

横風における DISK 仕様自転車の隊列に関する研究

伊藤慎一郎^{*1}, 大岩純平^{*2}

Study of Aerodynamic specification on trains of disk wheel bicycles

Shinichiro ITO^{*1} and Jumpei OIWA

^{*1} Kogakuin University, Nishishinjuku 1-24-2, Shinjuku-ku, Tokyo 602-8580

In a long-distance bicycle road game, in order to make the main rider win, an entire team makes a formation and assigns the main rider in an advantageous position for less drag. This study verified the effects from the formation consisted of multiple riders, usually called “train,” with replicas aerodynamically. Four replicas were used as a train in drag force measurement and flow visualization. Bicycle replicas were fixed onto a ground plate, and the spacing of each replica was kept constant. Drag force of each replica was measured with three component load cell. Flow visualization in a smoke wind tunnel was also carried out in a horizontal plane at the riders’ height. Several train formations expected to reduce drag including crosswinds were attempted. As a result, the least drag on the replica of the main rider was obtained when it was placed at the end of the train in a linear arrangement. The results of the flow visualization also explain these phenomena well.

Key Words : Aerodynamic, Bicycle race, Disk wheel

1. 緒 言

ディスクホイールタイプの自転車は横風には弱くスポークで組んだホイールに比べると重量が増すが、中距離、短距離で争われる自転車レースでは抗力を減らすために使用される。また自転車レースにおいてはレースに勝つためにアシストが不可欠な存在となっている。それは様々なトラブルからエースライダーを守るだけでなく、スリップストリームと呼ばれる抗力を減らす後流域を作りだし、エースライダーの負担を軽減させることが主な目的である。最近ではモータースポーツ、自転車レースでよく用いられているが、自転車レースにおいてそれがどれほどの影響をレースに与えているのかはあまり知られていない。この研究では風洞と三分力計を用いて横風の有無、ディスクホイールの有無、それぞれの状況における最適な隊列を検討した。

2. 実験方法

2-1 実験に使用した模型

実験で使用した自転車の模型の全長は 180mm である (Table.1)。この模型に人形を乗せ、3D プリンタで製作したディスクホイールを 2 つ装備させた状態、後輪のみに装着させた状態、ディスクホイールを装着させていない状態でそれぞれ実験を行った。C_D 値、C_L 値は側方から見た投影面積を用いて算出した。

2-2 流体力計測

走行時の様子を再現し、模型に作用する流体力を計測した。横風が無い状態を再現した実験における風速は 30m/s とし、8 種類の隊列で実験を行った。また、進行方向 $\alpha = 10\text{deg}$, 15deg からの横風に対して有効な隊列の角度を Fig.1 のように実験し、導き出すために実験風速、模型の迎角 α をそれぞれ Fig.2 と Table.2 を条件とし、隊列角 $\beta = 15\text{deg} \sim -15\text{deg}$ まで 5deg 間隔で変化させ、計測を行った。

^{*1} 正員, 工学院大学 (〒168-8677 東京都新宿区西新宿 1-24-2)

^{*2} 工学院大学大学院 工学研究科

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

Table.1 1/9 bicycle models comparing real races

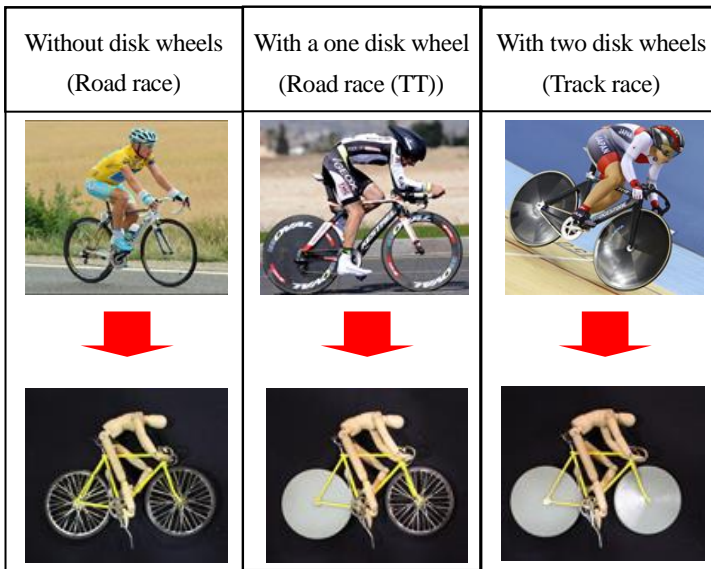


Table.2 Experiment condition in crosswind

Bicycle velocity	V [m/s]	25	
Crosswind velocity	U [m/s]	5	
Crosswind angle	α [deg]	10	10
Experimental wind velocity	W [m/s]	29.94	29.84
Model angle of attack	γ [deg]	1.66	2.48

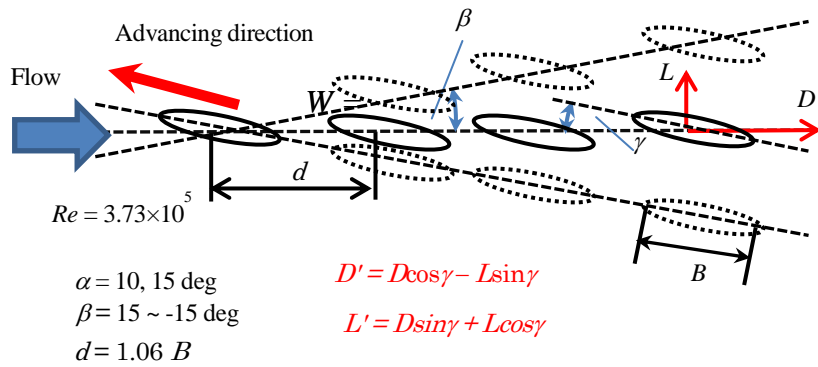


Fig.2 Definition of effective Drag D' and lift L'

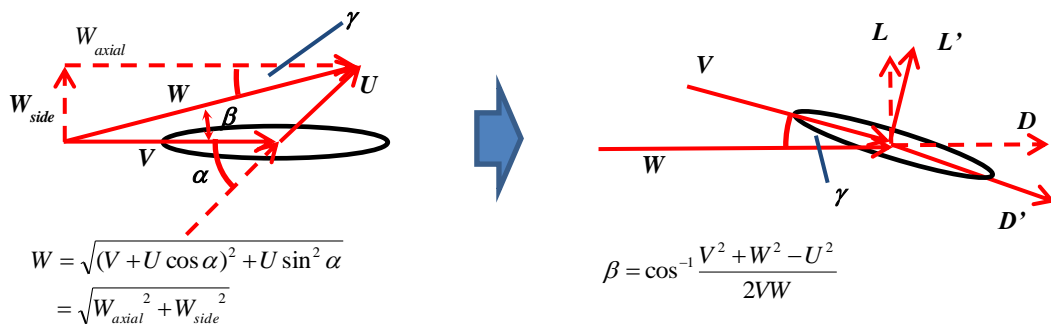


Fig.3 Calculation method for power

3. 実験結果及び考察

3・1 横風がない状態での走行時

横風がない状態を再現した実験では縦列に4人並んだ隊列の最後尾の選手の抗力が最も低くなっており、その値は単独で走行したときのその1/3の値を示したことがFig.3よりわかる。その他の隊列では、前方により多くの選手を並べたほうが、より抗力を低減できることがわかった。また、一般的には装着すると抗力が減少と言われている⁽¹⁾ディスクホイールによる影響は本実験では確認できなかった。

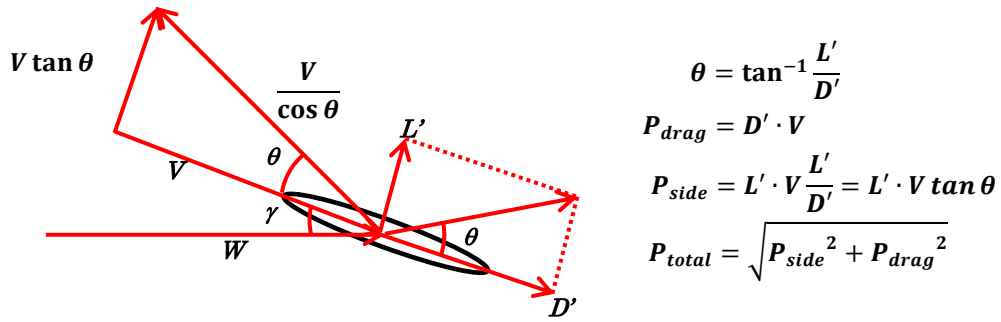


Fig.3 Calculation method for power

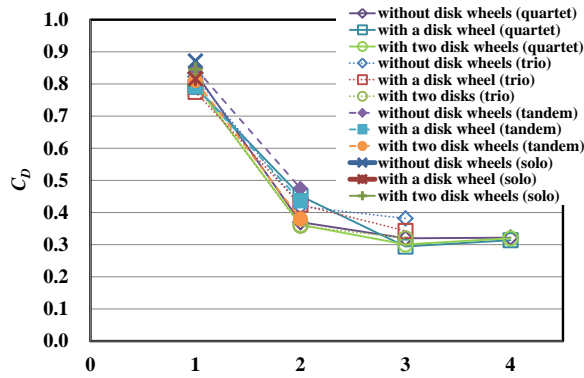


Fig.4 Experiment result without crosswind situation

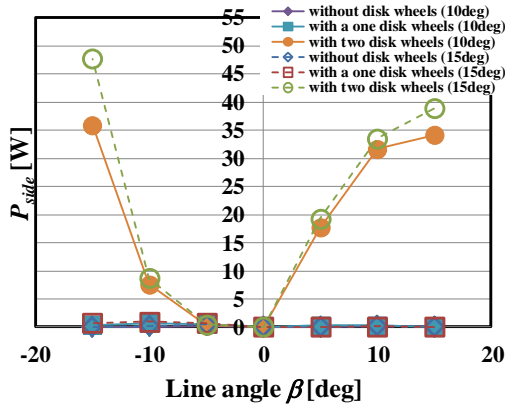


Fig.5 Experiment result with crosswind (P_{side})

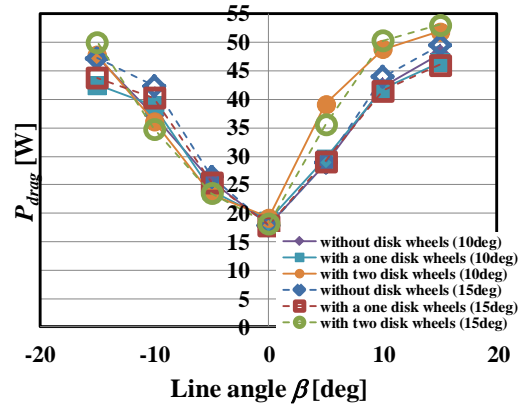


Fig.6 Experiment result with crosswind (P_{drag})

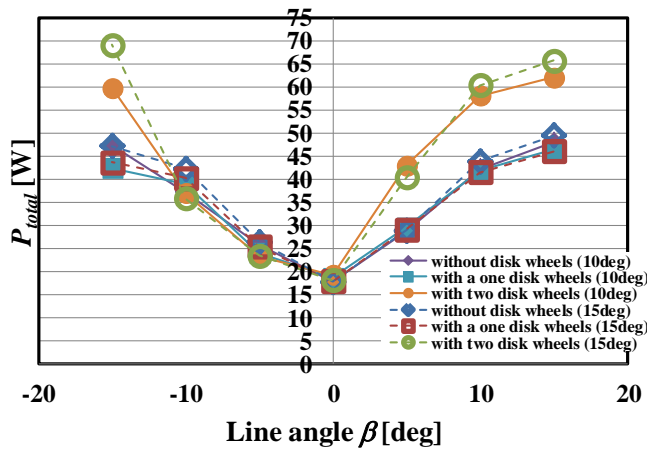


Fig.7 Experiment result with crosswind (P_{total})

3・2 横風がある状態での走行時

横風がある状態で走行を行う場合にはそれがない状態には発生しない横力が働いてしまうことが考えられる。このような状態に対しても隊列を角度をつけて組むことは有効であると考え、その状態を再現し、実験を行った。横力に対するエネルギーを P_{side} 、抗力に対するエネルギーを P_{drag} 、これらの合計を P_{total} と表し、それぞれ Fig.3 に示すような計算方法で算出した。それらの結果を Fig.5, Fig.6, Fig.7 のグラフに示す。 P_{side} 、 P_{drag} ともに隊列の角度が 0 deg とした時に最も低い値が示されていることがわかる。 P_{drag} ではディスクホイールの有無による差は見られないが、 P_{side} においてはディスクホイールを 2 つ装備した時に値が極端に大きくなることが Fig.5 より確認できる。これはディスクホイールを装備することにより、横風の受風面積が増加したことが原因として考えられる。そのため、それに対応するために、直進時にはない余分な力を必要とする。よって、野外で 150km から 200km の長距離で争われるロードレースにおいて、このような横力を受けるディスクホイールを装備する事は圧倒的に不利であると言える。

4. 結論

直進時の隊列で最も抗力を低減できるのは 4 人並んだ時の最後方であり、その値は単独走行時の 1/3 である。ディスクホイールの有無による抗力の違いは見られなかった。また、横風の中で走行するときには抗力は横風がないときと変わらないが、横力がかかるため、当て舵に必要な分だけ余計な力が必要になる。横風に対しても隊列は有効だが、隊列の角度によって低減することが出来る抗力も変わる。最適な隊列の角度 β は 0deg である。ディスクホイールを 2 つ装着している時のみに顕著な横力の違いがあることを確認できた。

文 献

- (1) Harun Chowdhury, Firoz Alam, David Mainwaring, A full scale bicycle aerodynamics testing methodology, Volume 13, 2011, Pages 94–99, 5th Asia-Pacific Congress on Sports Technology
- (2) Alexander Deriger, Hannah Geyer, The Dynamic of Bicycle Finals -The Theoretical and Empirical Analysis of Slipstream-, Oct. 1, 2009IÖB Discussion Paper No. 4/09