

ボール表面の凹凸形状が飛翔軌道に影響する
～バレーボールにおける表面パターンの空力効果～

研究成果のポイント

1. 新パターンのバレーボールにおける空力特性を調べたところ、ボール表面形状(六角形またはディンプル形)によって、パネル向きへの空気力変動が減少することがわかりました。
2. 表面に凹凸のない従来のバレーボールでは、ボールの飛翔軌道に対してボールの向きの依存性が非常に高いことが観察されました。
3. バレーボールの飛翔特性の理解が深まることで、今後のボールの研究・開発やデザインに活用できると期待されます。

国立大学法人筑波大学 体育系の洪性賛助教と浅井武教授、韓国のProf. Weon (Sungkyunkwan University)の研究グループは、筑波大学のスポーツ風洞施設を用いて、バレーボール表面形状により、ボールに働く空力特性が変わる事を明らかにしました。

近年、バレーボールの表面の形状が変化し、様々な凹凸をつけたものが使用されるようになりました。本研究では、このような表面形状の違いに着目し、バレーボールの向き(横と対角)における空気力(空気中を移動する際にボールへ作用する力; 抗力・揚力・横力)を、スポーツ風洞を用いて計測し、ボールの発射方向が空気力に及ぼす影響について検討しました。さらに、ヒッティングロボットを用いてボールの飛翔軌道を比較検討しました。その結果、ボール表面に凹凸のない従来バレーボールでは、ボールの飛翔向きが、その空力特性に大きく影響し、飛翔軌道を決定する傾向(異方性)が見られました。一方、ボール表面に凸凹(六角形とディンプル形)形状を導入した新バレーボールでは、ボールの向きによる空力変化が小さい傾向(等方性)が見られました。このことから、ボール表面の形状を変えることで、ボールの飛翔軌道が改善できると推測できました。

今回得られた研究結果は、バレーボールの飛翔特性の理解、新たなボールの研究・開発やデザインに活用できるものと期待されます。

本研究結果は、「Applied Sciences」に9月25日付で掲載されました。

* 本研究の一部は、科学研究費補助金基盤A(24240084)、若手B(25750283、15K16442)の支援を受けて行われました。

研究の背景

最近、バレーボールでは、ボール表面の形やデザインなどが大きく変化しました。典型的なバレーボールは、長方形パネル3枚のセクションが1面になって、総6面(18枚)で構成されており、国内外の大会で公式球として長年使用されていました(図1)。しかし、2008年の北京オリンピックで8枚の新球(MVA200; mikasa)が登場し、公式球として使われました。この新球は、現在もオリンピックを始め、FIVB(国際バレーボール連盟)ワールドリーグなどの国際大会の公式球として使用されています。一方、ボール表面に六角形突起を配置した新球(V5M5000; molten)も開発され、アメリカリーグ(USA Volleyball)を始め、NCAA大学リーグなど多くのリーグの公式球になっています(図2)。これらの新しいバレーボールは、従来のバレーボールとはパネルの形や表面の凸凹などに大きな差があるにも関わらず、その空力特性に関する研究はほとんど行われていませんでした。

研究内容と成果

本研究では、2016年バレーボール欧州チャンピオンズリーグ(CEV Champions League)の公式球であるMVA200CEV(mikasa)と、2016年USA Volleyballリーグの公式球(V5M5000; molten)を用いて、各々のボールにおける空力特性とパネル向きによる飛翔特性および空気力を中心に検討しました。また、比較対象として、従来の18枚で構成されている2つのバレーボール(AV514RB; adidas, 90V80027; mizuno)の飛翔特性と空力特性を検討しました(図2)。

その結果、バレーボールの種類(表面の形状)によってボールに加わる抗力が変わることがわかりました。特に、18枚の従来タイプ(adidasとmizunoボール)では、ボールの向きによって、レイノルズ数(Re)^{注1)}の増加に伴う抗力に大きな差が見られました(図3)。例えば、mizunoボールにおける超臨界への移動(層流から乱流への遷移)では、図1に示すパネル向きB($Re=2.0 \times 10^5$)の方が、向きA($Re=2.8 \times 10^5$)より急激に減速して移動します。この結果から、表面に凹凸のない従来のバレーボールは、パネル向きによる抗力変化が大きく、新バレーボールよりパネル向きの影響を大きく受けると推測できました。このことから、バレーボールで使用する様々なサーブの速度(50~80km/h)を考慮すると、従来タイプのバレーボールでは、同一のボールでも、その向きによって飛距離を変えることができると予測できます。また、新デザインのバレーボールでは、パネル向きによるボールの抗力変化が相対的に小さく、ボールの向き変更による抗力への影響は少ないと考えられ、ボールの向きに関わらず、比較的安定した飛距離が期待できます。また、ヒッティングロボットテストでは、従来のバレーボールは、ボールのパネル向きを変えることによって、飛翔軌道(着陸点)が大きく変化すること(異方性)がわかりました。一方、新デザインのバレーボールは、表面に凸凹のような形状を導入することで、従来タイプに比べ比較的安定した着陸点(等方性)が観察されました(図4)。

これらの結果を総合すると、バレーボールの空力特性は、ボールの表面形状に大きく依存すると考えられます。今回得られた知見は、バレーボールの飛翔特性の理解、および今後のボールの研究・開発やデザインに活用できるものと期待されます。

今後の展開

本研究により、これまで究明されていなかった、バレーボールの表面パターンが空力特性を変えるという、基礎的メカニズムが明らかになりました。今後、新型バレーボールの研究開発やデザインへの適用が期待されます。

参考図

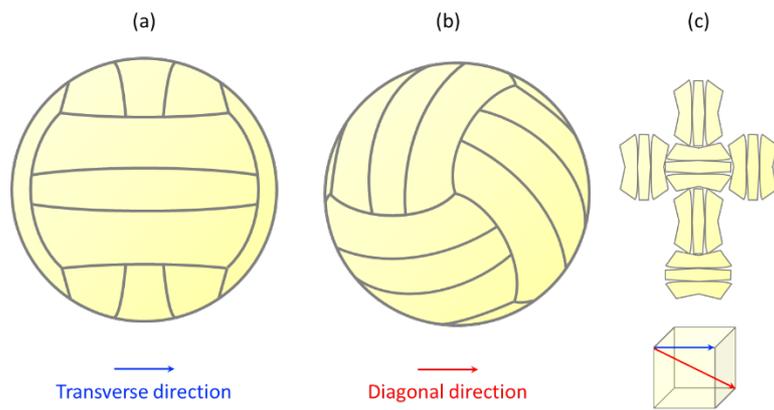


図 1 本実験で使用したバレーボールの位置関係(向きの設定)
(a)パネル向きA、(b)パネル向きB、(c)各向きによるボールの進行方向

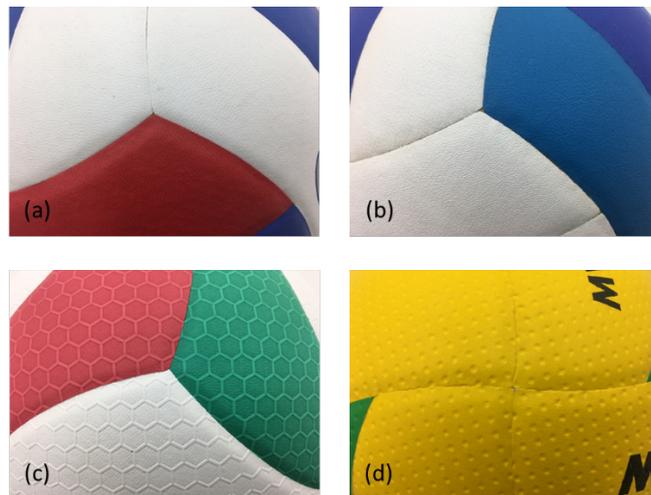


図 2 本実験で使用した現代バレーボールの表面形状
(a)Adidas ボール, (b)Mizuno ボール, (c)Molten ボール(六角形), (d)Mikasa ボール(ディンプル形)
(a)と(b)は従来のバレーボール、(c)と(d)は新バレーボール

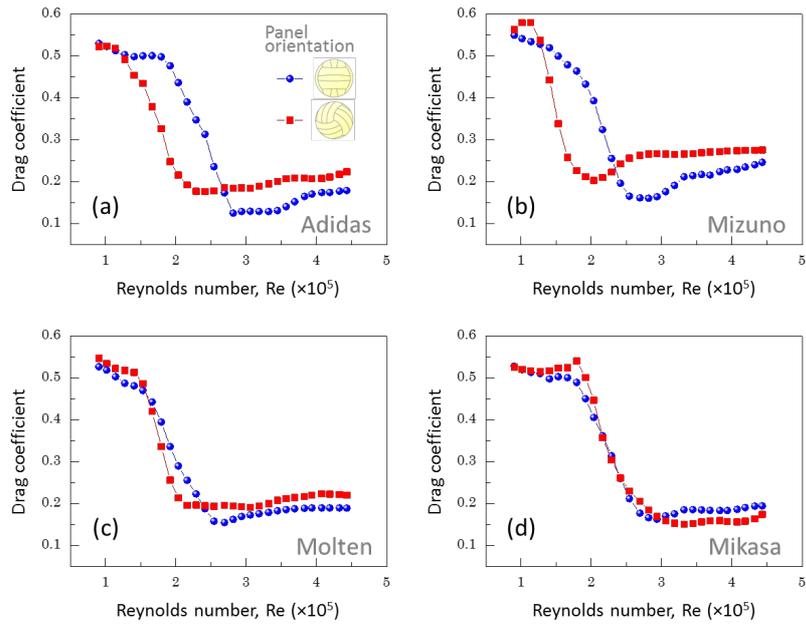


図 3 レイノルズ数と各バレーボールの抗力係数

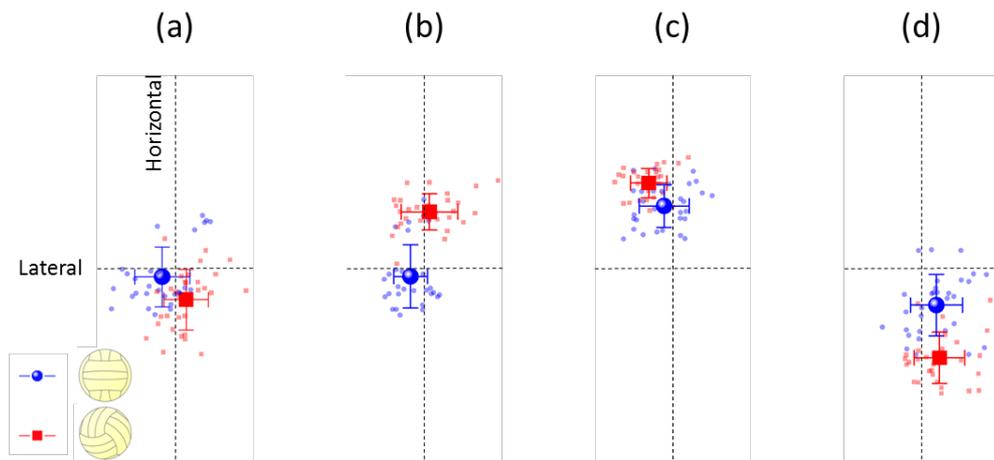


図 4 各バレーボールの飛翔軌道(着陸点)

(a)Adidas ボール, (b)Mizuno ボール, (c)Molten ボール, (d)Mikasa ボール

用語解説

注1) レイノルズ数(Reynolds number, Re)

流体力学において慣性力と粘性力との比で定義される無次元量。レイノルズ数が大きいほど、流れは乱流になる。

掲載論文

【題名】 Surface patterns for drag modification in volleyballs
(バレーボールにおける表面パターンの空力効果)

【著者名】 Sungchan Hong, Takeshi Asai and Byung Mook Weon

【掲載誌】 Applied Sciences (DOI: 10.3390/app9194007)

問合わせ先

浅井 武(あさい たけし)
筑波大学体育系 教授

洪 性賛(ほん そんちゃん)
筑波大学体育系 助教