

国際公認バレーボールの品質管理 (1993年度)

沢 勲 Isao SAWA
黒田 進 Susumu KURODA

(Quality Control of International Recognition Volleyball in 1993)

ABSTRACT

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 (kg/cm²) was:

Mikasa (MAX;0.441, AVG;0.438, MIN;0.430 and STD;0.003),
Molten (MAX;0.446, AVG;0.441, MIN;0.428 and STD;0.004),
Mizuno (MAX;0.440, AVG;0.435, MIN;0.424 and STD;0.005),
Tachikara (MAX;0.449, AVG;0.446, MIN;0.436 and STD;0.003),
Average (MAX;0.444, AVG;0.440, MIN;0.430 and STD;0.004).

On the other hand, each mean value of ball bounce was:

Mikasa (MAX;97.000, AVG;96.011, MIN;94.500, STD;0.686),
Molten (MAX;97.366, AVG;95.464, MIN;93.958, STD;1.263),
Mizuno (MAX;97.357, AVG;94.187, MIN;92.833, STD;1.153),
Tachikara (MAX;97.400, AVG;96.267, MIN;93.167, STD;1.548),
Average (MAX;97.531, AVG;95.482, MIN;93.615, STD;1.163).

Key words: *Quality Control of Volleyball, air pressure, ball bounce*

[*The Review of Osaka University of Economics and Law*, 73 (1999), p. 1-28]
大阪経済法科大学論集 第73号

1 はじめに

大阪経済法科大学総合体育館(尚淑館)は、1989年に竣工された。この体育館におけるバレーボールの空気圧とバウンド特性は、1990年から1993年にわたって研究を行った¹⁻³⁾。運動競技施設である体育館アリーナの床は、激しい動作のため特定の場所において部分的な変形が生じる可能性が予想できる。一部の床材は、繰り返しの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²⁾。そのため、体育館アリーナにおける床の材質は、運動競技者にとって安全性や信頼性向上のため力学的な特性が要求される¹⁻³⁾。この論文では、その力学的性能に関する諸問題とバレーボールの諸特性を明らかにすることが目的である。

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処理を行った。バレーボールの四大メーカーは、ミカサ社(Mikasa)・モルテン社(Molten)・ミズノ社(Mizuno)およびタチカラ社(Tachikara)である^{2,3)}。

各メーカーにおける平均の空気圧(kg/cm²)は、次のとおりである。

ミカサ (最大; 0.441, 平均; 0.438, 最小; 0.430, 標準偏差; 0.003)

モルテン (最大; 0.446, 平均; 0.441, 最小; 0.428, 標準偏差; 0.004)

ミズノ (最大; 0.440, 平均; 0.435, 最小; 0.424, 標準偏差; 0.005)

タチカラ (最大; 0.449, 平均; 0.446, 最小; 0.436, 標準偏差; 0.003)

全平均 (最大; 0.444, 平均; 0.440, 最小; 0.430, 標準偏差; 0.004)

四社平均値は、1990年では0.439kg/cm²、1991年では0.440kg/cm²、1992年では0.443kg/cm²および1993年では0.440kg/cm²である。各メーカー間の平均値には、±0.002kg/cm²という非常に小さい範囲内で分布していることが認められた。この4年間の空気圧に関する統計として、最大値(MAX)は0.448kg/cm²、平均値(AVG)は0.441kg/cm²、最小値(MIN)は0.423kg/cm²、標準偏差(STD)は0.008kg/cm²である。

各メーカーにおける平均のバウンド特性(高さ150cmから落下させた時の跳ね返りの高さ)は、次のとおりである。

ミカサ (最大;97.000, 平均;96.011, 最小;94.500, 標準偏差;0.686),
モルテン (最大;97.366, 平均;95.464, 最小;93.958, 標準偏差;1.263),
ミズノ (最大;97.357, 平均;94.187, 最小;92.833, 標準偏差;1.153),
タチカラ (最大;97.400, 平均;96.267, 最小;93.167, 標準偏差;1.548),
全平均 (最大;97.531, 平均;95.482, 最小;93.615, 標準偏差;1.163)。

四社平均値は、1990年では90.378cm、1991年では93.475cm、1992年では96.421cmおよび1993年では95.482cmである。各メーカー間の平均値には、 ± 3.00 cmという範囲内で分布していることが認められた。したがって、この4年間のバウンド特性に関する統計として、最大値 (MAX) は97.282cm、平均値 (AVG) は93.939cm、最小値 (MIN) は90.139cm、標準偏差 (STD) は2.053 cmおよび分散 (VAR) は5.231cmである。

最後に、1993年における空気圧の範囲は0.424 (ミズノ) \sim 0.449 (タチカラ) kg/cm^2 で、その差は0.025 kg/cm^2 である。また、バウンド特性の範囲は92.833 (ミズノ) \sim 98.400 (タチカラ) cmで、その差は5.567cmである。空気圧とバウンド特性との関係として、全体として測定誤差が小さいため一定の相関性は得られなかった。が、各メーカーの特徴と傾向がある。

2 試験方法と試験結果

2.1 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社・モルテン社・ミズノ社およびタチカラ社の四社製である。特に、多く用いられているのはミカサ社とモルテン社製である。アリーナに用いられている床材は、第一級の桜材である。この床で使用されているバレーボールの空気圧は、1996年度大阪府バレーボール男女選手権大会におけるルールブック (適用ルール第3条第1項) によると、ボール内気圧は300 \sim 325 g/cm^2 である。審判規則委員会では310 g/cm^2 で統一している。

1996年7月にアトランタ市で開かれた、国際連盟第25回総会の報告（豊田博）によると、ボールの内圧を低くする：男女共に $0.30\sim 0.325\text{kgw}/\text{cm}^2$ で、現行の $0.40\sim 0.5\text{kgw}/\text{cm}^2$ を約25%低くする日本側に事項があった。

測定期間は、1993年1月～1993年12月である。

測定方法は、国際バレーボール連盟規定（第3条第1項）に準ずる。

測定機器は、モルテン社製のボール空気圧計測器（9711354）。

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。

ミカサ社製のボールは、 体育館アリーナの東側（Aコート）、
モルテン社製のボールは、体育館アリーナの中央（Bコート）、
ミズノ社製のボールは、 体育館アリーナの西側（Cコート）、
タチカラ社製のボールは、体育館アリーナの任意地点（任意場所）である。

バレーボールの空気圧についての統計的分析値は、**Table 1**のとおりである。**Table 1**では、各月別に対して月間測定日数・最大値・最小値・平均値・標準偏差および分散を表示した。この**Table 1**におけるデータをグラフ化したのが、**Fig. 1**（X軸ラベルの線グラフ）と**Fig. 2**（データラベルのレーダーグラフ）である。ここで、**Fig. 1**は1月～12月間をX軸とし、空気圧をY軸として、各メーカーを比較した線グラフである。一方**Fig. 2**は1月～12月間について各メーカーとの比較を行ったのが空気圧レーダーグラフである。四社における表示は、ミカサ社（□表示）・モルテン社（+表示）・ミズノ社（◇表示）およびタチカラ社の製品（△表示）である。

2.2 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、重量は260～280gである。これらのボールに対してバウンド試験を行った。測定方法は、高さ（150cm）の位置から垂直に落下させて、バウンドを行った時の高さを測定した。

Table 1 The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg/cm²) for Volleyball in 1993

空気圧 (kg/cm ²)					空気圧 (kg/cm ²)			
Aコート	Bコート	Cコート	Dコート		Aコート	Bコート	Cコート	Dコート
1 月					7 月			
13	13	13	13	月間測定日数	3	3	3	3
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.42	0.42	0.40	0.44	最小値	0.43	0.44	0.42	0.43
0.440	0.445	0.436	0.449	平均	0.440	0.443	0.436	0.436
0.010	0.010	0.019	0.002	標準偏差	0.008	0.004	0.012	0.009
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
2 月					8 月			
15	15	15	15	月間測定日数	6	6	6	6
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.42	0.43	0.40	0.44	最小値	0.43	0.44	0.43	0.44
0.440	0.445	0.431	0.447	平均	0.438	0.444	0.436	0.448
0.010	0.007	0.018	0.004	標準偏差	0.008	0.004	0.009	0.003
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
3 月					9 月			
15	15	15	15	月間測定日数	10	10	10	10
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.41	0.44	0.40	0.44	最小値	0.40	0.42	0.43	0.43
0.437	0.446	0.428	0.448	平均	0.439	0.442	0.440	0.447
0.014	0.040	0.020	0.003	標準偏差	0.014	0.009	0.007	0.006
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
4 月					10 月			
10	10	10	10	月間測定日数	18	18	18	18
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.40	0.43	0.40	0.43	最小値	0.40	0.43	0.42	0.44
0.430	0.444	0.424	0.447	平均	0.438	0.439	0.439	0.448
0.017	0.006	0.021	0.005	標準偏差	0.013	0.008	0.009	0.003
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
5 月					11 月			
10	10	10	10	月間測定日数	12	12	12	12
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.42	0.40	0.40	0.44	最小値	0.42	0.42	0.42	0.43
0.441	0.439	0.434	0.447	平均	0.440	0.439	0.436	0.445
0.011	0.015	0.020	0.004	標準偏差	0.010	0.009	0.011	0.006
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
6 月					12 月			
8	8	8	8	月間測定日数	12	12	12	12
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.40	0.40	0.40	0.40	最小値	0.42	0.41	0.42	0.43
0.440	0.428	0.438	0.443	平均	0.436	0.433	0.437	0.444
0.016	0.023	0.016	0.016	標準偏差	0.011	0.012	0.010	0.007
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000

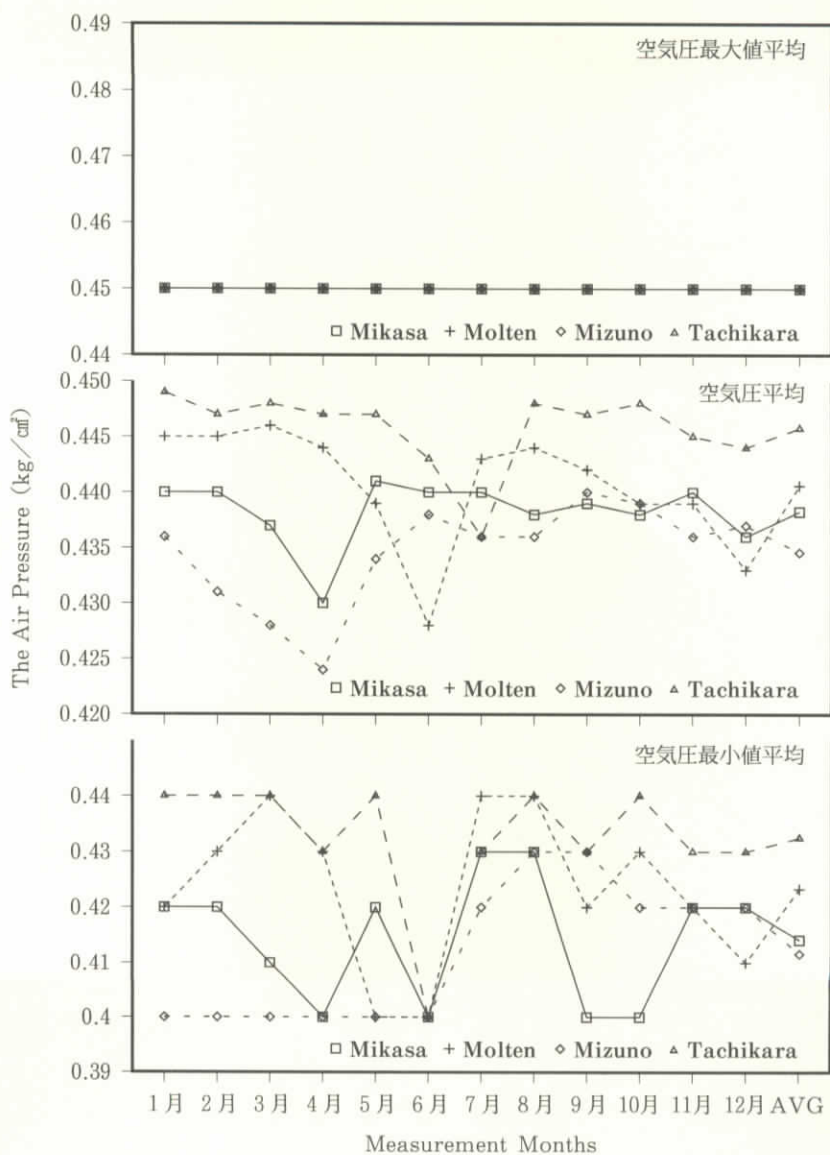


Fig.1 Relation between the Air Pressure (kg/cm²) and 1-12 Months in 1993

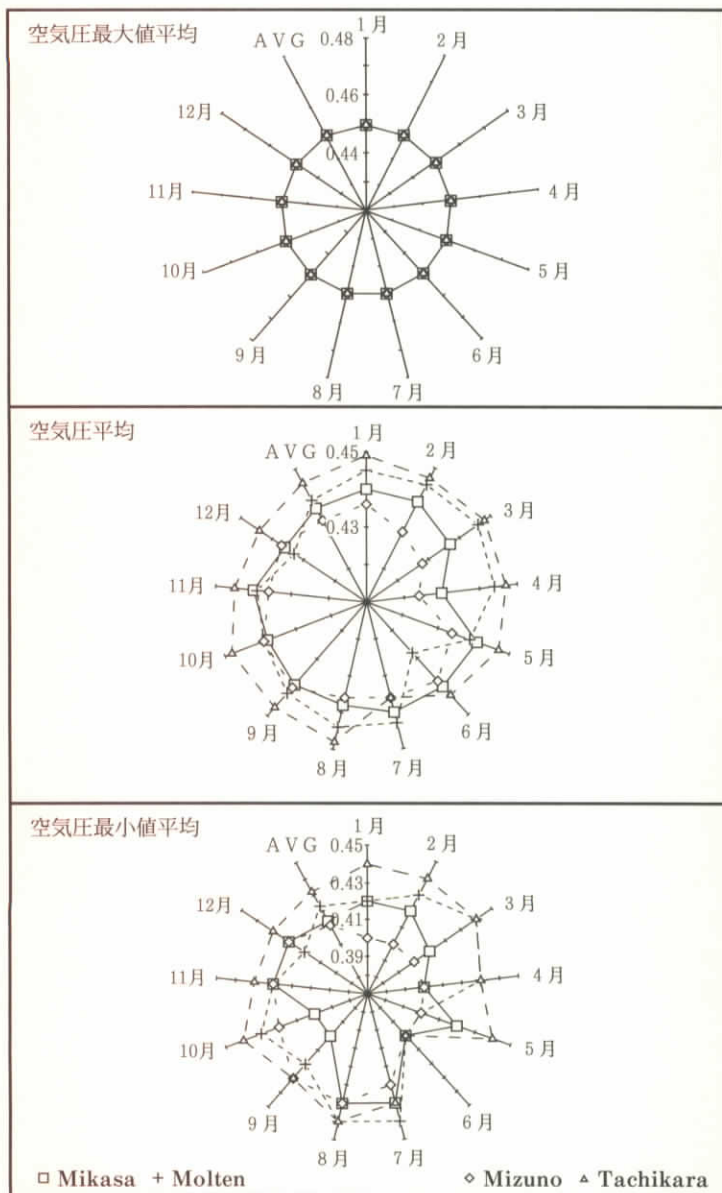


Fig.2 The Radar Chart for the Air Pressure (kg/cm²) and 1-12 Months in 1993

Table 2 The Statistical Analysis Values of the Ball Bounce (cm) for Volleyball in 1993

バウンド (cm)					バウンド (cm)			
Aコート	Bコート	Cコート	Dコート		Aコート	Bコート	Cコート	Dコート
1 月					7 月			
13	13	13	13	月間測定日数	3	3	3	3
98.5	99.0	97.0	100.5	最大値	98.0	95.0	94.0	94.0
93.5	90.0	90.5	90.5	最小値	92.0	93.5	92.5	92.0
95.615	95.308	94.462	96.885	平均	94.500	94.500	93.167	93.167
1.623	2.196	2.042	2.496	標準偏差	2.560	0.707	0.644	0.859
2.645	4.822	4.172	6.254	分散	6.556	0.556	0.444	0.889
2 月					8 月			
15	15	15	15	月間測定日数	6	6	6	6
99.0	98.5	97.0	100.0	最大値	98.0	95.0	93.5	95.5
92.5	94.5	90.0	95.5	最小値	96.0	93.0	92.0	94.0
96.567	97.067	94.500	97.767	平均	97.000	94.250	92.833	94.333
1.883	1.081	2.136	1.135	標準偏差	0.788	0.827	0.530	0.568
3.551	1.178	4.573	1.311	分散	0.722	0.792	0.306	0.361
3 月					9 月			
15	15	15	15	月間測定日数	10	10	10	10
98.0	99.0	96.5	100.5	最大値	98.0	96.0	94.5	96.0
94.0	95.5	92.5	97.0	最小値	95.5	93.5	92.0	93.5
96.000	97.366	94.566	98.400	平均	96.800	94.700	93.450	94.800
1.232	0.976	1.331	0.934	標準偏差	1.017	0.818	0.803	0.711
1.529	0.964	1.778	0.889	分散	1.070	0.670	0.645	0.510
4 月					10 月			
14	14	14	14	月間測定日数	18	18	18	18
99.0	99.5	97.0	99.5	最大値	98.0	96.0	97.5	98.0
92.5	95.0	91.0	94.5	最小値	93.5	92.5	92.0	94.0
96.179	97.214	94.357	97.571	平均	96.389	94.583	94.500	96.583
1.683	1.380	1.560	1.442	標準偏差	1.145	1.034	1.568	1.103
2.860	1.908	2.434	2.092	分散	1.321	1.069	2.460	1.316
5 月					11 月			
10	10	10	10	月間測定日数	13	13	13	13
99.5	98.5	97.0	100.0	最大値	98.5	96.5	97.5	99.0
93.0	95.5	89.5	96.0	最小値	92.5	91.5	92.5	94.5
95.750	96.550	93.500	97.750	平均	96.462	94.192	94.885	96.962
2.000	0.933	2.532	1.218	標準偏差	1.733	1.434	1.524	1.353
4.025	0.925	6.410	1.585	分散	3.041	2.077	2.331	1.959
6 月					12 月			
8	8	8	8	月間測定日数	12	12	12	12
98.0	98.0	94.0	96.5	最大値	98.0	96.5	96.0	98.0
91.0	91.0	92.0	91.0	最小値	92.0	90.5	91.5	93.0
95.750	94.875	93.188	95.063	平均	95.125	93.958	93.833	95.917
2.062	1.948	0.782	1.603	標準偏差	1.786	1.874	1.258	1.409
4.250	3.797	0.617	2.586	分散	3.191	3.524	1.632	1.986

Table 3 The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg/cm²) for Volleyball Makers in 1993

1993年	Mikasa	Molten	Mizuno	Tachikara	A V G
1月	0.440	0.445	0.436	0.449	0.443
2月	0.440	0.445	0.431	0.447	0.441
3月	0.437	0.446	0.428	0.448	0.440
4月	0.430	0.444	0.424	0.447	0.436
5月	0.441	0.439	0.434	0.447	0.440
6月	0.440	0.428	0.438	0.443	0.437
7月	0.440	0.443	0.436	0.436	0.439
8月	0.438	0.444	0.438	0.448	0.442
9月	0.439	0.442	0.440	0.447	0.442
10月	0.438	0.439	0.439	0.448	0.441
11月	0.440	0.439	0.436	0.445	0.440
12月	0.436	0.433	0.437	0.444	0.438
A V G	0.438	0.441	0.435	0.446	0.440
M A X	0.441	0.446	0.440	0.449	0.444
M I N	0.430	0.428	0.424	0.436	0.430
S T D	0.003	0.005	0.005	0.003	0.004
V A R	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

測定期間は、1993年1月～1993年12月である。

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。

ミカサ社製のボールは、 体育館アリーナの東側 (Aコート)、

モルテン社製のボールは、体育館アリーナの中央 (Bコート)、

ミズノ社製のボールは、 体育館アリーナの西側 (Cコート)、

タチカラ社製のボールは、体育館アリーナの任意地点 (任意場所) である。

バレーボールのパウンド特性に関する統計的な分析値は、**Table 3**のとおりである。**Table 3**では、各月別に対して月間測定日数・最大値・最小値・平均

値・標準偏差および分散を表示した。このTable 3におけるデータをグラフ化したのが、Fig. 3 (X軸ラベルの線グラフ) とFig. 4 (データラベルのレーダーグラフ) である。ここで、Fig. 3は1月～12月間をX軸とし、空気圧をY軸として、各メーカーを比較した線グラフである。一方Fig. 4は1月～12月間について各メーカーとの比較を行った空気圧レーダーグラフである。四社における表示は、ミカサ社 (□表示)・モルテン社 (+表示)・ミズノ社 (◇表示) およびタチカラ社の製品 (△表示) である。

3 検 討

3.1 空気圧の検討

空気圧の規定は $0.41\sim 0.45\text{kg}/\text{cm}^2$ の範囲である。報告者はこの規定に合格しているかどうかの比較を行うため、本学体育館アリーナにおいてバレーボールの空気圧を測定した。測定の目的はバレーボールの四大メーカー (ミカサ社・モルテン社・ミズノ社およびタチカラ社の製品) 間の相違点や月別変化の状態を比較する目的である。さらに、日本のバレーボール製造会社のデータを知ることによって、世界との水準を知るための大きな目的がある。そのために、この四大メーカーの空気圧に関する月間測定日数・最大値・平均値・最小値・標準偏差および分散を表示したのがTable 1である。このTable 1に対して月別の変化をプロットしたのが、Fig. 1の線グラフである。

Fig. 1の上段は、各メーカーの最大空気圧に対する月別変化をプロットした線グラフである。四大メーカーの最大空気圧の平均は $0.444\text{kg}/\text{cm}^2$ で、規定の上限とほぼ同じ値で、四大メーカー共に一定である。Fig. 2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レーダーグラフである。四大メーカーの最大空気圧は、それぞれが円形状になっていることが明白に理解できる。すなわち、どのメーカーもバラツキが無いことが認められた。これは、1991年の傾向と類似している。

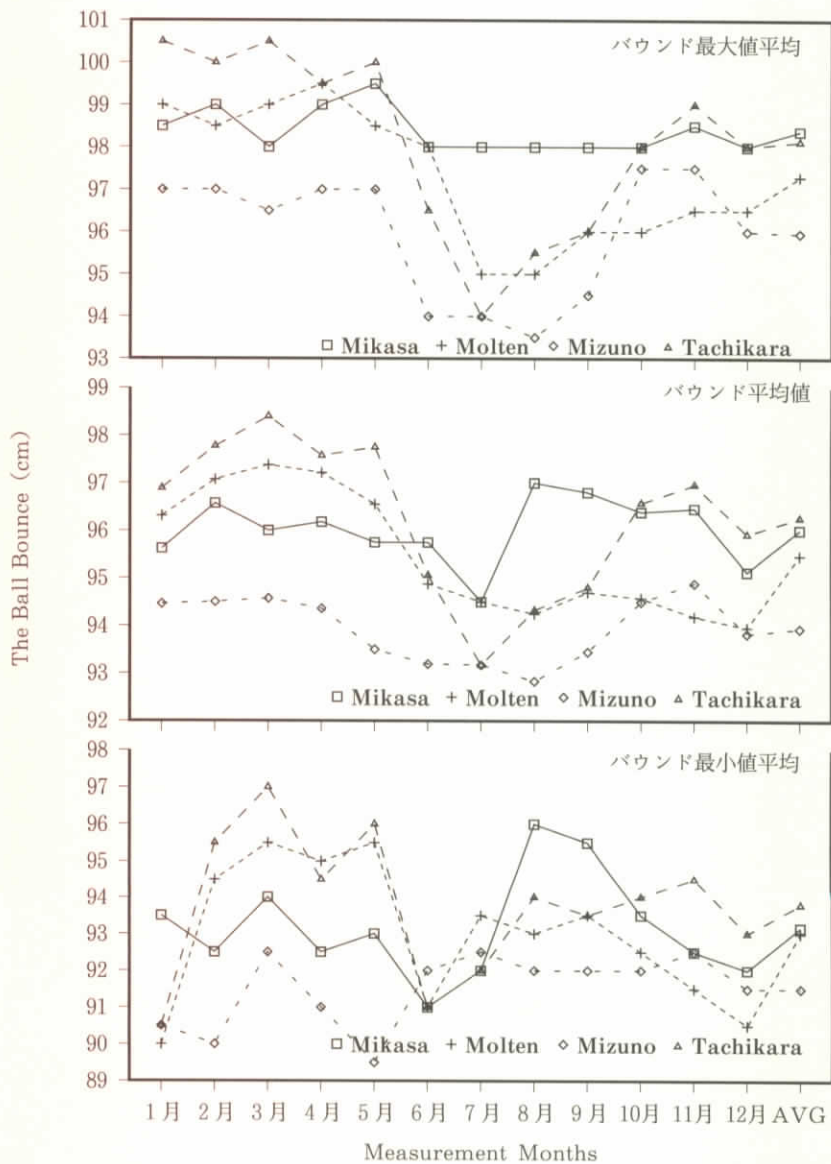


Fig.3 Relation between the Ball Bounce (cm) and 1-12 Months in 1993

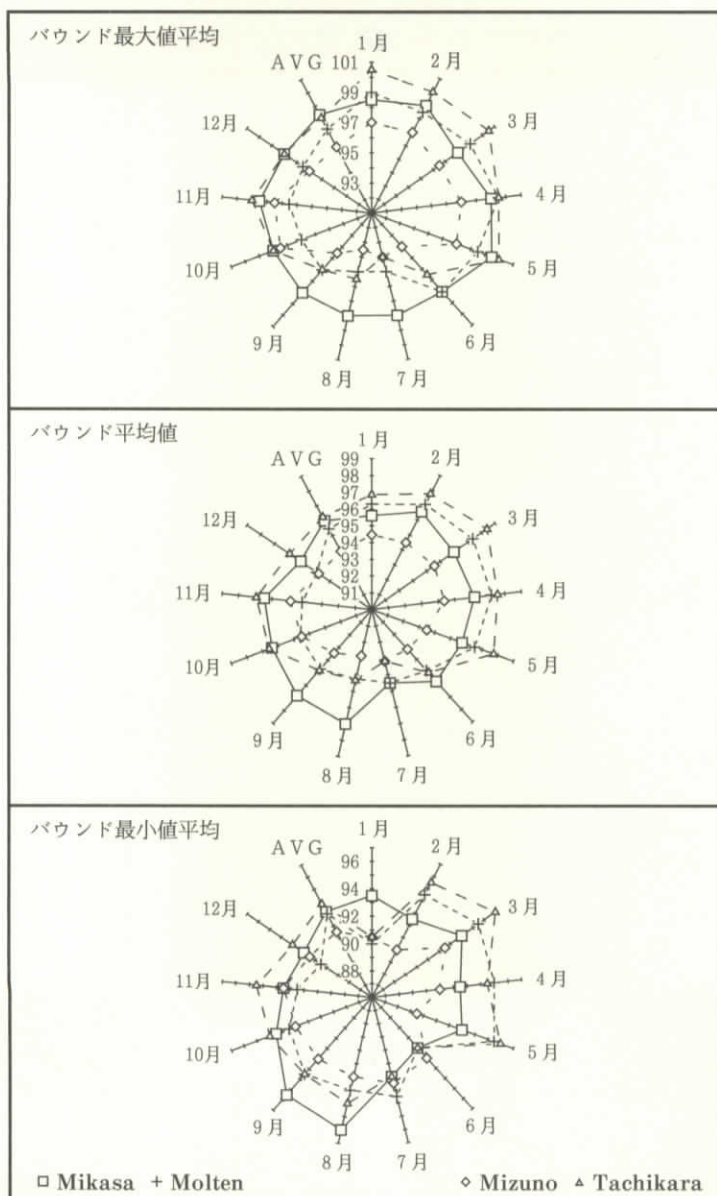


Fig.4 The Radar Chart for the Ball Bounce (cm) and 1-12 Months in 1993

*Fig. 1*の中段は、各メーカー平均空気圧に対する月別変化をプロットした線グラフである。四大メーカーの平均空気圧の範囲は $0.424 \sim 0.446 \text{ kg/cm}^2$ で、全平均値は 0.440 kg/cm^2 である。1月から4月になるにつれミカサとミズノは極端に減少し、モルテンとタチカラはゆるやかに減少している。それから別々に増大している。それから8月から12月になるにつれ、モルテンは急に減少し、その外はゆるやかな減少の傾向である。*Fig. 2*の中段は、各メーカーの平均空気圧に対する月別変化を円グラフでプロットした。四大メーカーの中で最大空気圧はタチカラである。1～5月と10～12月の5ヶ月間のミズノは最小空気圧である。ミカサとモルテンはその中間である。ただし6と7月はそれぞれのメーカーは異常データである。各メーカー間においてバラツキの小さい月は1～3月と8～12月の8ヶ月間である。夏の季節を基準にして、その前後の差異が明白に認められた。1991年と1992年より円形に近い形である。

*Fig. 1*の下段は、各メーカー最小空気圧に対する月別変化をプロットした線グラフである。四大メーカー平均空気圧の範囲は $0.400 \sim 0.44 \text{ kg/cm}^2$ で、全平均値は 0.430 kg/cm^2 である。1月から6月になるにつれタチカラは減少の傾向であり、ミズノはほぼ同じく 0.400 kg/cm^2 で、ミカサとモルテンはその中間の範囲である。8月から12月間には、タチカラが大きく、ミカサはその逆である。*Fig. 2*の下段は、各メーカー最小空気圧に対する月別変化を円グラフでプロットしたものである。四大メーカーの中で最大空気圧は、タチカラである。ただし6月はそれぞれのメーカーは共に小さいデータである。1991年と1992年のデータは、それぞれ円に近い状態であるのに、1993年のバラツキが多いことが認められた。

3.2 月別平均空気圧の並べ替え

この12ヶ月間の最大値・平均値・最小値・標準偏差および分散を表示したのがTable 3である。このTable 3から各メーカーの月別平均空気圧を並べ替えることによって、各季節や各月の傾向と特徴が確認できる可能性がある。ここでは、各メーカーの検討を行った。

a. ミカサ社の製品

空気圧の小さい値から大きい順に並べ替えると、比較的に小さい空気圧の月としては4月が小さく、それから12・3・8月の順にしたがって大きい。さらに大きい月は1・2・6・7・11・5月である。最小と最大空気圧の月は、それぞれ4月と5月である。この12ヶ月間のデータは、最大値（0.441kg/cm²）・平均値（0.438kg/cm²）・最小値（0.430kg/cm²）・標準偏差（0.003kg/cm²）および分散（0.000kg/cm²）である。

b. モルテン社の製品

空気圧の小さい値から大きい順に並べ替えると、比較的に小さい空気圧の月としては6と12月が小さく、それから大きいのは5・10・11月である。さらに大きい月は、1・2・3月である。最小と最大空気圧の月は、それぞれ6月と3月である。この12ヶ月間のデータは、最大値（0.446kg/cm²）・平均値（0.441kg/cm²）・最小値（0.428kg/cm²）・標準偏差（0.005kg/cm²）および分散（0.000kg/cm²）である。

c. ミズノ社の製品

空気圧の小さい値から大きい順に並べ替えると、比較的に小さい空気圧の月としては4・3月が小さく、それから2・5月の順にしたがって大きい。さらに大きい月は、10・9月である。最小と最大空気圧の月は、それぞれ4月と9月である。この12ヶ月間の統計分析のデータは、最大値（0.440cm²）・平均値（0.435kg/cm²）・最小値（0.424kg/cm²）・標準偏差（0.005kg/cm²）および分散（0.000kg/cm²）である。

d. タチカラ社の製品

空気圧の小さい値から大きい順に並べ替えると、比較的に小さい空気圧の月としては3・2・1月が小さく、それから4・6・12月の順にしたがって大きい。さらに大きい月は、10・8・9月である。最小と最大空気圧の月は、それぞれ3月と9月である。この12ヶ月間のデータは、最大値（0.449cm²）・平均値

Table 4 The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg/cm²) for Volleyball Makers in 1993

Makers	MAX	AVG	MIN	STD	VAR
A (Mikasa) '90	0.450	0.437	0.417	0.011	0.000
B (Molten) '90	0.450	0.437	0.417	0.011	0.000
C (Mizuno) '90	0.450	0.441	0.420	0.017	0.000
D (Tachik) '90	0.450	0.441	0.419	0.009	0.000
AVG ('90)	0.450	0.439	0.418	0.012	0.000
A (Mikasa) '91	0.450	0.439	0.418	0.011	0.000
B (Molten) '91	0.450	0.442	0.408	0.013	0.000
C (Mizuno) '91	0.453	0.441	0.408	0.015	0.000
D (Tachik) '91	0.450	0.439	0.411	0.013	0.000
AVG ('91)	0.451	0.440	0.411	0.013	0.000
A (Mikasa) '92	0.448	0.443	0.437	0.003	0.000
B (Molten) '92	0.448	0.443	0.433	0.004	0.000
C (Mizuno) '92	0.448	0.441	0.432	0.005	0.000
D (Tachik) '92	0.449	0.445	0.437	0.003	0.000
AVG ('92)	0.448	0.443	0.435	0.004	0.000
A (Mikasa) '93	0.441	0.438	0.430	0.003	0.000
B (Molten) '93	0.446	0.441	0.428	0.004	0.000
C (Mizuno) '93	0.440	0.435	0.424	0.005	0.000
D (Tachik) '93	0.449	0.446	0.436	0.003	0.000
AVG ('93)	0.444	0.440	0.430	0.004	0.000
TOTAL AVG	0.448	0.441	0.423	0.008	0.000

(0.446kg/cm²)・最小値 (0.436kg/cm²)・標準偏差 (0.003kg/cm²) および分散 (0.000kg/cm²) である。

3.3 空気圧の年度比較

この12ヶ月間の全平均から年別に関する平均値を表示したのが、**Table 4**である。**Table 4**において、上段、中段および下段は、それぞれ測定年の'90、'91、'92および'93年における最大値、平均値、最小値、標準偏差および分散値

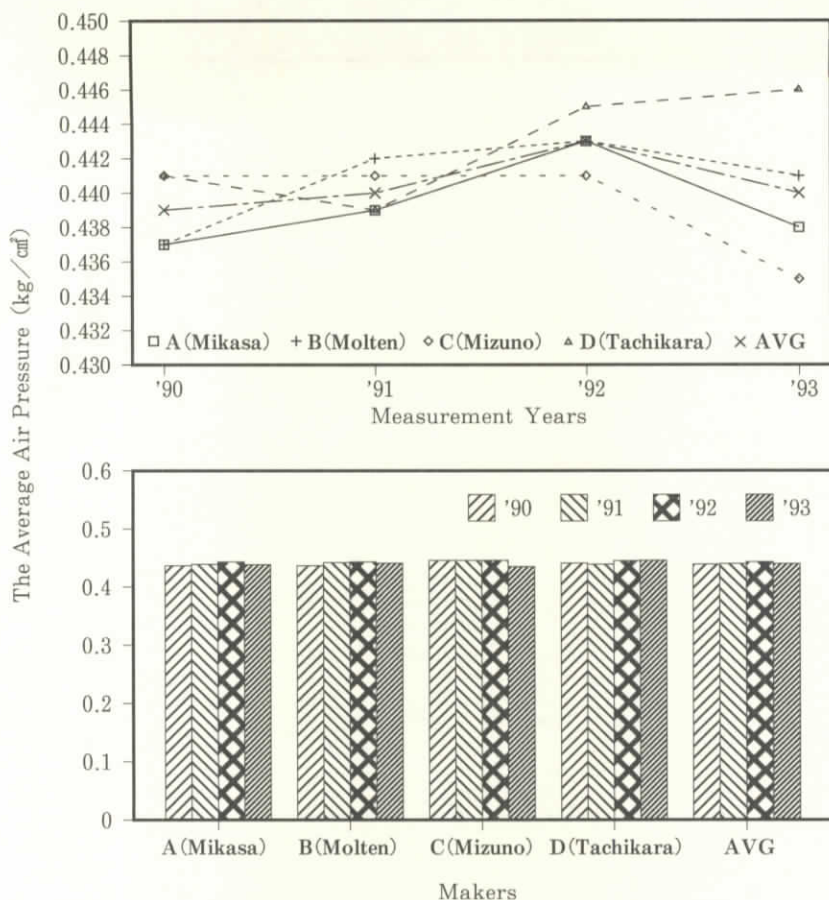


Fig.5 Relation between the Average Air Pressure (kg/cm²) and Volleyball Makers for 1-12 Months in 1990, 1991, 1992 and 1993

である。この12ヶ月間における全平均から年別の平均値を表示したのが、Fig. 5である。Fig. 5において、上段は測定年と空気圧との関係をX軸ラベルで表示した線グラフで、下段は各メーカーと空気圧との関係をX軸ラベルで表示した棒グラフである。このFig. 5から各メーカーにおける全平均空気圧を1990年、1991年、1992年および1993年について比較した。

a. ミカサ社の製品

この4年間（'90・'91・'92および'93）の全平均値は、最大値（0.450・0.450・0.448および0.441kg/cm²）・平均値（0.437・0.439・0.443および0.438kg/cm²）・最小値（0.417・0.418・0.437および0.430kg/cm²）および標準偏差（0.011・0.011・0.003および0.003kg/cm²）である。ここで、最大値は年々わずかに小さく、平均値はわずかに大きい傾向である。ミカサの平均空気圧は、1990年から1992年に進むにつれ増大し、それから減少している。

b. モルテン社の製品

この4年間（'90・'91・'92および'93）の全平均値は、最大値（0.450・0.450・0.448および0.446kg/cm²）・平均値（0.437・0.442・0.443および0.441kg/cm²）・最小値（0.417・0.408・0.433および0.428kg/cm²）および標準偏差（0.011・0.013・0.004および0.004kg/cm²）である。ここで、最大値は年々わずかに小さくなり、平均値は'90から'92迄はわずかに大きい値になり、'93年には小さくなっている。モルテンの平均空気圧は、ミカサと同様に1990年から1992年に進むにつれ増大し、それから減少している。

c. ミズノ社の製品

この4年間（'90・'91・'92および'93）の全平均値は、最大値（0.450・0.453・0.448および0.440kg/cm²）・平均値（0.441・0.441・0.441および0.435kg/cm²）・最小値（0.420・0.408・0.432および0.424kg/cm²）および標準偏差（0.017・0.015・0.005および0.005kg/cm²）である。ここで、最大値は'91を除くと年々わずかに小さく、平均値は年々わずかに大きい傾向である。ミズノの平均空気圧は、1990年から1993年に進むにつれ減少の傾向である。

d. タチカラ社の製品

この4年間（'90・'91・'92および'93）の全平均値は、最大値（0.450・0.450・0.449および0.449kg/cm²）・平均値（0.441・0.439・0.445および0.446kg/cm²）・最小値（0.419・0.411・0.437および0.436kg/cm²）および標準偏差（0.009・0.

013・0.003および0.003kg/cm³）である。ここで、最大値は年々わずかに小さく、測定誤差の範囲内ではほぼ同様である。タチカラの平均空気圧は、1990年から1991年に進むにつれ減少し、それから増大の傾向である。

e. 各社製品に対する年度の比較

Fig. 5の下段は各メーカーと平均空気圧との関係を表示した棒グラフである。1990年のミカサとモルテンの平均空気圧は同様に小さく、ミズノとタチカラは共に前者より0.004kg/cm³大きい。1991年のミカサとタチカラの平均空気圧は同様に小さく、前者よりわずかに小さい。1992年のミカサとモルテンの平均空気圧は共に最小値で、ミズノより大きく、タチカラより小さい。1993年のミカサの平均空気圧は共に最小値で、ミズノより大きく、モルテンとタチカラより小さい。年別に区分すれば、1990年から1993年までは一応に増大し、それからわずかに減少している傾向である。

3.4 バウンド特性の検討

バレーボールのバウンド特性について、本学体育館アリーナにおいて測定を行った。バウンド特性の基準は特に規定がない。バウンド特性の測定は、バレーボールの四大メーカー（ミカサ社・モルテン社・ミズノ社およびタチカラ社）間の相違点や月別変化の状態を比較・検討する目的である。そのために、四大メーカーの製品のバウンド特性に関する月間測定日数・最大値・平均値・最小値・標準偏差および分散のデータを表示したのが、Table 2である。Table 2に対して月別の変化をプロットしたものが、Fig. 3である。

Fig. 3の上段は、各メーカーにおける平均バウンドに対する月別変化をプロットした。この平均バウンドの範囲は、93～101cmの範囲内である。1月から5月に経過するにつれ、ミカサとモルテンはわずかに増大し、ミズノはほぼ同様で、タチカラは減少の傾向である。それから7月から12月までは、ミカサは大体同じバウンド特性で、モルテンは増大の傾向であり、ミズノとタチカラは増大の傾向から年末になると減少している。Fig. 4の上段は、各メーカーの最大バウンドに対する月別変化をレーダーグラフでプロットしたものである。四大

メーカー最大バウンドは、ほぼ円形状に近い形になっている。すなわち、1月と3月および7～9月間では、各メーカー間におけるバウンド特性は、大きいバラツキであることが認められた。この1月と9月は'91と'92と同様に大きいバラツキである。

*Fig. 3*の中段は、各メーカーの平均バウンドに対する月別変化をプロットしたものである。この平均バウンドの範囲は、92～99cmの範囲内である。1月から7月に経過するにつれ、ミカサ・モルテンおよびタチカラは前半の月には増大し後半になると減少の傾向である。7月から12月に経過するにつれ、四社は共に前半の月には増大し年末になると減少の傾向である。*Fig. 4*の中段は、各メーカーの最大バウンドに対する月別変化をレーダーグラフでプロットしたものである。四大メーカーの平均バウンドは、ほぼ楕円形状に近い形である。すなわち2月と3月および8～9月間では、各メーカー間には大きいバラツキである。4月と3月および6～7月間では、その逆である。

*Fig. 3*の下段は、各メーカーの最小バウンドに対する月別変化をプロットしたものである。この平均バウンドの範囲は、89～97cmの範囲内である。1月から6月に経過するにつれ、モルテンとタチカラは前半の月には増大し後半になると減少の傾向であり、ミカサは減少の傾向である。6月から12月に経過するにつれ、ミカサは共に前半の月には急に増大し年末になると漸次に減少し、ミズノは前半の月には緩やかに増大し年末になると漸次に減少している。*Fig. 4*の下段は、各メーカーの最小バウンドに対する月別の変化をレーダーグラフでプロットしたものである。四大メーカーの平均バウンドは、ほぼ楕円形状に近い形である。すなわち、2～5月間では、各メーカー間に大きいバラツキであり、6～7月間では、その逆である。

3.5 バウンド特性の並べ替え

この12ヶ月間における最大値・平均値・最小値・標準偏差および分散を表示したのが、*Table 5*である。この*Table 5*から各メーカーにおける月別平均バウ

Table 5 The Statistical Analysis Values of the Ball Bounce (cm) for Volleyball Makers in 1993

1993年	Mikasa	Molten	Mizuno	Tachikara	AVG
1月	95.615	96.308	94.462	96.885	95.818
2月	96.567	97.067	94.500	97.767	96.475
3月	96.000	97.366	94.566	98.400	96.583
4月	96.179	97.214	97.357	97.571	97.080
5月	95.750	96.550	93.500	97.750	95.888
6月	95.750	84.875	93.188	95.063	94.719
7月	94.500	94.500	93.167	93.167	93.834
8月	97.000	94.250	92.833	94.333	94.604
9月	96.800	94.700	93.450	94.800	94.838
10月	96.389	94.583	94.500	96.583	95.514
11月	96.462	94.192	94.885	96.962	95.625
12月	95.125	93.958	93.833	95.917	94.708
AVG	96.011	95.464	94.187	96.267	95.482
MAX	97.000	97.366	97.357	98.400	97.531
MIN	94.500	93.958	92.833	93.167	93.615
STD	0.686	1.263	1.153	1.548	1.163
VAR	0.470	1.595	1.330	2.395	1.448

ンド特性を並べ替えることによって、各季節や各月の傾向と特徴が確認できる。ここでは各メーカーの傾向を検討した。

a. ミカサ社の製品

バウンド特性の小さい値から大きい順に並べ替えると、最小バウンド特性の月は7・12・1月の順である。これに対して、大きいバウンド特性は、2・3・9・8月の順である。その中で最小と最大のバウンド特性は7月と8月である。この12ヶ月間における統計分析データは、最大値 (97.000cm)・平均値 (96.011cm)・最小値 (94.500cm)・標準偏差 (0.686cm) および分散 (0.470cm) である。

b. モルテン社の製品

バウンド特性の小さい値から大きい順に並べ替えると、最も小さいバウンド特性の月は12・11・8月の順である。これに対して、大きいバウンド特性は、2・4・3月に順である。その中で最小と最大のバウンド特性は12月と3月である。この12ヶ月間における統計分析データは、最大値（95.464cm）・平均値（97.366cm）・最小値（93.958cm）・標準偏差（1.263cm）および分散（1.595cm）である。モルテンの平均バウンド特性は、ミカサより大きい。それは産地における土壌の成分と環境によって吸収された子牛の皮成分によることが大きい。さらに、子牛の革成分を分析する事によって相関性が明白になる。これらの研究とアイデアは、これから多くの研究者によって究明されると確信するのである。

c. ミズノ社の製品

バウンド特性の小さい値から大きい順に並べ替えると、最小バウンド特性の月は8・6・7月の順である。これに対して、最大バウンド特性は、4月である。その中で最小と最大のバウンド特性は8月と4月である。最小と最大間のバウンド特性は極端に離れている。この12ヶ月間における統計分析データは、最大値（97.357cm）・平均値（94.187cm）・最小値（92.833cm）・標準偏差（1.153cm）および分散（1.330cm）である。ミズノの平均値は、ミカサとモルテンより小さい。

d. タチカラ社の製品

バウンド特性の小さい値から大きい順に並べ替えると、最小バウンド特性の月は7・8・9月である。これに対して、バウンド特性の大きい値では、4・3・5・2月である。その中で最小と最大のバウンド特性は7月と2月である。その中で最小と最大のバウンド特性は極端に離れている。この12ヶ月間における統計分析データは、最大値（98.400cm）・平均値（96.267cm）・最小値（93.167cm）・標準偏差（1.548cm）および分散（2.395cm）である。タチカラの平均バウンド特性は、ミカサとモルテンおよびミズノより大きいことが認められ

Table 6 The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg/cm²) for Volleyball Makers in 1993

Makers	MAX	AVG	MIN	STD	VAR
A (Mikasa) '90	93.375	90.086	86.062	1.973	4.548
B (Molten) '90	95.937	92.251	87.250	2.465	8.071
C (Mizuno) '90	93.562	90.298	85.875	2.297	6.672
D (Tachik) '90	92.437	88.875	85.187	2.043	4.963
AVG ('90)	93.828	90.378	86.094	2.195	6.064
A (Mikasa) '91	97.167	94.087	91.167	1.676	3.209
B (Molten) '91	99.147	97.141	93.750	1.689	3.488
C (Mizuno) '91	96.583	92.773	87.167	2.625	7.551
D (Tachik) '91	93.333	89.800	86.000	2.108	7.323
AVG ('91)	96.558	93.475	89.521	2.025	5.393
A (Mikasa) '92	101.038	96.584	91.777	2.744	7.528
B (Molten) '92	102.192	96.970	92.166	2.638	6.957
C (Mizuno) '92	100.269	95.570	90.083	3.024	9.143
D (Tachik) '92	101.346	96.560	91.275	2.908	8.457
AVG ('92)	101.211	96.421	91.325	2.829	8.021
A (Mikasa) '93	97.000	96.011	94.500	0.686	0.470
B (Molten) '93	97.366	95.464	93.958	1.263	1.595
C (Mizuno) '93	97.357	94.187	92.833	1.153	1.330
D (Tachik) '93	98.400	96.267	93.167	1.548	2.395
AVG ('93)	97.531	95.482	93.615	1.163	1.448
TOTAL AVG	97.282	93.939	90.189	2.053	5.231

た。

3.6 バウンド特性の年度比較

この12ヶ月間における全平均に対して最大値・平均値・最小値・標準偏差および分散の統計分析データを表示したのが、Table 6である。このTable 6から各メーカーにおける全平均バウンドを、Fig. 6のよう表示し、1990年、1991年、1992年および1993年に関して統計分析値の比較を行った。

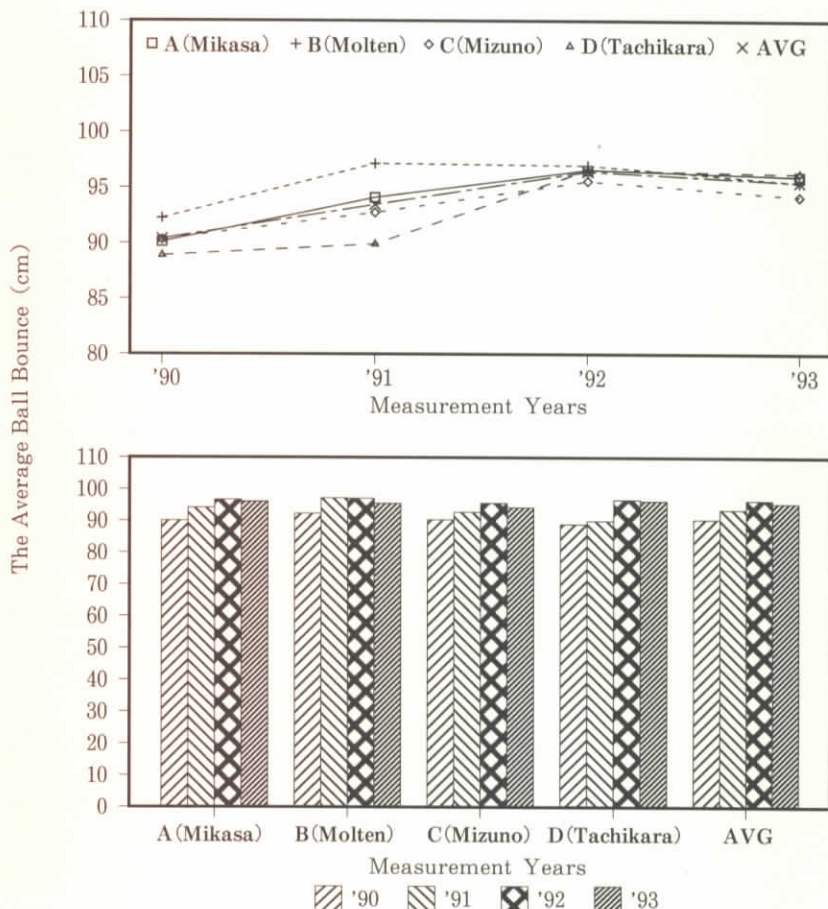


Fig.6 Relation between the Average Ball Bounce (cm) and Volleyball Makers for 1-12 Months in 1990, 1991, 1992 and 1993

a. ミカサ社の製品

この4年間における全平均バウンド特性 ('90、'91、'92および'93) の統計は、最大値 (93.375、97.167、101.038および97.000)・平均値 (90.086、94.087、96.584および96.011cm)・最小値 (86.062、91.167、91.777および94.500cm)・標準偏差 (1.973、1.676、2.744および0.686cm) また分散 (4.548、3.209、7.

528および0.470cm)である。平均値として、1990年のミカサはタチカラより大きい値であるのに対して、モルテンとミズノより小さい。1991年と1992年のミカサはミズノとタチカラより大きいのに、モルテンより小さい。1993年のミカサは、1990年の逆である。**Fig. 6**の上図におけるミカサ社品は、四大メーカーの中で中間よりわずかに大きいバウンド特性である。

b. モルテン社の製品

この4年間における全平均値（'90、'91、'92および'93）の統計は、最大値（95.937、99.147、102.192および97.366）・平均値（92.251、97.141、96.970および95.464cm）・最小値（87.250、93.750、92.166および93.958cm）・標準偏差（2.465、1.689、2.638および1.263cm）また分散（8.071、3.488、6.957および1.595cm）である。平均値として、1990年、1991年および1992年のモルテン社は他の三社より大きい。1993年のモルテン社はミズノより大きいのに、ミカサとタチカラより小さい。**Fig. 6**の上図におけるモルテンは、四大メーカーの中で中間より大きいバウンド特性である。

c. ミズノ社の製品

この4年間における全平均値（'90・'91、'92および'93）の統計は、最大値（93.562・96.583、100.269および97.357cm）・平均値（90.298・92.773、95.570および94.187cm）・最小値（85.875・97.167、90.083および92.833cm）・標準偏差（2.297・2.625、3.024および1.153cm）また分散（6.672・7.551、9.143および1.330cm）である。平均値として、1990年のミズノはミカサとタチカラより大きいのに、モルテンより小さい。1991年では、ミズノはタチカラより大きいのに、ミカサとモルテンより小さい。1992年と1993年では、ミズノは他の三社より小さい。**Fig. 6**の上図におけるミズノは、四大メーカーの中で中間よりわずかに小さいバウンド特性である。

d. タチカラ社の製品

この4年間における全平均値（'90・'91、'92および'93）の統計は、最大値

(92.437・93.333、101.346および98.400cm)・平均値 (88.875・89.900、96.560
および96.267cm)・最小値 (85.187・86.000、91.275および93.167cm)・標準偏
差 (2.043・2.108、2.908および1.548cm) また分散 (4.963・7.323、8.457およ
び2.395cm) である。平均値として、1990年と1991年では、タチカラは他の
三社より小さい。1992年では、タチカラはミズノより大きいのに。ミカサとモ
ルテンより小さい。1993年では、タチカラは他の三社より大きい。**Fig. 6**の
上図におけるタチカラは、四大メーカーの中 (1990-1992) で中間よりわずかに
小さいバウンド特性である。

e. 各社の年度別の比較

Fig. 6の下図は、各社におけるバウンド特性を平均して、年度別に図示した
ものである。まず1990年は、四大メーカーの中で最小バウンド特性である。次
に1991年は、四大メーカーの中で2番目に小さいバウンド特性である。1992年
は、四大メーカーの中で最大バウンド特性である。最後に1993年は、四大メー
カーの中で2番目に大きいバウンド特性である。

3.7 空気圧とバウンド特性との関係

空気圧とバウンド特性との関係を調べるため、**Fig. 7**のように表示した。す
なわち、横軸を平均空気圧とし、縦軸を平均バウンド特性とした。平均空気圧
の範囲は0.430~0.443kg/cm²であり、平均バウンド特性の範囲は92~99である。
平均空気圧の範囲内におけるメーカー間の特徴は得られない。それは測定誤差
の範囲内であるからである。一方平均バウンド特性の範囲におけるメーカー間
の特徴は得られた。すなわち平均バウンド特性の上限ではタチカラ製品であり、
下限ではミズノ製品であることが確認されたのである。

4 む す び

日本バレーボール協会が認定している四大メーカーに関して、空気圧とバウ
ンド特性の測定を行った。この両者の測定結果とバウンド特性に対する関係に

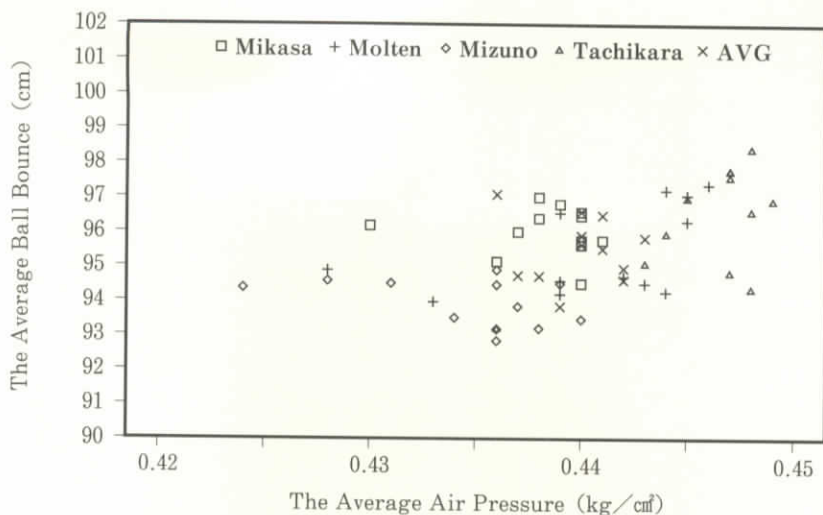


Fig.7 Relation between the Average Ball Bounce (cm) and the Average Air Pressure (kg/cm²) for 1-12 Months in 1993

ついて要約する。

(1) バレーボールの空気圧として、統計処理によって計算された四社製品の統計分析値 (単位はkg/cm²) は、次のとおりである。

ミカサ社の製品 (平均値: 0.438、標準偏差: 0.003、分散: 0.000)

モルテン社の製品 (平均値: 0.441、標準偏差: 0.004、分散: 0.000)

ミズノ社の製品 (平均値: 0.435、標準偏差: 0.005、分散: 0.000)

タチカラ社の製品 (平均値: 0.446、標準偏差: 0.003、分散: 0.000)

平均 (平均値: 0.440、標準偏差: 0.004、分散: 0.000)

バレーボールの空気圧は、メーカーによって異なり、0.435 (ミズノ) から0.446 (タチカラ) kg/cm²の範囲であることが認められた。また、標準偏差も0.003 (ミカサとタチカラ) から0.005 (ミズノ) kg/cm²の範囲である。そして、分散の全平均値はゼロである。これらのデータは、測定誤差の範囲内であり、非常に高度な品質管理の中で製造されていることが確認された。四大メーカー

において、月別の傾向は季節による影響は少ないことが確認された。

（2）バレーボールのバウンド特性は、コンピュータ処理によって計算された四社製品の統計分析値（cm）は、次のとおりである。

ミカサ社の製品（平均値：96.011、標準偏差：0.686、分散：0.470）

モルテン社の製品（平均値：95.464、標準偏差：1.263、分散：1.595）

ミズノ社の製品（平均値：94.187、標準偏差：1.153、分散：1.330）

タチカラ社の製品（平均値：96.267、標準偏差：1.548、分散：2.395）

平均（平均値：95.482、標準偏差：1.163、分散：1.448）

バレーボールのバウンド特性は、94.187（ミズノ）から96.267（タチカラ）cmの範囲であることが認められた。また、標準偏差も0.686（ミカサ）から1.548 cm（タチカラ）の範囲である。そして、分散の範囲は0.470（ミカサ）から2.395（ミズノ）cmである。タチカラ社製のバレーボールは平均バウンド特性よりも大きく、標準偏差と分散は平均値よりも小さいことが確認された。一方、ミズノ社製のバレーボールは、平均バウンド特性よりも小さく、標準偏差と分散はその平均よりも大きいことが確認された。

（3）空気圧とバウンド特性との関係として、日本バレーボール協会で認定している四大メーカーについての測定は、空気圧とバウンド特性として198日間も行った。空気圧の範囲は0.430から0.443kg/cm²で、バウンド特性の範囲は92から99cmである。バウンド特性の中で、平均値として、ミズノ社製（94.187cm）が最も小さく、次にモルテン社製（95.464cm）であり、ミサカ社製（96.011cm）の順になり、最後にタチカラ社製（96.267cm）が最も大きい。平均空気圧の範囲内におけるメーカー間の特徴は得られない。それは測定誤差の範囲内であるからである。一方平均バウンド特性の範囲内におけるメーカー間の特徴は得られた。すなわち平均バウンド特性の上限ではタチカラ製品であり、下限ではミズノ製品であることが確認されたのである。

謝 辞

この論文の作成のため尚淑館において各種の測定を行うに当たり、ご助言・ご鞭撻をいただいた本学の関係者、また、測定の手を担っていただい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。

参 考 文 献

- (1) 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）
- (2) 沢勲・黒田進・大森敏行「**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**」大阪経済法科大学論集 55（1994）p.1～30
- (3) 沢勲・黒田進「**国際公認バレーボールである皮製品の破壊試験と品質保証**」大阪経済法科大学総合科学研究所年報 14（1995）p.116～138
- (4) I.Sawa and H.Mine「**Stress-Strain Relation of Polyvinyl Chloride Sheath Used for Electrical Cords**」The Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyoto University, 47, Part 1（1985）p.69-78
- (5) M,Zako and I.Sawa「**Study on Non Linear Properties of Stress and Strain for Polyvinyl Chloride Insulator**」The Bulletin of the Faculty of Education of the Mie University, 38（1987）p.139-146
- (6) 沢勲・黒田進「**国際公認バレーボールの品質保証（1991年度）**」大阪経済法科大学論集 67（1997）p.33～61
- (7) 沢勲・黒田進「**国際公認バレーボールの品質保証（1992年度）**」大阪経済法科大学論集 70（1998）p.1～29