

氏名	なかのしろう 中野史郎
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第13号
学位授与の日付	平成12年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	情報学研究科システム科学専攻
学位論文題目	自動車用知的操舵装置に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 熊本博光 教授 片井 修 教授 片山 徹

論文内容の要旨

本論文は、自動車に搭載される知的操舵装置に関して論じた結果をまとめたもので、8章からなっている。

第1章では、現状の操舵装置における自動操舵やアクティブ操舵制御の問題点を明らかにし、これを解決する新たな操舵機構と操舵システムの必要性を、安全性と人間特性の観点から論じている。

第2章では、ステアリングホイールに入力される操舵トルクが、ホイール操舵角より位相が進んでいることに着目して、操舵トルクとその変化率を車両側の情報と比較し、運転者の操舵意図を推定する方法を明らかにしている。提案するアルゴリズムを実装し、運転者の意図が識別できることを実車試験において確認している。この車両は、危険を招く操舵と判定した場合には音声によって警告を行い、さらなる操舵に対しては、ステアリングホイールに反力トルクを与えて危険な操舵を抑制する。抑制機能が運転者の危険回避と干渉する場合には、操舵権限が運転者に戻される。

第3章では、セルフライニングトルクや路面からの外乱トルクと、運転者の操舵トルクとを識別し、外乱トルクはアシストトルクによって積極的に相殺し、運転者の車両挙動期待に忠実な自動走行が可能となる操舵装置の外乱トルク補償機能を取り扱っている。また、自動運転中でも運転者の操舵によって違和感なく手動への切換が可能で自動操舵解除機能も同時に実現している。

第4章では、電動パワーステアリングのアシスト特性を操舵パターンによって変化させるルールベース制御を採用し、操舵負担や疲労低減を実現している。すなわち、操舵感に関わるパラメータの中で、操舵トルクに着目し、アシストトルクを運転者の操舵特性に適合させる制御方法を導出し、実験車両によってその効果の確認試験を行っている。その結果、操舵感を損なわずに運転者の筋力負担を軽減し、ステアリングホイールの操縦性向上を実現している。

第5章では、ステアバイワイヤによる前輪アクティブ操舵機構を導入している。ステアリングギヤとステアリングコラムが分離しているため、操舵反力など路面からの情報を反カトルクモータによって運転者に伝えることができる。ステアリングホイールへの反力トルクをコーナリングフォース係数と操舵角の線形和で与える。この結果、前輪舵角をステアリングホイール角と車速による比例制御とする場合、ステアリングホイール角と前輪操舵角の位相差が減少し、車両の応答性が向上することを実車試験によって確認している。

第6章では、ステアバイワイヤによる前輪アクティブ操舵とDYC(Direct Yaw-moment Control)の統合化により、規範ヨーレート追従制御として車両姿勢安定化を実現させている。前輪舵角のアクティブ制御を行うと運転者との干渉が生じるが、ステアバイワイヤによりこの問題は回避している。また、寒冷地における μ スプリット路試験で、低摩擦路などに不慣れた運転者でも容易に走行できることを確認している。

第7章では、D*制御におけるステアリングホイール角検出形制御と操舵トルク検出形制御について、それらの特長と効果をドライビングシミュレータ実験で検証している。操舵トルク検出形制御は、ステアリングホイール角検出形制御に位相進み補償を加える場合と同様の効果があることを明らかにしている。D*制御によると操舵に対する車両の応答性が低車速域から高速域にわたりバランス良く向上し、過渡応答まで補償する場合においても、規範ヨーレート追従制御に比べて制御

器の次数が低く実車実装に適していることを確認している。

第8章は結論であり、知的機能を備えた操舵装置を搭載すると、運転者の操舵負担軽減と運転の快適性が両立し、予防安全効果が期待されることを示している。自動運転に関連した側面では、運転者の車両挙動期待に実挙動を近づけることが可能となり、違和感を軽減させる効果があることを指摘している。次世代形操舵装置としてのステアバイワイヤでは、自動操舵や手動時の誤操舵予防機能の可能性を大きく広げることが可能となる。ステアバイワイヤを含めた知的操舵装置の近い将来での実用化に向けて、本論文はその基盤技術を提供するものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、自動車の操舵における運転者と操舵系の協調を重視し、安全性の向上と快適性を両立させる観点から、操舵装置の制御系と機構の高度化を行ないつつ、車両側の知能化を研究したものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 運転者の操舵意図を入力トルクにより推定する方法を導き、近接車両と接触の危険が生じると音声によって警告し、さらに操舵反力トルクを与えて危険な操舵を抑制する装置を開発した。
2. 運転者の操舵トルクが検出可能な操舵装置を開発し、自動運転中の操舵系に作用する外乱トルク推定に基づく外乱補償制御の適用を可能とした。これにより、運転者のトルク入力による自動操舵の解除も実現可能にした。
3. 操舵アシスト特性を可変とするルールベース制御を提案した。操舵感が損なわれることなく、運転者の筋力負担が軽減され、ステアリングホイールの操縦性も向上した。
4. ステアバイワイヤに基づく前輪操舵機構を実装し、操舵反力モータによって運転者の操舵感と車両挙動の応答性が向上することを確認した。
5. ステアバイワイヤとDYC (Direct Yaw-moment Control) の統合化により、規範ヨーレート追従制御として車両姿勢安定化を実現させた。寒冷地における μ スプリット路試験において、低摩擦路に不慣れな運転者も容易に走行できることを実証した。
6. ステアバイワイヤ機構における操舵トルク検出形制御は、位相進み補償を加える場合と同様の効果があることを明らかにした。D*制御は操舵に対する車両の応答性を向上させ、規範ヨーレート追従制御に比べ実車実装に適していることを示した。

以上、本論文は上記の成果をもたらす方法について、理論解析、設計、開発を経て実車走行試験による検証まで実施し、自動操舵による安全機能の可能性を大きく広げたものである。本論文は、知的操舵装置の実用化に向けて、その基盤技術を提供するものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成12年2月17日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。