

平成 22 年 5 月 28 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19560240
 研究課題名（和文） 運転感覚の知的統合分析に基づく高齢者の社会参加支援用小型車両に関する研究
 研究課題名（英文） Study on small vehicle for senior citizen's social participation support based on intellectual integrated analysis of driving sense
 研究代表者
 押野谷 康雄 （OSHINOYA YASUO）
 東海大学・工学部・教授
 研究者番号：70233533

研究成果の概要（和文）：

本研究では高齢者の運転感覚を統合的に分析し、社会参加支援を目的とした研究を行った。特に乗り心地に影響する心理学的情報として気分に着目し、屋内実験において運転時の個人の気分を抽出し、乗り心地との関係性について多変量解析を用いて検討した。次に生理学的情報に着目し、心理学的情報と併用して生体反応を用いて検討した。屋外実験において生体反応には心拍変動を用いて、自律神経活動を測定した。また、走行時における心理学的情報も質問紙で測定し、乗り心地と走行時の心理、生理学的影響の関係性について検討した。

研究成果の概要（英文）：

In this study, focusing on the moods of drivers as psychological factors affecting ride comfort, we obtained data on the moods of individual drivers during driving in an indoor experiment, and examined the relationship between mood and ride comfort by multivariate analysis. Next, we examined physiological information in terms of biological reactions as well as psychological information. In an outdoor experiment, the fluctuation in heart rate was measured as a biological reaction to monitor autonomic nerve activity. In addition, the relationships among ride comfort, mood of the driver, and physiological effects were discussed on the basis of psychological information during driving acquired through a questionnaire survey.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学，機械力学・制御

キーワード：低速小型車両，シートサスペンション， μ -マシンセシス，POMS,アクティブ制御

1. 研究開始当初の背景

現在の自動車産業において、高齢者の買い物利用のような一定地域内で移動するための交通手段として超小型車両の需要が高ま

ってきている。高齢者の使用に適した移動具の一連の研究より小型車両が高齢者にとって望ましい移動具であることが報告されている。しかしこれらの小型車両は、段差や小さな障害物が多数路面上にある悪路などへ

の頻繁な乗り入れの影響が大きくなり高齢者にとって乗り心地はもちろん、操作性、安全性にまで問題が生じることが考えられる。報告者は外乱を乗り越えた時の衝撃を抑制するためにボイスコイルモータを用いた小型かつ簡易装着可能なアクティブシートサスペンションを提案している(図1)。これまで振動加速度の低減を目指し、システムの制御性能を検討し、乗り心地性能を中心に実用性に関する検討も行っている。



図1 電気自動車

2. 研究の目的

そこで本研究では高齢者の運転感覚を統合的に分析し、社会参加支援を目的とした研究を行った。特に乗り心地に影響する心理学的情報として気分に着目し、屋内実験において運転時の個人の気分を抽出し、乗り心地との関係性について多変量解析を用いて検討した。次に生理学的情報に着目し、心理学的情報と併用して生体反応を用いて検討した。屋外実験において生体反応には心拍変動を用いて、自律神経活動を測定した。また、走行時における心理学的情報も質問紙で測定し、乗り心地と走行時の心理、生理学的影響の関係性について検討した。

3. 研究の方法

(1) 屋内走行実験

実験に用いた小型電気自動車を図1に示す。実験は走行路として図2に示すように車両の進行方向に硬質ゴム製障害物(幅30mm, 高さ6mm, 長さ150mm)を左右の車輪が同時に載るように間隔125mmで並べ、周波数が5Hzとなるように小型電気自動車で行った。

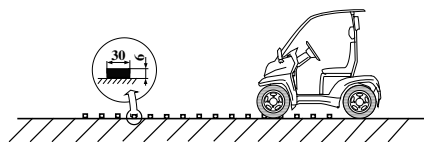


図2 屋内実験走行路

床面とシート座面の相対変位が変化しないように固定した未制御車両を基準車両 R とし、図3に示すシート座面絶対加速度の時刻歴のように振動が異なる6種類の車両を最適制御と最適制御を併用した外乱相殺制御

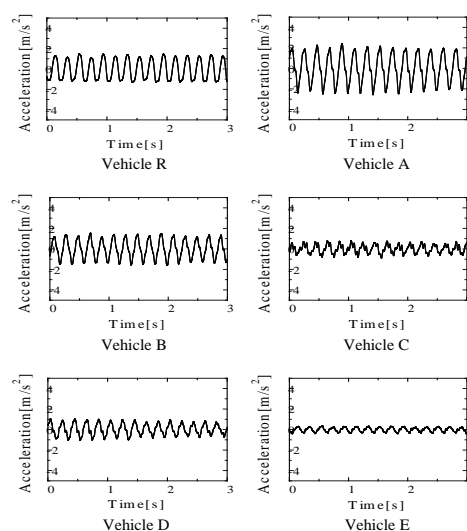


図3 屋内走行実験時のシート座面加速度

を用いて、ボイスコイルモータの電圧を制御することで用意した。

ドライバーの気分に関する調査には質問紙法を用いた。質問紙にはPOMSを用いた。この質問紙はT-A(緊張-不安), D(抑うつ性), A-H(怒り-敵意), V(活気), F(疲労), C(混乱)の6つの気分尺度を測定できる。これらの各尺度の点数を標準化したT得点を用いて乗り心地に影響を及ぼす因子の分析を行った。また、実験後に各車両に対する乗り心地を5点法で答える質問を行なった。尚、被験者は60歳台を中心とした大学教職員と大学生及び大学院生46人を対象とし、集団調査を実施した。

(2) 主成分分析とクラスター分析

シートサスペンションの特性が乗り心地に影響しているか検討するために主成分分析を行った。次に影響力の個人差を比較検討する為に、主成分得点を用いてクラスター分析で検討した。これによって個人の車両に対する好みによってグループ分けすることができる。ただし、被験者ごとの感覚の違いから評価の大小にばらつきがあることを考慮し、各被験者における乗り心地の評価値の標準偏差が1になるように標準化したデータを用いて分析を行う。クラスター分析の結果得られた樹形図を図4に示す。

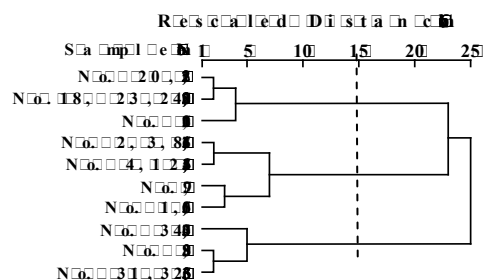


図4 クラスタ分析樹形図

(3) 屋外走行実験

実際の利用状況を想定し、実路を走行路とした長時間走行を考慮した屋外走行実験を行った。走行路は東海大学湘南キャンパス内の石畳を使用した。石畳は、300~600mmの四角形の石が敷き詰められた凹凸の含む直線路が走行路である。この走行路上を、約8km/hの速度で車両を直進走行させることで車両にはランダムな周波数の振動を外乱として入力させ走行実験を行った。

また、床面とシート座面の相対変位が変化しないように固定した未制御車両をA車両、ボイスコイルモータの電圧を制御した車両をB車両とし、各車両のシート座面の絶対加速度の比較実験を行った。

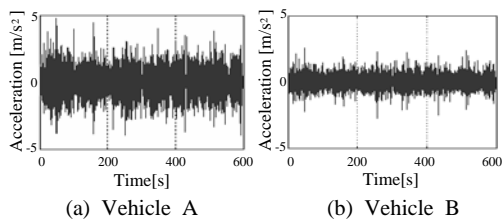


図5 シート座面絶対加速度

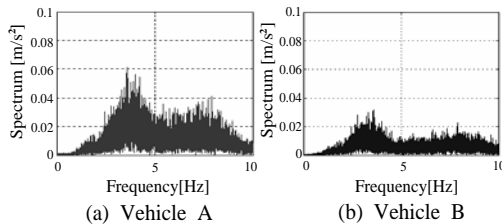


図6 シート座面絶対加速度

図5, 6に車両実験のシート座面絶対加速度の結果を示す。図5(a), (b)はA車両, B車両のシート座面絶対加速度の走行時間の時刻歴を示している。横軸に走行時間, 縦軸にシート座面絶対化速度を示す。A車両のシート座面絶対加速度の標準偏差を100%とした場合, B車両では約40%抑制している場合である。図6(a), (b)はシート座面絶対加速度のパワースペクトル密度を示している。A車両と比較してB車両において乗り心地に大きく影響を与える4~8Hzの振動加速度を低減できている場合である。

(4) 心拍変動解析

屋外走行条件にて心理学的情報である質問紙に変わる評価指標として生体反応である心電図(図7)を測定した。横軸に時間, 縦軸に心臓の筋電位を示している。R波の発生から次のR波の発生までの時間をRR間隔という。RR間隔の変動を心拍変動といい、心拍変動から心理的問題や自律神経の変化を測定でき、これらの生理学的情報を調査することで運転時の生体反応の変化を用いて乗り心地に関する分析を行った。

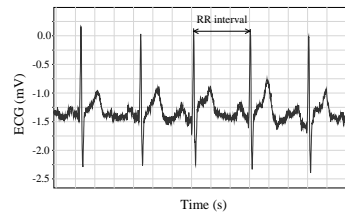


図7 心電図

心拍変動を自律神経の指標とするために、心拍変動を周波数成分解析で検討する。心拍変動の周波数成分解析は、2つの周波数領域LF, HFに分けられる。LF成分は交感神経活動、一部副交感神経活動により影響を受ける。HF成分は呼吸によって生ずる副交感神経活動によって影響を受ける。また、LF/HF成分が交感神経機能の指標として用いた。

実験は図8に示す手順で行った。A車両, B車両共に、走行前安静5分間、車両走行時間10分間のHF成分, LF/HF成分の時間変化を測定した。また、各車両の走行後に、走行時の気分を測定するため質問紙POMSを行い、B車両走行後には車両の乗り心地に関する質問紙調査を行なった。

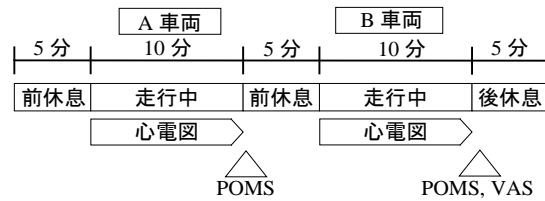


図8 屋外実験手順

4. 研究成果

(1) 屋内走行実験結果

シートサスペンション特有の振動特性を考慮した乗り心地評価の検討を行う為に、質問紙調査より得られた車両評価値を用いて主成分分析を行った。表1に第2主成分までの主成分得点係数を示す。同表と車両特徴より、第1主成分においてC, D, E車両の主成分得点係数が高いことから、第1主成分は加速度の小さい車両を好む成分であることが確認できる。次に、第2主成分においてはC, E車両の主成分得点係数が負の値であることから、第2主成分は変位の位相差の大きい車両を嫌う成分であることが確認できた。

表1 主成分得点係数

	The 1st component	The 2nd component
A Vehicle	-0.043	0.852
B Vehicle	0.221	0.849
C Vehicle	0.866	-0.190
D Vehicle	0.714	0.147
E Vehicle	0.859	-0.107

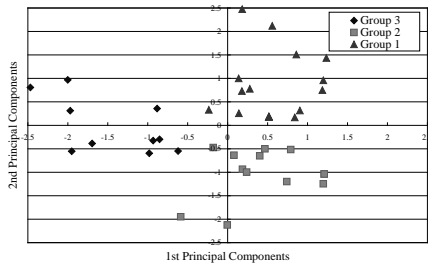


図 9 主成分得点散布図

(2) 乗り心地の好みと気分因子の関係性

図 9 にクラスター分析より分けられた各グループの乗り心地評価に対する主成分得点の散布図を示す。グループ 1 は第 1, 2 主成分得点が正の値であることから、変位の位相差の大きい車両を嫌い、かつ加速度の低い車両を好む傾向があることが確認できた。グループ 2 では、第 2 主成分得点が負の値であることから変位の位相差の大きい車両を好む傾向があるといえ、グループ 3 では第 1 主成分得点が負の値であることから、加速度が低い車両を嫌う傾向にあることが確認できた。

図 10 に各グループの気分尺度得点の基準点からの差を示す。横軸に気分の心理尺度、縦軸に T 得点化した尺度得点から基準点である 50 点を引いた値を示す。

同図から気分状態から乗り心地の好みと比較する。グループ 1 において T-A, C の尺度が低下しており、グループ 2 において F, C の尺度得点が標準より高いことが確認できる。よって、T-A, C が比較的低い人は加速度の低い車両を好み、かつ変位の位相差の大きい車両を嫌う傾向があった。また、気分因子 F, C が比較的高い人は変位の位相差が大きい車両を好む傾向が確認できた。

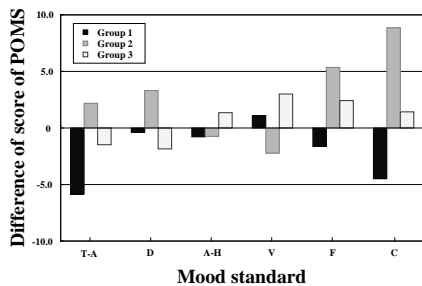


図 10 各グループの気分尺度得点差

(3) 屋外走行実験結果

シートサスペンションの乗り心地が影響している主観的評価を検討するために VAS の主観的評価の個人差を比較検討した。分析には屋内実験に用いたクラスター分析を使用した。これによって個人の車両 A に対する車両 B の主観的評価の差によってグループ分けすることができる。走行実験 I と同様に違いがはっきりとわかる 2 つのグループに分けて検討を行った。また、各被験者における

主観的評価値の標準偏差が 1 になるように標準化したデータを用いて分析を行った。

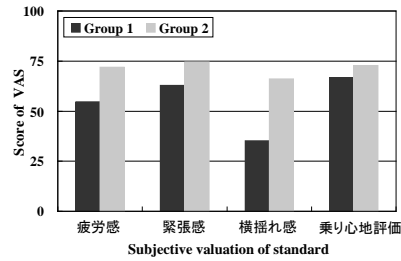


図 11 各グループの主観的評価

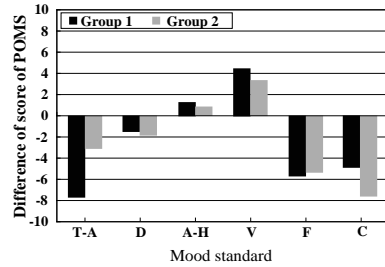


図 12 気分尺度得点の変化量

図 11 にグループ分けされた主観的評価の値を示す。横軸には主観的評価尺度、縦軸には主観的評価値を示している。同図より両グループは車両 A に比べ比較的乗り心地評価は高く、疲労感、緊張感が減少していた。グループ 1 は主観的評価において横揺れ感の主観的評価得点が比較的低いことから、グループ 1 は車両 B を横揺れ感が増大したと感じていた。しかし、グループ 2 では横揺れ感の主観的評価得点が高いことから横揺れ感を低減したと感じていた。

図 12 に各グループにおける走行後の POMS から得られた気分尺度得点の変化量の差を示す。横軸に気分の心理尺度、縦軸に B 車両走行後の気分尺度得点から A 車両走行後の気分尺度得点を引いた値を示す。同図よりグループ 1 において A 車両走行時に比べ B 車両走行時は T-A が低下し、グループ 1, 2 において A 車両走行時に比べ B 車両走行時は F, C が低下していることが確認できた。つまり、振動加速度の低減した車両を走行中には気分尺度の緊張感や疲労感が減少し、その中でも横揺れ感が増大したと感じていた人は気分尺度の緊張、不安感が減少していた。図 13 にグループ分けされた心拍変動の実験結果を示す。横軸に車両の種類、縦軸に車両走行時間 10 分間の HF 成分を右縦軸の線グラフ、LF/HF 成分を左縦軸の棒グラフに示した。同図より両グループにおいて A 車両走行時に比べ HF 成分が B 車両走行時に増大し、LF/HF 成分が減少していることから、A 車両と比較して振動加速度の低い B 車両走行時に HF 成分が交感神経活動を抑制し、副交感神経が有意な状態になることが確認できた。

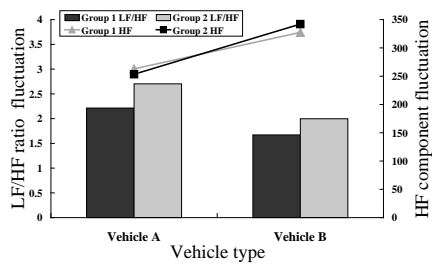


図 13 心拍変動の実験結果

(4) まとめ

高齢者の運転感覚を統合的に分析し、社会参加支援を目的とした研究を行った。

屋内走行実験では小型車両用アクティブシートサスペンションの乗り心地とシートサスペンション特有の振動特性と心理学的情報の気分の関係性を検討するために、乗り心地に対する質問紙調査により得られた評価値を用いて多変量解析を行なった。その結果、乗り心地評価はシートサスペンション特有の変位の位相の差と加速度の大きさに寄与していることが確認できた。さらに被験者を乗り心地の好みによってグループ化することで、乗り心地における気分尺度の影響を分析できた。この分析によって乗り心地に影響を与える因子が緊張感、疲労感、混乱感が関係していることがわかった。

屋外走行実験では、乗り心地に影響する因子として屋内走行実験と同様に心理学的因子の気分を用いた。付け加え、走行時の生理学的情報を含めて検討するために、心拍変動の周波数成分解析を行なった。その結果、被験者の主観的乗り心地の好みをグループ化することで、乗り心地における気分尺度の影響を分析できた。この分析から主観的評価とPOMSによる心理評価において、振動加速度の低減した車両走行時は緊張感、疲労感が減少している傾向があり、お互いの相関は比較的強かった。

生理学的影響において周波数成分解析より振動加速度を抑えることで副交感神経が優位になり、POMSの緊張感、疲労感とHF成分の相関があった。よって、走行時の緊張感、疲労感は心拍変動解析で測定でき、振動加速度の低減によるリラックス状態を確認できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① Hiroshi Shiino, Hiroyuki Katsumata, Katsuki Okuyama, Takashi ARAKAWA, Yasuo Oshinoya, Kazuhisa Ishibashi : 「Active seat suspension for a small vehicle(Considerations on using μ -Synthesis)」, Proceedings of the International Conference on

Electrical Engineering ICEE 2008 CD-ROM、(2008.7)、査読有

- ② Hiroyuki Katsumata, Hiroshi Shiino, Yasuo Oshinoya, Kazuhisa Ishibashi, Koichi Ozaki, Hirohiko Ogino : 「Active seat suspension for a small vehicle(Considerations for control system including observer)」, Proceedings of the 2007 International Conference on Mechatronics and Information Technology ICMIT 2007 CD-ROM、(2008.1)、査読有

〔学会発表〕(計31件)

- ① 三浦 佑介、押野谷康雄、：「小型福祉車両用ステアバイワイヤの研究」、日本機械学会 関東学生会第49回 学生員研究発表講演会、(2010.3)
- ② 筒井 陽平、押野谷康雄、：「心拍情報を用いた小型車両の乗り心地改善に関する研究」、日本機械学会 関東学生会第49回 学生員研究発表講演会、(2010.3)
- ③ 大土厚徳、奥山嘉津貴、押野谷康雄、：「心拍情報を用いた車両の乗り心地改善に関する基礎的研究」、日本機械学会 関東支部第16期総会講演会、(2010.3)
- ④ 赤崎賢史、荒川敬、押野谷康雄、長谷川真也、：「小型車両用シートのアクティブサスペンション」、日本機械学会 関東支部第16期総会講演会、(2010.3)
- ⑤ 奥山嘉津貴、大土厚徳、押野谷康雄、：「小型車両用アクティブシートサスペンション(心拍変動を用いた乗り心地の基礎的検討)」, 日本機械学会 交通・物流部門大会講演会、Vol.18 (2009.12)
- ⑥ 古賀真光、押野谷康雄、：「将来型電気自動車のインテリジェントシートの開発(基本構想の提案)」, MAGDAコンファレンス講演会、Vol.18、(2009.11)
- ⑦ 大土厚徳、奥山嘉津貴、押野谷康雄、：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(心拍変動を用いた乗り心地の実験的考察)」, MAGDAコンファレンス講演会、Vol.18、(2009.11)
- ⑧ 荒川 敬、赤崎 賢史、押野谷康雄、長谷川 真也、石橋 一久「小型車両用シートのアクティブサスペンション(ロバスト制御を用いた屋外走行実験)」, MAGDAコンファレンス講演会、Vol.18、(2009.11)
- ⑨ 赤崎 賢史、古賀 真光、大土 厚徳、荒川 敬、奥山 嘉津貴、押野谷康雄、石橋 一久「小型車両用シートのアクティブサスペンション(μ -synthesisを用いた屋外走行実験)」, 第21回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム、Vol.21、(2009)
- ⑩ 荒川敬、奥山嘉津貴、椎野弘士、押野谷康雄、石橋一久、：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(屋外走行時の実験的検討)」, 日本機械学会 関東支部第15期総会講演会、Vol.15 (2009.3)

- ⑪奥山嘉津貴、椎野弘士、荒川敬、押野谷康雄、石橋一久、宮森孝史、：「小型車両用シートのアクティブサスペンション（主成分分析を用いた振動特性の評価方法の検討）」、日本機械学会 関東支部第 15 期総会講演会、Vol.15 (2009.3)
- ⑫古賀真光、押野谷康雄：「衝撃力に対する小型車両の乗り心地改善技術」、日本機械学会 関東支部関東学生会第 48 回学生員卒業研究発表会、(2009.3)
- ⑬大土厚徳、押野谷康雄：「アクティブシートサスペンションを用いた乗り心地改善技術」、日本機械学会 関東支部関東学生会第 48 回学生員卒業研究発表会、(2009.3)
- ⑭赤崎賢史、押野谷康雄：「 μ -Synthesisを用いた小型車両用シートサスペンションの制振技術」、日本機械学会 関東支部関東学生会第 48 回学生員卒業研究発表会、(2009.3)
- ⑮奥山嘉津貴、椎野弘士、荒川敬、押野谷康雄、宮森孝史、：「小型車両用シートのアクティブサスペンション（主成分分析を用いた乗り心地の検討）」、日本機械学会 交通・物流部門大会、Vol.17 (2008.12)
- ⑯椎野弘士、荒川敬、押野谷康雄、石橋一久、：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(屋外走行時の基礎的検討)」、日本機械学会 交通・物流部門大会、Vol.17 (2008.12)
- ⑰荒川敬、椎野弘士、押野谷康雄、長谷川真也、石橋一久、：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(実路での基礎的検討)」、MAGDAコンファレンス、Vol.17、(2008.11)
- ⑱奥山嘉津貴、椎野弘士、荒川敬、押野谷康雄、宮森孝史、：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(多変量解析を用いた乗り心地評価の基礎的検討)」、日本機械学会 2008 年度年次大会Vol.20、(2008.8)
- ⑲荒川敬、椎野弘士、押野谷康雄、長谷川真也、石橋一久、：「小型車両用アクティブシートサスペンション (μ -シンセシスを用いた実験的検討)」、日本機械学会 2008 年度年次大会Vol.20、(2008.8)
- ⑳奥山嘉津貴、椎野弘士、勝又宏行、荒川敬、押野谷康雄、宮森孝史、：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(多変量解析を用いた乗り心地評価の基礎的検討)」、第 20 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム、Vol.20、(2008.5)
- ㉑荒川敬、椎野弘士、勝又宏行、押野谷康雄、長谷川真也、石橋一久、：「小型車両用シートのアクティブサスペンション (μ -synthesisを用いた制御システムの基礎的検討)」、第 20 回電磁力関連のダイナミクスシンポジウム、Vol.20、(2008.5)
- ㉒荒川敬、押野谷康雄：「 μ -Synthesisを用いた小型電気自動車のアクティブシートサスペンション」、日本機械学会 関東支部関東学生会第 47 回学生員卒業研究

- 発表会、(2008.3)
- ㉓奥山嘉津貴、押野谷康雄：「小型車両用シートを用いた乗り心地改善技術」、日本機械学会 関東支部関東学生会第 47 回学生員卒業研究発表会、(2008.3)
- ㉔椎野弘士、勝又宏行、押野谷康雄、石橋一久、尾崎晃一、荻野弘彦：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(多変量解析を用いた乗り心地の評価に関する基礎的検討)」、日本機械学会 関東支部第 14 期総会講演会、Vol.14 (2008.3)
- ㉕勝又宏行、椎野弘士、押野谷康雄、石橋一久、尾崎晃一、荻野弘彦：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(心理的因子を用いた多変量解析)」日本機械学会 交通・物流部門大会、Vol.16 (2007.12)
- ㉖椎野弘士、勝又宏行、押野谷康雄、石橋一久、尾崎晃一、荻野弘彦：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(推定外乱を利用した制御システムの実験的検討)」、自動制御連合講演会、Vol.50、(2007.11)
- ㉗勝又宏行、椎野弘士、押野谷康雄、石橋一久、尾崎晃一、荻野弘彦：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(乗り心地に影響する因子の多変量解析)」、自動制御連合講演会、Vol.50、(2007.11)
- ㉘椎野弘士、勝又宏行、押野谷康雄、石橋一久、尾崎晃一、荻野弘彦：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(路面外乱の推定に関する基礎的研究)」、MAGDAコンファレンス、Vol.16、(2007.5)
- ㉙勝又宏行、椎野弘士、押野谷康雄、石橋一久、尾崎晃一、荻野弘彦：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(心理的因子の多変量解析に関する基礎的検討)」、MAGDAコンファレンス、Vol.16、(2007.11)
- ㉚椎野弘士、勝又宏行、押野谷康雄、石橋一久、尾崎晃一、荻野弘彦：「ボイスコイル モータを用いた小型車両用シートの制御(オブザーバを含む制御システムの基礎的検討)」、日本応用磁気学会学術講演会、Vol.31、(2007.9)
- ㉛勝又宏行、神尾敬介、椎野弘士、長谷川真也、押野谷康雄、石橋一久、尾崎晃一、荻野弘彦：「小型車両用シートのアクティブサスペンション(衝撃力に対する乗り心地の心理学的検討)」、電磁力関連のダイナミクスシンポジウム、Vol.19、(2007.5)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

押野谷 康雄 (OSHINOYA YASUO)

東海大学・工学部・教授

研究者番号：70233533