

Title	ステアバイワイヤ装置の信頼性と安全性評価に関する研究( Abstract_要旨 )
Author(s)	左, 国坤
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2005-05-23
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2433/144497">http://hdl.handle.net/2433/144497</a>
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

氏名	サ 左	コク 国	コン 坤
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)		
学位記番号	情 博 第 168 号		
学位授与の日付	平成 17 年 5 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	ス テ ア バ イ ワ イ ヤ 装 置 の 信 頼 性 と 安 全 性 評 価 に 関 す る 研 究		

(主 査)  
論文調査委員 教授 熊本博光 教授 片井 修 教授 杉江俊治

### 論 文 内 容 の 要 旨

ステアバイワイヤ装置においては、機械的結合がないので、その実用化のためには、構造面において耐故障性を考慮した設計が要求される。また、故障が発生したときのシステム再構成など、運用面における耐故障性の付与も重要である。さらに、運転者とのインターフェースを考えると、擬似的な操舵反力を与える必要がある。本研究では、構造面と運用面で耐故障性を有する操舵反力付きのステアバイワイヤ装置を考え、その設計案を具体的に明らかにした。続いて、この設計案の信頼性を評価するための手法を与えた。さらに、信頼性のみならず、故障発生時の運転者の安全性をも評価した。

ステアバイワイヤ装置では、ハンドホイールと車輪は電氣的に接続されるので、従来のパワーステアリングと同様に路面状況などを運転者に伝えるためには、ソフトウェア的に擬似操舵反力をハンドホイールに与える必要がある。これは安全運転確保のためにも重要な問題である。本論文では、仮想インピーダンスによる操舵反力制御法を提案し、良好な操舵感覚の実現を可能にした。

続いて、耐故障性を有する構造設計案の一つとして、機械的結合を残したものを提案した。また、構成要素に故障が生じたときの待機系や手動への切替えなどの運用法を、フォールトツリーと最小カットセットならびに最小パスセットから、論理的に導出し、状態遷移図として表現した。これにはマルコフ性が欠如していたので、拡大状態を導入することにより、最終的にマルコフ遷移図に帰着させた。さらに、構成要素の故障率を与えてこのマルコフ状態遷移図から、2あるいは8時間の連続運転の繰り返しとしてのステアバイワイヤ装置の信頼度を定量化した。操舵機能の完全喪失確率は十分に小さいことが明らかになったが、手動操舵へと状態が劣化したときのパワーステアリング機能は、設計案の意図に反して期待できないことが判明し、この種のアシストなしの手動操舵の回避のためには、ECUの信頼度向上が重要であることがわかった。

ステアバイワイヤの機能をフルに発揮するには、機械バックアップを取り去る必要があるので、そのための構造設計案を与えた。バックアップありと同様にして、試行錯誤ではなくして論理的に運用法を明らかにし、拡大状態のマルコフ遷移図から信頼度を定量化した。操舵不能確率は、バックアップありの場合より多少大きくなるが、許容範囲と考えられ、提案した機械バックアップなしのステアバイワイヤ装置が十分な信頼性をもっていることを示した。

最後に、機械バックアップありのステアバイワイヤ装置を対象として、故障時の運用法にしたがって劣化状態に至ったときの安全性を、ドライビングシミュレータで検証した。定常円旋回では大きな問題はなかった。しかしながら、スラロームという非定常走行の場合には、ステアバイワイヤが維持されている限りは、高レベルから低レベルという制御法の劣化時には問題はなかったが、手動への切替え時には車両が不安定化するという問題が見られた。前輪とハンドホイールが機械的に結合された際に、いかに円滑なステアリングを実現するかが今後の検討課題として残される。なお、本論文の信頼性と安全性の評価は、ステアバイワイヤ装置の実用化に向けての第一歩に過ぎず、今後のさらに詳細な検証が望まれる。

## 論文審査の結果の要旨

ステアバイワイヤ装置の実用化のためには、構成要素の故障が直ちに操舵能力の喪失には至らないという信頼性の確保とともに、要素故障時の機能劣化が運転者の生命に悪影響を与えないという安全性の確保が重要である。本研究は、構造面と運用面で耐故障性を有する操舵反力付きの設計案を明らかにした後に、この設計案の信頼性の評価を可能にするとともに、故障発生時の運転者の安全性をも評価するものであり、下記の成果を得ている。

(1) ステアバイワイヤ装置では、ハンドホイールと車輪は電氣的に接続されるので、従来のパワーステアリングと同様な路面状況の運転者への伝達を再現するためには、ソフトウェア的に疑似操舵反力をハンドホイールに与える必要があり、この種の反力は安全運転の確保のためにも不可欠である。本論文では、仮想インピーダンスによる操舵反力生成法を提案し、良好な操舵感覚の実現を可能にした。

(2) 耐故障性を有する構造設計案の一つとして、機械的結合を最後のバックアップとして残したものを提案した。また、構成要素に故障が生じたときの待機系や手動への切替えなど、故障時の運用法を論理的に導出し、状態遷移図として表現した。この遷移図はマルコフ性が欠如していたので、拡大状態を導入することにより、最終的にマルコフ遷移図に帰着させた。さらに、構成要素の故障率を与えてこのマルコフ状態遷移図から、ステアバイワイヤ装置の信頼度を定量化した。操舵機能の完全喪失確率は十分に小さいことが明らかになったが、手動操舵へと状態が劣化したときのパワーステアリング機能は、設計案の意図に反して期待できないことが判明し、この種のアシストなし手動操舵の回避のためには、ECUの信頼度向上が重要であることがわかった。

(3) ステアバイワイヤの機能をフルに発揮するには、機械バックアップを取り去る必要があるので、そのための構造設計案を与えた。バックアップありと同様にして、試行錯誤ではなく論理的に運用法を明らかにし、拡大状態のマルコフ遷移図から信頼度を定量化した。操舵不能確率は、バックアップありの場合より多少大きくなるが、許容範囲と考えられ、提案した機械バックアップなしのステアバイワイヤ装置が十分な信頼性をもっていることを示した。

(4) 機械バックアップありのステアバイワイヤ装置を一例として、故障時の運用法にしたがった状態劣化が生じたときの安全性を、ドライビングシミュレータで検証した。定常円旋回では大きな問題はなかった。しかしながら、スラロームという非定常走行の場合には、ステアバイワイヤが維持されている限りは問題はなかったが、手動への切替え時には、車両が不安定化するという問題が見られ、これの克服が今後の課題として残されている。

よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成17年4月26日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る。