

カーボン素材を採用し、軽量化した 掃除機の開発

—エコに「カーボンライト」をたし算—

Development of Light Weight Vacuum Cleaners with Carbon Fiber Reinforced Plastics —Eco-friendly Technology + “CARBON Light”—

鈴木 竜路

Suzuki Ryuji

豊島 久則

Toyoshima Hisanori

林 正二

Hayashi Shoji

2011年3月に発生した未曾有の大震災による電力の供給不足により、ユーザーは徹底した省エネルギー、節電を心がけるようになった。日立はそのような状況の中、「日立はエコにたし算」というスローガンの下、省エネルギーの徹底追求を前提に、ぜいたくではなく実質価値を高めた商品を提供していくことをめざしている。

2011年7月および8月に発売した掃除機の上位モデルには、軽量化と軽快な操作性を追求した「カーボンライト」、省エネルギー技術である「ecoこれっきり」運転、高効率化をめざすファンモーターなど、日立独自の開発機能を搭載している。

1. はじめに

日立が掃除機の生産を始めてから半世紀以上が経過するが、常にユーザーの声に耳を傾けながら開発を続け、「もっと使いやすく」に応えるため、新しい発想と独自技術で製品化を実現してきた。例えば、「手モコン（手元パワーコントロール）」、「自動除じん」、「ごみパック式」、「光リモコン」などは業界をリードする形で商品化を実現して好評を得ている。

近年では省エネルギー志向の要望に応えるため、2008年に「ごみハンターヘッド」を開発し、吸い込み性能の向

上と床面判断制御の技術で集塵（じん）性能を落とさずに省エネルギー自動運転を可能にした。2011年は「使いやすくしてお掃除がラク」をさらに徹底追求するため、新素材カーボン繊維強化プラスチックを採用した軽くて強い「カーボンライト」を開発し、掃除機の使い勝手を向上することで実質価値を高めたサイクロン式掃除機および紙パック式掃除機を製品化した（図1参照）。

ここでは、プレミアムクラスのサイクロン式掃除機「CV-SU7000」をはじめとする上位モデルの掃除機に搭載した「カーボンライト」の開発と、省エネルギー技術「ecoこれっきり」運転、および高効率化をめざすファンモーター技術について述べる。

2. お掃除ラクラク「カーボンライト」

2010年に独自調査した掃除機購入時の重視ポイントでは、「吸引力の強さ」に並んで「ヘッドの操作性」が上位に挙がった。日立はこれまで、ヘッドの操作性に関する使いやすさを、独自機能の開発により追求してきた。ヘッドが左右に90度曲がることで壁際の掃除を便利にした「クルッとヘッド」や、ベッドの下などが掃除しやすい「ペタリンコ構造」、さらには伸縮パイプの操作が片手でできる「サッとズームパイプ」などの機能は、現在販売中の商品にも継承されている。近年では吸い込み力の向上に伴いヘッドが床面に吸い付きすぎて重くなるため、ヘッド内部のモーターで回転ブラシを駆動させ、ごみ取り性能を高めるとともに、ヘッドに推進力を与えて操作の負担を軽減する「自走ヘッド」機能も備えている（図2参照）。

「もっと使いやすく」を追求するために、日立アプライアンス株式会社家電事業企画本部や、生活ソフト開発センタ、多賀家電本部、日立製作所日立研究所、デザイン本部などの開発メンバーで行っているソリューションプロジェ



図1 | サイクロン式掃除機「CV-SU7000」（左）と紙パック式掃除機「CV-PU300」（右）

どちらもカーボン繊維強化プラスチックを採用し、軽量化と操作性の向上を追求した2011年7月発売の掃除機である。

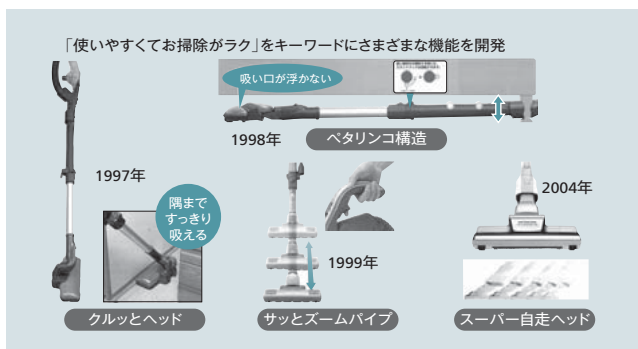


図2 | 日立掃除機の独自機能

使いやすく掃除しやすい掃除機を実現するために、「クルットとヘッド」、「ベタリンコ構造」、「サットとズームパイプ」、「スーパー自走ヘッド」(機能名称は発売当時のもの)など、さまざまな付属品を開発してきた。

クト会議の中で、使い勝手向上ワーキンググループを設立して検討を重ねた。ところが、付加価値を高めたいという発想から出てくる開発サイドのアイデアは、既存製品への機能追加が多くなりがちである。そこで、本当にユーザーが求めていることを把握するために、主婦を対象にモニターの協力を依頼し、家庭で掃除しているところに開発メンバーが立ち会って撮影を繰り返した。

その結果、掃除機のヘッドを少し浮かせる、持ち上げるという動作が、1回の掃除中に数十回あることがわかった。このことに着目し、掃除機のヘッドや延長パイプを軽量化することによって使いやすさを向上させることをめざした(図3参照)。

2.1 カーボン繊維強化プラスチックの開発

ー延長パイプの軽量化

掃除機のヘッドや延長パイプの軽量化は、小さく、細くすれば実現できるが、集塵性能や吸い込み力が低下するため、大きさや太さは同一のまま軽量化する方法を考えた。近年では航空機や自動車などにカーボン繊維強化プラス

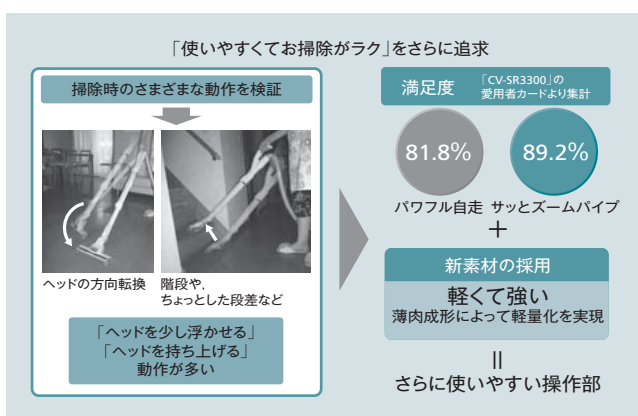


図3 | 実際の掃除動作を検証して商品計画を立案

左側に示すモニターテストの様子から、方向転換などでヘッドを少し浮かせる・持ち上げる動作が多いことがわかる。また、前機種「CV-SR3300」の愛用者カードから得た「使いやすさの満足度」から、商品コンセプトを「さらに使いやすい操作部」とした。

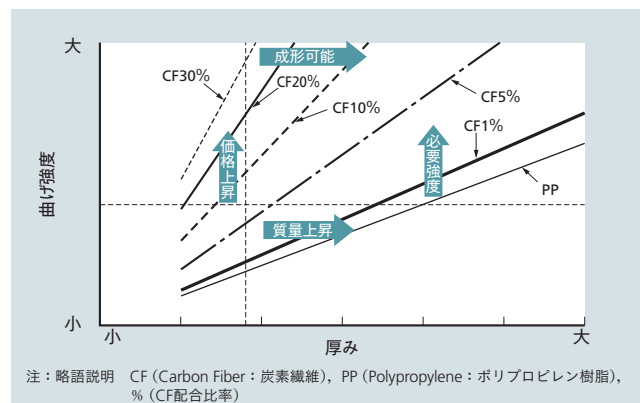


図4 | 各種材料の曲げ強度と厚みの関係

カーボン繊維強化プラスチックの厚みと曲げ強度の関係を示す。

チックが使われている事例があり、家電製品への適用をめざした。

航空機や自動車などの軽量化では、金属材料(比重7.8程度)の代替材としてカーボン繊維強化プラスチック(比重1.0~1.5程度)を用いているため、金属同等の強度を保つ目的で材料の厚みや断面係数を大きくしている。しかし、掃除機では従来から汎用プラスチックを用いており、比重は0.9~1.1程度であるため同じ形状では軽量化できない。そこで、カーボン繊維強化プラスチックの中でも比較的軽量の母材(ベースとなるプラスチック)を選定すること、カーボン繊維の配合比率を独自設定し、必要強度を計算して薄肉化最適設計とコストバランスを検討した(図4参照)。

従来機種の延長パイプで採用している材料は汎用PP(ポリプロピレン)であり、比重は0.9程度でパイプの主要部分の肉厚は2.0 mmであるため、「カーボンライト」では、軽量化を追求するためカーボン繊維強化プラスチックの中で最も軽量のPPを母材とすることにした。各種検討の結果、同図に示す特性を実験結果から得たことにより、汎用の射出成形機で量産が可能なパイプ厚みとし、カーボン繊維配合比率を独自選定した。材料におけるカーボン繊維の配合比率が変化すると量産で射出成形した後に発生する成形後収縮の割合が異なるため、金型を製作した後の材料変更はできない。そこで事前に従来機種の金型を用いて実際の延長パイプを薄肉で製作して耐久テストを行い、量産コストバランスを考慮してカーボン繊維の配合比を決定した(図5参照)。

2.2 「ワイドごみハンターヘッド」の軽量化

ヘッドの軽量化にも、前述したカーボン繊維強化プラスチックを採用した。具体的にはヘッドの上ケースと回転ブラシのコア(軸)に適用した。また、ヘッドに内蔵する回転ブラシ駆動用モータを自社開発しており、磁界解析シ



図5 「カーボンライト」の延長パイプ

延長パイプとヘッドに高強度のカーボン繊維強化プラスチックを採用して軽量化し、操作性をさらに向上した。

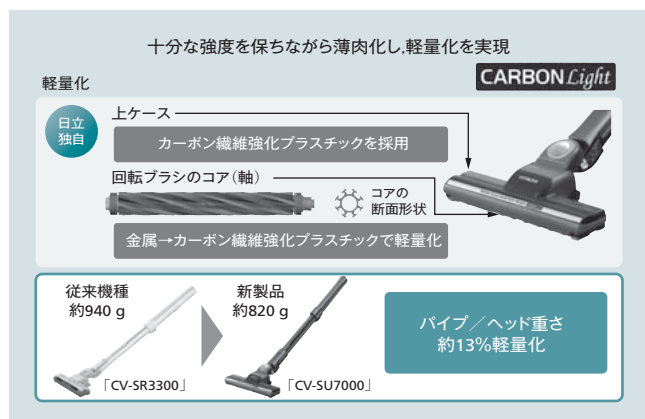


図6 「カーボンライト」のヘッド

カーボン繊維強化プラスチックをヘッドに採用し、ヘッドと延長パイプを合わせて約13%軽量化した。

ミュレーションを用いることによって高トルクで軽量のヘッド用モータも併せて新開発することで、軽量化を実現した（図6参照）。

延長パイプとヘッドの軽量化により、従来機種と比較して開発機種では合計約13%の軽量化を実現した。

3. 省エネルギー技術「ecoこれっきり」運転

「ecoこれっきり」運転は、ヘッドを用いて掃除する際の床質をセンサーで感知して、床質に合わせて掃除機本体に内蔵したファンモータ（図7参照）のパワーと、ヘッドに



図7 「CV-SU7000」の本体構造のイメージ

「ecoこれっきり」運転では、床質の種類やヘッドの操作スピードに応じてファンモータのパワーを自動でコントロールする。



図8 「ecoこれっきり」運転

床質に関係なく「強」運転で掃除を続けた場合に比べて、消費電力量を最大で約75%削減することができる。



図9 パワーモニタ

ヘッドに設けたパワーモニタの色が3段階に変化して、運転状況を表示する。

設けた回転ブラシの回転速度をコントロールする機能である（図8参照）。

一般的にじゅうたんに比べてフローリング（床）はごみを吸い取りやすく、小さなパワーでも十分なごみ取り性能を有している。また、ヘッドを動かす操作スピードに関しても、ヘッドを前後に速く動かした場合より、遅く動かしたほうがごみを吸い取るため、小さなパワーでも十分な性能を確保できる。

そこで、床質の種類やヘッドの操作スピードに応じてパワーをコントロールすることで、ごみ取り性能を同等にしつつ、省エネルギー運転を実現した。例えば、フローリングを6分間掃除した際の消費電力量は、「ecoこれっきり」運転で約23 Whであり、「強」運転で掃除を続けた場合の約91 Whに比べて最大で電力量を75%削減可能である。なお、運転状況は図9に示すように、ヘッドに設けたパワーモニタの色を3段階に変化して表示する。

また、「アイドリング&ストップ」機能も搭載しており、掃除の途中でヘッドを動かさないでいると、「弱」よりもパワーを抑制するアイドリング（待機）運転となる。この機能は、待機運転の状態ヘッドを動かすと待機運転から復帰し、一定時間待機運転が続くと自動停止する。これらの機能により、節電に配慮して掃除することが可能である。

4. ファンモータの高効率化

ここでは、「カーボンライト」を搭載したハイパワー機種の「CV-SU20」／「CV-PU20」に採用したファンモータを用いて、高効率化の取り組みについて説明する。ファンモータは、回転翼と固定翼を備えたファンと、ロータとステータを有するモータによって構成され、ロータの回転に

より回転翼が回転して空気を吸い込む(図10参照)。回転翼は吸い込んだ空気に運動エネルギーを与え、固定翼は空気の流れを減速して圧力エネルギーに変換して昇圧する。掃除機では強い吸い込み力のニーズが高く、ファンモータの高性能化が不可欠である。ここでは、吸引力を発生するファンモータの高効率化への取り組みについて述べる。

ファンでは、回転翼に流体解析技術と多目的最適化技術を適用し、回転翼の効率向上を図った。図11に示すように、従来の翼形状は図10の上流側である左側から見た場合、翼がハブ板に対し垂直に立つ二次元形状であり、翼前縁と流れ角度の不一致により、入口損失と翼に沿った損失が発生していることがわかる。これに対し、翼形状をハブ板とシュラウド板間で三次元にひねって立つ翼形状とすることで、入口損失と翼間の損失を低減した三次元回転翼を開発した。さらに、固定翼の開発にPIV (Particle Image Velocimetry: 粒子画像流速測定法) を適用し、流れを可視化して実現象の把握を行った。PIVは微細な粒子を吸い込ませ、この粒子の挙動を高速度カメラで撮影して、流れ場を計測する手法である。可視化結果の一例を図12に示す。固定翼間の流路で流れを減速させるので、流路途中の翼表

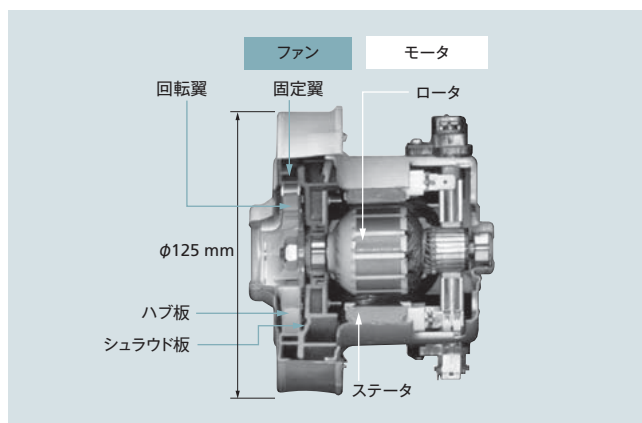


図10 | ファンモータ

ファンの回転翼は、最大で毎分4万回転以上で高速回転し、強い吸い込み力を発生する。

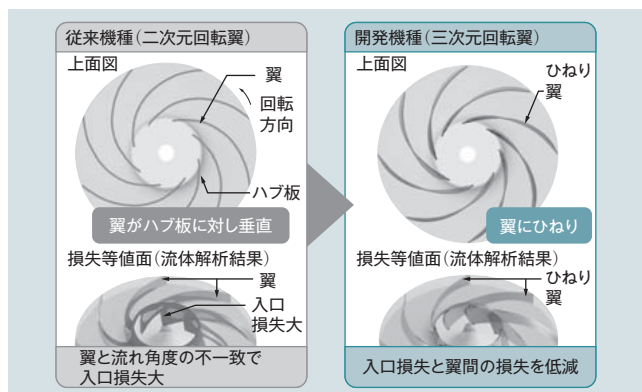


図11 | 回転翼の解析結果比較

従来機種の翼はハブ板に対し垂直に立つ二次元形状であるのに対し、「CV-SU20」/「CV-PU20」の翼をハブ板とシュラウド板間で三次元にひねって立つ形状とした。

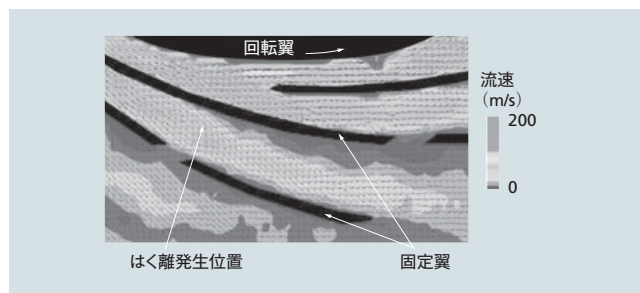


図12 | PIV計測を用いた固定翼間流れの可視化

PIV (Particle Image Velocimetry: 粒子画像流速測定法) によって現象を把握し、高効率化を図っている。

面付近ではく離が発生し、下流側へ拡大していることがわかる。そこで、この減速による翼間のはく離を抑制した固定翼を開発し、高効率化を図った。また、モータでは磁界解析技術を適用し、ステータ形状の最適化によって損失を低減した新型モータを開発した。

5. おわりに

ここでは、上位モデルの掃除機に搭載した「カーボンライト」の開発と、省エネルギー技術「ecoこれっきり」運転、および高効率化をめざすファンモータ技術について述べた。

掃除機はごみを吸う道具である。ファンモータの吸込仕事率、吸い口(ヘッド)の掃除性能、本体の軽量化、付属品の使いやすさなど、改良すべきポイントは無限にある。引き続き日立グループ一丸となって、素材開発から効率追求まで徹底した製品開発を行い、掃除機の実質価値を高め、ユーザーに喜ばれ信頼されるモノづくりを推進していく。

参考文献

- 1) 石井：何を作るのか—お客様の潜在ニーズを形に、日立評論，91，4，338～343 (2009.4)
- 2) 豊島，外：「もっとと便利に」掃除機における使い勝手の追求，日立評論，92，10，759～762 (2010.10)
- 3) 掃除機用電動送風機向け三次元ファン，日立評論，93，1，135 (2011.1)

執筆者紹介



鈴木 竜路

1993年日立多賀テクノロジー株式会社入社，日立アプライアンス株式会社 家電事業部 多賀家電本部 家電第二設計部 所属
現在，掃除機の設計に従事



豊島 久則

1984年日立製作所入社，日立アプライアンス株式会社 家電事業部 多賀家電本部 家電第二設計部 所属
現在，掃除機，ポンプ，空気清浄機，換気扇の設計に従事



林 正二

1996年日立製作所入社，日立研究所 機械研究センタ 生活家電研究部 所属
現在，家電品に関わる研究開発に従事
日本機械学会会員