

## 調査対象技術の技術概要

### 「ゴルフボール」

#### 【技術概要】

ゴルフボールの歴史はゴルフの歴史でもある。スコットランドの牧童が棒切れで石を打ち、野ウサギの穴をねらって遊んだのがゴルフのはじまりといわれている。その後、ボールは丸い木の球からガチョウの羽を詰めた皮のボール（フェザーボール）へ、さらに天然ゴムのガッタパーチャボールと発展し、20世紀の初めに糸巻きボールが誕生した。現在では、高性能な合成素材を用いたソリッドボールの開発が主流となっている。

ソリッドボールは、1990年代に急速に高性能化が進んだ。それまではプロや上級者がスピン性能のよい糸巻きボールを好んで使用していたが、90年代後半から急速にソリッドボールにかわるようになった。現在、世界の主要メーカーが新しく発売するボールは、そのほとんどがソリッドボールである。

ゴルフボールは、最外層にあるカバーとその内側のコアから成っており、カバーにはボールの飛行性能を向上させるためのディンプルがある。石油化学工業の発展に伴う新素材の登場は、ボールの強度、反発性、スピン性能等のパフォーマンスを向上させた。精密加工技術の発展は多層構造コアボールの開発を可能にした。コンピュータ技術の進歩は、ボールパフォーマンスの計測やシミュレーションに威力を発揮し、ディンプルの設計やボール性能の詳細設計に欠かせないものとなっている。

20世紀後半には、このような技術の進歩に従ってボール性能が著しく向上したため、ルールによってボールの飛距離の制限が設けられるようにまでなった。ゴルフボールは新素材の開発や空気力学の進展、コンピュータ技術の進歩にしたがって今なお進化つづけ、クラブの開発やルールにすら影響を与えているのである。

#### 1. 全体構造

主に合成ゴムと合成樹脂からなる固体で構成されたゴルフボールは、糸巻きボールに相対してソリッドボールと総称される。ソリッドゴルフボールの構造は近年多層化が進んでおり、3層構造のスリーピース、4層構造のフォーピースが主流である。例えばスリーピースのボールでは、カバーを2重構造にする、コアを2重構造にする等によって、様々なボールの特性を与えている。2003年には、ファイブピースのボールも発売された。

#### 2. コア

ここでは、最外層であるカバーの内側にある層を一括してコアとしてまとめている。スリーピースより多層のゴルフボールにおいては、ボールの最中心を構成しているコアと最外層のカバーの間に中間の層もあるが、これは本文類の中に含めている。

最中心にあるコアは、弾性の高いブタジエンゴムを主体としたゴム素材にその他のゴム、エラストマー等を配合して製造されている。また、この構造も外側が硬く内側ほど軟らかくなるといった外剛内柔の工夫がなされているものもある。

最中心と最外層の間にある中間の層については、“中間層”のほか“マントル”と表現する場合もある。この中間層には、高弾性のゴム類で最中心のコアと似た機能をもつもの、高反発の樹脂類でカバリの機能をもつもの、新しいエラストマー素材（例えばシリコンエラストマー）等、様々なものが最適な厚みで利用されている。今後、この中間層の高機能化がボール開発のカギを握っていくのではないかとみられる。

### 3. カバー

ゴルフボールのカバーには、高反発なアイオノマー樹脂を主剤として、合成ゴムやエラストマーを適量配合したものをを用いるのが90年代の主流であったが、2000年以降、特にプロや上級者向けを対象として、適度な柔らかさがありスピンのかかりやすく、打感のフィーリングの良い熱可塑性ポリウレタンエラストマーあるいは熱硬化性ポリウレタンが主剤に用いられるようになった。ポリウレタンは、ツープースボールの開発初期にもカバーに用いられたことがあったが、当時のポリウレタンは強度が弱かったため、アイオノマー樹脂が開発されると、すぐそれにとってかわられた。しかし、近年ポリウレタン樹脂のそのものの性能が向上し、薄くかつ強度のあるものをを用いることができるようになったのである。

今後も、アイオノマー樹脂およびポリウレタンがカバー材の中心となっていくと考えられる。

### 4. ペイント

プロのスイングスピードから計算すると、ゴルフボールに当たるクラブの速度は時速200kmにもなる。ゴルフボールには、この衝撃に耐えうるペイントを施さなければならぬ。また、ゴルフボールは芝面だけでなくラフやバンカーを転がるのであるから、高い耐摩耗性も必要である。さらに野外のスポーツであるから、耐候性も必要である。

このような点から、ゴルフボールの塗装には、密着性や耐摩耗性、耐候性が特に重要であり、塗装前処理や塗料、顔料等に様々な工夫が施されている。

### 5. ディンプル

ゴルフボールの飛行性能を著しく向上させるのがディンプルの役割である。現在のような凹型のディンプルボールが発売されたのは20世紀初めのころであるが、現在でも進歩を続けている技術である。

ディンプルの技術には、ディンプル個々の形状や大小、数、面積占有率や体積占有率等のそれぞれの組み合わせ、配置・配列等が複雑にからみあっており、各ボールが目指す性能に合わせた設計がなされている。

### 6. 外観

ゴルフはスポーツであり、娯楽の一種である。したがって、実用的なボール性能の識

別性や視認性等の性能が求められていると同時に、使用者は、単に性能だけでなく自分の用具に対してファッションブルな要素や個性の投影を求めているという部分もある。

前者の例としては、薄暗い日や雪の中でも視認性が高い蛍光カラーのボールやアドレスを補助するためのマークを印字するといったことがあげられる。後者の例としては、ボールにキャラクターや自分の名前、写真を印字する等といったことがある。

## 7. ボール特性の測定・評価

### 7.1 基礎データ

ゴルフボールは、クラブの打撃によってはじめて運動するエネルギーが与えられる。その最初に与えられる“初速度”、“打出角”、“スピン”は「初期三要素」と呼ばれている。初期三要素の発生機構については、現在ほぼ解明されており、シミュレーション技術も進んでいる。

ボールが空中を飛び出してからは、この三要素とボールの空気力学的特性の両方がその飛行にかかわってくるため、非常に複雑となる。各ボールに施されたディンプルは、ボールの揚力を増し、抗力を下げることができるが、それぞれの係数（揚力係数、抗力係数）の算出をディンプル設計とあわせて完全にシミュレートすることは、現在のコンピュータ技術でもまだ不可能である。

### 7.2 インパクト時

ゴルフボールのインパクト時の解析には、ボール自身の反発性能等の特性の測定・評価と、10000分の5秒程度という短時間の現象をいかに測定・評価するかという技術の両方がかかわってくる。

ゴルフボールの“かたさ”の測定には、20世紀前半に、コンプレッション値（ボールを1インチ（2.54cm）押しつぶすのに必要な力）という無次元の測定値が開発され、糸巻きボールの反発性能を示す、あるいは人間の打感の指標を示す値とされてきた。しかし、ソリッドボールが主流となった現在では、この値がボールの反発性能等と必ずしも一定の関係をもつとはいえないという研究結果もある。

インパクト時の現象を測定する方法としては、現在は高速フィルムカメラや高速 CCD カメラによる撮影と画像の解析が一般的である。特に高速 CCD カメラで撮影した場合は、コンピュータにインパクト画像を取り込み、画像処理によって一瞬の後にボールに与えられた初期三要素を算出するということが可能となっており、ボールの性能試験のみならず、プレイヤー特性の解析やバーチャルゲーム等にも応用されている。

### 7.3 飛行時・着地時

ゴルフボールの飛行特性の解析には、弾道の記録や飛行中のスピン量の計測、ボールの空気力学的特性の測定等を行う基礎技術が必要である。飛距離を測定するには、マラソンコースの距離計測にも用いられるようなメジャーを使う方法もあるが、現在では安

価なゴルフ専用の高精度な小型レーザー距離計が発売されている。近年、GPS を利用した距離測定方法もあり、携帯電話を用いた一般向けサービスが既に開始されているほか、地理測定用の精密な測定手法が試験的に用いられたこともある。

#### 7.4 ルール（認定）

ゴルフボールのルールは USGA（全米ゴルフ協会）及び R&A（全英ゴルフ協会）によって慣例的に 4 年に 1 回見直しが行われており、2004 年は新しいルールの施行年にあたる。ゴルフボールについては、サイズや重さ等の規格や試験方法に変更はないが、総合標準飛距離（キャリーとロールの合計）のテスト装置や制限値が改定される。試験に用いられるドライビングクラブがウッドからチタン製へ変更となり、試験時のヘッドスピードも高速化したため、総合標準飛距離の上限も上げられる。

また、ドライビング・クラブの反発係数の上限も 2004 年から規定されることとなり、プロのトーナメントでは、試合前に現場でクラブの実測が行なわれ、違反したクラブは試合では使用できないこととなった。

標準総合飛距離の測定やボールの対称性のテストは、既に 2002 年末より、実測からインドアにおける測定（揚力係数、抗力係数の実測に基づくシミュレーションによる飛距離計算）に変更されている。

#### 8. 製造方法

ゴルフボールは、コアやカバーの素材を調整する工程、加硫・成形を行う工程、そして仕上げ・塗装を行う工程がある。基本的には、ゴムやプラスチックの製造工程に準ずるが、ゴルフボールは、ルールに定められた規格にそって、高い品質管理が必要とされており、各メーカーには一般に公開されない様々なノウハウが蓄積されているものと思われる。

#### 9. 糸巻き

20 世紀初頭に急速に広まったハスケルボールを元祖とした糸巻きボールは、現在、ゴルフボールの主流から離れつつあるが、糸巻き層を薄くし、機能的な中間層の一部としたボールや、熱可塑性プラスチックを用いた擬似糸巻き層があるボール等、新しい展開が試行錯誤されている。糸巻きボールは、特にリキッドあるいはソリッドの芯に糸ゴムを巻きつけていく工程に特殊な技術を要するため、製造することができるのは、世界でも限られたメーカーのみである。