

レジェンド用 C20A ウイングターボ付エンジン

Honda LEGEND C20A Engine with Variable Geometry (Wing) Turbo-charger

大 浦 秀 二 *
Hideji Ohura

要 旨

ホンダ4ドアレジェンドのマイナーモデルチェンジとして、V6 2.0ℓ C20A 型エンジンにターボチャージャを搭載したバリエーションが追加され、1988年10月発表された。

このエンジンのターボチャージャは、エンジンの性能を最大限に引き出すため、可変機構を備えたターボチャージャ(可変ウイングターボチャージャ)として開発されたものである。

このターボチャージャを用いたシステムは、ターボ付エンジンの最大の課題であるターボラグが非常に少なく、低速から高速までの広い運転域で高いトルク特性を持ち、あらゆる運転状況において安定した品質の高い走行性能が得られ、燃費に対しても非過給車と同等な性能を維持出来る事を目的としたものである。

ウイングターボチャージャは、4枚の固定ウイングと4枚の可動ウイングから成り、可動ウイングを運転状況に応じて制御する事で、タービンに供給される排気ガスの速度エネルギーを変化させて過給圧をコントロールするものである。その結果、低速でのレスポンスの向上と、高速迄の幅広いトルク特性を両立させることが可能となった。

ABSTRACT

As part of the LEGEND four-door sedan face-lift, Honda has incorporated a 2.0 liter, turbo-charged V6 engine, code named 'C20A'. This modified LEGEND has been available in the market since its introduction in October 1988.

A major problem in turbo-charged engines is turbo lag. To minimize this factor, Honda has developed a new turbo charger system, known as the 'Honda Variable Wing Turbo System'. This system was developed to produce a more efficient torque curve throughout the rpm range, and stable and excellent driving performance in all driving conditions. In addition, Honda put forth efforts to maintain the same fuel consumption as that of the normally-aspirated version of the 2.0 liter engine.

The Wing Turbo System consists of four solid and four variable wings each. The main function of the system is to control the positions of the variable wings, which, in turn, vary the velocity of exhaust gas in order to regulate boost pressure. As a result, both improved response in low rpm ranges and more favorable torque characteristics in high rpm ranges are realized.

1. ま え が き

近年、高出力化を指向したターボ付エンジンが各社より発売されている。ターボチャージャはエンジンの排気ガスエネルギーでタービンを回し、ター

ビンと同軸上にあるコンプレッサによって吸入空気を圧縮しシリンダに送り込むことによって充填効率を高める仕組みであり、出力の向上に有効な手段である。

* 栃木研究所

反面エンジンの低回転時においては、排気ガスの流量が少なくタービンの回転も上昇せずに過給効果が少ない為、ドライバが加速しようと思ってアクセルを踏み込んでもよいレスポンスは得られず、いわゆるターボラグと呼ばれる現象が発生する。このターボラグを解消する目的で様々な機構が発表されているが、ホンダでは、タービンハウジングに4枚の可変ウイングを備えることで、低回転から素早いレスポンスを可能にしたウイングターボチャージャを開発し、1988年10月マイナーモデルチェンジしたレジェンド4ドア用 V6 C20A 型エンジン (1996cc) に搭載して発売した。

以下に、その概要をウイングターボチャージャの特性を主体に紹介する。

2. 開発のねらい

上級車に適したターボ付エンジンとは、単に出力を追求するのではなくドライバの意思に忠実に呼応するドライブフィーリングが得られるべきと

考え、本エンジンは次の狙いをもって開発した。

- (1) 低速からターボラグを感じさせない加速性能を有すること。
- (2) トルクバンドが広く、全域に渡ってなめらかな力強い走りが得られること。
- (3) 燃費特性の優れたターボ付エンジンであること。
- (4) 耐久性、メンテナンス性が良く、高い信頼性が得られること。

3. エンジン本体の概要

C20A 型ターボ付エンジンの透視図を図1に示す。本エンジンはスペース上有利な 90° バンク V 型 6 気筒で、軽量アルミダイキャストシリンダブロック、コンパクト化を図った 1 カム 4 バルブ動弁機構、レスポンス特性の優れた電子制御燃料噴射 (PGM-FI) など、数々の新技術を取り入れた C20A 型エンジン (1996cc、1985 年発表) に、次の主要改良項目を加え開発したものである。

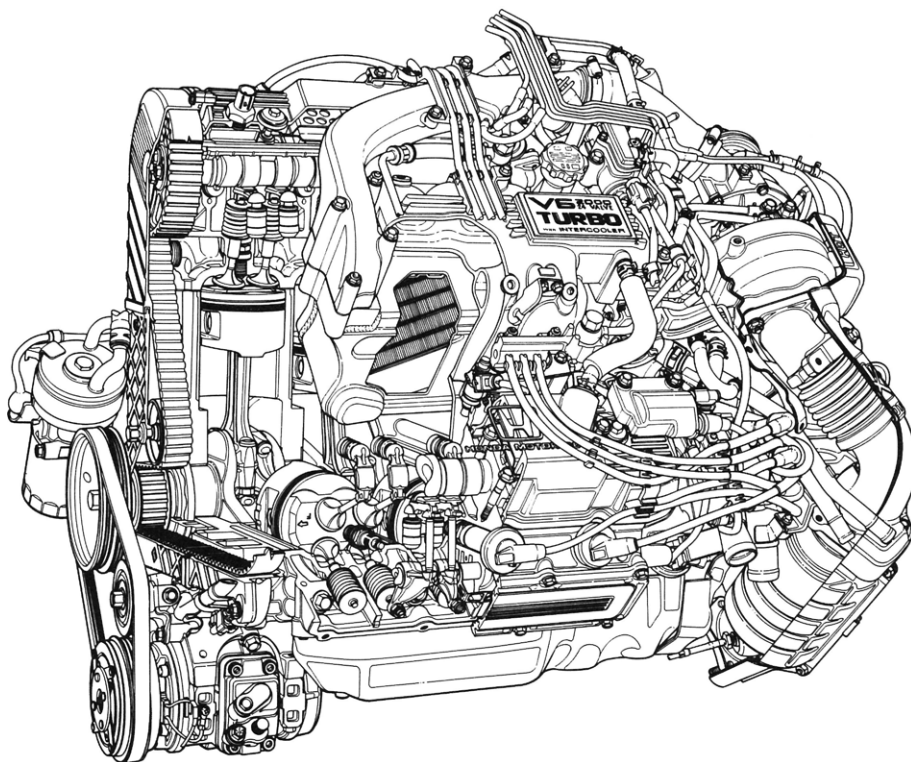


図1 C20A 型ターボチャージャ装備エンジン透視図

表1 C20A型エンジン主要諸元表

エンジン型式		C20A型 ターボ付仕様	(参) C20A型 非過給仕様
項目	機 種	ガソリン 4サイクル	←
シリンダ数及び配置		V 6横置	←
燃 焼 室 形 式		ベント ルーフ型	←
弁 機 構		SOHCベルト駆動 吸気2 排気2	←
内 径 × 行 程 mm		82.0 × 63.0	←
圧 縮 比		9.0 (無鉛プレミアム)	9.2 (レギュラー)
圧 縮 圧 力 kg/cm ² -rpm		12.0-20.0	←
最 高 出 力 PS/rpm		190/6,000(ネット)	145/6,300(ネット)
最 大 ト ル ク kg-m/rpm		24.6/3,500(ネット)	17.5/5,000(ネット)
最小燃費率 (全負荷時) g/psh/rpm		210/2,500	220/3,500
弁 開 閉 時 期	吸 気	開き 12° ATDC(1mmリフト時)	←
		閉じ 20° ABDC(1mmリフト時)	←
	排 気	開き 25° BBDC(1mmリフト時)	←
		閉じ 12° BTDC(1mmリフト時)	←
弁 す き 間 mm	吸気	0 (自動調整式)	←
	排気	0 (自動調整式)	←
無負荷回転速度 rpm	MT	780	780
	AT	700(Nレンジ)	780(Nレンジ)

- (1) 新開発ウイングターボチャージャ(高出力化)
- (2) 水冷式インタークーラ(高出力化、低燃費化)
- (3) ピストン・クランクの強度アップ(高信頼性)
- (4) ノックコントロール(高出力化、低燃費化)

表1にC20A型ターボ付エンジンの主要諸元を
図2に機関性能曲線を示す。

C20A型ターボ付エンジンの最高出力は、190PS
/6000rpm、最大トルクは24.6kg・m/3500rpm
(ネット)を達成している。

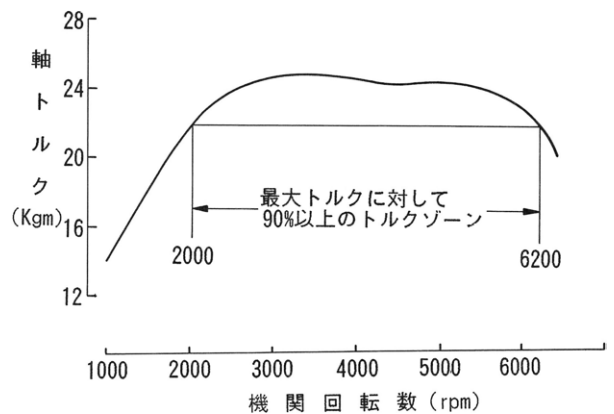


図3 最大トルクに対して90%以上のトルク域

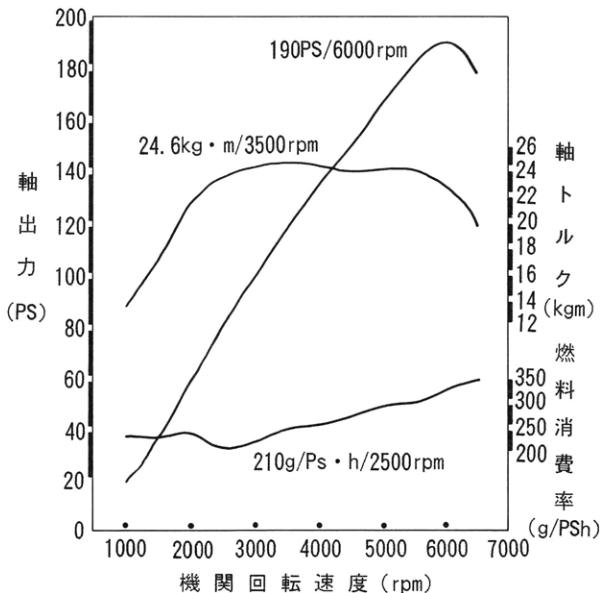
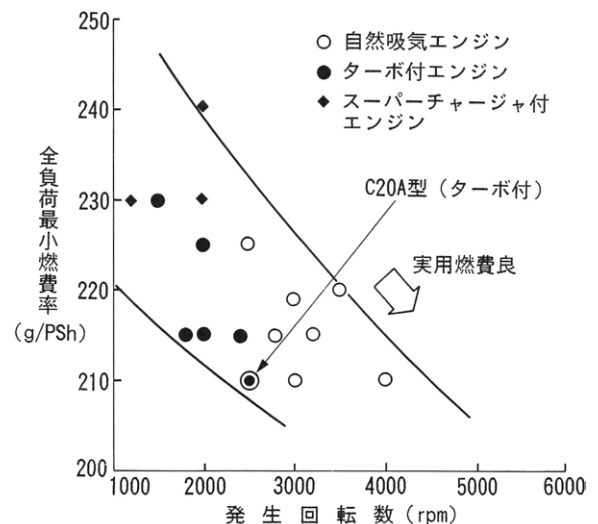
図2 C20A型(ターボ付)エンジンの
機関性能曲線図4 全負荷最小燃費率と発生回転数
(国産車2ℓエンジン)

図3に示すように最大トルクの90%以上のトルクゾーンが2000rpmから6200rpmとオートマチック車としての使用範囲全域に渡っており、あらゆる条件で快適なドライビングを可能としている。

また全負荷最小燃費率は、2500rpmで210g/PS-hと過給域でも低燃費を達成している。図4に国産2ℓエンジンの全負荷最小燃費率とその発生回転数の関係を示す。一般にターボまたはスーパーチャージャ付エンジンは、圧縮比を低く設定するため、自然吸気エンジンに比べて燃費率が悪くなっている。C20A型ターボ付エンジンでは、ウイングターボチャージャの特徴を生かし圧縮比を過給機付エンジンとしては異例な9.0と高く設定することができ、全負荷最小燃費率を210g/PS-hとすることができた。

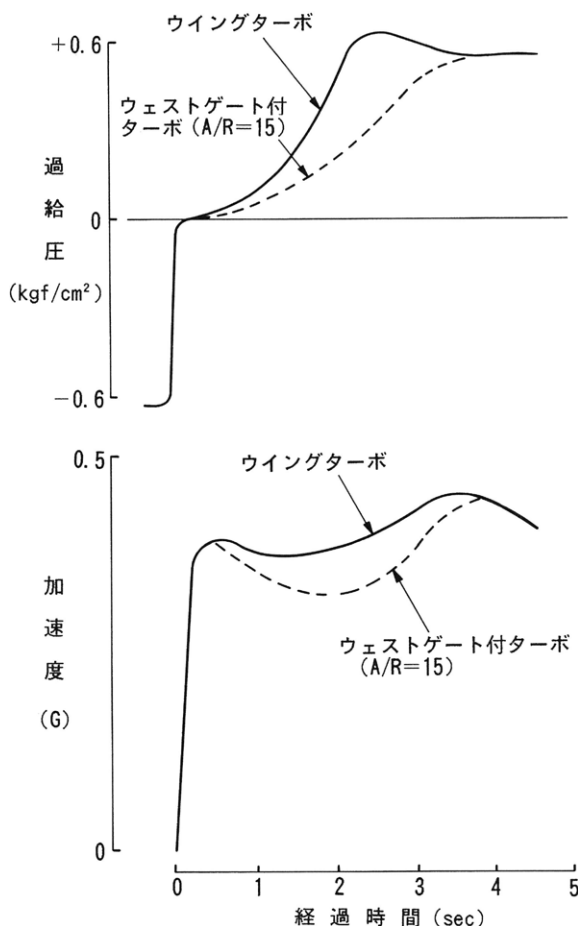


図5 全開発進時のターボラグ特性

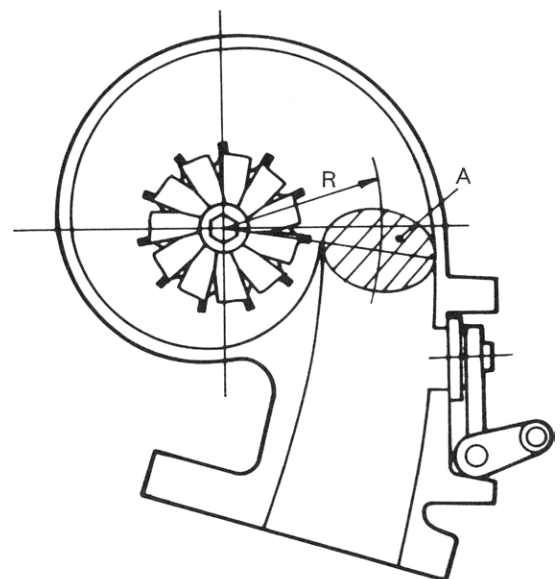
4. ターボラグの解消

ターボ付エンジンの評価は、定常的な出力特性だけではなく、ドライブフィーリングまで含んだ実車性能によって行われるべきである。C20A型ターボ付エンジンの開発では、ターボ付エンジンの最大の問題とされているターボラグの解消を目標として実車テストを含めて繰返しテストを行った。ウイングターボチャージャによるレスポンスの良さは、図5に示す発進加速特性に現われている。過給圧の立上りの早さは、従来のウェストゲート付ターボチャージャ(低速型:A/R=15)(図6)に比べて約2倍となり、加速度の落ち込みもなくドライバにターボラグを感じさせないドライブフィーリングを得ることができた。

次にこのレスポンスを可能としたウイングターボチャージャについて詳細に紹介する。

5. ウイングターボチャージャとそのシステム

エンジンの高性能化は容積効率(η_v)図示熱効率(η_i)機械効率(η_m)の向上が基本であり、エンジン出力(PS_e)は各効率の積として次



A : 排気ガス吸入口断面積

R : 排気ガス吸入口中心とタービン中心との距離

図6 ウェストゲート付きターボのA/R

式で表わせる。

$$PS_e \propto \eta_v \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot N_e \cdot V \quad (1)$$

ここで N_e はエンジン回転数

V は排気系容積

一般にターボ付エンジンでは吸入効率の大幅な向上によってクランク軸出力を増加させることが可能であるが、それに伴ない次の様な問題点が発生する。

- (1) ターボラグの発生 (η_v 上昇の時間遅れ)
- (2) ノッキング発生とその対応として圧縮比を低下させることによる η_i の低下
- (3) 背圧の上昇によるポンピング損失の増加による η_m の低下

本エンジンには可変ウイングを備え、あらゆる運転条件で排気エネルギーをコントロールすることが可能な新開発のホンダウイングターボチャージャを搭載することで、これらの課題に取り組んだ。

5.1. ターボチャージャの性格と A/R の関係

ターボ付エンジンの最大の問題とされるターボラグは、ターボチャージャの性格を決める A/R (図 6) を調整することで小さくすることが可能である。

A の値を小さくすると、エンジン回転数がまだ低いうちでもタービンプレードに当る排気ガスの流速が速くなるので、タービンプレードは十分な回転を得て過給圧を高めることができる。つまり A/R の小さいターボはレスポンスが良いという性格を持つわけである。しかし、エンジン回転が高くなっていった場合には、排ガス自身がすでに十分な流速を持っており、A の値が小さいことがかえって排気ガスの流れを妨げることになり、背圧が上昇し排気工程でのポンピング損失が増加するため出力の出ないエンジンになってしまう。

低速ではレスポンスの優れた小さな A/R とし

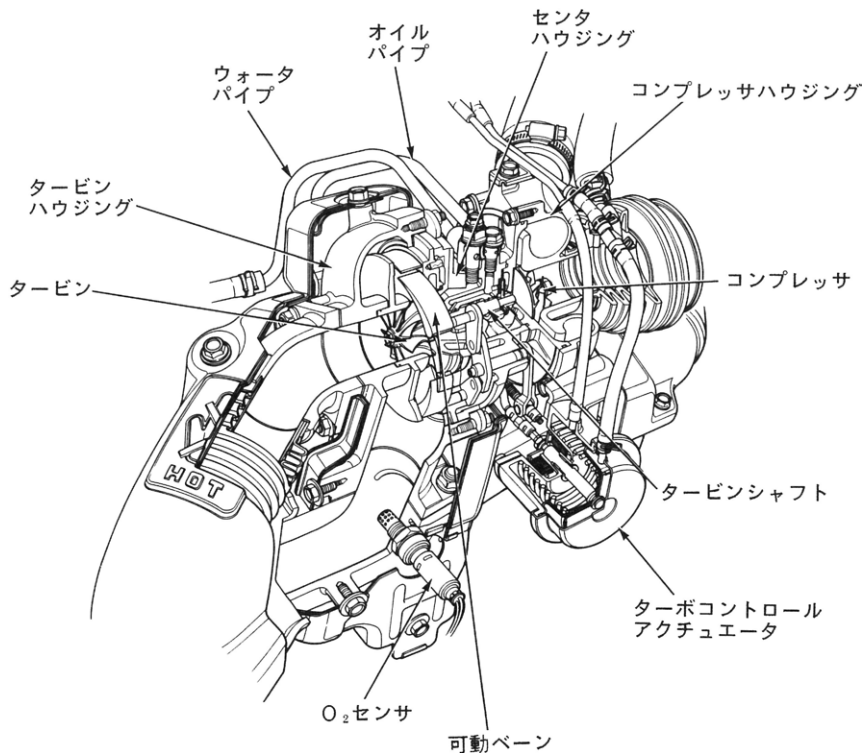


図 7 C20A 型ターボチャージャ透視図

高速ではポンピング損失の少ない大きな A/R とすることが、ターボ付エンジンの問題点を解消するうえで理想的である。そこで考え出されたのが、 A/R を自由にしかもあらゆる運転領域で変えることのできるウイングターボチャージャである。

5.2. ウイングターボチャージャの構造

図 7 にウイングターボチャージャの透視図を、図 8 に可変ウイング作動図を、図 9 にウイングターボシステムを示す。

ウイングターボでは、タービンブレードの周囲を 4 枚の可変ウイングと 4 枚の固定ウイングとで取り囲み、エンジンの運転状況にしたがって可変ウイングを作動することによって固定ウイングとの隙間（ウイング開口面積）を調整し A/R を変化させている。ウイングはスプリングにより全閉側にストッパまで押しつけられているが、エンジン運転中は、アクチュエータにかかる正圧・負圧によって自由に変化させることができる。正圧はターボのコンプレッサ後の過給圧を圧力源として、フリクエンシーソレノイドバルブによってコントロールされており、負圧はインテークマニホールド内の圧力が負圧になった時にタンクに蓄えられ、

ソレノイドバルブによってコントロールされる。この正圧・負圧の 2 段コントロールを用いることで、アイドリング、クルージングを含んだあらゆる運転領域で可変ウイングをコントロールすることが可能となった。

また作動範囲を大きく取ることで、高回転では排気エネルギーを直接捨てていたウエストゲートバルブが不要になり、排気エネルギーを全使用域で有効に利用できるようになった。

5.3. ウイングターボの過給特性

図 10 に回転数に対する過給特性を、図 11 に 6000 rpm での背圧について示す。

ウエストゲート付ターボでは、低速型 ($A/R=15$) では低回転から過給効果が得られているが高回転では背圧が高くポンピング損失が大きくなっている。高速型 ($A/R=25$) は高回転において背圧が低く有利であるが、低回転では過給効果が小さくターボラグの大きな特性となっている。

それに対してウイングターボでは、低回転時に可変ウイングを全閉とすることで、低速型のウエストゲート付ターボよりも高い過給圧を得ることができ、図 5 に示すようにターボラグのない発進

ターボ コントロール アクチュエータ B 側ダイヤフラム室作動表

B 側ダイヤフラム室圧力	可動ベーン開度	タービン流入排気ガス流速	過給圧
高	大	低	低
低	小	高	高

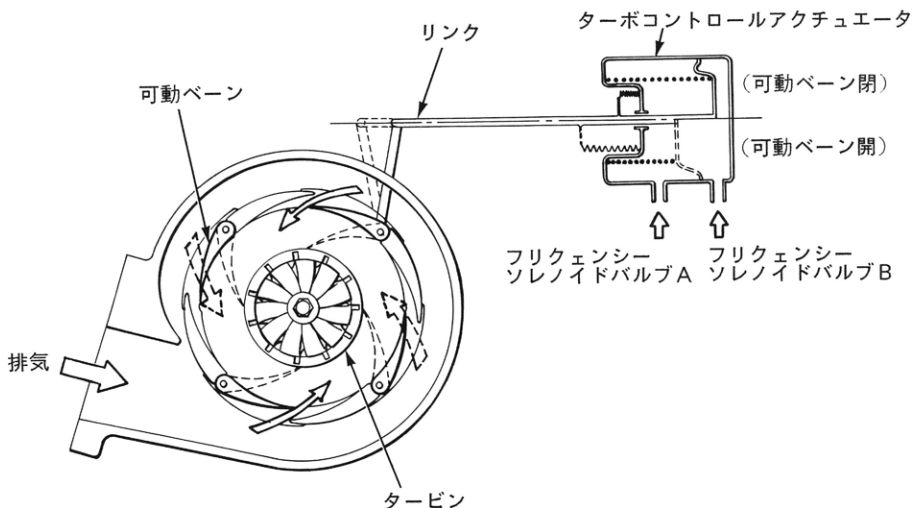


図 8 可変ウイング作動図

加速性を発揮することができた。また、高回転まで排気ガスエネルギーの速度をコントロールするため、ウェストゲートバルブで排気ガスを捨てる必要がなく、高速型のウェストゲート付ターボよりも低い背圧となっている。

このように可変ウイングを自由にコントロールすることで、低速から高速まで、従来両立しなかった特性を併せて持つことができるようになり、図3で示したように低速から高速まで幅広い平坦なトルク特性とすることができた。

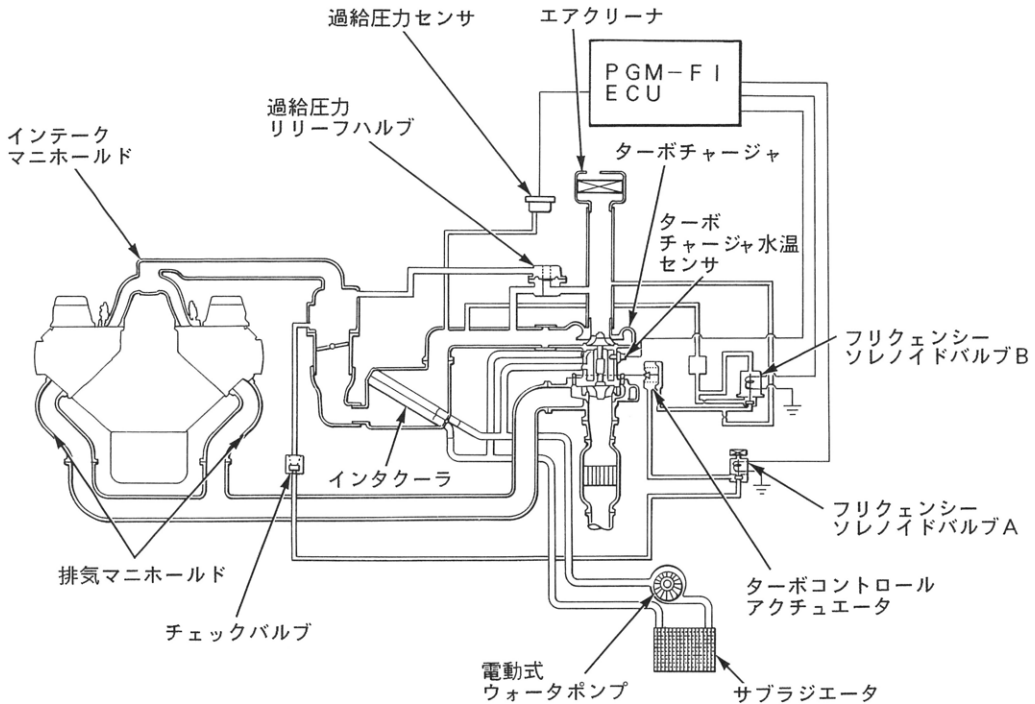


図9 ウイングターボシステム

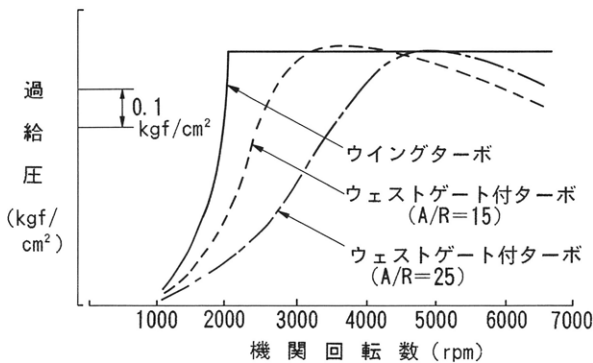


図10 過給圧特性

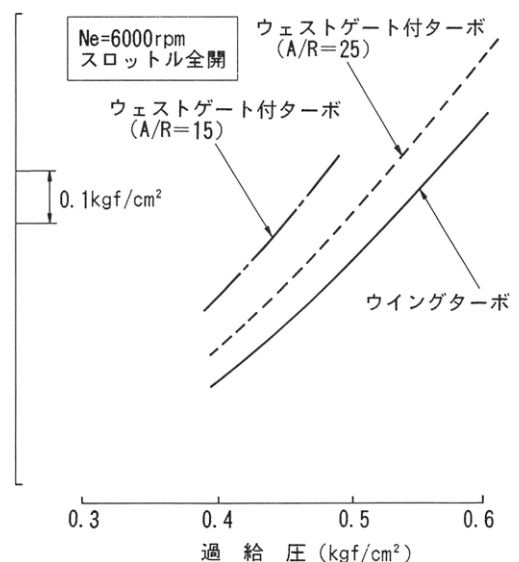


図11 ウイングターボとウェストゲート付ターボの背圧

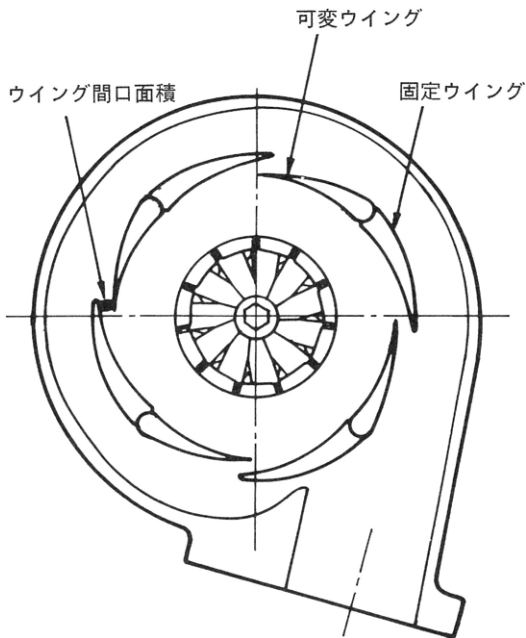


図 12 可変ウイング全開時のウイング開口面積

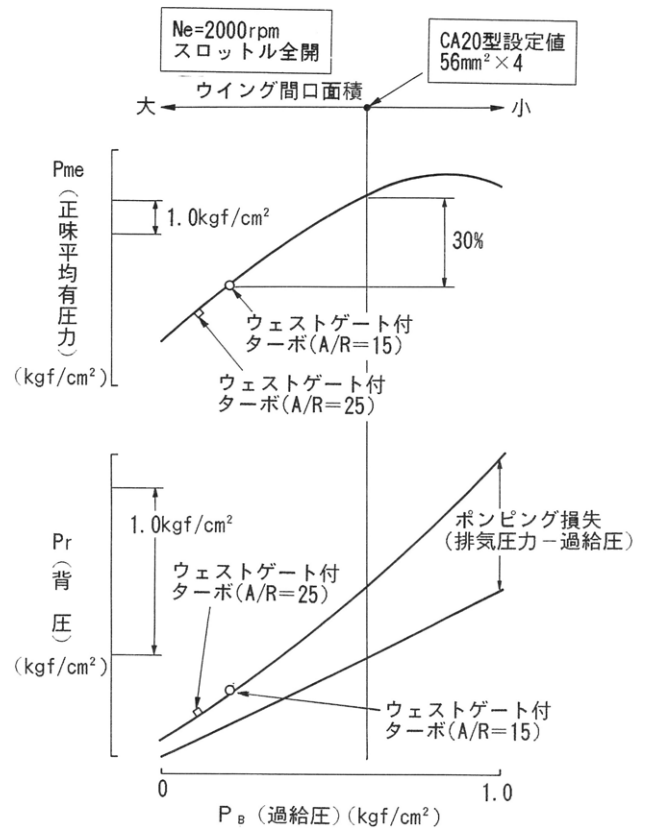


図 13 ウイング開口面積と排気圧力
・正味平均有効圧力

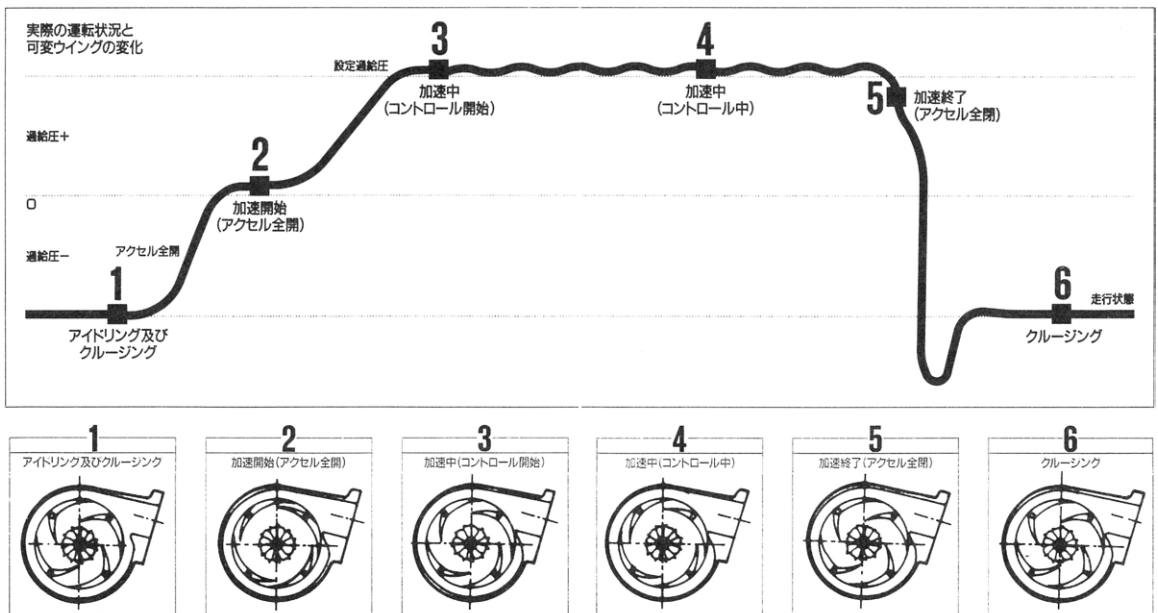


図 14 実際の運転状況と可変ウイングの作動

5.4. ウイング全閉面積の設定

低回転で過給効果は全閉時のウイング開口面積(図12)が小さいほど大きい。しかし開口面積が小さいほど背圧が増加するため、容積効率の上昇に対する出力の増加は小さくなり、逆に出力低下になることもある。したがって全閉時のウイング開口面積は、単に過給圧の高さで判断するのではなく、発生出力と実車でレスポンスによって設定することが重要である。

図13にウイング開口面積と背圧・平均有効圧力の関係を示す。横軸はその開口面積での発生過給圧としてある。ポンピング損失は背圧と過給圧の差として表わされ、摩擦平均有効圧力と同一の物理量であるため、発生出力も正味平均有効圧力で表わして単位を統一してある。(2)式(3)式参照)

$$P_{mi} = P_{mi}^* - (P_r - P_B) \quad (2)$$

$$P_{me} = P_{mi} - P_{mf} \quad (3)$$

P_{mi} : 図示平均有効圧力

P_{mi}^* : 圧縮・膨張行程での平均有効圧力

P_r : 背圧

P_B : 過給圧

P_{me} : 正味平均有効圧力

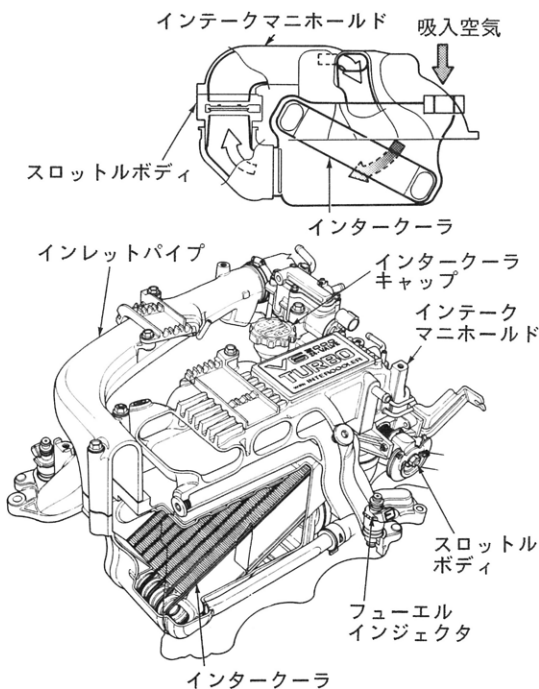


図15 インタークーラ透視図

ウイング開口面積を小さくすると過給圧が増し出力も増加するが、それに伴ない背圧も増加する為、ある開口面積以下では逆に出力低下となる。本エンジンでは、開口面積と出力の関係を実車性能を含めて繰返しテストを行うことで、全閉時のウイングストッパー位置を定め、2,000rpmでの出力を低速型のウェストゲート付ターボに比べて30%向上させることができた。その結果、実車で低速からレスポンスの優れた特性が達成できた。

5.5. 運転状況と可変ウイングの作動

図14に実際の運転状況と可変ウイングの作動について示す。可動ウイングの開閉作動は過給圧センサーからの入力信号や、各種の信号によりコンピュータで運転状況に合わせて制御されている。

6. 主要構造と制御

C20A 型非過給エンジンに対する主要変更内容を以下に示す。

6.1. 水冷式インタークーラとターボ冷却

図15にインタークーラ透視図を、図16に冷却水路を示す。インタークーラはコンパクトな水冷式としVバンクとインテークマニホールドの間に納めることができた。水冷式インタークーラの冷却水はエンジン冷却水と別になっており、サブラジエータ付き専用ポンプを備えることによってインタークーラの能力は5,600 Kcal/hの放熱量となり、

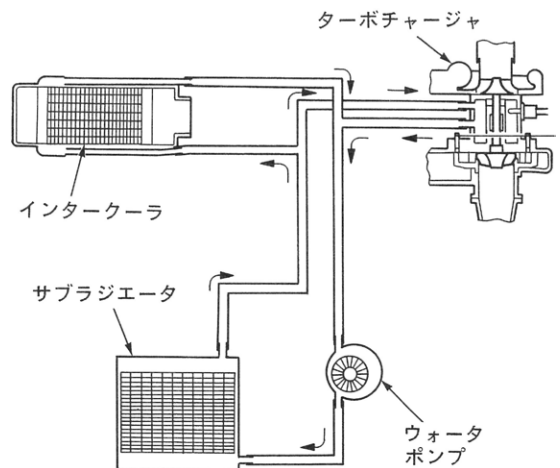


図16 冷却水路

吸気温度を 36℃ 下げることが可能になった。

この水冷式インタークーラの冷却システムは、同時にターボチャージャの冷却も行なっている。したがって、ターボチャージャのシャフトを支えるメタルは水とオイル両方で冷却され、さらに専用ポンプを備えたことでエンジン停止後にもこのポンプの作動によってターボチャージャを冷却することが可能となり、高い信頼性が得られた。

6.2. ノックコントロール

図 17 にノックコントロールシステムを示す。ノッキングの防止は、エンジンのシリンダに取り付けたノックセンサでノッキングを検知し、点火時期を遅らせて燃焼室内の異常燃焼を抑えることによって対応している。

6.3. ピストン・ピストンピン

ピストンは圧縮比変更により頂部形状を変更すると同時に、熱負荷増大に対応して強度を増している。ピストンピンは、非過給エンジンのφ20 からφ22に変更している。

6.4. クランク

クランクは、非過給エンジンと同じクランクピンを 30° オフセットすることで(図 18)、120° 等間隔爆発として回転むら無くし、振動を制御

している。

6.5. 過給圧リリーフバルブ

過給運転条件から急激にスロットルバルブを全閉にすると、ターボチャージャの慣性により短時間スロットルバルブとターボチャージャコンプレッサ間の圧力が上昇する。その上昇圧力によってサージ音が発生する。

過給圧リリーフバルブは、その短時間の上昇圧力をすみやかに逃がし圧力を低下させ、サージ音を防止する。(図 9)

従って過給圧リリーフバルブはスロットル急閉時のみ作動し、加速時の過給されている状態ではリリーフしないように設定されている。

6.6. 制御システム

可変ウイングターボのコントロールは、電子制御燃料噴射装置と組み合わせ高い演算能力を持つ 8 ビット 36 キロバイトのコンピュータによって行なわれている。図 19 に示す各種センサとコントロールユニットの組合わせにより、環境条件や急激な運転条件の変動に対しても応答性よくコントロールされ、電子制御燃料噴射装置 (PGM-FI)・電子点火制御装置 (PGM-IG) と組合わされることによって、運転性の向上と低燃費化を図っている。

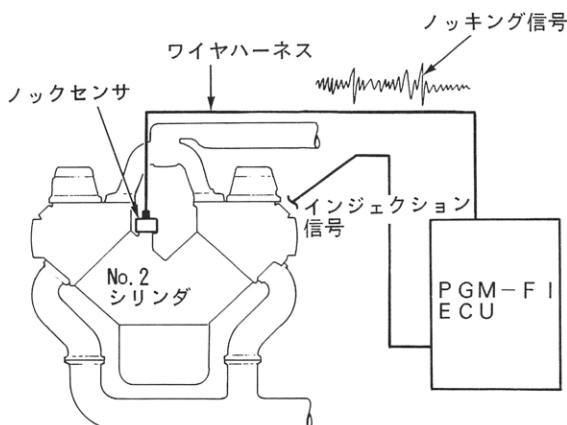


図 17 ノックコントロールシステム

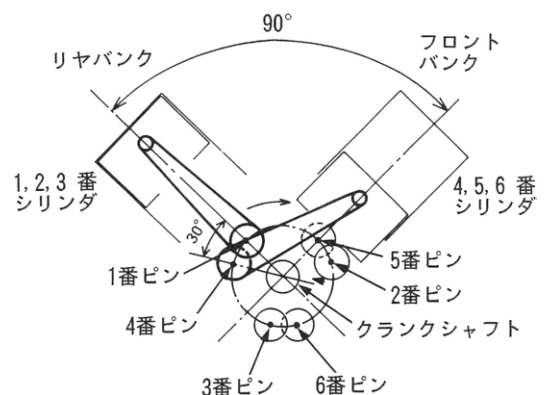


図 18 オフセットピンクランクシャフト

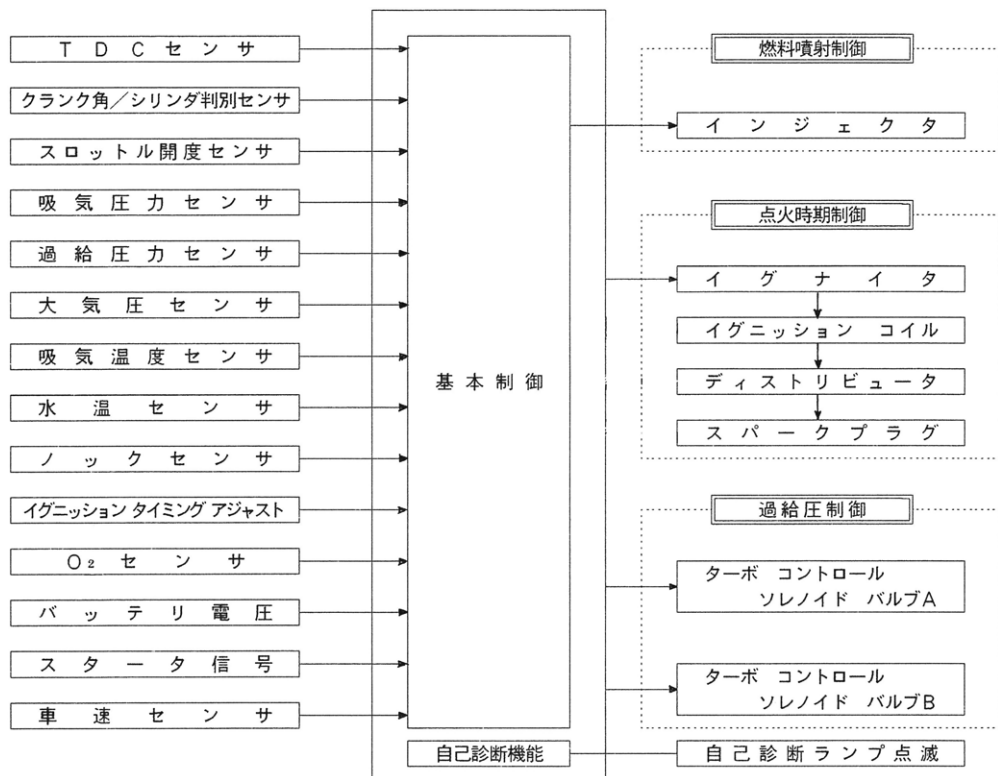


図 19 制御システム

7. あとがき

以上レジェンド4ドア用のC20A型ウイングターボ付エンジンについて紹介した。従来ターボ付エンジンの課題とされた点の解消を目標として開発を行ない、上級車に求められる静粛性とドライバーの意志に忠実に呼応する優れた動力性能を有するターボ付エンジンができた。

■著者■



大浦 秀二