

「空間調和のデザイン」「液体洗剤・柔軟剤自動投入」を搭載したCubleドラム式洗濯乾燥機

Development of "Cuble" Front Load Washing Machine with Spatially Harmonized Design and Liquid Laundry Detergent / Softener Automatic Injection

松岡 真二
Shinji Matsuoka

川名 啓之
Hiroyuki Kawana

植田 健大
Takehiro Ueda

要 旨

本稿では3つの技術開発による、新需要を創造するCubleドラム洗の実現について述べる。使いやすさにこだわりながら空間調和するデザインを具現化するため、業界初の「①キュービックフォルム」と「②大口径ドラム」を開発し、新構成である角型フラットドアを実現するトーションバー機構と、大口径を実現する新・大口径バルンサを確立した。さらに、高粘度の液体投入量の精度および信頼性の向上を図るべく、独自の低圧損流路とクリーニングシステムを開発し「③液体洗剤・柔軟剤自動投入」機能を確立した。

Abstract

We developed "Cuble", a front load washing machine, which is the first cubic washing machine in the industry and has a large diameter drum mechanism to have a spatially harmonious design for better usability. We established a torsion bar configuration that uses a flat square door and a new large-diameter balancer. Furthermore, we utilized a low-pressure loss flow path and cleaning system and established a liquid laundry detergent/softener automatic injection function to improve the precision and reliability of the high viscosity liquid input.

1. はじめに

全自動洗濯機の総需要が450万台前後で横ばい状態のなか、ドラム式洗濯乾燥機（以下、ドラム洗）の普及率は、2003年のななめドラム発売以降年々上昇するも、2012年より約15%で頭打ち状態である。また、ドラム洗購入者のうち、約40%がドラム洗のユーザーからの買い替えであり（当社調べ）、ドラム洗の需要喚起には、新たなユーザーを獲得できる革新的な商品の創造が求められている。

1.1 新需要の創造

ドラム洗の成長が頭打ち状態となっている理由として、機能価値のみを追求する従来型のカタログスペック競争では、縦型全自動洗濯機など他の洗濯方式と比較して、価格差以上に魅力的な差別化ができていないことや、業界で注目を浴びるような話題作りができていないことが挙げられる。

そこで筆者らは、業界で初となる“感性価値”をベースに「キュービックフォルム」を特徴としたCubleドラム洗の開発で、新規需要の創造にチャレンジした。

1.2 感性価値とは

感性価値とは、「お客様の感性に働きかけて感動や共感を得ることで顕在化する価値」と定義する。ユーザーの

感性を分析し、感動や共感ポイントを考察して新しい価値をデザインするというプロセスを行い、以下の3つの感性価値の実現を本開発の目標とした。

<3つの感性価値>

- ① 空間価値：心地よい空間を演出するトータルデザイン
- ② UD (Universal Design) 価値：すべての人に使いやすさ（洗濯物の出し入れのしやすさ）を体感
- ③ 利便価値：洗剤・柔軟剤の投入に関する不安、不満を解消し、信頼と快適感を提供

2. 従来技術と技術開発のポイント

本開発では、従来の機能価値のみの追求から脱却し、感性価値を具現化する3つの技術開発を行った。

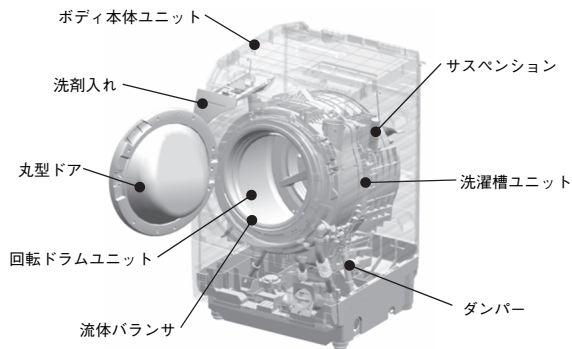
2.1 従来のドラム洗の基本構造

第1図に示すように、一般的なドラム洗の基本構造は大きく分類すると、3つのユニットにて構成される。

洗濯物を収容する回転ドラムユニットを内包した洗濯槽ユニットが、ボディ本体ユニットにサスペンションとダンパーにより防振支持されている。

また、回転ドラムユニットの先端部には、内部の液体の移動により衣類アンバランスを矯正する、流体バルンサを搭載している。

ここで、ボディ本体ユニットの前面には、回転ドラムユニット内に洗濯物を出し入れする投入口の開閉が可能な丸型ドアを形成している。また、洗剤や柔軟剤を投入する洗剤入れを前面側から引き出す構成となっている。



第1図 ドラム洗の基本構造
Fig. 1 Basic structure of front load washing machine

2.2 3つの技術開発

ここで、3つの感性価値を具現化する3つの技術開発を以下に示す。これらの課題と開発ポイントについて次章より述べる。

<3つの要素技術開発>

- ① 空間価値：「キュービックフォルム」の開発
水平垂直（傾き0.2°以下）の角型フラットドアの実現
- ② UD価値：「大口径ドラム」の開発
内径がφ400 mm以上の新・大口径バランスの実現
- ③ 利便価値：「液体洗剤・柔軟剤自動投入」の開発
高粘度の液体自動投入機能の実現

3. キュービックフォルムの開発

住空間において無機質でシンプルな質感がトレンドになるなかで、「リビングと同様に、洗面所（サニタリー）も心地よい空間であることが、毎日の生活をより豊かにするのではないかと」の仮説に基づき、衣類も空間も美しくする空間調和のコンセプトを具現化する水平垂直のキュービックフォルムの創造を行った。

また当社調査により、「自宅に招いた友人やお客様が手を洗う際に、洗面所を見られること」を約70%の人が気にしている実態もわかった。

3.1 技術課題

キュービックフォルムの実現には、軽量・高剛性で透

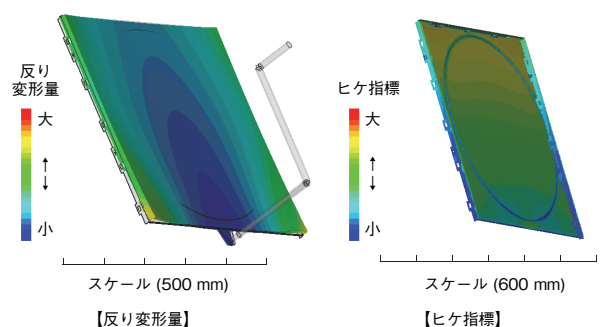
明な角型フラットドアの実現が重点ポイントである。ここで視覚的な判断より、水平垂直の定義を傾き0.2°以下と設定した。

しかしながら、中央部はドラム内を見るための透明な部分（以下、窓ガラス）があり透明性が必要なため、筋交い補強などは困難である。また、開閉操作を行うハンドル部や配線の経路など補強を行うスペースは大きな制約がある。さらに、ヒンジ部への負荷の軽減や転倒防止の観点より、ドア全体の大幅な重量増加は避ける必要がある。

3.2 透明パネルの開発

まず、今回のデザインの特徴である透明パネルの材質について、割れに対する安全性とドア全体の重量を考慮して、ガラスではなくアクリル樹脂を選定した。また、アクリルの板材を接着や両面テープで固定するのではなく、信頼性のある機械固定による構成の実現を目指した。

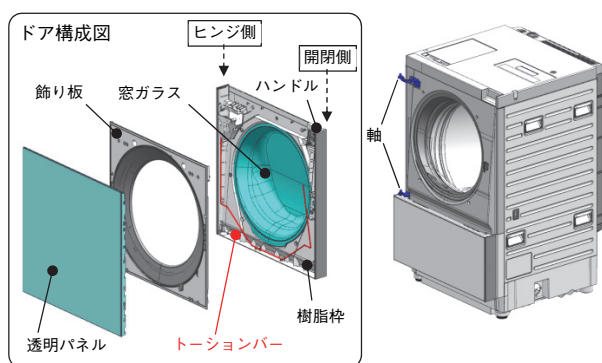
そこで、流動解析による透明パネルの射出成形の実現に取り組んだ。第2図に流動解析の一例を示す。ゲートやランナー配置、成形条件（射出率、金型温度、保圧条件など）の検討により、板厚を3.2 mmに設定し、フランジ高さ均一化などの最適化を行い、反りやヒケ（成形収縮によって生じるへこみ）、フローマーク（ゲート付近の表面に現れる波紋状の模様）の課題を克服した。結果として、組み立て・分解性の向上、コスト低減が可能となった。



第2図 透明パネルの流動解析の事例
Fig. 2 Flow analysis of transparent panel

3.3 角型フラットドアの構成

第3図に示すように、この透明パネルを最前面に配置して、お手入れのしやすさに配慮した凹凸やフレームのない完全フラット面とし、中央部に大きな穴が開いた樹脂枠にて、飾り板と窓ガラスを挟み込む構成とした。



第3図 角型フラットドアの分解図

Fig. 3 Exploded view of flat square door

3.4 角型フラットドアの捻（ねじ）れ対策

第3図において角型フラットドアのヒンジ側は、上下端に設けられた軸穴を、本体の軸と嵌合（かんごう）させることにより位置が規制される。一方、開閉側はドア自体の重量による曲げモーメントによって傾きや捻れが発生しやすく、水平垂直を保ちにくい構成となっている。また、開閉側上端に設けられたハンドルで開閉操作を行うことから、特に閉操作時に押し付ける力が発生し、繰り返し捻れ力が加わる。そこで、さまざまな技術手段を検証し、最も優れたトーションバー機構を採用した（第1表）。

第1表 捻れ対策の技術手段

Table 1 Technical measures for twisting countermeasures

	樹脂枠強化	板金フレーム	トーションバー
剛性	×	○	○
重量	○	×	○
信頼性	×	○	○
コスト	○	×	○

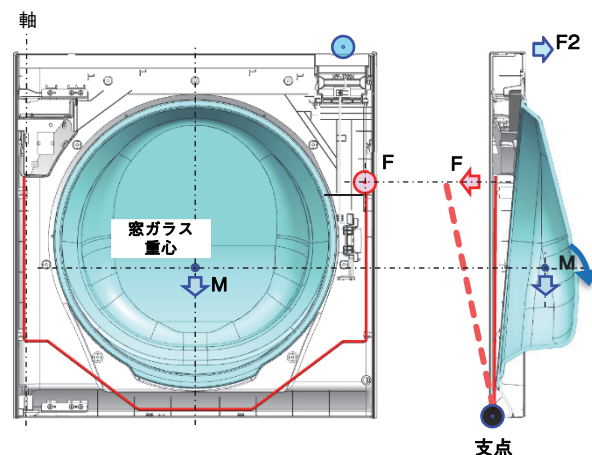
トーションバー機構とは、普通鉄線（ $\phi 5\text{ mm}$ ）をコの字に形成し、その一辺に角度をもたせる形状としたトーションバーを樹脂枠内に収納することで、角度をもった辺によって、ドア全体に曲げモーメントが作用するように構成している。

この機構は、棒材の捻れ反力を利用してバネ性をもたせており、同じ質量で保存できるエネルギーが大きく効率的な軽量化が可能である。

具体設計として、第4図に示すように窓ガラスの重量によりドアに作用する支点まわりの曲げモーメント M を算出し、それを相殺するように作用する反力 F を決定し、棒材の材質・径・曲げ高さなどを設定している。また、閉操作時に押し付ける力（ F_2 ）に対しても反力 F で捻れ

を防止できる。

これらの取り組みにより、水平垂直なキュービックフォームを具現化する、軽量・高剛性で透明な角型フラットドアを確立した。



第4図 トーションバー設計

Fig. 4 Torsion bar design

4. 大口径ドラムの開発

洗濯物の出し入れ時の、身体的な負担軽減への潜在ニーズは高い。特に毛布などの大物アイテムは、物理的な負担が大きい。また、心理的な不安を軽減するためにも、回転ドラムユニット内をひと目で見渡せる視覚的な要素も重要である。

ここで身長143 cm～183 cmの老若男女のモニター調査より、洗濯物を回転ドラムユニット内へ投入する投入口径が $\phi 400\text{ mm}$ 以上であれば、中が見えやすく衣類の出し入れがしやすく、子供や高齢者でも楽な姿勢で身体への負担が少ないことがわかった。

そこで回転ドラムユニットの投入口径の開発ターゲットを、従来機種（以降、2015年発売モデルを比較機種とする）の $\phi 350\text{ mm}$ に対して、業界最大（2018年5月現在）となる $\phi 420\text{ mm}$ （従来機種と面積比で約44%増加）とした。

4.1 技術課題

この大口径ドラムを実現するためには、回転ドラムユニットの先端部にある流体バランサの内径を $\phi 350\text{ mm}$ から $\phi 420\text{ mm}$ に約70 mm拡大して薄型化（外径は $\phi 500\text{ mm}$ と同じ）する必要がある。しかしながら従来、流体バランサはCAE解析が困難であり、膨大な時間をかけて試作と実験検証を繰り返す必要があった。

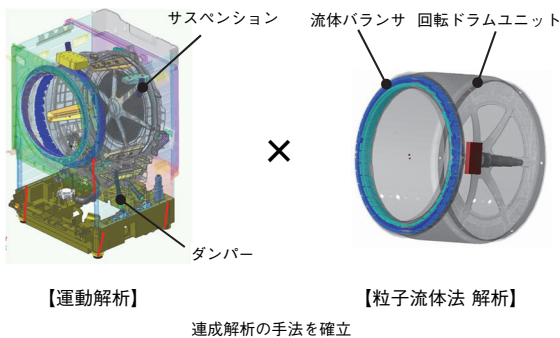
4.2 粒子流体法によるバランス解析

回転ドラムユニットは、複数の振れ回り共振点を通過する洗濯槽ユニットに内包されている。この回転ドラムユニットの先端部に装着された流体バランスは、複雑に内壁リブと衝突しながら空気と混ざり合う液体の動き（混層流）を解析する必要があり、有限体積法などの従来の流体解析手法では精度のある解析が困難であった。

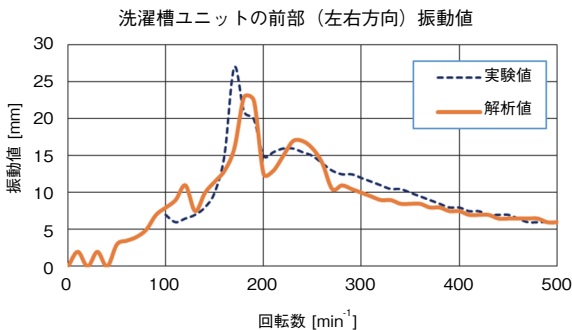
そこで、混層流にも対応が可能で、対流項の計算の必要がない「粒子流体法」[1]による解析を試みた。「粒子流体法」とは、連続体に関する方程式を解くための離散化手法の1つで、計算対象物を粒子の集まりとして表すものである。

この手法を用いて、複雑な内壁リブやスリットを有する流体バランス内部の液体の動きや、液体からバランスが受ける力を表現することに成功した。

第5図に示すように、粒子流体法とドラム洗全体の運動解析を連成させた結果、第6図に示すように解析結果と実機の振動値との高い相関が確認できた。



第5図 粒子流体法と運動解析の連成
Fig. 5 Coupling of particle fluid method and motion analysis



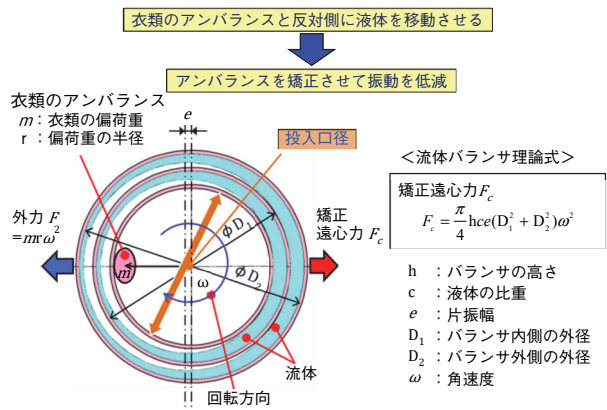
第6図 解析結果と実測値の比較
Fig. 6 Comparison of analysis result and measured value

4.3 新・大口径バランスの開発

本解析手法を用いて、新・大口径バランスの開発に取り組んだ。まず、流体バランスの基本原則を第7図に示

す。流体バランス内は、円環状の複数層に構成された樹脂部品の内部に、高比重の液体が体積比で約50%程度封入されている。

動作原理は、回転ドラムユニットの回転数の上昇とともに、流体バランス内の液体が内壁リブでかき上げられながら、衣類アンバランスと逆位相へ液体が移動していくことでアンバランスをキャンセルして振動を抑制する。

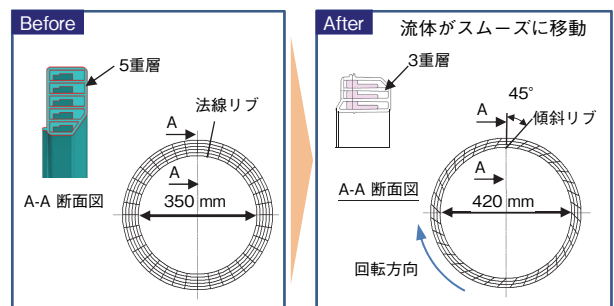


第7図 流体バランスの原理
Fig. 7 Theory of fluid balancer

今回の解析結果より、従来機種の形状では、回転によってかき上げる流量が不足しており、洗濯槽ユニットの振れ回り共振点（200 min⁻¹～300 min⁻¹）付近で流体バランスの液体の流れにムラが生じて、アンバランスの逆位相へ液体がスムーズに移動していないことが判明した。

よって、新・大口径バランスはリブ角度を45°に設定して、かき上げ流量を確保した。これにより振れ回り共振点付近での液体の壁面反射の影響を減らして流れを整流し、第8図に示すように円環状の複数層を従来機種の5重層から3重層に薄型化した。

これらの取り組みにより、洗濯機本体の振動値を約30%低減するとともに、回転ドラムユニットの投入口径をφ420 mmに拡大して大口径ドラムを確立した。



第8図 新・大口径バランス
Fig. 8 New large-diameter balancer

5. 液体洗剤・柔軟剤 自動投入の開発

洗剤の自動投入に関するニーズが90%を超えている。背景には、洗剤の計測・投入の手間だけでなく、洗剤入れまわりのお手入れの煩雑さ、さらにこぼしたり汚れたりすることへの不満がある。加えて、正しい洗剤量を投入できているのが不安といった適量のわかりにくさも一因となっている（当社調べ）。

一方、液体洗剤の金額シェアが粉末合成洗剤を超えて2013年時点で60%に到達しており、ますます拡大傾向が続いている（当社調べ）。

そこで、洗剤の投入に関わる煩わしさからの解放と、常に適量の洗剤が投入される信頼と快適感を実現するべく、液体洗剤・柔軟剤の自動投入を開発した。

5.1 技術課題

本機能の実現に向けて、高粘度の液体を精度良く、安定的に供給できる必要がある。国内外の洗剤・柔軟剤の粘度や温度特性、洗剤や柔軟剤のばらつきに対する諸性能を検証し（環境温度5℃～40℃）、所定の粘度の液体を10年間（25万サイクル）以上、吐出精度±10%で供給することを目標とした。

5.2 液体の自動投入機能（低圧損流路）の開発

まず、第2表に示すようにアクチュエータとして高粘度の液体の吐出能力と吐出量の精度より、ピストンポンプを選定した。

第2表 各種ポンプのメリット・デメリット

Table 2 Advantages and disadvantages of various pumps

ポンプ方式	エア式	ギア式	チューブ式	ピストン式
吐出能力	×	△	×	○
吐出量の精度	△	△	○	○
信頼性（異物）	○	×	○	○
コスト	○	×	△	△

ここで、以下に示すピストン仕様において高粘度の液体を±10%の精度で吐出するために、配管径と配管長さを大幅に短縮し、吸引側の圧力損失20 kPa以下を達成した。また、吐出側は洗濯槽ユニットへ繋（つな）がる蛇腹ホースへダイレクトに接続することで圧力損失をほぼゼロとした。

＜ピストン仕様＞

- ピストン容積：3 ml
- ピストン径／ストローク：φ20 mm／5.5 mm
- ピストン回転数：20 min⁻¹

5.3 流路のクリーニングシステム

高粘度の液体の固着を防止するために、液体を通過させる配管経路の圧力損失を抑制するとともに、流路に残留する液体を吐出するたびに流水で洗い流すシステムを開発した。

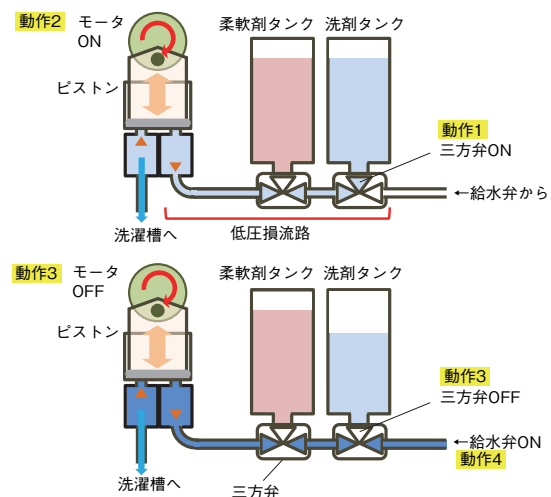
液体洗剤を吐出する場合の例として、動作原理のフローを第9図に示す。

動作1 洗剤側の三方弁をON（洗剤タンク→ピストン→外槽ユニットの経路が繋がる）

動作2 モータON（ピストンが上下して洗剤を吸引して洗濯槽ユニットへ吐出）

動作3 所定時間動作してモータOFF、三方弁もOFF

動作4 給水弁をON（流路全体に水を流し洗剤を洗い流す）



第9図 水路システムと動作原理

Fig. 9 Waterway system and principle of operation

これらの取り組みにより、頭髮や砂、リントなどを混合した液体の吐出性や、硬水、軟水での25万サイクルでの信頼性の評価を満足し、高粘度の液体を±10%の精度で10年間以上安定的に供給できる、液体の自動投入機能を確立した。

6. まとめ

6.1 本開発の成果

本内容は、新たな洗濯機需要を創造する“衣類も空間も美しくする洗濯機”Cubleドラム洗シリーズ開発の重点取り組みとして実践した。第10図にCubleドラム洗の代表機種を示す。

今回の技術開発により、業界で初となる3つの感性価値

(空間価値, UD価値, 利便価値)を実現し, 国内のドラム洗の新たなカテゴリーとしての地位を確立. その結果, 従来のななめドラムシリーズと合わせて台数シェア50%以上を達成できた.

また, アジア展開(タイ, インドネシア, シンガポール, マレーシア, ベトナム, フィリピン, 台湾)を推進するなどグローバルモデルとして, ドラム洗事業に大きく貢献することができた.

6.2 今後の展望

今後の商品開発では, グローバルでの競争激化とともに, ライフスタイルに合わせた多様なニーズが求められる. その結果, 「Cubleドラム洗」のように感性価値を高めるなど, より高付加価値かつ独創的な家電製品に対する期待はますます高くなると考えられる.

今後も新たな価値創造ができる要素技術の開発を加速し, グローバルにドラム洗濯機事業を牽引(けんいん)していきたい.



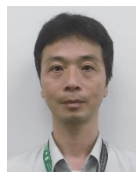
第10図 Cubleドラム洗

Fig. 10 “Cuble” front load washing machine

参考文献

- [1] 越塚誠一, 粒子法, 日本計算工学会(編), 丸善出版, 東京, 1996.

執筆者紹介



松岡 真二 Shinji Matsuoka
アプライアンス社
ランドリー・クリーナー事業部
Laundry Systems And Vacuum Cleaner Business
Div., Appliances Company



川名 啓之 Hiroyuki Kawana
アプライアンス社
ランドリー・クリーナー事業部
Laundry Systems And Vacuum Cleaner Business
Div., Appliances Company



植田 健大 Takehiro Ueda
アプライアンス社
ランドリー・クリーナー事業部
Laundry Systems And Vacuum Cleaner Business
Div., Appliances Company