道路ネットワークの機能的階層化度推定手法の簡略化

関原　敏裕[1]・中村　英樹[2]

[1]正会員　パシフィックコンサルタンツ株式会社
（〒101-8642 東京都千代田区神田錦町三丁目22番地）
E-mail: toshihiro.sekihara@os.pacific.co.jp (Corresponding Author)

[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（同上）
E-mail: nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

複数の拠点間の組合せで面的に構成されている現実の道路ネットワークがどの程度機能階層的に利用し得るかを評価することは，機能階層型道路ネットワークの計画立案に向けて，実務上重要な課題である．本研究では，筆者らがこれまで提案している道路ネットワークの機能的利用の階層化の程度を表現する指標である「階層化度」の推定モデルについて，実務でより簡便に適用できるよう，算定上の課題となる3つの手順に関する簡略化の方法を検討した．具体には，ゾーニングを市町村単位とすること，2.拠点施設を国土数値情報で収集可能な施設のみとすること，3.拠点施設の分散集中判定では考慮しないことにより簡略化を図った．その結果，これらの簡略化の有無による階層化度への影響は，道路ネットワークの階層構成の変化による階層化度への影響に比べて小さいことが確認された．これより，この簡略化の方法を用いて全国各地の現状の階層化度や，階層化度の向上に資する上位階層の整備条件を簡便に把握することが可能となった．

Key Words: *functional hierarchical road network, degree of hierarchy*

1. はじめに

(1) 研究の背景

わが国の道路ネットワークは，道路延長等の量的指標でみるとその基本的な姿が整いつつあるが，依然として重要拠点間の移動に時間を要することや生活道路への通過交通の流入等の問題がある．これらの問題を受け，機能階層型道路ネットワークの必要性が提唱[1)2)3)]されてきており，新たな広域道路ネットワークに関する検討会中間とりまとめ[4)]や国土幹線道路部会[5)]においても，広域道路ネットワークを検討するうえで階層の概念が重要視されているなど，機能階層型道路ネットワークの必要性はさらに高まりつつある．

階層型道路ネットワークの実現に向けては，複数の拠点間の組合せで面的に構成されている現状の道路ネットワークがどの程度機能階層的に利用し得るかを評価することが課題であった．著者ら[6)]は，これまでに道路ネットワークの機能階層性を表現する指標を開発し，これを用いて実際の道路ネットワークを階層の観点から評価する手法を提案している．

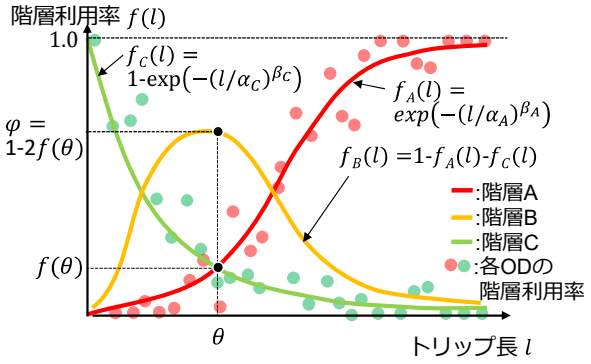
(2) 本研究の目的

本稿では，著者ら[6)]がこれまでに提案している道路ネットワークの機能的利用の階層化の程度を表現する指標である「階層化度」の推定手法について，実務でより簡便に利用できるよう，その簡略化の方法について検討することを目的とする．

2. 階層化度の推定モデルと実務的課題

(1) 階層化度

著者ら[7)]は，国道事務所の所管程度の検討規模で，上位(階層A；完全出入制限の高速道路など)，中位(階層B；部分出入制限の地域高規格道路や国道バイパスなど)，下位(階層C；その他幹線道路)の3つの道路ネットワークを対象に，道路ネットワークが機能階層的に使い分けられているかを把握する手法として，**図-1**に示すトリップ長に応じた階層利用率曲線の交点$(\theta,\ f(\theta))$を用いることを提案している．ODのトリップ長に対する各階層の利



$f_A(l), f_C(l)$は，Weibull分布曲線により推定

図-1　トリップ長に応じた階層利用率曲線

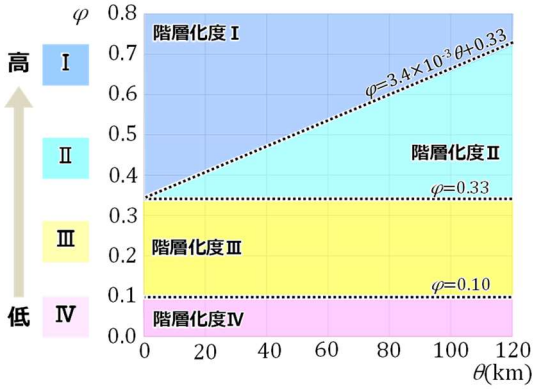


図-2　(θ,φ)による階層化度の分類

用延長の比率を階層利用率と定義し，階層利用率曲線は，対象ネットワークにある各ODの階層毎の利用率をトリップ長に関連付けて推定したものである．なかでも，**図-1**に示すような，各階層の利用率が最大となるトリップ長がそれぞれ存在する状態($f(\theta)<0.33$)を，機能階層的に利用されている状態と仮定している．

また著者ら[6]は，この階層利用率曲線の交点$(\theta,\ f(\theta))$より得られる$(\theta,\ \varphi)$を基に，階層利用の差別化の程度をI～IV段階に評価する指標である「階層化度」を提案している．**図-2**に階層化度の分類を示す．階層化度はIVから順に数字が小さくなるほど階層化度が高くなる，すなわち各階層の利用がより差別化されていることを示す．特に，階層化度II以上を道路ネットワークとして機能階層性がある状態と分類している．

(2)　階層化度の推定モデル

さらに著者ら[6]は，階層化度の評価手法を**図-1**に示す階層利用率曲線を描くことなく利用できるようにするため，階層化度の評価区分の基礎となる$\theta,\ f(\theta)$の推定モデルを構築している．**表-1**に推定モデルを示す．$\theta,\ f(\theta)$それぞれを被説明変数，道路ネットワーク条件や地域都市構造に係る指標を説明変数としたモデルとなっている．

(3)　階層化の算定に向けた課題

図-3に，著者ら[6]が構築した推定モデルの入力値の算出手順を示す．道路ネットワーク条件に関する入力値は道路交通センサスや道路地図を用いて比較的簡便に算定可能であるが，地域都市構造に関する入力値d_hについては、入力値算定に至るまでの手順が長くなっている．入力値d_hの算定手順のうち，以下のa)～c)に示す3項目については，設定方法等の検討が必要であり，その作業にも手間を要する．

a)　ゾーンの設定(手順L-1)

検討地域の規模に応じて適切にゾーニングすることとしているが，その設定方法に明確なルールがない．

b)　拠点施設の選定(手順L-2)

表-1　階層化度の推定モデル

分類	変数	係数	
		θ	$f(\theta)$
道路ネットワーク条件	階層A道路延長率 RL_A(%)	-2.74×10^{-3} (-2.55)	4.57×10^{-3} (2.62)
	階層B道路延長率 RL_B(%)	—	-6.12×10^{-3} (-6.44)
	階層A自由速度 V_A(km/h)	-1.82×10^{-3} (-7.75)	—
	階層B自由速度 V_B(km/h)	-4.36×10^{-4} (-2.58)	
	階層C自由速度 V_C(km/h)	2.16×10^{-3} (6.44)	—
	階層AB間自由速度差 ΔV_{AB} (km/h)		5.14×10^{-4} (2.36)
	階層BC間自由速度差 ΔV_{BC} (km/h)		-2.36×10^{-3} (-10.63)
	階層IC間隔 sj_A(km)	—	-1.43×10^{-3} (-2.69)
地域都市構造	発生集中点～階層Aの距離の加重平均値の逆数 $1/d_A$(1/km)	-1.29×10^{-0} (-14.30)	6.16×10^{-1} (4.55)
	発生集中点～階層Bの距離の加重平均値の逆数 $1/d_B$(1/km)	-1.66×10^{-1} (-4.93)	-3.49×10^{-1} (-5.56)
	発生集中点～階層Aの距離の標準偏差 s_A(km)	—	1.02×10^{-2} (5.57)
	発生集中点～階層Bの距離の標準偏差 s_B(km)		
定数項		5.78×10^{-1} (21.50)	3.98×10^{-1} (15.40)
調整済み決定係数 R^2		0.713	0.752
モデル推定利用ケース数		194	194

( )内の数字はt値を示す
— t値が低く選定されなかった変数
共線性を回避するため落とした変数
各階層の自由速度で対応するため，落とした変数

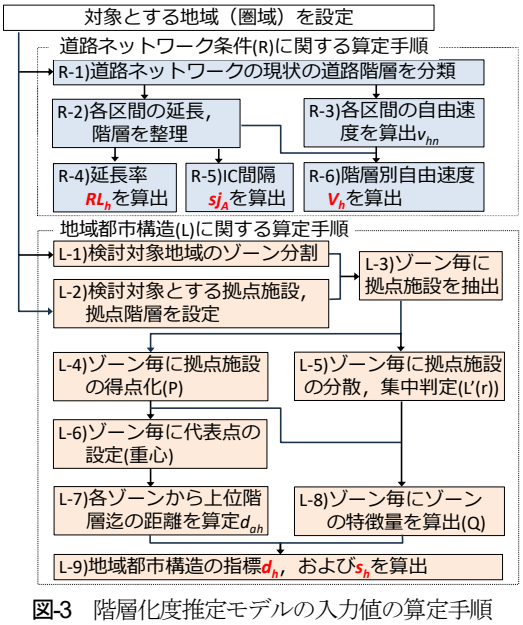


図-3　階層化度推定モデルの入力値の算定手順

表-2　算定手順 3 項目の既往研究の設定と簡略化方法

算定手順	既往研究	簡略化
ゾーンの設定(L-1)	市域相当の大きさを定め，ゾーンを分割	現行の市町村境界
拠点施設の選定(L-2)	ガイドラインに記載のある拠点施設に加え，地域メッシュ統計を用いて，工業，商業の重要拠点を設定	ガイドラインに記載のある拠点施設で，国土数値情報より入手可能な施設を対象
施設の分布状況(L-5)	ゾーン内の施設の分散・集中状況を考慮	考慮しない

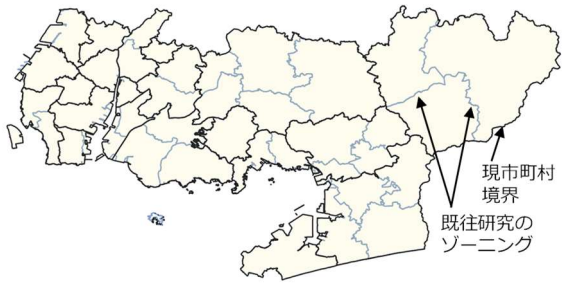


図-4　既往研究のゾーニングと現市町村境界の相違

検討地域の地域特性を踏まえて，拠点施設を設定することとしているが，同様に明確な決めが無い．

c)　拠点施設の分散・集中の判定(手順 L-5)

a)で設定したゾーンの代表点を用いて評価する際，ゾーン内に立地している施設の分布状況に応じてゾーンの評価値を補正しているが，その計算が複雑であり，また計算に用いる拠点施設からの半径の設定に明確な基準がない．

3.　階層化度推定手法の簡略化

(1)　階層化度推定手法の簡略化に向けた検討案

2.(3)で挙げた3項目について，指標算定を簡略化する方法を整理する．**表-2**に，算定手順の3項目に対する既往研究の設定方法と，簡略化の方法を示す．

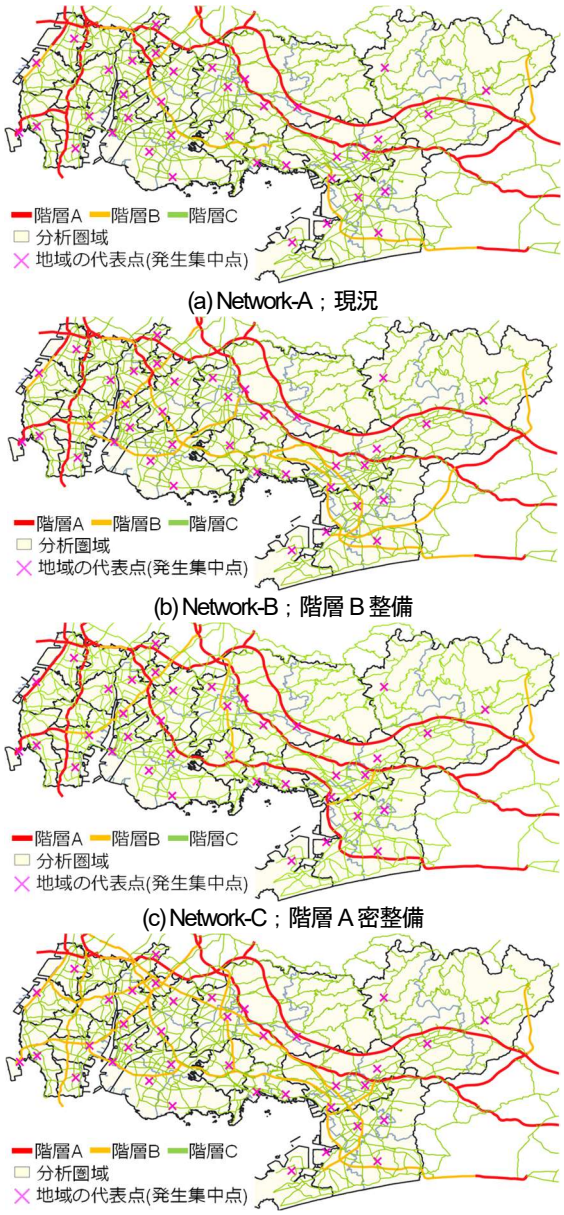
ゾーンの設定(L-1)については，現在の市町村境界を用いて算定することを考える．**図-4**に，著者ら[6]のゾーニングと現市町村境界の違いを示す．著者ら[6]は極力ゾーン同士の大きさを合わせるため，市町間距離の平均値を用いて現市町村を更に細かく分割しているが，この設定に手間を要するため，現市町村の境界で算定するケースを検討する(case Z-1)．

拠点施設の選定(L-2)については，国土数値情報で収集可能な施設のみを用いて算定することを考える．**表-3**に，著者ら[8]が設定した拠点施設と，本研究での検討ケースを示す．著者ら[8]は，地域特性を反映するため，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[3]（以降，ガイドライン）に示されている拠点施設に加え，工業や商業等の重要拠点の設定を試みている．具体には，

表-3　著者ら[8]が用いた拠点施設の種類と本検討ケース

拠点施設の種類	拠点階層				検討ケース		
	MUF	UUF	LUF	SMF	C-1	C-2	C-3
市役所等*	国の機関	県庁，政令市	市役所，区役所	支所	●	●	●
物流基盤*	拠点空港 国際戦略港湾	地方管理空港 重要港湾 鉄道貨物駅	その他空港 地方港湾	その他	●	●	—
鉄道駅*	のぞみ停車駅	ひかり停車駅	快速停車駅	その他駅	●	●	—
学校施設*	—	国公立大学	その他大学 高等学校	中学校	●	—	—
医療施設*	—	3 次医療施設	2 次医療施設	その他施設	●	—	—
工業*	2 次産業従業員数を用いて表現				—	—	—
商業*	3 次産業従業員数を用いて表現				—	—	—

*：国土数値情報，**：地域メッシュ統計データ



(a) Network-A；現況

(b) Network-B；階層 B 整備

(c) Network-C；階層 A 密整備

(d) Network-D；階層 B を密整備

図-5　検討対象の道路ネットワーク

地域メッシュデータ統計で公表されている従業員情報や地域の上位計画を基に設定したものであるが，その設定

プロセスには多くの判断が必要である．このため，既存のデータで簡便に設定できる方法にとどめるものである．国土数値情報で得られる拠点施設のうち，ガイドラインで判断可能な，市役所，交通・物流拠点，医療施設，学校の4指標を用いる．この指標の選定数により，**表-3**に示す3つのケースを検討する(case C-1, C-2, C-3)に示す．

拠点施設の分散・集中判定(L-5)については，拠点施設の評価値を補正する位置づけであることから，計算の煩雑さを考慮し，この手順を省略するケースを検討する(case L-1)．

各ケースの設定を用いて推定した階層化度(θ, φ)が，既往研究(baseとする)をベースとしたときにどの程度影響があるかを確認する．そのため，階層化度(θ, φ)の推定にあたっては，既往研究に対し各ケースで設定した手順のみをそれぞれ変化させる．計算に用いる道路ネットワークは，**図-5**に示す愛知東部の現況に加え，道路階層構成を変えた全4種類とし，ネットワークの違いによる影響も確認するものとする．

(2) 検討結果

図-6に，各ケースの推定値(θ, φ)を示す．ゾーンを現市町村に変更したcase Z-1については，Network-Cを除きbaseとの乖離が少なく，階層化度がほぼ同様となる傾向は概ね確認できると考えられる．**表-4**に各Networkのゾーンの代表点から階層A, B迄の距離を示す．Network-Cは階層Aを充実させたケースであり，階層A迄の距離が他のネットワークに比べて近くなっている．モデルに用いる指標は距離の逆数であるため，ゾーンの分割の有無による距離の差は大きく変わらなくとも，その影響が比較的大きく出たものと考えられる．

選定する拠点施設を変えたcase C-1～C-3については，ゾーニングの変化に比べて階層化度への影響は小さいことがわかる．ただし，市役所のみを拠点施設として選定したcase C-3については，case C-1, C-2と比べてbaseからやや離れている．case Cに挙げている拠点施設はいずれも国土数値情報から得られるデータであり，case C-1～C-3を整理する労力に大きな差が無いことから，簡便に整理するとしても極力多くの種類の拠点施設を反映したcase C-1が良いと考えられる．

ゾーン内の拠点施設の分散集中を考慮しないcase L-1については，いずれのネットワークでもbaseに対して大きなずれが生じていないため，階層化度に対する感度が小さいと考えられる．

モデル入力値の簡略化による階層化度(θ, φ)への影響については，分析したいずれのケースにおいても，道路ネットワークの階層構成の違いによる影響に比べて小さいことが確認された．

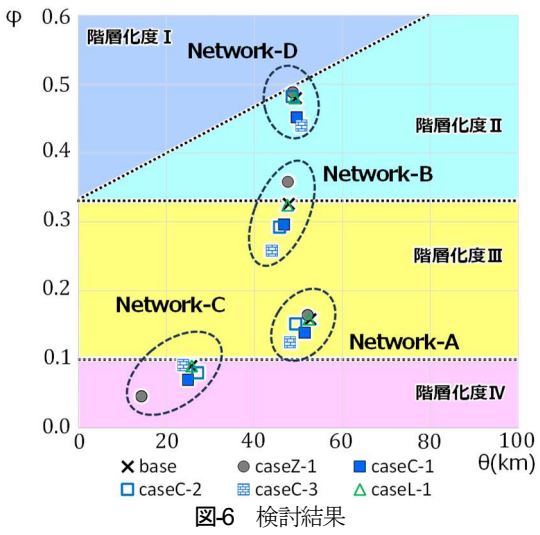


図-6 検討結果

表-4 NetworkA～Dの階層A,B迄の距離(base,caseZ-1)

Network	階層A迄の距離(km)		階層B迄の距離(km)	
	base	caseZ-1	base	caseZ-1
A	8.1	8.1	6.3	5.6
B	7.9	8.3	3.6	3.1
C	4.5	3.8	6.7	6.5
D	10.1	10.1	2.8	2.6

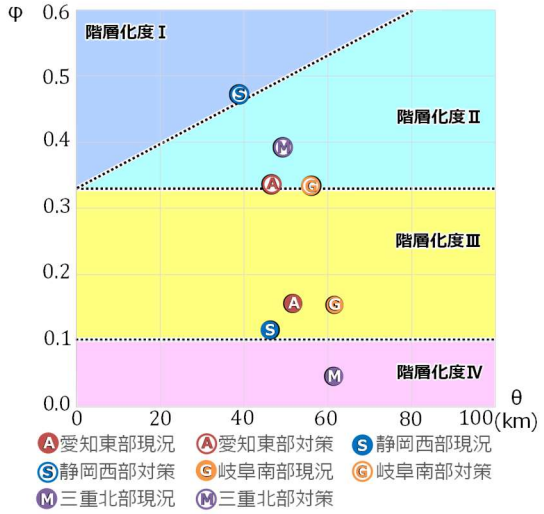


図-7 東海4圏域の階層化度(θ, φ)の算定結果

4. ケーススタディ

東海地方の4つの圏域を対象に，地域都市構造に関する指標の算出方法を簡略化し，階層化度(θ, φ)の算出を試みる．3.の検討結果を踏まえ，簡略化の方法として，以下の3点を反映する．

ゾーンの設定；現市町村単位(case Z-1)

拠点施設の選定；国土数値情報で収集可能な施設のみを用いて算定(case C-1)

拠点の分散，集中判定；考慮しない(case L-1)

各圏域の道路ネットワークは，現況ケース，および上位階層の計画を変更した対策ケースの2種類とし，それぞれについて上記の簡略化の方法を採用し，階層化度を

算定する．上位階層の計画を変更したケースは，ある程度の階層化度の上昇を見据えて設定しており，その傾向が出ているかを確認する．愛知東部については，第3章で示したNetwork-A, Bである．その他の道路ネットワークについては巻末資料参照.

図-7に，各圏域の階層化度の算定結果(θ, φ)を示す．各圏域ともに，現況に対し，上位階層の計画を変更したケースの階層化度が向上していることが確認できる．階層化度の算定にあたり，地域都市構造の指標の計算過程を簡略化しても，階層化度の傾向把握が可能であることが確認された.

5. まとめと今後の課題

本研究では，著者らがこれまでに提案した階層化度の推定手法のうち，ゾーンの設定や拠点施設の選定，拠点施設の分散，集中判定について，簡略化して算定する方法を提案した．これより実務において任意の道路ネットワークの階層化度をより簡便に算定することが可能となった．今後，本研究で提案した推定手法を基に，全国各地の現状の階層化度や，階層化度を向上させるために必要な上位階層の整備条件について分析する予定である.

参考文献

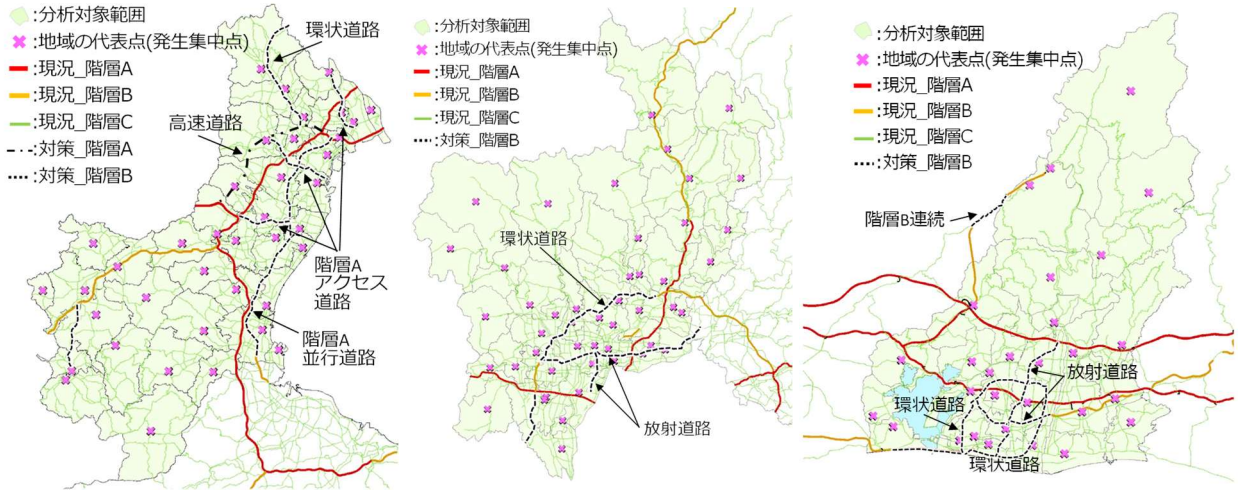
1) 中村英樹・大口敬・森田綽之・桑原雅夫・尾崎晴男：機能に対応した道路幾何構造設計のための道路階層区分の試案，土木計画学・講演集，No.31，4ページ，CD-ROM, 2005.
2) 下川澄雄・内海泰輔・中村英樹・大口敬：階層型道路ネットワークへの再編に向けて，土木計画学研究・講演集，4ページ，Vol.39, CD-ROM, 2009.
3) 一般社団法人交通工学研究会：機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案)，平成27~29年度 基幹型研究課題, https://www.jste.or.jp/Activity/h27-29.pdf, 2018.9.
4) 国土交通省：新たな広域道路ネットワークに関する検討会 https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road_network/, 2020.5.
5) 国土交通省：第56回国土幹線道路部会 https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s204_kokudokannsenn.html, 2023.7.
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的利用に必要な道路・交通運用条件，土木学会論文集D3(土木計画学)，Vol.76, No.5, pp. I_1453-I_1463, 2021.
7) 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機能階層性の評価手法，交通工学論文集，Vol.9, No.2, pp. A_69-A_78, 2023.2.
8) 関原敏裕・柿元祐史・中村英樹・井料美帆・張馨：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・講演集 No.64, 6ページ，CD-ROM, 2021.12.

(Received ? ?, ?)
(Accepted ? ?, ?)

A SIMPLIFIED METHOD FOR ESTIMATING THE DEGREE OF FUNCTIONAL HIERARCHY OF ROAD NETWORKS

Toshihiro SEKIHARA and Hideki NAKAMURA

(附録資料)



三重北部　　岐阜南部　　静岡西部

附録図-1　ケーススタディの対象道路ネットワーク