

# DSPインバータ搭載 トッピン型ドラム式ホームランドリー

Top-Loading Washer Dryer with DSP-Controlled Inverter

鈴木 重光

SUZUKI Shigemitsu

岡崎 洋二

OKAZAKI Yoji

洗濯機の市場は、かつて二槽式洗濯機から全自動洗濯機へと移行したように、ここ数年で乾燥機能付き洗濯機の需要が一気に拡大し、大きな変化を迎えている。

東芝家電製造(株)は、VOC(Voice Of Customer)に応え、洗濯乾燥機においてもユーザーニーズに対応した多様な製品を開発している。フロントオープン(フロントローディング)型ドラム式、縦型の乾燥機能付き全自動洗濯機に続き、2003年にはドラム式でありながら衣類を上から出し入れできるトッピン(トップロードィング)型のホームランドリー(洗濯乾燥機) TW-V8630も発売し、業界で唯一、全タイプをラインアップした。この製品には、最新のDSP(Digital Signal Processor)インバータ制御を搭載している。

The demand for clothes-drying functionality is expanding in the washing machine market, following the previous shift in the mainstream of washers from the twin-tub type to fully automatic models.

To respond to diverse user needs based on analysis of voice of customer (VOC) results, Toshiba HA Products Co., Ltd. has developed a range of washer dryers. The first washer dryer launched on the market by Toshiba was a drum type with a front-loading system, maintaining the regular style of a washer but with the addition of a dryer function. The TW-V8630 model introduced in 2003 is a drum type washer with a top-loading system, making Toshiba the only manufacturer to have a lineup of all types on the market. The latest digital signal processor (DSP) control technology has been adopted in this model.

## 1 まえがき

洗濯機の国内市場は、十数年来、年間約400万台前後とほぼ一定で推移している、いわゆる成熟市場である。しかし一方で、二槽式洗濯機から全自動洗濯機へ、更に、最近では洗濯乾燥機へと、常に新しいカテゴリーが進化し続けている市場でもある。

特に、一番新しい洗濯乾燥機のカテゴリーについて見てみると、1990年代はヨーロッパのOEM(相手先ブランドによる製造)製品が中心の年間約2万台程度の小さな市場であった。しかし、当社(現 東芝コンシューママーケティング(株))が2000年2月に発売したドラム式ホームランドリー TW-F70をきっかけに、2000年15万台、2001年38万台と一気に需要が喚起された。全自動洗濯機に簡易乾燥機能を付けたものまで含めると、洗濯乾燥機は2003年度に、台数ベースで全販売数の約25%を占めると予測されるに至っている。

ここでは、当社のトッピン型ドラム式ホームランドリーの最上位モデル TW-V8630(図1)に搭載した技術と、構造及び制御の特長について述べる。



図1. TW-V8630 - ドラム式ホームランドリーにトッピン構造とDSP制御を採用した。

TW-V8630 top-loading washer dryer

## 2 ドラム式ホームランドリー

### 2.1 洗濯乾燥機の各方式

当社の洗濯乾燥機は、現在、方式・機能別に4種類発売されており、トッピン型ドラム式から、全自動洗式(回転軸が

縦の渦巻き式)に乾燥機能を付けたものまでと幅が広い。乾燥機能を必須とする共働き層,あるいはより本格的な乾燥機能を求める層にはドラム式を,乾燥時間にこだわらない時間余裕層には簡易乾燥機能付きの全自動洗式などと,お客さまの生活スタイルに合わせた品ぞろえをしている。

最近の洗濯乾燥機を構造的に分類すると,次のようになる。

- (1) ドラム式(トッピン又はフロントオープン)と全自動洗式
- (2) 熱交換器(除湿機構)の搭載有無と搭載方式
- (3) 温風用ヒータの搭載有無と定格電力値の大小
- (4) 送風ファンの搭載有無

また,その性能や機能が細かくセグメント分けされ,ユーザーニーズに応じたタイプや価格の製品が並存している。温風用ヒータにしても,1,000 W超の大容量ヒータから簡易乾燥を狙った数百 W程度の小型ヒータまで幅があり,熱交換器にも水冷式,空冷式,ハイブリッド式などがある。

性能を容量とスピードで比較してみると,TW-V8630はドラム式で,1,400 Wヒータと送風ファン,水冷式熱交換器を搭載し,洗濯は8 kg,乾燥は6 kgまで可能である。スピードは,例えば4 kgの衣類であれば洗濯から乾燥まで110 ~ 150分で完了する。一方,全自動洗式で小型ヒータと送風ファンだけ搭載した“ちょっと乾燥 AW-D803VP”では,洗濯は同じ8 kgでも乾燥は2 kgまでであり,更に,乾燥だけでも約180分かかるといった違いがある。

またドラム式でも,回転ドラムを片軸支持して前面から開く“フロントオープン型”と,今回取り上げた両軸支持で上面から開く“トッピン型”があり,取出し性を含めた使い勝手や好みに応じて選択できる(図2)。



## 2.2 ドラム式のメリット

ドラム式は,乾燥に非常に優れた方式である。現に,家庭用の乾燥専用機(いわゆる衣類乾燥機)でも業務用の洗濯乾燥機でも,ドラム式が主流である。衣類を上からふんわり落としながら温風をぶつける方法が,現在のところ,しわを

少なく,かつ効率よく乾かすのに,もっとも理にかなった方式と考えられる。

また,洗濯機として見ても,世界ではヨーロッパをはじめ,ドラム式が広く普及している。これは,布いたみが少なく,節水洗濯が可能であることによる。

一方,国内では,従来の全自動洗濯機に代表される,いわゆる渦巻き式(多めの水の中で衣類を攪拌(かくはん)して泳がせて洗う)がこれまで主流であった。これは,泥汚れなどのひどい汚れをはぎ落とす機械力作用に優れる方式であること,たっぷりの水で洗いたいという国民性に合致したことなどによる。日本人の感性に合った洗濯方式であったとも言える。

しかし,近年,衣類用洗剤の性能向上や洗濯習慣の変化(“汚れたから洗う”から“着たら洗う”への移行,泥汚れから汗・皮脂汚れへの汚れの対象の変化)によって,洗濯の面でも布にやさしく,濃縮洗浄効果で脂汚れにも強いドラム式が注目されつつある。

ドラム式といえば,これまでは前扉を開くフロントオープン型が中心であった。このタイプは,洗濯機の上空間が広く使える,手前にバスケットを置いて衣類を持ち上げずに取り出せるなど独自のメリットがある。しかし,日本では,慣れ親しんだ上から取り出したいとのニーズも根強くある。更に,従来の全自動洗式を想定した洗濯機置き場で手前側に十分なスペースがないケースでは,全自動洗濯機と同じ開閉方式が設置寸法において有利な場合も多い。これらの状況から,ドラム式でありながらトッピン型というカテゴリーも形成されつつある。

### 2.3 トッピン型ドラム方式

ここで,トッピン型ドラム方式のメリットをまとめると,次のようになる。

- (1) 上からの取出しが可能
- (2) 全自動洗濯機と同等の設置性
- (3) 前後回転方向配置によりドラム径の大型化が可能
- (4) 温風のドラムセンタ吹込み化が容易

トッピン型のドラム式洗濯機は,ヨーロッパには20年以上前から存在している。ただし,遠心力のかかるドラム外周に取出し窓を設けることとなるためドラム強度の確保が難しく,ドラムの容積が衣類容量にして3 kg程度の小さなものが多い。近年の国内市場での標準洗濯容量は7 ~ 8 kgであり,大容量化が必要となる。大容量化には,ドラム強度の確保と同時に,製品の外形寸法を抑えることも重要となる。一般の全自動洗濯機と同じ設置幅として,本体の幅を580 mm以下とすることが望まれる。

この大容量化と幅の小型化という相矛盾する要求を実現する技術が,アウトロータ式ダイレクトドライブモータ(以下,DDモータと略記)とDSP(Digital Signal Processor)制御である。

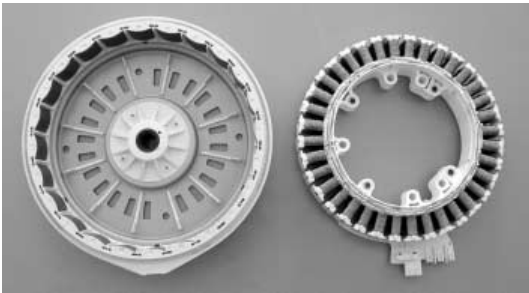
### 3 DD モータ

DDモータ(図3)を洗濯機に搭載した時のメリットとして、まず静粛性と制御性の向上が挙げられる。

静粛性については、従来方式ではベルトとギヤ機構によって脱水や洗いの回転数まで減速駆動され、また脱水停止時にはバンドブレーキで機械的に水槽に回転制動をかけていたため、ギヤ音や摩擦音が発生していた。DDモータ方式ではこれら機構部分の騒音源をなくし、大幅な静音化を達成している。98年から全自動洗濯機、2000年からドラム式洗濯乾燥機にあいついで搭載し、進化を続けてきた。

今回のトップイン型ドラム式ホームランドリーにも、これを薄くした改良型が搭載され、機構部分の薄形化、すなわちドラム容積の拡大と本体サイズの小型化に貢献している。

このDDモータは、全周24極の磁極を持ち、すなわち1/24回転の分解能でドラムの位置及び回転むらの検知を行うことができる。これにより、後述のDSP制御を有効に生かす、回転センシングときめ細かな制御が可能となる。



アウトロータ

ステータ

図3. DDモータ - アウトロータ式モータで、騒音源となるギヤや摩擦部分がなく、大幅な静音化を達成した。

Direct drive (DD) motor

### 4 DSP 制御

DSP制御は、インバータ駆動系の制御回路にDSPマイコンを使用し、モータを高速ベクトル制御するものである。電流センサによりインバータ電流を検知し、DSPマイコンでロータの位置推定を行い、その結果に基づいてモータ駆動の最適化を行っている。また、この制御系ではモータの有効トルクをリアルタイムで演算することで、回転むらやトルクむらが高精度に検出できる。

DSP制御搭載の主なメリットをまとめると、次のようになる。

- (1) 重量センサと水位設定の高精度化
- (2) アンバランス制御による振動の低減
- (3) 洗浄効率の向上
- (4) 乾燥効率の向上

次に、これらを具体的に説明する。

#### 4.1 高精度重量センサ

最近の洗濯機は、水位や洗浄時限の設定や洗濯行程の最適化などを行うため、洗濯開始時に布重量を検知している(重量センサ)。当社のDDモータ搭載の全自動洗濯機では、既に自動無段階水位設定が実現している。一方、従来のドラム式では4段階の自動水位設定が限界であった。これは、検知方式の違いにより、ドラム式での高精度な重量検知が技術的に難しかったことによる。

すなわち、全自動洗式はパルセータ(水槽底面の攪拌翼)の上にある布の回転抵抗を負荷として検知するため、DDモータ搭載機では、比較的容易に十段階以上の分解能で布量を識別できる。これをベースに、全自動洗式では布負荷量に比例した無段階の水位制御を行っている。一方、ドラム式では、衣類の負荷量に応じて回転ドラム部の慣性モーメントが変化することを利用し、回転の加減速時の速度変化を演算して負荷量を算出する。ドラムは質量が大きく、またドラム内の衣類が偏ってアンバランスが発生すると回転むらが生じ、検知感度の低下や誤差の要因となる。回転の加速度が大きいほど検知の精度は向上するが、このスピードアップに追従する高速な相電圧制御が必要になる。DSPの高速演算によりこれらの課題を解決し、精度向上を可能にした。

ドラム式は従来の全自動洗式に比べ、洗濯時の水槽内の水が約1/2で済む(図4)。この無段階水位制御を採用することにより、実使用比較で、従来のドラム式より更に約10%の節水を実現している(図5)。

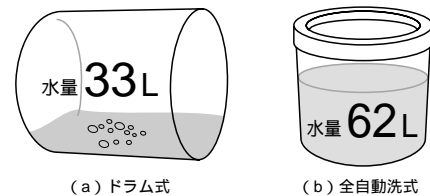


図4. ドラム式と全自動洗式の水量差 - 洗濯容量8kgの当社代表機種で比較すると、ドラム式は満水量が約1/2である。

Difference in water amount between drum type and regular type washer

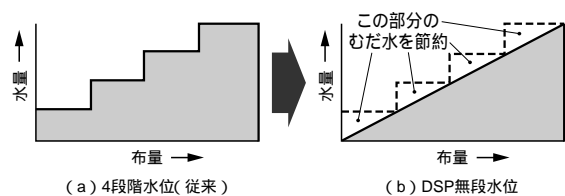


図5. 無段階水位の節水効果 - 布負荷量に応じて水位を細かく調整することで、必要最小限の使用水量で済む。

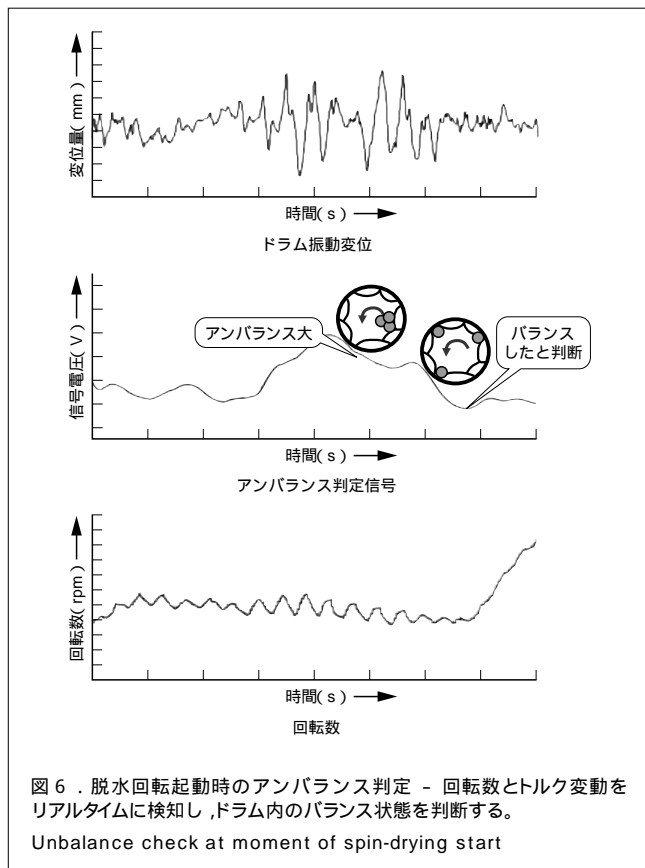
Water-saving effect by linear water level control

#### 4.2 アンバランス制御

ドラム式も含め、洗濯機は脱水時の振動を吸収するため、サスペンション系で本体を外箱から振動絶縁している。製品の小型化とドラム容積の拡大を両立するためには、機構部の薄形化に加え、本体と外箱とのギャップを抑えて、振動系をいかにコンパクトにまとめるかが重要である。

このため、回転ドラムに取り付けた流体バランスを4重リング構造にして、かつドラムの左右に配置したり、オイル封入式ダンパによる振動低減化など、構造的にも様々な機構を採用している。また制御面でも、低振動化のためDSPによるアンバランス制御を採用している。

アンバランス制御では、高速脱水回転の前に、低速で衣類をドラム外周へ均一に分散させる運転を行う。このとき、回転むらやトルク変動がもっとも小さなポイントが、衣類のバランスがとれた状態である。ここで一気に急加速することで、バランスのよいまま衣類がドラムに張り付き、低振動の脱水回転となる(図6)。DSP制御の特長である回転むらやトルク変動の高精度検知と加速の追従性により、実負荷定常振動で従来の約1/2の低振動を実現している。

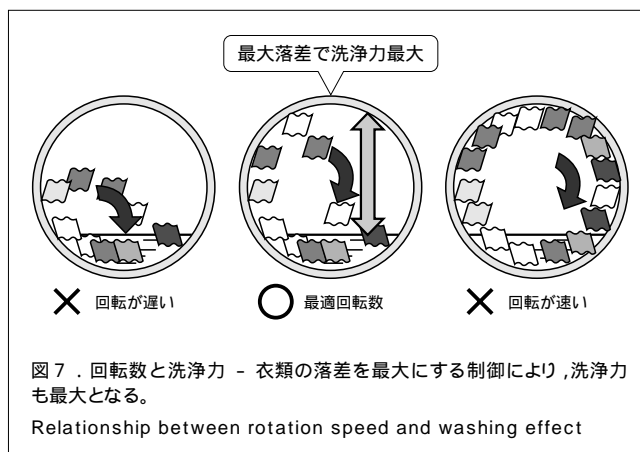


#### 4.3 洗浄と乾燥性能の向上

DSP採用の効果として、洗浄と乾燥の回転数最適制御も挙げられる。

これは、ドラム式特有の問題であるが、衣類をドラム回転により持ち上げ、上から水面に落とすことで洗浄力を得ていることに関係する。ドラム回転数が低いと、衣類が最高点に到達する前に落下し落差が稼げない。また速すぎると、衣類がドラム外周に張り付いたまま回転してしまう(図7)。乾燥も同様で、落差を最大にする制御が望ましい。

洗浄や乾燥の最適回転数は、衣類の量や種類により変化することがわかっている。最適回転数では、衣類の落下時の落差が大きいことによりトルクの変動が大きく現れる。DSP制御ではリアルタイムでトルク変動を検出することができ、最適回転数制御が可能になる。



### 5 あとがき

洗濯機の市場では、これからも乾燥機能付きを求めるニーズはますます高まり、ドラム式は本格的な乾燥性能を持つ高性能機として、全自動洗式は様々な乾燥機能が付加された製品として、それぞれのカテゴリーで増加していくと考えられる。

洗濯乾燥機の開発は、機構の開発、洗浄・乾燥制御の研究に加え、制御技術も駆使して、更に高性能で経済性にも優れた洗濯乾燥機を目指して研究を続けている。

DSP制御技術も、まずフラッグシップモデルのトップイン型に搭載したが、更に多くのお客さまにご満足いただけるよう、精度の向上とともに普及価格帯の製品への展開も図っていく。



鈴木 重光 SUZUKI Shigemitsu

東芝家電製造(株)ランドリー商品部 ランドリー技術担当主務。  
ランドリー機器の設計・開発に従事。  
Toshiba HA Products Co., Ltd.



岡崎 洋二 OKAZAKI Yoji

東芝家電製造(株)家電機器開発部 要素技術第二担当主幹。  
ランドリー機器の要素開発に従事。日本音響学会、日本騒音制御工学会会員。  
Toshiba HA Products Co., Ltd.