

国際公認バレーボールの品質管理 (1991年度)

沢 勲 Isao SAWA
黒田 進 Susumu KURODA

[*Quality Control of International Recognition Volleyball in 1991*]

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 was:

Mikasa (0.437 kg/cm² in 1990 and 0.439 kg/cm² in 1991),
Molten (0.437 kg/cm² in 1990 and 0.442 kg/cm² in 1991),
Mizuno (0.441 kg/cm² in 1990 and 0.441 kg/cm² in 1991),
Tachikara (0.441 kg/cm² in 1990 and 0.439 kg/cm² in 1991) and
average (0.439 kg/cm² in 1990 and 0.440 kg/cm² in 1991).

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

Mikasa (90.08 cm in 1990 and 94.09 cm in 1991),
Molten (92.25 cm in 1990 and 97.14 cm in 1991),
Mizuno (90.29 cm in 1990 and 92.77 cm in 1991),
Tachikara (88.87 cm in 1990 and 89.90 cm in 1991) and
average (90.37 cm in 1990 and 93.48 cm in 1991),

[*The Review of Osaka University of Economics and Law*, 67 (1997), pp 33-61]

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について、1990年度と1991年度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ある。その一部分の床材は、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)}。

各メーカー製における平均の空気圧は、次のとおりである。

ミカサ社の製品 (1990年では $0.437\text{kg}/\text{cm}^2$ 、1991年では $0.439\text{kg}/\text{cm}^2$)、
モルテン社の製品 (1990年では $0.437\text{kg}/\text{cm}^2$ 、1991年では $0.442\text{kg}/\text{cm}^2$)、
ミズノ社の製品 (1990年では $0.441\text{kg}/\text{cm}^2$ 、1991年では $0.441\text{kg}/\text{cm}^2$)、
タチカラ社の製品 (1990年では $0.441\text{kg}/\text{cm}^2$ 、1991年では $0.439\text{kg}/\text{cm}^2$)。

四社平均では、1990年度が $0.439\text{kg}/\text{cm}^2$ 、1991年度が $0.440\text{kg}/\text{cm}^2$ である。したがって、この2年間の空気圧に関する統計として、最大値 (MAX) は $0.450\text{kg}/\text{cm}^2$ 、平均値 (AVG) は $0.440\text{kg}/\text{cm}^2$ 、最小値 (MIN) は $0.414\text{kg}/\text{cm}^2$ 、標準偏差 (STD) は $0.013\text{kg}/\text{cm}^2$ および分散 (VAR) は $0.000\text{kg}/\text{cm}^2$ である。

各メーカー製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。

ミカサ社の製品	（1990年では 90.08cm、1991年では 94.09cm）、
モルテン社の製品	（1990年では 92.25cm、1991年では 97.14cm）、
ミズノ社の製品	（1990年では 90.29cm、1991年では 92.77cm）、
タチカラ社の製品	（1990年では 88.87cm、1991年では 89.90cm）。

四社平均では、1990年度が90.37cm、1991年度が 93.48cmである。したがって、この2年間のバウンド特性に関する統計として、最大値（MAX）は95.226cm、平均値（AVG）は91.926cm、最小値（MIN）は87.807cm、標準偏差（STD）は2.110cmおよび分散（VAR）は5.728cmである。

最後に、1991年度における空気圧の範囲は0.408～0.453kg/cm²であり、バウンド特性の範囲は86.000～99.417cmである。空気圧とバウンド特性との関係として、一定の相関性は得られなかったが、モルテン社とミカサ社製における空気圧の範囲は0.408～0.453kg/cm²であり、バウンド特性の範囲は91.167～99.417cmの高いデータを得た。これに対して、ミズノ社とタチカラ社製における空気圧の範囲は0.408～0.453kg/cm²であり、バウンド特性の範囲は86.000～96.583cmの低いデータであることが数値解析によって判明したのである。

空気圧の標準偏差と分散の範囲は、それぞれ0.011～0.015kg/cm²と0.000kg/cm²で小さいデータである。バウンド特性の標準偏差と分散の範囲は、それぞれ1.676～2.625cmと3.209～7.551cmである。ここで、ミカサ社とモルテン社製の標準偏差と分散は小さいのに対してミズノ社とタチカラ社製は大きいことが明白である。

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、国際規定によると、内圧392~441mbarあるいはhPaであり、ルールブックによると、0.40~0.45kg/cm²である。

測定期間は、1991年1月5日~1991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。

ミカサ社製のボールは、体育館アリーナの東側(Aコート)である。

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)である。

ミズノ社製のボールは、体育館アリーナの西側(Cコート)である。

タチカラ社製のボールは、体育館アリーナの任意(任意場所)である。

バレーボールの空気圧についての統計的分析を行った値は、Table 1のとおりである。Table 1では、各月別に対して、それぞれの月間測定日数・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 1における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1月から12月までをX軸とし、空気圧をY軸として、各メーカー製を比較したものである。また、Fig. 2は1月から12月までを各メーカー製との比較を行った空気圧の円グラフである。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。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。

2.2 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

Table 1 The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg/cm²) for Volleyball in 1991

空気圧 (kg/cm ²)					空気圧 (kg/cm ²)			
A	B	C	D		A	B	C	D
1 月					7 月			
27	27	27	27	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	0.41	0.40	0.41	最小値	0.42	0.44	0.44	0.41
0.438	0.440	0.441	0.446	平均	0.439	0.448	0.449	0.435
0.011	0.010	0.014	0.011	標準偏差	0.009	0.004	0.003	0.016
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
2 月					8 月			
17	17	17	17	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
0.41	0.41	0.40	0.40	最小値	0.35	0.42	0.41	0.38
0.435	0.442	0.429	0.438	平均	0.428	0.441	0.441	0.431
0.015	0.013	0.020	0.016	標準偏差	0.036	0.011	0.014	0.026
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.001	0.000	0.000	0.001
3 月					9 月			
23	23	19	23	月間測定日数	14	14	14	14
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.41	0.42	0.29	0.40	最小値	0.41	0.41	0.42	0.41
0.442	0.438	0.419	0.435	平均	0.444	0.444	0.446	0.444
0.012	0.010	0.048	0.019	標準偏差	0.012	0.013	0.008	0.013
0.000	0.000	0.002	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
4 月					10 月			
18	18	14	18	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
0.41	0.42	0.42	0.42	最小値	0.40	0.41	0.41	0.40
0.444	0.446	0.446	0.447	平均	0.432	0.433	0.440	0.428
0.013	0.010	0.010	0.008	標準偏差	0.017	0.015	0.012	0.020
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
5 月					11 月			
19	19	19	19	月間測定日数	18	20	20	19
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.42	0.43	0.43	0.43	最小値	0.42	0.41	0.40	0.40
0.442	0.444	0.447	0.443	平均	0.439	0.435	0.441	0.436
0.010	0.007	0.007	0.008	標準偏差	0.011	0.016	0.014	0.017
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
6 月					12 月			
22	22	22	22	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	0.41	0.42	0.41	最小値	0.42	0.42	0.45	0.42
0.442	0.441	0.444	0.437	平均	0.442	0.447	0.450	0.446
0.012	0.013	0.009	0.013	標準偏差	0.012	0.009	0.000	0.016
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000

国際公認バレーボールの品質管理 (1991年度) (沢、黒田)

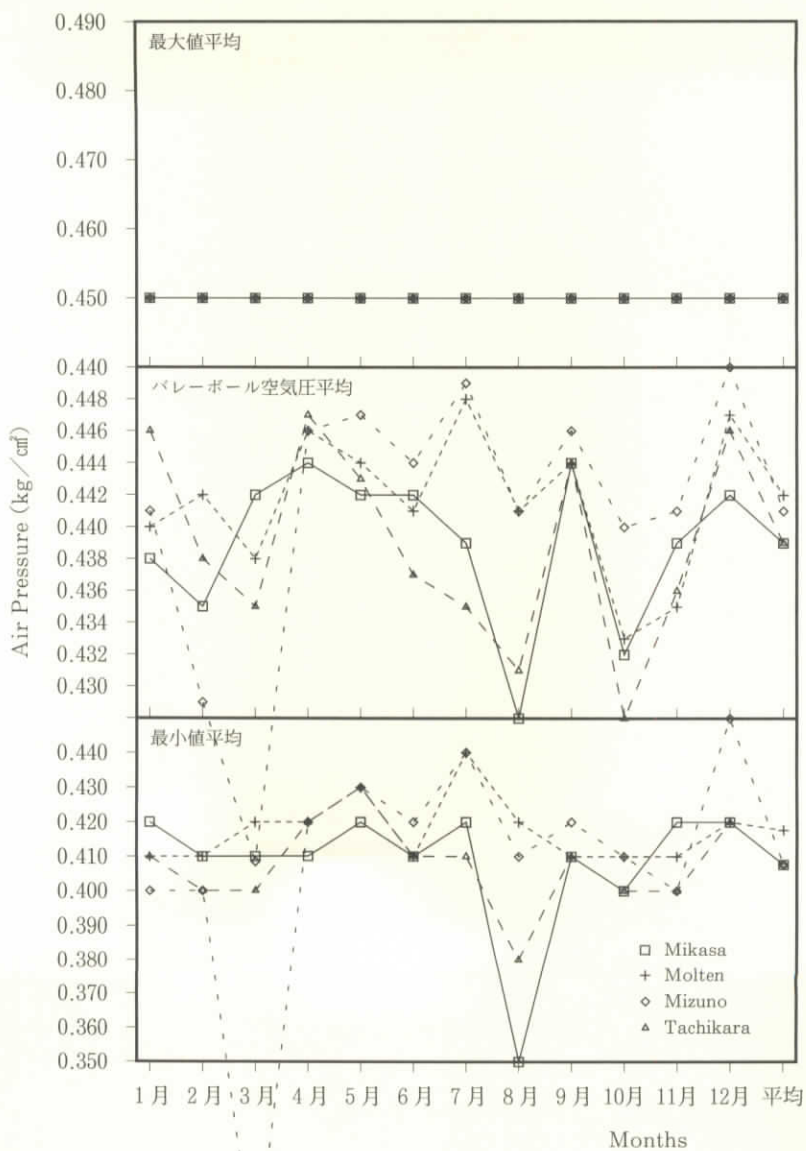


Fig.1 Relation between the Air Pressure (kg/cm²) and 1-12 Months in 1991

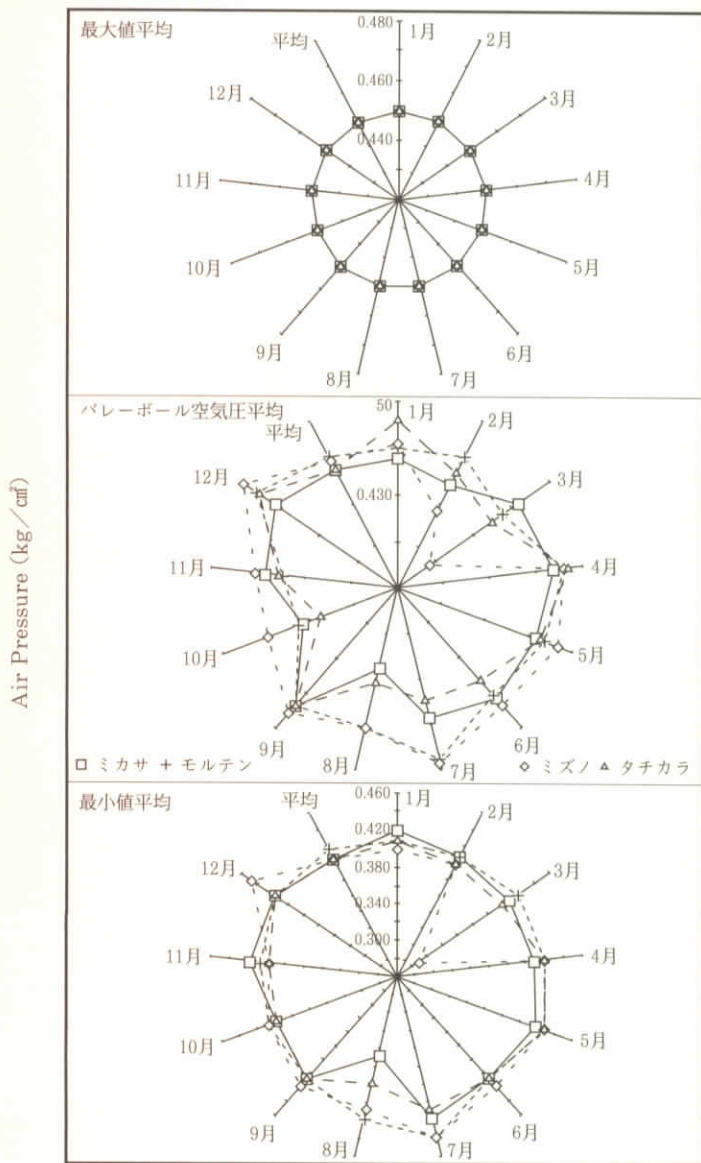


Fig.2 The Curcular Chart for the Air Pressure (kg/cm²) and 1-12 Months in 1991

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、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、1991年1月15日～1991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。

ミカサ社製のボールは、体育館アリーナの東側（Aコート）である。

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）である。

ミズノ社製のボールは、体育館アリーナの西側（Cコート）である。

タチカラ社製のボールは、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特性に関する統計的な分析を行った値は、Table 2のとおりである。Table 2では、各月別に対して、それぞれの月間測定日数・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 2におけるデータをグラフ化したのがFig. 3とFig. 4である。ここで、Fig. 3は1月から12月までをX軸とし、空気圧をY軸として、各メーカー製を比較したものである。また、Fig. 4は1月から12月までを各メーカー製との比較を行った空気圧の円グラフである。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から0.45kg/cm²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

Table 2 The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg/cm²) for Volleyball Makers in 1991

1991年	Mikasa	Molten	Mizuno	Tachikara	A V G
1月	④ 0.438	④ 0.440	⑤ 0.441	⑪ 0.446	⑦ 0.411
2月	③ 0.435	⑦ 0.442	② 0.429	⑦ 0.438	④ 0.436
3月	⑧ 0.442	③ 0.438	① 0.419	③ 0.435	② 0.434
4月	⑪ 0.444	⑩ 0.446	⑧ 0.446	⑫ 0.447	⑪ 0.446
5月	⑨ 0.442	⑧ 0.444	⑩ 0.447	⑧ 0.443	⑨ 0.444
6月	⑩ 0.442	⑤ 0.441	⑦ 0.444	⑥ 0.437	⑥ 0.441
7月	⑥ 0.439	⑫ 0.448	⑪ 0.449	④ 0.435	⑧ 0.443
8月	① 0.428	⑥ 0.441	⑥ 0.441	② 0.431	③ 0.435
9月	⑫ 0.444	⑨ 0.444	⑨ 0.446	⑨ 0.444	⑩ 0.445
10月	② 0.432	① 0.433	③ 0.440	① 0.428	① 0.433
11月	⑤ 0.439	② 0.435	④ 0.441	⑤ 0.436	⑤ 0.438
12月	⑦ 0.442	⑪ 0.447	⑫ 0.450	⑩ 0.446	⑫ 0.446
A V G	0.439	0.442	0.441	0.439	0.440
M A X	0.444	0.448	0.450	0.447	0.446
M I N	0.428	0.433	0.419	0.428	0.433
S T D	0.005	0.004	0.009	0.006	0.005
V A R	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

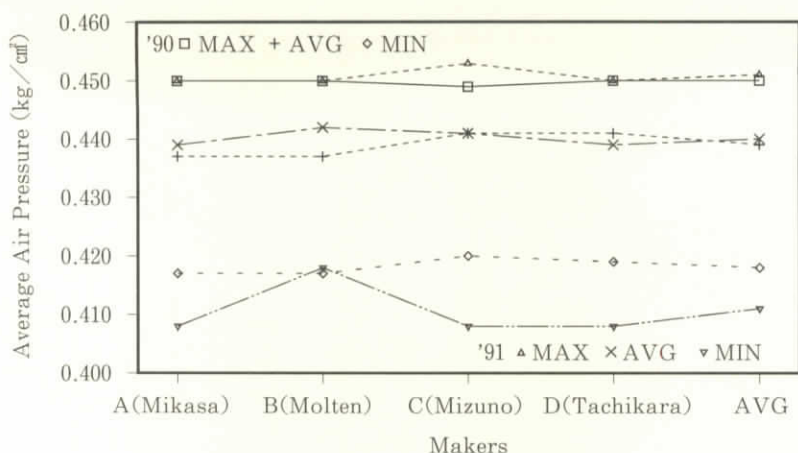


Fig.3 Relation between the Average Air Pressure (kg/cm²) and Volleyball Makers for 1-12 Months in 1990 and 1991

を比較・検討することである。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のデータを表示したのが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ものがFig. 1である。

Fig. 1の上段は、各メーカー製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ものである。四大メーカーの最大空気圧は、0.45kg/cm²であり、規定の上限と全く同じ値で一定の値であることが確認された。月間測定の平均として四大メーカーとの関係と比較した。この最大空気圧の範囲は、0.45~0.48kg/cm²という小さい誤差範囲内である。Fig. 2の上段は、各メーカー製における最大空気圧に対する月別の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。

Fig. 1の中段は、メーカー製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ものである。四大メーカーの平均空気圧の範囲は、0.428から0.449kg/cm²

国際公認バレーボールの品質管理（沢、黒田）

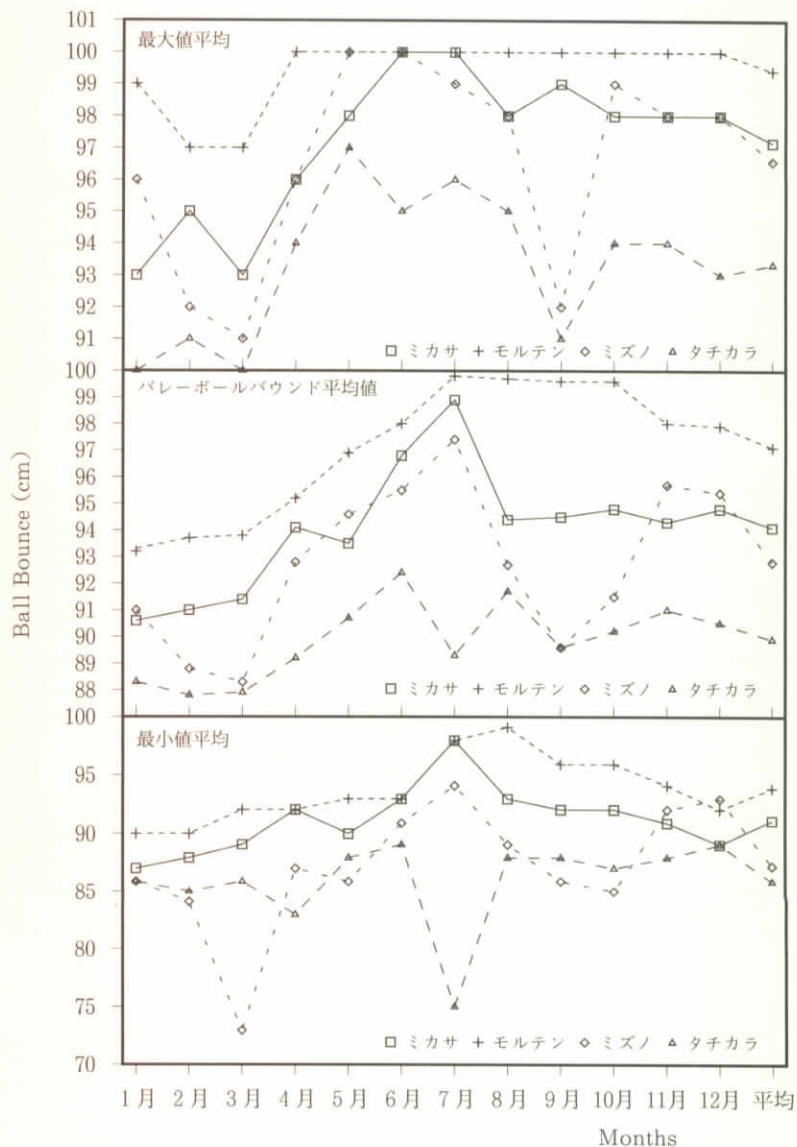


Fig.4 Relation between the Ball Bounce (cm) and 1-12 Months in 1991

cm³までであり、全平均値は0.440kg/cm³である。規定の上限と全く同じ値で一定の値であることが確認された。各メーカー製間においてバラツキの多い月は1月、7月、8月および10月である。各メーカー製間においてバラツキの小さい月は4月、9月および12月である。1990年度と1991年度の10月と12月はそれぞれ共通しているが、これは測定誤差と考えられる。月間測定の平均として四大メーカーとの関係を比較した。平均空気圧の範囲は、0.419~0.450kg/cm³で、7・8・10月を除くと小さい誤差範囲内である。Fig. 2 の中段は、各メーカー製における最大空気圧に対する月別の変化を円グラフでプロットしたものである。四大メーカーの最大空気圧は、それぞれ円形状になっている部分から外れているのが7月、8月および10月である。

Fig. 1 の下段は、各メーカー製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ものである。各メーカー製間においてバラツキの多い月は3月、7月、8月および11月である。この7月と8月は上記の中段と類似している特徴がある。この間においてバラツキの小さい月は4・5・6月、9・10月および11・12月である。1990年度と1991年度の11月と12月はそれぞれ共通しているが、これは測定誤差と考えられる。月間測定の平均に対して四大メーカーとの関係を比較した。最小空気圧の範囲は、0.29~0.45kg/cm³で、7・8月を除くと小さい誤差範囲内である。Fig. 2 の下段は、各メーカー製における最大空気圧に対する月別の変化を円グラフでプロットしたものである。四大メーカーの最大空気圧は、共に円形状になっている部分から外れているのが8月である。以上のことから8月の測定値は各メーカー製間のデータから分析すれば、季節にも影響があると考えられる。

3.2 月別平均空気圧の並べ替え

この12カ月間の最大値・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。このTable 2から各メーカー製における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のである。ここでは、各メーカー製の検討を行った。

a. ミカサ社の製品

空気圧の小さい値から大きい順に並び替えると、比較的に小さい空気圧の月としては8月が小さく、それから10・2・3月の順にしたがって大きくなっている。一方、空気圧のより大きい値から最も大きい順に並び替えると、比較的に大きい月として5月が大きく、6・4・9月の順にしたがってさらに大きくなっている。この12カ月間のデータは、最大値（0.444kg/cm²）・平均値（0.439kg/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。

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び替えると、比較的に小さい空気圧の月としては10月が小さく、それから11・3・1月の順にしたがって大きくなっている。一方、空気圧のより大きい値から最も大きい順に並び替えると、比較的に大きい月として9月が大きく、10・12・7月の順にしたがってさらに大きくなっている。この12カ月間のデータは、最大値（0.448kg/cm²）・平均値（0.442kg/cm²）・最小値（0.433kg/cm²）・標準偏差（0.004kg/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び替えると、比較的に小さい空気圧の月としては3月が小さく、それから2・10・11月の順にしたがって大きくなっている。一方、空気圧のより大きい値から最も大きい順に並び替えると、比較的に大きい月として9月が大きく、5・7・12月の順にしたがってさらに大きくなっている。この12カ月間のデータは、最大値（0.450kg/cm²）・平均値（0.441kg/cm²）・最小値（0.419kg/cm²）・標準偏差（0.009kg/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び替えると、比較的に小さい空気圧の月

Table 3 The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg/cm²) for Volleyball Makers in 1990 and 1991

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	0.449	0.441	0.420	0.017	0.000
D(Tachikara) 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	0.408	0.014	0.000
B(Molten) ₉₁	0.450	0.442	0.418	0.011	0.000
C(Mizuno) ₉₁	0.453	0.441	0.408	0.013	0.000
D(Tachikara) ₉₁	0.450	0.439	0.408	0.015	0.000
AVG (91)	0.451	0.440	0.411	0.013	0.000
TOTAL AVG	0.450	0.440	0.414	0.013	0.000

としては10月が小さく、それから8・3・7月の順にしたがって大きくなっている。一方、空気圧のより大きい値から最も大きい順に並び替えると、比較的に関大い月として9月が大きく、12・1・4月の順にしたがってさらに大きくなっている。この12カ月間のデータは、最大値 (0.447kg/cm²)・平均値 (0.439kg/cm²)・最小値 (0.428kg/cm²)・標準偏差 (0.006kg/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カ月間の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データを表示したのがTable 3である。このTable 3から各メーカー製における全平均空気圧をFig. 3のように表示し、1990年度と1991年度との比較を行った。

a. ミカサ社の製品

この1年間の全平均値は、最大値（ $0.450 \cdot 0.450 \text{kg/cm}^2$ ）・平均値（ $0.437 \cdot 0.439 \text{kg/cm}^2$ ）・最小値（ $0.417 \cdot 0.408 \text{kg/cm}^2$ ）および標準偏差（ $0.011 \cdot 0.014 \text{kg/cm}^2$ ）である。ここで、最大値と分散は同じであるが、1991年度の平均値と標準偏差は1990年度よりもわずかに大きい値である。

b. モルテン社の製品

この1年間の全平均値は、最大値（ $0.450 \cdot 0.450 \text{kg/cm}^2$ ）・平均値（ $0.437 \cdot 0.442 \text{kg/cm}^2$ ）・最小値（ $0.417 \cdot 0.418 \text{kg/cm}^2$ ）および標準偏差（ $0.011 \cdot 0.014 \text{kg/cm}^2$ ）である。ここで、最大値と分散は同じであるが、1991年度の平均値・最小値は1990年度よりもわずかに大きく、また標準偏差はわずかに小さいデータである。

c. ミズノ社の製品

この1年間の全平均値は、最大値（ $0.449 \cdot 0.453 \text{kg/cm}^2$ ）・平均値（ $0.441 \cdot 0.441 \text{kg/cm}^2$ ）・最小値（ $0.420 \cdot 0.408 \text{kg/cm}^2$ ）および標準偏差（ $0.017 \cdot 0.013 \text{kg/cm}^2$ ）である。ここで、平均値は同じであるが、1991年度の最大値は1990年度よりもわずかに大きく、また最小値と標準偏差はわずかに小さいデータである。

d. タチカラ社の製品

この1年間の全平均値は、最大値（ $0.450 \cdot 0.450 \text{kg/cm}^2$ ）・平均値（ $0.441 \cdot 0.439 \text{kg/cm}^2$ ）・最小値（ $0.419 \cdot 0.408 \text{kg/cm}^2$ ）および標準偏差（ $0.009 \cdot 0.015 \text{kg/cm}^2$ ）である。ここで、最大値は同じであるが、1991年度の標準偏差は1990年度よりもわずかに大きく、また平均値と最小値はわずかに小さいデータである。

3.4 バウンド特性の検討

バレーボールのバウンド特性は、本学体育館アリーナにおいて測定を行った。

このバウンド特性の基準は、特に設けられていない。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、この四大メーカー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 4である。このTable 4に対して月別の変化をプロットしたものがFig. 4である。

Fig. 4の上段は、各メーカー製における最大バウンドに対する月別の変化をプロットしたものである。この最大バウンドの範囲は、90～100cmの範囲内である。モルテン社製は100cmの上限と全く同じ値で一定の値（4月から11月まで）であることが確認された。全般的に見ると月間測定平均として1月から3月までは、冬季であるために比較的に低い値であることが理解できる。いずれにせよ、四大メーカーの中でのバウンド特性は、モルテン社製は大きく、タチカラ社製は小さく、その中間にミカサ社製とミズノ社製が含まれている。Fig. 5の上段は、各メーカー製における最大バウンドに対する月別の変化を円グラフでプロットしたものである。四大メーカーの最大バウンドは、それぞれ円形状からずれているのが、1・2・3月および7月となっていることが明白に理解できる。

Fig. 4の中段は、各メーカー製における平均バウンドに対する月別の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、87.824～99.611cmの範囲内である。全平均値は93.475cmである。モルテン社製は100cmの上限近い値で一定の値（7月から10月まで）であることが確認された。最大バウンドの範囲では、全般的に見ると月間測定平均として1月から3月までは、冬季であるために比較的に低い値であることが理解できる。しかし、平均バウンドの値は1月から7月までに著しく増大している傾向が見られる。四大メーカーの中でのバウンド特性は、モルテン社製は大きく、タチカラ社製は小さく、その中間にミカサ社製とミズノ社製が含まれていることは、最大バウンドのデータと同様の傾向である。Fig. 5の中段は、各メーカー製における最大バウンドに対す

Table 4 The Statistical Analysis Values of the Ball Bounce (cm) for Volleyball in 1991

	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			
月間測定日数	27	27	27	27	12	12	12	12
最大値	93	99	96	90	100	100	99	96
最小値	87	90	86	86	98	98	94	75
平均	90.556	93.259	91.037	88.333	98.917	99.833	97.417	89.333
標準偏差	1.197	2.119	2.365	1.122	0.862	0.553	1.847	7.442
分散	1.432	4.488	5.591	1.259	0.743	0.306	3.410	55.389
	2 月				8 月			
月間測定日数	17	17	17	17	12	12	12	12
最大値	95	97	92	91	98	100	98	95
最小値	88	90	84	85	93	99	89	88
平均	91.000	93.706	88.765	87.824	94.417	99.750	92.667	91.750
標準偏差	1.815	1.741	2.624	1.543	1.320	0.433	2.953	2.005
分散	3.294	3.031	6.886	2.381	1.743	0.188	8.722	4.021
	3 月				9 月			
月間測定日数	23	23	19	23	14	14	9	14
最大値	93	97	91	90	99	100	92	91
最小値	89	92	73	86	92	96	86	88
平均	91.435	93.783	88.316	87.913	94.500	99.571	89.556	89.643
標準偏差	1.014	1.473	4.414	0.928	1.680	1.116	1.950	0.895
分散	1.028	2.170	19.479	0.862	2.821	1.245	3.802	0.801
	4 月				10 月			
月間測定日数	17	17	14	17	18	18	18	18
最大値	96	100	96	94	98	100	99	94
最小値	92	92	87	83	92	96	85	87
平均	94.059	95.235	92.786	89.176	94.778	99.611	91.500	90.222
標準偏差	1.392	2.414	2.305	2.640	1.511	1.008	3.640	1.652
分散	1.938	5.827	5.311	6.969	2.284	1.015	13.250	2.728
	5 月				11 月			
月間測定日数	18	18	18	18	19	20	20	20
最大値	98	100	100	97	98	100	98	94
最小値	90	93	86	88	91	94	92	88
平均	93.500	96.944	94.556	90.722	94.316	98.050	95.750	91.000
標準偏差	1.951	2.460	3.149	2.376	2.153	1.910	1.639	1.703
分散	3.806	6.052	9.914	5.645	4.637	3.648	2.688	2.900
	6 月				12 月			
月間測定日数	21	21	21	21	10	10	10	10
最大値	100	100	100	95	98	100	98	93
最小値	93	93	91	89	89	92	93	89
平均	96.762	98.048	95.524	92.381	94.800	97.900	95.400	90.500
標準偏差	1.849	2.236	2.986	1.558	3.370	2.809	1.625	1.432
分散	3.420	4.998	8.916	2.426	11.360	7.890	2.640	2.050

国際公認バレーボールの品質管理 (1991年度) (沢、黒田)

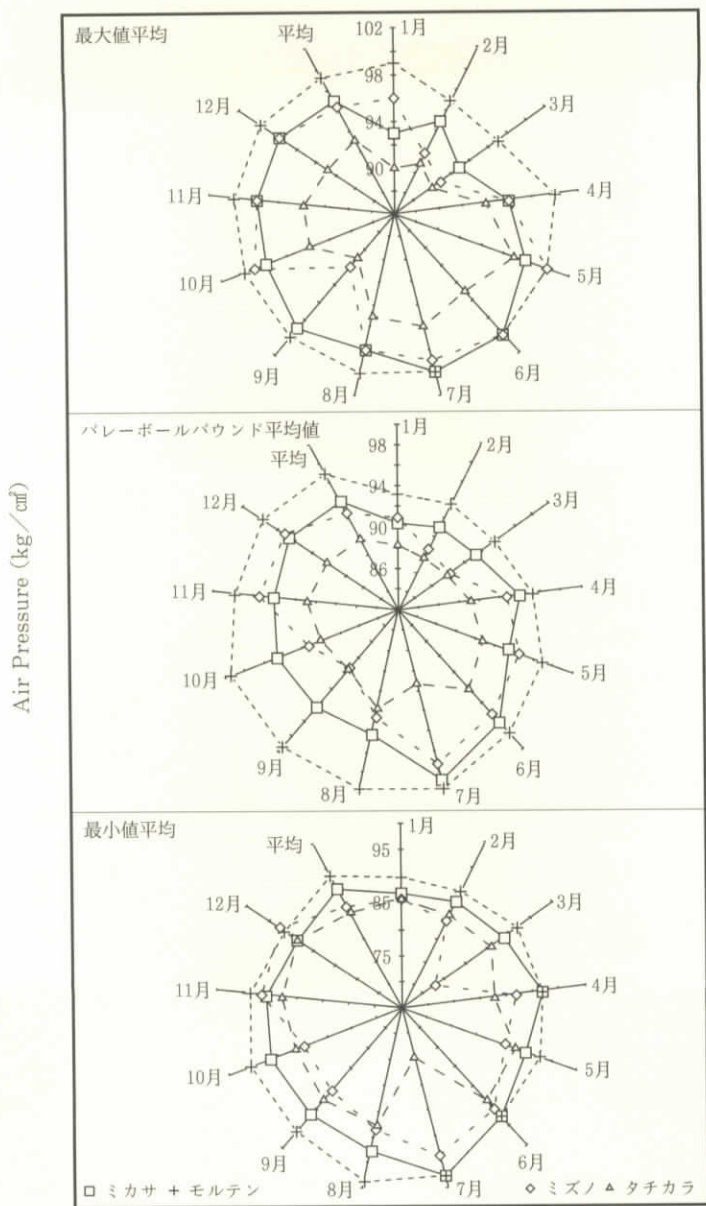


Fig.5 The Circular Chart for the Ball Bounce (cm) and 1-12 Months in 1991

る月別の変化を円グラフでプロットしたものである。四大メーカーの最大バウンドは、それぞれ円形状からずれているのが、1・2・3月および7月となっていることが明白に理解できる。以上の結果からタチカラ社の平均値は89.900cmであり、四大メーカーの中で最も小さく、ミズノ社の平均値は92.773cm・ミカサ社の平均値は94.087cmが全体の間であり、モルテン社の平均値は97.141cmで最も大きいデータであることが情報処理によって判明した。

*Fig. 4*の下段は、各メーカー製における最小バウンドに対する月別の変化をプロットしたものである。この最小バウンドの範囲は、73~99cmの範囲内である。最大バウンドの範囲では、全般的に見ると月間測定平均として1月から3月までは、冬季であるために比較的に低い値であることが理解できる。しかし、平均バウンドと最小バウンドの値は1月から6月までに著しく増大している傾向が見られる。四大メーカーの中でのバウンド特性は、モルテン社製は大きく、ミズノ社とタチカラ社製は小さく、その間にミカサ社製が含まれている。これは、平均バウンドのデータと異なった傾向である。*Fig. 5*の下段は、各メーカー製における最大バウンドに対する月別の変化を円グラフでプロットしたものである。四大メーカーの最小バウンドは、それぞれ円形状から大きくずれているのが、タチカラ社製は4・7月である。この他は、大きく歪まないラウンドタイプになっている。

3.5 バウンド特性の並べ替え

この12カ月間の最大値・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 5*である。この*Table 5*から各メーカー製における月別平均バウ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可能性がある。ここでは、各メーカー製の検討を行った。

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び替えると、最も小さいバウンド特性の月は1月から2・3・5月の順にしたがって大きくなる傾向である。これに対

Table 5 The Statistical Analysis Values of the Ball Bounce (cm) for Volleyball Makers in 1991

1991年	Mikasa	Molten	Mizuno	Tachikara	A V G
1月	① 90.556	① 93.259	④ 91.037	③ 88.333	③ 90.796
2月	② 91.000	② 93.706	② 88.765	① 87.824	① 90.324
3月	③ 91.435	③ 93.783	① 88.316	② 87.913	② 90.362
4月	⑤ 94.059	④ 95.235	⑦ 92.786	④ 89.176	④ 92.814
5月	④ 93.500	⑤ 96.944	⑧ 94.556	⑨ 90.722	⑥ 93.931
6月	⑪ 96.762	⑦ 98.048	⑩ 95.524	⑫ 92.381	⑪ 95.679
7月	⑫ 98.917	⑫ 99.833	⑫ 97.417	⑤ 89.333	⑫ 93.375
8月	⑦ 94.417	⑪ 99.750	⑥ 92.667	⑪ 91.750	⑧ 94.646
9月	⑧ 94.500	⑨ 99.571	③ 89.556	⑥ 89.643	⑤ 93.318
10月	⑨ 94.778	⑩ 99.611	⑤ 91.500	⑦ 90.222	⑦ 94.028
11月	⑥ 94.316	⑧ 98.050	⑪ 95.750	⑩ 91.000	⑩ 94.779
12月	⑩ 94.800	⑥ 97.900	⑨ 95.400	⑧ 90.500	⑨ 94.650
A V G	94.087	97.141	92.773	89.900	93.475
M A X	98.917	99.833	97.417	92.381	96.375
M I N	90.556	93.259	88.316	87.824	90.324
S T D	2.258	2.417	2.872	1.401	1.947
V A R	5.098	5.842	8.250	1.963	3.791

して、バウンド特性の大きい値では、10月から12・6・7月の順にしたがってさらに大きくなっている。この12カ月間のデータは、最大値 (98.917cm) ・ 平均値 (94.087cm) ・ 最小値 (90.556cm) ・ 標準偏差 (2.258cm) および分散 (5.098cm) 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び替えると、最も小さいバウンド特性の月は1月から2・3・4月の順にしたがって大きくなる傾向である。これに対して、バウンド特性の大きい値の月では、9月から10・8・7月の順にしたがってさらに大きくなっている。ミカサ社製のバウンド特性と比較すれば、1・2・3月は共に小さい値であり、これに対して、7・10月は共に大きい値である。この12カ月間のデータは、最大値 (99.833cm) ・ 平均値 (97.141cm) ・ 最小値 (88.316 cm) ・ 標準偏差 (2.417cm) および分散 (5.842cm) 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び替えると、最も小さいバウンド特性の月は3月から2・9・1月の順にしたがって大きくなる傾向である。これに対して、バウンド特性の大きい値の月では、12月から6・11・7月の順にしたがってさらに大きくなっている。ミカサ社とモルテン社製のバウンド特性と比較すれば、1・2・3月は共に小さい値であり、これに対して、7月は共に大きい値である。この12カ月間のデータは、最大値 (97.417cm) ・ 平均値 (92.773cm) ・ 最小値 (88.316cm) ・ 標準偏差 (2.872m) および分散 (8.250cm) である。

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び替えると、最も小さいバウンド特性の月は2月から3・1・4月の順にしたがって大きくなる傾向である。これに対して、バウンド特性の大きい値の月では、5月から11・8・6月の順にしたがってさらに大きくなっている。ミカサ社とモルテン社製のバウンド特性と比較すれば、1・2・3月は共に小さい値であり、これに対して、6月はモルテン社製を除くと共に大きい値である。この12カ月間のデータは、最大値 (92.381cm) ・ 平均値 (89.900cm) ・ 最小値 (87.824cm) ・ 標準偏差 (1.401m) および分散 (1.963cm) である。

Table 6 The Statistical Analysis Values of the Ball Bounce (cm) for Volleyball Makers in 1990 and 1991

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(Tachikara) ₉₀	92.437	88.875	85.187	2.043	4.963
AVG(90)	93.828	90.378	86.094	2.195	6.063
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(Tachikara) ₉₁	93.333	89.900	86.000	2.108	7.323
AVG(91)	96.625	93.475	89.521	2.025	5.393
TOTAL AVG	95.226	91.926	87.807	2.110	5.728

3.6 バウンド特性の年度比較

この12カ月間の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から各メーカー製における全平均バウンドをFig. 6のように表示し、1990年度と1991年度との比較を行った。

a. ミカサ社の製品

この1年間における全平均値の統計は、最大値 (93.375・97.167cm)・平均値 (90.086・94.087cm)・最小値 (86.062・91.167cm)・標準偏差 (1.973・1.676cm) また分散 (4.548・3.209) である。1991年度の最大値と平均値は、1990年度よりも大きい値であるのに対して、最小値はなお大きく、標準偏差と分散は小さい値である。

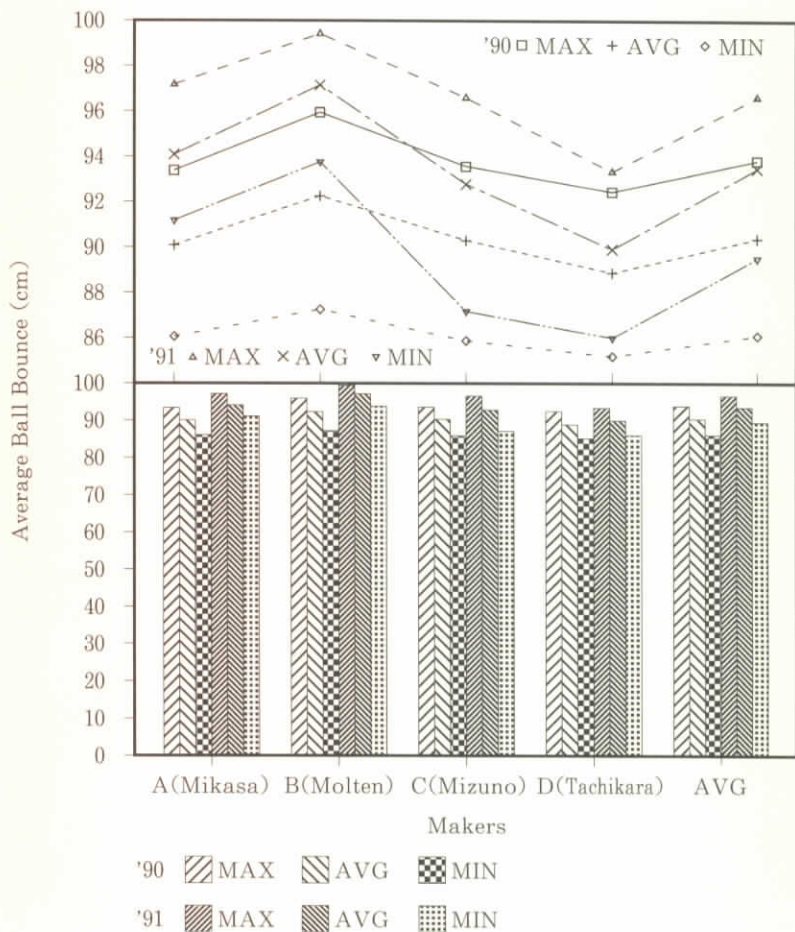


Fig.6 Relation between the Average Ball Bounce (cm) and Volleyball Makers for 1-12 Months in 1990 and 1991

b. モルテン社の製品

この1年間における全平均値の統計は、最大値 (95.937・99.417cm)・平均値 (92.251・97.141cm)・最小値 (87.250・93.750cm)・標準偏差 (2.465・

1.689cm) また分散 (8.071・3.488) である。1991年度の最大値と平均値は、1990年度よりも大きい値であるのに対して、最小値はなお大きく、標準偏差と分散は小さい値である。

c. ミズノ社の製品

この1年間における全平均値の統計は、最大値 (93.562・96.583cm)・平均値 (90.298・92.773cm)・最小値 (85.875・97.167cm)・標準偏差 (2.297・2.625cm) また分散 (6.672・7.551) である。1991年度の最大値と平均値は、1990年度よりもわずかに大きい値であるのに対して、最小値・標準偏差および分散はなお小さいデータである。

d. タチカラ社の製品

この1年間における全平均値の統計は、最大値 (92.437・93.333cm)・平均値 (88.875・89.900cm)・最小値 (85.187・96.000cm)・標準偏差 (2.043・2.108cm) また分散 (4.963・7.323) である。1991年度の最大値・平均値・最小値・標準偏差および分散は、1990年度よりもわずかに大きい値であることが統計処理によって判明した。

3.7 空気圧とバウンド特性との関係

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、空気圧は195日間、およびバウンド特性も195日間行った。この両者の関係を調査するため、Fig. 7のようにX軸を空気圧とし、またY軸をバウンド特性とした。空気圧の範囲は0.419から0.450kg/cm²であり、各メーカー製によって片寄りがないように分布している。バウンド特性の範囲は87.824から99.833cmであり、各メーカー製によって片寄りが明白に分布している。バウンド特性の中で、平均値として、タチカラ社製 (89.900cm) が最も小さく、次にミズノ社製 (92.773cm) であり、ミサカ社製 (94.087cm) の順になり、モルテン社製 (97.141cm) が最も大きい。すなわち、上限のバウンド特性におけるメーカーは、ミサカ社とモルテン社製であり、一方、下限のバウンド特性は、タチカラ

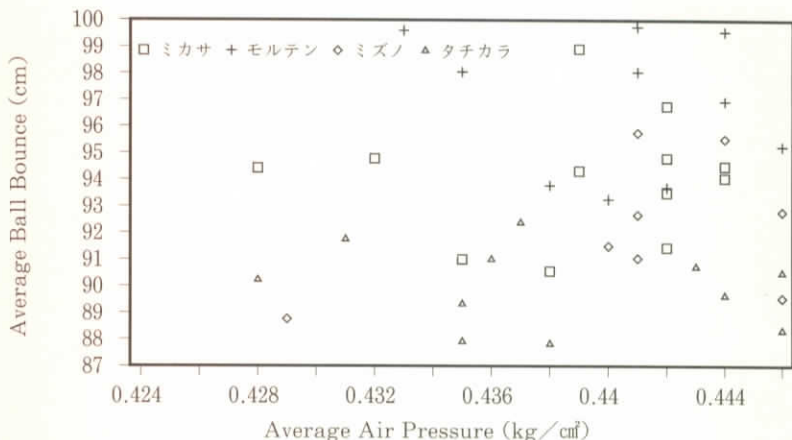


Fig.7 Relation between the Average Ball Bounce (cm) and the Average Air Pressure (kg/cm²) for 1-12 Months in 1991

社とミズノ社製 (92.773cm) というように二分できるのである。

3.8 バウンド特性と弾性率・粘性率との関係

バレーボールのバウンド特性に対する弾性率 (k) と粘性率 (h) との物理的な相関性を明らかにすることを試みた^{4,5)}。そのために文献³⁾のデータを引用して関係式を導いた。この各種データから相関性を得るために双曲線方程式を引用した。この双曲線方程式におけるそれぞれの係数を逆数にして、プロットしたのがFig. 8である。Fig. 8は、弾性率 (k) と粘性率 (h) およびバウンド特性値から最小2乗法によって次のような回帰式が得られた。

$$\text{弾性率逆数} = 83.134 - 5.977 \text{ バウンド逆数} \cdots \cdots (R^2=0.155) \cdots \cdots (1)$$

また

$$\text{粘性率逆数} = 0.985 - 86.378 \text{ バウンド逆数} \cdots \cdots (R^2=0.469) \cdots \cdots (2)$$

ここで、式(1)における弾性率逆数の回帰係数は、-5.977である。一方、式(2)における粘性率逆数の回帰係数は、-86.378である。この粘性率逆数の回帰

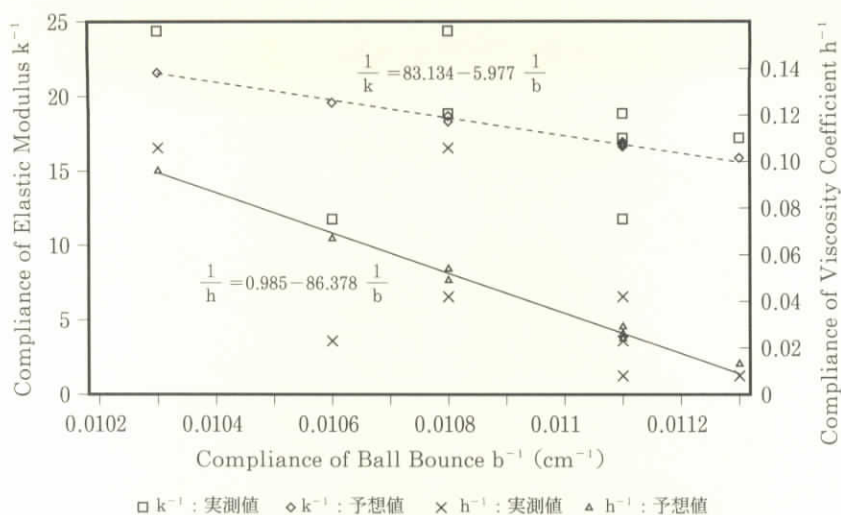


Fig.8 Relation between Elastic Modulus, Viscosity Coefficient and the Average Ball Bounce (cm) in Volleyball

係数は、粘性率逆数の回帰係数の約14.45倍である。以上の結果からバウンド逆数が大きくなるにつれ、弾性率と粘性率の逆数は共に減少する傾向があることが判明した。したがって、信頼性係数から分析すれば、式(2)の決定係数 ($R^2=0.469$) は式(1)の決定係数 ($R^2=0.155$) よりも約3倍も大きいことが判明した。

4 む す び

日本バレーボール協会認定している四大メーカーについて、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弾性率と粘性率との関係について要約する。

(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/cm^2) は、次のとおりである。

ミカサ社の製品（平均値：0.439、標準偏差：0.014、分散：0.000）

モルテン社の製品（平均値：0.442、標準偏差：0.011、分散：0.000）

ミズノ社の製品（平均値：0.441、標準偏差：0.013、分散：0.000）

タチカラ社の製品（平均値：0.439、標準偏差：0.015、分散：0.000）

平均（平均値：0.440、標準偏差：0.013、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、0.439から0.442kg/cm²の範囲であることが認められた。また、標準偏差も0.011から0.015kg/cm²の範囲である。そして、分散の全平均値はゼロである。ミカサ社とタチカラ社製のバレーボールは空気圧が0.440kg/cm²以下で小さく、標準偏差が大きいという特徴がある。これに対して、モルテン社とミズノ社製の空気圧は0.440kg/cm²以上で大きく、標準偏差が大きいという特徴がある。四大メーカーにおいて、比較的の小さい空気圧の月は3月と10月であり、大きい空気圧の月は9月と12月である。したがって、全体として季節による影響は少ないことが確認した。

（2）バレーボールのバウンド特性のデータとして、統計処理によって計算された四社製品の統計分析値は、次のとおりである。

ミカサ社の製品（平均値：94.087cm、標準偏差：1.676cm、分散：3.209cm）

モルテン社の製品（平均値：97.141cm、標準偏差：1.689cm、分散：3.488cm）

ミズノ社の製品（平均値：92.773cm、標準偏差：2.625cm、分散：7.551cm）

タチカラ社の製品（平均値：89.900cm、標準偏差：2.108cm、分散：7.323cm）

平均（平均値：93.475cm、標準偏差：2.025cm、分散：5.393cm）

バレーボールのバウンド特性は、89.900から97.141cmの範囲であることが認められた。また、標準偏差も1.676から2.625cmの範囲である。そして、分散の範囲は3.209から7.551cmである。ミカサ社とモルテン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、ミズノ社と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。以上のことから1990年度と1991年度の平均バウンド値は91.926cmである。そして、1991年度のバウンド値は、1990年度よりも2.097cm大きい、すなわち2.

24%増である。これは新しく開発された製品の質的向上によるものと理解できる。バウンド特性の小さい月は1～3月で比較的寒い時期であり、バウンド特性の大きい月は7月と8月で比較的暑い時期であることが判明した。これは季節による温度差によって反発係数が異なるためである。このことは係数化によって証明されたことは大きな成果といえる。

（3）空気圧とバウンド特性との関係として、空気圧は $0.419 \sim 0.450 \text{ kg/cm}^2$ の範囲で均一に分布している。一方、バウンド特性はメーカーによってそれぞれが異なっていることが判明した。バウンド特性の平均値として、タチカラ社製（89.900cm）が最も小さく、次にミズノ社製（92.773cm）であり、ミサカ社製（94.087cm）の順になり、モルテン社製（97.141cm）は最も大きいデータである。すなわち、大きいバウンドのメーカーはミサカ社とモルテン社製であり、一方、小さいバウンドのメーカーはタチカラ社とミズノ社製（92.773cm）というように二分できる。

（4）バウンド特性と弾性率・粘性率との関係として、バレーボールのバウンド特性に対する弾性率（ k ）と粘性率（ h ）との物理的な相関性を明らかにするために、双曲線方程式を導入した。弾性率逆数の回帰係数は -5.977 で、決定係数は $R^2=0.155$ である。一方、粘性率逆数の回帰係数は -86.378 、決定係数は $R^2=0.467$ である。この粘性率逆数の回帰係数は、弾性率逆数の回帰係数の約14.45倍である。以上の結果からバウンド逆数が大きくなるにつれ、弾性率と粘性率の逆数は共に減少する傾向があることが判明したのである。

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、測定の手を助け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

