

機能拡大シートベルト E-プリテンションの開発

Development of New Seat Belt E-pretensioner System

大 舘 正太郎*
Shotaro ODATE

竹 村 直 敏*
Naotoshi TAKEMURA

要 旨

これまで開発されてきたシートベルト E-プリテンションは、衝突軽減ブレーキシステムやブレーキアシストが作動した時のプリクラッシュ領域において、シートベルトをモータで巻き取る機能を有していたが、その作動シーンが限られていた。

今回はこの課題に対して、プリクラッシュ領域の作動範囲拡大と、日常のシートベルトの使い勝手である快適性向上を目的に、開発をおこなった。プリクラッシュ領域に関しては、シートベルト着用時の重傷事故に占めるシステム作動範囲を従来の 18% から 45% に拡大した。快適性領域に関しては、スポーツ走行時における乗員移動量および、シートベルト引出し荷重を半減、また、シートベルト着用時の巻き取り荷重を 30% 低減することにより、シートベルトの引出しを軽くし、着用時の圧迫感を低減することで快適性向上を図った。

ABSTRACT

The previous seat belt E-pretensioner that was developed possessed a function for retracting the seat belt with a motor in a pre-crash area when the Collision Mitigation Braking System or brake assistant was operated. However, that operation scenario was limited.

Development efforts to address this issue were conducted to expand the range of operation of the pre-crash area and enhance the comfort of routine use of the seat belt. As for the pre-crash area, according to an analysis of serious injury accidents in which seat belts were worn, the system operation range was increased from 18% to 45%. Regarding the comfort area, by halving the occupant movement during sports driving and the pull-out load on the seat belt, and by reducing the retraction load by 30% when the seat belt is worn, the pull on the seat belt was lightened and the feeling of pressure when wearing the seat belt was reduced, improving comfort.

1. まえがき

通常のシートベルトは、Emergency Locking Retractor (ELR) と呼ばれるロック機構を備えている。このロックは、 3.9 m/s^2 程度の加減速度の入力時や、急激なベルト引出し時に作動する。乗員着衣によるシートベルトのたるみがあるため、乗員がシートベルトで拘束されるまでに、乗員が前方に移動してしまう可能性がある。衝突時の乗員の位置や姿勢が不適切であると、乗員拘束性能を十分に発揮できない可能性がある。そのため、シートベルトリトラクタには、プリテンションと呼ばれる緊急巻き取り機能を有するものがある。これは、一定以上の減速度の前面衝突が検知されると、火薬の爆発力により、シートベルトを短時間

で巻き取り、衝突中の乗員移動量を抑制する。

しかしながら、このプリテンションは、衝突を検知して作動するため、衝突前の乗員の姿勢変化には有効ではない。北米自動車事故データベース (NASS/CDS)⁽¹⁾ によれば、衝突前、約 2 割の車両が、急ブレーキや急転舵などの回避操作をおこなっている。この回避操作により乗員は最大 10 m/s^2 程度の加速度を持った慣性力を受ける。乗員は、自らの力で姿勢を保持しなければ慣性力により、姿勢変化が生じる可能性がある。

E-プリテンションは、この衝突前の姿勢変化を低減するため、衝突の可能性がある場合に、電気モータにより、すばやくシートベルトを巻き取る機能を有している。

従来の E-プリテンションは、追突軽減ブレーキシステ

*四輪 R&D センター

ム (CMBS)⁽²⁾ が追突の危険性があると判断し緊急自動ブレーキが作動する場合やブレーキペダルを強く踏み込み、電子式ブレーキアシストが作動する場合に、シートベルトを巻き取る。

本開発の目的は、このE-プリテンショナの機能をさらに向上させることである。そのために、プリクラッシュ機能の拡充、および、従来のシステムでは解決が困難であった、スポーツ走行時の乗員の振れ感、シートベルトの引き出し荷重、巻き取り荷重および、着用時の圧迫感の改善をおこなった。

2. システム構成

Fig. 1 にE-プリテンショナシステムの車載レイアウトとシステム構成図を示す。通常のシートベルトに対する主要追加部品は、シートベルトリトラクタ駆動部とモータ制御ECUである。そのほかに、システムの構成としては、CMBSやVehicle Stability Assist(VSA)のECUなどとController Area Network(CAN)で接続されている。さらに、新型E-プリテンショナは、従来のE-プリテンショナに対して、ELRにシートベルト変位や速度を検知する回転角センサを追加し、運転席と助手席にそれぞれ装備している。

2.1. リトラクタ駆動部

E-プリテンショナのリトラクタは、通常のシートベルト

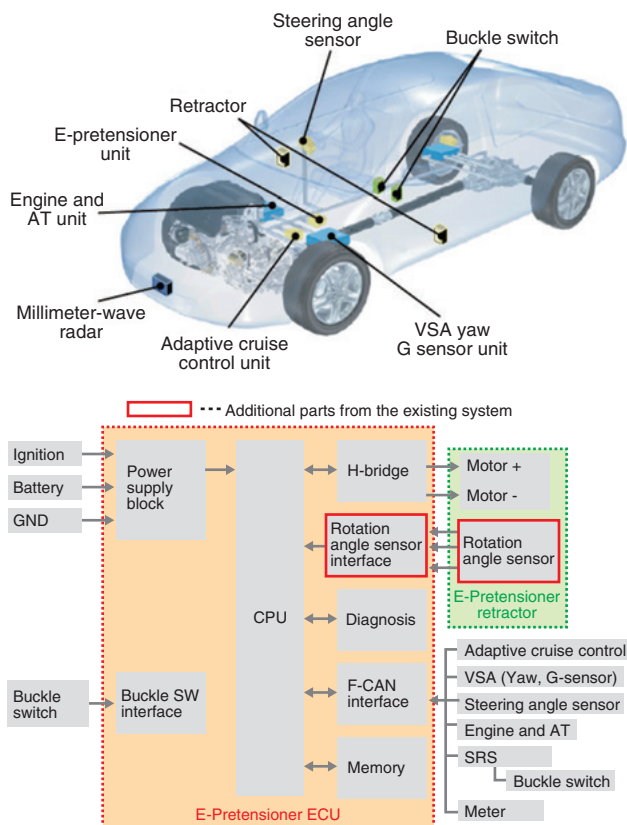


Fig. 1 Vehicle layout and system configuration diagram

リトラクタに、モータ、減速ギヤ、クラッチ機構が追加されている。システムが作動していない状態では、モータと減速ギヤは、スプールから切り離された状態である。モータ回転を順方向に通電すると、クラッチ機構が作動し、減速ギヤを介して、モータとスプールが結合され、ベルトを巻き取る。モータ回転を逆方向に通電すると、クラッチが解除し、モータとスプールが切り離される。

ギヤ構造は、コンフォート作動時のギヤしゅう動音低減のため、ギヤ材質や形状を見直している。

2.2. 回転角センサ

スピールの回転を検知することにより、シートベルトの変位や速度が得られる (Fig. 2)。

2.3. モータ制御

モータ制御は三つの制御方法があり、作動目的別に、最適な制御を用いている。

(a) モータ電流制御

モータ電流が目標電流値に近づくように、Proportion Integral Differential (PID) フィードバック制御する。モータストール時のトルクは電流に比例するため、ベルトの張力を制御できる。

(b) モータ電圧制御

クラッチ解除時には、モータに負荷がかからないため、モータが無負荷状態となり、モータ駆動電流が流れず、電流フィードバック制御できないため、一定電圧となるように、モータ電圧制御する。

(c) 定速度制御

回転角センサを用い、一定時間内の回転角センサ出力が目標値に近づくように、Duty をフィードバック制御する。

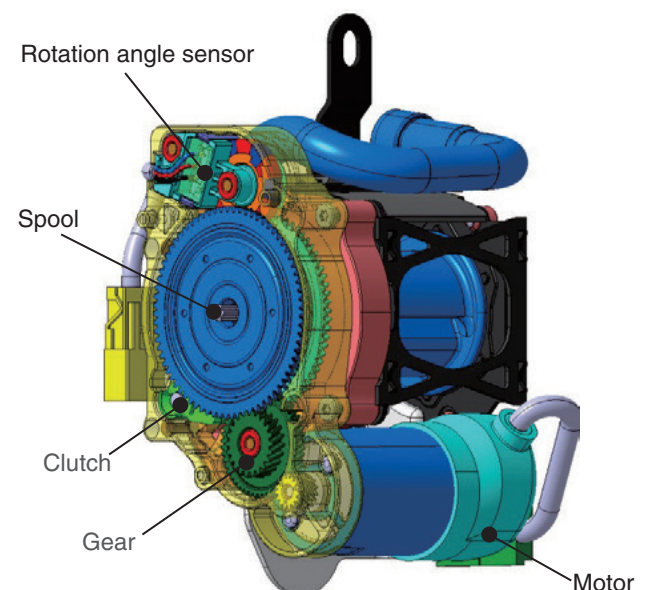


Fig. 2 E-pretensioner retractor

2.4. 電子制御ユニット (ECU)

新型 E-プリテンショナのモータ制御をおこなう ECU を開発した。一つの ECU は、一つのモータを制御する。ECU は、演算処理回路、駆動回路、CAN インタフェイスを一つの IC に統合した Application Specific Integrated Circuit (ASIC) を用い、従来品と比べて、小型、軽量化を実現している (Fig. 3)。

ECU は、CAN を通じて、CMBS, VSA, SRS などの連携システムの ECU と通信し、プリクラッシュ作動のトリガとなる CMBS や VSA の作動状態、ヨーレート、前後加速度、横加速度、シートベルト装着状態など制御に必要な信号を受信している。また、回転角センサ信号やバックルスイッチ信号の受信部も備える。これらの信号を CPU で処理し、モータを Pulse Width Modulation (PWM) 制御する。

2.5. バックルスイッチ

イグニッション OFF 時のモータによるシートベルト巻き取り機能のため、ベルト装着状態の信号が必要である。イグニッション OFF 時には、CAN からのシートベルト装着信号を受信することができないため、バックルスイッチを追加している。

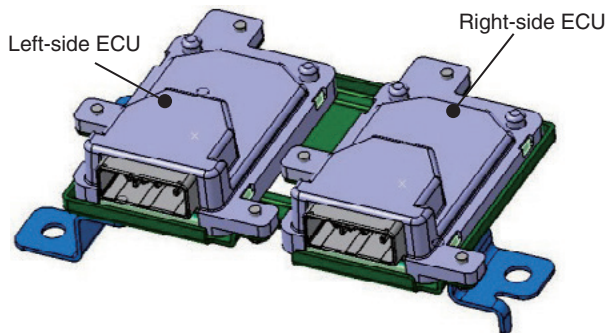


Fig. 3 E-pretensioner ECU

3. 新型 E-プリテンショナ機能の説明

新型 E-プリテンショナの機能は、緊急時に作動するプリクラッシュ緊急巻き取り時の機能と、日常使用時にシートベルト使用の快適性を高めるコンフォート機能に類別できる。従来の E-プリテンショナは緊急時のみのプリクラッシュ領域に作動するため、作動シーンが限られていたが、新型 E-プリテンショナではコンフォート機能を追加することにより、日常使用時にも作動しシートベルトの快適性を向上させた。

以下に、機能を紹介する。

3.1. プリクラッシュ時緊急巻き取り機能

通常走行状態に比べ、衝突の可能性がより高いと判断

される状況で、衝突前の乗員の姿勢変化を抑制するため、シートベルトを緊急に巻き取る機能である。電流制御によりシートベルトを巻き取る。最短、およそ 100 msec で、ショルダベルト張力 100 N 程度で巻き取ることが可能である。乗員に働く慣性力が低い状態で、高張力で巻き取ると乗員の違和感が大きいため、モータ電流の目標値は、状況に応じて設定し、下記のような場合に作動する。

(a) 横滑り、急旋回時: VSA の横滑り抑制 Active Yaw Control (AYC) 機能作動時や急なハンドル操作時に作動する (Fig. 4)。

(b) 衝撃入力時: SRS センサが衝撃を検知した場合、万一の 2 次衝突に備え作動する (Fig. 5)。

3.2. コンフォート機能

スポーツ走行時の乗員振られ感を低減し、日常使用時のシートベルトの引出しを軽くし、シートベルト巻き取り荷重を低減することにより、着用時の圧迫感を無くした。また、シートベルト着用時に、たるみを自動で巻き取る機能、および、シートベルト格納動作をアシストする機能がある。

下記の作動モードがある。

(a) ダイナミックモード

車速が設定された値以上、および、ブレーキ減速、旋回加速度が設定された値以上の場合、シートベルトのテンションを高め乗員上体振られ感を低減する (Fig. 6)。

(b) ウェルカムモード

シートベルト着用時に、シートベルトのタングをバックルに挿入後、定速度でシートベルトを巻き取り、シートベルトのたるみを巻き取る。

(c) シートベルト格納機能

シートベルトが着用状態から非着用状態に変化した場合

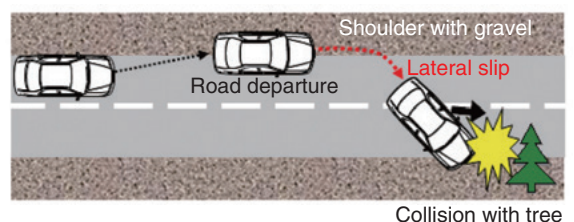


Fig. 4 Example of collision with lateral slip

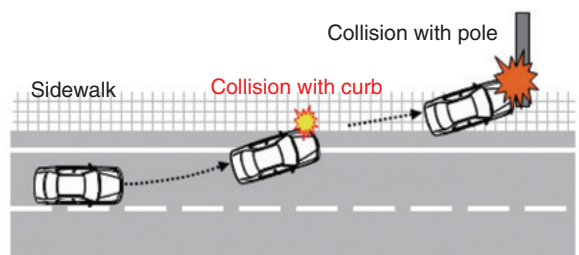


Fig. 5 Example of multiple collisions

や、シートベルトが非着用状態から引き出された後、シートベルトを格納するために定速度制御で、シートベルトを巻き取る。シートベルトの巻き取り時の違和感を抑えるため、シートベルトの巻き取り量に応じて、巻き取り速度を設定した。シートベルト着用位置から 150 mm までは、比較的速い速度でシートベルトを巻き取り、それ以降は、シートベルトを遅く巻き取ることで、乗員の腕や衣服にタングが引っ掛かり難い設定とした (Fig. 7)。

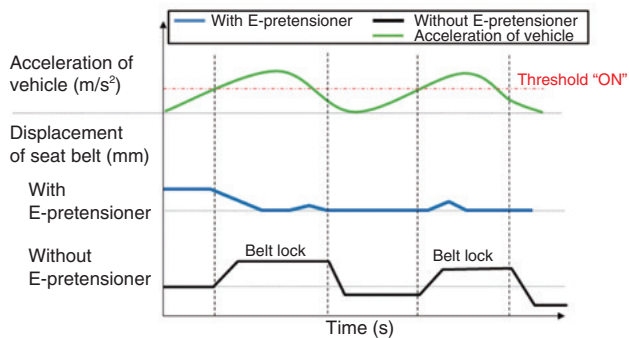


Fig. 6 Dynamic control

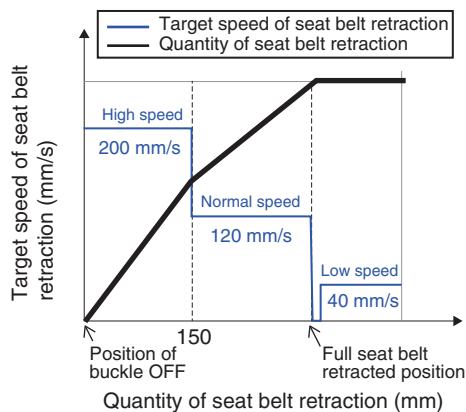


Fig. 7 Speed control in retraction function

4. 適用効果

新型 E-プリテンショナ機能の効果を以下に示す。

4.1. プリクラッシュ領域

プリクラッシュ機能の追加により、北米自動車事故データベース (NASS/CDS) によるシートベルト着用重傷事故に占めるシステム作動範囲を従来の 18% から本開発では 45% まで増加できると推測している (Fig. 8)。

4.2. コンフォート領域

ダイナミックモードを追加することにより、ワインディングテストコースでのスポーツ走行時のシートベルト変位量を通常のシートベルト伸び出し量に対して最大で 42 mm

低減でき、乗員の上体移動量を最大で 100 mm 抑制する効果があった (Fig. 9)。

また、シートベルト格納時、スプリングによる巻き取りをモータでアシストすることにより、スプリングの強さを半減することができ、シートベルト引出し荷重を半減、および、シートベルト着用時の巻き取り荷重を 30% 低減することにより、シートベルトの引出しを軽くし、着用時の圧迫感を低減することで、シートベルトの快適性を高めた (Fig. 10)。

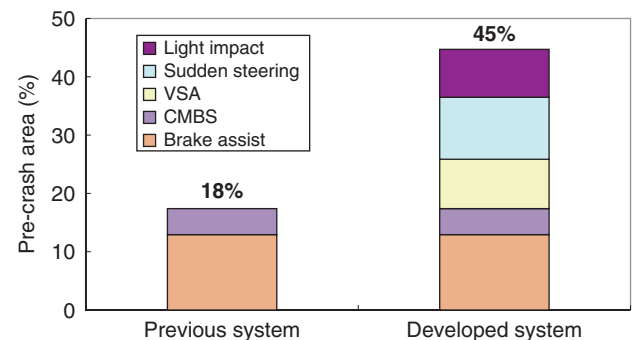


Fig. 8 Comparison of pre-crash area

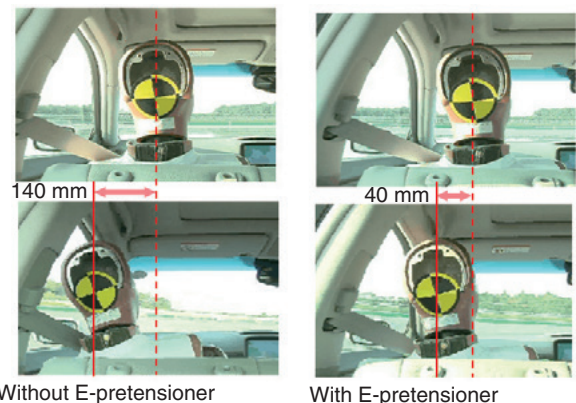
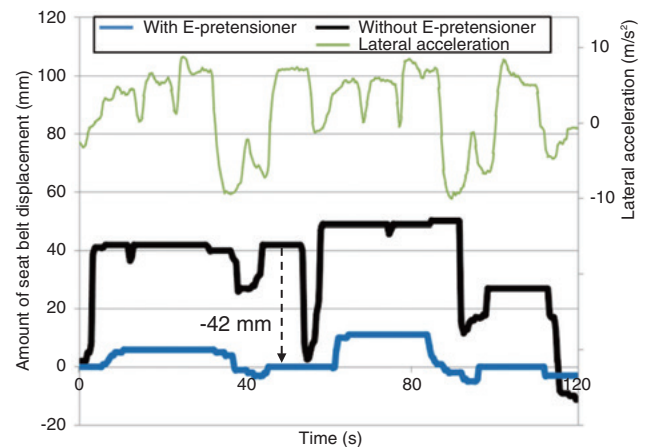


Fig. 9 Photographs of occupant posture in turn test

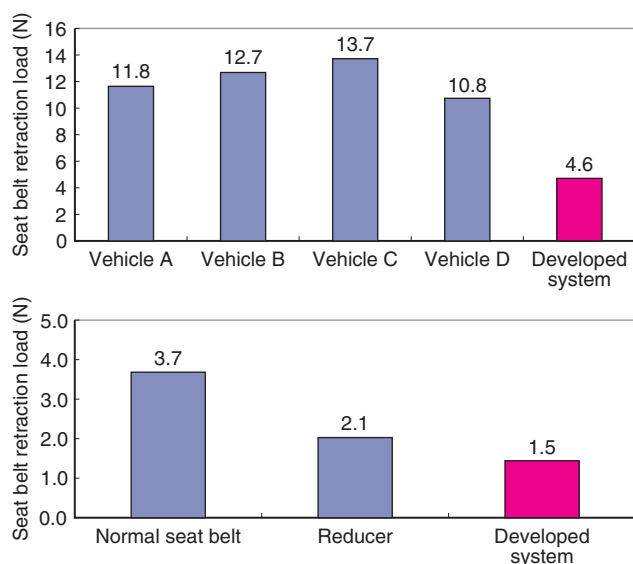


Fig. 10 Seat belt pull-out load and seat belt retraction load

5. まとめ

新型 E-プリテンショナ機能を開発し、その効果を確認した。以下にその効果を示す。

- (1) 従来の CMBS、ブレーキアシスト機能に加え、VSA、SRS システムと連携し、プリクラッシュ領域のシステム作動範囲を従来の 18% から 45% まで高めた。
- (2) 日常使用時に作動するコンフォート機能を追加したことにより、ワインディングやスポーツ走行時の乗員移動量を半減させた。
- (3) シートベルト引出し荷重を半減、および、巻き取り荷重を 30% 低減することにより、シートベルト引出しの軽さと装着時の圧迫感を低減し、シートベルトの快適性を高めた。

参考文献

- (1) <http://www.nhtsa.gov/NASS>
- (2) 上地幸一，小高賢二，赤羽博：ホンダプリクラッシュセーフティテクノロジーの開発，Honda R&D Technical Review, Vol.16, No.2, p.115-120

■ 著 者 ■



大舘正太郎



竹村直敏