

網球不同落點之發球站位與擊球高度關係探討

詹益欣

國立交通大學體育室

摘要

網球運動不但需要具備全身的協調性與高階的擊球技巧，對於初學者的入門門檻也相對較高。本研究針對網球運動的發球技術以球場既定的規格探討不同發球站位與最低擊球高度的關係，將此關聯以數學型式呈現不同落點之情況。本研究以理論之假設兩要素如下：1.發球方式為平擊發球並且不帶旋轉 2.發球球速足夠快且軌跡為直線前進。由三角函數計算推論出發球站位離中線的距離 (x) 與單雙打網高 (D) 的差異將影響內外角發球之最低擊球高度 (H) 的不同。研究結果顯示 1. 隨著 x 增加，單雙打模式下內角發球之 H 亦增加，呈現正相關。2. 隨著 x 增加，單雙打模式下外角發球之 H 逐漸降低，呈負相關。3. 站在離中線距離 3.82 公尺上，內角發球與外角發球所需高度是一致的。本研究歸納出發球站位與最低擊球高度之關係以及不同落點需要不同的最低擊球高度，促使學員在發球練習與單雙打戰術搭配上擁有學習方向，對於網球運動的教學也提供數據化的題材探討。

關鍵詞：網球教學、運動分析、發球站位與擊球點、發球戰略、落點

壹、緒論

網球運動發展至今，已成為全世界最熱門、最受歡迎的運動之一，並已經職業化，每年各地舉行的國際大賽都吸引了無數的球迷，如四大滿貫賽、年終賽、男子台維斯盃、女子聯邦盃...等等。網球運動隨著數位台灣優秀的選手在國際賽上傑出的表現，在國內的發展也逐漸受到重視。像是盧彥勳在 2010 年闖進溫布頓網球錦標賽男子單打最後八強，成為台灣男子選手第一位打進大滿貫八強的選手、謝淑薇分別在 2013 年和 2019 年溫布頓網球錦標賽以及 2014 年法國網球公開賽中勇奪女子雙打冠軍，目前的女雙排名更是名列世界第一、詹詠然也在 2017 年美國網球公開賽獲得女子雙打冠軍的佳績。希望藉由這些前輩的努力，往後會有更多優秀的選手能在國際的舞台上為台灣締造佳績。

網球運動相關的技術包含正拍 (forehand)、反拍 (backhand)、截擊 (volley)、扣殺 (smash) 以及發球 (serve)。其中，發球為網球比賽中的起始點，也是唯一能主動控制的一項技巧，需在兩次發球機會中進入有效區內才能使比賽繼續進行 (張志堅，2006)。因此許多人針對發球的速度與技巧去做鑽研和探討，藉此提升發球強度以及進球率。在發球的種類中大致上可以分為上旋球 (kick serve)、側旋球 (slice serve) 以及平擊發球 (flat serve) (陳文雄、陳智仁，2012)。上旋球和側旋球具有較多的旋轉，使球落地後會有更大角度的變化；平擊球具有速度較快且力道較強的優勢，容易造成對手產生回擊上的失誤 (杜秉佑，2017)。透過不同球種的搭配，可以運用於比賽中使對手難以預測球路，進而執行有效的戰術。發球除了速度與技巧以外，落點也是贏得比賽重要的一環。發球落點主要分為外角、內角、近身發球，搭配不同球速可以進行多種戰術的運用 (羅志勇，2009)。根據網球發球落點的相關研究指出一發朝向外角的贏球機率較大，此外在平均發球速度上則以內角發球最快 (王鶴森、林偉毅、趙曉涵，2005)。外角發球具有將對手拉出場外的優勢，以致於造成回擊失誤率的增加；內角發球擁有球速較快的優勢，容易出現發球者直接得分 (ACE) 的情況。因此，在既定球場規格下，探討內外角發球所需的條件有助於了解不同站位和擊球點高度的關係，也有利於指導初學者提高發球進球率和不同落點所帶來的優勢，引領球員更進一步達成發球的戰術運用與日後比賽訓練之參考 (麥吉誠、周聰儒，2001)。此研究核心為針對球員預想之發球落點分為內角球與外角球進行討論，在單打或雙打比賽中不同發球站位對於擊球所需高度作一系列的趨勢性探討，將不同落點的趨勢利用數學理論計算方式呈現出站位與擊球高度之間的變化，有助於不同發球策略的運用與調適。

貳、方法

針對國際網球總會規定之標準網球場規格，長邊為 23.78 公尺，單打與雙打的寬邊分別為 8.23 公尺與 10.97 公尺，發球線距離網子 6.4 公尺。此外，網子中間高度為 0.914 公尺，由中間往外逐漸增加至兩端高度為 1.07 公尺。本研究由三角函數計算推論出發球站位離中線距離 x 將

如何影響發球之最低擊球高度 H 。此研究之假設為：1.發球球種為平擊發球且不帶旋轉 2.發球球速足夠快且軌跡為直線前進。由於平擊發球為較簡易的發球模式，不包含特殊技巧（如：上旋球、側旋球），並在無外界因素干擾下，使發球軌跡為直線前進，探討在既定網球場規格下，不同站位對發球最低擊球高度作單雙打模式與內外角落點之分析。

一、單打模式

(一) 外角落點

如圖 1 (A) 之黃色陰影區所示，令發球站位離中線距離為 x ，且 $0 \leq x \leq 4.115$ 為單打發球之站位邊界條件。黃色三角形之底邊為 $4.115+x$ 且高度為 18.29 ，令 $\theta_1 = \tan^{-1}(\frac{4.115+x}{18.29})$ 為單打邊線與斜邊 a 之夾角。因此， θ_1 角度受不同的站位影響會介於 12.68° 到 24.23° 。由此算出發球位置至外角落點的距離為斜邊 $a = 18.29 \times \sec \theta_1 = 18.29 \times \sec\{\tan^{-1}(\frac{4.115+x}{18.29})\}$ 。

如圖 1 (A) 之綠色陰影區所示，為探討球過網之高度變化，令 b 為單打邊線至球過網之水平距離， c 為外角落點至球過網之斜邊距離。由三角函數表示分別為 $b = 6.4 \times \tan \theta_1$ 與 $c = 6.4 \times \sec \theta_1$ 。球網中間與兩端之高度差為 0.156 公尺，隨著球過網的軌跡不同而對應到的網子高度為 $D = 0.914 + d$ 且 $d = (4.115 - b) \times \tan \theta_2$ ，其中 θ_2 為單打模式下球網高度差之角度， $\theta_2 = \tan^{-1}(\frac{0.156}{4.115}) = 2.17^\circ$ 。發球最低擊球高度 H 為 $a \times \tan \theta_3$ ，其中 θ_3 為地面與發球軌跡之夾角，可表示為 $\theta_3 = \tan^{-1}(\frac{D}{c})$ ，因此 $H = a \times \frac{D}{c} = 18.29 \times \sec\{\tan^{-1}(\frac{4.115+x}{18.29})\} \times \frac{0.914 + \tan \theta_2 \times (4.115 - b)}{6.4 \times \sec\{\tan^{-1}(\frac{4.115+x}{18.29})\}} = 2.8578 \times \{0.914 + \tan \theta_2 \times (4.115 - 0.35A)\}$ 令 $A = 4.115 + x$ 。

(二) 內角落點

如圖 1 (B) 之橘色陰影區所示，令發球站位離中線距離為 x ，且 $0 \leq x \leq 4.115$ 為單打發球之站位邊界條件，此外，令 $\theta'_1 = \tan^{-1}(\frac{x}{18.29})$ 為單打邊線與斜邊 a 之夾角會介於 0° 到 12.68° 。由此算出發球位置至內角落點的距離為斜邊 $a = 18.29 \times \sec \theta'_1 = 18.29 \times \sec\{\tan^{-1}(\frac{x}{18.29})\}$ 。

如圖 1 (B) 之綠色陰影區所示，令 b 為中線至球過網之水平距離， c 為內角落點至球過網之斜邊距離。由三角函數表示分別為 $b = 6.4 \times \tan \theta'_1$ 與 $c = 6.4 \times \sec \theta'_1$ 。球網中間與兩端之高度差為 0.156 公尺，隨著球過網的軌跡不同而對應到的網子高度為 $D = 0.914 + d$ 且 $d = b \times \tan \theta'_2$ ，其中 θ'_2 為單打模式下球網高度差之角度， $\theta'_2 = \theta_2 = \tan^{-1}(\frac{0.156}{4.115}) = 2.17^\circ$ 。因此，發球最低擊球高度 H 為 $a \times \tan \theta'_3$ ，其中 θ'_3 為地面與發球軌跡之夾角，可表示為 $\theta'_3 = \tan^{-1}(\frac{D}{c})$ ，因此 $H = a \times \tan \theta'_3 = a \times \frac{D}{c} = 18.29 \times \frac{0.914 + 0.35x \times \tan \theta'_2}{6.4} = 2.8578 \times \{0.914 + 0.35x \times \tan \theta_2\}$ 。

二、雙打模式

(一) 外角落點

如圖 1 (C) 之黃色陰影區所示，令發球站位離中線距離為 x ，且 $0 \leq x \leq 5.485$ 為雙打發球之站位邊界條件，其底邊為 $4.115+x$ 且高度為 18.29 公尺，令 $\theta_1'' = \tan^{-1}(\frac{4.115+x}{18.29})$ 為單打邊線與斜邊 a 之夾角。因此， θ_1 角度受不同的站位影響介於 12.68° 到 27.69° 。由此算出發球位置至外角落點的距離為斜邊 $a = 18.29 \times \sec \theta_1'' = 18.29 \times \sec\{\tan^{-1}(\frac{4.115+x}{18.29})\}$ 。

如圖 1 (C) 之綠色陰影區所示， b 為單打邊線至球過網之水平距離， c 為外角落點至球過網之斜邊距離。由三角函數表示分別為 $b = 6.4 \times \tan \theta_1''$ 與 $c = 6.4 \times \sec \theta_1''$ 。球網中間與兩端之高度差為 0.156 公尺，隨著球過網的軌跡不同而對應到的網子高度為 $D = 0.914 + d$ 且 $d = \{5.485 - (b + 1.37)\} \times \tan \theta_2''$ ，其中 θ_2 為雙打模式下球網高度差之角度， $\theta_2'' = \tan^{-1}(\frac{0.156}{5.485}) = 1.63^\circ$ 。發球最低擊球高度 H 為 $a \times \tan \theta_3$ ，其中 θ_3 為地面與發球軌跡之夾角，可表示為 $\theta_3 = \tan^{-1}(\frac{D}{c})$ ，因此 $H = a \times \frac{D}{c} = 18.29 \times \sec\{\tan^{-1}(\frac{4.115+x}{18.29})\} \times \frac{0.914 + \tan \theta_2'' \times (4.115 - b)}{6.4 \times \sec\{\tan^{-1}(\frac{4.115+x}{18.29})\}} = 2.8578 \times \{0.914 + \tan \theta_2'' \times (4.115 - 0.35A)\}$ 令 $A = 4.115 + x$ 。

(二) 內角落點

如圖 1 (D) 之橘色陰影區所示，令發球站位離中線距離為 x ，且 $0 \leq x \leq 5.485$ 為雙打發球之站位邊界條件，此外，令 $\theta_1''' = \tan^{-1}(\frac{x}{18.29})$ 為單打邊線與斜邊 a 之夾角，介於 0° 到 16.69° 。由此算出發球位置至內角落點的距離為斜邊 $a = 18.29 \times \sec \theta_1''' = 18.29 \times \sec\{\tan^{-1}(\frac{x}{18.29})\}$ 。

如圖 1 (D) 之綠色陰影區所示， b 為中線至球過網之水平距離， c 為內角落點至球過網之斜邊距離。由三角函數表示分別為 $b = 6.4 \times \tan \theta_1'''$ 與 $c = 6.4 \times \sec \theta_1'''$ 。球網中間與兩端之高度差為 0.156 公尺，隨著球過網的軌跡不同而對應到的網子高度為 $D = 0.914 + d$ 且 $d = b \times \tan \theta_2'''$ ，其中 θ_2''' 為雙打模式下球網高度差之角度， $\theta_2''' = \theta_2'' = \tan^{-1}(\frac{0.156}{5.485}) = 1.63^\circ$ 。因此，發球最低擊球高度 H 為 $a \times \tan \theta_3'''$ ，其中 θ_3''' 為地面與發球軌跡之夾角，可表示為 $\theta_3''' = \tan^{-1}(\frac{D}{c})$ ，因此 $H = a \times \tan \theta_3''' = a \times \frac{D}{c} = 18.29 \times \frac{0.914 + 0.35x \times \tan \theta_2'''}{6.4} = 2.8578 \times \{0.914 + 0.35x \times \tan \theta_2'''\}$ 。

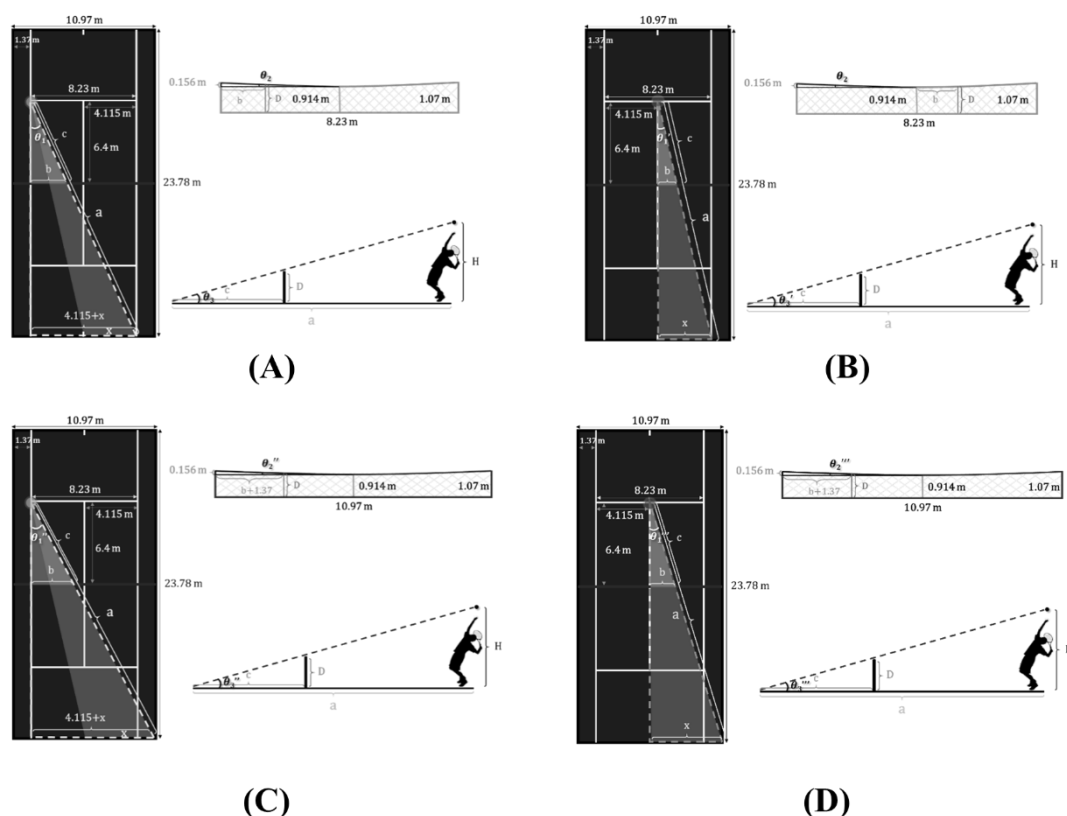


圖 1 單打與雙打模式之落點

(A) 單打外角落點 (B) 單打內角落點 (C) 雙打外角落點 (D) 雙打內角落點

參、結果與討論

本研究目的旨在探討單打與雙打模式下，不同發球落點與不同發球站位所需之最低擊球高度關係。根據實驗方法闡述之三角函數計算，將單雙打模式與內外角落點之最低擊球高度以公式表示如表 1。 x 為發球站位離中線之距離，且 θ_2 變數為球網高度差之角度。此外，外角發球最低擊球高度之公式內， A 為 $4.115+x$ 之變數。故發球之最低擊球高度 H 為變數 x 與 θ_2 之函數。根據表一之計算公式可以得知，不論在單打或雙打模式下，發球站位距離中線 3.82 公尺的情況下，發向外角和內角所需的最低擊球高度是相同的。在單打模式下， $\theta_2 = \theta_2'$ 為 2.17° 帶入公式可以求得 H 為 2.757 公尺；在雙打模式下， $\theta_2'' = \theta_2'''$ 為 1.63° 帶入公式可得 H 為 2.721 公尺。因此以下結果將會探討離中線距離 x 下，每增加一公尺與特定位置點上(如中線上、單打邊線上、雙打邊線上等)之發向外角所需角度 θ_1 、網高 D 、最低擊球高度 H 之條件。

表 1

單雙打模式與內外角落點之發球最低擊球高度關係式

	單打	雙打
外角	$H=2.8578 \times \{0.914 + \tan \theta_2 \times (4.115 - 0.35A)\}$	$H=2.8578 \times \{0.914 + \tan \theta_2'' \times (4.115 - 0.35A)\}$
內角	$H=2.8578 \times \{0.914 + 0.35x \times \tan \theta_2'\}$	$H=2.8578 \times \{0.914 + 0.35x \times \tan \theta_2'''\}$

一、單打模式

在單打模式下，發球站位離中線距離 x 介於 0 公尺至 4.115 公尺（單打底線上）；球網中間（0.914 公尺）與兩端（1.07 公尺）之高度差為 0.156 公尺且寬度為 8.23 公尺。根據此條件下，不論球落點為內角與外角，單打網子高度差之角度 $\theta_2 = \theta'_2$ 為 2.17° ，因此網子高度會受發球行進之軌跡而有所差異。

發球落點為外角時其條件如表 2 所示， θ_1 為角度介於 12.68° 和 24.23° ，即為單打模式下外角發球依站位不同其容許角度為 11.55° 。此外，隨著離中線距離越遠，球網高度逐漸降低，並與發球之最低擊球高度呈現正相關。由結果得知，站中線發外角球，最低擊球高度需為 2.902 公尺；反之，越靠近單打邊線發外角球，最低擊球高度僅需 2.746 公尺，高度相差 15.6 公分。

表 2

單打模式下外角發球落點條件

	x (m)	θ_1 ($^\circ$)	D (m)	H (m)
中線發外角	0	12.680	1.015	2.902
離 1 公尺發外角	1	15.624	1.002	2.864
離 2 公尺發外角	2	18.487	0.989	2.826
離 3 公尺發外角	3	21.257	0.976	2.788
離 3.82 公尺發外角	3.82	23.453	0.965	2.757
離 4 公尺發外角	4	23.926	0.962	2.750
站單打線發外角	4.115	24.226	0.961	2.746

發球落點為內角時其條件如表 3 所示， θ'_1 為角度介於 0° 和 12.68° ，為單打模式下內角發球之容許角度為 12.68° 。發球站位離中線距離越遠，則球行徑軌跡對應到的球網高度逐漸增加，此反應出發球所需最低高度亦逐漸增高。由結果得知，站中線發內角球其最低擊球高度僅需為 2.612 公尺；反之，越靠近單打邊線發內角球，最低擊球高度則增加至 2.768 公尺，高度相差 15.6 公分。

表 3

單打模式下內角發球落點條件

	x (m)	θ'_1 ($^\circ$)	D (m)	H (m)
中線發內角	0	0	0.914	2.612
離 1 公尺發內角	1	3.130	0.927	2.650
離 2 公尺發內角	2	6.240	0.941	2.688
離 3 公尺發內角	3	9.315	0.954	2.726
離 3.82 公尺發內角	3.82	11.797	0.965	2.757
離 4 公尺發內角	4	12.336	0.967	2.764
站單打線發內角	4.115	12.680	0.969	2.768

二、雙打模式

在雙打模式下，球場有效區域範圍也相對較大。發球站位離中線距離 x 可介於 0 公尺至 5.485

公尺；球網中間 (0.914 公尺) 與兩端 (1.07 公尺) 之高度差為 0.156 公尺且寬度為 10.97 公尺。此條件下之雙打網子高度差之角度為 $\theta_2'' = \theta_2'''$ 為 1.63° ，因此球網高度亦受發球行徑之軌跡而有所影響。發球落點為外角時其條件如表 4 所示， θ_1'' 為角度介於 12.68° 和 27.69° ，在雙打模式下之外角發球其容許角度為 15.01° 。隨著發球站位離中線距離越遠，對應到的球網高度逐漸降低，與發球最低擊球高度呈現負相關。由結果得知，站中線發外角球，最低擊球高度需為 2.829 公尺，此為擊球點所需之高度；反之，越靠近雙打邊線發外角球，最低擊球高度僅需 2.673 公尺，此高度相差 15.6 公分。

表 4

雙打模式下外角發球落點條件

	x (m)	θ_1'' ($^\circ$)	D (m)	H (m)
中線發外角	0	12.680	0.990	2.829
離 1 公尺發外角	1	15.624	0.980	2.801
離 2 公尺發外角	2	18.487	0.970	2.773
離 3 公尺發外角	3	21.257	0.960	2.744
離 3.82 公尺發外角	3.82	23.453	0.952	2.721
離 4 公尺發外角	4	23.926	0.950	2.716
站單打線發外角	4.115	24.226	0.949	2.712
離 5 公尺發外角	5	26.490	0.940	2.687
站雙打線發外角	5.485	27.694	0.935	2.673

發球落點為內角時其條件如表 5 所示， θ_1''' 為角度介於 0° 和 16.69° ，為雙打模式下內角落點之容許角度為 16.69° 。發球站位離中線距離越遠，則球行徑軌跡對應到的球網高度逐漸增加，顯示彼此呈現正相關。由結果得知，站中線發內角球其最低擊球高度僅需為 2.612 公尺；反之，越靠近雙打邊線發內角球，最低擊球高度則增加至 2.768 公尺，高度相差 15.6 公分。

表 5

雙打模式下內角發球落點條件

	x (m)	θ_1''' ($^\circ$)	D (m)	H (m)
中線發內角	0	0	0.914	2.612
離 1 公尺發內角	1	3.130	0.924	2.640
離 2 公尺發內角	2	6.240	0.934	2.669
離 3 公尺發內角	3	9.315	0.944	2.697
離 3.82 公尺發內角	3.82	11.797	0.952	2.721
離 4 公尺發內角	4	12.336	0.954	2.726
站單打線發內角	4.115	12.680	0.955	2.729
離 5 公尺發內角	5	15.290	0.964	2.754
站雙打線發內角	5.485	16.694	0.969	2.768

肆、討論

在網球比賽中，發球是比賽的起始點，也是唯一能主動控制的技巧。不論落點或是球速，都可以藉由戰術上的調配達到出其不意的效果。對於初學者而言，既定的球場條件與發球技巧

會影響發球成功率，然而針對球場條件上的發球站位，對應到不同的發球最低高度，亦會間接反應在不同落點上發球的成功機率。此結果有助於提供網球發球數據化的題材，也可讓球員有效率地尋找發球站位和落點。本研究指出無論在單打或是雙打，不同的站位會有不一樣的最低擊球高度要求，進而影響發球成功機率。本研究之價值在了解最低高度要求下，如何在策略上選擇提升發球成功機率，進而得分才是與實務相互搭配的良好範例，結果詳列如下：

在單打模式下，外角發球容許角度為 11.55° ，隨著發球站位離中線距離 (x) 越遠，最低擊球高度由 2.902 公尺降至 2.746 公尺，此結果顯示發球站位離中線距離與發球最低擊球高度呈負相關，如圖 2 (A) 所示。內角發球容許角度為 12.68° ，當發球站位離中線越遠，最低擊球高度由 2.612 公尺增加至 2.768 公尺，其顯示發球站位離中線距離與最低擊球高度呈正相關，如圖 2 (B) 所示。實務上，此結果可以運用在發球落點的選擇想法上。以單打情況下，若在關鍵分時刻，球員以中點為站位，想要發出外角落點的發球，由結果顯示最低擊球高度需為最高，即成功機率相對低。此時若選擇站位略為偏離中線，可在不調整發球高度並且滿足最低擊球高度的要求下，成功率會比原有的選擇高。同理，若戰術需求上明顯需要掌握內角發球來得分，在單打比賽上，盡可能的站靠近中線，也會提高內角發球的成功率。基本上，在滿足了最低擊球高度的要求下，以單打站位 (離中線小於 3.82m) 下，內角發球的成功率原本就高於外角發球而且有更高的得分效率，因為內角發球時，球行徑的路徑長度小於外角的路徑長度，在相同的初速下，對手擊球時所能準備的時間更短，也就是得分率更高。在教練實務上，在訓練選手時需要理解發球的方向與速度，才能夠幫助選手完善選擇策略，若再加上不同球種，技巧與策略變化更多，但不在此篇研究範圍內，則不予討論。

在雙打模式下，外角發球容許角度為 15.01° ，隨發球站位離中線距離越遠，最低擊球高度由 2.829 公尺降至 2.673 公尺，此結果顯示發球站位離中線距離與發球之最低擊球高度呈負相關，如圖 2 (C) 所示。內角發球容許角度為 16.69° ，當發球站位離中線越遠，最低擊球高度由 2.612 公尺增加至 2.768 公尺，其顯示發球站位離中線距離與發球之最低擊球高度呈正相關，如圖 2 (D) 所示。以雙打比賽為例，球員站位離中線大於 3.82m，在關鍵分的情況下，在站位上，可選擇更偏離中線的外角發球，其所需最低擊球高度要求是下降的，換言之，在達到最低擊球高度且不改變選手習慣的拋球高度下，略為偏離中線站位將會提升外角發球成功率，對於發出更強甚至更外角的信心程度會上升，在領先分的選擇上亦是一種發球策略。如果關鍵分，戰術要求決定內角發球，則可以考慮將落點稍微偏向對手的身體，讓成功率提高，但需要下一顆致勝球的搭配，前排搭檔的站位配合以及搶球的概念則是平常必須練習並完善此策略的必要條件。

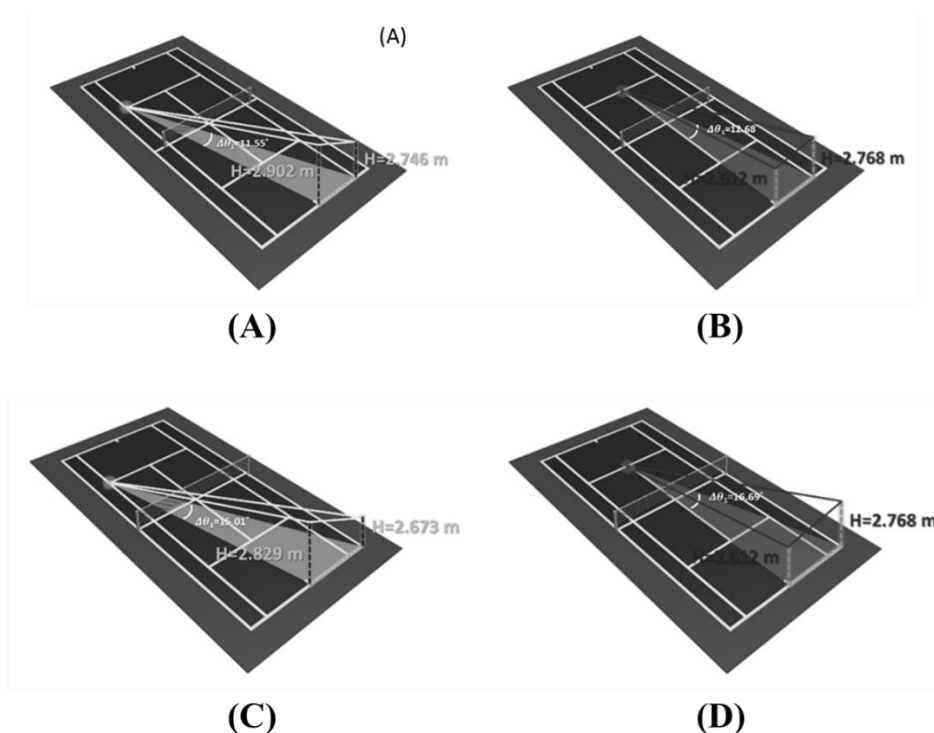


圖 2 單打與雙打模式下發球最低擊球高度與落點示意圖

(A) 單打外角發球 (B) 單打內角發球 (C) 雙打外角發球 (D) 雙打內角發球

綜合結果如圖 3 所示，無論單打或雙打，外角發球最低擊球高度皆與站位關係呈現負相關，內角發球最低擊球高度皆與站位關係呈現正相關，此外，在離中線距離 3.82 公尺處，外角發球與內角發球之最低擊球高度皆為一致，在單打模式下需要 2.757 公尺之最低高度；在雙打模式下需要 2.721 公尺之最低高度。本研究結論為在標準網球場規格下，探討發球落點、站位與擊球點高度之三者關係。由結果顯示即使在不同種材質的網球場下，符合標準網球場之規格即符合上述推論，此與趙曉涵、王鶴森(2008)探討不同材質場地對網球發球落點與相關表現之影響，提出不同材質場地會影響發球落點之結果不一致。本研究提及發球站位在距離中線 3.82 公尺處，不論發球的落點，其發球成功率較高，此與余婉君、王儀旭、趙蓉鮮(2005)針對網球初學者不同發球位置之發球成功率分析之結論不一致，其結果為以中央標誌左右 2 公尺發球位置之發球成功率最佳。本研究亦提出發球站位離中線越近，反應出發球成功率較高，此與 Eric Gillet、David Leroy、Regis Thouvarecq 和 Jean-Francois Stein 提出之平擊發球朝向 T 點有較高之使用率與成功率結果一致。本研究以發球站位與擊球高度之關係的數學理論模型出發，為發球策略提供了科學化的根據。在此根據下，讓教練以及選手在發球策略的發想以及訓練上提供了基礎。未來能在此基礎上加入不同球種、落點、情境，其研究是可預期且更完整的目標。

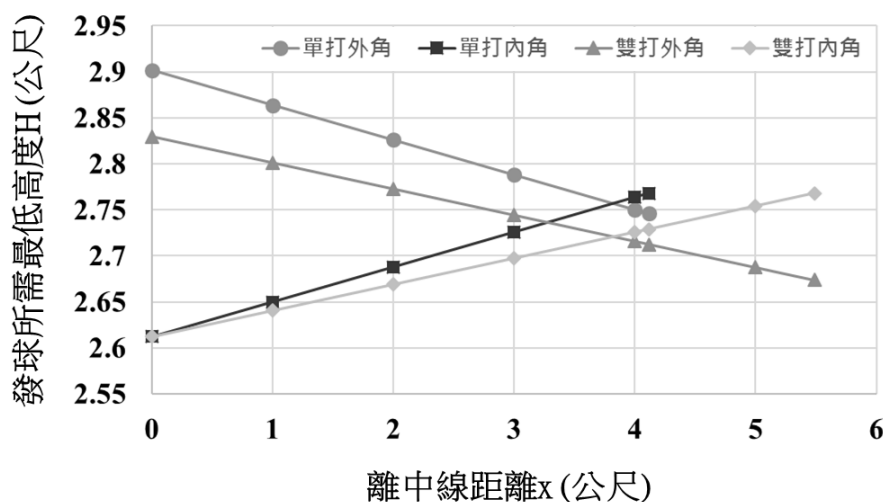


圖 3 發球最低擊球高度與站位關係圖

參考文獻

- 王鶴森、林偉毅、趙曉涵 (2005)。網球發球落點與技術相關表現之研究－以 2004 年美國網球公開賽男子單打賽為例。《體育學報》，38(4)，109-120。
- 杜秉佑 (2017)。優秀大專公開組網球選手不同發球區及落點發球表現之比較(未出版之碩士論文)。國立臺中教育大學教育學院體育學系，台中市。
- 余婉君、王儀旭、趙蓉鮮 (2006)。網球初學者不同發球位置之發球成功率分析。《大專體育學術專刊》，508-515。
- 張志堅 (2006)。網球發球技術分析與接發球戰術運用。《雲科大體育》，9，119-124。
- 陳文雄、陳智仁 (2012)。網球發球基本動作認識。《桃園創新學報》，32，575-584。
- 麥吉誠、周聰儒 (2001)。網球運動員不同發球位置發球成功率分析比較。《大專體育學刊》，3(2)，162-169。
- 趙曉涵、王鶴森 (2008)。不同材質場地對網球發球落點與相關表現之影響。《運動教練科學》，11，61-69。
- 羅志勇 (2009)。網球發球技術特徵及戰術應用之探討。《屏東教大體育》，12，432-442。
- Gillet, E., Leroy, D., Thouvarecq, R., & Stein, J. F. (2009). A notational analysis of elite tennis serve and serve-return strategies on slow surface. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(2), 532-539.

Study of the Relationship between Serve Position and Contact Point height with Different Placement in Tennis

Yi-Hsin Chan

Physical Education Office, National Chiao Tung University

Abstract

Tennis requires both whole body coordination and extraordinary stroke skill, and thus presents a relatively high learning curve for novice learners. Serving in particular is a unique challenge to newer players, especially when considering the limited court dimensions. Therefore, the purpose of this study was to investigate the relationship between serve position and lowest contact point between ball and racquet as well as develop a mathematical model to describe the serve landing position. The study assumed two conditions. First, serve type is flat without spin. Second, serve speed is fast enough that the ball travels in a straight line. Application of trigonometric functions demonstrates that the distance between serve position and center mark (x) as well as the net height in singles and doubles both affect the minimum height of contact point (H) for wide- and T-serves. The results are as follows: 1. as x increases, the H of T-serve in singles or doubles also increases, which presents positive correlation 2. as x increases, the H of wide serve in singles or doubles gradually decreases, which shows negative correlation 3. When the x is 3.82 meters, the H of T-serve and wide serve are consistent. Based on these results, the study elucidates the relationship between service position and minimum height of contact point as well as the correlation between height of contact and serve landing position. Hopefully, the discussion provided serves as teaching material that encourages new players to better understand the nuances involved in serving.

Keywords: tennis coaching, sport analysis, serve position and contact point, serve strategy, serve placement

