

屋外スポーツサーフェイスの反発特性の比較

Comparison of rebounding characteristics on outdoor sport surfaces

島 典広 安藤佳代子 新海宏成 岡本 敦

Norihiro SHIMA Kayoko ANDO Hironari SHINKAI Atsushi OKAMOTO

要旨

本研究は、様々な屋外スポーツサーフェイスが持つ反発特性について画像分析から比較することを目的とした。東海学園大学内の施設である野球場内人工芝（ロングパイル 55mm [Dream TURF MS2055]）、野球場内土グラウンド、陸上競技場トラック（全天候型ゴムチップ積層舗装 [レイテックストラック]）、サッカー場人工芝（ロングパイル 55mm [アストロジョイ s-65]）、およびトヨタスタジアム内の天然芝グラウンドにて測定を実施した。高さ 1 m より陸上競技練習用砲丸（5.53kg）を 1m 間隔で 5 回落下させ、毎秒 1000 コマでビデオ撮影を行った。地面接地前後の砲丸の速度を用いて反発係数を、地面接地中の砲丸の加速度を用いて衝撃力の最大値を算出した。天然芝は、他のサーフェイスと比較して衝撃力が最も低く、陸上競技場タータントラックは最も高かった。両人工芝の反発係数は他のサーフェイスと比較して高かった。土は天然芝と同様に、2つの人工芝やタータンよりも、衝撃力および反発係数ともに低い結果が得られた。以上のことから天然芝と土は衝撃緩衝能が高く、人工芝は衝撃に対する反発性が高いことが示唆された。

Abstract

The purpose of this study was to compare rebounding characteristics in various outdoor sport surfaces from high-speed video analysis. Measurement of the rebounding characteristics was conducted from the artificial turfs on a baseball field (long pile 55mm [Dream TURF MS2055]), a soccer field (long pile 55mm [Astro Joy s-65]), all weather rubber chip on an athletic tartan track (Raytex track), the dirt on a baseball ground in Tokai Gakuen University, and a natural grass ground in the Toyota stadium. From 1m in height, a practice cannonball (5.53kg) was dropped 5 times. The place of the cannonball fall was moved in 1m intervals during each trial. All of the trials were recorded by a video camera with 1000fps. The coefficient of restitution and the maximum impact force were calculated using the speed of the cannonball before and after contact with the ground and the acceleration of the cannonball during contact, respectively. Natural grass had the lowest impact force as compared with other surfaces,

and the athletic tartan track was the highest. The coefficient of restitution in the artificial turfs of the baseball field and the soccer field were high compared with other surfaces. As for the dirt like natural grass, the impact force and coefficient of restitution were lower than these of the two artificial turfs and tartan track. These results suggest that natural grass and dirt have higher shock absorbency and lower rebounding characteristics.

1. 緒言

アメリカンフットボール、ラグビー、サッカー、野球などの国際試合や主要な大会は、グラウンドキーパーによって整備された天然芝で行われている。しかし、天然芝の管理運営には、多額のコストが掛かることやグラウンド使用の稼働率の低さなどの理由から、全てのスポーツ競技者が整備された天然芝で試合や練習を行うことが困難である。その為、近年日本ではコストや稼働率の効率化から、多くのスポーツ施設で人工芝グラウンドの導入が進んでいる⁽¹⁾。

フットボールなどの競技では、スポーツサーフェイスと靴との摩擦力が、足部や膝の傷害発生に深く関与していることは広く知られている⁽²⁾。また、スポーツサーフェイスから受ける衝撃力も摩擦力と同様にスポーツ傷害の発生、特にオーバーユースによるスポーツ障害の発生と密接な関係がある^(3,4)。これまで、スポーツサーフェイスに重錘を落下させて跳ね返りの衝撃加速度を調査した研究では、ロングパイル人工芝が天然芝と同様の衝撃緩衝能があるという報告⁽⁵⁾と、天然芝よりも衝撃緩衝能が低いという報告⁽⁶⁾に二分される。また、様々なスポーツサーフェイスについて比較した報告は少ない。そこで本研究は、様々な屋外スポーツサーフェイスが持つ反発特性について画像分析から比較することを目的とした。

2. 研究方法

2. 1. 測定場所

東海学園大学の施設である野球場内人工芝（ロングパイル 55mm[Dream TURF MS2055]）（以下、人工芝1と略す）、野球場内土グラウンド（以下、土と略す）、陸上競技場トラック（全天候型ゴムチップ積層舗装[レイテックストラック]）（以下、タータンと略す）、サッカー場人工芝（ロングパイル 55mm[アストロジョイス-65]）（以下、人工芝2と略す）、および豊田スタジアム内天然芝グラウンド（以下、天然芝と略す）にて測定を行った。

2. 2. 測定方法

それぞれの測定場所において、高さ1 mより陸上競技練習用砲丸（5.53kg）を5回落下させた。繰り返しの落下による衝撃緩衝力の低下をなくすため、1m おきに測定場所を移動し、毎秒

1000コマでビデオ撮影（NAC社製[MEMRECAM fx K5]）を行った。ビデオカメラと測定場所の距離は6m、カメラ高は0.7mであった。分析は、2次元ビデオ動作解析システム（Frame-DIASIV System）にて行い、画像から地面接地時間を確定し、速度、反発係数、力積、衝撃力、高さを算出した。インパクトデータであるため、フィルターは使用せず生データにより解析を行った。また、ノイズの影響を除くため速度、衝撃力は、次の方法をとることにした。速度は、接地直前10点、接地直後10点それぞれ直線回帰式を求め、その式から接地直前と接地直後の点における速度を算出した。また衝撃力は、地面接地中における最大値とその前後2点（合計5点）を2次曲線で近似し、その頂点を最大値とした。各変数5回の平均値をサーフェイスの代表値とした。

2. 3. 統計処理

各サーフェイスで5回の試技の結果から、一元配置分散分析および Tukey HSD の多重比較検定を行った。有意水準は5%未満とした。

3. 結果

各サーフェイスでの5回の生データを図1に示した。各サーフェイスで5回の試技において、ばらつきの少ない結果が得られた。図2は、最初の地面接地を開始点として、サーフェイス別の

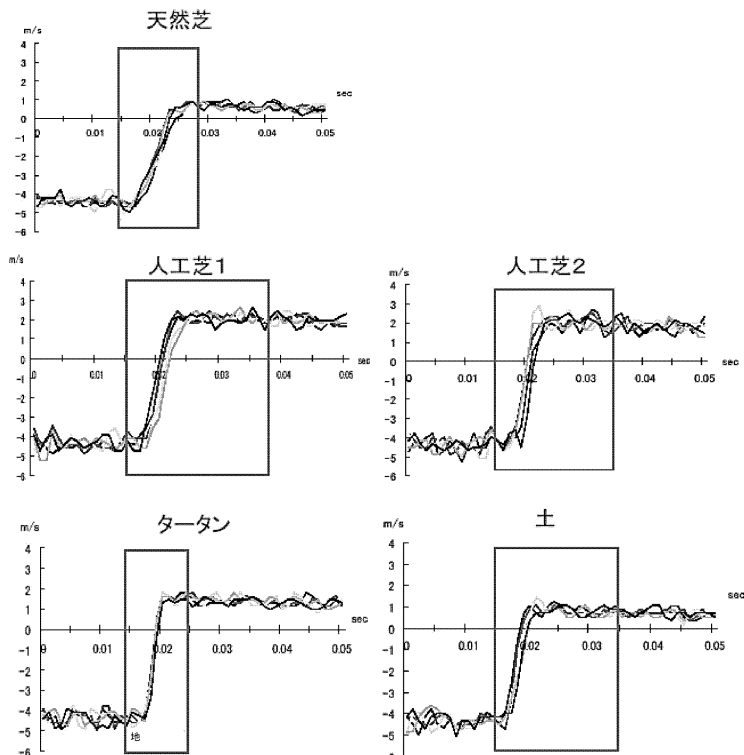


図1. サーフェイス別の速度波形と地面接地区間（枠内）

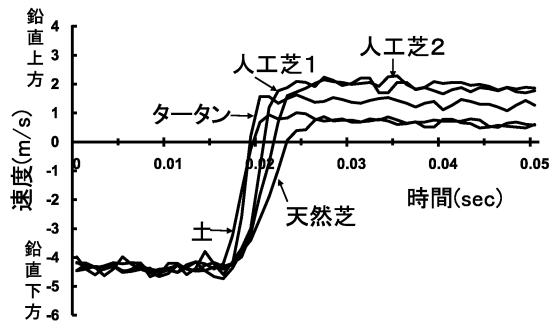


図2. サーフフェイス別の速度変化 (5 試技平均) の違い

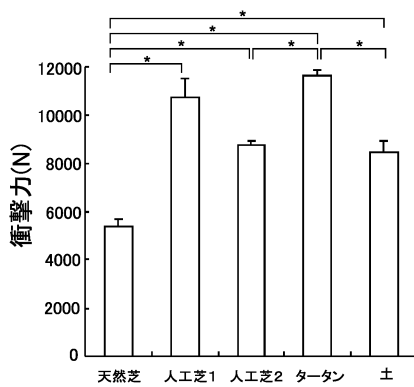


図3. サーフフェイス別の衝撃力
平均値±標準誤差, *有意差有り (P<0.05)

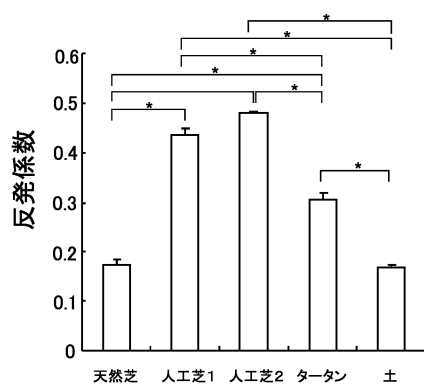


図4. サーフフェイス別の反発係数
平均値±標準誤差, *有意差有り (P<0.05)

5 試技を平均した速度変化である。特に、天然芝の傾きがゆるやかであり (図2)、他のサーフェイスと比較して衝撃力が有意に小さかった (図3)。一方、タータンの衝撃力が最も大きく、人工芝1を除いた他のサーフェイスと比較して有意に大きかった (図3)。

反発係数は、天然芝が最も低く、土も同様に低かった (図4)。これら2つの反発係数は、他の人工芝1、人工芝2、およびタータンと比較して有意に低かった。タータンの反発係数は、人工芝1と人工芝2に対して有意に低く、人工芝1と人工芝2との間に有意差はみられなかった。力積は、人工芝1、人工芝2、およびタータンが、天然芝と土に対して有意に大きく (図5)、反発係数の結果と類似していた。

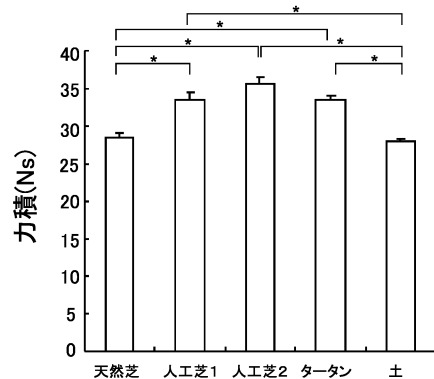


図5. サーフフェイス別の力積
平均値±標準誤差, *有意差有り (P<0.05)

4. 考察

衝撃力において天然芝が他のサーフェイスに対して有意な差がみられた結果は、人工芝と比較して天然芝がより高い衝撃緩衝能を持つとする報告⁽⁶⁾と一致している。天然芝の反発係数は、他のサーフェイスと比較して低いことから、天然芝には反発抑制機能があると推察できる。衝撃緩衝能に明らかに差があるサーフェイスにおいても、ヒトの下肢に加わる衝撃力は、サーフェイスの差ほどその違いが認められない⁽⁷⁾。しかし、ヒトがスポーツ活動の中で着地動作を繰り返すことや、人工芝では天然芝と比較してスポーツ傷害の発生が増加する^(4,8)ことを考えると、人工芝の導入に際しては、スポーツ傷害発生リスクを考えなければならない。

土は天然芝と同様に、2つの人工芝やタータンよりも、衝撃力および反発係数ともに低い結果が得られたことから、衝撃緩衝能の高いサーフェイスであると推察される。経済的にも天然芝の管理ができない施設が多いことを考えると、土のグラウンドでのスポーツ活動は、下肢の関節にスポーツ障害を抱えている選手や、身体の緩衝能力の乏しい選手には推奨されるかもしれない。しかし、スポーツ活動中に頻繁に発生する擦過創は、土のグラウンドでの場合、キズの中やその周辺を土や砂で汚染させる可能性があり、感染の危険性がある。また、雨天時や雨天後にグラウンドに水たまりや凹凸ができやすいため、整地管理が必要不可欠である。したがって、天然芝と同様に施設運営管理者あるいは使用者の管理下で土のグラウンドを使用することが望ましい。

人工芝および陸上競技場のトラックに用いられているタータンは、反発係数や力積に関して天然芝や土のグラウンドと比して高かった。このことは、ヒトがダッシュやランニングなどの循環動作を行う際に、これらのサーフェイスからの反発を利用しパフォーマンスに有利に働く可能性がある。また、大きな力積を利用して、跳躍力の向上も期待できる。しかし、これらのスポーツ動作で使用されるサーフェイスは、衝撃緩衝能が低いため（図3）、衝撃に耐え得る筋力がない場合や衝撃緩衝能が上手く機能していない場合に傷害発生の原因の一つになることが示唆される。

5. まとめ

国際大会でも使用される整備された天然芝グラウンドと本学のスポーツ活動で使用されている施設の異なるサーフェイスにおいて、砲丸落下に対する反発特性について検討した結果、天然芝は他のサーフェイスと比較して衝撃緩衝能力が大きく、反発係数が低いことが明らかになった。

謝辞

本研究の実施にあたり、ご協力いただきました田井中修様（株式会社豊田スタジアム）に心より感謝いたします。

文献

- (1) 財団法人日本体育施設協会. 安定的に増えるロングスパイル人工芝. 月刊体育施設 2008年増刊号 ロングスパイル人工芝特集号: 2-5, 2008
- (2) Torg JS, Quedenfeld T. Effect of shoe type and cleat length on incidence and severity of knee injuries among high school football players. *Res Q*.42(2): 203-211, 1971.
- (3) 山下 文治, 榊田 喜三郎. 膝関節のスポーツ障害とサーフェイス. *Jpn J Sports Sci*. 6(9):580-585, 1987.
- (4) Powell JW, Schootman M. A multivariate risk analysis of selected playing surfaces in the National Football League: 1980 to 1989. An epidemiologic study of knee injuries. *Am J Sports Med*. 20(6): 686-694, 1992.
- (5) 青木豊明. 新規衝撃試験機を用いる屋外スポーツサーフェスの衝撃度の評価. びわこ成蹊スポーツ大学研究紀要 3:71-77, 2006
- (6) 布目寛幸, 水藤弘吏, 新海宏成, 池上康男. 3G人工芝の衝撃緩衝性能評価: 屋外環境における測定法の確立と天然芝との比較. 第20回日本バイオメカニクス学会大会大会論集. 62, 2008
- (7) Dixon SJ, Collop AC, Batt ME. Surface effects on ground reaction forces and lower extremity kinematics in running. *Med Sci Sports Exerc*. 32(11):1919-1926, 2000.
- (8) 小暮 巽, 人工芝とスポーツ障害. *Jpn J Sports Sci*. 6:568-573, 1987