

感度解析を用いた潜在的交通事故確率の評価

山田 健太郎 総合研究大学院大学 統計科学専攻 博士課程4年 (指導教官: 黒木 学 准教授)

【背景】

交通シーンごとの事故確率はその対策を施す上で重要な指標である。Davis et al. (2011)は、前走車への追突事故に着目し、交通シーンを図1に示す4種類の潜在リスクに分類している。4種類の潜在リスクのうち、ドライバーの回避行動が支配的となるリスク(つまり、 U_2)における潜在的事故確率 $pr(y_1|u_2)$ が一般に興味の対象となる。

		回避行動あり x_0	回避行動なし x_1
	U_1	事故あり y_1	事故あり y_1
	U_2	事故なし y_0	事故あり y_1
	U_3	y_0	y_0
	U_4	y_1	y_0

図1: ハインリッヒの法則と潜在リスクの分類

【課題】

Davisは図2の追突モデルを仮定し、 X, Y に加えて全ての U (交絡因子)が観測可能であるため $pr(y_1|u_2)$ が推定可能であることを前提として議論を展開している。現実の交通事故においては、図2の U 以外にもドライバー心理状態など観測困難な交絡因子が存在する(国土交通省の自動車運送事業に係る交通事故要因分析検討会報告書:2012)。この場合、 $pr(y_1|u_2)$ を直接観測データから算出することはできない。本研究では、未観測交絡因子が存在する場合における、潜在的交通事故確率 $pr(y_1|u_2)$ の評価を行う。

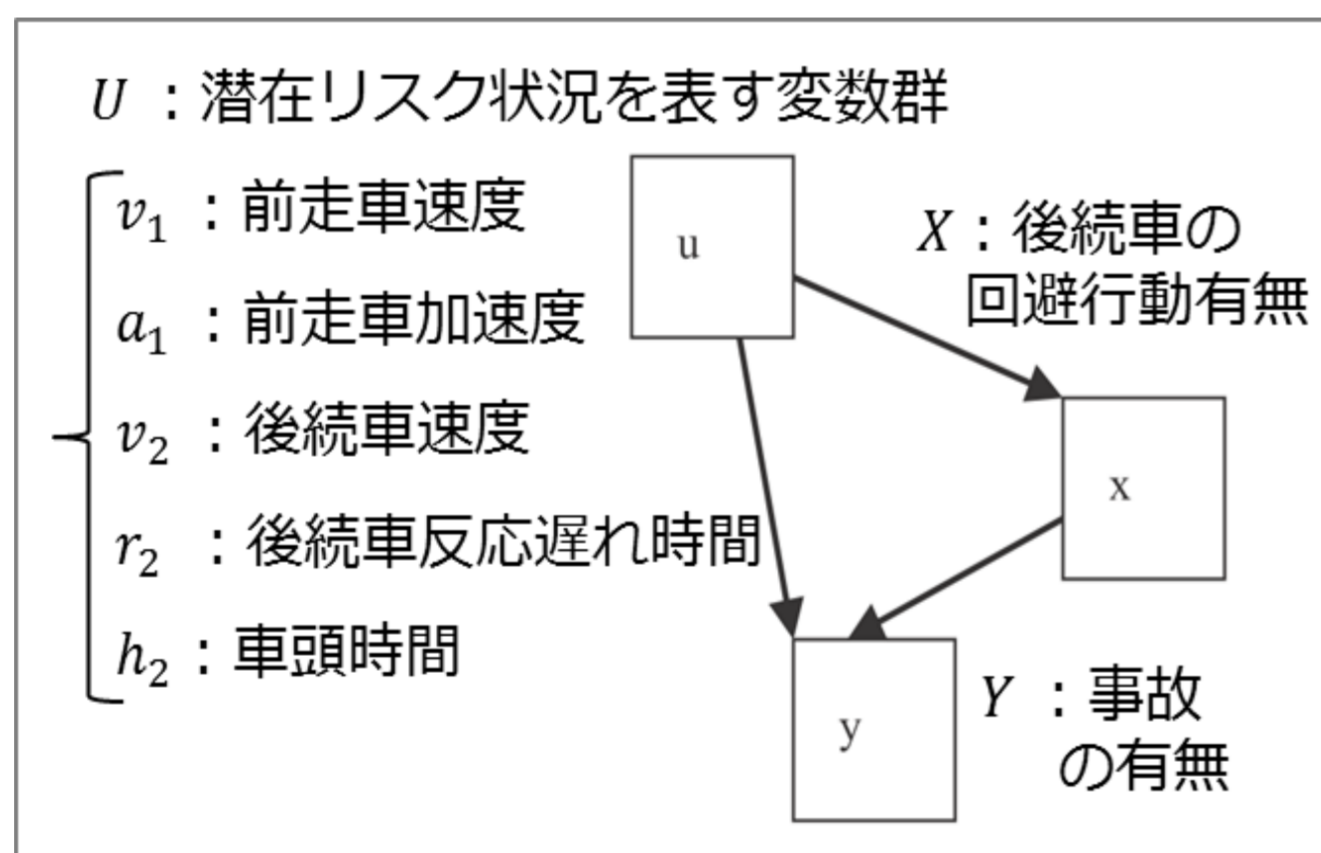


図2: Davisの追突モデル

【アプローチ】

因果推論において広く用いられている以下のアプローチで本課題に取り組む。

- 反事実確率を用いて $pr(y_1|u_2)$ を定式化(単調性を仮定)

反事実的解釈

$pr(y_{1,x_0}|x_1)$: 回避行動をとらなかったドライバー群が回避行動をとった場合の事故確率

$pr(y_{1,x_1}|x_0)$: 回避行動をとったドライバー群が回避行動をとらなかった場合の事故確率

$$pr(y_1|u_2) = \frac{pr(y_1, u_2)}{pr(u_2)}$$

$$= \frac{pr(x_1, y_1) - pr(y_{1,x_0}|x_1)pr(x_1)}{pr(x_1, y_1) + pr(y_{1,x_1}|x_0)pr(x_0) - pr(x_0, y_1) - pr(y_{1,x_0}|x_1)pr(x_1)}$$

$pr(y_{1,x_0}|x_1)$ と $pr(y_{1,x_1}|x_0)$ について、以下のように仮定し、感度解析を実施

感度解析のシナリオ

$pr(y_{1,x_0}|x_1)$ 回避行動をとらなかったドライバー群が回避行動をとった場合の事故確率は、回避行動をとったドライバー群の事故確率より高いことを仮定

$pr(y_{1,x_1}|x_0)$ Ding et al. (2015) のBounding Factor (因果リスク比と観測リスク比の関係を示す尺度: BF_U)を用いて範囲設定

$$\frac{pr(y_{1,x_1})}{pr(y_{1,x_0})} \geq \frac{pr(y_1|x_1)}{pr(y_1|x_0)} \times \frac{1}{BF_U}$$

$$pr(y_{1,x_1}|x_0) \geq \left\{ \frac{pr(y_1|x_1)}{pr(y_1|x_0)} \times \frac{pr(y_{1,x_0}|x_1) \times pr(x_1) + pr(y_1, x_0)}{BF_U} - pr(y_1, x_1) \right\} \times \frac{1}{pr(x_0)}$$



感度パラメータをそれぞれ以下の範囲で変動させて計算

$$pr(y_1|x_0) < pr(y_{1,x_0}|x_1) < pr(y_1|x_1)$$

$$1 < BF_U < 10$$

【ケーススタディ】

米国運輸省道路交通局 (nhtsa) が実施した大規模運転行動収集実験 (The 100-Car Naturalistic Driving Study: 2006, 図3)における前走車への追突事故の事例(表1)を分析した。



図3: 運転ログシステム

表1: 回避行動と追突事故の件数

	x_0 (回避行動あり)	x_1 (回避行動なし)
y_0 (事故なし)	6163	29
y_1 (事故あり)	8	7

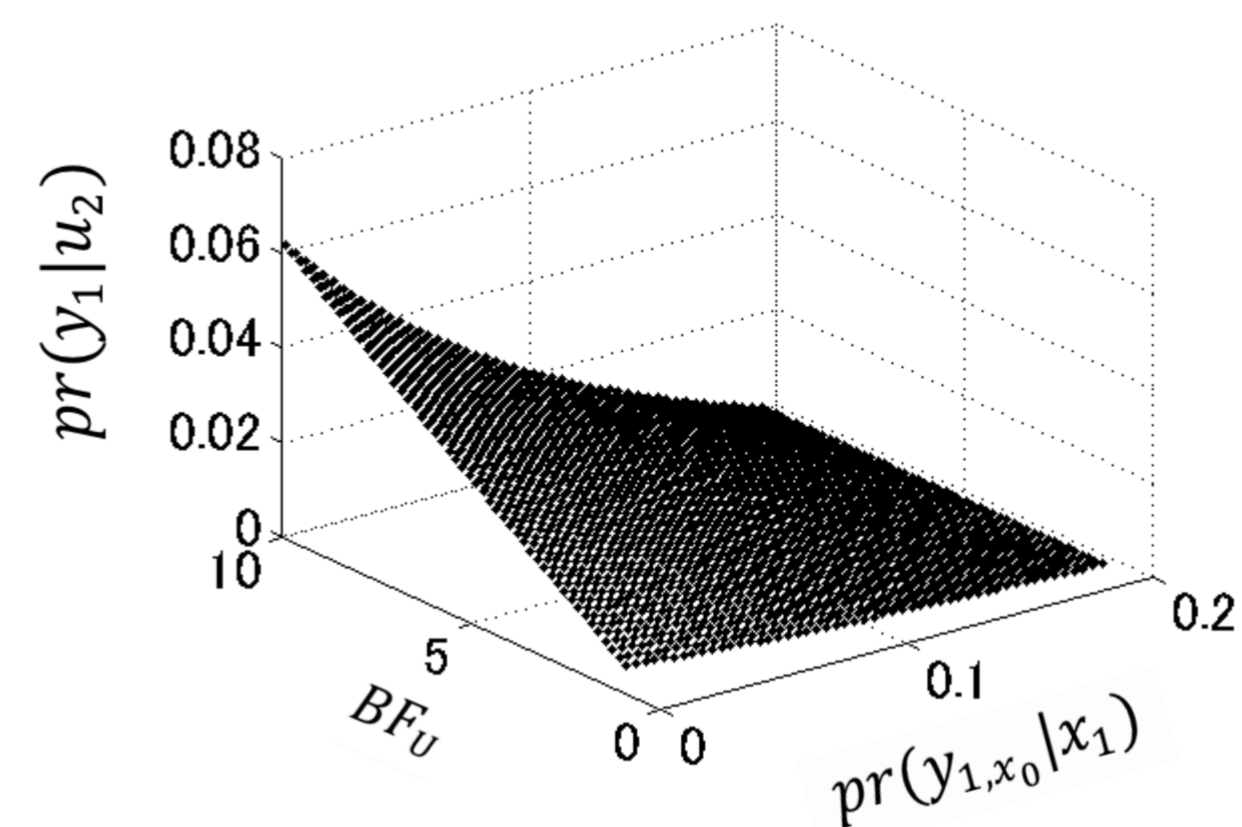


図4: 感度解析による $pr(y_1|u_2)$ の評価

追突事故に着目した本事例においては、回避行動が支配的となる潜在的事故確率 $pr(y_1|u_2)$ は、図4に示す範囲に存在することがわかった。

【今後の課題】

単調性が仮定できないより複雑な事故シーンへ本アプローチを展開する。