

テレマティクスデータを用いた危険感の階層型マルチクラスタ推定

谷 昌樹

指導教員：小栗 宏次

1 はじめに

事故低減に向けて、安全運転を促進する取り組みの 1 つとして自動車保険が挙げられる。現在の自動車保険の種類の 1 つである Pay As You Drive(PAYD) システムは、走行行動ではなく走行距離にのみ焦点を当てているため、多くの弱点と欠点があると言われている [1]。ユーザーがどのくらい運転しているかを評価する Pay How You Drive(PHYD) の例として西堀らの最大加速度によってドライバの運転リスクを評価する手法がある [2]。しかし、この手法ではドライバがどのような状況で減速行動を起こしたのかを考慮できない。そこで、ドライバのブレーキの踏み方やどのような状況で減速行動を起こしたのかを考慮し、その走行の危険感を推定する。

2 提案する危険感指標

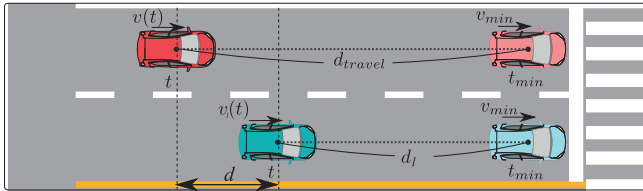


図1 交差点の俯瞰図

本研究で危険感とは走行環境に対して人間が感じる恐怖感の度合いと定義する [3]。また、ある道路を走行した平均速度をその道路の標準速度と定義する。

本手法を用いることにより急減速が発生した走行において危険感を算出する。急減速が発生した前後 n 秒間の速度情報と走行している道路の標準速度から算出する。

2.1 距離に着目したリスク指標

図1に示すように、自車両は時刻 t において速度 $v(t)$ で走行しているとする。ここで、急減速が発生した時刻を $t = 0$ とし、前後 n 秒間の間で最も速度が低い速度を v_{min} 、そのときの時刻を t_{min} とする。自車両が時刻 $t = -n$ から t_{min} までの間に走行した距離は d_{travel} は $\int_{t=-n}^{t=t_{min}} v(t)dt$ と算出できる。

一方、標準速度 s で自車両が走行している場合を考える。時刻 t_{min} の地点で速度 v_{min} で通過する場合、図2に示すように減速度 a のとき速度 $v_s(t)$ の推移は

$$v_s(t) = \begin{cases} s & (t < t_{vl}) \\ a \cdot t + v_{min} - a \cdot t_{min} & (t_{vl} \leq t) \end{cases} \quad (1)$$

Where :

$$t_{vs} = \frac{v_{min} - s}{a} \quad (2)$$

となる。ここで、時刻 t_{vl} はこの時刻から減速度 a で一定に減速を行うと時刻 t_{min} において速度 v_{min} に到達する時刻を表す。これより、制限速度 $v_s(t)$ で自車両が走行している場合、時刻 $t = -n$ から t_{min} までの間に走行した距離は $d_s(t)$ は

$$d_s = \int_{t=-n}^{t=t_{min}} v_s(t)dt \quad (3)$$

と算出できる。ここで、標準速度で走行したときと実際の走行で停止するために必要になる時間の差 D を $\frac{d_{travel}-d_s}{v_s(t)}$ と算出する。

2.2 制限速度から超過した度合いに着目したリスク指標

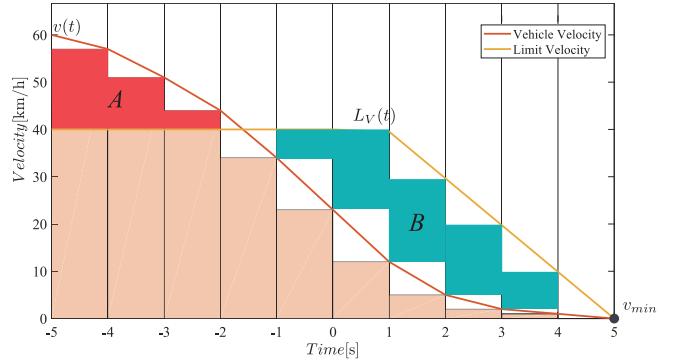


図2 自車両の速度と制限速度で走行時の速度

図2に示すように、自車両は時刻 t において速度 $v(t)$ で走行しているとする。ここで、速度 $v(t)$ が制限速度を下回る時刻を t_c とする。時刻を t_c までの速度 $v(t)$ と $v_s(t)$ 面積の差を示す制限速度を超過した度合いを A 、下回った度合いを B

$$A = \int_{t=-5}^{t=t_c} v(t)dt - \int_{t=-5}^{t=t_c} v_s(t)dt \quad (4)$$

$$B = \int_{t=t_c}^{t=t_{min}} v_s(t)dt - \int_{t=t_c}^{t=t_{min}} v(t)dt \quad (5)$$

Where :

$$t_c = \arg \min_t \{v(t) - v_l(t)\} \quad (6)$$

$$t_c \neq t_{min} \quad (7)$$

から算出する。また、 A 、 B を算出した区間における加速度と躍度の加算値を $A_a = \int_{t=-5}^{t=t_c} a(t)dt$ 、 $A_j = \int_{t=-5}^{t=t_c} j(t)dt$ 、 $B_a = \int_{t=t_c}^{t=t_{min}} a(t)dt$ 、 $B_j = \int_{t=t_c}^{t=t_{min}} j(t)dt$ と算出する。さらに、 $t = -5$ から $t = t_{min}$ における最大加速度 a_{max} 、最小加速度 a_{min} 、最大躍度 j_{max} 、最小躍度 j_{min} と定義する。

3 危険感の階層型マルチクラスタ推定

ここで、正規化した特徴量 $\hat{X}_k(k = 1, 2, \dots, K)$ に対して、階層型クラスタリングを用いて N 個にクラスタリングした結果、クラス a に属する特徴量 \hat{X}_k を

$$\hat{X}_{k,a}^T = (x_{k,1,a} \ x_{k,2,a} \ \dots \ x_{k,N,a}) \quad (8)$$

と表す。次に、正規化した特徴量 $\hat{X}_k(k = 1, 2, \dots, K)$ に対して、クラス c に属する走行のみに対して主成分分析を行う。 z_m は m 番目の主成分を表す。

$$z_{m,c} = \sum_{k=1}^K w_{k,m} \times \hat{X}_{k,c} \quad (m = 1, 2, \dots, M) \quad (9)$$

最後に、危険感推定に用いる特徴量は \hat{X}'_c を用いる。

$$\hat{X}'_c = [X_{k,c}, z_{m,c}] \quad (k = 1, 2, \dots, K, m = 1, 2, \dots, M) \quad (10)$$

次に、危険感のラベルを y とすると、クラス c における k 番目の特徴量と危険感ラベル y との相関 $r_{k,c}$ を算出する。この $r_{k,c}$ が高い順に並び変えた特徴量を X'_c とする。危険感推定では、危険感と相関が高い上位 2 個 $X'_{1,c}, X'_{2,c}$ を推定に用いる。推定器 f_p は f_1 : K-近傍法, f_2 : SVM Classification, f_3 : ガウス過程, f_4 : 決定木, f_5 : ランダムフォレスト, f_6 : 多層パー

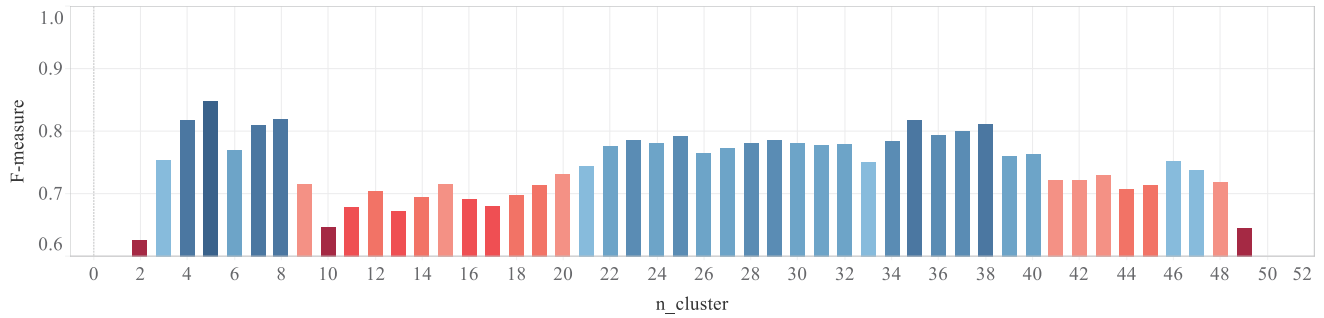


図3 クラスタ数を変化させたときの F 値

セプトロン, f_7 : AdaBoost, f_8 : ナイーブベイズ, f_9 : 二次判別分析を用いるクラスタ c における推定器 f_p によって推定された F 値を $F_{c,p} = f_p(X''_{1,c}, X''_{2,c})$ とすると, この $F_{c,p}$ が最大になるように推定器 f_p を選択する.

4 危険感推定実験

日常的に運転を行っているドライバー 5 名の 1 年間のテレマティクスデータを取得した. テレマティクスデータとして車両の速度とドライブレコーダのデータが挙げられる. ドライブレコーダにはシルバーアイ社製の DR-210 と DR-220 の 2 種類のカメラを用いている. ここで, その主成分がどの特徴量に寄与しているかを図 4 に示す.

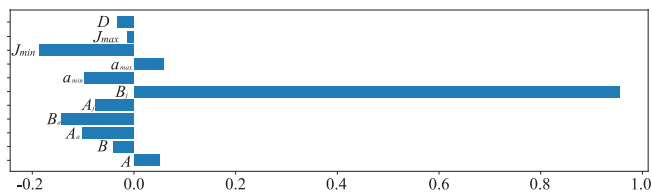


図4 主成分:PC8 の寄与している特徴量

クラスタ 1 では体の揺れに着目し危険感を推定するクラスタである. そのため, 運転の滑らかさである躍度や加速度などが特徴量として選択された. これよりこのクラスタでは躍度や加速度で危険感を表現可能であることが分かる. しかし, 踏切や雨天時では誤検出が発生した. クラスタ 2 から 4 では急ブレーキの度合いと速度超過に着目し危険感を推定するクラスタである. そのため, 急ブレーキの度合いと速度超過区間の加速度が選択されています. これより, 速度超過をしていても, 速度超過区間の加速度が安定している場合は危険感が低くなる事が分かる. これより, 速度超過をすることが直接危険感に関係しているわけではないことが分かる. これより, 急ブレーキの度合いが高ければ高いほど危険感が高くなる. また, 速度超過の区間における加速度が一定でなければ一定でないほど危険感が高くなる. クラスタ 5 では急ブレーキの度合いに着目し危険感を推定するクラスタである. このシーンの速度推移では, 他の走行と比べると速度超過も少なく, 減速時の加速度も小さいシーンである. しかし, 雨天のため危険と判断された. このように晴天では危険と判断されているシーンにおいても雨天では危険感が高くなる事が分かる.

5 まとめ

今後さらなる普及が見込まれるテレマティクス型の保険について, 多くの保険が危険な挙動を検知した際にドライバー本人, 及び管理者に通知する仕組みを備えている. しかし, 危険な挙動

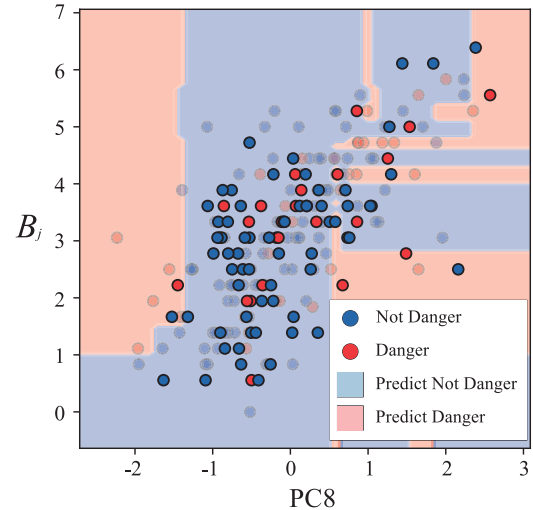


図5 クラスタ数 1:Random Forest の分類の様子

の検知アルゴリズムには加速度が閾値を上回っているかどうかの単純なアルゴリズムのみが用いられている. そこで本研究では, 一律に急減速と判断されている走行を急減速が踏まれた理由やその要因から危険感の推定を行った.

クラスタ 1 では体の揺れに着目し危険感を推定するクラスタであった. クラスタ 2 から 4 では急ブレーキの度合いと速度超過に着目し危険感を推定するクラスタであり, クラスタ 5 では急ブレーキの度合いに着目し危険感を推定するクラスタであった. 以上のクラスタを用いることで危険感の推定を行った. 以上より, 各クラスタごとに危険感を推定し, その平均の F 値は 0.84 であった. これは従来の手法の F 値 0.71 より向上していることから本手法の有効性を示す. 今後のさらなる危険感の推定精度の向上には道路の道幅や天候などを考慮する必要があると考えられる.

参考文献

- [1] S. Kantor, T.& Stárek. Design of algorithms for payment telematics systems evaluating driver's driving style. *Transactions on Transport Sciences*, Vol. 7, No. 1, pp. 9–16, 2014.
- [2] 西堀泰英, 稲垣具志, 加知範康, 安藤良輔, 三村泰広. 自動車走行時の加速度発生状況と交通事故発生箇所に関連分析. 土木学会論文集 D3, Vol. 42, p. 16, 2010.
- [3] 金子哲也, 杉山哲, 栗谷川幸代, 靱山富士男, 景山一郎. 車両周辺環境の変化に対応した危険感ポテンシャルと車両運動性能を考慮した自律走行のための制御目標生成. 自動車技術会論文集, 2013.