

道路ネットワークの機能階層化のための 道路区間構造要件に関する安全性評価

渡部 数樹¹・中村 英樹²

¹正会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ 中部支店技術部
(〒450-0003 名古屋市千種区名駅南2-14-19 住友生命名古屋ビル)
E-mail: watanabe-kz@oriconsul.com

²フェロー会員 名古屋大学大学院教授 環境学研究科 都市環境学専攻
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-2 (651))
E-mail: nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

本研究は、道路ネットワークの機能階層化実現のための道路区間における構造要件を、安全性の面から評価したものである。分析対象は、愛知県内の道路交通センサス対象路線とし、これに過去5年間の人身事故発生件数を結合したデータを用いた。まず、規制速度の高低と市街地内外の別により4つの道路区分に分類し、交通機能確保のための構造要件の実現度合い別事故発生頻度を比較した結果、実現度合いの高い区間は事故発生頻度が低い傾向にあることが確認された。さらに、これらの要件と事故発生頻度の関係を回帰分析により確認したところ、いずれの区分においても、交差点密度が事故発生頻度に有意な影響を及ぼしていることが示された。以上より、幹線道路における適切な交差点間隔の確保が、円滑性のみならず安全性の向上に対しても寄与することが示唆された。

Key Words : *functionally hierarchical road network, requirements for road design, traffic accident frequency, intersection density, smoothness and safety*

1. はじめに

サービスの質を正確に評価する上では、その対象に必要とされる機能が明確に示されることが必要条件である。これは道路に限定せずとも製造業で作り出す商品やサービス業で提供される行為など多くのものに共通することと思われるが、道路をはじめとする社会資本においてこの問題が複雑となるのは、1つの公共物に対して多くの利用者が存在するため、求められる機能が多様化し、結果としてそれらのバランスを定量的に提示しづらいことにあると考える。本研究で対象としている安全性もこの課題に関連しているといえ、基本的な道路の機能として想定される交通機能とアクセス・滞留機能に対し、安全性とは内包されているものなのか、それとも種類は異なるがウェイトの大小があるものなのか、明確に述べられているものは見受けられない。しかし、もし仮にそれらの複数の機能がいずれも向上する施策があるならば、これに対して異論を唱える者はいないであろう。

本研究では、道路ネットワークの機能階層化が、円滑性のみならず安全性にも寄与するという仮説を立てた上で、実データからその仮説を検証することを目標とする。

道路の機能について再考し、既存の道路ネットワークの道路構造や交通運用をどのように再構築すべきかについて検討を行っている最近の研究として、(一社)交通工学研究会の『道路の交通容量とサービスの質に関する研究』¹⁾が挙げられる。この研究では“数ある提供すべきサービスや指標の中から、まずは自動車の移動サービスに特に着目し、旅行速度を代表的指標として考慮”し、「道路ネットワークの階層区分」から「性能照査型道路計画設計の既存ネットワークへの実務的適用」に至るまでの一連の考え方、知見、及び手法について示されている。研究成果報告書における安全性についての記述としては“生活交通や歩行者・自転車交通とこれらの通過交通との分離による安全性の向上が大きな課題となっている”と述べられているが、これに関する具体的な分析等までは示されていない。

喜多ら²⁾では、“拠点への行きやすさ度”という新たな評価性能概念を提唱し、安全性と円滑性を関連付けた「拠点間アクセシビリティ指標」という性能評価指標を提案している。具体的には、拠点間アクセシビリティ指標中に含まれるPICUD指標値によって“危険感”を評価する構造となっているが、危険感と事故率として顕在化

する危険度の関係はまだ提示されていない。

以上をふまえ、本研究は、実際に発生した事故の発生頻度によって直接的に安全性を評価することを前提として、円滑性を向上するための道路構造要件が、安全性の向上に寄与できるかを検証することを目的とする。このとき、まずは道路の区間に限定して分析を行うこととし、区間と接続部によって構成される道路ネットワーク全体の評価については今後の研究課題として位置づけておく。

2. 使用データと評価方法

分析には、愛知県警察より提供して頂いた平成20年から平成24年に愛知県内で発生した過去5年間の人身事故データと、平成22年度道路交通センサス一般交通量調査(以下、H22センサス)を用いた。分析対象道路は高速自動車国道と都市高速道路を除いたH22センサス対象路線とし、人身事故データに付与されている緯度経度情報に基づきマッチング処理を行い、分析のためのデータベースを構築した。本分析で必要となる、交通量や旅行速度、中央分離帯の有無といった基礎データの欠損がある区間を対象外とした結果、対象区間は全部で 3,940区間 となった。尚、道路ネットワークの機能階層化のためには、区間(単路部)と接続部(交差点部)の双方を考慮する必要があるが、本研究ではこの内の単路部のみを取り扱うこととしている。そのため、安全性評価の指標とした事故発生頻度における事故類型は、全事故類型のほか、主として単路部に特有の事故類型と考えられる追突と車両相互その他を対象として評価を行う。

本研究における分析の流れを図-1に示す。本研究では、円滑性の実現度合いの評価を旅行速度により行い、現況道路を既往研究¹⁾にて提案されている道路区分にあてはめるための手法として規制速度を用いることとする。前者については、道路区間の構造要件を評価するためには需要の集中を加味しない実勢速度により円滑性を評価する必要があると考え、非混雑時旅行速度を用いる。後者については、個別の道路区間がどの程度の走行速度を目標に計画・設計されているかを検討する場合、本来は設計速度を用いることが望ましいと考えられる。しかし、既存のデータを用いて全ての道路区間の設計速度を把握することは困難であるため、本分析においてはH22道路交通センサスにおいて示されている指定最高速度にて代用することとする。指定最高速度は安全性担保を目的として設定されている速度であることや、規制速度の見直しが実勢速度により行われている近年の实情を考慮すると、必ずしも本手法による分類が適切とは言えないが、大量の道路区間を簡便に道路区分にあてはめるための方法として採用することとした。

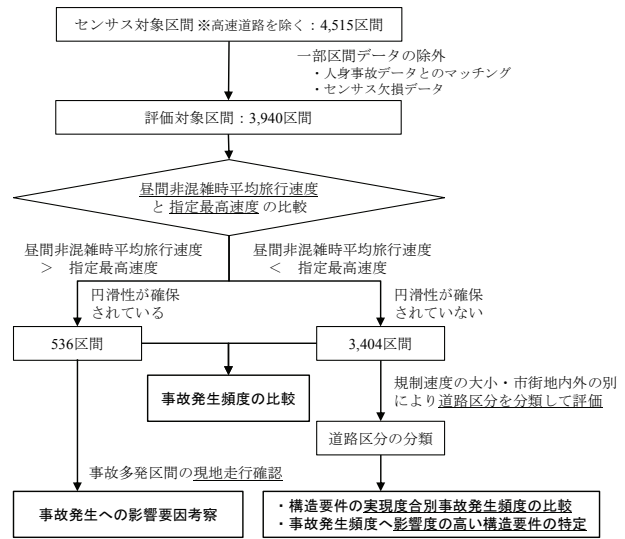


図-1 分析の流れ

評価に際しては、まず、個別区間の非混雑時旅行速度と指定最高速度を比較し、非混雑時旅行速度が指定最高速度以上で観測されている“円滑性が確保されている群”と、その逆である“確保されていない群”に分類する。双方の群の事故発生頻度を比較することにより、円滑性が担保されている区間は安全性も高いか否かを確認することができる。次に、円滑性が確保されている区間については、事故発生頻度が高い区間を対象として、現地走行確認を行い、事故発生につながる影響要因を考察する。円滑性が確保されていない区間については、規制速度の大小の他、市街地内外の別に応じて道路区分を分類した上で、各種の道路区間の構造要件の実現度合別に事故発生頻度を比較評価する。さらに、これらの構造要件が事故発生頻度に与える影響を確認するため、要件実現の有無を説明変数とする回帰分析により評価する。

3. 目標旅行速度の実現度合い別の事故発生頻度比較

(1) 円滑性と安全性の関係

まず、混雑時平均旅行速度が指定最高速度以上の値で観測されている536区間とそうでない3,404区間について、事故発生頻度の平均値をそれぞれ算出した。事故発生頻度は、発生件数の他、区間長や利用車交通量の影響を加味した事故密度[件/km]と事故率[件/億台km]についても比較した。これらの算出結果を図-2に示す。

図より、いずれの指標においても、非混雑時に指定最高速度以上の旅行速度が確保されている区間の方が、事故発生頻度が低いことがわかる。また、それぞれの対応ごとにWelchの検定を行ったところ、2群の平均差については5%で統計的に有意な差が確認された。つまり、非混

雑時旅行速度が指定最高速度以上として観測されているような、道路構造として円滑性が確保されている区間では、そうでない区間と比べ、事故発生頻度の平均値が統計的に有意に低く、安全性が高いことが示されている。

(2) 旅行速度が高い区間における事故発生要因の考察

事故発生頻度の平均値による比較では、円滑性の高い区間の方が安全性が高いことが示されたが、非混雑時旅行速度が高い区間においても、事故発生頻度が高い道路区間が存在する。そこで、事故発生頻度が特に高い区間を抽出し、実際に現地走行を行いその要因について考察する。

現地走行による確認を行った結果、該当区間は、剛な中央分離帯が設置されており、交差点間隔が長い、あるいは信号系統制御等により高い走行性が確保されていた。一方、海沿いや河川横断区間などで歩行者や自転車が多く、走行中の平面・縦断変化が大きいことや、沿道に商業施設が数多く立地しており、側方からの車両出入りが頻繁にあるといった特徴が、追突、車両相互その他といった事故類型の多発に繋がっていることが考察された。

4. 道路区間の階層区分へのあてはめと事故発生頻度の比較

(1) 道路区間の階層区分へのあてはめ

次に、非混雑時平均旅行速度が指定最高速度未満として観測されている3,404区間を対象として、既往研究¹⁾により提案されている階層区分にあてはめ、各区分における構造要件の実現度合いと、区分ごとの事故発生頻度について評価する。

分析対象道路は、完全出入制限である自動車専用道路等を除いており、センサス調査対象となるような比較的長い連絡レベルを分担するような道路であることから、交通機能からの分類はBまたはCのいずれかに該当するものとした。市街地内外による分類は、センサスにおける代表沿道状況が“平地部”または“山地部”に該当する場合をRural、そうでない場合をUrbanとした。交通機能による区分BとCの分類方法については、該当する道路が分担する路線の拠点連絡レベルや、その目標に応じて定められる旅行速度に応じて設定されるものであるが、本分析においては、区間で担保されるべき設計速度と最高速度による規制速度が同様の値であると仮定した上で、指定最高速度50km/hを境界値とし、50km/h以上を区分B、50km/h未満を区分Cとして分類することとした。現況道路を各道路区分へあてはめる手法やそのときの設計速度の設定については既往の検討成果^{3)~5)}にも示されているが、現況の広範囲かつ多くの道路を区分設定する手法は、

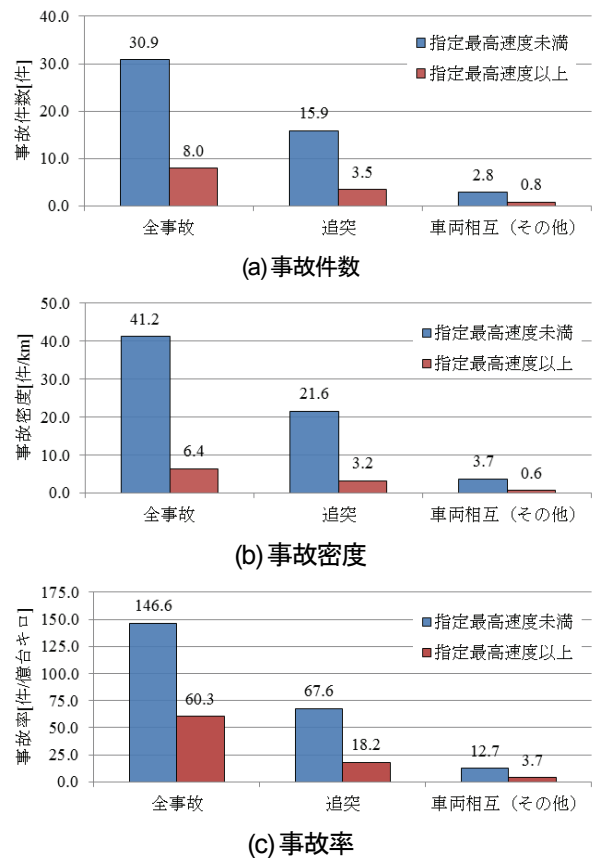


図-2 非混雑時旅行速度と指定最高速度の大小で分類した場合の事故発生頻度の比較

表-1 分析対象区間の道路区分へあてはめ結果

市街地内外の別	交通機能による分類	
	区分B	区分C
Urban	1,053区間	608区間
Rural	822区間	921区間

今後道路管理者や交通管理者との議論も踏まえつつ検討、確認していく必要がある。

以上の分類方法により、分析対象道路区間を各道路区分に割り当てた結果を表-1に示す。

(2) 構造要件の実現度合い別の事故発生頻度評価

(1)で分類した道路区間に対して、各区分に対応して求められる構造要件の実現度合いを評価する。機能に応じて求められる構造要件は、既往研究成果¹⁾を参考に、区分Bは車線数、路肩幅員、部分出入制限、交差点密度にて、区分Cは、車線数、交差点密度、交差点における右折車線の有無にて評価した(表-2)。記載項目以外にも、往復分離の有無、バス停留所といった必要条件が示されているが、往復分離の有無のように全区間が分離されている場合や、バス停留所のように既存のデータベースからは判断が困難なものなどを考慮し、評価可能な項目にて実現度合いを評価することとした。

各道路区分の構造要件実現度合いについて確認した結

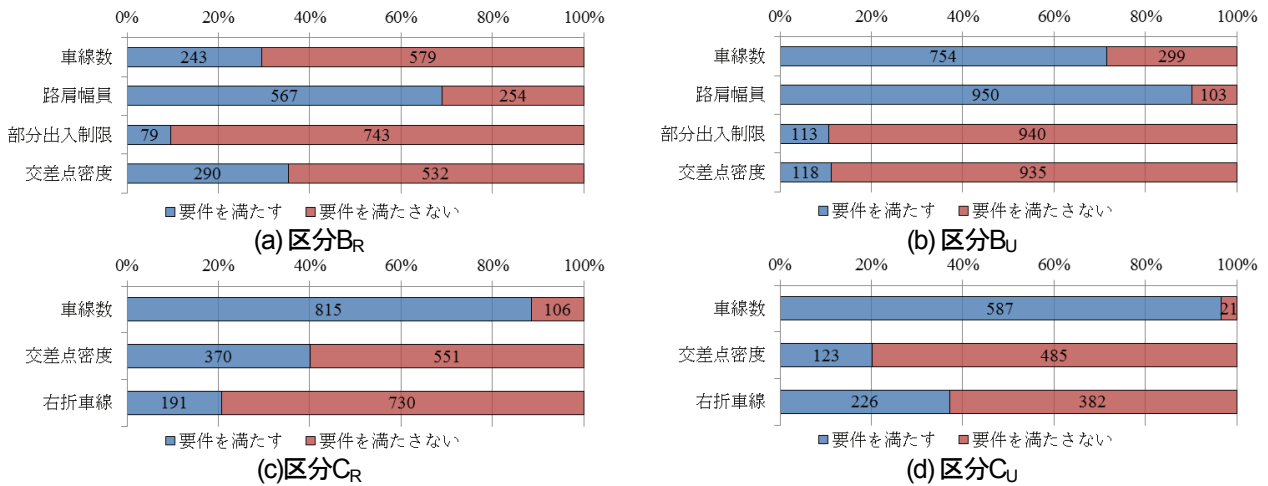


図-3 構造要件を満たす区間数の確認結果

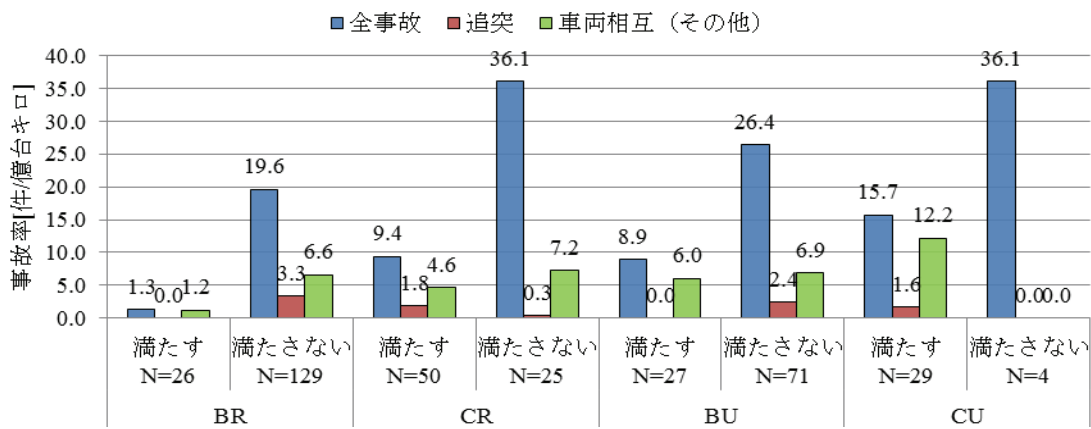


図-4 全構造要件を満たす区間と満たさない区間の事故率比較

表-2 構造要件実現度合いのチェック項目

項目	内容	備考
車線数	車線数が一定値以上か	BR: 3, BR: 4, CR: 1.5, CU: 2車線と設定
路肩幅員	故障車等が停車した場合に通行可能か	・ 停車帯の有無 ・ 停車帯がない場合は車道幅員で判定
部分出入制限の有無	部分出入制限の有無	出入自由とそれ以外
交差点密度	信号交差点密度が一定値以下か	既往研究 ⁽⁹⁾⁻⁽⁸⁾⁾ を参考に全区分で1.5箇所/kmと設定
右折車線の有無	主要交差点において右折車線があるか	—

果を図-3に示す。区分Bの道路においては、部分出入制限と交差点密度の項目において、要件を満たす区間数が少ない。また区分BRについては車線数が4車線未満である区間が全体の7割程度となっていることがわかる。区分Cについては、CRとCU共通で車線数の条件を満たす区間は多いものの、交差点密度や右折車線の有無については要件を満たさない区間が6割以上を占めている。

各道路区分において、構造要件を満たす区間と満たさ

ない区間の事故発生頻度を比較するため、全ての要件を満たす区間と全要件を満たさない区間のみを抽出し、それぞれの事故率の平均値を算出して比較を行った。結果を図-4に示す。尚、区分CUについては全要件を満たす区間数が29であったのに対し、満たさない区間数が4と非常に少なかったことから、参考扱いとする。算出結果を見ると、CUを除く全ての道路区分において、構造要件を満たす区間の方が、満たさない区間よりも事故率が低く、安全性が高い傾向にあることがわかる。

5. 事故発生頻度への構造要件の影響度の評価

最後に、各構造要件が満たされる場合を1、そうでない場合を0としたダミー変数を説明変数群とし、事故率を被説明変数とした重回帰分析により、安全性に対する各種要件の影響度評価を行った。分析結果を表-3に示す。

推定結果について、モデル適合度を示す修正R²値は高いとは言えないが、本分析の主旨は、設定した説明変数により正確な事故率を推定することではなく、各構造要件の実現が安全性に対して与える傾向の把握にあること

にあり、推定係数の符号やt値、標準化係数に着目して考察を行うこととする。また、分析上すべての説明変数は実現の有無によるダミー変数として取り扱っていることもモデル適合度が低い要因の一つであるが、別途説明変数を連続量として扱った推定結果においては、修正R²値が0.1前後まで向上することを確認している。尚、本分析で考慮した要件以外の道路交通条件も含めた事故発生頻度の推定は、別途行っている研究成果⁹⁾に詳しい。

分析結果から、交差点密度ダミーの係数が負にて推定されており、t値が大きく、また標準化係数へ換算した場合には他の要件より大きいこと等から、信号交差点間隔を適正に保つことにより安全性が向上する傾向が示唆される。

区分B_Uにおいては、路肩幅員ダミーが正の係数にて推定されており、t値が低く信頼性は低いものの、緊急時・故障時などの退避幅が一定量確保されている区間ほど、事故率が高い傾向を示す結果となった。

これらの結果をふまえると、道路ネットワークの機能階層化を実現するための各種構造要件の中でも、信号交差点密度の影響度が特に大きく、適切な信号交差点間距離の確保が、円滑性のみならず安全性の向上にもつながることが示されたといえる。

6. おわりに

本研究では、道路ネットワークの機能的な階層化を実現するための構造要件に着目し、道路区間の構造要件の実現度合いがその区間の安全性に与える影響を評価した。

分析対象は、愛知県内の道路交通センサス対象路線とし、区間における人身事故発生頻度が安全性を代替する指標値とした上で、旅行速度に代表される円滑性の実現度合いや、その円滑性を確保するための構造要件の実現度合い別に事故発生頻度を比較評価することにより、構造要件の安全性に対する影響度を評価した。

まず、円滑性が確保されている区間では、交通需要による影響を受けない非混雑時旅行速度が、その区間において担保されるべき走行速度と解釈できる設計速度と同等以上であると考え、H22センサスデータをもとに円滑性が確保されている区間と確保されていない区間に分類した。分析においては、利用可能なデータ上の制約から、指定最高速度を設計速度の代わりに用いている。分類後の各群について事故発生頻度の平均値の比較を行った結果、円滑性が確保されている区間群の方が、事故発生頻度が低く、安全性が高いことが確認された。

さらに、これら円滑性が確保されている群の中でも事故発生頻度が高い道路区間を対象として現地走行調査を行い、事故発生要因について考察した結果、高い走行性

表-3 構造要件の実現度に関する重回帰モデル推定結果

(a) 区分B_R

説明変数 (全てダミー 変数)	全事故		追突		車両相互 その他	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値
車線数	1.54	0.403	6.66	3.03**	-0.561	-0.583
路肩幅員	-0.126	-0.0198	4.44	1.20	-1.49	-0.922
出入制限	-2.23	-1.62	-12.8	-1.61	5.56	1.59
交差点密度	-6.73	-8.25**	-37.8	-8.03**	-2.43	-1.18
定数項	135	10.6**	50.6	6.91**	12.5	3.92**
サンプル数	822					
修正R ² 値	0.089		0.102		-0.0006	

(b) 区分B_U

説明変数 (全てダミー 変数)	全事故		追突		車両相互 その他	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値
車線数	7.37	3.11**	4.38	3.47**	2.05	5.08**
路肩幅員	8.27	1.93	4.95	2.16*	1.37	1.87
出入制限	-2.73	-1.81	10.4	1.29	-5.57	-2.16*
交差点密度	-9.13	-6.17**	-43.0	-5.45**	-8.93	-3.53**
定数項	159	13.4**	76.2	12.1**	9.01	4.47**
サンプル数	1,053					
修正R ² 値	0.058		0.046		0.048	

(c) 区分C_R

説明変数 (全てダミー 変数)	全事故		追突		車両相互 その他	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値
車線数	14.5	1.34	16.2	3.49**	-1.21	-0.788
交差点密度	-6.94	-6.66**	-30.6	-6.84**	-4.46	-3.03**
右折車線	0.120	0.00960	9.19	1.71	1.03	0.586
定数項	116	5.14**	20.7	2.13*	12.5	3.90**
サンプル数	921					
修正R ² 値	0.053		0.083		0.0075	

(d) 区分C_U

説明変数 (全てダミー 変数)	全事故		追突		車両相互 その他	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値
車線数	17.4	2.09*	7.67	1.92	5.26	4.84**
交差点密度	-9.21	-4.49**	-47.6	-4.83**	-4.39	-1.64
右折車線	3.76	0.211	7.92	0.925	-1.53	-0.658
定数項	148	6.90**	59.9	5.81**	4.08	1.46
サンプル数	608					
修正R ² 値	0.046		0.054		0.046	

*5%有意, **1%有意

にありながらも平面・縦断的变化が大きいことや多くの沿道商業施設の存在といった特徴が示唆された。

続いて、円滑性が確保されていない群を対象として、機能的階層化に応じた道路区分にあてはめた上で、各区間の構造要件の実現度合いと事故発生頻度の関係について分析した。

道路区分は市街地の内外と指定最高速度の値より4つの区分に分類し、構造要件の実現度合いは、既往研究を参考に設定した閾値により評価した。

まず、各道路区分において設定された構造要件を全て満たす道路区間と全要件を満たさない道路区間の事故発生頻度を比較した結果、構造要件を満たす区間の方が事故率が低く、安全性が高い傾向にあることが示された。

次に、各構造要件の実現の有無を説明変数とした重回帰分析を行い、各々の構造要件が安全性に与える影響度を評価した。分析の結果、どの道路区分においても信号交差点密度が一定値以上であることが安全性に対して大きく影響を及ぼすことが示唆され、円滑性を確保するための構造要件の一つである適切な交差点間隔は、安全性に対しても有効に寄与することが示された。

今後の課題として、まず、本分析は道路区間のみに限って構造要件の影響度を評価したが、今後は接続部も含めたネットワークとしての安全性評価についての分析や検証を行っていく必要がある。また、現況道路において担保されるべき速度や、道路区分へのあてはめにおいては、簡便に指定最高速度を用いることとしたが、これについても議論の余地があるといえる。最後に、各構造要件の実現度合い評価について、筆者らが検討した設定値の試案を基に判断しており、より合理的な設定方法および設定値を今後提示していく必要がある。

謝辞：本研究の分析にあたっては、愛知県警察より貴重な交通事故データを提供頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 一般社団法人交通工学研究会：『道路の交通容量とサービスの質に関する研究』最終成果報告書(研究グループ委員長: 中村英樹), 2015.
- 2) 喜多秀行・浅香遼・渡邊友崇・辻谷純・四辻裕文：円滑性と安全性に着目した道路の性能評価指標, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.71, No.5, pp.I_985-I_990, 2015.
- 3) 高橋健一・阿部義典・柳沢敬司・渡部数樹：性能照査型道路計画設計の実務展開に向けたアプローチ, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, CD-ROM, 2013.
- 4) 柳沢敬司・阿部義典・高橋健一：性能照査型道路計画設計の既存道路ネットワークへの実務的適用, 土木計画学研究・講演集, Vol. 49, CD-ROM, 2014.
- 5) 石村佳之・阿部義典・柳沢敬司・高橋健一：性能照査型道路計画設計の既存道路ネットワークへの実務的適用に向けた設計手法, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, CD-ROM, 2015.
- 6) 葛西誠・小田崇徳・内海泰輔・泉典宏・山川 英一：一般道性能照査のための性能曲線推定法, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, CD-ROM, 2015.
- 7) 野村昭博・下川澄雄・森田緯之：種級区別サービス速度の実態分析 -第3種道路を中心として-, 土木計画学研究・講演集, Vol. 49, CD-ROM, 2014.
- 8) 橋本雄太・小林寛・山本彰・中野達也・高宮進橋：信号交差点密度等の道路状況と旅行速度の関係についての実態分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, CD-ROM, 2013.
- 9) 渡部数樹・中村英樹：道路交通環境に着目した交通事故発生要因に関する統計モデル分析, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.71, No.5, pp.I_889-I_901, 2015.

(2016. 4. 22 受付)

SAFETY ASSESSMENT ON REQUIREMENTS FOR ROAD DESIGN ELEMENTS TOWARD THE FUNCTIONALLY HIERARCHICAL ROAD NETWORK

Kazuki WATANABE and Hideki NAKAMURA