

ゴルフボール・ディンプル設計のための空気力測定技術開発

1. はじめに

ゴルフは飛距離が重要な要素となるスポーツである。その飛距離は最大で約270mと長く、ボールは約6秒間飛翔している。その間にゴルフボールは揚力、抗力といった空気力を受けている。この空気力が飛翔軌道を大きく左右する。ゴルフボールの表面上にはディンプルと呼ばれる凹みがあり、空気力特性に大きく影響を及ぼしている。ディンプルの効果により、抗力を低減し、飛距離を大きくしている。さらに、配列、大きさ、数、深さなどのディンプルの設計要素が飛翔性能に大きく関わってくる。よって、ディンプルの設計をするために、飛翔中にゴルフボールに働く空気力を計測し、分析する必要がある。この空気力は1Nに満たない力である。この小さな力を実際の飛翔条件すなわち最大で200回転/秒の高速回転している状態で精度よく計測する必要がある。そこで、風洞内でゴルフボールを振動のない状態で高速回転させる装置、および空気力を精度よく計測するための空気軸受型4分力ロードセルを開発した。

またゴルフボールが左右に曲がるメカニズムをサイドスピンという概念ではなく三次元飛翔理論解析により明らかにした。

2. 空気軸受型4分力ロードセルの開発

風洞装置内で空気力を計測するのに、歪ゲージ式ロードセルを使用することが一般的であるが、これには温度ドリフトの問題とゴルフボールを支持するためのフレームをロードセルに載せるので、ペイロードと計測したい力のオーダーのアンバランスにより、計測分解能を高くできない問題がある。前述したように、空気力は1Nに満たない力であるため、分解能を上げることが課題である。これらの問題を解決するために、空気軸受型4分力ロードセルを開発した。空気軸受型4分力ロードセルは、コンプレッサーにより圧縮空気を壁面と底面に送り込み、スライド部の摩擦をほぼ0にすることができる。図1に示したように、空気軸受には抗力D方向、揚力L方向および横力S方向のスライド部と揚力方向Lの軸周りの M_r (空力トルク)方向にそれぞればねを取り付けることで、動作域の制御を行っている。また、各方向には変位を測定するためのレー

ザー変位計を取り付けている。キャリブレーションにより変位から力に変換する。

4軸同時にキャリブレーションを行った結果、すべて $\pm 1\%$ 以内の直線性能を持ち、他の軸への干渉も $\pm 2\%$ 以内となっていることを確認した。

3. ゴルフボール高速回転装置

ゴルフボールを回転させるためにミニチュアベアリングを取り付けている。ピアノ線の張力によってミニチュアベアリングの破損を防ぐためにシャフトの内部に細い内管を通して

図2に示すとおり、フレーム中央にゴルフボールが配置されるよう、ゴルフボールを通したピアノ線(φ0.3)を取り付ける。ジェットエアでゴルフボールに吹き付けることによって、高速回転させる。風洞気流内で減衰する回転数を計測することによって、時々刻々変化するスピパラメータ(流速に対する周速度(回転数と半径の積))に対応する空気力係数を計測することができる。動バランスをとるために、ボールの赤道円周上120度ごとに中心に向けた穴を開け、3方向からセットボルトを入れ、それぞれの位置を調整している。この調整によって、高速で回転しても振動のない計測が可能となった。

4. ゴルフボールの空気力測定

ゴルフボールの空気力の測定結果を図3に示す。抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L とも流速、すなわちレイノルズ数依存性があまりなく、スピパラメータの関数として表される結果となった。

回転数については、無風時では初期値220回転/秒が10回転/秒まで減衰するのに約3分かかっているのに対して、風速がある状態では1分ほどで減衰する。回転減衰トルクの影響で流速が高くなるにつれて回転減衰時間は短くなっている。この回転減衰から流体トルクを算出する。

5. おわりに

これまではディンプル性能を分析するために、実際にゴルフボールを人やロボットで打つか、ランチャで打ち出すか、飛翔実験をする必要があった。しかし、本技術を用いれば、自然環境の影響を受けない風洞実験で空気力を計測することによって、より精緻な分析ができるようになった。

これらの研究は福岡工業大学とミズノ(株)の共同研究で行われた。ゴルフ

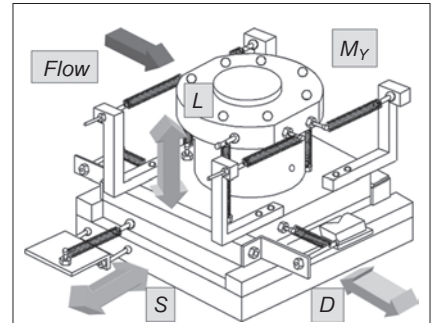


図1 空気軸受型4分力ロードセル

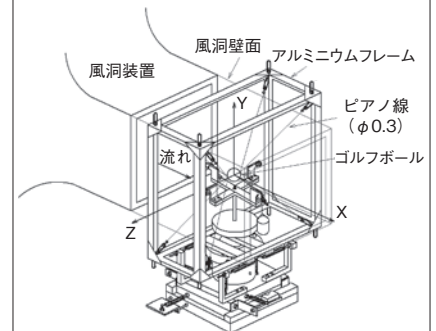


図2 ゴルフボール回転装置

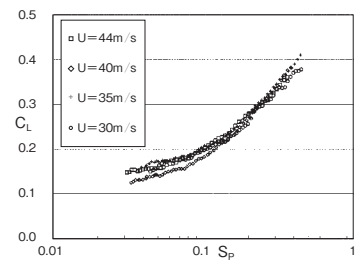
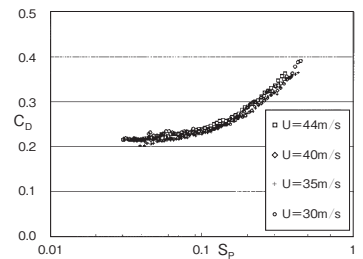


図3 ゴルフボールの空気力測定結果 (上:抗力係数, 下:揚力係数)

ボールの三次元飛翔軌道解析については、すでに特許(特許第3825359号)を取得している。回転体の空気力の測定装置や方法についても最近特許を取得(特許第4982148号)した。これらの研究は文部科学省2007、2008年度科学研究費補助金(課題番号19500555)の一部によって行われた。(原稿受付2012年7月27日)

〔鳴尾丈司 ミズノ(株) 溝田武人 福岡工業大学〕