

# 反応時間を用いたカラーバレーボールの評価

— I：知覚的要因による分析 —

矢野 博  
三星 宗雄

## キーワード

バレーボール, 反応時間, 回転方向, 配色

## 目的

バレーボールの国内試合での公認ボールメーカーとして4社が指定されている。本論文の第一著者は経験から、そのボールの使用に際してメーカーによって「使いやすさ」に違いがあることに気づいていた。その要因としては、大きさや重さは同じとして、それ以外の見た目の好き嫌い、手の感触、慣れ（使用頻度）などが挙げられよう。その中で、ボールの配色（色・明るさ）のパターンは重要な要因の1つである。ボールの配色パターンはそのボールの回転方向または静止（無回転）の認知に大きな影響を及ぼすと考えられるからである。

一方、近年いわゆるスポーツビジョンという名の下に示されているように、さまざまな視覚特性とスポーツパフォーマンスとの関連性が論じられている(Abernethy, 1997; 古田ら, 2003)。バレーボールの試合で、相手からのサービスボールの回転方向または無回転が分かればレシーブパフォーマンスは格段に上昇するであろう。

ここではそれら4社のバレーボールメーカー製のカラーボールの見やすさを検証するために、ボールのイメージをパソコンのモニター上に提示し、その回転方向が認知できるまでの反応時間を測定した。この反応時間の違いは（も

しあれば）、各メーカーのボールの回転方向の認知のしやすさと相関していると考えられる。

ただし上述したように、それは各メーカーのボールに対する総合的な評価の1つの要因に過ぎず、絶対的なものではない。また実際のサービス場面では、ボールは回転しながら「飛来」してくるものであり、本実験のようにボールが同じ大きさで止まっていることはあり得ない。さらにボールの回転方向によって、ボールが上下左右にカーブすることが予想される。そのボールの飛来軌跡が回転方向の判断の手がかりになるかも知れない。それらの要因については本実験では扱っていない。

またプレーヤーのパフォーマンスとの関連についてはデータをとっていない。

なおこの実験結果については第8回バレーボール学会（明治学院大学）（矢野・三星, 2003a）および第54回日本体育学会（熊本大学）（矢野・三星, 2003b）で報告した。

## 方法

装置：刺激提示用のパソコンには SOTEC MicroPC STATION (CPU: Celeron, OS: Windows 98), モニターは15' TriGem 社製 CRT ディスプレー（解像度 800 × 600 ピクセル）を用いた。刺激提示用ソフトには特注ソフトを用いた（ハービーラボ社, 東京）。

CRT ディスプレーの中央部にボールの画像を提示し、約 60 cm の距離から観察した。その時

のボールの視角は約  $4.3^\circ$  であった (図1)。ボール (イメージ) : 4 メーカーの公認カラーボールを用いた (それぞれ A, B, C, D とした)。ボールの回転方向はボールの文字 (メーカーのロゴマーク) の部分を中心に上 (逆または後ろ), 下 (順または前), 右, 左に回転する条件, および静止 (無回転) の5種類であった。

ボールの回転速度は 1, 2, 4, および 8 回転/秒の4段階であった (それ以外に静止条件が含まれる)。ボールは初めからいずれかの回転速度 (または静止) で, いずれかの方向に回転した (または静止) 状態でディスプレイの中央に提示された。

被験者: 神奈川大学バレーボール部員を含む男女大学生計 36 人が参加した。その中で女 22 名, 男 14 名であったが, 今回は男女差の分析は行っていない。

手続き: 被験者はモニターから約 60 cm の位置に座り, 手元のキーボードのキー押しで反応した (図1)。最初のキー押しで刺激が提示され, 回転方向が認知された時点で出来るだけ早く再度キーを押すよう求められた (画像が消える)。その間の時間を反応時間としてパソコンの内部クロックを用いて測定した。被験者は 2 度目のキー押しの後, ボールの回転方向または無回転について口頭で答えた。それらは実験終了後正答表に照らし合わせて, 正答率を求めた。それぞれの回転条件で最初の 5 回は練習試行であり, データから外した。

1 回転速度条件ごとに, 上下左右および静止条件でランダムに計 20 回試行した。したがって各被験者は  $4$  (ボールメーカー)  $\times$   $4$  (回転速度)  $\times$   $20$  (試行) = 320 回の反応が求められた。ボールは A  $\rightarrow$  D と D  $\rightarrow$  A の順を適当に混ぜて行った。ただし同一のボール条件の中では必ず最も遅い回転速度条件から始めた。ボールの出現時のパターンはランダムであり, たとえば必ずロゴマークが正面にある状態から回転を始めるというようなことはなかった。静止条件の時も同じであった。

1セッションに要する時間は約 30 分であったが, 途中適当に休憩時間を設けた。また随時および実験終了後に「見やすさ」や「手がかり」などについて感想を報告してもらった。

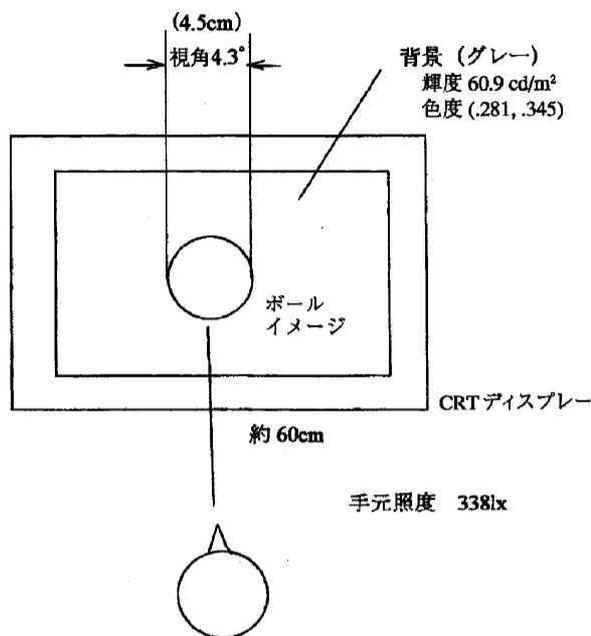


図1 実験風景のイメージ

## 結果

表1 および図2 にボールメーカーごとの, すべての回転方向を込みにした平均反応時間を示す (ms, 正答のみ)。静止条件においては「回転速度」のパラメーターがないので, データから除いた。静止条件の結果は後にまとめて示した (図7)。表および図から分かるように, 反応時間はすべての回転速度においてメーカー B と C で短く, A と D で長かった。また D を除き, 回転速度が高いほど, 反応時間は短くなる傾向にあった。メーカー D では顕著な傾向が見られなかった。

図3～6に各メーカーボールごとの回転方向別平均反応時間を示す。メーカーAとCでは系統的な差が見られなかったが、メーカーBで、高速回転時に左右方向の検出にやや時間がかかった。またメーカーDで、やはり高速回転時に上下方向の検出に時間がかかった。一方低速

回転時には、いずれのメーカーでも系統的な差は見られなかった。

図7は静止条件におけるメーカーごとの平均反応時間である。パラメーターは「回転速度文脈」である。本来ならば静止条件であるからすべて無回転であるが、無回転のボールがランダムに混ぜられて提示される回転速度条件ごとに平均を求めた。図から分かるように、静止条件ではメーカーによる差が見られなかった。いずれのメーカーでも、回転速度文脈が早くなるほど反応時間も短くなった。これは回転速度文脈が遅いと、回転しているか無回転かを見極めるための潜時間が長いからであると思われる。

表1 ボールメーカー/  
回転速度ごとの平均反応時間  
(ms, 正反応のみ, 静止条件を除く)

		ボールメーカー			
(回/秒)		A	B	C	D
回 転 速 度	1	1685.026	1378.905	1337.482	1436.079
	2	1284.080	1145.779	1158.193	1254.135
	4	1265.127	1095.395	1134.332	1297.338
	8	1240.496	1084.927	1103.303	1379.938

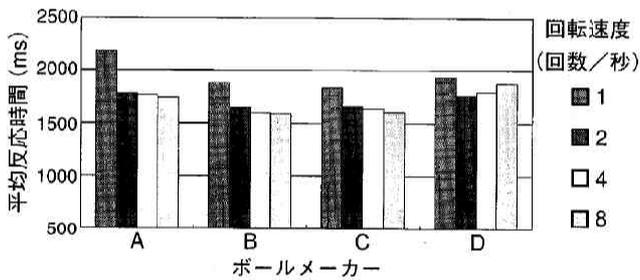


図2 平均反応時間 (静止条件を除く)

静止条件を除いた平均反応時間 (図2) と比べてみると、低速回転 (文脈) 条件 (1 および 2 回転/秒) では、無回転ボールに対する反応時間が長く、一方高速回転 (文脈) 条件 (4 および 8 回転/秒) では差がないか、あるいはむしろ回転条件の時の方が反応時間が長かった (特にメーカーD)。

静止条件でボールの種類によって差がなかった事実は、ボールの見やすさはボールの持つ静

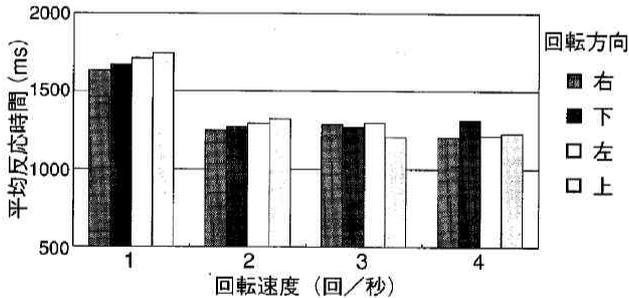


図3 ボールの回転方向別平均反応時間 (ボールメーカーA)

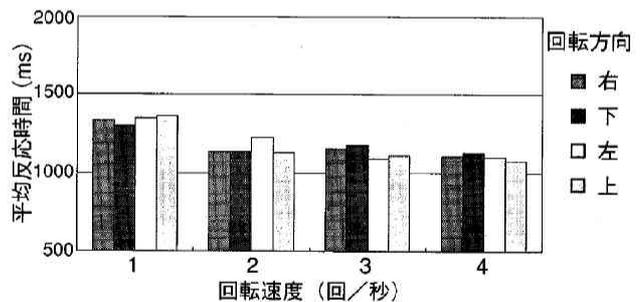


図5 ボールの回転方向別平均反応時間 (ボールメーカーC)

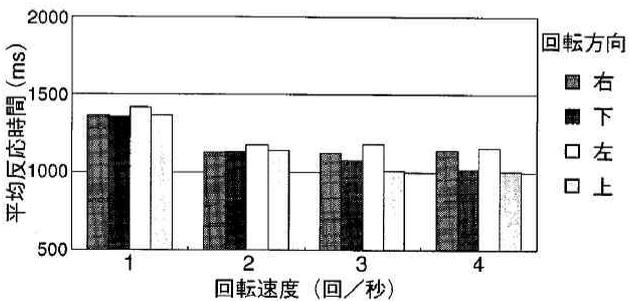


図4 ボールの回転方向別平均反応時間 (ボールメーカーB)

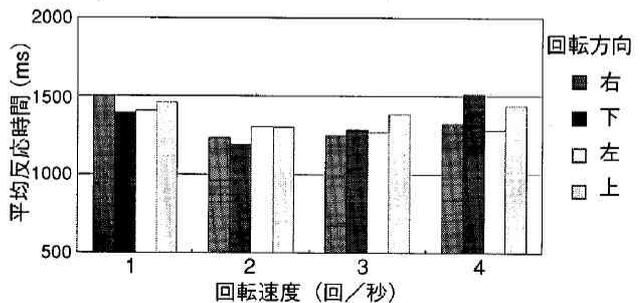


図6 ボールの回転方向別平均反応時間 (ボールメーカーD)

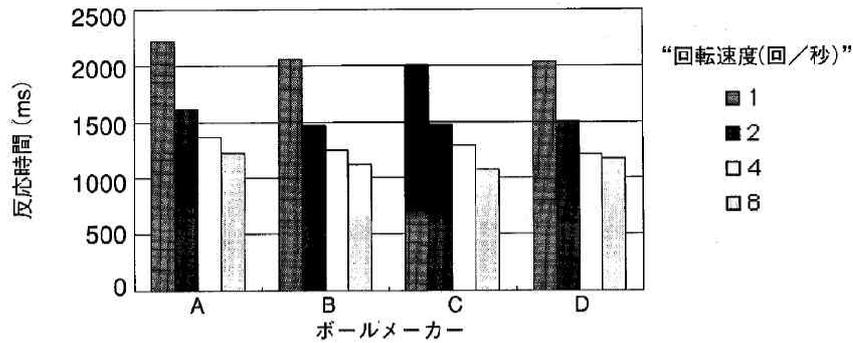


図 7 静止条件における平均反応時間

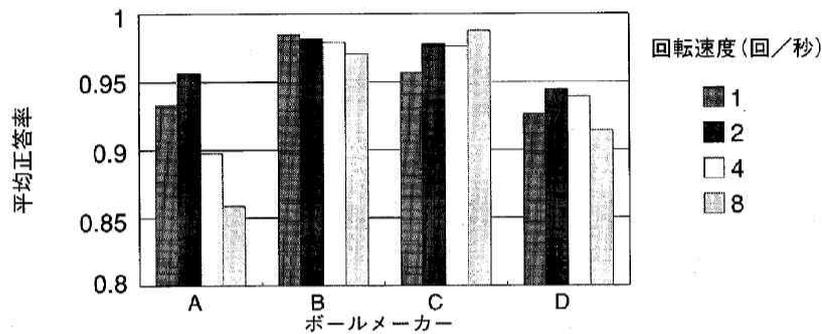


図 8 平均正答率 (静止条件を含む)

的な (そのままの) 配色/ロゴパターンそのものとは無関係であることを示している。

したがって本実験で得られた結果のボールの種類による違いは、配色/ロゴパターンと回転 (速度, 方向) との相互作用に帰せられることを保証している。

正答率に関しては、A と D で低かった。特に A では回転速度が速くなると、正答率が著しく低下した (図 8)。一般的にボールの回転速度が速いほど正答率が減少する傾向が見られたが、C でははっきりした傾向がなかった。

表 2.1 に被験者からのコメント (ボールの見えについて)、表 2.2 に、同 (ボールの回転判断の手がかりなど) を示す。平均反応時間が長く、また平均正答率も高かった B と C で、「判りやすい」、「見やすい」というコメントが多く、逆に平均反応時間が長く、また平均正答率が低かった A と D で、「判りにくい」、「見づらい」というコメントが多かったのは当然と言えよう。

「速く感じる」と「遅く感じる」印象もまたそれぞれ「反応時間が長い/正答率が低い」結果と「反応時間が短い/正答率が高い」結果と

関連していた。ボールの配色の見えについての印象も結果と連動している傾向が見られたが、コメント数は少なかった。ボールの回転判断の手がかりについては、文字 (メーカーロゴ) が圧倒的に多かった。

表 2.1 被験者からのコメント (ボールの見えについて)

	ボールメーカー			
	A	B	C	D
判りやすい・見やすい	4	17	12	9
配色がいい	0	4	1	0
遅く感じる	1	5	1	1
判りづらい・見づらい	25	5	4	18
配色が悪い	4	2	2	0
速く感じる	13	3	1	3
やりにくい	5	0	1	0

表 2.2 被験者からのコメント (判断の手がかりなど)

文字による	15
色の線	7
文字と色の線	4
左右が判らない	8
遅いと判らない	6
上下が判らない	4
静止はやりにくい	4
回転が遅いと反応しにくい	3

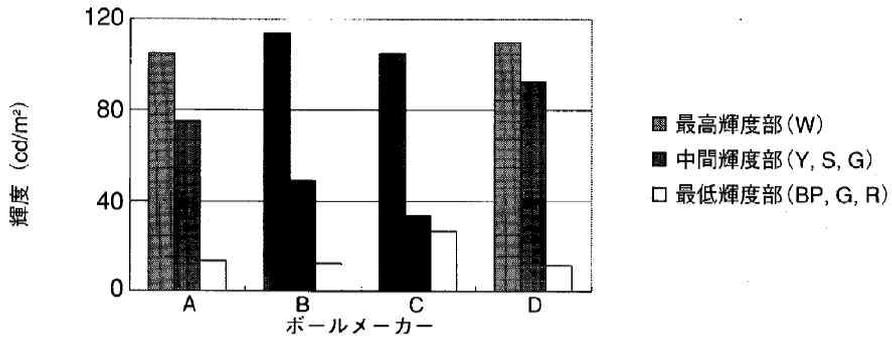


図9 各ボールの輝度分布

考察

本研究の目的は、各メーカーのボールの回転に対する検出しやすさを、ボールの視覚的な特性および人間の視覚特性から説明することであった。上にも述べたように、ボールの総合的な評価には、回転の検出しやすさ以外に多くの要因が関わっていると思われるが、それは本研究で扱うテーマの範囲外である。

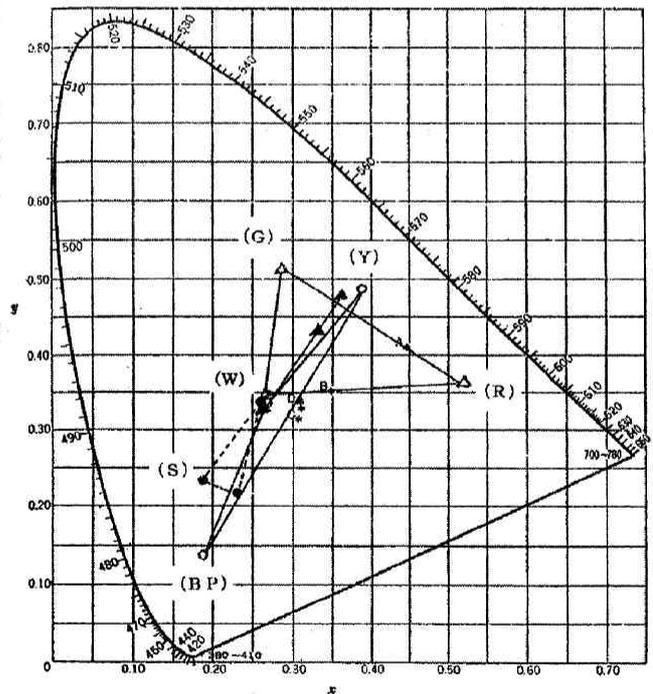
すべてのメーカーにおいて、ボールの回転速度が高くなるにつれて反応時間が短くなった。これは回転速度が低いと、その回転方向を認識するまでの潜在時間が長くなると考えられるから順当な結果と言えよう。ちなみにメーカーAをのぞき、ボールの回転速度は正答率そのものには影響を及ぼしていない。

図9は各ボールの輝度特性である。また図10は各ボールの色(色度)をCIE(国際照明委員会)のxy色度図にプロットしたものである。4種のボールとも3色から成っており、かつ白がどのボールにも共通に使用されていた。白色部の輝度および「白さ」は全てのメーカーでほぼ同一であった。

これらのボールの輝度特性と実験結果との関連を見ると、反応時間および正答率で成績の良かったBとCでは、輝度の高い白色(W)と輝度の低い残りの2色という構成になっており、一方成績の悪かったAとDでは、共に輝度が高い白と黄色(Y)および輝度の低い残りの1色という構成であった。このように一見すると実験結果と相関しているように見えるが、これら

だけから関連づけて説明することは難しい。

一方色に関しては、メーカーCのボールだけが赤(R)を使用していた。図10から分かるように、他の3メーカーのボールの色が青系統(空色S, 青紫BP)~黄又は緑という第3(および第4)色覚異常の混同色軌跡に沿った直線的な配色であるのに対し、Cのボールはいわばそれらと直交する第1(または第2)色覚異常の混同色軌跡に沿った配色となっていた。



備考 波長目盛の付いている曲線は、スペクトル軌跡であって、スペクトル軌跡の両端を結ぶ直線は、純紫軌跡である。点A, B, C及びD<sub>0</sub>は、標準の光A, B, C及びD<sub>0</sub>の色度座標を表す。

記号	ボールメーカー
—○—	A
...●...	B
—△—	C
—▲—	D

図10 ボール色の分布範囲(CIE国際照明委員会色度図上におけるプロット)

それら混同色軌跡の型と実験結果とを結びつけることは非常に興味ある分析であるが、そのためにはもう少しデータが必要であろう。3色の色差は確かに C で最も大きかった。したがってもしボールの回転を色差で判断しているとしたら、C のボールで成績が良い結果は部分的に説明されよう。しかし同じように成績が良かった B のボールはむしろ最も色差が小さい配色であった (図 10)。

ところで表 2.2 に示されているように、多くの被験者は判断の手がかりとしてボールメーカーの文字 (ロゴ, すべて黒) を用いていた。そこでロゴの部分に注目すると、成績の悪かったメーカー D のロゴは特に文字数が多く、かつ各文字が小さかった。しかしそうしたロゴの文字数や密度と成績との間に直接的な関連性を想定するのはむずかしい。と言うのは、実験時にはロゴの内容 (メーカー名) そのものはおそらく判読は困難で、いわば黒い固まり (面積) として認識されるだけであったと思われるからである。また文字数も少なく、また各文字が比較的大きいメーカー A ではむしろ成績が悪かった (図 2, 図 8)。

したがってロゴを取り囲むエリア<sup>1)</sup>の配色構成が重要であるように思われる。成績の悪かった A では主なロゴが記載されている黄色地のエリアを白色のエリアが挟む構成であり、D では主なロゴが記載されている白色のエリアを黄および緑のエリアが挟む構成であった。一方成績の良かった B と C はいずれも白色の 3 枚のエリアの中央に主なロゴが記載されていた。特にボールが上下回転している時には、メーカー A と D では、手がかりとなるべきロゴがその上 (または下) のエリアの色によって、いわばマスクされる形になると考えられる。

ただし上の論理によると、ボールの左右回転時には上下の色はその回転の判別に影響を与えないと考えられる。今回の結果では、メーカー D で高速回転時 (8 回転/秒) に上下回転時の反応時間が遅いという傾向が見られたが、A で

はそれほど顕著ではなかった (図 3, 6)。またメーカー B では予想に反して、中・高速回転時 (4 回転/秒および 8 回転/秒) に左右回転の反応時間が遅いという結果になり (図 4), 必ずしも仮説通りにはならなかった。今後ロゴマークを削除したボールを用いて検討することが必要であろう。

最後に、静止条件の結果 (反応時間) が「回転速度文脈」に強く依存した点に触れておきたい。この結果を実際の場面に当てはめてみるなら、相手からのサービスボールが常に早い回転速度で飛来する場合、その中で作戦的に紛れ込まされた無回転ボールは比較的早く無回転であることが認知され、一方相手からのサービスボールが常に遅い回転速度で飛来する場合、その中に紛れ込まされた無回転ボールが無回転であると判断されるには多くの時間を要することになる。これが実際の試合でどの程度有効かは分からないが、少なくとも、早い回転速度と無回転のボールの組み合わせが唯一の作戦ではないことは明らかである。

上で述べたように、今回の報告ではバレーボールプレーヤーの視覚的なパフォーマンスと運動的なパフォーマンス (例えば、サーブプレシーブの返球率あるいはその正確さ等) との相関についてはデータを集めていない。今後の課題としたい。

#### 注

- 1) 縫い合わされている計 18 枚の「皮」をここではエリアと呼ぶ。

#### 謝辞

本実験を遂行するにあたり、著者の無理な要望に応じて短期間に実験ソフトを作成して下さったハービーラボ株式会社の畑田明信社長に深謝いたします。

また実験に協力してくれた神奈川大学バレーボ

ール部員と学生に心から感謝します。

#### 引用文献

Abernethy B, W. JM (1997) An assessment of the efficacy of sports vision training programs. *Optometry and Vision Science* 74 (8), 646-659.

ハービーラボ社 (2004) バレーボール視覚実験ソフトウェア Ver. 2 マニュアル.

古田久・武田守弘・大場渉・坂手照憲 (2003) バ

レーボールのサーブプレシブパフォーマンスに関する知覚的要因—多次元的多変量的アプローチによる検討—. 第 54 回日本体育学会予稿集 p. 265.

矢野博・三星宗雄 (2003a) ボールの回転方向の検出における反応時間. 第 8 回バレーボール学会予稿集 p. 47.

矢野博・三星宗雄 (2003b) バレーボールにおけるカラーボールの評価—回転方向の検出と反応時間—. 第 54 回日本体育学会予稿集 p. 267.

## The evaluation of color volleyballs using reaction time I: An analysis in terms of perceptual factors

Hiroshi Yano and Muneo Mitsuboshi

#### Abstract

Four kinds of volleyballs of four different makers are used as official balls in authorized domestic matches in Japan. In order to see how easily the spinning direction of the ball was recognized, the image of the spinning ball was presented on the monitor of a computer, and the reaction time was measured for 36 volleyball players and non-players in Kanagawa University.

The reaction time was generally decreased as the spinning rate was increased for all the makers, although longer time was needed for the balls of the makers A and D than B and C. % of collection was also lower for the makers A and D than B and C. Some visual factors, including the color, the pattern of colors or the logo mark of the ball, were taken to explain of the results.