

〈報告〉

ロングパイル人工芝の評価に関する研究

福土 徳文*・吉村 雅文*

A study on the evaluation of the artificial turf

Norifumi FUKUSHI* and Masafumi YOSHIMURA*

1. 諸 言

近年, 日本全国にロングパイル人工芝のスポーツ施設が増えている¹⁰⁾. その普及の要因としては, 特に天然芝と比べた時の維持管理費の軽減, 芝生の管理と養成期間を必要としないという維持管理上のメリットが挙げられる⁹⁾¹²⁾. これらのメリットにいち早く気付いていたのがサッカー界であり, ロングパイル人工芝はサッカー界で急速に普及してきた.

一方, 人工芝は摩擦力の増加などから, 従来とは異なったスポーツ傷害の発生状況がみられるとの指摘がある. 例えば, 高校サッカー選手を対象に行った斎田ら⁸⁾の調査では, 1年間の調査期間中に発生した第5中足骨疲労骨折のすべてが人工芝でみられたことを報告し, 大学サッカー選手を対象に行った藤高ら²⁾の調査では, 転倒による上肢の外傷発生が, 人工芝で多いことを報告している. また, 大学アメリカンフットボール選手を対象に行った安部ら¹⁾の調査では, 膝靭帯損傷が人工芝で多いことを報告している. これらの中でも, 第5中足骨疲労骨折はロングパイル人工芝の普及とともに近年増加傾向にあるとされており, 人工芝と何らかの関係があることが予想される.

スポーツサーフェイスと, スポーツ傷害の関係で着目すべき点として大畑ら⁶⁾は, 人工芝で摩擦力が

過剰に生じる背景について, 靴とサーフェイスの両面から考える必要があるとしている. また, 武藤⁵⁾は, サーフェイスなどの環境要因や動作特性などを考慮し検討していく必要がある, としている.

しかしながら, 現在ロングパイル人工芝の評価は, JFA ロングパイル人工芝検査実施マニュアルに基づく, 各試験機での検査のみ行われているのが現状である.

そこで, 本研究では近年急速に普及しているロングパイル人工芝を, 運動力学的側面を取り入れて評価することを目的とした. また, この目的を遂行することは, 指導現場での傷害予防に役立つと考えられる.

2. 方 法

2.1 被験者

被験者は, 関東大学サッカーリーグ1部リーグに所属する男子サッカー部員9名とした. 被験者の年齢, 身長, 体重は, それぞれ 20.6 ± 1.0 歳, 175.8 ± 2.8 cm, 69.8 ± 1.9 kg (平均 \pm 標準偏差)であった.

被験者は, 本研究の目的, 方法, 内容, および参加に伴う危険性に関する詳細な説明を受けた後, 実験参加への同意を署名にて行った. また, 本研究は, 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科における倫理委員会により承認を得た上で実施された.

2.2 運動プロトコル

被験者は, ロングパイル人工芝であるドリームターフ F70NE (以下, DF), ドリームターフ

* 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科
Graduate School of Health and Sports Science,
Juntendo University

PT2040RS+ACS65(以下, DP), 天然芝グラウンド(以下, NG), の3種類のグラウンドサーフェイス上で, 全力による10 m 折り返し走をそれぞれ3回ずつ行った. その際のシューズは, ソールのポイント(突起)の形状がブレード型(刃型)の固定式スパイク(mizuno社製)を使用した. 試技を行うにあたり被験者は, スタートから10 mの折り返し地点に設置されているマーカーの間に, 右足を着くように指示された. また, ターンを行う脚については右足が外側となるように統一された. 但し, 全力による試技を優先し, 接地場所を意識しすぎることがないように促した. なお, 実験における気温, 相対湿度, 輻射温度およびWBGTは, それぞれ $30.1 \pm 2.4^{\circ}\text{C}$, $60.4 \pm 4.1^{\circ}\text{C}$, $38.1 \pm 4.1^{\circ}\text{C}$, $28.2 \pm 1.8^{\circ}\text{C}$ (平均 \pm 標準偏差)であった.

2.3 タイム測定および動作記録

移動時間の測定には, パーソナルタイマー(Ac-tye社製)を使用した.

試技中の動作の記録には, 側方にハイスピードカメラ(EX-F1, カシオ社製)2台を設置し, 撮影を行った. また, ターンの詳細な動作分析を行うために, 折り返し地点の側方にハイスピードカメラを設置し, 撮影を行った.

2.4 足底圧分布測定

足底圧分布測定は, 足底圧分布測定システムF-スキャンモバイル(ニッタ社製)を使用した. 圧力センサーシート(厚さ:約0.1 mm, センサセル:最大960個)を市販のシューズのインソールのサイズに合わせて裁断し, シューズ内部のインソール上に敷く形で足底を測定した. 足底フレーム数は, 300フレーム/secで, パーソナルコンピュータ(VGN-

FS22B: SONY社製)に取り込んだ.

分析には, ターン動作の内側脚となる左足が地面に接地してから離地するまでの間に, センサーシートにかかったすべての平均荷重値と, 最も高い圧力がかかった時の値であるピーク圧の側面から分析・評価を行った. エリア分割は, 足底各部の圧力分布状況を把握するために, 足底全面接地の足底分布図をもとに, 足底面をエリア1(以下, A1)からエリア6(以下, A6)に6分割した(図1).

2.5 統計処理

移動時間, 各エリアのサーフェイス間のピーク圧の検定には, 一元配置分散分析を用いた. 各サーフェイスのエリアごとの荷重値の検定には, サルフェイス, エリアを要因とする二元配置分散分析を用いた. 主効果が認められた場合には, BonferroniのPost-hocテストにより, 多重比較を行った. 有意水準は, $p < 0.05$ とし, 各データの値は平均 \pm 標準偏差で示した. すべての処理において, 有効数字を少数第二位とし, その際, 小数第三位を四捨五入した.

3. 結果

3.1 10 m 折り返し走の移動時間

各サーフェイスにおける移動時間を表1に示した. 各サーフェイス間での移動時間に有意差は認められなかった.

3.2 各エリアにおける荷重値

各サーフェイスのエリアごとの荷重値を表2に示した. サルフェイス, エリアを要因とする二元配置分散分析を行った結果, エリアに主効果が認められた. 各サーフェイスをエリア間で比較した結果(図2), DFのA3(46.05 ± 19.18 kg)は, 他の各エリア(A1; 8.38 ± 5.17 kg, A2; 9.48 ± 5.16 kg, A4; 5.35 ± 4.51 kg, A5; 3.75 ± 3.11 kg, A6; 3.65 ± 3.29



図1 足底エリア分割

表1 10 m 折り返し走の移動時間 (s)

	平均 (標準偏差)
DF	3.99 (± 0.13)
DP	3.97 (± 0.13)
NG	4.03 (± 0.14)

表2 各サーフェイスのエリア別荷重値 (kg)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
DF	8.38(±5.17)	9.48(±5.16)	46.05(±19.18)	5.35(±4.51)	3.75(±3.11)	3.65(±3.29)
DP	6.76(±2.77)	7.76(±4.36)	44.43(±18.02)	5.19(±5.71)	5.91(±6.91)	5.47(±4.80)
NG	6.16(±2.52)	9.46(±5.75)	43.90(±11.24)	5.52(±5.91)	5.58(±5.17)	3.97(±3.19)

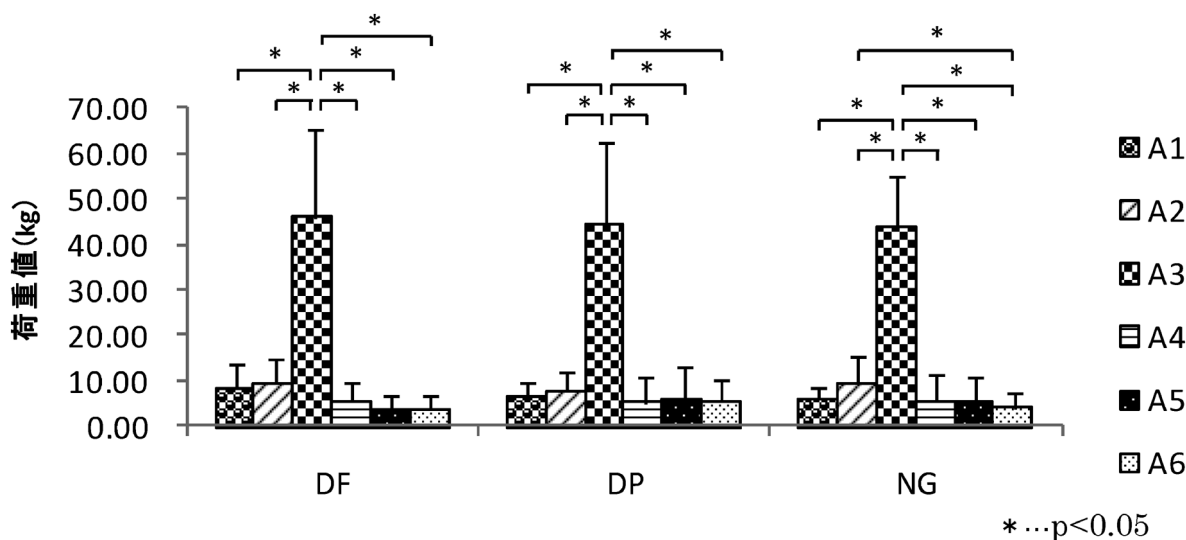


図2 各サーフェイスにおける荷重値のエリア間比較

kg) との間に有意差が認められた ($p < 0.05$)。DP の A3 (44.43 ± 18.02 kg) は、他の各エリア (A1 ; 6.76 ± 2.77 kg, A2 ; 7.76 ± 4.36 kg, A4 ; 5.19 ± 5.71 kg, A5 ; 5.91 ± 6.91 kg, A6 ; 5.47 ± 4.80 kg) との間に有意差が認められた ($p < 0.05$)。NG の A3 (43.90 ± 11.24 kg) は、他の各エリア (A1 ; 6.16 ± 2.52 kg, A2 ; 9.46 ± 5.75 kg, A4 ; 5.52 ± 5.91 kg, A5 ; 5.58 ± 5.17 kg, A6 ; 3.97 ± 3.19 kg) において、また A2 と A6 との間に有意差が認められた ($p < 0.05$)。

3.3 各エリアにおけるピーク圧

各サーフェイスのエリアごとのピーク圧を表3に示した。A1においてDF (2.34 ± 1.39 kg/cm²) と NG (1.63 ± 0.57 kg/cm²)、A3においてDF (2.36 ± 1.07 kg/cm²) と NG (2.00 ± 0.55 kg/cm²)、DP (2.62 ± 0.77 kg/cm²) と NG、A5においてDP (2.12 ± 1.36 kg/cm²) と NG (1.61 ± 1.00 kg/cm²) の間で有意差が認められた ($p < 0.05$) (図3)。

4. 考 察

本研究で10 m 折り返し走における移動時間を測定したところ、サーフェイス間で有意差は認められなかった。星ら⁴⁾は、天然芝と人工芝において、人工芝での疾走が有意に速かったと報告しているが、星らの実験では25 m×6 往復走を採用しているため、距離の違いと、ターンの回数の違いがこのような結果になったと推察される。本研究では、サッカーにおいて重要とされる方向転換を伴った短い距離での移動時間に大きな違いはなかった。

足底圧分布測定においては、各エリアにおける平均荷重値をサーフェイス、エリアを要因とする二元配置分散分析を行った結果、エリアに主効果が認められた。これは、荷重値において、エリア間で違いは認められるが、サーフェイス間で動作に大きな違いはないことを示唆している。各エリアの多重比較検定を行ったところ、3種類すべてのサーフェイス

表3 各サーフェイスのエリア別ピーク圧力 (kg/cm²)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6
DF	2.34(±1.39)	1.88(±0.94)	2.36(±1.07)	0.96(±0.48)	1.91(±1.31)	1.67(±1.21)
DP	2.00(±1.15)	1.65(±0.69)	2.62(±0.77)	1.21(±0.80)	2.12(±1.36)	1.99(±1.08)
NG	1.63(±0.57)	1.57(±0.68)	2.00(±0.55)	0.95(±0.43)	1.61(±1.00)	1.53(±0.77)

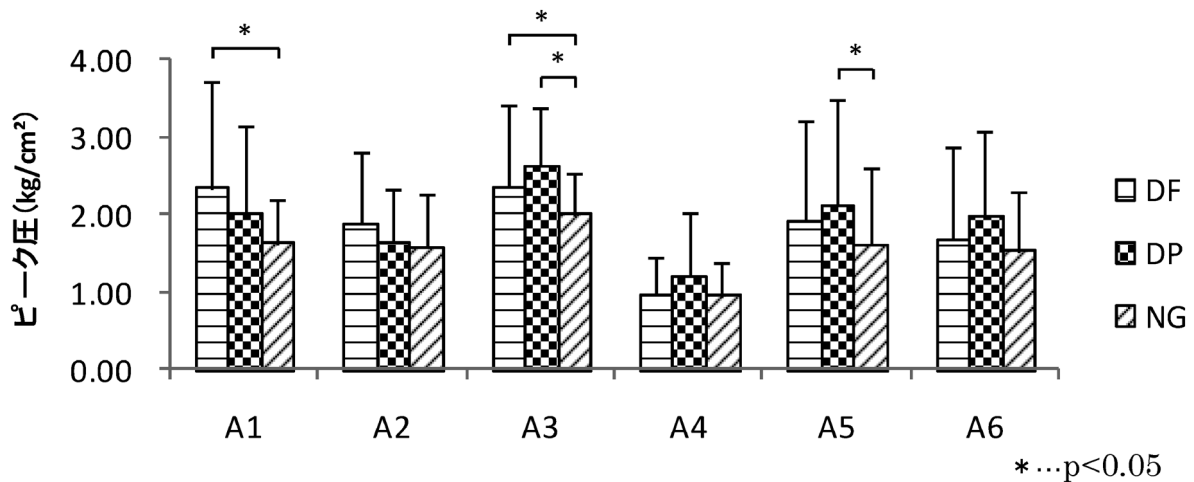


図3 エリア別ピーク圧力のサーフェイス間比較

においてA3の荷重値が最も高く、他のエリアと比較して有意差が認められた。また、NGにおいてはA2とA6の間にも有意差が認められた。これらは、ターン時の内側脚においてDFおよびDPでは、A3のみに荷重が集中するのに対し、NGでは荷重がA3だけでなく、A2にも分散していることを示唆している。これらの結果をサーフェイス側から考えると、人工芝であるDF、DPは常にA3を中心に動作を行なえる再現性があり、NGは芝生と土の破壊により再現性が低いことから、荷重の分散へつながったと考えられる。人工芝は、コンディションが変化しにくいことがメリットであり、ボールの転がりなどプレーへの影響も少なく、力学的な安定性も天然芝と比べて高い⁵⁾⁷⁾。一方、天然芝は激しい使用により絶えず平面性が乱される可能性があるため、グラウンドコンディションの維持が難しく、再現性が低いと考えられる¹¹⁾。しかし、傷害予防の立場から考えると、同じ部位へ繰り返し荷重が集中する人工芝は傷害につながる可能性があると考えられ

る。

次に、各エリアにおけるサーフェイス間のピーク圧の検定を一元配置分散分析で行ったところ、A1、A3、A5に有意差が認められた。多重比較検定を行ったところ、DFとNG間ではA1とA3で有意差が認められ、DPとNG間ではA3とA5で有意差が認められた。これは、人工芝であるDF、DPはNGと比較した際、左足が接地してから離地するまでの間に、足底の特定のエリアにおいてより高い圧力がかかっていることを示唆している。第5中足骨疲労骨折は、足底外側に過剰な圧力がかかることが原因の一つとされている³⁾。また、第5中足骨疲労骨折の発生はバスケットボール選手にも多い¹³⁾とされており、それぞれの競技特性である方向転換動作が大きく関わっていることが考えられる。

これらを踏まえ、実際の指導現場では、トレーニングシューズなど、少しでも荷重の分散するシューズの使用を促すことや、身体各部の機能不全を防ぐためのウォーミングアップやクーリングダウンを行

うなど、傷害の予防を促すことが重要であると考えられる。

5. 結 論

本研究によって、ターン時の内側脚となる左足において、ロングパイル人工芝であるDF, DPは再現性が高くA3に荷重が集中するのに対し、NGでは荷重の分散が見られた。さらに、DF, DPはA3でのピーク圧がNGより高いことが明らかとなった。したがって、DF, DPはNGと比較した際、第5中足骨疲労骨折の傷害発生を高める可能性が示唆された。指導現場においては、傷害の予防を促すことが重要であると考えられる。

(当論文は、平成22年度順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科の修士論文を基に作成されたものである。)

文 献

- 1) 安部総一郎, 中嶋寛之, 川原 貴, 下條仁士, 阿部均 (1998). アメリカンフットボール試合時における外傷について—5年間の検討—. 臨床スポーツ医学, 15(5), 547-551.
- 2) 藤高紘平, 大槻伸吾, 大久保衛, 橋本雅至, 山野仁志, 岸本恵一, ほか (2010). グラウンドサーフェイスの変化が大学サッカー選手のスポーツ傷害に及ぼす影響—土グラウンドとロングパイル人工芝との比較—. 日本臨床スポーツ医学会誌, 18(2), 256-262.
- 3) 平野篤, 福林 徹, 和田野安良, 宮川俊平, 菅野淳, 二宮 浩, ほか (1992). サッカー選手に生じた第5中足骨疲労骨折の3例—プレスケールを使用した足底圧の解析—. サッカー医・科学研究報告書, 12, 133-135.
- 4) 星 洋介, 宮川俊平, 向井直樹, 竹林雅裕, 福田崇 (2006). グラウンドサーフェス(人工芝と天然芝)の違いが大学野球選手の運動パフォーマンスや疲労の程度に及ぼす影響. 体力科学, 55(6), 873.
- 5) 武藤芳照(1987). スポーツ・サーフェイスと障害. Jan J Sports Sci, 21, 546-547.
- 6) 大畑光司, 市橋則明 (2006). スポーツ傷害予防と着地サーフェイス. 体力の科学, 56(11), 895-899.
- 7) 大前和良 (2003). スポーツ人工芝新世紀. バイオメカニクス研究, 7(2), 161-165.
- 8) 斎田良知, 高澤祐治, 池田 浩 (2009). ユース年代サッカー選手における第5中足骨疲労骨折の発生状況. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 29(4), 80.
- 9) 体育施設出版 (2008). 依然として人気は上々 安定的に増えるロングパイル人工芝. 月刊体育施設増刊号, 37(6), 2-5.
- 10) 体育施設出版 (2010). 日本初導入から10年 多用途に対応でき高稼働率誇る 張り替え需要も増加. スポーツファシリティーズ, 39(5), 10-15.
- 11) 体育施設出版 (2000). サッカー場のタイプとコスト. 月刊体育施設, 29(6), 2-16.
- 12) 体育施設出版 (2000). サッカー場のタイプとコスト. 月刊体育施設, 29(6), 2-16.
- 13) 宇佐見則夫, 竹田 毅, 早稲田明生, 水谷憲生, 島村知里 (2004). サッカー・バスケットボールプレーヤーに生じたJones骨折の治療成績. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, 24(1), 112.

(平成23年5月19日 受付)
(平成23年8月1日 受理)