

Graduate School of Creative Science and Engineering
Waseda University

博士論文審査報告書
Doctoral Dissertation Review Report

論文題目
Dissertation Title

Research on Early Detection System of Potentially Hazardous Conditions for
Traffic Accident

交通事故に繋がる潜在的危険状態の早期検知システムに関する研究

申請者
(Applicant Name)
Hiroaki HAYASHI
林 弘昭

Department of Modern Mechanical Engineering Research on Human-Robot Interface

February, 2023

(1) 審査経緯

博士論文審査の経緯を以下に示す。

- ・ 2022年11月17日 予備審査会
- ・ 2022年12月8日 教室受理決定
- ・ 2022年12月22日 創造理工学研究科運営委員会受理決定
- ・ 2023年1月17日 リーディング大学院実体情報学 QE3 実施
実体情報学博士プログラム修了要件は、専攻審査の合格とプログラム QE3 の合格である。QE3 は合格済み。
- ・ 2023年1月17日 公聴会
- ・ 2023年2月8日 審査分科会
- ・ 2023年2月25日 研究科運営委員会

(2) 論文背景・内容・評価

自動車は「モビリティ」という大きなベネフィットをもたらすと同時に、交通事故をも引き起こす。ITS（高度道路交通システム）や ADAS（先進運転支援システム）の進歩により、交通事故件数は減少傾向にあるものの、日本では 2021 年におよそ 31 万件と、その件数は依然として多い。交通事故の 9 割は、運転者の失敗、いわゆるヒューマンエラーが原因だとされている。その回避を目的として、運転者支援システムの開発が進められている。これまでに、危険が間近に迫ったときの車線逸脱警報システムや被害を最低限に留めようとする衝突被害軽減ブレーキなどが開発されているが、これらは緊急時における危険回避のための安全技術と位置付けられる。一方、過労運転、危険運転、疾病など、直ちに事故が起こるわけではないが、事故に至る可能性が高い潜在的危険状態に対して、それらを早期検出し対策することにより、緊急事態そのものを減らすことが期待できる。潜在的危険状態の検知システムとしては、従来では居眠り、ながら運転、イライラな状態の検知が多数行われている。しかし、不適切な状況認識や危険な運転操作などの状態は運転行動に直接的に関わるものの、その状況を動的かつ複雑な交通環境下で抽出することは難しい。発病検知に関しては異常予兆データが少ないため、運転不能状態に至る前に予兆を検知することは困難である。

そこで本論文では、潜在的危険状態の検知の高度化を目的とし、運転に関わる 3 要素、すなわち運転者、車、交通環境を取り入れ、教師あり学習と教師なし学習を使い分けて、状況認識の推測、運転行動の評価、そして発病予兆の検知の方法を提案し、実験による評価を行っている。

まず、状況認識の推測においては、特に lv.3 の自動運転時に発生する Takeover の状況に着目している。周辺交通状況と運転者の視線行動の関係性

を表す 34 個の説明変数を定義し、Support Vector Machine (SVM) により状況認識の程度を分類している、そして、ドライビングシミュレーター実験により 83%の精度で状況認識の分類ができることを確認し、提案手法の有効性を示している。

運転行動の評価においては、Takeover 状況に限定せず、より複雑な実環境での手動運転状況での評価を試みている。時系列クラスタリング手法を用いて、運転者ごとのクラスターを用意し、異常行動を検知した際に、その運転者のクラスターと他運転者の共通的なクラスターを比較することで、運転者の安全運転性を評価する手法を提案し、実際のバスデータに適用し評価した結果、危険な運転行動など、運転者の評価が行えることを確認している。

発病予兆の検知については、運転者の行動、生体情報および車の挙動を含むマルチモーダルなモニタリングから、異常予兆につながる要監視サイン検知を実験的に進めた上で、サインの種類、継続時間および周期に応じて、異常状態の検知を行っている。ドライビングシミュレーター実験の結果、疑似頭痛や居眠りの検知を実現している。

以上要するに、本論文は、交通事故の未然防止の実現に向けて、運転者と交通環境の関係性を考慮し、教師あり・教師なしの学習手法を活用することで、不適切な状況認識、不安全な運転行動、そして発病予兆といった潜在的な危険状態を早期に検知する技術を提案し、実証実験によりそれらの有効性を示したものである。この成果は、ドライバーモニタリング技術の発展に新しい方向性を与えるものであり、社会的な貢献が期待できるだけでなく、ヒューマン・マシンインターフェース、人間共存ロボット制御の学術分野の発展にも大きく寄与するものである。よって、本論文は博士（工学）早稲田大学の学位論文として価値あるものと認める。

審査員

主査 早稲田大学教授 工学博士（早稲田大学） 菅野 重樹

年 月 日 _____

副査 早稲田大学教授 工学博士（早稲田大学） 高西 淳夫

年 月 日 _____

副査 早稲田大学教授 博士（工学）早稲田大学 宮下 朋之

年 月 日 _____

副査 早稲田大学教授 博士（工学）早稲田大学 尾形 哲也

年 月 日 _____

副査 早稲田大学教授 博士（工学）早稲田大学 岩田 浩康

年 月 日 _____