

特集：アクセラ

18

## 非対称ダンピングオートテンションの開発 Development of Asymmetric Damping Auto-tensioner

山下 佳行<sup>\*1</sup> 戸郷 晴雄<sup>\*2</sup> 石田 公雄<sup>\*3</sup>  
Yoshiyuki Yamashita Haruo Togou Kimio Ishida  
藤井 伸浩<sup>\*4</sup>  
Nobuhiro Fujii

### 要約

自動車業界の大きな課題である衝突安全性能の向上に向け、よりコンパクトな補機駆動 (Front End Accessory Drive, 以下FEAD) システムが求められている。一方で各補機の駆動負荷は増加傾向にあり、メンテナンスフリーの実現と引き換えに特有の課題をもつオートテンションシステムでは、ベルトスリップなどの問題を回避するために部品追加に伴うコストアップが不可避であった。

アクセラでは、乗用車カテゴリで世界初の量産化となる非対称ダンピングオートテンションの開発により、軽量・コンパクトなFEADシステムでメンテナンスフリー、ベルトスリップノイズ抑制という商品性と低コスト化を両立することができた。

### Summary

Toward the higher level of crash safety performance, a big challenge which the car industry currently faces, more and more compact Front End Accessory Drive system (FEAD) has been demanded. On the other hand, the driving load for each accessory is on the increase, and an auto-tensioner, which has issues specific to itself in spite of the realization of maintenance-free performance, inevitably required the additional cost associated with additional parts to prevent issues on belt slips or the like.

With Axela, we have succeeded in both achieving high product marketability as typified by its light-weight and compact-size FEAD system, maintenance-free performance, and reduced belt slip noise, and concurrently lower cost, through the development of Asymmetric Damping Auto-tensioner, which has accomplished world-first mass production in a passenger vehicle category.

### 1. はじめに

近年、衝突安全性能および快適性に対するユーザーニーズのより一層の向上に伴い、それぞれ負荷の増加したオルタネータ、パワーステアリングポンプおよびエアコン用コンプレッサといった補機類をよりコンパクトなFEADシステムで実現することが求められている。一方でエンジン出力・トルク向上はエンジンクランク軸の角速度変動 (Eng. ) 増大につながり、コスト・重量に対する制約の中でこれらの補機へスムーズに動力伝達するFEADシステムの設計をますます困難なものとしている (Fig.1)。

アクセラ23Sのマニュアルトランスミッション車 (MT車)

において乗用車カテゴリで世界初の量産化を実現した非対称ダンピングオートテンションは、こうした背景の中で特にFEADシステムのコンパクト化、低コスト化に貢献する画期的な技術であり、以下にその概要を紹介する。

### 2. オートテンションシステムの特徴と課題

Vリブベルト (以下ベルト) の伸びや摩耗に伴う張力低下を調整するために、ネジ機構で補機もしくは調整用プーリの位置を変更する必要のあった従来のシステムに対し、オートテンションシステムでは可動式のプーリとプーリをベルトに押し付けるスプリングを基本構造とするオートテンションを用いることで、ベルトの伸びや摩耗の影響を受

\*1, 2 パワートレインシステム開発部  
Powertrain System Development Dept.

\*3, 4 第3エンジン開発部  
Engine Development Dept. No.3

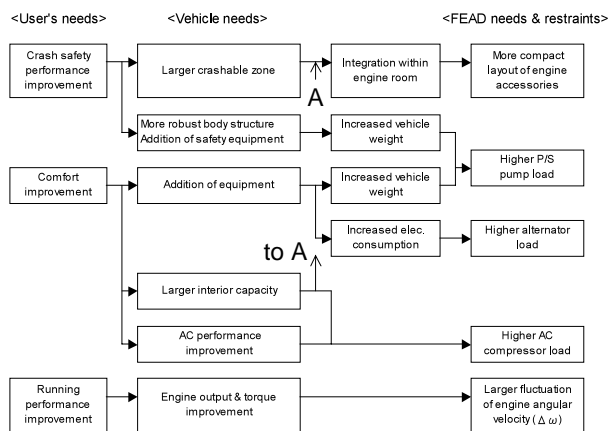


Fig.1 Needs & Restraints of FEAD

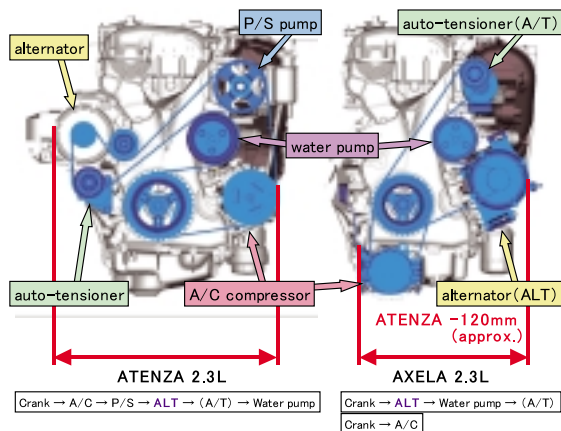


Fig.3 FEAD Layout

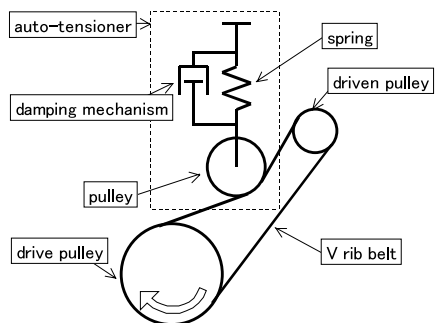


Fig.2 Structure of Auto-tensioner System

けることなく一定の張力を維持することができる (Fig.2)。ただし、可動式プーリがスプリングによってのみ位置決めされていることから、エンジクラク軸の角速度変動 (Eng. ) に起因する張力変動がスプリング力を上回ると可動式プーリの揺動が発生し、ベルト弦振動等の問題が生じるため、可動式プーリの揺動を減衰する機構の付加も必要である。減衰機構には油圧ダンピング式、摩擦ダンピング式の二種が存在する。

油圧ダンピング式は高い減衰力が得られるが、部品点数が多く高コストであり、摩擦ダンピング式はコンパクトかつ低コストである反面、高い減衰力を得ることが困難である、という特徴と課題を持っている。

### 3. アクセラ2.3/2.0LのFEADシステム

電動油圧パワーステアリングを採用するアクセラでは、パワーステアリングポンプをFEADシステムで駆動する必要がないため、同型のMZR 1.8~2.3Lを搭載するアテンザなどとは異なるFEADシステムとなっている (Fig.3)。

オートテンションは摩擦ダンピング式を継続して採用するが、特にエンジンルームのコンパクト化と衝突安全性能

の両立に貢献するために以下の主要な変更を行った。

- (1) エアコン用コンプレッサ (A/C comp.) をオイルパン高さに配置し、ストレッチベルトにより単独駆動化
- (2) 従来のA/C comp.位置にオルタネータを配置
  - (1)に関して、ストレッチベルトはベルト自身の伸縮力により張力維持を行うことで張力調整機構を廃止できるベルトである。

(2)に関して、回転慣性モーメントが大きく、かつプーリ比 (= 駆動側プーリ径 ÷ 被動側プーリ径) の大きなオルタネータはエンジクラク軸の角速度変動 (Eng. ) に追従しにくいために、二つのプーリ間の回転速度差が生じて張力変動の要因となる。先に述べたように張力変動はオートテンションのアーム揺動の原因となるため、オルタネータの配置はEng. の影響を受けにくい緩み側 (ベルト伝動順でクラクからより遠い側) とすることが一般的である。しかしアクセラでは、エンジンルームのコンパクト化と衝突安全性能の両立を優先して、オルタネータを最張り側に配置し、オートテンションのアーム揺動抑制については減衰力を高くすることで対応した。

なかでも、トルクコンバータの作用が得られないために、運転条件によってはAT車よりもEng. が大きくなるMT車については、摩擦ダンピング式でありながら非常に高い減衰力が得られる非対称ダンピングオートテンションを開発し採用した。

### 4. 非対称ダンピングオートテンションの特徴

#### 4.1 非対称ダンピングオートテンションのねらい

摩擦ダンピング式オートテンションは、プーリに連動して揺動する部位に摩擦材を設け、スプリングによりその摩擦材を揺動面に押し付けることで減衰力を発生させている。スプリングが摩擦材を押し付ける力は一定であるため減衰力も一定であり、揺動方向による差は生じない。また、

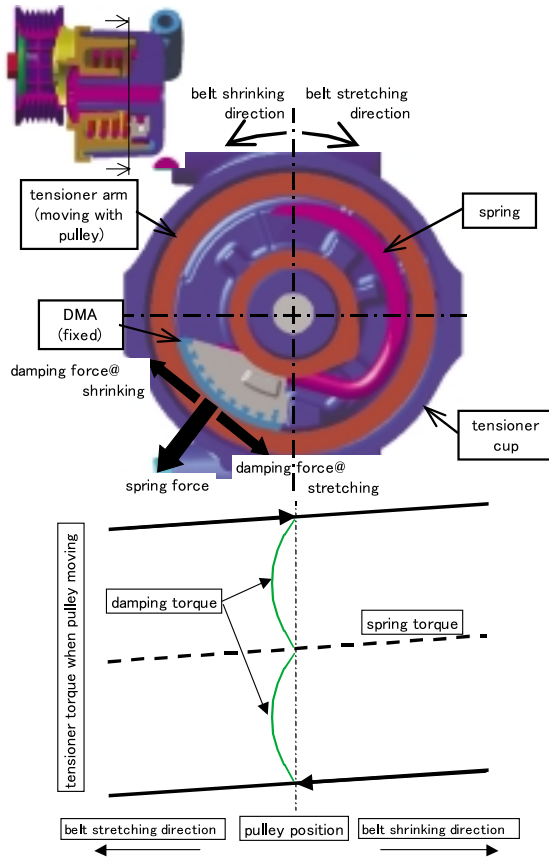


Fig.4 Structure of Normal Mechanical Auto-tensioner

アクセラに採用した摩擦ダンピング式オートテンションでは、一つのスプリングのねじりトルクによってベルト張力保持と摩擦材の押し付けの両方を行っている (Fig.4)。

このような摩擦ダンピング式オートテンションで高い減衰トルクを得るためには以下の方法が考えられる。

- ① 摩擦材もしくは摺動面の摩擦係数を増加する
- ② スプリングのねじりトルクを増加する

しかし、①では樹脂である摩擦材の信頼性上の懸念とともに、『スプリングトルク 減衰トルク』となることでプーリ位置が動かない、すなわちベルトの伸びに追従できなくなるという懸念がある。また②では、結果的にベルト張力を引き上げることになり、FEADシステム各部の信頼性確保のために追加対策が必要となる (Fig.5)。

非対称ダンピングオートテンションは、ベルトの伸び方向の減衰トルクやスプリングのねじりトルクを増加することなく、ベルトの縮み方向にのみ高い減衰力を得る、すなわち非対称な減衰トルク特性を実現することをねらいとしている。

#### 4.2 非対称ダンピングオートテンションの構造

摩擦材を保持するDMA (Damping Mechanism Assy) は通常一つであるがこれを二分割し、一方 (DMA-1) は従来どおりスプリングのねじりトルクによって摺動面であるテンションカップ内面に押し付けられる構造とし、残る一方 (DMA-2) をこのDMA-1と、プーリとともに可動するア

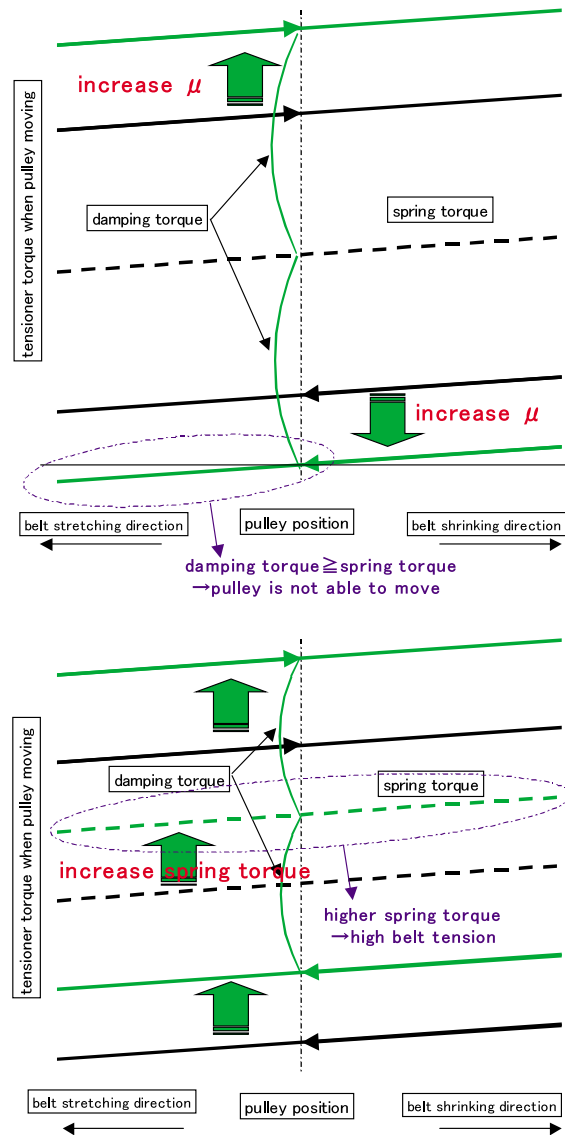


Fig.5 Methods of Getting Higher Damping

ムに設けたボスに挟まれた位置に配置している (Fig.6)。

ベルトの縮み方向にアームを揺動させる力が働いた時には、この力がDMA-2をカップ内面に押し付ける力として利用されることで高い減衰トルクが発生する (Fig.7)。

ベルト伸び方向にアームが揺動する時は、DMA-2をカップ内面に押し付ける力がほとんど作用しないために、減衰トルクはほぼDMA-1によるもののみとなる (Fig.8)。

その結果、従来の摩擦ダンピング式オートテンションとほぼ同等のスプリングトルクからベルト縮み側のみ高い減衰トルクが発生することとなり、縮み側と伸び側で異なる非対称な減衰トルク特性が得られる (Fig.9)。

この考え方をういたオートテンションは一部トラック用として存在していたが、よりコンパクトさが要求される乗用車用として、より大きな非対称比『ベルト伸び側減衰トルク：ベルト縮み側減衰トルク = 約1：2』をもって量産したのは世界初の事例である。

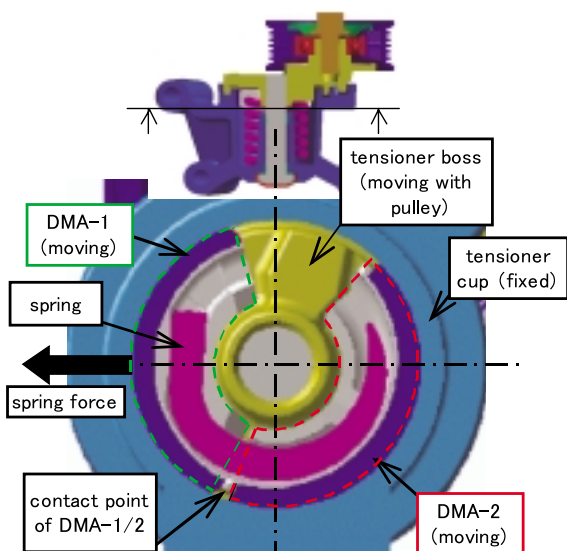


Fig.6 Structure of Asymmetric Auto-tensioner

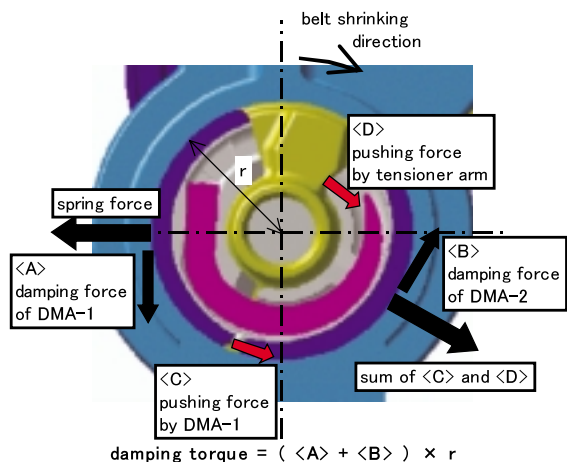


Fig.7 Damping Torque (belt shrinking direction)

### 5. NVH改善効果

従来型の摩擦ダンピング式オートテンションのFEADシステムで、MT車におけるエンジン低回転域での全開運転を行うとベルトノイズの発生にいたる。これは、先に述べたよう、オルタネータの回転慣性モーメントが大きいため、エンジンクランク軸の角速度変動 (Eng. ) に追従しきれず、結果的に二つのプーリ間に回転速度差が生じること起因している。

二つのプーリ間の回転速度差がベルトスリップノイズにいたるメカニズムの概説図および従来型オートテンションにおけるFEADシステムの挙動解析結果をFig.10に示す。

Eng. とオルタネータの角速度変動 (ALT ) の間に位相差があり、回転速度差を生じている。その結果、オルタネータがクランクよりも速い回転速度となる領域が存在する (図中①)。このとき、オルタネータ~クランク

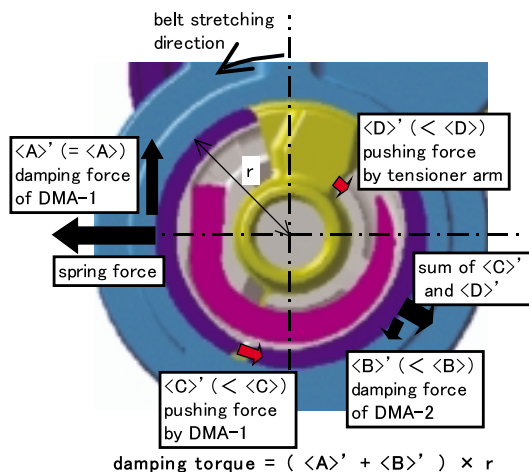


Fig.8 Damping Torque (belt stretching direction)

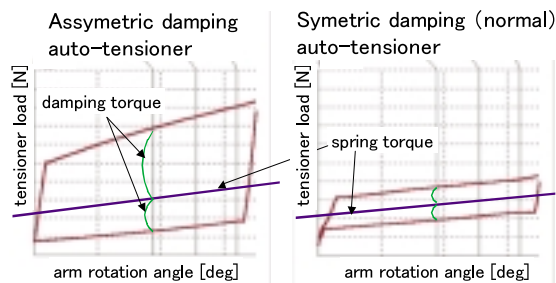


Fig.9 Damping Torque Data

間のベルト張力は低下する一方、オルタネータに引き込まれる形でオートテンション部のベルト張力が高くなる。オートテンションの減衰力が低いため、この張力変化に抗しきれずにアームが揺動を開始する (図中②)。アーム揺動中、オルタネータ~クランク間のベルト張力は低い状態が保たれ、この低いベルト張力のためにベルト弦振動が発生し (図中③)、動的にもベルト張力が低い状態が助長される。この張力低下がある限界に達したところで、オルタネータのプーリ上でベルトがスリップしノイズを発する。このことは、ベルトの速度と等価と考えられるウォータポンプの角速度変動 (W/P ) をみた際に、それまでALT に追従していたものが急激にEng. に追従する挙動を示していることから説明される (図中④)。

挙動解析結果から、ALT をEng. に追従させ、二つのプーリの回転速度差を解消すればこの問題が解決できることがわかる。従来であればその手段は、回転慣性モーメントの影響をベルトに伝えなくするためにオルタネータプーリにワンウェイクラッチを設けるか、高い減衰力が得られる油圧ダンピング式オートテンションに変更するかのいずれかであった。しかし、いずれもコストおよび重量を増加させることにつながるため、オートテンションを今回開発した非対称ダンピングオートテンションに変更するとともにベルトを伸び剛性の高いものに変更することによ



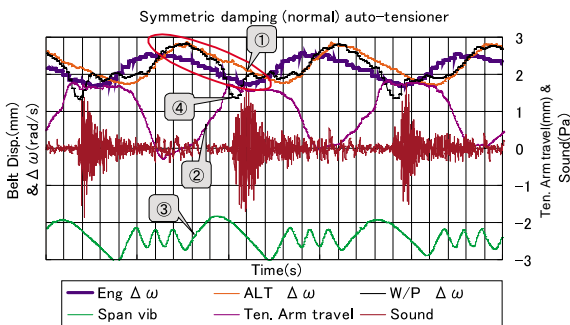
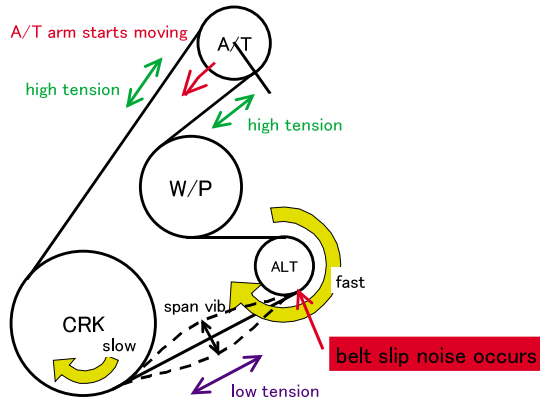


Fig.10 FEAD System Behavior Analysis (symmetric damping auto-tensioner)

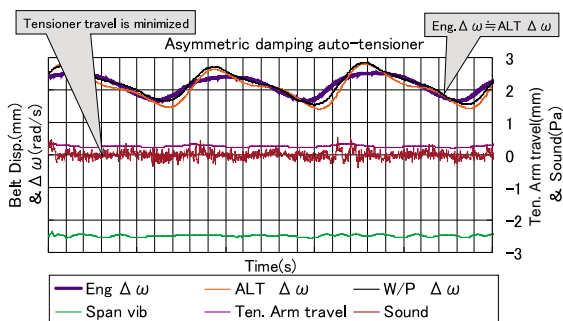


Fig.11 FEAD System Behavior Analysis (asymmetric damping auto-tensioner)

る改善効果の確認を行った。このときの、FEADシステムの挙動解析結果をFig.11に示す。

ベルト縮み側の高い減衰力により、オートテンショナのアーム揺動が抑制されており、なおかつベルトの伸び剛性も高いことからALTがEng.と位相差をもつことを規制し、その挙動は良く一致している。結果、二つのプーリー間の回転速度差が極小化され、ベルトスリップノイズが解消している。

非対称ダンピングオートテンショナによって、従来の手段で免れなかったコストおよび重量増加をそれぞれコストで20%、重量で10%程度へ抑えるとともに、衝突安全性能向上に貢献するFEADシステムを構築することができた (Fig.12)。

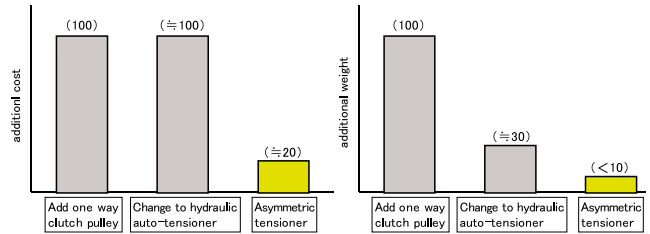


Fig.12 Cost/Weight Comparison

## 6. おわりに

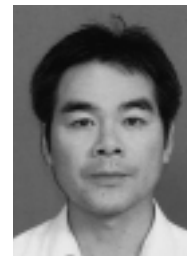
冒頭述べたように、FEADシステムに対する要求、制約はますます厳しくなっているが、今回アクセラで量産化した非対称ダンピングオートテンショナはこれらのニーズに合致した技術であると考えている。今後はこの技術をより進化させて他機種へも展開することで、高い信頼性ととも市場ニーズに合ったシステムを構築していく計画である。

最後に、アクセラでの量産化を目指した短期開発に対し、多大なるご協力をいただいた、ゲイツ・ユニタ・アジア(株)殿をはじめ関係各位に深くお礼を申し上げます。

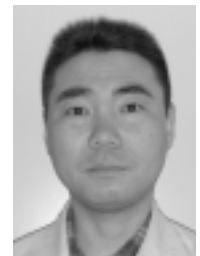
### 著者



山下佳行



戸郷晴雄



石田公雄



藤井伸浩