

# キッズのスポーツ環境 —特に人工芝の表層温度に焦点をあてて—

青木豊明<sup>1)</sup> 松田 保<sup>2)</sup> 豊田一成<sup>3)</sup>

## Sport Environments for Children Focusing on Surface Layer Temperature of Artificial Turf

Toyoaki AOKI / Tamotsu MATSUDA / Kazushige TOYODA

### Abstract

The temperature of the surface layer of artificial and natural turfs defined as within 5mm below the surface, was investigated at Shiga-kita preschool from September to December in 2003. The correlation coefficients obtained by fitting the surface layer temperatures and the surface temperatures of artificial and natural turfs to regression lines were 0.963 and 0.877, respectively. There was a significant relationship between the surface layer temperature and the surface temperature of both turfs. The equations of regression lines were  $Y=1.02X$  (artificial turf) and  $Y=1.01X$  (natural turf), respectively. The surface layer temperature was significantly close to the surface temperature under the present conditions. The surface layer temperatures of the artificial turf were higher than those of the natural turf from September to December in 2003. On September 18 (summer), the surface layer temperature of the artificial turf was higher by 20.7 than that of the natural turf. The correlation coefficients obtained by fitting the surface layer temperatures of the turfs from the days after September 18 to regression lines were -0.993 (artificial) and -0.998(natural), respectively. The rates of decrease in temperature per day were 0.390 / day (artificial turf) and 0.267 / day (natural turf), respectively. The difference of the surface layer temperatures between both turfs decreased from 16.4 on September 18 (summer) to 4.5 on December 25 (winter).

Key words : surface layer temperature, artificial turf, natural turf, sport environment

---

1 ) 生涯スポーツ学科  
2 ) 競技スポーツ学科  
3 ) 競技スポーツ学科

## 1. はじめに

人がスポーツ環境下で運動をおこなう際、深部体温が過度に上昇しないよう熱の放射、対流、伝導、および汗の蒸発による各熱放散過程により体外に熱を放散している。しかし、人工芝などのスポーツ環境場の環境温度が、皮膚温度よりも高い場合、汗の蒸発がただ一つの熱放散過程となる。過度の深部体温の上昇は、運動の実行能力を低下させることが知られているが、Gonzalez-Alonsoらは、暑熱下で自転車運動の遂行能力を調べた結果、人の深部体温40℃が運動遂行の上限温度であると報告している<sup>1)</sup>。人の体と環境との間の熱交換は、体表面積に大きく影響される。子供の単位体重あたりの体表面積は、大人に比べて大きいいため環境温度の影響を受けやすい。Inoueらは、思春期前の子供は暑熱順化が大人よりも遅く、順化の程度も小さいことを報告している<sup>2)</sup>。このように子供が暑熱環境下でスポーツをおこなう場合には、大人に比べて環境温度の影響を受けやすい。

天然芝に比べて維持管理の容易さから近年、サッカーピッチなどのスポーツグラウンドに人工芝が導入されるケースが増加してきた。人工芝でサッカーをおこなう際の摩擦や

弾力性などの力学的な研究は数多くなされてきたが<sup>3,4)</sup>、人工芝の表面温度などの環境温度の系統的な検討はなされていない。人工芝上で子供がスポーツをおこなう機会が、今後ふえてくることが予想され、人工芝の環境温度の検討は、子供の体温への影響を調べる際の基礎データとして必要である。

著者らは、幼稚園に敷設された人工芝を対象として表層温度などの環境温度を定期的に測定している。同時に、比較として幼稚園に植栽されている天然芝についても環境温度を測定している。今後の人工芝の環境温度に関する研究のための予備的な検討として、得られた結果を以下に報告する。

## 2. 研究方法

### 2.1 測定場所

表層温度の測定対象の人工芝と天然芝は、滋賀県志賀町にある志賀北幼稚園 (Fig.1) に敷設されたものである。志賀北幼稚園の平面概略図をFig.2に示した。人工芝 (E) は、SRIハイブリッドが2003年9月6日に施工したロングパイル型ハイブリッドターフ (広さ; 16m×10m) である。ポリエチレン製で芝丈は、65mm、底面から20mmの厚さで特殊珪砂、さらにその上に20mmの厚さで黒色



Fig.1 Photograph of Shiga-kita preschool taken at the gate  
A : artificial turf , B : natural turf

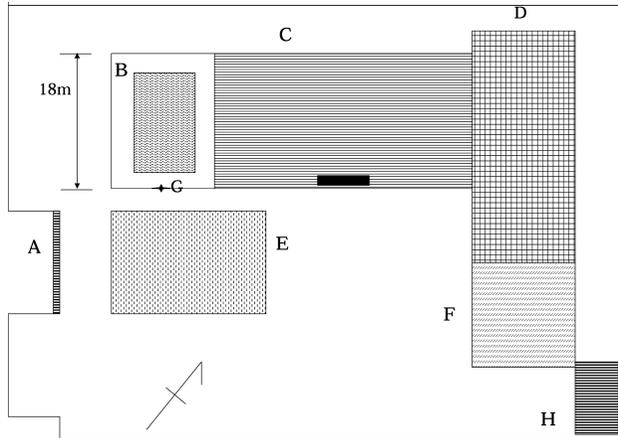


Fig.2 Schematic diagram of Shiga-kita preschool

A : gate , B : swimming pool , C : one floor building , D : two floors building ,  
E : artificial turf , F : natural turf , G : wind detector , H : bird cages.

ゴムチップが、それぞれ充填されている。ちなみに、この人工芝は、びわこ成蹊スポーツ大学の人工芝（広さ；125m×67m）と同じもので、広さが異なっている。また、比較として検討した天然芝（F）は、1996年2月に植栽された高麗芝（測定範囲は幼稚園の建物に接した芝面；13m×8m）である。

2.2 測定方法

環境温度の測定は、芝の表面から5mm深さまでの表層温度についてはサーミスタタイプ（ティアンドデイ製TR1220型）、また、表面温度については放射温度計（第一商事UT-02F型）をそれぞれ用いておこなった。用いた全ての温度計は、標準温度計（東亜計器No.7145）によって校正した。また、風向、風速の測定は、LA CROSSE TECHNOLOGY社製（USA）のWS2010タイプをFig.2のプール（B）端のアルミ製柵（G）上の地上3m高さに設置した。

特に断らない限り、測定した期間は、夏から冬に至る2003年9月から12月までである。晴れた、穏やかな日を選び、人工芝は11：30～11：45、天然芝は11：45～12：00の間で測定した。

3 . 結果および考察

3.1 表層温度と表面温度の相関

著者らは、2003年9月より表層温度の測定をはじめたが、表面温度測定のための放射温度計を12月の測定から導入した。人工芝の表層温度と表面温度の両者に違いがあるのかを調べるために、12月に測定した表層温度と表面温度の相関関係を検討した。

Fig.3に相関図を示した。人工芝（●）および天然芝（○）の両温度の相関係数は、それぞれ0.963および0.877であり、ともに高い

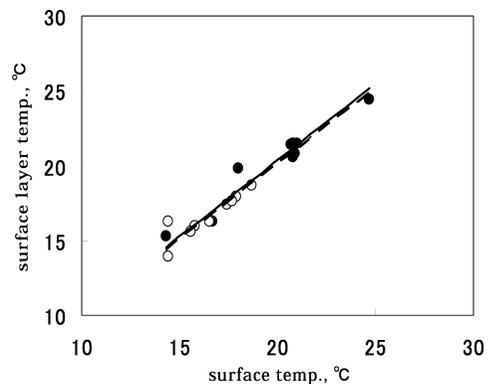


Fig.3 Correlation diagram between surface layer temp. and surface temp. (Dec.25, 2003)  
● : on artificial turf , ○ : on natural turf.

相関がある<sup>5)</sup>。直線近似の最小二乗法による回帰直線の誘導は、次式になる。

$$\text{人工芝 } y = 1.02x \quad (1)$$

$$\text{天然芝 } y = 1.01x \quad (2)$$

両者ともに回帰直線の傾きが1に近く、表面温度が1 - 2%、表層温度より高いが、表層温度は人工芝上、天然芝上いずれの場合も表面温度にほぼ等しかった。

### 3.2 芝における表層温度の違い

両芝の表層温度の測定は、平面状に等間隔で9点に分けておこなった。2003年9月18日に測定した表層温度を、直線近似より求めた等温度分布図としてFig.4に示した。方位としては、図の左上角が北にあたる。

人工芝と天然芝の表層温度の最大値、中央値、最小値は、それぞれ63.8, 58.5, 51.6 および43.1, 42.1, 36.9 であった。人工芝の最大温度は、天然芝よりも20.7 高かった。また、中央値も16.4 高い。平均値をとらず中央値を採用したのは、異常値の影響を排除するためである。このように天然芝の方が、人工芝より表層温度が低かった要因として種々考えられるが、大きな要因としては植物の持つ

蒸散作用により気化熱を奪い、温度が相対的に低く抑えられたためと考えられる。

この日は、典型的な夏日で湖陸風が<sup>6)</sup>、この辺りでは卓越していた。そのため昼間は、湖からの東南の風(10分間平均風速1 m/s)が吹いていた。Fig.4では、図の真右側が東南にあたり、湖からの低い温度の風が入り、両芝においても図右側の温度分布が他に比べて低くなっていた。天然芝の東角には、Fig.2(H)に示した鳥小屋(高さ2 m、長さ9 m、奥行き4 m)があるため東南の風が小屋により分かれて天然芝に入ったため、表層温度の低温分布が図のように分離したと推定される。

### 3.3 表層温度の月間変化

人工芝の表層温度が、天然芝に比べて9月には20 も高くなることを前節で明らかにした。両芝の表層温度が、月によってどのように変わるかの月間変化をFig.5に示した。この図で用いた温度は、各芝における9点の表層温度測定値の中央値である。X軸に9月18日を始点とした日数を採用した。

両芝の温度は、冬季の12月まで、芝面の受ける太陽放射エネルギーの減少<sup>7)</sup>と共に低くなった。表層温度と経過日数との間の直線

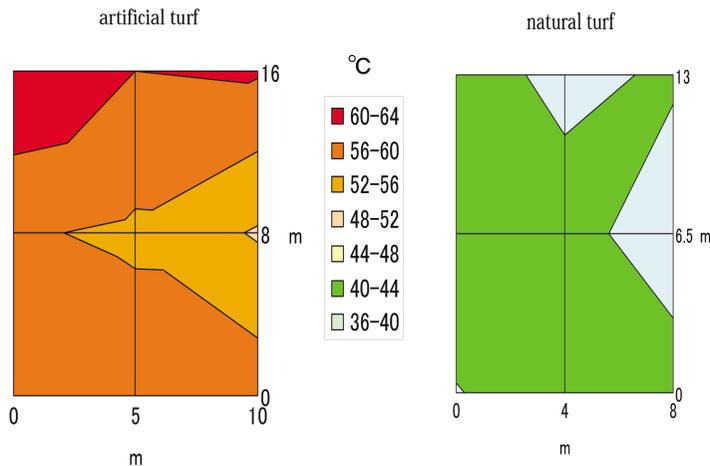


Fig.4 Isothermal diagrams of surface layer temperature on artificial and natural turfs in Shiga-kita preschool (Sep. 18, 2003)

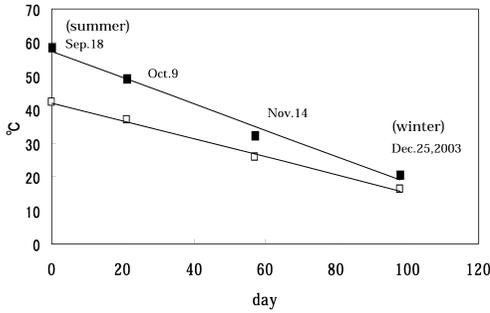


Fig.5 Change in surface layer temperature with day

□ : artificial turf, ○ : natural turf.

近似の最小二乗法による回帰直線の誘導をおこなった。得られた回帰直線は次式になる。

$$\text{人工芝 } y = -0.390x + 57.4 \quad (3)$$

$$\text{天然芝 } y = -0.267x + 42.1 \quad (4)$$

また、人工芝(□)および天然芝(○)の表層温度と経過日数との間の逆相関係数は、それぞれ -0.993および -0.998であり、ともに負の強い相関がある<sup>5)</sup>。経過日数に対する温度減少の比率は、人工芝(0.390 /day)の方が、天然芝(0.267 /day)よりも大きかった。その理由として考えられるのは、人工芝は撥水性のポリエチレン製であるため水分を含まず、水分の多い植物体である天然芝より比熱が小さく、温度変化に対して敏感に作用したと考えられる。

両芝の月間の表層温度と温度差をTable 1に示した。

Table 1 Difference of surface layer temperatures \* on artificial and nature turfs

month/day	surface layer temperature,		
	artificial turf	nature turf	difference
09/18	58.5	42.1	16.4
10/09	49.3	36.9	12.4
11/14	32.3	25.9	6.4
12/25	20.8	16.3	4.5

\* The mediam in preference to araverage of temperatures (n=9) was selected.

温度差は、月の経過と共に縮小した。その要因としては、天然芝が高麗芝であるため冬枯れし、植物の蒸散作用が冬になるにつれ減少するとともに、有機体である植物体自身の水分含量が減少し比熱も小さくなり、人工芝の有機高分子体(ポリエチレン)に種々の特性が近づいたためと推定される。

#### 4.まとめ

キッズのスポーツ環境場として今後一層の普及が広がるであろう人工芝に注目して検討対象とした。特に、子供にとってスポーツをおこなう際に、温度が、身体面および精神面に大きく影響すると考えられることから、今回、人工芝の表層温度に焦点をあてて検討した。また、比較として天然芝についても同様な検討を試みた。得られた結果を以下にまとめた。

1. 検討した人工芝(ロングパイル型)および天然芝(高麗芝)の表面から5mm深さまでの温度(表層温度)は、表面温度との間に高い相関があった。また、両温度間の回帰直線の傾きは、1に近く、表層温度は表面温度にほぼ等しかった。
2. 9月から12月までの測定した全期間を通じて、人工芝の表層温度が天然芝の表層温度よりも高かった。特に、人工芝の表層温度は、夏季には天然芝のそれよりも20以上高くなった。
3. 両芝の表層温度(中央値)は、9月から12月まで経過日数とともに直線的に減少した。表層温度と経過日数との間には強い負の相関があった。また、両芝間の表層温度の差は、9月から12月まで月の経過と共に縮小した。

最後に、子供が人工芝上で夏場にスポーツをおこなう際、表層温度が60℃近くになるた

め運動する継続時間ならびに水分の補給に考慮する必要がある。しかし、逆に冬場は適度な暖かさのあるスポーツ環境に変わる。このようなことより、人工芝上での子供のスポーツには適切な指導が必要である。

以上の結果は、今後の人工芝の環境温度の研究、および人工芝の素材改良のための基礎データとして供したい。現在、人工芝の表層温度の上昇に影響する環境要因の明確化を試みており、それらの影響量の定量化の結果を次の機会に報告する予定である。

### 謝 辞

本研究の遂行にあたって志賀町立志賀北幼稚園の中川美代子園長および職員の方々から御支援を賜ったことに感謝いたします。また、JFAのキッズプロモーションより、本研究費の一部を補助して頂いたことに感謝します。

### 文 献

- 1 ) Gonzalez-Alonso J. et al. ( 1999 ) Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J. Appl. Physiol.*, 86, pp.1032-1039.
- 2 ) Inoue Y. et al., ( 2002 ) Strategy for preventing heat illness in children and elderly. In: Nose H. et al. eds., *Exercise, Nutrition and Environmental Stress II*, Cooper Publishing Group, Traverse City, MI, pp.239-271.
- 3 ) Baker S.W. ( 1990 ) Standards for the playing quality of artificial turf for association football. In: Schmidt R.C. et al. eds., *Natural and Artificial Playing Fields*, ASTM , Philadelphia, PA, pp.48-57.
- 4 ) Orofino T.A., Leffingwell J.W. ( 1990 ) Selection of Materials for Artificial Turf Surfaces. In: Schmidt R.C. et al. eds., *Natural and Artificial Playing Fields*, ASTM, Philadelphia, PA, pp.166-175.
- 5 ) 岩淵千明編著 ( 1997 ) : データの処理と解析 , 福村出版 , pp.118-119.
- 6 ) 琵琶湖地域環境教育研究会編 ( 1999 ) : ピワコダス・湖国の風を探る , 琵琶湖博物館 , pp. 222-230.
- 7 ) 二宮洗三著 ( 1999 ) : 気象と地球の環境科学 , オーム社出版 , pp.22-25.