

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420189

研究課題名(和文) 操縦者特性を考慮した大型車両横転抑制技術の開発

研究課題名(英文) Development of Rollover Prevention Control Scheme Considering Driver Characteristics

研究代表者

大屋 勝敬 (Masahiro, Oya)

九州工業大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：40203947

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：近年、大型車両の横転を抑制するため、多くの制御手法が開発された。しかし、これらの手法には、操縦者の特性変化の影響が無視されているという問題があった。例えば、若い操縦者と年配の操縦者では大きな操縦特性の違いがある。同じ操縦者であったとしても、操縦者が疲労した場合、操縦者特性が変化する。これらの事実を無視して設計された横転抑制制御を用いた場合、所期の制御性能が実現できない恐れがある。

本研究では、上記の問題を解決するため、新しい横転抑制制御法を開発する。

研究成果の概要(英文)：Recently, to prevent rollover of heavy vehicles, a lot of control schemes were developed. However, there exist problems in developed schemes that the variation of the driver characteristics was ignored. For example, there exist large differences in handle operation characteristics between young drivers and elder drivers. Even for the same driver, if the driver becomes tired, the handle operation characteristics may vary. Using the rollover prevention controller ignoring the facts, the designed control performance may not be achieved.

In the research, to overcome the problems, we develop a novel adaptive rollover prevention controller.

研究分野：制御工学

キーワード：ロールオーバー抑制制御 大型車両 適応操縦制御 モデル追従制御

### 1. 研究開始当初の背景

重心位置の高い大型トラックにおいては、高速走行中の急激なハンドル操作だけで事故が発生することがある。また、コンテナ内の荷物の偏りに起因する重心位置の左右への横ずれが存在する場合には、中低速走行でゆっくりしたハンドル操作でも事故が発生することがある。これらの事故は、車体に発生するローリング振動を操縦者が制御しきれなくなるために発生する事故である。最悪の場合、車体が横転し大事故につながる場合もある。このため、車体のローリング振動抑制技術の開発が緊急課題となっている。

上記の問題を解決するため、現在まで、種々のローリング振動抑制手法が提案されてきた。しかしながら、従来手法においては、操縦者によるフィードバック制御ループの影響が無視され操縦者が予め決められた操縦を行うものと仮定されている(例えば、ハンドルの操舵角を定められた一定値に保持する等)。しかし、操縦者は、予め決められた操縦を行うのではなく、前方の車線と現在の車両との関係に基づいて大型車両を操縦する。さらに、操縦者の操縦特性の違いにより、かなり異なった操縦が行われることになる。大きく異なる操縦特性の影響を無視して開発されたローリング振動抑制手法を用いた大型車両を実際の操縦者が操舵した場合、所期のローリング振動抑制性能が実現されない場合がある。最悪の場合、大型車両が不安定となり、事故が発生する可能性もある。しかしながら、操縦特性が変動したとしても高いローリング振動抑制性能を持つ振動抑制技術の開発は、国内外において、まだ行われていないのが現状である。

### 2. 研究の目的

上記の問題を解決するためには、操縦者による制御ループを考慮したローリング振動抑制手法を開発する必要がある。

本研究では、大きく操縦特性が異なる操縦者による制御ループの影響を考慮した大型車両のローリング振動抑制手法の開発を目的としている。

### 3. 研究の方法

I) 操縦者の特性を表す操縦者モデルの係数の値をオンライン同定するための適応同定手法を開発した。

II) 従来のロールオーバー抑制制御性能を改善した新しいロールオーバー抑制制御法を開発した。

III) 操縦者の特性を表す操縦者モデルの係数の値が既知な場合において操縦者も含めた車両システム全体の操縦性能が良くなる新しいロールオーバー抑制制御法を開発を行っている。

IV) 横方向制御と進行走行速度制御も含めた、適応操縦安定化手法の開発を行った。

### 4. 研究成果

I) ドライバーの車両操縦モデルとして、次式の予見型のモデルを採用した。

$$T_s \dot{\delta}_c(t) + \delta_c(t) = -g_p \tilde{y}(t)$$

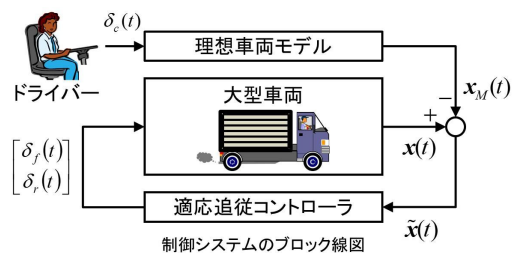
$\delta_c(t)$ は操縦者が指令する操舵角であり  $\tilde{y}(t)$ は操縦者が見ている車両前方の前方注視点と目標車線との偏差を表している。 $T_s$ 、 $g_p$ は操縦者の特性を表すパラメータである。

指令操舵角ならびに前方注視点における目標車線との偏差情報を用いて、操縦者モデルを表す各パラメータ  $T_s$ 、 $g_p$ の値をオンラインで同定するための適応同定手法を開発した。そして、開発された適応パラメータ同定法の有効性を確かめるため、下図に示すドライビングシミュレータを用いた実験を行った。



複数人の操縦者に対する実験を通して、操縦者パラメータが推定できることを明らかにした。

II) パラメータ推定法の開発と並行して、新しい特徴を有するロールオーバー抑制制御法を開発を行った。



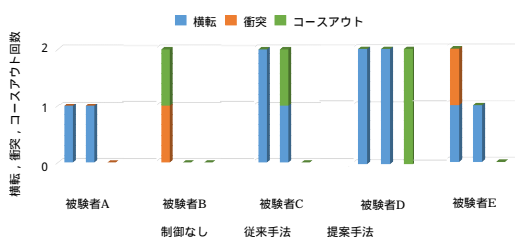
まず、上図に示す理想車両モデルに関し、次の特性を満足する新たな理想車両モデル設計法を提案した。

ロールオーバーの危険性が少ない場合、パッシブ車両より操縦安定性が非常に良くなる。

ロールオーバーの危険性が高い場合、車両の車線への追従性能を若干犠牲にすることにより、パッシブ車両に比べロールオーバーをかなり抑えることができる。

つぎに、実際の車両を設計された理想車両モデルの動きに追従させるこのできる適応操舵手法を開発した。

開発されたロールオーバー抑制制御法の有効性を確認するため、ドライビングシミュレータを用いて抑制制御実験を行った。下図に、実験結果を示す。5人の操縦者に対し、別車両の急な飛び出しに対する操縦性能を調べた。その結果、提手法を用いた場合の操縦安定性が良くなっていることがわかる。



III) 上記したロールオーバー抑制制御法を利用し、操縦者のパラメータが既知な場合に対して、操縦者も含めた車両システム全体の操縦性能が良くなる新しいロールオーバー抑制制御法の開発を行っている。本手法を用いた場合、走行中の路面状態や車両のサスペンションやダンパが変化したとしてもロールオーバー抑制性能に変化が生じないという良い特徴を持っている。

VI) 上述の手法は、車両の前後輪操舵を用いた手法である。この手法に進行方向速度制御を含めることにより、ロールオーバー抑制性能を格段に向上させることができる。このことを実現できる制御法を開発するための前段階として、横方向制御と進行方向速度制御も含めた、適応操縦安定化手法の開発も行った。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 12件)

Daiki Yamamoto, Shunya Ukeda, Yuichiro Taira, Masahiro Oya, Improved Control Scheme for Rollover Prevention of Heavy Vehicles, Proceedings of The Twenty-First International Symposium on Artificial Life and Robotics, Beppu, January 20-22, pp. 374-379, 2016. 「査読有」

Koki matsushita, Hidetaka ohta, Masuhironitta, and Masahiro oya, Adaptive Longitudinal Velocity and Steering Controller for Vehicles, Proceedings of The Twenty-First International Symposium on Artificial Life and Robotics, Beppu, January 20-22, pp. 380-383, 2016. 「査読有」  
Yasutaka Yoshihara, Hiroshi Minato, Hidetaka Ohta, and Masahiro Oya, Adaptive Estimation Method for Drivers parameters – Experimental Study Using Driving

Simulator–, Proceedings of The Nineteenth International Symposium on Artificial Life and Robotics, Japan, January 21-23, pp. 674-677, 2015. 「査読有」

Yutaro Kubo, Panfeng Shu, Hideki Wada and Masahiro Oya, Preview ride comfort control of vehicles, Proceedings of The Nineteenth International Symposium on Artificial Life and Robotics, Japan, January 21-23, pp. 670-673, 2015. 「査読有」

Yusuke Suetake, Masahiro Oya, Panfeng Shu, and Jinxin Zhuo, Adaptive Rollover Prevention Controller for Driver-Vehicle System, International Journal of Artificial Life and Robotics, Vol. 19, No. 1, pp. 9-15, 2014. 「査読有」

Qiang Wang, Guang Tong, Masahiro Oya, Adaptive Steering Control of Combined Vehicles with Steer-by-Wire System, Proceedings International Conference on Advanced Mechatronic Systems, Kumamoto, Japan, August 10-12, pp. 175-180, 2014. 「査読有」

Panfeng Shu, Yasutaka Yoshihara, Jinxin Zhuo, Masahiro Oya, Steering Control without Using Measurement of Lateral Velocity of Combination Vehicle, Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Motion and Vibration Control, August 3-7, Sapporo, 2B31 10 ページ, 2014. 「査読有」

Jinxin Zhuo, Keisuke Inomata, Panfeng Shu, Masahiro Oya, Adaptive Steering Control Scheme for Vehicles with the Saturated Lateral Tire Force, Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on Motion and Vibration Control, August 3-7, Sapporo, 2B32 10 ページ, 2014. 「査読有」

Hiroshi Minato, Jinxin Zhuo, Panfeng Shu, Masahiro Oya, Adaptive Estimation Method for Driver parameters, Proceedings of The Nineteenth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2014, Beppu, Japan, January 22-24, pp. 619-622, 2014. 「査読有」

Panfeng Shu, Yasutaka Yoshihara, Jinxin Zhuo, and Masahiro Oya, Steering Control without Using Measurements of Lateral Velocity of Vehicles, Proceedings of The Nineteenth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2014, Beppu, Japan, January 22-24, pp. 615-618, 2014. 「査読有」

Yusuke Suetake, Masahiro Oya, Panfeng Shu, Jinxin Zhuo, Rollover Prevention Control of Driver-Heavy Vehicle Systems, Proceedings of The Eighteenth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2013, Daejeon, Korea, January 30-February 1, pp. 164-167, 2013. 「査読有」

Bo Zhou, Masahiro Oya, Jinxin Zhuo, Panfeng Shu, Adaptive Steering Controller for Vehicles with Driving/Braking Force Distribution, Proceedings of The Eighteenth International Symposium on Artificial Life and Robotics 2013, Daejeon, Korea, January 30-February 1, pp. 156-159, 2013. 「査読有」

〔学会発表〕(計 14件)

山本大貴, 請田春哉, 大多英隆, 大屋勝敬, 大型車両の改良型横転抑制法, 第3回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, 3/7-10, 名古屋, 3F3-5 in CDROM (6ページ), 2016.

山本大貴, 新田益大, 大屋勝敬, 連結車両の改良型適応操縦安定化制御, 第34回計測自動制御学会九州支部学術講演会前刷集, 福岡市, 11/28-29, pp. 21-22, 2015.

請田春哉, 山本大貴, 新田益大, 大屋勝敬, 大型車両の改良型横転抑制手法, 34回計測自動制御学会九州支部学術講演会前刷集, 福岡市, 11/28-29, pp. 123-124, 2015.

木下裕太, 松下康輝, 大多英隆, 大屋勝敬, 車両の口バスト車速・操縦安定化制御, 34回計測自動制御学会九州支部学術講演会前刷集, 福岡市, 11/28-29, pp. 143-144, 2015.

山本大貴, 束 攀峰, 大屋勝敬, 車両の改良型適応レーンキーピング制御, 計測自動制御学会 2015 年度産業応用部門大会前刷集, 東京, 10/27-28, pp. 10-15, 2015.

山本大貴, 束 攀峰, 大屋勝敬, 進行方向速度計測を用いない車輪型移動ロボットの適応軌道追従制御, 日本機械学会第14回「運動と振動の制御」シンポジウム論文集, 宇都宮, 6/22-24, pp. 72-77, 2015.

下田久嗣, 湊博志, 大屋勝敬, 操縦者パラメータの推定法, 第33回計測自動制御学会九州支部学術講演会前刷集, 北九州, 12/6-12/7, pp. 127-128, 2014.

松浦堯信, 久保雄太郎, 吉原靖貴, 大屋勝敬, 予見制御を用いた四輪車両の乗り心地改善制御手法, 第33回計測自動制御学会九州支部学術講演会前刷集, 北九州, 12/6-12/7, pp. 129-130, 2014.

柚木大典, 清水啓文, 吉原靖貴, 大屋勝敬, トラクタ・セミトレーラ連結車両の操縦安定化, 計測自動制御学会九州支部学術講演会前刷集, 長崎, 11/30-12/1, pp. 123-124, 2013.

湊博志, 猪俣敬介, 大屋勝敬, 操縦者パラメータの推定法, 計測自動制御学会九州支部学術講演会前刷集, 長崎, 11/30-12/1, pp. 125-126, 2013.

猪俣敬介, 卓錦鏘, 吉原靖貴, 大屋勝敬, タイヤの横力飽和を考慮した適応操縦制御, 自動制御連合講演会前刷集, 新潟, 11/16-11/17, pp. 347-351, 2013.

吉原靖貴, 束 攀峰, 猪俣敬介, 大屋勝敬, 横方向速度を用いない車両の適応操縦安定化制御, 自動制御連合講演会前刷集, 新潟, 11/16-11/17, pp. 352-357, 2013.

吉原靖貴, 清水啓史, 大倉陵太郎, 大屋勝敬, 4輪車両の適応乗り心地改善手法, 第13回運動と振動の制御シンポジウム USB 論文集, 福岡, 8/27-8/30, D32 (10ページ), 2013.

湊 博志, 末竹 祐介, 束 攀峰, 大屋 勝敬, 大型車両の適応横転抑制法, 第13回運動と振動の制御シンポジウム USB 論文集, 福岡, 8/27-8/30, D30(10ページ), 2013.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大屋 勝敬(OYA, Masahiro)

九州工業大学・機械知能工学研究系・教授  
研究者番号: 40203947