

カラー舗装による安全対策の コスト縮減策に関する検討

土生 恭祐¹・藤田 素弘²・荻野 弘³・林 祐志⁴・川崎 久仁生⁵

¹非会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ SC事業本部 関東支店 (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)
E-mail: habu@oriconsul.com

²正会員 名古屋工業大学教授 都市循環システム工学専攻 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)
E-mail: fujita.motohiro@nitech.ac.jp

³正会員 豊田工業高等専門学校名誉教授 環境都市工学科 (〒471-8525 愛知県豊田市栄生町2-1)
E-mail: h_ogino@kg7.so-net.ne.jp

⁴正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ SC事業本部 関東支店 (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)
E-mail: hayashi-yj@oriconsul.com

⁵非会員 愛知県 建設部 道路維持課 (〒460-8501 愛知県名古屋市中区三の丸3-1-2)
E-mail: kunio_kawasaki@pref.aichi.lg.jp

追突事故や右折時事故は交差点で多発しやすく、その事故対策として交差点流入部にカラー舗装や減速ドットマーク、交差点内に右折誘導線等の路面表示対策が多くの箇所で行われている。しかし、カラー舗装は施工コストが高額であることに加え、走行車両がカラー舗装を踏むことで視認性や排水性などの舗装機能が低下し、舗装の維持修繕が早い時期に必要な等の課題がある。本研究では、カラー舗装等の施工パターンが異なる4種類の施工を段階的に行い、コストと安全性を両立した最適な施工パターンを検討したものである。検討の結果、カラー舗装の舗装面積を縮小したパターンでも全面舗装パターンとあまり効果に違いが無いことが分かり、カラー舗装幅を縮小することで安全性を損なわずにコストを抑えることができる可能性があるとの結論を得た。

Key Words : color pavement, road safety, low-cost measures, intersection improvement, AHP.

1. はじめに

(1) 愛知県の交通安全対策の現状

愛知県の都道府県別の交通事故死者数が11年連続全国ワースト1位(平成15～25年)を記録¹⁾し、交通事故対策が喫緊の課題である。この状況に対して、愛知県では緊

急的な対応として、安全対策の対策工法及び効果検証を標準化し、PDCAマネジメントを行っている²⁾。交差点における標準対策工は、「注意喚起路面標示(事故注意、エスコートマーク、カラーゼブラ、カラー舗装)」より構成されており、これらの対策を多くの箇所で行った結果、死者数は近年減少傾向である。



図-1 標準対策工

(2) 標準対策工の課題

しかし、標準化した対策工法については、カラー舗装のコストが高額であることから、カラー舗装を含めた対策の組み合わせの再検討により、従来の効果を維持しつつ、対策コストを縮減することが望まれている。

また、カラー舗装等は、タイヤが踏むことで視認性等が低下する³⁾ため、将来的には対策更新(維持管理)が必要となり、今後の限られた予算の中で、より多くの箇

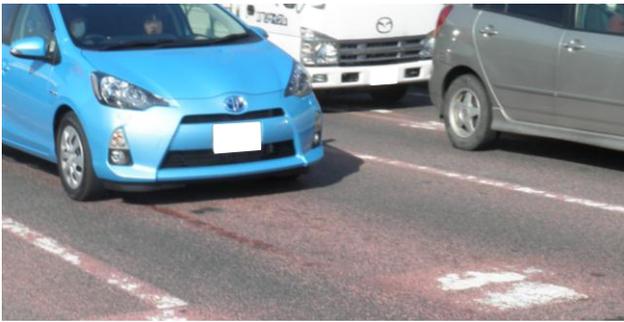


図-2 視認性が低下したカラー舗装

所に対策を施すためにはコストをできるだけ削減することが重要である。

(3) カラー舗装の効果と持続性

カラー舗装の新設による事故削減効果は太田ら(2007)⁴⁾より、無理な交差点への進入が低下するなどの効果が確認されている。また、右折レーンのカラー化による効果は、出口ら(2007)⁹⁾によって確認されている。また、対策効果の評価については、車両走行挙動を評価した稲垣ら(2009)⁹⁾や視覚挙動を評価した荻野ら(2010)⁷⁾などが既存研究としてある。しかし、これらの研究は経年劣化による影響については考慮されていない。

また、カラー舗装の持続性の面では、日野ら(2009)⁸⁾より、1年程度は品質が確保されている反面、1か月後からタイヤ痕や油滴による黒ずみが確認されている。また、木下ら(2012)⁹⁾では、対策後22か月後も速度抑制効果が持続していることが確認された反面、対策後12～22か月以内に色相の低下割合が50%以上となる箇所が多く見受けられた。これより、2年程度は効果の持続が確認されているが、カラー舗装の劣化が確認されており、維持管理の面では定期的に対策更新が必要であることが考えられる。

これらのカラー舗装の劣化の進行スピードは箇所によって異なる。松井ら(2012)³⁾では、タイヤの踏む部分のすべり抵抗及び視認性の劣化が、他の箇所よりも早いことが確認されている。

(4) カラー舗装による安全対策のコスト削減策

カラー舗装の新設後、早い時期でタイヤ痕等が確認されることからカラー舗装の劣化は比較的早い段階で確認され、かつタイヤが踏む部分の劣化が特に激しくなることが考えられる。また、カラー舗装の施工コストは舗装面積に比例するので舗装面積を少なくするほどコスト削減となる。併せて、劣化の早い部分のカラー舗装を無くすことでカラー舗装の長寿命化が併せて期待でき、更新

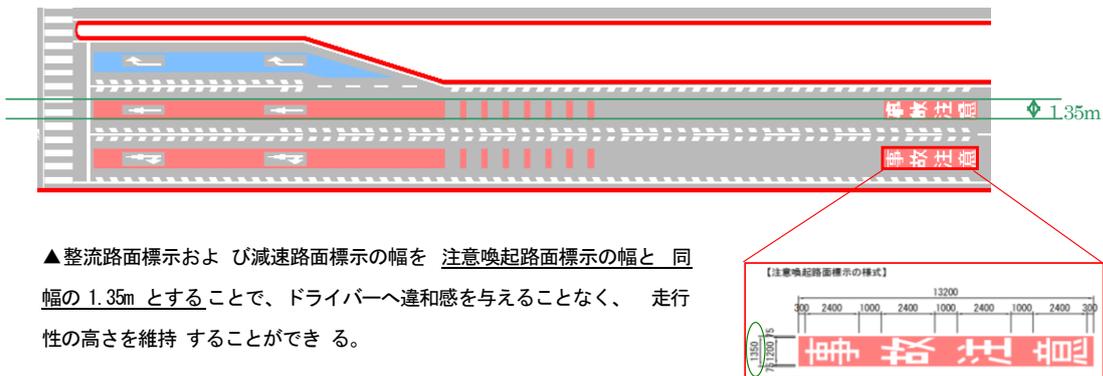
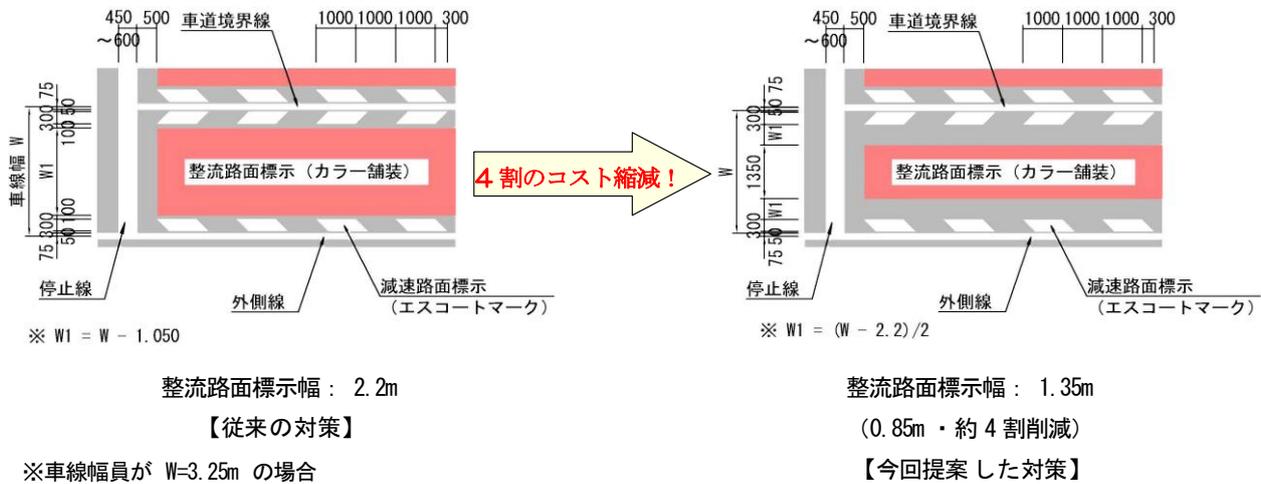


図-3 本検討で提案した対策工

の頻度も下げることが期待できる。そこで本検討では、効果を維持したまま維持管理コストを削減する対策案として、図-3に示すタイヤが踏む箇所のカラー舗装を行わない施工パターンを提案した。

具体的には、カラー舗装の幅を「車線幅員 (w) - 1.050m」と設定し、カラー舗装面積を約4割削減 (※車線幅員が3.25mの場合) した対策を提案した。

本検討では、この新たに提案した対策工による効果の検証を行った。具体的には、今回提案した対策工の他に何も対策を施さないパターン、カラー舗装は施工しないパターン、既存の標準対策工の4パターンを段階的に施工し、それらの効果の評価を行った。

2. 検討内容

(1) 検討箇所

本検討の対象箇所は、今後、他の交差点に適用させることを考慮し、①対策の必要性が高い箇所、②交差点形状が標準的 (単純) である箇所、という視点から表-1に示す3箇所とした。

(2) 検討施工パターン

比較検討に用いた施工パターンは表-2、表-3に示す4パターンとした。具体的には、注意喚起路面標示と減速路面標示のみを施し、カラー舗装を施していないパターン (パターンA)、パターンAに追加して右折指導線とカラー右折帯を施したパターン (パターンB)、今回提

表-1 検討箇所一覧

交差点名	路線名	12時間 交通量	市町村
新興橋北	(主)春日井一宮線	16,532	春日井市
篠目町井山	(一)安城八ツ田知立線	12,920	安城市
郷東	(主)大垣一宮線	14,250	一宮市



図-4 検討箇所位置図

案したパターンBに加えてタイヤの踏まない部分のみ減速路面標示及びカラー舗装を施したパターン (パターンC)、既存の標準対策工 (パターンD) の4パターンである。対象箇所にてパターンAから順に施工を行い、パターン別に安全性の評価を行った。

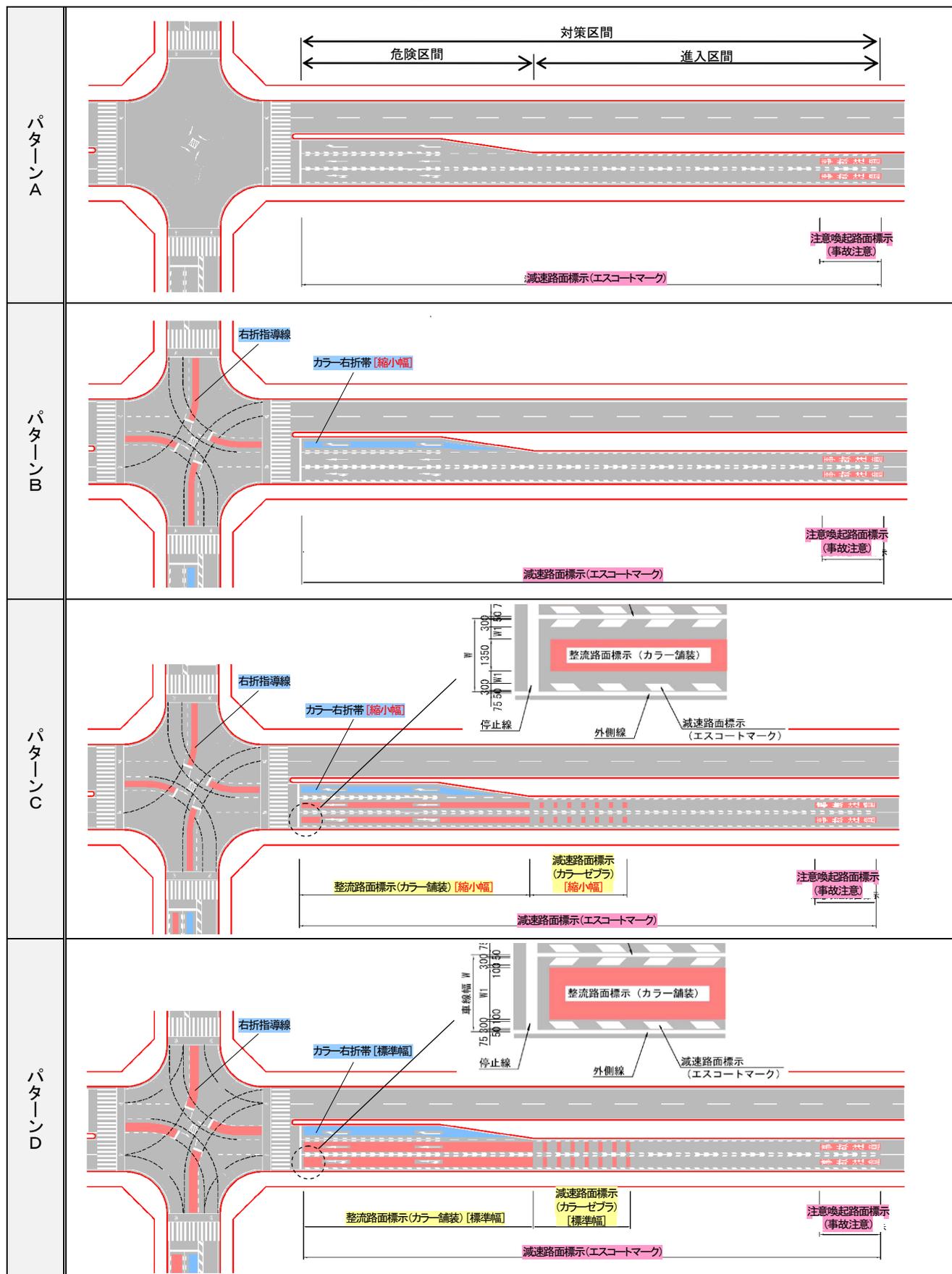
表-2 施工パターン (対策内容)

対策工	施工位置	パターンA	パターンB	パターンC	パターンD
注意喚起路面標示 (事故注意)	進入区間の起点	○	○	○	○
減速路面標示 (エスコートマーク)	対策区間全長 (進入区間+危険区間)	○	○	○	○
右折指導線	交差点内		○	○	○
カラー右折帯	交差点内		○※1,※2	○※1,※2	○
減速路面標示 (カーゼブラ)	進入区間の終端部 20m			○※1	○
整流路面標示 (カー舗装)	危険区間			○※1	○
備考			右折レーンのない篠目町井山交差点と郷東交差点では未実施。	右折ボケットが設置されている篠目町井山交差点は、右折ボケットの右端と走行車線の左端を施工しない。	

※1：パターンBとCにおけるカラー舗装は今回提案した縮小案とし、幅を1,350mmとする。

※2：パターンBとパターンC施工時のカラー右折帯は、右折帯の整流路面標示と同じ幅とする。

表-3 施工パターン



3. 評価方法

(1) 評価項目

評価項目は、それぞれの対象箇所の事故発生状況に応じて対象とする事故類型を設定し、愛知県が定めた交通安全対策効果検証示方書（案）²⁾にて定めた評価項目（表-4）にて評価を行った。

(2) 評価方法

a) 概要

評価の流れを図-5に示す。本研究ではビデオ観測調査にて表-4に示す各評価項目の削減・解消すべき事象の削減率から点数化を行い、Webアンケート調査にて交差点利用者の意見により重み付けを行ったものを最終的な評価とした。

b) ビデオ観測調査による評価

ビデオ観測調査は対策前と各対策パターン施工後に実施した。各パターンで調査は同一時間帯の2時間に実施し、各パターンによる変化にある程度慣れた状態で計測を行うために、施工完了後約1か月経過したときに実施した。

各対策の評価は表-4に示す削減・解消すべき事象数に

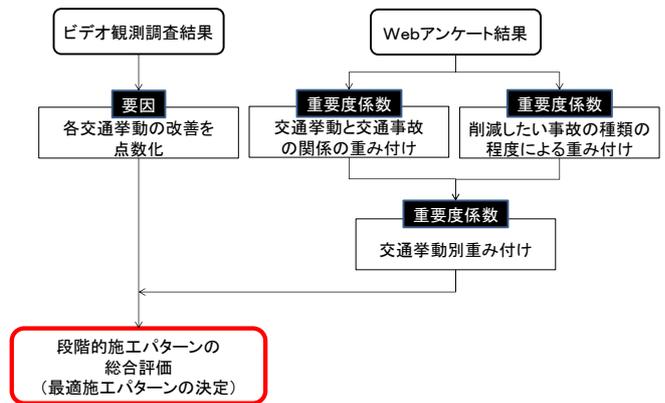


図-5 総合評価の流れ

ついて対策前と各対策パターンで比較したときの削減割合で得点化した。得点は10点満点で評価を行い、算出方法は以下の式とした。

$$S_{i,j,k} = \frac{P_{i,k} - P_{i,j,k}}{P_{i,k}} \times 10 \quad (1)$$

$S_{i,j,k}$: 交差点*i*, 対策後の対策パターン*j*のときの評価項目*k*の得点

$P_{i,k}$: 交差点*i*, 対策前の評価項目*k*の削減・解消すべき事象の出現割合

表-4 ビデオカメラ観測調査・評価項目

評価項目	対象箇所			削減・解消すべき事象	対象事故類型
	新興橋北	篠目町井山	郷東		
交差点進入速度	○	○	○	高速走行 (60km/h 以上)	共通対策
右折時における短絡, 大回り走行	○			短絡走行 (小回り), 大回り走行	右折事故
右折停止位置	○			停止線手前, 過ぎ	右折事故
横断帯通過速度	○			非徐行走行 (20km/h 以上)	横断者事故
夜間交差点内速度		○		高速走行 (60km/h 以上)	夜間事故

表-5 ビデオカメラ観測調査・調査日時

	対象交差点 (上段: 施工完了日, 下段: ビデオ観測調査日)		
	新興橋北交差点	篠目町井山交差点	郷東交差点
対策前	平成 24 年 12 月 12 日 (水)	平成 25 年 6 月 27 日 (木)	平成 24 年 12 月 11 日 (火)
パターン A	平成 25 年 3 月 19 日 (火) 平成 25 年 4 月 18 日 (木)	平成 25 年 7 月 1 日 (月) 平成 25 年 7 月 23 日 (火)	平成 25 年 5 月 25 日 (土) 平成 25 年 6 月 27 日 (木)
パターン B	平成 25 年 4 月 26 日 (金) 平成 25 年 5 月 15 日 (水)	(右折専用レーンが無いため対象外)	(右折専用レーンが無いため対象外)
パターン C	平成 25 年 5 月 24 日 (金) 平成 25 年 6 月 18 日 (火)	平成 25 年 8 月 2 日 (金) 平成 25 年 8 月 22 日 (木)	平成 25 年 7 月 2 日 (火) 平成 25 年 7 月 25 日 (木)
パターン D	平成 25 年 6 月 24 日 (月) 平成 25 年 7 月 17 日 (水)	平成 25 年 9 月 9 日 (月) 平成 25 年 9 月 25 日 (水)	平成 25 年 7 月 30 日 (火) 平成 25 年 9 月 25 日 (水)
撮影時間 (90分)	13:35~15:05	18:35~20:05 : 夜間交差点内速度 15:20~16:50 : 上記以外の指標	9:00~10:30

$P_{i,j,k}$: 交差点*i*, 対策後の対策パターン*j*の評価項目*k*の削減・解消すべき事象の出現割合

c) Webアンケート調査による評価

対象箇所の市町村に居住し、対象交差点を利用している方に対してWebアンケートを実施し、実際の利用者の目線から段階的の施工にて改善された交通指標が実際の事故削減にどの様に寄与しないし重視していると考えているかを調査した。

アンケート実施の前段では、スクリーニング調査を行った。スクリーニングは該当交差点の通行頻度と利用手段を聞き、月に1回以上通行し、普通乗用車を利用している方をアンケートの対象者とした。アンケート対象者

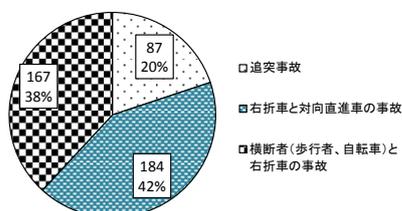
表-6 Webアンケート実施項目

実施項目	内容
スクリーニング	対象交差点を普通自動車にて月1回以上利用している利用者を抽出。
交通安全対策の評価	「①削減してほしい事故の種類」と「②事故の発生原因となっている交通挙動」について質問。
その他の要望	利用者のその他の意見を収集。

表-7 スクリーニング後サンプル数

新興橋北	篠目町井山	郷東
268	197	300

下記に示す3種類の事故のうち、新興橋北交差点で減らしてほしい事故の種類を選んでください。(複数回答)

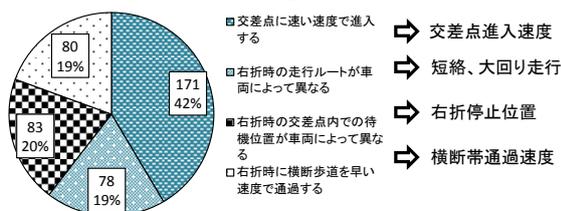


回答数の割合で得点化

追突事故	: 0.20
右折車と対向直進車事故	: 0.42
横断者と右折車の事故	: 0.38

図-6 重要度係数の算出 (事故種類の重要度係数)

追突事故について、どのような車の動きが危険だと思いますか？下記に示す4種類の車両の動きから危険だと思うものを選んでください。(複数回答)



回答数の割合で得点化

交差点進入速度	: 0.42	大回り、短絡走行	: 0.19
右折停止位置	: 0.20	横断帯通過速度	: 0.19

図-7 重要度係数の算出 (事故原因の重要度係数)

には、表-6に示す内容についての質問を行った。回答形式は選択肢から最もあてはまるものを選ぶ複数選択式を採用した。

アンケート結果は、「①削減してほしい事故の種類(事故種類の重要度係数)」と「②事故の原因となっている交通挙動(事故原因の重要度係数)」それぞれの回答割合から項目別に得点化(総合の重要度係数の算出)を行った。これより、交差点利用者が該当箇所での事故に対しての意見を反映させた(図-6、図-7)。

d) 総合評価

ビデオ観測調査結果とWebアンケート調査結果を用いてそれぞれの対策工の総合評価を行った。総合評価は階層分析法を用いて評価を行った。具体的には、Webアンケート調査結果から交通挙動別の重要度係数を算出した。算出に用いた式を以下に示す。

$$W_{i,k} = \sum_l W_{i,l} W_{i,k,l} \quad (2)$$

$W_{i,k}$: 交差点*i*, 事故原因*k*の総合の重要度係数

$W_{i,l}$: 交差点*i*, 事故種類*l*の重要度係数

$W_{i,k,l}$: 交差点*i*, 事故種類*l*における事故原因*k*の重要度係数

算出された交通挙動別の重要度係数とビデオ調査結果から得られた交通挙動別の得点と掛け合わせることで総合評価点を算出した。算出に用いた式を以下に示す。

$$S_{i,j} = \sum_k S_{i,j,k} W_{i,k} \quad (3)$$

$S_{i,j}$: 交差点*i*, 対策パターン*j*の得点

4. 評価結果

(1) ビデオ観測調査による評価

ビデオ観測調査結果から得点化を行った。なお、新興橋北交差点のパターンAについては、観測時における速度分布が通常のそれと大きく異なる状況下での観測となったため(図-8), 評価に用いないこととした。観測結果を表-8~表-10に示す。また、ビデオ観測の評価結果を図-9に示す。

各評価結果の合計点を比較すると、パターンA、BよりパターンCとDの方が高い得点となる傾向が確認された。パターンA、BとパターンC、Dの違いは直進部分のカラー舗装の有無であることから、直進部分のカラー舗装による交通挙動の改善効果が大きいことが確認された。その一方で、パターンCとDの比較ではパターンA、BとパターンC、Dを比較したときほど大きな効果の差異が確認できなかった。これより、タイヤが踏む部分のカラー舗装の有無は全体的な交通挙動の改善に大きな影響を

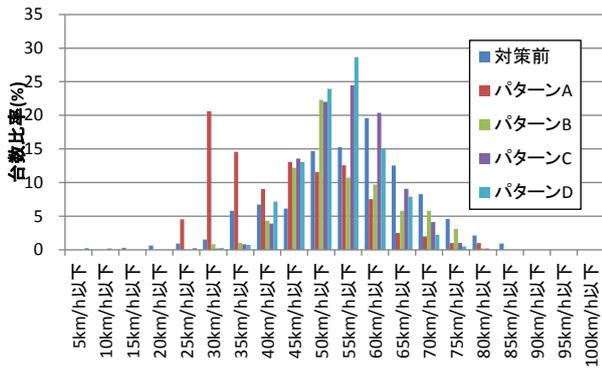


図-8 交差点流入速度分布（新興橋北交差点）

表-8 ビデオ評価結果得点化結果（篠目町井山交差点）

評価項目	パターンA	パターンC	パターンD
交差点進入速度	9.0	9.0	8.0
夜間交差点内速度	-4.7	4.2	8.9
合計	4.3	13.2	16.9

表-9 ビデオ評価結果得点化結果（新興橋北交差点）

評価項目	パターンB	パターンC	パターンD
交差点進入速度	3.2	5.5	6.6
右折時における短絡・大回り走行	1.2	0.5	1.2
右折停止位置	1.0	4.4	1.7
横断帯通過速度	0.8	4.0	0.9
合計	6.2	14.4	10.4

表-10 ビデオ評価結果得点化結果（郷東交差点）

評価項目	パターンA	パターンC	パターンD
交差点進入速度	2.6	3.3	3.6
合計	2.6	3.3	3.6

与えるものではないもと考えられた。

パターンCとDの違いを評価項目別にみると、パターンCは右折停止位置や横断帯通過速度が良い結果となったのに対し、パターンDでは夜間交差点進入速度が良い結果となった。これは、パターンCはタイヤが踏む部分のみカラー舗装が施されていないことから車両の走行軌跡が安定する効果を発揮していると考えられた。これは、カラー舗装が施されていない部分にタイヤがはまり、右折時に適切な経路で右折を行うことで右折停止位置や横断帯通過速度の指標が改善されたと考えられた。

また、パターンCよりパターンDの方が夜間交差点内速度の得点が高かった要因としては、パターンDの方がカラー舗装の面積が大きく、暗い夜間時に利用者に対する視覚的な刺激が大きいことが原因として考えられた。

(2) Webアンケート調査による評価

事故種類の重要度係数のWebアンケート調査結果を表

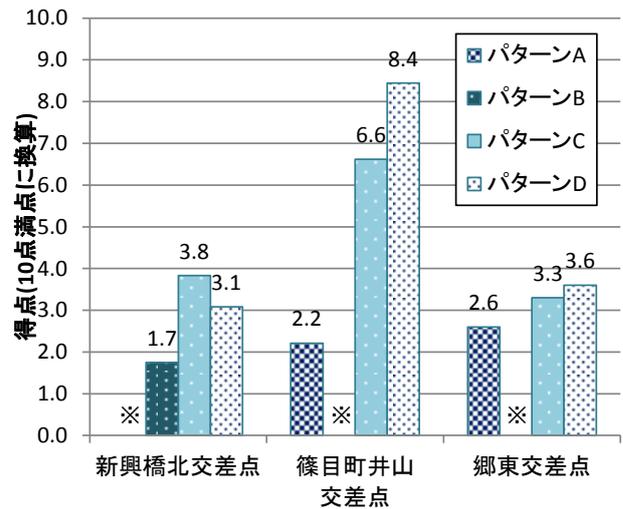


図-9 ビデオ観測評価結果

(※：検討対象外の施工パターン)

表-11 事故種類の重要度係数（新興橋北交差点）

事故種類	重要度係数
追突事故	0.19
右折車と対向直進車の事故	0.40
横断者と右折車の事故	0.41

表-12 事故種類の重要度係数（篠目町井山交差点）

事故種類	重要度係数
追突事故	0.26
出会い頭事故	0.41
夜間事故	0.33

表-13 事故種類の重要度係数（郷東交差点）

事故種類	重要度係数
追突事故	0.32
右折車と対向直進車の事故	0.68

-11～表-13に示す。事故種類の重要度係数を比較すると、いずれの対象箇所でも追突事故の重要度係数が低い結果となり、地域住民は追突事故は交通事故の発生件数が非常に多いにも関わらず追突事故よりも右折車と対向直進車の事故等の他の事故の削減を強く望む結果となった。これより、利用者が抱く追突事故のイメージは軽微な事故であることが多いと考えられた。

また、表-14～表-16に示す事故原因の重要度係数を比較すると、追突事故と交差点進入速度の関係が大きいと答えた割合が特に大きい。しかし、他の事故に関しては、特定の交通挙動が原因として集中していない傾向が確認された。これより、追突事故は速度超過が原因であると地域住民が明確に認識している反面、他の事故に関しては、特定の交通事象が原因であると認識していないと考

表-14 事故原因の重要度係数（新興橋北交差点）

評価項目	重要度係数		
	追突事故	右折車と対向直進車の事故	横断者と右折車の事故
交差点進入速度	0.42	0.32	0.33
右折時における短絡・大回り走行	0.19	0.26	0.19
右折停止位置	0.20	0.28	0.14
横断帯通過速度	0.19	0.13	0.34

表-15 事故原因の重要度係数（篠目町井山交差点）

評価項目	重要度係数		
	追突事故	出会い頭事故	夜間事故
交差点進入速度	0.61	0.54	0.38
夜間交差点内速度	0.39	0.46	0.63

表-16 事故原因の重要度係数（郷東交差点）

評価項目	重要度係数	
	追突事故	右折車と対向直進車の事故
交差点進入速度	1.00	1.00

えられた。

(3) 総合評価結果

総合評価結果を図-10に示す。すべての箇所の施工パターンにおいて、得点が正であることからすべての対策が一定の効果を上げていることが確認された。また、得点をパターン別にみると、パターンA、Bと比較してパターンC、Dの得点の方が高く、パターンCとDの間には得点の差がさほど大きくなかった。

パターンCとDの間に大きな差異が無いことより、劣化の進行が激しいタイヤが踏む部分のカラー舗装を施工せずに同等な安全性向上の効果が得られることが期待できる。これにより、カラー舗装の施工面積の減少に伴う施工コストの削減と更新頻度が長くなることによる維持管理コストの削減が期待される。

5. おわりに

本研究は、劣化が激しいタイヤが踏む部分のカラー舗装に着目し、その部分を塗らないカラー舗装の対策を提案した。その上で、各対策パターンにおける交通挙動と地域住民の意向により安全性の総合評価を行った。

ビデオ観測調査結果より、カラー舗装を施したパターンCとDの結果は他のパターンより良い結果を示したが、パターンCとDの間ではっきりとした優位性は確認でき

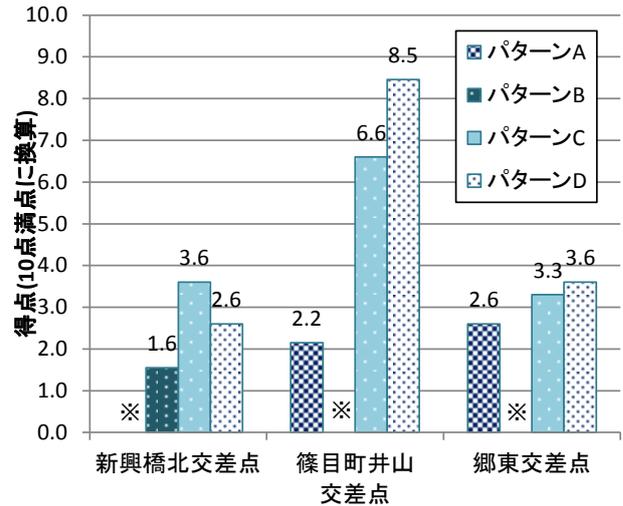


図-10 総合評価結果

(※: 検討対象外の施工パターン)

なかつた。これより、評価の結果、タイヤの踏む部分の有無によるカラー舗装による安全性の違いは無く、カラー舗装面積が約4割（※車線幅員が3.25mの場合）削減することができると考えられた。

Webアンケート調査結果より、事故種類の重要度係数と事故原因の重要度係数は、特定の事故や原因に大きく重み付けがされることがあまりない結果となった。その中で、事故種類の重要度係数における追突事故が3交差点を通じて低い結果となった。これより、交差点では追突事故が多いにも関わらず交通安全の対策の必要性は薄いと考えている利用者が多いと考えられた。

総合評価より、カラー舗装を施したパターンCとDの結果は他のパターンより良い結果を示したが、パターンCとDの間で明確な安全性向上の優位性は確認できなかった。これより、評価の結果、タイヤの踏む部分の有無によるカラー舗装による安全性の違いは無く、これによりカラー舗装面積が約4割（※車線幅員が3.25mの場合）削減することができると考えられる。この傾向はビデオ観測調査結果と変わらないものであった。

本検討の今後の課題としては、本検討は対象箇所が3箇所のみであることから、これらの結果がどの交差点でも同じ傾向を示すか検証を行う必要があること、長期的にもこれらの傾向が継続しているか否かの検証を行う必要があることが挙げられる。また、交差点事故データが蓄積された際には、事故対策の効果検証も併せて必要である。

参考文献

- 1) 広報あいち<平成 26年 2月 2日号>, 愛知県広報広聴課, <http://www.pref.aichi.jp/koho/paper/pdf/kohoshi991>.

- pdf, (参照 2014-04-22) .
- 2) 愛知県建設部道路維持課：交通安全対策効果検証示方書（案）, 2012.
 - 3) 松井祐樹, 濱口雅昭, 仙石忠広, 荻野弘, 泉典宏, 水野耕二：カラー舗装の基本性能維持性の検証, 土木計画学・研究講演集(CD-ROM), Vol.45, No.221, 2012.
 - 4) 太田均, 中島考, 田尻俊之, 市川昌：信号交差点における事故対策実施効果の短期的評価, 交通工学研究発表会論文集, Vol. 27, pp. 97-100, 2007.
 - 5) 出口近士, 板敷繁利, 小野市春：カラー化等の交差点の交通事故対策と効果改善, 交通工学研究発表会論文集, Vol. 27, pp. 89-92, 2007.
 - 6) 稲垣具志, 三村泰広, 李泰榮, 橋本成仁：車両走行挙動解析に基づいた交差点カラー舗装化対策の影響分析, 交通工学研究発表会(CD-ROM), Vol. 29, No.9, 2009.
 - 7) 荻野弘, 野田宏治, 北畠正巳：路面のカラー舗装化が運転者の視覚挙動に与える影響分析, 土木計画学・研究講演集(CD-ROM), Vol.41, No. 107, 2010.
 - 8) 日野泰男, 池田典弘, 井戸章博, 松田秀伸：安全走行喚起のためのカラー舗装の開発とその効果に関する実験的研究, 交通工学研究発表会(CD-ROM), Vol. 29, No.8, 2009.
 - 9) 木下康之, 荻野弘, 仙石忠広, 濱口雅昭, 辻光弘, 林祐志：路面標示による交通安全対策の速度抑制効果の持続性の検証, 土木計画学・研究講演集(CD-ROM), Vol.45, No.220, 2012.
- (2014. 4. 25 受付)

EXAMINATION OF LOW-COST ROAD SAFETY MEASURES OF COLOR PAVEMENT

Kyosuke HABU, Hiroshi OGINO, Motoyoshi FUJITA,
Yuji HAYASHI and Kunio KAWASAKI