バスケットボールの内圧と反発係数の関係

白石大吾

要旨

バスケットボールに入れる空気の量によって変化する内圧とボールの反発係数にどのような関係があるのかを調査した。100hPa から 1000hPa までボールの内圧を調整しそれぞれの値における 1 度目と 2 度目のボールが落下する時間の間隔を音センサーを使い測定した。実験によって得られたデータから 1 度目と 2 度目の衝突時間の間隔と反発係数の関係の公式を用い各内圧の反発係数を求めた。その結果、ボールの反発係数はその内圧の累乗に近似される形で増加し、最大でも反発係数0.83程度に収束すると考えられる。

キーワード：内圧、反発係数、バスケットボール、音センサー

Ⅰ. はじめに

反発係数eは 2 物体間の衝突運動において、衝突前後の相対速度の比の大きさであらわされる。反発係数は物体の弾みの大きさの指標として見ることができる。球技においてボールの弾みは競技性に影響を与える重要な要素であり競技ごとに弾みの大きさが厳密に定められている。

バスケットボールもスポーツの特性としてボールの弾みがプレーに大きく影響を与える。ボールの弾みを決める主な要素の一つとしてボールの内圧が挙げられる。その内圧と反発係数にはどのような具体的な関係性があるのか調べた。

菊池・秋田・中沢(1998)によるとサッカーボールの内圧と反発係数を調べたものがあり、圧力が低く設定された範囲では乱れがあるものの、内圧に伴い徐々に反発係数が上昇するという結果が得られている。また、公認球の 4 号、5 号球の張り、縫い共に類似した変化の傾向があった一方、フットサルやサロンフットのボールでは特有の跳ね返りが見られた。

上記の先行研究ではサッカーやそれに近い特性を持つ競技のボールものに限って測定を行っているがバスケットボールに関するものはない。そこで本研究では材質や大きさの異なるバスケットボールを利用し、本来は 500～600hPa で利用される内圧を変数として実験を行い、バスケットボールの内圧と反発係数の関係を詳細に調べた。また先行研究では電光管をボールが横切った時間間隔をコンピュータで解析し測定していたが、渡會・酒井(2018)が実践しているより簡易的で身近な方法を参考に測定を行った。反発係数は変化の仕方が複雑で、異なる種類のボールの弾み方を比較した例はあるが、特定のボールの反発係数の変化の規則性を分析することはできておらず本研究ではそれを試みた。

Ⅱ. 手法

バスケットボール(モルテン製、円周 74.9～78.0cm、重量 567～650g、特殊天然皮革)にボール用空気入れで空気を入れ、ボール気圧計で内圧を特定の値に調整した。スタンドで地面から 1.0m の位置に板を固定しそこにボールの底を合わせてそっと落下させた。ボールの落下地点付近に iPad をセットして SPAKvue で音センサーを起動しておいた。iPad の内蔵スピーカーを使用し時間と音の強さを読み取った。音センサーから 1 度目と 2 度目の着地した時間を読み取りその時間差から公式*(渡會・酒井、2018)を利用し反発係数を求めた。これを内気圧の値を 100～1000hPa を 100hPa 刻みでそれぞれ 10 回ずつ行い各圧力の平均を出した。このとき、ボールに働く空気抵抗や回転による力の影響はほとんどないものとする。この方法では、定規を使って目視で跳ね返る高さを測るより、変数制御が簡単でより簡易的に正確な値を求められると考えられる。

このとき使用する公式は以下のように導かれる。

ボールを落下させる高さをh [m],重力加速度g[m/s^2]、1 度目の衝突直前のボールの速さv_0[m/s]、衝突直後のボールの速さv_1 [m/s]、ボールの反発係数eとすると、1 度目に衝突してから 2 度目に衝突するまでの時間Δt は

$$\Delta t = \frac{2v_1}{h} = \frac{2ev_0}{h} = 2e\sqrt{\frac{2h}{g}}$$

これを整理すると

$$e = \frac{\Delta t}{2}\sqrt{\frac{g}{2h}}$$

実験装置は以下の図 1 のように設置する。

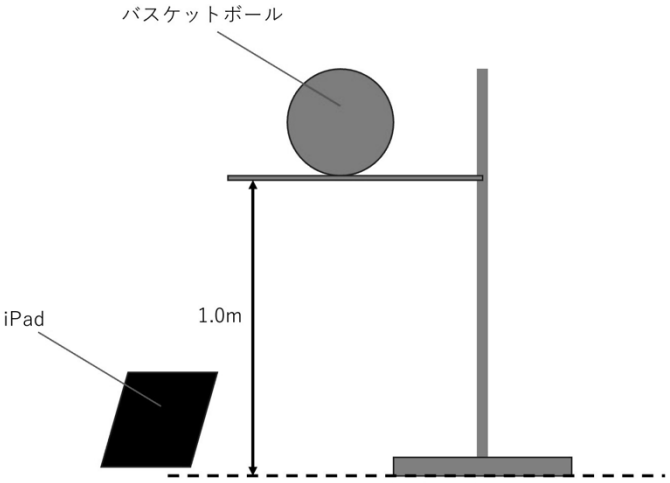


図 1 実験の様子

下の図 2 において音の強さが一瞬特に大きくなっている時間がボールが地面についた時間であり、2 つのポイントの時間の間隔を読み取っている。

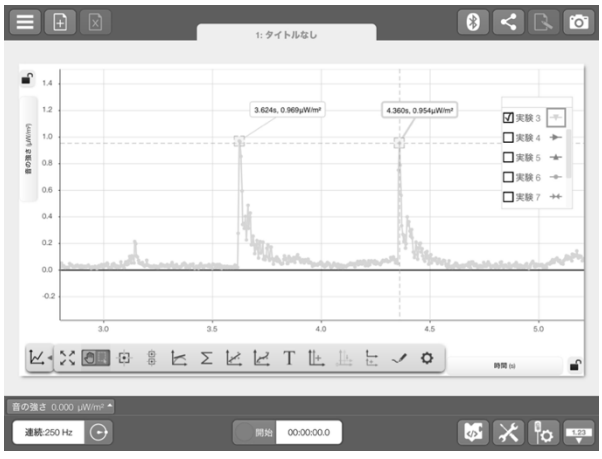


図 2　SPARKvue でのデータの読み取りの様子

III. 結果

100～1000hPa の各内圧に対して反発係数の 10 回の試行の平均を散布したものが下の図 3 である。ボールの反発係数は内圧の増加に伴い単調に増加して、増加の仕方は徐々に緩やかになることがわかった。高い内圧の範囲では反発係数の変化は小さくもっと大きな値は 1000hPa のとき 0.832 だった。

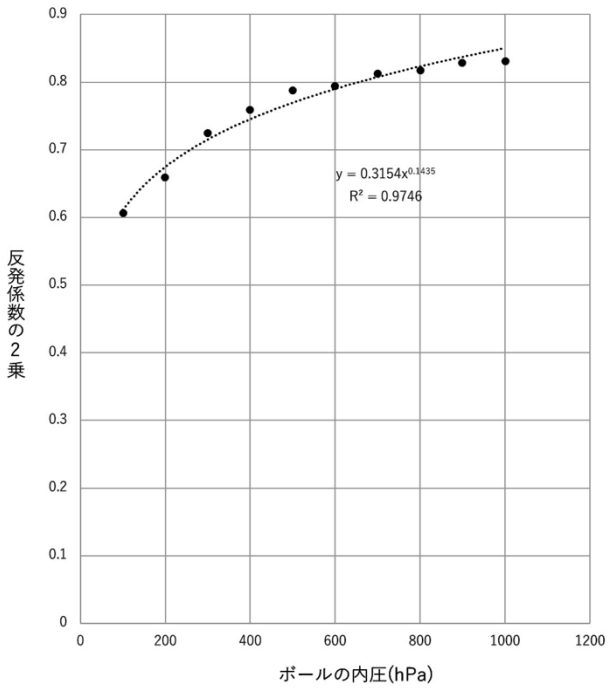


図 3　内圧と反発係数の関係(グラフ)

IV. 考察

図 3 より、内圧が 100～1000hPa の範囲ではバスケットボールの内圧を増加させるとそれに伴って反発係数は単調に増加する。データのグラフについて累乗近似を行うことで図 3 のような式で表される曲線として近似することができた。内圧を上げていくにつれて乱れた反発係数の変化が見られ、内圧の変化だけで具体的な関係性を導くことは困難であると考えられる。全体的には内圧の増加に伴い反発係数の値の変化率が徐々に小さくなりやがて 0.83～0.84 に収束すると考えられる。

V. 結論

この研究では、一般的に行われる反発係数の測定方法であるカメラと定規で物体が跳ね上がった高さを測る方法とは異なる、iPad に内蔵されているマイクとアプリを活用して音センサーで落下時間の間隔を測る方法によって簡単な変数制御を行い妥当な反発係数の値を算出することができた。

バスケットボールは内圧と連動して単調に増加し部分的に乱れた不規則な変化をするところもあることがわかった。全体の数値に共通して内圧の増加に伴い反発係数の増加率が減少し一定の値に収束すると考えられる。数式としてボールの特性を表す数値から反発係数を導くためには内圧だけでなくボールの大きさや変形率など複数の要素が必要となる可能性がある。

謝辞

本研究にご協力いただいたすべての皆様に感謝いたします。特に尾形先生には研究計画から多くの助言を賜りました。皆様のご支援に心から感謝します。

文　献

酒井佑士・渡會謙也 (2018)：音センサーでピンポン玉の反発係数を測定する

秋田信也・菊池武道・中沢克江(1998):各種サッカーボールの物理的特性