

スポーツに使用される各種ボールの 規格と品質に関する研究

東京大学 豊田 博
(共同研究者) 同 古沢 久雄
同 山本 恵三
同 松尾 彰文

Studies on the Characteristics and Qualities of Balls used in Sports Games

by

Hiroshi Toyoda, Hisao Furusawa,
Keizo Yamamoto, Akifumi Matsuo
*University of Tokyo, Faculty of General Education
Department of Physical Education*

ABSTRACT

In order to examine the characteristics and qualities of balls used in sports activities, we investigated 36 balls for volleyball, basketball, handball and football for weight, circumference, impact power and elasticity by the special ball tester and computer system in the Laboratory of Physical Education, University of Tokyo.

As the result of these tests, we found some individual differences between each ball manufacturer in weight, circumference, impact power and elasticity even in similar type of ball.

As the conclusion of this study, we suggest that all sports federation should adopt this kind of scientific objective test procedures such as impact power, elasticity and endurance test when they decide on the ball officialization to avoid the variable influences on their skills and to keep the same conditions for training situations as in actual sports games.

要 旨

現在，国内の各種大会に使用されているバレー・バスケット・ハンドボール・サッカーの公認球36個を対象として，ボールの衝撃力・反発高測定装置を試作し，一定内圧時の衝撃力・反発高を重量・周囲径とともに測定し，ボールの品質および規格の差の有無について検討を試みた．

その結果，サッカーボールの一部に重量・周囲径がルールに定められた範囲外のものがあつたが，メーカーによって許容範囲内ではあるが相当の開きが認められ，バスケットボールの重量，ハンドボールの重量とサッカーボールの重量・周囲径，衝撃力と反発高に比較的大きな差が認められた．

以上の結果，競技の成否を左右する重要な条件に関しては，認定条件を厳しくし，衝撃力や反発力についても耐久力とともに公認時の条件に加え，規格と品質の向上統一に努める必要があるものと考えた．

緒 言

近年スポーツ界では，著しい記録の向上やそれ

に伴う技術の開発が進められ，人間の能力の限界が追求されつつある．そして，スポーツに使用される施設や用具についても，科学的知見を導入して新しい工夫や改良が加えられ，それらに大きな貢献を果たしている．

最近，スポーツ界の話題をさらったプロ野球のとびすぎるボールに例をみるように，各種ボールゲームに使用されるボールについては，おのおのルールで条件が定められているものの，重量や大きさに関する規定のみで，機能的条件を明示したものは少ない．

そこで本研究は，従来ルールで定められている規格を考慮しながら，機能的テストとして，衝撃力・反発力・耐久力の検討を行い，現在市販され多くの大会に使用されている公式ボールの規格と品質について検討し，新しい規格統一のための機能的テストの必要性の有無を検討しようとするものである．

研究 方法

本研究では，日本の代表的ボールメーカー4社（バレーボールは公認5社）の公式大会使用球であるバレー・バスケット・ハンド・サッカーボー

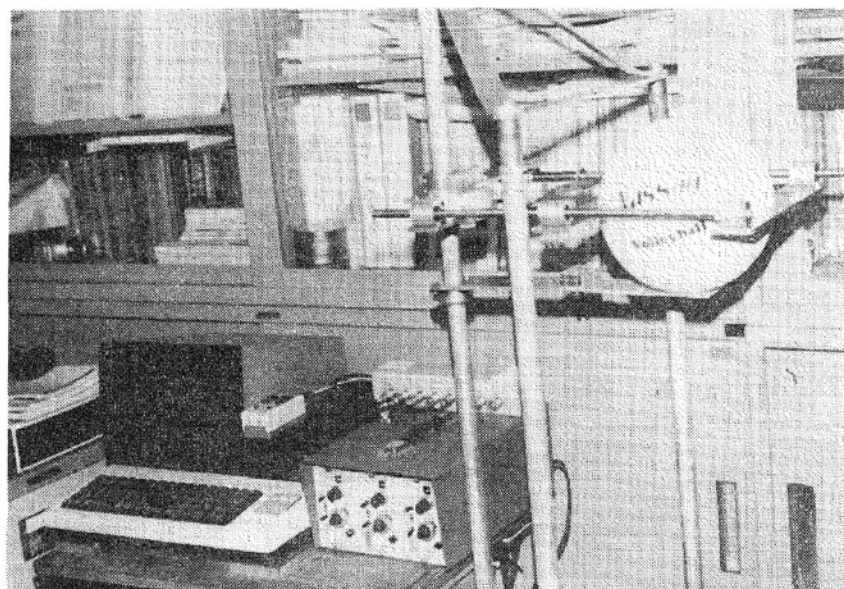


写真1 ボール自然落下装置とデータ集計用マイコン

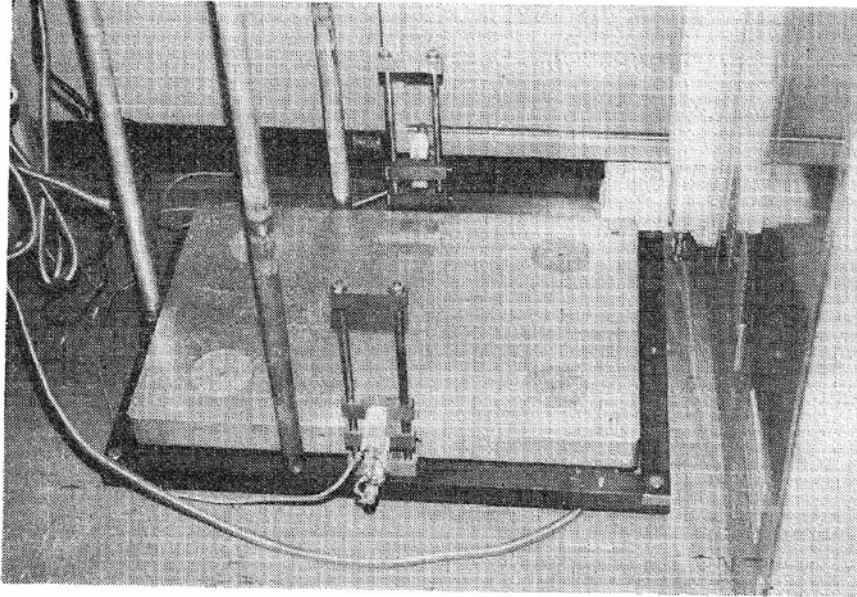


写真2 反発高・衝撃力測定装置

ル各2個ずつ、計36個を対象として、ルールに定められている重量・周囲径のほかに一定の高さからボールを自然落下させた際の衝撃力・反発高・耐久力テスト（バレーのみ）のテストを実施し、同じスポーツ種目内でのメーカー間の差異について検討した。

衝撃力と反発高のテストについては、豊田の方法¹⁾を改良し、ボール自然落下装置の下に Kistler の Force Plate をセットし、また板上 6cm と 1cm の高さに Photo Transister と赤外線発光ダイオード2個をセットし、ボールの落下とはね返り時の時間から反発高を求め、更にそれらを同時に記録集計する機能を有するマイクロコンピュータに結果を表示する装置⁶⁾を開発した（写真2）。

また、バレーボールのボールに行った耐久力テストは、明星ゴム製リバウンスマシンを用い、その反復可能回数によって測定した。

本実験は、昭和56年7月から9月の3カ月間にわたって、室内温度・湿度の同一条件の日を選んで、東京大学教養学部体育研究室において実施した。

研究結果

バレーボールについての測定結果を表に示すと、表1のとおりである。

衝撃力・反発高については、大会使用時のボール内気圧 0.40kgw/cm^2 の上下0.3および 0.5kgw/cm^2 の3つの条件について検討した。

まず、バレーボールのルール²⁾に定められている重さ $270 \pm 10\text{g}$ 、周囲径 $66.0 \pm 1.0\text{cm}$ の規定に研究対象としたボールはすべて合致し、平均 270.1g 、 66.0cm 、また標準偏差も 2.0g 、 0.2cm と、各社間の差およびボールの個体差も極めて小さいことが明らかになった。

また、衝撃力は、内圧 0.40kgw/cm^2 の場合に 45.2kg で、内圧を 0.1kgw/cm^2 上下すると、約 3kg 程度衝撃力が変化することが明らかになった。

メーカー間の差は、 0.4kgw/cm^2 の時、TA社のボールが最小で 42.3kg 、MI社が最大で 48.4kg と、約 6kg (14%) の差が認められた。

反発高は、内圧 0.40kgw/cm^2 の場合に平均 72.9cm で、最小がTA社の 71.5cm 、最大が

表1 Results of Test on Volleyball

Name of Company	Type	Weight (g)	Circumference (cm)	Impact Power / Height of Rebound			Endurance (times)
				(kg)	(cm)	(cm)	
				0.3kg/cm	0.4kg/cm	0.5kg/cm	
MI	VL200	267.0	66.1	43.3 70.6	48.4 74.0	52.4 78.4	50,000
IR	IV-5	270.0	66.0	41.5 70.9	44.6 73.2	45.9 75.4	50,000
MO	STV-5	269.3	66.2	41.3 69.3	43.7 71.6	45.8 73.3	20,000
TA	SV-5W	272.0	65.8	40.6 69.1	42.3 71.5	45.8 72.9	21,400
MZ	AP-5	272.0	66.1	42.4 69.9	46.8 74.1	51.6 77.1	50,000
AVERAGE		270.1	66.0	41.8 70.0	45.2 72.9	48.3 75.4	38,280
STANDARD DEVIATION		2.09	0.15	1.05 0.79	24.4 1.26	3.40 2.37	16,056

MZ社の74.1cmで、約2.6cmの差が認められた。

バウンスマシンによる耐久力テストの結果は、MI, MZ, IRの3社のボールは、50,000回のテストに耐えたが、MO, TA社のボールは20,000回、21,400回と、やや劣ることが明らかになった。

バスケットボールについては、ルールで公式大会使用球は、重量600~650g、周囲径75~78cmで、反発高は木の床上で1.8mの所から落下させ、1.2~1.4mはね返る高さに内圧を調節して使

用すると規定されている。

本研究では、衝撃力の測定可能範囲から、板上30cmから落下させた時の衝撃力を求めた。

測定の結果、4社のボール8個の平均重量は614.4g、周囲径は75.9cmで、すべてのボールがルールに規定する範囲内であった。

しかし、重量には、最大のTA社と最小のIR社との間には22.5g(3.7%)の差が認められた。

また、衝撃力は、0.9kgw/cm²の場合に57.0kg、反発高は79.6cmで、気圧を0.2kgw/cm²変化させると、衝撃力で3.5~4.5kg、反発高で

表2 Results of Test on Basket Ball

Name of Company	Type	Weight (g)	Circumference (cm)	Impact Power (kg)			Height of Rebound (cm)		
				0.7	0.9	1.1	0.3	0.4	0.5
MI	MG-B7	612.5	75.2	54.1	58.3	61.9	73.9	77.8	80.0
IR	BL-7	605.0	75.9	52.4	56.3	60.3	78.0	80.8	82.3
MO	MTB-7	612.5	75.9	51.7	56.3	60.0	77.5	79.8	82.0
TA	SB-7	627.5	76.4	51.6	57.2	60.7	78.0	79.8	80.6
Average		614.4	75.9	52.4	57.0	60.7	76.9	79.6	81.2
Standard Deviation		9.44	0.49	1.16	0.95	0.83	1.98	1.26	1.10

* Impact Power dropped from 30cm height

約 3cm の差が生ずることが明らかになった。

メーカー間の差は、衝撃力・反発高ともに明らかではなく、比較的小さかった。

また、ハンドボールについては、ルールで定め

られた規定は、重量で425~470g、周囲径で58~60cm であるが、本研究の結果、4社のボールの平均重量が437.6g、周囲径 58.6cm で、すべてのボールが規定の範囲内であった。

表3 Results of Test on Handball

Name of Company	Type	Weight (g)	Circumference (cm)	Impact Power (kg)			Height of Rebound (cm)		
				0.6	0.8	1.0	0.6	0.8	1.0
MI	MG-3	450.0	58.1	33.9	36.0	40.0	70.4	74.3	76.5
IR	HL-3	431.0	58.9	35.9	39.1	42.1	67.3	72.2	74.2
MO	MTH-3	444.0	58.7	34.2	38.8	40.5	71.2	75.9	77.7
TA	SH-3	425.2	58.7	29.4	32.4	35.8	68.1	70.2	70.4
Average		437.6	58.6	33.3	36.6	39.6	69.3	73.2	74.7
Standard Deviation		11.43	0.35	2.77	3.11	2.69	1.85	2.48	3.21

* Impact Power dropped from 30cm height

また、個体差は、重量ではやや大きいですが、周囲径では極めて小さい傾向を示した。

ハンドボールには、試合時の内圧が示されていないが、内圧を0.8kgw/cm²にした時、30cm から自然落下させた時の平均衝撃力は36.6kg、また、反発高は、1m落下時に換算して73.2cmであった。

衝撃力は、メーカー間で6.6kg(20.6%)、また、反発高は5.7cm(8.1%)の差が認められ、衝撃力の差がやや大きい傾向が認められた。

次に、サッカーボールに関しては、公式大会ではぬいボール(本研究のTAW-5)が用いられている。ルールに関しては、重量400~450g、周囲径69~71cm、気圧1.0kgw/cm²が規定されている。

本研究の結果は、TA社のW-5ボールが455.5gで、規定より5.5g重い傾向を示したが、他のボールは規定の範囲内であった。また、周囲径については、TA社のW-5ボールが0.5cm小さく、逆にIR社のSL~5ボールが0.5cm大きい傾向を示した。

重さでは、最も重いTA社のW-5ボールと、最も軽いMI社のF-5ボールの間には33g(7.8%)の差が認められた。

30cmの高さから落下させた時の衝撃力は、平均44.5kgであったが、最大のTA社のSS-5ボールが50.9kg、最小のIR社のSL-5ボールが39.5kgを示し、11.4kg(28.9%)と著しい差が認められた。

反発高については、内圧1.0kgw/cm²の場合平均80.1cmで、最もはずむMO社のT-5ボールが83.7cm、最もはずみの少ないTA社のSS-5ボールが76.3cmで、(9.7%)の差が認められた。

ボールの内圧を0.2kgw/cm²変化させると、衝撃力で2.8~3.6kg、また反発高で1.1~2.2cm変化することが明らかになった。

考 察

ボールゲームに使用されるボールに関しては、重量や周囲径による大きさとともに、ボールによっては、その内圧または一定の高さから自然落下

表4 Results of Test on Football

Name of Company	Type	Weight (g)	Circumference (cm)	Impact Power (kg)			Height of Rebound (cm)		
				0.8	1.0	1.2	0.8	1.0	1.2
MI	F-5	422.5	69.9	41.7	45.9	48.1	77.9	81.0	82.7
IR	SL-5	428.5	71.5	35.7	39.5	41.7	80.3	82.2	83.1
MO	T-5	447.0	70.5	41.8	45.0	48.9	82.0	83.7	84.8
TA	SS-5	449.0	69.8	48.0	50.9	54.3	74.4	76.3	76.9
TA	W-5	455.5	68.5	37.3	41.1	43.8	74.4	77.2	78.2
Average		440.5	70.04	40.9	44.5	47.3	77.8	80.1	81.1
Standard deviation		14.21	1.09	4.79	4.46	4.89	3.43	3.20	3.40

* Impact Power dropped from 30cm height

させた時の反発高が規定されている。

バレーボールのように、サーブ時やレシーブ時にとんでくるボールの勢いをうまく殺し、正しくねらった位置に返球したり打ったりするスポーツでは、ボールの重さ、衝撃力・反発高の大小が、その技術の成否に大きな影響を与えることになる。

また、バスケットボールのシュートを考えても、バックボードにはね返ってゴールする場合なども、同様に衝撃力や反発力の大小が相当影響を及ぼすことになる。

ボールの及ぼす衝撃力や反発高については、宮畑ら³⁾、大野と小林⁴⁾、渋川^{5,7)}らが、バイオメカニクスの立場から理論値を示しているが、本研究のように実測装置を製作し、各種のボールの衝突時の衝撃力および反発高を実測した例はあまり多くない。

豊田¹⁾の報告によると、日本製のボールは比較的規格に準じ、個体差も少なく、厳しい基準に合致したもののみを公認球として使用しているが、外国から公認申請のあったバレーボールに前記のテストを実施すると、ルールに示されている重量・周囲径は基準どおりであったが、衝撃力や反発高および耐久力に著しい差が認められ、危険率1%以上で有意の差が認められた。

これらのボールを使用すると、技術の成否に著しい影響を及ぼすことが明らかで、今後、ボールの公認テストの中に、ルールで規定されている重量・周囲径のほかに、衝撃力・反発高および耐久力のテストの必要性を主張している。

本研究では、4種のスポーツのボールについてテストしたが、製造技術の優秀さの認められている日本の代表的メーカーのボールであるだけに、比較的メーカーおよび個体間の差は少なかった。

しかし、バスケット・ハンド・サッカーボールの重量、衝撃力、反発高にかなりの開きが認められるので、製法上やむをえない最低限の許容範囲を設定して、規格と品質の統一・向上に努める必要があるものと考えられる。

結 論

日本の代表的ボールメーカーの4種のボールについて、その重量、周囲径、一定内圧時の衝撃力・反発高とバレーボールの耐久力について検討した。

その結果、サッカーのボールの内一部の重量を除いて、ルールに規定された重量、周囲径と合致したが特に重量、衝撃力・反発高には、メーカー間にやや差が認められた。

今後、公認時の条件の1つにこれらのテストを

実施し、競技の成否に影響を及ぼすことのないよう、一段と厳しい基準を設定することが必要であると考えられる。

文 献

- 1) 豊田 博, 古沢久雄, 山本恵三, 松尾彰文; バレーボールのボール規格に関する研究 p. 11~18, No. 15, 東京大学教養学部体育学紀要, 昭和56年3月
- 2) 日本バレーボール協会, 6人制バレーボール国際競技規則, p. 8~9, 昭和56年2月
- 3) 宮畑虎彦他; スポーツとキネンオロジー (スポ

ーツ科学講座8), p. 241~275, 大修館, 昭和40年12月

- 4) 大野武治, 小林一敏; バレーボール, p. 199~203, 学芸出版社, 昭和35年11月
- 5) 渋谷侃二; 運動力学 (現代保健体育学大系6), p. 198~220, 大修館, 昭和44年10月
- 6) 志村栄一, 横田吉成; バレーボールテスターの製作, p. 111~118, No. 47, インターフェイス, 昭和56年4月
- 7) 渋谷侃二; やさしいボールの科学, 体育科教育, p. 50~52, No. 12, Vol. 21, 大修館, 昭和48年12月