasoulb et al., 2015; Swedberg, 2013)。

資料的收集過程主要先讓選手完成 15 分鐘熱身活動，然後每一位選手利用智能籃球練習投籃五分鐘來熟習智能籃球。待完成上述 20 分鐘的熱身與練習之後開始進行正式資料收集，每次投籃間隔時間不限，選手可以依照自己的投籃節奏完成投籃。

為了瞭解入球角度與罰球命中率的關係，本次研究設計主要紀錄每位球員在罰球線前完成投進 20 顆空心球的角度然後進行分析，為降低罰球命中率的誤差，與探究籃球罰球命中率的準確性，因此資料收集過程中如果球曾碰觸到籃框再入籃框中，或是反彈到籃板後再進入籃框皆不列入 20 顆進球數，換言之，所有進球數都是空心進入籃框之中，其過程都沒有碰觸到籃框與籃板任何一個部位，如果是反彈球或是碰到籃框後再進球的入球皆不列入 20 顆空心球資料收集之中。

本次所採用的智能籃球在球內已將放置鋰電池與相關感應器，資料的傳輸是透過藍芽方式將所收集到的資料傳送到行動載具上專用的 app，然後 app 進行分析後將資料呈現在行動載具螢幕上。智能籃球除了紀錄每次罰球的入球角度，透過平板電腦的 app 立即呈現該次入球角度(圖 7 所示)，每次練習結束後透過雲端運算科技可以迅速將投籃命中角度經過運算轉換成統計圖表(圖 8 所示)，提供教練與球員分析與訓練計畫的擬定。

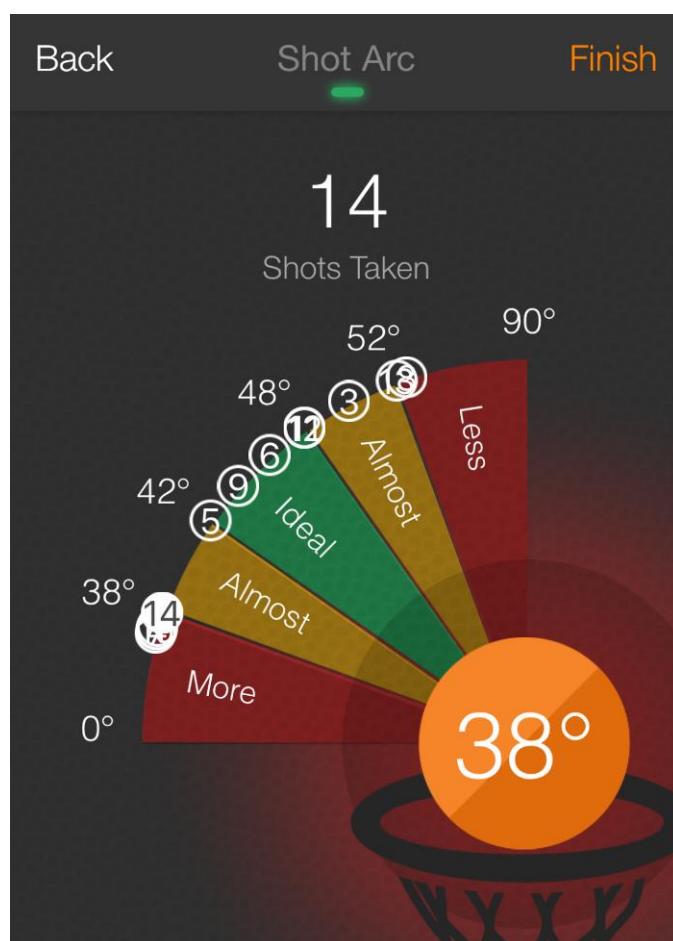


圖 7. 智能籃球入球角度資料示意圖

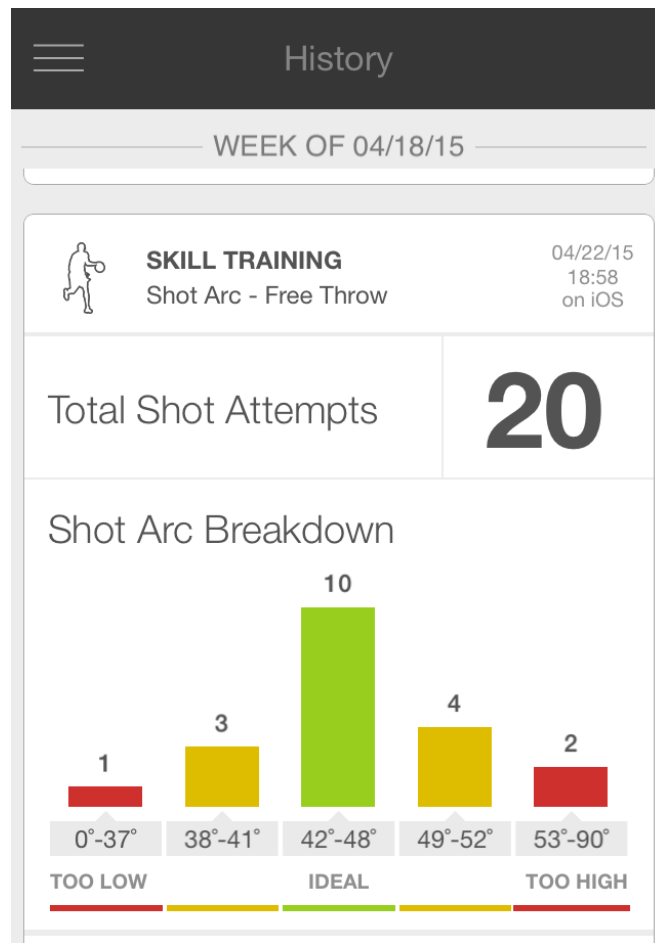


圖 8. 雲端運算統計資料示意圖

本次所使用的智能籃球先前的研究分析指出該智能籃球在分析籃球入球角度與 Dartfish 影像分析軟體所記錄到的入球角度其 Chronbach $\alpha=0.998$ ，顯示智能籃球分析的角度與 Dartfish 所分析的角度有顯著關連性，顯示智能籃球記錄入球角度分析有其效度(Abdelrasoulb, Mahmoudc, Stergioua, & Katza, 2015)。

肆、研究結果

本次研究樣本總共 26 人，樣本來源為國內某一科技大學男子籃球校隊隊員，樣本年齡介於 19-23 歲之間，測試的場地為該校室內籃球場，每位樣本需要在罰球線上投進 20 顆空心球($26 \times 20 = 520$ 顆)，本次研究中所有樣本總共嘗試 837 次罰球，罰球角度介於 33 度～52 度之間，總罰球命中率為 0.62。由於樣本數目有限，因此在引用本次研究結果時須謹記上述有關本次研究樣本數目的限制。

依照圖 7 所示將罰球範圍分成五個區間，分別為：0 度-37 度 (Too Low)，38 度～41 度 (Almost)，42 度～48 度 (Ideal)，49 度-52 度 (Almost) 與 53 度～90 度 (Too High)。由於本次樣本入球角度介於 33 度～52 度之間，因此 53 度～90 度的資料便不加以呈現。

為了探究籃球罰球命中率的準確性，本次研究只計算空心進球數(每人 20 顆進球數)，如果球曾碰觸到籃框再入籃框中，或是反彈到籃板後再進入籃框皆

不列入 20 顆進球數，換言之，所有進球數都是空心進入籃框之中，其過程都沒有碰觸到籃框與籃板任何一個部位。經過資料收集與整理之後，將本次研究所發現入球角度、罰球數與命中數經過整理繪製成圖 9 加以說明。由圖 9 可以發現罰球數最多的角度大約介於 40 度~47 度之間，特別是入球角度為 47 度時，罰球數與命中數最接近。

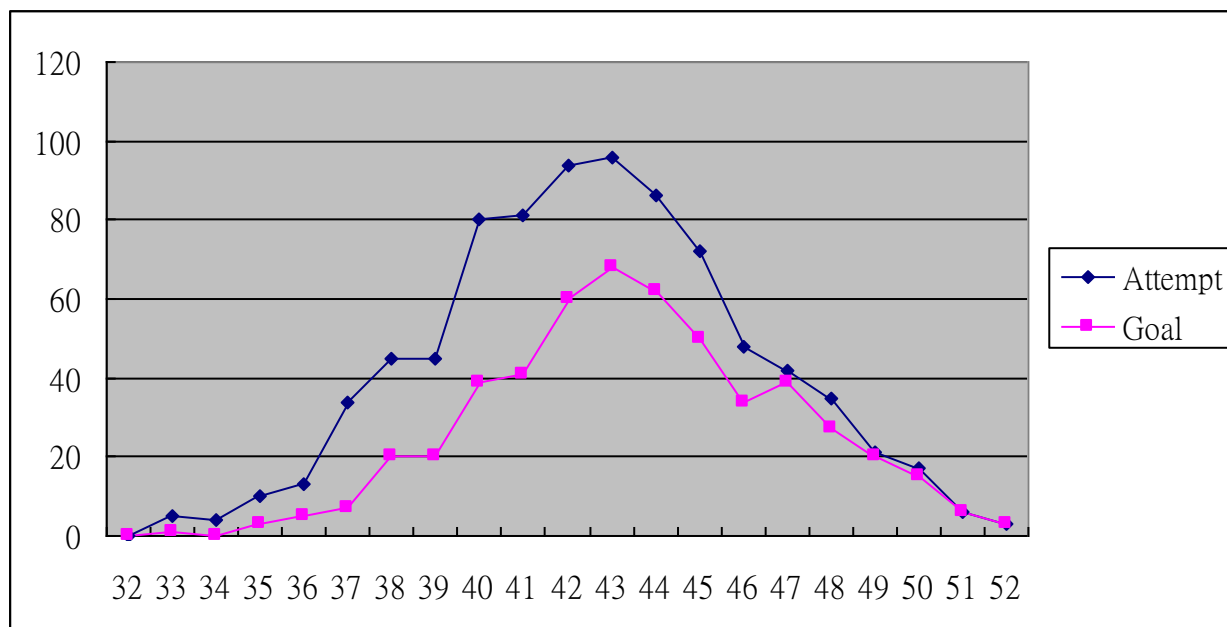


圖 9. 罰球角度與罰球數、命中數統計圖

此外，在每個角度的罰球命中率經過整理後製作成表 1-表 3，從表 1 可以看到從 33 度到 37 度(Too low)的罰球數、命中數與 FT%的情況，其中 36 度的 FT%最高達 38.5%；而在這個區間的罰球數總共 66 球，命中數為 16 球。

表 1. 33 度~37 度罰球命中率統計表(n=26)

	33 度	34 度	35 度	36 度	37 度
罰球數	5	4	10	13	34
命中數	1	0	3	5	7
FT%	20	0	30	38.5	20.6

從表 2 來看，從 38 到 41 度(Almost)與 42 到 48 度(Ideal)的罰球表現發現最高 FT%則是在 47 度(92.9%)，此外發現角度從 41 度開始到 48 度，FT%表現則都有超過 50%的命中率。

表 2. 38 度~48 度各區間罰球命中率統計表(n=26)

	38 度	39 度	40 度	41 度	42 度	43 度	44 度	45 度	46 度	47 度	48 度
罰球數	45	45	80	81	94	96	86	72	48	42	35
命中數	20	20	39	41	60	68	62	50	34	39	27
FT%	44.4	44.4	48.8	50.6	63.8	70.8	72.1	69.4	70.8	92.9	77.1

從表 3 來看，這個區間(Too High)51 度與 52 度的 FT%都是 100%，不過該區間的樣本可能過少，51 度罰球數 6 球，52 度罰球數 3 球，因此在相關 FT%數據引用上可能需要更多的樣本進行深入探討。

表 3. 49 度～52 度罰球命中率統計表(n=26)

	49 度	50 度	51 度	52 度
罰球數	21	17	6	3
命中數	20	15	6	3
FT%	95.2	88.2	100	100

依照上述分類的四個區間（53 度-90 度區間省略），分別將罰球數、入球數與命中率繪製成表 4，從表 4 來看 33 度-37 度罰球數為 66 球，其中命中 16 球，38 度-42 度則有 251 次罰球，投籃命中 120 球，42 度-48 度區間的罰球數總共 473，命中數為 340，49-52 度區間罰球數為 47，命中數為 44，該區間的罰球數為最少。

表 4. 各區間罰球命中率統計表(n=26)

	33 度-37 度	38 度-41 度	42 度-48 度	49 度-52 度	Total
罰球數	66	251	473	47	837
命中數	16	120	340	44	520
命中率	0.24	0.47	0.72	0.94	0.621

從表 4 來看本次研究的總罰球數為 837 球，總命中數為 520 球，總罰球命中率為 0.621。為了進一步探究進球區間角度與總罰球命中率的關係，因此將各區間的命中率與總命中率進行相關性分析，並將結果繪製成表 5。

表 5. 各區間命中率與總命中率相關分析表(n=26)

	33-37度	38-41度	42-48度	49-52度	總命中率
33-37度		.412*	.366	-.125	.053
38-41度			.334	-.127	.375
42-48度				-.465*	.571**
49-52度					-.129
總命中率					

*p<.05 **p<.01 ***<.000

由表5所示42-48度區間的命中率與總命中率達顯著相關，換言之當提高42-48度區間的命中率對於提昇整體的命中率有顯著相關。

為了探究不同罰球命中率與角度的關係，將本次研究每位樣本罰球命中率依序排列（最高排到最低），排名前 25%設定為高命中率組(n=6)，最後排名 25%為低命中率組(n=9)，其餘位在兩者中間的為中命中率組(n=11)，各命中率組的罰球數與命中數繪製表 6～表 8。

表 6. 高命中率組各區間罰球數統計表(n=6)

	33 度-37 度	38 度-41 度	42 度-48 度	49 度-52 度	Total
罰球數	5	36	98	8	147
命中數	1	23	88	8	120
區間比例%	0.83	19.17	73.33	6.67	

從表 6 到表 8 可以看出不同命中率組在每個投籃區間發球數與命中數，表 6 顯示高命中率組(n=6)只花了 147 次出手的機會便完成 120 次罰球，平均每一位只花了 24.5 次出手的機會，而且在 42 度-48 度的命中率達 73.33%。

表 7. 中命中率組各區間罰球數統計表(n=11)

	33 度-37 度	38 度-41 度	42 度-48 度	49 度-52 度	Total
罰球數	42	121	145	23	331
命中數	14	77	106	23	220
區間比例%	6.36	35	48.18	10.45	

表 7 顯示中命中率組總共嘗試 331 次出手機會完成 220 次罰球，平均每一位花了 30.9 次出手機會，中命中率組在 42 度-48 度區間命中率為 48.18%。中命中率組在 38 度-41 度的罰球數過高，顯示中命中率組在罰球一致性表現略低於高命中率組。

表 8. 低命中率組各區間罰球數統計表(n=9)

	33 度-37 度	38 度-41 度	42 度-48 度	49 度-52 度	Total
罰球數	19	94	230	16	359
命中數	1	20	146	13	180
區間比例%	0.56	11.11	81.11	7.22	

表 8 顯示低中命中率組總共嘗試 359 次出手機會完成 180 次罰球，平均每一位花了 39.89 次出手機會。低命中率組雖然在 42 度-48 度區間的命中率達 81.11%，不過過多的區間無效的罰球導致命中率不佳的現象，顯示低命中率組的準確性不佳。針對表 6-表 8 結果顯示高命中率組的準確性與一致性均優於中命中率組與低命中率組。

為了深入探討不同命中率組在每個罰球角度區間表現，採用 one-way ANOVA 統計分析與 Scheffe 事後比較，結果如表 9 所示。

表 9. 不同命中率在罰球角度區間統計分析表(n=26)

	高命中率組 Mean (SD)	中命中率組 Mean (SD)	低命中率組 Mean (SD)	F	
33-37 度(L1)	5.5 (13.6)	19.2(22.61)	1.8(5.55)	3.033	
38-41度(L2)	45.4(36.92)	58.16(26.91)	21.5(16.47)	4.744*	中>低
42-48 度(L3)	89.7(11.24)	80(16.34)	65.4(14.38)	5.257*	高>低
49-52 度(L4)	33.3(51.64)	54.5(52.22)	40.8(48.79)	0.381	
總命中率	81.7(3.51)	66.8(5.33)	51.5(7.79)	46.49***	高>中>低

*p<.05 **p<.01 ***<.000

從表 9 來看高、中、低命中率組在不同角度區間的比較有所差異，在 33-37 度區間三組沒有達顯著差異，在 38-41 度區間中命中率組與低命中率組比較達顯著差異，在 42-48 度區間則是高命中率組與低命中率組比較達顯著差異，整體命中率來看三組之間比較呈現顯著差異。

伍、結論

本次研究發現罰球角度主要集中在 42 度-48 度區間，然後是 38 度到 41 度區間；此外，罰球命中率與入球角度有顯著相關，透過相關性分析發現提高 42 度-48 度區間的命中率對於整體的罰球命中率表現有顯著相關。針對不同罰球命中率在罰球角度區間的比較發現，高命中率組有較高的準確性(accuracy)與一致性(consistency)。此外，在 one-way ANOVA 分析結果顯示中命中率組在 38-41 度區與低命中率組比較達顯著差異，高命中率組則是在 42-48 度區與低命中率組達顯著差異。

本次研究的目的主要是結合 FABRIC 資訊應用模式與運動感應器進行資料收集與分析，由於樣本來自於國內某大學籃球校隊，侷限於該隊總人數(n=26)；此外本次研究主要首次嘗試透過智能籃球進行罰球入球角度分析，希望藉由簡單工具與提高情境感知訊息進行資料收集與分析。

由於本次研究嘗試採用智能籃球進行罰球入球角度與命中率的相關研究，屬於實驗性的研究，考慮實際場域現況、研究設備與資源、人力所受的侷限，研究過程中僅透過智能籃球進行罰球入球角度資料收集。此外，本研究針對樣本的身高與相關身體因素則排除在實驗考量之中，因此在研究資料的引用與詮釋上需要注意本研究樣本數等相關限制，日後相關後續研究，建議可以從增加參與研究的樣本數來進行。

行動科技已經融入到我們日常生活之中，這些科技產品不斷推陳出新，回顧 2016 巴西奧運比賽中，這些資訊科技被廣泛應用在許多運動項目之中，不論在資料分析與擬定訓練計畫都可以看到這些科技產品的應用。近年來，在職業運動的應用更是看到這些科技運用在訓練之中，例如世界國際網球總會(International Tennis Federation, ITF)從 2014 年修改比賽規則，同意並開始從 2014 年推動 Player Analysis Technology (PAT)計畫，選手可以在比賽過程中使用經過 ITF 認證過的科技進行資料收集與分析、美國大聯盟(Major League Baseball, MBL)簽署從 2016 年開始選手可以在比賽中(in-game)配戴 Whoop 具有心率監測的手錶。

早期科技輔助體育訓練資料收集往往受限於設備過於複雜，選手往往無法在正式比賽中進行資料收集分析，拜科技發展讓這些設備體積可以縮小化、輕量化，降低選手配戴時的不適應感，由於方便穿戴讓選手可以在一般練習時配戴進行資料收集，提供更情境化的學習環境與機會，藉由即時性情境感知(Context-Awareness) 訊息協助選手能融入真實比賽環境，主動發現問題與尋求問題解決策略，擴大學習的深度與廣度(劉繼仁 & 黃國禎, 2009)。

此外，透過這些科學化數據的呈現提高每次訓練的品質與成效，降低原有因機械性的反覆練習教學模式所造成學習動機與意願低落感(鐘敏華, 2016)。這些科技產品除了提供科學化的數據、可視化的資料與學習歷程資料與影像重建，在學習過程中提供更多情境感知訊息(Context awareness)(Hwang, 2014)，提供知識與學習歷程的完整性，不論在提昇學習成效或訓練成果上有正向幫助。

未來透過這些科技輔助體育活動會日漸受到重視，尤其長期所累計的大數據資料對於教師(教練)與學生(選手)而言都是重要的資料庫，透過這些資料庫的建立與統計分析提供教師(教練)對於學生(選手)的學習表現有更進一步認識，配合未來人工智慧科技的發展(Artificial Intelligence, AI)，除了記錄、分析當下學習表現之外，透過累積的大數據與 AI 數據分析與預測協助提供更多即時性資訊，進而提出差異性教學與訓練計畫，有助於深入瞭解預測學習者的訓練成效，對於提昇相關運動表現有正向的影響。

參考文獻

- 翁梓林、謝志鍵 (2004)．兩種不同拋物線軌跡對籃球投籃動作之運動學探討．
國立台北師範學院學報，17，頁 519-534.
- 黃昭銘、汪光懿、鄭文玄、宋順亨 (2017)．FABRIC 行動學習模式在體育教學應用與評估-以樂樂棒球揮棒教學為例．*教育科技與學習*，5，頁 117-138。
- 黃昭銘、游育豪、宋順亨、劉孟竹、鄭文玄(2017)．行動科技融入體育教學應用-以 FABRIC 架構為例．*電腦科學與教育科技學刊*，7，頁 53-64。
- 黃昭銘、林顯丞 (in press)．行動資訊科技在體育活動應用經驗分享．*學校體育*。
- 黃國禎 (2012)．行動與無所不在學習的發展與應用．*T&D飛訊*，141，頁 1-16。
- 劉繼仁，& 黃國禎. (2009)．認識數位學習典範轉移的關鍵一步：朝向環境感知與無所不在學習．*成大研發快訊*，10，頁1-5.
- 鐘敏華 (2016)．談十二年國教健體課綱草案與體育教學因應．*學校體育*，153，頁 24-33。
- Abdelrasoulb, E., Mahmoudc, I., Stergioua, P., & Katza, L. (2015). The accuracy of a real time sensor in an instrumented basketball. *Procedia Engineering*, 112, 202-206.
- Austin, M. (2010). Building the perfect arc. *Winning Hoops*(May/June), 20-27.

- Chu, H. C., Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2010). A knowledge engineering approach to developing mindtools for context-aware ubiquitous learning. *Computers & Education*, 54, 289-297.
- Chu, H. C., Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2010). A knowledge engineering approach to developing mindtools for context-aware ubiquitous learning. *Computers & Education*, 54, 289-297.
- Elliott, B. C. (1992). A kinematic comparison of the male and female two-point and three-point jump shots in basketball. *The Australian Journal of Science and Medicine*, 24(4), 111-118.
- Gablonsky, J. M., & Lang, A. S. I. D. (2005). Modeling basketball free throw. *SIAM Review*, 47(4), 775-798.
- Hwang, G. J. (2014). Definition, framework and research issues of smart learning environments a context aware ubiquitous learning perspective. *Smart Learning Environments*, 1, 4.
- Jeng, Y.-L., Wu, T.-T., Huang, Y.-M., Tan, Q., & Yang, S. J. H. (2010). The add-on impact of mobile applications in learning strategies: A review study. *Educational Technology & Society*, 13, 3-11.
- Khelifa, R., Aouadi¹, R., Hermassi, S., Chelly, M. S., Jlid, C., & Gabbett, T. J. (2012). Kinematic adjustments in the basketball free throw performed with a reduced hoop diameter rim. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 7, 371-381.
- Miller, S., & Bartlett, R. (1996). The relationship between basketball shooting kinematics, distance and playing position. *Journal of Sports Sciences*, 14, 243-253.
- Okazaki, V. H. A., & Rodacki, A. L. F. (2017). Increased distance of shooting on basketball jump shot. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 231-237.
- Swedberg, C. (2013). Smart basketball helps athletes sharpen their skills, *RFID Journal*.
- Tran, C. M., & Sliverberg, L. M. (2008). Optimal release conditions for the free throw in men's basketball. *Journal of Sports Sciences*, 26, 1147-1155.

A Research of Smart basketball application for free throw entry angle:
A case study of college male basketball players

Chao-Ming Huang^{1*} Meng-Chu Liu² Wen-Hsuan Cheng¹ Yin-Wei Lai³

¹ Jhnog-Shan Elementary School, Yilan, ² Chien Hsin University of Science and Technology, Taoyuan City, ³ Rongfu Elementary School, Xinzhuang District, New Taipei City

*Corresponding Author

Abstract

Basketball is a highly dynamic sport. Scoring relies on shooting from different ranges and position as well as free throw shooting. Free throw scoring plays a pivotal role in basketball games. How to enhance individual free throw percentage (FT%) at the free throw line is an important training issue. Previous studies indicate that the basketball entry angle is one of key factor in basketball shooting. This study tried to explore the relationship between FT% and the entry angle. Research sample came from a collect male basketball players. The finding shows that the FT% related to entry angle (42degree~48degree) significantly. Moreover, this study divided the sample into three different groups by individual's free throw percentage (FT%), including the high FT% group, middle FT% as well as low FT% group. Finding revels that the high FT% group shows higher accuracy and consistency than the middle FT% group and low FT% group. The one-way ANOVA analysis shows that the difference between low FT% group and middle FT% group is significant during the entry angle (38 degree-41 degree). Additionally, the comparison between the high FT% group and low FT% group is significant in the entry angle (42 degree ~ 48 degree). This study reveals the relationship between FT% and entry angle is significant. Additionally, the high FT% players showed the performance in the consistency of trajectory and accuracy significantly.

Keyword: mobile learning, smart basketball, free throw percentage, entry angle