

中華民國音響學會

第十三屆學術研討會論文集

The 13th Symposium of the Acoustical
Society of the Republic of China

中華民國音響學會
國立成功大學建築學系 主辦
行政院勞工委員會
行政院環境保護署 協辦
台灣省政府
行政院勞委會安全衛生研究所
立德管理學院

國立成功大學、台南、台灣
NCKU · TAINAN · TAIWAN
中華民國八十九年十二月八日

不同球頭之高爾夫球桿聲音品質分析

The Analysis of Sound Quality of Golf Clubs for Different of Club Heads

王 村¹ 黃瑞光¹

¹國立屏東科技大學機械工程系

摘要

本文主要探討三種不同頭球高爾夫球桿的敲擊聲音，量測敲擊時所產生之聲音頻譜，分析量測所得之聲音特性與聲音品質。藉由感覺噪音級 (PNL)、語言干擾位準(SIL)、優先語言干擾位準(PSIL)及響度級(LL)來比較三種不同球頭之高爾夫球桿聲音品質的差異，及不同球頭聲音頻譜的特性。結果顯示在不同評估指標下高爾夫球桿之擊球聲音品質皆呈現一致性，對於未來實際高爾夫球桿的擊球聲音量測與聲音品質分析提供一種評估方式。

Abstract

This work discusses the impact sound for three types of heads of golf clubs. The frequency spectrum of the impact sound from the golf club is measured and analyzed. The Perceived Noise Level (PNL), Loudness Level (LL), Speech Interference Level (SIL) and Preferred Speech Interference Level (PSIL) are applied to evaluate the impact sound quality and demonstrated for their feasibility. The results show the different indexes have the same characteristics. This work develop the evaluation methodology to measure and analyze the impact sound of golf club and can be practically adopted for golf club sound quality analyses in the future.

一、前言

隨著生活水準的提高，舒適安全的休閒運動逐漸受到重視，對於運動器材的品質要求就越高。就高爾夫球桿而言，球桿的設計與製造隨著球員對揮桿擊球品質之要求愈趨複雜，而影響球桿品質之因素相當多，如造型、感觀、外表、材質、品牌、擊球聲音、握把感覺等非技術性主觀因素，或如球桿長度、重量、強度、以及球頭重量、體積、重心、慣性距、強度、甜蜜區等技術性客觀因素。

而國內外對於高爾夫球桿品質的分析也有相關的文獻探討，如Wicks et al.[8]應用振動模態分析技術，由球桿之振動模態、聲音模態及結構阻尼，來探討比較鑄造與鍛造球頭之差異性。Merkel and Blough[5]則應用模態分析技術得到球頭之模態振型，同時也探討擊球點在甜蜜區與非甜蜜區，握把、球頭之振動頻

率響應，以瞭解揮擊過程之能量損失情形。Wicks et al.[7]也以衝擊錘作用於球頭，並量測握把處之加速度，以得到頻率響應函數，再擷取球頭之模態振型，也得到如 Merkel and Blough[5]之類似結論。Okbuo and Simada[6]運用 CAE 以三種不同的邊界條件來分析高爾夫球桿，包括進行模態測試、甜蜜區的定義及擊球時衝擊力之測試。王 村和黃瑞光[2]探討三種相同握把及碳纖維球桿而不同球頭高爾夫球桿振動特性與定義高爾夫球桿品質之判斷依據。邱佑宗[1]以向量化分析動力學分析高爾夫球與球頭撞擊行為，以空氣動力學計算球於空氣中飛行之軌跡，以射程與球頭能量之角度界定高爾夫球頭甜蜜區之位置。

高爾夫球運動是藉由高爾夫球桿揮桿擊球的一種運動，除了球桿振動特性值得探討外，擊球時所發出的聲音品質亦越來越受到重視。本文藉由衝擊錘敲擊三種不同頭球、相同握把與碳纖維桿的高爾夫球桿以模擬三種不同頭球高爾夫球桿的擊球聲音，量測敲擊時所產生之聲音頻譜，分析量測所得之聲音特性與聲音品質。並藉由感覺噪音級 (PNL)、語言干擾位準(SIL)、優先語言干擾位準(PSIL)及響度級(LL)來比較三種不同球頭之高爾夫球桿聲音品質之差異，及不同球頭聲音頻譜的特性。

二、問題定義與分析目標

2.1 問題定義

本章採用大田精密股份有限公司所提供之三種不同球頭 (大田精密股份有限公司代號為 i1364、w0072 及 i0035)，同樣握把與碳纖維球桿之 5 號鐵桿，採用 free-free 邊界情況來進行聲音之量測。模擬 free-free 邊界情況方式是以兩條橡皮筋所組合之彈性繩支撐球桿於支撐架上。使用衝擊錘敲擊球頭，每支球桿各敲擊一次，且各次敲擊力量大小一致。

2.2 分析目標

以相同大小的力敲擊球頭，量取 1/1 八音頻帶(octave band)自身能量密度函數(auto spectrum)及 1/3 八音頻帶自身能量密度函數，探討不同球頭高爾夫球桿之聲音特性與品質。

三、聲音品質之定義

當聲音聽起來被感覺到不愉快或厭煩時，聲音就變成噪音。而聲音的感覺常隨著不同的人、不同的時間、不同的地點使人在聲音的感受上有相當程度的差異。因此很難明確的界定聲音的品質。

一般聲音的評估方法大致可概括與人耳聽覺特徵有關的評估量、與心理情緒有關的評估量、與人體健康有關的評估量及與室內活動有關的評估量等，不同的聲音評估方式各適用於不同的環境、時間、噪音源特性與評估對象。而本章將以響度級、感覺噪音級、語言干擾位準及優先語言干擾位準來探討不同球頭相同握把及球桿之高爾夫球桿聲音品質。

響度級主要是描述人耳對不同頻率與音壓值的一種主觀評估量，用一組等響度曲線（如圖一）對不同的聲音做出主觀上的比較。而本章則是以響度級探討不同球頭敲擊聲音人不同頻率與音壓值的一種主觀評估值。

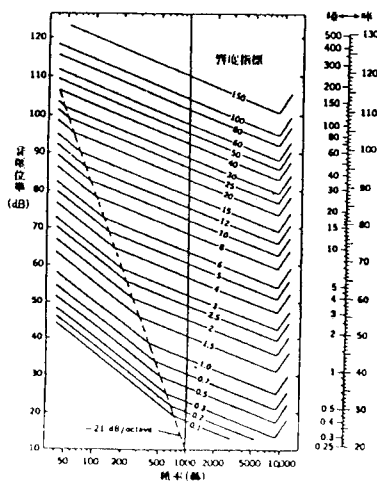
感覺噪音級是確定聲音對人的干擾程度，比確定響度複雜的多，因為此處包含了心理因素的影響。如一般均認為高頻噪音比同樣音壓值的低頻噪音更為吵雜，或是音壓值隨時間激烈變化的噪音比音壓值相對穩定的同一聲音覺得更吵，而噪音的干擾程度又與一天中噪音出現的時間與人的活動有關等，因此克里脫(Kryter)考慮這些因素的一部份，提出了等感覺噪音曲線，如圖二，由這些曲線可以確定感覺噪音度、音壓值及聲音頻率的關係[3]。而本章則是以感覺噪音級來探討不同球頭敲擊聲音的感覺噪音度。

語言干擾位準及優先語言干擾位準則是考慮頻率在 200Hz 以上至 7000Hz 以下的噪音，因為對講話特別重要的中心頻率為 500Hz、1000Hz、20000Hz 及 4000Hz。而本章則是應用語言干擾位準及優先語言干擾位準對講話聽取干擾的高低程度來探討不同球頭敲擊聲音之品質特性。

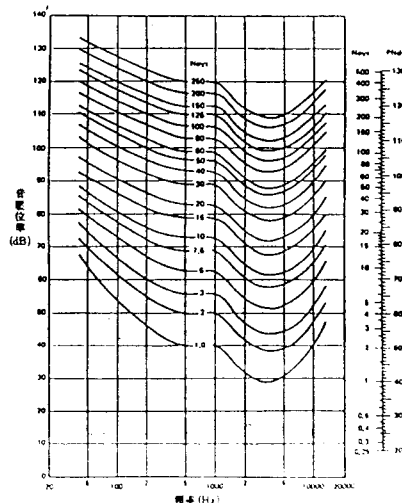
四、擊球聲音實驗量測

4.1 實驗儀器架構

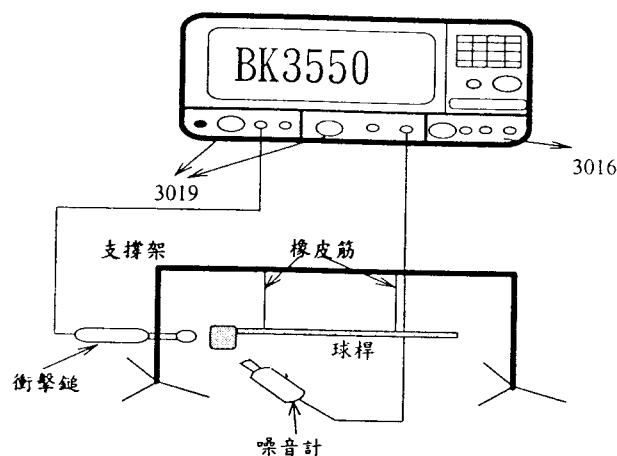
本章實驗架構情形如圖三所示，首先將衝擊錘用導線接於訊號分析儀之 A 輸入模組，其次再將噪音計接於訊號分析儀之 B 輸入模組，並置於球頭右前方 45 度方向距離敲擊點 7 公分處。其實驗的動作原理為，利用衝擊錘對高爾夫球頭敲擊，敲擊點如圖四，利用噪音計作感測器，量取敲擊後聲音訊號，傳入雙頻道訊號分析儀，由訊號分析儀對輸入之訊號作快速傅立葉轉換，求得衝擊錘敲擊球頭聲音之自身能量密度函數。本實驗所使用之實驗儀器及其型號如表一。



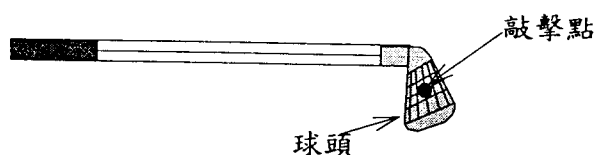
圖一、等響度指標曲線[4]



圖二、等感覺噪音曲線[4]



圖三、聲音量測實驗架構圖



圖四、敲擊位置圖

表一、聲音量測使用之儀器一覽表

儀器名稱	型號
雙頻道訊號分析儀	BK 3550
衝擊錘	BK 8202
普通噪音計	3606

4.2 頻譜分析儀螢幕之設定

4.2.1 頻寬之設定

頻寬的大小影響訊號的取樣時間，一般而言頻寬越大取樣時間越短，本章選擇頻寬為 25.6kHz，主要為用較寬之頻寬來探討不同球頭受同一力量大小衝擊時之影響。

4.2.2 平均次數之設定

本章因訂定敲擊每支球桿之衝擊力需大小一致，故選擇平均次數為一次。

4.2.3 加權函數之設定

加權函數之功能是降低訊號之洩漏，本章之設定在衝擊錘加 Rectangular 加權函數，因為本次分析中只觀察衝擊力大小，有無加權並不影響。在噪音計則加 Exponential 加權函數。

4.2.4 噪音頻譜分析

噪音頻譜之峰值若高於背景噪音 10dB 以上就表示量測所得之噪音值

有效可進行噪音頻譜分析。本章將量取 1/1 八音頻帶自身能量密度函數 (auto spectrum)及 1/3 八音頻帶自身能量密度函數進行噪音品質之分析。

表二、1/1 八音頻帶自身能量密度函數聲音評估指表值

中央 頻率	背景 噪音	i1364			w0072			i0035		
		頻帶音 壓級 (dB)	感覺喧 鬧度	響度指 標	頻帶音 壓級 (dB)	感覺喧 鬧度)	響度指 標	頻帶音 壓級 (dB)	感覺喧 鬧度	響度指 標
63	20.3	56	0	1	40.8	0	0.1	51.5	0	0.8
125	24.2	57.5	1.8	2	53.2	1.3	1.3	52.5	1.2	1.4
250	29.1	62	4	3.7	64.3	4.8	4.5	58.8	3	3.1
500	27.1	70.1	7.9	7.5	73.6	10.8	8.8	69.1	7.7	7
1000	27.3	78.4	14.8	15	83	20.5	20	80	16.5	16.5
2000	28.4	87.7	49.5	32	83.8	38	25	89.3	50.2	39
4000	32.5	90.5	68	50.5	90	68.5	50	89.2	65	49
8000	29.5	77.4	20	24	87.4	45	50	83.6	32	42
PNL			106.2			107.3			106.3	
LL				102.5			103.7			103.6
SIL		81.7			82.6			81.9		
PSIL		78.7			80.13			79.47		

五、結果與討論

(1)感覺噪音級 (PNL)

a. 1/1 八音頻帶自身能量密度函數

由表二可明顯看出三支不同球頭高爾夫球桿 1/1 八音頻帶自身能量密度函數之感覺噪音級分別為 i1364 為 106.2PNdB、w0072 為 107.3PNdB、i0035 為 106.3PNdB，比較結果以 i1364 的感覺噪音級較低，顯示其聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

b. 1/3 八音頻帶自身能量密度函數

由表三可看出三支不同球頭高爾夫球桿 1/3 八音頻帶自身能量密度函數之感覺噪音級分別為 i1364 為 107PNdB、w0072 為 107.4PNdB、i0035 為 107.1PNdB，比較結果以 i1364 的感覺噪音級較低，顯示其聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

(2)語言干擾位準(SIL)

由表二可看出三支不同球頭高爾夫球桿八音頻帶自身能量密度函數之語言干擾位準分別為 i1364 為 81.7dB、w0072 為 82.6dB、i0035 為 81.9dB，比較結果以 i1364 的語言干擾位準較低，顯示其聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

(3)優先語言干擾位準(PSIL)

由表三可看出三支不同球頭高爾夫球桿八音頻帶自身能量密度函數之優先語言干擾位準分別為 i1364 為 78.7dB、w0072 為 80.13dB、i0035 為 79.47dB，比較結果以 i1364 的優先語言干擾位準較低，顯示其聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

(4)響度位準(LL)

a. 1/1 八音頻帶自身能量密度函數

由表二可看出三支不同球頭高爾夫球桿 1/1 八音頻帶自身能量密度函數之響度位準分別為 i1364 為 102.5phon、w0072 為 103.7phon、i0035 為 103.6phon，比較結果以 i1364 的響度較低，顯示其聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

b. 1/3 八音頻帶自身能量密度函數

由表三可看出三支不同球頭高爾夫球桿 1/3 八音頻帶自身能量密度函數之響度位準分別為 i1364 為 102.32phon、w0072 為 104phon、i0035 為 103phon，比較結果以 i1364 的響度較低，顯示其聲音品質較其他兩支高爾夫球桿為佳。

(5)由表二、1/1 八音頻帶自身能量密度函數聲音評估指表值及圖五，發現 i1364 及 w0072 頻率在 4000Hz 時有最大的 dB 值分別為 90.5dB 及 90dB，i0035 則在頻率 2000 Hz 時音壓值最大為 89.3，在頻率 4000Hz 時為 89.2dB。再由表三、1/3 八音頻帶自身能量密度函數聲音評估指表值及圖六發現 i1364 及 w0072 頻率在 3150Hz 時有最大的 dB 值分別為 88dB 及 86.8dB，i0035 則在頻率 2500 Hz 時音壓值最大為 887.5，在頻率 3150Hz 時為 86.4dB。顯示這三支球桿在 2000-4000Hz 範圍的音壓值影響其聲音品質最大，若能降低此部分之音壓值將有助於聲音

表三、1/3 八音頻帶自身能量密度函數聲音評估指表值

中央頻率	背景噪音	i1364			w0072			i0035		
		頻帶音壓級 (Db)	感覺喧鬧度	響度指標	頻帶音壓級 (Db)	感覺喧鬧度	響度指標	頻帶音壓級 (Db)	感覺喧鬧度	響度指標
160	19.3	53.5	1.5	1.5	53.1	1.4	1.5	47.8	1	1.2
200	22	54.8	2	2.2	55.2	2.1	2.2	50.2	1.4	1.5
250	25.9	56.7	2.2	2.5	58.7	3	3.1	53.3	2	2.2
315	24.2	59.2	3.5	3.6	62.1	4.1	3.9	56.4	2.6	2.6
400	22	61.9	4.8	4	65.5	6.3	5	60.4	4	3.8
500	22.3	65.1	6.3	5.5	68.6	7.2	6.8	64.4	6.2	5.3
630	22.5	67.3	7	6.5	70.9	8	8	66.4	6.6	5.8
800	23.2	69.5	7.9	8	74.2	11	10.9	70.5	8	8
1000	22.3	73.4	11.5	10	78.1	14.5	15	74.5	12.5	11.8
1250	21.9	75.9	12.5	12.5	80.3	18	17.5	77.7	14	15
1600	23	79.5	23	19	80	23.2	18	79.6	23.1	18
2000	23.6	82.1	31.5	22	77.5	25	16.5	82.8	32	24
2500	24.2	85.3	45	29	79.3	30	20.5	87.5	50	30
3150	25.1	88	60	40	86.8	57	38.5	86.4	56	38
4000	24.2	86.4	50	39	83.9	45	32	83.4	42	31.9
5000	30.7	77.4	28	21	84.3	45	37	82.7	41	32
6300	27	74.2	20.5	19	79.8	30	28	75.3	22	19
8000	19.8	68.8	12.5	14	76.2	20	22.5	80.7	29	30
10000	24.8	73.1	13.5	15	86.1	31	42.5	78.8	19	29
PNL			107			107.4			107.1	
LL				102.3			104			103

品質的提升。

- (6)綜合以上分析再由表四三支球桿聲音品質評估值比較表可清楚看出 i1364 不論在感覺噪音級 (PNL)、語言干擾位準(SIL)、優先語言干擾位準(PSIL)及響度級(LL)都呈現出較佳的聲音品質。

六、結論

本章藉由衝擊鎚敲擊三種不同頭球的高爾夫球桿以模擬三種不同頭球高爾夫球桿的擊球聲音，量測敲擊時所產生之聲音，分析量測所得之聲音特性與聲音品質。藉由感覺噪音級 (PNL)、語言干擾位準(SIL)、優先語言干擾位準(PSIL)及響度級(LL)來比較三種不同球頭之高爾夫球桿聲音品質之差異，由結果發現 i1364 不論在感覺噪音級、語言干擾位準、優先語言干擾位準及響度級皆顯示出較佳的聲音品質。而三種不同球頭之高爾夫球桿在 2000-4000Hz 之間有最高之音壓值，因此若能降低此區間頻率之音壓值，將可提升此三種高爾夫球桿的聲音品質。

由本次實驗所得之結果顯示在不同評估指標下高爾夫球桿之擊球聲音品質皆呈現一致性，表示此種量測方式及評估方式可運用在高爾夫球桿的擊球聲音量測與聲音品質分析。並對於進一步實際擊球聲音量測與分析提供了一種評估方法。

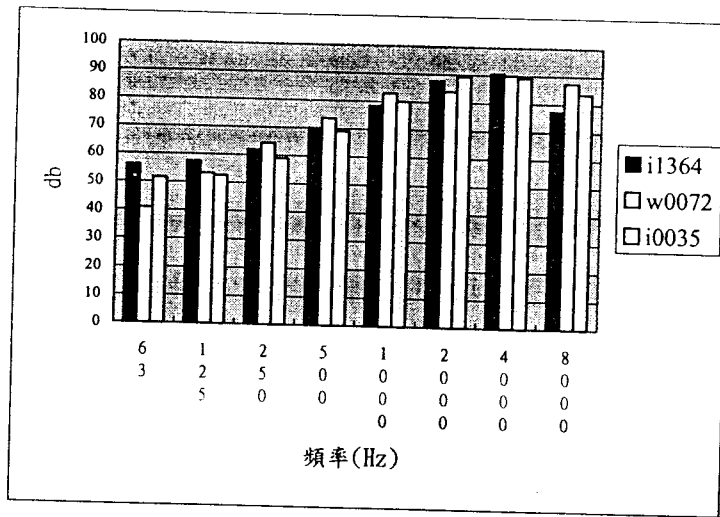
致謝

本研究承蒙屏東工業區大田精密工業股份有限公司提供球桿及相關技術資料以及部份經費資助，特此致謝。

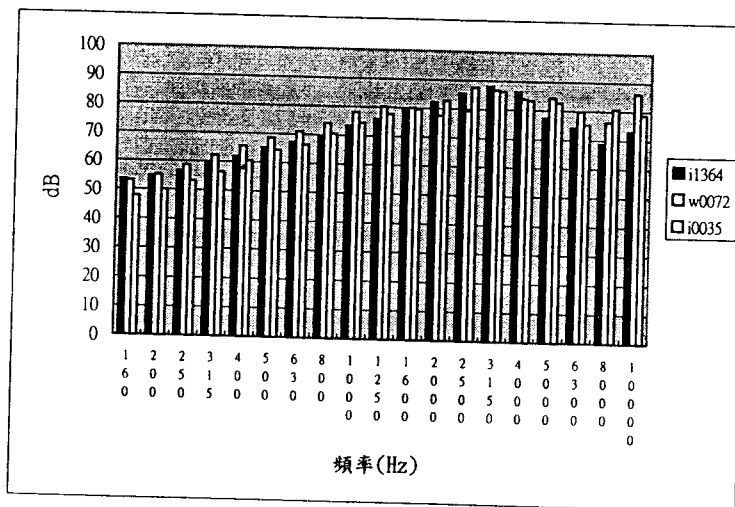
參考文獻

1. 邱佑宗，1998，「高爾夫球甜蜜區計算」，中華民國力學會議第二十二屆全國力學會議論文集（二），台南市，第 395-400 頁
2. 王柏村、黃瑞光，2000，不同球頭之高爾夫球桿振動特性及品質之探討，中華民國振動與噪音工程學會第八屆學術研討會，第 209~216 頁
3. 鄭長聚，洪宗輝，王諛賢、章力編著，環境噪音控制工程，科技圖書股份有限公司，1995
4. 蘇德勝編著，噪音原理及控制，臺隆書店出版，1999
5. Merkel, R., C., and Blough, T., 1998, "Dynamic Characterization and Comparison of Golf Clubs," *Proceeding of The 17th International Modal Analysis Conference*, Vol. 1, pp. 513-517.
6. Okbuo, N., and Simada, M., 1990, "Application of CAE(computer aided engineering) to Golf Club dynamics," *Proceedings of The First World Scientific Congress of Golf 9-13th*, pp270-273.
7. Wicks, A. L., Knight, C. E., Braunwart, P., and Neighbors, J., 1993.

“Identification of The ‘Sweet Spot’ for Golf Clubs,” *Proceeding of The 12th International Modal Analysis Conference*, Vol. 2, pp. 1803-1806.
8. Wicks, A. L., Knight, C. E., Braunwart, P., and Neighbors, J., 1993, “The Comparison of Forged Heads to Cast Heads for Golf Clubs,” *Proceeding of*



圖五、1/1 八音頻帶自身能量密度函數比較圖



圖六、1/3 八音頻帶自身能量密度函數比較圖

表四、三支球桿聲音品質評估值比較表

	八音頻帶	I1364	W0072	I0035
PNL	1/1	106.2	107.3	106.3
	1/3	107	107.4	107.1
LL	1/1	102.5	103.7	103.6
	1/3	102.32	104	103
SIL		81.7	82.6	81.9
PSIL		78.7	80.13	79.47
品質判斷		最佳	最差	次之

the 12th International Modal Analysis Conference, Vol. 2, pp. 1797-1802.