

超小型車両用アクティブシートサスペンション（段差降下時の視認性に関する検討）

Active Seat Suspension for Ultra-Compact Vehicles

(Examination on Visibility When Fall from the Bump)

○ 遠藤文人（東海大） 池田圭吾（東海大）

増野将大（東海大院） 成田正敬（東海大）

加藤英晃（東海大）

Ayato ENDO, Tokai University  
Keigo IKEDA, Tokai University  
Masahiro MASHINO, Tokai University  
Takayoshi NARITA, Tokai University  
Hideaki KATO, Tokai University

**Abstract:** Nowadays, the ultra-compact mobility vehicle is an electric automobile for 1 or 2 passengers and has been sold by several automobile manufacturers in Japan. Unlike conventional automobiles, the ultra-compact vehicle may frequently travel on narrow and unpaved roads. Being lightweight, however, it is subject to vibration from road irregularities and road surface steps. Therefore, it is necessary to develop a vibration control system for safe and comfortable driving. To improve ride comfort against vertical vibration, our research group proposed an active seat suspension using a voice coil motor at the seat section of the vehicle. In the past, we have examined to reduce vibration of the driver's head and seat when fall from the bump. In this paper, we focused on the electrooculogram and also conducted subjective evaluation of visibility.

**Key Words:** Active Seat Suspension, Ultra-Compact Electric Vehicle, Ride Comfort, Heart Rate Variability

1. 緒言

近年，超小型車両の需要が高まりを見せしており，メーカー各社が環境と人に優しい超小型車両の開発を進めている。高齢者向けモビリティとしても需要のある超小型車両は安全性や快適性に関する課題も存在し，特に認知機能低下の面からこれまで以上に車体の振動低減が必要と言われ，中でも頭部挙動に対する視野を安定化させる機能や頭部補償機能の低下への対策が課題である<sup>(1)</sup>。当研究グループではこれまでに超小型車両の乗り心地改善のためにアクティブシートサスペンション（以下，ASS，）を提案し，その有用性を継続的に追求している<sup>(2)</sup>。本報告では歩車道境界の段差通過時などに受ける比較的大きな入力に対するASSによる視野の安定性の向上について主観評価から検討を行う。

2. 実験方法

2.1 実験車両とASS

ASSの制御システム概略図をFig. 1と2に示す。シートはコイルスプリング，リニアスライダ，これらに並列に設置したボイスコイルモータにより支持されている。またクッション等は用いておらず座面の振動が直接運転者に伝達され，運転者とシートは一体に運動すると仮定し，床から上部を制御対象とした1自由度システムとしてモデル化を行った。

2.2 眼球運動と乗り心地

歩道から車道へ降下する時など路面から大きな衝撃入力を受けたとき乗員の視野は安定せず走行に必要な情報である交通標識などを見落とすことが想定される。著者らはこれまでシート加速度低減による眼球運動の抑制効果に関して確認している<sup>(3)</sup>が，その抑制効果と視野の安定性に関しては未だ検討を行っていない。そこで実路走行時を想定した段差降下実験から主観的な評価を行った。

人間が一点を注視したとき身体を動かさず眼球運動のみ

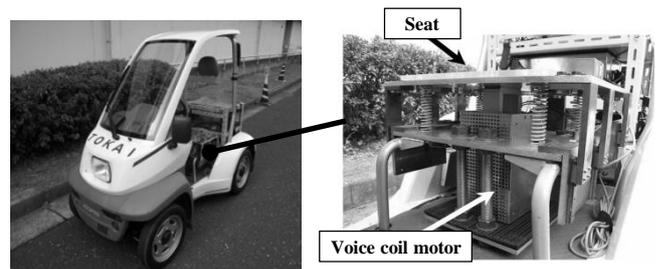


Fig. 1 Photographs of ultra-compact vehicle and ASS

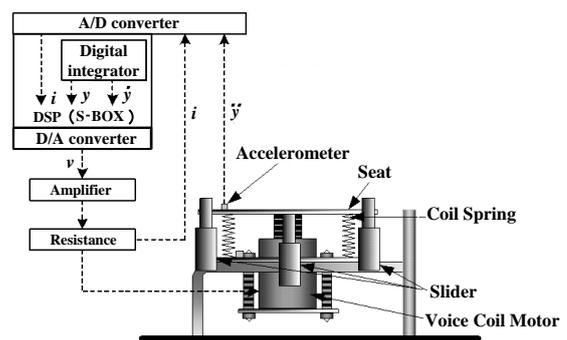


Fig. 2 Control system of ASS

で情報が受容できる範囲は有効視野と言われ，段差降下時における視野の安定性欠如は上下方向の眼球運動による有効視野の影響が大きい。人間の平均的な有効視野は上方向が8°，下方向が12°と言われ<sup>(4)</sup>，特に車両走行中，車外からの走行情報の取得が困難になる場合に物理的に危険を伴い，心理的にも極めて高いストレスを受けるものと考えられる。そこで実験では上方向の有効視野を対象とし乗り心地評価を行った。

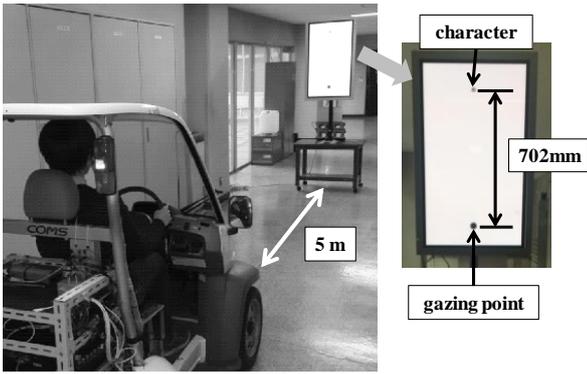


Fig. 3 Photograph of the experiment

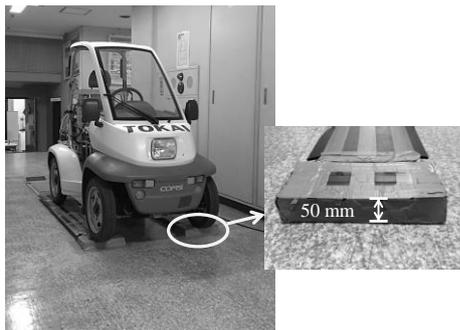


Fig. 4 Test course of bump road assuming bump of roadway boundary using hard rubber

### 2.3 実験条件

実験では Fig. 3 に示す通り大型ディスプレイを用い、車両に乗車した被験者の視線高さに表示させた点を注視点とし、注視点から上方 8°の位置に一文字のひらがなを提示するものとした。なお眼球とディスプレイの距離は 5m とした。また被験者は男子大学生 1 名とし、10 回の実験を行うこととした。提示するひらがなは実験毎に無作為に選定し、判読の可否を評価した。

一方、静止時において人間が眼球からの情報を判読するために必要な時間は最低約 0.2 秒<sup>(5)</sup>、また眼球運動時の最大角速度は約 100 deg/s と言われている<sup>(6)</sup>。したがって注視点から上方 8°の物を認識するまでに要する時間は最低約 0.1 秒である。本研究では走行中時の最も厳しい環境を想定し文字を表示する時間は車両が段差を降下した瞬間から 0.3 秒とした。

### 2.4 走行タスク

歩車道境界の段差にて車両の通行ができるよう切り下げられた部分は、国交省により自転車や歩行者の安全も考慮し、高さ 50 mm 以下と定められている<sup>(7)</sup>。そこで実験路として Fig. 4 に示すような高さ 50 mm の硬質ゴム板を段差と想定し、車両の段差降下を再現した。走行中に運転者が予期せぬ外乱を受けた場合を想定し、被験者には段差を降下するタイミングは教示しないものとした。走行速度は特に段差があるような走行環境においては安全性、操縦性から低速にて走行すると考えられるため、実験車両のクリープ時の速度である 2 km/h にて段差から降下するものとした。段差降下実験時において被験者はディスプレイの点を注視し、文字が提示された際には首などを動かさずに眼球運動のみで文字を判読し、車両停車後速やかに回答した。5 m の距離から文字を判読するために有効な文字高は 20 mm 以上であると国交省によって定められている<sup>(8)</sup>。そこで提示した文字の高さは 20 mm とした。

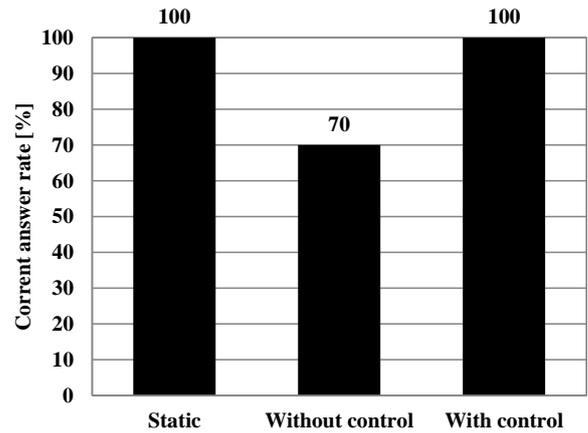


Fig. 5 Correct answer rate of experiment

### 3 実験結果

Fig. 5 に車両静止時、未制御車両時および制御時車両の提示文字の判読率を示す。同図より静止時の文字の判読率は 100% となった。しかし未制御車両時には判読率が 70% に低下していることが確認できる。制御車両時には判読率が 100% となり、段差降下時においても文字の判読率が向上していることが確認できた。以上のことから、シート加速度を低減させることで文字の判読率が向上し、視野の安定につながっていることを示すことができた。

### 4 まとめ

本検討では ASS を搭載した超小型車両を用いて、歩車道境界の段差の降下を想定した衝撃を受けた場合による衝撃低減効果を主観評価から検討を行った。その結果、未制御時には視認が困難であった文字を ASS による制御を適応することで判読することが可能となり、加速度の低減が視野の安定性に繋がっていることを示すことができた。

### 参考文献

- (1) 赤松幹之, 加齢による機能変化からみた高齢者のためのモビリティ技術, 自動車技術, Vol. 67, No. 3, pp. 49-54, 2013.
- (2) 阿部義弘, 新井創, 押野谷康雄, 石橋一久, 能動型シートサスペンションによる乗り心地改善 (小型電気自動車を用いた基礎的検討), 日本機械学会年次大会講演会論文集, Vol. 7, No. 2-1, pp. 175-176, 2002.
- (3) 増野将大, 加藤英晃, 成田正敬, アクティブシートサスペンションによる視野の安定性向上に関する研究, 第24回MAGDAコンファレンス講演論文集, No. 1-3-1, pp. 193-198, 2015.
- (4) 柳瀬徹夫, 自動車の人間工学技術, 朝倉書店, p. 10, 1998.
- (5) 大谷璋, 眼球運動の時間特性, 人間工学, Vol. 4, No. 1, pp. 29-36, 1968.
- (6) マーク L. ラタッシュ, 運動神経生理学講義, 大修館書店, p. 209, 2002.
- (7) 国土交通省 都市・地域整備局, 道路局, 歩道の一般的構造に関する基準等について, 2005.
- (8) 国土交通省 総合政策局, 公共交通機関の旅客施設に関する移動等円滑化整備ガイドライン バリアフリー整備ガイドライン 旅客施設編, 2013.