

不確実性を考慮した信号交差点の交通安全対策事業評価

名古屋工業大学大学院 正会員 ○鈴木 弘司
 美濃市役所 非会員 石原 大輝
 名古屋工業大学大学院 正会員 藤田 素弘

1. はじめに

わが国では厳しい財政事情の下、限られた予算での質の高い社会基盤整備事業の実施が求められており、科学的論拠に基づいた適切な事業評価が一層重視されている。ここで道路整備事業では通常、所要時間短縮、走行経費軽減、交通事故軽減の3便益により事前評価や再評価がなされるが¹⁾、交通安全対策事業の事後評価では対策前後の事故件数を比較し、効果検証されることが多い。このとき事業対策後の効果は事後一定ではなく、経時的な変動を有すると思われるが、その不確実性は評価に反映されていない。従って、対策後の効果の経時的変動も加味した評価検討が必要といえる。

本研究では信号交差点における交通安全対策事業として歩車分離式信号制御(以下、歩車分離制御)に着目し、まず、事業実施による効果の経時的変動について事故発生件数の変化を分析する。次に、リアルオプション(Real Option, 以下 RO)を適用し、不確実性を考慮した交通安全対策事業の評価を行う。

2. 使用データと事故特性分析

名古屋市内6箇所の歩車分離制御交差点のデータを使用する。歩車分離制御導入後の事故件数の平均値、標準偏差と交差点面積、サイクル長を表1に示す。また、赤塚、東別院の事故件数推移を図1、図2に示す。

表1より、小川は事故件数が他の交差点に比べて多いが事故件数の変動は小さく、一方、水主町では事故件数は少ないものの件数の変動は大きいことがわかる。

図1より、赤塚では歩車分離制御導入直後は事故件数が減少したものの、その後増減を繰り返している。一方、図2より、東別院は赤塚より事故件数は少ないものの同様の事故件数の推移をしていることがわかる。

3. 本研究の位置づけとROの適用

ROとは金融商品以外の実資産に対して、オプション理論を適用したものであり、社会基盤整備事業に適用

キーワード 交通安全, リアルオプション, 歩車分離制御
 連絡先 〒466-8555 名古屋市長和区御器所町 名古屋工業大学大学院 工学研究科 創成シミュレーション工学専攻
 TEL: 052-735-7962

表1 交差点の特徴

特徴	交差点名	赤塚	東別院	古渡町	水主町	小川	市役所
平均値[件/年]		14.00	9.43	10.50	8.56	16.38	11.14
標準偏差[件/年]		5.80	3.58	4.36	4.03	3.39	4.29
変動係数		0.41	0.38	0.42	0.47	0.21	0.39
交差点面積[m ²]		3973	2887	4400	2978	5672	6384
サイクル長[s]		160	150	160	160	160	160

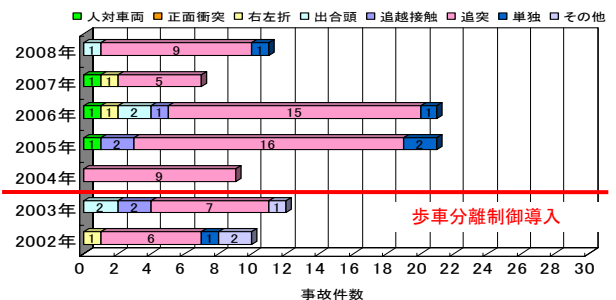


図1 事故件数推移(赤塚)

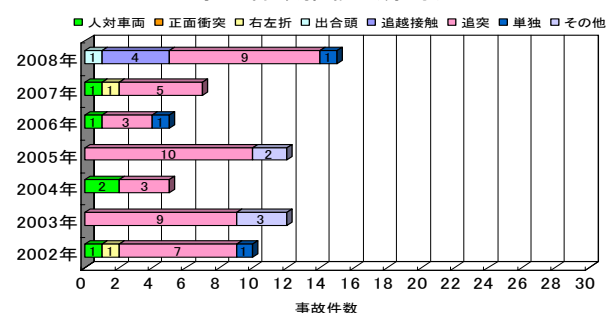


図2 事故件数推移(東別院)(制御導入2001年)

することでオプション価値を算出し、不確実性を組み込んだ事業評価が可能と考えられる。ROの研究蓄積は非常に多く(例えば^{2),3)}、道路整備や公共交通整備の評価にも適用された例も複数存在しているが(例えば^{4),5)}、ROを交通安全対策評価に適用した事例は少ない。

4. ROによる交通安全対策評価

本研究では、オプション価値算定に2項モデルを適用する。2項モデルでは、事業便益 S_0 が1期先に上昇する($S_1 = S_0 \cdot u$)か下降する($S_1 = S_0 \cdot d$)という単純な動きを繰り返すと仮定して、将来の事業便益 S_i を予測し算出できる(前進計算, 式(1))。各期において、前進計算より算出した原資産価値(将来事業便益 S_i)と行使価格(事業に要する費用 C)の差と1期先の期待値から算出した保有価値を比べて、大きい方をその時点のオプション価値として求める(式(2), (3), (4))。この計算を満期日(事業評価期間)から1期ずつ遡り行うことで最終的にオプ

ション価値の現在価値を算出できる(後退計算)⁶⁾。

なお、交通安全対策では事業実施により、事故件数が 0 件になる場合、事前の最大事故損失額に対して、最大便益が得られると考える。よって、前進計算では、この値を超えないように制約条件を定める(式(5))。

$$u = \exp(\sigma), d = 1/u \dots\dots\dots(1)$$

$$C_{op} = MAX \{ (pC_{ui} + p'C_{di})/R, S_i - C \} \dots\dots\dots(2)$$

$$R = \exp(r) \dots\dots\dots(3)$$

$$P = (R - d)/(u - d), P' = 1 - P \dots\dots\dots(4)$$

$$L = \sum \alpha_j X_{before_j} - \sum \alpha_j X_{after_j} \dots\dots\dots(5)$$

ここで、 u : 便益の上昇率、 d : 便益の下降率、 σ : 変動率、 C_{op} : オプション価値、 C_{ui} : i 期の上昇事業便益、 C_{di} : i 期の下降事業便益、 p : 増加確率、 p' : 減少確率、 R : 現価係数、 S_i : i 期における将来事業便益(原資産価値)、 C : 事業に要する費用(行使価値)、 r : 社会的割引率、 L : 制約条件額 [円]、 j : 制約条件における事故類型、 α_j : 類型別 1 件あたりの損失額 [円/件]、 X_{before} : 導入前事故件数 [件]、 X_{after} : 導入後事故件数 0 [件]

(1) 社会的便益の現在価値

交通安全対策事業による社会的便益 S_0 は、対策事前と対策直後の損失額の差分を用いる。本研究では、事故類型別の事故損失額⁷⁾に当該事故件数を乗じた値を損失額とし、対策事前事後の差を事故低減便益とする。表 2 に赤塚の事故軽減便益の算出結果を示す。

(2) 事業に要する費用、導入検討期間及び社会割引率

歩車分離制御導入事業費として信号機改良、コンサルタント交差点改良設計費を計上する(表 3)。また、事業の導入検討期間は 5 年とし、社会的割引率は既存の費用便益分析マニュアル¹⁾に基づき 4%とする。

(3) 社会的便益の変動率

本研究では安全対策導入後の事故件数の変動を事業効果の不確実性と捉え、変動係数により便益の変動率を表現する。ここで、歩車分離制御未導入交差点での効果検証を行うため、表 1 に示す 6 箇所の交差点データを用いて、歩車分離制御導入後の変動係数を推計するモデルを構築する。得られたモデル式を以下に示す。

$$\sigma_1 = -0.628x + 2.315 \dots\dots\dots(6)$$

ここで、 σ_1 : 変動係数、 x : 直進車線幅員 [m] ($R^2=0.715$)

5. ケーススタディ交差点における交通安全対策評価

本章では、歩車分離制御未導入の事故多発交差点(過去 7 年の平均事故件数 27 件)である東新町交差点を分析対象とし、歩車分離制御導入効果について検証する。ここで、事故軽減便益については、歩車分離制御導入の事前、直後データが揃っている赤塚(Case1)、東別院(Case2)の 2 ケースの値を用いる。表 2 の赤塚同様に東

表 2 赤塚交差点の歩車分離制御導入による事業便益⁷⁾

	人対車 面	正面衝 突	側面衝 突	出合頭	追越接 触	追突	単独	その他	合計	便益(千円)
事前	平均件数	0.0	0.2	0.8	0.6	9.4	0.2	1.2	13.0	
	1件損失額(千円/件)	1193	1655	1357	1240	1192	1153	1372	1336	
	損失額(千円)	0	331	1086	744	715	10841	274	1603	15594
事後	平均件数	0	0	0	0	9	0	0	9	
	1件損失額(千円/件)	1193	1655	1357	1240	1192	1153	1372	1336	
	損失額(千円)	0	0	0	0	10380	0	0	10380	

表 3 歩車分離制御導入事業費⁸⁾

信号機改良工事費 (円)	コンサルタント交差 点改良設計費(円)	歩車分離制御導入 事業費(円)
872,610	4,242,727	5,115,337

表 4 歩車分離制御導入による事業評価結果

	オプション 価値(A)	通常便益 (B)	費用 (C)	B/C	(A+B)/ C
Case1	236.3	521.4	511.5	1.0	1.5
Case2	348.9	668.7	511.5	1.3	2.0

(A,B,C の単位: 万円)

別院の事業便益を算出すると、 $S_0=668.7$ [万円]となり、社会的便益の変動率は式(6)より $\sigma=0.43$ となった。なお、便益の制約条件は式(5)より 18069.5[万円]であった。

歩車分離制御導入による事業評価結果を表 4 に示す。

これより、Case1 ではオプション価値を考慮しないと B/C は 1.0 に留まるが、オプション価値を考慮すると 1.5 になり、一方、Case2 ではそれぞれ 1.3、2.0 となった。よって歩車分離制御は事故損失軽減便益のみでも大きな効果が見込める交通安全対策であることが示された。

6. おわりに

本研究では、信号交差点における交通安全対策事業に着目し、事業の効果に関わる事後の事故件数の変動特性や対策による事故の発生状況の違いを分析し、また、事業評価に RO を適用することで、不確実性を考慮した安全対策効果を定量的に示した。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局、費用便益分析マニュアル
http://www.mlit.go.jp/road/ir/hyouka/plcy/kijun/bin-ekiH20_11.pdf
- 2) 織田澤利守ほか、評価費用を考慮したプロジェクトの事前・再評価問題、土木学会論文集 No.751/IV-62, pp.97-110, 2004.
- 3) 長江剛志ほか、連鎖的な意思決定構造を持つプロジェクトの動学的評価法: オプション・グラフ・モデルとその解法、土木学会論文集 No.772/IV-65, pp.185-202, 2004.
- 4) PREDA PICHAYAPAN ほか、リアルオプション・アプローチ(ROA)による道東高速道建設プロセスの評価、土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部 Vol58, pp.781-782, 2003.
- 5) 吉村忍ほか、マルチエージェント型交通シミュレータと金融工学を用いた路面電車延伸政策の評価、第 28 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.257-260, 2008.
- 6) 国土交通省国土交通政策研究所、社会資本整備におけるリスクに関する研究, 84p, 2001 年
- 7) ㈱日本損害保険協会、事故類型別のデータ/2007 年度
- 8) 愛知電子調達共同システム(CALS/EC)入札情報サービス、
<https://www.chotatsu.e-aichi.jp/portal/index.jsp#>