

操縦安定性の気持ちよさに関する主観評価の試乗評価動画に基づいた 分類

酒井 英樹*1

Classification of subjective evaluation of the comfort of steering stability based on the test drive evaluation video

Hideki SAKAI*1

Stability and control of automobiles competes with other vehicles in fun domain. Thus, I propose a subjective evaluation method for developing a vehicle with more fun handling. In this paper, the results of investigating the test drive video from the viewpoint of vehicle dynamics are classified into two degrees of freedom in plane, transient and quasi-static steering reaction torque, steering wheel behavior, roll and pitch. The subjective evaluation results based on these can be understood kinematically and can be reflected into vehicle design.

Keywords: Vehicle dynamics, Handling, Stability and control, Subjective evaluation, Video

1. はじめに

操縦安定性の他車との競合性能の一つは、乗り味などと呼ばれる気持ちよさの性能（感性性能）であると思われる。したがって、感性性能をより向上させるには、ドライバの主観評価を設計に反映する必要がある。そのための主観評価として客観的主観評価^①が提案されている。この評価は、車両がどのような動きをしたのかを観察する（良悪・合否・点数ではなく）ので、運動力学的知見と直接比較できるはずである。

ただし、客観的主観評価の具体的な方法や項目は陽に指摘されていないと思われる。そこで本報では、より気持ちよい操縦性の車両をより効率良く開発しやすくするために、感性性能についての客観的主観評価の評価項目と方法を調査・考察し、提案する。

調査フィールドは、インターネットやテレビ番組・書籍である。対象とする試乗記等は、主観評価が詳しくと著者が感じたものである。

これらの試乗等の場面において、評価される現象を運動力学的に著者が理解できたと思われるものだけを本報は、客観的主観評価として抽出し、分類した。その分類とは、平面運動、ステアリングからの車両運動インフォメーション、ハンドルの操作性、操舵系の動き、ロールの階層で「章」として分類し、これらの下の階層は、「節」や「項」とした。

分類された評価項目の名称は、主観項目が実際の現象を表していないと思われるものには「感」を付し（例：フロントグリップ感）、ほぼ対応すると思われるものには付していない（例：リヤグリップ）。これらを分類する際の粒度は、現象やシステムごとである。そのため、舵角の大小や車速の高低などの条件面での分類はしていない。

各分類では、まず評価例として試乗動画を示し、そのコメント等を文章化した。次に、コメントされた現象を、車両運動力学の観点から考察した。

原稿受付 2021年5月1日

*1 近畿大学工学部 ロボティクス学科 准教授, 次世代基盤技術研究所 准教授 (〒739-2116 東広島市高屋うめの辺1番)

E-mail sakai@hiro.kindai.ac.jp

なお、本論文では、簡単のため、以後、客観的主観評価を単に主観評価と略す。また、テレビ番組は、参照できないことがあるため、文献番号を付してない。最後にお断りであるが、本報は評価項目の調査と考察をするものであり、客観的主観評価される車両を評価・批判・宣伝等する意図は全くない。

2. 平面運動

平面運動に主眼があると思われる主観評価は4種類見つけた。それらを時系列順に述べる。

2.1 ノーズの入り感

2.1(a) 評価例

操舵すると旋回が始まる。その一つが、いわゆるノーズ(頭)の入りだと思われる。その肯定的評価例が、文献(2)の4分57秒以降で、「頭の入りがスッと入って」と手振りをしながら指摘されている。この手振りに似るのが文献(3)の2分35秒付近であり、「(ブレーキを緩めながら)ステアリングをゆっくり切り込んでいくと、ノーズが傾きながら入っていく」と指摘している。否定的評価例は、文献(4)の1分48秒以降での「一発目の舵角を入れたときに、直ぐに、こういうふうに左右の荷重移動がはやい」と違和感を指摘しているように見える。

2.1(b) 考察

これらの現象は、肯定的評価例の手振りが似ていることから、頭の入りとノーズの入りは、同じ現象であると思われる。両評価例の手振りから、ノーズの運動だけでなくロールも含まれ、さらに後者ではピッチも含まれているように見える。

ロールするとピッチも発生する。両者のタイミングが一致すると「スムーズにヨーが出る」、一致しないと「操舵初期にヨーが出ず、途中から急に速くなる」と操舵初期の動きに関してコメントされたこと記載されている⁽⁹⁾。したがって、文献(2)の例は、ロールとピッチとが同期していると思われる。

逆に、両者が同期してないと思われる例が、文献(4)の1分43秒での「フロントの沈み込みがはやいかな。(ロールの手ぶりをしながら)舵角を入れたときに横の荷重移動がある。」と指摘している。この手ぶりから、ピッチよりもロールのほうが早いタイミングで生じていて、ロールとピッチとが同期していないことが示唆される。

この後、文献(4)は「荷重移動した後は落ち着くが、切込んだときは(落ち着かない)ね。ハンドルを切ったときに、フロントが沈み込んでリヤが逃げる。(リヤ)サスペンションが横に動く。リヤの動きを止めてやらないと(いけない)。」であると思われる。これは、9分0秒以

降で「変な感じだね。舵角を与えたときに、4WSみたいに(リヤが)流れたふりして、流れてない。」とも評しているから、リヤの流れは錯覚であり、このことから、ロールとピッチとが同期していない⁽⁹⁾ことが示唆される。

なお、シミュレータビークルで、ロールとピッチとのタイミングを変えて実験をおこなった⁽⁶⁾経験のある3名が、文献(4)を見たところ、操舵の0.2[s]後ぐらいに生じる前方面像の横方向への変化は、シミュレータビークルにおいてロールよりもピッチが遅い場合と酷似すると、全員が指摘した。したがって、文献(4)はロールとピッチとが同期しないことによる「頭の入り」の違和感が評されたものと思われる。そこで、この項目を「ノーズの入り感」と称することにする。

ノーズの入りの評価方法は、ロールとピッチ、ノーズの平面運動を、これらの動画のように、手振りを使った説明が適すると思われる。

2.2 リヤグリップ

2.2(a) 評価例

ノーズの入り感に次ぐタイミングにおける後輪についての挙動の主観評価例は「フロントが曲がるとリヤまで一体になって曲がり始める」⁽⁷⁾、「後輪の力を感じる」「後輪で曲がっていく」⁽⁸⁾、「後輪がグリップする」「後輪が(横方向に)接地する」⁽⁹⁾、「リヤタイヤが踏ん張るので、後輪上に乗って、軽いフロントを振り回している感じ」⁽¹⁰⁾などである。

この感覚は、文献(8)において「助手席に乗っていても後ろタイヤの力を感じる」「首にくる」と評しているのも、首などの体幹で感じると思われる。

2.2(b) 考察

直進からの操舵では、ヨー慣性モーメントが特殊な場合、操舵するとまず前輪が旋回を開始し、その後遅れて後輪が旋回すると指摘される⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。この挙動は「フロントが曲がるとリヤまで曲がり始める」⁽⁷⁾と整合する。この現象と主観評価とが整合すると思われるので、この項目を「リヤグリップ」と称することにする。

後輪が旋回を開始するタイミングの目安はヨー進み時定数の小ささであると指摘される⁽⁶⁾。ヨー進み時定数が小さいほど、横加加速度が大きいので、圧覚変化を知覚するパチニ小体への刺激も大きくなり、リヤグリップとして知覚できると指摘されている⁽⁶⁾。したがってリヤグリップの評価は、体幹の圧覚変化に注目したい。

2.3 フロントグリップ感

2.3(a) 評価例

後輪も旋回を始めた後の舵の切増しや定常状態につい

て文献(4)の3分14秒では「フロントがしっかりしている」「どうして、こうフロントがしっかりしているのだろう」と評している。

2.3(b) 考察

フロントがしっかりしていると評している場面では、明確に前傾ピッチしているように見えた。また2分30～40秒にかけてでも、比較車よりも前傾が大きいように見える。一方、シミュレータビークル[®]で、ロールとピッチとを同期させたまま、定常旋回におけるピッチ角を（コンベンショナルなサスペンションのピッチ角の範囲内で）前傾側に大きくするほど「地面に吸い付く」「車両の動きが操舵についてくる」などの肯定的感覚（錯覚）が得られたとされる。したがって、前傾によって、フロントが路面にグリップするかのような錯覚が生じていると思われる。そこでこの項目を「フロントグリップ感」と記すことにする。フロントグリップ感の評価時には、ピッチ角とロール、前輪位置の平面運動について注目したい。

2.4 リヤの収まり

2.4(a) 評価例

操舵末期における平面運動の評価ポイントは、後輪の収束性である。文献(4)の3分40秒以降でインパルス的な操舵をした後、「フロントを軸にして、振子の原理でリヤがこうやって（他車ほどには）動かない（振子のようにには振られない）」と評している。したがって、この評価の前提は、インパルス的な操舵の後、前輪を軸に後輪が揺れることであり、評価車両の場合は、後輪がオーバーシュートせずに収まることを指摘していると思われる。

2.4(b) 考察

ある条件下におけるヨー共振モードを、振子の共振モードに例えると、振子の質点は後輪に相当し、振り子の釣り合い位置は前輪位置の進行方向の延長線上に相当する⁽¹³⁾。よって、文献(4)で評された振子は、この場合のヨー共振モードに対応すると思われる。そして、後輪が、振子のように揺れ続けず、収束しやすいことは、ヨー減衰比がより大きいことに対応すると思われる。このように、主観評価と現象とがほぼ対応するので、この主観評価項目を「リヤの収まり」と称することにする。後輪の収束性評価には、文献(4)のように手振りを使った説明が適すると思われる。

3. 車両運動インフォメーション

いわゆる操舵感に分類されることのある現象のうち、この章では、車両の動きについて述べる。

3.1 評価例

ハンドルからドライバに後輪のコーナリングフォースが伝わると指摘されることがある。

その例は文献(8)の10分0秒「助手席に乗っていても、後ろタイヤの感じが伝わりやすい」との指摘に対して、ドライバが「伝わるでしょ。ハンドルを握っていても、フロントの感じよりもリヤの感じのほうがよく分かる」と評していることである。同様の評価例は、文献(14)の3分15秒「切込んでいくと、グリップ感の変化がしっかり手に伝わってくる」や、文献(15)の3分15秒「手応えは軽めだが、ウェット路面でもタイヤが路面をつかんでいることが得られる。」「(ステアリングの手応えで演出しなくても)四輪が踏ん張っていることが(ステアリングに)伝わってくる」や文献(7)の1分30秒「ステアリングに伝わってくる情報が正確」などである。

これらは、コーナリングフォースが伝わるとされる例であるが、逆に、伝わらないと思われる例が、文献(16)の1分55秒「手応えが人工的な。もう少しタイヤのグリップ力が素直に伝わってくる手応えだったら良かった。しっかりしたフィーリングを強調するために、ハンドルを重くしてみました…みたいなフィーリング」である。

3.2 考察

ポジションコントロールによる過渡応答では、舵角と操舵反力との差が、後輪のコーナリングフォースの『変化』に比例する瞬間がある⁽⁶⁾。これは、文献(14)の3分15秒以降の「切込んでいくと、グリップ感の『変化』がしっかり手に伝わってくる」に対応すると思われる。したがって、主観評価と現象とが対応するので、ハンドルからリヤを感じるとされる項目を、「車両運動インフォメーション」と称することにする。

3.3 注意点

ドライバのハンドル操作は、角度とトルクの両方を使う、つまり角度もトルクも入力であるとともに出力でもあるとされる⁽⁶⁾。これを単純化したものが、角度だけでハンドルを操作して、その結果として操舵反力が決まるポジションコントロールとトルクだけでハンドルを操作して、その結果として角度が決まるフォースコントロールである。フォースコントロールの例を図1に示す。

この図は、スラローム車両応答試験の舵角とトルクの時系列波形である。操舵法として、メトロノームに合わせてドライバなりに正弦波を入力するように指示した

操舵系には摩擦が存在するため舵角とトルクとは比例しない。舵角の \sin 入力なら、摩擦トルクは、舵角速度の符号が変化した時に発生するから、摩擦トルクは \sin

波よりも早く発生し、歪む。トルクの sin 入力なら、操舵トルクが摩擦トルクを上回るまで舵角は変化しないから、舵角の波形は sin 波よりも遅れ側で歪む。

C~G 部や J~L 部は、フィットした sin 波よりも早い側でトルクが歪むため、ポジションコントロール優勢の操舵が示唆される。一方、H~I 部は、舵角が同 sin 波よりも遅い側で歪むので、フォースコントロール優勢の操舵が示唆される。

3.2 節では、ポジションコントロールを仮定しているので、この評価の際には、ポジションコントロールを心がける必要があると思われる。

したがって、車両運動インフォメーションの評価にあたっては、ポジションコントロールかフォースコントロールのどちらを想定した操舵をしたのかと、ハンドルの角度とトルクと車両運動との関係について表現したい。

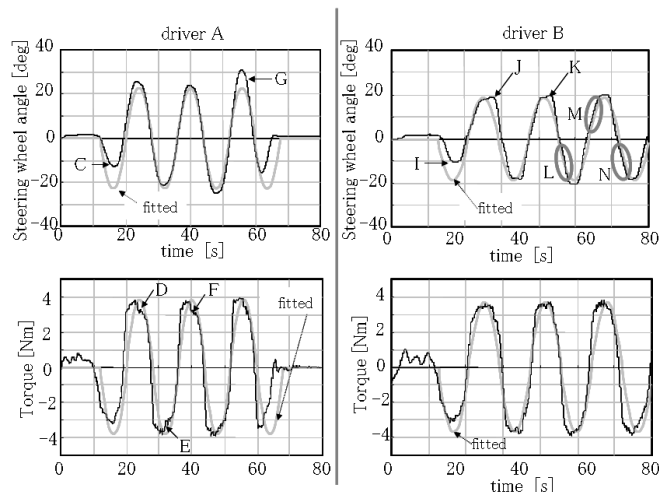


Fig. 1 Surveillance test for steering input manner

4. ハンドルの操作性

いわゆる操舵感に分類されることのある現象のうち、この章では、パワステアリングやキャスタトレール、操舵系のギヤ比や摩擦など、主に操舵系の特性に起因すると思われる、準静的な現象について記載する。

4.1 評価例

準静的な操舵における舵角とトルクとの関係の評価の例は、文献(17)の3分0秒「ハンドリングは、ステアリングに対するレスポンスが速いわけではないが、滑らかな操舵感で、ギヤ比は適切」や、文献(18)の3分23秒「ステアリングを切込んだときのフィーリングが凄く良い。切込み・きり戻しのときの手応えが適度で気持ちよい。車の動きが滑らかにつながるので、操作感が気持ちよい」である。

4.2 考察

これらの操作感や操舵感は、車両応答について言及していないので、準静的な操舵における舵角とトルクとの関係を主観評価しているように思われる。そこで、この項目を「ハンドルの操作性」と称することにする。

著者の経験では、上記2例のように滑らかと評されるのはハンドルの操作性が良いことを指す言葉であると思われる。また滑らかと同種と思われる表現が文献(19)の1分57秒「従来モデルは切り始めにフリクション感があって応答が曖昧だったが、(このモデルは)手応えの変化が自然」の自然である。

また、文献(15)の3分46秒では、「安定性を実感させるには、中立から切込むときに手応えの変化・節度を出すやり方がある」と、操作性によって安定性を擬似的に演出できることが指摘されている。

操作性は、Normanの指標群⁶⁾などによって表されると思われる。これは、車速27.8[m/s]における操舵周波数0.2[Hz]、横加速度振幅2.0[m/s²]のsin波状に連続的にポジションコントロールで操舵し、その定常部分を14の指標で評価する方法である。

この指標群は、主にパワステアリングの設定やキャスタトレールの設定、操舵系の剛性や摩擦によって決まるものと思われる。操作性は、その下位階層である舵の重さや舵角の大きさ・摩擦感などの項目から構成される総合性能であると思われる。したがって、ハンドルの操作性は、滑らか・自然等の総合評価だけでなく、14指標の全てを評価したい。

なお著者の経験では、14の指標群のうち、特に設定に注意を要するのはSteering torque gradient ratioとSteering work sensitivityの二つであった。前者は「ヨーが操舵よりも先行する」のように違和感(錯覚)に関係することがある⁶⁾。後者は軽快⇔重厚に影響すると思われる。なお後者は、操舵角×反トルクの(横加速度の2乗に対する)感度で定義されるが、著者の経験では、操舵角×反トルク^{0.5}の感度ほうが、主観評価との相関がより高かった記憶がある。

5. ハンドルの動き

いわゆる操舵感に分類されることのある現象のうち、この章では、ハンドルの戻りなど、フォースコントロール下の操舵系の動特性について記載する。

5.1 評価例

フォースコントロール下の操舵系の動きや、車両運動もドライバは感じていると思われる。

ハンドルを戻す場合の例は、文献(20)の1分4秒以降

の「ちょっと（操舵力を）抜いていく操作をしたときに、運転が楽しい」である。

ハンドルの切り始めでは、前出の文献(19)の1分57秒「従来モデルは切り始めにフリクション感があって応答が曖昧だった」もハンドルの動きに関連するかもしれない。なぜなら、操舵トルクを0から増やしても、操舵系の摩擦を振り切るまでは、前輪に実舵角が生じないため、車両が応答しないことを曖昧と評しているかもしれないからである（ポジションコントロールなら、切り始めから実舵角が生じて、車両が応答する）。

5.2 考察

評価例のハンドルの戻りはハンドルの動きを評価しているはずである。また切り始めもハンドルの動きが関連している可能性がある。そこで、この項目を「ハンドルの動き」と称することにする。

ハンドルの動きは、操舵系の運動方程式を平面2自由度モデルに加味した3自由度モデル⁽²¹⁾によって表され、全車速域で安定の場合の固有振動数や減衰比が定式化されている⁽²²⁾。よって、ハンドルの動きは、戻りの速さと減衰を評価するとともに、直進からの切込み時のハンドルの動きや車両応答も確認したい。

なお、不安定になる車速域がある場合、不安定領域では、操舵系の周期的運動の振幅が時間とともに増加するとともに、前輪の軌跡の振幅よりも後輪のほうが大きい尻振りモードになることが指摘されている⁽⁶⁾。その例が、文献⁽²³⁾であると思われる。

6. ロール

この章では、ロールについて例が多い順に記載する。

6.1 ロールの大きさ

6.1(a) 評価例

文献番号(10)の1分50秒では「この車のハンドリング、サスペンションの良さについてみて見ましょう。（中略）殆ど傾かないで曲がってしまいます」とロールの小ささが好評価されている。

また、この評価では、ハンドリング性能がロールの大きさとして扱われているが、これは頷ける。なぜなら、本研究で感性項目の評価を調査した中では、ロールが最も多く見つかったからである。

例えば、前出の文献(19)の2分15秒では「コーナリング中のロール感を全く感じない」と評されている。また、同一プラットフォームである車両の比較試乗において、両者の差は、「86は（BR-Zよりも）ロールスピードが速い」⁽²⁴⁾とロールについて評されている。さらに、テレビ

番組「GT+」では、「（カイエンは）911に近いフィーリング。コーナリングが安定してる。（マカンに比べて）ロールが小さい」（2017/2/12放送）や、セレナの試乗において

同乗者「コーナの安定性が・・・（ありそう）」
ドライバ「ロールが小さい（から）」

や、ある車両について

同乗者「シャシはどうですか？」

ドライバ「ロール感が少ない」（2018/10/21放送）や、「フォーミュラー（カー）で乗っていたようなカチツとした車よりもロールもたくさんするし、（スーパー）GTってこういう感じで、こんなに難しいんだ」（2020/7/5放送）

など、ロールに関する指摘が散見された。

また、文献(25)の6分16秒以降のダブル・レーンチェンジ試験において、ドライバが

「うわー、うわー」

と悲鳴のような声をあげている。これは、ロールの大きさによるものだと思われる。なぜなら、この後、

「怖いよ。スタビ（ライザー）ぐらい付けたほうが良い」

と評しているからである。

また、スポーツ走行の解説書では、ターン前半部の解説で「ロールしながらパワーオフ」⁽²⁶⁾との記述があるので、コーナ進入時に、操舵や旋回よりもロールにより注目していることが示唆される。

6.1(b) 考察

ロールの大きさにロールのスピードも含まれるとすると、この項目は実現現象そのものを主観評価していると思われる。そこでールの大きさとスピードを「ロールの大きさ」と称することにする。

ロールの大きさやスピードは、横加速度に対するロール角にほぼ支配されると思われる。

ただしロールスピードについては、ロール減衰の影響もある。ロール減衰を変化させると、横加速度とロール角とのタイミングも変化する。アクティブサスペンション車両⁽⁶⁾でのスラロームでは、両者が同期するタイミングが最も主観評価結果が良かったと記憶している。したが

ってロールの大きさは、①大きさ②速さ③横加速度との時間差を評価したい。

なお、アイポイントが高いほど、ロールが強調される可能性がある。それは文献(27)の9分30秒以降で「(平面運動は)しっかりしている。しかし、背が高いから、(コーナーで) ああ怖い、ああ怖い(と感じる。)ロールがね」と評しているからである。なお、そのコーナリング場面である6分50秒で「ああ怖い、コケそうだ、コケそうだ」と評されている。

6.2 ロールモード

6.2(a) 評価例

テレビ番組「GT+」(2016/10/3 放送)では、

助手「地面に吸い付いている…」

ドライバ「……………感じではないね。(手振りとともに)高い位置を中心にロールしている」

と、評している。これは、ロールの回転中心についての評価に思われる。

6.2(b) 考察

ロール共振のモードは、四輪のコーナリング係数の和が大きいか、ロールセンタ周りのロールモードに、和が小さいほど、重心周りのロールモードに近づくことが指摘されている⁽²⁸⁾。評価例は、その手振りから、重心周りのロールモードを指摘していると思われる。そこで、この主観評価項目を「ロールモード」と称することにす。ロールモードの評価は、どこに回転中心があるのかを手振りで表現するとともに、ロールとピッチとのタイミングも確認しておきたい。

なお、著者も、ロールモードに関連すると思われる評価結果を聞いたことがある。これは、アウトバーンにおける高速走行(車速200[km/h]時の横風安定性検討⁽²⁹⁾)において、安心感のある車両に対して安心感のやや劣る車両は、足元をすくわれるようにロールするとのことであった。なお、その安心感のある車両はリヤグリップ感が肯定的評価であり、やや劣る車は否定的であった。よって、安心感のある車両のほうが、コーナリング係数がより高かったと思われるので、劣る車両よりも、ロールセンタまわりロールモードにより近かった可能性がある。

7. まとめ

ハンドリングの気持ちよさの主観評価は、従来、良い⇔悪い、あるいは評価点のように主観的に、極端に言えば、ドライバの好みに評価され、その基準があいまいで

あった。そのため、その評価結果を設計に盛り込むには、論理の飛躍があった。そこで、この飛躍を解消するための手法として、本報は、感性性能の客観的な評価項目として、①ノーズの入り感や②リヤグリップ、③フロントグリップ感、④リヤの収まり、⑤車両運動インフォメーション、⑥ハンドルの操作性、⑦ハンドルの動き、⑧ロールの大きさ、⑨ロールモードを提案した。これらに基づいた客観的な主観評価は、運動力学的に理解でき、設計に反映できると著者は考える。

ただし、この主観評価をおこなう際には、それぞれの項目の考察で指摘した現象とドライバが指摘する現象とが一致するかの確認が必要である。

また、上記項目は著者が理解できたつものものだけだから、これら以外の感性項目も存在しうる(例えばボデー剛性やエンジンマウントについて言及したコメント⁽³⁰⁾もあったが、著者には車両運動力学に基づいた理解ができなかった)。したがって、他の研究者による拡充や深化・進化を期待したい。本報が、より気持ちよい操舵応答の車両開発に少しでも貢献できれば幸いである。

参考文献

- (1) 佐野彰一, 操安性の評価, 自動車技術, Vol.34, No.3 (1980), pp.211-219
- (2) 土屋圭市, TOUGE BATTLE!! 土屋圭市 S660 vs. ALTO TURBO RS.2, Best MOTORing(1992), <https://www.youtube.com/watch?v=foKnCG-i3Ag>
- (3) 山田弘樹, スバル・WRX STI TypeS 試乗インプレッション 走行編, Gazoo(2014), <https://youtu.be/JYdaEorgtUg?t=154>
- (4) 土屋圭市, 服部尚貴, マツダ AZ-1 登場!! K スポーツ 頂上決戦, Best MOTORing(1992), <https://www.youtube.com/watch?v=1jUzY2qbZA>
- (5) 酒井英樹, 自動車運動力学~気持ちよいハンドリングのしくみと設計, 森北出版(2015), pp.6-167
- (6) 山本泰, 酒井英樹ほか, 視覚・動揺感受性に基づく操舵過渡応答性能の向上-ロール感の解析-, 自動車技術会論文集, Vol.38, No.2(2007), pp.13-18
- (7) 島下泰久, トヨタ・Vitz RS G's 試乗インプレッション走行編, GAZOO(2014), <https://www.youtube.com/watch?v=iuSLxmvIU7E>
- (8) 飯田章, 織戸学, 新型スープラを飯田章、織戸学が試乗! 絶賛! ? 気になるその評価は?, GAZOO(2019), <https://youtu.be/gXyHwMyKaiE?t=588>
- (9) 島下泰久, トヨタオーリス 試乗インプレッション, GAZOO(2012),

- <https://www.youtube.com/watch?v=tpnaWzRfkG8>
- (10) 熊倉重春, BMW・i3 試乗インプレッション走行編, GAZOO(2014),
<https://www.youtube.com/watch?v=lhD2R-uUQ6Q>
- (11) 酒井英樹, 操舵過渡応答において顕在化する応答指標とその順序, 自動車技術会論文集, Vol.50, No.6(2019), pp.1561-1568
- (12) 酒井英樹, 自動車の平面運動におけるヨー進み時定数の力学的考察, 日本機械学会論文集, Vol.79, No.801(2013), pp.456-467
- (13) 酒井英樹, ヨー共振モードについての基礎的研究(簡潔モデルの共振現象から解釈するヨー共振現象とドライバの評価用語との関係), 日本機械学会論文集, Vol.84, No.866(2018), pp.18-0014
- (14) 島下泰久, C-HR S-T 試乗インプレッション 試乗編, GAZOO(2017),
https://youtu.be/p3WzLv_QaLE?t=195
- (15) 萩原秀輝, レクサス・RX200t & メルセデス・ベンツ GLC250 試乗インプレッション GLC250 編, GAZOO(2016),
https://youtu.be/iTHQ_ZtcSOg?t=195
- (16) 萩原秀輝, レクサス・RX200t & メルセデス・ベンツ GLC250 試乗インプレッション RX200t 編, GAZOO(2016),
<https://youtu.be/S5bZNzRKRzk?t=115>
- (17) 森口将之, トヨタ・プレミオ 試乗インプレッション 試乗編, GAZOO(2016),
<https://youtu.be/v-iaBUQIINo?t=180>
- (18) 藤島知子, トヨタ・アリオン 試乗インプレッション 試乗編, GAZOO(2016),
<https://youtu.be/sai3HflWStM?t=203>
- (19) 萩原秀輝, トヨタ・プリウス S“ツーリングセレクション” 試乗インプレッション 走行編, GAZOO(2016),
<https://www.youtube.com/watch?v=Di1HXdfCJec>
- (20) 山田弘樹, トヨタ・オーリス RS 試乗インプレッション 後編, GAZOO(2015),
<https://youtu.be/dogxksyaVtY?t=64>
- (21) 坂下和夫, 岡田正, 操舵系の特性を考慮した自動車の操縦安定性に関する線形理論, 自動車技術, Vol.18, No.4(1964), pp.268-273
- (22) 酒井英樹, フォースコントロール下の固有振動数についての一考察, 日本機械学会論文集, Vol.81, No.824(2015), pp.1-15
- (23) (著者不明), さよならしろなな・白老カーランドにて愛車 FD3S がクラッシュ! (2010),
<https://youtu.be/fXFNObPAsds?t=175>,
- (24) 谷口信輝, トヨタ 86/スバル BRZ 比較試乗, GAZOO(2016),
<https://gazoo.com/impression/guide/161223.html>
- (25) 清水和夫, スズキ・アルトX 対 ダイハツ・ミラココア+G, StartYourEnginesX, DST#006(2016),
<https://youtu.be/FOtFxMyJEVI?t=376>
- (26) ミハエルクルム, ミハエル・クルムのレーシング「超」運転術 (日本語), 東邦出版(2012), pp.86
- (27) 土屋圭市, TOUGE BATTLE!! 土屋圭市 S660 vs.ALTO TURBO RS. 2, Best MOTORing(2016),
<https://www.youtube.com/watch?v=foKnCG-i3Ag>
- (28) 酒井英樹, ロール固有振動数についての一考察, 自動車技術会論文集, Vol.26, No.3(2015), pp.86-90
- (29) 前田和宏, 酒井英樹, 高速走行時の車両安定性に与える空気力学特性の解析 - 空力中心が走行中のロールレートに与える影響, 自動車技術会論文集, Vol.46, No.2(1995), pp.385-391
- (30) 島下泰久, レクサス・RX 450h ”version L” 試乗インプレッション 走行編, GAZOO(2016),
<https://www.youtube.com/watch?v=Cm5lkMp08tQ>