

交通環境下におけるドライバの危険感覚定量化に関する研究

Study on Quantification of Driver's Risk Feel Under Actual Traffic Condition

北澤 章平 (Shohei Kitazawa)

1. 研究概要

自動運転車両の研究開発は構成要素技術の熟成や統合システムとして実証実験が各所で行われている。また、条件付運転自動化車両（レベル3）が市場に登場し、さらに社会から注目を集めている。今後も運行設計領域が拡大され、より高度な運転自動化が目指されている。したがって近い将来において既存のヒューマンドライバに運転される車両と自動運転車両の混在交通が発生することが予想される。このとき自動運転車両と他の交通参加者との調和が保たれなければ、安全な交通社会の実現は難しいであろう。自動運転車両が周辺のヒューマンドライバに過度な違和感を与えないことが重要である。すなわち、自動運転車両には「人間らしい」制御が求められる。本研究は実交通環境におけるヒューマンドライバの運転行動を定量化し、運転行動の特徴を理解するためのパラメータの提案とその推定手法について検討を行うものである。

2. 危険感覚の定量化手法

我々はこれまでリスクポテンシャルを用いた自律走行車両の制御目標生成ドライバモデルを構築してきた。このモデルの手法を応用し、ヒューマンドライバの運転行動、ここでは操舵操作と走行軌跡から、ドライバモデルパラメータを推定する手法について検討した。交通障害物からドライバが感受するリスクポテンシャルは指数関数により式(1)および式(2)で定義した。これを図示したものが図1である。なお $C[i]$ は障害物の大きさおよび感受する危険感覚の大きさを考慮したリスクポテンシャル関数のゲイン、 x_p および y_p はドライバモデルの注視時間 T_p 秒後の自車の二次予測位置、 $x_f[i], x_r[i]$ および $y_f[i]$ は障害物の基準位置、 $\tau_{xf}[i], \tau_{xr}[i]$ および $\tau_y[i]$ はリスクポテンシャルの広がりを示すパラメータである。

$$R_y[i] = \begin{cases} R_y[i] \cdot \exp \left\{ -\sqrt{\left(\frac{-y_p + y_f[i]}{\tau_y[i]}\right)^2 + \left(\frac{-x_p + x_r[i]}{\tau_{xr}[i]}\right)^2} \right\} & (x_p \leq x_r[i]) \\ R_y[i] \cdot \exp \left\{ -\frac{(-y_p + y_f[i])}{\tau_y[i]} \right\} & (x_r[i] < x_p < x_f[i]) \\ R_y[i] \cdot \exp \left\{ -\sqrt{\left(\frac{-y_p + y_f[i]}{\tau_y[i]}\right)^2 + \left(\frac{-x_p + x_f[i]}{\tau_{xf}[i]}\right)^2} \right\} & (x_p \geq x_f[i]) \end{cases} \quad (1)$$

$$R_y[i] = C[i] \cdot \exp \left\{ -\frac{W[i]/2}{\tau_y[i]} \right\} \quad (2)$$

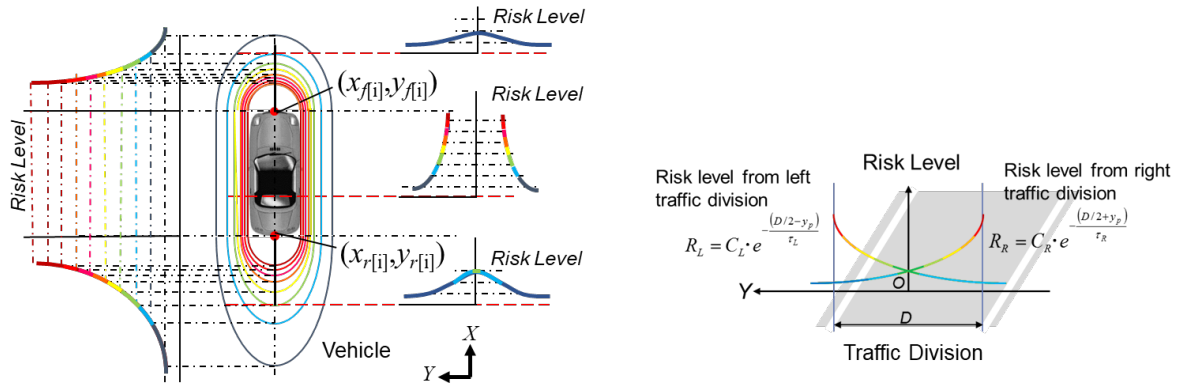
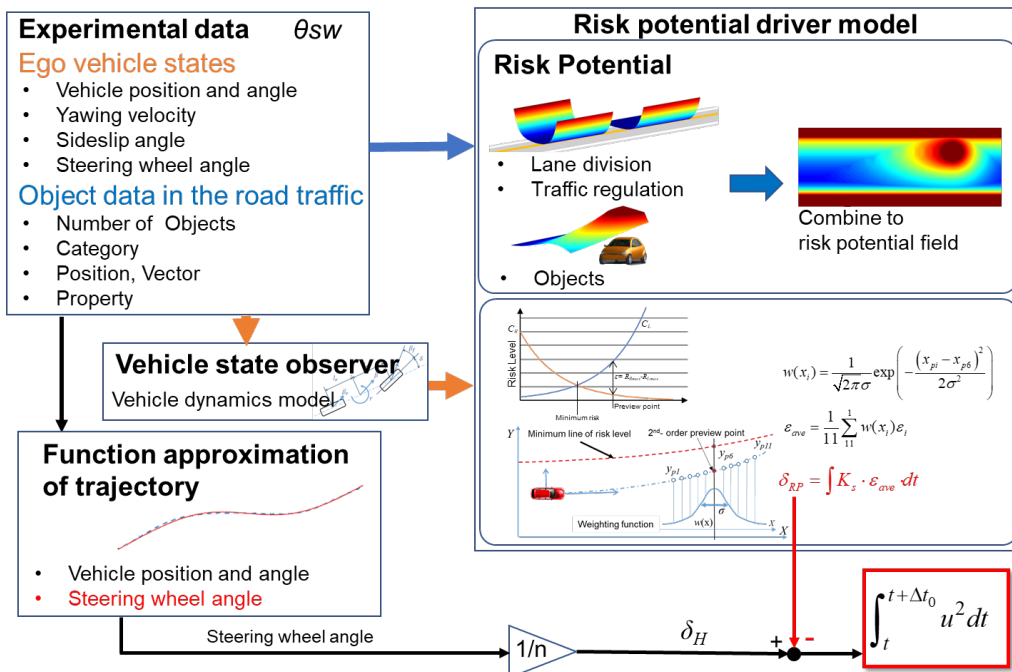


Fig.1 Functionalization for risk potential of objects

図 2 にパラメータ推定手法の概略を示す. まずヒューマンドライバの運転行動および経路選択に影響を与える道路上の障害物となる交通物体や車線区分などの情報を取得し, 関数近似などの処理を行った後にドライバモデルによる実舵角 δ_{RP} を算出し, ヒューマンドライバの運転操作実舵角 δ_H との差分が最小となるリスクポテンシャルパラメータ τ を推定した. ここでリスクポテンシャルドライバモデルには多数のパラメータがあり, 全てのパラメータを一意に定めることは出来ず, 走行結果からすべてのパラメータを推定することは難しかった. そのため, 車線区分から感受するリスクはドライバに依らず一定と仮定して $C_{lane}=0.2$, $\tau_{lane}=2.25$ と定めた.

Fig.2 Risk potential estimation method using optimization method



3. パラメータの推定結果と検証

比較的交通量の少ない一般公道を走行した際の走行データを収集し, 路肩にある駐車車両を追い越す場面についてデータを抽出して評価対象とした. ドライバは運転免許保有の成人男性 1 名であり, 事前に教示したルートを安全に十分配慮して運転することの

みを指示した。評価対象とした交通場面を図 3 に示す。車線幅 3.2(m)，路肩を有する片側 1 車線の道路上に，約 50(m)にわたって左側に複数の車両が停車している。これらを一つの追い越し走行で回避する場面である。実験の遂行にあたっては大阪産業大学 研究倫理審査委員会において審査を受け，許可を得て実施した（申請番号 2019-人倫-011）。

ヒューマンドライバによる走行軌跡をシグモイド関数により近似し，車両運動力学モデルの逆演算によりパラメータ推定に適用する実舵角を求めた結果を図 4 に示す。また，この値を評価対象としてリスクポテンシャルパラメータを推定した結果を用い，リスクポテンシャルドライバモデルに適用して走行軌跡を求めた結果を図 5 に示す。追い越し時の最大誤差は 18.65(cm)であり，ヒューマンドライバの運転動作を高精度に再現できることが確認できた。

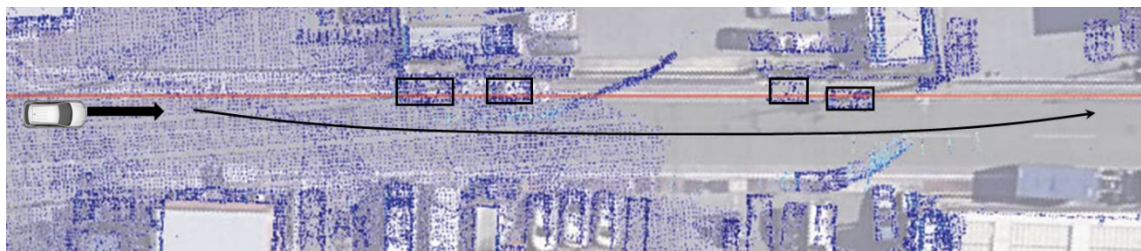


Fig.3 Example of evaluated scene in real traffic situation

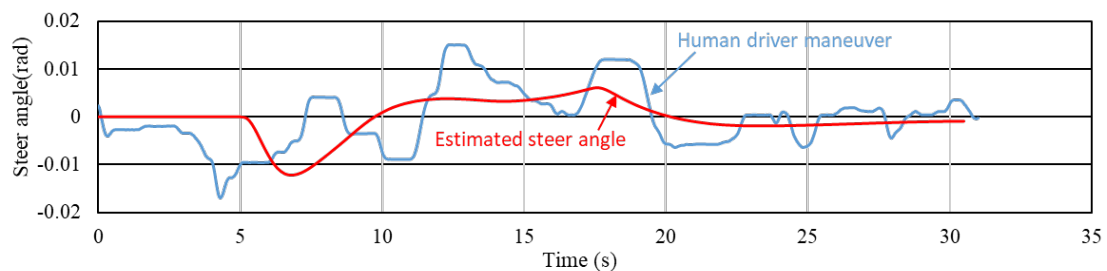


Fig.4 Calculation of steer angle used for parameter estimation

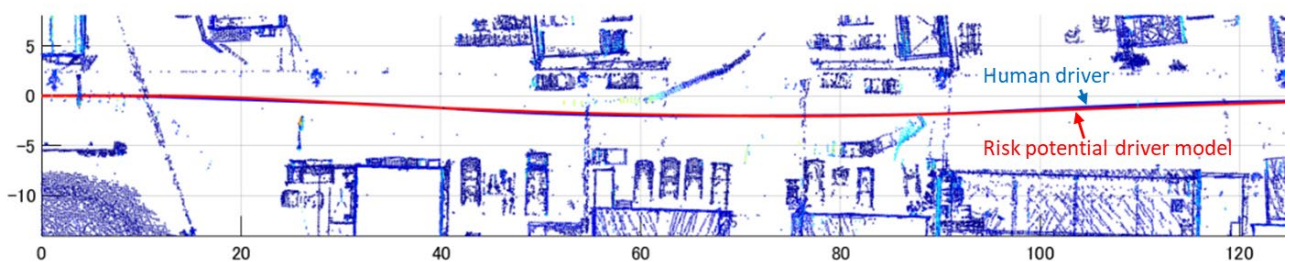


Fig.5 Comparison of trajectories between human driver and driver model

4. まとめ

実走行データを用い，ドライバモデルに適用するパラメータの推定手法について述べ，その再現有効性について検証をおこなった。基準となるリスクとして車線区分を用い，これに対して障害物が有する危険感覚についてリスクポテンシャルパラメータを求めることで相対的に表現し，またこの値をドライバモデルに適用することで走行軌跡を高精度に再現できることを検証した。