

人間特性計測に関する研究

研究代表者 菅野 重樹
(創造理工学部 総合機械工学科 教授)

1. 研究課題

本研究では、人間特性計測システムを用いて、医療福祉ロボット、パートナーロボット、コンピュータグラフィックスなどのヒトの動作解析に基づいたアプローチが必要となる研究領域において、人間中心設計の方法論の確立を目指す。開発してきた装置・アルゴリズムを使用及び評価をしていくことで、個々に適応するためのシステムの在り方を研究している。本研究室では、人間特性計測に関する研究として、「運転支援のための運転者の状態推定」の研究があり、運転者の状態と特性を検出する技術の開発を進めている。交通死亡事故の約 9 割はヒューマンエラーによるものとされており、交通死亡事故を回避するためには運転者支援が重要である。その中でも特に、運転者の運転能力の評価は極めて重要な課題である。そこで本研究では、日常的に運転行動を評価する方法論に焦点を当てる。本年度の研究成果を次節より報告する。

現代社会において、自動車の運転は生活に不可欠な移動手段の一つであるが、交通事故が未だに多発している。運転の安全性は運転能力に依存するため、交通事故を繰り返しやすい運転者が存在することが考えられる。若年者や高齢者には事故率が高い傾向が見られるが、個人差が大きいため、年齢や運転経験だけで事故リスクを判断することはできない。運転能力を評価するには、実際の運転行動を見る実技試験が有効であるが、日本の運転免許制度では視覚・聴覚・身体能力のテストとビデオの視聴に留まっている。安全運転の評価指標も、視線行動からの状況認識、モーションセンサを使用した運転能力の自動評価システム等が提案されているが、自動的に運転者の操作能力の評価は行う仕組みは未だに構築されていない。そこで、本研究では、運転者の日常的な運転行動を評価するシステムを提案する。自動車用センサの進歩により、運転行動の多くのデータが収集されるようになったが、データの多様性と複雑さから、ラベリングが難しいという課題がある。本研究では、時系列解析と教師なし学習を組み合わせることで、事前のルールやラベリングを必要としない運転行動評価システムを開発する。

2. 主な研究成果

2. 1. 運転行動評価システム

提案運転行動評価システムのシステム図を図 1 に示す。このシステムでは、自動車の周辺画像、運転者画像、及び速度や加速度の車両操作情報を入力する。次に、運転状況ごとに運転者の視線行動と各車両操作情報の時系列データをクラスタリングし、それぞれの平均時系列を求める。ここでは、評価対象の運転者のデータと他のすべての運転者のデータをそれぞれクラスタリングする。最後に、評価対象の運転者のクラスタ内における各運転行動のクラスタからの逸脱度合いを計算することで、個々の危険運転行動を、評価対象の運転者のクラスタを他のすべての運転者のクラスタと比較することにより、日常的な危険運転行動を検知する。本研究では、右車線変更タスクに着目してシステムを開発した。

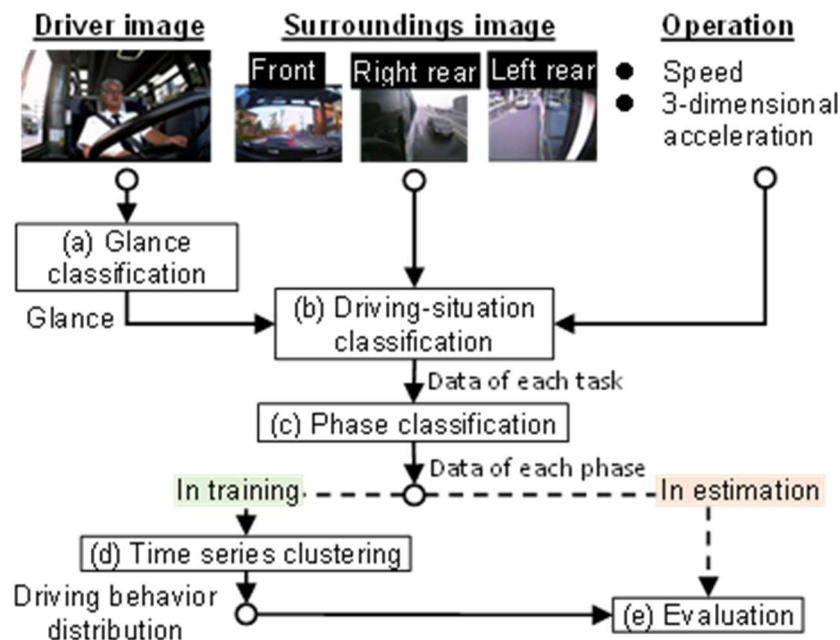


図1 運転行動評価システムの概要図

2. 2. 時系列データのクラスタリング

k-means によるクラスタリングを行う。この時、データ間の類似度とデータの平均を計算する必要がある。時系列間の類似度計算と時系列の平均化手法として広く使われている DTW (Dynamic Time Warping) と DBA (DTW Barycenter Averaging) を利用した。

2. 3. 実験結果とまとめ

バス会社から、2ヶ月間の10台のバスの走行データが提供された。このデータには、運転者画像、車両周辺画像（前方、左後ろ、右後ろ）、時刻、速度、3次元加速度（左右、前後、上下）、ブレーキペダルのON/OFF、左右ウィンカーのON/OFFが含まれている。入手したバスデータから、混雑度が低く、高速道路、そして明るい状況における右車線変更のデータを抽出し、これらを用いて検証が行われた。

提案システムを用いて、運転者Aの正常クラスタにおける平均運転行動に対して評価を行った。運転者B～Eの運転データに対して、エルボー法によりクラスタ数を算出した後、運転者Aの各時系列平均が運転者B～Eのクラスタからの逸脱度合いを計算した。図2より、運転者Aの視線行動の時系列平均は、運転者B～Eのクラスタから逸脱していることがわかる。すなわち、提案システムは運転者Aが日常的に不安全な視線行動を行っていることを検知した。図3に、運転者Aの平均視線行動と運転者B～Eの平均視線行動を示す。運転者B～Eの平均視線行動では、右サイドミラー（RSM）を6回、合計1.8秒視認したのに対して、運転者Aの平均視線行動では、右サイドミラー（RSM）を3回、合計0.5秒しか視認しなかった。運転者Aの平均視線行動を他の運転者と比較せずに評価した場合、混雑度が低いため、周辺状況を確認する時間は短くても良いと評価した。一方、他の運転者と比較することで、たとえ周辺に他車両がない場合でも、見落としを防ぎ、安全を保障するためには、周辺状況を注意深く確認する必要があることが分かった。提案システムは正しく日常的な不安全行動を検知できたといえる。

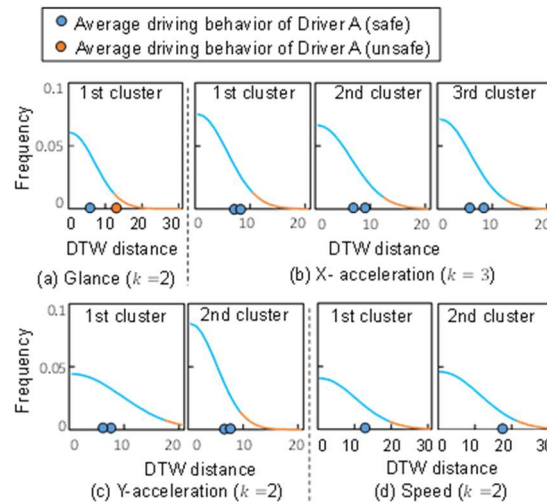


図 2 運転行動評価時の正規分布と偏差

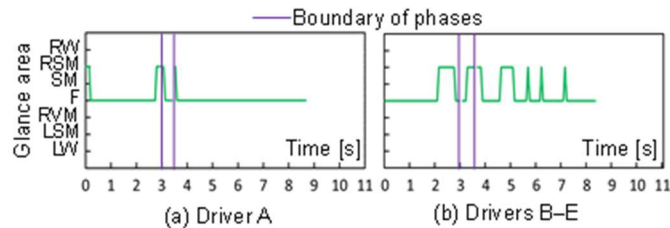


図 3 運転行動評価時の平均視線行動

3. 研究業績

3. 1. 学術論文

- [1] Catherine Lollett, Mitsuhiro Kamezaki, Shigeki Sugano, Normalized Facial Features-Based DNN for a Driver's Gaze Zone Classifier Using a Single Camera Robust to Various Highly Challenging Driving Scenarios. 2023 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), pp. 1-8, 2023 年.
- [2] Hiroki Wakashima, Kodai Kishino, Shinpei Iizuka, Masahiro Tamachi, Shigeru Wesugi, "Design of Wearable Tensegrity Structures Focusing on the Tension Propagation Function throughout the Body," Proceedings of the Design Society, pp. 1287-1296, 2023.
- [3] Masaki Kuribayashi, Hironobu Takagi, Chieko Asakawa, Shigeo Morishima, "Textual and Directional Sign Recognition Algorithm for People with Visual Impairment by Linking Texts and Arrows," The IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2023 Workshop (CVPR 2023 Workshop), 2023.
- [4] Masaki Kuribayashi, Tatsuya Ishihara, Daisuke Sato, Jayakorn Vongkulbhisal, Karnik Ram, Seita Kayukawa, Hironobu Takagi, Shigeo Morishima, Chieko Asakawa, "PathFinder: Designing a Map-less Navigation System for Blind People in Unfamiliar Buildings," Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1-16, 2023.
- [5] Seita Kayukawa, Keita Higuchi, Shigeo Morishima, Ken Sakurada, "3DMovieMap: an Interactive

Route Viewer for Multi-Level Buildings,” Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1-11, 2023.

- [6] Seita Kayukawa, Daisuke Sato, Masayuki Murata, Tatsuya Ishihara, Hironobu Takagi, Shigeo Morishima, Chieko Asakawa, “Enhancing Blind Visitor’s Autonomy in a Science Museum Using an Autonomous Navigation Robot,” Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1-14, 2023.

3. 2. 学会および社会的活動

- [7] 林弘昭, 亀崎允啓, 岡直樹, 菅野重樹, 時系列クラスタリング手法を用いた実環境下での運転行動評価に関する研究, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 2A2-C24-, 2023/06/28 - 2023/07/01, 2023.
- [8] 後藤舟, 澤田秀之, SMA ワイヤを用いたエイ型ロボットのためのヒレ構造の開発, ROBOMECH2023 (ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1A1-B17-, 2023/06/28 - 2023/07/01, 2023.
- [9] Shigeru WESUGI, Expectations for Philosophy of Technology in the Engineering Design of Human-Technology Relations, Japanese Philosophy of Technology: A Contemporary Approach (Executive Committee Special Programs (3)), The 23rd biennial international conference of the Society for Philosophy and Technology (SPT2023), 2023.

4. 研究活動の課題と展望

本研究では, ルールの事前定義やラベリングを必要としない運転行動評価システムの開発するため, 時系列解析と教師なし学習を組み合わせた手法を提案した. 提案システムは, ある運転者の運転行動と他の運転者の運転行動をクラスタリングし比較することで, その運転者の単独運転行動と平均運転行動を評価することができた. 今後は, 評価項目の多様化 (運転者の体や足の動き等) や, 右車線変更以外の運転タスクに応用することが考えられる.