

7. 道路交通ビッグデータや自動運転技術を活用した安心・安全な地域社会の構築に関する研究

建築・都市システム学系 准教授 松尾 幸二郎, 准教授 杉木 直, 学部生 稲垣 亮

7-1 はじめに

近年, 自動車搭載機器から収集される位置情報に基づくプローブデータの活用により, 生活道路の交通実態の把握が可能となり, 地点別の事故危険性評価の試みが盛んとなっている。しかし, 事故危険性把握へのプローブデータ活用の効果についての理論的考察は十分には行われていない。本研究ではプローブデータ活用による地点別事故危険性の推定精度向上の効果を理論的に分析することを試みる。

7-2 研究方法

研究のフローを図 7-2-1 に示す。まず, 細街路無信号交差点を対象とした事故危険性評価理論モデルを応用し, 理論上事故危険性の算出および確率試行による事故データ, プローブデータ (急減速数, 通過量) の生成を行った。そして, 理論上事故危険性と各データによる推定事故危険性との順位相関係数を用いて推定精度向上の効果を評価した。

(1) 事故危険性評価理論モデル

図 7-2-2 に示す細街路無信号交差点において自動車対自転車の出合頭事故危険性を算出するための理論モデルを構築した。優先側(自動車), 非優先側 (自転車) とともに一方通行とし, 追従走行による影響は無視した。まず非優先側車両の軌跡上に基準位置 d_2^0 を設定し, 不注意な自転車が基準位置 d_2^0 に到達した時点初期時点 ($t = 0$) とした。そして, 以下の「出合頭事故が発生しない 3 条件」の余事象を出合頭事故発生条件として定義した。

①位置関係のみの条件: 初期時点 ($t = 0$) で, 非優先側車両から優先側を視認できる限界位置 d_1^{0*} よりも優先側車両が衝突範囲側にいる場合。

$$d_1^0 < d_1^{0*} \quad (1)$$

②速度関係のみの条件: ①を満たさないが, 非優先側車両 (優先側車両) が衝突範囲に到着する前に, 優先側車両 (非優先側車両) が初期速度 v_1^0 (v_2^0) のままで通過できる場合。

$$\frac{d_1^0 - s_2 + \frac{w_2}{2} + l_1}{v_1^0} < \frac{d_2^0 + s_1 - \frac{w_1}{2}}{v_2^0}, \quad \frac{d_1^0 - s_2 + \frac{w_2}{2}}{v_1^0} > \frac{d_2^0 + s_1 + \frac{w_1}{2} + l_2}{v_2^0} \quad (2)$$

③減速を考慮した条件: ①, ②を満たさないが, 相互に視認可能となる位置 d_1^* , d_2^* まで初期速度 v_1^0 , v_2^0 のままで進んだ後 (時点 $t = t^*$), 優先側車両または非優先側車両が停止可能な場合。

$$d_1^0 - s_2 - \frac{w_2}{2} - v_1^0 \cdot t^* > v_1^0 \cdot t_r + \frac{(v_1^0)^2}{2\alpha_1}, \quad d_2^0 - s_1 - \frac{w_1}{2} - v_2^0 \cdot t^* > v_2^0 \cdot t_r + \frac{(v_2^0)^2}{2\alpha_2} \quad (3)$$

ここで, t_r は空走時間, α_1 , α_2 は優先側, 非優先側車両の最大減速度である。時点 t^* は相互に視認可能な位置における位置関係より三角形の相似則を用いて算出した。優先側車両の初期速度 v_1^0 を平均初期速度 \bar{v}_{10} , v_1^0 の正規分布, 初期位置 d_1^0 を平均初期速度 \bar{v}_1^0 と交通量 q_1 からなる指数分布に従うと仮定した。

(2) 理論上事故危険性の算出

本研究では, まず確率変数部分の数値積分によって理論上の事故の危険性 (年間事故件数期待値) を算出した。その際, 交差点 i ごとに自動車交通量 q_{1i} を 10, 20, ..., 500 (台/h) の 50 パターン, 不注意な自転車の交通量 q_{2i} を 1, 2, ..., 20 (台/年) の 20 パターンの組み合わせで, 合計 1000 交差点を作成した。交通量以外の設定した各種パラメータを表 7-2-1 に示す。

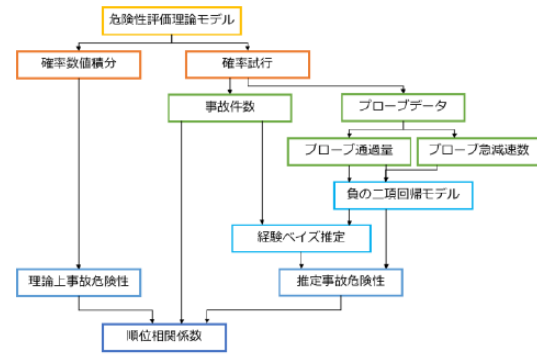


図 7-2-1 研究フロー

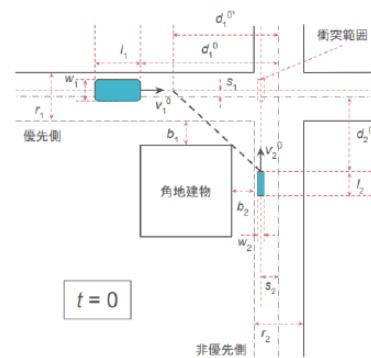


図 7-2-2 対象とする交差点形状

(3) 事故件数およびプローブデータの生成

事故件数は、乱数を用いて確率分布から交差点別に初期速度 v_{1i}^0 と初期位置 d_{1i}^0 を作成し、理論モデルから事故の発生を判定し、年間発生回数をカウントした。その際、プローブデータの普及率(0.1, 1.0, 10, 100%)に応じてベルヌーイ試行により、各判定がプローブ車両であるかを設定し、そのプローブ車両の必要減速度が急減速閾値(0.3G)を超えた年間回数をプローブ急減速数としてカウントした。また、上記のプローブ車両普及率と取得期間(90, 180, 365日)を設定して、自動車交通量 q_i^1 に基づき、ポアソン分布から乱数によりプローブ通過量を生成した。

(4) 事故危険性推定精度の分析および比較

事故件数のみの場合、事故件数とプローブデータ(急減速数、通過量)を活用した場合それぞれで推定された事故危険性と、理論上事故危険性との順位相関係数から推定精度を評価した。ここでプローブデータを活用する場合は、事故件数を目的変数、生成したプローブデータを説明変数として負の二項回帰モデルを用いて交差点 i の事故件数期待値 λ_i^{NB} の推定を行った。また、説明変数として考慮されない地点固有の要因(不注意な自転車交通量)を考慮するため、以下の式により経験ベイズ推定を行った。 ϕ^{NB} は過分散パラメータ、 y_i は事故件数である。

$$\lambda_i^{EB} = \left(\frac{1}{1 + \frac{\lambda_i^{NB}}{\phi^{NB}}} \right) \lambda_i^{NB} + \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\lambda_i^{NB}}{\phi^{NB}}} \right) y_i \quad (4)$$

7-3 結果と考察

順位相関係数の結果を図7-3-1に示す。プローブ通過量を用いた推定結果の順位相関係数は事故件数のみによる順位相関係数より上昇した。取得期間によって順位相関係数はほとんど変わらなかった。さらに経験ベイズ推定によって推定精度が上昇することが確認できた。普及率100%以外のプローブ急減速数を説明変数とした負の二項回帰モデルによる推定結果では順位相関係数はかなり低くなった。以上より、プローブ通過量活用による推定精度の向上が確認できた。一方、図7-3-2に示すように、本理論モデルにおいては急減速の発生確率が事故と同程度であり、プローブ普及率によっては急減速数の発生頻度は事故件数よりも大幅に少なくなるため、急減速数活用による効果が見られなかったと考えられる。本結果がモデルの単純化による影響なのか、実際にそうであるのか、検証していく必要がある。

【謝辞】本研究はJSPS 科研費19K04652の助成を受けたものです。

表7-2-1 設定したパラメータ

固定パラメータ	優先側(自転車)	非優先側(不注意な自転車)
空走時間 t_p (s)	0.8	0.8
平均初期速度 \bar{v}^0 (km/h)	30	
初期速度 v^0 (km/h)		10
基準位置 d_g^0 (m)		5
車両長 l (m)	4	2
車両幅 w (m)	2	1
道路幅員 r (m)	6	6
車両位置 s (m)	0	2
建物位置 b (m)	0.5	0.5
最大減速度 α (m/s ²)	0.5G	0.3G

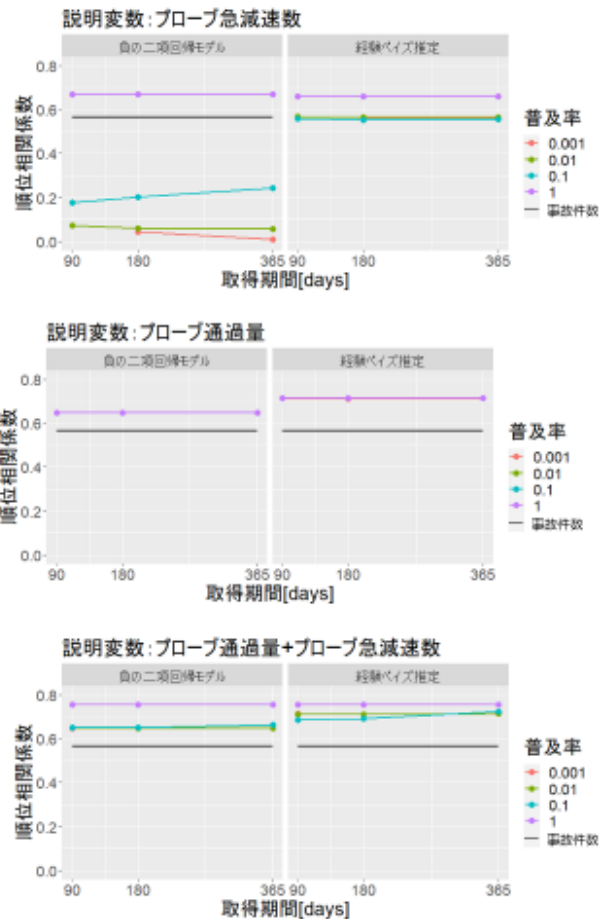


図7-3-1 危険性評価方法別の順位相関係数の比較

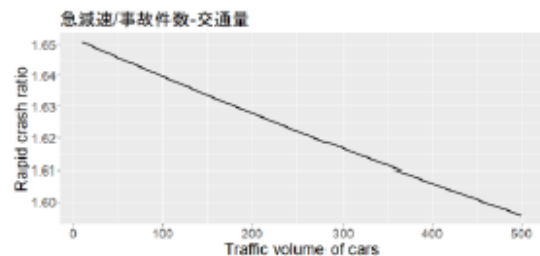


図7-3-2 事故件数に対する急減速数の割合