

道路ネットワークの利用の適切性評価に関する 評価指標の検討および試算

青山 恵里¹・河本 直志¹・茂田 健吾²・松本 幸司¹・
松本 浩和³・片山 慎太郎⁴

¹正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)
E-mail: aoyama-e92ta@mlit.go.jp, kawamoto-n92ta@mlit.go.jp, matsumoto-k87rc@mlit.go.jp

²非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究室(〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)
E-mail: shigeta-k924a@mlit.go.jp

³正会員 株式会社 地域未来研究所 公共交通計画室(〒530-0003 大阪市北区堂島 1-5-17 堂島グランドビル)
E-mail: matsumoto@refrec.jp

⁴正会員 一般社団法人 システム科学研究所(〒604-0013 京都市中京区新町通夷川下る二条新町 717 番地)
E-mail: katayama@issr-kyoto.or.jp

道路整備による多様な効果の評価に資する基礎データの収集、事業実施の効率性等を評価する手法の検討に向け、本研究では、道路ネットワークの利用の適切性の評価に関する文献整理を行い、評価の上で有効と想定される評価指標の候補およびその評価指標の算定に必要なデータ項目について、道路利用特性や道路幾何構造等の複数の視点から抽出するとともに、データ入手の容易性・継続性、データの頑健性および作業の簡便性に着目して整理した。また、2 都市を対象に、抽出した評価指標の現況値を試算し、多様な効果を用いた評価の実施に向けた課題を整理した。

Key Words: road network, road hierarchy, ETC2.0 probe-data

1. はじめに

国土技術政策総合研究所では道路整備による多様な効果の評価に資する基礎データの収集、事業実施の効率性等を評価する手法に関する研究を行っている。

本研究では、道路事業の多様な効果計測の充実に資する知見蓄積のため、まず、道路ネットワークの利用の適切性の評価に関する既存文献の整理を行い、道路ネットワークの利用の適切性を評価する上で有効と想定される評価指標の候補を抽出する。次に、抽出した評価指標を実都市に対して算出し、道路ネットワークの利用の適切性を評価する上での課題を整理する。

2. 道路ネットワークの利用の適切性の評価に関する知見の整理

はじめに、交通工学研究会の『機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案)¹⁾』(以下、ガイド

ライン(案))について整理する。ガイドライン(案)¹⁾は、これまでの道路ネットワーク計画の考え方を活かしつつ、この中に当該地域が抱える課題解決に向けた計画道路の交通サービス目標を設定し、その交通性能を照査する方法論をビルトインすることで、機能階層を明確化した道路ネットワークの実現を図ることを提唱しており、本趣旨の一部が適切性評価に活用できる。続いて、本研究で行う実都市における評価指標の試算に関連した知見を収集することを目的として、関連する論文の収集・整理を行う。特に算出すべき指標の抽出や算出にあたっての留意点を検討するための知見を収集することを目的とし、道路ネットワークの利用の適切性の評価に関連する論文を整理する。なお、ガイドライン(案)¹⁾を踏まえた検討がなされていることを踏まえた知見の収集および検討をするために、ガイドライン(案)¹⁾が公表された2018年9月以降の論文を中心にレビューを行っている。その他、ガイドライン(案)においては、“拠点間の連絡レベルや交通機能から道路の階層と目標旅行速度を設定し、これを実現する道路構造を決定する”観点が提唱されており、

適切性評価においても拠点設定方法が重要となることから、特に拠点設定に関する知見を収集することを目的とし、階層ネットワークの設定に関連する拠点設定に関する研究の整理を行う。また、レビューにあたっては評価指標・手法に加えて、評価対象の地域の差異、実務への導入において必要になると想定される評価指標の判断基準となる閾値も整理する。本研究で整理対象とした文献を表-1に示す。

表-1 整理対象文献

文献No./文献タイトル/文献情報		
(1)	機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案)	交通工学研究会 H27-29年度 基幹型研究課題 道路の交通容量とサービスの質に関する研究・成果物、2018.
(2)	道路ネットワークの利用の適切性の評価に関する研究	
(2)-1	新潟都市圏を対象とした道路ネットワークの性能照査の実務への適用	土木計画学研究会発表会・講演集、vol. 62、2020. 11.
(2)-2	Google Maps APIを用いた拠点間旅行速度による道路の交通サービス性能の都市別評価	土木計画学研究会発表会・講演集、vol. 62、2020. 11.
(2)-3	道路利用特性指標と道路ネットワークの機能階層性の関連分析	土木計画学研究会発表会・講演集、vol. 62、2020. 11.
(2)-4	固有ベクトル中心性指標による道路ネットワークの機能的・空間的特性分析	土木学会論文集D3(土木計画学)、Vol. 76、No. 4、364-376、2020.
(2)-5	道路ネットワークの機能階層の利用に必要な道路・交通運用条件	土木計画学研究・論文集 第38巻(特集) . 1.1453-1.1463、2021.
(2)-6	Exploratory evaluation of road network hierarchy in small-sized cities: Evidence from 20 Greek cities	Transportation Research Procedia 60 (2022) 480-487.
(2)-7	道路利用特性指標を用いた道路ネットワークの階層化度の提案	第42回交通工学研究会発表会論文集、2022.
(3)	階層型道路ネットワークの設定に関連する拠点設定に関する研究	
(3)-1	階層型道路ネットワーク計画の立案における拠点階層と目標旅行時間の設定方法	土木計画学研究会発表会・講演集、vol. 62、2020. 11.
(3)-2	連絡レベルに着目した拠点階層の設定と道路ネットワーク設定	土木計画学研究会発表会・講演集、vol. 62、2020. 11.
(3)-3	機能階層型道路ネットワーク計画における拠点位置の設定方法に関する検討	土木計画学研究会発表会・講演集、vol. 64、2021. 12.

(1) 機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案)における道路ネットワーク利用の適切性の評価

ガイドライン(案)¹⁾では、道路階層別の性能目標により各道路の機能を明確に定義し、性能照査の計画・設計によって性能目標を達成することで、機能階層化を実現するための手法を提示している。ここで道路ネットワークの利用の適切性の評価にあたっては、「拠点間の目標旅行時間」と「階層別目標旅行速度」が例として記載されている。一方で移動機能以外の沿道出入機能や滞留機能については言及はなされているものの、具体的評価手法については記載がみられない。

(2) 道路ネットワークの利用の適切性の評価に関する研究の整理

本研究で行う実都市における道路ネットワークの利用の適切性の評価指標の試算に関連した知見を収集することを目的として、表-1の(2)の論文を対象にレビューを行う。特に算出すべき指標の抽出や算出にあたっての留意点を検討・整理している。

これらの文献において用いられていた各評価指標を道路利用のトリップ特性に関する評価指標 No.r-1~r-8と道路幾何構造の特性等に関する評価指標 No.s-1~s-6の2つに分類し、表-2に示す。評価指標の抽出にあたっては、既存文献に示されていた各評価指標を基本的に全て抽出している。No.s-1~s-6は国外論文より抽出された評価指標となるが、これら評価指標は道路幾何構造のデータ等、入手しやすいデータを基にした評価指標であり、国内においても多くの都市で指標算出を行うことが可能である。

各評価指標について、論文で示された閾値と設定の考え方を整理した結果を表-2に示す。時間帯別旅行速度はガイドライン(案)¹⁾にも設定例があり、閾値設定が容易であるが、その他の利用特性に関する評価指標は閾値設定が困難である。また、道路幾何構造を対象とした評価指標は既に閾値設定がなされており、直感的にもわかりやすい指標となっているものの、日本の道路交通環境を踏まえた見直しが必要となる可能性がある。

実都市を対象に評価指標を用いる際の対象エリア及び拠点の設定について、既存文献での設定を表-3に示す。実都市を対象とした研究においては、新潟都市圏・愛知県・岐阜県といった都道府県単位での広いエリアが設定されている。また仮想ネットワークを用いた【(2)-3】論文⁴⁾では50km四方(2,500平方km)と広いエリアが想定されており、唯一【(2)-5】論文⁹⁾のみ6.4km四方(約41平方km)と市区町村レベルに該当する規模となっている(※参考:東京都は2,194平方km)。またこうした設定においても、エリアをまたぐODを考慮することをふまえ、隣接するエリアを含めたOD設定がなされている。

表-2 道路利用のトリップ特性および道路幾何構造の特性等に関する評価指標一覧

	評価指標 No.	評価指標	評価単位	閾値	閾値設定の考え方	関連文献 No.
道路利用のトリップ特性に関する指標	r-1	道路種別(階層)別利用率	リンク	—	△ 対象リンクやOD別に環境が様々で、一定の閾値を設定することは難しい	(2)-1,(2)-5
	r-2	時間帯別旅行速度	リンク	ガイドライン設定例	◎ 拠点間での設定が容易	(2)-1,(2)-2,(3)-2
	r-3	トリップ長別旅行速度推定曲線の決定係数	エリア	—	△ 適用を試行した研究段階であり、現時点で閾値設定は困難	(2)-3
	r-4	階層間乗換指数	エリア	—	△ 適用を試行した研究段階であり、現時点で閾値設定は困難	(2)-3
	r-5	リンク別OD内訳の面積	エリア	—	△ 適用を試行した研究段階であり、現時点で閾値設定は困難	(2)-3
	r-6	トリップ分布曲線の面積比	エリア	—	△ 適用を試行した研究段階であり、現時点で閾値設定は困難	(2)-3
	r-7	固有ベクトル中心性の平均因子得点	ノード	—	—	(2)-4
	r-8	階層化度	エリア	階層利用率曲線の重なり方に基づき設定	○ 閾値設定が明確でわかりやすい	(2)-7
道路幾何構造に関する指標	s-1	一次・二次ネットワークの接続割合	エリア	—	○ 閾値設定が明確でわかりやすい。(ただし、海外での適用結果となっていることから、日本における交通環境を考慮の上見直す必要がある可能性)	(2)-6
	s-2	主要道路網の割合	エリア	(主要道路網の長さ÷道路網の総延長) × 100 ≤ 25%	○ 閾値設定が明確でわかりやすい。(ただし、海外での適用結果となっていることから、日本における交通環境を考慮の上見直す必要がある可能性)	(2)-6
	s-3	幹線道路における自転車用インフラの割合	エリア	幹線道路に自転車用インフラが整備されているか否か	○ 閾値設定が明確でわかりやすい。(ただし、海外での適用結果となっていることから、日本における交通環境を考慮の上見直す必要がある可能性)	(2)-6
	s-4	公共交通機関の移動を受け入れる幹線道路の割合	エリア	[公共交通サービスが運行されている幹線道路の長さ÷道路網全体の長さ] × 100 ≥ 50%	○ 閾値設定が明確でわかりやすい。(ただし、海外での適用結果となっていることから、日本における交通環境を考慮の上見直す必要がある可能性)	(2)-6
	s-5	歩道設置延長割合(中心市街地)	エリア	[歩行者専用道の長さ+交通規制された道路の長さ] / 道路網の長さ × 100 ≥ 50%	○ 閾値設定が明確でわかりやすい。(ただし、海外での適用結果となっていることから、日本における交通環境を考慮の上見直す必要がある可能性)	(2)-6
	s-6	歩道設置延長割合(市域内)	エリア	[(歩行者の長さ+交通量の長さ) / 道路網の長さ] × 100 ≥ 20%	○ 閾値設定が明確でわかりやすい。(ただし、海外での適用結果となっていることから、日本における交通環境を考慮の上見直す必要がある可能性)	(2)-6

表-3 既往研究レビューにおける対象エリア・拠点設定一覧

対象エリア	拠点設定	関連文献 No.
新潟都市圏	・DIDに指定されている行政区域はDIDの中心、その他の行政区域は役場、さらに港や主要観光地、都市計画マスタープランに示されている拠点を設定	(2)-1
愛知県	・愛知県の54市町村役場と中部国際空港を拠点として設定	(2)-2
50km四方の仮想道路ネットワーク	・50km四方エリアに配置した16箇所 ・上記に加えてエリアをまたぐODを考慮するため、隣接する50kmエリアに16箇所	(2)-3
岐阜県	・拠点の設定は行わない(ノードでの評価)	(2)-4
補助幹線道路以上の仮想ネットワーク	・全54地点のトリップ発着点を設定 ・上記のうち、39地点は6.4km四方の都市内道路ネットワークの外部に配置(理由:様々なOD種のトリップを表現するため)	(2)-5
ギリシャ国内に散在する20都市(人口3万人~10万人)	・拠点の設定は行わない(幾何構造等での評価)	(2)-6
岐阜南部(郡上市以南の岐阜地方生活圏及び大垣地方生活圏)と特西西部(浜松大都市雇用圏)の道路ネットワーク	・検討対象範囲を一定規模の地域にゾーニングし、地域内の主要な拠点施設の数や拠点施設の機能に応じた拠点階層等の拠点特性により得点化 ※拠点特性に関する得点化については、(3)-3の考え方を採用	(2)-7

(3) 階層型道路ネットワークの設定に関連する拠点設定に関する研究の整理

拠点設定に関する知見を収集することを目的とし、表-1の(3)の論文を対象に、階層型道路ネットワークの設定に関連する拠点設定に関する研究の整理を行う。これらの文献レビューより得られた知見は以下のとおりである。

a) 拠点設定

- ・集落・街区はサービスの享受側であり、集落・街区の拠点より上位階層の拠点はサービスの提供側であることを理解する必要がある【(3)-1】⁹⁾
- ・サービスの提供側となる拠点は、そのサービスを提供する領域(サービス圏域)を有しており、上位階層の拠点ほど圏域が大となるため、ガイドライン(案)¹⁰⁾にも「サービス圏域」の概念を導入し、サービスの提供側・享受側の2種類に区分している【(3)-1】⁹⁾
- ・市町村別に拠点施設の星取表を作成することで、拠点エリアと各拠点間の依存・連携関係性を設定することが可能である【(3)-2】¹⁰⁾
- ・拠点施設の選定においては、国土数値情報と地域メッシュ統計データより概ね拠点間移動に関する拠点施設を網羅できる【(3)-3】¹¹⁾

b) 拠点間連絡の設定

- ・各拠点施設のサービスの提供内容とサービス圏域に基づき、連絡すべき拠点を決定することが効率的な一つの方法である【(3)-1】⁹⁾
- ・拠点領域のゲートウェイとなり得る主要交差点、ICなどの道路の結節点も考慮して設定することが効率的な一つの方法である【(3)-1】⁹⁾

c) 目標旅行時間の設定

- ・関連計画(上位計画等)から設定する場合、拠点・代表地点を明確にし、関連計画の目標旅行時間の妥当性を検証した上で設定する【(3)-1】⁹⁾
- ・拠点階層が複数通り考えられる場合、拠点階層の設定と拠点間連絡の設定が目標旅行時間に与える影響を確認し、複数の代替案の比較も検討する【(3)-1】⁹⁾
- ・拠点領域のゲートウェイまでで目標旅行時間を設ける際には、アクセス・イグレス部分を差し引いた時間を設定する【(3)-1】⁹⁾
- ・目標旅行時間の設定例の一つとして、地域・観光につ

いては明確な根拠がないため試験的に30/60/90分の3パターン、医療についてはカーラーの救命曲線より3/10/30分の3パターンを設定する【(3)-2】¹⁰⁾

d) 代表となる拠点位置の設定

- ・市町村役場やゾーン中心を選定する方法もあるが、必ずしも適切とは言えないため、各拠点施設を階層に基づいて得点化し、重心を代表拠点とする手法もある【(3)-3】¹¹⁾

3. 道路ネットワーク利用の適切性を評価するための評価指標の検討

(1) 評価指標の追加

評価を行う地域の特性や道路ネットワーク特性の差異による各指標への影響を詳細に考察することを意図し、レビュー対象の文献では取り扱われていなかった「リンクフロー(OD分布)」、「トリップ長構成比」、「トリップ目的構成比」の3つの評価指標を追加し、これらをそれぞれ r-9, r-10, r-11 とする。これら指標の算出に当たっては、図-1に示すように拠点間の主たる経路のうち、代表的なリンク(以降、「着目リンク」と呼ぶ)において算出を行う。また、算定においてはETC2.0プローブ情報の他、交通量推計のデータを用いた算出も想定される。これは、現況値だけではなく道路整備後の将来の評価指標を算出できる利点を有していることに加え、ETC2.0プローブ情報では算出できないトリップ目的構成比の算出が可能であること、全国でより簡便に適用することが期待される。



図-1 リンクフローの集計イメージ

(2) 評価指標の整理

前章の文献整理および前節において追加した評価指標の中から、算出に用いるデータ項目ごとに「データ入手の容易性」、「データ入手の継続性」、「データの頑健性」、「作業の簡便性」を整理する。データ入手の容易性・継続性、及び、データの頑健性についての整理の基本的な考え方については表-4の通りとした。

r-1: 道路種別(階層)別利用率は、主要な経路の機能階層区分の走行延長割合を整理し、トリップ長に応じた望ましい機能階層道路の使われ方となっているかを確認するために算出する。算定においてはETC2.0プローブ情報と交通量推計結果を用いる。【(2)-1】論文²⁾にあ

表4 データ入手の容易性・継続性・データの頑健性・作業の簡便性の考え方一覧

整理項目	凡例	考え方
データ入手の容易性	◎	国土交通省等でデータ作成(無償)
	○	民間等がデータ作成(有償)
	△	複数のデータが必要
データ入手の継続性	◎	(一定間隔も含めた)連続的なデータ入手が可能
	○	連続的なデータ入手が可能であるが民間が保有
	△	継続的なデータ入手が困難
データの頑健性	◎	下記に該当しない
	○	車種の偏りがある、等
	△	推計値である、モード推定がなされている、など
作業の簡便性	◎	作業が簡便
	○	作業が比較的簡便
	△	作業が簡便でない(作業量が多い、定義が曖昧、検討が主観的となる、など)

るように商用車プローブデータを用いて整理することも可能であるが、データが有償であり、車種の偏りもあるため算定においては留意が必要となる。

交通量推計結果は、複数データが必要となることからデータ入手の容易性を△としている。また、結果が推計値となることから、データの頑健性を△としている。

ここで ETC2.0 プローブ情報については、民間プローブと異なり各車両の位置情報が非集計データとして取得されるため、「様式 2-1」, 「様式 1-2 (再マップマッチング)」, 「様式 2-1 (再接続)」の 3 パターンを用いることが想定される。様式 2-1 (DRM リンク単位車両別旅行時間) では、移動・滞在の判定基準の関係上、トンネル区間や SA・PA でトリップが分割される状況が生じている。また、様式 2-1 は全国道路・街路交通情勢調査路線に限定されたデータとなっている。従って、様式 2-1 でリンクフローやトリップ長等を集計すると、実態と乖離した結果になる可能性があるため、データの頑健性を△としている。これを解消するためには、様式 1-2 (ドットデータ) を用いて、新たにトリップの再定義及び最新の DRM データへの再マップマッチング処理を行ったデータを作成することが有益である。再マップマッチング処理後のデータでリンクフローやトリップ長等を集計すると、より実態に近い交通特性が把握できると考えられる。また、全国道路・街路交通情勢調査路線以外のリンクも集計可能となる。ただし追加の作業が必要となるため、作業の簡便性を△としている。

r-2 : 時間帯別旅行速度については、DRM 区間別に旅行速度を整理し、機能階層に応じた目標旅行速度との比較を行う。なお、整理結果は【(2)-1】論文²⁾のように、拠点ペア間の代表経路を構成する各リンクのピーク時旅行速度 (7~9時・17~19時の平均旅行速度)、オフピーク時旅行速度 (21~6 時の平均旅行速度)、目標旅行速度の 3 指標を整理し、代表経路上で目標旅行速度を下回る区間延長から、当該拠点ペアにおける道路利用の適切性を評価することが想定される。算定においては、先に示した ETC2.0 プローブ情報を用いる。なお、【(2)-1】、【(2)-2】論文²⁾で用いられる商用車プローブデータや、GMAP (Google Maps Directions API) 予測結果を用いた算定

も可能であるが、有償データであることや、車種の偏りがあること、モード推定がなされていること等から、算定においては留意が必要となる。

r-3 : トリップ長別旅行速度推定曲線の決定係数, r-4 : 階層間乗換指数, r-5 : リンク別 OD 内訳の面積, r-6 : トリップ分布曲線の面積比については、仮想ネットワークを基に算出されたものであり、また閾値が明確でない。これらに加え、r-3, r-4, r-5については3階層の状況のみに対応した指標となっていること等をふまえ、実務への適用は困難であると考えられる。

r-7 : 固有ベクトル中心性の平均因子得点は、ノードを対象とした評価指標であり、また評価指標の算定にあたってはクラスター分析に基づく階層化手法を用いることで主観評価となりやすい課題があるため作業の簡便性を×とした。

r-8 : 階層化度の算定にあたっては、階層利用率曲線の交点($\theta, f(\theta)$)を推定するためのモデルが必要となる。またデータが推計値となることから頑健性を△とした。

r-9 : リンクフロー (OD 分布), r-10 : トリップ長構成比, r-11 : トリップ目的構成比については、3.(1)に示したとおり、地域特性や道路ネットワーク特性の差異による各指標の表れ方を詳細に考察することが可能である。なお、リンクフローとトリップ長構成比の算定については、先に示した ETC2.0 プローブ情報や交通量推計結果が想定される。トリップ目的構成比の算定については、交通量推計結果のみで算定が可能となる。

道路の幾何構造の特性等に関する評価指標については DRM データ (道路種別) や H27 全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表³⁾を用いて算出することが可能であり、データ入手の容易性および継続性は◎となるが、s-3~s-6 は箇所別基本表に記載の代表値を用いることからデータの頑健性は○としている。これら評価指標は閾値も明確である。以下、指標の詳細について示す。

s-1 : 一次・二次ネットワークの接続割合は、【(2)-6】論文⁷⁾においては『利用者がネットワークを理解し利用する容易さ』を表現する指標とされている。ただし、一次・二次ネットワークの定義が不明瞭であるため、作業の簡便性を△とした。代替措置として自動車専用道路が道路階層 C_u 以上 (市街地内で移動機能を有しつつも、沿道出入り機能とのバランスに配慮された道路) の道路でアクセス可能かどうかを見ることで、各エリア全体の自動車専用道路の IC 数のうち C_u 以上の道路でアクセス可能な IC 数を集計する等が想定される。なお、複数あるアクセス道路で異なる階層となっているケースが見込まれることをふまえ、各 IC にアクセスする道路の階層については最高階層・最低階層の道路を整理し、集計することも想定される。なお、指標算定にあたっては DRM データ (基本道路) と後述する道路階層設定の結

果を用いることで算定される。

s2：主要道路網の割合はs1と同様に、【(2)-6】論文⁷⁾中において『利用者がネットワークを理解し利用する容易さ』を表現する指標とされている。指標の算定にあたっては主要道路網を定義する必要があり、DRM データ（基本道路）の道路種別を用いて、高速自動車国道・都市高速道路・一般国道を主要道路とした場合、主要地方道以上とした場合の2パターンで集計する等が想定される。本研究では割合の閾値として【(2)-6】論文⁷⁾に記載のある「25%以下」を採用する。なお、指標算定にあたってはDRM データ（基本道路）を用いる。

s3：幹線道路における自転車用インフラの割合は【(2)-6】論文⁷⁾において『持続可能で環境に優しいモードを受け入れるための条件を反映していること』を表現する指標とされている。指標の算定にあたっては幹線道路を定義する必要があり、DRM データの道路種別等から算定した高速道路^{注1)}を除く国道・主要地方道の延長を幹線道路として定義し、この幹線道路に対する自転車道・自転車レーン設置延長割合を「幹線道路における自転車用インフラの割合」として整理することができる。なお、指標算定にあたってはDRM データ（基本道路）及び平成27年度全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表¹²⁾の「自転車道設置率」及び「自転車レーン設置率」もしくは「両側自転車道設置率」及び「両側自転車レーン設置率」を用いる。

s4：公共交通機関の移動を受け入れる幹線道路の割合は【(2)-6】論文⁷⁾において『持続可能で環境に優しいモードを受け入れるための条件を反映していること』を表現する指標とされている。指標の算定にあたっては、

幹線道路を定義する必要があり、DRM データの道路種別から算定した主要地方道以上の延長を幹線道路として定義し、この幹線道路の延長に対するバス路線延長の割合を「公共交通機関の移動を受け入れる幹線道路の割合」として算定できる。本研究では割合の閾値として【(2)-6】論文⁷⁾に記載のある「50%以上」を採用する。なお、指標算定にあたってはDRM データ（基本道路）及び平成27年度全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表¹²⁾の「バス路線延長率」を用いる。

s5：歩道設置延長割合（中心市街地）は【(2)-6】論文⁷⁾において『持続可能で環境に優しいモードを受け入れるための条件を反映していること』を表現する指標とされており、DRM データの高速道路^{注1)}を除くDID地区の道路延長に対する平成27年度全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表¹²⁾から算定した歩道設置延長の割合を「市街地における歩道延長割合」として算定できる。本研究では割合の閾値として【(2)-6】論文⁷⁾に記載のある「50%以上」を採用する。なお、指標算定にあたってはDRM データ（基本道路）及び平成27年度全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表¹²⁾の「歩道設置率」と「両側歩道設置率」を用いること、DID地区の判定には国土数値情報の人口集中地区データを用いることが想定される。

s6：歩道設置延長割合（市域内）は【(2)-6】論文⁷⁾において『持続可能で環境に優しいモードを受け入れるための条件を反映していること』を表現する指標とされている。本研究では、高速道路^{注1)}を除く道路延長に対する平成27年度全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表¹²⁾から算定した歩道設置延長の割合を「市域内にお

表5 道路ネットワークの利用の適切性を評価する評価指標の検討結果

評価指標 No.	評価指標	評価単位	算定に必要なデータ項目	データ入手の容易性	データ入手の継続性	データの頑健性	作業の簡便性	閾値	
道路利用のトリップ特性に関する指標	r-1-1	道路種別(階層)別利用率	リンク	ETC2.0プローブ情報 様式1-2 (再マッチング)	◎	◎	◎ △※1 (要再マッチング)	なし	
	r-1-2		リンク	交通量推計結果(リンクフローデータ)	△ (複数データ)	○ (民間)	△ (推計値)	○	
	r-2	時間帯別旅行速度	リンク	ETC2.0プローブ情報 様式1-2 (再マッチング)	◎	◎	◎	△※1 (要再マッチング)	
	r-9-1	リンクフロー(OD分布)	リンク	ETC2.0プローブ情報 様式1-2 (再マッチング)	◎	◎	◎	△※1 (要再マッチング)	
	r-9-2		リンク	交通量推計結果	△ (複数データ)	○ (民間)	△ (推計値)	○	
	r-10-1	トリップ長構成比	リンク	ETC2.0プローブ情報 様式1-2 (再マッチング)	◎	◎	◎	△※1 (要再マッチング)	
	r-10-2		リンク	交通量推計結果	△ (複数データ)	○ (民間)	△ (推計値)	○	
	r-11	トリップ目的構成比	リンク	交通量推計結果	△ (複数データ)	○ (民間)	△ (推計値)	○	
	道路幾何構造に関する指標	s-1	一次・二次ネットワークの接続割合	エリア	【高速自動車国道のICに接続する道路の階層】 ・DRMデータ(道路種別・管理者) ・道路階層設定	◎	◎	◎	△※2 (ネットワーク定義)
		s-2	主要道路網の割合	エリア	【道路延長】 ・DRMデータ(道路種別)	◎	◎	◎	◎
s-3		幹線道路における自転車用インフラの割合	エリア	【道路延長・自転車インフラ整備状況】 ・DRMデータ(道路種別・管理者) ・H27全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表 ・自転車道設置率・自転車レーン設置率	◎	◎	○ (代表値)	◎	
s-4		公共交通機関の移動を受け入れる幹線道路の割合	エリア	【道路延長・公共交通(バス)運行状況】 ・DRMデータ(道路種別) ・H27全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表 ・バス路線延長率	◎	◎	○ (代表値)	◎	
s-5		歩道設置延長割合(中心市街地)	エリア	【道路延長】 ・DRMデータ(道路種別・管理者)・国土数値情報 ・H27全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表 ・歩道設置率	◎	◎	○ (代表値)	◎	
s-6		歩道設置延長割合(市域内)	エリア	【道路延長】 ・DRMデータ(道路種別・管理者) ・H27全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表 ・歩道設置率	◎	◎	○ (代表値)	◎	

※1: 様式1-2(ドットデータ)を用いて、新たにトリップの再定義を行うとともに最新のDRMデータへの再マップマッチング処理が必要となる
 ※2: 一次・二次ネットワーク(primary and secondary network)の定義が不明瞭であり、作業者が決定する必要がある

ける歩道延長割合」として算定することができ、本研究では閾値として【(2)-6】論文⁷⁾に記載のある「20%以上」を採用する。なお、指標算定にあたっては DRM データ（基本道路）及び平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表¹²⁾の「歩道設置率」と「両側歩道設置率」を用いる。

(6) 評価指標のまとめ

以上までの検討結果をもとに本研究では表-5 に示す評価指標を抽出した。なお、ここで抽出した評価指標の一部は事業評価等でも活用されているが、次章では、各都市を対象とし、道路の階層化別に一部の評価指標を算出することで都市間で比較している。そのため、従来の事業評価では整備対象となるリンクのみ（もしくはその周辺リンクのみ）のマイクロなエリアに着目し評価されるが、本研究では都市全体のマクロなエリアを道路階層別に評価している点が、従来の評価方法とは異なるアプローチであると考えている。

4. 評価指標の試算

本研究では、人口 10~50 万人規模の 2 都市（A 市・B 市）を対象に、2 つの手法を活用することで、前章で抽出した評価指標を試算した。1 つは ETC2.0 プローブ情報、もう 1 つは交通量推計による評価指標の試算である。

ETC2.0 プローブ情報は、大規模な走行履歴データから実際の走行状況を把握することが可能であり、現状（あるいは過去）の道路における走行状況を把握することが可能である。一方、実際の走行車両からのデータ取得が基本であり、現状（あるいは過去）の走行状況は把握できるものの、将来の走行状況は把握できないため、道路整備前の事前評価といった予測を伴う分析への適用は難しいと考えられる。交通量の事前予測を行う場合は、交通量推計が用いられることが多く、この予測結果をもとに費用便益分析などの事前予測が行われている。本研究では、ETC2.0 プローブ情報による評価指標の検討に加え、交通量推計による評価指標も算出し、両データ・手法の違いによる影響も確認した。なお、本研究では、小原ら¹³⁾により指摘されている ETC2.0 プローブ情報に関するマップマッチング処理での課題を踏まえ、様式 1-2 を用いた再マップマッチング処理を行い、基本道路区間以外も対象とし、評価指標を算出した。

(1) 前提条件の設定

a) 拠点階層

本研究では、幹線道路（高速自動車国道・一般国道・主要地方道・都道府県道）を対象とした道路階層評価を

行うため、ガイドライン(案)¹⁴⁾に記載されている高次都市拠点（UUF）及び生活拠点（LUF）レベルの拠点階層を対象とした。

b) 拠点および拠点ペア

各都市に位置する様々な種類の拠点施設を包含するため、表-6 に示す 6 種類の拠点を対象とした。設定した拠点から総当たりを基本とした拠点ペアを表-7 に示すように設定するが、第三次医療施設～観光資源および商業施設は、取得可能なサンプルが少ないと想定されるため、拠点ペア設定から除外した上で試算を行った。

c) 拠点領域

各拠点の領域は、図-2 に示すように 3 次メッシュ(1km 四方)を基本単位とし、拠点の中心座標から半径 1km のバッファ円にかかる 3 次メッシュ集合を拠点領域として設定した。ただし、拠点が密なエリアでは、各拠点で対象とする 3 次メッシュの重複が想定される。そのため、重複する場合は、拠点同士を 1 つの同一グループとし、同一グループ内で最大の敷地面積施設を代表拠点とした上で、拠点領域を設定した。

d) 拠点間の代表経路

道路ネットワーク利用の適切性評価のための代表経路は様々な設定方法が想定されるが、本研究では、1 つの拠点ペアに対して 1 つの代表経路を設定した。

まず、図-3 に示すように、ETC2.0 プローブ情報では拠点領域内を発着とする車両のリンクフローを算出し、最

表-6 対象施設の種類・設定の詳細

拠点階層	施設種類	対象施設種類の設定詳細
UUF	空港	空港整備法に基づく第一種～第三種空港・共用飛行場等（R4.4 時点供用）
UUF	港湾	港湾法に基づく港湾の種類（国際戦略港湾・国際拠点港湾・重要港湾・地方港湾等）のうち重要港湾以上
UUF	医療	各都道府県の第三次医療施設
UUF	行政	各都道府県の県庁所在地の本庁
UUF	観光	観光資源台帳の A 級以上施設
LUF	商業	大規模小売店舗立地法の届け出店舗

表-7 試算対象とする拠点ペアの組合せ

	空	港	湾	第三次医療施設	都道府県庁	観光資源	商業施設
空							
港		○					
湾			○				
第三次医療施設				○			
都道府県庁					○		
観光資源						○	
商業施設							○

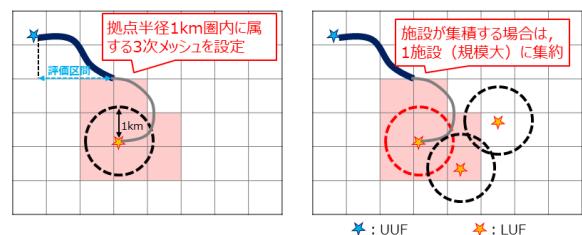


図-2 拠点領域の設定方法

も利用率の高い経路を拠点間の代表経路として設定した。なお、代表経路の設定区間は拠点領域間を基本とするため、拠点領域内部には代表経路は設定しないものとした。次に、交通量推計では、最終分割速度の最短経路を各拠点間の代表経路として設定した。なお、交通量推計については、拠点領域を設けずに、拠点間を設定区間とした。

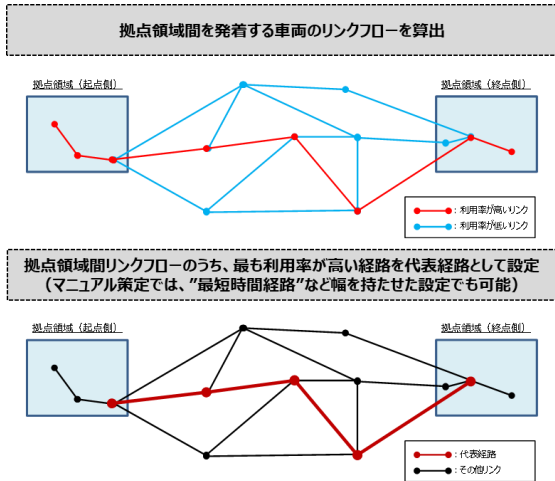


図-3 ETC2.0プローブ情報による代表経路の設定方法

e) リンク階層

本研究では【(2)-1】論文²⁾を参考に、DRMをベースに機能階層区分(A~Dランクの4段階)を設定した。基本的には、DRMに対応する交通調査基本区間情報と沿線状況から機能階層区分を設定するが、交通調査基本区間が存在しない場合は、DRMのリンク種別コードからの判定により機能階層区分を設定した(図-4)。

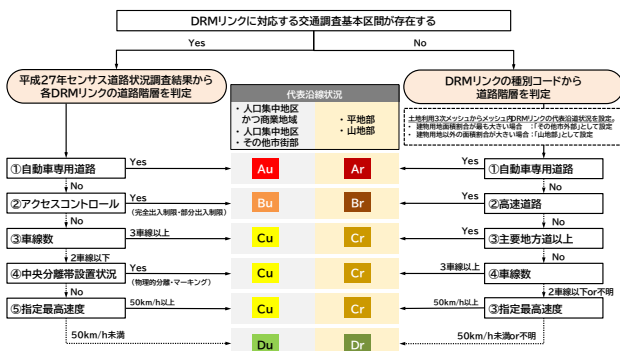


図-4 リンク階層設定フロー

(2) 試算結果

ここでは、ETC2.0プローブ情報を用い、各都市の道路の使われ方(階層化)を評価できる指標として階層別利用率とトリップ長構成比、道路幾何構造に関する指標として歩道設置延長割合について試算結果を示す。

a) 階層別利用率 (r-1)

階層別利用率の試算結果を図-5に示す。

まず、データ・評価手法の違いに着目すると、A市で

見ると、交通量推計に比べ ETC2.0 プローブ情報の方が、Cランクの割合が10ポイント程度高くなっていることが分かる。これは、交通量推計では、信号交差点での停止による速度低下等を反映できていないため、実際の経路選択と比較して階層ランクの高いリンクが選択されやすくなっていることが要因として挙げられる。次に、B市で見ると、AおよびBランクの比率が異なっていることが確認できる。このB市でのBランクに該当する道路では、休日を中心に渋滞が発生する路線であり、休日におけるB市内からの移動時にはBランクに該当する道路が経路として選択されにくい路線・区間と考えられる。一方、交通量推計では、平日の日平均状況を想定しており、当該路線・区間が実績よりも選択されやすくなっていると想定されるため、これらの違いが階層別利用割合の違いとして反映されたと考えられる。

次に、都市間で比較する。A・Bランクの割合を見ると、A市の約3.1%に対し、B市では約33.7%となっており、B市の方が高階層ランクの道路利用割合が高くなっていることが分かる。これは、A市に比べB市の方が、都市面積が広く拠点位置も分散しているため、対象拠点ペアの延長も相対的に長くなり、経路として高速道路が選択されやすいことが要因として挙げられる。D (Dr + Du) ランクの割合を見ると、両都市とも10~20%程度となっていることから、アクセスコントロールされていない直轄国道以下での利用状況に都市間での大きな差異はないと考えられる。

		0%	20%	40%	60%	80%	100%	
ETC2.0 プローブ	A市	31.5%		56.9%			7.4%	
	B市	6.3%	19.2%	10.8%	2.5%	43.6%	13.8%	
交通量推計	A市	3.1%		45.1%			30.0%	21.8%
	B市	5.5%	24.9%	25.9%	22.7%	4.0%	13.7%	

凡例: Ar Au Br Bu Cr Cu Dr Du

図-5 階層別利用率の試算結果

b) トリップ長構成比 (r-10)

トリップ長構成比の試算結果を図-6に示す。

まず、データ・評価手法の違いに着目すると、A・BランクのA市で見ると「200km～」で最も割合が高くなっていることは両データで共通していることが分かる。一方、分布形については両データで異なっており、ETC2.0プローブ情報では「~80km」での割合が高くなっているが、交通量推計では「~10km」と「~170km」でそれぞれ割合が高くなっている等の違いが見られる。ただし、Cランクでは、概ね分布形も同じとなっており、両データに明確な違いは確認できない。

次に、都市間で比較する。A・Bランクでは、A市に

比べ B 市の「200km～」の割合が非常に高くなっており、同じランクでも特に足の長い交通を担っている都市であることが推察される。これは、B 市が日本の東西移動を担う A ランクの道路を有していることや、A 市は港湾施設を有しているのに対して B 市内に起終点となる港湾施設がないこと等、物流の通過都市としての特性が反映さ

れた結果であると推察される。C ランクを見ると、A 市では 10km 未満の割合が約 45%であるのに対し、B 市では約 25%となっており、短距離トリップの割合が B 市で低くなっている。これは、各都市の人口密度の違い (A 市 > B 市) が関係していると考えられ、相対的に人口集積度の低い B 市の方が、生活交通を担う階層道路 (C) での移動距離が長くなっているためと考えられる。

c) 歩道設置延長割合 (s-5・s-6)

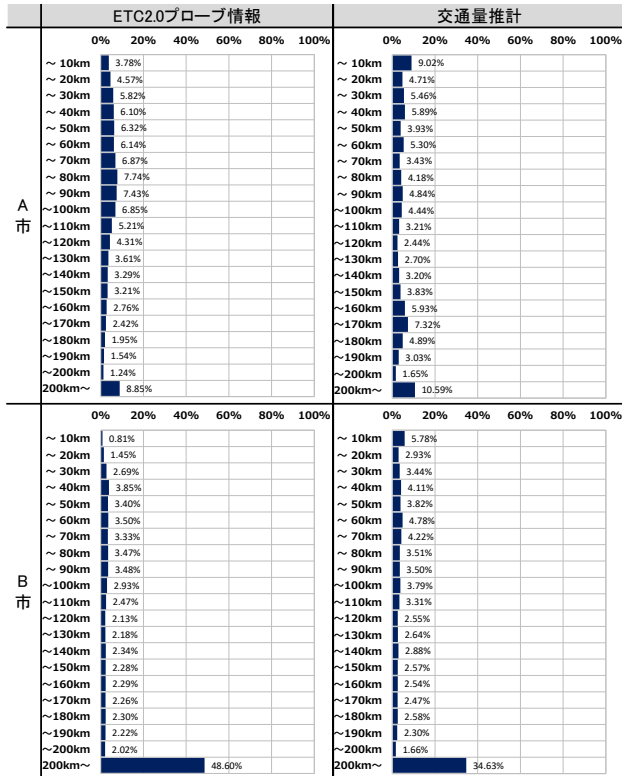
平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表¹²⁾を用いて、道路の幾何構造指標である歩道設置延長割合 (DID 地区内・市域内) を算出した。結果は、表-8 に示す通りであるが、いずれも B 市に比べ A 市の方が歩道設置延長の割合が 5~7%高くなっている。

本指標を道路階層化の評価指標として直接活用するためには、相対的な都市間比較に加え、閾値設定による絶対比較も検討していく必要があると考えられるが、他指標と組み合わせることで、道路階層化の都市評価が可能と考えられる。例えば、図-5 で示した階層別利用率では、D (Dr + Du) ランクの割合が両都市で同程度であったが、歩道設置延長割合を加味して考察すると、A 市の方が整備延長割合が高くなっており、歩行者目線で評価した場合、より安全に移動が可能な都市と評価することができ

表-8 歩道設置延長割合

		道路延長[km] (高速道路除く)	歩道設置延長[km]	歩道設置延長 割合[%]
中心 市街地	A市	366.7	89.5	24.4
	B市	274.2	47.7	17.4
市域内	A市	629.9	154.8	24.6
	B市	714.6	141.6	19.8

トリップ長構成比 (A・Bランク)



トリップ長構成比 (Cランク)

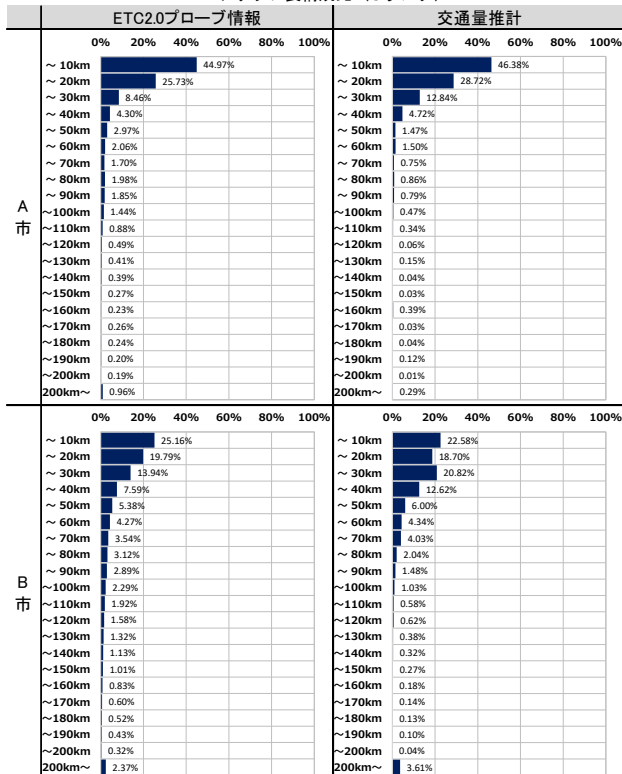


図-6 トリップ長構成比の計算結果

(3) 考察

本研究では、道路ネットワーク利用の適切性評価に関連する国内外の文献・事例等の情報を収集・整理し、各文献・事例で検討されている評価指標を整理した。また、整理した評価指標を対象とし、人口 10~50 万人規模の地方都市 2 都市 (A 市・B 市) での現況値の試算を行った。試算した評価指標を各論点で整理することで、以下の知見が得られた。

- ETC2.0 プローブ情報による実績値と、交通量推計による推計値の比較から、階層ランクの低いリンクでの速度低下状況・信号交差点での停止状況の想定有無、休日を中心とした渋滞区間の想定有無の違いが、両手法での階層別利用割合へ反映されることが確認できた。
- 交通量推計から算出される評価指標 (階層別利用率・トリップ長構成比) では、特に階層ランクの高いリンクでのトリップ長構成比や階層別利用率に都市特性の違いが反映されることが確認できた。また、階層ランクの低いリンクでの階層別利用率については、本研究で対象とした 2 都市間での明確な差異は確認できな

ったが、他指標（例えば、全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表より算出した歩道延長割合）と組み合わせることで、都市評価へ活用できる可能性があることも本研究の検討結果から示唆される。

5. まとめ

本研究での検討結果を踏まえ、今後、道路ネットワーク利用の適切性を評価する上での課題を下記に整理する。

本研究では、主に直轄国道や主要地方道以上を評価対象に見据えた前提条件（UUF および LUF を対象とした拠点・拠点ペア等）を設定し評価を行ったが、より階層レベルの低い道路（市町村道・生活道路等）を評価対象とする場合、それらを適切に評価可能な前提条件の見直し（SMF・CMF 等のより階層レベルの低い拠点設定）が必要と考えられる。そのため主に評価対象とする道路の階層レベルに応じた前提条件（拠点階層、拠点および拠点ペア、拠点領域等）の設定方法および評価指標の試算を通じて汎用的に活用していくための検討が必要である。

既往研究では、仮想的なネットワークや拠点を設定し評価指標の検討が行われていたが、実規模の道路ネットワークデータや、ETC2.0 プローブ情報等の実際の走行データを活用し評価指標を算出した場合、使用データや手法に応じて評価指標も変わることが確認できた。そのため、既往研究で検討された評価指標を、実務的にどのようなデータ・手法で算出していくか、あるいはどのような視点で評価するかを検討も今後必要である。

評価指標の閾値に関しても、レビュー対象とした文献・既往研究で得られた評価指標では、閾値の設定は大多数で存在しなかった。実務においては「適切な道路ネットワーク利用とは具体的にどのような状況であるのか」といった議論や上述の実規模データで算出した評価指標等を活用して、各評価指標における基準値となる閾値を検討することが必要と考えられる。一方、共通認識となり得る汎用的な「適切な道路ネットワークの利用状況」の想定が困難であることも予見されるため、閾値ではなく、開通前後の比較や他事業での比較などの相対的な評価の在り方についても検討することが重要と考えられる。

今後は複数の評価指標の組合せた道路ネットワークの利用の適切性を評価する手法の構築や、評価対象地域の特性等に応じた各評価指標の重み付け等を変化させることを検討している。

NOTES

注1) 本研究では、高速自動車国道及び NEXCO3 社が管理する国道とする。

REFERENCES

- 1) 一般社団法人交通工学研究会：平成 27-29 年度基幹型研究課題 機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案), <http://www.jste.or.jp/Activity/h27-29.pdf>, (2023年2月20日参照)。
- 2) 加藤哲, 柴田優作, 矢澤修一, 川淵友寛, 草野孝佳, 中村悟：新潟都市圏を対象とした道路ネットワークの性能照査の実務への適用, 土木計画学研究発表会・講演集, vol.62, 2020.
- 3) 稲本雄一, 関原敏裕, 柿元祐史, 中村英樹：Google Maps API を用いた拠点間旅行速度による道路の交通サービス性能の都市別評価, 土木計画学研究発表会・講演集, vol.62, 2020.
- 4) 関原敏裕, 柿元祐史, 中村英樹, 井料美帆：道路利用特性指標と道路ネットワークの機能階層性の関連分析, 土木計画学研究発表会・講演集, vol.62, 2020.
- 5) 安藤 宏恵, 倉内 文孝：固有ベクトル中心性指標による道路ネットワークの機能的・空間的特性分析, 土木学会論文集 D3, Vol. 76, No. 4, pp.364-376, 2020.
- 6) 関原敏裕, 柿元祐史, 中村英樹, 井料美帆：道路ネットワークの機能階層の利用に必要な道路・交通運用条件, 土木学会論文集 D3, Vol.38, I-1453-I-1463, 2021.
- 7) Stefanos Tsigdinos a, Yannis Paraskevopoulos a, Efthymia Kourmpa: Exploratory evaluation of road network hierarchy in small-sized cities: Evidence from 20 Greek cities, *Transportation Research Procedia* 60 (2022), pp.480-487.
- 8) 関原敏裕, 柿元祐史, 中村英樹, 井料美帆, 張馨：道路利用特性指標を用いた道路ネットワークの階層化度の提案, 第 42 回交通工学研究発表会論文集, pp. 455-462, 2022.
- 9) 神戸信人, 内海泰輔, 鳥海梓, 喜多秀行：階層型道路ネットワーク計画の立案における拠点階層と目標旅行時間の設定法, 土木計画学研究発表会・講演集, vol.62, 2020.
- 10) 鈴木忠英, 安達弘展, 中村英樹, 柿元祐史, 小川明人, 福田佳典, 横井孝幸：連絡レベルに着目した拠点階層の設定と道路ネットワーク設定, 土木計画学研究発表会・講演集, vol.62, 2020.
- 11) 関原敏裕, 柿元祐史, 中村英樹, 井料美帆, ZHANG Xin：機能階層型道路ネットワーク計画における拠点位置の設定方法に関する検討, 土木計画学研究発表会・講演集, vol.64, 2021.
- 12) 国土交通省：平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査・箇所別基本表, <https://www.mlit.go.jp/road/census/h27/>, (2023年2月20日参照)。
- 13) 小原弘志, 寺口敏生, 関谷浩孝：ETC2.0 プローブデータの利便性向上に向けた取組み, 土木技術資料, Vol.64, No.1, pp.42-45, 2022.

(Received ??? ??, 2023)

RESEARCH ON THE PERFORMANCE INDICATOR OF
EVALUATING THE APPROPRIATENESS OF ROAD NETWORK USE

Eri AOYAMA, Naoyuki KAWAMOTO, Kengo SHIGETA, Koji MATSUMOTO
Hirokazu MATSUMOTO and Shintaro KATAYAMA