

## 随 想

## 2023 年度技術功労賞を受賞して\*

丸田 和弘\*\*

\* 2023 年 6 月 5 日原稿受付

\*\* 株式会社小松製作所, 〒323-8558 栃木県小山市横倉新田 400

## 1. はじめに

この度、2024 年度（第 43 期）通常総会において、2023 年度の技術功労賞をいただくことになり、大変光栄なことに感謝しております。当学会に於きまして推薦していただいた方々をはじめ、今までの委員会等の諸活動にご支援・ご協力いただきました多くの方々に改めまして心より感謝申し上げます。

筆者は建設機械メーカーに勤務して建設機械向けのポンプ・モータ・バルブ等の油圧機器、油圧システムの開発に従事してきました。入社以来 37 年もの間、建機用油圧装置・システムの開発や開発期間の短縮等、主な開発ドキュメントを記してみたいと思います。

## 2. 開発ドキュメント

## 2.1 安く薄い旋回モータの開発

1990 年代にミニショベル用旋回モータの開発に着手した。その当時は社内の母機に内製のコンポがすんなり搭載されるということではなく、競合他社と QCD に於いて競い合いその結果により搭載可否が決まるといふ厳しい状況があった。特にアクチュエーターである油圧モータはミニショベルのメインの油圧システムの作り込みにはあまり影響はないことから、最終的にはコスト勝負という一面とその他大きな課題として、旋回モータを軸方向にいかに薄くできるかという事があった。というのも旋回モータの配置がちょうど、オペ席のほぼ真下にあり、当時の現行モータの約 2/3 以下にしないと搭載できない状況だった。まず行ったのが旋回マシナリとの減速比と設計検討を重ねて、最終的には旋回モータの容量を現行 28cm<sup>3</sup>/rev を 2/3 程度に容量も小さくして、インターナル部品もすべて新規設計にした。

しかし、それだけでは軸寸法最小化の目標は達成できなかった。さらに、ピストン長さは面圧が許す限り短くして、スラストプレートは通常は最低でも 4mm 程度の厚みがあったが、1.5mm に薄くして強度はバックのスワッシュプレートで持たせて、あくまでもピストンシューがしゅう動するときの表面粗さの確保のねらいと割り切った採用だった。

また、旋回モータとマシナリ内の作動油を一緒にすることにより、通常なら旋回モータのシャフト先端にあるオイルシールを廃止して 10 数 mm の軸寸法の短縮ができた。オイルシールがないということでマシナリから来る異物からベアリングを保護するためにシールドタイプのボールベアリングの採用も実施した。

また、ケーシングの構成も一般的なケースにエンドカバーで蓋をするような形式ではなく、ハウジング内にはほぼすべてのインターナル部品を包み込むような形で無駄な厚みを徹底的に排除し薄い板状のスワッシュプレートで蓋をするという斬新な形態にした。これらの工夫により軸寸法が現行モータの約 2/3 以下を達成させることができた。

つぎにコストをいかに下げるのだが、上記の工夫による効果でモータ自体の部品ベースコストも下がり、さらに工夫した点として、旋回モータは駐車ブレーキという機能が必ず装着されているが、通常は旋回体の最大慣性時に確実に旋回モータが停止してから旋回駐車ブレーキをエンゲージさせるため、コントローラによるタイマー機能にて旋回レバー中立になってから 4、5 秒でエンゲージさせる制御が車体に搭載されている。ここに目をつけて、コントローラによるタイマー機能を廃止、旋回駐車ブレーキをエンゲージさせるためのばね力を作用させるタイミングを遅らせるねらいで、ブレーキの解除用として使用していた油圧を 4、5 秒、維持して抜けないように工夫した油圧タイマー方式を考案、この油圧システムを採用することにより、車体

側で部品が減る事によるコスト低減も実施して総合的にコスト低減目標を大幅に達成させることができた。

以上の改善内容を提案して、晴れてミニショベル用旋回モータとして採用され、現在でも 35 年近くもの間、不具合もなく搭載し続けられている。

## 2.2 3D プリンタによる試作納期短縮へのとりくみ

25 年前今でいえば 3D プリンタを活用して鋳物の中子を製作するのに金型を製作せずに、3D モデルから砂を固めてダイレクトに中子を製作する工法にチャレンジした。1998 年頃、職場に 3DCAD が導入されて 3D モデル活用方法が直近の課題として上がってきた。その当時、積層造形機のタイプとして CO2 レーザによる樹脂を焼き固めて積層造形するタイプが主流だったが、鋳砂にダイレクトに CO2 レーザを照射して、1 層あたり砂を 0.2~0.3 mm 程度の厚さで重ねてモデルのスライスデータに沿って焼き固めて、何度も同じ工程を繰り返して 1 層ずつ焼き固めて中子形状が成型されて行く。焼き固めた中子はまだ強度的には弱いので刷毛や特殊な道具を使い大量の砂の中からレーザで焼き固めた中子を発掘する。壊れないように周りの固まっている砂を除き、中子本体を発掘した後、オープンに入れて数時間焼き固めて中子としての強度を確保し完成させる。主型は通常通り木型で製作してできた砂型に積層造形中子を組込む。あらかじめ鋳物メーカーにお願いして巾木や押湯形状の方案検討をしていただき試作品として湯を流した。結果はスタック弁のバルブボディを製作したが、懸念していたガス欠陥や中子折れも無くかなり良好な結果となった。ガス欠陥が発生した場合でも、3D の中子データに容易にガス抜き穴をモデリングして中子を製作すればさらにガスが抜けやすくなり鋳肌表面の出来栄も上がった。また、中子強度が足りないような時は、積層造形中に補強のための針金を入れて中子折れが発生しやすそうな部位の強度 UP の効果も確認できた。この方法による成果は、木型・金型製作のリードタイムが数カ月以上必要で、実際に試作鋳物ができ上がるまでは、おおよそ 3 カ月程度が標準リードタイムだったが、一番時間がかかる金型製作がない積層造形試作鋳物の場合は 1~2 週間のリードタイムでできるようになった。これにより油圧機器の開発期間の大幅短縮はもとより、試作コストも特に金型がいらないため、かなりのコスト低減を達成できて大きな成果を上げた。

## 2.3 提案型開発の油圧駆動ファンシステムの開発

建機向け油圧技術者として母機である車体のセールスポイントに貢献できる油圧技術・油圧装置の開発は何かあるかを常に念頭に入れて考え続けてきた。一つの事例として、1998 年当時の建設機械のマーケットから対応が必要な事を見つけ出した。①騒音規制 ②燃費改善 ③世界のさまざまな環境対応（特に気温）等が挙げられたが、EU 騒音規制が迫っている中でいかに建設機械の騒音を規制の規格内におさめるかが近々の必須課題であるとして、①の騒音規制対応にフォーカスしたり。

建設機械の代表機種として油圧ショベル・ブルドーザがあるがこれらの騒音計測を実施して騒音源を切り分けた結果、当初の予想ではエンジン騒音が一番大きいのではないかと思っていたが両車両ともファン騒音が一番の騒音源だった。従来のファン駆動方式はエンジン直結駆動でありエンジン回転数に応じてファン回転はプーリー比により決まってしまう。ファンによるクーリングシステムのねらいは水温・油温の上昇によるオーバーヒート防止である。ファン騒音を下げる視点から考えるといかにファン回転を下げるかが必要であり、これによりファン騒音は確実に下がる。つまり、ラジエータの水温・作動油の油温を常時監視して、オーバーヒートしない必要最低限のファン回転に常時制御できればファン騒音は確実に下がり車体騒音は EU 規制をクリアすることが分かった。これらの低騒音化に加えて、省エネ性、ファンの配置の自由度 UP 等により、いろいろな車体メリットが生じる油圧駆動ファンシステムの開発に踏み切った。独自の特長を持つ油圧駆動ファンシステムを紹介する<sup>2)</sup>。

### (1) インファン構造：

ファン中央にボス部を設けて油圧モータの主要部分を格納し、ファンの翼幅からの飛び出し量を最小とする構造とした。

### (2) 制御バルブビルトイン：

ファンシステムに必要な機能（安全弁・吸込弁・フローコントロール弁・正逆転切換弁等）をファン

モータに内蔵させた。これにより、ポンプからファンモータへの入口配管、ファンモータからタンクへの出口配管、それとドレン配管のみでシステム構成が可能となり、配管継手・配管類の削減によるシステム簡素化、油漏れリスク低減、およびコスト低減に寄与できた。

**(3) 豊富なバリエーション：**

各種建設機械をはじめとするさまざまな母機の要求仕様に対応するべく、モータに内蔵される機能（制御バルブ類）は、種々の組み合わせで対応可能とした。まずは、可変ポンプシステム・固定ポンプシステムから選択して、あとはファンモータ内蔵機能の選択、コントローラ有無等ですべての母機の要求仕様に対応可能となり、さまざまな油圧駆動ファンシステムを構成することができた。

**(4) 高効率・高信頼性：**

インターナル部品は、油圧ショベル等の建機で実績のあるアキシシャルピストンモータ・ポンプをベースに開発、高い容積効率・トルク効率を実現、高信頼性を確保している。

上記の特長を有した油圧駆動ファンシステムを EU 騒音規制前にタイムリーに提案することができて最初に搭載したホイロロードの騒音規制を余裕でクリアして母機の拡販・商品力UPに寄与できた。

このように、当初は自社の建設機械搭載をターゲットに開発したシステムであったが、上記の特長が他社建機メーカーにも認められ多くの他社建機に搭載された。さらに建機以外の用途でも認められ、高速バス用としてバス・トラックメーカーから引き合いを受けて採用され市場で好評を博した。

今後も建設機械に限らず、すべての車両システムは社会的ニーズにこたえ、環境に配慮した製品でなくてはならない。その上でさらに居住性を向上させるためのコンパクトさや、快適さも満足させる必要がある。

油圧駆動ファンシステムは車両冷却システムとしてこのようなニーズに応えたものである。直近では電動化の流れの中で同等の制御性・自由度を有する電動式ファンシステムと棲み分けしながら、主としてファン馬力の大きな大型車両・大型建設機械等の分野で搭載し続けるであろうと考えている<sup>3)</sup>。

本開発は大きな成果をおさめた油圧コンポーネント提案型開発の事例となった。

### 3. おわりに

2.1 の「安くて薄い旋回モータの開発」は現行旋回モータの対抗馬として他油圧機器メーカーの旋回モータと急遽競い合う形になり、時間の余裕もなくバタバタと開発した経緯がある。競合コンポよりもさらに安く、さらに薄くという目標に向かって何とか達成できて競合他社のモータに勝つことができた。反省点とすれば他油圧外販メーカーの動向や新規車体の情報等アンテナを高くして事前に状況把握して対応準備に取り組めなかった事を強く反省した。この経験から常に周り技術動向や日頃の開発に於ける課題について情報収集や課題の明確化の意識が身についた。

2.2 の「3D プリンタによる試作納期短縮」については、常日頃開発のリードタイムのネックは、油圧装置には欠かせない新規試作鋳物の製作日程だった。中でも複雑な鋳物を製作するために必須のシェル中子を製作する時には金型が必須になるので否応なしに試作リードタイムが2~3 か月かかっていた。鋳物をいかに素早く製作するかという課題が見えていた。そんな折、26 年前に情報収集の一環として製造に関する展示会に行ったときに、ドイツメーカーの砂の積層造形機に出会った。日本に上陸して間もなく、さっそく量産品のバルブの中子をレーザで造形して素材を試作して、強度や寸法、ガス欠陥等を確認した結果いろいろと工夫すれば問題なくバルブボディの素材ができる目途が立ち、日本初としてそのドイツメーカーの積層造形機を自社の鋳物工場に導入してもらえた。それ以来試作鋳物の製造納期が2~3 か月→1~2 週間に短縮でき、開発リードタイムの改善に寄与できた。

2.3 の提案型開発の油圧駆動ファンシステムの開発については、車体をとりにくく状況を監視して先にある規制にどのように対応するかを自らが事前に課題としてとらえ母機から必要だと言ってくる前に開発コンセプトをまとめて試作・品確を進めて母機が必要となるタイミングに売り込みに行けた。理想的な提案型開発を実現することができた。

これらの体験が、今後の技術者の少しでも参考になれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 丸田和弘, 武藤隆之: 低騒音油圧駆動ファンシステムの開発, 日本フルードパワーシステム学会誌, Vol.40, No.5, p.46-49 (2009)
- 2) 丸田和弘, 小田陽介: 油圧式冷却ファンシステムの適用拡大, 油空圧技術, p.19-25 (2005.7)
- 3) 布谷貞夫: フルードパワーユーザ (建設機械) から見る将来への期待, 日本フルードパワーシステム学会誌, Vol.51, No.2, p.61-63 (2020)

### 著者紹介



まるた かずひろ

丸田 和弘 君

1987 年埼玉大学大学院工学研究科機械科専攻修士課程修了。同年 (株) 小松製作所入社  
油機開発センタに配属, 建機向け油圧ポンプ・モータの開発, ショベル用油圧システム・  
バルブの開発, 建機向け電子制御用センサ類の開発に従事。

日本フルードパワーシステム学会員・フェロー。