

早稲田大学審査学位論文
博士（人間科学）
概要書

先行車追従・接近場面における
運転者の知覚-行為システムに基づく
個人適応型リスク式の開発

Development of
Individually Tailored Risk Feeling Formula
Based on Drivers' Perception-Action System
in Car-following Situations

2019年7月

早稲田大学大学院 人間科学研究科
近藤 崇之
KONDOH, Takayuki

論文概要

交通事故の 9 割はヒューマンエラーによるものとの報告があり、ヒューマンエラーを減らすために自動運転 (AD, Autonomous Driving; Automated Driving) や運転支援システム (ADAS, Advanced Driver Assistance System) の開発・普及が加速している。AD や ADAS 導入時にさらなるヒューマンファクター課題を生じさせないためには、運転者の感覚に合致した AD や ADAS の開発が必要である。そのためには、運転者の知覚特性や運転特性を精査した上で、それらを考慮した制御を実現するモデル、すなわち“リスク式”が必要になる。

本論文では、運転行動の起点となる運転者の知覚特性を調べ、その知覚特性に基づくリスク式を構築した。次にリスク式と運転行動の関係について調べ、知覚特性に基づくリスク式によって基本的な運転行動を表現できること、その一方で、運転行動には個人間差があることを示した。リスク式をこの個人間差に対応させるため、個人の運転特性を反映させた個人適応型リスク式を構築し、さらにドライビングシミュレータ (DS) で取得した運転行動データ、および、ナチュラリスティックな運転行動データベース (NDD, Naturalistic Driving Database) を使った検証を行い、その有効性を示した。以下、章ごとの概要を記す。

第 1 章では、本論文に関わる背景と目的を述べた。

第 2 章では、運転に関わる知覚特性や運転行動特性を理解するにあたり、先行研究で得られている知見を確認した上で、本研究の課題を設定した。本研究では、先行車追従・接近場面におけるリスク式の構築にむけて、先行車追従・接近場面における運転制御のメカニズムを明らかにし、オプティカルフローに関係する 2 つの指標 $1/THW$ (車間時間 (Time Headway) の逆数) と $1/TTC$ (衝突余裕時間 (Time-to-Contact) の逆数) に着目した。

第 3 章では、先行車追従・接近場面において、上記の 2 つの指標、 $1/THW$ と $1/TTC$ に関して、人間の知覚特性 (知覚特性の定式化と閾値) を DS 実験から明らかにした。結果、運転者が見積もる接近知覚量は、 $1/THW$ と $1/TTC$ に対してそれぞれリニアな特性を持つことがわかった。さらに、先行車の接近知覚

の閾値は $1/TTC$ に依存し、個人間差は大きくないことがわかった。この2つの指標を用いて、先行車追従・接近場面の運転者の主観的なリスク感を表現するリスク式 RF ($1/THW$ と $1/TTC$ の線形和) を構築した。

第4章は、運転行動は運転者の内在的なリスク感が表出したものと仮定し、知覚特性に基づくリスク式やリスク式を構成する2つの指標と、運転行動の関係を確認した。DS 実験や公道実車実験から、リスク式とブレーキ操作特性の関係や、運転行動の時間分布を調べた。この結果から、運転行動の観点から2つの指標は独立した役割を持ち、リスク式に不可欠であること、ブレーキオンの限界特性はリスク式で表現可能であることがわかった。さらに第3章で検討した知覚特性には大きな個人間差はみられなかったが、ここで検討した運転行動には個人間差がみられた。したがって、リスク式においては個人間差を考慮すべきことが示唆された。

第5章は、アフォーダンス研究を参考にして、個人の運転行動特性を反映させた個人適応型リスク式 RF_{ind} を提案した。リスク式は運転者の主観的なリスク感をあらわす尺度であることから、リスク感の異なると考えられるアクセルオフとブレーキオンの分別性能で妥当性の確認を行った。第3章で構築した従来のリスク式 RF と比べて、 RF_{ind} は先行車接近時におけるアクセルオフとブレーキオンがうまく分離できることを、DS 実験により明らかにした。

第6章は、より多くの実験参加者、かつ、リアルワールドにおける個人適応型リスク式 RF_{ind} の実用性を評価するため、NDD を用いて、第5章と同様にアクセルオフとブレーキオンの分離性能を確認した。その結果、 RF_{ind} は、従来のリスク式 RF に比べて、アクセルオフとブレーキオンの分離性能が向上したことが示された。また、NDD を用いることにより、実験参加者のブレーキ操作特性や個人間差が明らかになった。

第7章は、総括的議論を行い、第2章から第6章までを通した結果の要約と展望を示した。また、今後の課題を併せて記載した。

最後に、第8章において、本論文の結論を述べた。