

高効率新型カーエアコン用圧縮機(MSC-CAシリーズ)

High Efficiency Scroll Compressor " MSC-CA Series " for Automotive Air-Conditioner

冷熱事業本部 藤田 勝博*¹ 鵜飼 徹三*¹
技術本部 竹内 真実*² 丸岩 保治*²

当社は、高効率新型カーエアコン用スクロール圧縮機(MSC-CAシリーズ)を開発した。従来からスクロール圧縮機において、圧縮機構部である渦巻状のスクロール部の形状(プロファイル)は効率や信頼性を決定する重要な因子であり、圧縮効率と強度の両立が課題となっていた。これらの新型スクロール圧縮機において、A-プロファイルと称する新設計プロファイルを採用している。このA-プロファイルでは旋回、固定両スクロール中央部を2段の階段形状としつつ、お互いのかみ合いを保つことで、圧縮効率向上と強度確保の両立が可能となった。この結果、A-プロファイルを採用した新型スクロール圧縮機では、当社従来製品対比効率が最大15%の向上を図ることが可能となった。

A new scroll compressor " MSC-CA Series " developed for automotive air conditioners. The shape of the scroll is called " profile " and is one of the most important design elements because it influences efficiency and reliability of the compressor. A new shape of the scroll called " A-profile " is adopted in MSC-CA Series. Each of the orbiting and fixed scrolls with A-profile has a step at its center, and enables both the increase in the compressor efficiency and the reduction in the stress at the center of the scrolls. Consequently the new scroll compressor with A-profile scrolls has achieved 15% higher efficiency compared with our conventional scroll compressor.

1. ま え が き

近年、自動車の省燃費化は非常に重要な課題であり、車内の快適な空調を提供するカーエアコンシステムもますます省動力化していくことで、車両の省燃費化に貢献していかなければならない。カーエアコンシステムの中で消費動力の大半を占める心臓部分の圧縮機については特に省動力化が望まれている。

ここでカーエアコン用圧縮機の中でもスクロール圧縮機は高効率、低振動、低騒音、高速域まで運転が可能という特徴により、従来から幅広く用いられているが、今後も圧縮効率をさらに向上させ省動力化を図っていく必要がある。このスクロール圧縮機において、圧縮機構部である渦巻き状のスクロール部の形状(プロファイル)は効率や信頼性を決定する重要な因子であり、特に圧縮の最終工程となる渦巻中央部の形状設計は高効率化に最も重要である。

そこで本報では新設計されたスクロールプロファイル(以下A-プロファイルと称す)と、そのA-プロファイルを搭載した高効率新型カーエアコン用スクロール圧縮機MSC-CAシリーズを紹介する。

2. A-プロファイルの概要

2.1 スクロール圧縮機の圧縮原理

カーエアコン用スクロール圧縮機の断面図を図1に示す。ハウジング内に固定される固定スクロールに対し、クランク軸により駆動される旋回スクロールが旋回運動することで冷媒ガスの圧縮を行うものである。

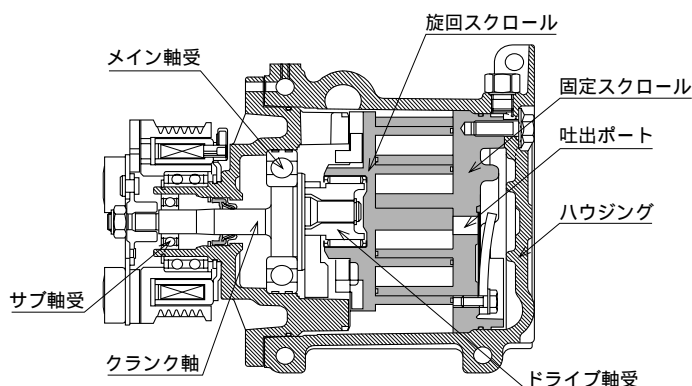


図1 カーエアコン用スクロール圧縮機の断面図 MSC90Cの断面図を示す。

Structure of scroll compressor for automotive air-conditioner

スクロールの圧縮原理を図2に示す。固定スクロールと旋回スクロールは、お互いの渦巻状のスクロール部分がかみ合うように配置されており、両スクロールで区画される三日月状の空間が圧縮室となる。図2(a)から(d)は圧縮行程中における固定、旋回スクロールの相関を示しており、圧縮室は旋回スクロールの旋回運動とともに、順次外周から中央へ移動しつつ圧縮室容積も減少していく。最外周の圧縮室に吸入された低圧の冷媒ガスは、徐々に圧縮されていき、最終的に高圧となったガスは固定スクロールのほぼ中央に設置された吐出ポートを通して吐出される。

このようなスクロール圧縮機では、吸入から吐出までの圧縮工程はクランク軸が約2回転する中で行われ、かつ複数の圧縮室が並行して存在しているため、以下の特徴を有する。

*¹技術総括部コンプレッサ技術部開放コンプレッサ設計グループ

*²名古屋研究所圧縮機研究室

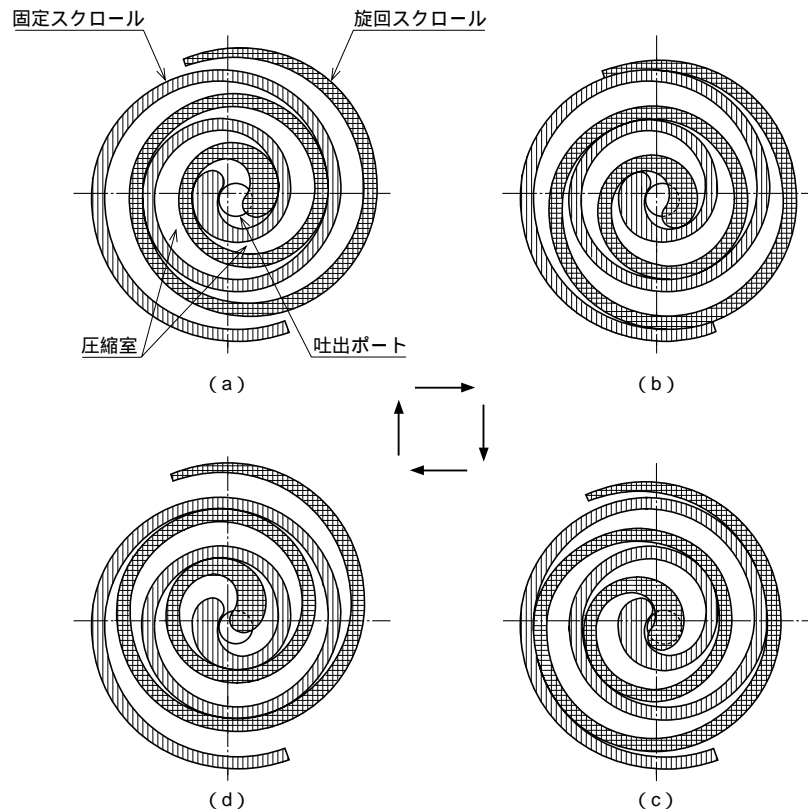


図2 スクロールの圧縮原理 (a)~(d)の行程で動作し、圧縮室は外側から中央にいくに従い容積が減少し圧縮を行う。
Compression process of scroll compressor

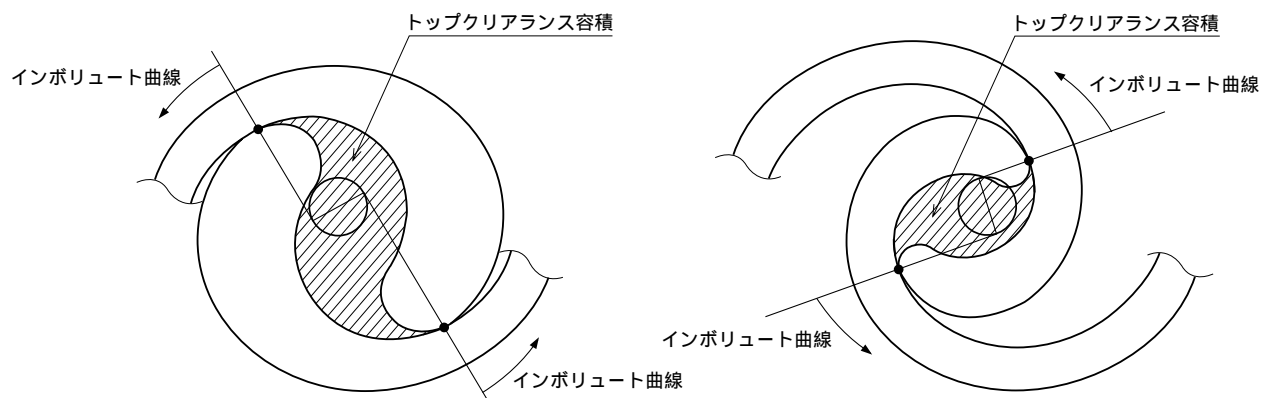


図3 スクロール中央部形状 右図は渦巻きを中心側まで巻き込んだ状態を示し、左図対比トップクリアランス容積は減少するが、中央部の形状は小さくなる。
Center of scroll profile

- (1) 圧縮トルクの変動が滑らかとなり低振動，低騒音となる．
そのため高速域までの運転が可能．
- (2) 隣接する三日月状の圧縮室間の差圧が比較的小さくなる
ことから，圧縮室間におけるガスの漏れが少なくなり高効率が可能．

2.2 スクロールプロファイルと効率

以上説明したスクロール圧縮機について，更なる高効率化を達成するため圧縮機構部であるスクロールプロファイルについて新設計を行い，指示効率の向上を目指した．まずスクロールにおいて指示効率が悪化する要因について図3を用いて説明する．

図3左図に示すスクロールにおいて，圧縮最終段階における中央部の圧縮室の最小容積がトップクリアランス容積として存在し，そのトップクリアランス容積分の高圧ガスは，吐出ポートから吐き出されず，低压側の圧縮室に流入する．この高圧ガスが膨張，再圧縮を行うため再圧縮動力損失が発生し指示効率を悪化させている．この再圧縮動力損失を低減するためには，インボリュート曲線で形成される渦巻をより中心側まで巻き込んだ形状とすることでトップクリアランス容積を減少することが望ましい（図3右図がより中心側まで巻き込んだ形状を示す）．

しかしながら渦巻きを中心側まで巻き込むとトップクリア

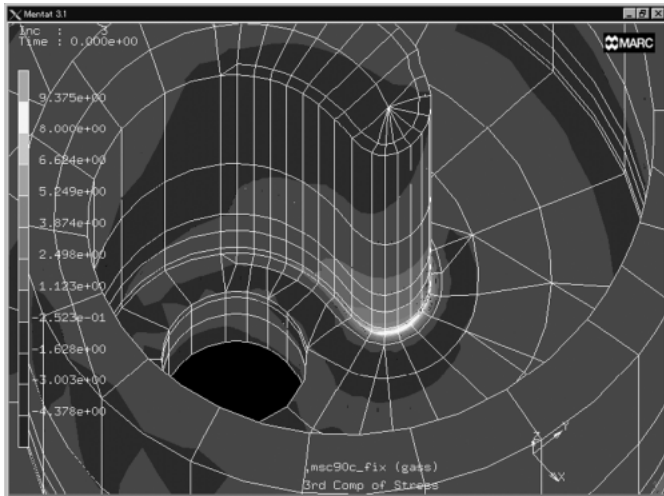


図4 スクロールFEM強度解析実施例 MSC90CのFEM解析例を示す。中央端部付け根（矢印部分）に応力集中が発生しており強度的に厳しいことがわかる。
Results of FEM analysis

ランス容積は減少するが、渦巻の中央端部の形状が必然的に薄肉になってくる。スクロール中央端部は、圧縮の最終行程であることから、常に高压のガスにさらされているため、中央端部の根元部分はガス力の作用と応力集中により強度的に非常に厳しい部位となっている。一例として図4に固定スクロールの該当部分のFEM強度解析例を示す。図中矢印で示す個所に応力集中が発生していることがわかる。このため、従来は強度上の制約よりスクロール中央端部の形状は一定以上厚肉化する必要があり、効率向上の妨げとなっていた。

2.3 A-プロファイルの構造

上記問題を解決するため、高効率スクロールプロファイル（A-プロファイル）を新設計したので説明する。図5にA-プロファイルの構造を示す。これよりA-プロファイルでは、

両スクロールの中央部の形状をそれぞれ2段とすることで、強度的に厳しい根元部分の断面積を大きくしつつ、両スクロールのかみ合いを保つという特徴を有している。これからA-プロファイルではインポリュート渦巻きをより中心側に巻き込んだ場合においても、従来対比根元部分の断面積を大きくすることができるため、スクロール中央端部に発生する応力を低減することが可能となる。

換言すると、A-プロファイル構造を採用することで下記のような効果を選択して適用することが可能となり、圧縮機的设计自由度が広がる。

- 効果1：スクロール中央端部に発生する応力を同等としつつ、渦巻をより中心側に巻き込むことで効率の向上が可能となる。（効率向上）
- 効果2：スクロール中央端部に発生する応力を同等としつつ、渦巻の高さをより高くすることで押し退け量、すなわち冷凍能力の向上が可能となる。（能力向上）
- 効果3：渦巻の中心側の巻き込み具合を同一としつつ、スクロール中央端部に発生する応力を低減することが可能となる。（信頼性向上）

3. 新型スクロール圧縮機(MSC-CAシリーズ)の開発

A-プロファイルを採用した新型カーエアコン用スクロール圧縮機（MSC-CAシリーズ）の外観を図6、諸元を表1、従来機とMSC-CAシリーズの性能を図7にそれぞれ示す。ここでMSC-CAシリーズとしてMSC 60 CA, MSC 90 CA, MSC 105 CAがあり、これらの圧縮機についてそれぞれ特徴を紹介する。

最小機種であるMSC 60 CAは軽自動車、リッターカークラス向けの圧縮機であり、従来機MSC 60 CH対比、アイドル運転条件で効率、冷凍能力で10%近く的大幅な向上を実現している。またMSC 90 CAは普通乗用車クラス向けの圧縮

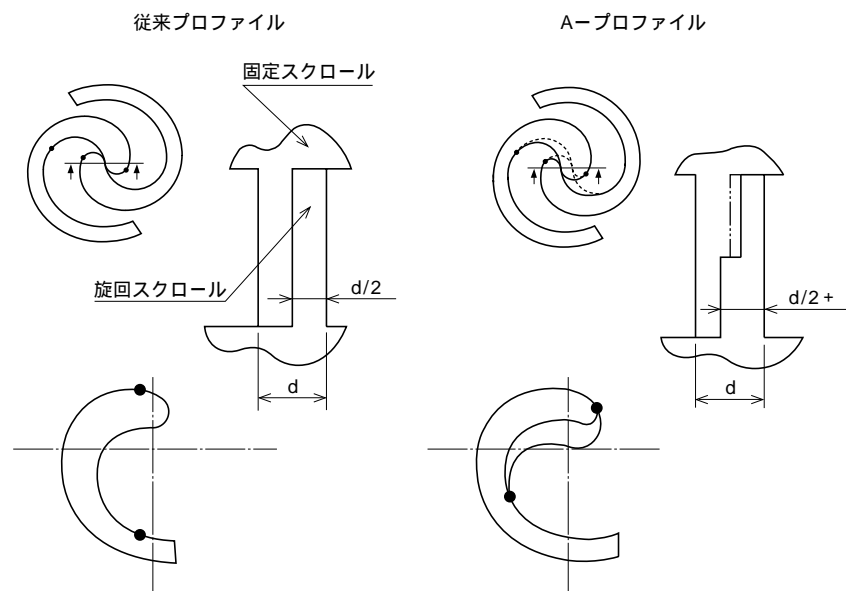


図5 A-プロファイルの構造 A-プロファイルは強度を確保しつつ、渦巻をより中心側まで巻き込むことが可能となり、高効率化が図れる。
Structure of A-profile scroll

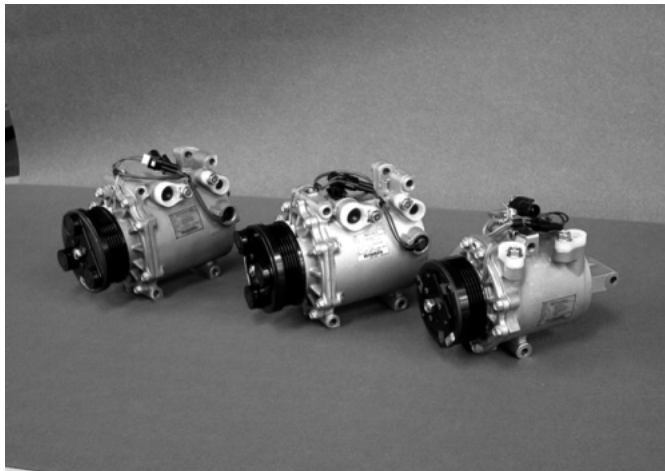


図6 新型MSC-CAシリーズの外観図 写真右からMSC60CA, MSC90CA, MSC105CAを示す。
Appearance of MSC-CA series

機であり、従来機MSC 90 C対比スクロール中央部分の発生応力を低減し信頼性を大幅に向上させたとともに、効率、冷凍能力で3 %近くの向上を実現した。さらにMSC 105 CAは普通乗用車、SUV車クラス向けの圧縮機であり、従来機MSC 105 C対比、アイドル運転条件で効率、冷凍能力で15 %近く的大幅な向上を実現したとともに、信頼性の向上も実現している。

これらMSC-CAシリーズは2002年から順次市場に投入していく予定である。

4.む す び

A-プロファイル技術を採用した高効率新型カーエアコン用スクロール圧縮機MSC-CAシリーズを開発した。これら

表1 MSC-CAシリーズの諸元
Size and weight of MSC-CA series

| | MSC 60 CA | MSC 90 CA | MSC 105 CA |
|------------------|-----------|-----------|------------|
| 外 径 (mm) | 104 | 122 | 123 |
| 長 さ (mm) | 168 | 197 | 209 |
| 重量 (クラッチ除く) (kg) | 2.7 | 4.0 | 4.3 |

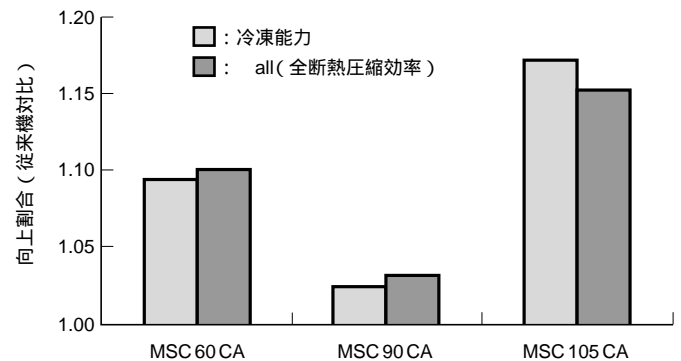


図7 従来機とMSC-CAシリーズの性能 アイドル運転条件の効率、冷凍能力を比較すると従来機対比最大約15 %の向上が見られる。

Efficiency of MSC-CA series

MSC-CAシリーズは現在量産されているMSCシリーズに対し効率、冷凍能力あるいは信頼性を大幅に向上させることができた。しかしながら地球環境保護の重要性から自動車の省エネルギー化の技術発展に限りはなく、今後も基本的となる効率向上、信頼性向上のための技術開発に努め、自動車省動力化に貢献し、またお客様に満足されるような製品を開発・投入していく所存である。