

サッカープレミアリーグ 2020-21 シーズン公式球の空力特性

サッカーボールの飛翔軌跡は、その空力特性に大きく影響を受けることが知られています。

これまで、サッカーボールのパネル枚数や形状は、12枚の五角形パネルと20枚の六角形パネルを組み合わせた32枚パネルが一般的でした。しかし、近年では14枚パネル、8枚パネル、6枚パネルとパネル枚数が減少していくと共に、複雑なパネル形状が公式球として採用されてきており、その空力特性は32枚パネルボールと異なることが示されています。

本研究では、サッカーのイングランド・プレミアリーグとイタリア・セリエAリーグの2020-21シーズン公式球であるFlight 2020 (Nike Inc.)の基礎的空力特性を風洞実験で計測しました。従来のボールより少ない4枚パネルボールで、かつ複雑なパネル形状と表面 (groove) デザインで構成されており、その空力特性は明らかではなかったからです。

他の公式球である6枚パネルボールのTsubasa 2020 (Adidas Inc.)と32枚パネルボールのPelada 2020 (Molten Inc.)の空力特性と比較検討した結果、高速領域 (秒速25m超) におけるFlight 2020の空気抵抗は他の公式球よりわずかに大きい一方、低速領域 (秒速15m未満) での空気抵抗はより小さくなると考えられました。

また、初速が秒速25m、初期迎角40度のケースにおけるボールの飛翔距離はFlight 2020が最も小さくなりますが、初速が秒速15m、初期迎角40度のケースにおけるボールの飛翔距離はFlight2020が最も大きくなると推測されました。

さらに、Flight 2020は無回転時の飛翔の際に発生するブレが他のボールと比較してわずかに小さく、ブレにくいボールであると推測されました。

このようなFlight 2020の空力特性は、ボール表面の粗さが大きいためであり、その大きな要因として、ボール表面の縫い目や溝の長さや幅が大きいことが関係していると考えられました。

本研究成果は、今後のボールデザインの企画、設計、評価等に活用できると期待されます。

研究代表者

筑波大学体育系

浅井 武 教授

研究の背景

スポーツボールの飛翔軌跡は、その空力特性に大きく影響を受けることがよく知られています。これまで、野球やサッカー、ゴルフ、バレーボール、テニスなどさまざまな競技のスポーツボールについて、その空力特性の研究がなされてきています。

サッカーボールの空力特性については、風洞実験を中心に、抗力^{注1)}、横力^{注1)}、揚力^{注1)}、臨界レイノルズ数^{注2)}等が分析されてきました。抗力のドラッグクライシス^{注3)}における臨界レイノルズ数は、ボールの表面粗さ^{注4)} (surface roughness) を示す一つの指標であり、ボールパネルの枚数や形状等の影響を受けるとされています。また、飛翔軌跡の数値シミュレーションにおいても、ボールパネルの枚数や形状等によって、その軌跡が異なることが報告されています。さらに、ボールパネルの枚数や形状等は、低回転飛翔時における knuckling や wobbling と呼ばれる、非定常状態での横力や揚力の変動にも影響を与えると推測されています。

サッカーボールのパネル枚数や形状はこれまで、12枚の五角形パネルと20枚の六角形パネルを組み合わせた32枚パネルが一般的でした。しかし、近年では14枚パネル (Teamgeist、2006、Adidas)、8枚パネル (Jabulani、2010、Adidas)、6枚パネル (Brazuca、2014、Adidas)、6枚パネル (Telstar18、2018、Adidas) とパネル枚数が減少していくと共に、複雑なパネル形状が公式球として採用されてきており、その空力特性は32枚パネルボールと異なることが示されています。

一方、直近の English Premier League 2020/21 シーズンで使用される最新公式球 (Flight 2020、Nike) のパネル数は従来のボールよりさらに少ない4枚パネルで、かつ複雑なパネル形状と表面 (groove) デザインで構成されており、その空力特性は明らかではありませんでした。

そこで本研究では、最新の4枚パネルボール (Flight 2020、Nike) と6枚パネルボール (Tsubasa 2020、Adidas)、及び conventional な32枚パネルボール (Pelada 2020、Molten) を対象に、風洞実験を用い、抗力、横力、揚力とそれらの偏差、及び臨界レイノルズ数を比較検討し、最新ボールの空力特性を明らかにすることにしました。

研究内容と成果

本実験には、筑波大内にある回流型低速低乱風洞 (San Technologies Co., LTD) を使用しました。最大風速は55m/s、吹き出しサイズは1.5m×1.5m、風速分布は±0.5%以内、乱れ度は0.1%以下です。計測対象ボールは、4枚パネルの Nike Flight、6枚パネルの Adidas Tsubasa、及び32枚パネルの Molten Pelada としました (図1)。また、サッカーボールに働く抗力 (D) は、スティング型6分力検出器 (LMC-61256, Nissho Electric Works) により測定しました。本実験では、計測した抗力から抗力係数 (Cd) を求めました (式 (1))。

$$Cd = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A} \quad (1)$$

ρ は空気の密度で $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ 、 U は流速、 A はサッカーボールの投影面積で $A = \pi \times 0.11^2 = 0.038 \text{ m}^2$ としました。

また、ボールの飛翔距離を、回転が無く、抗力のみを考慮した2次元運動数値計算から求めました。

風洞実験による各ボールの臨界レイノルズ数は、Flight が 1.54×10^5 、Tsubasa が 1.97×10^5 、Pelada が 2.52×10^5 でした (図2)。また、その際の Cd は Flight が 0.150、Tsubasa が 0.148、Pelada が 0.153 でした。一方、超臨界領域の Cd は、Flight が 0.25、Tsubasa が 0.20、Pelada が 0.19 でした。

初速 15 m/s、初期迎角 40 度のケースにおけるボールの飛翔距離は、Flight が 19.4 m、Tsubasa が 18.7 m、Pelada が 18.0 m でした (図3)。

初速 25 m/s、初期迎角 40 度のケースにおけるボールの飛翔距離は Flight が 42.8 m、Tsubasa が 44.1 m、Pelada が 45.0 m でした。

各ボールの臨界レイノルズ数は、Flight、Tsubasa、Pelada の順で小さい値を示しています。一般に、臨界レイノルズ数が小さい程、表面粗さ (roughness) が大きいとされています。このことから、Flight は、他のボールと比較して表面粗さが大きいボールであると考えられます。各ボールの飛距離を比較すると、Pelada の亜臨界から臨界領域では ($U < \sim 15$ m/s)、Flight、Tsubasa、Pelada の順で大きくなっています。しかし、超臨界領域では ($U > \sim 25$ m/s)、逆に Pelada、Tsubasa、Flight の順で大きくなっています。これらのことから、Flight は、他のボールと比較して、表面粗さが大きく、超臨界領域において、わずかに空気抵抗が大きいボールであると考えられます。

本研究により、サッカープレミアリーグ及びセリエ A リーグ 2020-21 シーズン公式球である Flight 2020 は、今回比較した他の 2 種類のボールと比べ高速領域における空気抵抗がわずかに大きく、かつ横力、揚力の不安定な変動がわずかに小さいボールであることが示されました。ボール表面の縫い目や溝 (groove) の長さや幅の増大は空気抵抗の増加を促し、横力と揚力の不安定な変動を抑制することが示唆され、今後のボールデザインの企画、設計、評価等に活用できると期待されます。

今後の展開

本研究では、風洞内に固定した無回転のサッカーボールの空力特性を計測しており、ボールの回転は計測されていません。実際のゲーム等においては、ボールの回転は unavoidable のため、今後は回転ボールに関する空力特性を検討することが必要であると考えられます。また本研究では、ボールに働く空力は計測していますが、その原因となるボール周りの渦構造や境界層の動態は可視化、検討されていません。PIV (Particle Image Velocimetry) 等の可視化技術を併用して、それらを検討していくことも重要な課題だと思われれます。

参考図



図 1 32 枚パネルの Molten Pelada (a)、6 枚パネルの Adidas Tsubasa (b)、4 枚パネルの Nike Flight (c)

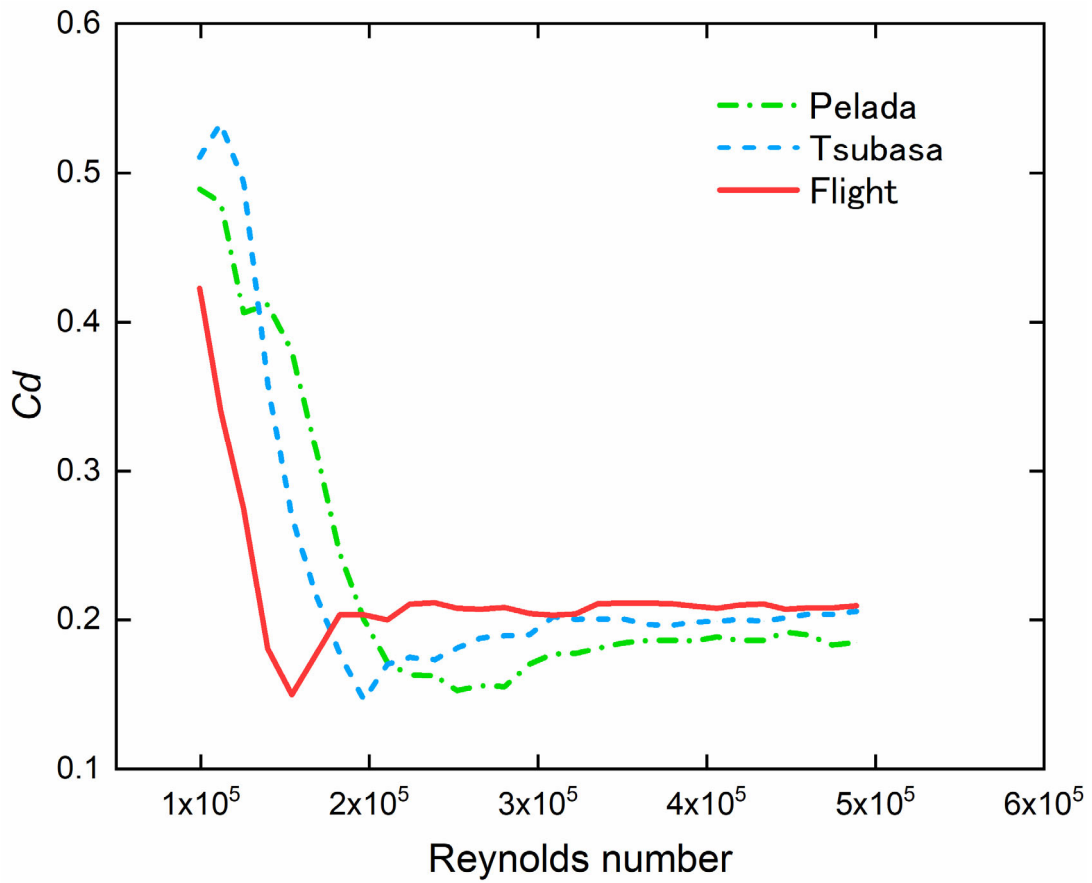


図2 風洞実験における各ボールの抗力係数 (Cd) とレイノルズ数 (Re) 関係。

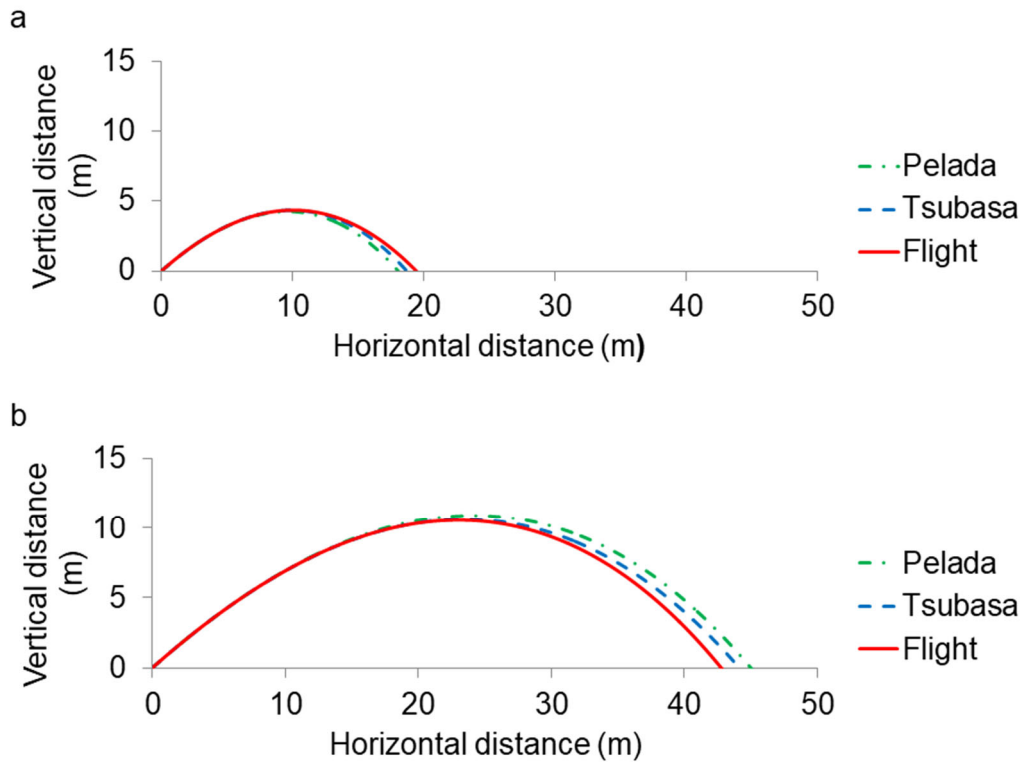


図3 抗力係数を基にした各ボールの初速 15 m/s 時 (a) と 25m/s 時 (b) の飛翔距離。

用語解説

注1) 抗力, 横力, 揚力

抗力はボール進行方向の逆方向に働く抵抗力。横力は左右方向に働く力。揚力は上下方向に働く力。

注2) 臨界レイノルズ数

流体の速度と慣性力、粘性力の比で定義される無次元数をレイノルズ数と呼ぶ。流速が大きくなるとレイノルズ数も大きくなって行き、ある時点で層流から乱流に遷移する。その境界のレイノルズ数を臨界レイノルズ数と言う。水道の蛇口を少し開けた時は水が真っすぐ流れ落ちるが、蛇口をより大きく開けていくと乱れた流れに変わるのも、層流から乱流への遷移である。

注3) ドラッグクライシス

ボールの境界層の流れが層流から乱流に遷移する際に、抗力が急激に低下する現象のこと。

注4) 表面粗さ (roughness)

流体の摩擦抵抗等に影響を及ぼす表面の凹凸やうねりの総合的指標。

掲載論文

【題名】 Aerodynamics of the newly approved football for the English Premier League 2020/21 season

【著者名】 Asai T. & Hong S.

【掲載誌】 *Scientific Reports*

【掲載日】 2021年5月5日

【DOI】 10.1038/s41598-021-89162-y

問合わせ先

【研究に関すること】

浅井 武 (あさい たけし)

筑波大学体育系 教授

<https://trios.tsukuba.ac.jp/researcher/0000002044>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報室

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp