

製品紹介

スマホでつながる電子制御サスペンションシステム “ActRide®” の開発

伊 奈 可南子 ・ 岩 崎 太 壱 ・ 天 池 亨 ・ 佐々木 啓

1 はじめに

ActRide[®]^{注1)}は「お客様に運転する楽しさを提供すること」をコンセプトに、カヤバがこれまでに培ってきた振動制御技術、電子制御技術を活用し、アフターマーケット向けに新たな走行体験を提供することを目的として開発した独自性の高い製品である。本製品は、外付け式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバ（以下、外付け式ソレノイド減調SA）を採用することで高度な減衰制御を実現し、スマートフォン（以下スマホ）のアプリにて減衰制御の設定が可能な、業界初のアフターマーケット向け製品であり、車両に搭載することで、乗り心地や操縦性をアプリから手軽に好みに応じて変更することができる。なお、アプリのリリース及び電子制御サスペンションシステム（以下、電制サスシステム）のアフターマーケット向け製品化は、カヤバとして初の取り組みである。

本製品は、2026年1月よりハイエース^{注2)}及びレジアスエース^{注3)}向けとして発売を開始した。本報では、ActRideの商品概要及び採用技術の詳細について解説する。

注1) ActRideはカヤバ株式会社の商標である。

注2) ハイエースはトヨタ自動車株式会社の商標である。

注3) レジアスエースはトヨタ自動車株式会社の商標である。

2 商品概要

2.1 システム構成

本製品のシステム構成を図1に示す。本システムは、外付け式ソレノイド減調SA、Suspension Control Unit（以下SCU）、それらを接続するハーネス類、及びユーザ所有のスマホにインストールされるアプリから構成される。

ユーザは、スマホとSCUをBluetooth[®]^{注4)}で接続し、

アプリ上から制御設定の変更が可能である。SCUは、アプリから受信した制御設定値に加え、内蔵している6軸IMU^{注5)}の検出値、アプリで取得した車速情報をを用いて制御演算を行い、その結果に基づき外付け式ソレノイド減調SAの減衰を4輪独立にリアルタイム制御する。

本製品はアフターマーケット向け製品であることから、搭載性及びセキュリティへの配慮を重視し、CANなどの車両側通信系とは接続しない、車両から独立したシステム構成とした。



図1 システム構成

注4) 「Bluetooth[®]」は登録商標であり、Bluetooth SIG, Incが所有権を有する。カヤバ株式会社は使用許諾の下でこれらのマーク及びロゴを使用している。

注5) Inertial Measurement Unit（慣性計測ユニット）のこと。3軸の加速度と3軸の角速度を計測できる。

2.2 商品名・商品ロゴについて

ActRideという商品名は、より能動的（Active）に制御を行い（Action）、走行シーンに応じて多様な乗り味（Ride）を演じ分ける（Actor）ことで、走行時の楽しさやドライビング体験の向上を提供するという意味を込めた造語である。

ActRideの商品ロゴを図2に示す。本ロゴは、スマホを想起させるシルエットをベースデザインとし、赤及び青の対照的な配色とすることで、スポー

ティーな走行性能と日常用途における快適性という二面性を表現している。また、左右に伸びるラインにより、走行時の疾走感を象徴するとともに、スマホ操作によって設定を瞬時に変更可能である本製品の操作性及びレスポンス性を視覚的に表現している。



図2 “ActRide” 商品ロゴ

3 外付け式ソレノイド減調SA

本製品では、高応答かつ無段階でシームレスな減衰変化、更に静粛性・安全性に優れている3重管構造の外付け式ソレノイド減調SAを採用した。その外観を写真1に示す。

アフターマーケット市場では、ステッピングモータ方式のショックアブソーバが主流である。この方式の減衰変化は段階的で、応答時間は約80msである。また、モータ駆動時に音が鳴るといった特徴がある。

これに対して、本製品の外付け式ソレノイド減調SAは、比例ソレノイドの推力を電氣的に制御することで減衰バルブの開弁圧を調整している。この機構によって、ステッピングモータ方式と比較して減衰変化の応答時間は約1/8まで速くなり、かつ無段階でシームレスな減衰調整が可能である。また、駆動音が非常に小さく静粛性も高い¹⁾。



写真1 ActRide用ショックアブソーバ
(ハイエース及びレジアスエース向け)

更に、電源喪失時には機械的にミディアム減衰程度に固定されるフェールセーフ機構も備えているため、万が一の際にも一定の快適性を維持したまま安全性を確保できる。

4 SCU

SCUは、システムコンセプトに基づく適正な制御を提供するため、当社にてハードウェア及びソフトウェアを開発した。

4.1 外観

SCUの外観を写真2に示す。電子部品を実装した基板を樹脂ケースの内部に挿入し、ポッティング材を充填することで固定及び封止し、耐振動性・耐水性・放熱性を確保している。

SCUは車両への搭載性を重視するため表示や操作ボタンなどは備えておらず、それらユーザインターフェース（以下UI）はアプリに集約している。また、適切な熱設計を行うことで、小型化を実現している。



写真2 SCU外観

4.2 機能

SCUの構成概要を表す機能ブロック図を図3に示す。SCUはバッテリーから電源供給され、アクセサリ（ACC）電源の入力により起動する。起動するまでの待機電流を0.01mA以下に抑える設計とすることで、バッテリー上がりを防止している。

マイコンの主機能として減衰制御演算機能を備えており、アプリの設定値、車速情報及びIMUの検出値から算出した減衰指令に基づき、出力回路を駆動する。出力回路にはソレノイドドライバと電流検出を備え、演算結果に基づく電流を出力する。ソレノイドドライバの駆動をパルス変調（PWM）方式にすることでソレノイドへ供給する平均電圧を高精度に調整できる。これによって外付け式ソレノイド減調SAの高応答かつ無段階でシームレスな減衰調整の特長を活かすことができる。

更に、異常の検出と処置を行うフェールセーフ機能を有し、万が一の異常発生時には適切な処理を実行してシステムを安全な状態へ遷移させる。フェールセーフ機能はOEM向けで量産実績のある仕様に基に実装している。

4.3 信頼性

SCUは、OEM車載要求相当の振動、気候、防水、

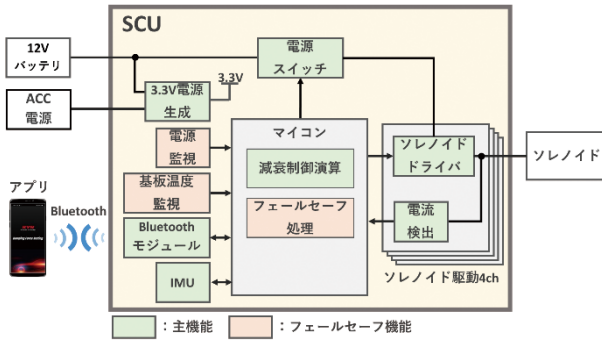


図3 SCU機能ブロック図

電気耐性、EMC^{注6)}、耐久の信頼性試験に合格している。また、各国の無線関連法規に対応するため、日本の技術基準適合証明（技適）、北米のFCC規則（Federal Communications Commission）、欧州のCEマーキング（European Conformity）に適合している。更に、Bluetooth SIG認証も取得している。他国への展開時はその都度、法規を確認し対応を行う。

注6）Electromagnetic Compatibility（電磁両立性）の略。電子機器やシステムが他の機器に電磁妨害（ノイズ）を与えず、かつ外部からの電磁干渉を受けても正常に動作できる能力を指す。

5 アプリ

本製品の特長は、アプリをUIとすることである。これによって、類似製品で使われている専用操作ボックス外付け式ソレノイドの設置が不要となり、視認性が高く直感的な操作が可能となる。また、アプリのアップデートにより、継続的な機能拡張が可能である。

アプリの主な機能は、初期設定、制御設定、及び車両挙動モニタである。

アプリのアイコンを図4に示す。アプリの名称は「ActRide App」で、iOS^{注7)}版及びAndroid^{注8)}版を提供している。本章では、SCUとの連携を含めたアプリの役割及び、画面構成について述べる。



図4 「ActRide App」アイコン

注7）“iOS”は米国および他の国々におけるCisco Systems, Inc.の登録商標であり、ライセンスに基づきApple Inc.が使用する商標である。

注8）“Android”はGoogle LLCの商標です。

5.1 アプリの役割

アプリとSCUはBluetooth通信により双方向通信を行う。アプリの送受信データについて、表1に示す。

表1 アプリの主な送受信データ

送信データ	受信データ
制御設定 車速 減衰制御パラメータ IMU補正データ	IMUデータ 減衰指令 エラーコード

送信データのうち、制御設定はユーザ操作に応じて送信し、車速は定期的にSCUへ送信する。また、IMU補正データ及び車種専用の減衰制御パラメータは初期設定時に送信する。

受信データのうち、IMUデータ及びSCUで演算した減衰指令は定期的に受信し、主にモニタ機能において車両挙動の可視化に利用する。エラーコードは、SCUにて異常を検知した際に受信し、アプリ上に表示することで、ユーザが異常の内容を把握できる。

5.2 画面構成

本アプリの画面構成を図5に示す。アプリ起動時はチューニング画面を初期画面として表示し、ボタンのタップにより図5に示す通り各画面に遷移する。以降では、各画面の詳細について述べる。



図5 画面構成

5.2.1 セットアップ画面

初期設定であるコントローラセットアップの実施や、取扱説明書及びお問い合わせ先などの確認ができるセットアップ画面を図6に示す。

初期設定としてSCUを設置したあと、コントローラセットアップで車種登録とセンサ補正を実施する

必要がある。SCUの設置位置や車種の変更がない限り実施不要となるように、これらの車種登録やセンサ補正の結果はSCUに保存される。



図6 セットアップ画面

(1)車種登録

図6のコントローラセットアップの「設定する」をタップしたときに遷移する車種登録画面を図7に示す。本製品を搭載した車種を選択することで、車種専用の減衰制御パラメータがアプリからSCUに送信される。これによって、SCUは受信した減衰制御パラメータを保存して車種ごとに最適な減衰制御を実施できる。適合車種拡充の際には、アプリのアップデートによって選択可能な車種を追加していく。

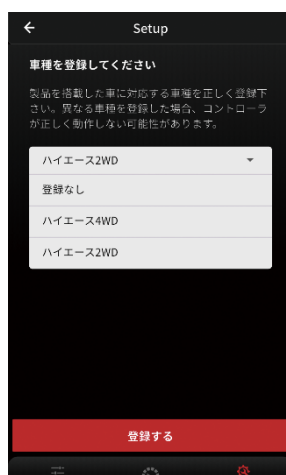


図7 車種登録画面

(2)センサ補正

次にセンサ補正について述べる。

車種登録完了後、センサ補正画面に遷移する。アフターマーケット製品であるためユーザごとに

SCUの設置した位置や方向が異なる可能性がある。そのため、設置の状態に合わせてSCUに内蔵されたIMUを補正する機能を備えている。補正は位置、方向、水平の順に行う。

位置補正の画面を図8に示す。この画面では、イラスト上のマスからSCUの設置位置を選択することで位置を補正する。

方向補正の画面を図9に示す。この画面では、イラスト上のSCUの向きを操作して、実際のSCUの設置方向に合わせることで補正する。

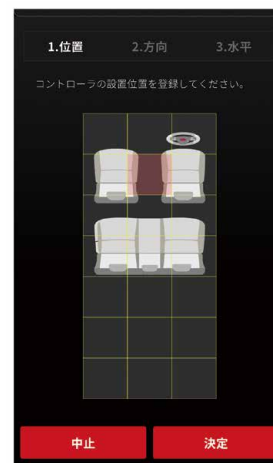


図8 位置補正画面



図9 方向補正画面

水平補正の画面を図10に示す。この画面では、車両を水平な場所に停車させた状態で約5秒間静止させることで、SCUの姿勢を補正する。このとき、重力加速度を用いてSCUの姿勢角を検知し、補正している。

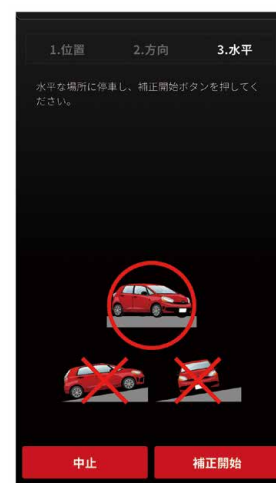


図10 水平補正画面

以上でコントローラセットアップは完了である。車両を停車させたまま車室内からセットアップがで

きるのも本製品の特長である。

5.2.2 チューニング画面

チューニング画面について、SCUと未接続状態の画面を図11に、接続状態の画面を図12に示す。

本画面は、ユーザがスマホで音楽を選ぶように、簡単にすぐ使い始められるよう、必要な操作系を集約している。

未接続時には「接続する」を表示してユーザのタップ操作によりSCUと接続する。初回接続以降は、SCU起動状態でアプリを開いた際には自動接続を可能として、毎回の接続操作を不要とした。

また、本画面ではユーザが編集・保存した6つのカスタム設定から1つを選択して、ワンタッチで送信できる。アプリをインストールした時点では、カスタム設定の基準となるComfort, Normal, Sportの3つのプリセットを用意している。

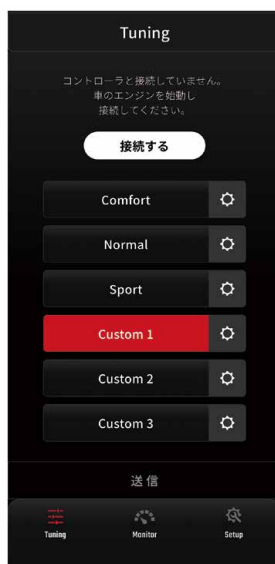


図11 未接続状態

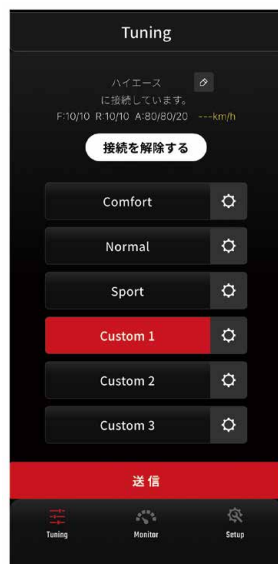


図12 接続状態

5.2.3 カスタム画面

チューニング画面の歯車アイコンをタップしたときに遷移するカスタム画面を図13に示す。本製品は、リアルタイムに減衰を制御するAuto Modeを備えており、本画面からAuto Modeのオン・オフと、関連する5つのパラメータを設定可能である。Auto Modeの詳細及び各パラメータの説明は6章で述べる。

本画面は、ユーザが視覚的かつ直感的にカスタマイズが可能となるよう、カラーグラデーションを施した操作バーや、機能をシンプルに表現したアイコンなどをデザインして配置した。

ユーザは好みに応じてパラメータをカスタマイズした後に「送信して保存」をタップすることで現在

のカスタム設定が上書き保存され、SCUに設定が送信される。

また、「保存」をタップしたときは、カスタム設定の保存名や保存先の変更が可能である。例えば、用途や状況に応じて設定と名前を変更して保存しておくことで、チューニング画面からワンタッチで送信可能である。

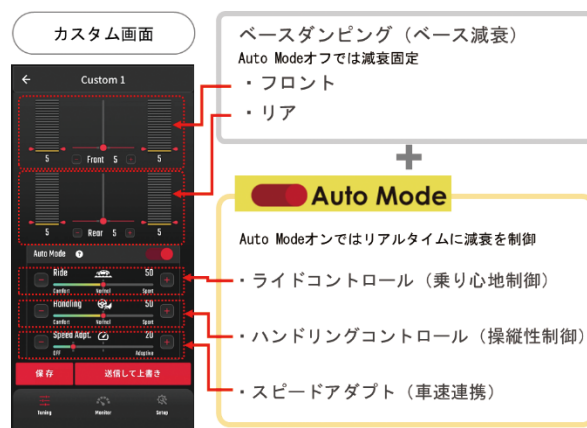


図13 カスタム画面

5.2.4 モニタ画面

ユーザが設定したパラメータに対して、車両挙動及び減衰指令がどのように変化したかをリアルタイムに確認可能なモニタ画面を図14に示す。本画面では、SCUから受信した減衰指令とIMUデータ、及びアプリで取得した車速をグラフィカルに表示する。IMUデータのうち、前後左右加速度をGボールで、ピッチ・ロール・ヨーの角速度をメータで表示している。



図14 モニタ画面

6 減衰制御 (Auto Mode)

Auto Modeでは、SCU内蔵のIMUで車両挙動を検出し、1/1,000秒ごとに減衰制御の演算を行い、車両四輪の外付け式ソレノイド減調SAに与える電流をリアルタイムに変化させる。

これによって、高次元の乗り心地と操縦性を提供している。減衰制御はSCUのソフトウェアに組み込まれており、ユーザはアプリのカスタム画面を通じて、乗り心地や操縦性を設定可能である。Auto Modeに関連するアプリの設定項目と減衰制御ロジックの対応関係を表2に示す。

本章では、制御のコンセプトを説明した後、各アプリの設定項目に対応した制御ロジックについて詳細を述べる。

表2 減衰制御ロジック一覧

アプリの設定項目	対応する制御ロジック	説明
ベースダンピング	ベース減衰制御	ユーザの設定に応じてベースの減衰を制御する。
ライドコントロール (Ride)	スカイフック制御	路面入力に対する車体の振動を制御する。
	大振幅制御	大きな路面入力時の減衰を制御する。
ハンドリングコントロール (Handling)	操舵時姿勢制御	操舵時に減衰を変化させて旋回時の姿勢を制御する。
	急操舵時姿勢制御	急操舵時に減衰を変化させて旋回時の姿勢を制御する。
	加減速時姿勢制御	アクセルやブレーキ時に減衰を変化させ加減速時の姿勢を制御する。
スピードアダプト (Speed Adpt.)	ベース減衰制御	ベースの減衰を車速に連携して制御する。

6.1 制御コンセプト

本製品は「高次元の乗り心地と操縦性を提供し、更にそれらが独立して調整が可能なこと」、「ユーザが楽しみながら好みのセッティングが見つけれられること」を狙いとして制御を設計した。

Auto Modeをオフにして減衰が固定されている場合の乗り心地と操縦性の関係を図15に示す。この場合、それぞれが背反する性質があるため、ユーザはバランスを加味して調整する必要がある。

一方で、Auto Modeをオンにしたときの、乗り心地と操縦性の関係は図16に示す通りで、ライドコントロールとハンドリングコントロールで独立して設定可能である。これは路面入力と操作入力に応じて適切に制御を介入させることで実現している。

更に、本製品では5つのパラメータを、ユーザの好みに応じて0～100の間で設定して組み合わせることが可能である。これによりユーザに高い自由度と、好みのセッティングを見つける楽しさを提供している。

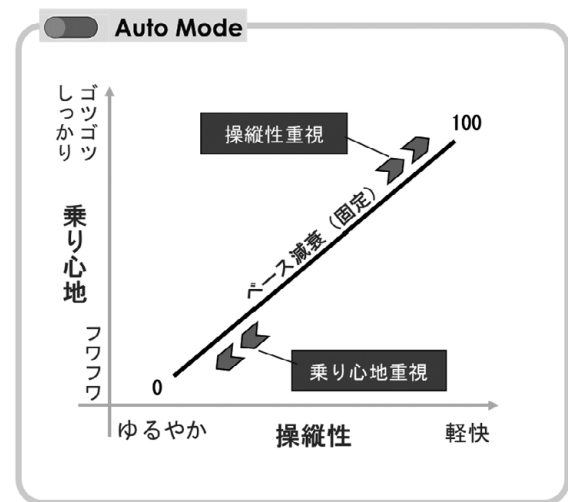


図15 Auto Modeオフ（減衰固定）の乗り心地と操縦性の関係

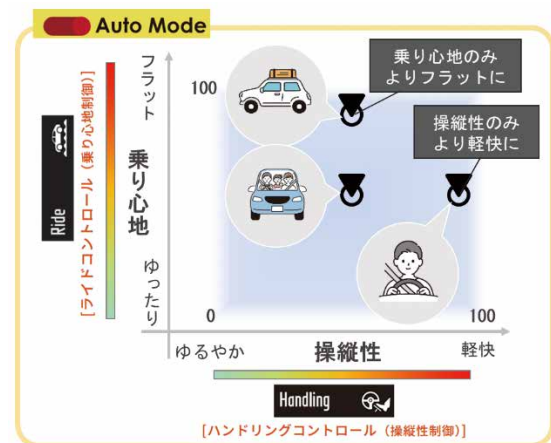


図16 Auto Modeオン（減衰制御）の乗り心地と操縦性の関係

6.2 ベースダンピング

アプリにおけるベースダンピングの設定は、ベース減衰制御と連携している。そのベース減衰制御と他制御との関係を図17に示す。

ベース減衰制御は、基準となるショックアブソーバの硬さ（以下、ベース減衰）を制御することを目的としている。ユーザはアプリのベースダンピングを操作することで、フロントとリアで個別にベース減衰を設定可能である。Auto Modeがオフの場合は、設定した値に対応するベース減衰で固定され、オンの場合はベース減衰を基準にして各制御によって減衰が変化する。これによって、制御が介入しないときの細かな凹凸の乗り心地や、基本となる操縦性をベース減衰で調整することができ、ショックアブソーバの優れた基本性能を活かすことが可能である。

一方で、低・中周波領域及び中～大振幅入力に対しては積極的に制御を介入させて必要な時に減衰を高めることで、むだが多く高く高い制振性能が得られる。

アプリにおけるスピードアダプトでも、ベース減衰制御と連携しているが6.5節で詳細を後述する。

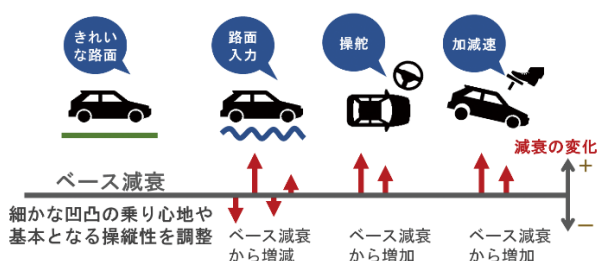


図17 ベース減衰制御と減衰の変化の概要

6.3 ライドコントロール

アプリにおけるライドコントロール（以下Ride）の設定は、スカイフック制御と大振幅制御と連携している。これらは主に路面入力に伴う車体の振動に応じて減衰を変化させて、乗り心地を制御することを目的としている。

また、スマホから設定するRideに応じて、SportからComfortまで、どの設定でもイメージ通りの乗り心地になるように車種ごとに細かく減衰制御パラメータをチューニングしている。

6.3.1 スカイフック制御

本製品は、路面入力によって発生する車体の上下・ピッチ・ロール方向の揺れを抑える手段としてスカイフック制御を採用した。スカイフック制御の概要を図18に示す。スカイフック制御は空中に固定された仮想的なショックアブソーバの減衰力を外付け式ソレノイド減調SAで再現することで、まるで空中から吊り下げられているようなフラットな乗り心地を狙った制御である²⁾。

図18に示すように、減衰固定の場合は減衰が低いときと高いときの乗り心地に背反が発生する。一方で、スカイフック制御では、フラットでショック感

が少なく、かつ揺れの収まりがよく安定した乗り心地が得られる。

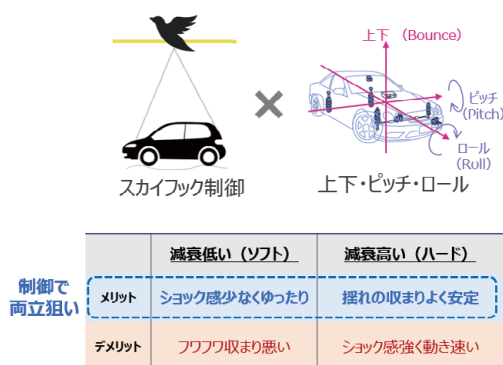


図18 スカイフック制御の概要

6.3.2 大振幅制御

大振幅制御では、大きな路面凹凸を乗り越えたときの振動を検知して、その時に必要な分だけ減衰を高める制御である。これによって、突き上げのショック感を緩和して、乗り越え後の振動の収束を早める効果がある。

6.4 ハンドリングコントロール

アプリにおけるハンドリングコントロール（以下Handling）の設定は、操舵時姿勢制御と急操舵時姿勢制御、更に加減速時姿勢制御と連携している。

これらは主に運転者のハンドル操作やアクセル・ブレーキの操作入力に応じて減衰を変化させて、操縦性を制御することを目的としている。

また、スマホから設定するHandlingに応じて、SportからComfortまでイメージ通りの操縦性となるよう車種ごとに細かく減衰制御パラメータをチューニングしている。

6.4.1 操舵時姿勢制御

操舵時姿勢制御の概要を図19に示す。操舵時姿勢制御では、ハンドル操作による旋回挙動を検知して

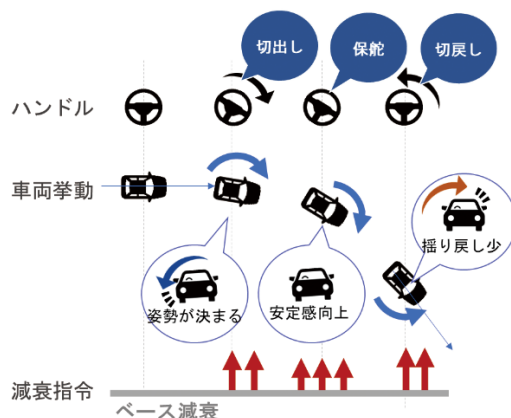


図19 操舵時姿勢制御の概要

フロントとリアの減衰を変化させ、旋回中の姿勢を制御する。特に操舵の過渡状態（切出し・切戻し）と定常状態（保舵）を検知して、それぞれでフロントとリアの減衰を変化させている。

6.4.2 急操舵時姿勢制御

急操舵時姿勢制御は、緊急回避などのために急操舵を行った際に減衰を必要な分だけ高めることで車体の安定性を高める。ベースダンピングが低い設定でも安全を確保するために、Auto Modeがオン・オフいずれの場合でも有効である。

6.4.3 加減速時姿勢制御

加減速時姿勢制御の概要を図20に示す。加減速時姿勢制御では、アクセルとブレーキによる加減速時の挙動を検知してフロントとリアの減衰を変化させている。これによって加速によるフロント上りのスクワット挙動と、減速によるフロント下がりのダイブ挙動を制御している。

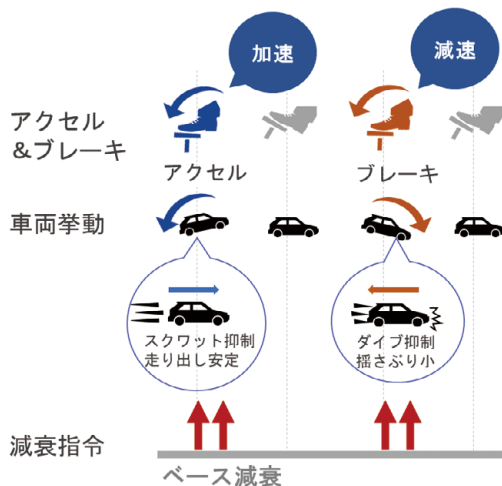


図20 加減速時姿勢制御概要

6.5 スピードアダプト

アプリにおけるスピードアダプト（Speed Adpt.）の設定は、ベース減衰制御と連携しており、車速に応じてベース減衰を増減させる。この車速連携機能の概要を図21に示す。

本機能は、車速と連携することで低速走行時は減衰を下げて乗り心地を確保しながら、高速走行時は減衰を上げることでタイヤのバタつきやブルつきを抑えて安定性を向上させることを目的としている。

例えば、一般道と高速道路を走行する場合でも、一般道の比較的凹凸の多い路面では低い減衰で乗り心地よく走り、高速道路に入って車速を上げていくと自動で減衰が上がり、高速走行でも安定した走行が可能である。

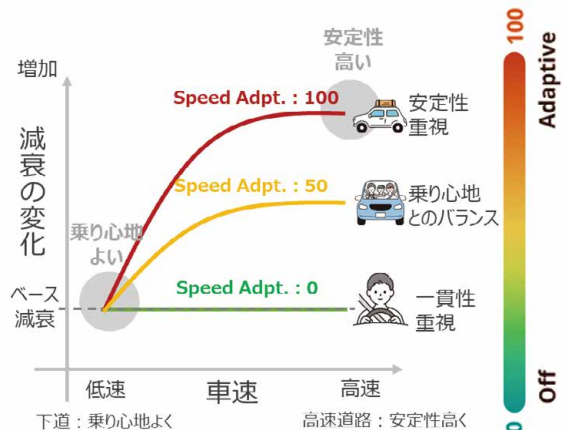


図21 ベース減衰制御の車速連携機能

7 技術プロモーション

2026年1月9～11日開催の東京オートサロン2026で本製品を発表し、その後技術プロモーション活動を実施している。

2026年4月13～14日にはジャーナリスト向けに「ActRide試乗会」を開催して、100名近くの参加者が本製品を搭載したハイエースと純正状態のハイエースを乗り比べた。試乗会のデモ車両を写真3に示す。

参加者からは「走り出しから乗り心地が違う」、「Auto Modeの制御は、ハイエースオーナーにとって理想的」、「疲労低減、安全性向上、運転ストレスの軽減といった、複合的な価値がある」など、好評を得た。これらのコメントは、今後の開発にフィードバックして製品の改善につなげていく。特にスマホアプリに対するコメントについては、本製品の強みを活かして、順次アップデートしていく。



写真3 試乗会のデモ車両（ハイエース）

8 おわりに

カヤバとして初となる、アフターマーケット向けのスマホでつながる電制サスシステム製品の開発が完了し、販売を開始した。現在、適合車種拡充に向

けた開発を進めているほか、アプリを活用したアップデートによる機能追加についても検討を行っている。今後も、より多くのお客様に運転を楽しんでいただけるよう、継続的な開発に取り組んでいく。

本開発品は多岐にわたる技術分野を包含しており、更に早期製品化するため、部門横断の開発体制により推進した。また、前例のない製品であったため、製品立ち上げにあたっては社内外の多くの方々から多大なるご協力をいただいた。

最後に、今回の開発にご協力いただいた関連協力会社様及び当社関係部門の皆様にご協力いただいたことにお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 鎌倉：外付け式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバの開発，KYB技報第55号，（2017年10月）
- 2) 伊藤：セミアクティブサスペンション，KYB技報第55号，（2017年10月）

著 者



伊奈 可南子

2019年入社。電子開発本部電子技術部。主に電子制御サスペンションシステムの開発に従事。



岩崎 太壱

2017年入社。電子開発本部電子技術部。主に車載コントローラの電子回路設計に従事。



天池 亨

2022年入社。電子開発本部電子技術部。主に電子制御サスペンションシステムの開発に従事。



佐々木 啓

2012年入社。技術本部先進技術研究所岐阜分室。主に電子制御サスペンションの制御の研究開発に従事。