SPECIAL REPORTS

先端技術を結集した洗濯機 ── ザ・フロント イン ドラム™ TW-130VB

Latest Washing Machine Technology Embodied in TW-130VB "The Front-in Drum" Model

今井　雅宏　　志賀　　剛　　神田　博紀

■IMAI Masahiro　■SHIGA Tsuyoshi　■KANDA Hiroki

東芝は，1930年に国産第一号の洗濯機を発売以来，当時の最先端技術を駆使して顧客のニーズに対応する洗濯機を開発してきた。洗濯機に対するニーズは，洗濯機の進化とともに単なる洗濯労働低減から，仕上がりの向上，低騒音化，短時間化，省エネなどへと大きく広がっている。このような多様なニーズに応えるため，洗濯機発売75周年を迎える当社として，新開発のS-DD（Super Direct Drive）エンジンを搭載したドラム式洗濯乾燥機 ザ・フロント イン ドラム™ TW-130VBを記念モデルとして発売した。

Toshiba has developed washing machines with the most advanced technologies in response to customer needs since its introduction of Japan's first domestically manufactured model in 1930.　The requirements of users have changed over the years, from an emphasis on the reduction of work to high quality such as improved finish of clothes, low-noise operation, and energy saving.

To meet these requirements, we have released a drum type washer-dryer called "The Front-in Drum," model TW-130VB.　This model, launched to commemorate the 75th anniversary of the first washing machine, features a newly developed super direct drive (S-DD) engine.

1　まえがき

東芝の洗濯機事業は，米国ソアー社から技術導入し，1930年に国産第一号の攪拌（かくはん）式電気洗濯機ソーラーA型（**図1**）を発売して以来，本年度で75周年を迎えた。その間，その時代の最先端技術を駆使して顧客のニーズに対応する洗濯機を開発し続けてきた。

当社が国産第一号を発売してから約30年間は一槽式洗濯機が主流で，洗うという重労働の低減が大きなニーズとなっていた。しかしながら，洗濯機の価格は銀行員の初任給の5倍以上と庶民には高嶺（たかね）の花であった。このようななかで，当社は，1952年に日本で初めて従来価格の約半分の小型攪拌式洗濯機P型を発売し，1955年には，洗濯しながらほかの家事ができる国内初のタイムスイッチ付き一槽式洗濯機VB-3型を発売した。更に，1956年には，スイッチ一つで洗いから脱水までできる日本初のドラム式全自動洗濯機を発売しており，当社のドラム式への挑戦は半世紀も前から始まっていた。

1980年には，当時主流となっていた二槽式洗濯機に世界初のシャワーリンス方式を採用したASD-500Nを発売した。この商品は洗いとすすぎが同時進行でき，節水と短時間化が図れるもので，家電商品として最高の名誉である市村賞を受賞している。

また，1970年代に発売した全自動洗濯機は洗濯労働のよりいっそうの自動化ニーズに応えた商品であったが，当社は多様化する衣類に対応するため，当時，先端技術とされていたインバータ制御を取り入れ，シルクランジェリーまで洗えるインバータファジー全自動洗濯機 AW-50VF2を1990年に世界で初めて発売し，全自動洗濯機のインバータ化に先鞭（せんべん）をつけた。

図1．国産第一号洗濯機　ソーラーA型 ── 米国から技術導入し，製造・販売した。

Japan's first washing machine, Solar A

1997年には，女性の社会進出の増加に伴い，夜間でも隣近所に気がねせず洗濯したいというニーズに応え，現在では主力全自動洗濯機の基本構造になっているDD（Direct Drive）インバータ方式を開発し，図書館並みの静かさの全自動洗濯機 AW-B70VP（**図2**）を日本で初めて発売した。これにより，“静かな洗濯機と言えば東芝”を市場に定着させ

図2．DDインバータ全自動洗濯機　AW-B70VP ― 日本で初めてDDインバータ方式を採用し，夜でも洗濯できる静かさを実現した。

AW-B70VP automatic washing machine with direct drive (DD) inverter technology

図3．洗濯機発売75周年記念ドラム式洗濯乾燥機　TW-130VB ― 新開発のS-DDエンジンを搭載し，基本性能の大幅向上を図った。

TW-130VB drum type washer-dryer commemorating 75th anniversary of first washing machine

ることができた。DDモータは，この功績が評価され大河内記念技術賞を受賞している。

更に2000年には，単身・共働き・高齢化世帯の増加による洗濯労力や節時間ニーズの解消に向け，ドラム式洗濯乾燥機 銀河21TW-F70を発売した。ドラム式洗濯乾燥機は当時，ヨーロッパを中心に販売されていたが，当社はこれにDDインバータ方式を世界で初めて搭載し，日本のドラム式洗濯乾燥機市場を創造した。

当社が創造したドラム式洗濯乾燥機市場は急拡大を続けており，本年度は50万台になると予想されているが，まだまだ発展途上の製品と言える。顧客からはよりいっそうの仕上がりの向上，低騒音化，短時間化，省エネなどのニーズが寄せられており，改善が急務となっている。このような背景の下，多様なニーズに応えるため，75周年記念商品として最先端技術の粋を集めたザ・フロント イン ドラム$_{TM}$ TW-130VBを発売した（**図3**）。

ここでは，この商品をモチーフにして，洗濯機の搭載技術についての概要を説明し，その中でも特に重要な新開発のS-DD（Super DD）エンジン[1]技術と低騒音化技術について詳しく述べる。

2　ドラム式洗濯乾燥機　TW-130VBの概要

この洗濯乾燥機は，新開発のS-DDエンジン搭載によって，基本性能の向上はもとより，低騒音，スピード，省エネ性とも業界No.1を実現した次世代洗濯乾燥機である。主な特長は以下のとおりである。

(1)　仕上がり性能の向上　　循環ポンプで高濃度洗浄液を効率よく洗濯物にかけながら，S-DDエンジンの最適制御によってドラムの最頂点から洗濯物を落として洗う“節水ダンクパワー洗浄”を採用し，洗浄性能を向上した[注1]。また，S-DDエンジンの“ほぐし制御”運転と“ほぐし手バッフル$_{TM}$”で洗濯物に効率よく温風を当てて短時間で乾かす“高速ハイコンディショニング乾燥”によって，しわの少ない仕上がりを実現した[注2]。

(2)　低騒音No.1[注3]　　S-DDエンジン，新DSP（Digital Signal Processor）制御，及び振動を吸収する新摩擦ダンパにより，洗濯時30 dB，脱水時42 dB，乾燥時40 dBと業界No.1の騒音レベルを実現した。

(3)　洗濯乾燥スピードNo.1[注3]　　パワフルなS-DDエンジンによる最高回転数1,400 rpmの強力脱水で，全自動洗濯機並みの洗濯時間45分（8 kg時）を実現した。また，プリヒート脱水1,400 rpmと“高速ハイコンディショニング乾燥”で効率よく乾燥し，6 kgの洗濯から乾燥まで業界No.1の170分，4.5 kgでは約2時間と大幅に時間を短縮した。

(4)　節水・省エネNo. 1[注3]　　“節水ダンクパワー洗浄”と高速脱水1,400 rpmでしっかり絞ることによって，洗濯の使用水量を70 L（8 kg洗濯時）とするとともに，洗濯から乾燥まで135 L（6 kg乾燥時）と業界No.1の節水を実現した。また，6 kgの洗濯から乾燥までの消費電力量も，2,500 Whと業界No.1の省エネ性を実現した。

(5)　使いやすさの向上

（注1）　当社従来ドラム式洗濯乾燥機　TW-853EXとの比較。
（注2）　上質仕上げコース2.5 kg時。
（注3）　2005年2月1日現在　洗濯8 kg，乾燥6 kgドラム式洗濯乾燥機において。

(a) 分かりやすい絵表示の“光る行程ボタン”を採用
(b) 洗濯物を取り出しやすい“庫内照明”と“大型投入口”を採用
(c) “真下排水対応”を採用

3 S-DDエンジン技術

当社は，1997年から国内他社に先駆けてDDインバータ方式を商品化しており，特に静音性で好評を得ている。S-DDエンジンは，従来のDDモータの基本構成を継承して，高速回転（1,400 rpm化）及びパワフルな洗浄を実現するための高出力化と，省エネを実現するための高効率化及び軽量化を図った。

3.1 ハイパワー・高効率S-DDエンジン

S-DDエンジンは，高磁力を持つ希土類マグネットと，この高磁力を効率よくモータ特性に生かす方式を採用している。

高磁力マグネットには，従来のフェライトマグネットに対して3倍の高磁束を持つ希土類のネオジウムマグネットを採用しており，ハイパワー化とモータのコンパクト化を図っている（**図4**）。

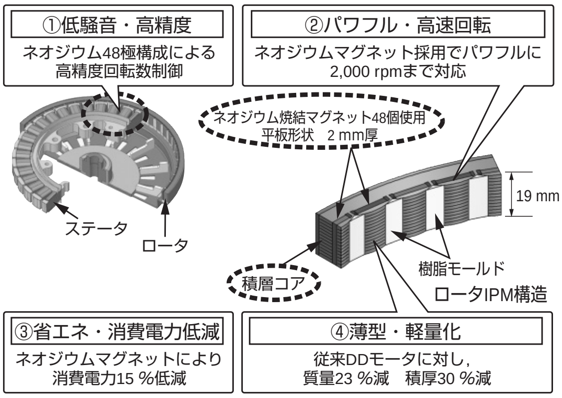


図4．S-DDエンジンの構造 ― ネオジウムマグネットをロータコア内部に埋め込む構造で，コンパクトで高出力を実現した。

Structure of S-DD engine

また，この高磁束をロスなく透過し，高効率特性とするIPM（Interior Permanent Magnet）構成を採用し，分離磁極方式のロータコア内部に永久磁石を埋め込み，磁力をモータのトルクに高効率で変換している。S-DDエンジンの内周面形状についても，最適化された曲面で形成することによって磁束の集束と磁束密度の増大を図り，従来のDDモータに比べて出力密度を2倍に高めている（図4）。

3.2 DSP制御によるモータ低騒音・高効率化

S-DDエンジンの利点を生かして，騒音低減と省エネを実現するためには，そのロータ位置を正確に検出して，モータに必要な制御電圧を印加する必要がある。従来，ロータ位置はホールセンサで検出していたため，センサ感度や取付け位置によりロータ位置の誤差が発生していた。そこで，S-DDエンジン制御用として，モータ電流から，ロータ位置を算出する制御技術を開発した。ロータ位置は，当社32ビット高速演算処理機能付きDSPマイコン（TX19A70）を用いて，100 μs間隔で高速に算出される。

これによって，S-DDエンジンの極数が，従来のDDモータに比べて2倍の48極である特長を生かせ，出力トルクをよりきめ細かく制御し，静かに回転させることができた。

また，モータの効率を向上させるため，有効トルクが最大になるように最適位相制御を行っている。S-DDエンジンは従来のマグネットトルク以外に，ロータ部の鉄心によるリラクタンストルクが発生する。そのため，電流位相角を進み方向に制御する方法を採用した。この制御により，約5％のトルクアップを実現できた。

4 ドラム式洗濯乾燥機の低振動・低騒音化技術

洗濯乾燥機の騒音低減のポイントは，脱水振動をどのように吸収するかにある。この方法として，サスペンションなどで本体（水槽・ドラムなど）を外箱から振動絶縁しているが，洗濯乾燥機の普及とともに乾燥の仕上がり向上のニーズが大きくなっているため，本体寸法を現状維持としたまま，ドラム容積を拡大することが必須となる。ドラム容積の拡大のためには，コンパクトなS-DDエンジンによる機構部の薄形化に加え，本体と外箱とのギャップをどのように少なくするかがポイントであり，洗濯物のアンバランス制御と振動の最適化が重要となる。

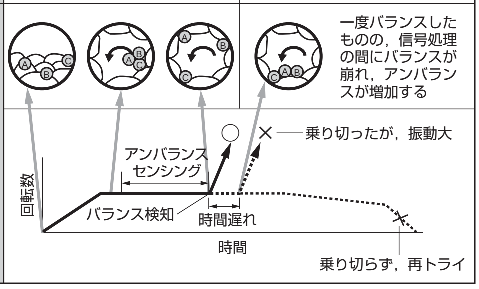
4.1 DSP制御によるアンバランス制御

アンバランス制御は，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り，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5**）。これを実現するために，DSPマイコンを用いてトルクに寄与する電流成分を，ロータの検出時間と同じく100 μsごとに高速に算出している。これによって洗濯物のアンバランスの状況を詳しく把握でき，低速状態でドラム内の衣服のバランス検知を行うことで，振動を低減している。

4.2 新ダンパによる振動の最適化

振動の最適化を実施するのに有効な手段としては，ダンパ機構の最適化が挙げられる。ドラム式洗濯乾燥機の最適ダンパ特性とは，脱水の低速回転領域では，十分なダンパ力を保持しながら水槽振動を抑制し，高速回転では少ないダンパ力で振動を外箱に伝達しないというものである（**図6**）。

	DSPマイコン	従来マイコン
演算速度	高速　20 MIPS	低速　0.25 MIPS
制御方式	DSP制御	パルスパターン制御
特徴	センシングの精度が高く，早いため，洗濯物の偏りを減らし，低振動化が可能	センシングの精度が低く，遅いため，洗濯物の偏りを小さく制御しにくい
アンバランス制御		



MIPS：Million Instructions Per Second

図 5．DSP 制御によるバランス制御 ― DSP 制御で洗濯物の偏りを検知し，振動を低減している。

Balance control by digital signal processor (DSP)

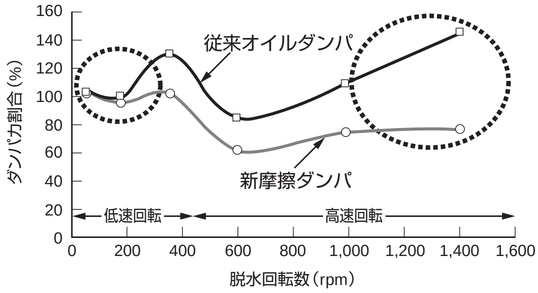


図 6．ダンパの特性比較 ― 新摩擦ダンパは，低速回転ではダンパ力が大きく，高速で小さい理想的なダンパ特性を持つ。

Comparison of damper characteristics

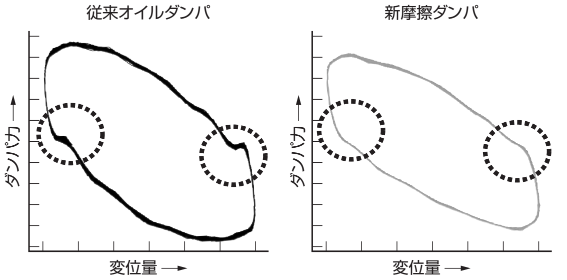


図7．変位量に対するダンパ力変化 ― 新摩擦ダンパは，変位量に対してダンパ力変化が滑らかである。

Change in damper force according to displacement

また，ダンパの変位量に対して滑らかにダンパ力が変化する特性も騒音低減効果としては有効である（**図7**）。このような観点から，今回，従来のオイルダンパをゴムの摩擦によるダンパに変更し，低振動・低騒音化を図った。

5 あとがき

ザ・フロント イン ドラム TM TW-130VBは発売以来，非常に好評を博しておりフル生産状態が続いている。

これは，顧客のニーズを的確にとらえ，技術に裏づけされた魅力ある本物の商品を生み出せたからである。まえがきでも述べたように，これが，当社の物づくりの基本であり，これを今後も続けていきたい。

文　献

(1) 田中照也．ドラム式洗濯乾燥機に応用する S-DDモータ技術．東芝レビュー．**60**，5，2005，p.60－61.

今井　雅宏　IMAI Masahiro
東芝家電製造（株） 愛知工場 ランドリー技術部グループ長。
ドラム式洗濯乾燥機の商品開発に従事。
Toshiba HA Products Co., Ltd.

志賀　　剛　SHIGA Tsuyoshi
東芝家電製造（株） 愛知工場 ランドリー技術部主務。
洗濯機のモータ・電装品開発に従事。
Toshiba HA Products Co., Ltd.

神田　博紀　KANDA Hiroki
東芝家電製造（株） 家電機器開発部 要素技術第二担当。
洗濯機のインバータ回路先行要素開発に従事。
Toshiba HA Products Co., Ltd.