

IC アクセス道路における 道路状況と旅行速度の関係に関する分析

森田 大也¹・田中 良寛²・河野 友佑³・大西 宏樹⁴・瀬戸下 伸介²

¹非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

E-mail: morita-t924a@mlit.go.jp

²正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

³非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

⁴非会員 株式会社日本海コンサルタント 社会事業本部 道路交通部
(〒921-8042 石川県金沢市泉本町 2 丁目 126 番地)

元国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路研究室 交流研究員
(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

道路が必要な通行機能を担うためには、適切な道路階層区分、目標となるサービス水準の設定および適切な道路構造の構築が必要である。しかし、実態としては高速道路とその他の道路の 2 つの階層区分に留まっており、高速道路と一般道路のサービス水準の階層化が図られていない。インターチェンジに接続する一般道路である IC アクセス道路が階層化され、適切なサービス水準を確保することができれば、上位の道路階層まで階層的な速度変化となり、高い交通サービスの提供を実現することができる。

そこで、本研究では平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査結果および民間プローブデータを用いて、IC アクセス道路の旅行速度に影響を与える要因を分析し、目標となるサービス水準を実現するための道路構造やその他要因に関して、道路の計画・設計の観点から考察した。

Key Words: access roads to expressway interchanges, travel speed, road planning and design

1. はじめに

従来の道路計画・設計においては、「道路構造令」や「道路構造令の解説と運用」に準じて、道路区分を決定し、その道路区分に応じた設計速度や横断面構成、線形要素等を決定するため、道路構造がほぼ自動的に決定される「仕様設計」である¹⁾ことから、全国画一的な道路構造であるといえる。本来であれば、道路に必要な機能に応じて、適切なサービス水準を確保した階層型道路ネットワークが形成されるべきであるが、実態としては、高速道路とその他の道路の 2 つの階層区分に留まっており²⁾、道路に必要な機能に応じたサービス水準の階層化が図られていない状況である。例えば、一般道路において、適切なサービス水準の階層化を図ることができれば、上位階層に至るまでの速度変化がスムーズとなり、道路ネットワーク全体のサービス水準の向上にも繋がると考えられる。

また、平成 28 年度より国土交通省においては、高い通行機能を要するインターチェンジアクセス道路（以下「IC アクセス道路」）について、重点的な支援を行うことで、道路ネットワークにおけるサービス水準の向上や連携強化の推進、地方部における成長促進を図っており、階層型道路ネットワークの構築に資する IC アクセス道路整備が重要視されている。

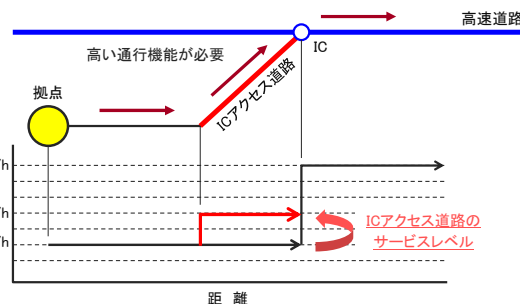


図-1 IC アクセス道路に求められるサービス水準のイメージ

そこで、本研究では、IC アクセス道路を対象に、IC アクセス道路における旅行速度に影響を与える要因分析を行い、目標となるサービス水準を実現するための道路構造やその他要因に関して、道路の計画・設計の観点から考察した。

2. 研究方法

(1) 分析に使用するデータ

IC アクセス道路における旅行速度に影響を与える要因分析に際しては、平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査（以下「H27 道路交通センサス」）の道路状況調査の結果および民間プローブデータ等を用いて行った。

整理した影響要因については、表-1 に示すとおり「道路要因」、「交通要因」、「その他要因」の3つのカテゴリーに分類し、各項目における相関分析により分析の対象となる項目を選定した上で、重回帰分析を実施し、旅行速度に影響を与える要因の抽出および旅行速度の定式化を行った。

表-1 分析に用いる影響要因候補

道路要因	①道路種別	交通要因	⑪時間交通容量比
	②車線数		⑫信号交差点密度
	③車線幅員		⑬バス路線の延長割合
	④中央分離帯		⑭時間帯別大型車混入率
	⑤アクセスコントロール		⑮渋滞指数
	⑥縦断勾配		⑯遅れ時間
	⑦側方余裕		⑰自由流速度
交通要因	⑧時間帯別交通量	その他要因	⑱沿道状況
	⑨時間帯別交通量の標準偏差		⑲大型施設の有無
	⑩時間帯別交通量の変動係数		

※⑪時間交通容量比については、時間交通量/年間時間最大交通量にて算定

(2) 分析対象区間の抽出

分析対象である IC および IC アクセス道路については、H27 道路交通センサスにおける交通調査基本区間から①高規格幹線道路の 5,972 区間を抽出し、②基本区間の起終点から行政界及び接続先の重複データを除外した後、1,464 区間の JCT・重複 IC を除外することで、1,472 箇所 IC を特定した。また、特定した 1,472 箇所の IC に接続する IC アクセス道路については、DRM を用いて IC ランプリンクを抽出し、これに接続する一般道路を整理することで、5,140 区間を抽出した。なお、IC アクセス道路の区間抽出にあたっては、区間延長が短い場合、偶発的な遅れの影響を強く受ける可能性があることから、2km 以上となるように設定した。

さらに、抽出した IC および IC アクセス道路から、より詳細に分析を行うため、①交通量常時観測データの取得が可能であり、②地域別の特性を把握することが可能となるように、全国 10 の地域別に 3 箇所程度ずつを選定し、全国 30 箇所の IC および接続する 60 区間（上下線）の IC アクセス道路を詳細の分析対象とした。

3. IC アクセス道路の旅行速度の実態把握

(1) IC アクセス道路における速度階層の実態

抽出した IC アクセス道路全体（5,140 区間）において、速度階層形成の実態を把握するため、IC アクセス道路と、接続する上位の高速道路との速度差の分布割合を算定した結果を図-2 に示す。

速度差ランク別にみると、高速道路との速度差が 30km/h 以上ある IC アクセス道路の割合が全体の約 8 割を占めており、IC アクセス道路と高速道路の速度差に乖離があるため、階層的なネットワークが形成されていないことが示唆された。

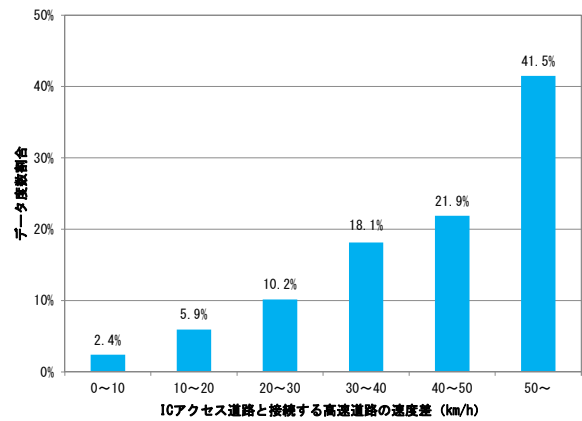


図-2 ICアクセス道路と高速道路の速度差

(2) IC アクセス道路における旅行速度の実態

IC アクセス道路（5,140 区間）における旅行速度の実態を把握するため、IC アクセス道路を道路種級区分別に分類し、その分布割合および平均旅行速度を算定した結果を図-3 に示す。

IC アクセス道路においては、第 3 種第 2 級および第 4 種第 1 級が全体の約 6 割を占めており、比較的高規格の道路区分による割合が高いことが確認された。また、平均旅行速度についてみると、第 3 種第 3 級および第 3 種第 4 級を除き、概ね 40km/h を下回る旅行速度であり、本来、高い通行機能が必要となる IC アクセス道路において、低いサービス水準であることが確認された。

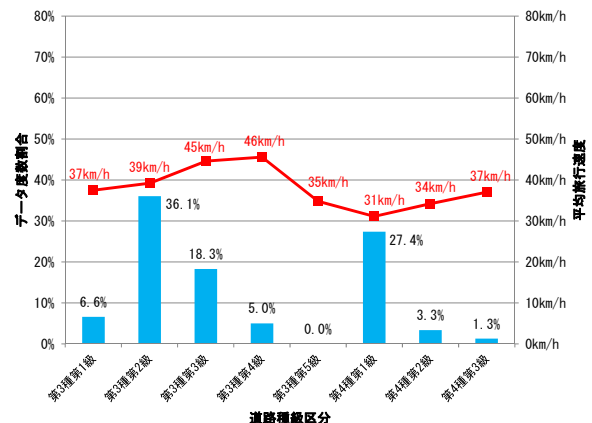


図-3 ICアクセス道路の道路種級区分別の旅行速度

4. 旅行速度に影響を与える要因の分析

(1) 分析に用いる説明変数の抽出

旅行速度に影響を与える要因の抽出に際して、各要因候補間における相関分析を行い、分析に用いる要因について整理した。

要因候補間の相関分析の結果、「渋滞指数」および「遅れ時間」の相関係数が 0.888 と高く、相関の強い傾向にあることが確認された。そのため、両変数を同時に採用することは分析上望ましくないと判断し、どちらか一方の変数を採用することとした。変数の選定については、各変数により重回帰分析を行い、決定係数が高い変数を採用するものとし、分析の結果、「渋滞指数」を変数として採用した。

(2) 重回帰分析による要因の特定

次に、旅行速度に影響を与える要因の抽出および IC アクセス道路の旅行速度を定式化するため、IC アクセス道路における「時間帯別旅行速度（以下、時間旅行速度）」を目的変数、「遅れ時間」を除いた各要因を説明変数とし、詳細分析の対象である 60 区間に対して重回帰分析を行った。

分析に際しては、ステップワイズ法により説明変数を選定し、モデル選定においては、①論理的符号が一致すること、②多重共線性が生じないこと、③t 値が 5% 有意水準で有意であることを条件に、最も決定係数が高い結果を採用した。

重回帰分析の結果、表-2 に示す説明変数が旅行速度に影響を与える要因として抽出された。しかし、影響を与える要因として抽出された「自由流速度」や「渋滞指数」は、時間旅行速度より算定され、路線によってはプローブデータの取得が困難であることから、IC アクセス道路における旅行速度を推定する説明変数としては実用性が低いと考えられる。そこで、次項において、上記要因を除いた説明変数において重回帰分析を行い、簡便化した旅行速度の一般式を算定する。

表-2 重回帰分析の結果 (モデル 1)

R	R2 乗	調整済み R2 乗	推定値の標準誤差	非標準化係数		標準化係数		t 値	有意確率	共線性の統計量	
				B	標準誤差	ベータ	許容度			VIF	
0.978	0.956	0.956	2.93444								
(定数)	4.259	0.025						167.339	0.000		
自由流速度	0.870	0.001	0.848	1692.263	0.000	0.759	1.318				
渋滞指数	-0.232	0.000	-0.333	-754.396	0.000	0.977	1.024				
交通量標準偏差	0.003	0.000	0.051	113.964	0.000	0.963	1.039				
地域高規格道路	1.681	0.026	0.032	64.299	0.000	0.791	1.265				

(3) 簡便化した旅行速度の一般式の算定

「自由流速度」および「渋滞指数」の要因を除いた説明変数により行った重回帰分析の結果を表-3 に示す。

抽出された影響要因をみると、「道路要因」, 「交通要因」, 「その他要因」から各々抽出されており, 「信号交差点密度」が IC アクセス道路の旅行速度に対して最も影響度が高いことが示された。旅行速度に影響を与える要因については、橋本ら³⁾によって「信号交差点密度」が旅行速度に対して高い関連性および影響度を持つことが示されており、本研究においても同様の結果が得られた。また、その他の影響要因についてみると、「大型施設の有無」や「沿道状況 (DID 地区)」が比較的高い影響度を示しており、旅行速度に対して道路の環境要因の影響が大きいことが明らかとなった。

表-3 重回帰分析の結果 (モデル 2)

R	R2 乗	調整済み R2 乗	推定値の標準誤差	非標準化係数		標準化係数		t 値	有意確率	共線性の統計量	
				B	標準誤差	ベータ	許容度			VIF	
0.834	0.695	0.695	7.68573								
(定数)	50.477	0.066						767.638	0.000		
信号交差点密度	-7.232	0.022	-0.493	-333.839	0.000	0.600	1.666				
大型施設有	-5.411	0.048	-0.194	-113.738	0.000	0.448	2.231				
アクセスコントロール有	6.696	0.055	0.188	122.486	0.000	0.555	1.803				
側方余裕	2.647	0.025	0.140	104.778	0.000	0.728	1.374				
時間交通容量比	-6.812	0.107	-0.087	-63.664	0.000	0.694	1.442				
車線数	1.408	0.017	0.143	82.554	0.000	0.436	2.296				
D I D 地区	-4.308	0.057	-0.129	-75.866	0.000	0.449	2.226				

重回帰分析により、IC アクセス道路の時間旅行速度を推定する式(1)は以下のとおりである。

$$V = 50.477 - 7.232X_1 - 5.411X_2 + 6.696X_3 + 2.647X_4 - 6.812X_5 + 1.408X_6 - 4.308X_7 \quad (1)$$

ただし、V: 時間旅行速度 (km/h), X₁: 信号交差点密度 (箇所/km), X₂: 大型施設の有無 (1 または 0), X₃: アクセスコントロールの有無 (1 または 0), X₄: 側方余裕 (m), X₅: 時間交通容量比, X₆: 車線数, X₇: DID 地区 (1 または 0)

式(1)による旅行速度の推定値と観測値の誤差を速度ランク別に算定した結果を図-4 に示す。取得データが

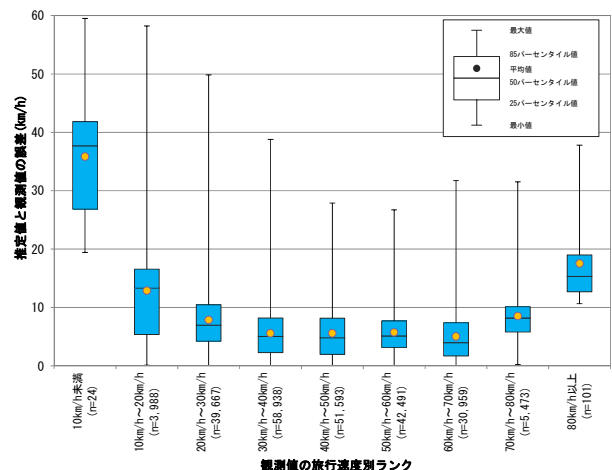


図-4 旅行速度の推定値と観測値の誤差

十分である観測値が 20km/h~70km/h 程度の区間であれば、比較的小さい誤差での推定が可能となる。しかし、取得データが不十分な 20km/h 以下および 70km/h 以上の推定については、推定値との誤差が大きく生じる場合もあるため、一般式の適用については留意する必要がある。

5. 旅行速度の影響要因間の因果構造の分析

旅行速度に影響を与える要因分析は、既往研究³⁾⁴⁾においても実施されているが、そのほとんどが影響要因と旅行速度のみの因果関係を示すものであり、影響要因間の因果関係を考慮し、その潜在的な関係性を定量的に明らかにした研究は見当たらない。

そこで、本研究では、共分散構造分析の1つであるパス解析を用いて分析を行い、旅行速度に影響を与える要因間の潜在的な因果構造を明らかにするとともに、工学分野におけるパス解析の適用性について考察を行った。

(1) パス解析の概要

パス解析は観測変数間に線形の関係が仮定されるとき、因果方向性を議論するために利用される手法である。パス解析を実施する際には、相関関係と因果関係とは等しくない場合や相関関係が見られたとしても疑似相関である場合があるため、これらの点について、適切に考慮しなければ変数間の関係性を正確に推定することができない。したがって、分析に際しては、変数間の因果関係に留意した上で因果構造を構築する。

また、パス解析におけるモデル評価は、重回帰分析と同様に基準があり、本研究においては表-4 に示す評価指標を用いて、全ての評価指標において基準値を満足したモデルを採用した。

表-4 パス解析における評価指標

CFI	通常0から1までの値をとり、モデル内のデータの何%説明できるのかを表す指標でモデルの説明力の目安となる。CFIが1に近いほど、説明力のあるモデルといえ、CFIが0.9以上であれば、当てはまりが良いモデルであると判断した。
RMSEA	モデルの分布と真の分布との乖離を1自由度当たりの量として表現した指標である。0.05以上であれば当てはまりがよく、0.1以上であれば当てはまりが悪いと判断した。
AIC	複数のモデルを比較する際に、モデルの相対的な良さを評価するための指標となる。複数のモデルのうちどれが良いかを選択する際にはAICが最も小さいモデルを選択した。

(2) 影響要因間の因果構造の把握

パス解析においては、表-3 に示す重回帰モデル 2 を対象とし、分析に際しては、「IBM SPSS Amos25」を用いて実施した。

重回帰分析の場合、説明変数から目的変数の一方向の関係性（直接効果）を把握するものであるが、パス解析の場合、影響要因間の潜在的な因果関係（間接効果）を

考慮した総合的な評価（総合効果）として評価を行うため、各要因間の潜在的な因果構造について定量的に把握することが可能となる。

図-5 に影響要因間の関係性を視覚化したパス図を示す。パス解析の結果より、影響要因間の間接効果を考慮した場合、重回帰分析による影響度と異なる要因が複数見られ、特に「アクセスコントロール」については、要因間の潜在的な関係性が強いため、総合的に評価した場合に、「信号交差点密度」と同程度の影響度を示すことが分かった。また、「信号交差点密度」と「アクセスコントロール」以外の道路交通要因は、他の要因に対して潜在的な関係性をほとんど持たず、旅行速度への影響度は、比較的低いことが分かった。

このように、パス解析を用いることで、因子分析等では把握することができなかった要因間の潜在的な因果関係について定量的に示すことが可能であり、工学分野におけるパス解析の適用の可能性が示された。

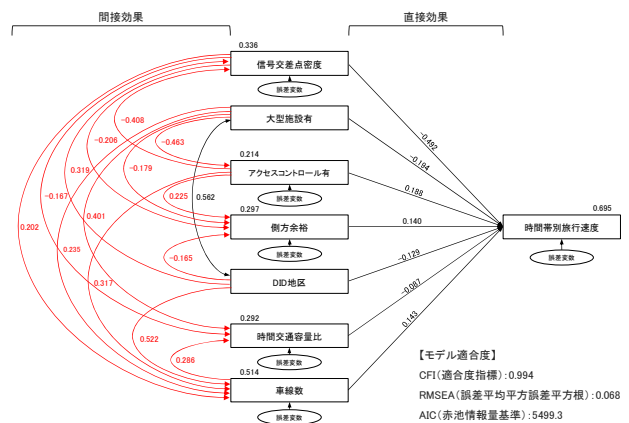


図-5 重回帰モデル2におけるパス図

表-5 重回帰モデル2における影響要因の効果

	直接効果	間接効果 1	間接効果 2	間接効果 3	間接効果 4	総合効果
信号交差点密度	-0.492	-0.029	0.015	0.029		-0.477
大型施設有	-0.194	-0.087	-0.025	-0.035	0.034	-0.307
アクセスコントロール有	0.188	0.201	0.032	0.045		0.466
側方余裕	0.140					0.140
DID地区	-0.129	-0.157	-0.023	0.075		-0.234
時間交通容量比	-0.087					-0.087
車線数	0.143	-0.025				0.118

6. 目標旅行速度の設定と実現するための道路構造条件

(1) サービス水準別の特徴の整理

詳細分析の対象の IC アクセス道路 60 区間に対して、サービス水準別の特徴を把握するため、旅行速度に対して特に関係性が高い 4 要因について整理した。なお、サービス水準の分類は、時間帯別旅行速度が 20km/h 以下

の割合が 10%以上の IC アクセス道路を「サービス水準が低位」、時間帯別旅行速度が 50km/h 以上の割合が 50%以上の IC アクセス道路を「サービス水準が高位」、それ以外の IC アクセス道路を「サービス水準が中位」と設定した。

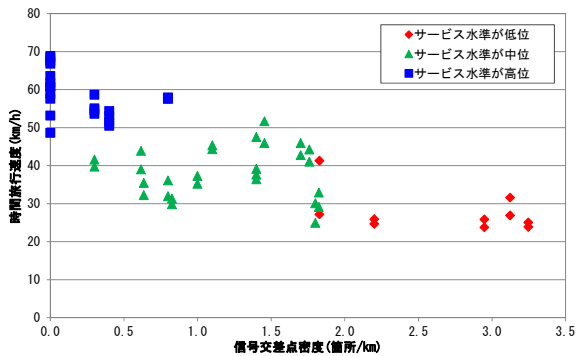


図-6 サービス水準別の信号交差点密度

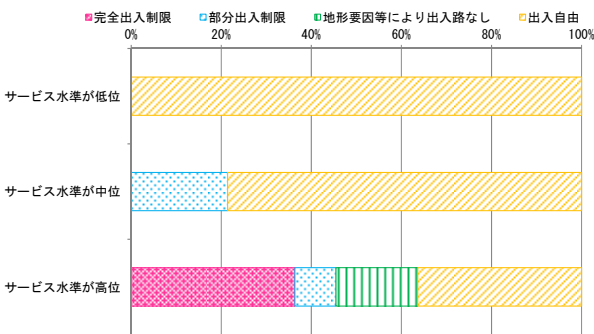


図-7 サービス水準別のアクセスコントロール

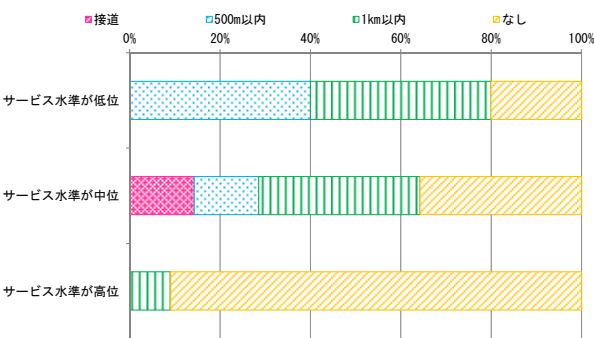


図-8 サービス水準別の大型施設の有無

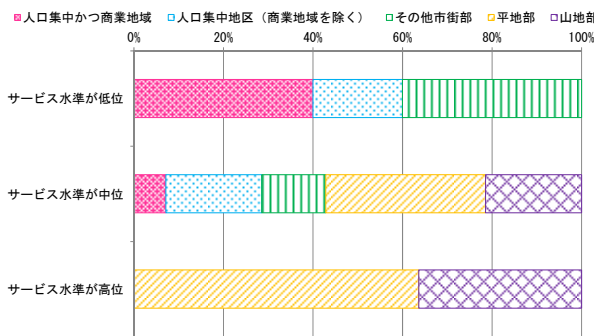


図-9 サービス水準別の沿道状況

サービス水準別の各要因における分布状況を図-6 から図-9 に示す。サービス水準が低い IC アクセス道路については、大型施設が 1km 以内に存在する割合が高いほか、沿道状況として DID 地区や市街部に位置しており、第 4 種道路相当が多く見られる(図-8, 図-9 参照)。また、図-7 に示されるとおりサービス水準の高い IC アクセス道路の約 60%は、アクセスコントロールされていることから、高い通行機能が必要となる IC アクセス道路においては、道路の計画・設計段階でアクセスコントロールすることが望ましいと考えられる。

さらに、旅行速度において最も影響度が高い信号交差点密度についてみると、IC アクセス道路における信号交差点密度が 0.8 箇所/km 以下であると、高いサービス水準が確保され、一方で、信号交差点密度が 1.8 箇所/km 以上であると特に低いサービス水準となることが確認された(図-6 参照)。

(2) 道路の計画・設計への活用

階層型道路ネットワークの構築に際して、道路の目標とするサービス水準の設定およびその目標を実現するための道路構造条件を明確にすることが重要である。既往研究⁵⁾では道路分類に応じた目標旅行速度の設定方法として、機能・沿道立地・出入制限・車線数の構造要件から目標旅行速度の設定例を示している。しかし、実態としては道路空間の制約や現況の交通流動等の様々な要因があり、目標旅行速度の達成が困難となる場合も考えられる。

そこで、本研究において得られた一般式を用いて、実現可能な目標旅行速度の設定とその目標を実現するための道路構造条件を算定し、今後の道路の計画・設計への活用について考察した。図-10 に目標旅行速度とそれを実現するための道路構造条件の算定例を示す。現況の時間帯別平均旅行速度が 23.86km/h に対して、目標旅行速度を 30km/h に設定した場合、現況の信号交差点密度に対して 1.2 箇所/km 減じることで目標旅行速度の達成が可能であることを示している。一方で、目標旅行速度を



図-10 目標とするサービス水準と道路構造条件の算定例

50km/h に設定した場合、信号交差点密度が負の数値を示すことから、信号交差点密度のみの対策による目標旅行速度の達成は困難であることを示している。

このように本研究における一般式を用いることで、実現可能な目標旅行速度の設定およびそれを実現するための道路構造条件を簡便的に算定することができ、効率的な道路の計画・設計に活用することが可能と考えられる。

7. おわりに

本研究では、IC アクセス道路を対象に、IC アクセス道路の旅行速度に影響を与える要因の抽出および影響要因間の潜在的な因果構造の把握により、IC アクセス道路を計画・設計する際に考慮すべき要因を明らかにした。さらに、IC アクセス道路における目標旅行速度の設定およびその目標を達成するために考慮すべき道路構造条件について考察した。

旅行速度に対して信号交差点密度が高い影響度であると同時に、潜在的にはアクセスコントロールの有無も高い影響度であるため、通行機能が重視される IC アクセス道路においては、計画・設計段階においてアクセスコントロールを行い、極力信号交差点密度を低くすることが望ましいと考えられる。

また、階層型道路ネットワークを構築する上で、目標旅行速度の設定は必要不可欠であるが、既存道路においては、道路空間や交通条件等の様々な制約条件があるため、実現可能な目標旅行速度の設定が必要であると考え

られる。そこで、本研究では、算定した一般式を用いて、実現可能な目標旅行速度とその目標を達成するための道路構造条件を簡便的に算定する手法を試行した。その結果、実現可能な目標旅行速度の設定およびその目標を達成するための道路構造を定量的に算定可能であることが示唆され、効率的な道路の計画・設計を行うに際して有効な手法であると考えられる。

参考文献

- 1) 中村英樹, 大口敬: 性能照査型道路計画設計の導入に向けて, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.67, No.3, 195-202, 2011.
- 2) 下川澄雄, 内海泰輔, 野中康弘, 中村英樹, 大口敬: 道路の階層区分を考慮した性能照査手法の意義と課題, 土木計画学研究・講演会, Vol.45, CD-ROM, 2012.
- 3) 橋本雄太, 小林寛, 山本彰, 中野達也, 高宮進: 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・講演会, Vol.47, CD-ROM, 2013.
- 4) 下川澄雄, 森田純之, 小山田直弥: 一般道路の道路構造が旅行速度に及ぼす影響に関する実証分析, 交通工学論文集, 第 1 巻, 第 2 号 (特集号 A), pp.A_19-A_25, 2015.
- 5) 一般社団法人交通工学研究会: 平成 24~26 年度基幹研究課題 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, 2015.

(2018.4.27 受付)

ANALYSIS ON THE RELATIONS BETWEEN ROAD CONDITIONS AND TRAVEL SPEED ON ACCESS ROADS TO EXPRESSWAY INTERCHANGES

Tomoya MORITA, Yoshihiro TANAKA, Yusuke KONO,
Hiroki ONISHI and Shinsuke SETOSHITA