

平成 25 年 博士論文

ドライバモニタリングからの
取得情報を活用した
運転状態推定アルゴリズムの開発

指導教員

主査 小栗 宏次 教授

副査 村上 和人 教授

副査 奥田 隆史 教授

愛知県立大学大学院 博士後期課程 情報科学研究科 情報科学専攻

平成 25 年度入学 2013841001

目次

| | | |
|------------|------------------------------|-----------|
| 第1章 | 序論 | 1 |
| 1.1 | 研究の背景と目的 | 1 |
| 1.2 | 本論文の構成 | 4 |
| 第2章 | 安全技術による事故防止への取り組み | 5 |
| 2.1 | 事故低減のための安全技術 | 5 |
| 2.2 | 安全技術の動向 | 6 |
| 2.2.1 | 技術動向と代表的な安全システム紹介 | 6 |
| 2.2.2 | 運転支援システムの動向 | 8 |
| 2.2.3 | 予防安全システムの動向 | 11 |
| 2.2.4 | 衝突安全システムの動向 | 13 |
| 2.2.5 | 安全技術動向まとめ | 14 |
| 2.2.6 | 欧州と日本の安全技術比較 | 15 |
| 2.3 | 安全技術の中のドライバモニタリング | 17 |
| 2.3.1 | ドライバモニタリング | 17 |
| 2.3.2 | 居眠り運転検知技術の動向 | 18 |
| 2.3.3 | 居眠り運転検知に関する研究課題 | 21 |
| 2.3.4 | 運転姿勢推定技術の動向 | 22 |
| 第3章 | ドライバの眠気レベル推定アルゴリズムの開発 | 25 |
| 3.1 | 安全面に基づく居眠り運転検知の多段階化 | 25 |
| 3.2 | 実用面からの要件に基づく計測機器の選定 | 26 |
| 3.3 | ドライバの眠気関連情報の計測と解析手法 | 31 |
| 3.3.1 | 顔表情からの眠気レベル | 31 |
| 3.3.2 | 心拍情報(心拍変動と自律神経系) | 33 |
| 3.3.3 | 呼吸情報(呼吸変動と自律神経系) | 36 |
| 3.3.4 | カメラからの瞼開閉情報 | 38 |
| 3.3.5 | シートからの荷重情報 | 41 |
| 3.3.5.1 | ドライバの荷重変動計測機器 | 41 |
| 3.3.5.2 | 安静着座時の眠気レベルと荷重変動の関係調査 | 43 |
| 3.3.5.3 | 運転時における有効な特徴量 | 45 |
| 3.3.5.4 | 出現頻度に基づく特徴量選定法 | 50 |
| 3.4 | パターン認識手法 | 52 |
| 3.4.1 | パターン認識と学習 | 52 |
| 3.4.2 | 線形判別分析法 | 53 |
| 3.4.3 | k-最近傍識別法 | 54 |

| | | |
|--------------|----------------------------------|------------|
| 3.4.4 | AdaBoost | 55 |
| 3.4.4.1 | 弱識別器の利用による集団学習 | 55 |
| 3.4.4.2 | AdaBoost アルゴリズム | 57 |
| 3.4.5 | 二値判別器の拡張による多値判別法 | 62 |
| 3.4.5.1 | ハミング復号に基づく ECOC 法 | 63 |
| 3.4.5.2 | 損失関数に基づく ECOC 法 | 64 |
| 3.5 | ドライビングシミュレータ運転時の眠気レベル推定 | 66 |
| 3.5.1 | ドライビングシミュレータと走行コース | 66 |
| 3.5.2 | 眠気誘発コース走行による居眠り運転模擬 | 69 |
| 3.5.3 | 実験取得データからの特徴量抽出 | 70 |
| 3.5.4 | 特徴量の最適化手法 | 74 |
| 3.5.5 | パターン認識による推定と推定性能評価 | 75 |
| 3.5.6 | パターン認識による推定結果と考察 | 78 |
| 3.5.6.1 | 推定結果 | 78 |
| 3.5.6.2 | 考察 | 81 |
| 3.5.6.3 | 精度向上のための課題 | 87 |
| 3.6 | 覚醒低下の段階変化を考慮した眠気レベル推定 | 89 |
| 3.6.1 | 眠気変動の特徴 | 89 |
| 3.6.2 | マハラノビス汎距離を利用した重複特徴量検知 | 90 |
| 3.6.3 | 判別基準ごとの Expert Model を利用した多値判別拡張 | 93 |
| 3.6.4 | 推定信頼度を重みとした時系列推定の定式化 | 95 |
| 3.6.5 | 低信頼度区間検知に基づく推定値補正 | 99 |
| 3.6.6 | 提案推定モデルと推定結果 | 100 |
| 3.6.7 | 考察 | 103 |
| 3.7 | ドライバの眠気レベル推定まとめ | 106 |
| 第 4 章 | ドライバの運転姿勢推定アルゴリズムの開発 | 107 |
| 4.1 | 公道での運転姿勢実態調査 | 107 |
| 4.1.1 | 運転姿勢調査方法 | 107 |
| 4.1.2 | 調査結果 | 109 |
| 4.2 | 運転姿勢変化によるドライバのワークパフォーマンス評価 | 112 |
| 4.2.1 | 評価の目的 | 112 |
| 4.2.2 | ドライビングシミュレータを用いた実験方法 | 112 |
| 4.2.3 | ワークパフォーマンス評価方法 | 114 |
| 4.2.4 | ワークパフォーマンス評価結果 | 117 |
| 4.3 | ドライビングシミュレータによる運転姿勢推定模擬実験 | 123 |
| 4.3.1 | 推定に用いる体圧計測機器(空気流量センサ)の仕様 | 123 |

| | |
|------------------------------------|------------|
| 4.3.2 模擬実験方法 | 124 |
| 4.3.3 適切な運転姿勢 | 127 |
| 4.3.4 取得データからの特徴量抽出 | 129 |
| 4.4 運転姿勢推定手法と結果 | 131 |
| 4.4.1 線形な推定式を構築する手法での推定結果 | 132 |
| 4.4.2 非線形な識別式を構築する AdaBoost での推定結果 | 135 |
| 4.5 空気流量センサの最適配置検討 | 137 |
| 4.5.1 最適配置実験法 | 137 |
| 4.5.2 各センサ位置での実験結果と考察 | 139 |
| 4.5.3 各センサ位置での最適組み合わせ検討 | 144 |
| 4.6 ドライバの運転姿勢推定まとめ | 147 |
| 第 5 章 結論 | 148 |
| 謝辞 | 150 |
| 参考文献 | 151 |
| 研究実績 | 160 |