

テレマティクスデータを用いた回帰分析による急減速のヒヤリハット要因判定

橋本 貴大

指導教員：河中 治樹

1 はじめに

安全運転を促進する取り組みとして、テレマティクスサービスがある。自動車などの移動体に通信システムを組み合わせるリアルタイムに情報サービスが提供されている。テレマティクスサービスでは、取得した車両情報をもとに危険挙動の通知や解析を行い、ドライバにフィードバックすることにより、ドライバの安全運転意識の向上に繋げている。実際に西堀ら [1] は急減速頻度が高いところでは事故件数が増加することを明らかにしている。

しかし、テレマティクスサービスにおける危険挙動の評価には走行当たりの回数を用いており、急減速の大きさに関わらず同じ 1 回の急減速としてカウントされている。そこで、山本らはテレマティクスで閾値により記録された急減速が事故につながるヒヤリハットであるのかそうでないのかという観点から分類を行っている [2]。しかしこれは、急減速が危険であるかどうかの分類であり、ドライバがどのような状況で危険挙動を起こしたのかは考慮されていない。

そこで、本研究では危険挙動の中でも急減速に着目し、ドライバのブレーキの踏み方や急減速が記録された際の外部情報から急減速がドライバ要因であるのか非ドライバ要因であるのか判定を試みる。

2 分類に用いる指標

本研究ではテレマティクスデータとドライブレコーダ映像から急減速の分類を行う。テレマティクスデータの走行速度はドライバのブレーキの踏み方を示す情報として、ドライブレコーダ映像は急減速が記録された状況を示す情報として用いる。各急減速の発生がドライバ要因であるのか非ドライバ要因であるのかは表 1 に示すようにそのときの状況によって定義されるが、これらの状況を表現できるように本研究では速度に着目した指標および視覚情報に着目した指標をそれぞれ算出する。

表 1 状況による急減速要因の定義

| 要因主体 | 状況 |
|-------|---|
| ドライバ | ・停止目標に対する通常の制動で閾値を超えた急減速 ・出しすぎた速度を十分に落とすための急減速 |
| 非ドライバ | ・追従する先行車の突然の減速に応じた急減速 ・突然の飛び出しに対する衝突回避の急減速 ・信号変化のジレンマゾーンでの停止のための急減速 |

2.1 速度に着目した指標

テレマティクスにより記録されたフラグ前後の速度情報を用いて減速に関する特徴量を算出する。テレマティクスデータでは、減速開始タイミング T_s 、減速終了タイミング T_e 、減速開始速度 V_s 、減速終了速度 V_e 、最大減速度 G_{max} 、急減速前後 11 秒間の 1 秒ごとの速度 $V_i (i = 1, 2, \dots, 11)$ が記録される。非ドライバ要因の急減速では危険回避のために余裕のない瞬間的で大きな減速が想定される。そのため、テレマティクスデータにより取得される指標を用いて、減速量 V_d 、平均減速度 \bar{G} 、減速率

R 、停止距離 D_b 、停止余裕時間 T_{TS} の 5 指標を算出する。図 1 は横軸が急減速前後 11 秒間における減速開始タイミング [s]、縦軸が速度 [km/h] となっており、 V_s と V_e から減速量 V_d を、 T_s 、 T_e 、 V_s および V_e から平均減速度 \bar{G} を、 G_{max} と \bar{G} から減速率 R を、 V_i から停止までに走行した距離 D_b を、 D_b と V_s から停止余裕時間 T_{TS} を算出する。

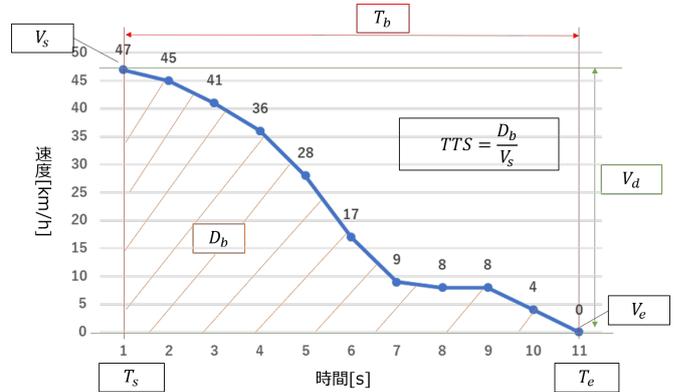


図 1 急減速前後 11 秒間における速度の推移と指標

2.2 視覚情報に着目した指標

ドライバ要因の急減速では、出しすぎた速度を十分に落とすための減速が想定される。そのため、ドライブレコーダにより取得される指標を用いて、新たな特徴量として制限速度 V_{lim} 、速度超過量 V_{ex} 、最小車間距離 D_{min} の 3 指標を算出する。制限速度 V_{lim} は映像に映る標識や標示から目視により抽出する。そして、減速開始速度 V_s と制限速度 V_{lim} との差から速度超過量 V_{ex} を算出する。次に前方車両との車間距離は、透視投影モデルにより求めた式 (1) の D_{min} とし、その 11 秒間での最小値を最小車間距離 D_{min} とする。

$$z = \frac{-51000/49}{y - 2035/7} \quad (1)$$

画像下端から前方車両下端までの画素数 y [pixel] を表す。ただし、本手法による車間距離推定の性能限界は予備実験により 30m 前後となったため、これを超えた場合は前方車両が存在しないものとして 40m という値とした。

3 ロジスティック回帰による急減速要因の判定

本研究で用いる特徴量はそれぞれ数値の単位が異なるため、同じ尺度をもって解釈することが困難である。そこで、同一の尺度に落とし込むため、特徴量ごとに平均 0 標準偏差 1 になるように式 (2) により標準化を行う。

$$\hat{X}_k = \frac{X_k - \bar{X}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}} \quad (2)$$

ただし、 i および k は特徴量のインデックス、 n はデータの個数、 \bar{X} はこの特徴量 X の平均を表す。

次に主成分分析により次元の縮約を行い、各主成分の寄与率をもとに、累積寄与率が95%を超える第1～第6主成分までを回帰の説明変数として用いる。各主成分はPC1: 停止までの余裕、PC2: 減速の滑らかさ、PC3: 制限速度、PC4: 最大減速度、PC5: 最低速度、PC6: 最小車間距離を示す特徴量となっていた。

式(3)により6個の説明変数を用いてロジスティック回帰分析により急減速要因を判定する。

$$b = \frac{1}{1 + \exp(-\sum_{j=1}^6 w_j a_j)} \quad (3)$$

ここで b は目的変数、 w_j は定数、 a_j は説明変数である。

4 要因判定の精度評価実験

日常的に運転を行っているドライバ5名の1年間のテレマティクスデータおよびドライブレコーダデータを取得した。テレマティクスにより急減速が記録された150走行のデータに対し目視によるアノテーションを行った。結果は表2のようになり、119走行がドライバ要因、31走行が非ドライバ要因であった。また、多くの急減速要因が信号停止によるものであることが確認された。

150走行のうち105走行を学習に、45走行を評価に用いて提案手法による急減速要因判定を行った。評価データにおける推定精度を表3に示す。正解率は71.7%、再現率は30.8%、適合率は50.0%となった。

表2 アノテーション内訳

| 急減速要因 | ドライバ要因 | 非ドライバ要因 | 合計件数 |
|-----------|--------|---------|------|
| 信号停止 | 88 | 11 | 99 |
| 一時停止 | 18 | 0 | 18 |
| 前方車両の減速 | 9 | 11 | 20 |
| 車両の飛び出し | 0 | 6 | 6 |
| 対向車とのすれ違い | 0 | 3 | 3 |
| 停車 | 2 | 0 | 2 |
| 踏切 | 2 | 0 | 2 |

表3 推定結果

| 推定 | ドライバ要因 | 非ドライバ要因 |
|---------|--------|---------|
| 正解 | | |
| ドライバ要因 | 4 | 9 |
| 非ドライバ要因 | 4 | 28 |

5 考察

ドライバ要因を非ドライバ要因と判定した走行データを確認した。信号停止のために瞬間的な強い減速が発生する状況であったが、ジレンマゾーンにおいて急な信号変化が生じた状況と速度超過状態から停止するために強いブレーキをかける状況の2つは止まり方が類似しているため判定が困難であったと考えられる。

そこで、停止余裕時間 T_{TS} と速度超過量 V_{ex} の関係について確認した。図2は横軸が $T_{TS}[s]$ 、縦軸が $V_{ex}[km/h]$ を表す。左

上ほど余裕のない急な減速であると言えるが、要因主体とこれらの特徴との間には関係は見られないことが確認された。ただし、非ドライバ要因による急減速では T_{TS} が短く、 V_{ex} は小さいことが確認された。

また、非ドライバ要因をドライバ要因と判定した走行では、前方車両の減速に早い段階で気づいて減速している走行や車両が飛び出してきた走行であった。このことから本研究で視覚情報の特徴として抽出した最小車間距離 D_{min} は非ドライバ要因を表現できていないことが確認された。ドライブレコーダ映像からは D_{min} では左右から飛び出してきた車両との距離を算出できないこと、ブレーキの遅れや周囲の見通しなどタイミングや環境によってブレーキの仕方が変化することが確認された。これらのことから、非ドライバ要因を表現する特徴として減速対象の認知タイミングとそれに対するドライバの減速行動および減速対象の挙動と減速対象までの距離を特徴量として考慮する必要があると考えられる。

また、非ドライバ要因の特徴として他車両の動きを表す特徴量も必要であると思われる。例えば、車両の飛び出しにおいては、ドライバの反応を示す指標として飛び出し車両の認識タイミングを示す指標に加え、対象の移動方向や移動速度を用いることで状況を表現できると考えられる。

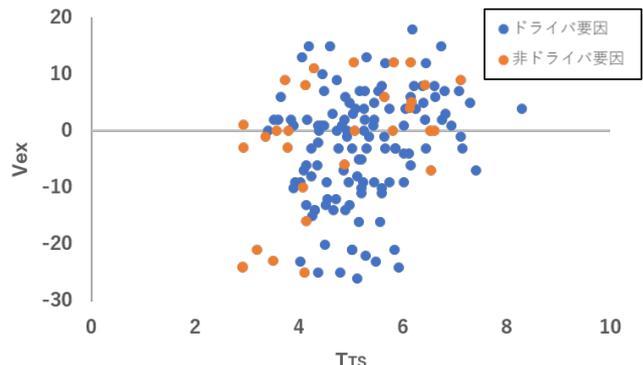


図2 停止余裕時間と速度超過量

6 まとめ

急減速要因がドライバ要因であるか非ドライバ要因であるかの判定をテレマティクスサービスにおけるフィードバックの新たな情報にすることを目的として、テレマティクスデータとドライブレコーダから特徴量を抽出し、ロジスティック回帰分析により急減速要因を判定した。結果として、非ドライバ要因を表現する特徴量が取れておらず非ドライバ要因の誤判定がされていた。このことから速度情報に基づく特徴量だけでは急減速要因を分類することはできないことが確認された。

今後の課題として、非ドライバ要因を表現する特徴として減速対象の認知タイミングとそれに対するドライバの減速行動および減速対象の挙動と減速対象までの距離を考慮する必要がある。

参考文献

- [1] 西堀, 他, 土木学論, Vol.42, pp.16-20, 2010.
- [2] 山本, 他, 情報処理学論, Vol.10, No.4, pp.26-30, 2017.