

# 学校屋外運動場の安全性・快適性 からみた“かたさ”に関する研究

東京工業大学 小野英哲

(共同研究者) 同 三上貴正

同 須藤拓

## **Study of the Relationship Between Softness, Safety and Comfort in School Playgrounds**

by

Hidenori Ono, Takamasa Mikami, Taku Sudoh  
*Tokyo Institute of Technology*

### **ABSTRACT**

The purposes of this study are to establish the estimating method and to present the suitable value of the softness of school playgrounds with respect to safety and comfort in playing. The softness of several kinds of playgrounds were measured by means of the apparatus for measuring the resiliency of gymnasium floors.

And several playgrounds were made for samples of sensory test of softness with respect to the safety and comfort.

Then the sensory tests were taken place and the scales of sensation, safety and comfortableness were scaled.

From the relationship of three scales and the physical value which was measured by means of apparatus, the estimating method and the suitable physical value of softness of school playgrounds were presented.

## 要 旨

学校屋外運動場に要求される性能のうち、安全性・快適性の観点から特に重要と考えられる“かたさ”に関し、生徒の使用感と体育館の床の弾力性測定装置から得られるかたさを表示する物理量との対応を考究し、その評価指標を求めたものである。

### 1. ま え が き

学校屋外運動場には、従来の土のほか、アスファルト、ウレタンなど数多くの材料が用いられている。一方、これらのなかには、生徒の安全性・快適性を確保するという点で問題のあるものも含まれており、早急にその対策を構ずる必要があると考えられる。

本研究は、安全性・快適性に影響を及ぼす最も重要な性能の一つと考えられる“かたさ”に関し、その評価指標を求めることを主な目的として行ったものである。

### 2. 研 究 方 法

本研究における研究方法および手順は、以下のとおりである。

イ) 既存の屋外運動場のかたさを体育館の床の

弾力性測定装置で測定し、その概要を把握する。

ロ) イ)の結果をもとに、既存の屋外運動場のかたさを包含するような、数種の模擬屋外運動場を製作する。

ハ) 製作された模擬屋外運動場を試料として、安全性・快適性からみた屋外運動場のかたさに関する官能検査を実施し、おのおのに関する使用感上の心理学的尺度を求める。

ニ) 求められた心理学的尺度と、かたさを表示する物理量との対応を検討し、かたさの評価指標を提示する。

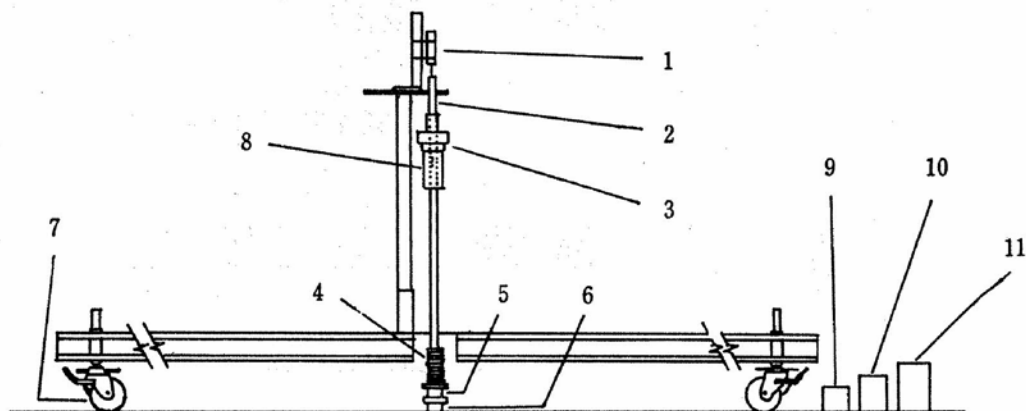
### 3. 研究経過および結果

#### 3.1 既存屋外運動場のかたさの測定

##### 3.1.1 測定方法

運動動作時に人間が感ずる屋外運動場のかたさを測定する方法は究明された例がないが、屋内体育館の床の弾力性の測定方法に関しては、小野らによって究明されている<sup>1)</sup>。

本研究におけるかたさは、弾力性の一部である緩衝効果とほぼ同じとみなすことができることから、本研究においても、体育館の床の弾力性測定装置によってかたさを測定することとし、本測定装置の適用の是非を検討したうえで、測定結果を適用することとした。



1 変位変換器, 2 重錘誘導管, 3 電磁石, 4 ゴムばね, 5 荷重変換器, 6 荷重板, 7 移動用車輪, 8 重錘, 9 重錘落下用電磁石開閉器, 10 動ひずみ計, 11 電磁オシログラフ

図1 体育館の床の弾力性測定装置の概要

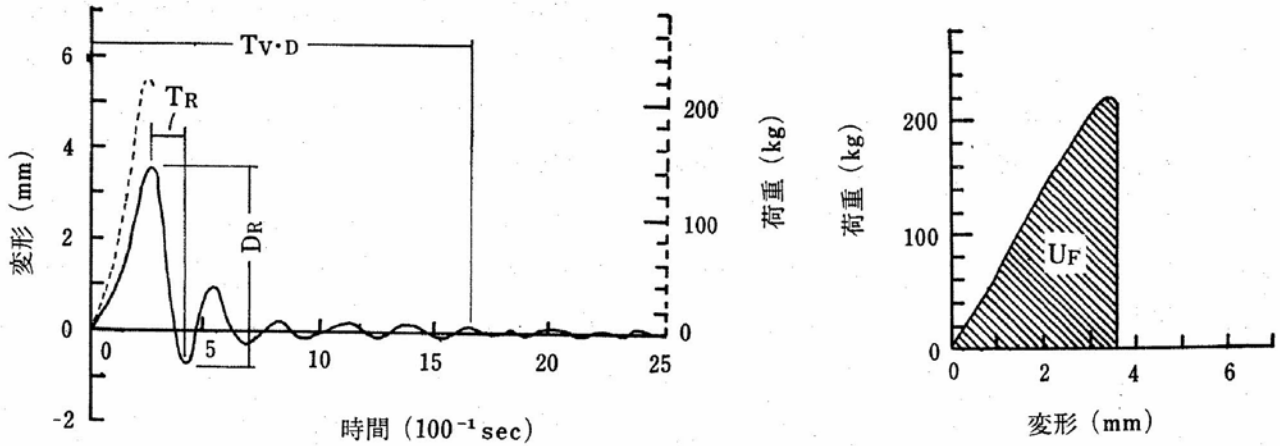


図2 変形・荷重—時間曲線と荷重—変形曲線の例

図1は、体育館の床の弾力性測定装置で、人間が跳躍して着地した時に床に与える荷重と同様の荷重を作用させた時の床の動的変形挙動を測定できるものである。

図2は得られる変形・荷重—時間曲線、荷重—変形曲線ならびに基本物理量を示したものである。

床の緩衝作用は、 $U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ なる物理量で表示できることが究明されている。

### 3.1.2 測定対象屋外運動場の選定

測定対象として既存の学校屋外運動場、芝生、

陸上競技トラックなどを中心に全般を把握できるように、図3に示すように対象を選定した。

### 3.1.3 測定結果

図3に測定対象と測定結果を示した。

既存の学校屋外運動場のかたさを表示すると考えられる物理量（以後単に物理量と呼ぶ）の値は、他と比較して非常に小さく、かたさの観点で問題が発生する可能性が高いことが推察できる。

### 3.2 模擬運動場の製作

3.1の結果をもとに、既存の運動場などの物理量の値の上下を含むように、9個の模擬運動場

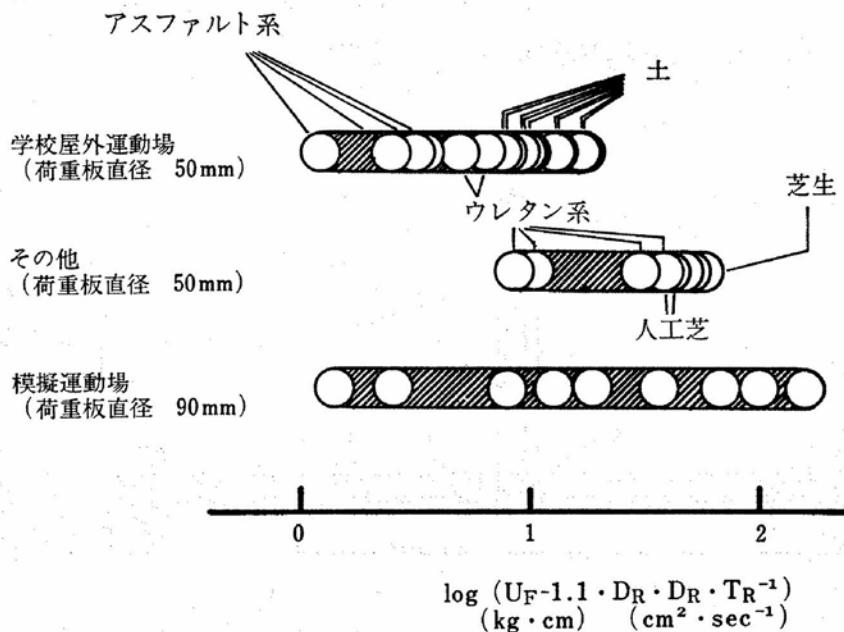


図3 物理量の測定対象および測定結果

を製作した。さらに、これらの模擬運動場の物理量を図3に示した。

製作された模擬運動場は、80×80cmの大きさで、生徒が軽く跳躍・着地などの動作をするのに十分な大きさを持つとみなされるものであり、かつ、使用した材料も、土、セメント、ウレタン、人工芝、モルタル、ゴムと多様であり、既存の屋外運動場に使用される一般的な材料を網羅していると考えられるものである。

### 3.3 かたさに関する官能検査

生徒のかたさに関する使用感を心理学的尺度として尺度化するために、3.2で製作した模擬運動場を試料として官能検査を実施した。

#### 3.3.1 求める心理学的尺度および官能検査手法

イ) かたさ感覚尺度：

かたさという刺激の強弱の尺度——順位法による。

ロ) かたさに関する安全性の尺度：

安全性からみた、かたさの評価の尺度——系列範ちゅう法（5段階評価）による。

なお、安全性の尺度は、転倒衝突時および運動動作時の二つの場合について行う。

ハ) かたさに関する快適性の尺度：

運動動作時の快適性からみた、かたさの評価の尺度——系列範ちゅう法（5段階評価）による。

#### 3.3.2 被検査員、動作および履物

被検査員は中学男子生徒15名、動作は主に跳躍・着地の動作、履物は一般的な運動靴で、かたさ感覚の検査においては、底にスポンジ層のない靴（以下硬底靴と呼ぶ）のみとし、安全性および快適性の検査においては、靴底の硬軟の影響をも検討するため、硬底靴と底にスポンジ層を有する靴（以下、軟底靴と呼ぶ）の2種を用いることとした。

### 3.3.3 検査経過および結果

以上の条件で検査を実施し、基礎データを得た。カイ2乗検定および分散分析による検査の有効性、被検査員間の判断の一致性などに関する検討を行った。

その結果、被検査員間にはかたさに関する共通した心理学的連続体が存在すること、安全性・快適性の判断には、多少の個人差は認められるが、ほぼ共通した判断基準が存在することが明らかとなった。

これらの結果から、本検査の有効性を確認したうえで、おのおのに関する尺度を、尺度構成理論に従って構成した。結果は次項に示す。

## 4. 考 察

### 4.1 かたさ感覚尺度と物理量の関係

体育館の床の弾力性測定装置で得られた種々の物理量と、官能検査で得られたかたさ感覚尺度との対応を検討した結果、かたさ感覚尺度とより滑らかな対応を示す物理量は、体育館の床の弾力性の一部である緩衝作用を示す物理量と同様の、

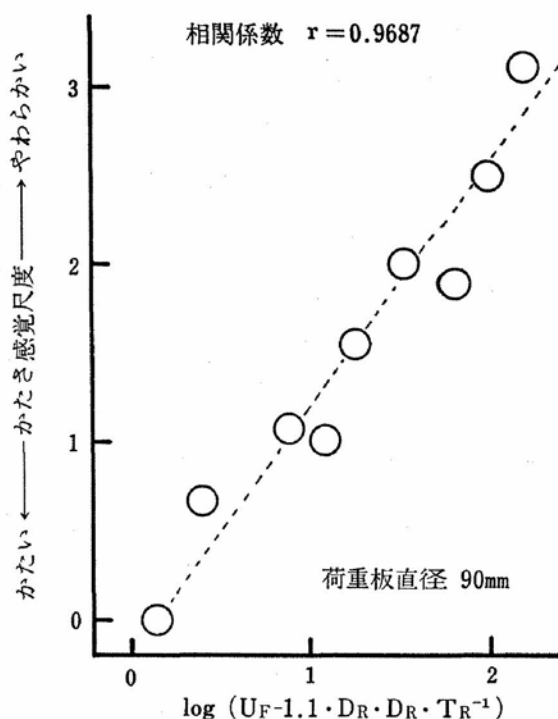


図4 かたさ感覚尺度と物理量の関係

$$\log(U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1})$$

であることが判明した。

図4は、このことを示したもので、両者が非常に滑らかな対応をしていること、精神物理学の基本法則に適合していること、などがうかがえる。

このことから、以後、この物理量を、屋外運動場のかたさという刺激の強弱を表現する値として用いることの妥当性が証明された。

#### 4.2 かたさに関する転倒衝突時の安全性の尺度と物理量の関係

図5、図6に、安全性の尺度と物理量の関係を示した。

いずれにおいても、物理量の値に比例して安全性の評価が高くなっている。

この尺度は、跳躍・着地によるかたさの判断をもとに、転倒衝突時の打撲などを想定させた結果から得られたもので、柔らかいほどよいという結果は当然想定できるものであり、常識的に納得できる結果といえる。

しかしながら、実際には柔らかさにも限度があるため、怒限度としてどの程度の物理量を設定するかを提示する必要があるが、本研究の範囲では言及することが困難であり、衝突時の傷害発生に関するより一層の研究を要することはいうまでもない。この点に関しては、今後の課題としたい。

#### 4.3 かたさに関する運動動作時の安全性の尺度と物理量の関係

図7、図8に、運動動作時の安全性の尺度と物理量の関係を示した。

いずれの場合にも最適値の存在が認められ、ほぼ1.5～1.6の間に最適値が存在する。また、1.5以下では、評価は急激に低下するが、以上では、評価の低下は非常にわずかである。このことは非常に重要な知見で、屋外運動場には、安全性の観点から、適度な柔らかさが必要であると結論することができる。

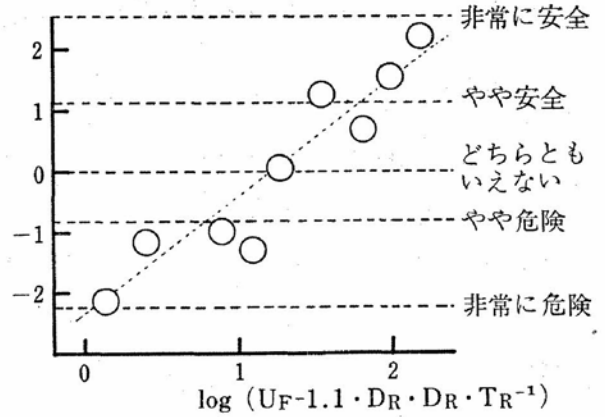


図5 転倒衝突時の安全性の尺度と物理量の関係（硬底靴）

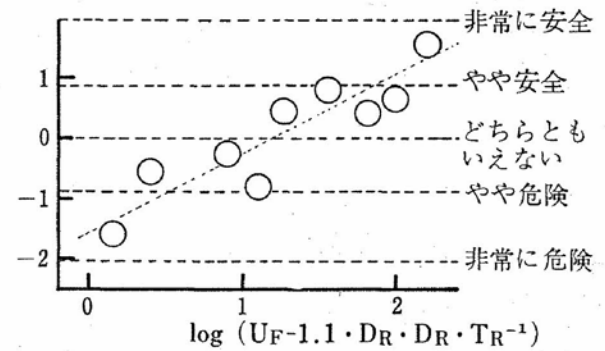


図6 転倒衝突時の安全性の尺度と物理量の関係（軟底靴）

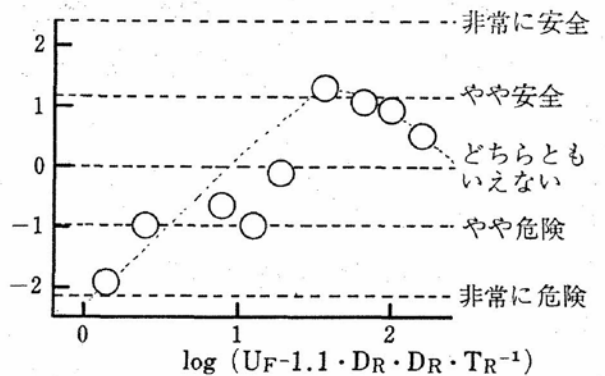


図7 運動動作時の安全性の尺度と物理量の関係（硬底靴）

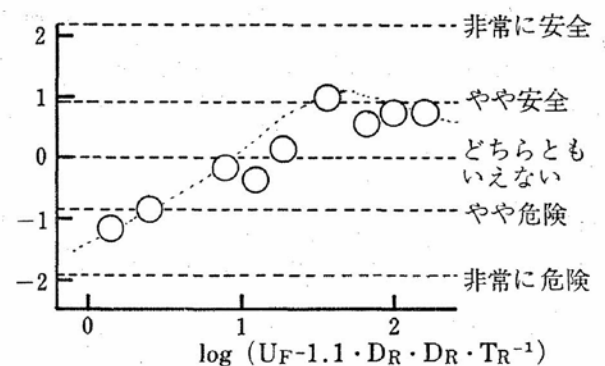


図8 運動動作時の安全性の尺度と物理量の関係（軟底靴）

さらに、靴底の差異による顕著な差は認められないことから、安全性の観点からみた場合、運動場のかたさを靴の底の柔らかさで補うことはできないといえる。

このことは、屋内運動場の床の場合も同様で、靴底による安全性の確保は不可能に近いことを示唆しているものであり、今後の運動場の安全性確保の論議に重要な提示になるものと考えられる。

#### 4.4 快適性の尺度と物理量の関係

図9、図10に、運動動作時の快適性の尺度と物理量の関係を示した。

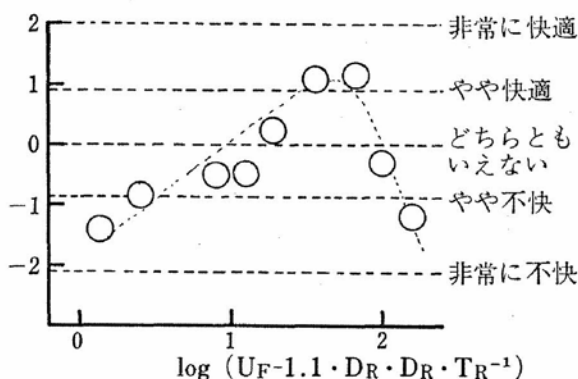


図9 運動動作時の快適性の尺度と物理量の関係(硬底靴)

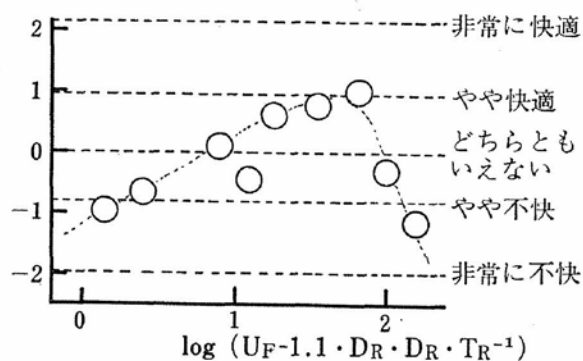


図10 運動動作時の快適性の尺度と物理量の関係(軟底靴)

いずれの場合にも、ほぼ最適値が認められる。

さらに安全性の場合と異なることは、最適値より大きな物理量の場合の快適性の評価の低下が大きいことである。足腰に作用する負荷としては、運動場から受ける衝撃負荷と、動作を行うために運動場に作用させる荷重の反力が考えられるが、柔らかすぎる場合、反力がひずんだ形で身体に作

用することが、衝撃負荷の少なさより卓越した形で、快適性の判断に作用していると想定できる。つまり柔らかすぎると自由な動作がしにくい、と想定される。

また、これらのことは、靴底の硬軟にかかわらずいえることであり、快適性の観点からの屋外運動場のかたさを配慮する場合、安全性の場合と同様に、靴底の硬軟を大きな要因として取り上げる必要はないことを示唆している。

### 5. 結 論

4.1～4.4の考察と、既往の学校屋外運動場のかたさの測定値から、つぎのように結論することができる。

イ) 屋外運動場のかたさは、屋内運動場の床の弾力性測定装置から得られる

$$\log(UF-1.1DR \times DR \cdot TR^{-1})$$

なる物理量で表示できる。

ロ) 靴底の硬軟は、かたさの評価に大きな影響を及ぼさない。

ハ) 運動動作時の安全性と快適性からみた屋外運動場のかたさには最適値があり、かたすぎても柔らかすぎても不満足である。

ニ) 安全性・快適性の評価において、“どちらともいえない”を限界として、両者を満足する適正なかたさの物理量の値を求めると、1.3～2.0となる。なお、最適範囲としては1.5～1.8となる。

ホ) 本研究で測定した既存屋外運動場のかたさの物理量の値は、すべて1.3以下であることから、安全性・快適性の観点で、より柔らかくする工夫が必要である。

### 6. む す び

学校屋外運動場のかたさに関し、安全性・快適性の観点から、生徒のかたさに関する心理学的尺度と、測定機から得られる物理量との対応を検討

し、適正なかたさの値を提示するとともに、既存の学校屋外運動場の問題点を提示した。

本研究においては、生理学的検討や傷害発生事例などによる厳密な検討を行っていないが、求められた尺度に信頼性が得られていることから、検討した結果に大きな問題はないと考える。

生徒の安全性・快適性を確保する意味で、本研究の成果が、学校屋外運動場の改良・開発の際に有効な示唆となることを願うと同時に、今後、より一層の厳密な検討の必要があることも付記してむすびとする。

## 文 献

- 1) 小野・吉岡；「体育館の床の弾力性に関する研究」(その1)～(その5)，日本建築学会論文報告集，その1：181号，その2：187号，その3：188号，その4：226号，その5：227号
- 2) 吉岡，小野，川村，茗ヶ原；「建築物の床のかたさおよびその評価方法に関する研究」(その1)，(その2)，日本建築学会論文報告集，その1：245号，その2：246号
- 3) 小野，芝崎，川村，吉岡；「柔道場の床の緩衝効果に関する研究」(その1)，(その2)，日本建築学会論文報告集，その1：293号，その2：304号