

反発式硬度計を利用した卓球ボールの簡易的品質評価に関する研究

日大生産工(院) ○塚本 拓巳
日大生産工 酒井 哲也 齊藤 光平

1. 緒言

卓球の公式試合で使用される用具類は、競技の質と公平性を高めるため国際卓球連盟 (International Table Tennis Federation : ITTF)によって承認制度が設けられている¹⁾。2014年以降、公式試合に使用される公認球は不燃性材料かつセルロイドを含まないプラスチック製と規定されている²⁾。セルロイド製から石油由来のプラスチック製に変更となつたが、この違いが選手のプレーに影響を与えることも報告された³⁾。卓球ボールに設けられている基準の一つに単純落下試験による反発高さの評価が行われるが、効率の良い試験ではない。さらに、このプラスチック製に変更され10年が経過したが、製造発売年や製造販売メーカーによって特性が異なるなど品質にもばらつきがあることが報告されている⁴⁾。また先行研究では、ボールの反発特性について、反発式硬度計などを用いて、簡易的かつ定量的に評価した結果、直径、質量、反発係数などに違いがあり、自由落下試験に近い位置エネルギーと同等の衝撃エネルギーを持つ反発式硬度計を用いることで、反発係数を簡易的に測定できる可能性を見いだした⁵⁾。

そこで、本研究では、主にコスト面や供給性を重視して設計され、日常的なトレーニングや学校教育などで使用される練習球において、公認ボールと比較し、練習球においても反発式硬度計を用いることで、簡易的かつ定量的に反発係数を評価することが可能かについて、検討を行った。

2. 実験方法

2.1 卓球公式ボール

ニッタク練習球(Nittoku D Top TRAINING BALL 40+)、ニッタク公式球 (Nittaku Premium Clean 40+)を各実験に使用した。

2.2 質量及び直径

ボールの質量を精密電子天秤によって、直径は電子ノギスによって各25個の測定を行った。

2.3 自由落下試験及び反発係数の測定

20±3°Cの室内に定盤を配置しスタンドの支柱から、定盤からの高さ305mmの位置に手首を軽く固定できる治具を設置し、人の手によりボールを自由落下させる実験を行った。2種類のボールをそれぞれ25個落下させ、その様子を動画で撮影し、定盤から跳ね返った後のボール底部の高さを測定し、次式から反発係数eを算出した。

$$e = \sqrt{\frac{h'}{h}} \cdots (1)$$

ここで、落下開始点から定盤までの高さ $h[\text{mm}]$ 、定盤から跳ね返った後のボール底面の最大高さ $h'[\text{mm}]$ とする。ITTFの規定では反発係数に換算すると0.887~0.932内に収まる必要がある。

2.4 反発式硬度計

反発式硬度計は円筒内部に球状のダイヤモンド圧子が先端に取り付けられたハンマーを試料に落下させ、衝突後の反発速度からリープ硬さ値を求める方法で次式にて表される。

$$HL = \frac{v_R}{v_0} \times 1000 \cdots (2)$$

なお、リープ硬さ値HL、衝撃前の速度 v_0 、衝撃後の速度 v_R である。

本研究で使用した反発式硬度計は、衝撃エネルギーが11[mJ](model k-11mJ, NDTマート社製)の端子を用いた。リープ硬さの測定は、定盤の上にボールを配置しその上に反発式硬度計を密着させ測定した。さらに、本研究では(2)式を変形した次式によって、測定したリープ硬さ値から反発係数eを導出した。

$$e = \frac{v_R}{v_0} = \frac{HL}{1000} \cdots (3)$$

3. 実験結果

3.1 卓球ボールの質量及び直径

Table 1及び2に2種類の卓球ボール各25個の質量及び直径の測定結果を示す。質量の平均値は練習球の方が大きく、標準偏差は公式球の方が小さい。直径の平均値は公式球の方が

A Study on the Simple Quality Evaluation of Table Tennis Balls
with a Rebound-Type Hardness Tester

Takumi TSUKAMOTO, Tetsuya SAKAI and Kohei SAITO

Table 1 卓球ボールの質量の比較

球種	質量(g)			
	平均値	標準偏差	最大値	最小値
公式球	2.69	0.01	2.72	2.67
練習球	2.72	0.02	2.75	2.68

Table 2 卓球ボールの直径の比較

球種	直径(mm)			
	平均値	標準偏差	最大値	最小値
公式球	40.11	0.02	40.17	40.06
練習球	40.09	0.05	40.18	40.06

0.02mm大きく、標準偏差は公式球の方が小さい。したがって、公式球の方が品質のばらつきが小さいことがわかる。

3.2 卓球ボールの自由落下試験により計測された反発係数

Table 3は2種類の卓球ボール各25個について高さ305mmから鋼製定盤に自由落下試験を行い、反発後の高さを(1)式に代入し算出した反発係数を示す。公式球の方が平均値は高く、標準偏差が小さい。練習球の最小値はITTF規格外の数値となっているものも存在する。

Table 3 自由落下試験により計測された卓球ボールの反発係数の比較

球種	平均値	標準偏差	最大値	最小値
公式球	0.920	0.002	0.924	0.919
練習球	0.880	0.01	0.913	0.872

3.3 反発式硬度計により求めた反発係数

Table 4は2種類の卓球ボール各25個について反発式硬度計を用いて測定したリープ硬さ値から、(3)式より反発係数に換算した結果の平均、標準偏差、最大値、最小値を示す。

反発式硬度計によって得られた反発係数の平均値は自由落下試験により得られた反発係数より若干小さい値を示し、練習球の方が高い値となっている。

Table 4 反発式硬度計により測定した卓球ボールの反発係数の比較

球種	平均値	標準偏差	最大値	最小値
公式球	0.832	0.01	0.845	0.813
練習球	0.864	0.01	0.895	0.844

3.4 自由落下試験及び反発式硬度計により求められた反発係数の比較

Fig.1, Fig.2に各卓球ボールの反発式硬度計より測定した公式球及び練習球の反発係数(縦軸)と305mmからの自由落下試験より得られた反発係数(横軸)との関係についてそれぞれ示している。なお、実線及び破線で囲まれた箇所はITTFの反発係数規格範囲となっている。前述したとおり反発式硬度計で得られた反発係数は、自由落下により得られた反発係数よりばらつきが大きく、若干小さい値となっているが、この二つには相関があるものと思われる。

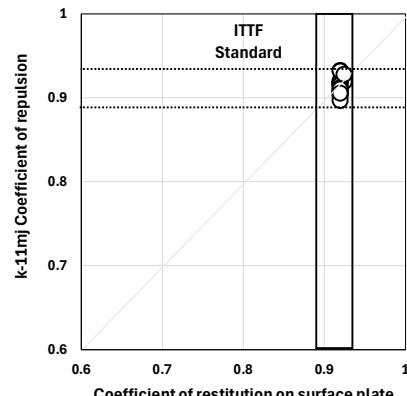


Fig.1 公式球反発係数の相関

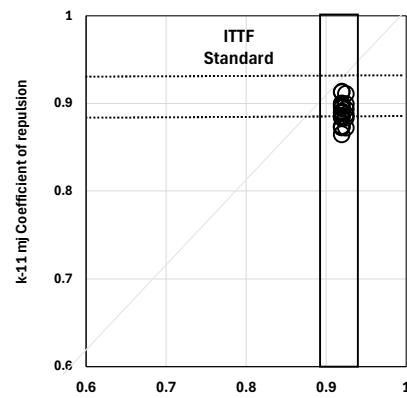


Fig.2 練習球反発係数の相関

4. 結言

練習球と公式球を比較した結果、標準偏差に大きな差があった。また練習球の場合においても反発式硬度計を用いることで、反発係数を簡易的に測定できる可能性が見いだされた。

参考文献

- 1) ITTF 「The International Table Tennis Federation Statutes 2025」 , 2025年10月15日時点
- 2) ITTF 「THE ITTF QUALITY PROGRAMME FOR BALLS MANUAL SEPTEMBER 2025」 , 2025年10月15日時点
- 3) Julie A. Reilly, Celluloid Objects: Their Chemistry and Preservation, Journal of the American Institute for Conservation, Vol.30, p.145-162(2013)
- 4) Yu-Fen Chen and Chen-Chih Huang, Performance Effects of Different Table Tennis Ball Materials, Smart Science Vol.8 Issue 2 (2020)
- 5) 松村泰雅他, 国際公認卓球ボールの特性の変遷と反発式硬度計による評価, 材料の科学と工学, Vol.61, No.2, p.82-86 (2024)