



道路政策の質の向上に資する技術研究開発
成果報告レポート
No. 31-5

研究テーマ

地域・都市構造に応じた機能階層型道路ネット
ワーク計画・評価手法についての技術研究開発

研究代表者：	名古屋大学大学院	教授	中村	英樹
共同研究者：	名古屋大学大学院	准教授	井料	美帆
	名古屋大学大学院	助教	柿元	祐史
	日本大学理工学部	教授	下川	澄雄
	日本大学理工学部	助教	吉岡	慶祐
研究協力者：	名古屋大学大学院	研究員	関原	敏裕

令和4年5月

新道路技術会議

目次

研究概要（様式3）	1
第1章 研究の概要	3
1.1 研究背景と目的	3
1.2 研究内容	3
第2章 道路ネットワークの機能階層性	5
2.1 機能階層型道路ネットワークの定義	5
2.2 道路ネットワークの機能階層性の仮定	5
2.3 本研究の適用条件	6
第3章 道路ネットワーク条件・地域都市構造の定量化	9
3.1 道路ネットワーク条件・地域都市構造の定量化に向けた前提条件	9
3.2 道路ネットワーク条件を表現するための指標の設定方法	9
3.3 地域都市構造を表現するための指標の設定方法	10
3.4 実圏域における道路ネットワークと地域都市構造の定量化	14
3.5 まとめ	15
第4章 機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性の検討	17
4.1 機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性の仮説	17
4.2 道路ネットワークの機能階層性を表現する道路利用特性指標	20
4.3 仮想道路ネットワークによる道路利用特性指標の感度分析	22
4.4 まとめ	26
第5章 道路利用特性を用いた道路ネットワークの機能階層性の評価方法	27
5.1 道路ネットワークの機能階層性の客観的評価	27
5.2 道路ネットワークの機能階層性の主観的評価	30
5.3 まとめ	34
第6章 階層化度を用いた道路ネットワークの評価	36
6.1 道路利用特性指標のモデル化	36
6.2 実道路ネットワークにおける道路利用特性指標のモデル検証	37
6.3 機能階層型道路ネットワーク計画の立案手法	40
6.4 階層化度を用いた道路ネットワークの評価	41
6.5 まとめ	43
第7章 総括	44
7.1 本研究のまとめ	44
7.2 今後の課題	45
付録	46

「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成31年度採択)
研究概要

番号	研究課題名	研究代表者
31-5	地域・都市構造に応じた機能階層型道路ネットワーク計画・評価手法についての技術研究開発	名古屋大学 大学院 教授 中村 英樹

地域における道路ネットワークの機能階層性の程度(階層化度)を評価するため、道路ネットワークの機能階層性を表現する道路利用特性や、その評価に必要となる道路ネットワーク条件や地域都市構造を検討し、これらを用いた階層化度の評価方法を提案する研究開発。

1. 研究の背景・目的

わが国の道路ネットワークは概成しつつあるが、その一方で、道路利用により提供される平均旅行速度は高速自動車国道とその他に大きく二分されており、中間となる旅行速度を提供する道路がほとんど存在しない。これにより重要拠点間連絡に長時間を要する等の問題を抱えており、これらの問題を解決する方法として、機能階層型道路ネットワークの考え方が重要である。しかし、地域における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手法がないため、実務においてもこの観点から目標を設定し、対策を講じることが困難である。

本研究では、機能階層型道路ネットワークが有する性質を評価する指標となる階層化度を提案する。そして、階層化度を用いて機能階層型道路ネットワーク計画を立案する手法を提案する。

2. 研究内容

- (1)道路ネットワークの機能階層性の仮定
- (2)道路ネットワーク条件・地域都市構造の定量化
- (3)機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性の検討
- (4)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方法
- (5)階層化度を用いた道路ネットワークの評価

3. 研究成果

(1)道路ネットワークの階層化度は、道路利用特性で表現することが可能であり、この道路利用特性を媒介として道路ネットワーク条件や地域都市構造によって変化するものであると仮定した。

(2)機能階層性を評価する際に用いる道路ネットワーク条件に関する指標を設定するため、道路階層の分類方法や自由速度の設定方法を提示し、自由速度等の階層別の指標を提案した。また、地域都市構造に関する指標を設定するため、分析対象地域をゾーニングし、そのゾーンに複数存在する拠点施設に関する特徴量やゾーンの代表点の設定方法を定め、これらの代表点から上位階層の道路までの距離に関する指標を提案した。

(3)道路ネットワークの機能階層性を表現する道路利用特性として、旅行速度や道路利用の差別化に関する指標を抽出し、道路ネットワーク条件や地域都市構造の観点から感度分析を行い、トリップ長に応じた階層利用率曲線の交点($\theta, f(\theta)$)(図-1)を代表的な指標として選定した。

(4)階層利用率曲線の重ね図から想定される道路ネットワーク特性に基づき、階層利用率曲線の交点より定めた客観的指標(θ, φ)を用いて道路ネットワークの階層化度を評価する方法(図-2)を提案した。機能階層型道路ネットワークの検討に携わる専門家を対象に、道路ネットワークの機能階層性に関する一対比較

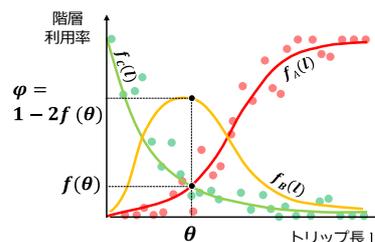


図-1 階層利用率曲線の重ね図と交点

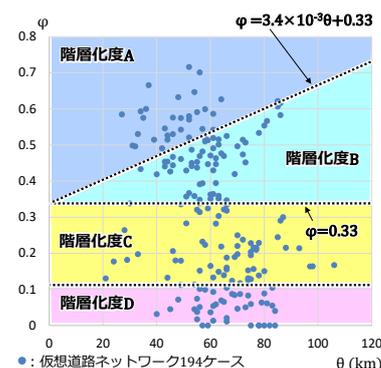


図-2 階層化度の区分

表-1 重回帰分析結果

分類	変数	係数θ	係数f(θ)	
道路ネットワーク条件	道路延長率	階層A RL_A [%]	$-2.74 \times 10^{-3**}$	$4.57 \times 10^{-3**}$
		階層B RL_B [%]	-	$-6.12 \times 10^{-3**}$
	自由速度	階層A V_A [km/h]	$-1.82 \times 10^{-3**}$	-
		階層B V_B [km/h]	$-4.36 \times 10^{-4**}$	-
		階層C V_C [km/h]	$2.16 \times 10^{-3**}$	-
		階層AB間 ΔV_{AB} [km/h]	-	$5.14 \times 10^{-4*}$
自由速度差	階層BC間 ΔV_{BC} [km/h]	-	$-2.36 \times 10^{-3**}$	
	階層IC間隔 s_{JA} [km]	-	$-1.43 \times 10^{-3**}$	
地域都市構造	発生集中心～階層hの距離の加重平均値の逆数	階層A $1/d_{A1}$ [1/km]	$-1.29 \times 10^{-0**}$	$6.16 \times 10^{-1**}$
		階層B $1/d_{B1}$ [1/km]	$-1.66 \times 10^{-1**}$	$-3.49 \times 10^{-1**}$
	発生集中心～階層hの距離の標準偏差	階層A s_A [km]	-	$1.02 \times 10^{-2**}$
		階層B s_B [km]	-	-
定数項		$5.78 \times 10^{-1**}$	$3.98 \times 10^{-1**}$	
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		

*p値 < 0.05, **p値 < 0.01
 □は値が低く選定されなかった変数
 ⊗は共線性を回避するため落とした変数
 ⊗は各階層の自由速度で対応するため落とした変数

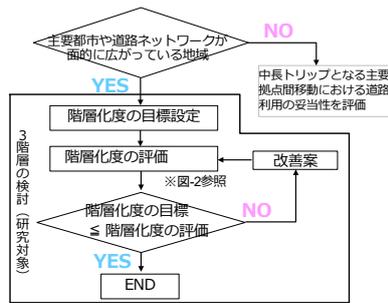


図-3 機能階層型道路ネットワーク計画の検討フロー

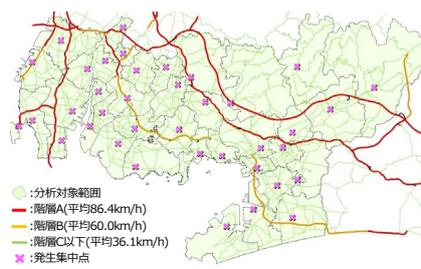


図-4 愛知東部現状 case1-1

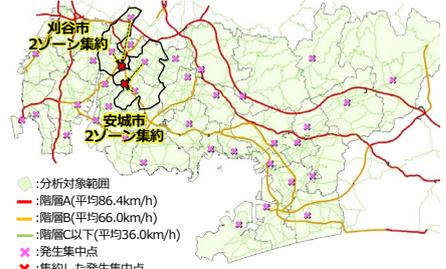


図-5 愛知東部改善案 case1-3

アンケートを実施したところ、得られた主観的評価の序列と、客観的指標による評価の序列が、階層化度の評価区分レベルで一致することが確認された。

(5)階層化度の評価手法を実務者が経路探索を行うことなく簡便に利用できるようにするため、道路利用特性指標の推定モデルを構築(表-1)し、機能階層型道路ネットワーク計画を立案する手法を提案した(図-3)。これに基づき東海4圏域における現状、および改善案実施時における階層化度を評価(図-4,5,6)した。

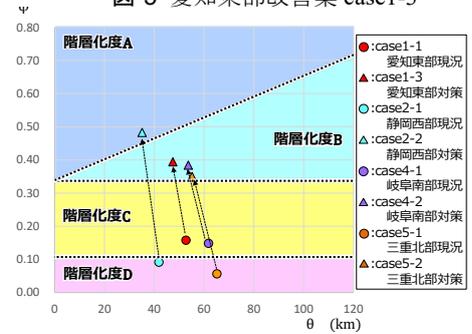


図-6 4圏域の階層化度の変化

4. 主な発表論文

- 1) 柿元祐史, 中村英樹, 石山良太: 道路ネットワークの機能階層化のための必要条件に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.60, 7ページ, CD-ROM, 2019.11.
- 2) 下川澄雄: つかう時代の幹線道路ネットワークの機能強化, IATSS Review(国際交通安全学会誌), Vol.44, No.3, pp.34-42, 2020.2.
- 3) 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・講演集, Vol.62, 9ページ, CD-ROM, 2020.12.
- 4) 柿元祐史, 中村英樹: 道路ネットワークの機能階層化のための道路の性能目標の設定手法に関する研究, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.76, No.5(土木計画学研究・論文集第38巻), pp. I_1235-1_1243, 2021.4.
- 5) 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(土木計画学研究・論文集第38巻), pp. I_1453-1_1463, 2021.4.
- 6) 齊藤浅里・下川澄雄・吉岡慶祐・花房比佐友: 地方部の県を形成する都市間連絡のための目標旅行時間に関する研究, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.76, No.5, pp.I_1287-I_1295, 2021.4.
- 7) 柿元祐史, 関原敏裕, 中村英樹, 井料美帆, 張馨: 一対比較アンケート調査に基づく道路ネットワークの機能階層性評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.64, 7ページ, CD-ROM, 2021.12.
- 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, Vol.64, 6ページ, CD-ROM, 2021.12.
- 9) 富永真弘, 柿元祐史, 中村英樹, 関原敏裕: 道路ネットワークの機能階層性と道路条件との関連分析, 第42回交通工学研究発表会, 7ページ。(投稿済, 発表予定2022.8.)
- 10) 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, 8ページ。(投稿済, 発表予定2022.8.)

5. 今後の展望

- ・本研究成果により、任意の地域において、道路ネットワーク条件、および地域都市構造を整理することで現状道路ネットワークの階層化度を照査できるとともに、地域の将来像を踏まえた施策実施時における階層化度の評価することが可能となった。
- ・今後の課題として、道路ネットワークの連続性を表現する説明変数の検討や、拠点施設の種類に応じたゾーンの特徴量の設定方法の検討、都市内街路ネットワークを対象とした階層化度の評価手法の検討(沿道出入機能の考慮や、自動車以外の利用主体の考慮が必要)などが挙げられる。

6. 道路政策の質の向上への寄与

- ・本研究では、計画当初より実務への適用を念頭においており、提案した階層化度の評価手法を、実務者が入手可能な情報に基づき簡便に利用できるようにしている。
- ・この評価手法により、道路ネットワークを機能階層性の観点から政策判断することが可能となる。

7. ホームページ等

なし

第1章 研究の概要

1.1 研究背景と目的

わが国の道路ネットワークは、道路延長や道路密度等の量的指標で見ると近年かなり充実し、その基本的な姿が整いつつある。その一方で、道路利用により提供される平均旅行速度は高速自動車国道とその他に大きく二分されており、中間となる旅行速度を提供する道路がほとんど存在しない状況である。その結果、インターチェンジアクセスや重要拠点間連絡に長時間を要するとともに、生活道路への通過交通の流入による安全性の問題が生じている。これらの問題を解決する方法として、各道路の移動(トラフィック)～沿道出入(アクセス)・滞留といった交通機能の差別化を図り、道路ネットワークの機能再編を図る、機能階層型道路ネットワーク²⁾の考え方が重要である。

しかし、現状においては、地域における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手法がないため、実務においてもこの観点から目標を設定し、対策を講じることが困難である。

そこで本研究では、地域における道路ネットワークに対して、それがどの程度機能階層的に利用し得るかを評価する指標である「階層化度」を開発し、これを用いて機能階層型道路ネットワーク計画を立案する手法を提案することを目的とする。

平成26年7月に公表された国土のグランドデザイン2050³⁾では、人口減少社会において、将来の国土・地域を安全安心、持続可能で国際競争力を持った魅力的なものとしていくために「コンパクト+ネットワーク」の基本方針が打ち出されているが、この考え方は今後の道路ネットワーク計画においても重要な視座に立ったものであると考えられる。そこで、本研究においては、機能階層型道路ネットワークの特性はもとより、地域における様々な拠点施設の配置特性も考慮することで、これらの施策評価に対応するものとなるよう留意する。

1.2 研究内容

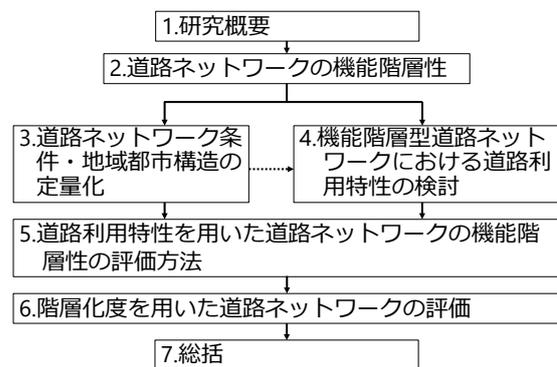


図-1.1 本研究の構成

道路ネットワークの階層化度を評価するために、その仮説を設ける必要がある。そこでまず、既往研究に基づいて道路ネットワークが機能階層的に利用されている性質を表す機能階層性と道路の利用特性、道路の利用特性と道路ネットワーク条件、並びに拠点配置特性等を表す地域都市構造との関係を整理し、道路ネットワーク条件や地域都市構造から階層化度が導出されることを仮定する。次に、道路ネットワークの機能階層性を表現しようと考えられる道路の利用特性に関する指標を検討し、これらの指標には道路ネットワーク条件や地域都市構造による感度があることを確認する。そして、道路の利用特性に関する指標を用いた階層化度の評価方法を検討する。これより、機能階層型道路ネットワーク計画を立案する手法を提案する。

以上を踏まえ、本報告書は図-1.1のように構成されている。第2章では、道路ネットワークの機能階層性を定義し、その表現方法を仮定する。第3章では、評価に必要な道路ネットワーク条件や地域都市構造を表現する指標を検討する。第4章では、道路ネットワークの機能階層性を表現する道路利用特性指標について検討し、道路ネットワーク条件や地域都市構造による感度を分析する。第5章では、これらの道路利用特性指標を用いて、道路ネットワークの機能階層性の評価方法を検討する。さらに第6章では、任意の圏域において道路ネットワークの階層性を評価

するため、道路利用特性指標の推定モデルを構築する。そして、機能階層型道路ネットワーク計画の立案手法を提案し、実圏域を対象とした道路ネットワークの階層性の評価を行う。最後に、**第7章**で本研究を総括する。

第1章の参考文献

- 1) 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交通性能照査手法の意義と課題, 土木計画学研究・講演集, Vol.45, CD-ROM, 2012.6.
- 2) 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, <http://www.jste.or.jp/Activity/act1.html>, 2018.9.
- 3) 国土交通省: 国土のグランドデザイン2050~対流促進型国土の形成~, <https://www.mlit.go.jp/common/001047113.pdf>, 2014.7 (2021.8.1閲覧)

第2章 道路ネットワークの機能階層性

2.1 機能階層型道路ネットワークの定義

わが国の道路ネットワークは、道路構造令¹⁾に基づく全国統一規格による整備方針により、高度経済成長を経て早期展開が図られた結果、その基本的な姿が整いつつある。しかしながら、**図-2.1**に示すように、混雑時の平均旅行速度は高速自動車国道とそれ以外の道路に大きく二分²⁾されており、この間の旅行速度を提供する道路がほとんど存在しない。これは、従来の道路計画・設計の考え方が、「断面において交通を通すこと」に主眼を置いていたが故に、高い速度で移動する機能が重視されるべき道路であっても、沿道立地に伴い信号交差点や沿道出入り交通が存在するようになり、道路構造や交通運用の差別化が図りにくくなったことに起因している。さらに、そのような道路の速度低下により、生活道路への通過交通の流入による安全性の問題も生じている。

これらの問題を解決する方法として、機能階層型道路ネットワーク³⁾の考え方がある。機能階層型道路ネットワーク³⁾とは、トレード・オフの関係にある移動機能と沿道出入機能の優先の程度に応じて、各道路を道路構造と交通運用などによって差別化することである。このようにすることによって、**図-2.2**に示すように、沿道出入機能が重視され短距離トリップを担う生活道路、移動機能が重視され長距離トリップを担う高速道路、そしてこれらの中で比較的移動機能を重視する地域高規格道路や、移動機能と沿道出入機能の双方を考慮した幹線道路というように、各階層の道路が機能に応じて利用されることになり、全体として効果的で安全性の高いネットワーク運用が実現する。本研究では、道路ネットワークがこのような性質を持つことを、道路ネットワークの機能階層性と定義する。

2.2 道路ネットワークの機能階層性の仮定

機能階層型道路ネットワークの概念は、都市交通計画分野でも歩行環境や生活環境の観点から広く認識されている。道路計画分野においても、いわゆる Buchanan Report (1963)⁴⁾の頃から広く認識されるよ

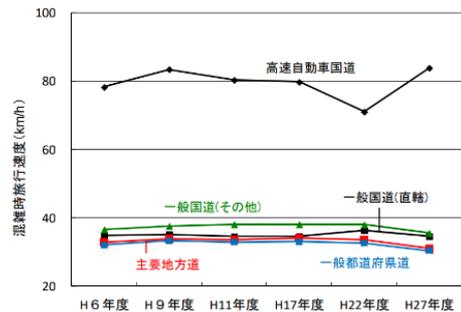


図-2.1 混雑時旅行速度の道路種別比較²⁾

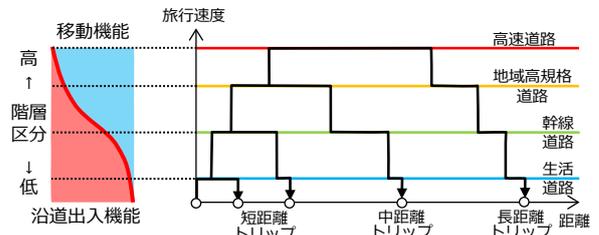


図-2.2 道路の機能階層的利用の概念

表-2.1 「道路構造令と解説と運用」¹⁾で提示されている道路の分類

道路の分類	自動車の交通機能		
	通行	アクセス	滞留
自動車専用道路 (高規格幹線道路など)	◎	×	×
自動車の通行機能を重視する道路 (地域高規格道路など)	◎	△	△
多機能道路 (都市内の幹線道路など)	○	○	○
歩行者等の交通機能を重視する道路 (歩車共存道路、コミュニティ道路など)	△	○	○
歩行者専用道路 自転車専用道路	×	×	×

凡例 ◎：機能を重視する，機能を優先する
○：機能がある △：機能が小さい，機能が制限される
×：機能を有しない

うになり、ドイツやアメリカにおいて数多くの研究や実務展開が行われ、道路階層ごとに旅行速度や Level of serviceなどの性能目標を設定した道路計画

手法^{5),6)}が確立されてきた。わが国においても、道路構造令の解説と運用¹⁾にあるように、道路によって担うべき機能を検討し、その機能が確保されるように道路構造などを計画することが望ましいとされており、表-2.1に示すような機能に応じた道路の分類が示されている。また、現状の道路ネットワークを機能階層型に再編する必要性が提唱されてきており⁷⁾、交通工学研究会⁹⁾による研究成果報告書においては、図-2.2に示すような道路の機能に応じたネットワークの階層化の意義や分類すべき階層の考え方がまとめられている。しかし、これまでの研究においては、任意の拠点間移動に対して目標旅行時間を設定し、拠点間の移動機能の性能を評価しており^{10),11)}など、道路ネットワーク全体の機能階層性を評価している研究事例はほとんど見受けられない。

道路ネットワークの機能階層性の研究事例として、桑原ら¹²⁾は、交通需要を考慮しない格子状の街路ネットワークにおいて、各階層の道路間隔や速度の違いがネットワークの平均旅行時間や旅行距離に与える影響を理論的に検討し、街路ネットワークの配置のあり方を考察している。後藤ら¹³⁾は、簡易な格子状道路ネットワークにおいて、階層数、道路間隔を所与とし、道路階層間の交差形式と下位階層の自由速度の変更が階層別の旅行速度や通過交通の下位階層利用、トリップ長別の旅行時間などの交通性能に及ぼす影響について分析している。また、朝倉ら¹⁴⁾は、道路網における階層利用に着目し、ODの移動距離に応じて利用すべき道路階層を定め、移動距離帯別にその階層を利用したODの割合を用いて算出した指標により、道路ネットワークを評価している。

これらの既往研究では、道路ネットワークの機能階層性を表現する指標として、旅行速度や道路利用などの道路の利用特性(以降、道路利用特性)に着目しているが、これは道路利用特性が道路ネットワーク条件から強く影響を受けるからにほかならない。

道路ネットワークにおける道路利用特性は、道路延長や自由速度等の道路ネットワーク条件だけでなく、様々な拠点配置特性を持つ地域や都市の構造(以降、地域都市構造)によっても大きく影響を受けると考えられる。例えば、拠点といっても学校、病院、工場など様々な種類の拠点施設があり、県庁や市役所等の役場のように同じ種類でも階層が異なる拠点施設がある。このように、拠点の種類や機能が異なれば、その拠点間を往来する際に利用する道路も異なる。また、土地利用特性として拠点施設が広く分散する場合や、特定の箇所に集中する場合もある。拠点施設が広く分散する場合には、高速道路などの利便性もその施設の位置により大きく異なる。このように、地域都市構造が、道路利用特性に大きく影響することは容易に想像できる。

以上を踏まえ、道路ネットワークの機能階層性は、道路利用特性で表現できると仮定する。そしてその道路利用特性は、道路ネットワーク条件や地域都市構造により影響を受けるものであると仮定する。そ

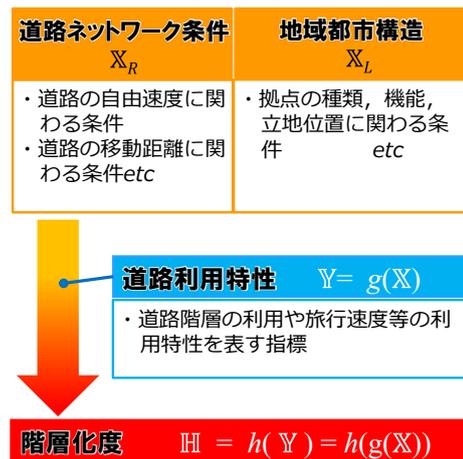


図-2.3 道路ネットワークの機能階層性表現の仮定

ここで、本研究では道路ネットワークの機能階層性を表す程度を階層化度 H で表すと、これは、図-2.3に示すように道路利用特性を媒介とし、道路ネットワークや地域都市構造により表現されるものと仮定する。

2.3 本研究の適用条件

(1) 対象とする道路と階層数

道路ネットワークが概成しつつあるわが国では、今後の道路整備において単に整備量に着目するのではなく、拠点間移動における目標旅行時間の達成や、道路が持つ機能に応じた利用の差別化などの道路ネットワークが発揮する性能に着目することが求められる。

本研究では、幹線道路以上の道路を対象とする。これは、図-2.1に示すように、平均旅行速度が高速道路とそれ以外の道路で概ね二分されている現状を踏まえ、高速道路以外の道路においても交通機能を段階的に分担する必要があると考えられるからである。

次に、道路が持つ機能に応じた利用の差別化を検討する際に必要な道路階層数について整理する。ある圏域の道路が、幹線道路のみの1階層で構成されている場合には、図-2.4a)に示すように、短距離、中距離、長距離トリップがいずれも移動機能と沿道出入機能を併せ持つ幹線道路を利用することとなる。このため、中距離、長距離トリップについては一般に速度の高くない生活交通等で構成される短距離トリップの影響を受けるため、低速走行が強いられる。幹線道路と高速道路の2階層で構成される場合には、図-2.4b)に示すように、幹線道路を利用する中距離のトリップは低速走行が強いられ、長距離トリップは一般的にアクセス・イグレス距離が長くなることによって高速道路のインターチェンジまでの所要時間が長くなるなどの問題が生じていると考えられる。幹線道路と高速道路に加えて、これらの間に地域高規格道路などを有する3階層で道路ネットワークが構成される場合には、図-2.4c)に示すようにトリップに応じた道路利用の差別化が図られることで中・長

距離トリップの旅行速度が上昇し、ネットワーク全体としても旅行速度の向上が期待される。

ただし、例外として、地形的制約などにより主要都市が線上に分布し道路ネットワークが面的に広がっていない圏域では、必ずしも3階層が必要でない場合があると考えられる。例えば、地方の沿岸部や山間部においては、都市規模が小さく、地形条件から道路ネットワークも限られており、このような圏域に高速道路が整備されている場合には、高速道路が中位階層の道路の役割も担うことができるため、中位階層の必要性は高くはないものと考えられる。本研究では、このような圏域については対象外とする。

以上より、本研究で対象とする道路ネットワークの階層数は上位(階層A)、中位(階層B)、下位(階層C)の3つとする。ここで、階層Aは、完全にアクセスコントロールされた4車線以上の道路であり、高速道路などの自動車専用道路である。階層Bは、出入制限を確保しつつも、必要に応じて限定的に信号交差点を認める道路であり、地域高規格道路や一般国道のバイパスなどが該当する。階層Cは、移動機能と沿道出入機能を併せ持つ幹線道路であり、一般国道や主要地方道などをイメージしている。そして、本研究では特に階層Bの意義に着目し、これを組み込んだ機能階層性を評価する方法を検討する。

(2) 対象とする道路ネットワークとその規模

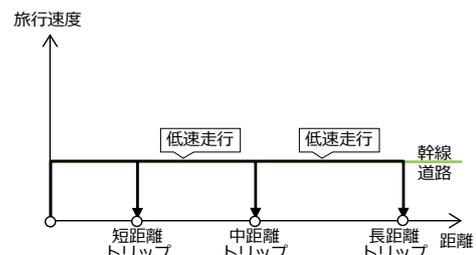
本研究では、道路ネットワークの検討規模を、地方生活圏¹⁵⁾や都市雇用圏¹⁶⁾等を参考とし、国道事務所の所管範囲程度の圏域とする。また、実務で扱う道路ネットワークは道路交通センサス¹⁷⁾調査対象路線程度とする。

(3) 対象とする交通状況

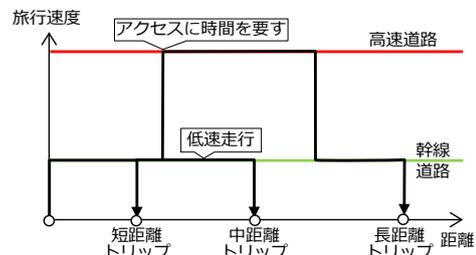
本研究では、道路の潜在性能¹⁸⁾の発揮時における道路ネットワークの評価を行うものとし、交通需要に伴う旅行速度の低下を考慮しない。これは、ピーク時の交通性能に関する議論以前の問題として、道路ネットワークの性能が発揮される道路ネットワークの構成や道路構造そのもののあり方を評価するためである。

第2章の参考文献

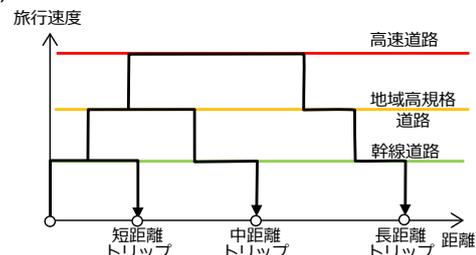
- 1) 公益社団法人 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，丸善出版，2021.3.
- 2) 下川澄雄，内海泰輔，野中康弘，中村英樹，大口敬：道路の階層区分を考慮した交通性能照査手法の意義と課題，土木計画学研究・講演集，Vol.45，CD-ROM，2012.6.
- 3) 一般社団法人 交通工学研究会：機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案)，平成27~29年度 基幹型研究課題，<http://www.jste.or.jp/Activity/act1.html>，2018.9.



a) 道路ネットワークが1階層のみ構成される場合



b) 道路ネットワークが2階層で構成される場合



c) 道路ネットワークが3階層で構成される場合

図-2.4 トリップ長に応じた利用階層のイメージ

- 4) Steering Group and Working Group appointed by the Minister of Transport; TRAFFIC IN TOWNS -A study of the long-term problems of traffic in urban areas- (Buchanan report), 1963.
- 5) American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO): A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, CD-ROM, 2011.
- 6) Forschungsgesellschaft für Straßen -und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für integrierte Netzgestaltung RIN, 2008.
- 7) 中村英樹，大口敬，森田紳之，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，土木計画学研究発表会・講演集，Vol.31，2005.6.
- 8) 下川澄雄，内海泰輔，中村英樹，大口敬：道路の階層区分を考慮した交通性能照査手法の提案，土木計画学研究・講演集，Vol.43，CD-ROM，2011.5.
- 9) 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，<http://www.jste.or.jp/Activity/act1.html>，2015.8.
- 10) 大久保証文，坂田知己，西山祐司，湯浅貴大：新規道路整備における性能照査型道路計画の適用事例，土木計画学研究・講演集，Vol.62，CD-ROM，2020.11.
- 11) 加藤哲，柴田優作，矢澤修一，川渕友寛，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・講演集, Vol.62, CD-ROM, 2020.11.
- 12) 桑原雅夫, 若公雅敏, 王銳:街路の階層的配置によるネットワーク設計に関する一考察, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.67, No.3, pp. 230-243, 2011.
- 13) 後藤梓, 中村英樹, 浅野美帆:交差形式を考慮した機能的階層型道路ネットワークの評価, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.68, No.5, pp. I_751-1_764, 2012.12.
- 14) 朝倉康夫, 柏谷増男, 藤原健一郎:道路網の機能的階層性と災害時の時間信頼性との関連, 土木学会論文集, No.583/IV-38,51-60,1998.1.
- 15) 国土交通省:第1回新たな広域道路ネットワークに関する検討会国土計画と都市圏構想の変遷, https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road_network/pdf01/10.pdf, 2020.3.
- 16) 金本良嗣, 徳岡一幸:日本の都市圏設定基準, 応用地域学研究, Vol.7, pp.1-15, 2002.
- 17) 一般社団法人 交通工学研究会:平成27年度全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査DVD-ROM, 2018.3.
- 18) 野中康弘, 泉典宏, 下川澄雄, 大口敬, 中村英樹:道路計画設計における実用的な性能照査実施方法の提案, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, CD-ROM, 2015.6.

第3章 道路ネットワーク条件・地域都市構造の定量化

3.1 道路ネットワーク条件・地域都市構造の定量化に向けての前提条件

本章では、対象とする圏域の道路機能階層性や道路利用特性を評価する際の入力情報として用いる、道路ネットワーク条件や地域都市構造に関する指標の設定方法を検討する。

本研究で提案する階層化度は実務における適用を想定しているため、道路ネットワーク条件や地域都市構造に係る指標については、地域の政策を簡便に表現できるものであることが求められる。また、階層化度は圏域のネットワーク全体を評価することを想定しているため、道路ネットワーク条件や地域都市構造を表現する指標は、圏域単位の代表値で表現することを前提とする。

3.2 道路ネットワーク条件を表現するための指標の設定方法

(1) 道路階層の分類

本節では、機能階層型道路ネットワークを議論する上で前提となる道路階層について述べる。実務において道路ネットワークの機能階層性を評価するには、現況の道路ネットワークの各区間をいずれかの道路階層に分類することが必要となる。道路階層は、道路構造と交通運用により決まるものである。実務において道路ネットワークの各区間の道路構造や交通運用の情報を簡便に収集できるものとして道路交通センサス¹⁾の箇所別基本表がある。本研究では、この情報を用いて道路階層を分類する方法を提案する。

そのためには、道路階層と道路構造や交通運用などの関係を見る必要があるが、機能階層型道路計画のためのガイドライン(案)²⁾(以降、ガイドライン)では、表-3.1に示すとおり、道路階層に応じた目標旅行速度と構造要件が示されている。これを参考に、各階層の目標旅行速度を満足する道路構造や交通運用

表-3.1 道路階層に応じた目標旅行速度と構造要件

道路分類	機能	出入制限	目標旅行速度
A _R	移動機能 高 ⇕ 低	完全制御	80~120km/h
A _U			60~80km/h
B _R	沿道施設からの出入は制限	部分制御	60~80km/h
B _U			50~60km/h
C _R	沿道出入機能 低 ⇕ 高	なし	40~60km/h
C _U			40~50km/h
D _R	なし	なし	30~40km/h
D _U			20~40km/h
E _R	なし	なし	~30km/h
E _U			~20km/h

※R:地方部, U:都市部

を設定する。目標旅行速度の比較対象として、区間の自由速度を用いる。自由速度とは、他の車両の影響を受けず、自身で選択できる速度を示す。本研究では、道路の潜在性能³⁾の発揮時における道路ネットワーク評価を行うため、この自由速度を用いることとする。

本研究で対象とする道路階層は、A, B, Cの3階層としている。また、実務で扱う道路ネットワークは道路交通センサス対象路線程度としている。そのため、ここでは階層A, Bの分類方法を定める。階層A, Bに分類されない区間については階層Cとする。

表-3.1によると、階層Aの出入制限は、完全制御とされていることから、道路交通センサスの調査項目にあるアクセスコントロール区分が完全立体である区間を抽出する。完全立体の場合は信号交差点密度が0箇所/kmであるため、区間の自由速度を指定最高速度で判断する。そして、完全立体である区間のうち、目標旅行速度以上の指定最高速度である区間を階層Aに分類する。

また、表-3.1では階層Bの出入制限を部分制限としているが、信号交差点が少ない場合と部分制限の区別が不明確である。そこで、これらの影響を考慮し

た区間の自由速度の推定に、柿元ら⁴⁾による推定モデルを用いる。このモデルは、区間の自由速度を、信号交差点密度および単路部の自由速度と仮定した指定最高速度から推定している。これより、各階層の目標旅行速度を満足する区間の自由速度が実現される指定最高速度、信号交差点密度がわかる。図-3.1に、柿元らが示した指定最高速度、信号交差点密度と区間の自由速度の関係を示す。これより、都市部において階層Bの目標旅行速度を満足するには、指定最高速度が70km/h、60km/hであれば信号交差点密度が1箇所/km未満、50km/hであれば0箇所/kmであることが必要であることが読み取れる。これらの値を参考に、道路階層Bの区分を定義する。

以上にに基づき、道路交通センサス箇所別基本表の調査項目による階層A、Bの区分案を、表-3.2、表-3.3にそれぞれ示す。なお、アクセスコントロールが完全出入制限以外である区間においては、無信号交差点も存在し、それらも区間の自由速度に影響を与えると想定される。そのため、信号交差点と同程度の無信号交差点を含めた交差点密度を分類条件に加えている。これより、道路交通センサス調査対象路線であれば、その箇所別基本表の情報を用いて現状の道路階層を分類できる。

区分案の妥当性を確認するため、階層A、Bに分類した区間の旅行速度の実態と、ガイドラインに示された目標旅行速度を比較する。旅行速度については、自由速度が不明であるため、昼間非混雑時旅行速度¹⁾で代用する。図-3.2は、道路交通センサス対象路線から表-3.2、表-3.3を用いて分類した各階層の区間の昼間非混雑時旅行速度の分布である。これより、各階層の非混雑時旅行速度の中央値が、ガイドラインに示された目標旅行速度の下限値(図-3.5内の赤点線)を概ね満足する結果が得られている。

(2) 道路ネットワークを表現する指標

道路ネットワークを表現する指標については、ネットワーク全体の代表値であること、各種の道路政策を反映できる指標であること、および実務で容易に設定可能な指標であることが重要である。本研究では、特に階層Bの意義について着目している。階層Bに関する道路関連の政策としては、階層Bの新規整備のほか、目標旅行速度を達成するためのアクセスコントロール(交差点立体化)や、交差点改良等による階層Cから階層Bへのアップグレードが考えられる。これらは、政策実施区間の道路延長と自由速度でそれぞれ表現できる。

各区間の道路延長や各区間の自由速度を用いて、道路ネットワーク全体の代表値を表現する。道路延長については、ネットワークの特徴を捉えられるため、階層別の延長率を用いる。自由速度については、道路階層毎に区間延長による加重平均値を用いる。

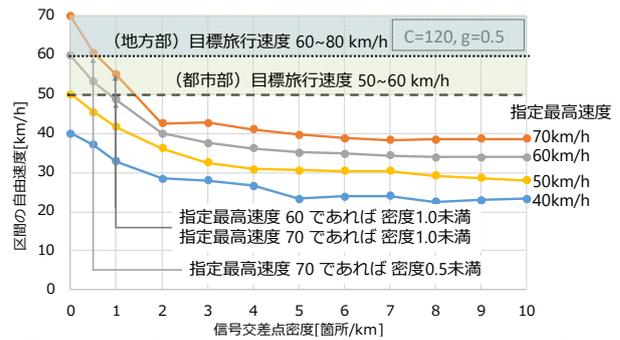


図-3.1 信号交差点密度、指定最高速度と区間の自由速度の関係(文献⁴⁾をもとに作成)

表-3.2 道路交通センサス箇所別基本表の調査項目による階層A、Bの区分(案)地方部

センサス項目	階層A 目標旅行速度 80~120km/h	階層B 目標旅行速度 60~80km/h	
アクセスコントロール	完全出入制限	完全出入制限	完全出入制限以外
信号交差点密度	-	-	0.5箇所/km未満
交差点密度	-	-	1.0箇所/km未満
単路部自由速度 (指定最高速度)	80km/h以上	60km/h以上	70km/h以上

表-3.3 道路交通センサス箇所別基本表の調査項目による階層A、Bの分類(案)都市部

センサス項目	階層A 目標旅行速度 60~80km/h	階層B 目標旅行速度 50~60km/h	
アクセスコントロール	完全出入制限	完全出入制限	完全出入制限以外
信号交差点密度	-	-	1.0箇所/km未満
交差点密度	-	-	2.0箇所/km未満
単路部自由速度 (指定最高速度)	60km/h以上	50km/h以上	60km/h以上

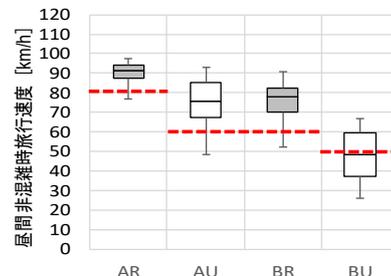


図-3.2 現状の道路の旅行速度の分布

3.3 地域都市構造を表現するための指標の設定方法

道路ネットワークにおける道路利用特性は、地域都市構造の影響を受ける。しかし、地域都市構造に関わる拠点施設は無数に存在し、かつ多様なものが立地しているため、個々の拠点施設を入力情報として用いることは困難である。したがって、ゾーン単位で地域都市構造を表現する指標が重要となる。

本節では、地域都市構造の表現方法として、まずゾーン内の拠点施設の立地状況等を踏まえた特徴量を整理し、その特徴量と道路利用の観点から、地域都市構造を表現する指標を提案する。

(1) ゾーンの特徴量の表現方法の概要

図-3.3に示すとおり、検討対象範囲を一定規模の地域にゾーニングし、ゾーン内の主要な拠点施設の数や拠点の機能などの拠点特性により得点化する。そして、拠点施設の配置特性により、そのゾーンの得点を調整し、ゾーンの特徴量(評価値)を設定する。以下(2)~(5)に、それぞれの設定の考え方を整理する。

(2) 拠点施設と拠点階層の設定方法

機能階層型道路ネットワーク計画を行う際には、検討する道路の階層や地域特性等を考慮し、実務関係者が対象とする拠点施設を選定することとなる。しかし、拠点施設の種類も数も膨大にあることから、拠点施設の選定は非常に煩雑である。

ここでは、拠点施設の選定の一助となる拠点施設の候補について示す。自動車移動を考えた際に、図-3.4に挙げる、産業に係るものの動きに関する活動や、生活に係る人の動きに関する行動例を参考とし、表-3.4に挙げる拠点施設の種類を選定すれば、概ね自動車移動に関係する拠点施設を網羅できると考えられる。これらの拠点施設については、全国各地のデータが入手可能である国土数値情報⁵⁾を用いることも有効である。また、拠点施設そのものではないが、ある地区の特徴を表現するものとして地域メッシュ統計データ⁶⁾があり、その各メッシュの図心を拠点施設と捉えて検討することも可能である。表-3.4に示した拠点施設はあくまで候補とする拠点施設であり、実務で対象とした地域の特・特徴に応じて適宜検討してよい。

次に、拠点施設の階層の設定方法について整理する。拠点施設には、例えば県庁や市町村役場等、それらの機能に応じて階層が存在する。この拠点施設の階層(以降、拠点階層)の設定についても、地域特性を考慮し個別に設定することが重要である。ガイドラインにはいくつかの拠点施設が拠点階層別に例示されており、これらを参考に拠点階層を設定することも可能である。一方、ガイドラインに記載が無い拠点施設の拠点階層を設定するには個別に検討が必要である。ここでは表-3.4に示す工業を例に、その拠点階層の設定例を示す。工業については、個別の拠点施設のデータが得られないため、地域メッシュ統計データを用いることで各メッシュを一つの拠点施設として表現する。そして、2次産業別従業員数を用い拠点階層を設定する。従業員数が多いほどその拠点の規模や生産能力が高くなり、有する機能も高くなると仮定している。図-3.5に、工業に関する拠点階層の設定例を示す。まず、上位計画で産業拠点として挙げられている地域を確認(図-3.5a)する。その地域に含まれるメッシュのうち2次産業従業員数が最大となるメッシュの値を、その産業拠点の代表値とする。そして、各産業拠点の代表値の累積度数分布から閾値を適宜設定する(図-3.5b)。この閾値に基づき、検討対象範囲の個々のメッシュ(拠点施設)の拠点階層を設定する。

続いて、分析対象とする拠点階層の選定方法について述べる。拠点施設は、拠点階層が下位になるほ

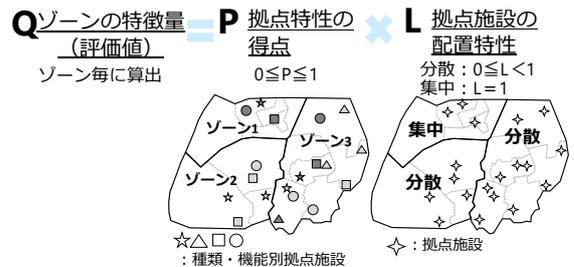


図-3.3 ゾーンの特徴量の表現方法の概要

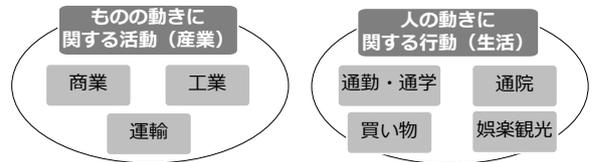
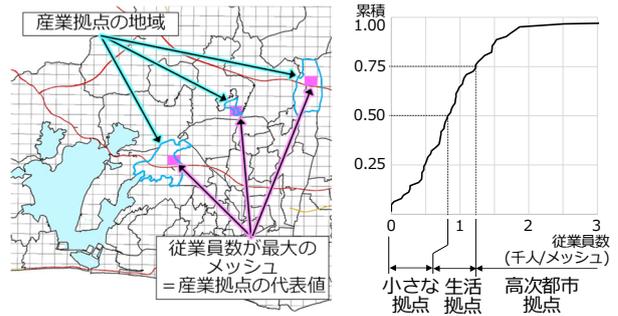


図-3.4 自動車移動に関係すると考えられる活動・行動

表-3.4 拠点施設の種類および拠点階層

拠点施設の種類	拠点階層				
	大都市拠点 MUF	高次都市拠点 UUF	生活拠点 LUF	小さな拠点 SMF	
産業	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	
	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			
生活	役場等*	国の機関	県庁、政令市	市役所、区役所 支所	
	鉄道駅*	のぞみ停車駅	ひかり停車駅	快速停車駅 その他駅	
	就業場所*	工業、商業の従業者数で代用			
	買物施設*	商業の従業者数で代用			
	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
娯楽・観光施設	観光入込客数を用いて表現				

*国土数値情報, **地域メッシュ統計データ



a) 上位計画該当メッシュの抽出 b) 拠点階層の設定
図-3.5 地域メッシュ統計を用いた工業に関する拠点階層の設定例

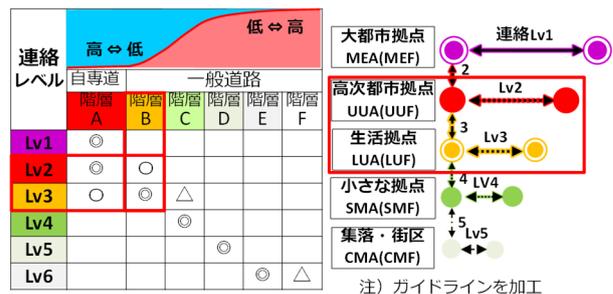


図-3.6 拠点階層の連絡レベルと必要な道路階層

どその数が多くなる。そのため、検討する道路の階層を設定し、その道路階層が連絡すべき拠点階層を選定することで拠点施設の抽出作業を簡素化できる。図-3.6に、ガイドラインで示されている拠点階層の連絡レベルと必要とされる道路階層の関係を示す。例えば、生活拠点間を連絡する広域道路⁷⁾(階層B)の計画を検討するのであれば、LUF以上を対象とすればよい。上位階層の道路を検討する場合には、検討対象範囲は比較的大きくなるものの、上位階層の拠点施設のみが対象となるため、検討に用いる拠点施設の数が少なくなる。一方、下位階層の道路を検討する場合には、下位階層～上位階層の拠点施設すべてが対象となるが、検討対象範囲が小さくなるため、用いる拠点施設の数が増大することはない。

(3) 拠点特性に関する得点や代表点の設定方法

検討対象範囲には多くの拠点施設があり、個々の施設単位で評価することは困難である。そこで、検討対象範囲をゾーニングし、その中にある拠点施設の位置や拠点階層に基づいて、拠点特性に関する得点や代表点を設定する方法を提案する。

検討対象範囲のゾーンの大きさについては、3.3(2)で示した拠点階層の絞り込みと同様に、検討する道路階層に応じて定めることができる。上位の道路階層を検討する場合には、生活圏や都市圏単位でゾーニングを行い、下位の道路階層を検討する場合には、市区町村単位やこれをさらに細分化した単位でゾーニングを行う。これより、検討するゾーンの数をある程度一定に保ち検討することができる。ただし、市区町村単位のゾーニングについては、市町村によってゾーンの面積が大きく異なるため、検討する連絡レベルに対しゾーニングが大きすぎる場合がある。このような場合には、市町村役場間の平均的な距離等を用いて、市区町村をいくつかゾーニングすることを考える。これより、面積に大きな差が無いゾーンを設定することが可能である。

実務において拠点間の移動を検討する際、市区町村役場等をゾーンの代表点として用いることが多い。しかし、市区町村役場は、行政という機能のみに着目すれば代表点といえるが、その位置については、産業や生活に係るその他の機能を有する施設の分布状況を考慮したものではない。

そこで、検討するゾーンにある拠点施設の位置や拠点階層に基づき、代表点を設定する方法を提案する。具体的には、各ゾーン内の異なる種類、異なる拠点階層の拠点施設をそれぞれ得点化し、その得点を用いて拠点施設の位置の重心を求め、その重心を代表点として定める。各拠点施設の得点化の例を表-3.5に示す。拠点階層が上位になるほどその数が少なくなることから、各種類において拠点施設の総数の逆数をとると、上位の拠点階層ほど1施設あたりの得点が高くなる。これより、拠点階層による拠点施設の重みを設定できる。各拠点施設の得点とその位置から、検討するゾーンの重心位置を算定する。ゾーン内に対象となる拠点施設が存在しない場合には、

表-3.5 拠点施設の得点化の例

拠点施設の種類	拠点階層 UUF		拠点階層 LUF		
	施設数	得点	施設数	得点	
産業	物流基盤	1	1.00	10	0.10
	工業	20	0.05	50	0.02
	商業	10	0.10	30	0.03

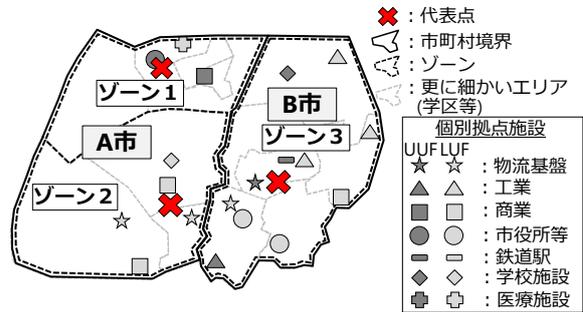


図-3.7 代表点の設定例

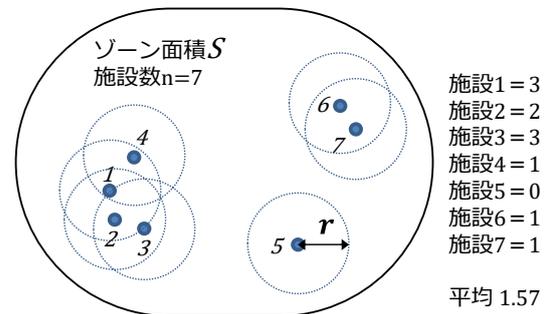


図-3.8 各施設から半径 r の中に含まれる施設数

代表点に図心を用いて表現する。図-3.7に、代表点の設定例を示す。

拠点施設に関する得点は、各ゾーン内にある各拠点施設の得点を合計し、検討対象範囲で対象とした拠点施設の種類の拠点階層の総数で正規化する。これより、各ゾーンの得点の最大値は1となる。ここで、得点の算定については、地域の特性に応じて適宜設定してよい。本研究では、拠点施設の種類の重みを考慮していないが、例えば産業や物流関連を重視する地域であれば、その拠点施設の種類の重みをつければよい。

(4) 拠点施設の立地状況の表現方法

ゾーン内の拠点施設の立地状況を表現する方法として、空間分布の評価方法であるK関数法⁸⁾、ならびにL関数法^{9), 10)}を用いる。

K関数とは、図-3.8に示すように、各施設を中心に半径 r の円の中に含まれる施設数の平均値に基づき、式(3.1)で表現される。

$$K(r) = \frac{S}{n_f} \left(\frac{\sum_{f_p=1}^{n_f} \sum_{f_q=1}^{n_f} \delta_{f_p, f_q}}{n_f} \right) \quad (3.1)$$

ここに、 δ_{f_p, f_q} は自施設 f_p から半径 r の円の中に他施設 f_q が含まれるかの判定(含まれる:1,含まれない:0)、 n_f :施設の数、 S :ゾーンの面積、である。式(3.1)の括弧内は、各施設を中心に半径 r の円の中に含まれる施設数の平均値を示している。施設がランダムに分

布していると仮定した場合、その平均値は、 n_f , S を用いると $(n_f/S) \times \pi r^2$ で表現され、その際のK関数の期待値は式(3.2)で表現される。

$$E(K(r)) = \frac{S}{n_f} \left(\frac{n_f}{S} \times \pi r^2 \right) = \pi r^2 \quad (3.2)$$

ここに、 $E(K(r))$:K関数の期待値、である。

ゾーンにある施設が分散しているか、集中しているかについては、式(3.1)と式(3.2)の大小関係を用いて判定できる。 $K(r) > E(K(r))$ であれば集中、 $K(r) < E(K(r))$ であれば分散、 $K(r) = E(K(r))$ であればランダム分布である。このうち、上記の式(3.1)と式(3.2)を結び、両辺を π で割り、平方根をとると式(3.3)のとおり式変形できる。

$$\sqrt{\frac{1}{\pi} E(K(r)) - r} = 0 \quad (3.3)$$

式(3.3)の左辺をL関数として、式(3.4)で表現する。

$$L(r) = \sqrt{\frac{1}{\pi} E(K(r)) - r} \quad (3.4)$$

ここに、 $L(r)$:L関数、である。このとき、式(3.4)では、 $L(r) > 0$ であれば集中、 $L(r) < 0$ であれば分散、 $L(r) = 0$ であればランダム分布となる。

図-3.9a),b)に示す2つの施設の配置例を考える。例1は、施設をある2箇所に配置したもの、例2は施設をランダムに配置させたものである。図-3.9c)に、例1、および例2の、 $L(r)$ の値(L値)に応じた分散集中判定を示す。例1では、半径約4km迄は集中判定となる。一方例2では、半径に拘わらず分散判定となる。

本研究では、このL値の特性を用いて、ゾーン内にある施設が分散して立地しているか、集中して立地しているかを判定する。分散、集中の判定に用いる半径 r は、(3)で示したゾーン間距離の1/2を用いる。また、式(3.4)では、 $L(r)$ の値域が $-r < L(r) < \infty$ となる。そこで、評価に用いるため $L(r)$ を r で割り、1を足して正規化した $L'(r)$ を用いる。これより、分散集中判定は、式(3.5a)、式(3.5b)、式(3.5c)のように表現される。

$$L'(r) = L_D; \text{if } 0 < L'(r) < 1 \quad (3.5a)$$

$$L'(r) = L_R; \text{if } L'(r) = 1 \quad (3.5b)$$

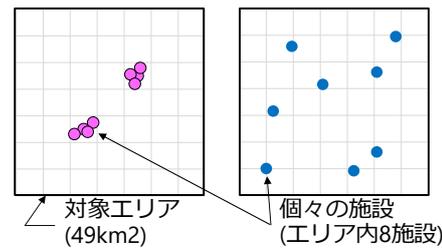
$$L'(r) = L_C; \text{otherwise} \quad (3.5c)$$

ここに、 L_D :分散判定、 L_R :ランダム分布、 L_C :集中判定、である。

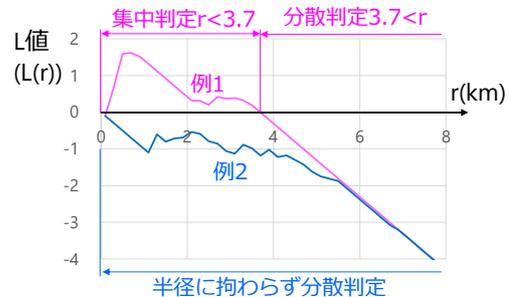
(5) ゾーンの特徴量の設定方法

(3)で求めた拠点特性に関する得点、および(4)で求めた拠点施設の立地状況による分散、集中判定を用い、ゾーンの特徴量を設定する。

ゾーン間移動を、ゾーンの代表点により評価する場合と、個々の施設により評価する場合を考える。ゾーン内の拠点施設が集中して立地している場合には、そのゾーンの代表点による評価と個々の施設を用いた評価のぶれは小さいと考えられる。一方、ゾ



a)施設が2箇所に集中(例1) b)ランダムに配置(例2)



c) 例1,例2の半径 r に応じた分散集中判定

図-3.9 施設の配置に応じたL値による分散集中判定例

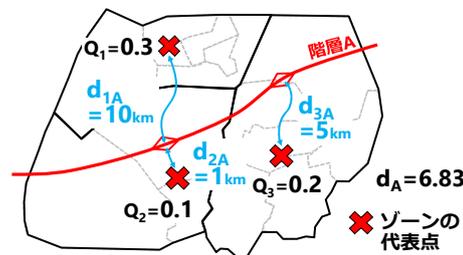


図-3.10 地域都市構造の表現指標の例

ーン内の拠点施設が分散して立地している場合には、そのゾーンの代表点を用いた評価よりも個々の施設を用いた評価が低くなると考えられる。この考えに基づき、L値が分散判定となったゾーンでは、式(3.5a)の値を用い、拠点施設による得点を調整する。ランダム分布や集中判定となった場合には、調整は行わない。これより、ゾーン a における拠点施設に関する評価値(Q_a)を、式(3.6)で表現する。

$$Q_a = P_a \times L_a \quad (3.6)$$

ここに、 P_a は拠点施設に関するゾーン a の得点、 L_a はゾーン a におけるL値による調整値($0 < L'(r) < 1$ の場合は $L'(r)$ 、それ以外は1)、である。ゾーンに拠点施設が1施設しかない場合には、L値を算出できない。この場合には、その1施設がゾーンの代表値となるため、L値による調整は行わず、 $L_a = 1$ とする。

(6) 地域都市構造を表現する指標

(2)~(5)により得られたゾーンの特徴量を用いて、道路ネットワークの評価を考える。道路利用特性は拠点施設と道路の位置関係により大きく影響すると考えられる。そのため、各ゾーンにおける地域都市構造を、ゾーンの特徴量とそのゾーンから道路の利用のし易さで表現する。利用のし易さは、距離で表現する。本研究においては、階層A,B,C以下の3階層を対象としていることから、上位階層である階層AおよびBまでの距離で表現する。

分析対象とする圏域には複数のゾーンが存在する。本研究では圏域単位のネットワーク評価をするため、図-3.10に示すように、代表点から上位階層までの距離をゾーンの特徴量により加重平均した指標(d_h)を用いる。これより、地域都市構造を表現する指標は、式(3.7)で表現される。

$$d_h = \sum_a (d_{ah} \times Q_a) / \sum_a (Q_a) \quad (3.7)$$

ここに、 d_{ah} はゾーンaにおける代表点から上位階層hまでの距離、である。

3.4 実圏域における道路ネットワークと地域都市構造の定量化

本節では、3.2、および3.3で述べた道路ネットワークと地域都市構造を表現する指標の設定方法を実圏域に適用する。検討対象範囲は、静岡県西部に位置する浜松市、湖西市、磐田市、袋井市、森町を包含する浜松大都市雇用圏(静岡県西部)とする。拠点階層の連絡レベルとして、大都市雇用圏内(都市内移動:レベル3)を想定する。そして、上位階層の道路(階層A, B)の計画を検討する際に必要な道路ネットワーク条件と地域都市構造をそれぞれ整理する。

(1) 道路ネットワークを表現する指標設定

分析対象とする道路ネットワークは、道路交通センサスにおける調査対象路線とする。前節で述べたように、道路交通センサスの各区間の情報のうち、延長、指定最高速度、交差点密度、並びに沿道状況を用いることにより、道路階層を図-3.11のとおり設定することができる。静岡県西部においては、道路階層Aが東西方向に整備されているものの、中位階層である道路階層Bが不連続となっている。また、南北方向にも上位階層が存在しないことがわかる。これより、トリップ長に応じた道路階層の役割分担がしにくい状況であることが想定される。

道路ネットワーク条件を表現する、各道路階層の自由速度、道路延長率については、設定した道路階層および道路交通センサス情報を用いて、表-3.7のとおり求められる。

(2) 地域・都市構造を表現する指標設定

分析対象とする拠点施設の階層は、設定した道路階層(AおよびB)が連絡すべき拠点階層であるLUF以上とする。表-3.4で示した拠点施設の種類のうち、娯楽・観光については、階層の分類が可能である全国統一のデータが無いことから、本研究では対象外とする。また、就業場所、買物施設については、工業、商業で代用する。工業、商業に関する拠点階層については、地域メッシュ統計を用いて設定する。まず、静岡県内の都市計画に関する上位計画^{11), 12)}などに挙げられている産業拠点、都市拠点および地域拠点を、それぞれ工業、商業に関する重要拠点として位置付ける。つぎに、重要拠点に該当する地域に含まれる

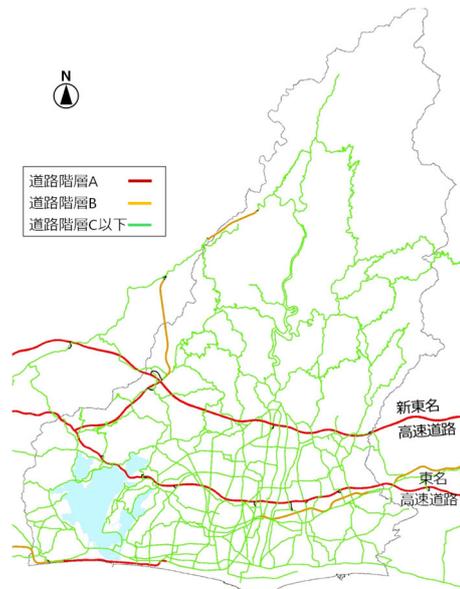


図-3.11 静岡西部の設定道路階層

表-3.7 道路ネットワーク条件

道路ネットワーク条件		設定値
自由速度	階層A	94.6 km/h
	階層B	60.0 km/h
	階層C以下	36.8 km/h
延長率	階層A	7.3 %
	階層B	2.9 %

表-3.8 静岡西部の拠点階層別施設数と1施設あたりの得点

拠点施設の種類	UUF		LUF		
	施設数	得点	施設数	得点	
産業	物流基盤	1	1.00	11	0.09
	工業	26	0.04	19	0.05
	商業	8	0.13	38	0.03
生活	市役所等	1	1.00	11	0.09
	鉄道駅	1	1.00	0	—
	学校施設	2	0.50	49	0.02
	医療施設	4	0.25	7	0.14
合計	43	—	135	—	

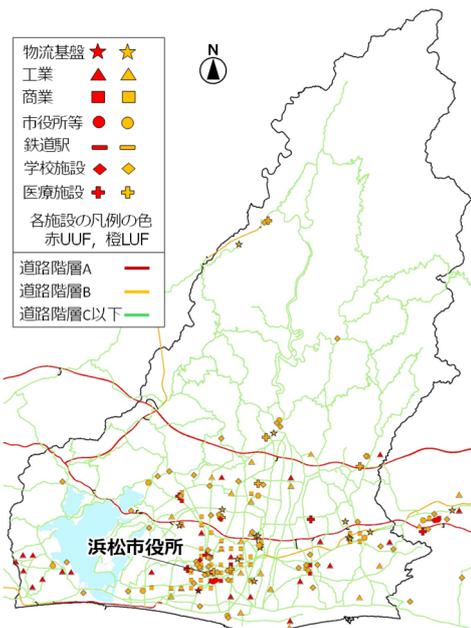


図-3.12 拠点施設の分布(UUF, LUF)

メッシュから2次, 3次従業員数が最大となるメッシュの値を抽出し, それぞれの重要拠点の代表値とする. そして, その代表値の累積度数分布曲線を描き, その75パーセンタイル値以上がUUF, 50パーセンタイル値以上がLUFとなるよう, 閾値をそれぞれ設定する.

表-3.8に, 拠点階層別の拠点施設数, および1施設あたりの得点を示す. 鉄道駅は, UUFの1施設のみである. これに対し, 学校施設の数は, UUF, およびLUF合せて51施設あり, 1施設あたりの得点が鉄道駅よりも低くなっている. また, 工業については, UUFに比べてLUFの拠点施設数が少なくなった. これは, 拠点階層の閾値を静岡県内の産業拠点に基づき設定したのに対し, 静岡西部の中ではUUF以上に該当する拠点多かったためである. 図-3.12に, 抽出した拠点施設の分布状況を示す. 各々の拠点施設については静岡西部圏の南側のうち, 浜松市役所周辺に集まっている傾向にある. しかし, 工業については南側でも比較的ばらついていることがわかる.

次に, 代表点を算定する. 静岡西部圏内の移動を検討するため, LUF相当である市区町村程度でゾーニングを行うことが望ましい. しかし, 当該圏域のように市町村合併により市区町村単位で代表点を設定すると, 道路ネットワークが評価しにくい場合がある. 図-3.13に, 市区町村単位による代表点の設定例を示す. 階層ABのミッシングリンク区間全体を利用すると想定される代表点のペアは限定的であり, 評価が過少となることが懸念される. そこで, 市区町村をさらに細かくゾーニングすることを考える. 図-3.14に, 東海4県の各市町役場から隣接する市町までの直線距離の分布を示す. 3~33 kmの範囲で分布しており, その中央値は7.2 kmである. 各市区町内の地域間の距離が7.2kmを超えないようにゾーニングすると, 各市区町が細分化され, 静岡西部で29のゾーンが設定できる. 設定したゾーン毎に拠点施設の集計を行い, ゾーンの代表点, および施設の分散・集中状況を整理した. 図-3.15に, 29のゾーンの代表点, および施設の分散・集中状況を示す. 静岡西部においては, 施設の立地状況が集中と判定できるゾーンは僅かとなった.

以上に述べた代表点, ゾーンの評価値, 道路階層の情報に基づき, 地域都市構造の指標を算定することができる. 当該圏域においては, 代表点から階層A迄の距離の加重平均値, 階層B迄の距離の加重平均値ともに, 約6kmとなった(表-3.9).

3.5 まとめ

本章では, 道路ネットワークの機能階層性を評価する際に用いる道路ネットワーク条件に関する指標を設定するため, 道路階層の分類方法や自由速度の設定方法等を検討し, 自由速度等の階層別の指標を提案した. また, 地域都市構造に関する指標を設定するため, 分析対象範囲をゾーニングし, そのゾー

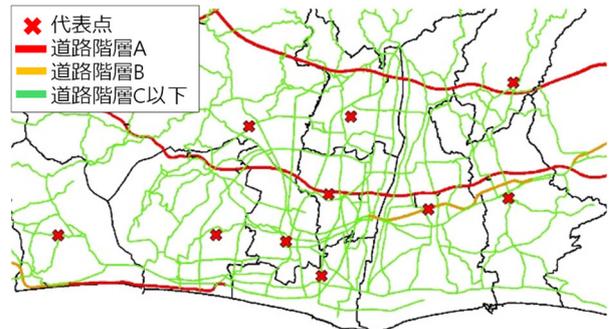


図-3.13 市区町単位による代表点の設定例

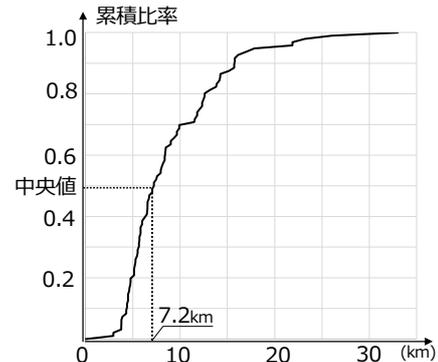


図-3.14 東海4県の市町役場から隣接する市町役場までの直線距離の分布

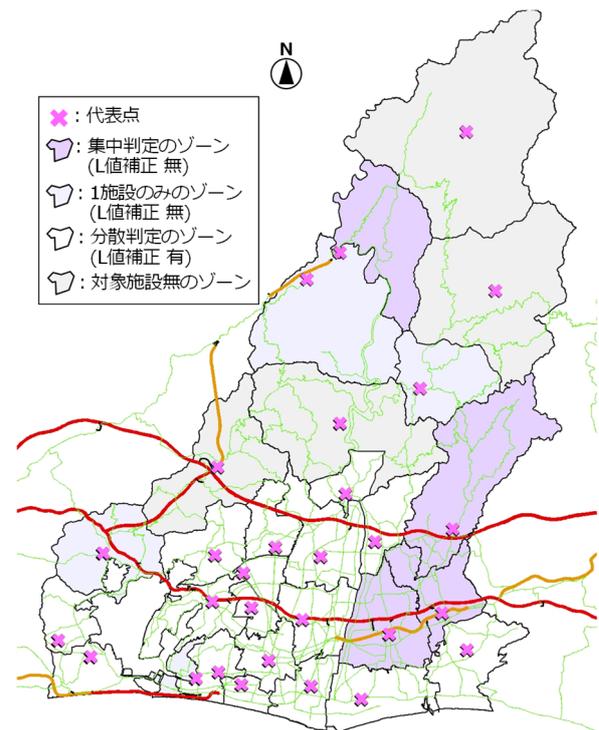


図-3.15 29ゾーンの代表点, 集中・分散判定

表-3.9 静岡西部における地域都市構造指標

地域都市構造		設定値
代表点から上位階層までの距離	階層A(d_A)	6.2 km
	階層B(d_B)	6.6 km

ンにある拠点施設の数や拠点階層, 位置情報に基づいて, ゾーンの評価値や代表点の設定方法を示した. そして, ゾーン毎の評価値とその代表点から上位階

層の道路までの距離を用いた d_h (式(3.7))を、地域都市構造を表現する指標として提案した。これを実圏域に適用し、提案した指標が表現されることを確認した。

第3章の参考文献

- 1) 一般社団法人交通工学研究会：平成27年度全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査DVD-ROM, 2018.3.
- 2) 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, <http://www.jste.or.jp/Activity/act1.html>, 2018.9.
- 3) 野中康弘, 泉典宏, 下川澄雄, 大口敬, 中村英樹：道路計画設計における実用的な性能照査実施方法の提案, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, CD-ROM, 2015.6.
- 4) 柿元祐史, 中村英樹：道路交通センサスを用いた12時間Q-V関係の設定とその効果, 交通工学研究発表会・論文集, Vol.40, 2020.9.
- 5) 国土交通省：国土数値情報, <https://nlftp.mlit.go.jp/index.html>, (2021.8.1閲覧)
- 6) 国土交通省：地域メッシュ統計, <https://www.stat.go.jp/data/mesh/index.html>, (2021.8.1閲覧)
- 7) 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. (2020.9.25閲覧)
- 8) 朝倉書店：空間解析入門—都市を測る・都市がわかる—, 2018.8.
- 9) 奥貫圭一：GISを活用した空間分析, 地学雑誌, *Jornal of Geography*, 117(2), 324-340, 2008.
- 10) 鳶田知帆, 長島啓子, 榊原奈々, 高田健一, 田中和博：播種工と自然配植技術による植栽工が20年間で形成する群落構造の違い, 日緑工誌, *J.Jpn.Soc.Reveget.Tech.*, 40(4), 547-554, 2015.
- 11) 浜松市：浜松市都市計画マスタープラン, <https://www.city.hamamatsu.shizuoka.jp/toshikei/city/tosike/masterplan/index.html>, 2021.3.
- 12) 磐田市：第2次磐田市総合計画, https://www.city.iwata.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/002/654/kihon.pdf, 2017.3.

第4章 機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性の検討

4.1 機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性の仮説

機能階層化が実現している道路ネットワークでは、様々なトリップがその距離や目的に応じて道路を使い分け、効果的に道路が運用されることにより、トリップ目的に応じた旅行速度が実現すると考えられる。そこで、機能階層型道路ネットワーク¹⁾において実現する道路利用特性の代表的な仮説として、次の2つが考えられる。

- ・トリップ長に応じて旅行速度が差別化
- ・道路階層別に長短のトリップ利用が差別化

本節では、仮想道路ネットワークにおけるOD間の最短経路探索から得られる情報を基に道路利用特性を把握し、この仮説を検証する。

(1) 分析条件

図-4.1a)は、本研究で基本となる仮想道路ネットワークを示したものである。道路利用特性の分析対象範囲は、図-4.1b)の破線で示した50km四方とする。この範囲を利用するODは、内内のODだけでなく、隣接地域との間を往来する内外ODや、分析対象範囲を跨ぐ外外ODも存在する。そのため、道路ネットワークは、隣接地域も含めて設定し、分析対象範囲内に16、隣接地域に16の発生集中点をそれぞれ配置する。

本研究では、第2章で述べたとおり、交通需要を考慮せずに道路の潜在性能を評価するため、各ODについて1トリップ単位で評価を行う。すなわち、OD間の最短時間経路探索を行い、その利用経路情報より道路利用特性指標値を算出する。本章では、道路利用特性を把握することを目的とするため、ODごとの重みは付与しないものとする。

最短時間経路の算定は、以下の式(4.1a)、(4.1b)に基づいて行う。

$$T_{ij} = \min (t_{ij,w}) \quad (4.1a)$$

$$t_{ij,w} = \sum_z \left(\frac{lk_{wz}}{V_{wz}} + dl_{z,z+1} \right) \quad (4.1b)$$

ここに、 T_{ij} はOD ij の最短時間、 $t_{ij,w}$ はOD ij の経路

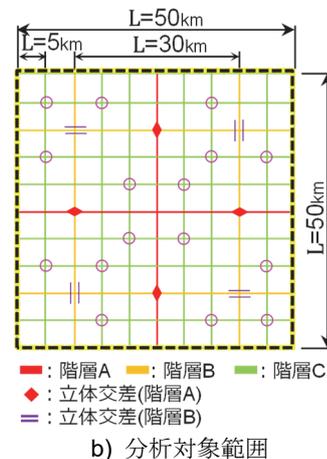
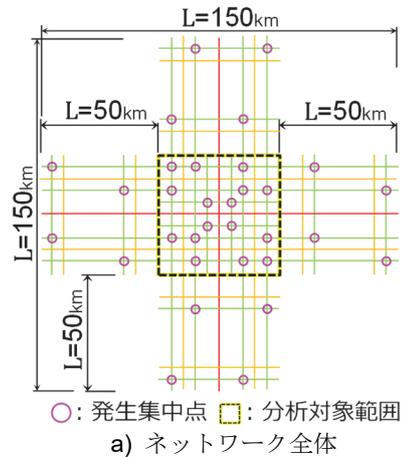


図-4.1 基本となる仮想道路ネットワークにおける発生集中点と階層間の交差形式

w の移動時間、 z は経路 w の区間(リンク)の通し番号、 lk_{wz} は経路 w の区間 z 番目のリンク長、 V_{wz} は経路 w の区間 z 番目の自由速度、 $dl_{z,z+1}$ は経路 w の区間 z 番目と $z+1$ 番目のリンクを移動する際の主要交差点での平均遅れ時間、である。

設定した仮想道路ネットワークは階層C以下の道路を持たないため、各リンクにはこれらの道路との信号交差による遅れを想定した自由速度を設定する。ただし、ネットワーク上に位置する階層BC間の交差

点では、これらを主要交差点と捉え、右左折による通過時に生ずる遅れを別途考慮する。自由速度の推定には、柿元ら²⁾が構築した、式(4.2a)、式(4.2b)の自由速度推定モデルを用いる。

$$\begin{cases} V_h = a_m \times \ln(ds_h) + b_m \\ a_m \times \ln(ds_h) + b_m \leq V_m^{limit} \end{cases} \quad (4.2a)$$

$$\begin{cases} V_h = V_m^{limit} \\ a_m \times \ln(ds_h) + b_m > V_m^{limit} \end{cases} \quad (4.2b)$$

ここに、 ds_h は階層 h の平均信号交差点密度[箇所/km]、 a_m 、 b_m は指定最高速度 m の時の係数(表-4.1)、 V_m^{limit} は指定最高速度 m の時の指定最高速度[km/h]、である。

主要交差点の平均遅れ時間³⁾は、式(4.3)に基づいて設定する。

$$dl = \frac{(1-g)^2}{2(1-\lambda)} C_L \quad (4.3)$$

ここに、 g は信号青時間比 (G/C_L)、 λ は交差点流入部の需要率、 C_L はサイクル長、である。式(4.3)においては、需要率、サイクル長、信号青時間比を仮定する必要がある。本研究では、これらをそれぞれ表-4.2に示す仮定に基づき設定した。表-4.3に、階層間の交差接続条件を示す。道路利用特性の影響を把握することが本研究の主旨であるため、階層間の交差形式は、交差する階層の組み合わせごと同一とする。

(2) 分析指標

本研究では、各階層の道路利用特性を表現する指標として、分析対象範囲の階層利用率および旅行速度を挙げる。

分析対象範囲の階層利用率については、車両 i が分析対象範囲内を利用したトリップ長に対する階層 h の利用延長の比率を表し、式(4.4a)、式(4.4b)で定義する。この指標により、各車両が最も長く利用する道路階層を確認できる。

$$RU_{ih} = l'_{ih}/l'_i \quad (4.4a)$$

$$\sum_h RU_{ih} = 1.0 \quad (4.4b)$$

ここに、 RU_{ih} は車両 i の階層 h の階層利用率、 l'_i は車両 i の分析対象範囲におけるトリップ長、 l'_{ih} は車両 i の分析対象範囲におけるトリップ長のうち、階層 h の利用延長、である。階層利用率とOD間の総トリップ長 l (以下、トリップ長)との関係を見ることにより、分析対象範囲を跨ぐODが階層Aを利用する場合の階層利用率は1と表現される。つまり、実際の感覚に見合った評価が可能となる。旅行速度についても、トリップ長との関係を見ることとする。

(3) 分析シナリオ

道路利用特性指標が道路ネットワークの変化に感度があるかを確認するため、道路ネットワークの自由速度および延長に着目して、次のようなシナリオを設定する。

シナリオ1.道路階層間の自由速度差の有無

表-4.1 自由速度推定式の係数 (青時間比 0.50)

指定最高速度 (km/h)	係数	
	a_m	b_m
60	-7.31	48.9
50	-5.55	40.6
40	-5.15	34.2

表-4.2 主要交差点の遅れ時間の設定値

項目		主方向		従方向		主従無	
		左直	右	左直	右	左直	右
サイクル長 (s)	C_L	90					
需要率	λ	0.1					
主従比		0.65		0.35		0.50	
方向別分担率		0.8	0.2	0.8	0.2	0.8	0.2
有効青時間(s)	G	46.8	11.7	25.2	6.3	36.0	9.0
有効青時間比	g	0.52	0.13	0.28	0.07	0.40	0.10
平均遅れ(s)	dl	12	38	26	43	18	37

※主方向：階層B同士の交差点の主側、階層BとCの交差点の階層B側

従方向：階層B同士の交差点の従側、階層BとCの交差点の階層C側

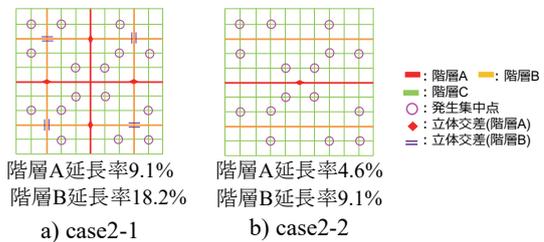
主従無：階層C同士の交差点

表-4.3 各階層間の交差接続条件

	階層C	階層B	階層A
階層C	信号	信号	—※2
階層B		信号機付 ダイヤモンド※1	立体
階層A			立体

※1：主従は交互に設定

※2：階層AとBが交差しないcase2-2のみ、信号機付ダイヤモンド型インターチェンジで接続(図-4.5b))



階層A延長率9.1% 階層A延長率4.6%
階層B延長率18.2% 階層B延長率9.1%

a) case2-1 b) case2-2

図-4.2 case2-1, 2-2の道路ネットワークと拠点配置

case 1-1 道路階層A:B:C=60:60:60 km/h

case 1-2 道路階層A:B:C=40:60:80 km/h

シナリオ2.道路階層A,Bの延長率の差異(図-4.2)

case 2-1 ネットワークの左右,上下方向に階層A, B有

case 2-2 ネットワークの左右方向のみに階層A, B有

シナリオ1の道路ネットワークはシナリオ2のcase 2-1と同じである。また、シナリオ2における自由速度は、シナリオ1のcase 1-2と同じである。すなわち、case 1-2とcase 2-1は同一である。

(4) 分析結果

表-4.4に、シナリオ1,2に示したケースのトリップ長に応じた階層利用率およびトリップ長に応じた旅行速度を示す。

表-4.4 シナリオ 1, 2 の分析結果

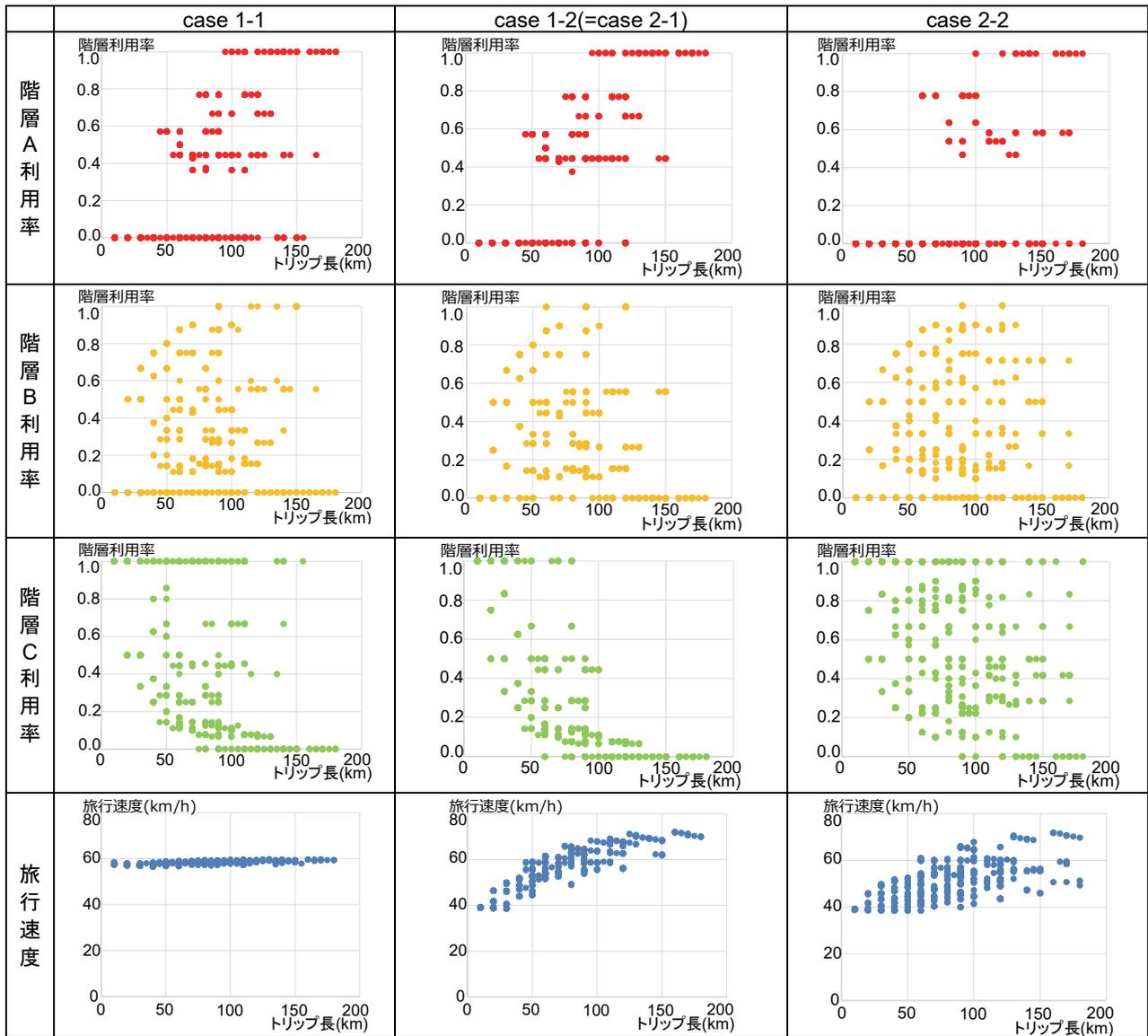


表-4.4の2, 3列目を比較することで階層間の自由速度による感度を見ることが出来る。赤色で示した階層A利用率を見ると、階層間の自由速度が等しいcase 1-1では、case 1-2と比べて100 km以上のトリップ長において0が散見される。一方、黄色で示した階層B利用率、緑色で示した階層C利用率における100 km以上のトリップ長においては、1が散見される。すなわち、自由速度差のないcase 1-1では、比較的長いトリップとなるODでも最上位層である階層Aが利用されていない場合がある。一方、case 1-2の赤色で示した階層A利用率を見ると、100 kmを超えるトリップにおいて0が少なく、階層Aが長トリップを担っていることがわかる。また、表-4.4の最下段の旅行速度を見ると、case 1-1では、どのトリップ長においても旅行速度が60km/h前後となっている。一方、case 1-2では、トリップ長が長くなるほど旅行速度が高くなる傾向が確認できる。以上より、階層間の自由速度差を確保することにより、階層Cから階層Bや階層Aへ利用が転換し、トリップ長に応じて階層の利用が

区別されるようになると想定される。

表-4.4の3,4列目から、上位階層の延長率の差異による階層利用率や旅行速度への感度を見ることが出来る。階層A利用率のうち、100 kmを超えるトリップ長の範囲を見ると、上位階層の延長率が低いcase 2-2では、上位階層の延長率が高いcase 2-1の場合と比べて、0が多くなっている。一方、階層Bや階層Cにおける同じ範囲の利用率を見ると、case 2-1では、0が多く見られるのに対し、case 2-2では、0以上が多く見られる。また、旅行速度に着目すると、case 2-1では、トリップ長が長くなるにつれて旅行速度が高くなるのに対し、case 2-2では、トリップ長が長くなるほど旅行速度が高くなる傾向が確認できるものの、旅行速度が高いODと低いODが見られる。これは、case 2-2のネットワークがcase 2-1のネットワークに比べて上下方向の上位階層がないため、長いトリップ移動の場合には、上下方向と左右方向で旅行速度に差が生じたためである。

以上の代表ケースによる感度分析により、階層間

の自由速度や道路階層の差別化を図ることで、トリップ長に応じた旅行速度や道路階層の利用の差別化が図られることが確認された。また、各階層の道路利用特性を表現する階層利用率や旅行速度が、道路ネットワーク条件に影響を受けることも確認された。

4.2 道路ネットワークの機能階層性を表現する道路利用特性指標

4.1で示した階層利用率や旅行速度は、個々のODが示す特性であることから、ネットワーク全体の評価には利用しにくい。そこで、ここでは階層利用率や旅行速度に基づき道路ネットワークの階層性を表現できるようなネットワーク評価指標を検討する。ネットワーク評価指標として、表-4.5に挙げる4つを検討する。

(1) 指標 y_1 :トリップ長別旅行速度推定曲線の決定係数(R^2)

機能階層化が実現している道路ネットワークでは、同程度のトリップ長のODの旅行速度のばらつきが抑えられると考えられる。当指標は、あるトリップ長における旅行速度がどの程度均一に分布しているかを把握するものである。図-4.3にトリップ長と旅行速度の関係を示す。青で示したODの点分布は、階層性が高い道路ネットワークの状態をイメージしたものである。トリップ長が極めて短い時の旅行速度は、主に低い階層の道路のみが使用されるため低い。トリップ長が増加するにつれ、高い階層の道路が利用されて旅行速度が上昇し、ある程度のトリップ長に達するとネットワークの最上位階層の自由速度に近づくものと考えられる。これより、トリップ長別の旅行速度を、これらを表現可能な式(4.5)に示すWeibull分布曲線により推定する。

$$f_v(l) = \gamma \left[1 - \exp \left\{ - \left(\frac{l}{\zeta} \right)^\eta \right\} \right] \quad (4.5)$$

ここに、 $f_v(l)$ はトリップ長が l のODの旅行速度、 γ 、 ζ 、 η は推定式のパラメータ、である。

図-4.3の赤で示すODの点分布や推定曲線は、階層性が低い道路ネットワークの状態をイメージしたものである。階層性の低い道路ネットワークでは、同程度のトリップ長のODであっても、旅行速度にばらつきがあると想定される。すなわち推定曲線の精度が低くなると考えられる。したがって、道路ネットワークの機能階層性について、式(4.5)の推定曲線の決定係数(R^2)を用いて評価する。この指標では、階層性が高い道路ネットワークほど指標値が高いことになる。

(2) 指標 y_2 :長トリップの平均旅行速度(V_{LT})

機能階層化が実現した道路ネットワークでは、拠点間の連絡レベルに応じた道路利用が実現するため、長トリップの旅行速度も高くなると考えられる。当

表-4.5 道路利用特性のネットワーク評価指標

道路利用特性の仮説	道路利用特性指標 y_i	
速度の差別化	y_1	トリップ長別旅行速度推定曲線の決定係数(R^2)
	y_2	長トリップの平均旅行速度(V_{LT})
利用の差別化	y_3	階層利用率曲線の交点(θ , $f(\theta)$)
	y_4	階層利用率曲線で得られる面積(S_{RU})

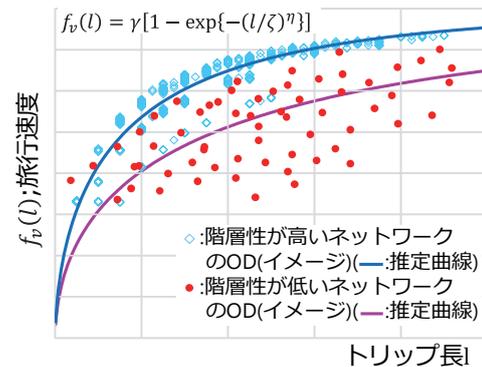


図-4.3 トリップ長と旅行速度の関係

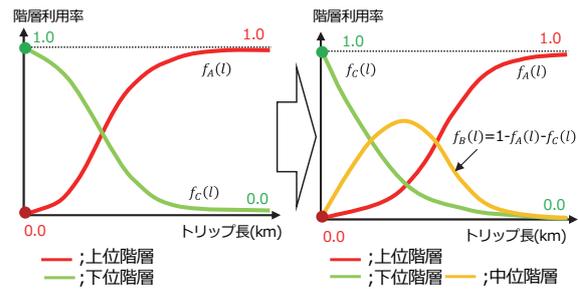
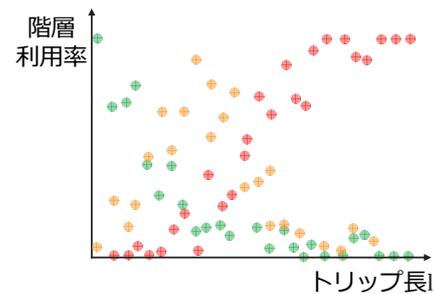
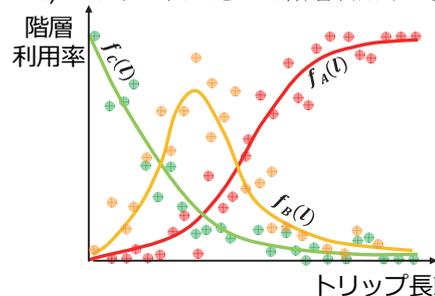


図-4.4 トリップ長に応じた階層利用率曲線



a) トリップ長に応じた階層利用率の算出



b) 階層利用率曲線の推定

図-4.5 トリップ長に応じた階層利用率曲線の推定手順

指標は、長トリップ以上のODを対象とした、平均旅行速度を評価するものである。分析対象範囲における全ODのトリップ長のうち、50パーセンタイル値以上となるODを長トリップと仮定し、その平均速度を指標値とする。

当指標では、長トリップのODが速達性の高い道路を利用できているかを評価でき、階層性が高い道路ネットワークほど指標値が高いことになる。

(3) 指標₃:階層利用率曲線の交点(θ , $f(\theta)$)

図-4.4は、トリップ長に応じた階層利用率を曲線で仮定したものである。図-4.4a)は、上位、下位の2階層のみでネットワークが構成され、それら2層の利用がトリップ長に応じて明確に分担されている理想の状態の曲線を仮定したものである。トリップ長が短いと下位階層の利用率が1に近く、一定のトリップ長を超えると上位階層の利用率が卓越しはじめ、その後1に漸近するものと仮定している。図-4.4b)は、これに中位階層が加わり3階層となった場合の階層利用率曲線の仮定である。この場合には、上位、中位、および下位の階層で利用率を分け合うことになる。

本研究では、図-4.5に示すa), b)の手順で階層率利用曲線を作成する。まず、各ODのトリップ長と各階層の利用率の散布図を作成し、その散布図から曲線推定を行う。推定する曲線については、上記の特徴を表現するため、操作性に優れたWeibull分布曲線を適用する。

階層Aおよび階層Cのトリップ長に応じた階層利用率は、前述した特徴を踏まえそれぞれ式(4.6a), (4.6b) で表現する。また、階層Bのトリップ長に応じた階層利用率曲線は、全体の1から階層A, Cの階層利用率を差し引いた式(4.6c)で表現される。

$$f_A(l) = \exp(-l/\alpha_A)^{\beta_A} \quad (4.6a)$$

$$f_C(l) = 1 - \exp(-l/\alpha_C)^{\beta_C} \quad (4.6b)$$

$$f_B(l) = 1 - f_A(l) - f_C(l) \quad (4.6c)$$

ここに、 l はトリップ長、 $f_h(l)$ はトリップ長 l における階層 $h(h=A, B, C)$ の利用率、 α_h, β_h は階層 $h(h=A, C)$ におけるWeibull分布のパラメータ、である。

本研究では、設定した式(4.6a), (4.6b)に対し、誤差の2乗を最小化するパラメータを探索して推定する。図-4.6および図-4.7に、4.1で挙げたcase 1-1およびcase 1-2に対する推定曲線を示す。階層間の自由速度の差がないcase 1-1では、階層C, Aいずれも各ODの利用率にばらつきがあり、曲線の推定精度が低くなっている。一方、階層間の自由速度差があるcase 1-2では、推定曲線の精度も比較的高くなっている。このようにケースによっては、信頼性の低い結果も含まれるが、その傾向は R^2 値に表されている。

図-4.8a)~d)に、式(4.6a)~(4.6c)を重ね合わせて描

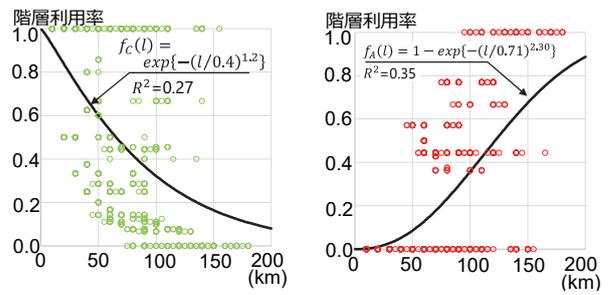


図-4.6 曲線のフィッティング結果(case1-1)

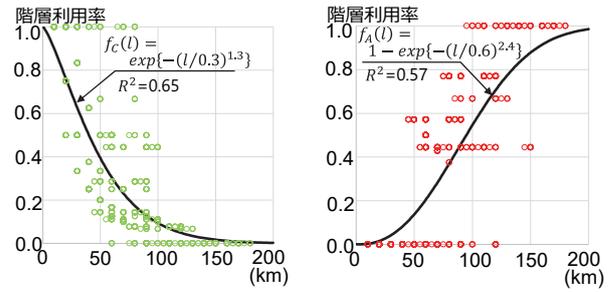


図-4.7 曲線のフィッティング結果(case1-2)

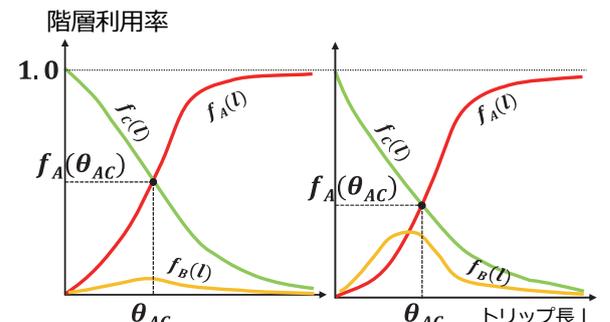


図-4.8a)各階層主たる利用トリップ長無(階層B利用極少) b)各階層主たる利用トリップ長無(階層B利用少)

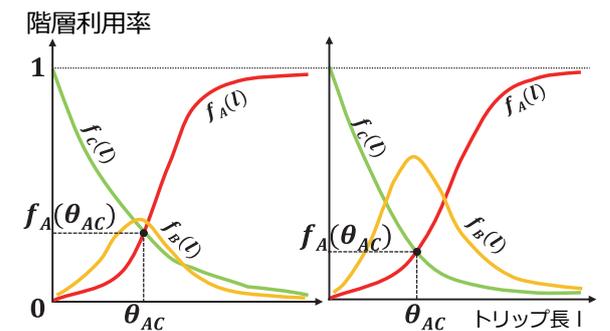


図-4.8c)各階層主たる利用トリップ長有(階層B利用有) d)各階層主たる利用トリップ長有(階層B利用多)

図-4.8 階層利用率曲線の重ね合わせ形状の代表例

かれるグラフの代表例を示す。階層Bに着目すると、図-4.8a)ではいずれのトリップ長においても利用率が低く、階層Bが利用されにくいネットワークである。そして、図-4.8b)からc), d)と移るにつれて、階層Bの利用率が向上している。これらの違いは、階層Aと階層Cの利用率曲線の交点(θ_{AC} , $f_A(\theta_{AC})$)で見ることができる。各階層の利用の差別化の観点から、中位階層である階層Bが利用されるほど階層性が高

くると仮定すると、交点の $f_A(\theta_{AC})$ が小さくなるほど道路ネットワークの階層性が高くなると考えられる。そこで、この交点を指標 y_3 として扱う。特に、本研究では図-4.8c), d)に見られるように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を、道路ネットワークの階層性がある状態と仮定する。これは、各階層がトリップ長に応じて使い分けられていると考えられるためである。この状態が成立するための条件は、式(4.7)で表現される。

$$f_A(\theta_{AC}) = f_C(\theta_{AC}) < 0.33 \quad (4.7)$$

道路ネットワークの状態を、式(4.7)の値で判断することも可能である。

(4) 指標 y_4 : 階層利用率曲線で囲まれた面積(S_{RU})

機能階層化が実現しているネットワークでは、各階層の道路利用も明確化されていると考えられる。階層利用の差別化の観点から、各トリップ長において、特定の道路階層の利用が卓越している状態ほど階層性が高いと仮定する。このことは図-4.9に示す、階層利用率曲線の重ね合わせで描かれた面積 S_{RU} により表現できる。 S_{RU} は、各トリップ長において利用率が最大となる階層の曲線で囲まれた面積であり、この面積が小さいほど、あるトリップ長において、いずれかの階層の利用が特化していることになる。つまり、この指標では、階層性が高いネットワークほど指標値が小さいことになる。ただし、この指標は、階層Bの利用率が低く、2階層に近い運用の場合でも算定可能であり、3階層利用時との区別がつきにくいことから、階層性がある状態、つまり式(4.7)が成立する場合に適用する。式(4.7)が成立しない場合には階層性なし、と判定する。

4.3 仮想道路ネットワークによる道路利用特性指標の感度分析

(1) 分析シナリオ

抽出した道路利用特性指標が道路ネットワークや拠点配置に感度があるかを確認するため、ここでは、道路ネットワークの自由速度、延長率、階層Aのインターチェンジ間隔や発生集中点の配置に着目しシナリオを設定する。

シナリオ3では、各ケースの道路ネットワークを図-4.10a)で統一し、表-4.6に挙げる階層間の自由速度を変化させて感度を分析する。階層間の自由速度が差別化されることでネットワークの利用も差別化されると考えられるためである。シナリオ4では、階層間の自由速度をcase 3-3で統一し、図-4.10に示す各階層の道路延長率(RL_A :階層A, RL_B :階層B)が異なるネットワークを用いて、その感度を分析する。階層間の自由速度が同じ場合でも、各階層の道路延長によって道路利用特性に変化が生じると考えられるためである。シナリオ5では、階層間の自由速度をcase 3-3で統一し、図-4.11に示す階層Aのインターチェンジ間隔(sj_A)の異なるネットワークを用いてその感度を分析する。シナリオ6では、各ケースの道路ネ

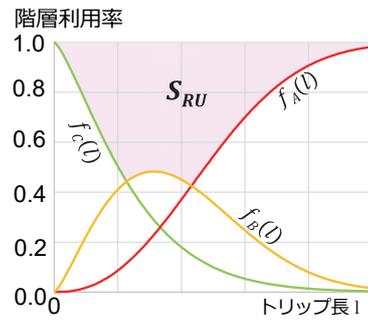


図-4.9 階層利用率曲線で囲まれた領域の面積 S_{RU}

表-4.6 シナリオ3の自由速度の設定

case	階層A	階層B	階層C
3-1	60 km/h	60 km/h	60 km/h
3-2	70 km/h	60 km/h	50 km/h
3-3	80 km/h	60 km/h	40 km/h
3-4	100 km/h	40 km/h	40 km/h
3-5	100 km/h	60 km/h	40 km/h
3-6	100 km/h	80 km/h	40 km/h

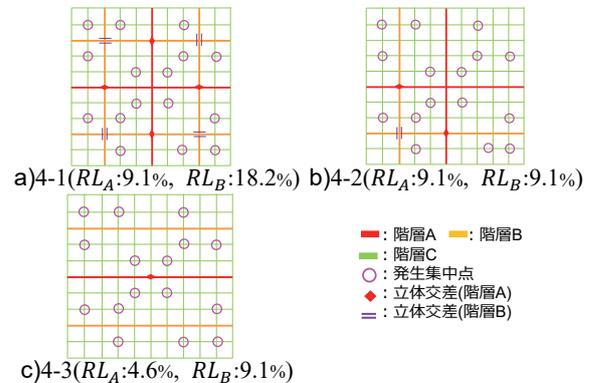


図-4.10 シナリオ4の道路ネットワークと発生集中点の配置

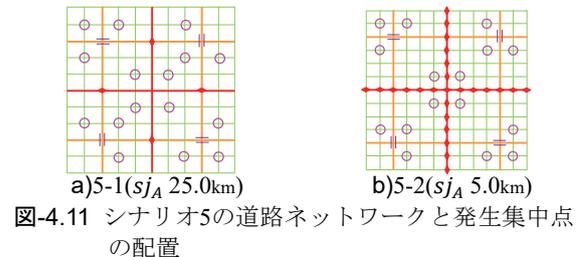


図-4.11 シナリオ5の道路ネットワークと発生集中点の配置

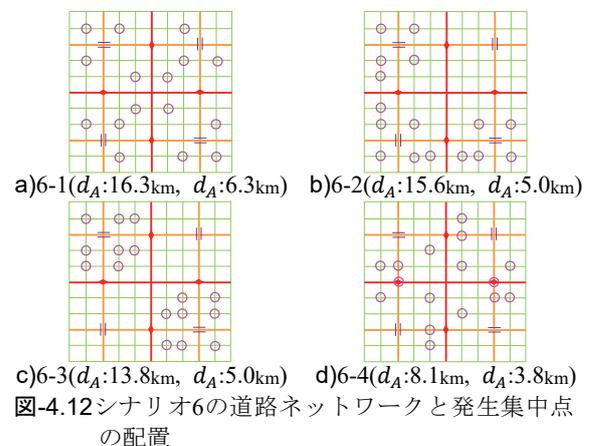


図-4.12 シナリオ6の道路ネットワークと発生集中点の配置

ネットワークを用いてその感度を分析する。シナリオ6では、各ケースの道路ネ

ネットワークおよび階層間の自由速度をcase 3-3で統一し、図-4.12に示す各発生集中点から階層Aまでの最短距離の平均値(d_A)や階層Bまでの最短距離の平均値(d_B)の異なる発生集中点の配置を用いて、それらによる感度を分析する。道路ネットワークが同一であっても、発生集中点の配置の違いにより、道路利用特性は異なると考えられる。 d_A および d_B は、第3章で示した地域都市構造を表現する指標であるが、本章では簡便に各ODの重みを設定していないため、単純に平均値としている。なお、シナリオ3~6において、case 3-3, case 4-1, case 5-1, case 6-1はいずれも同一のものである。

以下、各シナリオに基づき分析した結果について、設定した指標ごとに考察する。

(2) 分析結果；指標 y_1

図-4.13に、分析ケースごとの指標値を示す。当指標値が高いほど、階層性が高いとした仮説の傾向が強いことを示している。階層間の自由速度を変化させたcase 3-1~case 3-3では、階層間の自由速度差が大きくなると指標値が高くなる傾向がある。一方、階層Aの自由速度を100 km/hに固定し、階層BC間の速度差を変化させたcase 3-4~case 3-6では、速度差が20 km/hを超えると指標値があまり変化していない。これは、この指標が最上位階層の自由速度に強く影響を受けるためと考えられる。最上位階層の自由速度で概ねの曲線形状が定まるため、中位階層の自由速度の変化が指標値に影響しにくくなっていると考えられる。また、階層間の自由速度差が確保されたcase 3-3と階層Aのみの自由速度が高いcase 3-4では、指標値が同じ結果となっており、階層性を表現する指標としては課題がある。

延長率を変化させたcase 4では、階層Aおよび階層Bの延長率が低くなるほど指標値が低くなる傾向が見られる。これは、階層Aおよび階層Bの延長率が低いと長トリップにおいても低階層の道路を利用する機会が増え、旅行速度にばらつきが生じたためと考えられる。

階層Aのインターチェンジ間隔を変えたcase 5では、インターチェンジ間隔が短い場合に指標値が低くなる傾向にある。これは、インターチェンジが短いほど、短いトリップでも階層Aを利用し易くなり、旅行速度にばらつきが生じたためであると考えられる。

発生集中点の配置を変化させたcase 6では、階層A迄の距離が近くなるほど指標値が低くなる傾向にある。これは、階層Aまでの距離が近くなると、比較的短いトリップでも階層Aの利用が可能となることによって、旅行速度にばらつきが生じるためである。図-4.14に、case 6-1とcase 6-4のプロットに旅行速度推定曲線を重ね合わせて示す。階層A迄の距離が極端に小さいcase 6-4では、短いトリップでも階層Aの自由速度相当の旅行速度で移動できるODが出てくる。この指標は推定曲線の精度そのものを表現しているため、このような状況において指標値が極端に

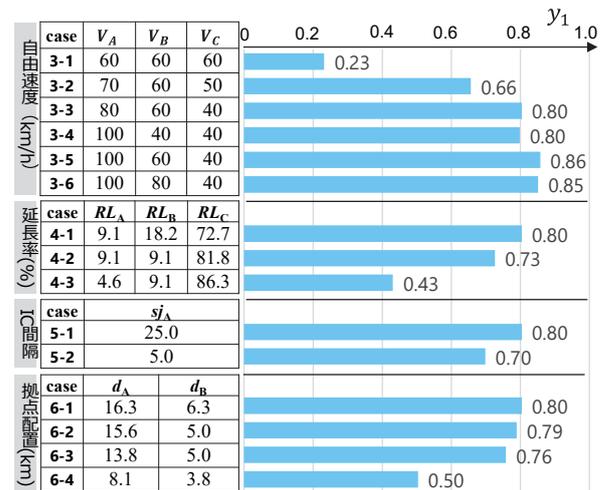


図-4.13 y_1 の検討結果

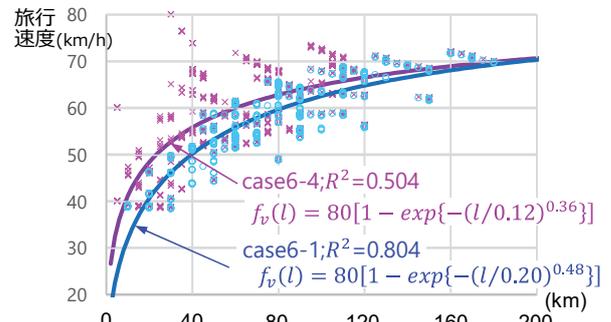


図-4.14 トリップ長別旅行速度の比較(case 6-1, 6-4)

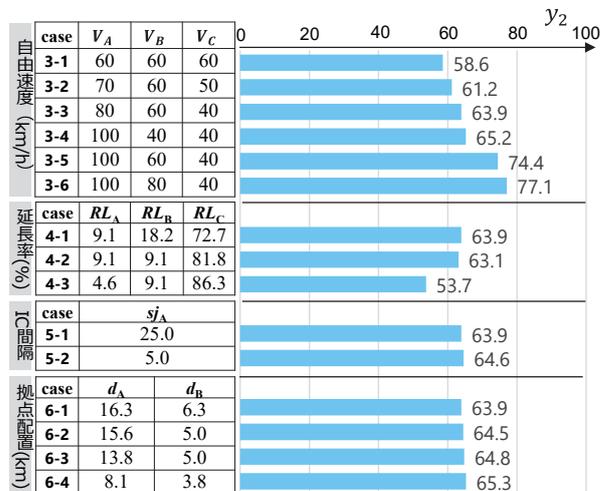


図-4.15 y_2 の検討結果

低くなる。しかし、IC付近に発生集中点がある地域は実際にも想定されるため、指標値が極端に低くなることについては課題である。

以上より、 y_1 は階層Aの特性の影響を受けやすい指標であることがわかる。そのため、階層間の速度差がある場合よりも上位階層の自由速度が高いことによる影響が大きく、道路ネットワークの階層性が仮説どおりに表現されない場合がある。また、発生集中点がICに近い場合にも指標値が極端に低下することも課題である。

(3) 分析結果；指標 y_2

図-4.15に、分析ケースごとの指標値を示す。当指標値が高いほど、階層性が高いとした仮説の傾向が強いことを示している。自由速度を変化させたcase 3では、階層間の自由速度差や階層BC間の自由速度差が大きくなるほど指標値が高くなっている。延長率を変化させたcase 4では、階層Aおよび階層Bの延長率が低くなるほど指標値が低くなる傾向が見られる。IC間隔を変化させたcase 5では、IC間隔が短いほど指標値が高くなる傾向が見られる。発生集中点の配置を変化させたcase 6では、階層A迄の距離が近いほど指標値が高くなる傾向が見られる。これらのケースのうち、特に変化が大きいのは自由速度を変化させたcase 3である。一方、階層間の速度差を統一しているcase 4, 5, 6については、各ケース内で細かな差を確認できるものの、自由速度の差のような違いが見られない。

以上の結果から、 y_2 は階層Aの特性、特に自由速度の影響を受けやすい指標であることがわかる。一方、ネットワークの変化には感度が低い指標であると考えられる。

(4) 分析結果；指標 y_3

図-4.16に、分析ケースごとの指標値を示す。当指標値が低いほど、階層性が高いとした仮説の傾向が強いことを示している。自由速度を変化させたcase 3では、階層間の自由速度差が大きく、また階層BC間の自由速度差が大きくなると指標値が低くなる傾向がある。case 3-5の指標値とcase 3-6の指標値を比較すると、階層AB間の自由速度差よりもBC間の自由速度差が大きいcase 3-6の指標値が低くなっている。これは、ネットワーク全体で階層Cの延長率が高いため、階層Cに対する差別化が道路利用に影響するためと考えられる。

延長率を変化させたcase 4では、階層Aおよび階層Bの構成率が小さくなるほど指標値が大きくなる傾向が見られる。これは、階層A,Bの延長率が低いと階層C主体の道路利用となり、階層Aや階層Bの利用率が上がらないためであると考えられる。

階層Aのインターチェンジ間隔を変えたcase 5では、インターチェンジ間隔が短い場合に指標値が高くなる傾向にある。これは、インターチェンジ間隔が短いほど、短いトリップでも階層Aを利用し易くなるため、短いトリップにおいて階層Aの利用率が向上し、階層Bや階層Cの利用が低下するためと考えられる。

発生集中点の配置を変化させたcase 6では、階層A迄の距離が近くなるほど指標値が高くなり、階層B迄の距離が近くなるほど指標値が低くなる傾向にある。図-4.17a)に、case 6-1とcase 6-2の階層利用率曲線を比較した図を示す。濃い色で示したcase 6-2では、薄い色で示したcase 6-1に対して階層Cの利用率曲線が低くなり、階層Bの利用率が上がっていることがわかる。これは、case 6-2では、階層Bまでの平均距離がcase 6-1よりも近いため、階層Bが利用し易くな

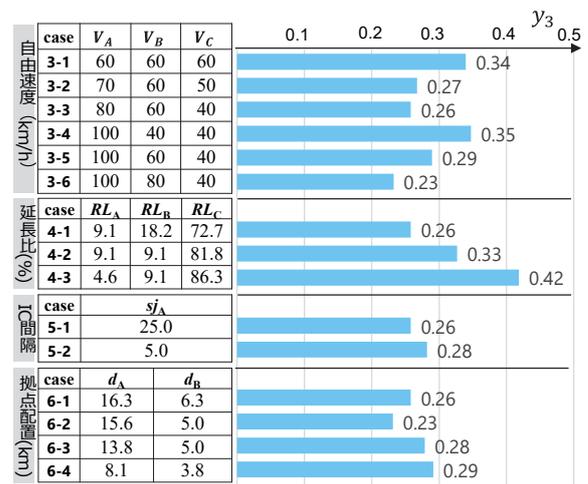


図-4.16 y_3 の検討結果

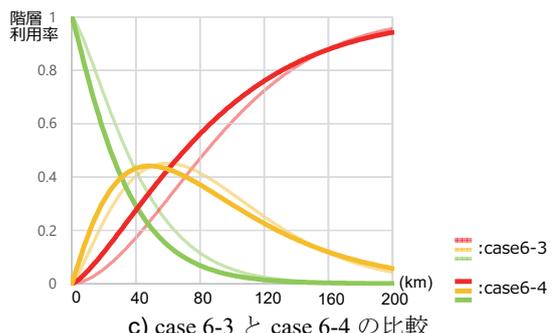
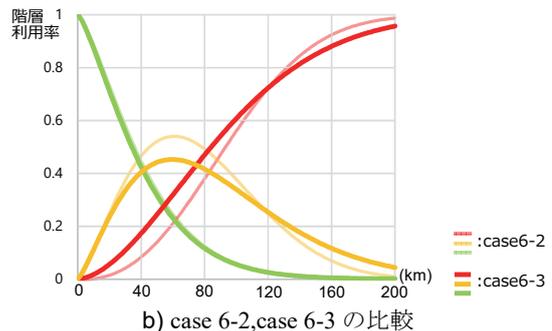
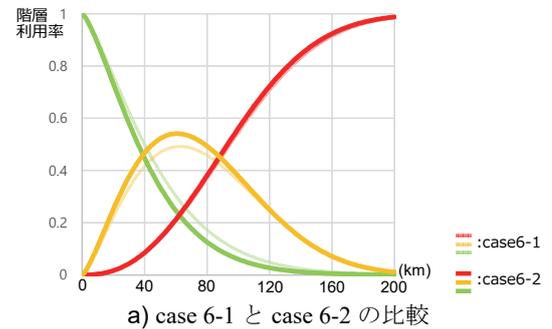


図-4.17 case 6 の階層利用率曲線

り、階層Cから階層Bに利用が変化するためと考えられる。図-4.17b)に、case 6-2とcase 6-3の階層利用率曲線を比較したものを示す。濃い色で示したcase 6-3では、薄い色で示したcase 6-2に対して階層Aの利用率曲線の傾きが緩くなり、短いトリップに対して階層Aの利用率が高くなっている。これは、case 6-3では、階層A迄の平均距離がcase 6-2より短いため、階層Aを利用し易くなり、階層BやCから階層Aに利用が変

化したためと考えられる。さらに、図-4.17c)に、case 6-3と6-4の階層利用率曲線を比較したものを示す。濃い色で示したcase 6-4では、薄い色で示したcase 6-3よりも階層Aがより短いトリップでも利用されていることがわかる。このように、階層Aの利用がし易くなり過ぎると、階層間の利用の差別化がしにくくなるために指標値としては高くなる傾向となっており、仮説どおりの結果が得られている。

以上の結果から、 y_3 は、道路ネットワーク条件や地域都市構造に感度がある指標であると考えられる。

(5) 分析結果；指標 y_4

図-4.18に、分析ケースごとの指標値を示す。当指標値が低いほど、階層性が高いとした仮説の傾向が強いことを示している。自由速度を変化させたcase 3-1～case3-3では、階層間の自由速度差が大きくなると指標値が低くなる傾向がある。一方、階層Aの自由速度を100 km/hに固定し、階層BC間の速度差を変化させたcase 3-5, case 3-6を見ると、case 3-6の指標値がより高くなっている。これは、case3-6における階層Bの自由速度が80 km/hと高く、長トリップの利用率が階層Aと階層Bの間で取り合い、階層Aの利用率が下がったためであると考えられる。

延長率を変化させたcase 4では、階層Bの延長率が低いcase 4-2の指標値が、case 4-1の指標値に比べて高くなっている。図-4.19に、case 4-1とcase 4-2の階層利用率曲線の比較図を示す。濃い色で示したcase 4-2については、階層Bの延長が小さいため、階層ACの利用が特化した結果、指標値が小さくなったと考えられる。このように、当指標は、各階層の利用の特化が評価されるため、階層Bが少なくても、それに反し階層性が高くなる場合がある。

IC間隔を変えたcase 5、発生集中点の配置を変えたcase 6については、指標 y_3 と同様の傾向が確認された。

以上から、 y_4 は道路ネットワークや地域都市構造に感度がある指標であるものの、各階層の利用の差別化という仮説に対して異なる結果となる場合がある点に注意が必要である。

(6) 道路利用特性指標の評価

(2)～(5)より、設定した指標はそれぞれ感度があることが確認されたが、表-4.7に示したとおり、各指標に課題が残されている。

y_1 については、IC近傍に発生集中点がある場合等にうまく表現できないことが課題として挙げられる。 y_2 については、階層Aの自由速度の変化に対して感度があるものの、自由速度が同じ場合に道路ネットワークの違いに感度が低いことが課題である。 y_4 については、階層Bが利用されにくく、階層Aや階層Cの利用が特化していると指標値が良好になる場合があることが課題として挙げられる。一方、 y_3 については、道路ネットワークの変化に感度があり、また階層A, Bそれぞれの自由速度に対しても感度がある。以上から、道路利用特性を表現する指標については y_3 を用いて表現することとする。ただし、 y_3 で用い



図-4.18 y_4 の検討結果

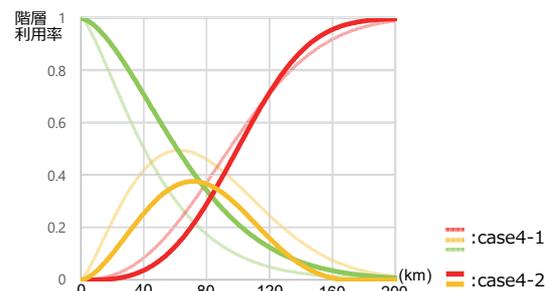


図-4.19 case4-1, case4-2 階層利用率曲線比較図

表-4.7 設定した道路利用特性指標の評価

利用特性の仮説	道路利用特性指標	評価	選定
速度の差別化	y_1 ; トリップ長別旅行速度推定曲線の決定係数 (R^2)	<ul style="list-style-type: none"> 実ネットワークにあるIC付近に拠点があるようなネットワークでは、R^2値が低下する場合がある。 階層Aの速度が高いとR^2が高くなる傾向がある。 	×
	y_2 ; 長トリップの平均旅行速度 (V_{IT})	<ul style="list-style-type: none"> 階層Aの自由速度の影響が大きく、ネットワークの違いには感度が低い。 	×
利用の差別化	y_3 ; 階層利用率曲線の交点 ($\theta, f(\theta)$)	<ul style="list-style-type: none"> $f(\theta)$だけでは、各道路階層が主たる利用となる卓越するトリップ長があるかどうかは表現できるが、階層間の卓越するトリップ長の範囲のバランスを評価できない。 θと組み合わせる必要がある。 	○
	y_4 ; 階層利用率曲線で得られる面積 (S_{RU})	<ul style="list-style-type: none"> 階層Bの整備が少なくなっても階層性の評価が高くなる場合がある。 計算が煩雑。 	×

た $f_A(\theta_{AC})$ については、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かどうかは表現できるものの、そのトリップ長の範囲やバランスを確認することは難しい。そのため、交点のトリップ長である θ_{AC} と $f_A(\theta_{AC})$ を併せて用いることで、より柔軟な分析が可能となる。

表-4.8に、本節で検討したケースに対する y_3 と、10Dあたりの平均所要時間を示す。これは、道路ネットワークの機能階層性の考え方と、道路ネットワークの一般的な評価手法である総所要時間最小化の

考え方を比較するためである。

所要時間については、case3-1のように階層間の自由速度差がない場合でも、各階層の自由速度が高い場合には良好な結果となる。一方、 y_3 については、階層間の自由速度差がない場合には自由速度差がある場合と比べて評価が低くなっている。その他のケースにおいても、 y_3 と1ODあたりの平均所要時間の良好なケースが一致しない場合がある。これらのことから、道路ネットワークの機能階層性は、所要時間に基づく評価と区別して検討する必要があることがわかる。

4.4 まとめ

本章では、機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性の仮説として、トリップ長に応じた旅行速度の差別化や階層の異なる道路利用の差別化であることを挙げ、これらの道路利用特性が道路ネットワーク条件に感度があることを検証した。そして、道路ネットワークの機能階層性を表現可能な平均旅行速度や階層利用に関する道路利用特性指標を抽出し、道路ネットワーク条件、地域都市構造の観点から感度分析を行った。その結果、表-4.7に示したとおり、トリップ長に応じた階層利用率曲線の交点(θ_{AC} , $f_A(\theta_{AC})$)が最も適切であることから、これを道路ネットワークの機能階層性を表現する代表的な指標として選定した。

また、選定した指標 $f_A(\theta_{AC})$ と、従来の道路ネットワーク評価指標の一つである所要時間について、同一の仮想道路ネットワークを基に、道路ネットワーク条件や地域都市構造に対する感度の違いを確認した。所要時間については、各階層の自由速度が高いと所要時間が短くなることが確認された。一方で、 $f_A(\theta_{AC})$ については、各階層の自由速度が高くなることによって階層間の自由速度の差が確保される場合に階層性が高いという仮説の傾向が強くなる。これより、 $f_A(\theta_{AC})$ と所要時間が道路ネットワーク条件や地域都市構造に対して感度が異なることを確認した。

表-4.8 ネットワークケースの違いによる $f(\theta)$ と所要時間指標の比較

case	仮想道路ネットワーク case概要		y_3	所要時間
			$f(\theta)$	t [分/OD]
3-1	自由速度 km/h $V_A-V_B-V_C$	60-60-60	0.34	72.9
3-2		70-60-50	0.27	74.1
3-3★		80-60-40	0.26	75.4
3-4		100-40-40	0.35	81.8
3-5		100-60-40	0.29	70.3
3-6		100-80-40	0.23	62.7
4-1★	延長率 RL_A, RL_B	0.09,0.18	0.26	75.4
4-2		0.09,0.09	0.33	79.9
4-3		0.05,0.09	0.42	86.3
5-1★	IC間隔 s_{jA}	25km	0.26	75.4
5-2		5km	0.28	72.8
6-1★	階層迄 距離 d_A, d_B	16.3,6.3	0.26	75.4
6-2		13.8,5.0	0.28	74.3
6-3		15.6,5.0	0.23	74.6
6-4		8.1,3.8	0.29	70.4
		閾値	0.00	86.32
		※単路部の自由速度	0.50	62.71

このことから、道路ネットワークの機能階層性の評価は、所要時間に基づく評価とは区別して検討する必要があることが明らかとなった。

第4章の参考文献

- 1) 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, <http://www.jste.or.jp/Activity/act1.html>, 2018.9.
- 2) 柿元祐史, 中村英樹：道路交通センサスを用いた12時間Q-V関係の設定とその効果, 交通工学研究発表会・論文集, Vol.40, 2020.9.
- 3) 一般社団法人 交通工学研究会：平面交差の計画と設計 基礎編, 2019.11.

第5章 道路利用特性を用いた道路ネットワークの機能階層性の評価方法

5.1 道路ネットワークの機能階層性の客観的評価

本章では、第4章で選定した機能階層性を表現する道路利用特性指標(θ_{AC} , $f_A(\theta_{AC})$)を用いて、道路ネットワークの機能階層性を評価する手法を構築する。

(1) 評価方法

道路利用特性指標(θ_{AC} , $f_A(\theta_{AC})$)は、図-5.1における階層Aと階層Cの利用率曲線の交点である。また階層Bの利用率は、階層Aと階層Cの利用率の差分から表現されるものである。すなわち、各階層の利用率曲線は互いに関係していることから、階層利用率曲線の交点(θ_{AC} , $f_A(\theta_{AC})$)の位置により、階層利用率曲線の相互の位置関係が定まってくる。本研究では、これらの階層利用率曲線の重なり方に基づいて、道路ネットワークの利用状態を推察し、道路ネットワークの機能階層性の程度を示す階層化度を推定することとする。

また、図-5.1に示すトリップ長が θ_{AC} であるときの階層Bの階層利用率 $\varphi = 1 - 2f_A(\theta_{AC})$ に着目する。 $f_A(\theta_{AC})$ そのものに代わり φ を用いることにより、 φ が大きいほど機能階層性が高いことを表すことになるため、評価をする際に都合が良い。よって、 θ_{AC} 、 φ を客観的指標とし、これらを用いて道路ネットワークの階層化度を表すこととする。以降、 θ_{AC} を θ 、 $f_A(\theta_{AC})$ を $f(\theta)$ と表現する。

(2) 客観的評価指標の取得

θ 、 φ を用いて道路ネットワークの階層化度を表すため、仮想道路ネットワークの計算バリエーションを増やし、データ取得を行う。表-5.1に、その際の分析ケースの設定方針を示す。道路ネットワーク、各階層の希望速度と信号交差点密度から求まる自由速度、発生集中点の配置、発生集中点の評価値が異なる分析ケースを設定する。ここで、発生集中点の評価値とは、第3章で示した実道路ネットワークにおけるゾーンの代表点における拠点施設に関する評価

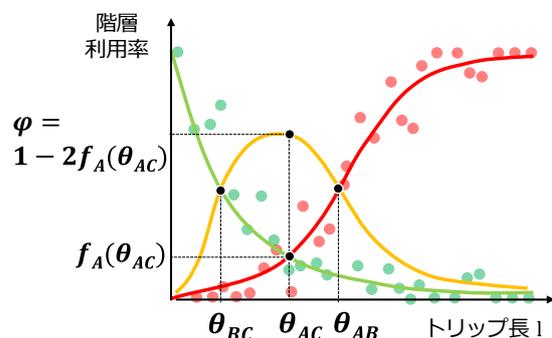


図-5.1 階層利用率曲線の交点

表-5.1 仮想道路ネットワーク計算ケースの設定方針

ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> 18の仮想道路ネットワーク(付録参照)
自由速度	<ul style="list-style-type: none"> 指定最高速度と信号交差点密度の組合せにより設定 指定最高速度 <ul style="list-style-type: none"> 階層 A: 60, 80, 100km/h 階層 B: 40, 60, 80km/h 階層 C: 40, 60km/h 信号交差点密度 <ul style="list-style-type: none"> 階層 A: 0 箇所/km 階層 B: 0, 3 箇所/km 階層 C: 0, 3 箇所/km
発生集中点の配置	<ul style="list-style-type: none"> 分析対象範囲内 16 発生集中点 隣接地域 16 発生集中点 配置パターン 4 (付録参照)
発生集中点の評価値	<ul style="list-style-type: none"> ネットワーク、自由速度、発生集中点の配置の異なるケースそれぞれに対し、発生集中点の評価値を5パターン設定。評価値はランダムに与える。

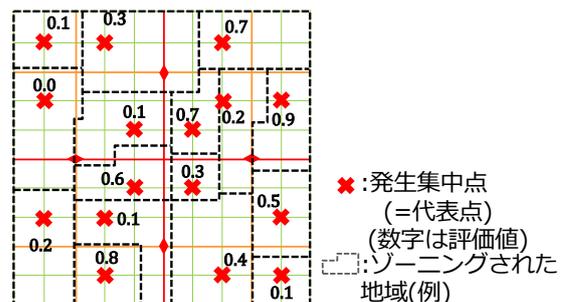


図-5.2 仮想道路ネットワークにおける発生集中点と実道路ネットワークにおける代表点の関係

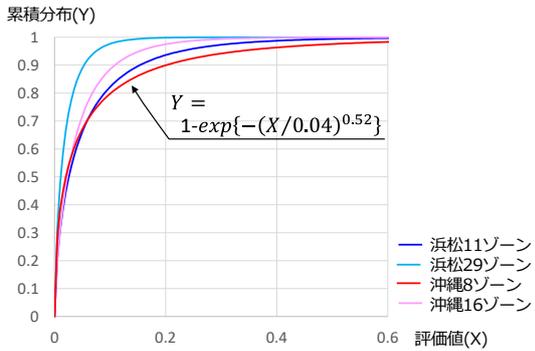


図-5.3 実道路ネットワークにおける代表点の評価値の分布

値(Q_a)と同義であり、図-5.2に示す関係であると仮定する。すなわち、仮想道路ネットワークにおける発生集中点、実道路ネットワークでゾーンの代表点と同様に、拠点施設による評価値を持つものであると仮定する。

仮想道路ネットワークでは拠点施設の情報がないため発生集中点の評価値を実道路ネットワークと同様に設定することが困難である。そこで、発生集中点の評価値は、実道路ネットワークの傾向に基づいて外生的に与えるものとする。図-5.3は、3.3で示した静岡西部や、後述する沖縄南部で設定したゾーニングに対する代表点の評価値の累積分布曲線の推定結果である。静岡西部、沖縄南部でそれぞれ2種類のゾーニングパターンで算出している。このうち、代表点の評価値が最もばらついている沖縄南部の8ゾーンにおける分布形を、仮想道路ネットワークの分析対象範囲における発生集中点の評価値に適用する。ネットワーク、自由速度、発生集中点の配置の異なるケースそれぞれに対し、沖縄南部の分布形に従う発生集中点の評価値をランダムに5ケース設定する。

分析対象範囲に接する4つの隣接地域における発生集中点の評価値には、分析対象範囲内の発生集中点の評価値を適用する。隣接地域は重要な拠点施設が集中する地域のみを考慮するものとし、隣接地域にある4つの発生集中点のうち、2つは分析対象範囲で設定した評価値の95パーセンタイル値、残りの2つを75パーセンタイル値で設定する。経路探索に用いるODは、各発生集中点の評価値と発生集中点間の距離を用いた重力モデルを適用し設定する。

上記の条件を踏まえ、全360ケースを設定して計算を行った。このとき、道路ネットワークの機能階層性を適切に評価するため、階層利用率曲線A、Cの推定精度が低いケースを除外した。具体的には、階層利用率曲線A、Cの決定係数がいずれも0.5以下となったケースを除外することとした。これより、推定精度が確保された194ケースを用いることとした。

図-5.4に、194ケースの θ 、 φ の散布図を示す。 θ では21~106 km、 φ では0~0.72の範囲のデータが得られた。 φ の定義域は0~1.0であり、抽出したケースで範囲内のデータが概ねおしなべて確保されている。

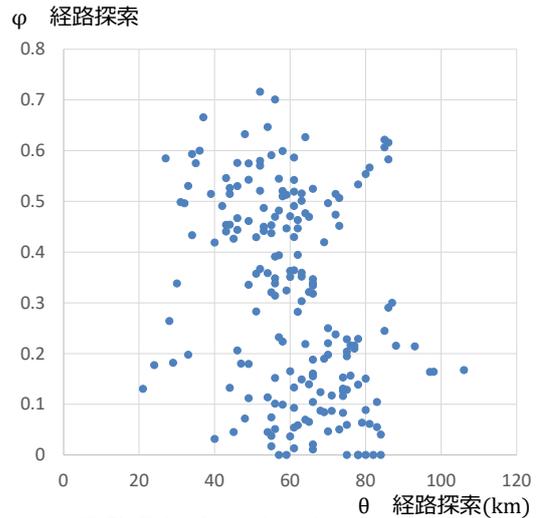


図-5.4 仮想道路ネットワーク計算 194 ケースの θ 、 φ の分布

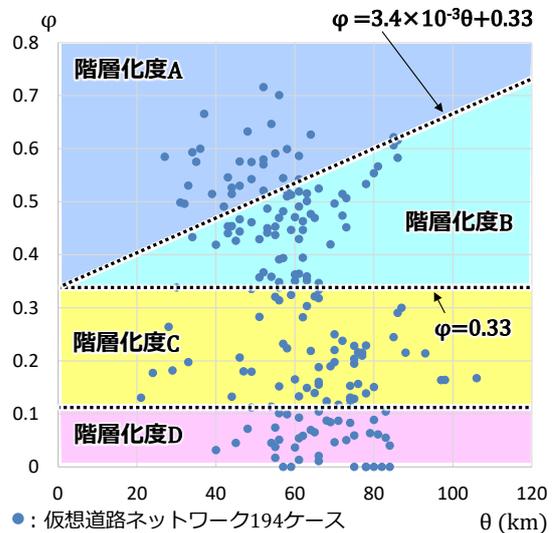


図-5.5 階層利用率曲線の組合せ形状による階層化度の区分

θ が取り得る範囲は検討対象規模に依存すると考えられるが、 θ の最小値については、現実の高速道路のIC間隔が約10 km¹⁾であることや、起終点からのアクセス、イグレスを考慮すると20 km程度と想定される。また、本研究では、分析規模として国道事務所の所管範囲程度を想定しているため、得られた θ の最大値が上記の106kmであれば十分であると考えられる。

(3) 階層化度の分類

階層利用率曲線の重なり具合に基づき、 (θ, φ) のプロット位置を用いて階層化度の区分を試みる。図-5.5に、 (θ, φ) の座標平面上の位置に基づいて、階層化度をA~Dの4つに区分したものを示す。以下、階層化度の境界の考え方について述べる。

階層化度BとCの境界は、 $\varphi = 0.33$ とする。これは、4.2(3)で述べたとおり、各階層がトリップ長に応じて使い分けられているかどうかの境界値を示すためである。 φ が0.33より大きい場合は、道路ネットワー

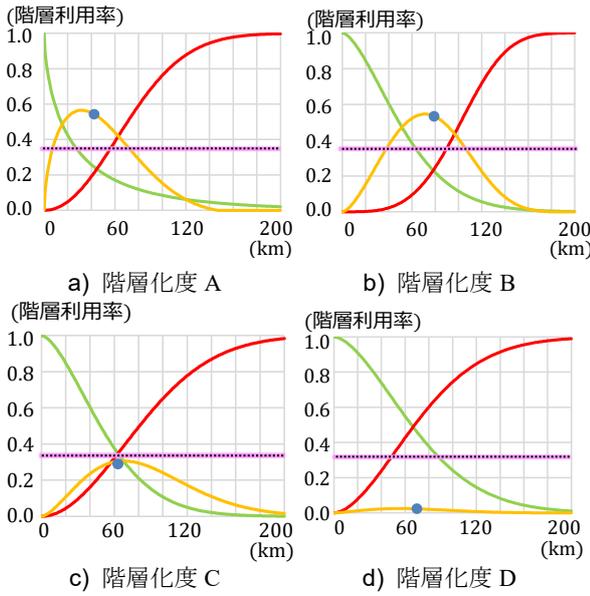


図-5.6 階層化度 A~D に区分されたケースの階層利用率曲線の重ね図の例

クの機能階層性がある状態と仮定する。

階層化度CとDの境界は、 $\varphi = 0.10$ とする。これは、 $\varphi < 0.33$ のケースの階層利用率曲線の重ね図について、階層利用率曲線AとBの交点 θ_{AB} および階層利用率曲線BとCの交点 θ_{BC} の組合せにより分類したものである。図-5.6c)およびd)は、階層化度CおよびDの階層利用率曲線の重ね図のイメージである。図-5.6d)のように θ_{AB} が極めて小さく、 θ_{BC} が極めて大きい場合には、階層Bの利用率がどのトリップ長においても最小となる。この形状は、仮想道路ネットワーク194ケースのうち、 φ が0.10以下となったケースで確認された。そのため、 $\varphi = 0.10$ を境界線として設定している。

次に、階層化度AとBの境界について考える。 $\varphi > 0.33$ においては、道路ネットワークの機能階層性がある状態であると仮定している。しかし、ガイドラインによれば、階層Bが連絡すべき拠点階層は、階層Cが連絡すべき拠点階層より高く、拠点階層が高いほど、その拠点間を結ぶ移動距離が長くなるとしている。機能階層型道路ネットワークにおいては、トリップ長に応じて、階層Bと階層Cの使い分けがされていることが望ましい。これらを参考に、図-5.1に示す階層利用率曲線の重ね図の交点 θ_{BC} 、 θ_{AB} を用いることで $\varphi > 0.33$ のケースを分類する。機能階層型道路ネットワークでは、道路階層Bが主たる利用となるトリップ長の範囲が階層Cのそれよりも広いと仮定する。このことは $\theta_{AB} - 2\theta_{BC} > 0$ で確認できる。また、機能階層型道路ネットワークでは、主たる利用が階層Cとなるトリップ長の範囲が広すぎないと考えられる。これは θ_{BC} で確認できる。これより、 $\varphi > 0.33$ の分析データについて、 $\theta_{AB} - 2\theta_{BC}$ および θ_{BC} を変数とし、ウォード法を用いてクラスター分類する。図-5.7に、その結果を示す。各クラスターにおける分類に用いた2変数の平均値と標準偏差を表-5.2に示す。

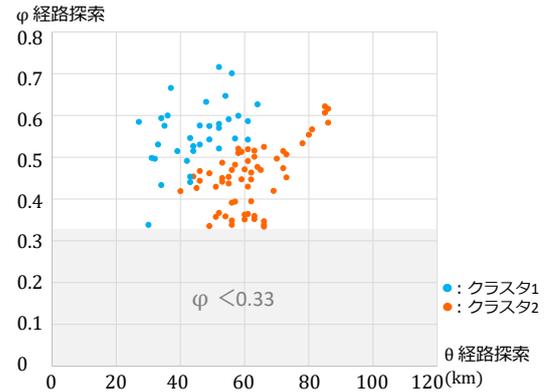
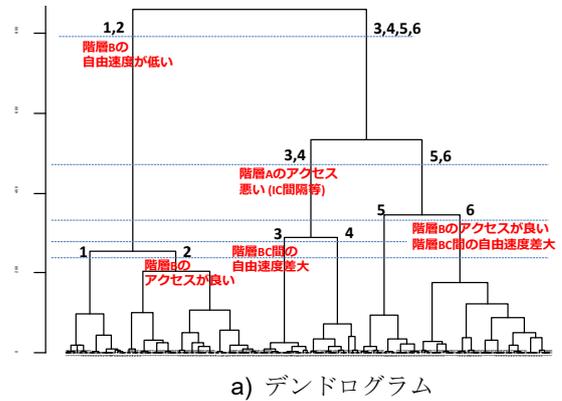


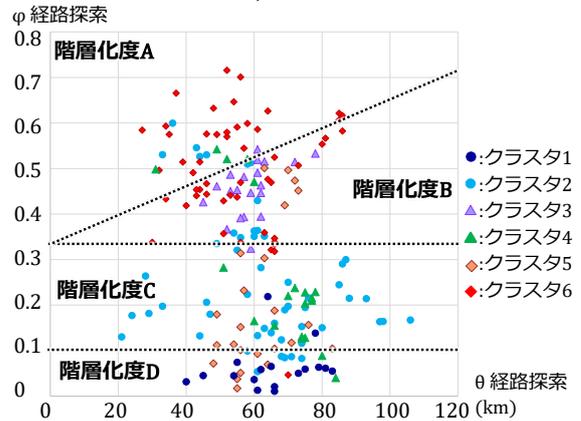
図-5.7 θ_{BC} 、 $\theta_{AB} - 2\theta_{BC}$ によるクラスター分類

表-5.2 各クラスターの θ_{BC} 、 $\theta_{AB} - 2\theta_{BC}$ 値

クラスターの変数		クラスタ 1	クラスタ 2
$\theta_{AB} - 2\theta_{BC}$	平均	36.6	-14.2
	標準偏差	13.2	22.2
θ_{BC}	平均	23.2	46.0
	標準偏差	8.3	8.5



a) デンドログラム



b) クラスター別散布図

図-5.8 仮想道路ネットワーク計算ケースの道路ネットワークと地域都市構造によるクラスター分類

クラスター1については、 $\theta_{AB} - 2\theta_{BC}$ が0より大きく、階層Bが主たる利用となるトリップ長の範囲が、階層Cのそれより長い。また θ_{BC} がクラスター2と比べて小さくなっている。つまり、クラスター1が、機能階層型道路ネットワークとして望ましい状態にあることを示している。このクラスターの特徴を踏まえ、階層化度の区分を行う。階層化度Cとの境界線であ

る $\varphi=0.33$ を縦軸の切片とし、各クラスターの的中率がほぼ等しくなるように境界線を設定すると、 $\varphi=3.4\times 10^{-3}$ 、 $\theta=0.33$ で区分することができる。図-5.6a)およびb)は、階層化度A、Bに区分されたケースの階層利用率曲線の重ね図の例である。図-5.6b)のケースについては、階層Bが主たる利用となるトリップ長の範囲が階層Cに比べ短くなっている。

次に、階層化度A～Dに区分される道路ネットワークや地域都市構造に関する特徴を確認する。仮想道路ネットワークの194の分析ケースを、それぞれの道路ネットワーク条件、地域都市構造に関する条件を変数とし、ウォード法を用いてクラスター分析を行う。図-5.8に、クラスター分析の結果を示す。図-5.8a)に示すデンドログラムより、最も大きなクラスターは、階層Bの自由速度の高低で分類されていることがわかる。一方、図-5.8b)に示す散布図においては、最も大きいクラスターであるクラスター1,2と、その他のクラスターが明確に分類されていない。これは、 (θ, φ) が、各道路階層の利用率から定まった位置であり、影響する変数もそれぞれの道路階層に対して異なるためであると考えられる。しかし、図-5.8b)より、クラスター1は階層化度D、クラスター3は階層化度Bというように、6分類したそれぞれのクラスターは、階層化度の分類A～Dに概ねあてはまる傾向がある。このため、クラスターと階層化度を対応させ、階層化度A～Dの道路ネットワーク条件や地域都市構造の傾向を把握する。

表-5.3に、階層化度とクラスター毎の道路ネットワーク条件や地域都市構造に関する変数の平均値の関係を示す。階層化度Aは、階層Aおよび階層Bがいずれも高水準で整備されており、その階層を利用しやすい道路ネットワークであるといえる。階層化度Bは、階層化度Aに比べて階層Aの利用がしにくい道路ネットワークであるといえる。階層化度Cは、階層Bの自由速度、延長率、アクセスのいずれかが不十分な道路ネットワークであるといえる。階層化度Dは、階層Bの自由速度、延長率、アクセスいずれも不十分な道路ネットワークであるといえる。

5.2 道路ネットワークの機能階層性の主観的評価

(1) 主観的評価の目的

道路ネットワークの機能階層性の評価には、5.1で示した客観的指標 (θ, φ) を用いて評価することとする。しかし、この評価が従来専門家らによって階層的と評価されている主観的評価と整合しうるのであることを確認しておくことも重要である。

そこで本節では、機能階層型道路ネットワークの検討に携わる研究者・実務者を対象に一对比較アンケートを実施し、複数の道路ネットワークケースを機能階層性の観点から優劣をつける。そして、アンケート調査実施ケースの客観的指標による評価結果と専門家らによる道路ネットワークの主観的評価結

表-5.3 階層化度とクラスター毎の道路ネットワーク条件、地域都市構造に関する変数*の平均値の関係

階層化度		A	B	C		D	
該当クラスター		6	3	5	2	4	1
階層 B 自由速度	km/h	80	80	80	37	45	37
		高	高	高	低	低	低
代表点～階層 B の距離 (逆数)	1/km	0.24	0.22	0.07	0.21	0.22	0.07
		近	近	遠	近	近	遠
階層 B 延長率	%	15	15	4	14	15	4
		高	高	低	高	高	低
階層 BC 間 自由速度差	km/h	34	42	46	6	0	2
		高	高	高	低	低	低
階層 A IC 間隔	km	13	35	17	18	29	19
		短	長	短	短	長	短

*デンドログラムの分岐に係る主要な変数を記載

果の整合性を確認することを目的とする。

(2) 一对比較アンケートの調査方法

本調査では、道路条件が異なる複数の道路ネットワークを一对比較アンケートで回答者に提示し、それぞれのネットワークに優劣をつけることで機能階層性評価を試みる。調査を一对比較法で行う理由は、回答者が、ネットワークケースに対して一つ一つ評価をすることが困難であると考えられるためである。一对比較法については、各ケースの優劣の判定のみ行うこととし、2ケース間の良し悪しの程度は問わない。よって、サーストンの一对比較法^{2),3)}を用いることとする。

第3章および第4章の分析と同様に、アンケート調査で提示する道路ネットワークの種類は、階層A、B、Cの3種類とする。しかし、アンケート調査票において階層A、B、Cと表現すると、それらの階層が持つべき機能をイメージさせてしまう恐れがあるため、道路A、B、Cと表現する。同様に、各道路階層の自由速度も、アンケートでは理解のし易さを考慮し「閑散時の旅行速度」と表現する。ケースごとに道路ネットワークの階層や、各道路階層の自由速度を変えてケース設定を行う。本アンケート調査においても通行料金は考慮せず、交通需要に伴う旅行速度の低下は考慮しない。

(3) 一对比較アンケート調査におけるケース設定方針

本調査では、短トリップから長トリップまで様々なトリップを考慮するため、規模の異なる2種類の道路ネットワークを用意する。以降、2つのネットワークをそれぞれ小規模ネットワーク、中規模ネットワークと呼ぶ。両ネットワークともに実在する地域の道路ネットワークを参考に作成する。これは、回答者にとってネットワークのイメージがしやすく回答しやすいと考えられるためである。

本調査では、予めいくつかのODを設定し、そのOD

表-5.4 小規模ネットワークのアンケートケース

種類	case	caseの概要			
		道路ネットワーク	自由速度(km/h)		
			階層A	階層B	階層C
1a	1-1	現況	100	80	40
	1-2		100	60	40
	1-3		100	50	40
	1-4	外環状	100	80	40
	1-5		100	60	40
	1-6		100	50	40
	1-7	内環状放射	100	80	40
	1-8		100	60	40
	1-9		100	50	40
1b	1-10	現況	100	70	40
	1-11		80	60	30
	1-12(=3)		100	50	40
	1-13	中心BP	100	60	40
	1-14		80	50	40
	1-15		100	70	30
	1-16	並行BP	100	50	30
	1-17		80	70	40
	1-18		100	60	40
1-19(=9)	内環状放射	100	50	40	

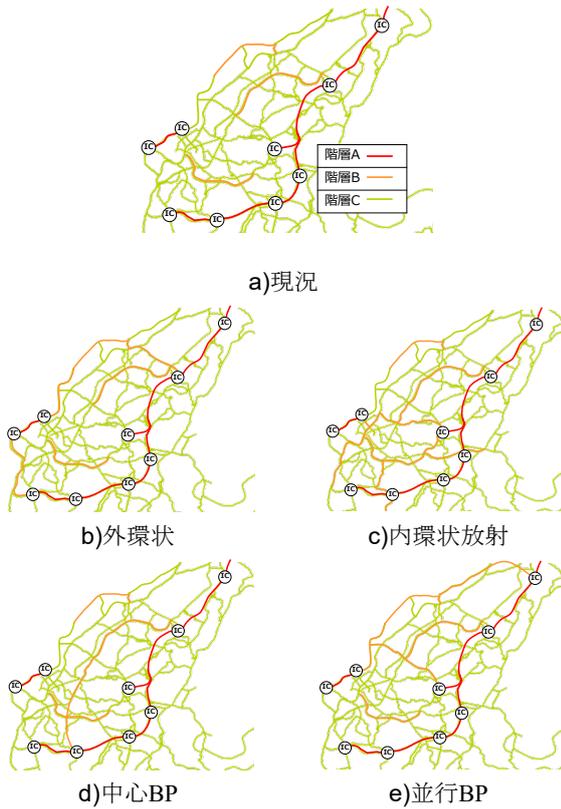


図-5.9 小規模ネットワークの道路ネットワーク

により道路ネットワーク全体を評価することとする。これは、機能階層性の観点からの評価を初めて行う回答者に道路ネットワークのみを提示し、ネットワーク内でのあらゆるODを想定させて回答させることは困難であると考えられるためである。上記2つのネットワークに対してトリップ長の異なるいくつかのODを設定し、ODごとに各ネットワークケースの対比較を行う。集計する際は、各対においてすべてのODに対する回答を合計し、それを道路ネットワーク全体の評価値として扱うこととする。

(4) 小規模ネットワークのアンケートケース

小規模ネットワークでは、道路ネットワークと自由速度の違いによる機能階層性への影響の機微に着目するため、アンケートを2回(1a,1b)に分け、様々なバリエーションのネットワークケースを作成する。道路ネットワークについては、図-5.9に示すように、現況と、階層Bの整備方法を変えた4種類を設定する。自由速度についてはアンケート1aでは階層Bのみ3パターン用意し、階層A, Cは固定することとする。一方、アンケート1bでは、階層A, Cを含めた全体の自由速度のバランスに着目するため、各階層の自由速度を2,3パターン用意し、道路ネットワークと自由速度を組み合わせたケースを実験計画法によって作成する。表-5.4にアンケートケースの一覧を示す。

ODについては、ネットワークスケールがおおよそ20 kmであることを考慮し、8~18 kmほどの短・中トリップに着目したケースをそれぞれ2, 3種類設定する

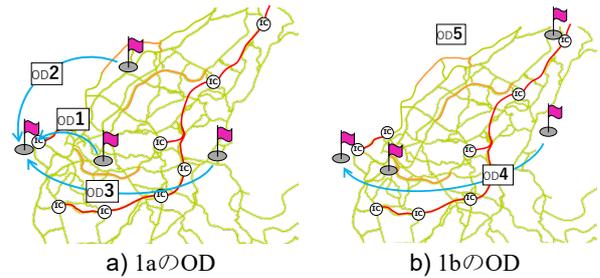


図-5.10 小規模ネットワークで設定したOD

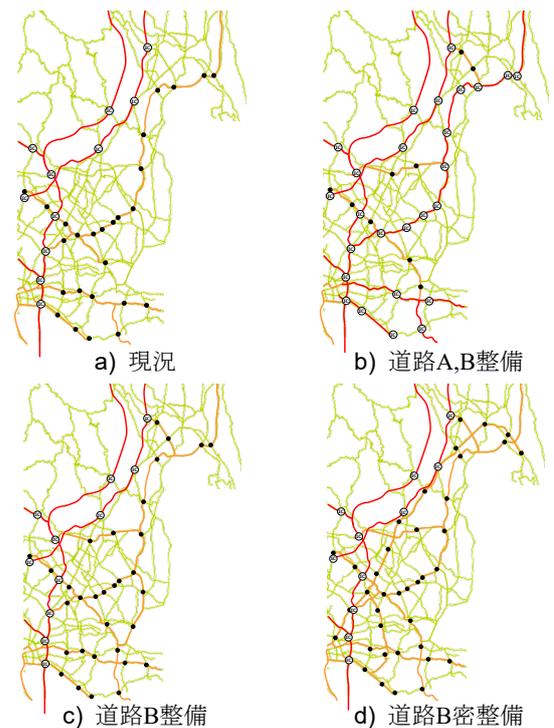


図-5.11 中規模ネットワークの道路のネットワーク

こととする。図-5.10に、各アンケートで設定したODの位置を示す。アンケート1aではOD1~3の3種類、アンケート1bではOD4~5を設定する。

(5) 中規模ネットワークのアンケートケース

中規模ネットワークについては、比較的規模が大きいことから、階層Aも含めた道路ネットワークの違いによる機能階層性への影響に着目する。各階層の自由速度を固定し、道路ネットワークの階層A、Bの整備パターンが異なる4ケースを作成する。道路ネットワークは図-5.11に示すように、現況と、道路階層や整備の異なる3ケースを設定する。表-5.5に、アンケートケースの一覧を示す。ODについても図-5.12に示すように、スケールを考慮して様々なトリップ長によるODケース1~6の6種類を設定する。

(6) アンケート結果の集計方針

アンケート結果の集計は、サーストンの一対比較法および既往の分析手法に基づき、次のように行う。

- ・各対につき各ODケースの回答数を合算し、道路ネットワークケース全体の回答数とする。
- ・各対の回答数を全回答数で除すことにより、各対の選択率を求める。
- ・選択率の標準正規分布の累積分布関数の逆関数を求める。ここで、選択率が0もしくは1の場合、標準正規分布の逆関数はそれぞれ $-\infty$ 、 $+\infty$ となってしまう。そこで本研究では、山本ら⁴⁾の手法に則り、 $-\infty$ を -4.35 、 $+\infty$ を $+4.35$ と補正する。
- ・上記の算出値の平均を取り、各道路ネットワークの尺度値とする。

尺度値はアンケートごとに算出されるものであり、各アンケートによって尺度値のスケールが異なる。1aと1bについては、両アンケートで設定した共通のケース(case 1-3と1-12, case 1-9と1-19)の尺度値に着目し、片方のケースの尺度値を両アンケート間で揃えたのち、もう一方のケースの尺度値との値の差が一致するようにアンケート1bの尺度値を補正する。これより、アンケート1aおよび1bの尺度値の序列を設定する。

(7) アンケートの説明文及びアンケートの対象者

本調査では、道路ネットワークケースの優劣を機能階層性の観点から判断することとなる。しかし、機能階層性を回答者がどのように考えているかを把握するために行うことから、機能階層性についての説明は行わない。これを踏まえて、アンケートの冒頭に提示する調査の概要・目的は以下のとおりとした。

「本アンケートでは、3種類の道路で構成される道路ネットワークケースを2つ並べて提示します。それらの道路ネットワークで"閑散時"における出発地から目的地までの移動(トリップ)を考えた際に、「道路の機能階層的利用」という観点から提示した2つのケースに優劣をつけ、道路ネットワークの機能階層化の程度(階層化度)を把握することを目的としてい

表-5.5 中規模ネットワークのアンケートケース

case	caseの概要			
	道路ネットワーク	自由速度(km/h)		
		階層 A	階層 B	階層 C
1-1	現況	100	70	40
1-2	階層 A&B 整備	100	70	40
1-3	階層 B 整備	100	70	40
1-4	階層 B 密整備	100	70	40

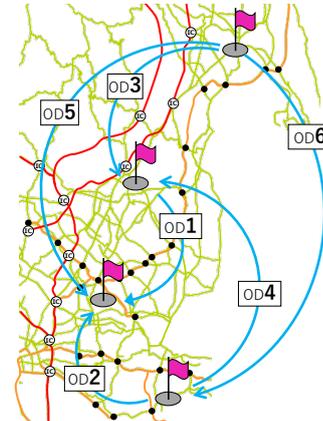


図-5.12 中規模ネットワークで設定したOD

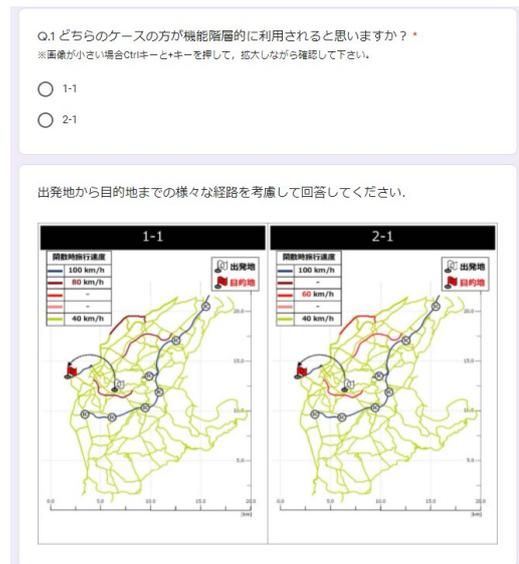


図-5.13 オンラインアンケート調査画面の例 (Google Forms)

表-5.6 アンケートの実施期間・回答数

分類	OD	アンケート調査実施期間	回答数 (うち女性)	平均年齢 (歳)
1a	1	2021.8.13(金)	27(3)	44
	2	~	27(3)	44
	3	2021.8.31(火)	27(3)	44
1b	4	2021.11.12(金)	23(3)	42
	5	~ 2021.11.30(火)	20(3)	43
2	1	2021.12.14(火) ~ 2021.12.28(火)	22(2)	44
	2		21(2)	44
	3		20(2)	45
	4		20(1)	44
	5		21(2)	44
	6		22(2)	44

ます。」

そして、アンケート画面では、図-5.13に示すように、「どちらのケースの方が機能階層的に利用されると思いますか?」の質問文のもと、2つの道路ネットワークケース図を並べて提示し、機能階層的に利用されると思われるケースを選択してもらう。また、「出発地から目的地まで様々な経路を考慮して回答してください。」と記述し、提示したOD間を軸としてネットワーク全体の評価を促す。また、アンケートの最後には、「今回の一対比較の回答を決める際に、何が最も強い影響を与えましたか?」と記述し、どのような観点で回答を選択したかを問うこととする(アンケート2のみ実施)。

オンラインアンケート調査画面はGoogle Formsを用いて作成し、機能階層型道路ネットワークの検討に携わる研究者・実務者として、(一社)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グループ」および建設コンサルタンツ協会「設計システムWG」のメンバーの方々にオンライン配布し、回答に協力いただいた。

(8) 主観的評価結果

表-5.6に、各アンケートの実施期間、回答数、回答者の属性を示す。すべての回答において記入漏れや無効な回答はないことを確認したため、これらを有効回答として扱う。

表-5.7に、小規模ネットワークの尺度値の序列を示す。自由速度の条件が同じ場合、道路ネットワークの序列に着目すると、内環状放射、中心BP、並行BP、外環状、現況といった順となった。現況のネットワークよりも整備を行ったネットワークの尺度値が高いといえる。特に上位2つの内環状放射、中心BPのケースは、ネットワークの内側へのアクセスを向上させたものであり、これらのケースの尺度値が高い理由は、ネットワークを直線的に横断するような経路が選択できることが影響しているためであると考えられる。また道路ネットワークが同じ場合、各階層の自由速度に着目すると、全体的に各階層の自由速度が高いケースほど尺度値も大きい傾向がみられる。これより、道路ネットワークの機能階層性の評価には、道路ネットワークの整備や、自由速度の高さが重視されていることがわかる。

表-5.8に、中規模ネットワークの4ケースの尺度値の序列を示す。序列は、低いものから順番にcase 2-1, 2, 3, 4の順となった。小規模ネットワークと同様、現況で尺度値が低く、道路整備を行った残りの3ケースで尺度値が高くなっている。現況ケースの尺度値は他と比べ極端に小さいことから、道路整備量の少なさや道路間の接続の悪さが影響したと考えられる。現況以外の3ケースに着目すると、階層Aを整備したcase 2-2より階層Bを整備したcase 2-3, case 2-4の尺度値が高い。つまり、機能階層性の向上には、自由速度の高い上位階層の整備より、中位階層の整備が重視されることがわかる。また、case 2-3とcase 2-4における階層Bの整備に着目すると、case 2-4では、case 2-3より階層Bの整備量が多いだけでなく、発生集中点

表-5.7 小規模ネットワークにおける尺度値

case	case の概要				尺度値
	道路ネットワーク	自由速度(km/h)			
		階層 A	階層 B	階層 C	
1-7	内環状放射	100	80	40	1.29
1-8	内環状放射	100	60	40	1.29
1-13	中心 BP	100	60	40	1.24
1-18	並行 BP	100	60	40	1.23
1-15	中心 BP	100	70	30	1.04
1-5	外環状	100	60	40	0.96
1-4	外環状	100	80	40	0.86
1-10	現況	100	70	40	0.11
1-9,19	内環状放射	100	50	40	0.00
1-17	並行 BP	80	70	40	-0.39
1-16	並行 BP	100	50	30	-0.57
1-1	現況	100	80	40	-0.77
1-6	外環状	100	50	40	-0.77
1-2	現況	100	60	40	-0.98
1-14	中心 BP	80	50	40	-1.79
1-3,12	現況	100	50	40	-1.87
1-11	現況	80	60	30	-2.26

表-5.8 中規模ネットワークにおける尺度値

case	case の概要				尺度値
	道路ネットワーク	自由速度(km/h)			
		階層 A	階層 B	階層 C	
2-4	階層 B 密整備	100	70	40	0.72
2-3	階層 B 整備	100	70	40	0.36
2-2	階層 A&B 整備	100	70	40	0.30
2-1	現況	100	70	40	-1.37

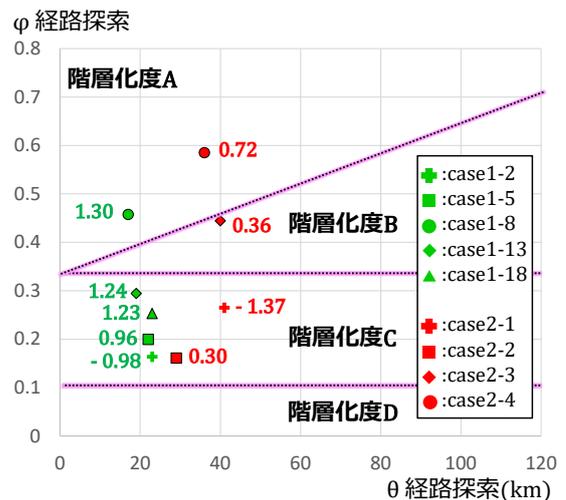


図-5.14 客観的指標による階層化度の区分と主観的評価結果

から階層Aまでの区間に階層Bが整備されており、その尺度値も高くなっている。つまり、発生集中点から徐々に利用階層が上がるネットワークの評価が高くなっており、機能階層性の評価には、トリップに応じた道路利用が重視されていることがわかる。

(9) 客観的評価と主観的評価の関連分析

次に、5.1で定めた客観的指標(θ, φ)に基づく階層化度の区分とアンケートで得られた尺度値との関係について分析する。

客観的指標については、アンケート設定ケースの条件に合わせて、経路探索を行って算出する。アンケートケースは実在するネットワークを基に作成している。経路探索を行う際の発生集中点の評価値については、実在するネットワークにある拠点施設の情報を基に、3.3の考え方を適用して設定する。

図-5.14に、アンケート調査による尺度値と客観的指標(θ, φ)の関係を示す。図中の緑色で示した点が小規模ネットワーク、赤色で示した点が中規模ネットワークを対象としたものである。小規模ネットワークについては、ネットワークの違いを見るため、全17ケースのうち、各階層の自由速度が同じ5ケースを表示している。小規模ネットワーク、中規模ネットワークいずれにおいても、客観的指標による評価結果の序列と尺度値の序列が、階層化度の評価区分レベルで一致していることがわかる。

しかしながら、同じ階層化度として区分されたケースの尺度値と客観的指標の関係をみると、評価の序列が整合していないケースもある。例えばcase2-1とcase2-2に着目すると、客観的指標でいえばcase2-1の評価が高いが、尺度値ではcase2-2が高くなっている。これらの違いを確認するため、各ケースの指標値を確認する。

図-5.15に、case2-1とcase2-2の階層利用率曲線の比較図を示す。濃い色で示したcase2-2については、階層Aの整備量が多く、薄い色で示したcase2-1の現況ケースに比べ、階層Aの利用率曲線が左側にある。すなわち、短いトリップ長においても階層Aが利用されることを示す結果となっており、客観的指標においては機能階層性が低いこととなる。一方、一対比較アンケート調査結果については、現況ケースであるcase2-1に比べて階層Aの整備量が多いcase2-2の尺度値が高くなっている。このアンケートでは、ある拠点間に着目しネットワークの違いから優劣を判断させている。そのため、アンケート結果には特定の拠点間における移動機能の性能が影響していると考えられる。表-5.9に、一対比較における回答選択の観点に関する集計結果を示す。回答者は、機能階層性が高い道路ネットワークとして、OD間の移動時における所要時間の短さや上位階層の利用の多さ、各階層の道路整備のバランスなどを重視していることがわかる。尺度値は、個々のODに対して幅広い視点から機能階層性を評価した結果をネットワーク全体で積み上げたものである。このため、ネットワーク全体の機能階層性を表現する客観的指標による評価と、アンケートの尺度値による評価は、必ずしも一致しない。

表-5.10に、case1の尺度値と、各々の客観的指標との重回帰分析結果を示す。決定係数が0.235と低いことから、尺度値は客観的評価指標のみで表現され

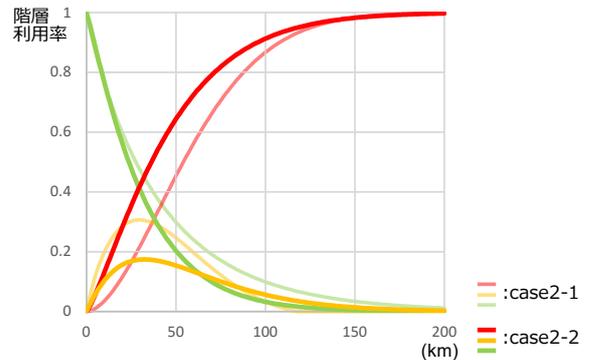


図-5.15 階層利用率曲線の比較(case2-1,2-2)

表-5.9 一対比較における回答選択の観点(アンケート2)

選択肢	回答数
OD間に対し複数の経路を想定した時の平均旅行時間	6
OD間の最短経路における旅行時間	1
OD間の最短経路における道路A,Bの割合	6
ネットワーク全体に対する各道路の道路延長のバランス	6
トリップ長に応じて利用する道路を使い分け(差別化)できること	3

表-5.10 尺度値の推定結果

変数	係数
θ	-7.43×10^{-2}
φ	5.05×10^0
定数項	1.63×10^{-1}
調整済み決定係数	0.235
モデル推定利用ケース	17

るものではないことがわかる。なお、case2については、取得されたデータが4サンプルと少ないことから重回帰分析は実施しない。

以上より、客観的指標(θ, φ)による階層化度評価の序列は、専門家らの主観的評価と必ずしも完全には一致しないものの、階層化度の評価区分レベルでは整合していることから、本研究では、道路ネットワークの機能階層性を客観的指標(θ, φ)を用いて評価することとする。

5.3 まとめ

本章では、4章で選定した道路利用特性指標である階層利用率曲線の交点を用い、道路ネットワークの機能階層性を評価する手法を提示した。

階層利用率曲線の重ね図からその特徴を整理し、重ね図から得られる交点の位置($\theta, f(\theta)$)より定めた客観的指標(θ, φ)を用いて、図-5.5に示した階層化度を4段階で評価する方法を提案した。次に、この客観的指標による階層化度の評価方法が、機能階層型道路ネットワークの検討に携わる専門家らによる主観的評価と整合し得るものかを確認するため、道路ネットワークの一対比較アンケートを実施した。その

結果, アンケート実施ケースの客観的指標による評価結果の序列と, 専門家らの評価結果の序列が, 階層化度の評価区分レベルで一致することが確認された. 以上より, 本研究では, 道路ネットワークの機能階層性を, 客観的指標(θ , φ)を用いて評価することとする.

第5章の参考文献

- 1) 帆足元, 家田仁: 日本におけるインターチェンジ設置間隔に関する分析的研究, 交通工学論文集, 第3巻, 第4号(特集号A), pp.A_54-A_63, 2017.4.
- 2) 大賀泰文, 辻本武士, 田畑洋二, 岡田博和, 勝真康行, 藪内安成, 前田要, 宇山茂樹, 弓場忍, 岡田俊正: X線写真の主観的評価法-Thurstoneの一对比較法による尺度化の試み-, 日本放射線技術学会雑誌, 第45巻, 第7号, 1989.7.
- 3) 坂本佳樹, 久留島隆史, 上田樹美, 石井裕剛, 下田宏, 望月里香, 渡辺昌洋: 回答時間を用いた一对比較法の精度向上に関する研究, ヒューマンインターフェースシンポジウム2019, pp.657-664, 2019.
- 4) 山本直成: 一对比較法における不完備行列の計数処理, 大阪市立大学家政学部紀要, 第15巻, pp.47-52, 1967.

第6章 階層化度を用いた道路ネットワークの評価

6.1 道路利用特性指標のモデル化

本章では、第5章で提案した階層化度の評価手法を、実務者が任意の地域で経路探索を行うことなく簡便に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階層利用率曲線の交点($\theta, f(\theta)$)の推定モデルを構築する。

(1) モデルの考え方

階層化度の評価区分では、値の解釈のし易さから θ と $\varphi (= 1 - 2f(\theta))$ を用いたが、ここでは便宜上、階層利用率曲線の交点($\theta, f(\theta)$)を対象として推定モデルを構築する。これは、($\theta, f(\theta)$)がAとCの階層利用率曲線の交点であり、モデル推定値に影響を与える要因に関する考察がし易いためである。

本モデルで用いる説明変数は、道路ネットワーク条件、地域都市構造に関するものであり、かつ実務において容易に入手可能なデータを基に設定できるものでなければならない。モデルの構築には、5.2で挙げた仮想道路ネットワークの検討ケース194ケースを用いる。

最初に、 $\theta, f(\theta)$ と道路ネットワーク条件、地域都市構造に関する変数との相関関係を確認する。表-6.1に示すとおり、 θ には、発生集中点から階層Aまでの距離の加重平均値の逆数や、階層Aの自由速度、 $f(\theta)$ には、階層Bの延長率、発生集中点から階層Aまでの距離の加重平均値の逆数の相関が高くなっている。ここで、発生集中点から階層Bまでの距離の加重平均値で逆数を用いているのは、距離が近いほど指標値が高くなることを表現するためである。

次に、相関係数が高い変数と $\theta, f(\theta)$ の関係を確認する。図-6.1に、階層Aの自由速度と θ の関係を示す。階層Aの自由速度が高いほど、 θ が小さくなっている傾向が見られる。これは、階層Aの自由速度が高いほど、短いトリップでも階層Aが利用し易くなり、ネットワーク全体の階層Aの利用率が高くなるためであると考えられる。図-6.2に、発生集中点から階層Aまでの距離の加重平均値の逆数と θ の関係を示す。階層Aまでの距離が近いほど、 θ が小さくなる傾向が見られる。これは、階層Aが利用されやすくなるた

表-6.1 各変数と $\theta, f(\theta)$ との相関

分類	変数	R	
		θ	$f(\theta)$
道路ネットワーク条件	階層A道路延長率 RL_A [%]	.160	-.016
	階層B道路延長率 RL_B [%]	-.172	-.657
	階層A自由速度 V_A [km/h]	-.480	-.277
	階層B自由速度 V_B [km/h]	-.227	-.562
	階層C自由速度 V_C [km/h]	.125	-.125
	階層AB間自由速度差 ΔV_{AB} [km/h]	-.107	.370
	階層BC間自由速度差 ΔV_{BC} [km/h]	-.311	-.534
	階層IC間隔 s_{JA} [km]	.317	-.089
地域都市構造	発生集中点～階層Aの距離の加重平均値(逆数) $1/d_A$ [1/km]	-.658	-.014
	発生集中点～階層Bの距離の加重平均値(逆数) $1/d_B$ [1/km]	-.440	-.567
	発生集中点～階層Aの距離の標準偏差 s_A [km]	.352	.128
	発生集中点～階層Bの距離の標準偏差 s_B [km]	.148	.600

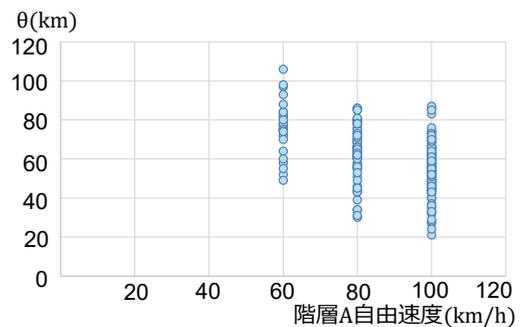


図-6.1 階層 A の自由速度と θ の関係

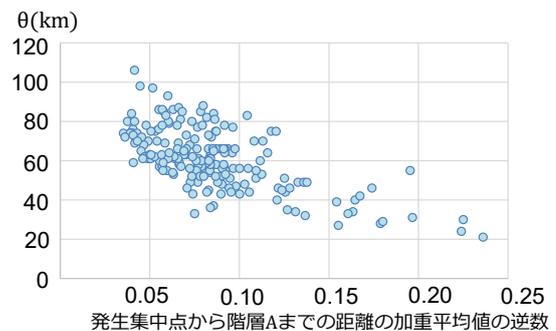


図-6.2 発生集中点から階層 A までの距離の加重平均値の逆数と θ の関係

め、階層A, Cの利用率曲線の交点のトリップ長も短くなるためと考えられる。図-6.3に、階層Bの延長率と $f(\theta)$ の関係を示す。階層Bの延長率が高いほど $f(\theta)$ が小さくなっている。これは、延長率が高いほど、階層Bの利用がし易くなり、階層A, Cの利用率が下がるためと考えられる。図-6.4に、発生集中点から階層Bまでの距離の加重平均値の逆数と $f(\theta)$ の関係を示す。これより、この距離が近くなるほど、 $f(\theta)$ が小さくなっている。これは、階層Bに近いほど利用がし易くなり、階層A, Cの利用率が下がるためであると考えられる。

(2) モデル構築

(1)の結果を基に、 θ , $f(\theta)$ を被説明変数とし、表-6.1に示す道路ネットワーク条件や地域都市構造を説明変数とした式(6.1), (6.2)に示す線形重回帰モデルを推定する。

$$\theta = c_0 + c_1u_1 + c_2u_2 + \dots + c_mu_o \quad (6.1)$$

$$f(\theta) = c'_0 + c'_1u'_1 + c'_2u'_2 + \dots + c'_mu'_o \quad (6.2)$$

ここに、 u_o は θ の説明変数($o=1, \dots, q$), $c_m(m=0, 1, \dots, p)$ は各説明変数の係数、 u'_o は $f(\theta)$ の説明変数($o'=1, \dots, q'$), $c'_m(m'=0, 1, \dots, p')$ は各説明変数の係数、である。説明変数 u_o , u'_o については、表-6.1の中から変数間の多重共線性、係数の符号条件、t値を総合的に考慮して絞り込んだ。

表-6.2に、重回帰分析結果を示す。 $f(\theta)$ については、階層BC間の自由速度差の影響が最も強く、続いて階層Bの延長率、発生集中点から階層Aまでの距離の標準偏差、発生集中点から階層Bまでの距離の加重平均値の逆数の順となっている。階層Bに関する変数については、階層Bの整備量や自由速度、アクセスが向上すると $f(\theta)$ の値が小さくなる。階層Aに関する変数については、階層A迄の距離が近く、その距離が発生集中点によってばらつく場合に $f(\theta)$ の値が大きくなる。つまり、階層Aが利用し易いネットワークでは、3階層の利用のバランスが保たれないことを意味している。 θ については、階層A迄の距離の影響が最も強く、続いて階層Aの自由速度、階層Cの自由速度となっており、階層Bの変数よりも影響が大きい。以上より、 θ については、階層Aや階層C、 $f(\theta)$ については階層Bの影響が強く、それぞれ特徴が異なっていることがわかる。

図-6.5a)に θ の推定結果、図-6.5b)に $f(\theta)$ の推定結果をそれぞれ示す。両指標値とも、経路探索と推定値のずれが概ね2割程度に収まっていることがわかる。

6.2 実道路ネットワークにおける道路利用特性指標のモデル検証

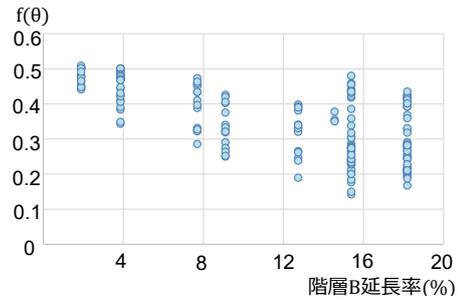


図-6.3 階層Bの延長率と $f(\theta)$ の関係

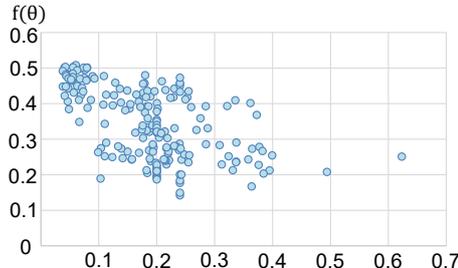


図-6.4 発生集中点から階層Bまでの距離の加重平均値の逆数と $f(\theta)$ の関係

表-6.2 重回帰分析結果

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)
地域都市構造	階層IC間隔 s_{JA} [km]	—	-1.43×10^{-3} (-2.69)
	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

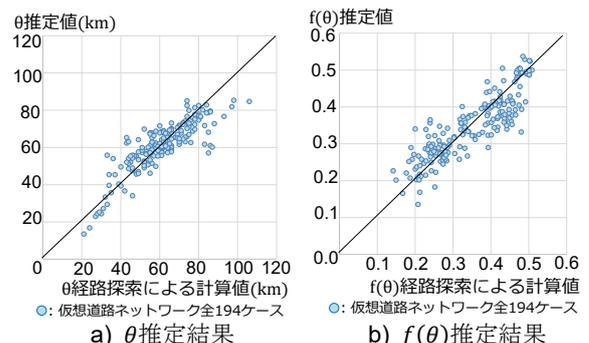


図-6.5 仮想道路ネットワークによるモデル推定結果

作成したモデルの実務での適用性を確認するため、実道路ネットワークを用いて検証を行う。まず、実道路ネットワークの範囲における道路ネットワーク条件や地域都市構造の抽出方法を整理する。そして、経路探索により算出した指標 θ , $f(\theta)$ と、モデル推定値の比較検証を行う。

(1) 実道路ネットワークの計算ケースおよび計算条件

検討対象は、愛知東部、静岡西部、沖縄南部の3圏域とする。仮想道路ネットワークの場合と同様に、各圏域で分析対象範囲と隣接地域を設定する。分析対象範囲は都市雇用圏をベースに設定する。

沖縄南部については、比較的規模が小さいため、那覇・浦添大都市雇用圏、沖縄都市雇用圏、および近傍の金武町、恩納村、読谷村を分析対象範囲、名護都市雇用圏を隣接地域と設定する。静岡西部については、浜松大都市雇用圏を分析対象範囲、豊橋大都市雇用圏、島田大都市雇用圏、掛川都市雇用圏を隣接地域と設定する。愛知東部については、都市雇用圏の境界が複雑であるため、都市雇用圏によらず設定する。名古屋市を除く範囲で、東名高速道路、新東名高速道路より南側の地域を分析対象範囲と設定する。隣接地域として、名古屋市、豊田市、豊明市、湖西市、浜松市を設定する。

上記の3圏域について、現状、および道路階層Bを整備した対策案を設定する。愛知東部については、さらに、拠点配置などを見直したケースを設定する。表-6.3に、設定したケース一覧を示す。また、図-6.6に愛知東部の各ケースの概要図を示す。静岡西部、沖縄南部については巻末の付録に収録する。

各圏域における現状の道路階層、自由速度等の道路ネットワーク条件、各ゾーンの特徴量、施設分布状況等の地域都市構造に関する情報については、第2章で述べた考え方にに基づき整理する。対策案としては、自由速度や交差形式を仮定する。道路階層Bを新設、もしくは階層Cからアップグレードした区間の自由速度については70 km/hと仮定する。また、それらの区間における階層Cとの交差点部については立体化を想定し、階層Bの本線直進交通の信号遅れはないものとする。対策案のうち、拠点施設の配置を見直したケース(case1-3)については、ゾーンの集約に伴う拠点の評価値および代表点の見直しを行う。

(2) 実道路ネットワークにおける経路探索結果

(1)の計算条件の下で経路探索を行って階層利用率曲線を推定し、道路階層AとCの曲線の交点(θ , $f(\theta)$)を算定する。図-6.7に、愛知東部における現況(case1-1)および対策ケース(case1-2, 1-3)の経路探索に基づく階層利用率曲線を示す。ここで、図中に示した点は、全ODのうちその重みが95パーセント以上であるODについての階層AおよびCの利用率である。図-6.7a)に示す現状(case1-1)においては、 $f(\theta)=0.41$ であり、階層Bの利用率がどのトリップ長

表-6.3 検討地域のケース概要

圏域	case	概要
愛知東部	1-1	現状
	1-2	階層Bを整備 約40km (蒲郡BP, 浜松三ヶ日豊橋道路等) 階層Bへアップグレード 約75km (IC, 空港へ連絡する道路等)
	1-3	case1-2の道路整備案をベース 2市において、各2ゾーンをそれぞれ1ゾーンに結合し、発生集中点が階層B付近となるよう拠点施設を移転
静岡西部	2-1	現状
	2-2	階層Bへアップグレード 約100km (浜松市中心部の環状道路, 中心部からICへ連絡する道路等)
沖縄南部	3-1	現状
	3-2	階層Bへアップグレード 約25km (沖縄自動車道の内側の環状道路等)

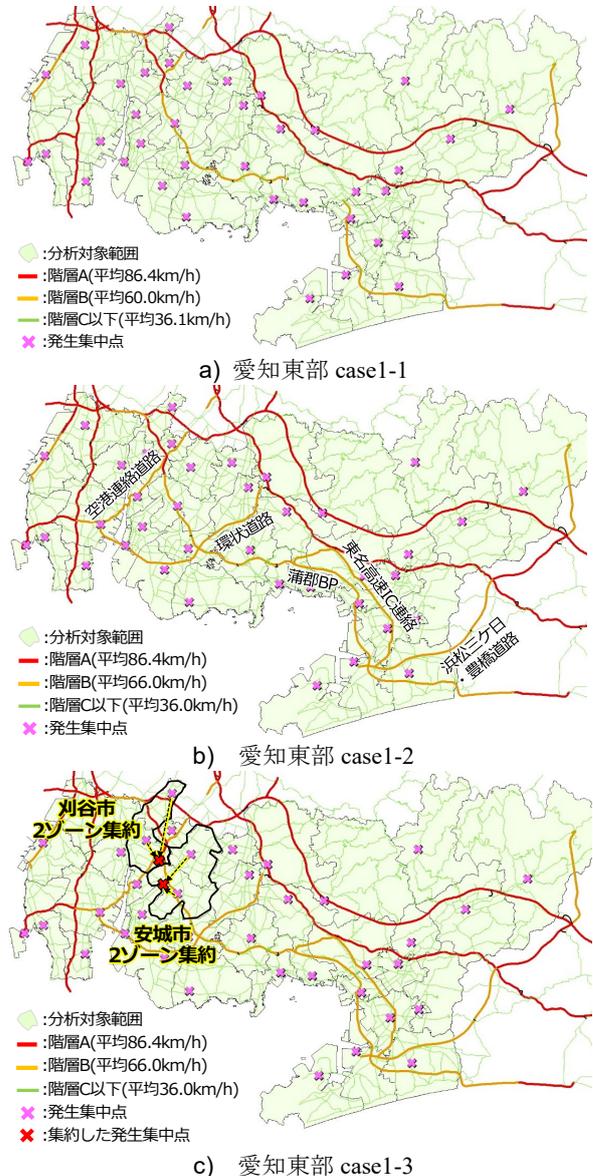


図-6.6 愛知東部のケース概要図

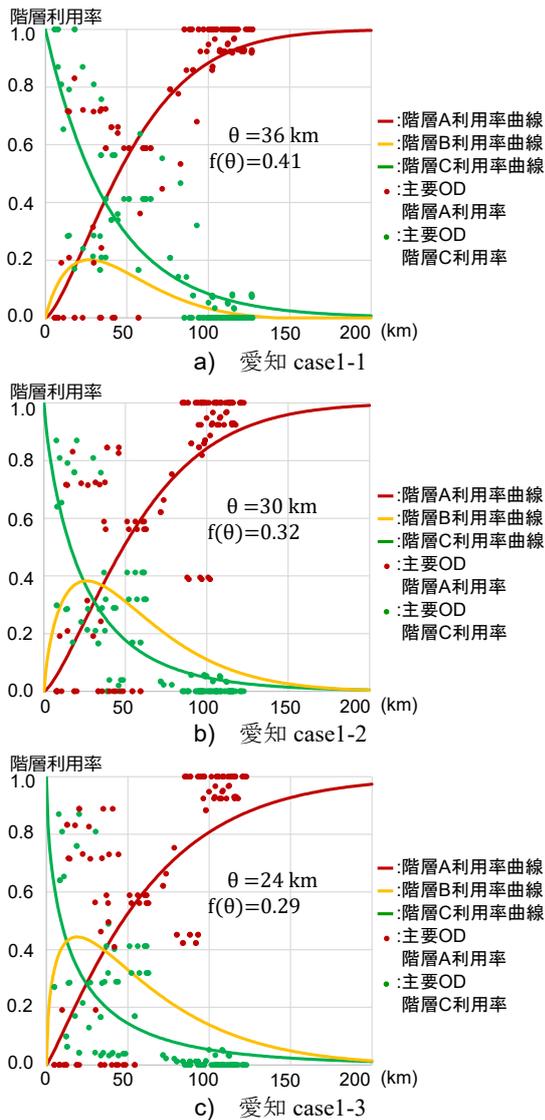


図-6.7 経路探索に基づく階層利用率曲線(愛知東部)

においても卓越しない。図-6.7b)に示す対策案(case1-2)については、 $f(\theta)=0.32$ まで下がっている。これは、トリップ長が50 km未満であるODの階層Cの利用率が下がっているためである。つまり、階層Bの整備に伴い、階層Cから階層Bへの利用の転換が図られたためと考えられる。また、トリップ長が50kmより長いODの階層A利用率は、現況に比べて下がっている。これは、階層Aに依存していたODが階層Bの整備に伴い転換したためと考えられる。交点のx座標である θ については、対策案により階層C、階層Aからそれぞれ階層Bに利用率がシフトしたため、現況から大きく変わっていない。図-6.7c)に、対策案(case1-3)の階層利用率曲線を示す。図-6.7b)の対策案(case1-2)に比べ、 $f(\theta)$ の位置がさらに下がっている($f(\theta)=0.29$)。これは、集約した発生集中心が階層B付近に位置したことにより、階層A利用率が下がったことが要因の一つと考えられる。

静岡西部、沖縄南部に関する経路探索結果については巻末の付録に収録する。いずれの地域も対策実施により道路利用特性指標に変化が確認された。

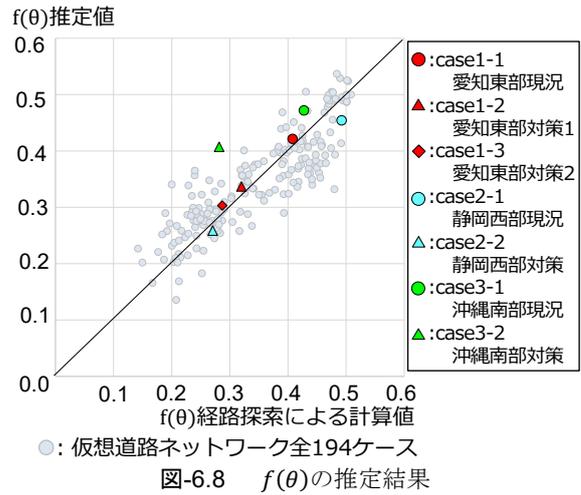


図-6.8 $f(\theta)$ の推定結果

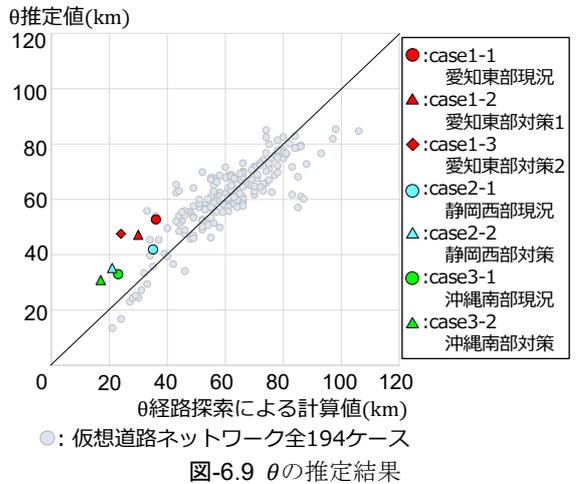


図-6.9 θ の推定結果

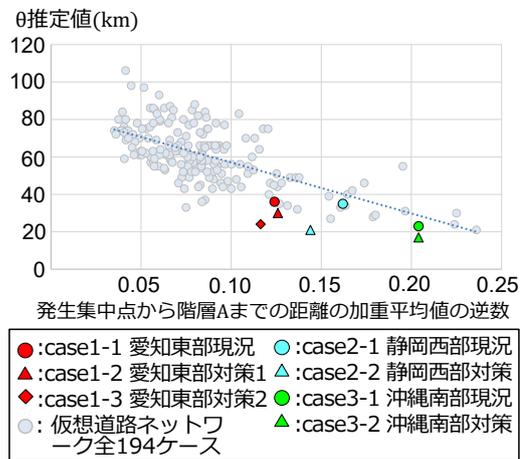


図-6.10 発集点～階層 A 迄の距離の加重平均値の逆数と θ の関係(仮想道路ネットワークと実道路ネットワーク)

(3) モデルの検証

(2)で得られた実道路ネットワークの経路探索結果($\theta, f(\theta)$)と、推定モデルを用いた $\theta, f(\theta)$ の推定結果を比較する。

図-6.8に、 $f(\theta)$ のモデル検証結果を示す。実道路ネットワークの推定値は沖縄南部の対策caseを除き、

概ね経路探索結果に近い結果となっている。沖縄南部の対策ケース(case3-2)については、経路探索結果より推定値が高く、推定値では対策による感度が弱いといえる。これは、case3-2の対策箇所が分析対象範囲に対して限定的であるため、モデル推定では、その効果が平準化されたと考えられる。

図-6.9に、 θ のモデル検証結果を示す。実道路ネットワークの推定値は、経路探索結果より全体的に高くなっている。これは、説明変数の中で最も影響が強い発生集中点から階層Aまでの距離の逆数において、実道路ネットワークのデータに偏りがあるためである。図-6.10に、発生集中点から階層Aまでの距離の逆数と、 θ の関係を示す。実道路ネットワークのケースについては、いずれもこの距離が比較的近くなっており、同程度の距離である仮想道路ネットワークケースと比べて θ の値が小さくなっている。このため、実道路ネットワークの推定値が経路探索結果よりも大きくなったと考えられる。また、発生集中点から階層Aまでの距離が短い仮想道路ネットワークのケース数は、距離が長いケースと比べて少ないが、これは、階層Aまでの距離が短いと階層利用率曲線の推定精度が下がり、検討ケースから除外されるためである。 θ については、推定値が経路探索結果より大きく出ているものの、階層化度の判定においては安全側に推定されていることから、本研究では当モデル(表-6.2)を用いることとする。

以上より、6.1で設定した θ 、 $f(\theta)$ のモデルを用いて階層化度の評価を行うこととする。

6.3 機能階層型道路ネットワーク計画の立案手法

ここでは、第5章で設定した階層化度の評価区分を用い、任意の圏域で機能階層型道路ネットワーク計画を立案する方法を検討する。

(1) 検討手順

図-6.11に、機能階層型道路ネットワーク計画の検討フローを示す。まず、検討対象とする圏域の道路ネットワークを3階層で検討すべきかを確認する。主要都市や道路ネットワークが面的に広がっていない圏域では、3階層による検討の対象外とする。3階層の検討が必要な圏域においては、階層化度の目標を設定し、図-6.12に示すフローに従い階層化度を照査する。そして、階層化度が目標に達しない場合には、道路ネットワークや拠点配置などに関する改善案を検討する。これより、変更された条件を整理し、再度階層化度の評価を行う。この照査手順を繰り返し、目標達成に向けて道路計画を立案する。

(2) 改善案の検討

階層化度を目標とする水準まで引き上げるための改善案を検討するには、図-6.13に示す階層化度の区分の基となる θ 、 φ の影響要因に着目すると効果が

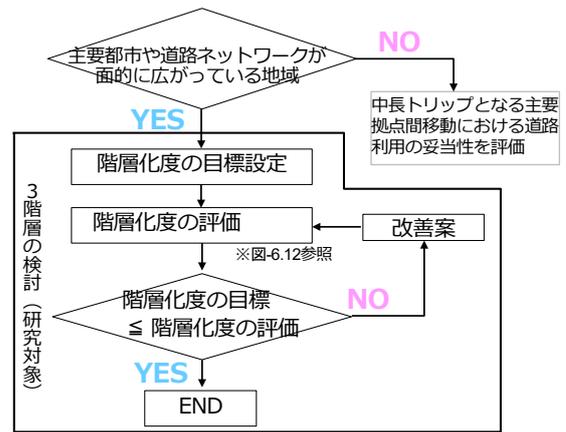


図-6.11 機能階層型道路ネットワーク計画の検討フロー

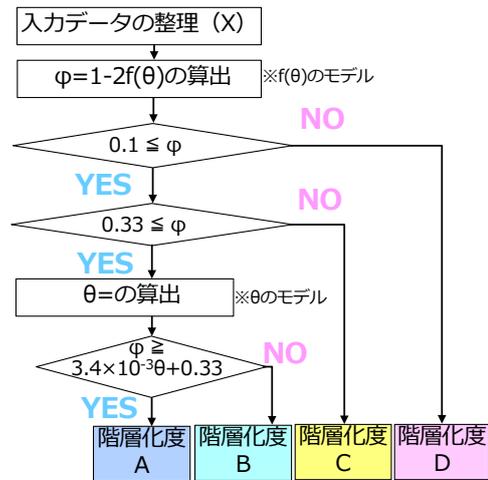


図-6.12 階層化度の評価フロー

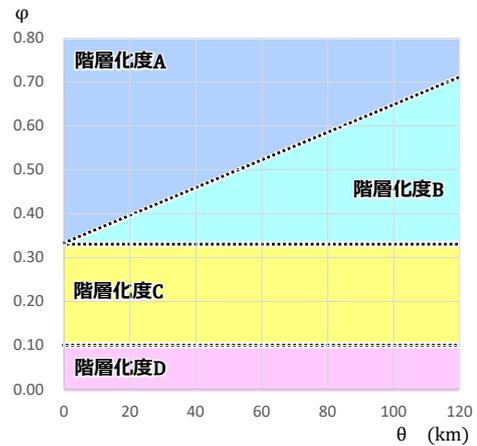


図-6.13 θ 、 φ による階層化度の分類

大きいと考えられる。すなわち、階層化度を向上させるためには、 θ がマイナス、 φ がプラスの方向に動くような施策が求められることになる。表-6.2の各変数のt値より、 θ には、発生集中点から階層Aまでの距離の加重平均値の逆数、並びに階層Aの自由速度の影響が大きく、 φ には、階層Bの道路延長率や階層BC間の自由速度差、発生集中点から階層Bまでの距離の加重平均値の逆数の影響が大きいことがわかる。

表-6.4に、 θ 、 $f(\theta)$ に影響が大きい変数と、階層化

度の向上に関連する改善案を例示する。いずれも交通需要の多寡とは切り離れた対策を挙げている。影響する変数の符号や定義を踏まえると、階層化度の向上のためには、道路階層Bの整備、階層Bの自由速度向上、発生集中点(重要拠点)から階層Aや階層Bへのアクセス向上が重要であると考えられる。道路階層Bの整備については、新規整備や既存道路のアップグレードなどが考えられる。階層Bの自由速度向上については、信号交差点による遅れの低減に寄与する、交差点の立体化や交差点の集約、ラウンドアバウト化などによる信号交差点密度の低減が考えられる。階層Bへのアクセス向上については、重要な拠点施設を既存の階層Bの近くに集約する施策か、重要な拠点施設のある地域へ階層Bを延伸する施策が考えられる。階層Aへのアクセス向上については、スマートICの整備が考えられる。

現状の階層化度が目標に達しない場合には、このような改善案を参考に、対象圏域全体のバランスを図りつつ、計画を立案する。

(3) 3階層が不要と考えられる圏域での評価

図-6.11のフローにおいて、3階層の検討対象外であり、上位、下位の2階層でよいと考えられる圏域においては、 θ , φ を用いた階層化度の評価を適用できない。しかし、このような圏域においても、階層的利用の観点から道路ネットワーク計画を検討することが望ましい。図-6.14に、2階層の場合に望ましい階層利用率曲線を示す。この場合、上位階層、下位階層の利用率が逆転するトリップ長 θ が重要と考えられる。 θ が大きいと、中長トリップにおいても下位階層を主に利用し移動する状況であることが想定され、道路ネットワークが階層的に利用されていると考えにくい。したがって、中長トリップに相当する主要拠点間の移動に着目し、その階層利用率を基に機能階層性を検討する。上位階層の利用率が低い場合には、階層利用率が高まる対策立案を行う。

中長トリップの長さについては個別に設定してよいが、以下にその考え方の一例を示す。ガイドラインによると、生活拠点間(市役所、区役所: LUF)の連絡レベルは3であり、この連絡レベルに必要とされる道路階層はB以上である。よって、生活拠点間相当のトリップ長が一つの目安となると考えられる。図-6.15は、東海4県の市役所、区役所間の最短距離の累積分布であるが、その中央値はおよそ25kmとなっている。そこで、この25kmを θ の目安の一つとして考えることも可能である。

6.4 階層化度を用いた道路ネットワークの評価

6.3に基づき、東海4県における愛知東部、静岡西部、岐阜南部、三重北部、三重南部の5圏域を例に、階層化度の評価を試みる。愛知東部、および静岡西部については、6.2.で示した範囲と同一である。岐阜

表-6.4 θ , $f(\theta)$ に影響が大きい変数と階層化度の向上に関連する改善案

変数	改善案の例
階層 B の道路延長率	・道路階層 B の整備 ・階層 C から階層 B へのアップグレード
階層 BC 間自由速度差	・階層 B の信号交差点立体化、ラウンドアバウト化などによる信号交差点密度の低減 ・階層 B の信号交差点の集約
発生集中点～階層 B の距離の加重平均値の逆数	・拠点の集約 ・重要な拠点のある地域への階層 B の整備
発生集中点～階層 A の距離の加重平均値の逆数	・スマート IC

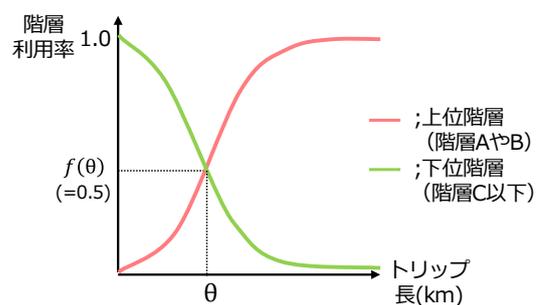
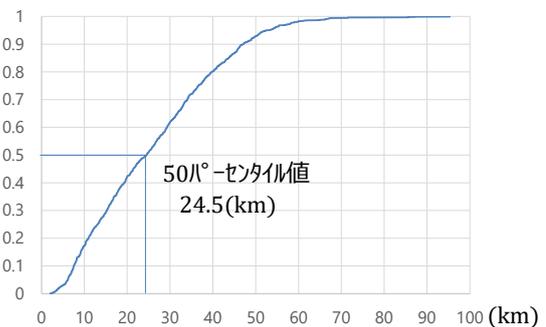


図-6.14 2階層の場合の階層利用率曲線



注) 地方生活圏を一つの単位と想定し、東海4県の16地方生活圏内の各生活拠点間(市役所・区役所)の間相互の最短距離を計測。町役場、村役場は対象外とした
図-6.15 東海4県の市区間の最短距離の累積分布

南部については、郡上市以南の岐阜地方生活圏、大垣地方生活圏を含む範囲とする。三重北部については、北勢地方生活圏、伊賀地方生活圏、および津市を含む範囲とする。三重南部については、東紀州地方生活圏とする。これらの圏域の概要図については、巻末の付録に収録する。5圏域のうち、三重南部については、主要都市が沿岸部に直線上に立地し、利用する道路ネットワークも限られていることから上位、下位の2階層の検討のみを行う。よって、階層化度を用いた評価については、残りの4圏域を対象に行うこととする。ここでは、これらの圏域における階層化度の目標レベルをBと想定する。

(1) 東海4圏域の現状の階層化度

表-6.5に、対象4圏域の道路ネットワークと地域都市構造に関わる入力データの整理結果を示す。岐阜南部、三重北部の道路階層Aの延長率が低いのが特徴的である。三重北部については、H27道路交通センサス調査時点では新名神高速道路(四日市JCT～亀山西JCT)が未開通であったため、階層Aの延長率がやや低くなっている。岐阜南部については、3.3で示した道路階層の設定に従うと、東海北陸自動車道が一部階層Bであるため階層Aの延長率が低くなっている。

これらを基に各圏域の θ , $f(\theta)$ を推定し、階層化度を算定する。表-6.6に、4圏域の階層化度の算定結果を示す。各圏域ともに現状の階層化度がCまたはDとなっており、階層Bの整備が不足しているといえる。特に、三重北部、静岡西部の階層化度はDと低い。これは、両圏域ともに、階層Bが不連続であるためと考えられる。

(2) 東海4圏域の代表地域の対策実施時の階層化度

(1)の現状に対し、階層化度の向上のための改善案を立案する。表-6.7に、改善案を示す。愛知東部、静岡西部については、6.2で挙げた対策内容である。愛知東部については、階層Bの整備に加え、拠点の集約も行う計画である。岐阜南部については、東海環状道路の全線整備(2車線でネットワーク化)に加え、地域の重要な拠点からのアクセス性も考慮し、国道21号線および県道1号線を階層Cから階層Bへとそれぞれアップグレードする。三重北部については、新名神高速道路(階層A)のほか、東海環状道路、北勢BP、中勢BP、鈴鹿四日市道路の整備に加え、地域の重要な拠点からのアクセス性も考慮し、国道417号線および鈴鹿亀山道路の整備、国道258号線および国道368号線を階層Cから階層Bへとそれぞれアップグレードする。新規整備やアップグレードする路線についてはいずれも当面の整備を想定し、階層B(自由速度70km/h)を仮定する。これらの改善案は、階層化度の向上を目的として設定したものであり、実際の事業を考慮したものではないことに留意が必要である。岐阜南部、三重北部の改善案のネットワーク図については、付録に収録する。

表-6.8に、改善案実施時の道路ネットワーク、地域都市構造の整理結果を示す。いずれの圏域においても、重要な拠点へのアクセスを考慮した改善案を含めたため、現状の表-6.5に比べ、階層Bの延長率が増加するだけでなく、発生集中点から階層Bまでの距離も短くなっていることがわかる。これを用いて現状と同様に θ , $f(\theta)$ を推定し、階層化度を算定する。図-6.16に、各圏域の改善案実施に伴う階層化度の変化を示す。改善案の実施により、各圏域ともに ϕ が向上しており、目標とした階層化度B以上に達する結果となった。特に、静岡西部においては、階層化度がDからAに上昇しており、他の圏域よりも大きく改善している。これは、他の圏域よりも階層Bまでの距離が近いことが影響していると考えられる。ただし、

表-6.5 東海4圏域の道路ネットワーク特性の現状

変数	愛知東	静岡西	岐阜南	三重北
	case1-1	case2-1	case4-1	case5-1
階層A延長率[%]	8.0	7.3	3.1	4.4
階層B延長率[%]	3.6	2.9	3.0	2.2
階層A自由速度[km/h]	86.4	94.6	87.0	90.9
階層B自由速度[km/h]	60.7	60.0	68.2	66.0
階層C自由速度[km/h]	36.1	36.8	42.2	37.5
階層AB間自由速度差[km/h]	25.7	34.6	18.7	24.9
階層BC間自由速度差[km/h]	24.6	23.2	26.0	28.5
階層A IC間隔[km]	7.5	9.7	11.0	4.5
発生集中点から階層Aまでの距離の加重平均値の逆数[1/km]	0.12	0.16	0.12	0.09
発生集中点から階層Bまでの距離の加重平均値の逆数[1/km]	0.16	0.15	0.08	0.05
発生集中点から階層Aまでの距離の標準偏差[km]	4.3	4.1	5.4	8.9

表-6.6 東海4圏域の現状の階層化度

	愛知	浜松	岐阜	三重
θ [km]	52.8	41.9	61.8	65.2
ϕ [-]	0.16	0.09	0.15	0.06
階層化度	C	D	C	D

表-6.7 4圏域の改善案の内容

圏域	case	概要
愛知東	1-3	表-6.3参照
静岡西	2-2	表-6.3参照
岐阜南	4-2	階層Bの整備 約50km (東海環状道路) 階層Bへのアップグレード 約50km (国道21号線, 県道1号線)
三重北	5-2	階層Aの整備 約30km (新名神高速道路) 階層Bの整備 約70km (東海環状道路, 北勢BP, 中勢BP, 鈴鹿亀山道路) 階層Bへのアップグレード 約70km (北勢BP, 中勢BP既開通区間, 国道258号線, 国道368号線, 国道417号線既開通区間)

表-6.8 東海4圏域の改善案

変数	愛知東	静岡西	岐阜南	三重北
	case1-3	case2-2	case4-2	case5-2
階層A延長率[%]	7.9	6.4	3.1	5.3
階層B延長率[%]	8.2	10.0	7.6	8.3
階層A自由速度[km/h]	86.4	95.3	87.0	88.1
階層B自由速度[km/h]	66.0	68.4	69.6	69.2
階層C自由速度[km/h]	36.0	36.7	42.3	37.4
階層AB間自由速度差[km/h]	20.4	26.9	17.3	18.9
階層BC間自由速度差[km/h]	30.0	31.7	27.3	31.8
階層A IC間隔[km]	7.5	11.6	11.0	5.3
発生集中点から階層Aまでの距離の加重平均値の逆数[1/km]	0.12	0.14	0.12	0.09
発生集中点から階層Bまでの距離の加重平均値の逆数[1/km]	0.36	0.48	0.32	0.34
発生集中点から階層Aまでの距離の標準偏差[km]	4.3	5.0	5.4	8.6

いずれの地域においても現状の階層化度が低く、一定量の階層Bの整備や階層Bへのアップグレードを行わないと道路ネットワークの機能階層性の担保は困難であることがわかる。

(3) 三重南部における階層化度の検討

図-6.17に、三重南部における検討例を示す。当圏域における現状の最上位階層はBであり、かつ不連続である。中長トリップについては、図-6.15に基づき25kmと想定すると、尾鷲市役所～熊野市役所、熊野市役所～新宮市役所が中長トリップに該当する。尾鷲市役所～熊野市役所間の移動経路には上位階層B(尾鷲熊野道路)があるため、上位階層の利用率が0.75と高い。一方、熊野市役所～新宮市役所には上位階層の道路がないため、上位階層の利用率はゼロとなる。この区間では、下位階層の道路において、短、中長トリップの混在が想定される。これより、熊野市役所～新宮市役所においては上位階層の整備による機能的階層性の向上が求められる。

6.5 まとめ

本章では、第5章で提案した階層化度の評価手法を実務者が任意の地域で経路探索を行うことなく簡便に利用できるようにするため、最初に、その評価分類の基となる階層利用率曲線($\theta, f(\theta)$)の推定モデルを表-6.2のとおり構築し、図-6.12に示す階層化度の評価フローを設定した。そして、機能階層型道路ネットワーク計画を立案するため検討フローを図-6.11のとおり提案した。最後に、このフローを基に、東海4圏域の現状の道路ネットワークの階層化度を評価した。この結果、いずれの圏域も現状の階層化度がC,D判定と低い結果となり、道路階層Bの機能を有する道路が不十分である実態が明らかとなった。

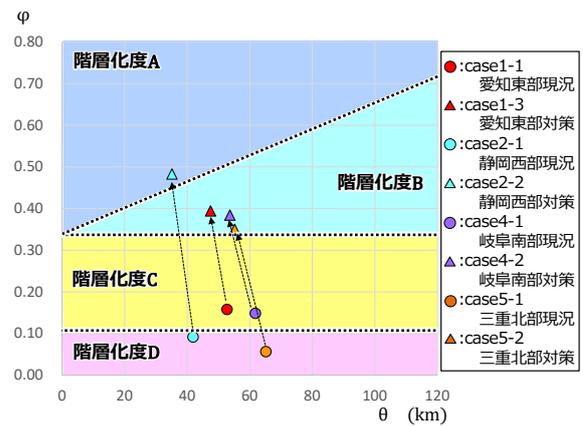


図-6.16 施策実施に伴う4圏域の階層化度の変化



図-6.17 三重南部における検討例

これを基に、各圏域において階層化度が向上するための改善案を設定し、それぞれ評価した。いずれの圏域も設定した改善案により階層化度がB判定以上となることが確認された。

第7章 総括

7.1 本研究のまとめ

本研究では、道路ネットワークの機能階層性を評価する階層化度を提案し、実務へ適用することを目的とした。まず、道路ネットワークの機能階層性を定義し、これを表現する道路利用特性指標として、トリップ長に応じた階層利用率曲線の交点を選定した。そしてこの指標を各道路階層の自由速度や地域の発生集中点から上位階層までの距離等により説明されるモデルとして表現した。さらに、この指標を用いて階層化度を判定する評価方法を提案し、これを適用した機能階層型道路ネットワーク計画の立案手法を提案した。本研究における主要な成果を以下に示す。

(1) 道路ネットワークの機能階層性

機能階層型道路ネットワークに関する既往研究を整理した上で、道路ネットワークの階層化度は、道路利用特性で表現することが可能であり、この道路利用特性を媒介として道路ネットワーク条件や地域都市構造によって変化するものと仮定した。

(2) 道路ネットワーク・地域都市構造の定量化

機能階層性を評価する際に用いる道路ネットワーク条件に関する指標を設定するため、道路階層の分類方法や自由速度の設定方法等を提示し、自由速度等の階層別の指標を提案した。また、地域都市構造に関する指標を設定するため、分析対象範囲をゾーニングし、そのゾーンに複数存在する拠点施設に関する評価値やゾーンの代表点の設定方法を定め、これらの代表点から上位階層の道路までの距離に関する指標を提案した。これらを実圏域に適用し、道路ネットワークや地域都市構造に応じた感度を確認した。

(3) 機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性の検討

機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性に関する仮説として、トリップ長に応じた旅行速度の差別化や階層の異なる道路利用の差別化であ

ることを挙げ、これらの道路利用特性が道路ネットワーク条件に感度があることを検証した。そして、平均旅行速度や異なる階層の道路利用に関する道路利用特性指標を抽出し、道路ネットワーク条件、地域都市構造の観点から感度分析を行った。その結果、トリップ長に応じた階層利用率曲線の交点($\theta, f(\theta)$)が最も適切であることから、これを代表的な指標として選定した。また、選定した $f(\theta)$ と従来の道路ネットワークの評価指標の一つである所要時間では、道路ネットワーク条件や地域都市構造に対する感度が異なることを確認した。このことから、道路ネットワークの機能階層性の評価は、所要時間に基づく評価とは区別して検討する必要があることが明らかとなった。

(4) 道路利用特性を用いた道路ネットワークの機能階層性の評価方法

階層利用率曲線の重ね図から得られる階層利用率曲線の交点の位置($\theta, f(\theta)$)より定めた客観的指標(θ, φ)を用いて、階層化度を評価する方法を提案した。

客観的指標による階層化度の評価方法が、機能階層型道路ネットワークの検討に携わる専門家らによる主観的評価と整合し得るものかを確認するため、道路ネットワークの機能階層性に関する一対比較アンケート調査を実施した。その結果、アンケート調査実施ケースの客観的指標による評価結果の序列と、専門家らの評価結果の序列が、階層化度の評価区分レベルで一致することが確認された。

(5) 階層化度を用いた道路ネットワークの評価

階層化度の評価手法を実務者が任意の地域で経路探索を行うことなく簡便に利用できるようにするため、道路利用特性指標($\theta, f(\theta)$)の推定モデルを構築し、機能階層型道路ネットワーク計画を立案する手法を提案した。そして、東海4圏域における現状道路ネットワークの階層化度を評価するとともに、階層化度を向上させるための改善案を設定し、これを適用した場合について評価した。いずれの圏域においても現状の階層化度がC、D判定と低い結果となり、

道路階層Bの機能を有する道路が不十分である実態が明らかとなった。

7.2 今後の課題

最後に、本研究に関する課題を示す。

(1) 階層化度の評価手法の精度

本研究で提案した階層化度の評価手法は、階層利用率曲線に強く依存するものである。この階層利用率曲線は、個々のODの階層利用率に基づき推定したものであるため、曲線の形状は、ODの設定により大きく影響を受ける。階層利用率曲線の推定精度は、概ねその推定曲線の決定係数に表わされており、本研究では階層A, Cの決定係数がいずれも0.5未満となるケースを除外することでその精度を確保した。しかし、道路ネットワークでは、発生集中点や各道路が複雑に位置するため、階層利用率曲線の精度をさら向上することは困難であると考えられる。したがって、階層化度の評価を解釈する際には、このような精度に基づくものであることに留意する必要がある。

(2) 階層化度の感度

本研究では、国道事務所の所管範囲程度の規模を想定した階層化度の評価手法を提案した。この評価手法は、道路ネットワーク全体の機能階層性を評価するものであり、特定の交差点の改良や、拠点施設の移動など、対策規模が道路ネットワークに対して小さいものに限定される場合には、階層化度への感度が低い場合があることに留意が必要である。

(3) 道路ネットワークの連続性を表現する説明変数

本研究では、実務において極力簡便に入力可能なデータを基に道路ネットワーク全体を評価する道路利用特性指標のモデルを構築した。延長率や発生集中点から上位階層までの距離等を説明変数として用いているが、道路ネットワークの連続性については十分考慮できていない。例えば、発生集中点から上位階層の道路にアクセスしたトリップが、目的地までその道路階層を中断なく利用し続けることができ

るかを簡便に説明できる変数が求められる。

(4) 拠点施設の種類に応じたゾーンの評価値の設定

本研究では、ゾーンの評価値として、ゾーン内にある拠点施設の種類、拠点階層、施設数を用いて表現しているが、その表現には、拠点施設の種類ごとに拠点階層別の施設数で重みづけした得点を用いている。つまり、役場という区分の中では、県庁や市役所といった拠点階層の違いは表現しているものの、役場と医療施設といった拠点施設の種別は考慮していない。地域特性を踏まえ、拠点施設の種別に応じた得点の設定方法については、別途検討が必要である。

(5) 都市内街路ネットワークを対象とした階層化度

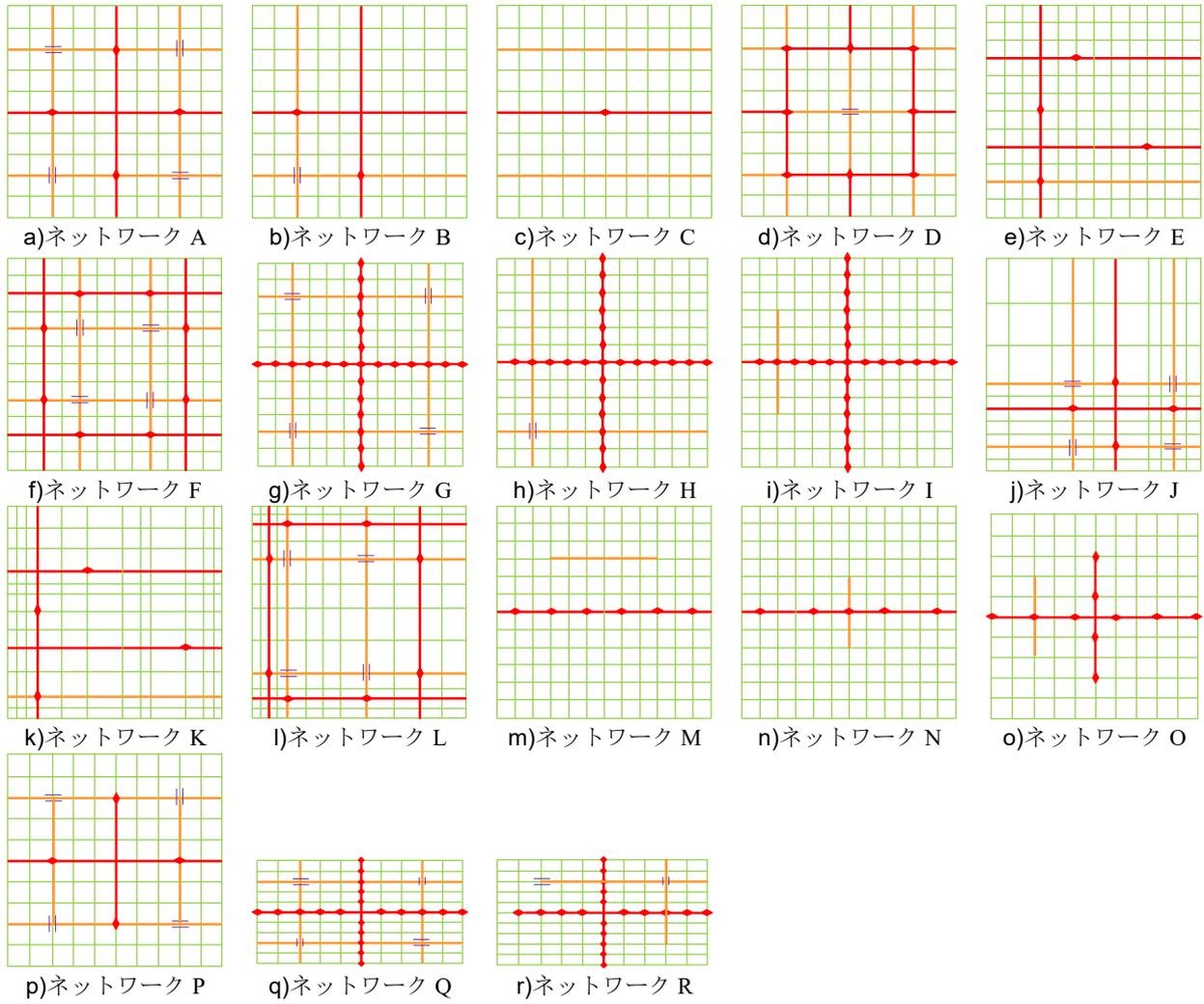
本研究では、国道事務所の所管地域程度の規模を想定し、階層A, B, Cの上位3階層を対象とした階層化度の評価手法を提案した。しかし、都市内街路ネットワークの階層化度を把握する場合には、本研究の方法をそのまま適用することは難しい。都市内街路ネットワークを対象とする場合には、必要とされる道路階層が低くなり、その道路階層には移動機能のみならず、沿道出入機能も考慮した評価が必要であると考えられる。さらには自動車交通のみならず歩行者・自転車等も考慮する必要がある。従って、都市内街路等、狭義な地域における道路ネットワークの階層性を検討する場合には、別途検討が必要である。

謝辞

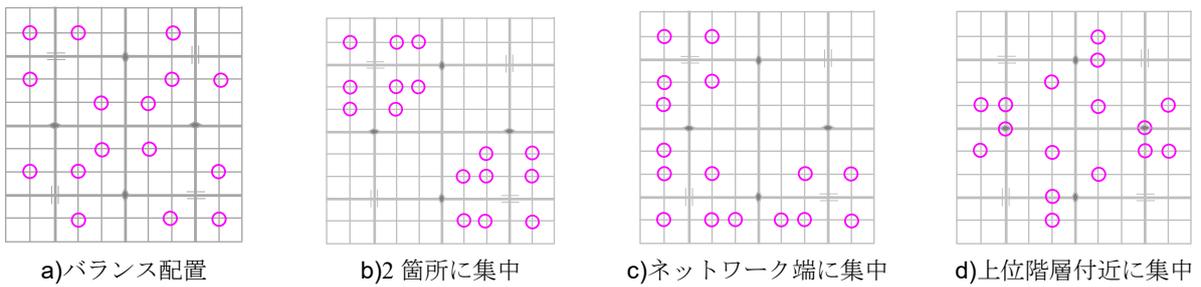
最後に、本研究開発プロジェクトの機会を与えて頂くとともに、プロジェクトの成果向上のために数多くの有益な意見をくださった新道路技術会議委員の方々、並びに、国土交通省道路局、国土技術政策総合研究所の関係各位に感謝いたします。

最後に、プロジェクト実施の上で作業を手伝っていただいた名古屋大学、日本大学の皆さんにこの場を借りて御礼申し上げます。

付録



付図-1 仮想道路ネットワークの計算に用いたネットワークパターン



付図-2 発生集中点の配置 (ネットワーク A の例)



付図-3 浜松現況 case2-1



付図-4 浜松対策 case2-2



付図-5 沖縄現況 case3-1



付図-6 沖縄対策 case3-2



付図-7 岐阜南部現況 case4-1



付図-8 岐阜南部改善ケース case4-2

