

道路ネットワークの  
機能階層性の評価手法に関する研究

A Study on the Evaluation Methodology of Functional  
Hierarchy of Road Networks

関原 敏裕

SEKIHARA, Toshihiro

名古屋大学大学院環境学研究科 博士（工学）

2023年

# 論文要旨

道路の交通機能には、移動機能と沿道出入機能、滞留機能があり、道路構造令の解説と運用においても、各道路が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等を計画することが望ましいとされている。しかし、実務における道路の計画・設計段階においては、道路の種類や通過地域、および計画交通量に基づき横断面構成を決定しており、その道路がネットワークのなかで機能を果たすことができるかは十分に考慮されていない。その結果、道路ネットワークの機能階層構成が曖昧になっており、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が進み沿道出入り交通が存在する一方、生活道路では通過交通が流入するなど、道路の利用実態としても差別化が図れなくなっている。これらにより地域の経済活動の停滞や地域の居住環境の悪化といった問題を引き起こす等、生活の質の低下を招いている。このため、ロード・オフ関係にある移動機能と沿道出入機能の差別化を図る、機能階層型道路ネットワークへ再編していくことの重要性が提唱されてきている。

しかしながら機能階層型道路ネットワークに関する実務への適用に向けた数多くの研究は、ある拠点間に着目し、その拠点間移動の時間や速度等の目標となる性能を定め、これを評価するに留まっている。現実の道路ネットワークは、複数の拠点間の組み合わせで面的に構成されたものであるため、地域全体で評価することが重要である。そこで、地域全体として、道路ネットワークの機能階層性をどのように表現したらよいか、その拠点や道路の組み合わせの違いにより機能階層性がどのように変化するかを評価することに意義がある。

そこで本研究では、道路の移動機能に着目し、地域の道路ネットワークの機能階層性を表現する指標を開発し、これを用いて実際の道路ネットワークがどの程度機能階層的に利用し得るかを評価する手法を提案することを目的とする。これにより、現在の地域の道路ネットワークを機能階層の観点から評価でき、評価の改善に向けて道路ネットワーク計画を立案することが可能となる。本研究成果は、道路構造令の解説と運用で示されている、地域に必要な道路の機能(移動機能)を明確化するための一助となるものであり、個別路線や区間においても、この検討結果を基に必要な移動機能を確保するための道路構造を決定していくことが期待される。

まず**第1章**では、我が国が進めてきた道路整備の現状を示し、機能階層型道路ネットワークの意義と機能階層型道路ネットワークの計画上の課題を論じ、研究の目的について述べた。

続いて**第2章**では、各国における道路計画における道路の機能階層の位置づけや、わが国における機能階層型道路ネットワークへの再編に向けた動向について纏めた。また、機能階層型道路ネットワークに関する既往研究例を基に本研究の位置づけを示すとともに、本研究で扱う道路ネットワークの機能階層性は、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。

**第3章**では、道路ネットワークの機能階層性を表現するにあたり、現状の道路の階層分類方法を設定するとともに、機能階層性の評価に用いる道路ネットワーク条件に関する指標として、延長率や階層別の平均自由速度等の指標を定めた。次に、地域都市構造に関する指標を定めるため、分析対象範囲をゾーニングし、そのゾー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指標を、地域都市構造を表現する指標とした。この指標を実圏域で算定し、設定した指標が表現されることを確認した。

**第4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、仮想道路ネットワークにおいて、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。次に、道路ネットワーク全体の機能階層性を表現可能な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、トリップ長に応じた階層利用率曲線の交点( $\theta, f(\theta)$ )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挙げた階層利用の差別化を表現でき、かつ速度の差別化にも感度があることから、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 $f(\theta)$ と従来の道路ネットワークの性能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、所要時間などのネットワーク性能に基づく評価と区別する必要があることが明らかとなった。

**第5章**では、道路ネットワークの機能階層性を、**第4章**で選定した道路利用特性指標( $\theta, f(\theta)$ )より導かれる客観的指標( $\theta, \varphi$ )を用いて道路ネットワークの特徴を分類し、階層利用の差別化の程度を4段階で表現する「階層化度」指標を設定した。この指標は、その段階に応じてそれぞれ道路ネットワーク条件や地域都市構造の特徴がそれぞれ表現されているため、道路ネットワークの機能階層性の程度を評価する手法として適切であることが明らかになった。そして、客観的指標( $\theta, \varphi$ )を用いた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に対応した客観的指標による評価結果の序列と、アンケート調査による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。これより、本研究では、道路ネットワークの機能階層性について、客観的指標( $\theta, \varphi$ )を用いて評価することとした。

**第6章**では、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した。いずれの圏域においても現状の階層化度がIII、またはIVと低い結果となり、中位階層である道路階層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。これを基に、階層化度の向上のために必要な改善案を設定し、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II判定以上となることが確認された。

最後に**第7章**にて、本研究で得られた知見と成果をまとめ、今後の課題を述べて結論とした。



# 目次

<b>第1章</b>	<b>序論</b>	<b>1</b>
1.1	機能階層型道路ネットワークの意義と課題	1
1.2	本研究の目的	3
1.3	本論文の構成	4
<b>第2章</b>	<b>機能階層型道路ネットワーク計画の課題と研究手順</b>	<b>6</b>
2.1	各国の道路計画における道路の機能階層の位置づけ	6
2.2	わが国における機能階層型道路ネットワーク計画の動向	11
2.3	機能階層型道路ネットワークに関する既往研究	12
2.3.1	道路ネットワークにおける機能階層分類のあり方に関する研究	12
2.3.2	階層分類された道路ネットワークの使われ方に関する研究	13
2.3.3	道路ネットワーク形状に関する研究	13
2.4	本研究の位置づけ	14
2.5	本研究における道路ネットワークの機能階層性評価の研究手順	15
2.5.1	道路ネットワークの機能階層性の表現方法の仮定	15
2.5.2	道路ネットワークの機能階層性評価の研究手順	16
2.5.3	本研究の適用条件	18
<b>第3章</b>	<b>道路ネットワーク条件と地域都市構造の定量化</b>	<b>22</b>
3.1	道路ネットワーク条件の定量化	22
3.1.1	道路階層の分類	22
3.1.2	道路ネットワークを表現する指標	25
3.2	地域都市構造の定量化	26
3.2.1	ゾーンの特徴量の表現方法の概要	26
3.2.2	拠点施設と拠点階層の設定方法	27
3.2.3	拠点特性に関する得点や代表点の設定方法	29
3.2.4	拠点施設の立地状況の表現方法	31
3.2.5	ゾーンの特徴量の設定方法	32

3.2.6	地域都市構造を表現する指標.....	32
3.3	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.....	33
3.3.1	分析対象範囲.....	33
3.3.2	静岡西部における道路ネットワーク，地域都市構造の定量化.....	33
3.3.3	沖縄南部における道路ネットワーク，地域都市構造の定量化.....	38
3.3.4	愛知東部における道路ネットワーク，地域都市構造の定量化.....	40
3.4	まとめ.....	42
<b>第4章</b>	<b>機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性の分析.....</b>	<b>43</b>
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.....	43
4.1.1	分析条件.....	43
4.1.2	分析指標.....	46
4.1.3	分析シナリオ.....	46
4.1.4	分析結果.....	47
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.....	49
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.....	55
4.3.1	分析シナリオ.....	55
4.3.2	分析結果.....	57
4.3.3	道路利用特性指標の評価.....	63
4.4	実圏域における道路利用特性指標の分析.....	64
4.4.1	分析条件.....	64
4.4.2	分析結果.....	66
4.5	まとめ.....	67
<b>第5章</b>	<b>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.....</b>	<b>68</b>
5.1	道路ネットワークの機能階層性の客観的評価.....	68
5.1.1	道路ネットワークの機能階層性の評価手法.....	68
5.1.2	階層化度の分類と特徴.....	72
5.1.3	実圏域における階層化度.....	79
5.2	道路ネットワークの機能階層性の主観的評価.....	79
5.3	客観的評価と主観的評価の関連分析.....	88

5.4	まとめ	91
<b>第6章</b>	<b>階層化度を用いた道路ネットワークの評価</b>	<b>92</b>
6.1	道路利用特性指標のモデル化	92
6.2	実圏域における道路利用特性指標のモデル検証	97
6.3	機能階層型道路ネットワーク計画の立案手法	102
6.4	階層化度を用いた道路ネットワークの評価	106
6.5	まとめ	111
<b>第7章</b>	<b>結論</b>	<b>112</b>
7.1	本研究で得られた知見	112
7.2	本研究の成果	113
7.3	本研究の課題	113
付録		116
参考文献		123
謝辞		127



# 第1章 序論

## 1.1 機能階層型道路ネットワークの意義と課題

### (1) 我が国の道路整備の現状

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ことが指摘されている(下川, 2020)。これは、わが国における従来の道路計画や設計が、「交通量に対応した断面を確保すること」に主眼を置いて検討され、道路ネットワークの中で果たすべき機能について意識されてこなかったことから、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、沿道立地に伴う信号交差点や沿道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ているためである。その結果、道路の利用実態としても差別化が図れなくなっており、例えば、重要拠点間の連絡や、インターチェンジアクセスに長時間を要し、地域の経済活動の停滞を招く一因となっている。また、本来地域の日常生活のために利用されるべき道路であっても、通過交通が流入することにより、通学児童や高齢者の交通事故や騒音等による地域の居住環境の悪化といった問題を引き起こしている。

### (2) 機能階層型道路ネットワークの意義

(1)に挙げた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計画のためのガイドライン(案)(交通工学研究会, 2018)に示されている、機能階層型道路ネットワークの考え方が重要である。機能階層型道路ネットワークとは、各道路を道路が有する移動機能と沿道出入機能の優先度に応じて差別化することである。すなわち、**図-1.1a)**に示すように、沿道出入機能が重視され、短距離移動を担う生活道路、移動機能が重視され、長距離移動を担う高速道路、これらの中で比較的移動機能を重視する幹線道路というように、各道路が機能に応じて利用されることである。

仮に、地域の道路ネットワークをすべて高速道路だけでカバーすることを考える。これが実現すれば様々な移動が短時間となる。しかし、高速道路だけを整備するということは、短距離の移動も高速道路でカバーすることになる。その時、高速道路には数多くのICを設置する必要があるが、沿線の利用のために100mおきにICを作ることは、用地やコスト面からみて現実的ではない。また、100mおきにICが存在したとしても、沿線利用の車両は、加減速があるため高速走行ができるわけではない。このような沿線利用の車が流入してくると、長距離交通もそれによって攪乱されることは避けられず、特に需要が増えてくればその影響も無視できないレベ

ルになる。

同じように、わが国の現状にある図-1.1bの極端な例として、地域の道路ネットワークが高速道路と生活道路の2種類のみ場合を考える。この時、先に述べたとおり、高速道路の出入りには制約があるので、その中で中距離交通や短距離交通が利用できるのは、IC近傍に限られる。その他の中距離交通は、生活道路を走り続けることになる。一般的に生活道路の自由走行速度は高速道路のそれよりはるかに低く、信号交差点の影響を受けることを考えると、高い速度での走行は期待できない。

したがって、地域の道路ネットワークには、高速道路、生活道路に加え、その中間に位置付けられる、移動機能の異なる道路で構成される必要がある。そして、各道路がその移動機能に応じて利用される機能階層型道路ネットワークを目指していく必要がある。本研究では、道路ネットワークが機能階層型道路ネットワークの性質を持つことを「機能階層性」と定義する。

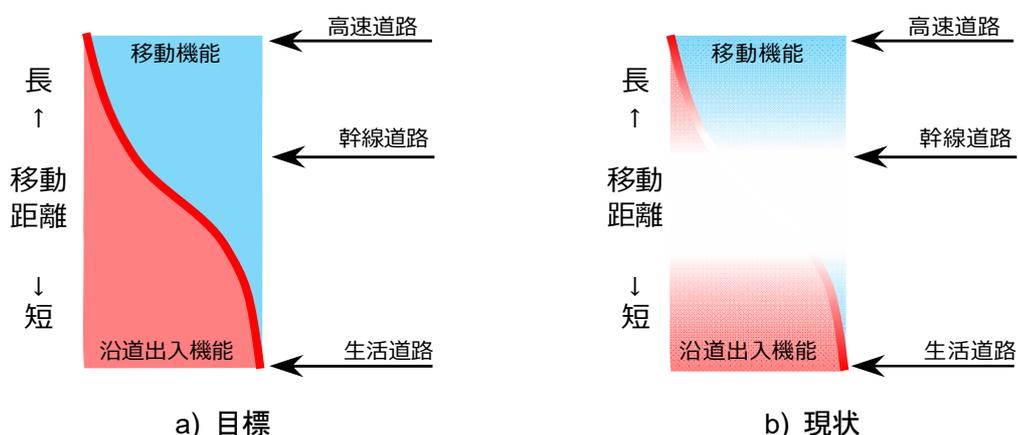


図-1.1 道路の階層区分と機能分担((中村ら,2005)をもとに作成)

### (3) 機能階層型道路ネットワークの計画上の課題

機能階層型道路ネットワークの概念は、古くはBuchanan Report(1963)の頃から広く認識されている。わが国においても、現状の道路ネットワークを機能階層型道路ネットワークに再編する必要性が提唱(中村ら, 2005)されてきている。その後、実務への適用に向けた数多くの研究がなされてきているが、それらの多くは、ある拠点間に着目し、その拠点間移動の時間や速度等の目標となる性能を定め、これを評価しているに留まっている(たとえば、大久保ら, 2020)。しかし、現実の道路ネットワークは、図-1.2に示すように複数の拠点間の組み合わせで面的に構成されるものであるため、地域全体で評価することが重要である。

そこで、地域全体として、道路ネットワークの機能階層性をどのように表現したらよいか、その拠点や道路の組み合わせの違いにより機能階層性がどのように変化するかを評価することに意義がある。



図-1.2 現在の道路ネットワークの一例

## 1.2 本研究の目的

### (1) 目的

本研究では、道路の移動機能に着目し、地域の道路ネットワークの機能階層性を表現する指標を開発し、これを用いて実際の道路ネットワークがどの程度機能階層的に利用し得るかを評価する手法を提案することを目的とする。

### (2) 研究成果の活用により期待される効果

本研究成果を基に、図-1.3に示すように、現在の地域の道路ネットワークを機能階層の観点から評価することができ、評価の改善に向けて道路ネットワーク計画を立案することが可能となる。また、道路構造令の解説と運用((公社)日本道路協会, 2021)においては、道路構造決定の流れとして、図-1.4が示されている。それに対して、本研究の成果は、そのなかを示されている「必要な道路の機能の明確化」の一助となるものである。本研究成果を活用し道路ネットワーク計画を行い、その結果を基に、個別路線や区間においても、各道路に必要な移動機能を確保するための道路構造を決定していくことが期待される。

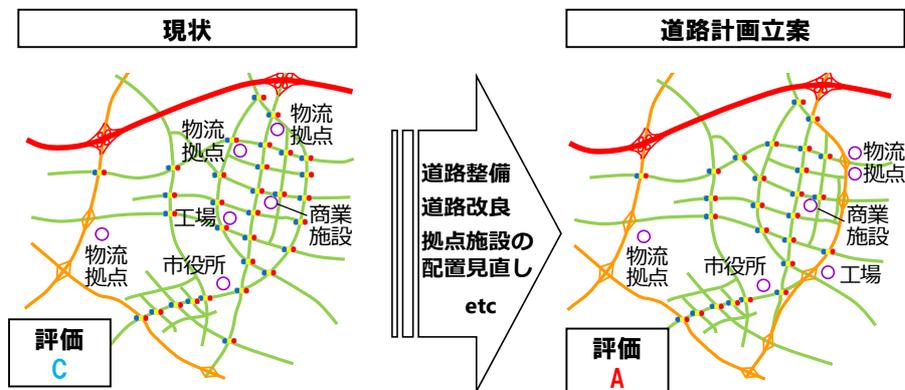


図-1.3 本研究成果を用いた道路ネットワーク計画の立案

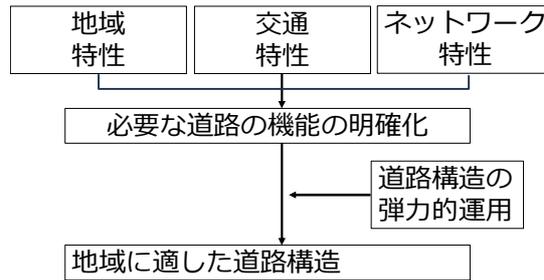


図-1.4 道路構造の決定の流れ((公社)日本道路協会, 2021)をもとに作成)

### 1.3 本論文の構成

本論文は以下の7章で構成される。各章の内容を図-1.5に整理する。

**第1章**では、本研究の背景として、我が国が進めてきた道路計画手法による課題を示し、機能階層型道路ネットワークの意義と、地域において機能階層型道路ネットワークワーク計画を検討する際の課題を概説した。そして、本研究の目的について述べ、論文の構成を示す。

**第2章**では、各国における道路計画における道路の機能階層の位置づけや、わが国における機能階層型道路ネットワークへの再編に向けた動向について纏める。そして、機能階層型道路ネットワークに関する既往研究を基に本研究の位置づけを示すとともに、道路ネットワークの機能階層性(H)の表現方法について仮定する。具体的には、道路のネットワークの機能階層性(H)が道路利用特性(Y)を介し、道路ネットワーク条件( $X_R$ )や地域都市構造( $X_L$ )から導出されることを仮定し、道路ネットワークの機能階層性の評価に向けた研究手順を示す。

**第3章**では、**第2章**の研究手順を受け、道路ネットワークの機能階層性(H)の評価あたり、現状の道路の階層分類方法を設定するとともに、評価に用いる道路ネットワーク条件( $X_R$ )や地域都市構造( $X_L$ )を表現する指標をそれぞれ分析する。この指標を実圏域で算定し、その感度を確認する。

**第4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を立て、道路ネットワークの機能階層性(H)を表現する道路利用特性(Y)の指標を設定し、その指標と道路ネットワーク条件( $X_R$ )や地域都市構造( $X_L$ )による感度を分析し、最適な指標を選定する。

**第5章**では、**第4章**で選定した道路利用特性(Y)の指標を用いて、道路ネットワークの機能階層性(H)の程度を評価する指標である「階層化度」の設定方法を提案する。また、実圏域を対象とした階層化度による評価が、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階層性に関する評価と整合しうるものであるかを確認する。

**第6章**では、任意の圏域において道路ネットワークの機能階層性(H)を評価するため、道路利用特性(Y)の指標の推定モデルを構築し、これを用いた階層化度の評価フローおよび機能階層型道路ネットワーク計画の検討フローを提案し、実圏域を対象とした道路ネットワークの機能階層性(H)の評価を行う。

最後に**第7章**にて，得られた知見と今後の課題をまとめる。

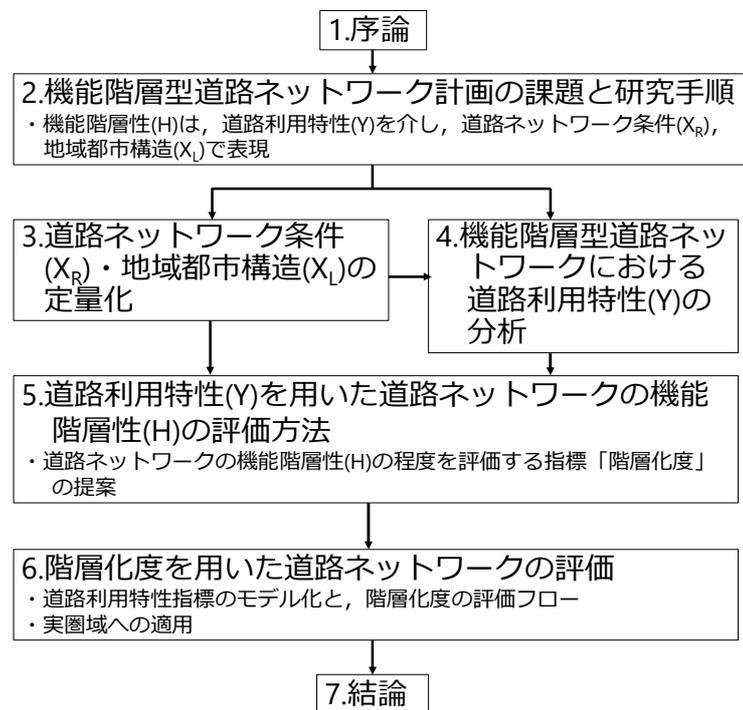


図-1.5 本論文の構成

## 第2章 機能階層型道路ネットワーク計画の課題と研究手順

### 2.1 各国の道路計画における道路の機能階層の位置づけ

道路ネットワークの階層の概念は、都市交通計画分野で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、図-2.1のような望ましい道路ネットワーク構成が示されたBuchanan Report (1963)の頃から広く認識されるようになってきている。その後、アメリカやドイツにおいて数多くの研究や実務展開が行われてきた。これらの国では、道路計画においても、道路の機能に応じた階層が定義され、この機能階層を意識した道路設計がなされることになっている。

アメリカでは、Green Book(AASHTO, 2018)において、道路をその持つべき機能に応じてFreeway, Arterial, Collector, Localの4つに分類しており、Freewayは移動機能が重視された道路、Localはアクセス機能が重視された道路、ArterialやCollectorはその両方を兼ね備えた道路として位置づけられている。機能分類された各道路には、表-2.1に示すように、地域、地形のタイプの組み合わせに応じて、Highway Capacity Manual(TRB, 2016)で定められている交通の質の尺度であるLevel of Service(LOS)が示されており、道路設計をする際には、これらの機能に応じたLOSが活用されている。

ドイツにおける道路の機能分類等の考え方については、RAS-N(FGSV, 1988)において定められ、その後、道路交通のみでなく、鉄道・バス等の公共交通も含んだ包括的な交通ネットワークを扱う整備基準であるRIN(FGSV, 2008)で更新されている。RIN(FGSV, 2008)では、道路が結ぶべき都市や市町村を6段階に分類し、その中心地間を接続する道路の連絡レベルを図-2.2のように0～Vの6段階に分類している。また、図-2.3に示すように、各道路を道路の交通機能、通過地域、出入り制限等からAS, LS, VS, HS, ESの5つにカテゴリ分類している。そして、これらを組み合わせで表-2.2に示す道路階層を設定している。各道路階層には、表-2.3に示す、拠点間の移動時間の目標値に基づいた目標旅行速度が設定されており、道路設計においてはその移動機能(旅行速度)が満たされるよう設計することが示されている。設計に関する具体的な内容については、高速道路ではRAA(FGSV, 2008)、市街地外道路ではRAL(FGSV, 2012)、市街地内道路ではRASt(FGSV, 2006)において、それぞれ整理されている。

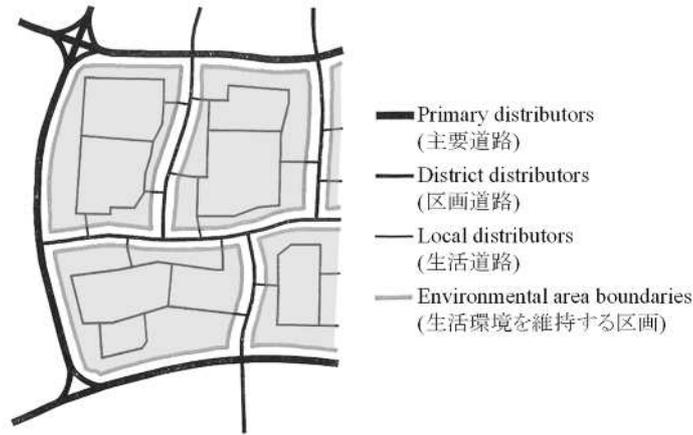


図-2.1 階層化された道路ネットワークの例 ((後藤,2016)を引用)

表-2.1 AASHTOで提示されている道路の機能分類とLOSの分類 ((AASHTO, 2018)をもとに作成)

機能区分	地域と地形の組み合わせに応じた適正なサービスレベル			
	Rural level 地方の平地部	Rural Rolling 地方の丘陵部	Rural Mountainous 地方の山地部	Suburban, Urban, Urban Core, and Rural Town 郊外部, 都市部, 都市中心部, 地方部の街
Freeway	B	B	C	C or D
Arterial	B	B	C	C or D
Collector	C	C	D	D
Local	D	D	D	D

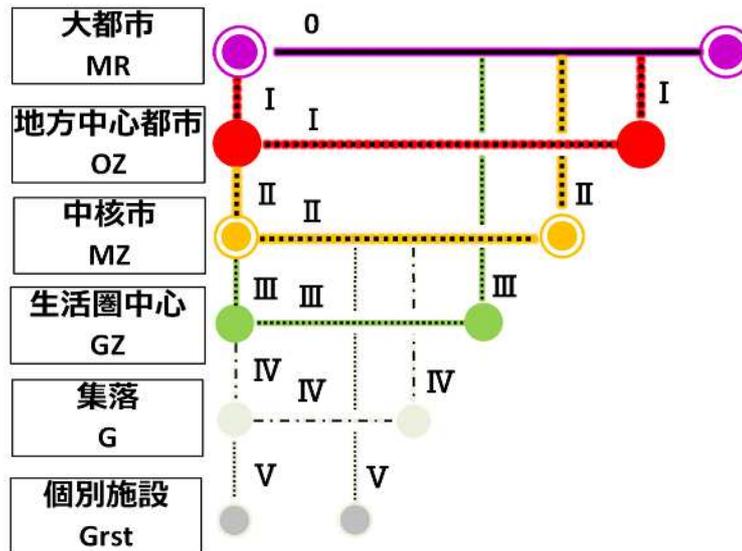


図-2.2 RINIにおける中心地間の連絡レベル ((FGSV, 2008)をもとに作成)

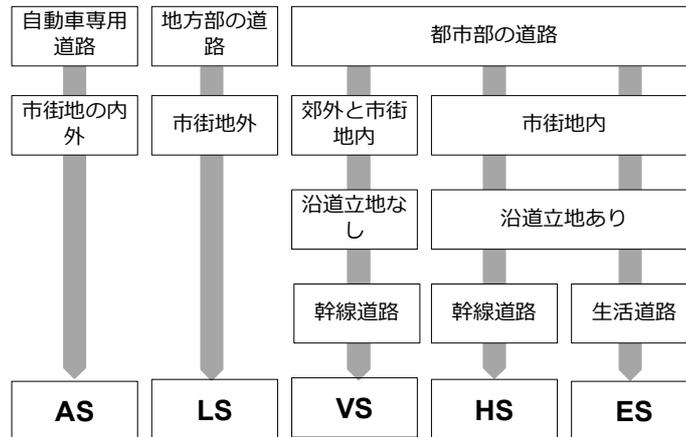


図-2.3 RINIにおける道路分類 ((FGSV, 2008)をもとに作成)

表-2.2 RINIにおける道路階層分類 ((FGSV, 2008)をもとに作成)

道路分類 連絡レベル	AS	LS	VS	HS	ES
0	AS - 0		—	—	—
I	AS - I	LS - I		—	—
II	AS - II	LS - II	VS - II		—
III	—	LS - III	VS - III	HS - III	
IV	—	LS - IV	—	HS - IV	ES - IV
V	—	LS - V	—	—	ES - V

■ : 問題あり    — : 該当しない

表-2.3 RINIにおける道路階層と目標旅行速度 ((FGSV, 2008)をもとに作成)

道路分類	連絡レベル	標準的な距離[km]	目標旅行速度[km/h]
AS	0 / I	40-500	100-120
	II	10-70	70-90
LS	I	40-160	80-90
	II	10-70	70-80
	III	5-35	60-70
	IV	-15	50-60
	V	—	—
VS	II	—	40-60
	III	—	30-50
HS	III	—	20-30
	IV	—	15-25
ES	IV	—	—
	V	—	—

わが国においても、道路構造令の解説と運用((公社)日本道路協会, 2021)において、道路が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-2.4に示すような機能に応じた道路の分類が示されている。しかしながら、アメリカやドイツと異なりその道路の分類に応じた明確な目標が示されていない。そのため、道路の設計段階においては、まず表-2.5に示す道路の種類(高速自動車国道・自動車専用道路かそれ以外か)と通過地域(地方部か都市部か)により道路の種区分を定め、次に表-2.6に示す計画交通量に基づき級区分を定め、これらの種級区分に応じた横断面構成を一律決定する流れとなっており、設計速度やアクセスコントロールについては明確な決定プロセスがなく、需要さえ満足できれば最低減の構造が採用される場合もある。つまり、道路の設計段階においては、対象とする道路がネットワークのなかでその機能を果たすことができるかを考慮する仕組みになっていない。

わが国の道路ネットワークは、この考えに基づき高度経済成長を経て早期整備が進められてきた。その結果、図-2.4に示すよう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られなくなっている。これより、下川(2020)は、図-2.5示すようにわが国の道路における混雑時の平均旅行速度が高速自動車国道とそれ以外の道路に大きく二分され、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状況になっていることを指摘しており、橋本ら(2012)も、一般道路のうち高い階層に位置付けられている道路の機能低下を指摘している。さらに、そのような道路の機能低下により、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おり、朝倉ら(1993)は、地域内の近隣住区内の骨格を形成する補助幹線道路や沿道サービスを担う道路に通過交通が入り込むことに対する安全性や環境面での問題を指摘している。

表-2.4 道路構造令と解説と運用で提示されている道路の分類 ((公社)日本道路協会, 2021) をもとに作成)

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

表-2.5 道路の種区分（((公社)日本道路協会, 2021)をもとに作成)

道路の種類	道路の存する地域	
	地方部	都市部
高速自動車国道・自動車専用道路	第1種	第2種
その他の道路	第3種	第4種

表-2.6 道路の級区分（第3種道路の例）（((公社)日本道路協会, 2021)をもとに作成)

道路の種類	道路の存する地形	20,000以上	4,000以上 20,000未満	1,500以上 4,000未満	500以上 1,500未満	500未満
一般国道	平地部	第1級	第2級	第3級		
	山地部	第2級	第3級	第4級		
都道府県道	平地部	第2級		第3級		
	山地部	第3級		第4級		
市町村道	平地部	第2級		第3級	第4級	第5級
	山地部	第3級		第4級		第5級



図-2.4 日本の主要幹線道路（国道16号）の例

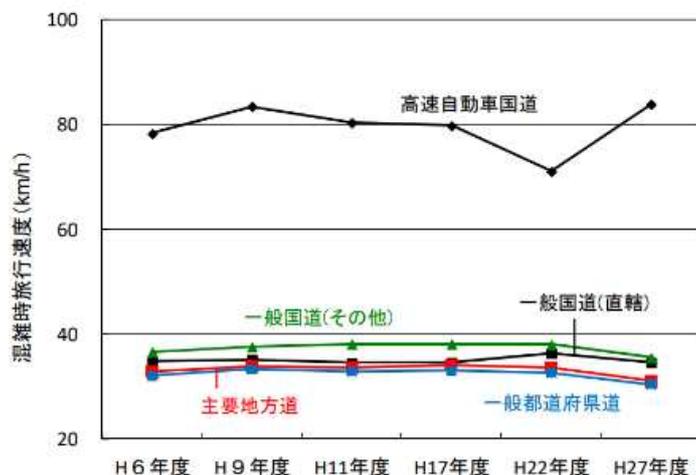


図-2.5 混雑時旅行速度の道路種別比較 (ガイドライン, 2018)

## 2.2 わが国における機能階層型道路ネットワーク計画の動向

中村ら(2005), Oguchi(2008), 下川ら(2009)は, 道路の機能区分が極めて不明確な状況を指摘し, 機能階層型道路ネットワークに再編する必要性を提唱してきた. 機能階層型道路ネットワークとは, 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-2.6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, 各階層の道路がその機能に応じて使い分けられることとなる. その結果, 重要拠点間の連絡に時間を要することや, 生活のための道路への通過交通の流入による居住環境の悪化といった問題解決等に繋がり, 効果的で安全性の高いネットワーク運用が期待される.

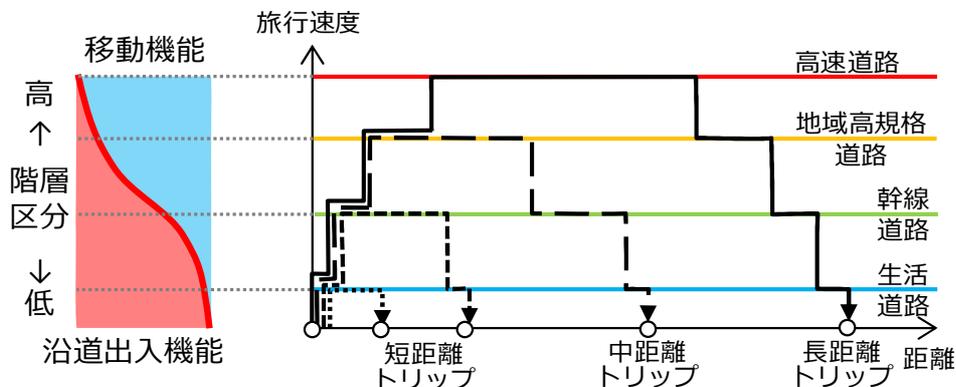


図-2.6 道路の機能階層的利用の概念

これらを踏まえ、中村ら(2005)、Oguchi(2008)、下川ら(2009)は、道路の計画段階で考慮すべき道路階層の設定を試案している。その後、高橋ら(2013)や野中ら(2015)等により、道路階層に関する多くの研究がなされ、交通工学研究会による研究成果報告書である道路の交通容量とサービスの質に関する研究(交通工学研究会, 2015)においては、図-2.6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等がまとめられている。その後発表された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)(以降、ガイドライン)(交通工学研究会, 2018)では、道路階層の設定と、その道路階層と道路構造令の種級区分の対応や、拠点間移動における目標旅行時間とその目標旅行時間に基づく現況道路ネットワークの検証方法が示されている。このガイドラインを基に、大久保ら(2020)や加藤ら(2020)が実フィールドを対象に現況の道路ネットワークを検証している。

しかし、これまでの研究においては、任意の拠点間に着目し、その拠点間移動の時間や速度といった目標となる性能を定め、これを評価している例が多く、地域における道路ネットワークの移動機能に着目し、道路ネットワークが機能階層的に利用されているかを評価している研究事例はほとんど見受けられない。

## 2.3 機能階層型道路ネットワークに関する既往研究

道路ネットワークが発揮する性能に関する研究事例については数多くあり、Rivera et al. (2022)により体系的にまとめられている。この研究では、道路ネットワークの性能を大きく11の概念(接続性、冗長性、アクセシビリティ、信頼性、接続性の信頼性、移動時間の信頼性、容量の信頼性、柔軟性、堅牢性、脆弱性、回避)に分類されており、その中にはいくつかの階層に分類された道路ネットワークを対象とした研究もある。しかし、道路ネットワークの各道路が持つ移動機能に着目した研究事例は、このネットワーク性能の評価に関する研究体系とは異にするものであり、その研究事例も少ない。

### 2.3.1 道路ネットワークにおける機能階層分類のあり方に関する研究

道路ネットワークにおける機能階層分類のあり方に関する研究例として、Marshall(2004)、Ribeiro(2012)、Tsigdinos and Vlastos(2020)等がある。このうちTsigdinos and Vlastos(2020)は、都市圏の道路網を形成するための方法論として道路階層を6つに分類し、ギリシャの現況道路網の見直し提案を行っている。これらの研究は、どちらかというに沿道出入機能を重視すべき道路や道路以外の交通の差別化に焦点が置かれている。本研究では、移動機能を重視すべき道路の差別化に焦点を置いており、自動車交通を対象にもう少し広域な範囲を対象に扱う。

### 2.3.2 階層分類された道路ネットワークの使われ方に関する研究

移動機能により階層分類された道路ネットワークを対象に、道路の使われ方に関する評価を行っている研究例として朝倉ら(1997)、Xie and Levinson(2007)、後藤ら(2013)、Dong et al. (2013)等がある。朝倉ら(1997)は、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。Xie and Levinson(2007)は、道路ネットワークを不均質性、接続パターン、連続性の3つの観点から評価している。このうち連続性については各OD間の移動時に利用される道路階層の変化回数を指標化しており、拠点間移動における道路の使い方を評価している。後藤ら(2013)は、簡易な格子状道路ネットワークにおいて階層数と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走行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。Dong et al. (2013) は、道路ネットワークの4つの機能 (Access to land, Mobility/Travel speed, Travel distance served, Service to through traffic movements) に着目し、その機能が発揮されるかを評価する8つの指標を提案し、実道路ネットワークで算定した結果を基に、道路階層や機能分類に関する自国の基準等との乖離を考察している。

道路階層が異なる道路ネットワーク、および交通発生集中点である拠点のレベルの違いに着目した研究例としてBigotte et al. (2010)がある。Bigotte et al. (2010) は、地域における都市階層と道路階層の組合せを最適化する手法を提案している。

### 2.3.3 道路ネットワーク形状に関する研究

その他、道路ネットワーク形状に関する研究として、フラクタル解析やグラフ理論等を用いた事例がある。フラクタル解析を用いた研究は、道路ネットワークの複雑性等を評価するものが多く(例えば、岡田ら、1987; 松永ら、2005)、道路ネットワークの使われ方については考慮されない。グラフ理論を応用した道路ネットワークの研究については、藤田ら(2007)が体系的に整理しているようにグラフの連結度の理論を応用した例と、グラフの閉路や距離の理論を応用した例がある。前者は、次数中心性や近接中心性、固有ベクトル中心性等の中心性指標を用いた道路ネットワークの重要性を評価する研究が挙げられる(例えば、木村ら、1987; 安藤ら、2020、松村ら、2011)。これらは、道路リンク自体に交通量等の重みをつけて評価する事例はあるものの、道路の使われ方については、考慮されない。後者は、最短経路探索を用いたネットワークの評価や最適化に関する研究が挙げられる。

## 2.4 本研究の位置づけ

本研究では、実際の地域における道路ネットワークを機能階層性の観点から評価し、その評価に応じた道路計画が検討可能な手法を提案するものである。

したがって、本研究では、道路階層が機能的に分類されていないような現実の道路ネットワークでも評価可能な手法を提案する。Xie and Levinson(2007)が提案した連続性に関する指標は、乗り換えの多さ(不便さ)を表現するものであり、例えば道路階層が1つであるネットワークでは異なる階層への乗り換えが無い場合評価が高くなってしまい、道路の階層的な使い分けという観点からは評価が難しい。また、朝倉ら(1997)が提案した指標も、道路階層が少ない道路ネットワークのように、利用すべき道路階層を定めることができない場合には評価が難しい。また、本研究では、地域の道路ネットワークを機能階層性の観点から評価し、対策を講じた際にもその評価が可能な手法を提案する。後藤ら(2013)が提案した指標は、個別の道路階層やトリップ長に対して評価したものであり、地域の道路ネットワーク全体を評価するためには、提案されている指標を用いた評価手法の検討が別途必要である。Dong et al. (2013) が提案した指標は、道路ネットワーク全体の機能を評価するものであるが、目標とすべき状態は定性的に述べるに留まっているため、実務において活用していくためには、目標となる評価値の設定も検討する必要がある。

また、平成26年7月に公表された国土のグランドデザイン2050(国土交通省, 2014)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。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機能や配置特性も考慮することで、これらの施策評価に対応しうるものとなるよう留意する。

したがって、本研究では、道路ネットワークの機能階層性の評価を行うにあたって、交通の発生集中点となる拠点施設の機能も考慮する。Bigotte et al. (2010) らは、都市階層と道路階層の組合せに着目しているものの、各施設配置の最適化を目指しているため、現状の道路ネットワークの機能階層性の評価には適しておらず、現状の拠点施設の機能や配置等を踏まえた評価方法の検討が必要である。

## 2.5 本研究における道路ネットワークの機能階層性評価の研究手順

### 2.5.1 道路ネットワークの機能階層性の表現方法の仮定

本研究では、道路ネットワークが機能階層型道路ネットワークの性質を持つことを「機能階層性」と定義している。これより道路ネットワークの機能階層性は、道路の使い方に関係しており、道路の利用特性(以降、道路利用特性)で表現されると考えられる。2.3に挙げた機能分類された道路ネットワークの使い方に関する既往研究では、その評価指標として、道路利用そのものや、道路利用に基づく旅行速度の差別化などといった道路利用特性に着目している。そして、道路ネットワークの各道路の配置や設置間隔、自由速度や道路間の交差形式といった道路ネットワーク条件に対する指標値の変化を分析している。このことから、道路利用特性は、道路ネットワーク条件に影響を受けるものと考えられる。

しかし、道路ネットワークにおける道路利用特性は、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。図-2.7に示すように、道路の利用特性は、その交通の発生集中源となりうる拠点と道路の位置関係により、大きく影響を受けると考えられる。また、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機能が異なる拠点施設がある。図-2.8のように物流施設を例に挙げると、物流施設でも機能が異なれば、その機能によって道路の使い方も大きく異なると考えられる。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異なる。このように、道路利用特性は地域都市構造によって影響することは容易に想像できる。

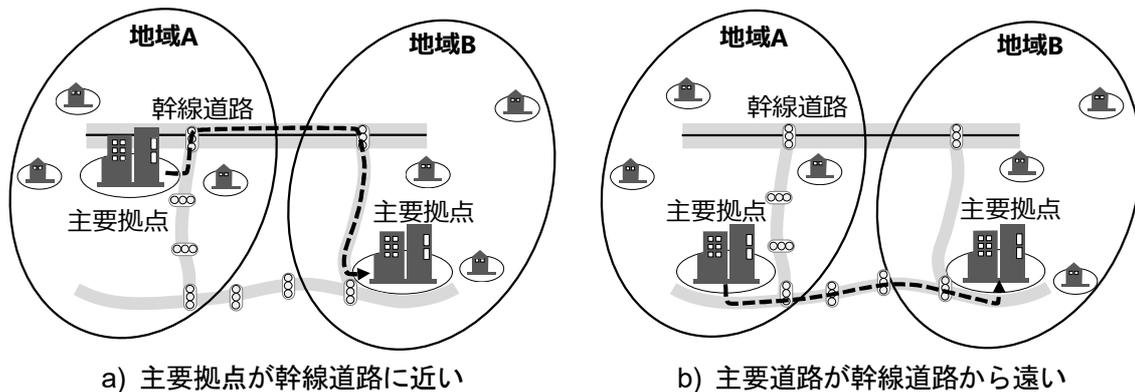


図-2.7 主要拠点の位置と道路利用特性の違い

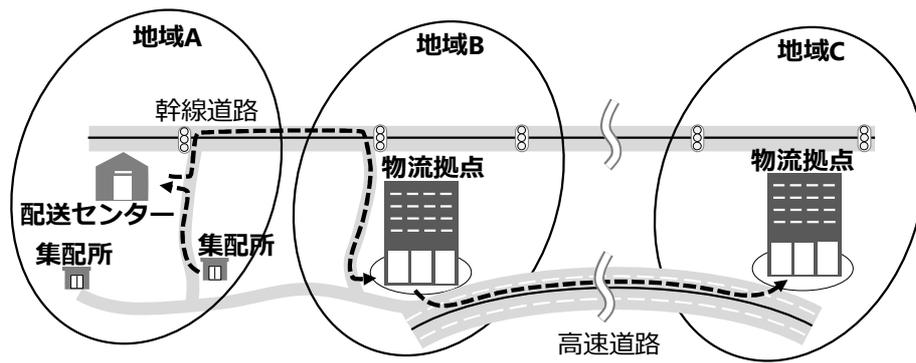


図-2.8 拠点施設の機能の違いによる道路利用特性の違い

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されると仮定する。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と仮定する。すなわち、図-2.9に示すように道路ネットワークの機能階層性(H)は、道路利用特性(Y)を媒介とし、道路ネットワーク条件( $X_R$ )や地域都市構造( $X_L$ )により表現されるものと仮定する。

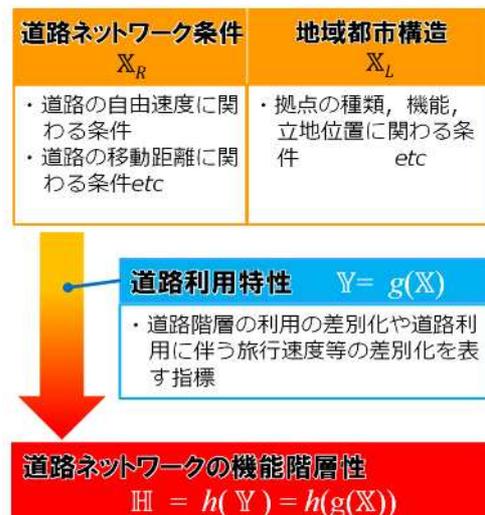


図-2.9 道路ネットワークの機能階層性の表現(仮定)

## 2.5.2 道路ネットワークの機能階層性評価の研究手順

図-2.9の仮定を基に、本研究では、道路ネットワークの機能階層性の表現する指標を開発し、これを用いて実際の道路ネットワークを実際の道路ネットワークがどの程度機能階層的に利用し得るかを評価する手法を提案する。図-2.10に具体的な研究手順を示す。

最初に、分析対象とする圏域の機能階層性や道路利用特性を評価する際に用いる、道路ネット

ワーク条件( $X_R$ )や地域都市構造( $X_L$ )に関する指標を設定する。道路ネットワーク条件( $X_R$ )については、現状の道路の階層分類方法を定め、その階層分類を用いてネットワーク全体で表現するための代表指標( $RL_h, V_h$ )を設定する。これについては、本論文の3.1で述べる。地域都市構造( $X_L$ )については、圏域内に無数に存在する拠点施設について、対象とする拠点施設や、拠点施設の階層の設定方法を示し、交通発生集中点の設定につながる圏域内のゾーン設定、およびゾーン単位の拠点施設に関する特徴量の設定方法を示す。そして各ゾーンの特徴量を用いてネットワーク全体で地域都市構造を表現するための代表指標( $d_h$ )を設定する。これについては、本論文の3.2で述べる。

次に、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を分析する。機能階層型道路ネットワークにおける理想的な道路利用特性を階層利用、旅行速度の観点から仮説立て、それを検証する。そして、これを踏まえネットワーク全体の状態を表現できるような道路利用特性指標( $y_1 \sim y_4$ )を抽出し、第3章で設定した道路ネットワーク条件( $X_R$ )や地域都市構造( $X_L$ )の異なる道路ネットワークケースに対し、仮説どおりの感度が得られる指標を選定する。これについては、本論文の第4章で述べる。

続いて、第4章で選定した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程度を評価する手法を設定する。第3章で設定した道路ネットワーク条件や地域都市構造が異なる複数の仮想道路ネットワークを基に、第4章で選定した道路利用特性指標を算定する。その指標値の特徴を基に、機能階層性の程度を評価する指標である「階層化度」を設定する。設定した「階層化度」の指標は、既往研究にない新たなものであることから、その妥当性を確認するため、階層型道路ネットワーク計画の研究に関わりのある専門家に、実圏域を対象とした道路ネットワークの階層性に関するアンケートを実施し、その評価結果（主観的評価）と、階層化度の判定結果（客観的評価）を比較分析する。これについては、第5章で述べる。

第5章で設定した「階層化度」を実務者が任意の地域で活用できるよう、推定モデルを構築する。第4章で選定した道路利用特性指標を被説明変数、第3章で挙げた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推定モデルを構築し、推定モデルから得られる値により、第5章で示した階層化度分類を行う。そして、得られたモデルを用い、実圏域における現状の階層化度を算定し、目標とすべき階層化度に必要な改善案を分析する。これについては、第6章で述べる。

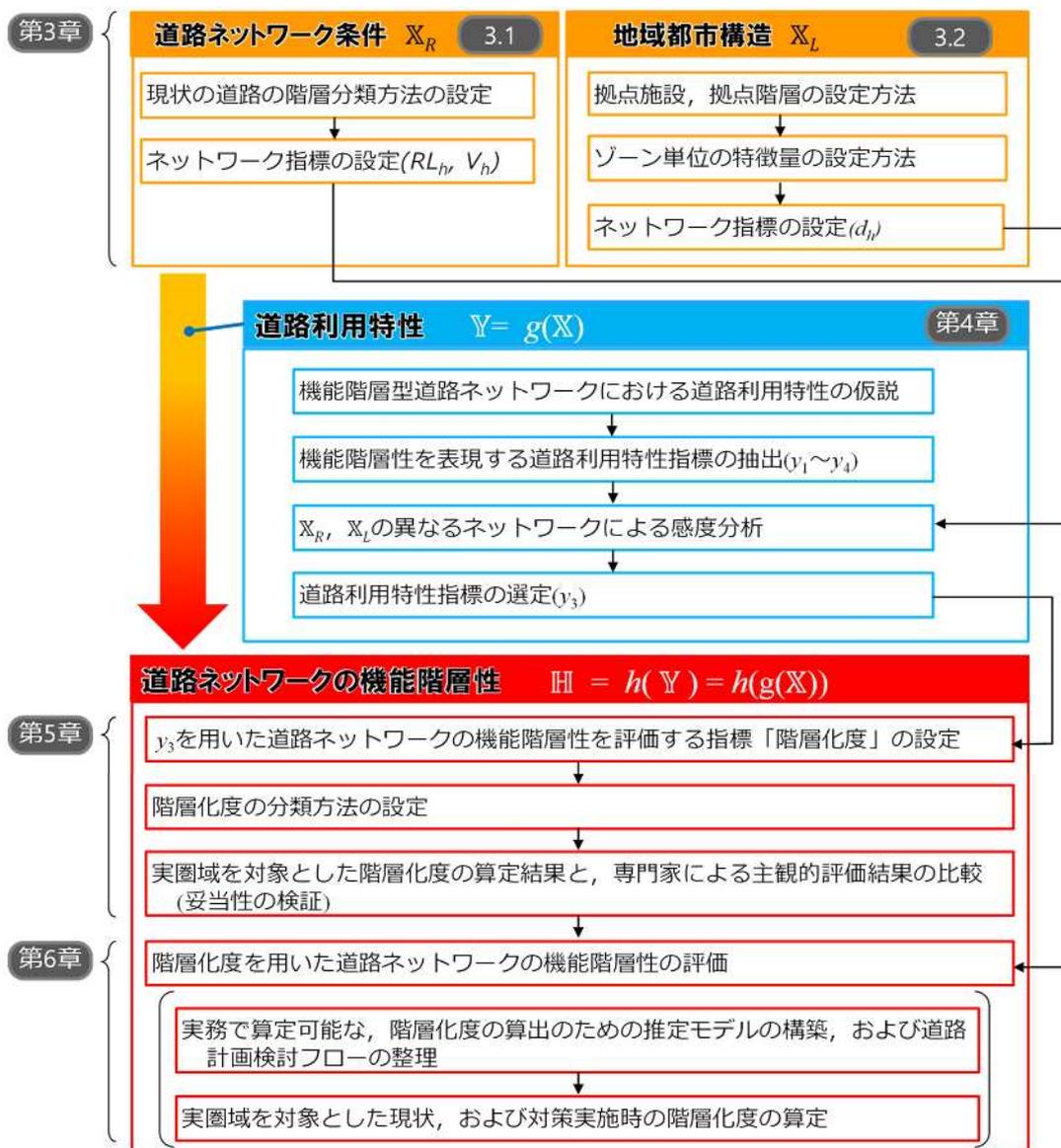


図-2.10 道路ネットワークの機能階層性評価の研究手順

### 2.5.3 本研究の適用条件

#### (1) 対象とする道路網と階層数

本研究では、幹線道路以上の道路を対象とする。これは、図-2.5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移動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-2.11a)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低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-2.11b)**に示すように、幹線道路を利用する中距離のトリップは信号交差点の影響を受けることを考えると高い速度での走行は期待できず、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。また、2階層で構成される場合で、高速道路のインターチェンジ数を増やしアクセス性を向上させると、高速道路に中距離のトリップが混在することになり、長距離トリップもそれに攪乱することは避けられず、特に需要が増えてくればその影響は無視できないレベルになる。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の3階層で道路ネットワークが構成される場合には、**図-2.11c)**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、本研究では階層Bの意義に着目し、移動機能に関する機能階層性を評価する方法を検討する。

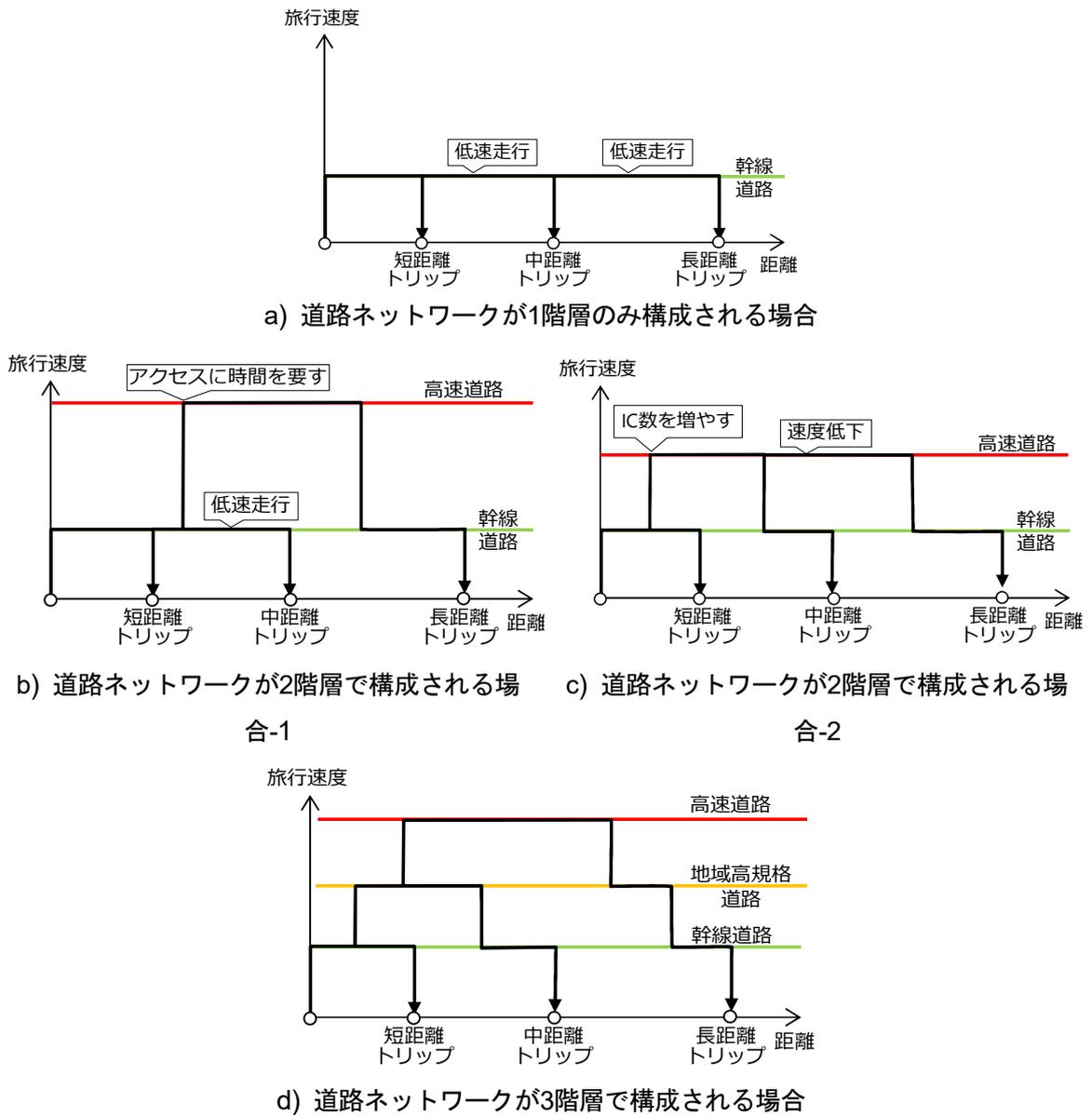


図-2.11 道路ネットワークの機能階層性表現の仮定

## (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(国土交通省, 2020)や都市雇用圏(金本ら, 2002)等を参考とし、図-2.12に示す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(国土交通省道路局, 2018)調査対象路線程度とする。圏域全体の機能階層性の評価を行うため、特定の交差点の改良や個別の拠点施設の集約など、道路ネットワークに対して小さい施策の評価を行うものではなく、一定規模の施策を対象とするものである。また、都市内街路ネットワーク等、より狭義な地域における検討は、自動車交通のみならず、歩行者・自転車等の考慮も必要であるため、別途検討が必要である。



図-2.12 分析対象規模

### (3) 対象とする交通状況

本研究では、自由走行時の旅行速度(野中ら, 2015)に基づき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各道路が機能に応じて利用されるための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3章 道路ネットワーク条件と地域都市構造の定量化

本章では、第2章で仮定した道路ネットワークの機能階層性の表現方法を受け、対象とする圏域の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分析する。

本研究で提案する機能階層性の評価手法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、この評価手法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。

### 3.1 道路ネットワーク条件の定量化

#### 3.1.1 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際には、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(国土交通省道路局, 2018)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設定するものである。

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、ガイドライン(交通工学研究会, 2018)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、交通需要に伴う旅行速度の低下を考慮しないため、道路ネットワーク評価にあたり、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。道路交通センサス対象路線は、県道以上の道路が基本となっており、階層Cよりも低い階層の道路も存在するが、階層Cまでの道路ネットワークで検討すると、道路ネットワークの連続性が著しく損なわれることが考えられるため、階層C以下の道路についても階層Cに含めるものとする。

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(2020)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。

表-3.1 道路階層に応じた目標旅行速度と構造要件((ガイドライン,2018)をもとに作成)

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

※R:地方部, U:都市部

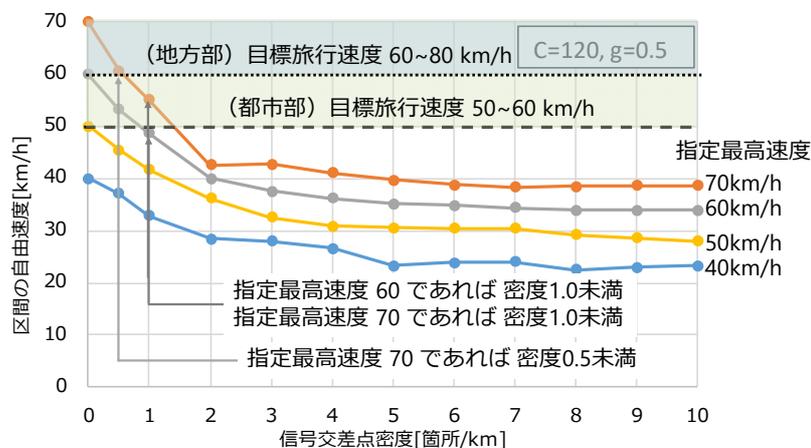


図-3.1 信号交差点密度、指定最高速度と区間の自由速度の関係((柿元ら,2020)をもとに作成)

以上に基づき、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。例えば対象となる道路が都市部に位置する場合、表-3.3を参照する。そして、対象道路について道路交通センサスの箇所別基本表を用いて、区間毎に分類する。その区間のアクセスコントロールが完全出入り制限区間である場合、その区間の指定最高速度が50km/hであれば階層B, 60km/h以上であれば階層Aに分類される。また、その区間のアクセスコントロールが完全出入り制限以外(部分出入り制限, 出入り制限無)である場合、信号交差点密度が1.0箇所/km未満、かつ交差点密度が2.0箇所/km未満、かつ単路部自由速度(指定最高速度)が60km/h以上の場合に階層Bに分類される。これらの要件が満たされない場合には、階層Cに分類する。なお、アクセスコントロールが完全出入り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。

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

	階層Aの目標旅行速度※1の達成条件	階層Bの目標旅行速度※1の達成条件	
	完全出入り制限	完全出入り制限	完全出入り制限以外
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

※1：階層Aの目標旅行速度：80～120km/h

※2：階層Bの目標旅行速度：60～80km/h

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の区分(案)都市部

	階層Aの目標旅行速度※3の達成条件	階層Bの目標旅行速度※4の達成条件	
	完全出入り制限	完全出入り制限	完全出入り制限以外
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

※3：階層Aの目標旅行速度：60～80km/h

※4：階層Bの目標旅行速度：50～60km/h

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(国土交通省道路局, 2018)で代用する。図-3.2は、道路交通センサ対象路線から表-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值(図-3.2内の赤点線)を概ね満足する結果が得られている。

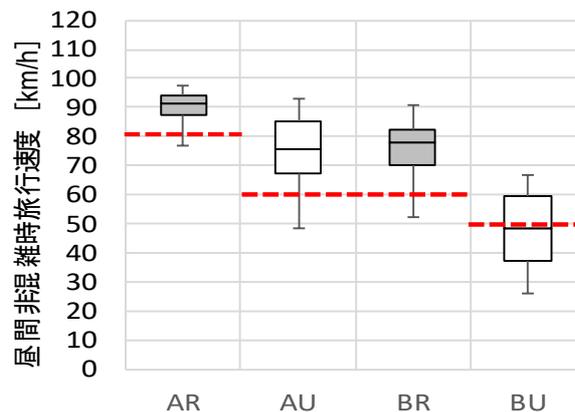


図-3.2 現状の道路の旅行速度の分布

### 3.1.2 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、式(3.1)に示す階層別の延長率 $RL_h$ を用いる。

$$RL_h = \frac{L_h}{L_A + L_B + L_C} \quad (3.1)$$

ここに、 $RL_h$ は階層 $h$ の延長率、 $L_h (h = A, B, C)$ は、階層 $h$ の延長、である。

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 $V_h$ を用い、これは式(3.2)で表現される。

$$V_h = \frac{\sum_n (v_{hn} L_{hn})}{\sum_n L_{hn}} \quad (3.2)$$

ここに、 $V_h$ は階層 $h$ の平均自由速度、 $v_{hn}(h = A, B, C)$ は、階層 $h$ の区間 $n$ の自由速度、 $L_n$ は階層 $h$ の区間 $n$ の延長、である。

## 3.2 地域都市構造の定量化

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設定する。

### 3.2.1 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3.2.2～3.2.5に、それぞれの設定の考え方を整理する。

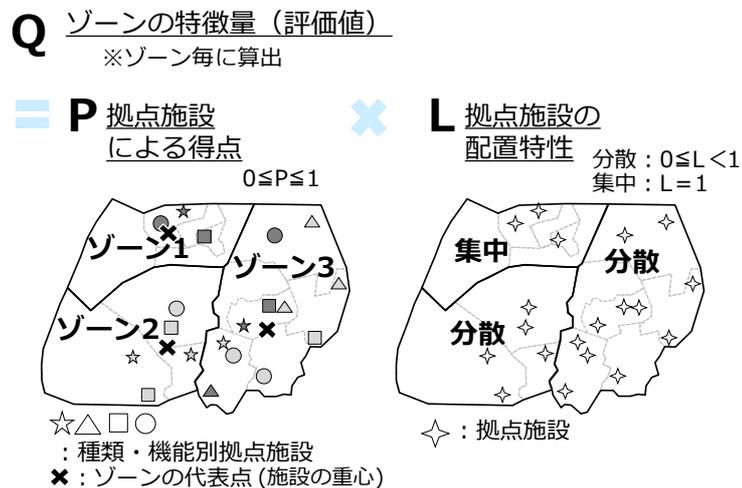


図-3.3 ゾーンの特徴量の表現方法の概要

### 3.2.2 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性・特徴に応じて適宜検討してよい。

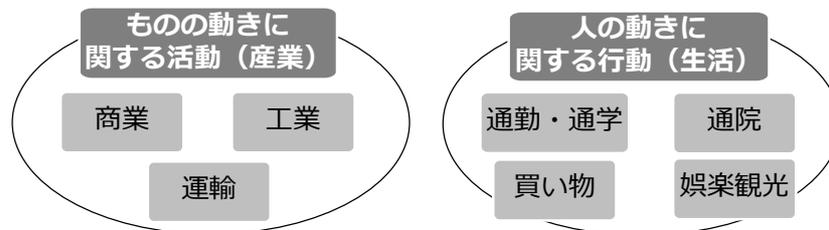


図-3.4 自動車移動に関係すると考えられる活動・行動

表-3.4 拠点施設の種類および拠点階層

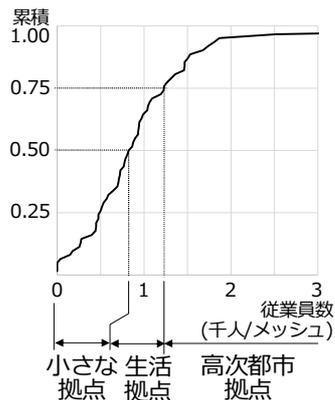
拠点施設の種類		拠点階層			
		大都市拠点 MUF	高次都市拠点 UUF	生活拠点 LUF	小さな拠点 SMF
産業	物流基盤*	拠点空港 国際戦略港湾	地方管理空港 重要港湾 鉄道貨物駅	その他空港 地方港湾	その他
	工業**	2次産業従業員数を用いて表現			
	商業**	3次産業従業員数を用いて表現			
生活	役場等*	国の機関	県庁, 政令市	市役所, 区役所	支所
	鉄道駅*	のぞみ停車駅	ひかり停車駅	快速停車駅	その他駅
	就業場所**	工業, 商業の従業者数で代用			
	買物施設**	商業の従業者数で代用			
	学校施設*	—	国公立大学	その他大学 高等学校	中学校
	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

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。



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

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(国土交通省, 2020) (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。

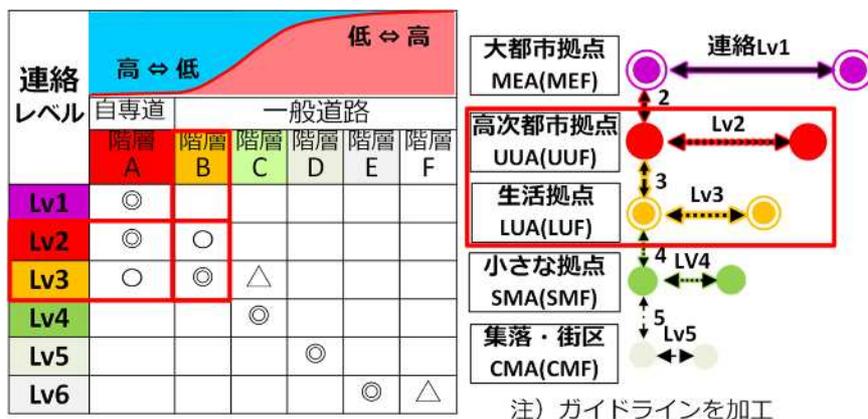


図-3.6 拠点階層の連絡レベルと必要な道路階層

### 3.2.3 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示す。

検討対象範囲のゾーンの大きさについては、3.2.2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、生活圈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に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、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。

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

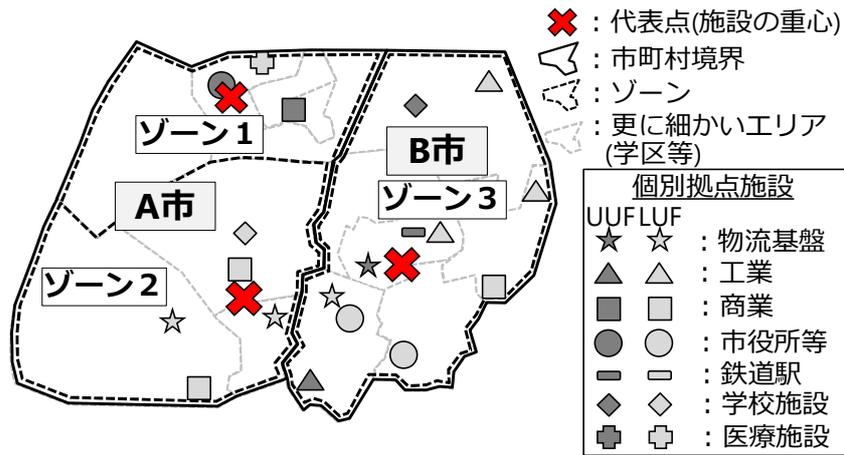


図-3.7 代表点の設定例

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。

### 3.2.4 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L関数法(Besag, 1977)を用いる。L関数により求まるL値は、式(3.3)で表現される(付録1参照)。

$$L(r) = \sqrt{\frac{S}{\pi n_f} \left( \frac{\sum_{f_p=1}^{n_f} \sum_{f_q=1}^{n_f} \delta_{f_p, f_q}}{n_f} \right)} - r \quad (3.3)$$

ここに、 $L(r)$ はL値、 $\delta_{f_p, f_q}$ 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)、 $n_f$ は施設の数、 $S$ はゾーンの面積、である。このとき、式(3.3)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。

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、3.2.3で示したゾーン間距離の1/2を用いる。また、式(3.3)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(3.4a)、式(3.4b)、式(3.4c)のように表現される。

$$L'(r) = L_D; \text{if } 0 < L'(r) < 1 \quad (3.4a)$$

$$L'(r) = L_R; \text{if } L'(r) = 1 \quad (3.4b)$$

$$L'(r) = L_C; \text{otherwise} \quad (3.4c)$$

ここに、 $L_D$ は分散判定、 $L_R$ はランダム分布、 $L_C$ は集中判定、である。

### 3.2.5 ゾーンの特徴量の設定方法

3.2.3で求めた拠点特性に関する得点、および3.2.4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。

拠点施設の立地状況によるゾーンの得点の調整には、L値を活用する。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、個々の施設を用いた評価が低くなると考えられる。この考え方に基づき、L値が分散判定となったゾーンでは、式(3.4a)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(3.5)で表現する。

$$Q_a = P_a \times L_a \quad (3.5)$$

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。

### 3.2.6 地域都市構造を表現する指標

3.2.2～3.2.5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-3.8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(3.6)で表現される。

$$d_h = \frac{\sum_a (d_{ah} \times Q_a)}{\sum_a (Q_a)} \quad (3.6)$$

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。

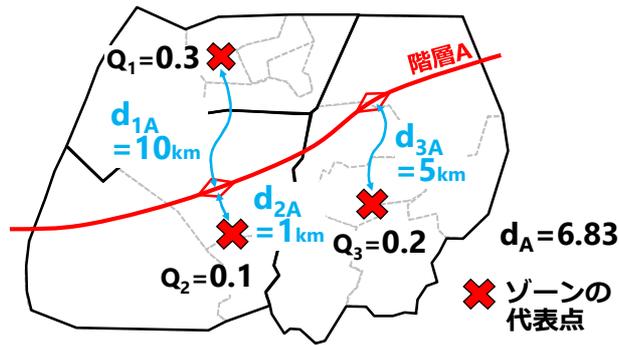


図-3.8 地域都市構造の表現指標の例

### 3.3 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、3.1および3.2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、静岡西部、沖縄南部、愛知東部の3圏域とする。

#### 3.3.1 分析対象範囲

静岡西部については、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(静岡西部)とする。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とする。愛知東部については、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。拠点階層の連絡レベルとして、都市内移動を想定しレベル3とする。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。

#### 3.3.2 静岡西部における道路ネットワーク、地域都市構造の定量化

##### (a) 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-3.9のとおり設定することができる。静岡西部においては、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。



図-3.9 静岡西部の設定道路階層

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-3.6のとおり求められる。

表-3.6 静岡西部の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	36.8 km/h
延長率	階層A	7.3 %
	階層B	2.9 %

(b) 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(例えば、浜松市, 2021 ; 磐田市, 2017)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-3.7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-3.10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。

表-3.7 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	—

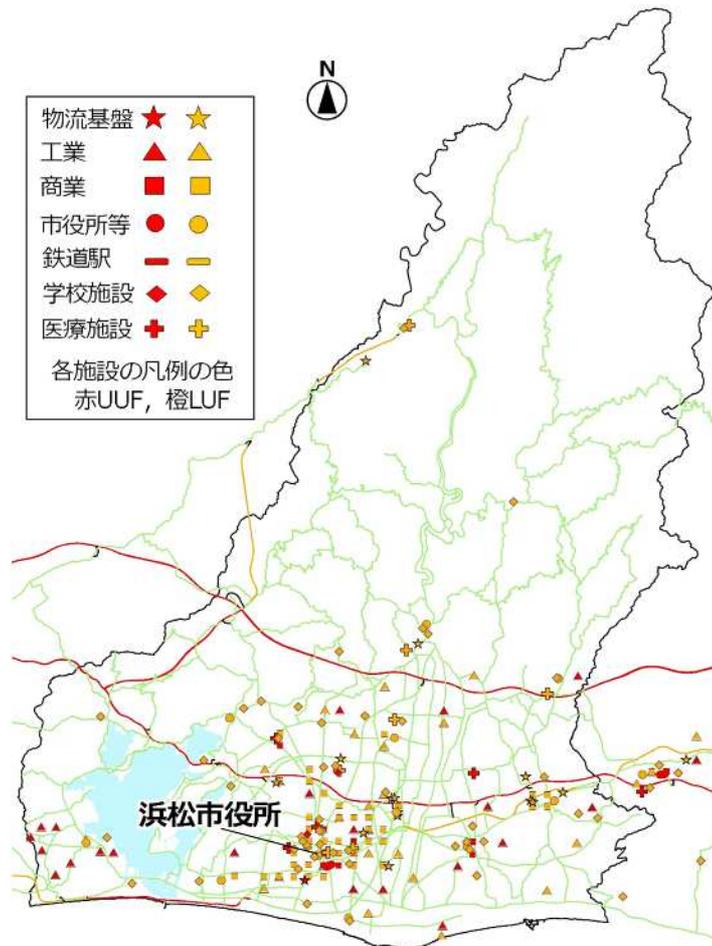


図-3.10 静岡西部における拠点施設の分布(UUF, LUF)

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-3.11に、市区町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-3.12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。分散・集中判定に用いる半径 $r$ は、ゾーニングの半分の値を用いることとし、 $r=3.6\text{km}$ とする。図-3.13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

離の加重平均値が6km～7km程度となった(表-3.8).

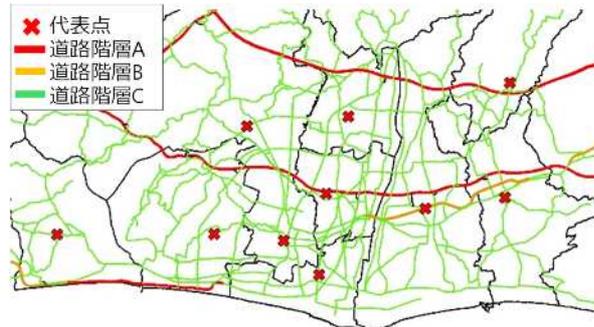


図-3.11 市区町単位による代表点の設定例

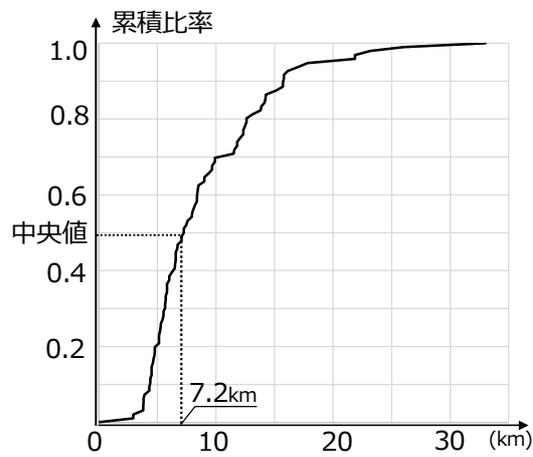


図-3.12 東海4県の市町役場から隣接する市町役場までの直線距離の分布

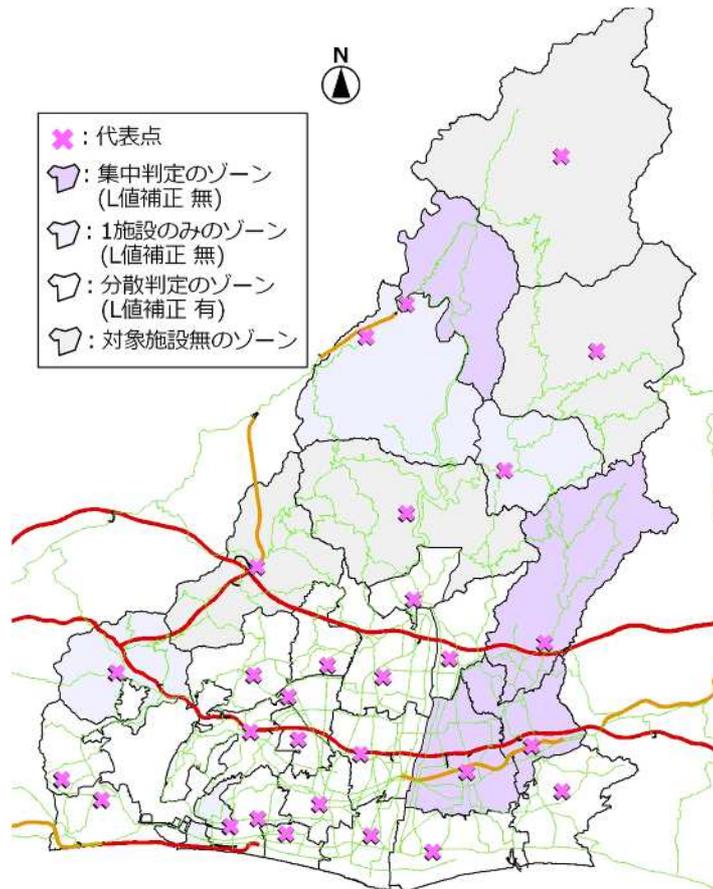


図-3.13 静岡西部における各ゾーンの施設の分散・集中状況

表-3.8 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	階層A( $d_A$ )	6.3 km
層までの距離	階層B( $d_B$ )	6.7 km

### 3.3.3 沖縄南部における道路ネットワーク，地域都市構造の定量化

沖縄南部においても、3.3.2静岡西部と同様に、道路ネットワーク，地域都市構造の整理を行う。

図-3.14に、沖縄南部の道路階層，および拠点施設の分布状況を示す。沖縄南部においては、沖縄道が階層Aとして南北方向に配置されている。また、階層Bについては、那覇市街に僅かに存在する程度となっており、表-3.9に示すとおり階層Bの延長率も2.5%と低い。

拠点施設については、那覇中心部に集中しているが、物流基盤については、各地に分散している。

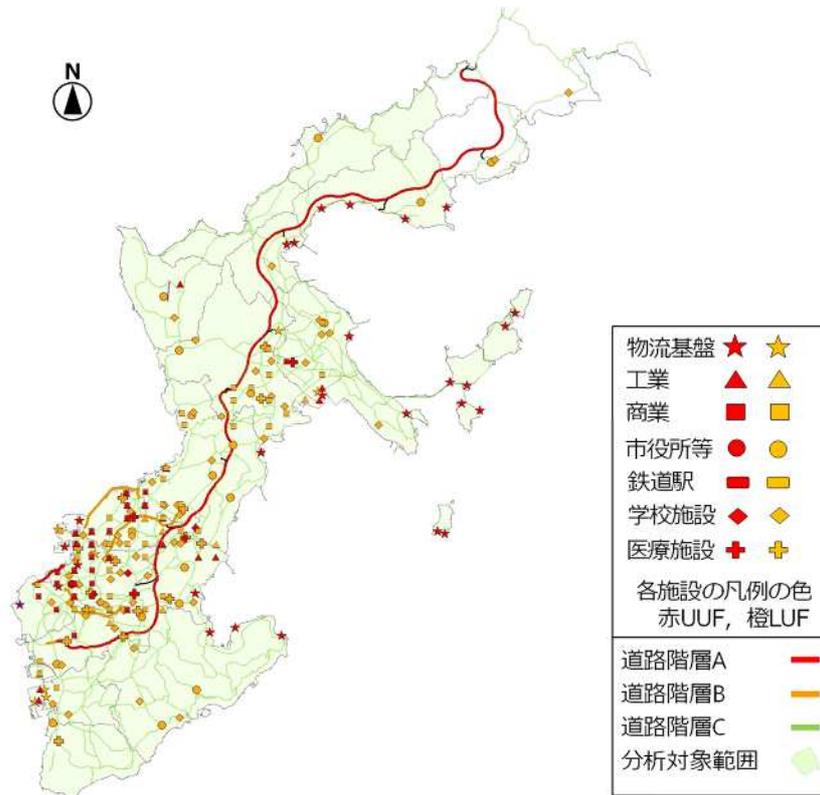


図-3.14 沖縄南部の道路階層，および拠点施設の分布状況(UUF, LUF)

表-3.9 沖縄南部の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	80 km/h
	階層B	48 km/h
	階層C	34 km/h
延長率	階層A	8.0 %
	階層B	2.5 %

図-3.15に、18の地域にゾーニングした場合の代表点，および各地域の分散・集中状況を示す。那覇中心部が集中判定となっている。糸満市，恩納村については，対象となる拠点施設が地域に1つである。表-3.10に示すとおり，代表点から階層A迄の距離の加重平均，階層B迄の距離の加重平均はともに約5kmとなっている。階層Bについては，那覇中心部にのみ位置しているものの，階層A, Bの指標値が大きな差が出ていない。これは，当該地域においては那覇中心部の評価値が突出しているためである。

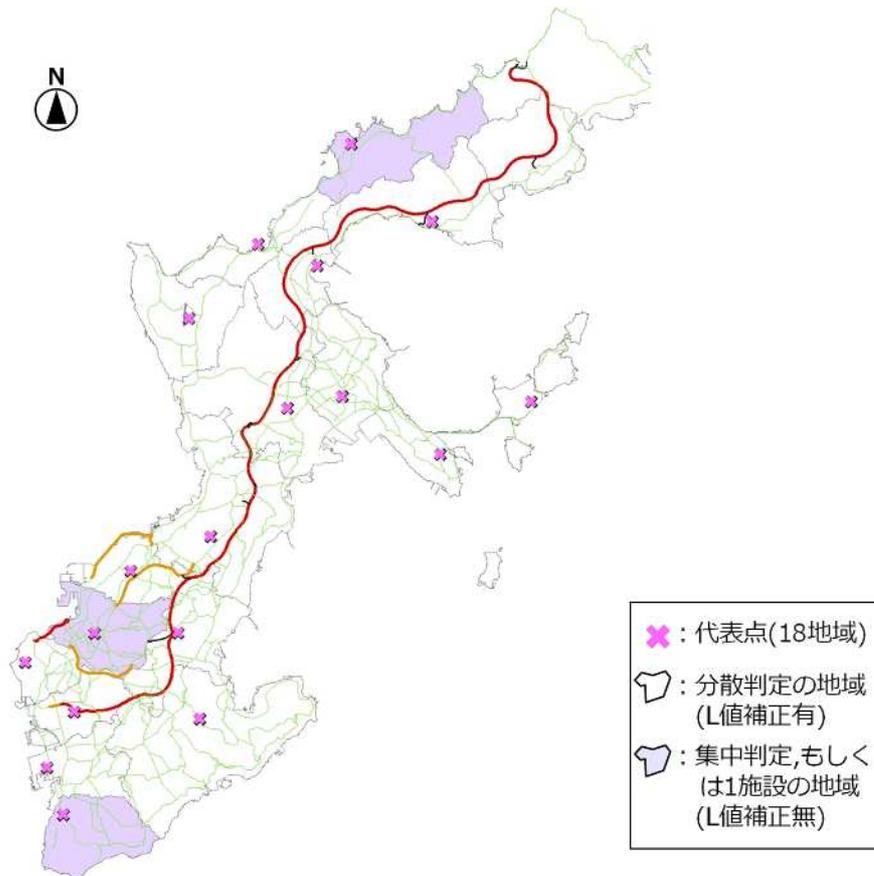


図-3.15 沖縄南部における各ゾーンの施設の分散・集中状況

表-3.10 沖縄南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	階層A( $d_A$ )	4.9 km
層までの距離	階層B( $d_B$ )	4.9 km

### 3.3.4 愛知東部における道路ネットワーク，地域都市構造の定量化

図-3.16に、愛知東部の道路階層，および拠点施設の分布状況を示す。愛知東部においては、階層Aが圏域の北側を東西，および西側を南北に伸びている。その間の区間に階層Bが整備されているものの、これらの階層Bと不連続となっている。結果として、表-3.11に示すとおり、階層Bの延長率は4%程度となっている。拠点施設については、各地域に分布している、蒲郡市や碧南市周辺に重要な拠点施設が立地しているが、その地域の周辺には上位の道路階層が整備されていない。

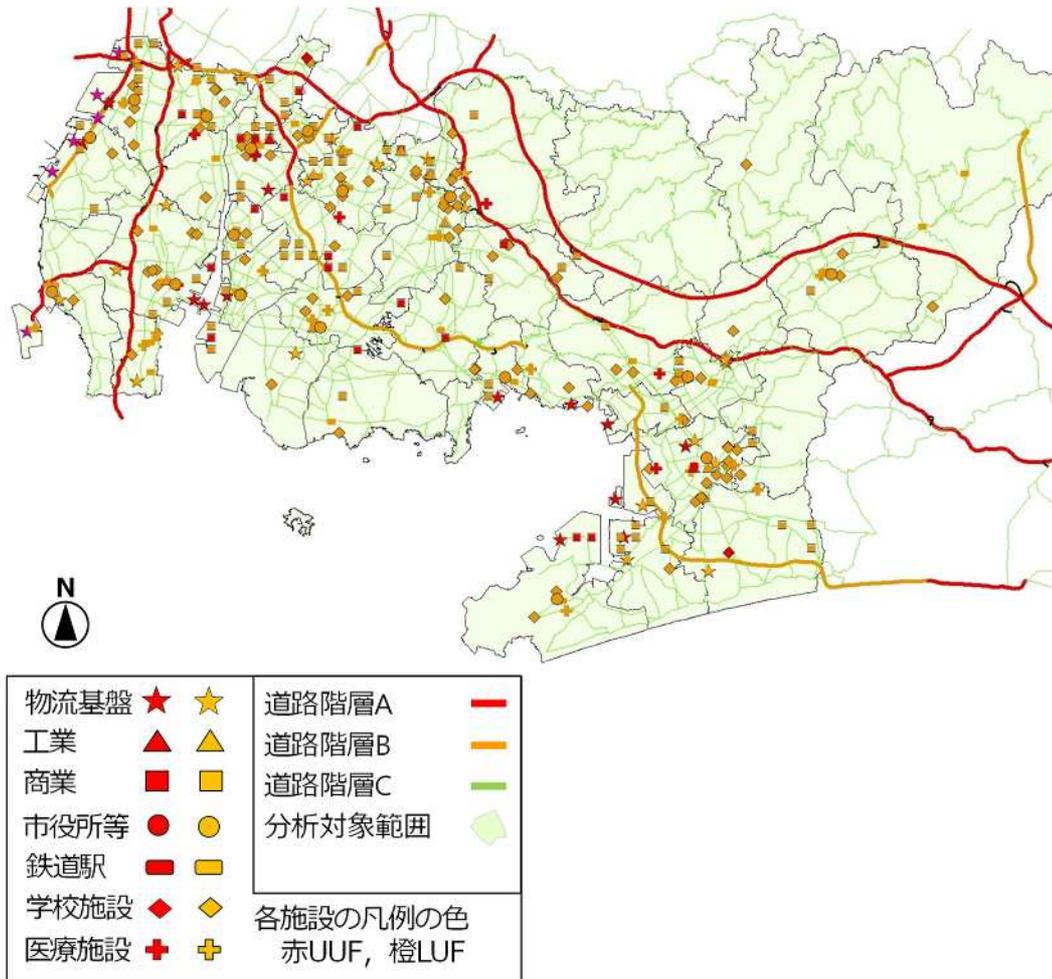


図-3.16 愛知東部の道路階層, および拠点施設の分布状況(UUF, LUF)

表-3.11 愛知東部の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	86.4 km/h
	階層B	60.7 km/h
	階層C	36.1 km/h
延長率	階層A	8.0 %
	階層B	3.6 %

図-3.17に、38の地域にゾーニングした場合の代表点, および各地域の分散・集中状況を示す。市街地が集中する豊橋市や安城, 刈谷等においては分散判定となっている。一方, 新城市などの山間部においては, その中心部にのみ拠点施設が集中している地域や, 対象となる拠点施設が地域に1つであり, 施設が分散することによる補正が不要な地域である。表-3.12に示すとおり, 代表点から階層A迄の距離の加重平均は約8km, 階層B迄の距離の加重平均は約6kmと, 階層A迄の

距離がやや長くなっている。階層Aについては、対象圏域の北側に位置しているためと考えられる。

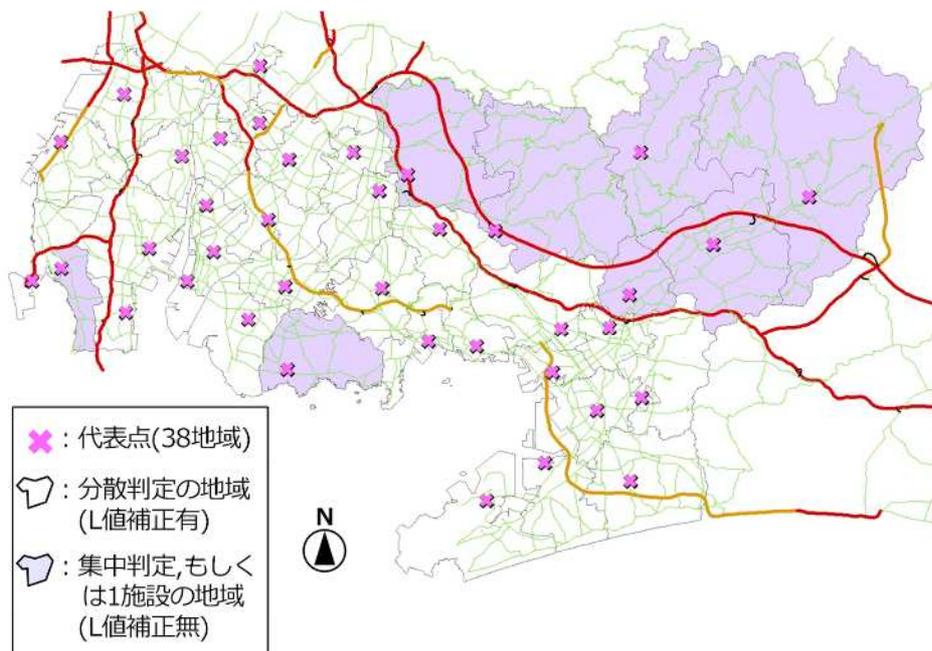


図-3.17 愛知東部における各ゾーンの施設の分散・集中状況

表-3.12 愛知東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( $d_A$ )	8.1 km
	階層B( $d_B$ )	6.3 km

### 3.4 まとめ

本章では、第2章で仮定した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として、延長率 $RL_h$  (式(3.1))や階層別の平均自由速度 $V_h$  (式(3.2))等の階層別の指標を設定した。あわせてこれらの指標の設定に必要な、現状の道路の階層分類方法も設定した。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(3.6))を、地域都市構造を表現する指標とした。この指標を実圏域で算定し、設定した指標が表現されることを確認した。

## 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分析

本章では、第2章で仮定した道路ネットワークの機能階層性の表現方法を受け、機能階層性を表現する道路利用特性指標を抽出し、分析する。機能階層型道路ネットワークにおける理想的な道路利用特性を階層利用、旅行速度の観点から仮説立て、それを検証する。そして、ネットワーク全体で評価できるような道路利用特性指標を設定し、第3章で設定した道路ネットワーク条件( $X_R$ )や地域都市構造( $X_L$ )の異なる道路ネットワークに対し、それらの指標の感度を分析し、道路ネットワークの機能階層性の評価に用いる指標を選定する。

### 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。

#### 4.1.1 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。

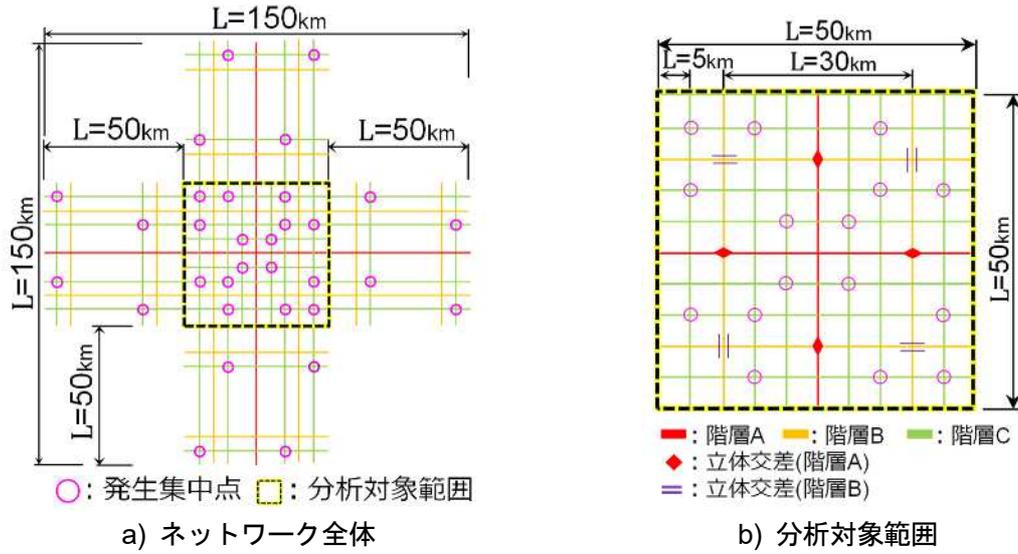


図-4.1 基本となる仮想道路ネットワークにおける発生集中点と階層間の交差形式

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ネットワークを評価するため、各ODペアについて1トリップ単位で評価を行う。すなわち、ODペア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。ここでは、道路利用特性を把握することを目的とするため、ODペア毎の重みは付与しないものとする。

最短時間経路は、以下の式(4.1a)、(4.1b)を用い、ダイクストラ法(Dijkstra, 1959)により算定する。

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

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

ここに、 $T_{ij}$ はOD  $ij$ の最短時間、 $t_{ij,w}$ はOD  $ij$ の経路 $w$ 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(2020)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。

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

主要交差点の平均遅れ時間は、平面交差の計画と設計 基礎編(交通工学研究会, 2019)に示されている式(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 ( $G/C_L$ )、 $\lambda$ 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に一様とする。

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	$\lambda$	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-4.2b))

#### 4.1.2 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.

#### 4.1.3 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

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。

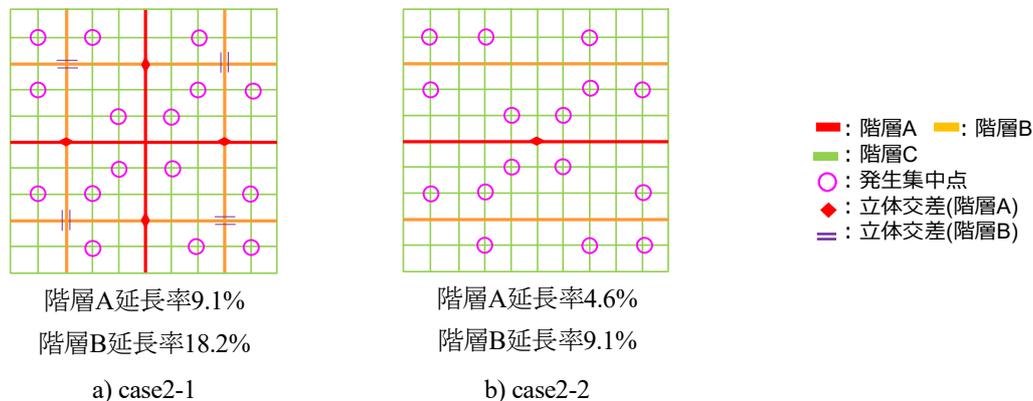


図-4.2 case2-1, 2-2の道路ネットワークと拠点配置

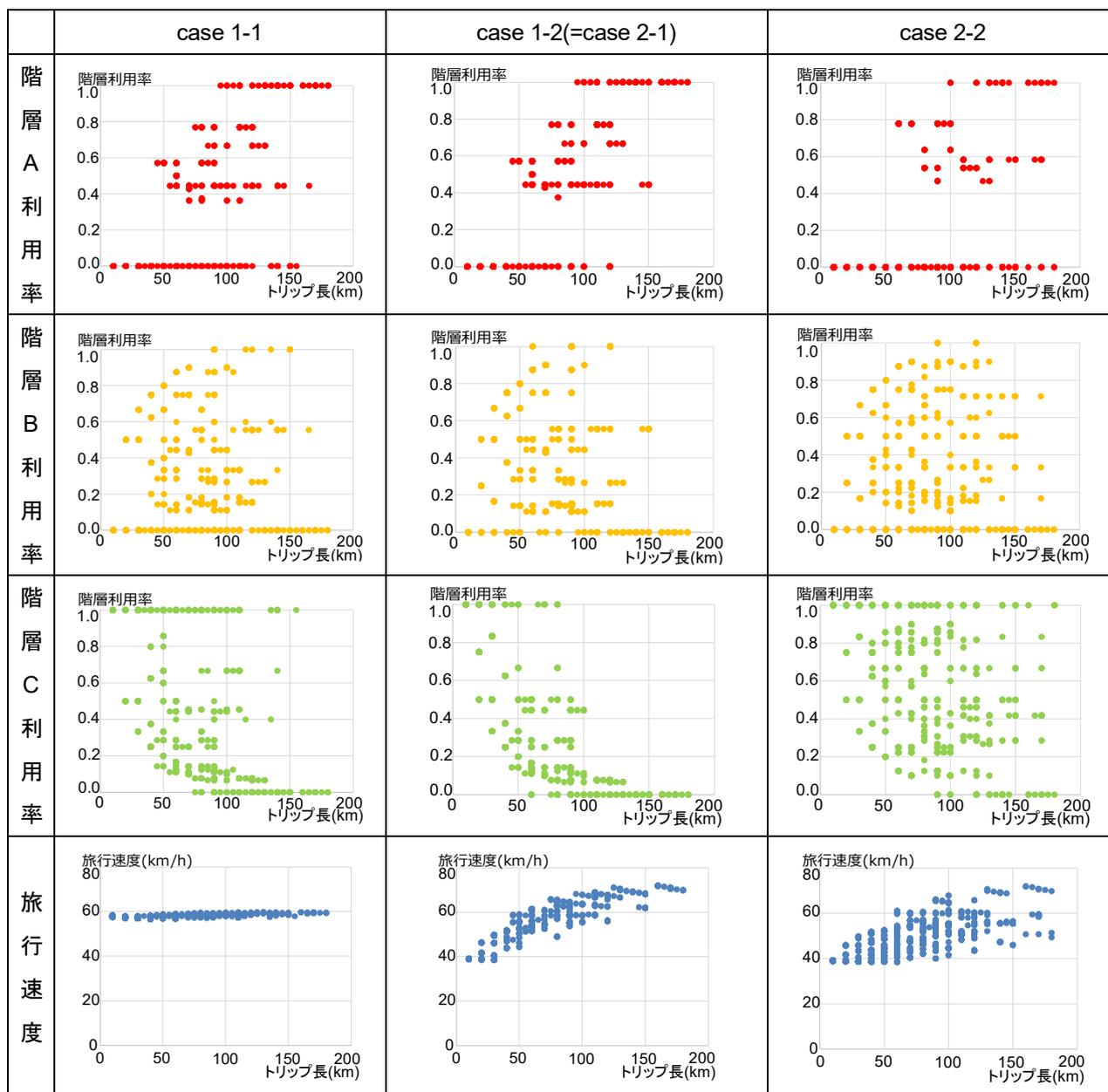
#### 4.1.4 分析結果

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できる。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できる。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

表-4.4 シナリオ1, 2の分析結果



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機能階層性を表現できるような道路利用特性指標を検討する。道路利用特性指標として、表-4.5に挙げる4つを検討する。

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 $y_i$	
トリップ長に応じた速度の差別化	$y_1$	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( $V_{LT}$ )
トリップ長に応じた利用の差別化	$y_3$	階層利用率曲線の交点( $\theta, f(\theta)$ )
	$y_4$	階層利用率曲線で得られる面積( $S_{RU}$ )

### (a) 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。

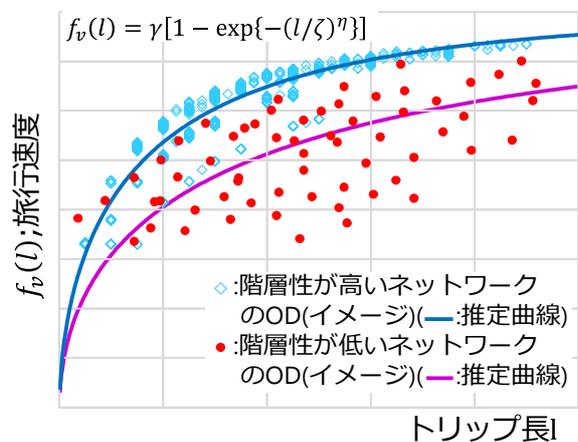


図-4.3 トリップ長と旅行速度の関係

青で示したODの点分布は、機能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 $l$ であるODの旅行速度、 $\gamma$ 、 $\zeta$ 、 $\eta$ 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、機能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。機能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、機能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。

#### (b) 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、機能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。

#### (c) 指標 $y_3$ :階層利用率曲線の交点( $\theta, f(\theta)$ )

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。

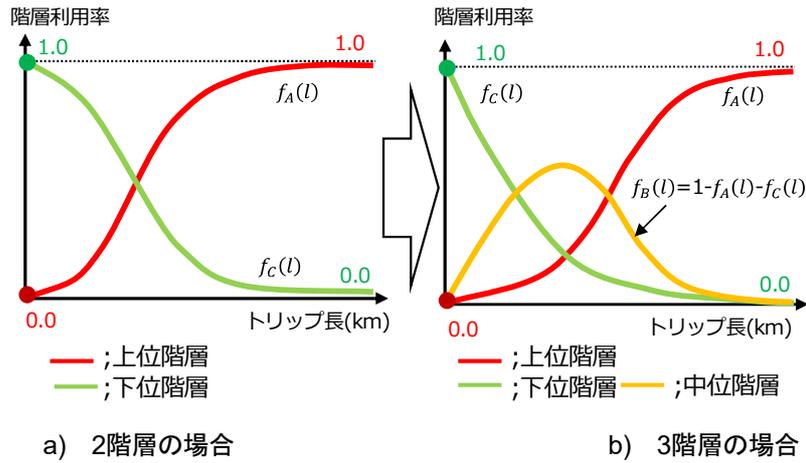


図-4.4 トリップ長に応じた階層利用率曲線

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。

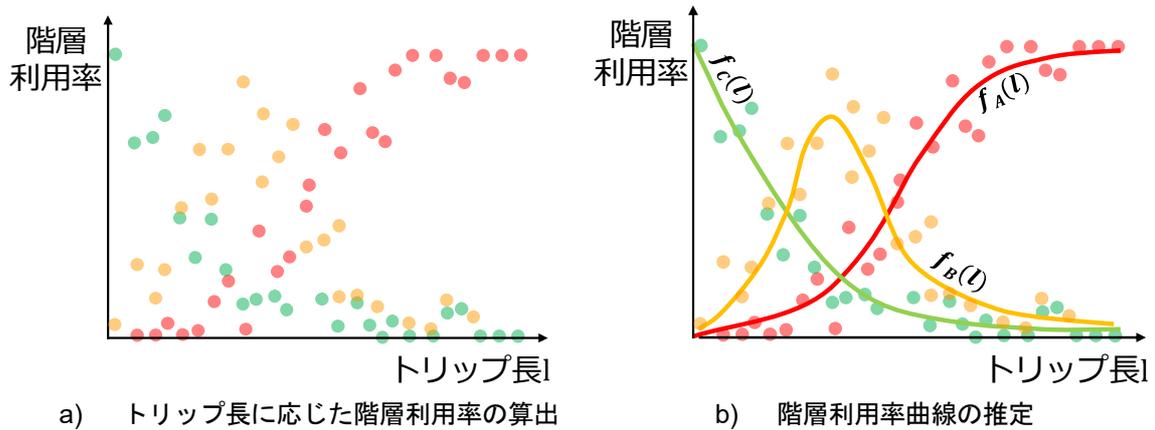


図-4.5 トリップ長に応じた階層利用率曲線の推定手順

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。

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

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

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

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、 $\alpha_h, \beta_h$ 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。

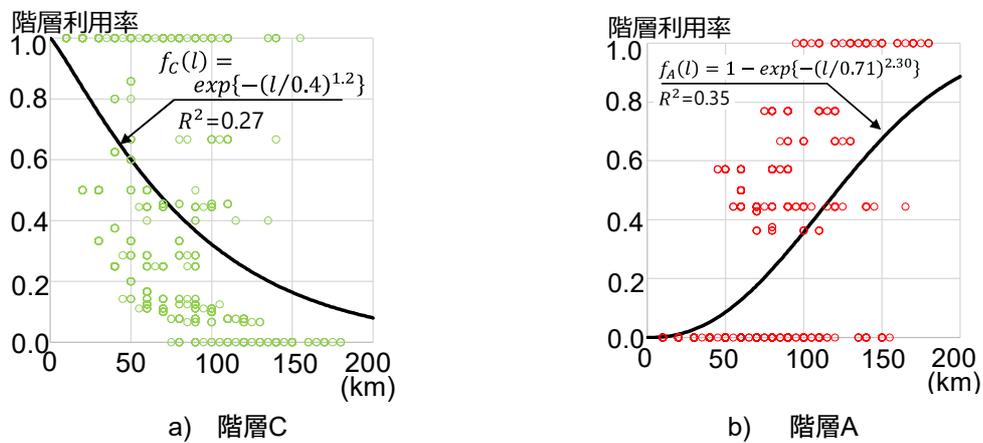


図-4.6 曲線のフィッティング結果(case1-1)

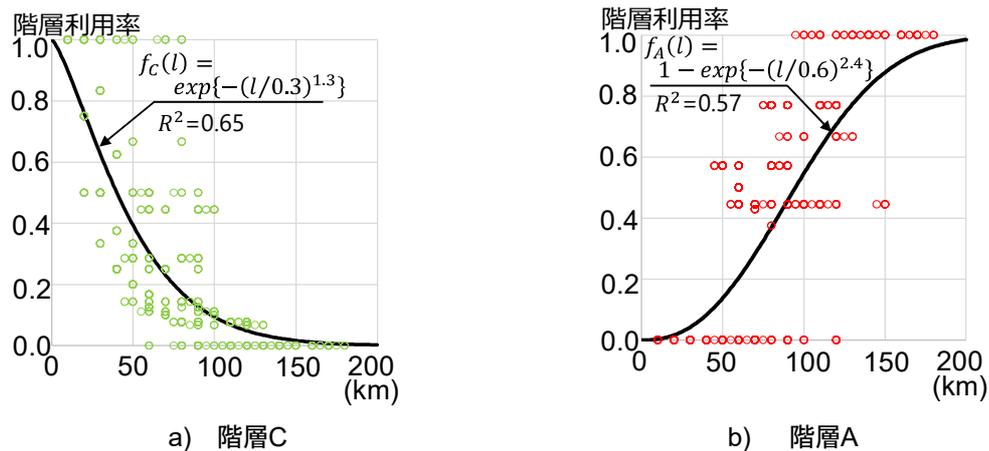


図-4.7 曲線のフィッティング結果(case1-2)

道路ネットワークの機能階層性とは、各道路がトリップ長の異なる道路利用者によって、移動機

能に応じて使い分けられる性質と仮定している。図-4.8a)~d)に、式(4.6a)~(4.6c)を重ね合わせて描かれるグラフの代表例を示す。この重ね図において、トリップ長に応じ各道路が使い分けられるには、図-4.8a)からb), c), d)の順に、階層Bの利用率が向上していくことにより実現する。これらの違いは、階層Aと階層Cの利用率曲線の交点( $\theta_{AC}$ ,  $f_A(\theta_{AC})$ )で見ることができ、道路ネットワークの機能階層性は、交点の $f_A(\theta_{AC})$ が小さくなるほど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であれば、少なくとも各階層の道路がトリップ長の異なる利用者によって使い分けられているものと考えられるため、これを道路ネットワークの機能階層性がある状態と仮定する。

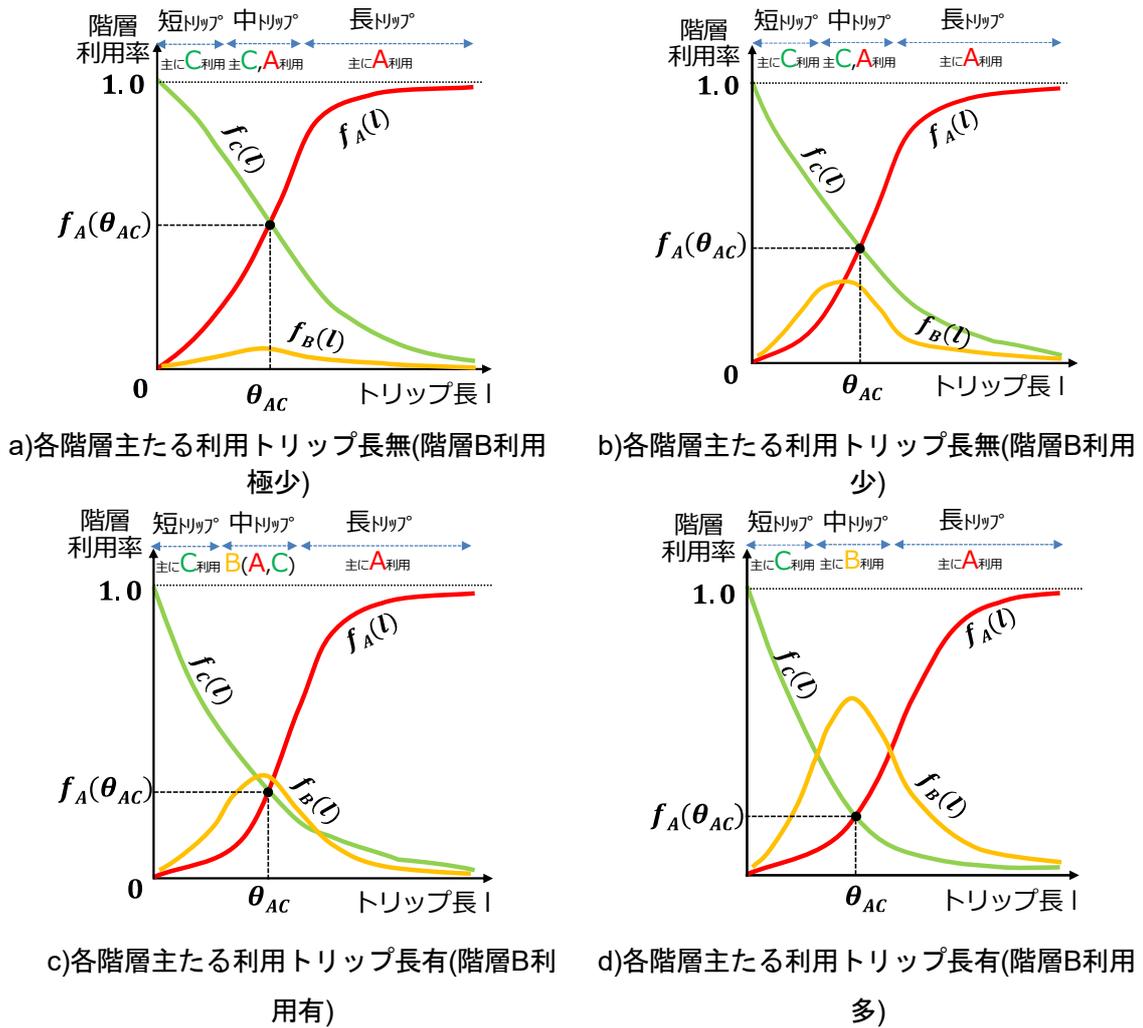


図-4.8 階層利用率曲線の重ね合わせ形状の代表例

この状態が成立するための条件は、式(4.7)で表現される。

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

トリップ長に応じた各道路の使い分けという観点から、この指標の代わりに、階層Bの利用率曲線の最大値を指標として用いることも考えられる。しかし、階層Bがほとんど存在しないわが国の道路ネットワークへの適用も考慮すると、階層A、およびCの交点で見ることが適切であると考えられる。

(d) 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機能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、機能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付きにくいことから、機能階層性がある状態、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機能階層性なし、と判定する。

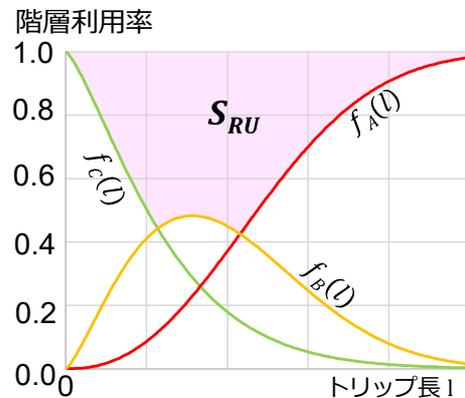


図-4.9 階層利用率曲線で囲まれた領域の面積 $S_{RU}$

## 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

### 4.3.1 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。

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	60km/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

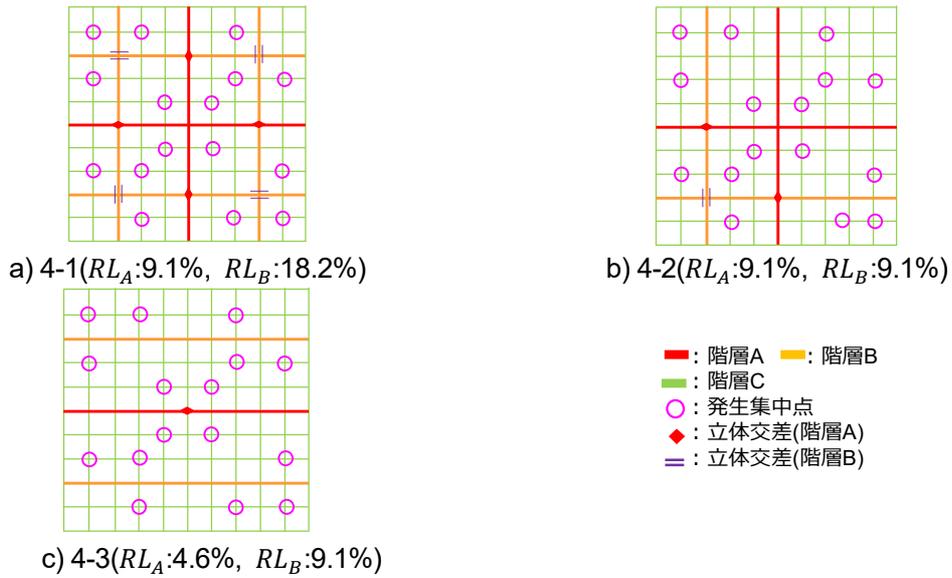


図-4.10 シナリオ4の道路ネットワークと発生集中点の配置



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

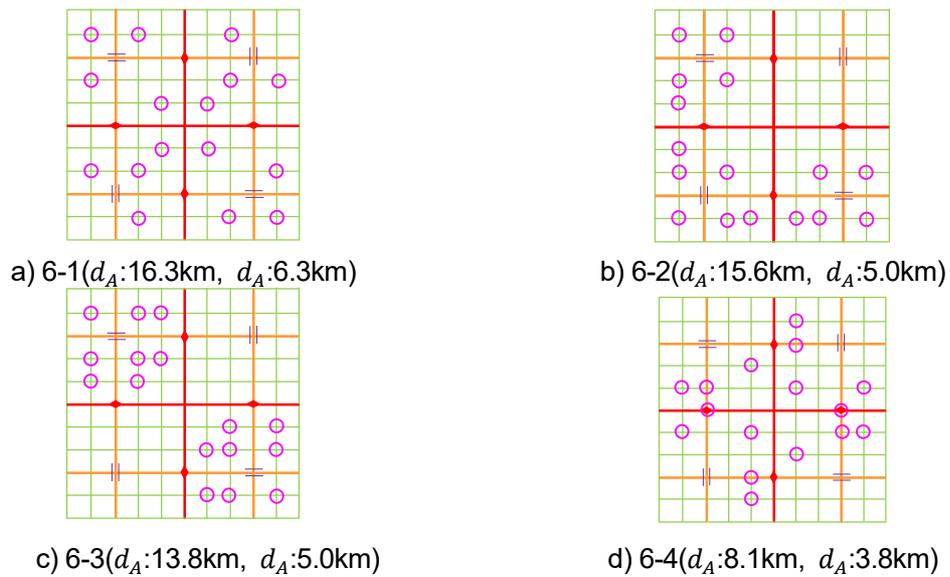


図-4.12 シナリオ6の道路ネットワークと発生集中点の配置

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。

### 4.3.2 分析結果:

#### (a) 指標 $y_1$ (トリップ長別旅行速度推定曲線の決定係数( $R^2$ ))

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、機能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、機能階層性を表現する指標としては課題がある。

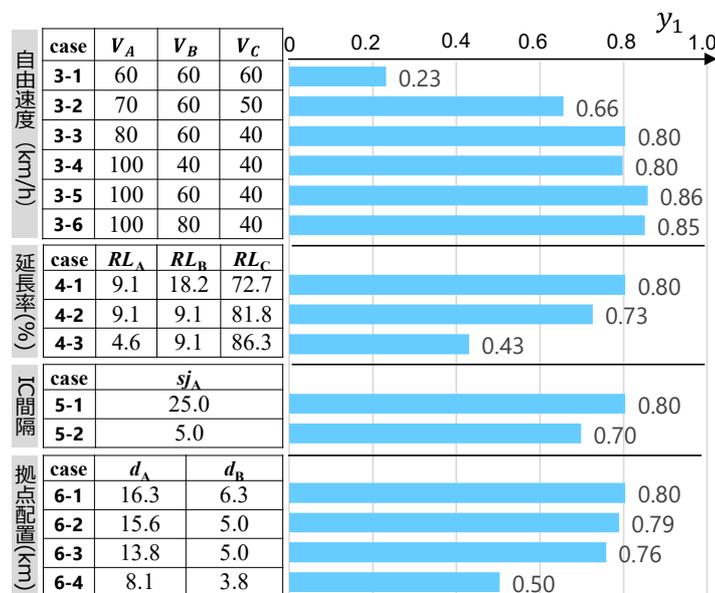


図-4.13  $y_1$ の分析結果

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。

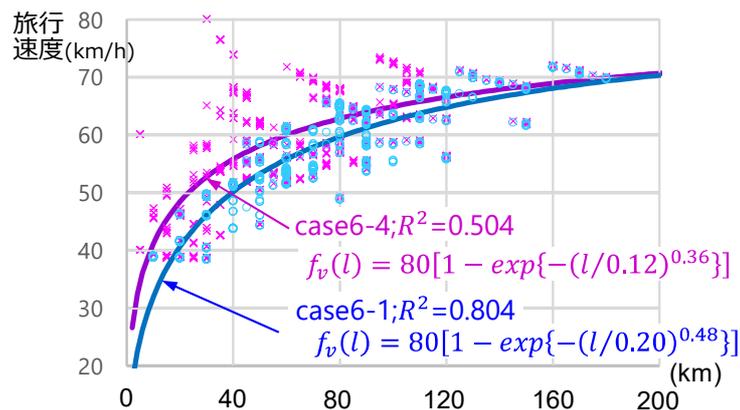


図-4.14 トリップ長別旅行速度の比較(case6-1, 6-4)

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機能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。

(b) 分析結果:指標 $y_2$ (長トリップの平均旅行速度( $V_{LT}$ ))

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、機能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。

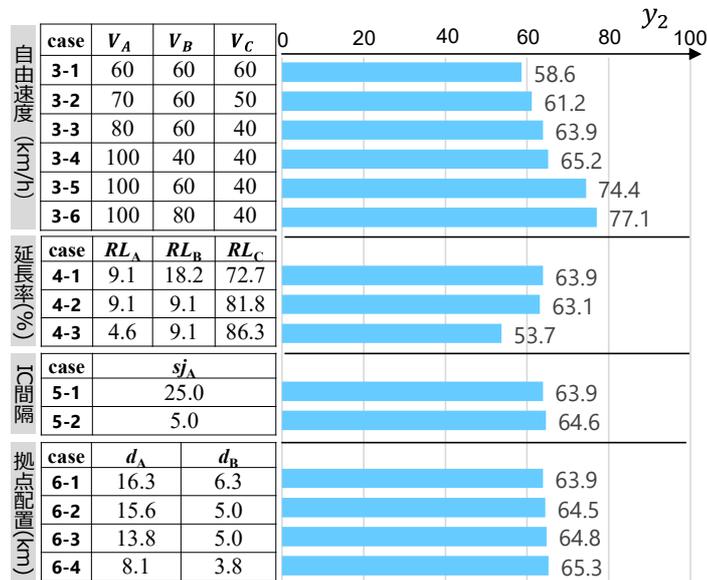


図-4.15  $y_2$ の分析結果

(c) 分析結果:指標 $y_3$ (階層利用率曲線の交点( $\theta, f(\theta)$ ))

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、機能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。

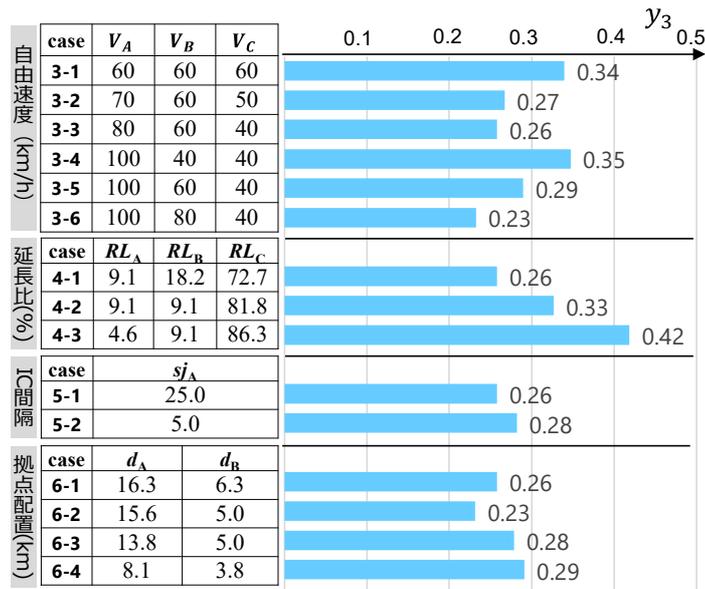


図-4.16  $y_3$ の分析結果

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が利用し易くなり、階層Cから階層Bに利用が変化したためと考えられる。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。

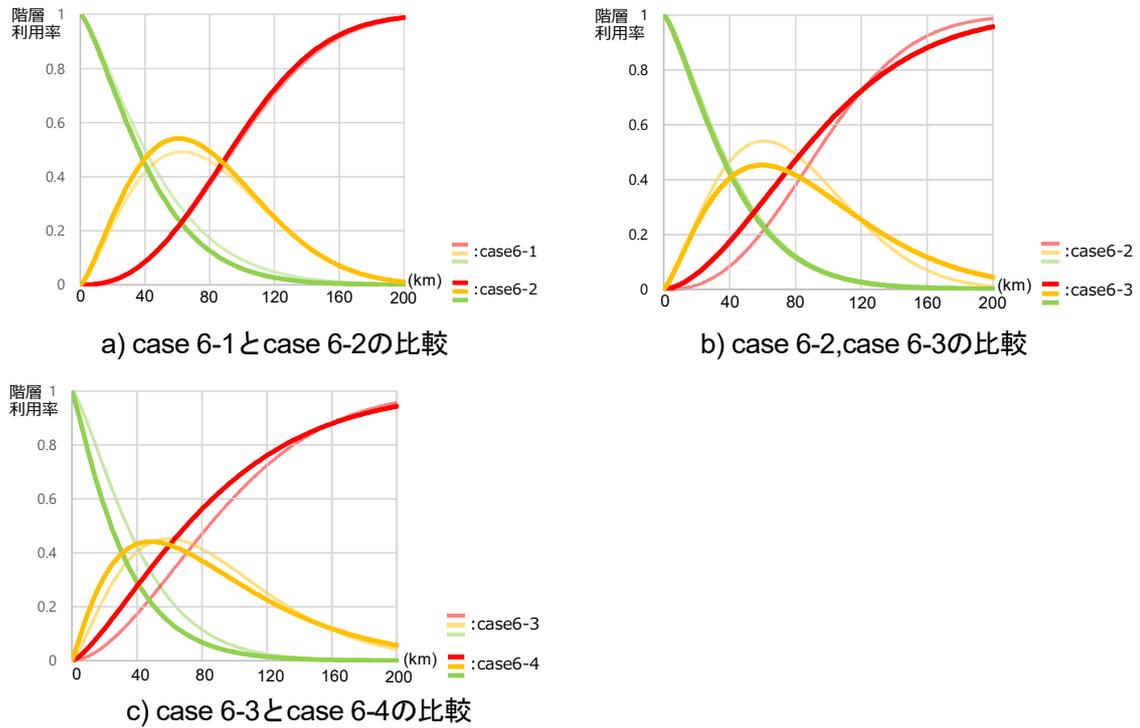


図-4.17 case 6の階層利用率曲線

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。

(d) 分析結果:指標 $y_4$ (階層利用率曲線で囲まれた面積( $S_{RU}$ ))

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、機能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～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、case 3-6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。

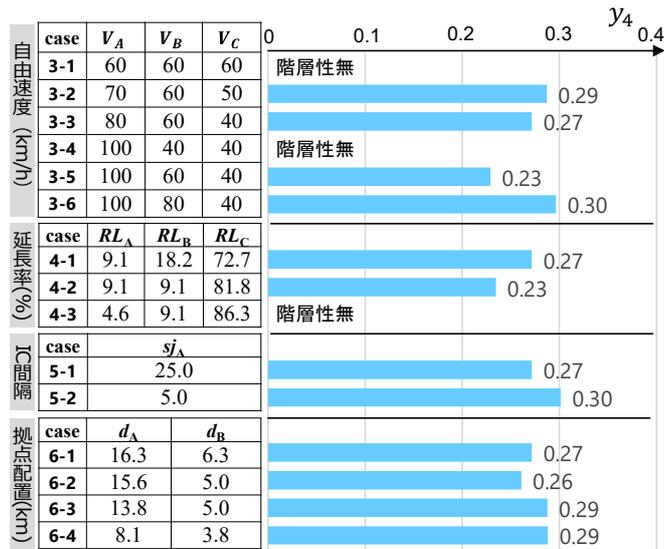


図-4.18  $y_4$ の分析結果

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、それに反し機能階層性が高くなる場合がある。

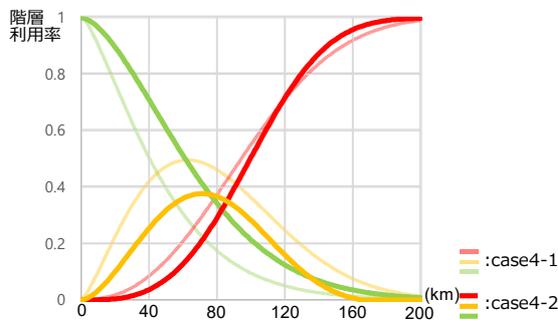


図-4.19 case 4-1, case 4-2 階層利用率曲線比較図

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。

### 4.3.3 道路利用特性指標の評価

表-4.8に路利用特性指標の評価結果を示す。  $y_1$ 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るだけでなく、階層間の自由速度の変化に対しても感度があるため、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挙げた、階層利用の差別化を表現できる指標であるとともに、速度の差別化にも感度がある指標であるといえる。このことから、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  $\theta_{AC}$  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-4.7 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"> <li>・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、<math>R^2</math>値が低下する場合がある。</li> <li>・階層Aの速度が高いと<math>R^2</math>が高くなる傾向がある。</li> </ul>	×
	$y_2$ ; 長トリップの平均旅行速度( $V_{LT}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>・階層Aの自由速度の影響が強く、ネットワークの違いには感度が低い。</li> </ul>	×
利用の差別化	$y_3$ ; 階層利用率曲線の交点 ( $\theta_{AC}, f_A(\theta_{AC})$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路ネットワークの変化に感度があるだけでなく、自由速度の変化に対しても感度がある。</li> </ul>	○
	$y_4$ ; 階層利用率曲線で得られる面積 ( $S_{RU}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>・階層Bの整備が少なくなっても機能階層性の評価が高くなる場合がある。</li> <li>・計算が煩雑。</li> </ul>	×

表-4.8に、本節で選定したケースに対する  $y_3$  と、1ODあたりの平均所要時間を示す。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に関する評価は、所要時間等のネットワーク性能に基づく評価と区別する必要があることが確認された。

表-4.8 ネットワークケースの違いによる $f_A(\theta_{AC})$ 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	25km	0.26	75.4	
5-2	$sj_A$	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	
		★は同じケース ※単路部の自由速度	閾値	0.00	86.32
			0.50	62.71	

## 4.4 実圏域における道路利用特性指標の分析

本節では、4.3で選定した道路利用特性指標( $\theta_{AC}, f_A(\theta_{AC})$ )を実圏域で分析する。分析対象は第3章と同様に、静岡西部、沖縄南部、愛知東部の3圏域とする。

### 4.4.1 分析条件

#### (a) 道路ネットワーク条件

対象地域の道路ネットワークは第3章と同様、道路交通センサ調査対象路線とし、道路階層についても第3章で設定した道路階層となる。

自由速度については、各区間の自由速度をネットワーク全体の区間長による加重平均値を圏域全体に適用する。

図-4.20に、3圏域の道路ネットワークおよび設定した自由速度を示す。

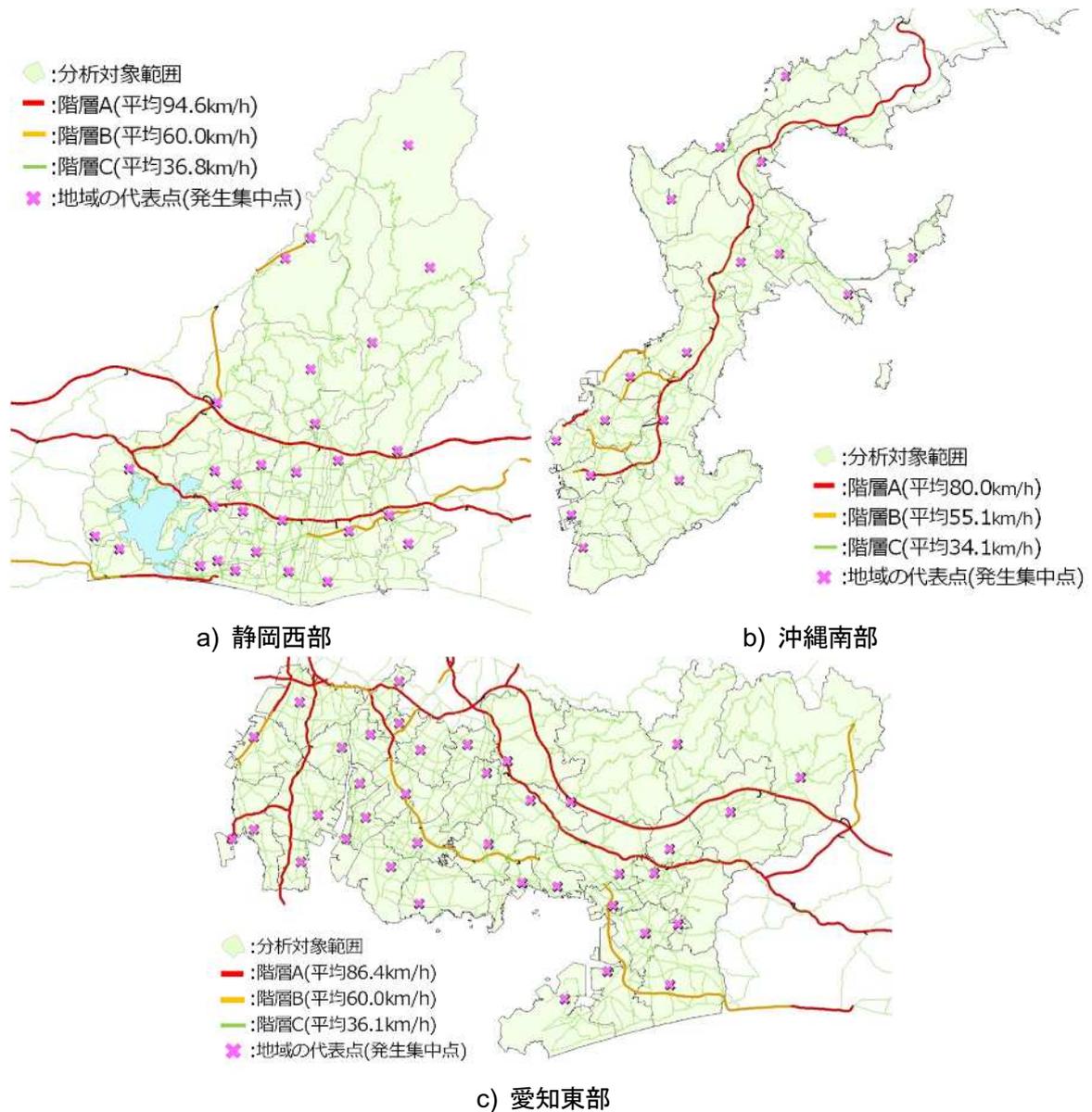


図-4.20 分析対象道路ネットワーク，各階層の自由速度，および発生集中心

### (b) ODペアの重み

分析に用いるODペアは，第3章で設定したゾーン間とする。各ODペアについて1トリップ単位で評価を行うが，ガイドラインでは，拠点階層が高いほど階層が高い道路で結ぶ必要があることが示されているため，各ゾーンの施設の特徴量に応じた重みを加味する。具体には，各ODペア1トリップに対し，各ゾーンの評価値とゾーンの代表点間の距離を用いた重力モデルにより設定した重みを加味する。

### (c) 経路探索手法

経路探索手法は、仮想道路ネットワークと同様とする。発生集中点の位置は、第3章で求めた各ゾーンの代表点(図-4.20参照)とする。階層間の道路の交差方法(立体, 平面)は現況を反映する。ただし、信号による遅れ時間は不明であるため、仮想道路ネットワークと同様に、表-4.2の設定値を用いる。

## 4.4.2 分析結果

4.4.1の分析条件の下で経路探索を行い、階層利用率曲線を推定し、道路階層AとCの曲線の交点( $\theta_{AC}$ ,  $f_A(\theta_{AC})$ )を算定する。図-4.21に、3圏域における現況の階層利用率曲線を示す。ここで、図中に示した点は、煩雑を避けるため、全ODペアのうちその重みが95パーセンタイル値以上であるODペアについての階層AおよびCの利用率のみ表示している。3圏域いずれも $f_A(\theta_{AC})$ が0.33より大きく、機能階層性があるネットワークとは言えない状態である。これは、図-4.20の道路ネットワークで確認できるとおり、階層Bがそもそも少ないこと、階層Bが連続的に整備されていないことから、拠点間移動において利用されにくくなっているためであると考えられる。特に静岡西部においては、階層Bの利用率がどのトリップ長においても低くなっている。これは、重要な拠点が集中する浜松中心部付近に階層Bの道路が乏しく、拠点間の移動に階層A, Cが主に利用されるためであると考えられる。

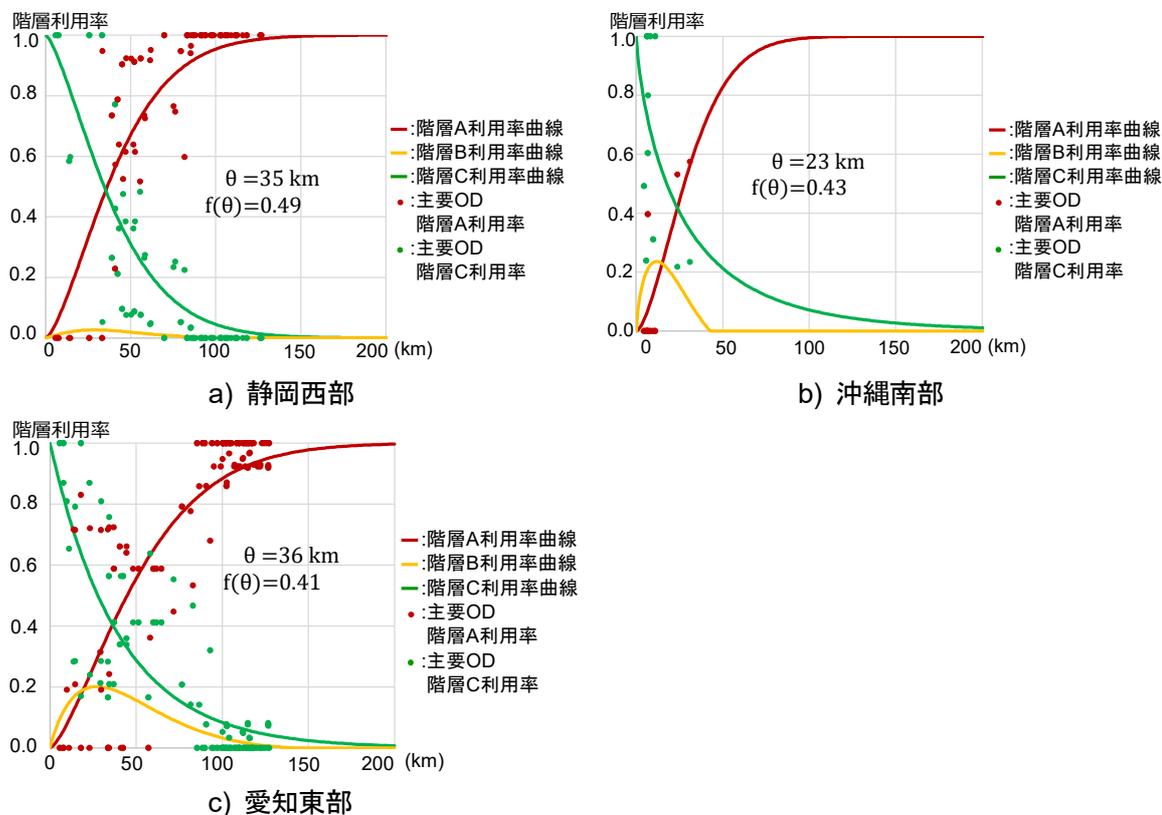


図-4.21 経路探索に基づく階層利用率曲線

## 4.5 まとめ

本章では、第2章で挙げた道路ネットワークの機能階層性の表現方法の仮定に基づき、機能階層性を表現する道路利用特性指標を分析した。まず、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の変化に感度があることを検証した。そして、道路ネットワーク全体の機能階層性を表現可能な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、第3章で設定した道路ネットワーク条件、地域都市構造の異なる道路ネットワークに対し、感度分析を行った。その結果、表-4.8に示したとおり、トリップ長に応じた階層利用率曲線の $(\theta_{AC}, f_A(\theta_{AC}))$ 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挙げた階層利用の差別化を表現でき、かつ速度の差別化にも感度があることから、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。この指標を実圏域で算定し、想定される結果が得られることを確認した。

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、階層間の自由速度の差が確保される場合に機能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。このことから、道路ネットワークの機能階層性の評価は、所要時間などのネットワーク性能に基づく評価と区別する必要があることが明らかとなった。

## 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

本章では、第4章で選定した道路利用特性指標( $\theta_{AC}$ ,  $f_A(\theta_{AC})$ )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提案する。第3章で設定した道路ネットワーク条件や地域都市構造が異なる複数の仮想道路ネットワークを基に第4章で選定した道路利用特性指標から導出される客観的評価指標を算出する。その指標値の特徴を基に、階層利用の差別化の程度を表現する指標である「階層化度」を設定する。階層化度による評価の妥当性を確認するため、階層型道路ネットワーク計画の研究に関わりのある専門家に、実圏域を対象とした階層性に関するアンケートを実施し、その主観的評価と、階層化度の判定結果（客観的評価）を比較分析する。

### 5.1 道路ネットワークの機能階層性の客観的評価

#### 5.1.1 道路ネットワークの機能階層性の評価手法

##### (a) 階層化度

道路利用特性指標( $\theta_{AC}$ ,  $f_A(\theta_{AC})$ )は、階層利用の差別化を表現でき、自由速度の差別化にも感度がある指標であることが第4章で明らかとなった。本研究では、道路ネットワークの機能階層性を、この指標より導かれる階層利用の差別化の程度で評価するものとする。この階層利用の差別化の程度を表す指標を階層化度と定義する。ここで、階層利用に着目するのは、単に各階層の道路がそれぞれ整備されたとしても、利用されなければ実態としてその差別化が図れないためである。また、( $\theta_{AC}$ ,  $f_A(\theta_{AC})$ )を用いて階層利用の差別化の程度を表現することにより、速度の差別化もある程度表現されるためである。( $\theta_{AC}$ ,  $f_A(\theta_{AC})$ )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り、この位置により、階層利用率曲線の相互の位置関係が定まるため、道路ネットワークの利用の差別化の程度を表現できると考えられる。そこで本研究では、様々な道路ネットワークでこの指標を算出し、この指標値に基づき階層化度を定めるものとする。

階層化度の分析にあたっては、図-5.1に示すトリップ長が $\theta_{AC}$ 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 $\varphi$ を用いることにより、 $\varphi$ 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、 $\theta_{AC}$ ,  $\varphi$ 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分析することとする。以降、 $\theta_{AC}$ を $\theta$ ,  $f_A(\theta_{AC})$ を $f(\theta)$ と表現する。

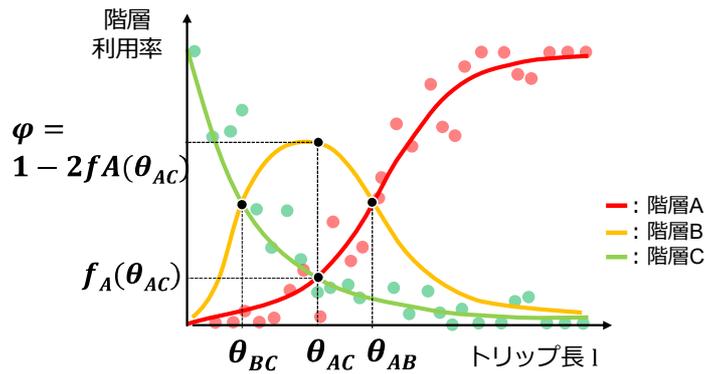


図-5.1 階層利用率曲線の交点

(b) 客観的評価指標の算出

$\theta$ ,  $\varphi$ を用いて道路ネットワークの階層化度を定めるため、仮想道路ネットワークの計算バリエーションを増やす。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。道路ネットワークは、正方形の格子状の道路ネットワークを基本とし、その中の階層A, Bの延長、配置、および連続性、階層AのIC間隔、道路間隔の違いを組み合わせた18パターンを用いる。発生集中点の配置は、道路ネットワークの18パターンに対し、バランス良く配置する場合、2箇所に集中させる場合、ネットワークの端部に配置する場合、および上位階層付近に集中させる場合の4パターンを設定する。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は、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。

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"> <li>・ 図-4.1を基本とし、階層A, Bの延長, 配置, および連続性, 階層AのIC間隔, 道路間隔の違いを組み合わせた18の仮想道路ネットワーク(付録2参照)</li> </ul>
自由速度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 指定最高速度と信号交差点密度の組合せにより設定</li> </ul> <p>指定最高速度</p> <p>階層A: 60, 80, 100km/h, 階層B: 40, 60, 80km/h, 階層C: 40, 60km/h</p> <p>信号交差点密度</p> <p>階層A: 0箇所/km, 階層B: 0, 3箇所/km, 階層C: 0, 3箇所/km</p>
発生集中点の配置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 分析対象範囲内 16発生集中点</li> <li>・ 隣接地域 16発生集中点</li> <li>・ 各ネットワークに対し, バランス良く配置する場合, 2箇所集中させる場合, ネットワークの端部に配置する場合, および上位階層付近に集中させる場合の4パターン (付録3参照)</li> </ul>
発生集中点の評価値	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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.</li> </ul>

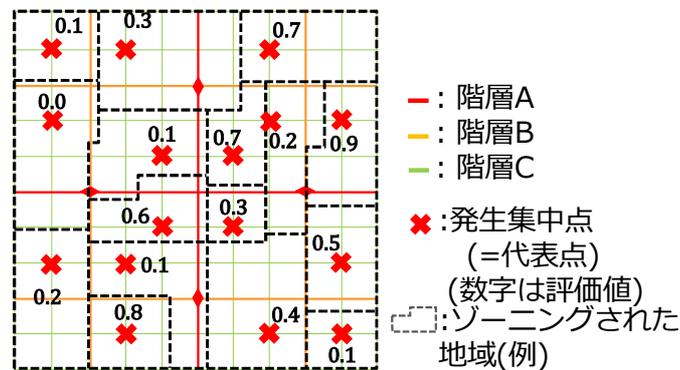


図-5.2 仮想道路ネットワークにおける発生集中点と実道路ネットワークにおける代表点の関係

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。

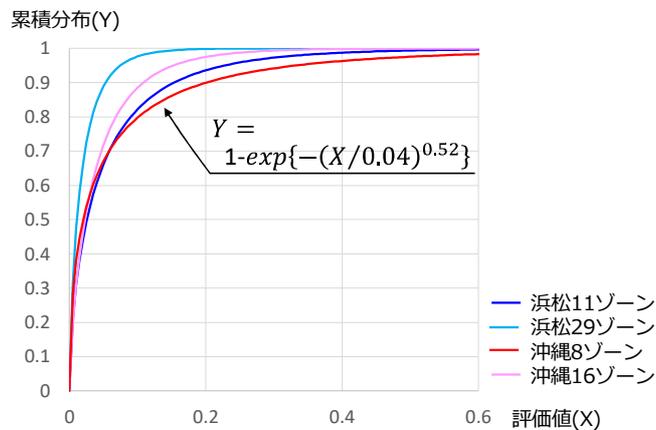


図-5.3 実道路ネットワークにおける代表点の評価値の分布

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ペアは、第4章で示した実圏域における計算と同様に、ODペア各1トリップに対し、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により設定した重みを加味する。

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 $\theta$ 、 $\varphi$ の散布図を示す。 $\theta$ では21~106 km、 $\varphi$ では0~0.72の範囲のデータが得られた。 $\varphi$ 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。 $\theta$ 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、 $\theta$ の最小値については、現実の高速道路のIC間隔が約10 km(帆足ら, 2017)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 $\theta$ の最大値が上記の106 kmであれば十分であると考えられる。

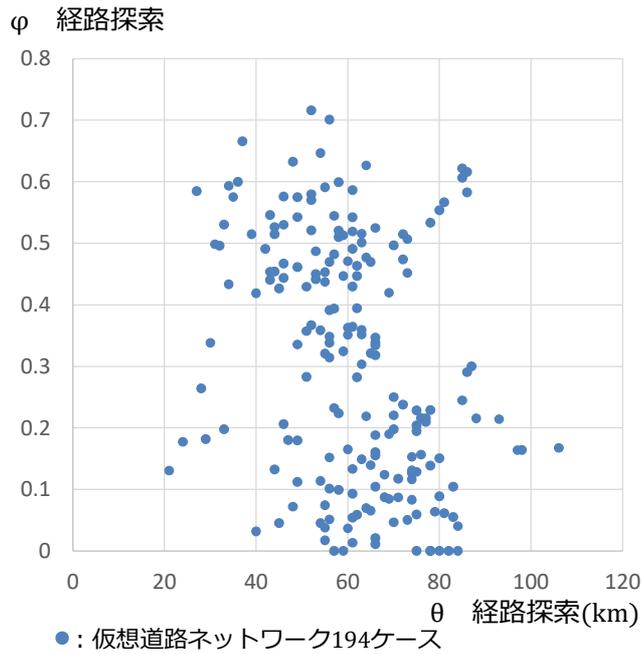


図-5.4 仮想道路ネットワーク計算194ケースの $\theta$ ,  $\varphi$ の分布

## 5.1.2 階層化度の分類と特徴

### (a) 階層化度の分類

階層利用率曲線の重なり具合に基づき,  $(\theta, \varphi)$ 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,  $(\theta, \varphi)$ の座標平面上の位置に基づいて, 階層化度をI~IVの4つに区分したものを示す. ここで, 階層化度については, IVから順に数字が小さくなるほど階層化度が高くなる, すなわち各階層の利用がより差別化されていることを示す. 以下, 階層化度の境界の考え方について述べる.

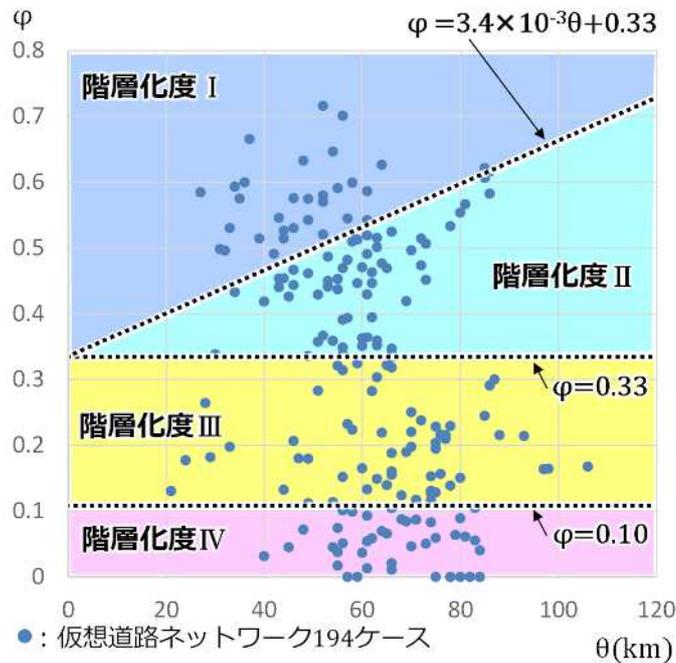


図-5.5 仮想道路ネットワーク計算194ケースの $\theta$ ,  $\varphi$ の分布

(a)-i. 階層化度IIとIIIの境界

階層化度IIとIIIの境界は、 $\varphi = 0.33$ とする。これは、4.2(c)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。 $\varphi$ が0.33より大きい場合は、道路ネットワークの機能階層性がある状態と仮定する。

(a)-ii. 階層化度IIIとIVの境界

階層化度IIIとIV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 $\theta_{AB}$ および階層利用率曲線BとCの交点 $\theta_{BC}$ の組合せにより分類したものである。**エラー! 参照元が見つかりません。** c)およびd)は、階層化度IIIおよびIVに分類した階層利用率曲線の重ね図およびネットワークの例である。**エラー! 参照元が見つかりません。** d)のように $\theta_{AB}$ が極めて小さく、 $\theta_{BC}$ 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。つまり階層化度IVは、階層Bが利用しにくいネットワークである。**エラー! 参照元が見つかりません。** d)で挙げたケースも階層Bが部分的にしか存在せず、階層AのICも多いことから各拠点間の移動において階層Bが利用されることが極めて少ないと考えられる。この階層利用率曲線の重ね図の形状は、仮想道路ネットワーク194ケースのうち、 $\varphi$ 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。

(a)-iii. 階層化度IとIIの境界

階層化度IとII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。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。また、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 $\theta_{BC}$ 、 $\theta_{AB}$ 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 $\theta_{BC}$ 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 $\theta_{BC}$ を変数とし、ワード法を用いてクラスター分類する。

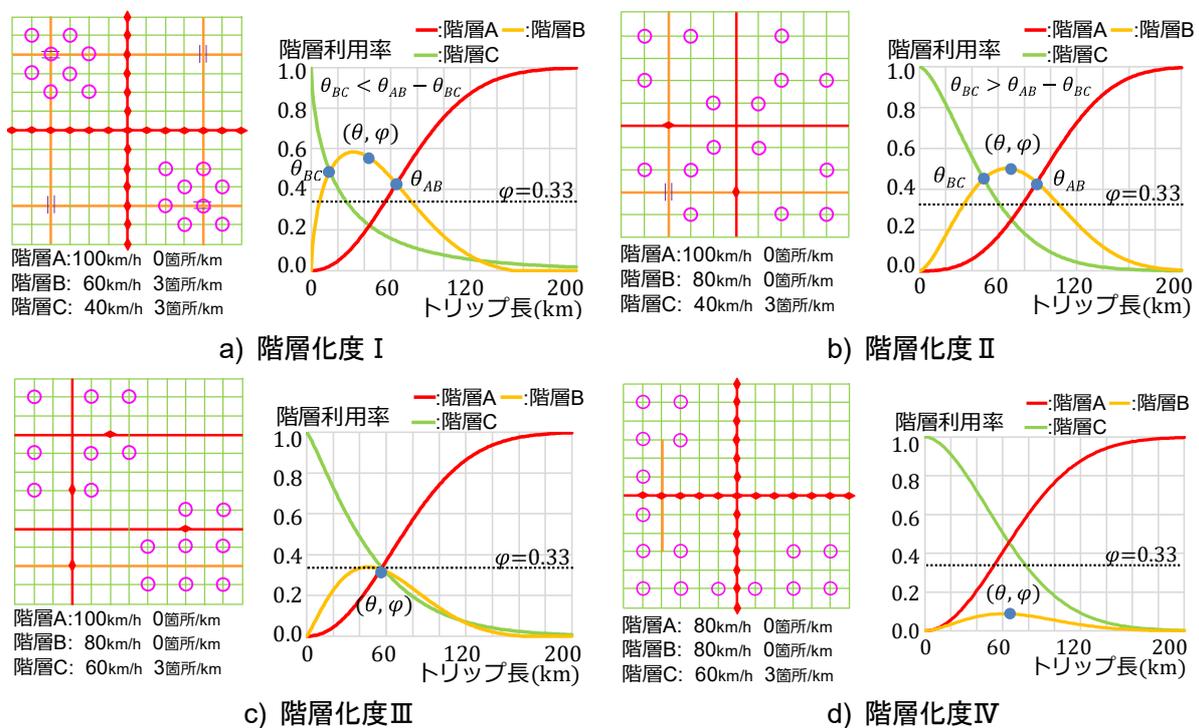


図-5.6 階層化度 I ~IVに区分されたケースの階層利用曲線の重ね図、およびネットワークの例

**図-5.7**に、クラスター分類結果を示す。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。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 $\theta_{BC}$ 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。

**エラー! 参照元が見つかりません。** a)およびb)は、階層化度I,IIに区分されたケースの階層利用率曲線の重ね図, およびネットワークの例である。**エラー! 参照元が見つかりません。** b)は、階層化度IIに分類されたケースである。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。これは、階層Bや階層AのIC位置が限定的となっており、階層Cを主経路とした利用とならざるを得ないためである。**エラー! 参照元が見つかりません。** a)は、階層化度が最も高いIに分類されたケースである。階層Bが主たる利用となるトリップ長の範囲が階層Cに比べ長くなっている。これは、階層Bが上下左右方向に伸びる地域周辺に発生集中点が集中しており、トリップ長が長いODについては、階層Cを主経路とした利用となり難いためである。

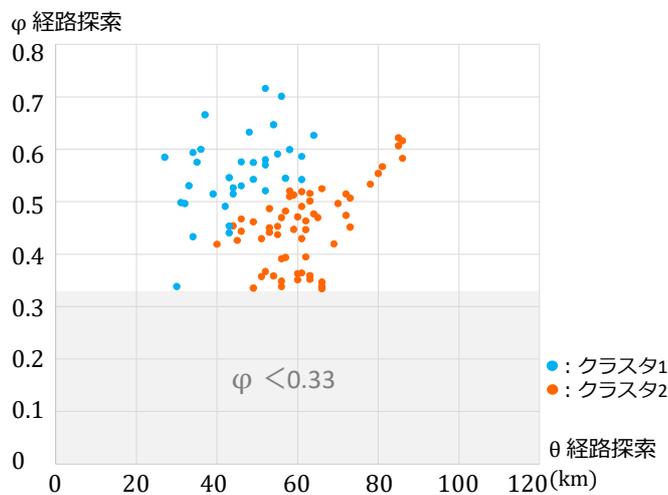


図-5.7  $\theta_{BC}$ ,  $\theta_{AB} - 2\theta_{BC}$ によるクラスター分類

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

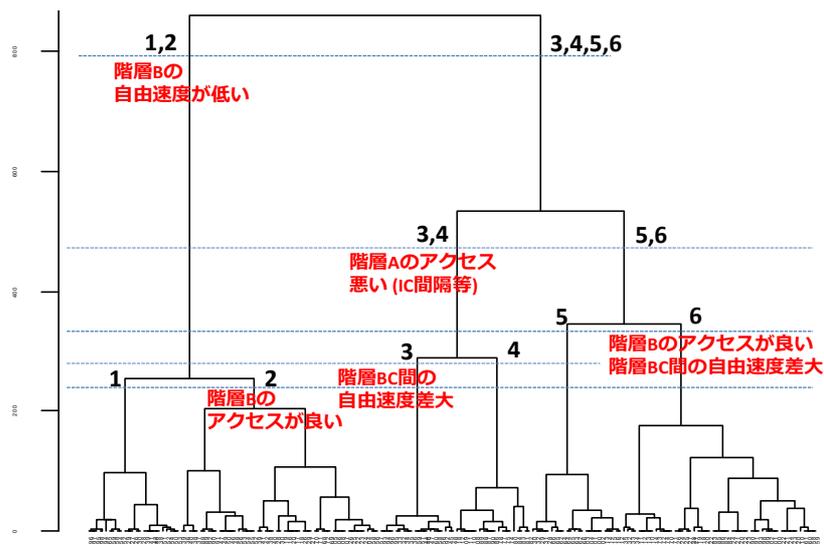
クラスターの変数		クラスター1	クラスター2
$\theta_{AB} - 2\theta_{BC}$	平均	36.6	-14.2
	標準偏差	13.2	22.2
$\theta_{BC}$	平均	23.2	46.0
	標準偏差	8.3	8.5

(b) 階層化度の分類毎の特徴

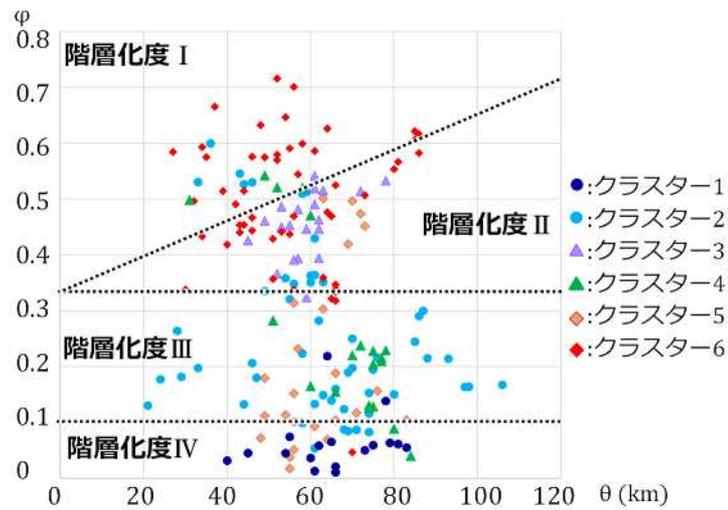
次に、階層化度I~IVに区分される道路ネットワークや地域都市構造に関する特徴を確認する。仮想道路ネットワークの194の分析ケースを、それぞれの道路ネットワーク条件、地域都市構造に関する条件を変数とし、ウォード法を用いてクラスター分析を行う。図-5.8に、クラスター分析の結果を示す。図-5.8 a)に示すデンドログラムより、最も大きなクラスターは、階

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-5.8 b)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、 $(\theta, \varphi)$ 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-5.8 b)より、クラスター1は階層化度IV、クラスター3は階層化度II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I~IV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I~IV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II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、その階層を利用し易い道路ネットワークであるといえる。階層化度IIIは、階層化度I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III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IV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みなすことができる。



a) デンドログラム



b) クラスタ別散布図

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分類

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

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

<sup>\*</sup>デンドログラムの分岐にかかる主要な変数を記載

(c) 階層化度と重要な拠点間の旅行速度の関係

次に、(a)で定めた階層化度の分類と道路ネットワークの性能を表現する拠点間の旅行速度の関係について分析する。階層化度の分類に用いた仮想道路ネットワークの検討ケースについて、重要な拠点間の旅行速度をそれぞれ算定し、「機能階層性がある状態」としている階層

化度IおよびIIの旅行速度が、「機能階層性がない状態」としている階層化度IIIおよびIVの旅行速度より高くなっているかを分析する。ガイドラインによると、機能階層型道路ネットワークでは、拠点間の目標旅行時間や目標速度が達成されるようなネットワークであるとされているため、本研究で「機能階層性がある状態」とした道路ネットワークにおいても旅行速度がある程度高くなっていることを確認するものである。

仮想道路ネットワークの検討ケース194ケースのうち、ネットワークや各階層の速度等が異なり、階層利用率曲線の推定精度が確保された44ケースの経路探索結果を活用する。各ケースに対し、全944ODペアの中からOおよびDの評価値の積が中央値以上となるODペアを抽出し、その評価値の積で加重平均した旅行速度を算出し、これを重要な拠点間の旅行速度とする。

図-5.9に、階層化度毎の重要な拠点間の旅行速度の分布状況を示す。階層化度I、IIは重要な拠点間の旅行速度が60km/hを超える状況にある。階層化度IIIは、重要な拠点間の旅行速度が高いケースもあるものの、全体的にばらつきが大きく、中央値も低い。階層化度IVは、いずれのケースも重要な拠点間の旅行速度が低くなっている。つまり、「機能階層性がある状態」としている階層化度I、IIは、「機能階層性がない状態」としている階層化度III、IVと比べて重要な拠点間の旅行速度が高くなっていることが確認された。一方、階層化度Iと階層化度IIにおける重要な拠点間の旅行速度は、階層化度Iより階層化度IIのほうが高くなっている。表-5.3に示したように、階層化度IIの道路ネットワークは、階層化度Iの道路ネットワークより、道路階層AのIC間隔が長く、道路階層Aが利用しにくい傾向にあるといえる。そのなかで、3つの階層がバランスよく利用されるためには、階層Aや階層Bの自由速度が確保されている必要があり、結果として階層化度IIのケースの旅行速度が高くなっていると考えられる。

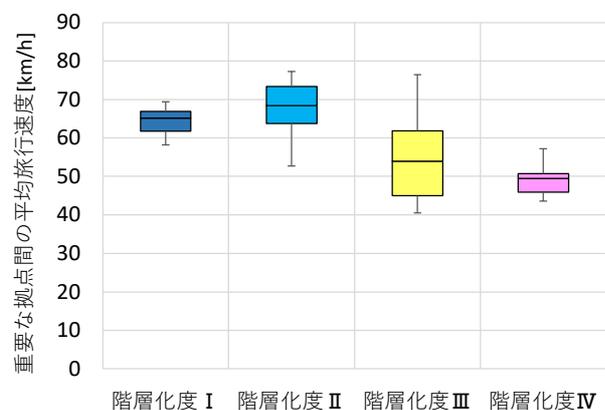


図-5.9 階層化度と重要な拠点間の旅行速度

以上より、機能階層性があるネットワークでは、階層利用の差別化が図れているとともに、重要な拠点間の旅行速度がある程度高いネットワークであるといえる。しかし、道路ネットワークの階層化度による評価は、各道路階層の利用のバランスが重要であるため、拠点間の旅行速度が高いネットワークが必ずしも階層化度が高いとは言えない。

### 5.1.3 実圏域における階層化度

4.4で示した3つの実圏域に対し、4.4で算定した道路利用特性指標、および5.1.2で示した階層化度の評価方法に基づき現況の階層化度を判定する。図-5.10に階層化度の判定結果を示す。静岡西部は階層化度D、沖縄南部、および愛知東部は階層化度Cに判定されており、いずれの圏域においても階層Bが不足していることが明らかとなった。

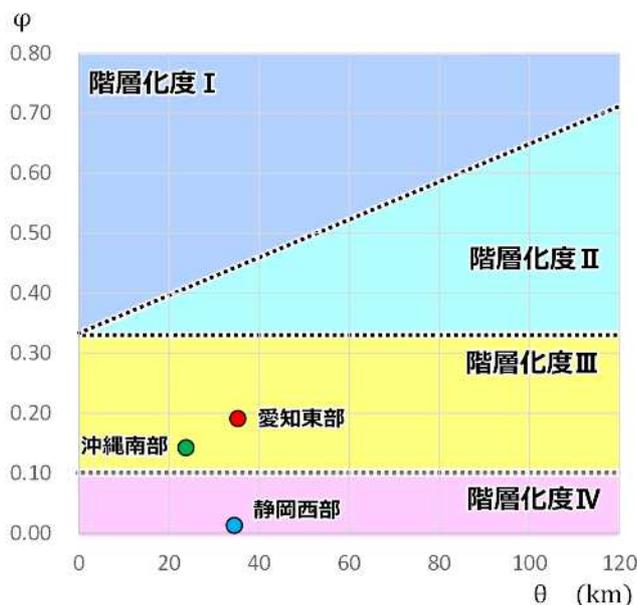


図-5.10 3圏域における道路ネットワークの現況の仮想化度

## 5.2 道路ネットワークの機能階層性の主観的評価

### (a) 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( $\theta, \phi$ )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か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・実務者を対象に一対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果の整合性を確認することを目的とする。

### (b) 一対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対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。調査を一対

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。一対比較法については、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、サーストンの一対比較法(例えば、大賀, 1989 ; 坂本, 2019など)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。

#### (c) 一対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一対比較を行う。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。

#### (d) 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-5.11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種類設定することとする。図-5.12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。

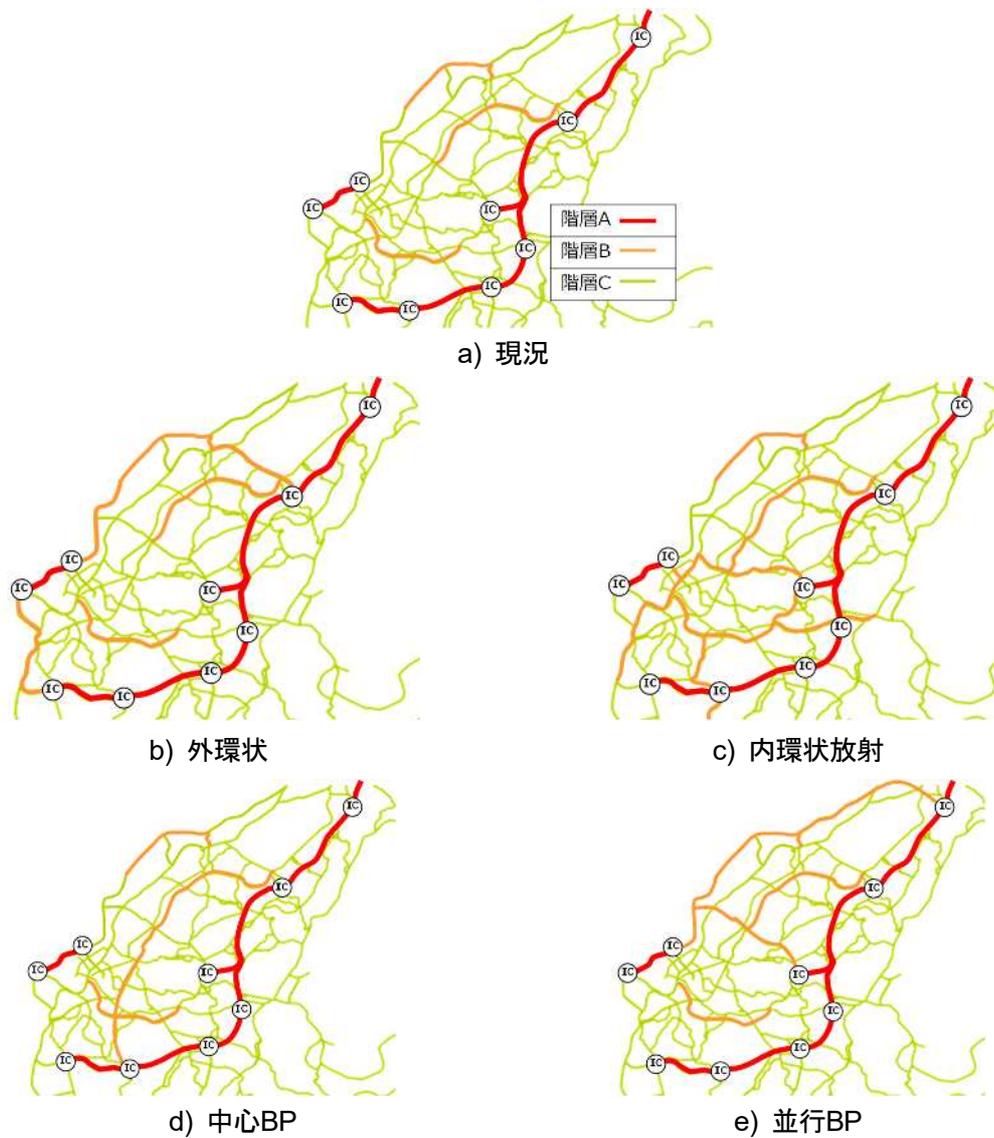


図-5.11 小規模ネットワークの道路ネットワーク

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)		100	50	40

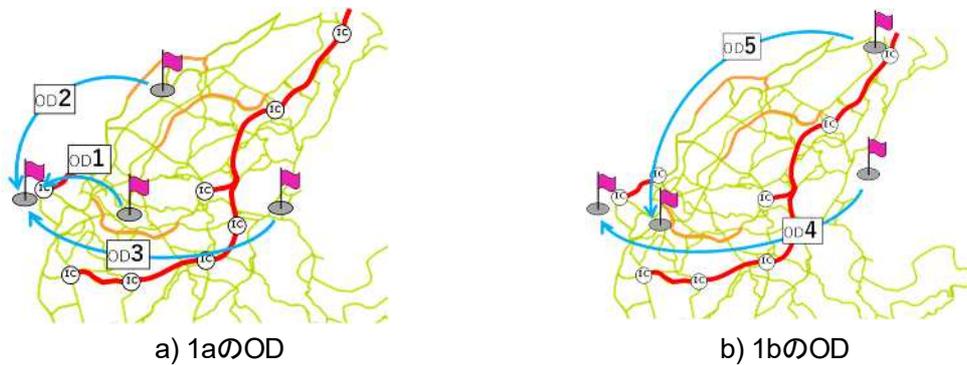


図-5.12 小規模ネットワークで設定したOD

(e) 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-5.13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-5.14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。

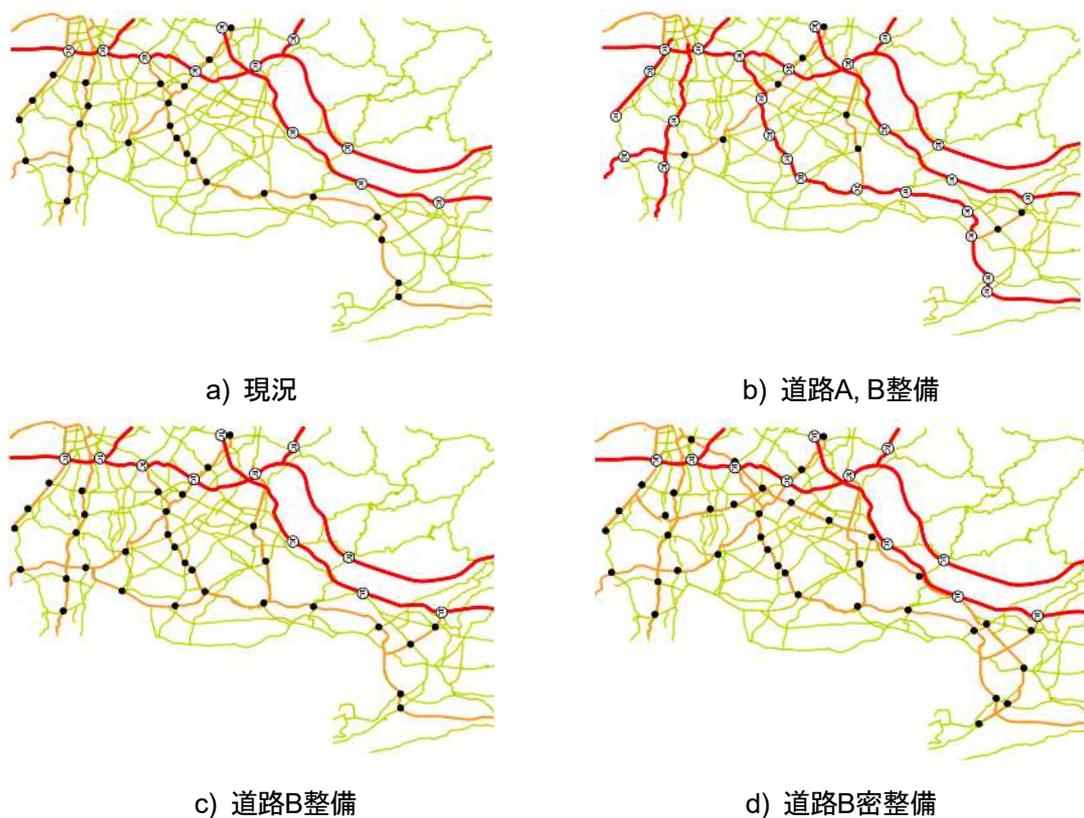


図-5.13 中規模ネットワークの道路のネットワーク

表-5.5 小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

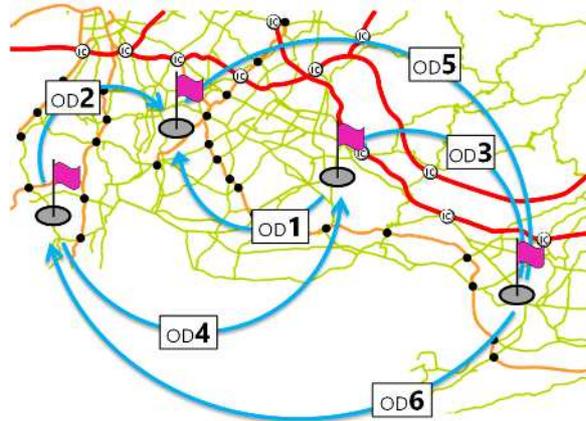


図-5.14 中規模ネットワークで設定したOD

(f) 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(1967)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。

(g) 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ます。」

そして、アンケート画面では、**図-5.15**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間を軸としつつ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。

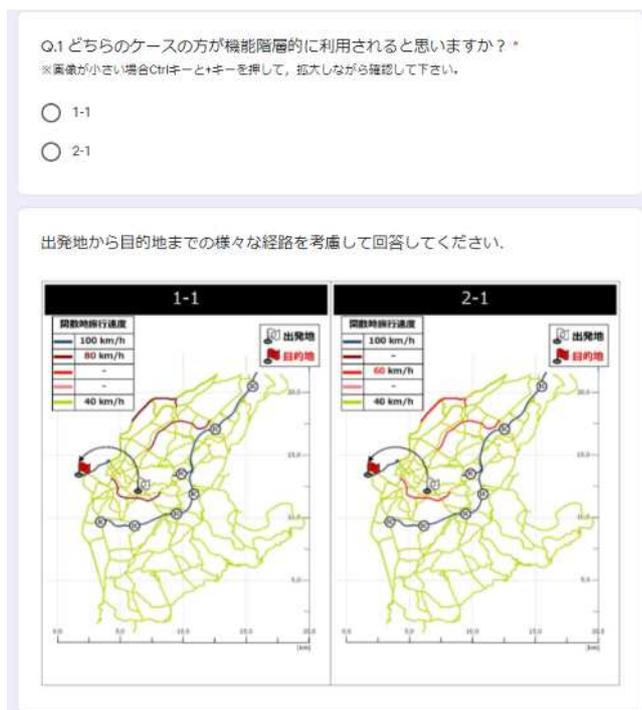


図-5.15 オンラインアンケート調査画面の例 (Google Forms)

#### (h) 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-5.6 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

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。

表-5.8 中規模ネットワークにおける尺度

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

### 5.3 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( $\theta$ ,  $\varphi$ )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、経路探索を行い算出する。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。経路探索については、4.4で設定した沖縄南部、愛知東部の現況ケースを基に、アンケートケースの道路ネットワーク条件に変更し、計算する。発生集中点に基づくOD設定は現況と同様とする。

図-5.16に、アンケート調査による尺度値と客観的指標( $\theta$ ,  $\varphi$ )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。

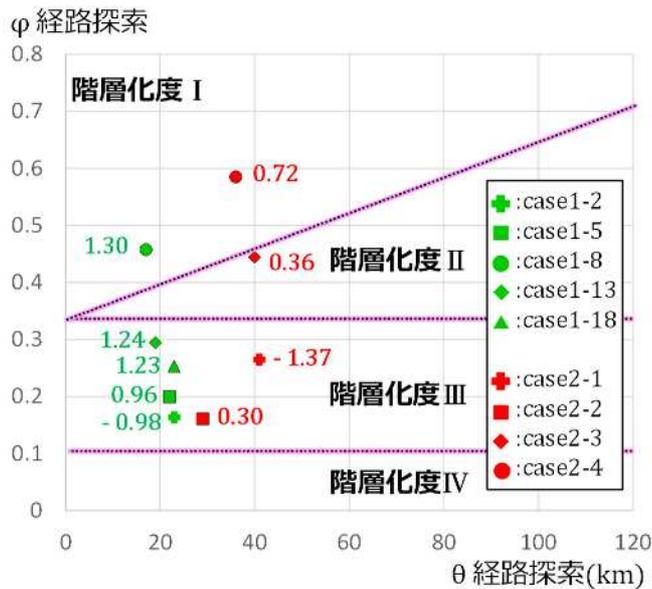


図-5.16 客観的指標による階層化度の区分と主観的評価結果

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見ると、評価の序列が整合していないケースもある。例えばcase 2-1とcase 2-2に着目すると、客観的指標でいえばcase 2-1の評価が高いが、尺度値ではcase 2-2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-5.17に、case 2-1とcase 2-2の階層利用率曲線の比較図を示す。濃い色で示したcase 2-2については、階層Aの整備量が多く、薄い色で示したcase 2-1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case 2-1に比べて階層Aの整備量が多いcase 2-2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。

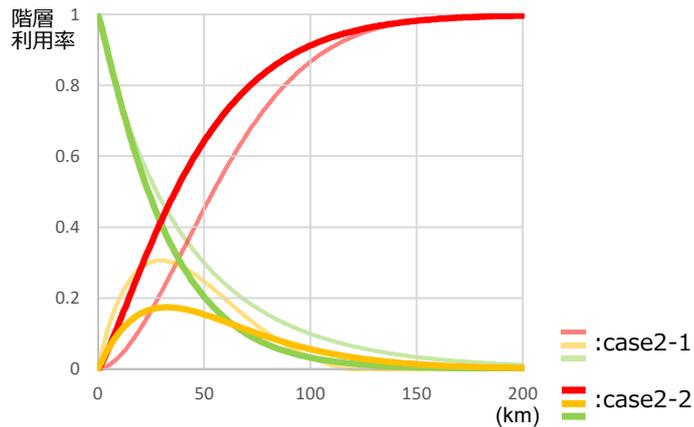


図-5.17 階層利用率曲線の比較(case2-1,2-2)

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に、case 1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るものではないことがわかる。なお、case 2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。

表-5.10 尺度値の推定結果

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

以上より、客観的指標( $\theta, \varphi$ )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の程度について、客観的指標( $\theta, \varphi$ )を用いて評価することとする。

## 5.4 まとめ

本章では、第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案した。最初に、道路ネットワークの機能階層性の評価を、道路利用特性指標( $\theta, f(\theta)$ )より導かれる階層利用の差別化の程度で表現するものとし、この階層利用の差別化の程度を表す指標を階層化度と定義した。そして第3章で設定した道路ネットワーク条件や地域都市構造の異なる仮想道路ネットワーク360ケースについて、階層A、Cの利用率曲線を推定し、階層利用率曲線の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( $\theta, \varphi$ )を用いて、階層化度をI~IVの4段階に区分した。階層化度については、その段階に応じてそれぞれ道路ネットワーク条件や地域都市構造の特徴が差別化されていることが確認され、道路ネットワークの機能階層性を評価する手法として適切であることが明らかとなった。次に、この客観的指標に基づく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( $\theta, \varphi$ )を用いて評価することとした。

## 第6章 階層化度を用いた道路ネットワークの評価

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、第4章で示した階層利用率曲線の交点( $\theta, f(\theta)$ )の推定モデルを構築する。第3章で設定した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推定モデルを構築し、推定モデルから得られる値を用いて第5章で示した階層化度の分類を行う評価フローを提案する。そして、実圏域における現状の階層化度、目標とすべき階層化度に必要な対策案を分析する。

### 6.1 道路利用特性指標のモデル化

#### (a) 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、 $\theta$ 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、5.1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、 $\theta$ 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。

表-6.1 各変数と $\theta$ ,  $f(\theta)$ との相関

分類	変数	R	
		$\theta$	$f(\theta)$
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 $\Delta V_{AB}$ [km/h]	-.107	.370
	階層BC間自由速度差 $\Delta V_{BC}$ [km/h]	-.311	-.534
	階層IC間隔 $s_{jA}$ [km]	.317	-.089
地域構造	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（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

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 $\theta$ の関係を示す。階層Aの自由速度が高いほど、 $\theta$ 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 $\theta$ の関係を示す。階層Aまでの距離が近いほど、 $\theta$ 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、延長率が大きいほど、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が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。

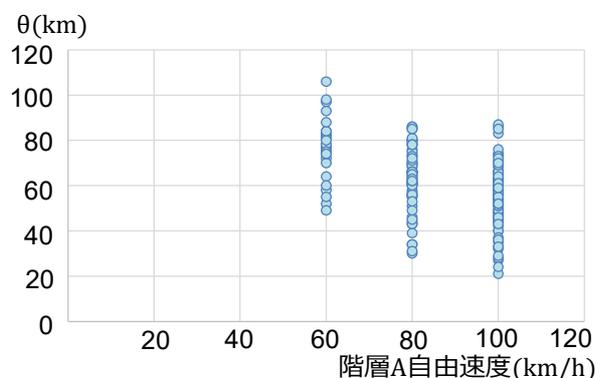


図-6.1 階層Aの自由速度と $\theta$ の関係

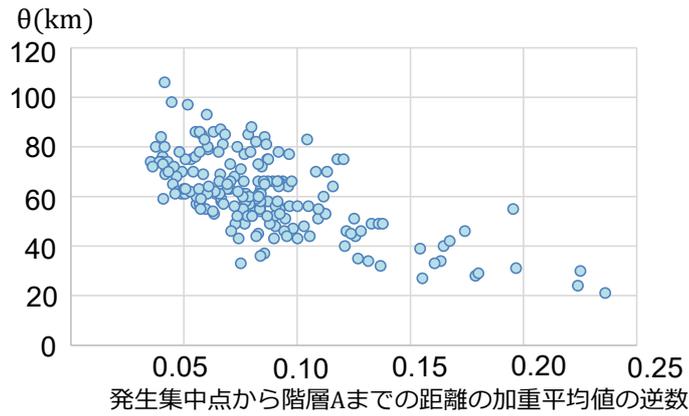


図-6.2 発生集中点から階層Aまでの距離の加重平均値の逆数と $\theta$ の関係

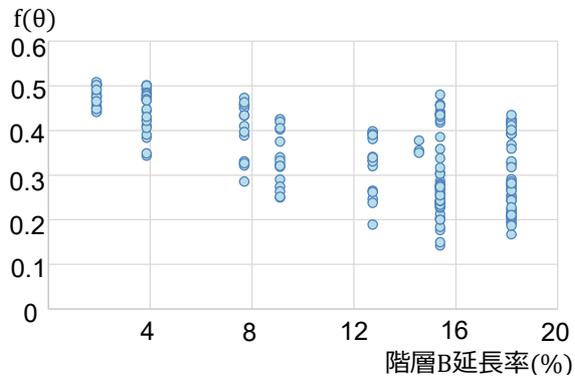


図-6.3 階層Bの延長率と $f(\theta)$ の関係

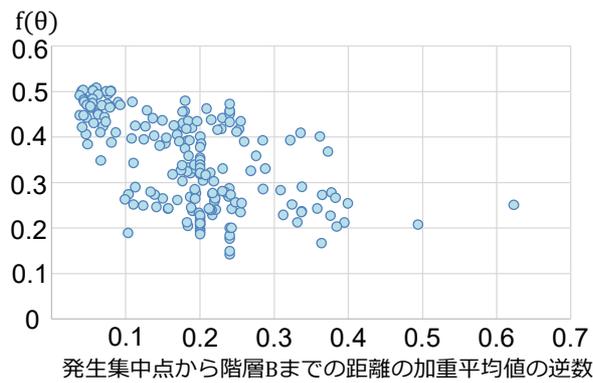


図-6.4 発生集中点から階層Bまでの距離の加重平均値の逆数と $f(\theta)$ の関係

(b) モデル構築

(1)の結果を基に、 $\theta$ 、 $f(\theta)$ 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。

$$\theta = c_0 + c_1 u_1 + c_2 u_2 + \dots + c_m u_o \quad (6.1)$$

$$f(\theta) = c'_0 + c'_1 u'_1 + c'_2 u'_2 + \dots + c'_m u'_o \quad (6.2)$$

ここに、 $u_o$ は $\theta$ 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、 $u'_o$ 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。

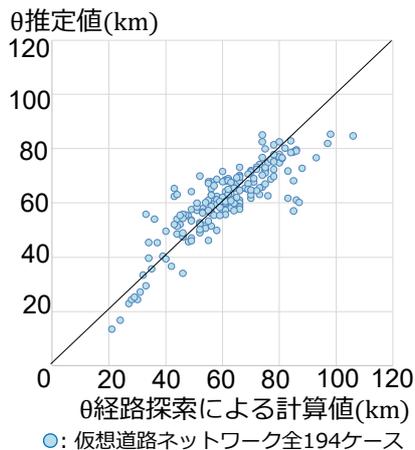
表-6.2に、重回帰分析結果を示す。 $f(\theta)$ については、階層BC間の自由速度差の影響が最も強く、続いて階層Bの延長率、発生集中点から階層Aまでの距離の標準偏差、発生集中点から階層Bまでの距離の加重平均値の逆数、発生集中点から階層Aまでの距離の加重平均値の逆数の順となっている。階層Bに関する変数については、階層Bの整備量や自由速度、アクセスが向上すると $f(\theta)$ の値が小さくなる。階層Aに関する変数については、階層A迄の距離が近く、その距離が発生集中点によってばらつく場合に $f(\theta)$ の値が大きくなる。つまり、階層Aが利用し易いネットワークでは、3階層の利用のバランスが保たれないことを意味している。 $\theta$ 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、 $\theta$ 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-6.5 a)に $\theta$ の推定結果、図-6.5 b)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。

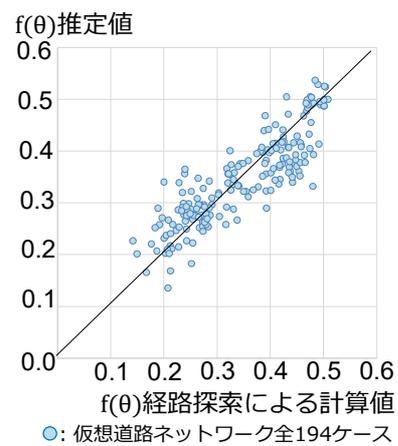
表-6.2 重回帰分析結果

分類	変数	係数	
		$\theta$	$f(\theta)$
道路ネットワーク条件	階層A道路延長率 $RL_A$ [%]	$-2.74 \times 10^{-3}$ (-2.55)	$4.57 \times 10^{-3}$ (2.62)
	階層B道路延長率 $RL_B$ [%]	—	$-6.12 \times 10^{-3}$ (-6.44)
	階層A自由速度 $V_A$ [km/h]	$-1.82 \times 10^{-3}$ (-7.75)	—
	階層B自由速度 $V_B$ [km/h]	$-4.36 \times 10^{-4}$ (-2.58)	—
	階層C自由速度 $V_C$ [km/h]	$2.16 \times 10^{-3}$ (6.44)	—
	階層AB間自由速度差 $\Delta V_{AB}$ [km/h]	✕	$5.14 \times 10^{-4}$ (2.36)
	階層BC間自由速度差 $\Delta V_{BC}$ [km/h]	✕	$-2.36 \times 10^{-3}$ (-10.63)
	階層IC間隔 $sj_A$ [km]	—	$-1.43 \times 10^{-3}$ (-2.69)
地域都市構造	発生集中点～階層Aの距離の加重平均値の逆数 $1/d_A$ [1/km]	$-1.29 \times 10^{-0}$ (-14.30)	$6.16 \times 10^{-1}$ (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]	$-1.66 \times 10^{-1}$ (-4.93)	$-3.49 \times 10^{-1}$ (-5.56)
	発生集中点～階層Aの距離の標準偏差 $s_A$ [km]	—	$1.02 \times 10^{-2}$ (5.57)
	発生集中点～階層Bの距離の標準偏差 $s_B$ [km]	✕	✕
定数項		$5.78 \times 10^{-1}$ (21.50)	$3.98 \times 10^{-1}$ (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



a)  $\theta$  推定結果



b)  $f(\theta)$  推定結果

図-6.5 仮想道路ネットワークによるモデル推定結果

## 6.2 実圏域における道路利用特性指標のモデル検証

作成したモデルの実務での適用性を確認するため、実圏域の道路ネットワークを用いて経路探索により算出した指標 $\theta$ ,  $f(\theta)$ と、モデル推定値の比較検証を行う。

### (a) 実圏域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。この3圏域について、現状(第4章参照)、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4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3章、第4章で述べた整理方法と同様である。対策案については、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(case 1-3)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。

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40 km(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75 km(IC, 空港へ連絡する道路等)
	1-3	case 1-2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100 km (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25 km (沖縄自動車道の内側の環状道路等)

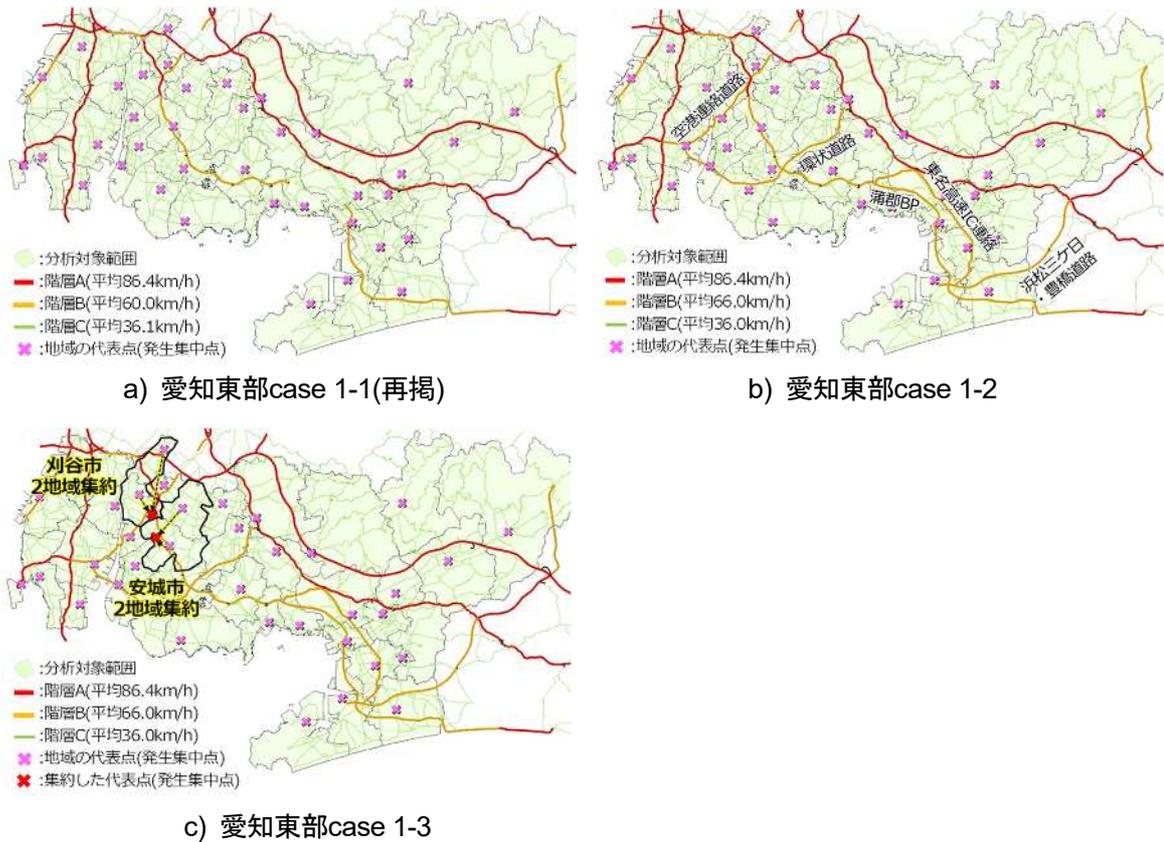


図-6.6 愛知東部のケース概要図

(b) 実圏域の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( $\theta, f(\theta)$ )を算定する。図-6.7に、愛知東部における現況(case 1-1)および対策ケース(case 1-2, 1-3)の経路探索に基づく階層利用率曲線を示す。図-6.7 a)に示す現状(case 1-1)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においても卓越しない。図-6.7 b)に示す対策案(case 1-2)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 $\theta$ 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-6.7 c)に、対策案(case 1-3)の階層利用率曲線を示す。図-6.7 b)の対策案(case 1-2)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、集約した発生集中点が階層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5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。

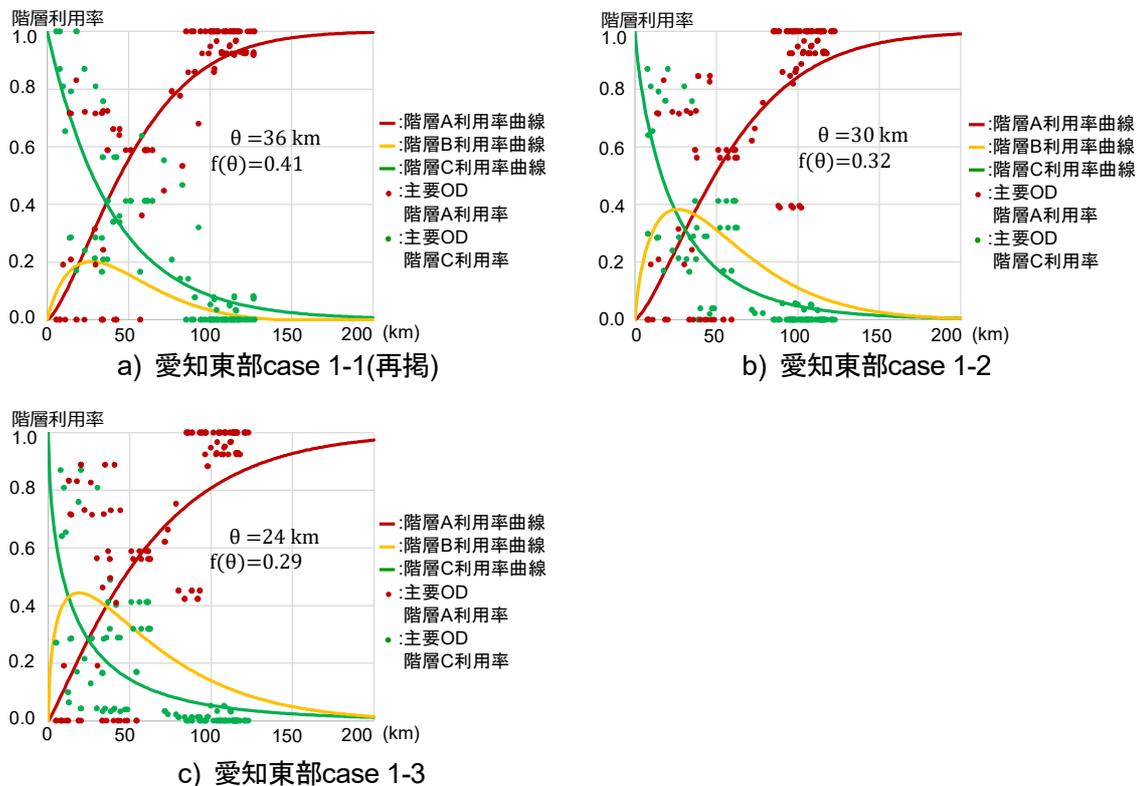


図-6.7 経路探索に基づく階層利用率曲線(愛知東部)

(c) モデルの検証

(2)で得られた実圏域における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。

$\theta$ ,  $f(\theta)$ の算出に用いる道路ネットワーク条件, 地域都市構造に関する説明変数については, 第3章の実圏域における設定例に基づき, 表-6.4に示す算出方法, および図-6.8の算出手順に基づき設定する。

表-6.4 実圏域における説明変数の算出方法

分類	変数	整理方法
道路ネットワーク条件	階層A道路延長率 $RL_A$ [%]	a)道路交通センサス箇所別基本表及び表3.2,表3.3を参考に対象道路ネットワークを階層A,B,Cに分類する. b)各区間の延長, 階層を整理する. c)各区間の延長を用い, 式(3.1)より算出する.
	階層B道路延長率 $RL_B$ [%]	
	階層A自由速度 $V_A$ [km/h]	
	階層B自由速度 $V_B$ [km/h]	d)道路交通センサス箇所別基本表, 及び自由速度推定式(4.2a),(4.2b)等から, 各区間の自由速度 $v_{hn}$ を算出する.
	階層C自由速度 $V_C$ [km/h]	
	階層AB間自由速度差 $\Delta V_{AB}$ [km/h]	e)式(3.2)を基に, ネットワーク全体の階層別自由速度を算出する.
	階層BC間自由速度差 $\Delta V_{BC}$ [km/h]	
階層IC間隔 $s_{jA}$ [km]	f)設定した道路階層Aを対象に, 道路交通センサスや地図情報を基に, IC間隔の平均値を算出する.	
地域都市構造	発生集中点～階層Aの距離の加重平均値の逆数 $1/d_A$ [1/km]	g)分析に用いる拠点施設, および拠点階層を設定する(3.2.2参照). h)対象圏域を, ゾーン分割する(3.3の例ではゾーン間距離約7kmで分割). i)ゾーン毎にg)で設定した拠点施設を抽出する. j)拠点の種類, 拠点階層を基に拠点施設の得点化を行い, ゾーン毎に拠点施設の得点を算定する. (3.2.3参照) k)拠点施設の得点を重みとしてゾーンの代表点(重心)を設定する(3.2.3参照) l)拠点施設の立地位置の分布状況から, 式(3.3), 式(3.4)に基づき各ゾーンの施設の分散, 集中を判定する( $L'(r)$ ).判定に用いる半径は, ゾーン間距離の1/2を用いる. m)式(3.5)に基づき, 各ゾーンの特徴量を算出する. n)各ゾーンから近傍の階層A,Bまでの距離 $d_{ah}$ を, 地図情報に基づき算出する. o)式(3.6)に基づき, 地域都市構造の指標である $d_h$ を算出し, あわせて各ゾーンの標準偏差 $s_h$ を算出する.
	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]	
	発生集中点～階層Aの距離の標準偏差 $s_A$ [km]	
	発生集中点～階層Bの距離の標準偏差 $s_B$ [km]	

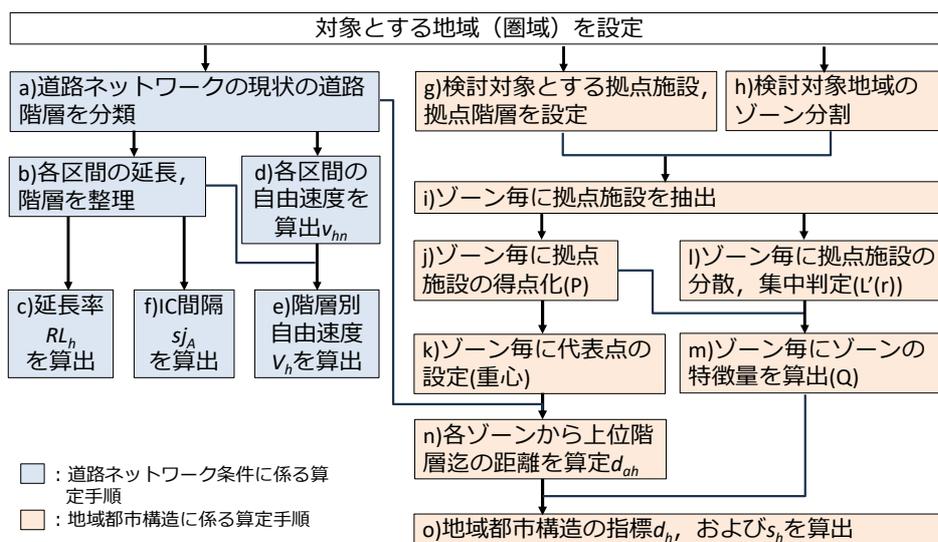


図-6.8 実圏域における説明変数の算出手順

図-6.9に、 $f(\theta)$ のモデル検証結果を示す。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(case 3-2)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、case 3-2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-6.10に、 $\theta$ のモデル検証結果を示す。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、実圏域の道路ネットワークのデータに偏りがあるためである。図-6.11に、発生集中点から階層Aまでの距離の逆数と、 $\theta$ の関係を示す。対象とした実圏域の道路ネットワークについては、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 $\theta$ の値が小さくなっている。このため、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。 $\theta$ 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-6.1)を用いることとする。

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

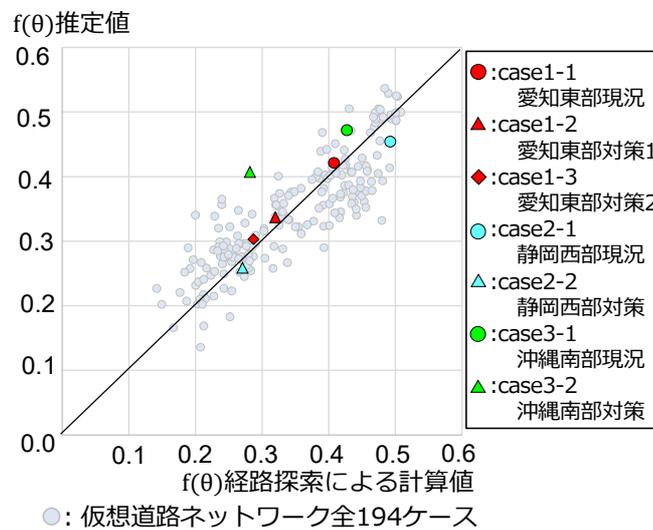


図-6.9  $f(\theta)$ の推定結果

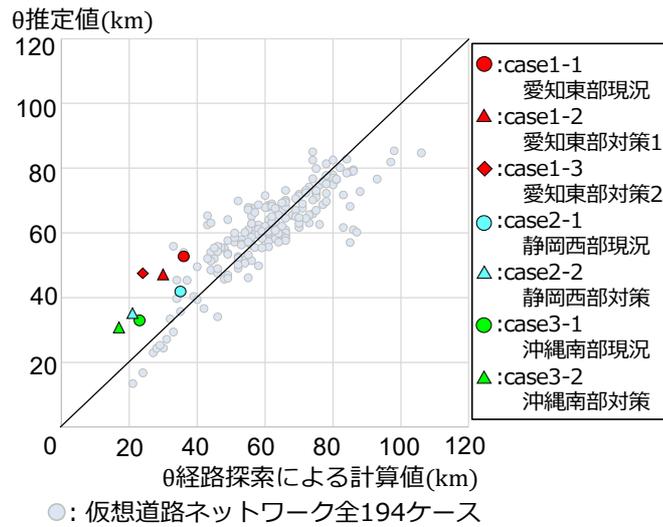


図-6.10  $\theta$ の推定結果

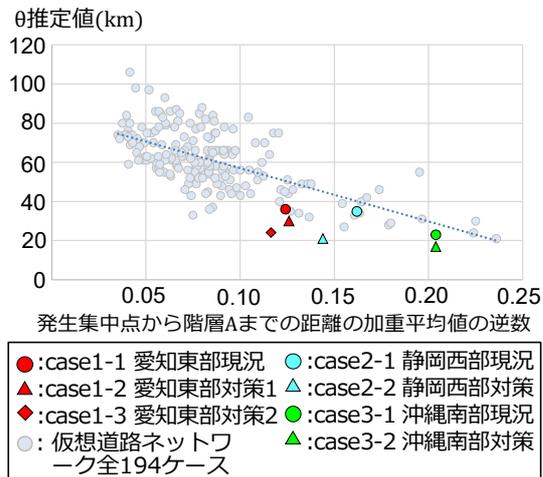


図-6.11 発集点～階層A迄の距離の加重平均値の逆数と $\theta$ の関係(仮想道路ネットワークと実道路ネットワーク)

### 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。

#### (a) 検討手順

図-6.12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-6.13に示すフローに従い階層化度を評価する。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。この手順を繰り返し、目標達成に向けて道路計画を立案する。

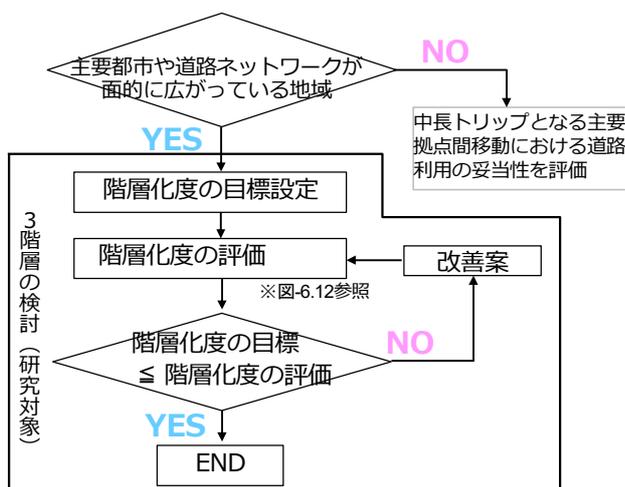


図-6.12 機能階層型道路ネットワーク計画の検討フロー

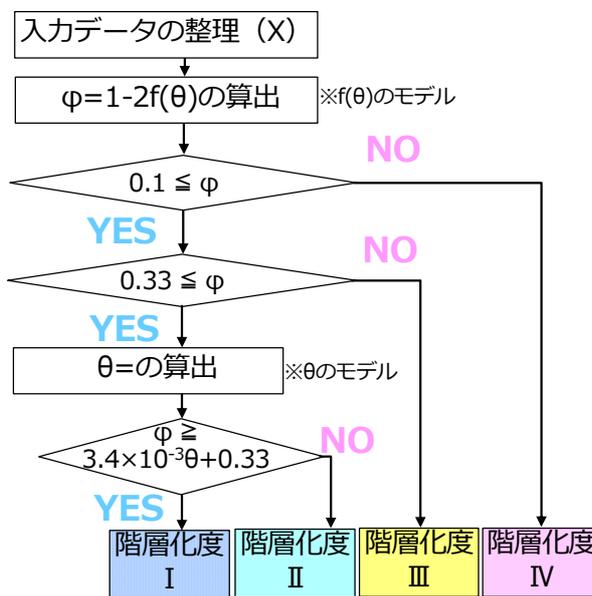


図-6.13 階層化度の評価フロー

(b) 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-6.14に示す階

層化度の区分の基となる $\theta$ ,  $\varphi$ の影響要因に着目すると効果が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、 $\theta$ がマイナス、 $\varphi$ 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、 $\theta$ 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、 $\varphi$ 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。

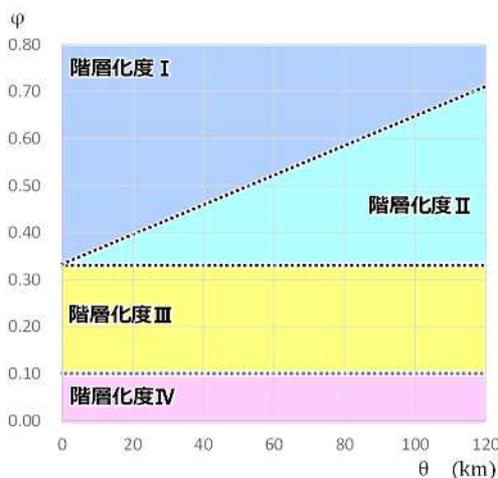


図-6.14  $\theta$ ,  $\varphi$ による階層化度の分類

表-6.5に、 $\theta$ ,  $f(\theta)$ 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。

表-6.5  $\theta, f(\theta)$ 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	<ul style="list-style-type: none"> <li>道路階層Bの整備</li> <li>階層Cから階層Bへのアップグレード</li> </ul>
階層BC間自由速度差	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>階層Bの信号交差点の集約</li> </ul>
発生集中点～階層Bの距離の加重平均値の逆数	<ul style="list-style-type: none"> <li>拠点の集約</li> <li>重要な拠点のある地域への階層Bの整備</li> </ul>
発生集中点～階層Aの距離の加重平均値の逆数	<ul style="list-style-type: none"> <li>スマートIC</li> </ul>

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.

(c) 3階層が不要と考えられる圏域での評価

図-6.12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,  $\theta, \varphi$ 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-6.15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 $\theta$ が重要と考えられる.  $\theta$ 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.

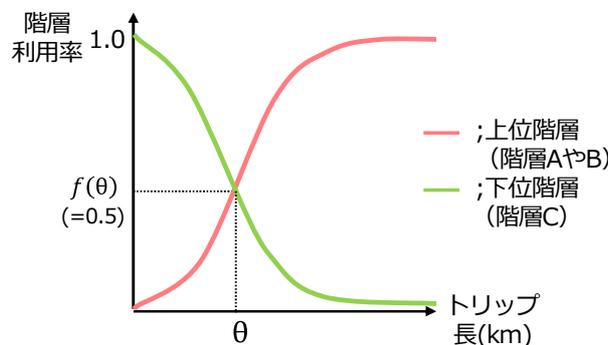
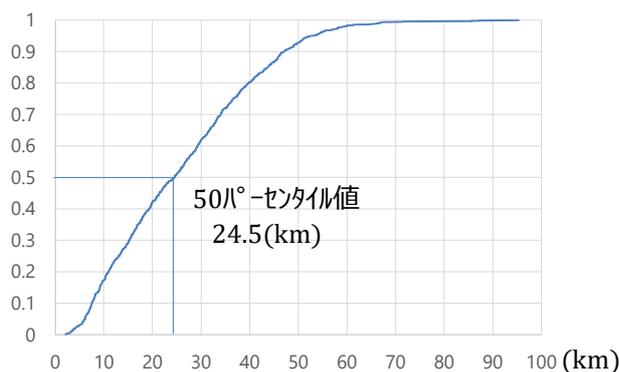


図-6.15 2階層の場合の階層利用率曲線

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-6.16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25 kmとなっている。そこで、この25 kmを $\theta$ の目安の一つとして考えることも可能である。



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-6.16 東海4県の市区間の最短距離の累積分布

## 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4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IIと想定する。

### (a) 東海4圏域の現状の階層化度

表-6.6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。入力データの算出にあたっては、表-6.4および図-6.8の手順に基づいている。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 $\theta$ ,  $f(\theta)$ を推定し、階層化度を算定する。表-6.7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IIIまたはIV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IV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。

表-6.6 東海4圏域の道路ネットワーク特性の現状

変数	愛知東 case 1-1	静岡西 case 2-1	岐阜南 case 4-1	三重北 case 5-1
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-6.7 東海4圏域の現況の階層化度

変数	愛知東 case1-1	静岡西 case2-1	岐阜南 case4-1	三重北 case5-1
$\theta$ [km]	52.8	41.9	61.8	65.2
$\varphi$ [-]	0.16	0.09	0.15	0.06
階層化度	III	IV	III	IV

階層化度の算定に必要な入力データは、表-6.4および図-6.8の手順に基づき算出するが、地域都市構造の指標値については、算出に至る手順が多くなっている。その中でも図-6.17の紫色で示した分散・集中( $L'(r)$ )による補正に関しては、算出過程が複雑であるものの、モデルへ

の影響が小さいため、階層化度をより簡便に算定するためには、この分散・集中の補正プロセスを省略しても問題ない(付録6参照)。

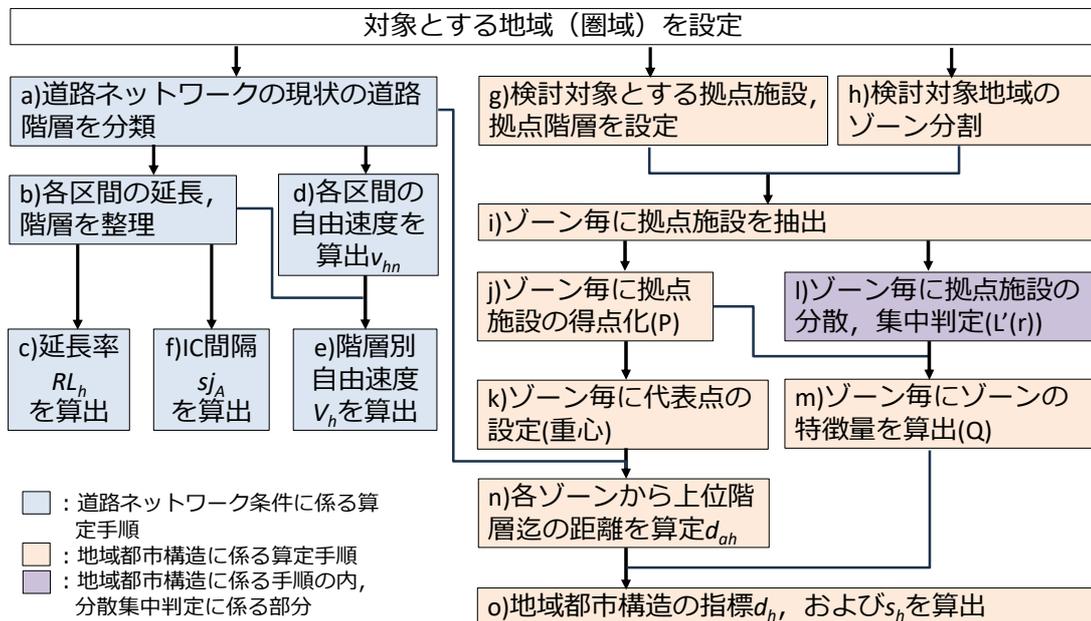


図-6.17 実圏域における説明変数の算出手順 (図-6.8再掲)

(b) 東海4圏域の代表地域の対策実施時の階層化度

(a)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-6.8に、改善案を示す。各圏域ともに現状の階層化度がIII、もしくはIVであることから、階層化度の向上に向けては、 $\varphi$ の値が向上する施策を圏域毎に検討する。愛知東部については、事業中の路線の整備(階層B)に加え、重要な拠点や上位階層へ連絡する道路の階層Bへのアップグレードや、重要な拠点施設が集中するゾーンの集約等を想定する。静岡西部については、浜松中心部と周辺地域との移動に資する区間となる環状道路やICアクセス道路を階層Bへアップグレードする。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70 km/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 4圏域の改善案の内容

圏域	case	概要
愛知東	1-3	階層Bを整備 約40 km(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75 km(IC, 空港へ連絡する道路等) 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	2-2	階層Bへアップグレード 約100 km (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)
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50 km (国道21号線, 県道1号線)
三重北	5-2	階層Aの整備 約30 km (新名神高速道路) 階層Bの整備 約70 km (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70 km (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-6.9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, 現況の表-6.6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. これを用いて現況と同様に $\theta$ ,  $f(\theta)$ を推定し, 階層化度を算定する. 図-6.18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 $\phi$ が向上しており, 目標とした階層化度II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IVからI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, 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.

表-6.9 東海4圏域の対策実施時の道路ネットワーク特性

変数	愛知東 case 1-3	静岡西 case 2-2	岐阜南 case 4-2	三重北 case 5-2
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

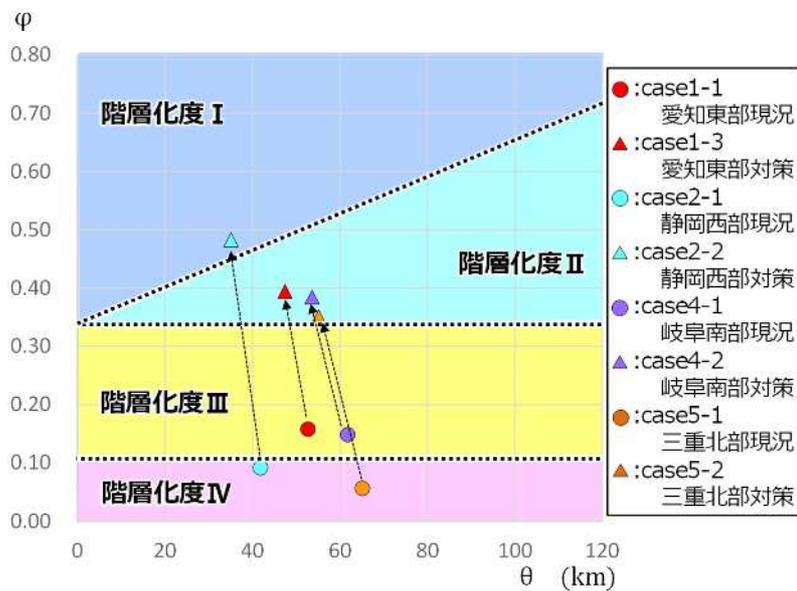


図-6.18 施策実施に伴う4圏域の階層化度の変化

(c) 三重南部における階層化度の検討

図-6.19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-6.16**に基づき25 km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階層性の向上が求められる。



図-6.19 三重南部における検討例

## 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-6.13**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-6.12**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III、またはIV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。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II判定以上となることが確認された。

## 第7章 結論

### 7.1 本研究で得られた知見

本研究では、道路の移動機能に着目し、地域の道路ネットワークの機能階層性を表現する指標を開発し、これを用いて実際の道路ネットワークがどの程度機能階層的に利用し得るかを評価する手法を提案することを目的とした。まず、既往研究より道路ネットワークの機能階層性が、道路利用特性を介し、道路ネットワーク条件や地域都市構造により表現されるものと仮定した。そしてこの仮定を基に、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や、道路ネットワークの機能階層性の評価方法を分析した。本研究で得られた主要な知見を以下に示す。

#### (1) 機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性を表現し得る指標( $\theta, f(\theta)$ )

機能階層型道路ネットワークにおいて実現し得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、道路階層別に長短のトリップ利用の差別化を掲げ、これらを表現し得る指標を抽出し、道路ネットワーク条件や地域都市構造に対する感度分析を行った。その結果、トリップ長に応じた階層利用率曲線の交点( $\theta, f(\theta)$ )は、階層利用の差別化を表現でき、かつ速度の差別化にも感度があることから、機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性を表現し得る指標として適切であることが明らかになった。また、当指標と従来の道路ネットワークの性能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が確認された。このことから道路ネットワークの機能階層性の評価は、所要時間等のネットワーク性能に基づく評価と区別する必要があることが確認された。

#### (2) 道路ネットワークの機能階層性の評価手法(階層化度)

道路利用特性指標( $\theta, f(\theta)$ )より導かれる客観的指標( $\theta, \varphi$ )を用いて道路ネットワークの特徴を分類し、道路ネットワークの階層利用の差別化の程度を4段階で評価する「階層化度」指標を設定した。その結果、「階層化度」指標は、その段階に応じてそれぞれ道路ネットワーク条件や地域都市構造の特徴がそれぞれ表現されているため、道路ネットワークの機能階層性の程度を評価する手法として適切であることが明らかになった。また、この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。これより、

階層化度を用いた道路ネットワークにおける機能階層性の評価の妥当性が確認された。

## 7.2 本研究の成果

### (1) 地域における道路ネットワークの機能階層性の表現方法や評価方法の構築

本研究において、機能階層型道路ネットワークにおける道路利用特性を表現する指標( $\theta$ ,  $f(\theta)$ )を開発し、これを基に道路ネットワークの機能階層性の程度を表現する「階層化度」を提案した。これより、道路ネットワークや地域都市構造が異なる地域において、その地域の道路ネットワークがどの程度機能階層的に利用され得るかを評価することが可能となった。

### (2) 階層化度を用いた実圏域の評価、対策検討

本研究で提案した「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た。これより、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に関する入力データを算定すれば、その地域の階層化度を判定することが可能となった。そして、その判定結果に基づき、判定の根拠となっている( $\theta$ ,  $\varphi$ )の移動の方向を考慮することにより、どのような対策を講じることが効果的であるかは把握できることは可能となった。ただし具体的な箇所について、直接示すものではない。

## 7.3 本研究の課題

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している。この階層利用率曲線は、対象エリア内の個々のODの階層利用率に基づきフィッティングしたものであり、個々のODと各道路階層の位置関係は多様であることから、その階層型道路ネットワークの理想形に基づき設定したワイブル分布曲線の推定精度は $R^2$ が0.02~0.91とばらつきがある。特に階層AとCの速度差がないケースや、階層Aが繋がっていないケース、階層Aが利用しやすいケースについては、短距離トリップで階層A、長距離トリップで階層Cの利用が卓越するような状況となり、その推定精度が低い。本研究では階層A,Cの利用率曲線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、一定の精度が確保されたものを用いて分析しているものの、階層A、および階層Cの推定曲線の交点である( $\theta$ ,  $f(\theta)$ )から導かれた値( $\theta$ ,  $\varphi$ )を用い、その値の大小で評価しているため、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) 拠点間移動における道路の階層接続関係に関する評価

本研究では、道路ネットワークの機能階層性を階層利用の差別化の程度により評価しているが、拠点間移動の際に低階層の道路から順次階層を上げて移動し、目的地付近で再度低階層の道路へ乗り換えるといった、拠点間移動における道路階層の接続関係については十分に考慮されていない。今後この接続関係も含めた評価方法について、検討の余地があると考えられる。

## (3) 階層化度Ⅱ以上の区分の細分化

本研究では、道路ネットワークの機能階層性がある地域の階層化度は、 $\phi > 0.33$ であるⅠ、Ⅱとした。階層化度Ⅰ、Ⅱの境界線については、階層Cの利用率が最大となるトリップ長の範囲と階層Bの利用率が最大となるトリップ長の範囲の大小関係を基に分類し、階層Cより階層Bの範囲が大きい場合に階層化度Ⅰと分類している。本研究では、わが国の道路ネットワークに階層B自体が少ない地域が多いことを踏まえ階層Bと階層Cの関係に着目したが、階層Bを限りなく整備すれば良いというものではなく、階層Bと階層Aの間の利用の差別化も必要であると考えられる。今後、階層Aの利用率が最大となるトリップ長の範囲と階層Bの利用率が最大となるトリップ長の範囲の境界線について分析し、階層化度をさらに細分化する余地があると考えられる。

## (4) 「階層化度」をより簡便に算出するための入力データの簡略化

本研究では、地域における道路ネットワークの階層化度を、経路探索を行うことなく推定する手法を提案した。しかしながら、階層化度の算定のためには、地域の道路ネットワークの道路階層の設定や、これに基づく道路ネットワーク条件、および地域都市構造の算出が必要である。特に、地域都市構造においては、分析対象とすべき拠点施設の種類、及びその拠点階層を定め、分割したゾーン内においてその施設を抽出し、ゾーン毎に施設の得点、代表点（重心）を算定したうえで、代表点から上位階層迄の距離を算定する必要があり、指標算出までの計算過程が長い。このため、地域都市構造の指標の算出方法について、簡略化を検討する余地が残されている。

## (5) 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（例えば役場や医療施設、物流拠点）、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、役場という拠点施設の種類の中では、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間の重要度合の違いについては考慮していない。地域特性を踏まえた拠点施設の種別間の重要度の設定方法については、別途検討が必要である。

#### (6) 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。

#### (7) 実経路データを用いた階層化度の算定

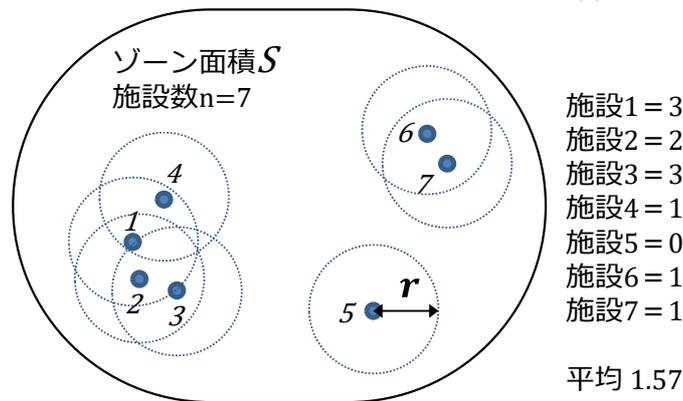
本研究では、実圏域の階層化度を評価にあたり、道路ネットワーク条件や地域都市構造に係るデータの整理を行い、推定モデルを用いることを提案した。近年、ETC2.0等の普及に伴い、交通ビッグデータが蓄積されつつある。本研究の段階では、圏域内の各ゾーン間の移動を分析する十分な情報量がなかったが、仮に十分な情報量が確保されれば、実経路データを用いて階層利用率曲線を作成することができ、階層化度を直接評価することが可能となる。

# 付録

## 付録1. L関数

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(Ripley,1976), ならびにL関数法(Besag, 1977)を用いる. K関数法やL関数を用いた空間分布に関する評価の研究事例は, わが国でも多数存在する(例えば, 奥貫ら, 2008; 寫田ら, 2015).

本文内で示したL関数(式(1))は, K関数より導かれる. K関数とは, 付図-1.1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(1)で表現される.



付図-1.1 各施設から半径 $r$ の中に含まれる施設数

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

ここに,  $\delta_{f_p, f_q}$ 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),  $n_f$ は施設の数,  $S$ はゾーンの面積, である. 式(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の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(2)で表現される.

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

ここに,  $E(K(r))$ は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(3.3)と式(3.4)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(1)と式(2)を結び, 両辺を $\pi$ で割り, 平方根をとると式(3)のとおり式変形できる.

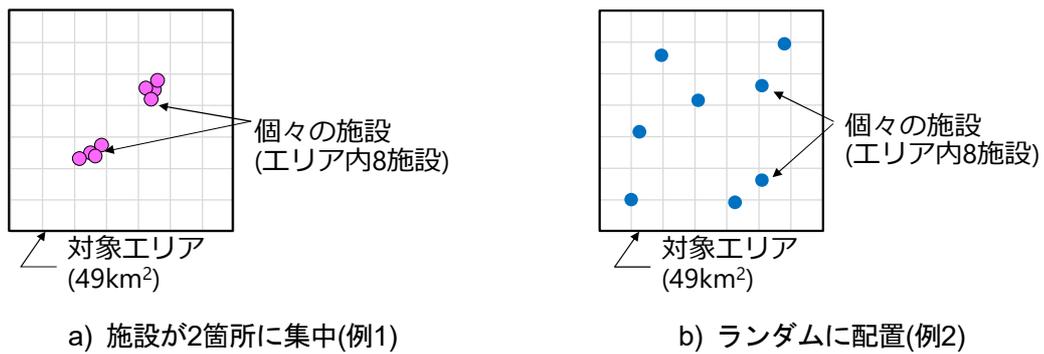
$$\sqrt{\frac{1}{\pi}K(r)} - r = 0 \quad (3)$$

式(3)の左辺をL関数として、式(4)(本文中の式3.3)で表現する.

$$L(r) = \sqrt{\frac{1}{\pi}K(r)} - r \quad (4)$$

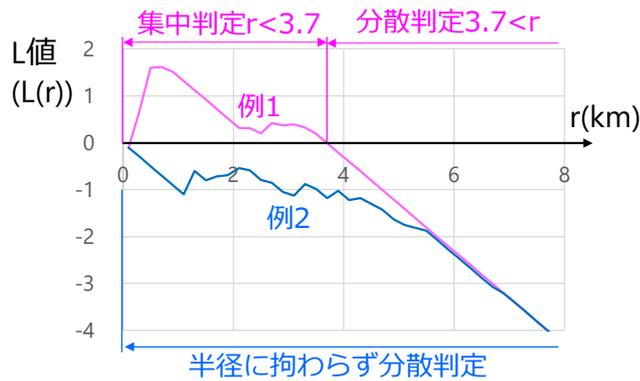
ここに、 $L(r)$ はL値、である。このとき、式(4)では、 $L(r) > 0$ であれば集中、 $L(r) < 0$ であれば分散、 $L(r) = 0$ であればランダム分布となる。

付図-1.2a), 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。付図-1.2c)に、例1、および例2の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。



a) 施設が2箇所に集中(例1)

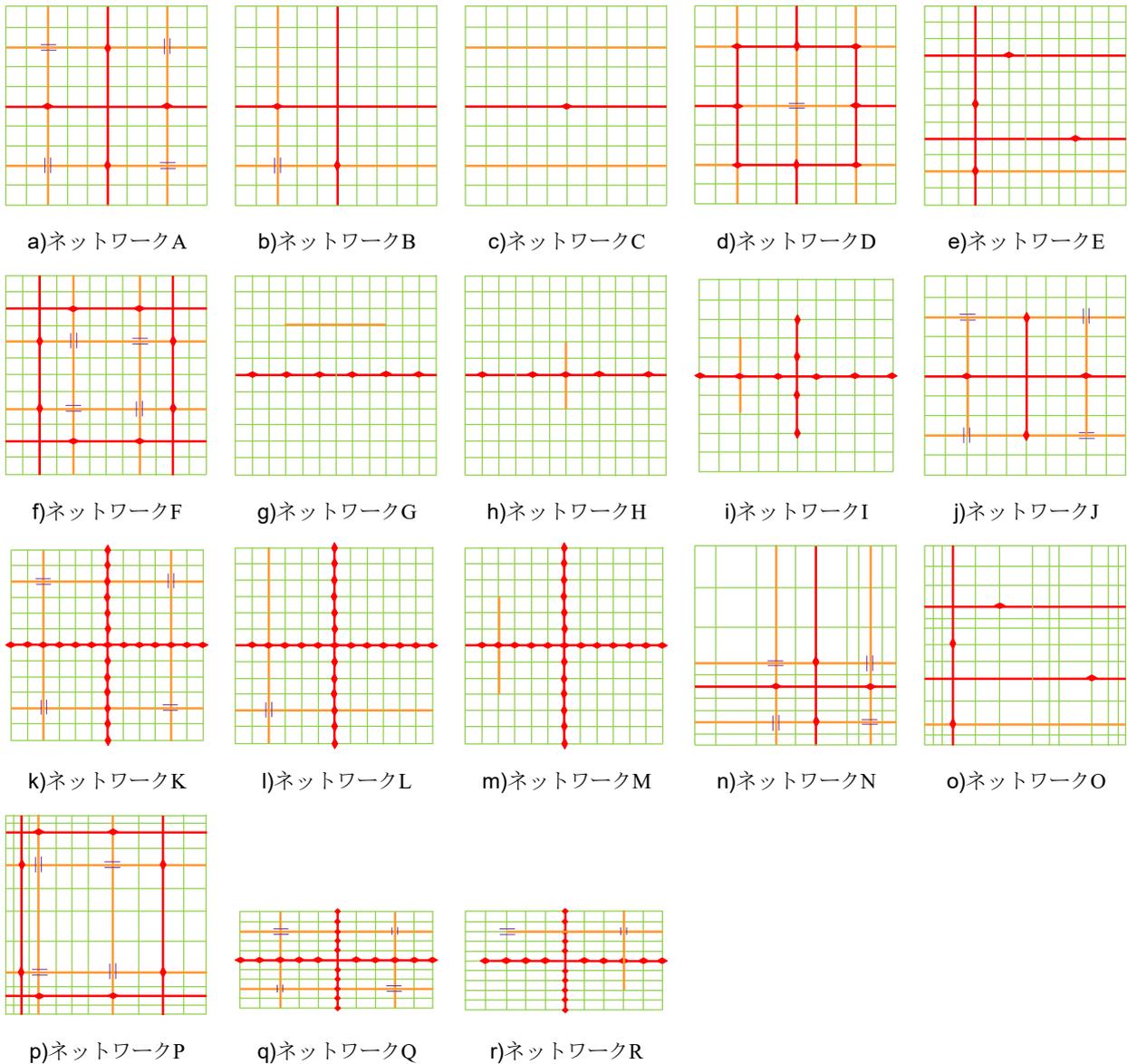
b) ランダムに配置(例2)



c) 例1,例2の半径rに応じた分散集中判定

付図-1.2 施設の配置に応じたL値による分散集中判定例

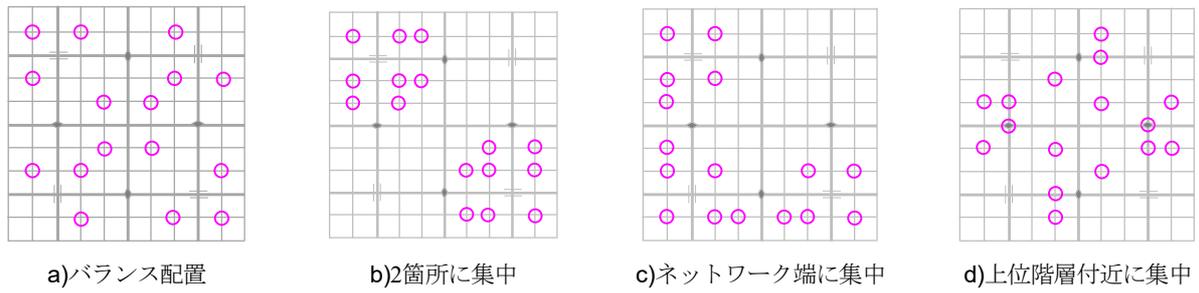
## 付録2. 仮想道路ネットワークの計算に用いたネットワークパターン



※A : 基本ケース, B, C : Aに対し, 階層A, Bの延長を減らしたケース  
 D, E, F : Aに対し, 階層A, Bの配置を変えたケース  
 G, H, I, J : Aに対し, 階層A, Bの連続性が確保されないケース  
 K, L, M : IC間隔を狭めたケース,  
 N, O, P, Q : A, E, Fに対し, 上下, 左右の道路間隔を変えたケース  
 R : Qに対し, 階層Bの連続性が確保されないケース

付図-2.1 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

### 付録3. 発生集中点の配置（ネットワークAの例）



付図-3.1 発生集中点の配置（ネットワークAの例）

### 付録4. 実圏域の道路ネットワーク



付図-4.1 浜松現況case2-1(再掲)



付図-4.2 浜松対策case2-2



付図-4.3 沖縄現況case3-1(再掲)



付図-4.4 沖縄対策case3-2



付図-4.5 岐阜南部現況case4-1



付図-4.6 岐阜南部改善ケースcase4-2

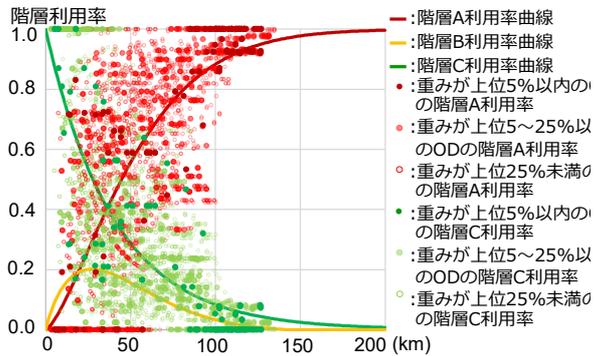


付図-4.7 三重北部現況case5-1

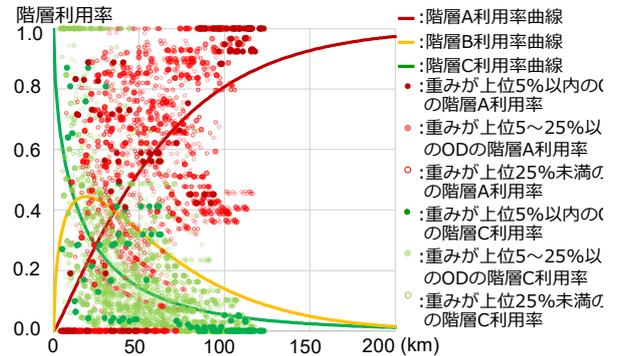


付図-4.8 三重北部改善ケースcase5-2

## 付録5. 実圏域における経路探索結果(階層利用率曲線)



付図-5.1 階層利用率曲線愛知東部現況case1-1



付図-5.2 階層利用率曲線愛知東部対策case1-3

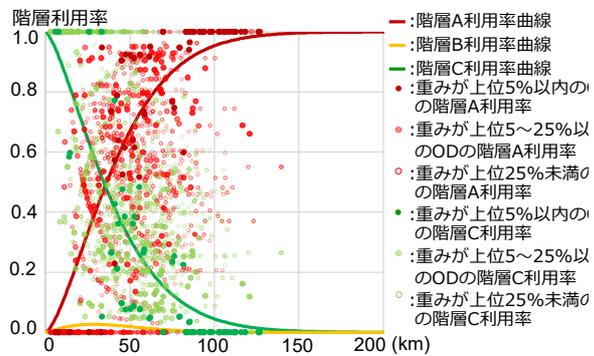


図-5.3 階層利用率曲線静岡西部現況case2-1

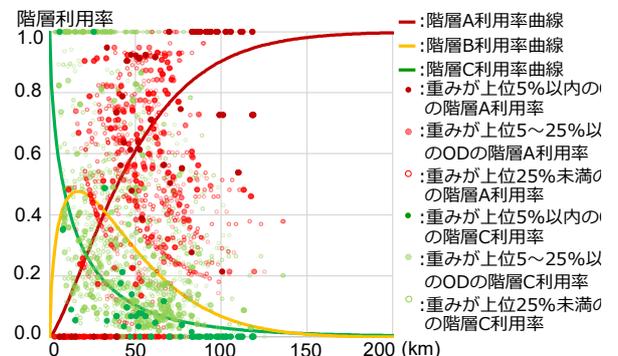


図-5.4 階層利用率曲線静岡西部対策case2-2

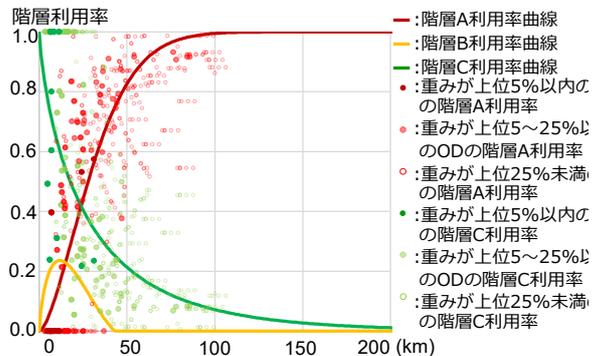


図-5.5 階層利用率曲線沖縄南部現況case3-1

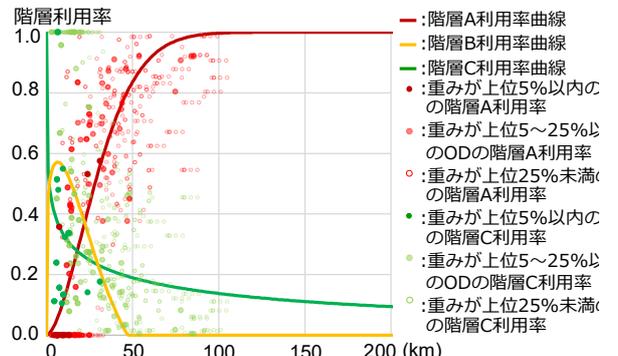


図-5.6 階層利用率曲線沖縄南部対策case3-2

## 付録6. 地域都市構造の算出に用いる分散・集中判定 ( $L'(r)$ ) の影響

階層化度の算定にあたり、推定モデルのインプットデータである地域都市構造の変数 $1/d_h$ については、式(3.5)、および式(3.6)により導かれるが、式(3.6)に関連する分散・集中判定 ( $L'(r)$ ) については、その算出過程が複雑であることが課題である。また、分散・集中判定 ( $L'(r)$ ) については、階層化度算定後の改善方策として考えられる拠点配置の見直し(集約)の際に変化するものであるが、そもそもこの改善方策が道路整備等に比べてその実現性が厳しいものである。

これを踏まえ、本編6.4に挙げた静岡西部、愛知東部、岐阜南部、三重北部の4圏域の現状及び対策案について、この $L'(r)$ による影響を確認する。各圏域で設定した現状、対策のケースに対し、 $L'(r)$ の補正を「有り」とした場合と、「無し」とした場合の地域都市構造指標 $d_h$ 、および推定結果( $\theta$ ,  $\varphi$ , 階層化度)について、比較を行った。表-6.1にその結果を示す。各圏域ともに、 $L'(r)$ の補正の違いにより、地域都市構造指標が0.1 km~0.4 km程度異なる状況にある。これに伴い、 $\theta$ ,  $\varphi$ も変わるが、特に $\varphi$ については0.01程度の差となっている。一方、同じ圏域で現状と道路改良を行った対策ケースの数値を見比べると、それぞれ現状と対策ケースで大きく変化していることがわかる。各対策案については、主に重要な拠点施設が集中する地域を意識し、階層Bの整備を計画したものであるため、地域都市構造指標のうち $d_B$ の値が小さくなっている。

本研究では、階層Bに着目した、機能階層性の評価を行うことを主眼に検討していることから、各地域で簡便にその検討を進める場合には、 $L'(r)$ による補正については、考慮しなくても問題ないと考えられる。

表-6.1 東海4圏域の $L'(r)$ 補正有無による指標値、階層化度判定の変化

変数	$L'(r)$ 補正	愛知東		静岡西		岐阜南		三重北	
		case1-1	case1-2	case2-1	case2-2	case4-1	case4-1	case5-1	case5-1
$d_A$	有	8.1	8.0	6.3	7.1	8.6	8.6	10.9	10.7
	無	8.0	7.9	6.4	7.2	8.6	8.6	10.5	10.4
$d_B$	有	6.3	3.6	6.7	2.1	13.1	3.1	20.8	2.9
	無	6.2	3.6	7.0	2.1	13.3	3.1	20.4	3.0
$\theta$	有	52.8	47.8	42.0	35.2	61.8	53.6	65.2	55.2
	無	52.4	47.6	42.4	35.4	61.8	53.4	64.4	54.8
$\varphi$	有	0.16	0.32	0.09	0.48	0.15	0.38	0.06	0.35
	無	0.16	0.32	0.09	0.49	0.15	0.39	0.05	0.34
階層化度	有	III	III	IV	I	III	II	IV	II
	無	III	III	IV	I	III	II	IV	II

## 参考文献

- 朝倉康夫, 柏谷増男(1993): リンク交通量の OD 内訳に着目した地方都市内道路網の機能分類. 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol.28, pp.349-354.
- 朝倉康夫, 柏谷増男, 藤原健一郎(1998): 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.
- 安藤宏恵, 倉内文孝(2020): NetworkTopology 指標による道路ネットワーク整備の効果検証に関する研究, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.75, No.6, I\_445-I\_454.
- 一般社団法人交通工学研究会(2015): 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>.
- 一般社団法人交通工学研究会(2018): 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>.
- 一般社団法人交通工学研究会(2019): 平面交差の計画と設計 基礎編.
- 磐田市(2017): 第 2 次磐田市総合計画, [https://www.city.iwata.shizuoka.jp/\\_res/projects/default\\_project/\\_page\\_default\\_project/\\_page\\_001/002/654/kihon.pdf](https://www.city.iwata.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page_default_project/_page_001/002/654/kihon.pdf). (最終閲覧日: 2021 年 8 月 30 日)
- 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(1989): X 線写真の主観的評価法-Thurstone の一対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.
- 大久保証文, 坂田知己, 西山祐司, 湯浅貴大(2020): 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, No.62, CD-ROM.
- 岡田憲夫, 田中成尚(1987): 形態特性からみた道路網整備度の計量指標化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.5, pp.195-202.
- 奥貫圭一(2008): GIS を活用した空間分析, 地学雑誌, *Jornal of Geography*, 117(2), 324-340.
- 柿元祐史, 中村英樹(2020): 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.
- 加藤哲, 柴田優作, 矢澤修一, 川淵友寛, 草野孝佳, 中村悟(2020): 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, No.62, CD-ROM.
- 金本良嗣, 徳岡一幸(2002): 日本の都市圏設定基準, 応用地域学研究, Vol.7, pp.1-15.
- 木村一裕, 清水浩志郎(1987): 都市を連携する道路ネットワークの評価手法について, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.22, pp.493-498.
- 桑原雅夫, 若公雅敏, 王鋭(2011): 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.
- 公益社団法人日本道路協会(2020): 道路構造令の解説と運用.
- 国土交通省: 国土数値情報, <https://nlftp.mlit.go.jp/index.html>, (最終閲覧日: 2021 年 8 月 1 日)

国土交通省：地域メッシュ統計，<https://www.stat.go.jp/data/mesh/index.html>，（最終閲覧日：2021年8月1日）

国土交通省道路局(2018)：平成27年度 全国道路・街路交通情勢調査（集計結果整理表，箇所別基本表及び時間帯別交通量表），<http://www.mlit.go.jp/road/census/h27/index.html>。（最終閲覧日：2022年3月15日）

国土交通省道路局(2018)：平成27年度 全国道路・街路交通情勢調査 一般交通量調査 集計表(箇所別基本表及び時間帯別交通量表に関する説明資料)。<http://www.mlit.go.jp/road/census/h27/data/pdf/kasyorep.pdf>。（最終閲覧日：2022年3月15日）

国土交通省(2014)：国土のグランドデザイン 2050 ～対流促進型国土の形成～。

国土交通省(2020)：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](https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road_network/pdf01/10.pdf)(最終閲覧日：2021年1月31日)。

後藤梓，中村英樹，浅野美帆(2012)：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-I\_764。

後藤梓(2016)：拠点間連絡性能を考慮した機能階層型道路ネットワーク計画手法に関する研究，名古屋大学大学院，博士論文。

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(2019)：回答時間を用いた一対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。

寫田知帆，長島啓子，榊原奈々，高田健一，田中和博(2015)：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。

下川澄雄，内海泰輔，中村英樹，大口敬(2009)：階層型道路ネットワークへの再編に向けて，土木計画学研究・講演集，Vol.39，CD-ROM。

下川澄雄(2020)：つかう時代の幹線道路ネットワークの機能強化，IATSS Review，Vol.44，No.3，pp.34-42。

中村英樹，大口敬，森田緯之，桑原雅夫，尾崎晴男(2005)：機能に対応した道路幾何構造設計のための道路階層区分の試案。土木計画学・講演集，No.31，CD-ROM。

野中康弘，泉典宏，下川澄雄，大口敬，中村英樹(2015)：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。

浜松市(2021)：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>（最終閲覧日：2021年8月30日）

藤田慎也，森田哲夫(2007)：交通計画課題に対応したグラフ理論の適用性，土木学会土木計画学講演集，No.36，CD-ROM(V-177)。

橋本雄太，小林寛，山本彰，上坂克巳(2012)：都市間道路のサービス水準の実態と道路階層性評価。土木計画学研究・講演集，Vol.45，CD-ROM。

帆足元，家田仁(2017)：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。

松永敬太，佐藤祐介，新宮清志，正司和将(2005)：都市部道路網の形態評価における修正ボックス・カウント法の有用性に関する研究，ファジィシステムシンポジウム講演論文集 21，p.453-458。

松村裕太，森田哲夫，藤田慎也(2011)：グラフ理論を用いた都市計画道路ネットワークの評価手法に関する

- 研究, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.67, No.5, I\_813-I\_821.
- 山本直成(1967): 一対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 卷, pp.47-52.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2018): A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.
- Besag, J. E., and Diggle, P. J. (1977): Simple Monte Carlo Tests for Spatial Pattern. *Journal of Applied Statistics*, 26(3):327-333.
- Bigotte, J. F., Krass, D., Antunes, A. P., and Berman, O. (2010): Integrated Modeling of Urban Hierarchy and Transportation Network Planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol.44, No.7, pp.506-522.
- Dijkstra, E. W. (1959): A Note on Two Problems in Connexion with Graphs, *Numerische Mathematik*, Vol.1, No.296-271.
- Dong, JX., Cheng, T., Xu, J., and Wu, J. (2013): Quantitative Assessment of Urban Road Network Hierarchy Planning, *Town Planning Review*, Vol.84, No.4, pp445-472.
- Forschungsgesellschaft für Straßen -und Verkehrswesen (FGSV) (1988): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes RAS-N. (in German)
- Forschungsgesellschaft für Straßen -und Verkehrswesen (FGSV) (2006): Richtlinien für die Anlage von Straßen RAS. (in German)
- Forschungsgesellschaft für Straßen -und Verkehrswesen (FGSV) (2008): Richtlinien für Anlage von Autobahnen RAA. (in German)
- Forschungsgesellschaft für Straßen -und Verkehrswesen (FGSV) (2008): Richtlinien für Integrierte Netzgestaltung RIN. (in German)
- Forschungsgesellschaft für Straßen -und Verkehrswesen (FGSV) (2012): Richtlinien für Anlage von Landstraßen RAL. (in German)
- Marshall, S. (2004): Building on Buchanan: Evolving Road Hierarchy for Today's Streets-Oriented Design Agenda. *Proceedings of European Transport Conference*. Strasbourg, France.
- Oguchi, T. (2008): Redesign of Transport Systems on Highways, Streets and Avenues, *IATSS Research*, 32(1), 6-13.
- Ribeiro, P. (2012): A new Perspective on Street Classification towards Sustainability. *Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development*, 272-277.
- Ripley, B. D. (1976): The Second-Order Analysis of Stationary Point Processes. *Journal of Applied Probability*, 13, 255-6.
- Rivera-Royero, D., Galindo, G., Jaller, M., and Betancourt Reyes, J. (2022): Road Network Performance: A Review on Relevant Concepts, *Computers & Industrial Engineering*, 165.
- Steering Group and Working Group appointed by the Minister of Transport (1963): TRAFFIC IN TOWNS -A study of the long-term problems of traffic in urban areas- (Buchanan report).
- Transportation Research Board of the National Academies (2016): Highway Capacity Manual 6<sup>th</sup> Edition.

Tsigdinos, S., and Vlastos, T. (2020): Strategic Road Network Formulation: Developing an Alternative Methodology towards Sustainable Mobility, *Transportation Research Procedia*, 47, 505–512.

Xie, F., and Levinson, D. (2005): Measuring the Structure of Road Networks. *Geographical Analysis* ISSN 0016-7363.

## 謝辞

本研究および学位論文の作成にあたっては、非常に多くの方々にご指導とご支援を頂きました。ここに深く感謝いたします。

指導教員である中村英樹教授（名古屋大学大学院環境学研究科）には、本研究の実施機会を与えていただき、私が本論文に関わる研究プロジェクトのために研究室に配属された2年半、および本論文の作成に至る1年半の合計4年間の長きに渡り熱心にご指導いただくとともに、辛抱強く見守っていただきましたことを心より感謝致します。特に、本研究内容についてはもちろん、研究者や実務者として持つべき心構えを1から丁寧に教えていただきました。本論文を完成させるための力になっただけではなく、研究室から実務に戻った現在においても頂いた知識・経験を生かしています。深く感謝申し上げます。

副査をしていただきました加藤博和教授（名古屋大学環境学研究科）には、本論文の内容を見直すきっかけとなる重要なご意見と、貴重なご指導、ご助言を頂きました。心より感謝申し上げます。下川澄雄教授（日本大学理工学部）には、研究の初期段階より相談させていただき、実務との繋がりに関するご指摘をはじめ、数多くのご助言を頂きました。心より感謝申し上げます。井料美帆准教授（名古屋大学環境学研究科）には、研究室に配属された2年半、毎週のように研究の進捗について相談させていただき、研究の本質的な部分や方向性について多くのご指導、ご助言を頂きました。誠に感謝申し上げます。

また、本研究は、新道路技術会議『道路政策の質の向上に資する技術研究開発』において採択された『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』で取り組んだ内容であり、このプロジェクトの関係者の皆様には大変お世話になりました。研究室在籍時、助教であった柿元祐史氏（(株)オリエンタルコンサルタンツ）には、研究で行き詰った際に真っ先に相談させていただきました。どんな時も快く時間を割いていただき研究を進めるためのアドバイスを頂きました。深く感謝致します。張馨講師（名古屋大学環境学研究科）には、研究内容に加えて、海外情報や英語の発表やその他大学に関わる数多くの相談をさせていただき、ご意見を頂きました。深く感謝致します。吉岡慶祐助教（日本大学理工学部）には、プロジェクトの会議の場を通じ、貴重なご意見を頂きました。心より感謝致します。このプロジェクトの遂行にあたり、ETC2.0 プローブデータや道路交通センサ情報等を提供いただいた国土交通省道路局、および業務遂行にあたり数多くのご意見を頂きました国土技術政策総合研究所の関係各位に感謝致します。

本研究を進めるにあたり、(一社)交通工学研究会の基幹研究「道路の交通容量とサービスに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」の皆様には、機能階層型道路ネットワーク計画に関わりのある専門家として、道路ネットワークの機能階層性に係るアンケートにご協力いただきました。ご協力いただいた結果を基に、本研究の提案内容を深めることができました。心より感謝致します。また、(一社)交通工学研究会の基幹研究「道路の交通容量とサービスに質に関する研究グループ」ガイドライン・フォローアップWGの皆様には、多くのことを学ばせていただきました。実務者にガイドラインをより理解してもらえるために議論したことは、本研究で提案に通ずるものがありました。WGの皆様、

誠にありがとうございました。

本研究を進めるにあたりパシフィックコンサルタンツ株式会社での実務経験がとても助けになりました。特に本研究の実施機会を与えていただいた土井和広氏，大森陽一氏，長田拓也氏，上泉俊雄氏をはじめ，研究を進める過程においてご支援，ご協力を頂いた皆様に深く感謝申し上げます。

研究室の皆様には，ひたむきに研究に取り組む姿を見て，自身の研究への取り組み姿勢を見つめるきっかけとなりました。富永真弘氏（国土交通省）には階層化度のアンケートの実施やとりまとめ等，多くの支援を頂きました，稲本雄一氏（国土交通省）には本研究に関わるデータ整理等を支援いただきました。本当にありがとうございました。

最後に，この研究に携わった期間，私を支えて続けていただきました家族に対しては深い感謝の意を表して謝辞と致します。