

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500603

研究課題名（和文）バスケットボールショットシミュレータの開発

研究課題名（英文）Basketball shot simulator

研究代表者

大久保宏樹（OKUBO HIROKI）

千葉工業大学・工学部・教授

研究者番号：00250689

研究成果の概要（和文）：バスケットボールショットのシミュレーションモデルの構築を行った。この動力学モデルは6つのサブモデルから構成されている。モデルに含まれる物理パラメータは実測したものをを用いている。このモデルはリム、またはバックボードにおける接触点において滑り、転がりの両方を計算することが可能である。その結果、一般のショットでみられる現象をより現実的に計算することが可能となっている。

研究成果の概要（英文）：A dynamic model for motion of basketball in basketball shots is derived using the Kane's method. The model is used to investigate shot success sensitivity to initial conditions and to search for initial conditions that lead to capture or escape of shots. Nonlinear ordinary differential equations describe velocities and angular velocities of a basketball. Our dynamic model with real parameters has six distinct sub-models: gravitational flight with air drag, and ball-contact sub-models for ball-rim, ball-backboard, ball-bridge, ball-bridge-board, and ball-rim-board. Each contact sub-model allows both slipping and non-slipping, and spinning and non-spinning motions. We switch between the sub-models depending on the contact point velocity and forces. The ball-contact sub-model includes radial ball compliance and dissipation. We identify coefficient of air drag, basketball stiffness and damping, and friction of the ball for the rim and backboard. The model can calculate long rolling on the rim, and even stick between the rim and backboard.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：スポーツ工学、バイオメカニクス、ダイナミクス、バスケットボール、モデリング

1. 研究開始当初の背景

バスケットボールショットのシミュレー

ションモデルは、主に3つ提案されていた。この中で、フライトモデルはボールがリング

やバックボードへの接触を考えないため、かなり限定されたものとなり実際のショット解析に用いるには現実的ではない。インパクトモデルはバスケットボールを剛体として取り扱うモデルで、反発係数とボールとリングまたはバックボードなどの摩擦係数を用いてボールの運動を計算することができる。しかしながら、このモデルでは接触時間を0と仮定していることとボールの変形を無視していることから、リングまたはバックボードへの接触時間の長い現象を計算することができない。そこで、我々は多様なバスケットボールショットに対応するために、動力学モデルの導入を試みることにした。

2. 研究の目的

本研究の目的は多様で、より正確なバスケットボールショットのシミュレータを開発することである。バスケットボールショットでは、リング、バックボードおよびリングとバックボードの間のプレートへの接触する可能性がある。この接触は、すべりまたはころがり、およびスピン回転がある場合とない場合に分類される。さらに接触は、リングとバックボードに同時に接触する場合、リングとバックボードの間のプレートとバックボードに同時に接触する場合が存在する。一方で、動力学モデルでは、バスケットボールの剛性と粘性、バスケットボールとリングとの間の摩擦係数、バスケットボールとバックボードの間の摩擦係数、および空力抵抗係数が必要になる。本研究では、これらの係数を実測し、代表的な値を動力学モデルに含め、実際により近い軌道を計算できるモデルの構築を行う。

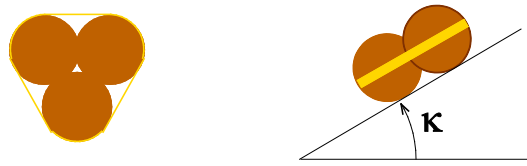
3. 研究の方法

バスケットボールなどの物理パラメータを計測し、これらを動力学モデルに組み込む。さらに、バスケットボールショットと動力学モデルにて計算した結果を比較し、精度を検証する。

(1)バスケットボールとバックボードの間の摩擦係数の測定

図1のように3つのバスケットボールをテープで固定し、取り外し、傾けたバックボードの上におく。バックボードを傾けていき、バスケットボールが滑り出す角度を計測する。この角度から摩擦係数を算出する。

Inclined plane experiment



$$\mu_{BO} = \tan K$$

Figure 1: Measurement of coefficient of friction between the basketball and backboard.

(2)バスケットボールとリングとの間の摩擦係数の測定

図2のように2つのリングを鉛直に立てて、その上にテープで固定したバスケットボールをおく。バスケットボールを徐々に傾けていき、滑り出す角度を計測する。一方で、鉛直に立てた2つのリングの上に、テープで固定した2つのバスケットボールの静力学モデルを導出する。この静力学モデルと測定した滑り出し角から摩擦係数を導出する。

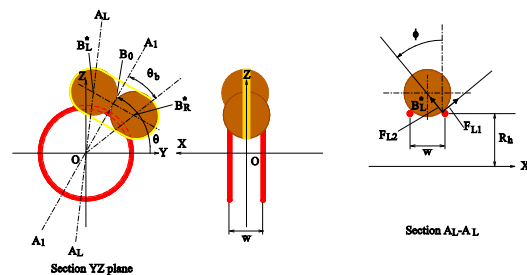


Figure 2: Measurement of coefficient of friction between the basketball and rim.

(3)空力抵抗係数の測定

バスケットボールショットの速度が大きくなると空力抵抗係数の影響が無視できなくなる。バスケットボールの落下実験を行い、空力抵抗係数を同定する。

(4)実測した軌道と動力学モデルで計算した軌道との比較

実測した物理パラメータを組み込んだ動力学モデルを構築する。バスケットボールのバックボードおよびリングに衝突させてその挙動と動力学モデルにおいて計算したものを比較し、その妥当性を検証する。

4. 研究成果

(1)バスケットボールとバックボードの間の摩擦係数の測定

測定には皮製バスケットボールと強化ガラス製バックボードを用いた。傾斜角が 30.45 ± 0.514 度、摩擦係数は 0.59 ± 0.012 となった。

(2)バスケットボールとリングとの間の摩擦

係数の測定

図3に2種類 (Leather basketball, Synthetic basketball) のバスケットボールとリングとの間の摩擦係数を示す。横軸には2つのリング間の距離をとっている。皮製バスケットボールの摩擦係数は約0.5、人工皮製バスケットボールでは、皮製よりもかなり大きい約1.2となった。

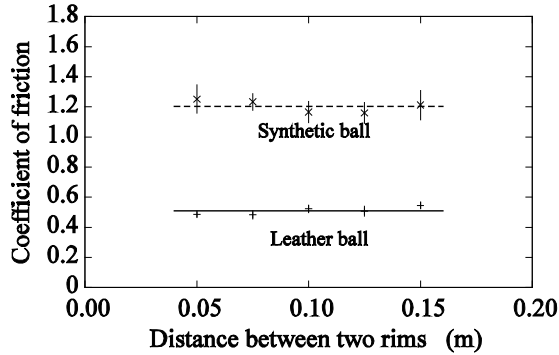


Figure 3: Coefficient of friction of the leather and synthetic basketballs for the rim as a function of the distance between the rims.

(3) 空力抵抗係数の測定

バスケットボールを自由落下させた様子を図4に示す。空力抵抗係数を考慮した自由落下の軌道 h は次の式で表される。

$$h = h_0 - \frac{a^2}{g} \ln \cosh\left(-\frac{g}{a}t\right)$$

ここで

$$a = \sqrt{\frac{2mg}{\rho AC_D}}$$

m はバスケットボールの質量、 h_0 は初期高さ、 A はバスケットボールの断面積、 ρ は空気密度、 C_D は抗力係数、 g は重力加速度である。これと計測結果を比較した結果を図5に示す。横軸には抗力係数、縦軸には理論値との差の二乗をとっている。抗力係数が約0.5のときに理論値との差が最も小さくなっているのので、動力学モデルには、この値を用いることにする。

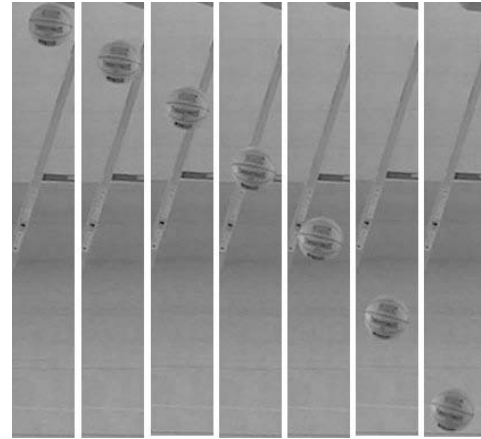


Figure 4: Free fall of the leather basketball.

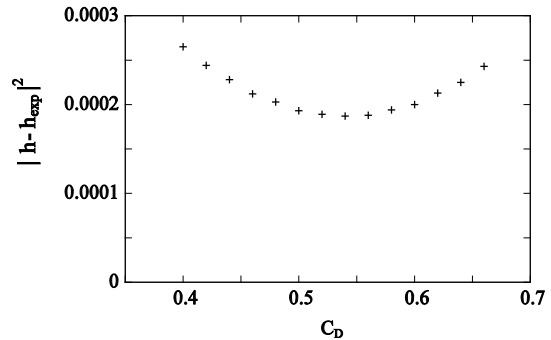


Figure 5: Error between the calculated and measured trajectories in the free fall for the leather basketball.

(4) 実測した軌道と動力学モデルで計算した軌道との比較

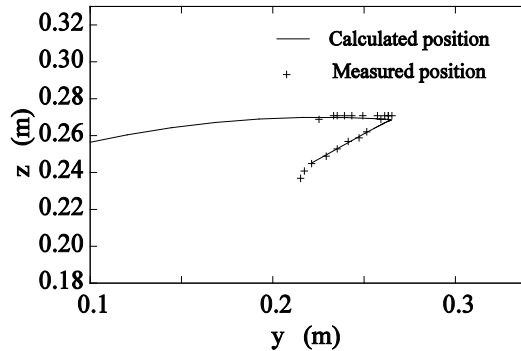


Figure 6: Trajectories of calculated and measured basketball-backboard bounded test for shot with backspin.

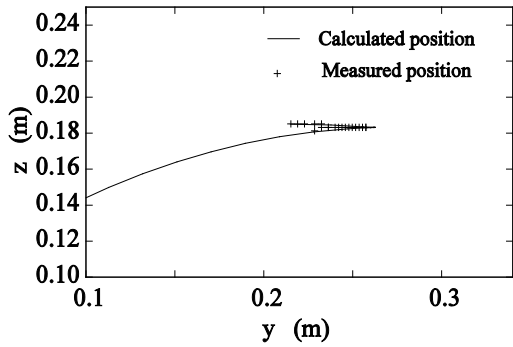


Figure 7: Trajectories of calculated and measured basketball-backboard bounded test for shot with low spin.

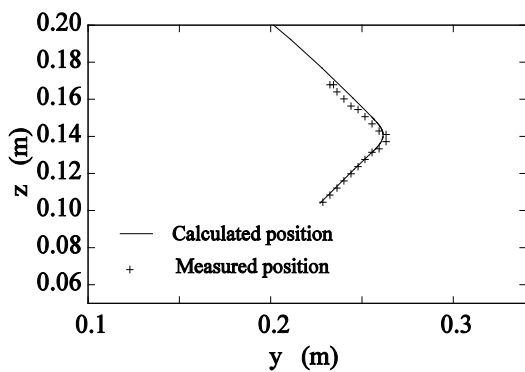


Figure 8: Trajectories of calculated and measured basketball-backboard bounded test for shot with topspin.

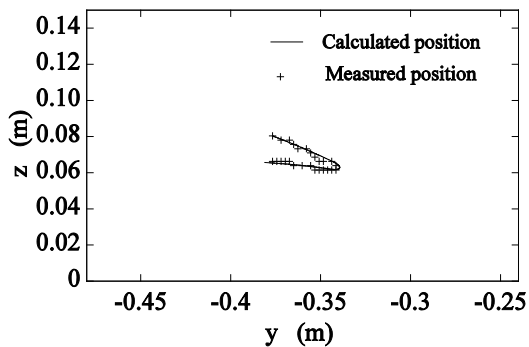


Figure 9: Trajectories of calculated and measured basketball-rim bounded test for shot with backspin.

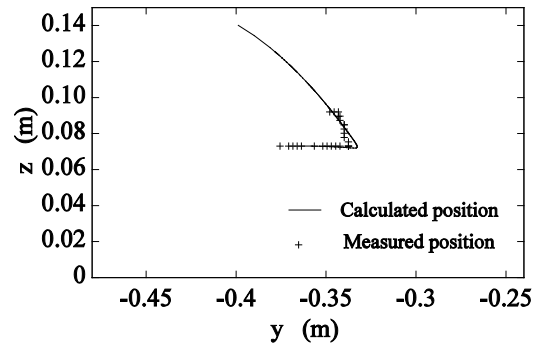


Figure 10: Trajectories of calculated and measured basketball-rim bounded test for shot with low spin.

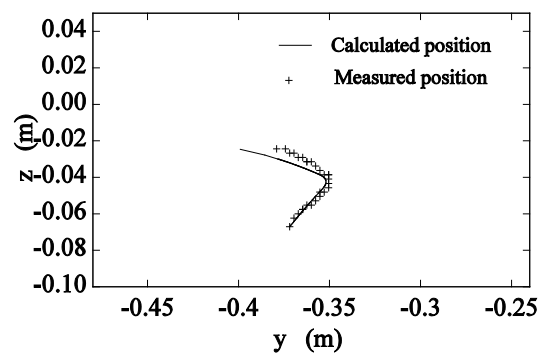


Figure 11: Trajectories of calculated and measured basketball-rim bounded test for shot with topspin.

図 6-8 にバスケットボールをバックボードに衝突させた場合の計算軌道と測定軌道を示す。図 6 はバスケットボールがバックスピンを持っている場合、図 7 はボールがほとんど回転していない場合、図 9 はトップスピン回転を持っている場合である。バスケットボールの剛性と粘性は、バスケットボールをバックボードに衝突させた軌道から同定した。バスケットボールの剛性係数は衝突時間から計算し、粘性係数は衝突前後の速度から推定した。摩擦係数と空力抗力係数は測定結果から得たものを使って、軌道は計算している。図 9-10 にはバスケットボールをリングに衝突させた場合の計算軌道と測定軌道を示す。同様にバックスピン、ロースピン、トップスピン回転を持っている場合である。

これらの衝突実験結果から、本モデルは実際の軌道をよく近似できていると考えられる。物理パラメータの測定値は妥当なものであり、本モデルの有効性が示されている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 3 件）

① Hiroki Okubo, Mont Hubbard, Basketball free-throw rebound motions, The Impact of Technology on Sport IV, 査読有, 2011, pp.194-199

② Hiroki Okubo, Mont Hubbard, Identification of basketball parameters for a simulation model, The Engineering Sport 8, 査読有, Vol.1 2010, pp.3281-3286

③ Hiroki Okubo, Mont Hubbard, Conditions for basketball stick between the rim and backboard, The impact of Technology on Sport III, 査読有, 2009, pp.245-249

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大久保宏樹 (OKUBO HIROKI)
千葉工業大学・工学部・教授
研究者番号：00250689

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし