

氏 名 王 曙光

授与した学位 博 士

専攻分野の名称 工 学

学位授与番号 博甲第 4261 号

学位授与の日付 平成 23 年 3 月 25 日

学位授与の要件 自然科学研究科 産業創成工学専攻

(学位規則第 5 条第 1 項該当)

学位論文の題目 自動車用スイッチのインターフェース設計に関する研究

論文審査委員 教授 村田 厚生 教授 鈴木 和彦 教授 呉 景龍

学位論文内容の要旨

近年、IT 技術や by-wire 技術の発展により、車載システムが複雑化している。複雑化した車載システムは警告、指示、情報をドライバに提供し、ドライバの注意を分散させ、運転タスクに影響を与える。安全運転促進のためには、人間工学的研究に基づいて、スイッチの操作しやすさを実現するためのガイドラインが必要不可欠である。本研究では、自動車用非統合スイッチ、統合スイッチを開発し、メニュー操作におけるスイッチのタイプ、設置位置の有効性等について検討し、自動車用スイッチの設計指針を提案した。

まず、高齢者群と若年者群を対象に、非統合スイッチ（複数の押しボタンで構成されたスイッチ）との比較実験によって、統合スイッチ（回す機能と押す機能を 1 つのデバイスにまとめたスイッチ）の有効性を検討した。また、ディスプレイの階層化がスイッチ操作に及ぼす影響を及ぼすかを調査した。その結果、高齢者のスイッチ操作の平均作業時間とトラッキング誤差は、それぞれ若年者の約 2 倍程度と約 1.6-1.7 倍程度であった。ディスプレイの階層化に関しては、両年齢群ともに、作業時間、正答率、トラッキング誤差への影響が認められなかった。見易さ、操作しやすさの主観評価の観点からは、両年齢群ともに、統合スイッチの有効性は見出されなかった。高齢者群の二重課題条件で結果から、二重課題条件下ではいずれのスイッチタイプと設置位置の組み合わせ条件も能力の限界を超えた作業条件であると推測された。

次に、親指のみで操作可能な親指操作型ダイヤル式統合スイッチを開発し、これを親指と人差し指のつかみ操作と親指の押し動作によって操作する従来型との操作完了時間をビデオ分析によって比較した。エンコーダの回転トルク、ダイヤルの回転直径を実験変数として、親指操作型ダイヤル式統合スイッチの最適な設計条件を同定した。その結果、開発した統合スイッチは従来型よりも速い操作を可能にすることが示された。親指操作型統合スイッチにおいては $12.9\text{mN}\cdot\text{m}$ 、 $9.2\text{mN}\cdot\text{m}$ の回転トルクにおいてはダイヤルの直径 25mm、30mm、40mm（直径 20mm は不適切である）が、 $8.6\text{mN}\cdot\text{m}$ の回転トルクではダイヤルの直径 25mm、30mm（直径 40mm は不適切である）が望ましいことが明らかになった。また、ダイヤルの回転トルクと直径から求められた回転力として適切な範囲を一元的に指定することは難しく、回転トルクと直径の組み合わせによって適切な条件を設定しなければならないことが示された。

さらに、自動車用スイッチのタイプと設置位置が作業効率、被験者の視線の動き、作業負担と操作性の主観評価に及ぼす影響を調べた。番号選択型、カーソル移動型の非統合スイッチと親指操作型、従来型の統合スイッチを用いて、これらをステアリング部、被験者の左前方、運転席の左側面のいずれかに設置し、実験を実施した。その結果、いずれのタイプのスイッチも、ステアリングに設置した場合に、作業時間、脇見時間が短くなる傾向が観察された。番号選択型スイッチをステアリングに設置した条件の作業時間、脇見時間が最も短くなることが示された。カーソル移動型スイッチに関しては、他のスイッチよりも設置位置の影響が小さかった。また、非統合スイッチのほうが統合スイッチよりも作業時間、脇見データの観点から優れていた。主観評価結果では、いずれのスイッチもステアリングに設置した条件で負担度が少なく、操作性が高かった。

本研究では、車載情報システムの複雑化という社会情勢の中、自動車用非統合スイッチ、統合スイッチを開発し、その有効性評価実験を行い、デザイン指針を示した。本研究の成果は、安全運転を推進する自動車用スイッチ設計のための基礎情報として有効活用可能であるため、学術のみならず産業への貢献が期待できる。

論文審査結果の要旨

近年、車載システムが複雑化し、これらは運転を支援する一方、安全に悪影響を与える可能性を持っている。安全運転促進のためには、人間工学に基づいたスイッチの操作しやすさを実現するための設計ガイドラインが必要不可欠である。本論文では、自動車用非統合スイッチ（複数の押しボタンで構成されたスイッチ）、統合スイッチ（回す機能と押す機能を1つのデバイスにまとめたスイッチ）を開発し、メニュー操作におけるスイッチのタイプ、設置位置の有効性等について検討し、自動車用スイッチの設計指針を提案した。

まず、模擬運転環境下での実験を行い、非統合スイッチとの比較することによって、統合スイッチの有効性を検討している。その結果、統合スイッチは時間短縮に寄与しないことが示している。

次に、親指のみで操作可能な統合スイッチを開発し、これを従来型（掴み操作式）との操作完了時間をビデオ分析によって比較している。その結果、開発した統合スイッチは従来型よりも速い操作を可能にすることが示されている。本論文では、実験結果に基づき、統合スイッチの望ましい設計条件（回転トルクと直径の組み合わせ）を整理している。

さらに、自動車用スイッチのタイプと設置位置が作業効率、被験者の視線の動き、作業負担と操作性の主観評価に及ぼす影響を調べている。その結果、番号選択型非統合スイッチをステアリングに設置した条件の作業時間、脇見時間が最も短くなっている。カーソル移動型非統合スイッチは設置位置の影響を受けにくく、総合的に判断して他のスイッチより優れている。2種類の統合スイッチ間の比較では、親指操作型統合スイッチが優位である。これらのことから、自動車用スイッチの設計・設置指針（推奨）を提案している。

本論文では、車載情報システムの複雑化という社会情勢の中、自動車用スイッチの有効性評価実験を行い、自動車用スイッチのデザイン指針を示している。本研究の成果は、安全運転を推進する自動車用スイッチ設計のための基礎情報として有効活用可能であるため、学術のみならず産業への貢献が期待できる。学位審査委員会は学位論文の内容、公聴会による発表内容等を総合的に判断し、本論文は博士(工学)に値するものと判定した。