

# 大阪経済法科大学総合体育館（尚淑館） 床の性能とバレーボールのバウンド特性

沢 勳 Isao SAWA

黒田 進 Susumu KURODA

大森 敏行 Toshiyuki OHMORI

*(A Survey of the Volleyball Courts in the Gymnasium of Osaka University of Economics and Law as to the Performance of their Floors and the Ball Bounce on their Floors)*

## ABSTRACT

The performance of the gymnasium floors in Osaka University of Economics and Law (OUEL) was examined and analyzed on the basis of the Japanese Industrial standard (JIS A 6519). Consequently we found some difference between our measured test data and the JIS value.

(a) As for the deflection of the test subject in vertical loading, the maximum deflection was 8.03mm while that of the JIS A 6519 was 20mm or below it; and the maximum residual deflection is 0.59mm while that of the JIS A 6519 was 20mm or below it; and the maximum residual deflection is 0.59mm while that of the JIS A 6519 was 1.5mm or below it.

(b) As for the elasticity of the test subject, the buffer effect value (U) is 19.5911 while that of the JIS A 6519 was between 15 and 40; and the elasticity value (Y) was 0.1564 at the maximum or between 1.378 and 0.0 at the minimum while that of the JIS A 6519 was between 1.378 and -0.2.

(c) The hardness value of our test subject was 79.1 while that of the JIS A 6519 was 100 or below it.

In this paper, We computerized and analyzed the data of the volley ball

bounce and air pressure, which we obtained related to the gymnasium floors of OUEL in quality. In addition, the data were obtained in 1990.

We selected the volleyballs of four big sports goods companies as our test subjects to take the maximum value, the minimum value, the mean values, the standard deviation and F-ratio of scattering analysis.

All the data obtained under the companies names were respectively compared in detail. In result, each mean value of air pressure was: Mikasa ( $0.4373\text{kg}/\text{cm}^2$ ), Molten ( $0.4370\text{kg}/\text{cm}^2$ ), Mizuno ( $0.4405\text{kg}/\text{cm}^2$ ), Tachikara ( $0.4405\text{kg}/\text{cm}^2$ ), and the total value ( $0.4388\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

On the other hand, each mean value of ball bounce was: Mikasa (90.086 cm), Molten (92.251 cm), Mizuno (90.298 cm), Tachikara (88.875 cm) and the total mean value (90.378 cm).

[*The Review of Osaka University of Economics and Law*, 55 (1994) PP.1-30]

## 1 はじめに

大阪経済法科大学総合体育館（尚淑館）は、1989年4月に竣工された。この尚淑館アリーナ床の特性およびバレーボールにおける空気圧とパウンド特性について研究を行った。

運動競技施設の床に要求される性能は、激しい運動動作のため特定な場所において部分的な変形が生じる可能性がある。その一部分の床材は、繰り返し運動や経年変化によって、たわみ・硬さおよび弾力性係数も変化する。そのため、尚淑館アリーナ床の材質は、運動競技者にとって安全性や信頼性向上のための力学的な性能が要求される<sup>1-3)</sup>。この論文では、その力学的性能に関する諸問題を明らかにすることができたのである。

まず、力学的性能の問題として、次の四項目が合格している<sup>4)</sup>。すなわち、(A) 鉛直・載荷たわみの試験において、最大たわみ量と最大残留たわみ量は、日本工業標準調査会の体育館用鋼製床下地構成材（J I S A 6519）に合格

である。(B) 弾力性試験においては、緩衝効果値および弾力性値も合格である。(C) 繰り返し衝撃性試験では、使用上の有害な破壊・緩みおよび外れの無いことに対して試験の結果は十分である。(D) 硬さの試験では、基準値の約80%である。

次に、バレーボールに関する各種データに関してコンピューター処理を行った<sup>6-8)</sup>。バレーボールの四大メーカー「ミカサ (Mikasa)・モルテン (Molten)・ミズノ (Mizuno) およびタチカラ (Tachikara)」について全平均の空気圧と標準偏差を求めると、それぞれ0.4388kg/cm<sup>2</sup>と0.0119である。分散の全平均値はゼロである。ミカサとモルテン製のバレーボールは空気圧が小さく、標準偏差が大きい特徴がある。

これに対して、ミズノとタチカラ製のバレーボールは空気圧が大きく、標準偏差は小さいことが確認された。

また、高さ150cmから落下させた全平均のバウンドの値と標準偏差値は、それぞれ90.378cmと2.1945である。そして、分散の全平均値は6.0632である。モルテン製のバレーボールはバウンドも大きく、標準偏差も大きいことが確認された。一方、タチカラ製のバレーボールはモルテン製とは反対でバウンドも小さく、標準偏差も小さい値であることが確認された。

## 2 床の試験方法と試験結果

### 2. 1 鉛直載荷試験

鉛直載荷試験 (Vertical Loading Test) は試験体の中央部1000×1000mmに質量20kgの重りを用いて、均等に鉛直荷重4.9KN (500kg f) を1分間載せた後、その荷重を除去する。これを基準として、次に鉛直荷重を徐々に14.7KN (1500kg f) まで載荷した後に、最大たわみ量を測定した。

次に、除荷後15分間放置した後に残留たわみ量を測定した。この時の測定器は次のとおりである。

重 錘 W = 20kg  
 静ひずみ計 KYOWA UCAM-5 A  
 ダイアルゲージ KYOWA DT-20D×2個

この時、組床式構成材の測定点は載荷中央点（A）・支持脚近傍点（B）・根太中央点（C）および大引中央点（D）の四点である。ここで試験体Hは300・600および900mmである。この時の最大たわみ量（mm）および残留たわみ量（mm）はTable 1のとおりである。

**Table 1** Comparing the Vertical Loading Test (mm) and JIS A 6519 of Steel Furring Components for Gymnasium Floor  
 Where, A,B,C and D : Measurement Points

Sample H (mm)	300				Average	600				Average	900				Average	Total Average	JIS A 6519
	A	B	C	D		A	B	C	D		A	B	C	D			
Maximum Deflection (mm)	10.1	5.2	9.6	5.7	7.65	10.3	4.5	10.3	5.2	7.58	12.0	5.5	11.8	6.1	8.85	8.03	20 Under
Maximum Residual Deflection (mm)	0.3	0.2	0.3	0.2	0.25	0.9	0.7	1.0	0.7	0.83	0.8	0.6	0.8	0.6	0.70	0.59	1.5 Under

## 2. 2 床の繰り返し衝撃試験

床の繰り返し衝撃試験（Repeated Impact Test）は質量30kgの砂袋を各点に高さ90cmから10回落下させ繰り返しを行ったのである。この繰り返し衝撃試験によって、各部材および接合部の有害な破壊・緩みまたは外れなどを観察する。それらの結果は試験体300mm・600mmおよび900mmによって行ったのがTable 2である。いずれも、使用上に有害な破壊・緩みおよび外れがないことが確認できたのである。

**Table 2** Comparing the Repeated Impact Test and JIS A 6519 of Steel Furring Components for Gymnasium Floor

Item \ Sample H (mm)	300	600	900	JIS A 6519 standard
Breaking	No	No	No	Taere shall be no breaking, loosening and run-out harmful to use
Loosening	No	No	No	
Run-Out harmful	No	No	No	

### 2. 3 床の弾力性試験

床の弾力性試験（Elasticity Test of Floor）は質量 5 kg の砂袋を高さ 80 cm の地点から 10 回自由落下させた。この場合、運動のしやすさを表す弾力性値（Y）は、式（2）のように計算することができる。

$$Y = -0.0016 (U_F - 1.1 D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 17.25)^2 - 0.0028 (D_R \times D_R \cdot T_R^{-1} - 24.28)^2 + 1.3782 \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $U_F$  : 床の変形が最大に達するまでの床の変形エネルギー

$$(N \cdot cm) \{kg f \cdot cm\}$$

$D_R$  : 床の振動の最大振幅 (cm)

$T_R$  : 床の振動の最大振幅値の見掛けの半周期

また、運動動作時の柔らかさを表す緩衝効果値（U）は、次のとおりである。

$$U = U_F - 1.1 D_r \times D_r \cdot T_R^{-1} \dots\dots\dots (3)$$

式（2）と（3）より求められた運動のしやすさを表す弾力性値（Y）と運動動作時の柔らかさを表す緩衝効果値（U）は、**Table 3** のように表示できる。

**Table 3** における点 A・B・C および D は、それぞれ 載荷中央点・支持脚近傍点・根太中央点 および 大引中央点 である。この四点の U と Y の平均点は、次のとおりである。A 点では  $U = 22.9078$  と  $Y = 0.4182$  であり、B 点では  $U = 16.1557$  と  $Y = -0.0682$  であり、C 点では  $U = 20.5286$  と  $Y = 0.2984$  および D 点では  $U = 18.7723$  と  $Y = -0.0227$  である。これらの全平均値は  $U = 19.5911$  と  $Y = 0.1564$

**Table 3** Comparing the Elasticity Test and JIS A 6519 of Steel Furring Components for Gymnasium Floor where, A, B, C and D : Measurement Points. U : Buffer Effect Values and Y: Elasticity Values

Sample H (mm) Measurement Points Item		300	600	900	Average	JIS A 6519 Standard
		A	U	23.7742	21.0585	
	Y	0.3544	0.4058	0.4945	0.4182	
B	U	15.5279	15.4093	17.5298	16.1557	
	Y	-0.0815	-0.1254	0.0023	-0.0682	
C	U	21.0190	20.8552	19.7115	20.5286	
	Y	0.2527	0.3562	0.2863	0.2984	
D	U	19.5084	15.5735	21.2350	18.7723	
	Y	-0.0505	-0.0913	0.0736	-0.0227	
Average	U	19.9574	18.2241	20.5918	19.5911	
	Y	0.1188	0.1363	0.2142	0.1564	

である。

## 2. 4 床の硬さ試験

床の硬さ試験 (Hardness Test of Floors) は四ヶ所の測定点において、試験体 (300mm・600mmおよび900mm) の12点を行った。その測定方法は、ゴム板が置かれた測定点に高さ20cmから質量3.85kgのヘッドモデルを自由落下させた。そして、床に衝突したときの加速度を測定し、転倒衝突時の硬さを求めた。この12点での硬さは**Table 4**のとおりである。

J I S A 6519基準値は100以下である。この12点の硬さはすべて100以下である。測定点のBは89.8で、Dは87.6である。この両地点は、Aの66.6とCの72.3よりも大きい値である。

一方、試験体H=600mmと900mmに対して試験体H=300mmは、加速度の値が

**Table 4** Comparing the Hardness Test and JIS A 6519 of Steel Furring Components for Gymnasium Floor where, A, B, C and D : Measurement Points.

Sample H (mm) Measurement Points	300	600	900	Average	JIS A 6519 Standard
A	70.2	66.5	63.2	66.6	100 Under
B	92.5	90.6	86.3	89.8	
C	76.3	72.0	68.5	72.3	
D	91.9	84.3	86.5	87.6	
Average	82.7	78.4	76.2	79.1	

大きいのである。すなわち、硬い床材となっている。これはフロアくぎの固定方法によって、また、各部材の連結度によって異なっている。ゆえに、尚淑館アリーナ床は適当な硬さをもった安全な床材であると思われる。

## 2. 5 バレーボールの空気圧試験

大阪経済法科大学総合体育館（尚淑館）のアリーナにおいて、バレーボールの空気圧について測定を行った。現在、世界のバレーボールの公式戦において用いられているメーカーはミカサ・モルテン・ミズノおよびタチカラの四社である。特に、多く用いられているのはミカサとモルテンである。アリーナに用いられている床材は第一級の桜材である。この床に使用されているバレーボールの空気圧は、国際規定によると、内圧392～441mbar or hPaであり、ルールブックによると、0.40～0.45kg/cm<sup>2</sup>である。

測定期間は、1990年5月15日～1990年12月18日である。

測定方法は、国際バレーボール連盟規定(第3条第1項)にしたがって行った。

測定機器は、モルテン社製のボール空気圧計測器(9711354)である。

測定者らは、大阪経済法科大学バレーボール部の関係者である。

測定回数は、時間を区切って、それぞれ2回測定し、その平均値を求めた。

測定場所は、次のとおりである。

Mikasa社製のボールは、体育館アリーナの東側（Aコート）である。

Molten社製のボールは、体育館アリーナの中央（Bコート）である。

Mizuno社製のボールは、体育館アリーナの西側（Cコート）である。

Tachikara社製のボールは、体育館アリーナの任意（任意場所）である。

教育用バレーボールの周囲と重さは、1号では、周囲（ $59 \pm 1$  cm）と重さ（ $210 \pm 10$  g）、そして2号では、周囲（ $63 \pm 1$  cm）と重さ（ $250 \pm 10$  g）である。公式戦に使用されている四大メーカーの5号では周囲（ $66 \pm 1$  cm）と重さ（ $270 \pm 10$  g）である。

バレーボールの空気圧に関しては、1990年5月より12月までの統計的分析を行った値は、Table 5のとおりである。Table 5では各月別に対して、それぞれの測定日数・最大値・最小値・平均値・標準偏差および分散の値を表示した。このTable 5において、第2回目のデータをグラフ化したのがFig.1とFig.2である。ここで、Fig.1は5月から8月までの四社の空気圧である。また、Fig.2は、9月から12月までの四社の空気圧を図示している。四社における表示は、ミカサ（□表示）・モルテン（+表示）・ミズノ（◇表示）およびタチカラ（△表示）で行ったのである。それぞれのデータについては標準偏差が小さく、分散がゼロであることが確認された。

## 2. 6 バレーボールのバウンド試験

国際バレーボール連盟規定（第3条第1項）によれば、バレーボールの周囲は65～67cmであり、重量は260～280gである。これらのボールに対してバウンドの試験を行った。測定方法はFig.3の写真のとおりである。

すなわち、高さ150cmの位置から自由に落下させて、バウンドを行った時の高さを測定した。

測定期間は、1990年5月15日～1990年12月18日である。

測定者らは、大阪経済法科大学バレーボール部の関係者である。

測定回数は、時間を区切って、それぞれ2回測定し、その平均値を求めた。

測定場所は、次のとおりである。



大阪経済法科大学総合体育館（尚淑館）床の性能とバレーボールのバウンド特性

Table 5 The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg/cm<sup>2</sup>) for Volleyball in 1990

Item		Months								Average		
		5	6	7	8	9	10	11	12			
A (ミカサ)	1回目	測定日数	13.0	22.0	23.0	17.0	9.0	27.0	13.0	14.0	17.3	
		最大値	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
		最小値	0.42	0.41	0.42	0.42	0.41	0.42	0.41	0.41	0.42	
		平均値	0.441	0.435	0.440	0.437	0.436	0.437	0.440	0.430	0.437	
		標準偏差	0.011	0.013	0.009	0.010	0.014	0.011	0.012	0.013	0.012	
	分散	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	2回目	測定日数	5.0	21.0	19.0	16.0	8.0	27.0	13.0	14.0	15.4	
		最大値	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
		最小値	0.43	0.42	0.43	0.41	0.42	0.42	0.41	0.41	0.42	
		平均値	0.438	0.437	0.444	0.435	0.440	0.437	0.440	0.430	0.438	
		標準偏差	0.009	0.010	0.006	0.012	0.011	0.011	0.012	0.013	0.011	
	分散	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	B (モルテン)	1回目	測定日数	6.0	22.0	23.0	17.0	9.0	27.0	13.0	14.0	16.4
			最大値	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
最小値			0.43	0.41	0.42	0.42	0.40	0.40	0.43	0.42	0.42	
平均値			0.445	0.434	0.437	0.429	0.427	0.436	0.444	0.440	0.437	
標準偏差			0.007	0.011	0.012	0.011	0.017	0.014	0.006	0.010	0.011	
分散		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
2回目		測定日数	5.0	21.0	18.0	16.0	8.0	27.0	13.0	14.0	15.3	
		最大値	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
		最小値	0.43	0.41	0.42	0.41	0.42	0.40	0.43	0.42	0.42	
		平均値	0.446	0.433	0.434	0.430	0.438	0.436	0.444	0.440	0.438	
		標準偏差	0.008	0.012	0.012	0.012	0.010	0.014	0.006	0.010	0.011	
分散		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
C (ミズノ)		1回目	測定日数	13.0	22.0	23.0	11.0	9.0	27.0	13.0	14.0	16.5
			最大値	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
	最小値		0.42	0.41	0.42	0.41	0.42	0.41	0.43	0.42	0.42	
	平均値		0.437	0.437	0.438	0.443	0.444	0.439	0.444	0.442	0.441	
	標準偏差		0.011	0.013	0.012	0.012	0.009	0.010	0.006	0.010	0.010	
	分散	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	2回目	測定日数	5.0	21.0	18.0	10.0	8.0	27.0	13.0	14.0	14.5	
		最大値	0.44	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
		最小値	0.43	0.41	0.41	0.43	0.44	0.41	0.43	0.42	0.42	
		平均値	0.434	0.435	0.440	0.445	0.446	0.438	0.445	0.442	0.441	
		標準偏差	0.004	0.013	0.013	0.008	0.004	0.010	0.006	0.010	0.023	
	分散	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	D (タチカラ)	1回目	測定日数	11.0	22.0	23.0	17.0	9.0	27.0	13.0	14.0	17.0
			最大値	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
最小値			0.44	0.42	0.41	0.42	0.41	0.40	0.43	0.42	0.42	
平均値			0.445	0.441	0.437	0.435	0.438	0.443	0.446	0.436	0.440	
標準偏差			0.004	0.010	0.011	0.010	0.011	0.010	0.007	0.011	0.009	
分散		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
2回目		測定日数	5.0	21.0	18.0	16.0	8.0	27.0	13.0	14.0	15.3	
		最大値	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	
		最小値	0.44	0.40	0.42	0.41	0.43	0.40	0.43	0.42	0.42	
		平均値	0.448	0.439	0.439	0.435	0.441	0.443	0.446	0.436	0.441	
		標準偏差	0.004	0.013	0.009	0.012	0.007	0.010	0.007	0.011	0.009	
分散		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

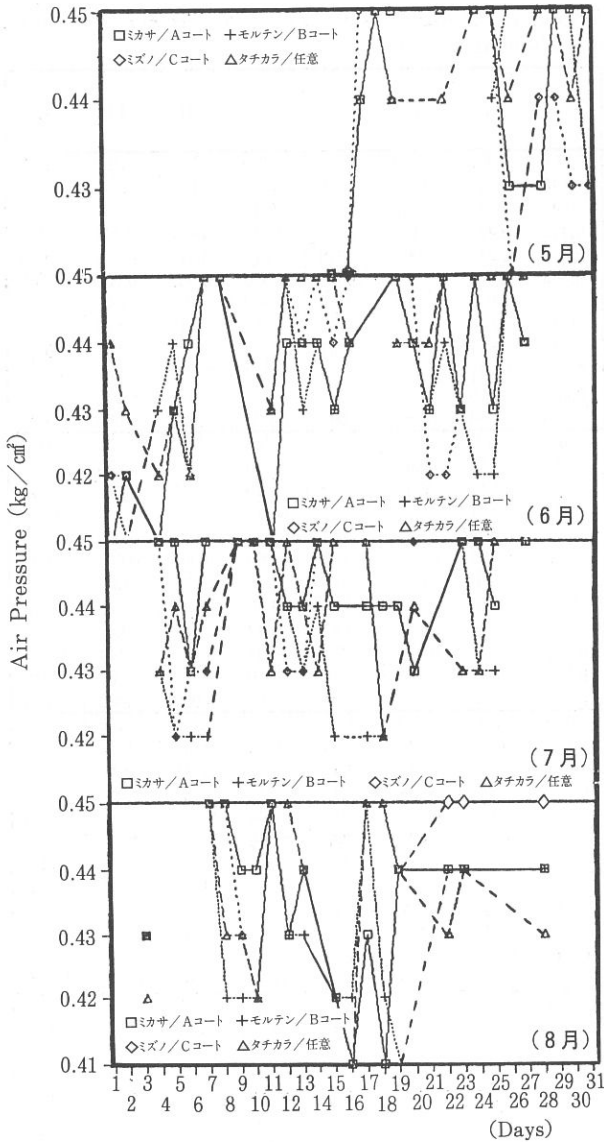


Fig.1 Relation the Air Pressure (kg/cm²) and Measurement Days for 5-8 Months in 1990

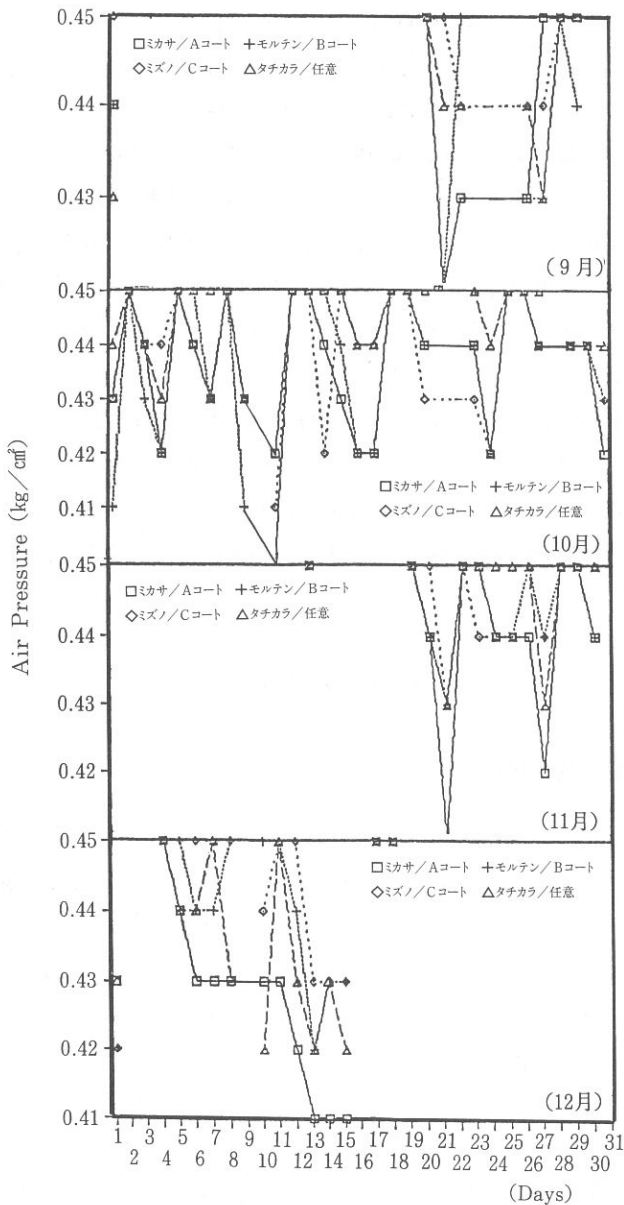


Fig.2 Relation the Air Pressure (kg/cm<sup>2</sup>) and Measurement Days for 9-12 Months in 1990

Mikasa社製のボールは、体育館アリーナの東側（Aコート）である。

Molten社製のボールは、体育館アリーナの中央（Bコート）である。

Mizuno社製のボールは、体育館アリーナの西側（Cコート）である。

Tachikara社製のボールは、体育館アリーナの任意（任意場所）である。

バレーボールのバウンドに関して、1990年5月より12月までの統計的分析を行った値は、**Table 6**のとおりである。**Table 6**では、各月別に対して、それぞれの測定日数・最大値・最小値・平均値・標準偏差および分散の値を表示した。この**Table 6**において、第2回目のデータをグラフ化したのが、**Fig. 4**と**Fig. 5**である。ここで、**Fig. 4**は5月から8月までの四社のバウンドである。また、**Fig. 5**は9月から12月までのバウンドを図示した。四社における表示は、ミカサ（□表示）・モルテン（+表示）・ミズノ（◇表示）およびタチカラ（△表示）である。月別の平均の日数は15.4～17.1である。バウンドの最大平均値と最小平均値は、96.00cmと84.88cmである。標準偏差の各平均は、1.865～2.535cmである。

### 3 床の検討

#### 3. 1 鉛直载荷試験の検討

鉛直载荷試験は、J I S A 6519によると最大たわみ量と残留たわみ量の基準値がある。鉛直载荷試験は、運動競技施設の床に要求される力学的性能が特に重要である。

よって、尚淑館アリーナ床では力学的性能のなかで「たわみ量」の問題を明らかにし、運動競技者にとって安心できるデータを提案し「やわらかさ」の程度を明らかにすることである。この「やわらかさ」には、構造的安定性と耐局部変形性の問題が重要である。前者は床に与えるさまざまな外力に対して、床の形態が少ないたわみであることである。後者は、椅子脚や運動器具品などによる局部の鉛直载荷や圧縮荷重によって、床表面に局部変形が少ない残留たわみであることである。

Table 6 The Statistical Analysis Values of the Ball Bounce (cm) for Volleyball in 1990

Item		Months									
		5	6	7	8	9	10	11	12	Average	
A (ミカサ)	1回目	測定日数	13.0	22.0	22.0	17.0	9.0	27.0	13.0	14.0	17.1
		最大値	90.00	92.00	94.00	93.00	93.00	96.00	96.00	95.00	93.63
		最小値	76.00	84.00	83.00	88.00	88.00	88.00	93.00	86.00	85.75
		平均値	81.760	88.130	89.180	89.760	90.660	92.480	94.150	93.210	89.916
		標準偏差	4.116	2.006	2.367	1.164	1.632	2.132	0.863	2.365	2.081
	分散	16.940	4.026	5.603	1.356	2.666	4.545	0.745	5.596	5.185	
	2回目	測定日数	5.0	21.0	19.0	16.0	8.0	27.0	13.0	14.0	15.4
		最大値	87.00	92.00	92.00	93.00	92.00	97.00	96.00	96.00	93.13
		最小値	80.00	80.00	86.00	87.00	89.00	89.00	90.00	90.00	86.38
		平均値	83.800	88.420	89.360	89.930	90.870	92.850	93.610	93.210	90.256
標準偏差		2.785	3.016	1.563	1.477	0.927	1.918	1.495	1.739	1.865	
分散	7.760	9.102	2.443	2.183	0.859	3.681	2.236	3.025	3.911		
B (モルテン)	1回目	測定日数	6.0	22.0	22.0	17.0	9.0	27.0	13.0	14.0	16.3
		最大値	93.00	93.00	95.00	94.00	94.00	99.00	99.00	100.00	95.88
		最小値	74.00	87.00	82.00	87.00	89.00	90.00	96.00	91.00	87.00
		平均値	85.330	90.500	89.630	90.350	90.550	95.140	97.460	97.280	92.030
		標準偏差	6.420	1.777	2.853	1.369	1.498	2.811	0.745	2.118	2.449
	分散	41.220	3.159	8.140	1.875	2.246	7.903	0.556	4.489	8.699	
	2回目	測定日数	5.0	21.0	19.0	16.0	8.0	27.0	13.0	14.0	15.4
		最大値	92.00	94.00	93.00	94.00	95.00	100.00	100.00	100.00	96.00
		最小値	78.00	87.00	83.00	88.00	89.00	90.00	95.00	90.00	87.50
		平均値	86.400	90.330	89.470	90.750	91.620	95.620	98.380	97.210	92.473
標準偏差		5.238	1.984	2.562	1.391	1.996	2.723	1.495	2.454	2.480	
分散	27.440	3.936	6.565	1.937	3.984	7.418	2.236	6.025	7.443		
C (ミズノ)	1回目	測定日数	13.0	22.0	22.0	11.0	9.0	27.0	13.0	14.0	16.4
		最大値	88.00	92.00	93.00	91.00	94.00	97.00	96.00	96.00	93.38
		最小値	75.00	84.00	84.00	88.00	89.00	90.00	91.00	90.00	86.38
		平均値	82.150	89.040	88.590	88.810	90.770	93.770	93.920	93.780	90.104
		標準偏差	4.054	2.077	2.424	0.833	1.547	1.892	1.685	1.970	2.060
	分散	16.430	4.316	5.878	0.694	2.395	3.580	2.840	3.882	5.002	
	2回目	測定日数	5.0	21.0	19.0	10.0	8.0	27.0	13.0	14.0	14.6
		最大値	94.00	92.00	92.00	91.00	93.00	97.00	95.00	96.00	93.75
		最小値	80.00	85.00	75.00	87.00	87.00	88.00	90.00	91.00	85.38
		平均値	87.000	88.660	87.630	88.700	90.500	94.370	93.300	93.780	90.493
標準偏差		5.440	1.699	4.282	1.552	2.061	1.965	1.538	1.739	2.535	
分散	29.600	2.888	18.330	2.410	4.250	3.862	2.366	3.025	8.341		
D (タチカラ)	1回目	測定日数	11.0	22.0	22.0	17.0	9.0	27.0	13.0	14.0	16.9
		最大値	87.00	94.00	95.00	92.00	93.00	94.00	92.00	92.00	92.38
		最小値	77.00	87.00	84.00	85.00	89.00	88.00	88.00	86.00	85.50
		平均値	82.810	89.500	88.540	89.110	90.440	90.660	90.230	89.470	88.839
		標準偏差	3.833	1.698	2.425	1.778	1.342	1.563	0.973	1.878	1.936
	分散	14.690	2.886	5.884	3.162	1.802	2.444	0.946	3.530	4.418	
	2回目	測定日数	5.0	21.0	19.0	16.0	8.0	27.0	13.0	14.0	15.4
		最大値	89.00	91.00	91.00	99.00	92.00	94.00	92.00	92.00	92.50
		最小値	81.00	83.00	80.00	84.00	89.00	88.00	89.00	85.00	84.88
		平均値	85.200	88.140	88.470	89.120	90.250	90.960	90.230	88.920	88.911
標準偏差		3.187	2.122	2.997	3.585	0.969	1.426	1.049	1.869	2.150	
分散	10.160	4.503	8.986	12.850	0.937	2.035	1.100	3.494	5.508		

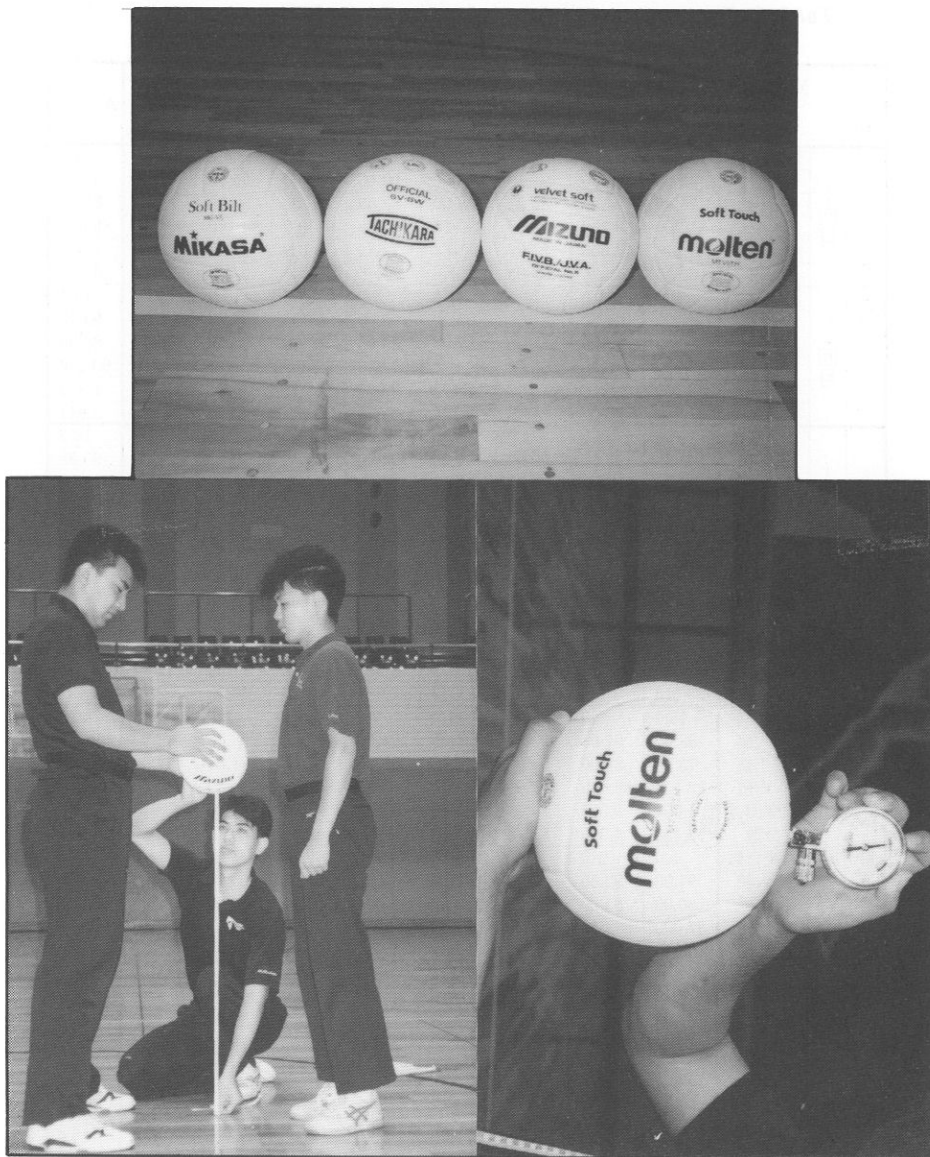


Fig.3 The Ball Bounce Test for Volleyball Makers

大阪経済法科大学総合体育館（尚淑館）床の性能とバレーボールのバウンド特性

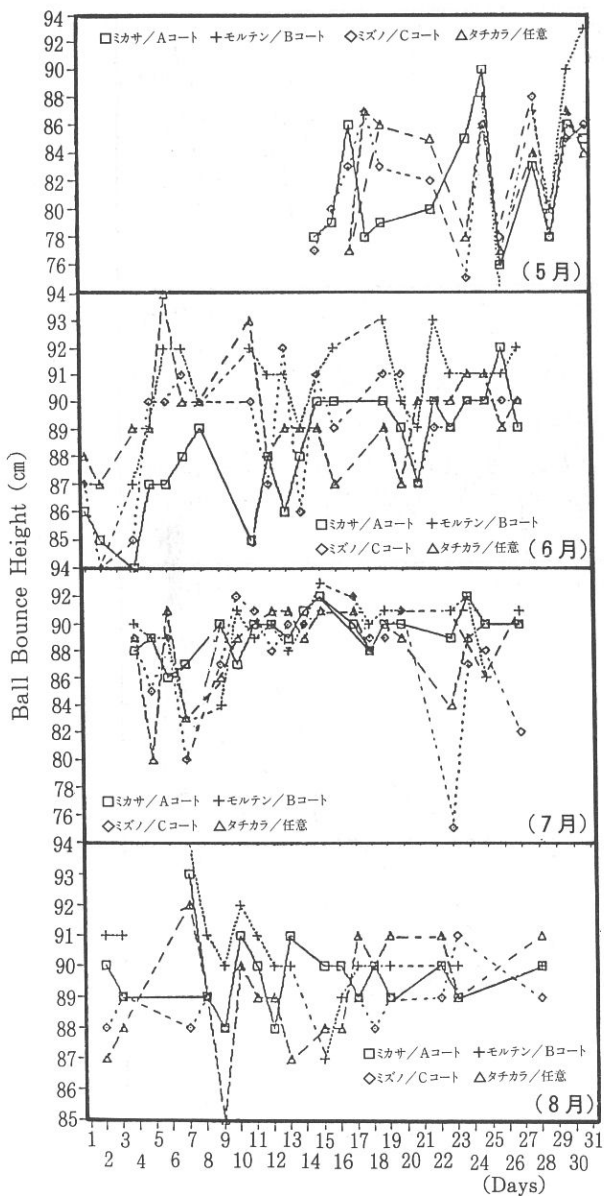


Fig.4 Relation the Ball Bounce (cm) and 2nd Measurement Days for 5-8 Months in 1990

大阪経済法科大学総合体育館（尚淑館）床の性能とバレーボールのバウンド特性

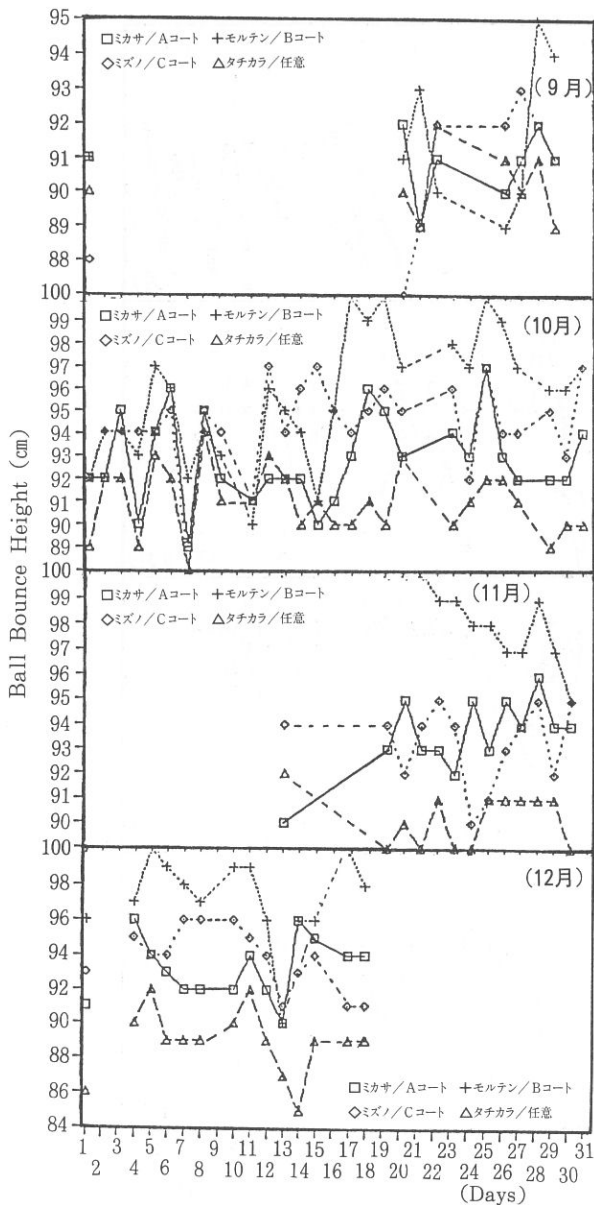


Fig.5 Relation the Ball Bounce (cm) and 2nd Measurement Days for 9-12 Months in 1990



この試験体の四点は、J I S A 6519に定める最大たわみ量と残留たわみ量は、それぞれ20mm以下と1.5mm以下である。最大たわみ量は、J I S 基準値の約40%である。試験体300mmでの最大たわみ量（平均7.65mm）は、試験体600mm（平均7.58mm）よりも長く、試験体900mm（平均8.85mm）よりも短くなっている。また、残留たわみ量はJ I S 基準値の約39%である。試験体300mmの残留たわみ量（平均0.25mm）は、試験体600mm（平均0.83mm）と試験体900mm（平均0.70mm）よりも小さい値である。ここで、残留たわみ量は試験体の長さによって依存していることが認められた。したがって、静的な荷重に対する強度は十分であると思われる。

最後に、床の最大たわみ量の平均値は8.03mmであり、J I S の40.2%である。また、床の残留たわみ量の平均値は、0.59mmでありJ I S の39.3%である。ゆえに、最大たわみ量と残留たわみ量は約40%であることが確認された。

### 3. 2 床の繰り返し衝撃性の検討

床の構造的安定性を維持するため、さまざまな外力に対して床の形態が破壊・緩みおよび外れがないように品質を保証することである。たとえば、人々が激しい運動を行って床に着地する場合には、垂直方向に人体の6倍程度の重さや水平方向には人体の5倍程度の重さで衝撃運動が繰り返しながら行われる。その時、床自体が変形して亀裂などが生じない性能が必要である。

床の繰り返し衝撃試験は、J I S A 6519基準にしたがって行った。試験体は、300・600および900mmである。この試験体によって行った試験の結果は、各部材・接合部に有害な点が生じなかったのである。

### 3. 3 床の弾力性の検討

尚淑館アリーナの床面は「すべり」が悪くなっても、良くなりすぎても運動に対する影響が大きく依存しているから重要である。たとえば、何らかの原因で転倒し身体を打ちつけた場合、衝突時の衝撃を緩衝して被害をできる限り小さくできる床材が要求される。この被害の程度を表す指数は、緩衝作用・反発作用および減衰作用の三作用の複合性能である。J I S によると弾力性は、緩

衝効果値（Y）・弾力性値（U）および振動の減衰時間の三性能の項目がある。この前者の緩衝効果値（Y）は、各試験体に対して求められた。すなわち、試験体300mmでは、19.51～23.77の範囲であり、平均緩衝効果値は19.96である。試験体600mmでは、15.41～21.06の範囲であり、平均緩衝効果値は18.22である。試験体900mmでは、17.53～23.89の範囲であり、平均緩衝効果値は20.59である。したがって、緩衝効果値の全平均値は19.59である。これに対して、J I Sによれば15～40の範囲である。緩衝効果値の全平均値（19.59）はJ I Sの最大値の50%程度である。ゆえに、安全であることが計数的に確認された。

弾力性値（U）は、各試験体に対して求められた。すなわち、試験体300mmでは、-0.082～0.354の範囲であり、平均弾力性値は0.119である。試験体600mmでは、-0.125～0.406の範囲であり、平均弾力性値は0.136である。試験体900mmでは、0.002～0.495の範囲であり、平均弾力性値0.214である。J I Sによれば、最大と最小の弾力性値はそれぞれ（1.378～0.0）と（1.378～-0.2）である。この試験体（300・600および900mm）の全平均弾力性値は0.1564である。この全平均弾力性値はJ I Sの最大値と比較すれば、11.34%で、約一割である。

### 3. 4 床の硬さの検討

床の硬さは、床表面に摩耗の度合いを知るための耐摩耗性および床表面に損傷を受ける度合いを知るための耐傷性に関係がある。硬さの試験は、試験体（300・600および900mm）の三体と測定点の四ヶ所で行った。この12点の硬さの試験結果は、次のとおりである。

試験体300mmでは、70.2～92.5の範囲であり、平均硬さは82.7である。試験体600mmでは、66.5～90.6の範囲であり、平均硬さは78.4である。試験体900mmでは、63.2～86.5の範囲であり、平均硬さは76.2である。一方、測定点Aでは、63.2～70.2の範囲であり、平均硬さは66.6である。測定点Bでは、86.3～92.5の範囲であり、平均硬さは89.8である。測定点Cでは、68.5～76.3の範囲であり、平均硬さは72.3である。測定点Dでは、84.3～91.9の範囲であり、平均硬さは87.6である。測定点A～Dの中で、最大点と最小点はそれぞれB点（89.8）

とA点(66.6)である。この床の全平均値は79.1であり、J I Sの79.1%で、約八割である。

### 3. 5 バレーボールの空気圧の検討

尚淑館アリーナにおいてバレーボールの空気圧を測定した。測定はバレーボールの四大メーカー（ミカサ・モルテン・ミズノおよびタチカラ）間の相違点や月別変化の状態を比較・検討する目的がある。そのために、この四大メーカーの空気圧に関する最大値・平均値および最小値の対して月別の変化をプロットしたのがFig. 6である。このFig. 6の上段は、各メーカーにおける最大空気圧に対する月別の変化をプロットしたのである。四大メーカーはそれぞれが共に、 $0.45\text{kg}/\text{cm}^2$ の一定な値であることが確認された。

Fig. 6の中段は、各メーカーにおける平均空気圧に対する月別の変化をプロットしたのである。平均空気圧において、バラツキの多い月は8月・9月および12月であり、バラツキの少ない月は6月・7月と12月である。これに対して、Fig. 6の下段は、各メーカーにおける最小空気圧に対する月別の変化をプロットしたのである。平均空気圧において、バラツキの多い月は5月・9月・10月および11月であり、バラツキの少ない月は7月・8月および12月である。

各月に対して平均測定日数・最大値・最小値・平均値・標準偏差および分散に対して、四大メーカーとの比較を行ったのがTable 7である。Table 7において、平均測定日数は15.50から16.31日の範囲であり、平均日数は15.94日である。すなわち、月の半分は測定を行ったのである。

この四大メーカーの最大空気圧は $0.4493$ から $0.4500\text{kg}/\text{cm}^2$ である。その最大平均空気圧は $0.4498\text{kg}/\text{cm}^2$ で、 $0.0045\%$ の小さい誤差範囲内である。また、最小空気圧は $0.4168$ から $0.4200\text{kg}/\text{cm}^2$ の範囲である。その最小平均空気圧は $0.4181\text{kg}/\text{cm}^2$ で、 $0.0045\%$ の小さい誤差範囲内である。この四大メーカーについて、平均値の範囲は $0.4370$ から $0.4405\text{kg}/\text{cm}^2$ である。その全平均空気圧は $0.4388\text{kg}/\text{cm}^2$ で、 $0.0041\%$ の小さい範囲である。これらのデータを図示したのがFig. 7である。

Fig. 7において、四大メーカーの最大値・平均値および最小値の比較を行っ

た。その結果として、ミズノ製のバレーボールは最大値の範囲では小さく、最小値の範囲では大きい傾向である。各メーカー間には、ミカサとモルテン製およびミズノとタチカラ製がそれぞれよく似ている。前者は平均値よりも小さく、後者は大きいのである。

次に、標準偏差値はTable 7とFig. 8である。Fig. 8においては、それぞれの月に対して、標準偏差の値をプロットしたのである。各メーカー間の標準偏差において、バラツキの多い月と少ない月は、それぞれ5月・9月・11月と6月・7月・8月・12月である。以上の事項から各メーカーにおいて、標準偏差のランキングが求められた。全体として、標準偏差の大きい順からメーカーを述べるならば、ミカサが大きくモルテン・ミズノおよびタチカラの順に小さくなっている。

### 3. 6 バレーボールのバウンド特性の検討

尚淑館アリーナにおいてバレーボールのバウンドを測定した。測定はバレーボールの四大メーカー（ミカサ・モルテン・ミズノおよびタチカラ）間の相違点や月別変化の状態を比較・検討する目的がある。そのために、この四大メーカーのバウンド特性に関する最大値・平均値および最小値に対して月別の変化をプロットしたのがFig. 9である。このFig. 9の上段は、各メーカーにおける最大バウンド特性に対する月別の変化をプロットしたのである。5月から7月まで一応に増大し、バラツキが小さいのは6月から9月であり、バラツキが大きいのは10月から12月である。Fig. 9の中段は、各メーカーにおける平均バウンド特性に対する月別の変化をプロットしたのである。

平均バウンド特性において、バラツキの少ない月は6月から9月であり、バラツキの多い月は10月から12月である。これに対して、Fig. 9の下段は、各メーカーにおける最小バウンド特性に対する月別の変化をプロットしたのである。平均バウンド特性において、バラツキの変動は5月より10月まで一応に増大している傾向である。バラツキの少ない月は5月・7月・9月および10月であり、バラツキの多い月は11月および12月である。

各月に対して平均測定日数・最大値・最小値・平均値・標準偏差および分散

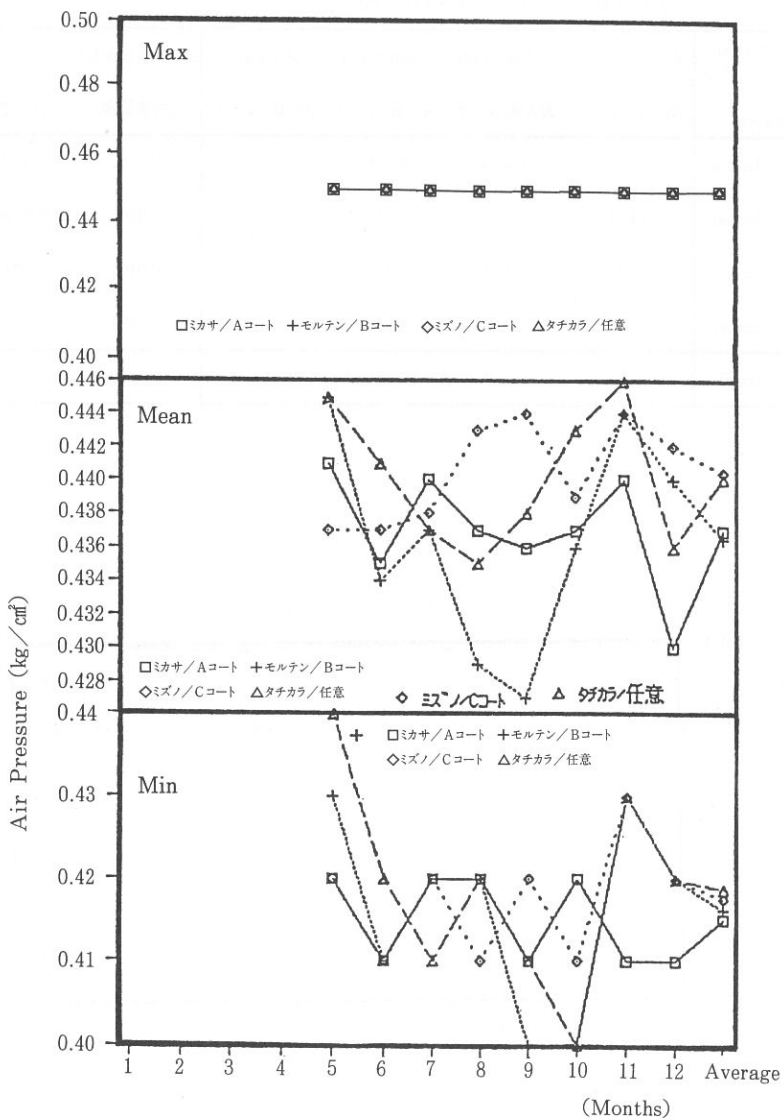
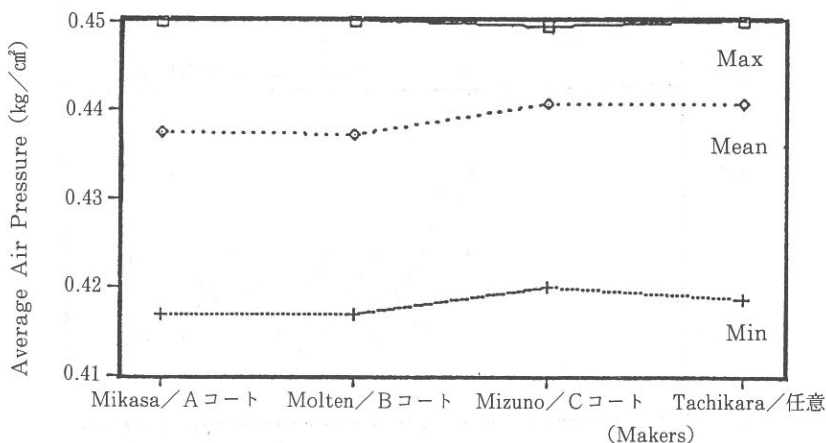


Fig.6 Relation the Air Pressure (kg/cm²) and Measurement Days for 5-12 Months in 1990

**Table 7** The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg/cm<sup>2</sup>) for Volleyball Makers in 1990

Performance Item	Measurement Days	Maximum	Minimum	Average	Standard Deviation	Variance
Makers	測定日数(日)	最大値(kg/cm <sup>2</sup> )	最小値(kg/cm <sup>2</sup> )	平均値(kg/cm <sup>2</sup> )	標準偏差	分散
A (Mikasa)	16.31	0.4500	0.4168	0.4373	0.0110	0.0000
B (Molten)	15.81	0.4500	0.4168	0.4370	0.0107	0.0000
C (Mizuno)	15.50	0.4493	0.4200	0.4405	0.0167	0.0000
D (Tachikara)	16.12	0.4500	0.4187	0.4405	0.0091	0.0000
Average	15.94	0.4498	0.4181	0.4388	0.0119	0.0000



**Fig.7** Relation the Average Air Pressure (kg/cm<sup>2</sup>) and Volleyball Makers for 5-12 Months in 1990

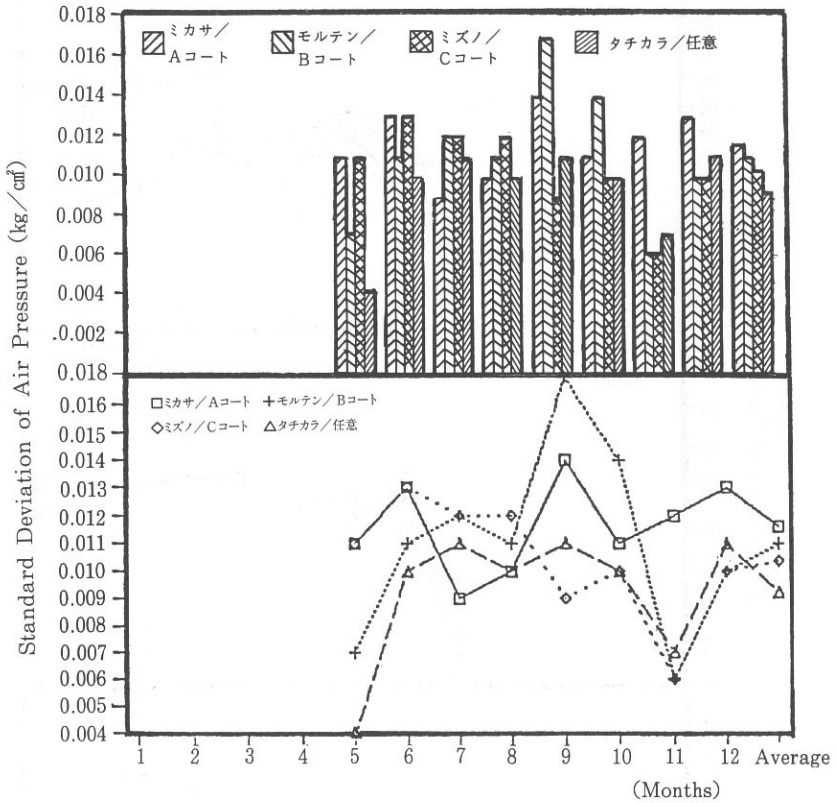


Fig.8 Relation the Standard Deviation of Air Pressure (kg/cm<sup>2</sup>) and Volleyball Makers for 5-12 Months in 1990

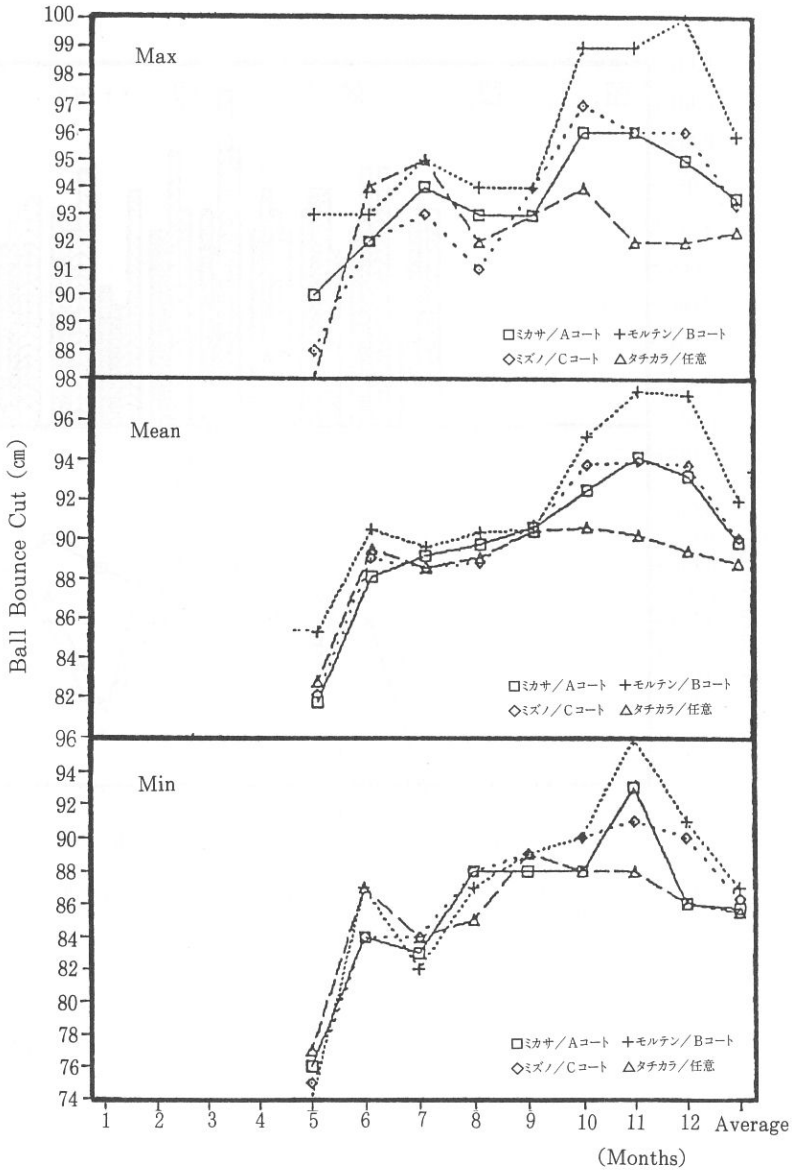
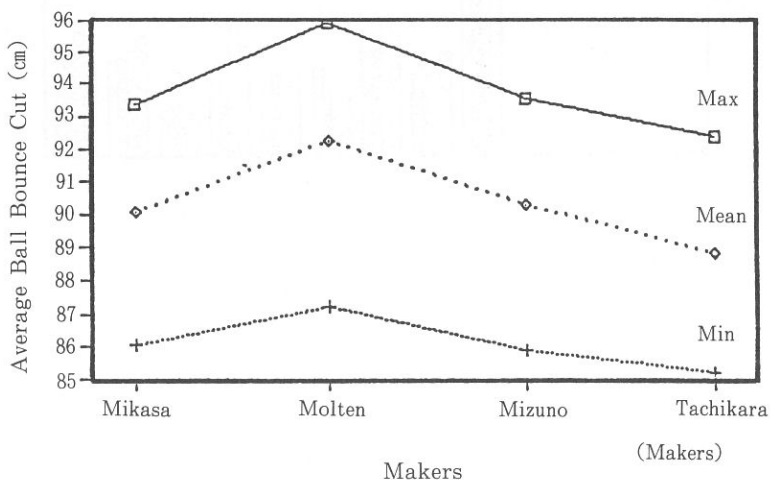


Fig.9 Relation the Ball Bounce (cm) and Measurement Days for 5-12 Months in 1990



**Table 8** The Statistical Analysis Values of the Ball Bounce (cm) for Volleyball Makers in 1990

Performance Item	Measurement Days	Maximum	Minimum	Average	Standard Deviation	Variance
	測定日数(日)	最大値(cm)	最小値(cm)	平均値(cm)	標準偏差	分散
A (Mikasa)	16.250	93.375	86.062	90.086	1.9728	4.5478
B (Molten)	15.812	95.937	87.250	92.251	2.4646	8.0705
C (Mizuno)	15.500	93.562	85.875	90.298	2.2973	6.6716
D (Tachikara)	16.125	92.437	85.187	88.875	2.0433	4.9630
Average	15.922	93.828	86.094	90.378	2.1945	6.0632



**Fig. 10** Relation the Average Ball Bounce (cm) and Volleyball Makers for 5-12 Months in 1990

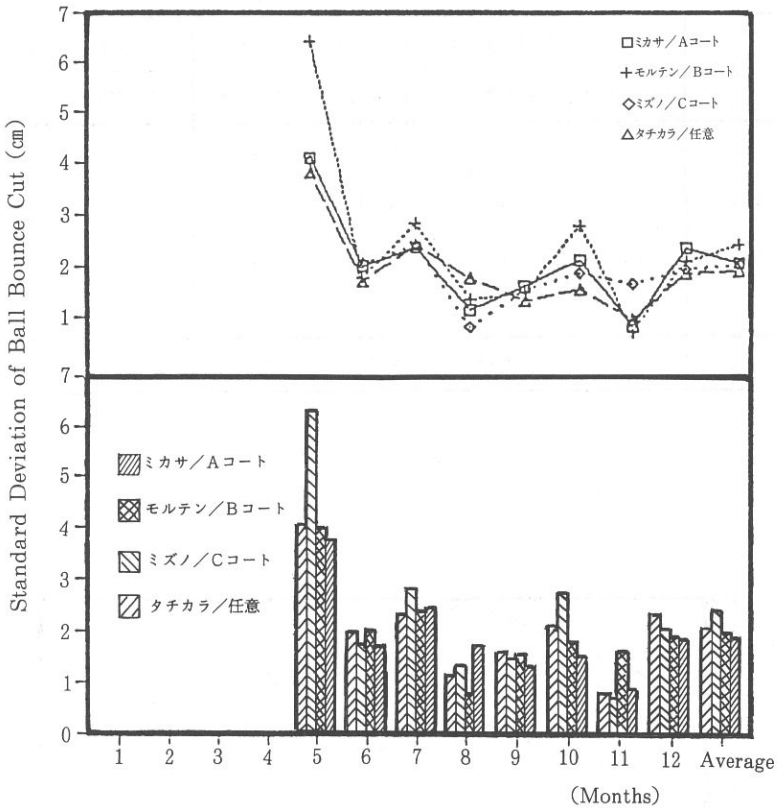


Fig.11 Relation the Standard Deviation of Ball Bounce (cm) and Volleyball Makers for 5-12 Months in 1990

に対して、四大メーカーとの比較を行ったのが**Table 8**である。**Table 8**において、平均測定日数は15.50から16.25日の範囲であり、平均日数は15.92日である。すなわち、月の半分は測定を行ったのである。

この四大メーカーの最大バウンドは92.437から95.937cmである。その最大平均バウンドは93.828cmで、2.238%の誤差範囲内である。また、最小バウンドは85.187から87.250cmの範囲である。その最小平均バウンドは86.094cmで、1.347%の誤差範囲内である。この四大メーカーについて、平均値の範囲は88.875から92.251cmである。その全平均バウンドは90.378cmで、1.99%の範囲である。これらのデータを図示したのが**Fig. 10**である。**Fig. 10**において、四大メーカーの最大値・平均値および最小値の比較を行った。その結果として、モルテン製のバレーボールは最大値・平均値および最小値に関係なく、その範囲では大きい傾向である。その反対の傾向がタチカラ製である。そして、その中間がミカサとミズノ製である。言い換えるならば、モルテン製はバウンドの値が最高であり、タチカラ製は最小値であることがこの実験で認められたのである。次に、標準偏差値は**Table 8**と**Fig. 11**である。**Fig. 11**においては、それぞれの月に対して、標準偏差の値をプロットしたのである。各メーカー間の標準偏差において、バラツキの多い月と少ない月は、それぞれ5月・8月・10月と6月・7月・9月・12月である。以上の事項から各メーカーにおいて、標準偏差のランキングが求められた。全体として、標準偏差の大きい順からメーカーを述べるならば、モルテンが大きく、タチカラが小さく、その中間がミカサとミズノになっている。すなわち、モルテン製のバレーボールは、バウンドも大きく、なお、標準偏差も大きいことが確認された。

#### 4 むすび

この論文では、日本工業標準調査会の体育館用鋼製床下地構成材（JIS A 6519）にしたがって測定を行った。ここでは、試験結果とJISとの比較を行った。その結果、次の試験項目が合格であり、使用には十分であることが確認されたのである。

(A) 鉛直・载荷たわみ(Deflection by Vertical Load)試験において、最大たわみ量(The Maximum Deflection)は、J I Sの20mmであるのに対して試験の結果は8.03mmである。また、最大残留たわみ量(The Maximum Residual Deflection)は、J I Sの1.5mm以下であるのに対して試験の結果は0.59mmである。

(B) 弾力性(Elasticity)試験において、緩衝効果値(Buffer Effect Value, U)は、J I Sの15-40であるのに対して19.5911である。また、弾力性値(Elasticity Value, Y)は、J I Sの最大値(1.378-0.0)と最小値(1.378-0.2)に対して試験結果は0.1564である。

(C) 繰り返し衝撃性(Repeated Shock Resistance)試験は、J I Sでは使用上の有害な破壊・緩みおよび外れの無いことに対して試験結果は十分な性能がある。

(D) 硬さの(Hardness, Gs)試験値は、J I Sでは100であるのに対して試験結果は79.1である。

一方、バレーボールの空気圧試験は、統計処理によって計算された次の四社について行った平均値である。すなわち、次のとおりである。

Mikasa (空気圧: 0.4373kg/cm<sup>2</sup>、標準偏差: 0.0110)

Molten (空気圧: 0.4370kg/cm<sup>2</sup>、標準偏差: 0.0107)

Mizuno (空気圧: 0.4405kg/cm<sup>2</sup>、標準偏差: 0.0167)

Tachikara (空気圧: 0.4405kg/cm<sup>2</sup>、標準偏差: 0.0091)

Average (空気圧: 0.4388kg/cm<sup>2</sup>、標準偏差: 0.0119)

バレーボールの空気圧は、メーカーによって異なるが0.4370から0.4405kg/cm<sup>2</sup>の範囲であることが認められた。また、標準偏差も0.0091から0.0167の範囲である。そして、分散の全平均値はゼロである。

ミカサとモルテン製のバレーボールは空気圧が小さく、標準偏差が大きい特徴がある。これに対して、ミズノとタチカラ製のバレーボールは空気圧は大きく、標準偏差は小さいことが確認された。

バレーボールのバウンド試験は、統計処理によって計算された次の四社について行った平均値である。すなわち、次のとおりである。

Mikasa	(バウンド：90.086cmおよび標準偏差：1.9728)
Molten	(バウンド：92.251cmおよび標準偏差：2.4646)
Mizuno	(バウンド：90.298cmおよび標準偏差：2.2973)
Tachikara	(バウンド：88.875cmおよび標準偏差：2.0433)
Average	(バウンド：90.378cmおよび標準偏差：2.1945)

バレーボールのバウンドは、88.875から92.251の範囲であることが認められた。また、標準偏差も1.9728から2.4646の範囲である。そして、分散の全平均値は6.0632である。モルテン製のバレーボールはバウンドも大きく、標準偏差も大きいことが確認された。一方、タチカラ製のバレーボールは、モルテン製とは反対でバウンドも小さく、標準偏差も小さい値であることが確認された。

## 謝 辞

この論文の作成に当たって、体育館床の資料収集には、アイ建築設計k kの羽田壮治社長を始めとして、東洋建設k kの戸田正雄次長・小島眞所長および三洋工業k k技術研究所の関係各位に多大なるご協力を賜りました。ここに、深く感謝の意を表しますと共にお礼を申し上げます。

尚淑館におけるそれぞれの測定を行なうに当たりご助言・ご鞭撻をいただいた本学教養部教授の高博博士、康祥隆博士および学生部の山本允也先生、また、測定に労をわずらわされた本学体育会バレーボール部の皆様に感謝の意を表します。この論文は本学研究補助金の成果である。

## 参 考 文 献

- (1) 小野栄哲「体育館の床の弾力性に関する研究（その1）」日本建築学会論文報告集 181 p 7-14 (1971)
- (2) 小野栄哲「体育館の床の弾力性に関する研究（その3）」日本建築学会論文報告集 188 p 1-10 (1971)
- (3) 小野栄哲、吉岡昇「体育館の床の弾力性に関する研究（その3）」日本建築学会論文報告集 188 p 9-19 (1974)
- (4) 「体育館用鋼製床下地構成材 J I S A 6519」日本工業標準調査会

(1991)

- (5) 三洋工業 k k 技術研究所「J I S A 6519に基づく試験結果」三洋工業 k k (1986)
- (6) 沢 勳 [THE FORTRAN ] 弘文社 (1988)
- (7) 沢 勳 [ザ・パソコン] 大阪経済法科大学出版部 (1988)
- (8) 沢 勳・富川國広 [THE BASIC] 弘文社 (1988)
- (9) 文部省体育局監修「体育・スポーツ指導実務必携」ぎょうせい (1983)