

238 サッカーボールパネルの違いによるボール後流の違い

伊藤慎一郎^{*1}，八江一至^{*2}，荻野裕貴^{*3}

Difference of ball wake on the diffence of soccer ball panels

Shinichiro ITO ^{*1}, Kazuyuki YAE and Yuki OGINO ^{*3}

^{*1} Dept. of Mechanical Engineering, Kogakuin Univ.
 1-24-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo, 163-8677 Japan

It is known that low rotating or no-rotating balls have the erratic ball path especially in the recent soccer balls. Aerodynamic performance and dynamic velocity distributions of the balls wake were measured by 3 component load cell and dynamic PIV system on five types of different panel balls.

As a result, the difference of drag coefficient of each ball was found especially in drag crisis regions. Three-dimensional twins vortices were found in the wake behind every balls. The magnitude of the jet stream velocity between each twin vortices was also found to vary according to the difference of the ball panel.


Key Words : Soccer ball, drag crisis, 3D twin vortices, PIV analysis

1. 緒 言

近年の球技スポーツにおいて、バレーやサッカーといった競技では、ボールが回転しない無回転ボール、低回転ボールによる通称“ブレ球”が注目視されている。サッカーボールにおいては、2006年に登場したTeamGeistからブレ球シュートの存在が顕著になった。無回転で放たれたボールは不規則な軌道を描き、選手本来の技術が反映されていないとされている。また、狙ったところにボールを蹴るといった子供のための技術向上には好ましく思われていない。しかしながら、大会を追うごとにブレ球を抑えるボールの改良は行われているが、ブレ球を抑えるまでには至っていない。そのブレ球シュートを引き起こす要因は、ボールのパネル形状の違いによるボール後流にできる三次元双子渦が大きく影響していると筆者らは考えている。

本研究では、新固定法(Wire型)とPIVを用いて、各サッカーボール(Table.1)の流体力測定及びブレ球シュートの速度領域でのボール後方にできる三次元双子渦の可視化を行い、サッカーにおけるブレ球シュートの現象解明を行う。

Table.1 Soccer balls used in the experiment

				
Fevernova	Teamgeist	Speedcell	Tango12	Finale
2002 W.Cup 32 panels	2006 W.Cup 14 panels	2011 CW.Cup 8 panels	2012 CW.Cup 32 panels	12-13 UEFA 14 panels

^{*1} 正員，工学院大学（〒163-8686 東京都新宿区西新宿 1-24-2）

^{*2} 工学院大学大学院（〒192-0015 東京都八王子市中野町 2665-1）

^{*3} マルマン株式会社（〒101-0021 東京都千代田区外神田 1-8-13 NREG 秋葉原ビル 4 階）

E-mail: ito@cc.kogakuin.ac.jp

2. 実験方法

2・1 流体力比較実験

ボール後流の三次元双子渦を可視化するため、Fig.1 に示す Cobra 型ボールサポートのサポートロッドによる後流部分への影響をなくすため、Fig.2 に示す異なる新固定法 Wire 型ボールサポートを用いて実験を行った。ボールとサポートロッドはボール曲面に合わせた $\phi 100\text{mm}$ のカップに両面テープを付けたものでボールを固定している。ボールは空気入れ部分を打撃したとして、それぞれのボールサポート方法によって風速 $6\sim 30\text{m/s}$ 間の流体力測定を行い、Wire 型での固定法の有効性を検証した。また Fig.3 に示す風上側からのボール支持による流体力測定も行い、これらと比較した。

2・2 PIV による可視化実験

ブレ球シュートの速度領域内である風速 27m/s に設定し、サッカーボール後流変化の計測最適化のため、Fig.3 のようにフレームを逆に固定し、西華産業 Koncerto による 3D-DynamicPIV 実験装置を用いて可視化した。250mm \times 250mm の広域を撮影するために 1000Hz の高繰り返しレーザー光源は前方散乱方式で配置し、高速度ビデオ $1280 \times 1280\text{Pixels}$, 2000FPS で PIV 実験を行った。実験器具の配置を Fig.4 に示す。光源前方にカメラを配置する前方散乱方式ではボール風下支持においては、ボール背部サポートロッドの影になる部分が多くなるため、風上側からのサポートとした。

3. 実験結果及び考察

3・1 流体力比較実験

Cobra/Wire 型での各ボール、FeverNova, TeamGeist, SpeedCell, Tango12, Finale における C_D 値の比較をそれぞれ Fig.5-9 に示す。いずれにおいても固定方法の違いによる C_D 値の変化は殆ど見られないことがわかる。この結果から、Wire 型での固定法の有効性が得られた。また Fig.10 より各ボールの特性を比較すると、 C_D 値の減少が

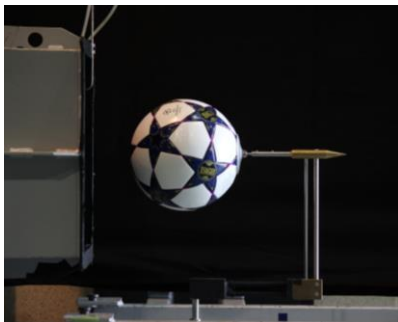


Fig.1 Cobra support

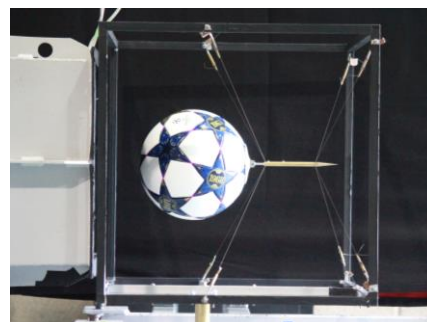


Fig.2 Downwind Wire support

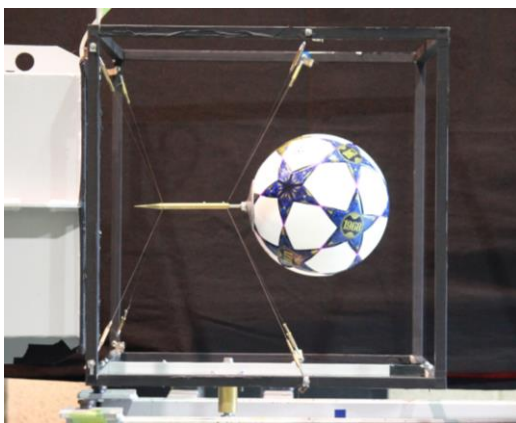


Fig.3 Upwind wire support

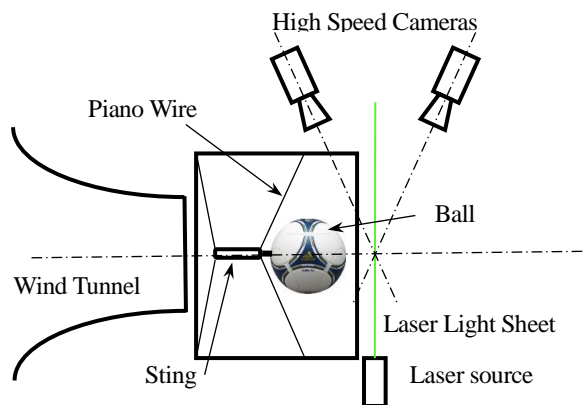


Fig.4 Placement of the experimental device

Fevernova≡Final, Teamgeist≡Tango12, Speedcell の順で早く起き、その傾向より Speedcell が滑面球に最も近い特性があることがわかる。超臨界領域の C_D 値は Finale がやや高い値を示すが、いずれのボールもほぼ等しい値を示している。また、PIV 計測のため Fig.3 で示す風上支持と Fig.2 で示す風下支持のサポート方式による C_D 値の比較結果を Fig.11 に示す。他のボールにおいても風上支持においてはサポートロッド及び支持カップの影響で、乱流遷移が低いレイノルズ数で生じていた。しかしながら超臨界領域においては性能曲線の重なりが見られ、その結果より実際の競技速度でもある風速 27m/s で C_D 値が重なっており、速度分布が同一と仮定し、PIV 実験を行った。

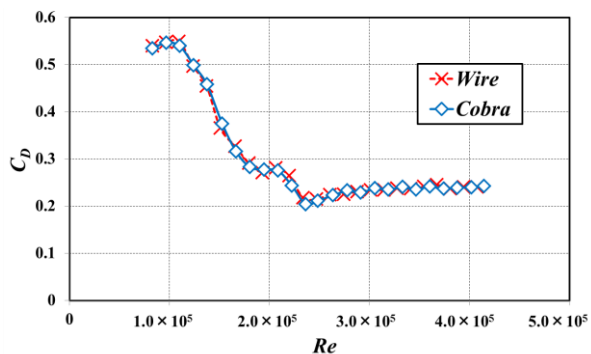


Fig.5 C_D - Re Diagram of FeverNova

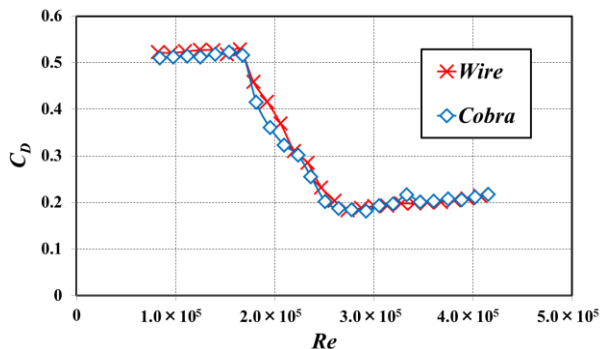


Fig.6 C_D - Re Diagram of TeamGeist

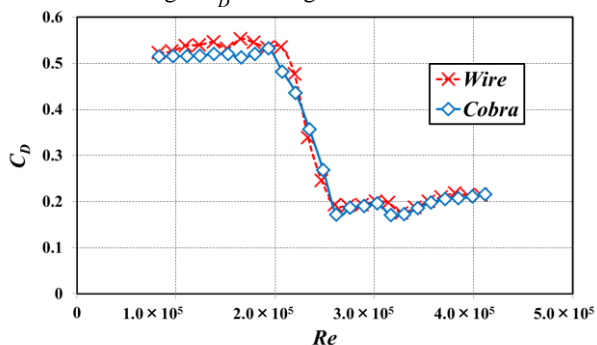


Fig.7 C_D - Re Diagram of Speedcell

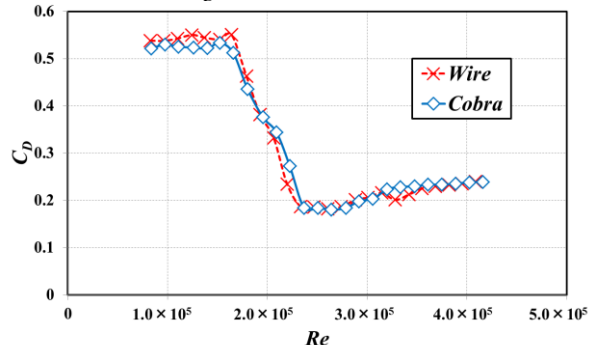


Fig.8 C_D - Re Diagram of Tango12

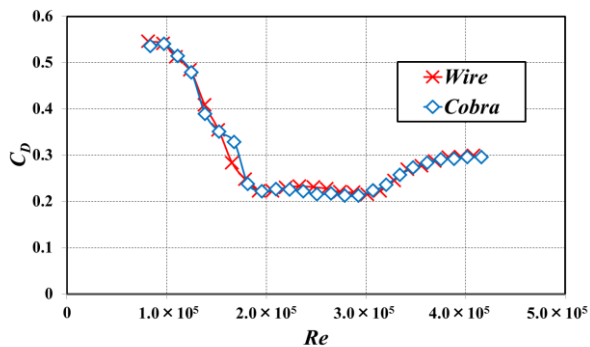


Fig.9 C_D - Re Diagram of Finale

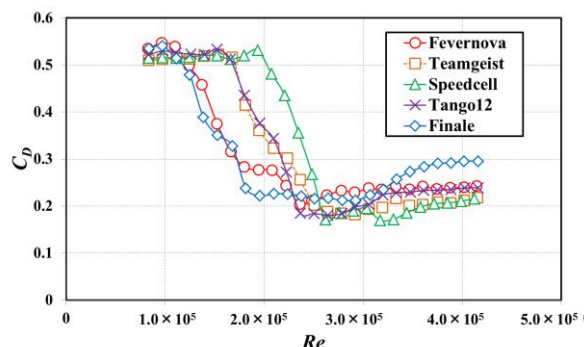


Fig.10 C_D - Re Diagram of each ball

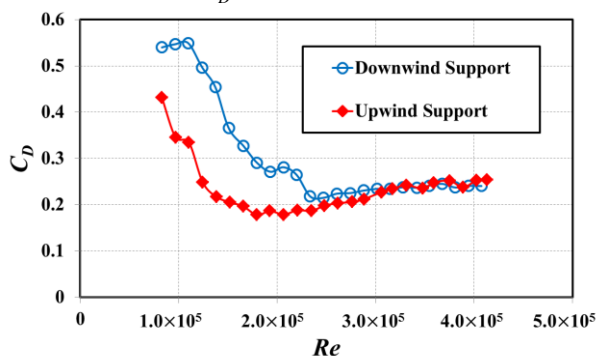


Fig.11 Difference between upwind and downwind support on Fevernova

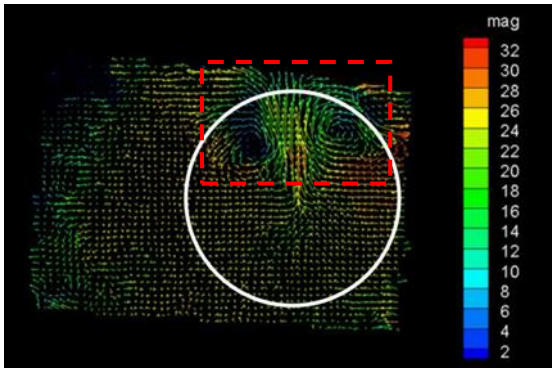


Fig.12 3 dimensional twin vortices

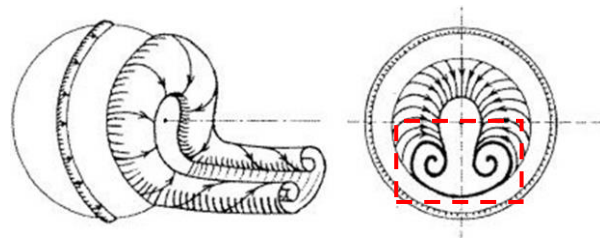


Fig.13 Vortex structure around the ball predicted

Table.2 Soccer balls used in the experiment

Fevernova	Teamegeist	Speedcell	Tango12	Finale

3・2 PIVによる可視化実験結果

PIV 計測より、各ボール 5 種類から 3 次元双子渦を可視化することができた。Fig.12 に示す白円はボールの位置を示しており、赤点線で囲った部分が 3 次元双子渦だと考えられる。これらは Fig.13 に示す種子田³⁾の予想によるボール後流に発生する 3 次元渦の尻尾の断面に相当し、これを裏付けるものである。また、Table.2 に示すそれぞれの双子渦間を流れる速度のピークに注目してみると、Fevernova が 20~25m/s、次いで Tango12 が 24~27m/s、Teamegeist、SpeedCell が 27~30m/s と最も速い値を示しており、これらはボールのパネル形状の違いによって、速度が速いほどブレる方向に対して空気力が大きく関わっていると考えられる。また、Finale においては速い速度を示していたが、他のボールに比べ渦の大きさがやや小さかった。

7. 結 言

新たな固定法である Wire 型での支持方法を新たに開発した。パネル形状の異なる供試 5 ボールのうち、パネルが細かい Fevernova と Finale が最も小さい Re 数 1.0×10^5 でドラッグクライシスが起こり、逆にパネルの最も大きな Speedcell は大きな値 2.0×10^5 で起き、Teamegeist と Tango12 は他のボールの中間の値 1.5×10^5 の始まりを示すことがわかった。また PIV による後流の可視化では、ボール後流に 3 次元双子渦の断面を確認したと同時にパネルの違いによって発生する渦の強さが異なることを示した。また、ある一定の部分で渦が確認することができたため、弱回転によるパネル変化により渦変動が起きると考えられる。

文 献

- (1) Shinichiro Ito, Masaharu Kamata, Takeshi Asai, Kazuya Seo, Factors of unpredictable shots concerning new soccer balls, *Procedia Engineering*34(2012),152-157
- (2) Taneda S., Visual observations of the flow past a sphere at Reynolds numbers between 10^4 and 10^6 , *J. Fluid Mech.* 1978; 85: 187-192.
- (3) 浅井武, 瀬尾和哉, 小林修, サッカーボールの空力特性に関する研究, *体育学研究*, pp. 29-38, 2007