

キャンピングカー向け電子制御サスペンションの開発

稲 満 和 隆 ・ 倉 田 峻 平

1 はじめに

近年、国内の四輪新車販売台数は低下しており、保有台数も頭打ちとなっている。若者の自動車離れが叫ばれる中、純粋に運転を楽しむスポーツカーは時代とともに減少傾向にある。一方で、単なる移動手段としてのクルマではなく、様々な機能を有するクルマに対する需要は高まっており、その一つがキャンピングカーである。国内のキャンピングカー市場は、ファミリー層やシニア層を中心に需要は高く、近年のアウトドアブームも相まって増加している。2022年の国内のキャンピングカー販売売上（新車・中古車含む）は約762.5億円で、前年比約120%となっており¹⁾、用途についてもアウトドアだけでなく、災害時の住居やリモートワークのスペースとしての活用など、多種多様に広がっている。

カヤバはこの新たな市場に対して、油圧・振動・架装技術を活用し、快適な居住空間と走る楽しさの実現を両立させ、最大限の魅力を持ったキャンピングカーを提案すべく、様々な試行を行ってきた。

前号では、油圧・架装技術を活かした特装車両事業部の取組みを中心に紹介した。本報では、オートモーティブコンポーネンツ事業本部（以下AC事業本部）の取組みとして、キャンピングカーユーザの困りごとに対して、主に足回りの観点からのアプローチについて、展示会出展時のユーザの反応も交えて紹介する。

2 訴求ポイントと解決手段

キャンピングカーユーザの困りごとをシーン別にピックアップし、訴求ポイントを三つに分類した（表1）。

一つ目は高速走行時のふらつき、横風によるあおられ等の「安全性」に関する項目で、重心の高さや車格の大きさが影響している。二つ目は乗心地や、駐車時の車体の傾きなどの「快適性」に関する項目

である。コンビニエンスストアやガソリンスタンドへ入る際の段差によって、車体が大きく揺えられるシチュエーションに対してのユーザの不満の声は多く聞かれる。また、駐車して就寝する際に車体が傾いていたり、同乗者の動きによる車体の揺れも不快となる点である。三つ目は装備品の手動操作による煩わしさに対する「利便性」である。例えばダイヤル式の減衰力調整ダンパは、車両の状態に合わせてユーザが好みの減衰力に調整できるメリットがあるが、車両の下に潜り込み直接手動で調整するひと手間が必要となる。

それらを解決する手段として種々アイテムを検討した（表1）。走行時のふらつきなどの安全性と、乗心地などの快適性に関しては、「居住空間拡張（以下、空間拡張）」「セミアクティブサスペンション^{注1)}（セミアク）」や「フルアクティブサスペンション^{注2)}（フルアク）」で、駐車時のスペースの問題や、車両傾きや揺れに対しては「空間拡張」「車高調整」「サスペンションロック（サスロック）」で、利便性に対してはスマートフォンやタブレットの「操作デバイス（デバイス）」の活用を検討した。「フルアクティブサスペンション」に関しては、セミアクティブサスペンションと訴求する項目は同じだが、究極のサスペンションと呼ばれるフルアクティブサスペンションをキャンピングカーに適用し、パッセンジャー中心の新しい価値提供にチャレンジした。

なお、重心や車高、車幅に関わるキャンピングカーユーザの不満点に対しては、「居住空間拡張」にて訴求した。「居住空間拡張」によるアプローチに関しては前号を参照されたい²⁾。

表1 シーン別困りごとと解決手段

訴求ポイント	シーン	困りごと	空間拡張	セミアクティブ	車高調整	サスロック	フルアク	デバイス
安全性	高速道路走行時	高速走行時のふらつき	●	●			●	
	トンネルの出口・橋上トラックに追い越される時	横風によるあおられ	●	●			●	
	高速道路ランプ逆カントの路面	車両転倒の不安	●	●			●	
快適性	高ばね定数のタイヤ使用 高い空気圧設定	乗心地が悪い		●			●	
	コンビニの出入り未舗装路の凹凸	車体ゆすられ・ねじれ		●			●	
	駐車時	車体の傾き 駐車スペース	●	●				
利便性	駐車時（乗員の動き）	車体の揺れ				●		
	装備品の操作	手動操作による煩わしさ						●

注1) 減衰力調整機構が盛り込まれており、伸縮速度に応じて発生する減衰力を任意の値に調整可能なサスペンション。

注2) 動力源をもち、路面状況に応じて加振・制振両方向に荷重を発生することができるサスペンション。

3 ニーズの具現化

ユーザの困りごとから抽出したキャンピングカーに求められる機能を実現する前述アイテムを、3台のキャンピングカーに振り分けて車両に実装した(表2)。

表2 キャンピングカーおよび機能割当

車両	車両外観	空間拡張	セミアク	車高調整	サスロック	フルアク	デバイス
デュトロ		●	●				●
ダイナ		●		●	●		●
ハイマー						●	●

3.1 走行時の乗心地・安全性の向上

3.1.1 セミアクティブサスペンション

キャンピングカーはその重心の高さや車格の大きさの影響で、乗心地や走りに対する不満が大きい。安全のために操縦性や安定性を優先すると、トレードオフの関係である乗心地が犠牲になってしまう。そこで、操縦性・安定性と乗心地を両立させるため

に、電子制御式のセミアクティブサスペンションの搭載を検討した。セミアクティブサスペンションはショックアブソーバに減衰力調整機構が盛り込まれており、車両走行状態に応じて減衰力を制御することで、相反する乗心地と操縦性・安定性の両立が可能となる。

ダンパはOEM向けに量産している比例ソレノイド式の減衰力調整ダンパをベースとし、ダンパ周りの搭載可能なスペース（特に長手）が狭かったため、別タンク式にするなど、量産ダンパの機能を搭載可能な空間内に分割し、スペースを節約した構造とした(写真1)。



写真1 セミアクティブサスペンション

3.1.2 制御開発（シミュレーション）

後述のキャンピングカー特有の走行シーンは実走行が難しいため、シミュレーションでその利用シーンを模擬し制御開発を行った。図1は、ガソリンスタンドの段差進入、図2は、トンネル出口での横風を受けた際のシミュレーションの様子である。本シミュレーションは一般ユーザ向けの展示にも使用するため、ユーザに対してわかりやすい3D車両モデル、アニメーションの作製を意識した。なお、サスペンション制御ソフトウェアは、量産品をベースにすることで、ソフトウェア開発の立ち上げに掛かる工数の削減と、評価環境の流用による効率化を実現した。



図1 ガソリンスタンドの段差侵入



図2 トンネル出口での横風影響

3.2 駐車時の車体の傾きや揺れの改善

3.2.1 車高調整機能付きダンパ

道の駅やオートキャンプ場などの地面は、水はけをよくするために傾斜がついていたり、あえて整地してないところもあり、キャンピングカーを駐車する際は車体の傾きが問題になることがある。例えば、調理する際の流しの排水性や、就寝時に傾いていることによる違和感である。レベラー^{注3)}をタイヤと地面の間に挿入し車体の傾きを補正するのが一般的だが、レベラーを使うにも場所を選んだり、手間がかかったりする。また、同乗者の移動による車体の揺れも不快に感じる点であり、特に就寝時は安眠の妨げになることがある。そこで、快適性を高めるために車高調整機能と車体の揺れを軽減する機能を付加することを検討した。

3.2.2 システム概要

ベース車両のサスペンション形式は板ばねであり、懸架ばね自体を持ち上げるジャッキ式車高調整機構が使用できないため、 hidroニューマチック方式を採用した(写真2、図3)。これは、油圧を力の伝達媒体として、ガスの圧縮性をばね作用として用いたものであり、電動ポンプユニットのリザーバから作動油を吸排出することで、ダンパの反発力を変え車高を調整できる(写真3)。また、アキュムレータの下部に設置した電磁切換弁は、ダンパのピストンロッド入退出時の体積補償油路を閉じることができるので、ダンパをロックさせ車体の揺れを低減させることができる。



写真2 車高調整システム外観

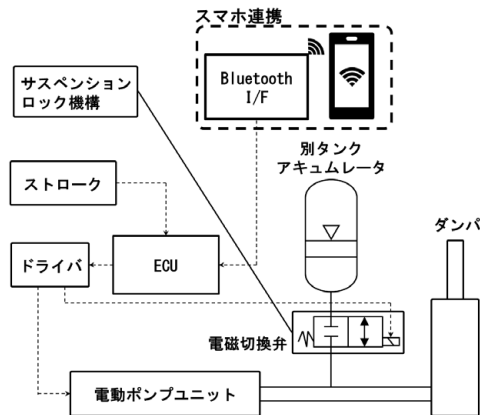


図3 車高調整システム概略図



写真3 車高調整前後比較

注3) 傾斜地などで車両が傾いている際に、タイヤと地面の間に挿入し傾きを補正するスロープ状の道具。

3.3 パッセンジャー中心の新しい価値提供

3.3.1 フルアクティブサスペンション

キャンピングカーは単なる移動手段のクルマではなく、パッセンジャーが主役となり得るクルマである。そこで、パッセンジャー中心の新しい価値提供として、究極の制振アイテムであるフルアクティブサスペンションを搭載した。フルアクティブサスペンションは究極のサスペンションと呼ばれ、路面からの入力に対して、受動的に力が出力される通常のダンパとは違い、独自にエネルギー源を持ってアクチュエータのように能動的に力を出力する機構を備えているため、乗心地と操縦性・安定性を高いレベルで両立できる。

3.3.2 システム概要

システム概略図を図4に示す。基本的な構造は当社が先行して製作した実験車両に搭載したアクティブサスペンションと同じである³⁾が、今回対象のキャンピングカーであるハイマーは車格が大きく、必要推力も増加している。そこで電動ポンプを2輪で1つのシステムから各輪1つずつにするなど、流量を増やし制御範囲を拡大するなど車格に合わせたシステム構成とすることでこの車両でもシステムを成立させた。また、モータ・バッテリーシステムにつ

いては、シミュレーションにより求めた必要ピーク推力を考慮したバッテリー持続時間等から48Vのものを選定した。車両に搭載した様子を写真4に示す。

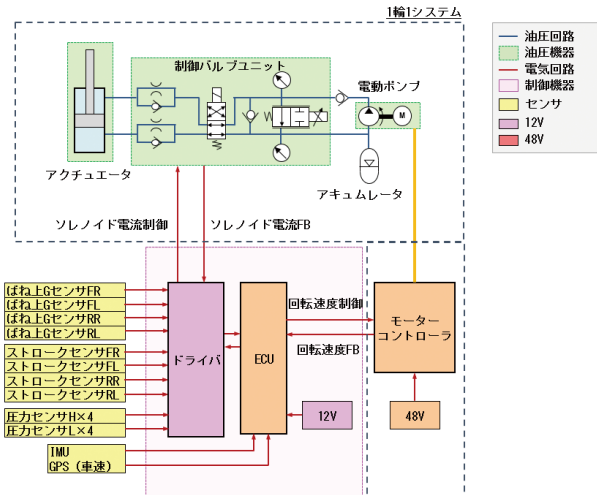


図4 ハイマーのシステム概略図

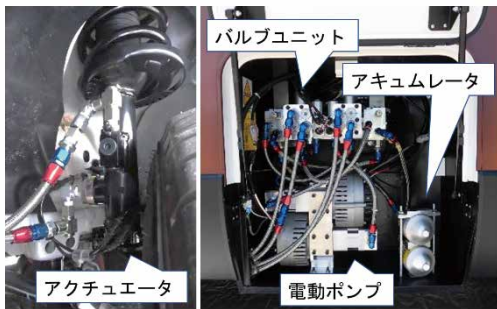


写真4 アクチュエータ（左）、油圧機器（右）

3.3.3 実車評価

製作した実験車両を当社テストコースにて走行評価した。評価は通常のパッシブダンパ^{注4)}（制御なし）と、アクティブ制御を行った（制御あり）状態との比較である。

姿勢変化の抑制効果を把握するために、スラローム走行を実施した。スラロームではロール角がパッシブ（制御なし）に対して、アクティブ（制御あり）で約54%抑制でき、車両転倒の不安なく安心した運転が可能となった（図5、写真5）。

上下振動の制振効果の評価は、スピードブレーカーにて行った。スピードブレーカー通過時のピッチ角、室内の様子を図6、写真6、7に示す。ピッチ角はパッシブ（制御なし）比で約40%抑制でき、乗り下げた際の振動の収束も早い。特に、ハイマーのようなアオーバーハングが長い車両に対しては、後方の居室やトランク位置での官能上の違いは非常に大きく、パッセンジャーが中心となるキャンピングカーに対しての訴求効果は大きいことが確認できた。

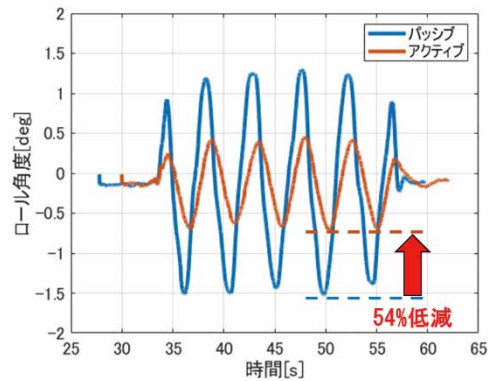


図5 スラロームでのロール角度

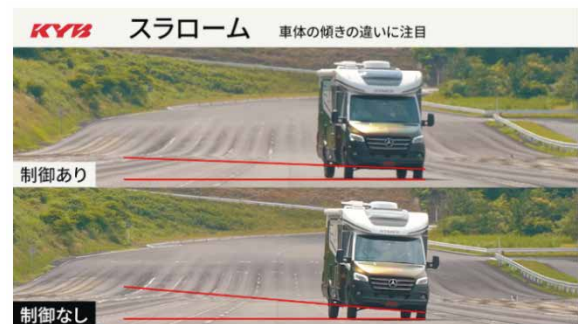


写真5 スラロームでの比較

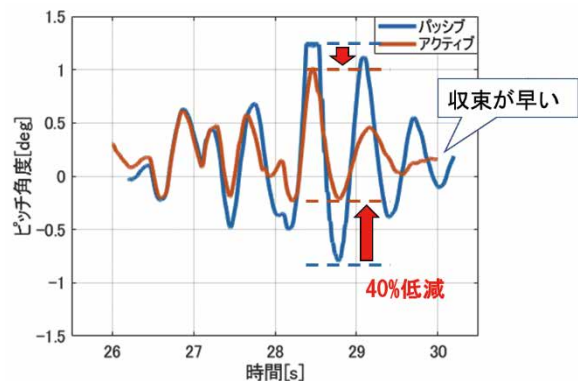


図6 スピードブレーカーでのピッチ角度



写真6 スピードブレーカーでの比較



写真7 スピードブレーカーでの比較（室内）

3.4 操作デバイス

キャンピングカーユーザの利便性を向上させるために、無線で遠隔から操作するためのスマートフォンやタブレット操作アプリを開発した。ECU（Electronic Control Unit）と操作デバイスとはBluetoothを用いて通信する仕様である。これによりユーザは各種アイテムを室内からでも気軽に操作できる（図7、図8）。



図7 タブレットアプリ画面（セミアクティブ）



図8 タブレットアプリ画面（車高調整）

注4）減衰力特性が入力速度によって一意的に決まっており、路面からの入力に対して、受動的に減衰力が出力される一般的なダンパ。

4 展示会への出展

製作した車両を東京オートサロン、東京キャンピングカーショー（写真8）に出展した。

一般ユーザにカヤバのキャンピングカーをより深く感じてもらうために居室空間拡張、車高調整およびフルアクティブサスペンションのデモンストレーションを実施し、テストコースで撮影した走行動画や、シミュレーションの様子を放映した。また、展示物としては、車両だけでなく体感機を設置し、ユーザに減衰力調整ダンパの効果やスマートフォンの操作を実際に体感していただいた。



写真8 東京キャンピングカーショー

また、展示会においてユーザからフィードバックとしてアンケート結果を得た（図9、図10）。

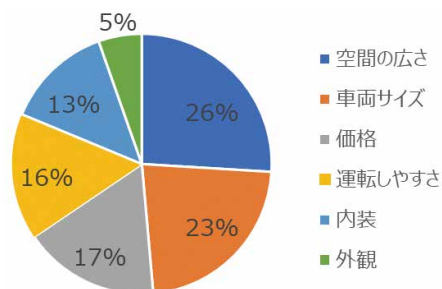


図9 キャンピングカーを選ぶ際に重視する項目

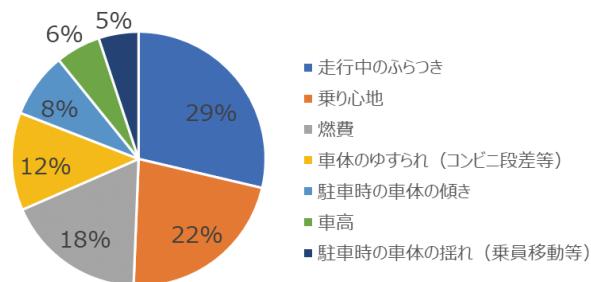


図10 キャンピングカーに対するニーズ

アンケート結果を分析した結果、ユーザがキャンピングカーを選ぶ際に重視する点として、「空間の広さ」、「車両サイズ」、「価格」などが挙げられる中、「運転しやすさ」の足回りにフォーカスした意見も16%あり、カヤバへの期待が込められていると感じた。また、ユーザニーズにおいて、「走行中のふらつき」、「乗り心地」、「車高」を挙げているユーザが多

く上位2位を占め、私たちが取り組んでいる居室空間拡張やセミアクティブサスペンション、車高調整等はユーザのニーズと方向性は合致していることが分かった。展示アテンドにおける来場者との対話により、インターフェースとしてスマートフォン・タブレットを利用したことは大変好評であることが分かった。フルアクティブサスペンションに関しては、ユーザから「期待が持てる」「早く市場に出してほしい」「実際に運転してみたい」などの前向きなコメントを多数いただいた。

展示会を通して分かった課題点もいくつかある。例えば、車高調整については、現状調整代が小さく、より大きな調整代が欲しいとの声があった。サスペンションロックに関しては、電磁比例弁一つで行えるメリットはあるが、ダンパストロックをロックする機構であるため、ダンパを支えるゴムブッシュやタイヤのたわみの変化分は動くことになる。車体を完全にロックさせるには、タイヤを介さずに直接支えるアウトリガー^{注5)}等が必要になると考えられ、車高調整手段としても今後検討していきたい。

展示会以外でも、日刊自動車新聞への掲載や、WBS（ワールドビジネスサテライト）やTOKYO MXなどのTVでも放映された。これらさまざまなメディアを通してカヤバのキャンピングカーと技術力をユーザに積極的にアピールすることができた。

注5) 駐車時に車体から地面に突っ張り棒のように接地させ、車体が揺れないよう安定させると同時に、傾斜地において車体を水平に調整する機能を有する機構

5 まとめと今後の展開

本報では、AC事業本部の取組みとして、キャンピングカーユーザの困りごとに対して、セミアクティ

ブサスペンション、車高調整、サスペンションロック、フルアクティブサスペンション、スマートフォンなどの操作デバイスを用いた訴求方法を検討し、ユーザニーズに沿ったクルマを製作した活動を紹介した。また、この活動は展示会やメディアを通じて紹介され、ユーザから多くの貴重な意見をいただき、ユーザニーズとの一致点や不足点を把握できた。

今後は、本活動を通して得られた知見を活かし、全社プロジェクトとしての事業横断活動を継続し、真にユーザに求められるキャンピングカーのカタチを模索していきたい。

6 おわりに

自動車業界は100年に1度の大変革期と言われている。今後CASE（Connected Autonomous Shared Electric）をキーワードとして、自動車は単なる移動手段ではなく、キャンピングカーをはじめとした様々な付加価値を備えたモビリティへと進化していくことが予想される。そのような社会に対して当社がどのように貢献していくか、全社を挙げた多角的な視点をもって取り組んでいきたい。

最後にこの活動を通し、通常業務では交流する機会の無い方々と関係を深めることができ、同時に多くの協力をいただきました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 日本RV協会：キャンピングカー白書2023
- 2) 田中：カヤバキャンピングカーコンセプト、カヤバ技報第67号、(2023年10月)。
- 3) 稲満、堀：KYBのアクティブサスペンションの開発、カヤバ技報第63号、(2021年10月)。

著 者



稲満 和隆

2005年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部開発センター製品開発室。専任課長。ショックアブソーバの開発に従事。



倉田 峻平

2017年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部開発センター製品開発室。ショックアブソーバの開発に従事。