

カーエアコン用高効率スクロールコンプレッサの開発

Development of High-efficiency Scroll Compressor for Automotive Air Conditioners



桑原 孝幸*¹
Takayuki Kuwahara

渡辺 和英*²
Kazuhide Watanabe

竹内 真実*³
Makoto Takeuchi

山崎 浩*⁴
Hiroshi Yamazaki

慶川 源太*⁵
Genta Yoshikawa

北口 恵太*⁵
Keita Kitaguchi

地球温暖化防止の取り組みとして CO₂ 排出量の削減が求められる中、自動車産業界では、カーエアコン稼働時の車両燃費を評価・規制する動きが始まっている。そこで三菱重工オートモティブサーマルシステムズ(株)(以下、当社)では、現在量産中の省動力を特長とした 3D スクロールコンプレッサ^(注)に対し、形状測定・各種解析技術を利用した分析を行うことで、更なる改良の可能性を検討してきた。その結果、従来の 3D スクロールコンプレッサと同等の重量・サイズを維持しながら、車両アイドリング相当条件の冷凍能力を 11%向上させた高効率スクロールコンプレッサの開発に成功した。

(注) “3D スクロール”は三菱重工業(株)の登録商標である。

1. はじめに

地球環境保護への関心の高まりと、自動車に対する CO₂ 排出量・燃費の規制を受けて、燃費向上技術の開発が加速している。

自動車の燃費は日本の JC08 モードに見られるように、定められた走行パターンでワイパー、ライト、エアコンなどの電装品を使用せずに測定・評価されるのが一般的である。一方、実走行においては、昨今のエンジン効率の向上などに伴って、相対的にこれら電装品、特にエアコンの使用が燃費に及ぼす影響度が高まっている。このような状況を受けて、米国では既に、燃費を測定する際のテストサイクルにエアコン稼働時の走行パターンを加えることによって、実走行に近い状態での燃費を評価・規制する取り組みがなされている。

現在、自動車に搭載されているエアコンの多くは、コンプレッサ、コンデンサ、膨張弁、エバポレータから成る蒸気圧縮式冷凍サイクルを利用したシステムである。エアコンが消費する動力のほとんどは、冷凍サイクル内の冷媒を循環させるポンプの役割を担うコンプレッサで消費されるため、エアコン稼働時の燃費を向上させるには、コンプレッサの省動力化が不可欠である。特に、エンジンからベルトを介して動力を受け取るベルト駆動式のコンプレッサにおいては、近年の車室空間の拡大に加え、車両側の燃費向上技術であるクランクプーリの小径化(軽量化)やエンジンの低回転化を受けて、アイドリング時のような低回転域での冷凍能力と効率の向上が強く求められている。

*1 三菱重工オートモティブサーマルシステムズ(株) 技術部

*2 三菱重工オートモティブサーマルシステムズ(株) 技術部 課長

*3 三菱重工業(株) 総合研究所 主席プロジェクト統括

*4 三菱重工業(株) 総合研究所機械研究部 主席研究員

*5 三菱重工業(株) 総合研究所機械研究部

当社では、2007年に省動力を特長とする3Dスクロールコンプレッサ(QSコンプレッサ)を市場投入し、自動車の実走行燃費の向上に貢献してきた。本報では、従来の3Dスクロールコンプレッサを更に発展させた高効率スクロールコンプレッサ(QSHコンプレッサ)について報告する。

2. 3Dスクロールコンプレッサの特長

3Dスクロールコンプレッサの圧縮原理を図1、図2に示す。スクロールコンプレッサでは、巡回スクロールの公転運動に伴って三日月形の圧縮室が外周側から内周側へと容積を減少しながら移動することにより、冷媒を連続的に圧縮・吐出している。この時、内周側のラップ高さを外周側よりも低くした3Dスクロールコンプレッサでは、冷媒を周方向のみならず軸(高さ)方向にも圧縮できるため、高い圧縮比と優れた省動力性能を得ることができる。

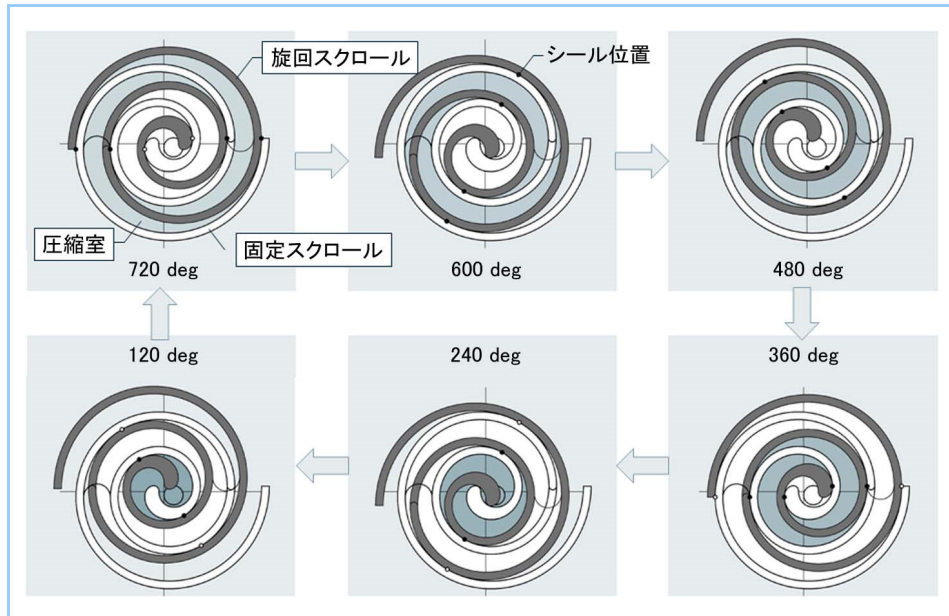


図1 3Dスクロールコンプレッサの圧縮原理(1)
圧縮室が外周側から内周側へ容積を減少しながら移動する。

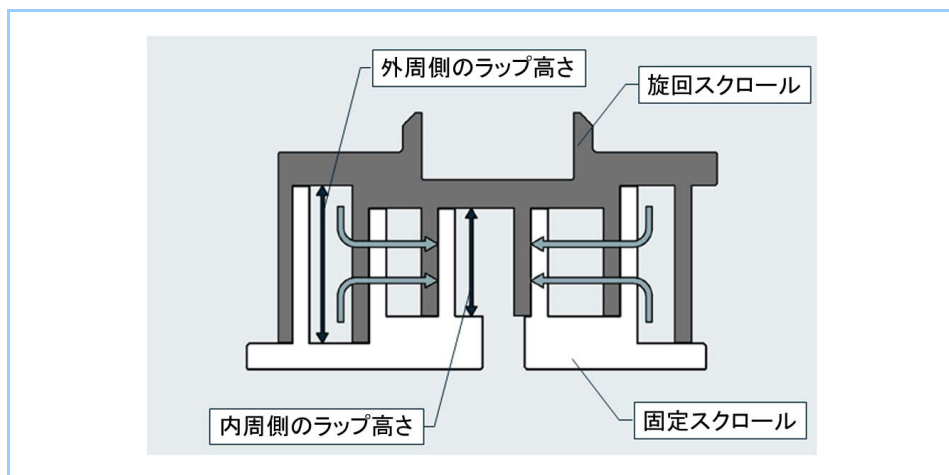


図2 3Dスクロールコンプレッサの圧縮原理(2)
外周側から内周側へ向かって、軸(高さ)方向にも圧縮できる。

3. 分析と改良

冷凍能力と効率の向上を実現するため、圧縮行程中に生じる漏れを低減することを目標に分析と改良を行った。

3.1 漏れの分析

漏れが生じる隙間を図3に示す。チップ隙間はスクロールのラップ先端面と底面との隙間、メッシュ隙間はラップ側面同士の隙間である。図1の圧縮原理に示したように、スクロールコンプレッサでは圧縮行程の進行に伴ってシール位置が外周側から内周側へと移動する。加えて、隙間を形成するスクロール及びその他の支持部品は、加工精度やボルト締付け等による変形の影響を受けている。したがって、圧縮行程中に生じる漏れを詳細に分析するには、このシール位置によって連続的に変化する隙間を定量的に捉えることが必要となる。今回、筆者らは座標測定機のスキニング測定機能他を用いてこの隙間を定量化し、解析と実験の両面からアプローチすることで、圧縮行程中の隙間と漏れとの関係を連続的に把握した。

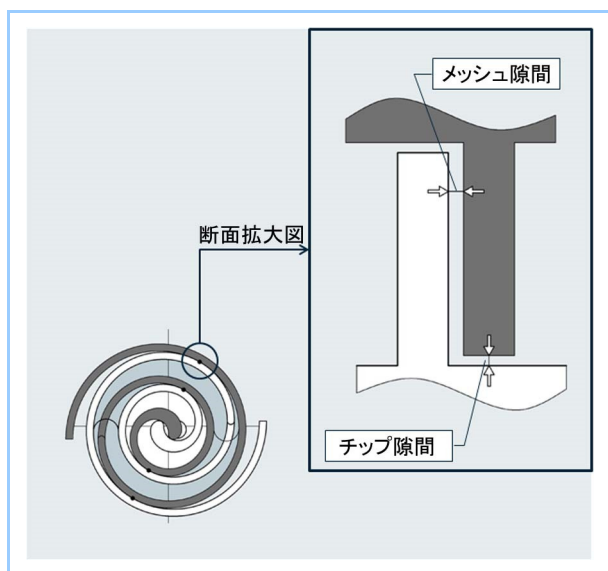


図3 漏れが生じる隙間

3.2 隙間の縮小による漏れの低減

隙間と漏れとの関係を明らかにしたことにより、圧縮行程中に生じる漏れ量の総和に対して影響が大きい部位の隙間をスクロールプロファイルの改良によって積極的に縮小することが可能となった。従来機と開発機の漏れ量の解析値を図4に示す。隙間を縮小することによって漏れ量が半分以下へ低減し、冷凍能力と効率の向上が実現できる見込みを得た。

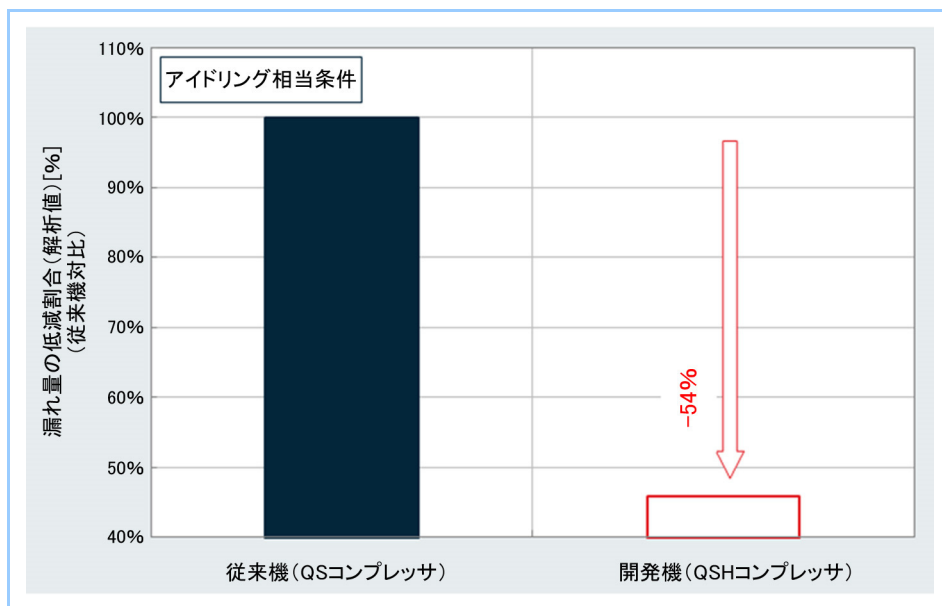


図4 従来機と開発機の漏れ量の解析値

4. 改良の効果

改良効果の確認として、従来機と開発機の性能比較を行った。

4.1 単体性能の比較

車両アイドリング相当条件における冷凍能力の比較結果を図5に示す。

開発機の冷凍能力は従来機と比較して11%向上している。

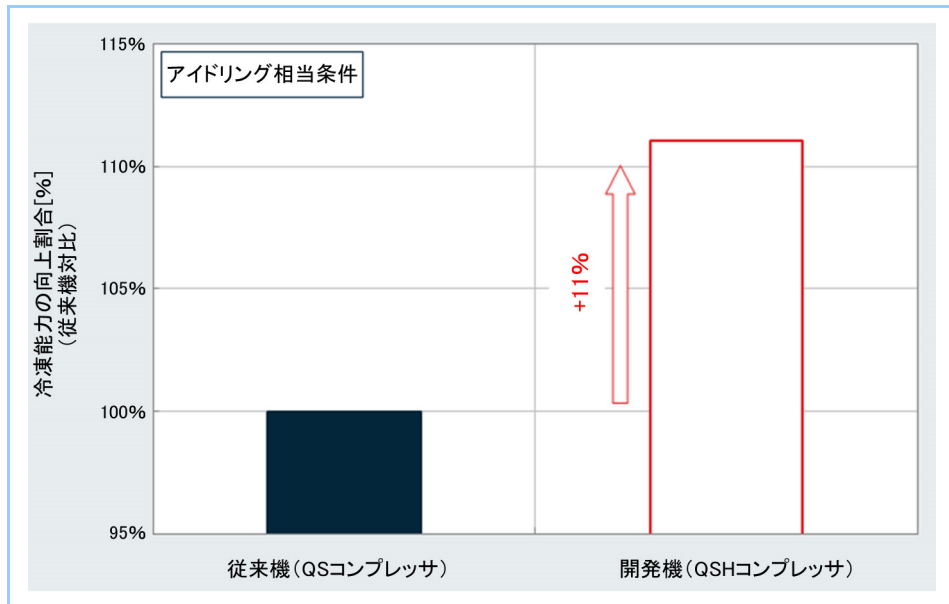


図5 単体性能の比較

4.2 車両搭載時のエアコン吹き出し温度の比較

Cセグメント車(全長 4200～4500mm の実用車)に搭載し、アイドリング時の吹き出し温度を測定・比較した結果を図6に示す。

冷凍能力が向上したことにより、開発機を搭載した場合の吹き出し温度は、従来機を搭載した場合と比較して2.7℃低下している。

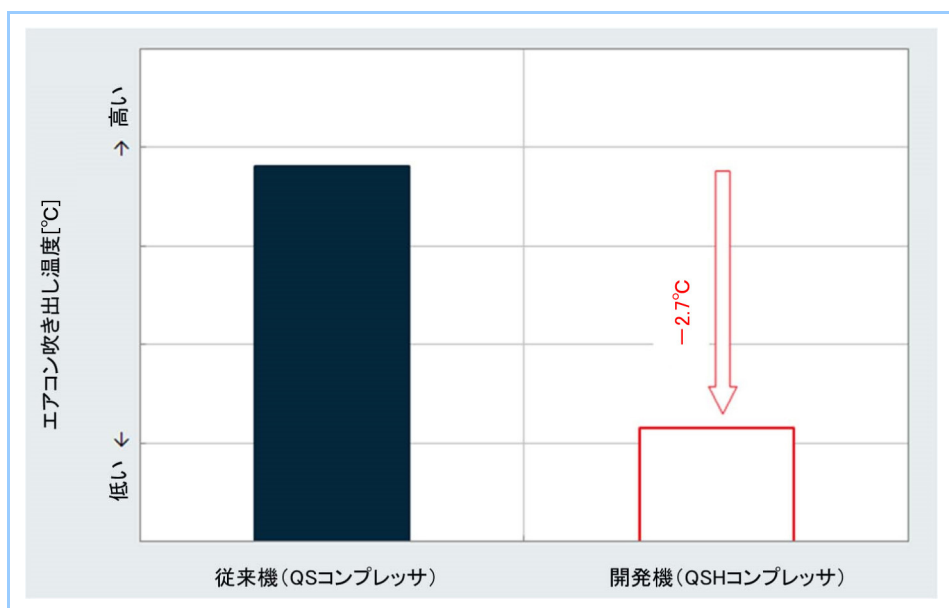


図6 車両搭載時のエアコン吹き出し温度の比較

4.3 車載搭載時の燃費の比較

同様に、米国での燃費測定時に採用されているエアコン稼働時の走行パターンにおける燃費を測定・比較した結果を図7に示す。

漏れに伴う損失が減少したことなどにより、開発機を搭載した場合の燃費は、従来機を搭載した場合と比較して3%向上している。

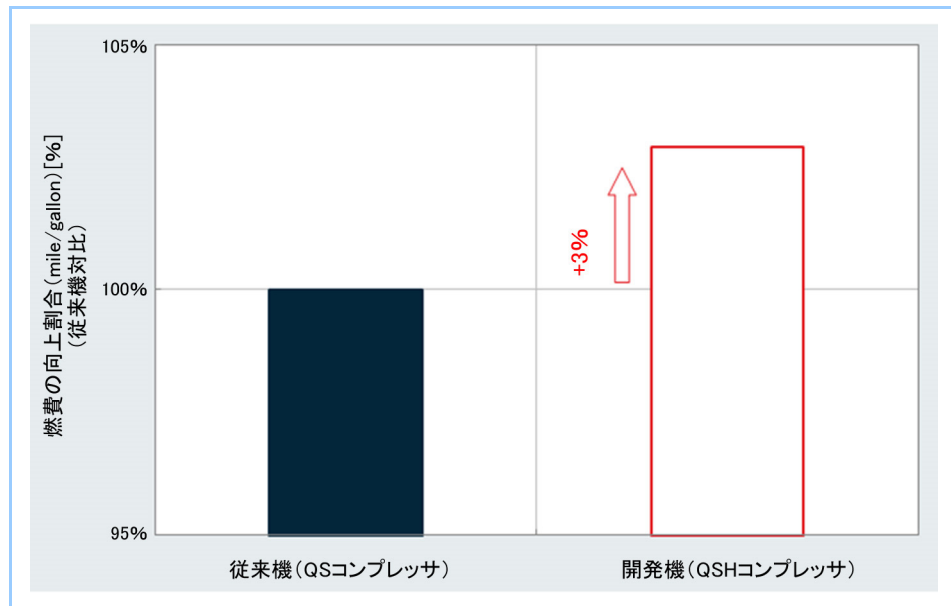


図7 車載搭載時の燃費の比較

5. まとめ

従来の 3D スクロールコンプレッサの優れた省動力性能を活かしながら、圧縮行程中の漏れを低減させることで車載アイドリング時の冷凍能力を大幅に向上させた高効率スクロールコンプレッサを開発した。

当社は今後も技術改良を継続し、地球環境保護に貢献できる製品の開発と普及に努めていく。尚、本報で述べた開発機は 2019 年に量産を開始する予定である。