国際公認バレーボールの品質管理（１９９２年度）

沢　　勲　　*Isao SAWA*
黒田　進　　*Susumu KURODA*

(*Quality Control of International Recognition Volleyball in 1992*)

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 (0.437 in 1990, 0.439 in 1991 and 0.443 in 1992),
Moluten (0.437 in 1990, 0.442 in 1991 and 0.443 in 1992),
Mizuno (0.441 in 1990, 0.441 in 1991 and 0.441 in 1992),
Tachikara (0.441 in 1990, 0.439 in 1991 and 0.445 in 1992),
Average (0.439 in 1990, 0.440 in 1991 and 0.443 in 1992).

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

Mikasa (90.08 cm in 1990, 94.09 cm in 1991 and 96.58 cm in 1992),
Molten (92.25 cm in 1990, 97.14 cm in 1991 and 97.97 cm in 1992),
Mizuno (90.29 cm in 1990, 92.77 cm in 1991 and 95.57 cm in 1992),
Tachikara (88.87 cm in 1990, 89.90 cm in 1991 and 96.56 cm in 1992),
Average (90.37 cm in 1990, 93.48 cm in 1991 and 96.42 cm in 1992).

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

[*The Review of Osaka University of Economics and Law*, **70** (*1998*), *p. 1-29*]
大阪經濟法科大学論集　第70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について、1990年度から1992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**(kg/cm²)は、次のとおりである。
ミカサ社の製品　('90では0.437, '91では0.439および'92では0.443)、
モルテン社の製品('90では0.437, '91では0.442および'92では0.443)、
ミズノ社の製品　('90では0.441, '91では0.441および'92では0.441)、
タチカラ社の製品('90では0.441, '91では0.439および'92では0.445)、
全社の平均　　('90では0.439, '91では0.440および'92では0.443)、

四社平均値は、1990年度では0.439kg/cm²、1991年度では0.440kg/cm²および1992年度では0.443kg/cm²である。すなわち、僅かであっても年々増大の傾向にある。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3年間の空気圧に関する統計として、最大値(MAX)は0.450kg/cm²、平均値(AVG)は0.441kg/cm²、最小値(MIN)は0.421kg/cm²、標準偏差(STD)は0.010kg/cm²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　('90では90.08cm, '91では94.09cm1および'92では96.58cm)、
モルテン社の製品　('90では92.25cm, '91では97.14cm1および'92では97.97cm)、
ミズノ社の製品　('90では90.29cm, '91では92.77cm1および'92では95.57cm)、
タチカラ社の製品　('90では88.87cm, '91では89.90cm1および'92では96.56cm)、
全社の平均　('90では90.37cm, '91では93.48cm1および'92では96.42cm)。

四社平均値は、1990年度では90.37cm、1991年度では93.48cmおよび1992年度では96.42cmで、年々増大の傾向にある。各メーカー間の平均値には、±0.94cm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。したがって、この3年間のバウンド特性に関する統計として、最大値(MAX)は97.199cm、平均値(AVG)は93.425cm、最小値(MIN)は88.980cm、標準偏差(STD)は2.349cmおよび分散(VAR)は6.493cmである。

最後に、1992年度における空気圧の範囲は0.435～0.448kg／㎠であり、バウンド特性の範囲は91.325～101.211cmである。1991年度よりはより小さい範囲内にとどまっている。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、空気圧が大きくなるにつれ、バウンド特性は小さくなる傾向がある。

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、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／㎠である。1996年7月にアトランタ市で開かれた、国際バレーボール連盟第25回総会の報告によると、次のとおりである。ボールの内圧を低くする：男女共に0.30～0.325kgw／㎠で、現行の0.40～0.5kgw／㎠を約25％低くする、日本に関する事項があった。

測定期間は、1992年1月5日～1992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***（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線グラフである。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。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。

Table 1 *The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg／cm²) for Volleyball in 1992*

空気圧 (kg／cm²)					空気圧 (kg／cm²)			
A	B	C	D		A	B	C	D
1 月					7 月			
20	20	20	20	月間測定日数	13	13	13	13
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.43	0.43	0.42	0.42	最小値	0.43	0.44	0.43	0.44
0.447	0.445	0.444	0.445	平均	0.446	0.447	0.448	0.448
0.006	0.008	0.010	0.008	標準偏差	0.006	0.004	0.005	0.003
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
2 月					8 月			
18	18	18	18	月間測定日数	16	16	16	16
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.42	0.42	0.42	0.42	最小値	0.43	0.43	0.42	0.43
0.440	0.438	0.440	0.437	平均	0.442	0.441	0.440	0.446
0.010	0.010	0.011	0.010	標準偏差	0.008	0.009	0.010	0.006
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
3 月					9 月			
19	19	19	19	月間測定日数	19	19	19	19
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.44	0.43	0.44	0.43	最小値	0.41	0.43	0.42	0.42
0.447	0.447	0.445	0.445	平均	0.442	0.442	0.439	0.443
0.004	0.005	0.005	0.007	標準偏差	0.011	0.007	0.010	0.009
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
4 月					10 月			
16	16	16	16	月間測定日数	19	19	19	19
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.44	0.44	0.44	0.44	最小値	0.41	0.43	0.40	0.42
0.448	0.448	0.448	0.449	平均	0.439	0.443	0.432	0.443
0.003	0.003	0.003	0.002	標準偏差	0.011	0.007	0.010	0.009
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
5 月					11 月			
16	16	16	16	月間測定日数	13	13	13	13
0.45	0.45	0.45	0.45	最大値	0.45	0.45	0.45	0.45
0.42	0.42	0.42	0.42	最小値	0.42	0.44	0.41	0.43
0.440	0.442	0.442	0.442	平均	0.442	0.445	0.436	0.446
0.012	0.012	0.011	0.011	標準偏差	0.009	0.004	0.013	0.006
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000
6 月					12 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
0.43	0.44	0.43	0.43	最小値	0.40	0.40	0.40	0.43
0.445	0.447	0.445	0.447	平均	0.437	0.433	0.438	0.445
0.008	0.004	0.008	0.005	標準偏差	0.015	0.018	0.013	0.007
0.000	0.000	0.000	0.000	分散	0.000	0.000	0.000	0.000

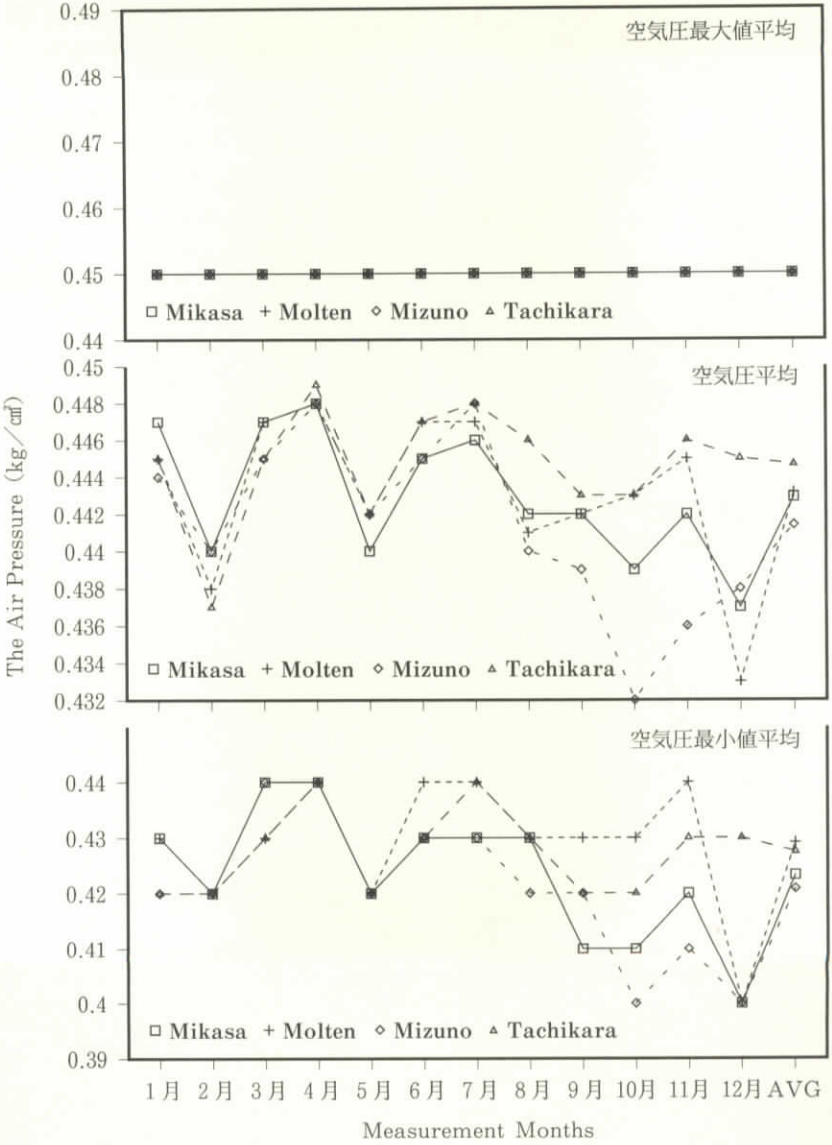

Fig.1 *Relation between the Air Pressure (kg/㎠) and 1-12 Months in 1992*

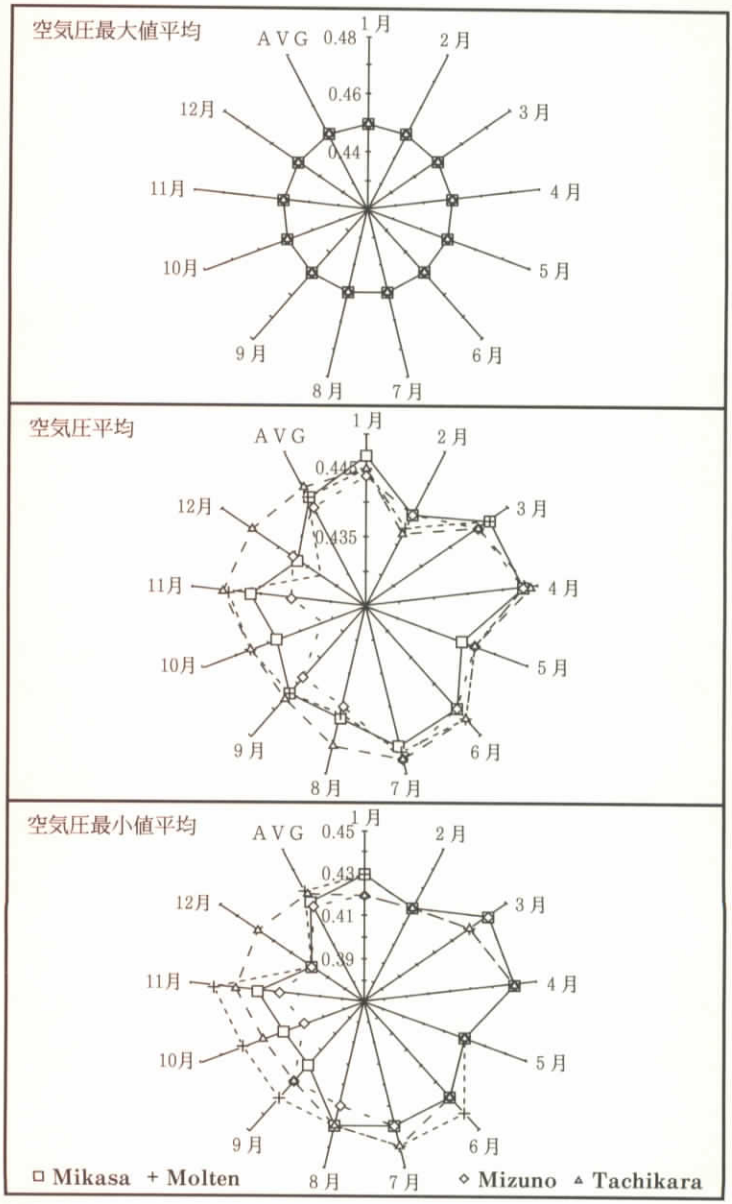

Fig.2 The Radar Chart for the Air Pressure (kg/cm²) and 1-12 Months in 1992

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、1992年1月15日～1992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地点(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***(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線グラフである。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から0.45kg／㎠の範囲内である。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

Table 2 *The Statistical Analysis Values of the Ball Bounce (cm) for Volleyball in 1992*

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			
20	20	20	20	月間測定日数	13	13	13	13
97.5	98.5	97.5	94.5	最大値	100.0	100.0	99.5	99.5
90.5	91.5	89.5	88.0	最小値	97.0	95.0	95.5	94.0
93.125	94.975	92.750	91.275	平均	98.269	97.807	97.461	97.307
1.975	2.263	2.430	1.867	標準偏差	1.015	1.403	1.251	1.259
3.904	5.419	5.985	3.519	分散	1.030	2.006	1.716	1.621
2 月					8 月			
18	18	18	18	月間測定日数	16	16	16	16
94.0	95.0	94.0	94.5	最大値	100.0	100.0	99.5	99.5
89.5	88.0	85.5	88.0	最小値	95.5	95.0	95.5	96.0
91.777	92.166	90.083	92.194	平均	98.187	97.906	97.812	98.093
1.395	2.025	1.692	1.785	標準偏差	1.320	1.476	1.182	1.104
1.966	4.111	2.903	3.211	分散	1.773	2.209	1.398	1.232
3 月					9 月			
19	19	19	19	月間測定日数	19	19	19	19
94.5	96.5	93.0	95.5	最大値	100.0	100.0	95.5	100.0
89.5	90.0	87.0	90.5	最小値	95.5	96.0	93.0	95.5
92.368	93.052	90.473	92.789	平均	98.553	98.789	96.895	97.763
1.465	1.629	1.692	1.363	標準偏差	1.441	1.191	1.676	1.300
2.163	2.742	2.861	1.909	分散	2.083	1.418	2.828	1.690
4 月					10 月			
16	16	16	16	月間測定日数	19	19	19	19
98.0	98.5	96.5	99.0	最大値	100.0	100.0	100.0	100.0
92.5	92.0	90.5	93.0	最小値	94.5	94.5	91.5	93.0
95.718	95.562	93.593	96.437	平均	98.684	98.658	97.289	98.342
1.543	1.910	1.618	1.897	標準偏差	1.774	1.734	2.569	1.936
2.381	3.648	2.764	3.617	分散	3.213	3.014	6.609	3.751
5 月					11 月			
16	16	16	16	月間測定日数	13	13	13	13
98.5	98.5	98.5	99.5	最大値	104.5	107.0	103.5	104.5
91.0	93.5	91.0	93.0	最小値	98.5	99.0	95.5	100.0
95.906	96.156	95.593	96.531	平均	101.038	102.192	100.269	101.346
1.875	1.394	1.948	1.851	標準偏差	1.652	2.508	2.138	1.595
3.537	2.014	3.834	3.428	分散	2.728	6.296	4.645	2.615
6 月					12 月			
17	17	17	17	月間測定日数	12	12	12	12
100.0	100.0	100.0	100.0	最大値	101.0	103.5	101.0	104.0
94.5	95.5	94.5	94.0	最小値	93.5	94.5	94.5	96.0
97.294	97.705	96.911	96.970	平均	98.083	98.667	97.708	99.667
1.370	1.323	1.592	1.729	標準偏差	2.588	2.914	2.456	2.172
1.910	1.917	2.581	3.087	分散	6.715	8.493	6.247	4.778

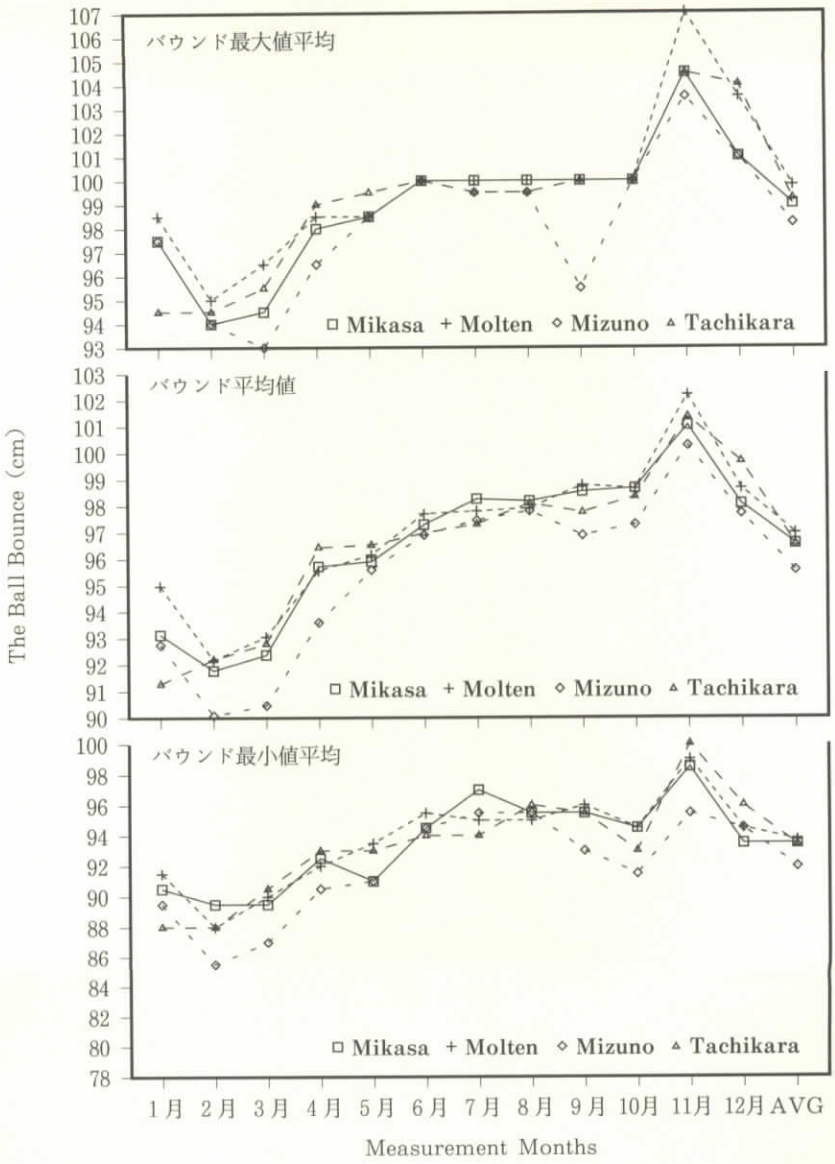

Fig.3 *Relation between the Ball Bounce (cm) and 1-12 Months in 1991*

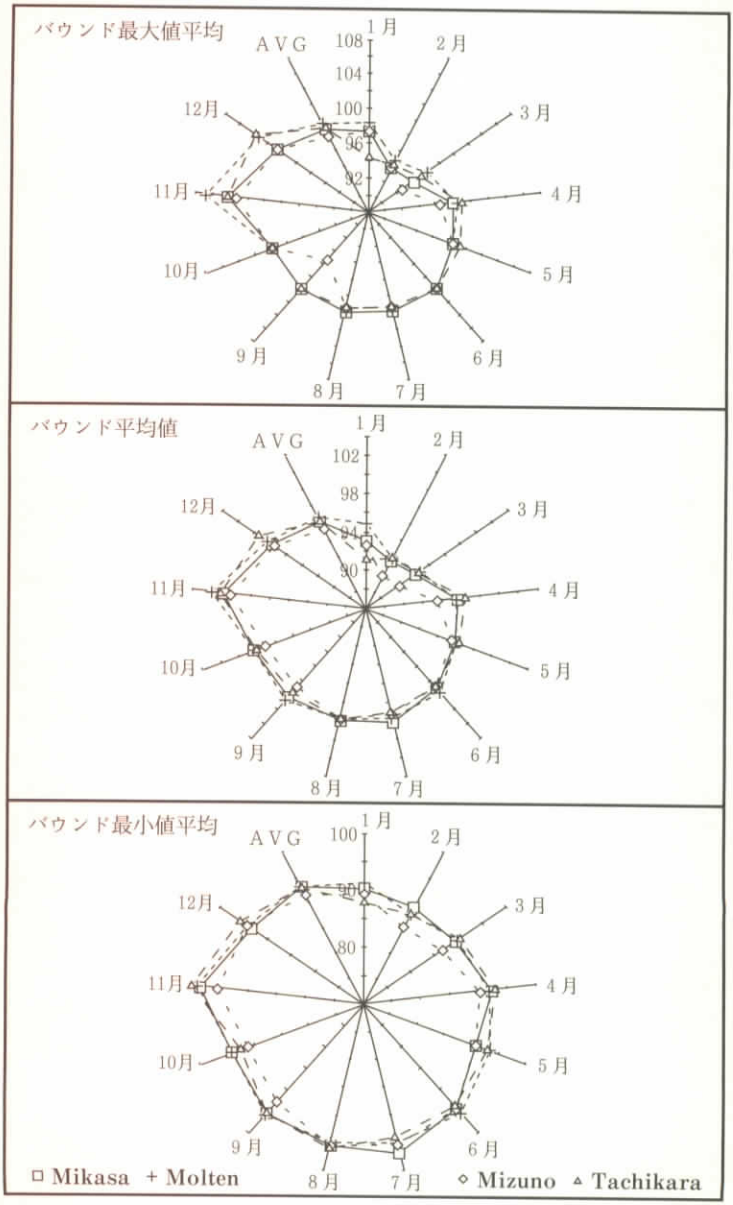

Fig.4 The Radar Chart for the Ball Bounce (cm) and 1-12 Months in 1991

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ことである。さらに、日本のバレーボール製造会社のレベルを知るところに大きな目的がある。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***の線グラフである。

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線グラフである。四大メーカーの最大空気圧は、0.445kg/㎠であり、規定の上限とほぼ同じ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を比較した。この最大空気圧の範囲は、0.443〜0.445kg/㎠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プロットしたレーダーグラフのものである。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。すなわち、どのメーカーもバラツキが小さいことが認められた。

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線グラフである。四大メーカーの平均空気圧の範囲は、0.428から0.449kg/㎠までであり、全平均値は0.443kg/㎠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8月から12月までの範囲である。各メーカー製間においてバラツキの小さい月は1月から6月の範囲である。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。1990年度と1991年度とは、それぞれバラバラのように見えるが、これは測定誤差の範囲内であると考えられる。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、0.441〜0.445kg/㎠で、その差は0.004kg/㎠という非常に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では、それぞれレーダー状になっている部分から外れているものは、1991年では7月、8月および10月の値で、他は見られなかった。

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線グラフである。各メーカー製間においてバラツキの多い月は9月から12月の期間である。この間においてバラツキの小さい月は1月から8月までの範囲の期間である。この期間は上記の中段と類似している特徴がある。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、これは測定誤差の範囲と考えられる。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、0.432〜0.437kg／cm²で、非常に小さい測定誤差範囲内である。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2月と5月である。以上のことから8月を境にした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 3***である。この***Table 3***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べ替えると、比較的に小さい空気圧の月としては12月が小さく、それから10・2・5月の順にしたがって大きくなっている。一方、空気圧を、より大きい値から最も大きい順に並べ替えると、比較的に大きい月として6月が大きく、7・1・3・4月の順にしたがってさらに大きくなっている。その中間には、8・9・11月がある。この12カ月間のデータは、最大値（0.448kg／cm²）・平均値（0.443kg／cm²）・最小値（0.437kg／cm²）・標準偏差（0.003kg／cm²）および分散（0.000kg／cm²）である。

Table 3 *The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg/cm²) for Volleyball Makers in 1992*

1992年	Mikasa	Molten	Mizuno	Tachikara	AVG
1月	0.447	0.445	0.444	0.445	0.445
2月	0.440	0.438	0.440	0.437	0.439
3月	0.447	0.447	0.445	0.445	0.446
4月	0.448	0.448	0.448	0.449	0.448
5月	0.440	0.442	0.442	0.442	0.442
6月	0.445	0.447	0.445	0.447	0.446
7月	0.446	0.447	0.448	0.448	0.447
8月	0.442	0.441	0.440	0.446	0.442
9月	0.442	0.442	0.439	0.443	0.442
10月	0.439	0.443	0.432	0.443	0.439
11月	0.442	0.445	0.436	0.446	0.442
12月	0.437	0.433	0.438	0.445	0.438
AVG	0.443	0.443	0.441	0.445	0.443
MAX	0.448	0.448	0.448	0.449	0.448
MIN	0.437	0.433	0.432	0.437	0.438
STD	0.003	0.004	0.005	0.003	0.003
VAR	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

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12月が小さく、それから2月の順にしたがって大きくなっている。一方、空気圧をより大きい値から最も大きい順に並べ替えると、比較的に大きい月として1月が大きく、11・6・7・3・4月の順にしたがってさらに大きくなっている。その中間には、8・5・9・10月がある。この12カ月間のデータは、最大値(0.448kg/cm²)・平均値(0.443kg/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。このデータは、1991年度の値とほぼ同じである。

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2月が小さく、それから5・9・10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べ替えると、比較的に大きい月として7月が大きく、4月の順にしたがってさらに大きくなっている。その中間には5・9・10月で、ミカサやモルテンとよく似た傾向である。この12カ月間のデータは、最大値(0.448kg/cm²)・平均値(0.441kg/cm²)・最小値(0.432kg/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2月が小さく、それから5・9・10月の順にしたがって大きく、ミズノ製品と同じである。一方、空気圧のより大きい値から最も大きい順に並べ替えると、比較的に大きい月として11月が大きく、6・8・4月の順にしたがってさらに大きくなっている。その中間は5・9・10月で、モルテンとミズノ製品にはよく似た傾向がある。この12カ月間のデータは、最大値(0.449kg/cm²)・平均値(0.445kg/cm²)・最小値(0.437kg/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カ月間の全平均から年度別の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、それぞれ測定年度の'90、'91および'92年度における最大値、平均値、最小値、標準偏差および分散の値である。この12カ月間の全平均から年度別の平均値を表示したのが***Fig. 5***である。***Fig. 5***において、上段は測定年度と空気圧との関係をX軸ラベルで表示した線グラフであり、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***から各メーカー製における全平均空気圧を1990年度、1991年度および1992年度について比較した。

Table 4 *The Statistical Analysis Values of the Air Pressure (kg／cm²) for Volleyball Makers in 1990, 1991 and 1992*

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
TOTAL AVG	0.450	0.441	0.421	0.010	0.000

a. ミカサ社の製品

この3年間('90・'91・'92)の全平均値は、最大値(0.450・0.450・0.448kg／cm²)・平均値(0.437・0.439・0.443kg／cm²)・最小値(0.417・0.408・0.437kg／cm²)および標準偏差(0.011・0.014・0.003kg／cm²)である。ここで、最大値は年々わずかずつに小さくなり、平均値はわずかずつに大きい値になっている。が、測定誤差の範囲内である。

b. モルテン社の製品

この3年間('90・'91・'92)の全平均値は、最大値(0.450・0.450・0448kg／cm²)・平均値(0.437・0.442・0.443kg／cm²)・最小値(0.417・0.418・0.433kg／cm²)および標準偏差(0.011・0.014・0.004kg／cm²)である。ここで、最大

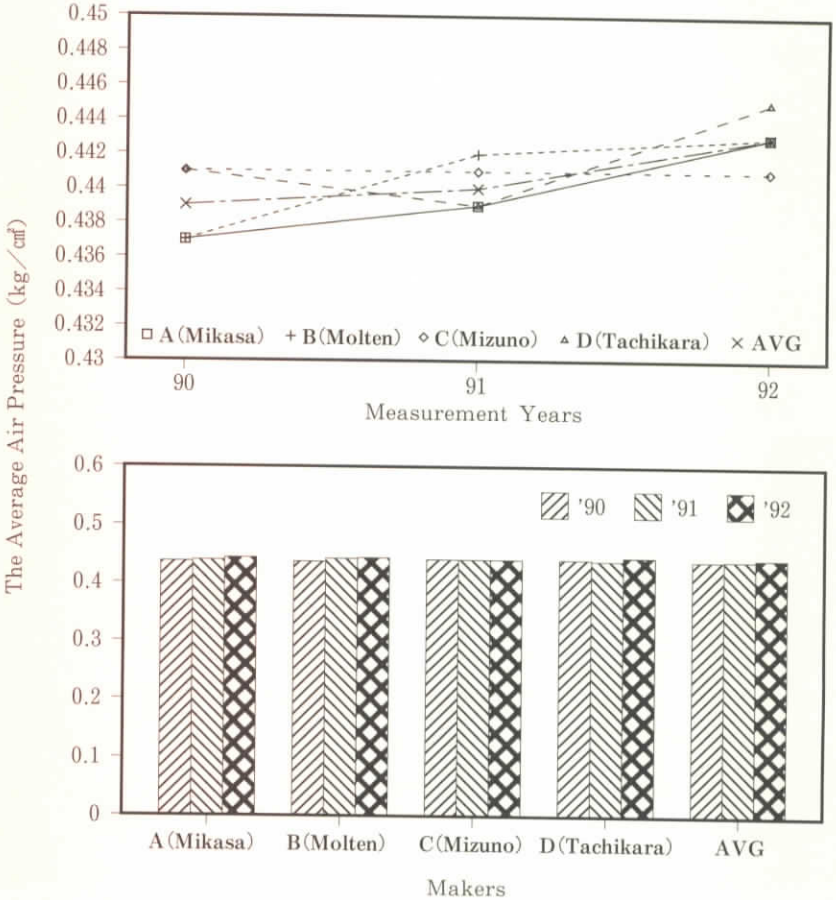

Fig.5 *Relation between the Average Air Pressure (kg/㎠) and Volleyball Makers for 1-12 Months in 1991 and 1992*

値は年々わずかずつに小さくなり、平均値はわずかずつ大きい値になっている。が、測定誤差の範囲内で、ミカサと同じ傾向である。

c. ミズノ社の製品

この3年間('90・'91・'92)の全平均値は、最大値(0.449・0.453・0.448

kg／cm²)・平均値(0.441・0.441・0.441kg／cm²)・最小値(0.420・0.408・0.432kg／cm²)および標準偏差(0.017・0.013・0.005kg／cm²)である。ここで、平均値は同じで、最大値と最小値は、それぞれ0.005と0.028kg／cm²の範囲内である。

d. タチカラ社の製品

この3年間('90・'91・'92)の全平均値は、最大値(0.450・0.450・0.449kg／cm²)・平均値(0.441・0.439・0.445kg／cm²)・最小値(0.419・0.408・0.437kg／cm²)および標準偏差(0.009・0.015・0.003kg／cm²)である。ここで、最大値はほぼ同じで、最大値と最小値は、それぞれ0.001と0.029kg／cm²の範囲内である。

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、特に規定がないのである。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・検討するのが目的である。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、78.5～107cmの範囲内である。モルテン社製のバウンド特性は、とくに、冬季には他社よりも高い値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、ミズノ社製は冬季には小さく、その中間にミカサ社製とミズノ社製が含まれている。Fig. 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。四大メーカーの最大バウンドは、楕円

形に近い形になっている。すなわち、1・2・3月は小さいのに、11・7月は大きくなっていることが明白に理解できる。

Fig. 3*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、90.08～102.19cmの範囲内である。全平均値は93.475cmである。モルテン社製は、11月では102cmに近い値であることが確認された。最大バウンドの範囲において全般的に見ると月間測定平均として2月から11月までは、増大の傾向にあることが理解できる。しかし、平均バウンドの値は11月から3月までに低いバウンドの傾向が見られる。四大メーカー製の中でのバウンド特性は、モルテン社製は大きく、ミズノ社製は小さく、その中間にミカサ社製とタチカラ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を示している。Fig. 4*の中段**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。四大メーカー製の最大バウンドは、それぞれ半楕円形状からずれているのが、1・2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、ミズノ社製の平均値は96.56cmで、四大メーカーの中で最も小さく、タチカラ社製の平均値は96.58cmとミカサ社製の平均値は96.58cmで全体の中間であり、モルテン社製の平均値は96.97cmで最も大きいことが判明した。

Fig. 3*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、85.5～100cm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9月までは、比較的に低く、ほぼ一定な値であることが理解できる。四大メーカーの中で、ミカサ社製・モルテン社製・タチカラ社製は測定誤差の範囲であり、ミズノ社製はわずかに小さいデータになっている。これは、平均バウンドおよび最大バウンドのデータと異なった傾向が見られる。Fig. 4*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。四大メーカーの最小バウンドは、それぞれ準楕円形ではなく準円形状に変化している。

Table 5 *The Statistical Analysis Values of the Ball Bounce (cm) for Volleyball Makers in 1992*

1992年	Mikasa	Molten	Mizuno	Tachikara	AVG
1月	93.125	94.975	92.750	91.275	93.031
2月	91.777	92.166	90.083	92.194	91.555
3月	92.368	93.052	90.473	92.789	92.171
4月	95.718	95.562	93.593	96.437	95.328
5月	95.906	96.156	95.593	96.531	96.047
6月	97.294	97.705	96.911	96.970	97.220
7月	98.269	97.807	97.461	97.307	97.711
8月	98.187	97.906	97.812	98.093	98.000
9月	98.553	98.789	96.895	97.763	98.000
10月	98.684	98.658	97.289	98.342	98.243
11月	101.038	102.192	100.269	101.346	101.211
12月	98.083	98.667	97.708	99.667	98.531
AVG	96.584	96.970	95.570	96.560	96.421
MAX	101.038	102.192	100.269	101.346	101.211
MIN	91.777	92.166	90.083	91.275	91.325
STD	2.744	2.638	3.024	2.908	2.828
VAR	7.528	6.957	9.143	8.457	8.021

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べ替えると、最も小さいバウンド特性の月は1・2・3月である。これに対して、バウンド特性の大きい値では、

6月から12月までである。そのなかで11月は極端に大きくなっている。この12カ月間のデータは、最大値(101.04cm)・平均値(96.58cm)・最小値(91.78cm)・標準偏差(2.74cm)および分散(7.53cm)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1から4月である。これに対して、バウンド特性の大きい値では、9月から12月である。そのなかで11月は極端に大きくなっている。この12カ月間のデータは、最大値(102.19cm)・平均値(96.97cm)・最小値(92.17cm)・標準偏差(2.64cm)および分散(6.96cm)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、最も小さいバウンド特性の月は1から4月である。これに対して、バウンド特性の大きい値では、7月から12月である。そのなかで11月は極端に大きくなっている。この12カ月間のデータは、最大値(100.27cm)・平均値(95.57cm)・最小値(90.08cm)・標準偏差(3.02m)および分散(9.14cm)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べ替えると、最も小さいバウンド特性の月は1から4月である。これに対して、バウンド特性の大きい値では、7月から12月である。そのなかで11月は極端に大きくなっている。この12カ月間のデータは、最大値(101.35cm)・平均値(96.56cm)・最小値(91.28cm)・標準偏差(2.91m)および分散(8.46cm)である。

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

Table 6 *The Statistical Analysis Values of the Ball Bounce (cm) for Volleyball Makers in 1990, 1991 and 1992*

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	89.900	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
TOTAL AVG	97.199	93.425	88.980	2.349	6.493

行った。

a. ミカサ社の製品

この3年間における全平均値('90・'91および'92)の統計は、最大値(93.375・97.167および101.038cm)・平均値(90.086・94.087および96.584cm)・最小値(86.062・91.167および91.777cm)・標準偏差(1.973・1.676および2.744cm)また分散(4.548・3.209および7.528cm)である。1992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、最小値はなお大きい。

b. モルテン社の製品

この1年間における全平均値('90・'91および'92)の統計は、最大値(95.

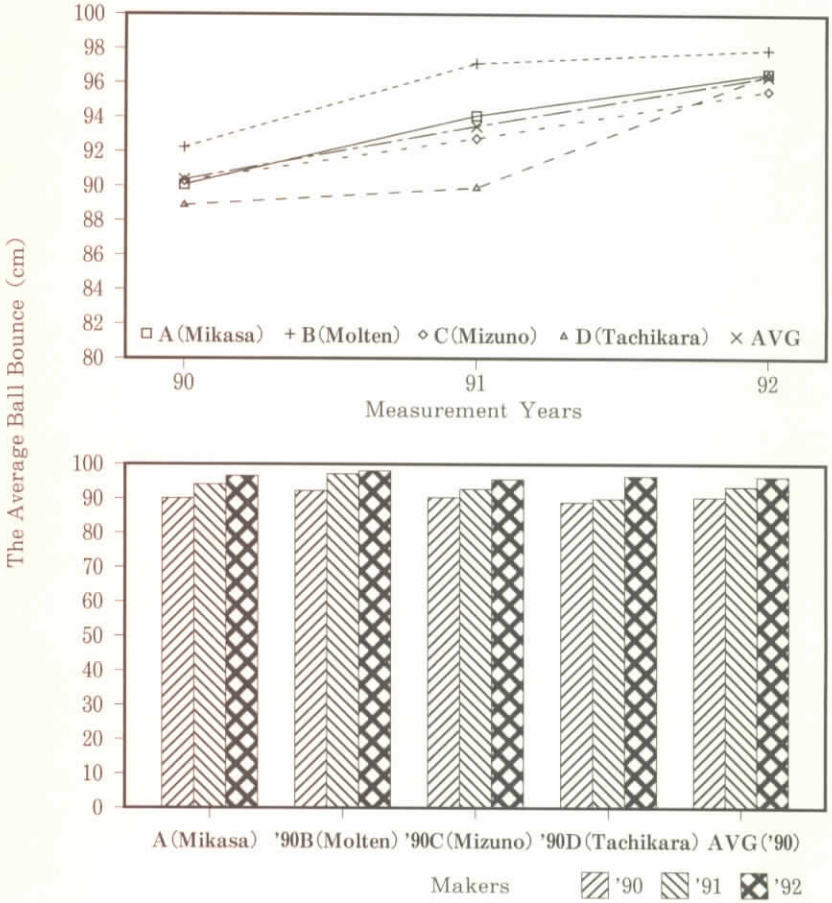

Fig.6 *Relation between the Average Ball Bounce (cm) and Volleyball Makers for 1-12 Months in 1991 and 1992*

937・99.417および102.192cm)・平均値(92.251・97.141および96.970cm)・最小値(87.250・93.750および92.166cm)・標準偏差(2.465・1.689および2.638cm)また分散(8.071・3.488および6.957cm)である。1992年度の最大値は、1990年度よりも大きい値であるのに対して、平均値と最小値は'91が大きく、標準偏差と分散は'91が小さい値である。

c. ミズノ社の製品

この1年間における全平均値('90・'91および'92)の統計は、最大値(93.562・96.583および100.269cm)・平均値(90.298・92.773および95.570cm)・最小値(85.875・97.167および90.083cm)・標準偏差(2.297・2.625および3.024cm)また分散(6.672・7.551および9.143cm)である。1992年度の最大値・平均値・標準偏差と分散は、1990年度よりもわずかに大きい値であるのに対して、最小値は'91が大きい値である。

d. タチカラ社の製品

この1年間における全平均値('90・'91および'92)の統計は、最大値(92.437・93.333および101.346cm)・平均値(88.875・89.900および96.560cm)・最小値(85.187・96.000および9.275cm)・標準偏差(2.043・2.108および2.908cm)また分散(4.963・7.323および8.457cm)である。1992年度の最大値・平均値・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。最小値は'91が大きい値である。

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は198日間も行った。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0.40から0.45kg/㎠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85.5から107.0cm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、ミズノ社製(95.57cm)が最も小さく、次にタチカラ社製(96.56cm)であり、ミカサ社製(96.58cm)の順になり、最後にモルテン社製(96.97cm)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、ミカサ社とモルテン社製であり、一方、下限のバウンド特性は、タチカラ社とミズノ社製というように二分できるのである。したがって、明白に言えないが、空気圧が大きくなるにつれ、バウンド特性は小さくなる傾向が見られた。ここで、0.44

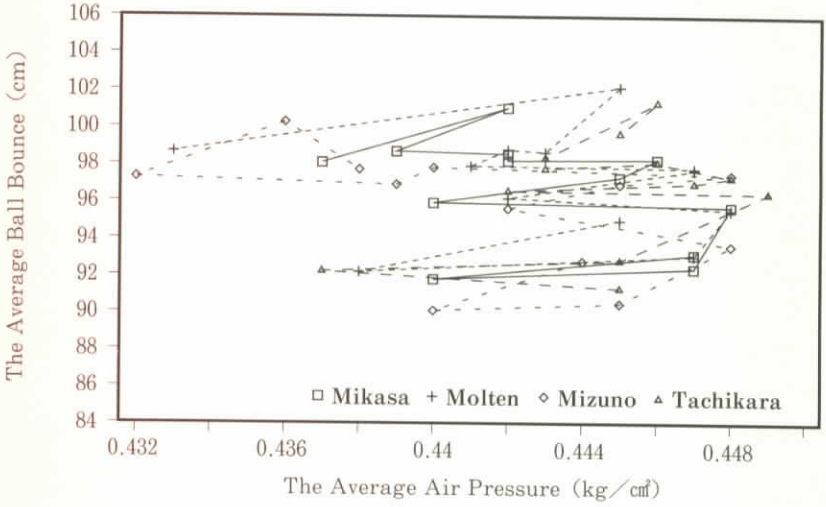

Fig.7 *Relation between the Average Ball Bounce (cm) and the Average Air Pressure (kg／㎠) for 1-12 Months in 1992*

から0.4444kg／㎠までの空気圧範囲と92から98cmまでのバウンド特性範囲が、分布していることが統計的に処理された。

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。前回では、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。

弾性率逆数 ＝ 83.134 － 5,977.00 バウンド逆数…（R^2＝0.155）…… (1)

粘性率逆数 ＝ 0.985 － 86.38 バウンド逆数…（R^2＝0.469）…… (2)

今回は、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。

弾性率逆数 ＝ 50.996 － 3,073.00 バウンド逆数…（R^2＝0.055）…… (3)
粘性率逆数 ＝ 0.523 － 44.66 バウンド逆数…（R^2＝0.169）…… (4)

ここで、式(1)と式(3)における弾性率逆数の回帰係数は、－5,977.00と－3,073.00である。一方、式(2)と式(4)における粘性率逆数の回帰係数は、－86.38と－44.66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。この弾性率逆数（1／h）の回帰係数は、粘性率逆数（1／k）の回帰係数の69.2倍（式1と2の比率）と68.8倍（式3と4の比率）で、この比率はそれぞれ約69倍で一致している。ここで、'91と'92比率を行った弾性率逆数（1／h）の回帰係数は、1.945倍であり、粘性率逆数（1／k）の回帰係数は1.934倍で、これも比率は約1.9倍で一致している。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。式(4)の決定係数（R^2＝0.169）は式(3)の決定係数（R^2＝0.055）よりも約3倍も大きい。これは、回帰直線からミカサの製品は大きく、モルテンの製品は小さいからである。

4 む す び

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、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／㎠）は、次のとおりである。

ミカサ社の製品　（平均値：0.443、標準偏差：0.003、分散：0.000）
モルテン社の製品（平均値：0.443、標準偏差：0.004、分散：0.000）

ミズノ社の製品　(平均値：0.441、標準偏差：0.005、分散：0.000)
タチカラ社の製品　(平均値：0.445、標準偏差：0.003、分散：0.000)
平均　(平均値：0.443、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、0.441（ミズノ）から0.445（タチカラ）kg／㎠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／㎠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、非常に高度の品質管理が行われていることが確認された。四大メーカーにおいて、比較的に小さい空気圧の月は2月と5月であり、大きい空気圧の月は4月と7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された。

（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（cm）は、次のとおりである。

ミカサ社の製品　(平均値：96.584、標準偏差：2.744、分散：7.528)
モルテン社の製品　(平均値：96.970、標準偏差：2.638、分散：6.957)
ミズノ社の製品　(平均値：95.570、標準偏差：3.024、分散：9.143)
タチカラ社の製品　(平均値：96.560、標準偏差：2.908、分散：8.457)
平均　(平均値：96.421、標準偏差：2.829、分散：8.021)

バレーボールのバウンド特性は、95.570（ミズノ）から96.970（モルテン）cmの範囲であることが認められた。また、標準偏差も2.638（モルテン）から3.024cm（ミズノ）の範囲である。そして、分散の範囲は6.957（モルテン）から9.143（ミズノ）cmである。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。バウンド特性の小さい月は2～3月で比較的に寒い時期であり、バウンド特性の大きい月は7月と8月で比較的に暑い時期である。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。このことが係数化によって証明されたことが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、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0.40から0.45kg/㎠で、バウンド特性の範囲は85.5から107.0cmである。バウンド特性の中で、平均値として、ミズノ社製(95.57cm)が最も小さく、次にタチカラ社製(96.56cm)であり、ミカサ社製(96.58cm)の順になり、最後にモルテン社製(96.97cm)が最も大きい。したがって、明白に言えないが、空気圧が大きくなるにつれ、バウンド特性は小さくなる傾向が見られた。ここで、0.44から0.4444kg/㎠までの空気圧範囲と92から98cmまでのバウンド特性範囲が、分布していることが統計的に処理された。

(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。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。この弾性率逆数の回帰係数は、粘性率逆数の回帰係数の69.2倍と68.8倍で、この比率はそれぞれ約69倍で一致している。ここで、'91と'92比率を行った弾性率逆数(1/h)の回帰係数は、1.945倍であり、粘性率逆数(1/k)の回帰係数は1.934倍で、これも比率は約1.9倍で一致している。

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、測定の労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