

街路の利用特性と接続特性の関係に関する実証分析

西村 卓也¹・石原 智樹²・小根山 裕之³・鹿田 成則⁴

¹正会員 株式会社都市環境研究所 計画グループ (〒113-0033 東京都文京区本郷2-35-10)

E-mail: nishimura@urdi.co.jp

²正会員 首都大学東京大学院准教授 都市環境科学研究科都市基盤環境学域

(〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: iskr@tmu.ac.jp

³正会員 首都大学東京大学院教授 都市環境科学研究科都市基盤環境学域

E-mail: oneyama@tmu.ac.jp

⁴正会員 首都大学東京大学院助教 都市環境科学研究科都市基盤環境学域

E-mail: shikata@tmu.ac.jp

街路ネットワークの設計では、経路選択において個々の街路が有している利用特性に見合った交通機能を確保させることが強く求められている。その背景の中、街路の規格や容量といった概念とは異なった接続特性を指標化できるSpace Syntax理論が近年注目されているが、街路の利用特性と接続特性指標との関係については未だ明確な整理がなされていない。

本研究では、Space Syntax理論の分析手法であるSegment Angular Analysisによって定量的に表される街路ごとの近接性と媒介性が、実際の利用特性とどのように関係しているかを分析する。その結果、近接性はその街路の総合的な実利用のされやすさに、媒介性はその街路を実利用するトリップのOD特性の多様さに、深く結びついていることが明らかとなった。

Key Words : *Space Syntax, GIS, street pattern, route choice, functional road hierarchy*

1. はじめに

(1) 背景

日本の街路ネットワーク整備はこれまで着実に進められてきたが、その過程では交通量をどう捌くかが重要視されてきた。しかし、供用後、交通が集中する街路では、異なる特性を有する様々なトリップの混在によって混雑が発生し、周囲の円滑性や安全性を損ねる結果となっている。そこで近年、交通機能の観点からネットワーク内でそれぞれの街路がどのような役割を果たしているか知り、それに合わせて街路の規格や容量等を決定する街路ネットワーク設計手法の試案がなされている¹⁾。これを実現していくためには、ネットワーク内を移動する多くのトリップの交通実績データから、それぞれの街路の経路選択における利用特性を把握する必要があるが、新たにネットワークが改変される場合ではこのような交通実績データを得ることが不可能であるため、交通量配分や交通流シミュレーションなどを用いて、設計案の街路の利用特性を推測する手法が一般的である。この手法では、

トリップの旅行時間が最小となるようにドライバーが経路選択するという前提のもとで街路ごとの交通量を求め、その結果から規格や容量を議論することが中心となっている。しかし実際の利用実態は、設計時の想定と異なり、比較的高規格でありながらあまり利用されない、生活街路でありながら抜け道として多く利用されるなどといった街路が発生することがある。その一因は、旅行時間最小という前提では捉えられない個々の街路が有する空間的な接続特性が考慮されていないことにある。

このことから、質の高い交通空間づくりが求められている昨今において注目されている概念がSpace Syntax理論である。この理論は、街路空間の物理的な形状情報のみから人の空間認知や行動と深く関係する接続特性を定量的に表すという特徴があり、近年日本でも主に土木学会、都市計画学会等で論文が発表されている²⁾。しかし、この理論を用いたこれまでの研究では、街路ごとに量化された接続特性指標値と実際の交通量との相関関係を分析することに留まっており、指標値が有する論理的な意味合いが明確に示されていない。

(2) 既往研究について

交通工学的な観点から街路の利用特性を導出する試みがなされている。後藤ら³⁾は、街路ネットワークの構成要素に着目し、トラフィック機能を有する街路とアクセス機能を有するものとの最適な組み合わせを、利用者均衡状態での総旅行時間を比較することから導出する手法について、交通シミュレーションを用いて検討している。この研究の分析手法を用いることで構成要素より街路利用特性を推定することは可能であるが、それは総旅行時間最小の状態が前提での結果である。

交通実績データを用いてドライバーの経路選択行動を検証する研究としては、三輪ら⁴⁾がタクシーのプローブデータを用いているものが挙げられる。ここでは、信号停止や街路ネットワークの状態などといったドライバーが直面する交通状態が、経路選択に影響し得ることが述べられている。しかしこの研究では、街路そのものが有している接続特性と経路選択行動との関係性については触れられていない。

街路の接続特性指標を用いて交通行動や交通現象をモデリングしている研究は近年いくつかなされている。高松ら⁵⁾は、接続特性指標を街路ごとの使われ方の特性を表わす定量指標として用いることで、一般道での事故リスクを網羅的に推計する手法を提案している。また、溝上ら⁶⁾は接続特性指標や沿道土地利用指標などを用いて、歩行者通行量を推計するモデルを構築している。これら研究では、街路ごとの交通の多さについて接続特性指標を用いて表しているが、「交通の多さ」と「接続の良さ」についての明確な関係性については示されていない。

以上の内容を整理すると、質の高い交通空間づくりのために、個々の街路における利用特性と諸条件との関係を把握する取り組みが近年なされているが、人の空間認

知や行動に直接的に影響を及ぼす接続特性との関係については未だ明確に整理されていない。

(3) 研究の目的

そこで本研究では、Space Syntax理論の分析手法によって得ることができる街路ごとの接続特性指標と、ドライバーの経路選択行動における利用特性との関係を明確に整理することを目的とする。これを達成することにより、街路の接続特性分析を実施することで、規格や容量だけでは説明することができない利用特性を把握することが可能となるため、今後の街路ネットワーク設計において大きな知見となることが期待できる。

2. 研究方法

本研究では、プローブカーデータから得られる通行実績データとSegment Angular Analysisの結果をGIS上で整理することで、分析対象地域内の街路ごとの利用特性と接続特性との関係性を分析する。まずプローブデータには、豊田市が実施した「豊田市エコドライブ推進プロジェクト」における協力者である豊田市在住・在勤の一般ドライバーから収集されたデータのうち、2011年3月から9月のものを使用する。なお、このデータについては各車両の1秒ごと位置情報が得られており、デジタル道路地図(DRM: Digital Road Map)の全道路リンクにマッチングされている。以下、道路ネットワークについては上記のDRMの地図情報を用いて分析を進める。

(1) 分析対象地域

本研究での分析対象地域は、南側と西側を豊田市境に、北側と東側を高速道路に囲まれた豊田市街地を設定する。これは、この地域内の街路が多くのプローブカーから利用され、一般的な利用特性を把握できるためである。そして、対象となるプローブカーデータは28,809トリップ(74ユーザ分)である。また分析の便宜上、以下では分析対象地域内の各地区を図-1に示すように、市街地中心地区・トヨタ自動車本社工場地区・市街地南地区・東岸住宅地区・市街地北地区・市街地西地区と定義する。

なお本研究では、2.(2)~(4)で述べる街路の利用特性ならびに接続特性の分析において、高速道路を分析の対象外とする。高速道路はインターチェンジによって周囲と接続するため、交差点によって街路同士が接続し合う一般道とは接続形態が異なる。本研究では、2.(3)で述べているように、人の空間認知から街路空間の接続特性を評価する手法を用いているため、交差点以外の接続形態を分析に含めることはふさわしくない。

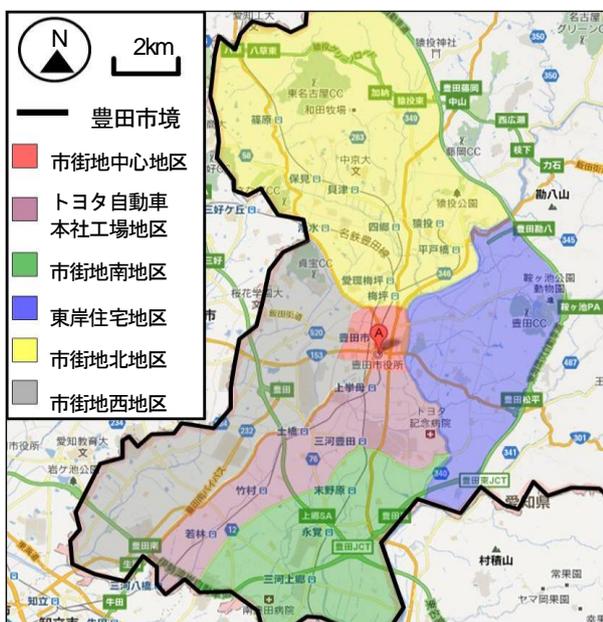
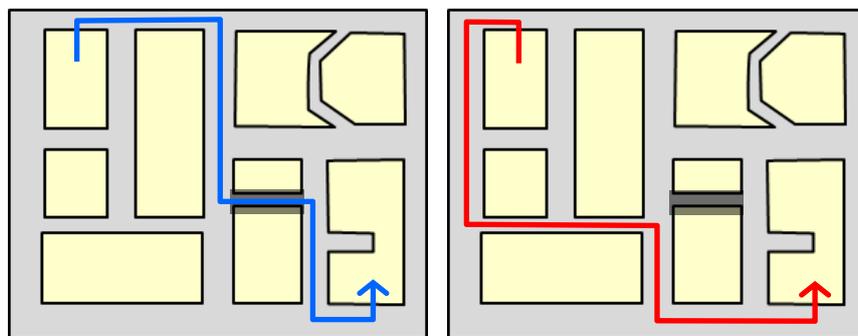
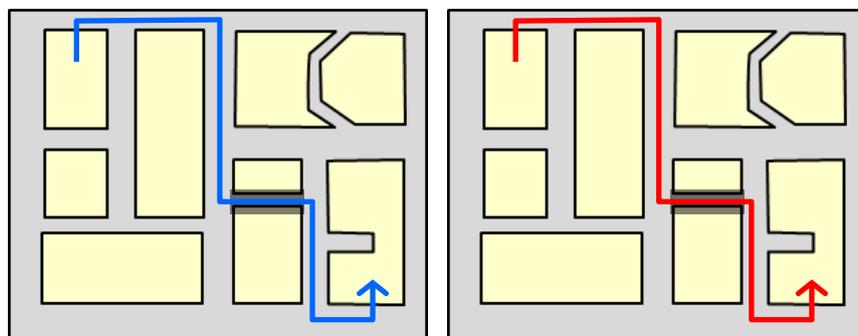


図-1. 分析対象地域内の各地区

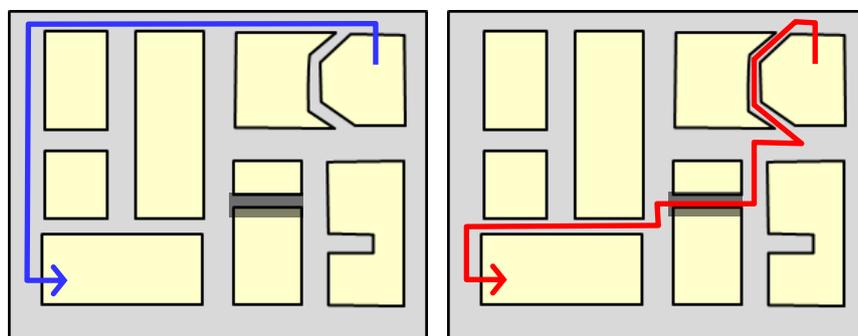
分類①：その街路を最小旅行時間経路に含んでいるにもかかわらず、実利用していないトリップ



分類②：その街路を最小旅行時間経路に含んでおり、実利用しているトリップ



分類③：その街路を最小旅行時間経路に含んでいないが、実利用しているトリップ



■ 分析対象となる街路 — 最小旅行時間経路 — 実利用経路

図-2 分析対象となる街路とそれぞれのトリップとの関係

(2) 車両プローブからの街路利用特性の把握

まず、プローブデータの位置情報をDRMとGIS上で対応づけ、各トリップにおいての実利用経路を特定する。また、プローブデータの時刻情報から、それぞれの街路を通過するために要した時間も特定することができる。この手順を全てのトリップにおいて行うことで、各街路における通過のための平均的な所要時間を求めることができ、それをリンクコストとして用いて最短経路探索を行うことで、各トリップの最小旅行時間経路も推定することができる。

ドライバーが利用する経路を推測する際に一般的に用いられる手法において、前提となっている旅行時間が最小となるように経路選択されるということが、実際の経路選択でも成り立っているのであれば、実利用経路と最

小旅行時間経路は同様のものとなる。しかし、実際には個々の街路が有する空間的な接続特性の影響を受けて、異なった経路選択がされる場合もある。

街路ごとにこの関係を整理することで、旅行時間最小の前提に比べてあまり利用されていない、もしくは良く利用されているといった、それぞれの街路の利用特性を把握することができる。本研究では、ある道路リンクを分析対象となる街路として設定し、その街路に対して各トリップを、その街路を最小旅行時間経路に含んでいるにもかかわらず実利用していないトリップ(分類①)、その街路を最小旅行時間経路に含んでおり実利用しているトリップ(分類②)、その街路を最小旅行時間経路に含んでいないが実利用しているトリップ(分類③)に分類整理することで、その街路の利用特性を把握する。

(図-2) . これを、互いに比較可能な関係にあるいくつかの分析対象街路で行う。

(3) Segment Angular Analysis

街路空間の接続特性分析にはSpace Syntax理論を用いる。これは、1980年代にロンドン大学UCLのBill Hillier教授が中心となり確立された都市形態解析理論であり、「空間の繋がり」と「人の行動」との関係についての客観的な理解を、都市空間の計画や設計に活かそうとするものである⁷⁸⁾。

本研究では、Space Syntax理論のうち、街路空間を幾何構造の最小単位であるセグメントに分割して、そのセグメント同士の接続角度から街路接続特性指標値を算出するSegment Angular Analysisを用いる。この手法は、入手もしくは作成が比較的容易である街路中心線データを用いて、街路ごとの接続特性指標値を算出することができるという特長を有している。この分析手法を用いて、分析対象地域及びその周辺地域のセグメントごとのIntegration Value (Int.V: 近接性指標)、Choice (以下、媒介性指標)を算出し、この二指標を街路接続特性指標として用いる。全てのセグメントにおいて各指標値を算出し、その結果をGIS上に可視化することで、周囲より指標値が高いもしくは低いなどといったそれぞれの街路が有している空間的な接続特性を把握することができる。

a) 街路空間の文節単位

分析対象地域の街路空間をすべて街路中央線に変換し、その線の集合体を一本の直線で表わせる単位ごとに分割したものがセグメントである(図-3)。つまり、直線的な街路が長く伸びている場合は交差点間ごとのセグメントに分割される。また、曲がりくねった街路の場合は、

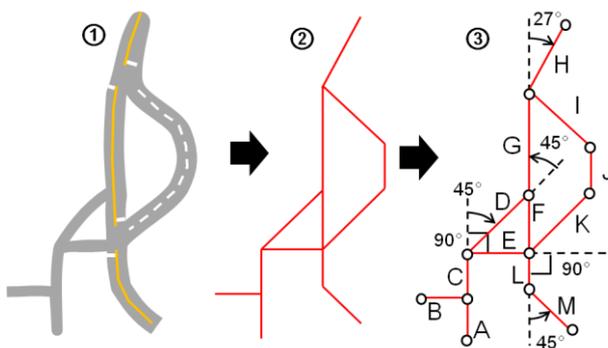


図-3. 街路空間のセグメント変換

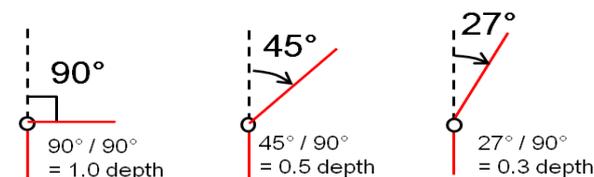


図-4. セグメントの接続角度と depth の関係

一交差点間であっても何本ものセグメントで表現される。

この分析手法の概念では、あるセグメントから隣接するセグメントへ移動する際にDepthという単位の移動負荷が生じるとされている。この移動負荷は、90° に交わるセグメントへの移動を1depthとしており、45° の移動は0.5depth、27° の移動は0.3depthという関係になる(図-4)。つまり、図-3において、セグメントAから各セグメントに到達するまでに生じるAngular Step Depth (ASD: 位相的距離) は図-5に示すとおりとなる。

b) 近接性指標

近接性指標は、あるセグメントとその周囲との接続の強さを表している。この指標値が高いセグメントを含む街路は周囲の多くの街路と接続しやすいため、人々による認知度が高く(イメージされやすく)、日常的な使用頻度が高いことが想定される。

まず、指標値を求めたいセグメントを基準として、全てのセグメントに対する位相的距離(ASD)の合計値

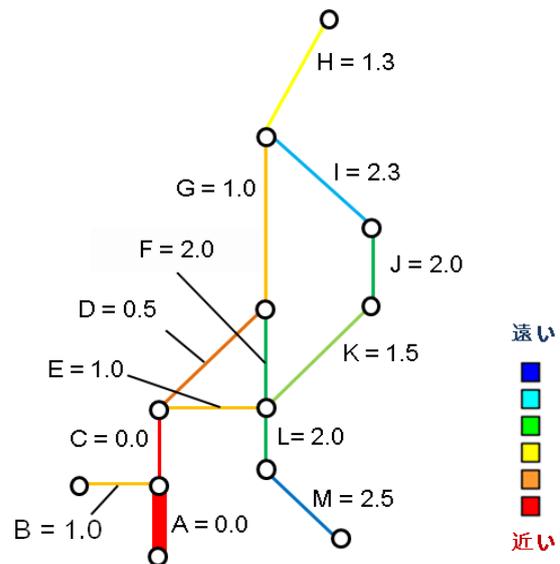


図-5. セグメントAと各セグメントとの位相的距離

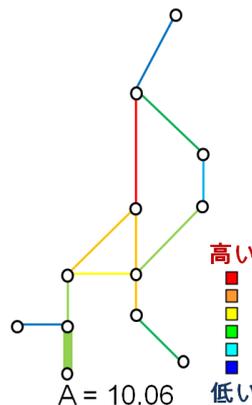


図-6. 各セグメントの近接性指標値

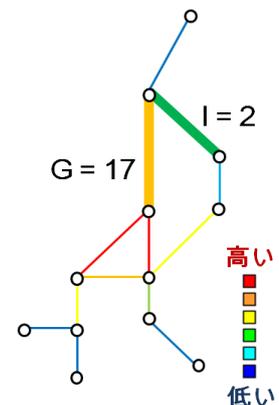


図-7. 各セグメントの媒介性指標値

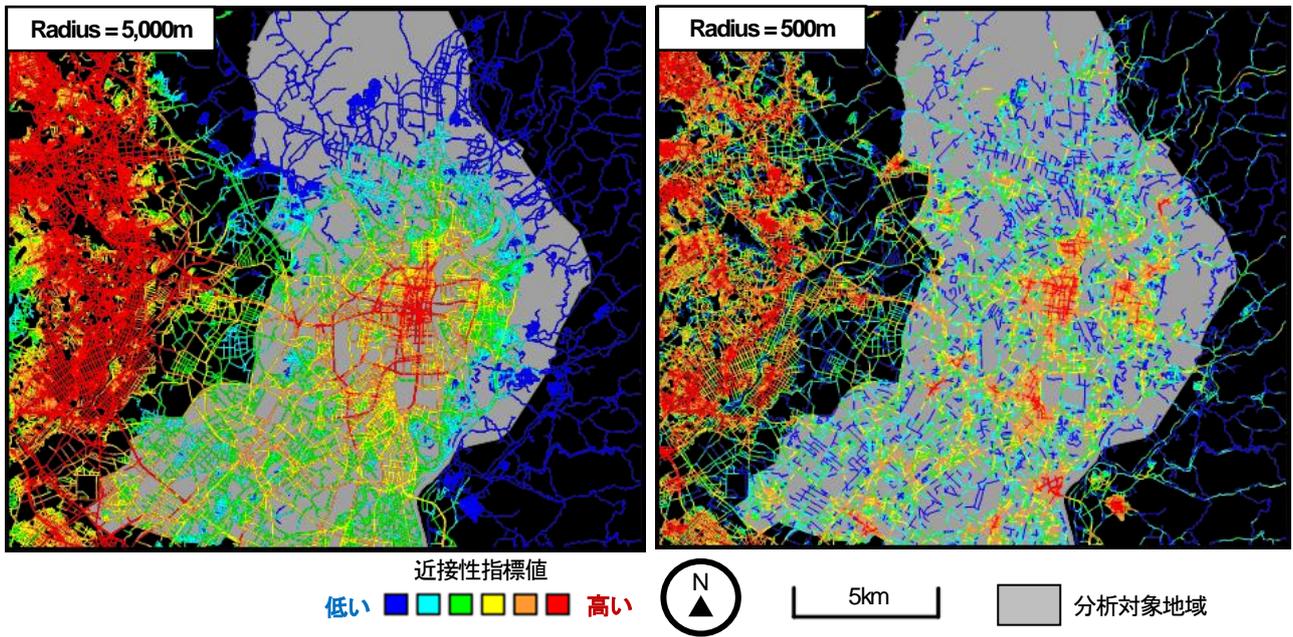


図8. 各指標値算出対象範囲での近接性指標値

(*TD*: Total Depth) を求め、その値をセグメントの本数 (*k*) で除したMeanDepth (*MD*) を算出する(1a).

$$MD = \frac{TD}{k} = \frac{\sum ASD}{k} \quad (1a)$$

そして*MD*の逆数と*k*の乗算値は近接性指標値となる(1b).

$$Int.V = \frac{k}{MD} = \frac{k \times k}{TD} \quad (1b)$$

上記の手順に則って図-3中のセグメントA (*TD*=16.8, *k*=13) の近接性指標値を求めると、*Int.V*=10.06となる(1c).

$$Int.V = \frac{k \times k}{TD} = \frac{13 \times 13}{16.8} = 10.06 \quad (1c)$$

全セグメントにおいてこの指標値を求めると、図-6のような近接性指標値の主題図を描くことができる。

c) 媒介性指標

媒介性指標は、あるセグメントが他の二本のセグメント間の途中経路の一部に含まれる可能性の高さを示している。この指標値が高いセグメントを含む街路は、複数の地区において、それぞれの行き来に必要な重要な街路であることが想定される。

まず、ある二セグメント間の移動において、位相的距離 (*ASD*) が最小となる経路を最短経路と定義する。そして、全ての組み合わせにおける最短経路を調べた上で、そのセグメントが最短経路として利用された回数を指標



図9. 分析対象街路 (矢作川に架かる橋梁)

値とする。例えば図-3であれば、セグメントGの指標値は17となり、セグメントIは2となる。全セグメントにおいてこの指標値を求めると、図-7のような媒介性指標値の主題図を描くことができる。

d) 指標値算出対象範囲

各セグメントが有している特徴を理解するためには、都市規模などの広範囲に及ぶ (広域的な) 他のセグメントとの関係性や、地区規模などのすぐ周囲の (近隣的な) 他のセグメントとの関係性などといった異なる視点

から接続特性指標を求める必要がある。そこで、上記の手法ではradius（指標値算出対象範囲）を任意に設定し、各セグメントからその範囲内に含まれるセグメントを対象として算出された指標値は、広域的もしくは近隣的な特徴を示していると解釈することができる。

分析対象地域とその周囲のDRMの地図データを用いてSegment Angular Analysisを実行して、セグメントごとの街路接続特性指標値を算出する。その結果、radius=5000メートルの近接性指標値は、分析対象地域の中心部が最も高く、そこから外側に広がるにつれて低くなる傾向が見られるため、この場合は分析対象地域内の広域的な接続特性を示している判断することができる。また、radius=500メートルの近接性指標値は、分析対象地域内で局所的に高い個所や低い個所が見られるため、この場合が近隣的な接続特性を示している判断することができる（図-8）。そこで、以下ではradius=5000メートルの近

接性指標値を広域近接性指標値、radius=500メートルの近接性指標値を近隣近接性指標値として用いて分析を進める。また、それに伴って、radius=5000メートルの媒介性指標値を広域媒介性指標値、radius=500メートルの媒介性指標値を近隣媒介性指標値とする。

(4) 検証方法

分析対象となるそれぞれの街路において、2(2)で示している手法によって把握できる利用特性と、2(3)で紹介している接続特性指標との関係性について分析していく。

ただし、分析対象範囲内には多くの街路が広がっており、それぞれが相互に関係し合っているネットワーク内の街路を分析対象とすると、ドライバーの経路選択肢が無数に存在しているため、利用特性と接続特性の関係性を明確に把握することが難しい。

そこで、代替経路の解釈と考察を容易にするために矢

表-1. 各橋梁を最小旅行時間経路に含んでいるトリップの実利用状況のまとめ

		記号	対応 Lの単位:m	平成記念橋	高橋	豊田大橋	久澄橋	竜宮橋	鶺の首橋	山室橋
実データでも通過	a	L=0	46	4	12	0	2	0	1	
	b	0<L<500	243	40	5	52	44	1	6	
	c	500≤L<1000	76	104	20	172	91	13	47	
	d	1000≤L<2000	84	26	51	354	253	4	586	
	e	2000≤L<5000	41	54	9	150	67	21	317	
	f	5000≤L	1	0	0	0	0	0	7	
実データを通過では	a'	L=0	0	0	0	0	0	0	0	
	b'	0<L<500	5	1	11	21	9	6	2	
	c'	500≤L<1000	32	10	21	23	6	50	3	
	d'	1000≤L<2000	34	88	132	210	88	165	59	
	e'	2000≤L<5000	64	80	23	54	44	147	122	
	f'	5000≤L	8	3	0	1	0	1	7	
広域ODトリップ	利用する	d+e+f		126	80	60	504	320	25	910
	利用しない	d'+e'+f'		106	171	155	265	132	313	188
	実利用割合	$\frac{d+e+f}{(d+e+f)+(d'+e'+f')}$		0.543	0.319	0.279	0.655	0.708	0.074	0.829
近隣ODトリップ	利用する	b+c		319	144	25	224	135	14	53
	利用しない	b'+c'		37	11	32	44	15	56	5
	実利用割合	$\frac{b+c}{(b+c)+(b'+c')}$		0.896	0.929	0.439	0.836	0.900	0.200	0.914

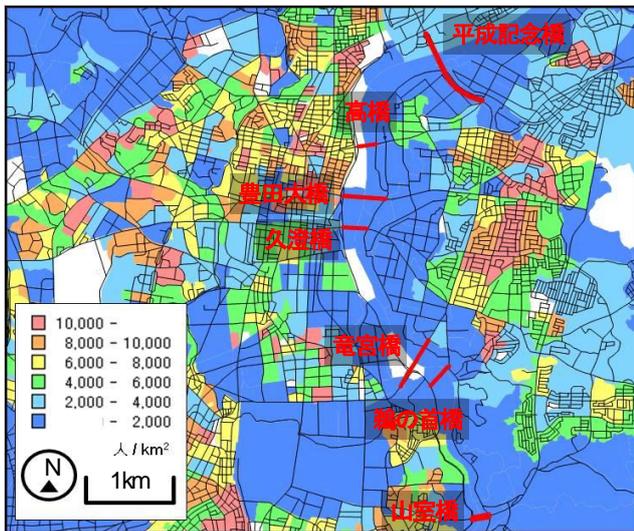


図-10. 平成 22 年度国勢調査における人口密度

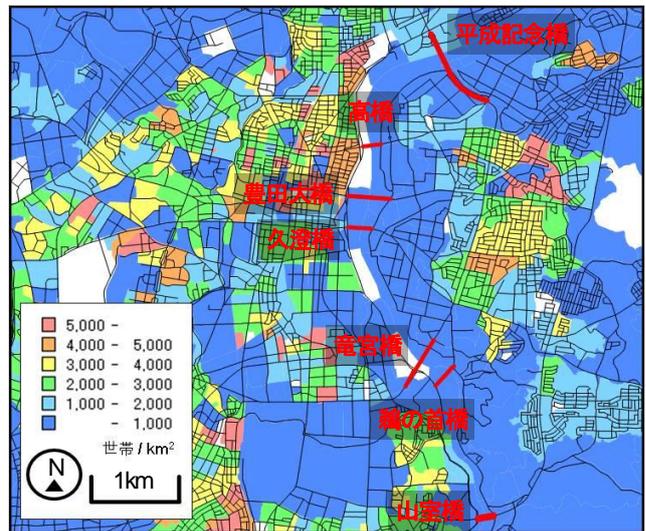


図-11. 平成 22 年度国勢調査における世帯密度

作川に架かる橋梁を分析対象街路として選定し、分析を進める(図-9)。これは、トリップの始点(O: Organ)と終点(D: Destination)の位置関係が河川を挟んで相対している場合は、ドライバーの経路選択肢がいずれかの河川橋梁に限られるためである。

3. 接続特性指標と利用特性との関係性の検証

本章では、矢作川にかかる各橋梁の接続特性指標である近接性指標ならびに媒介性指標と、利用特性との関係性について分析する。ここでは、まずそれぞれの指標が示す意味を整理した上で、その内容が実利用の状況と一致しているかを検証する。

(1) 橋梁ごとの近接性指標と実利用割合の関係に関する検証

近接性指標は、その街路と周囲との接続の強さを示しているため、この指標値が高い街路は周囲からの接続が容易な街路であると言える。そのため、その街路を最小旅行時間経路の一部に含んでいるトリップから良く実利用され、さらにその街路を最小旅行時間経路に含んでいないトリップからも実利用されることが考えられる。それに対して、指標値が低い街路は、周囲から接続しづらい街路であるため、その街路を最小旅行時間経路の一部に含んでいるトリップが、他の街路を経路として実利用してしまうことが考えられる。

表-11は、各橋梁を最小旅行時間経路に含むトリップを対象に、その橋梁を実利用しているトリップ数と、その橋梁は実利用せずに他の経路を選択しているトリップ数についてまとめている。ここでは、橋梁からの距離(L)にごとにまとめているが、これはトリップの始点(O: Organ)もしくは終点(D: Destination)のいずれかのうち橋梁からの近いものと橋梁端との距離である。

さらに、その距離が1000メートル未満のトリップは橋梁の近隣範囲をODとするトリップ、1000メートル以上のトリップを橋梁の広域範囲をODとするトリップとして、実利用割合を算出している。本来、近隣範囲と広域範囲との境界は、指標値算出対象範囲に合わせて、各橋梁から500メートルとすることが望ましいが、橋梁によっては500メートル以内の範囲の人口密度・世帯密度が低く(図-10,11)、集計結果が特定のユーザによる傾向に偏ることが懸念されるため、それよりも少し広げた1000メートルを境界としている。

a) 広域近接性指標と広域実利用割合の関係性について

図-12は各橋梁とその周囲の広域近接性指標の主題図、図-13は各橋梁の広域範囲をODとするトリップの実利用割合についてまとめたものである。これらを比較分析すると、広域近接性指標値と実利用割合の間には単純な相関関係はない。これは、橋梁ごとに、他の橋梁との経路選択肢としての代替関係の強さ異なるためである。例えば、東岸住宅地区と市街地北地区を結んでいる橋梁は平成記念橋しかないため、この地区間を行き来するトリップからの実利用されることが必然的に多くなる。それに対し、東岸住宅地区と市街地中心地区を結んでいる高橋、豊田大橋、久澄橋は、経路選択肢として互いに強い代替関係にあるため、それぞれの影響を受けた実利用割合となっている。

そこで、経路選択肢として代替関係が強いもの同士のグループに分けて比較分析してみると、高橋・豊田大橋・久澄橋の3橋梁、竜宮橋・鶴の首橋の2橋梁の間では、相対的に広域近接性指標が高い橋梁が実利用されることが多い傾向にある。

まず、東岸住宅地域と市街地中心部を結んでいる高橋・豊田大橋・久澄橋の中では、久澄橋の広域近接性指標値が相対的に高い。そして、これらの橋梁の実利用内訳に着目すると、久澄橋を最小旅行時間経路としている

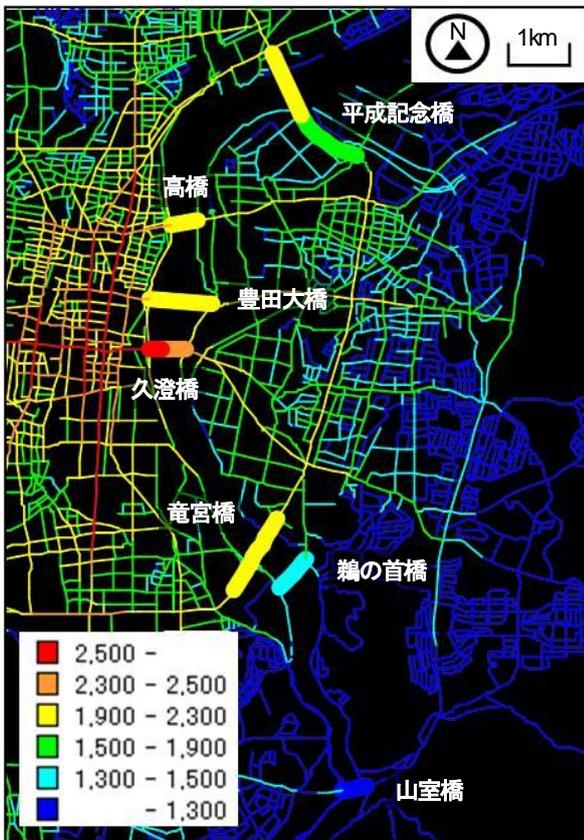


図-12. 各橋梁とその周囲の広域近接性指標値

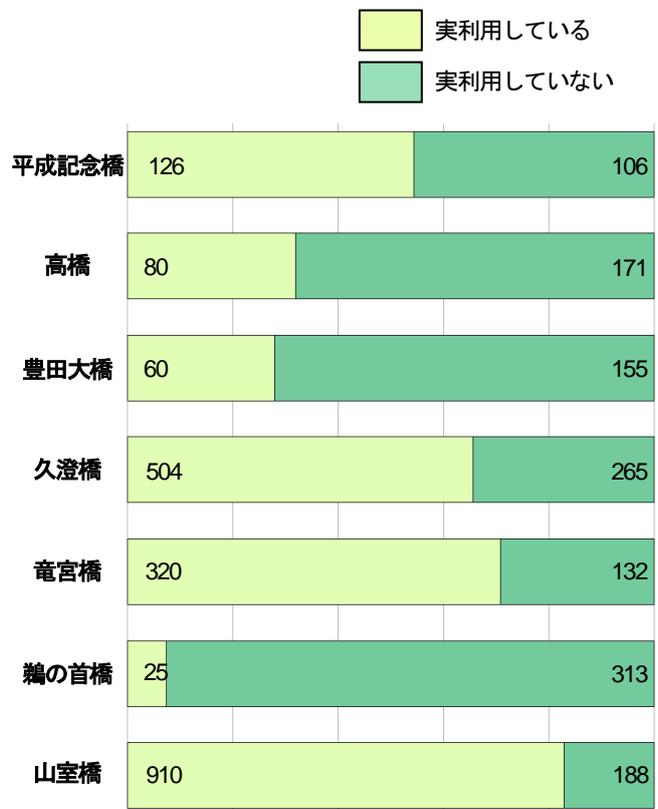


図-13. 各橋梁を最小旅行時間経路としている
広域 OD トリップの実利用割合

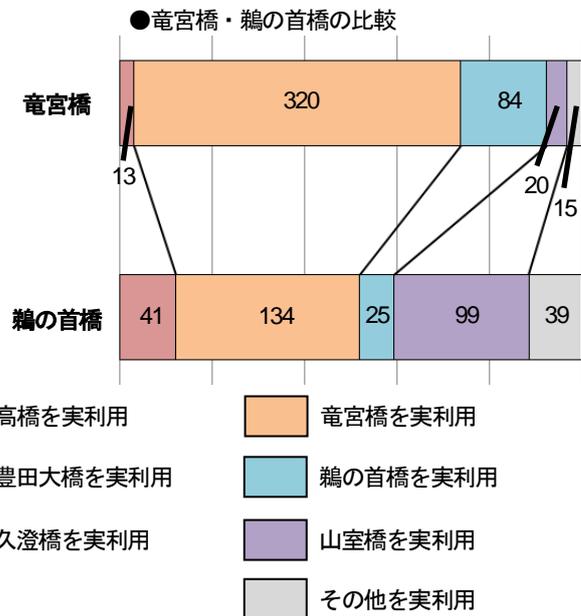
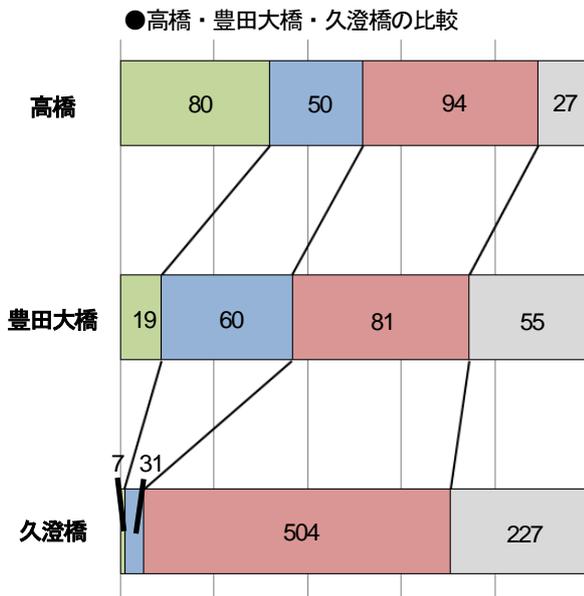


図-14. 各橋梁を最小旅行時間経路としている広域 OD トリップの実利用内訳

トリップは、久澄橋を実利用しているものが多い。一方で、高橋や豊田大橋を最小旅行時間経路としているトリップでも、久澄橋を実利用しているものが最も多くなっている（図-14左）。

次に、東岸住宅地域とその南側にあたるトヨタ自動車本社工場地区を結んでいる竜宮橋・鶺の首橋の2橋梁の広域近接性を比較すると、竜宮橋の指標値が高い。そし

て実利用内訳を見てみると、竜宮橋を最小旅行時間経路としているトリップのほとんどが、竜宮橋を実利用している。一方で、相対的に広域近接性指標値が低い鶺の首橋を最小旅行時間経路としているトリップでも、鶺の首橋を実利用しているものより、竜宮橋を実利用しているものが多くなっている（図-14右）。

また、代替関係が強い経路が他に存在しない平成記念

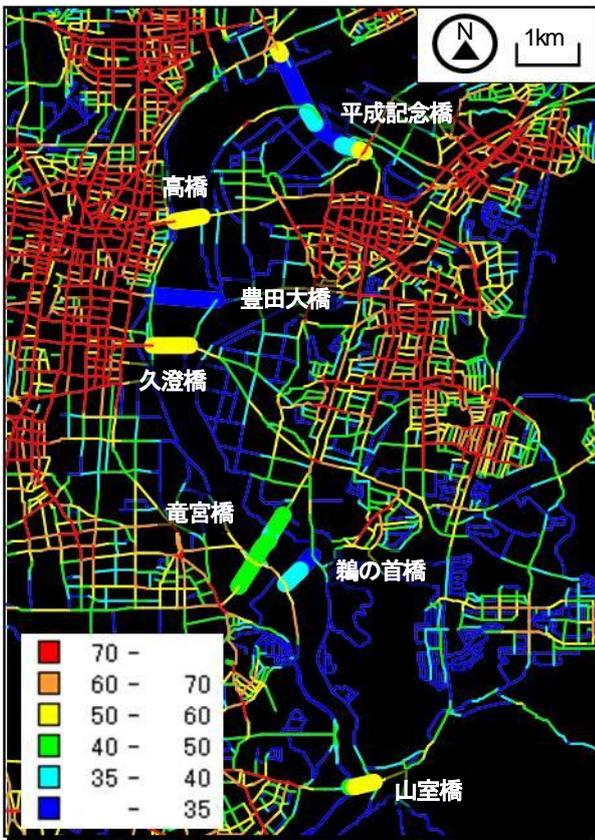


図-15. 各橋梁とその周囲の近隣近接性指標値

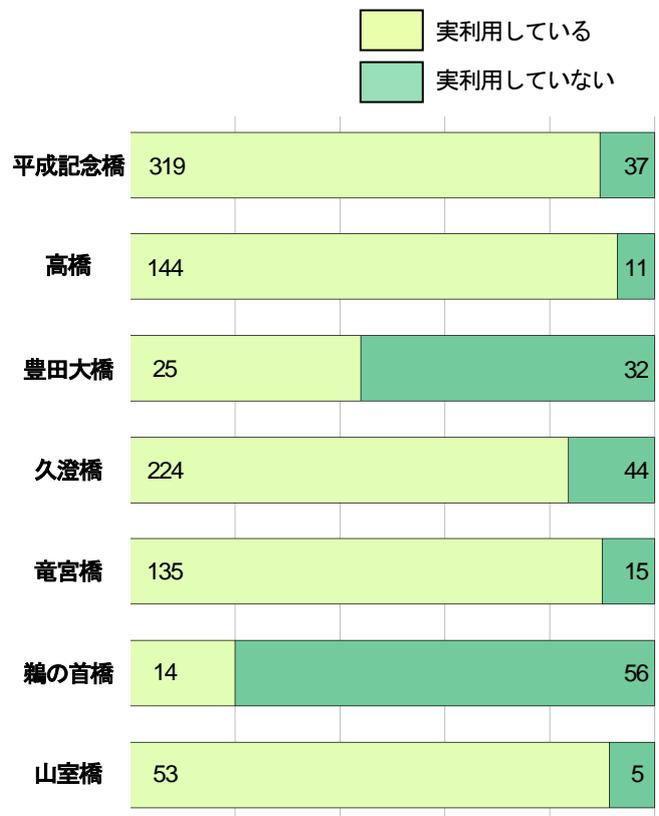


図-16. 各橋梁を最小旅行時間経路としている近隣ODトリップの実利用割合

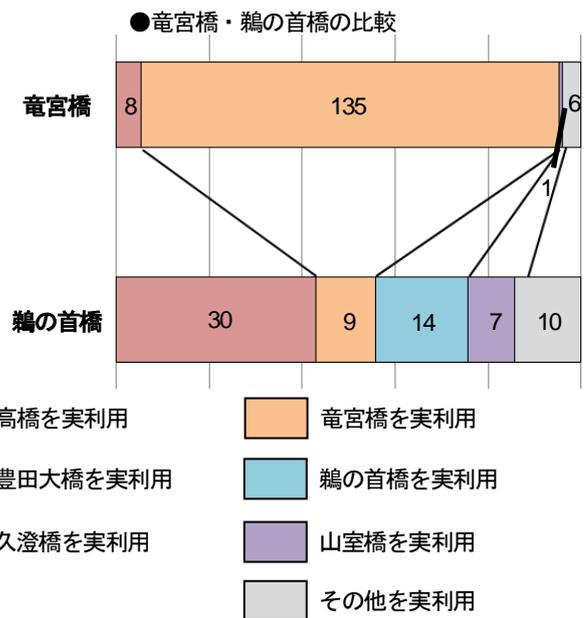
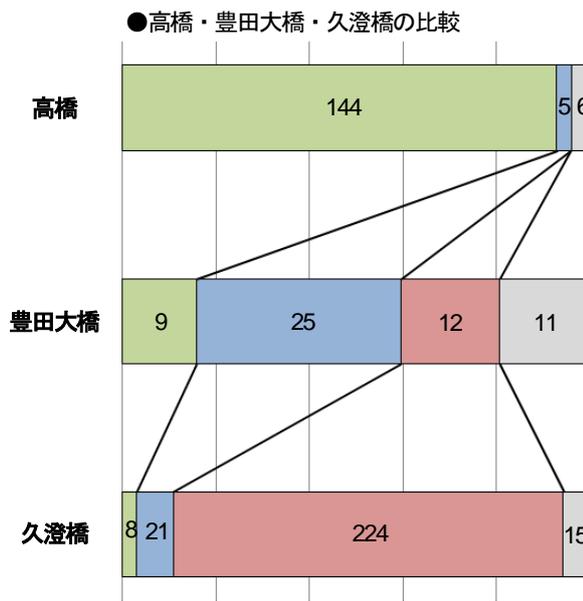


図-17. 各橋梁を最小旅行時間経路としている近隣ODトリップの実利用内訳

橋や山室橋を最小旅行時間経路としているトリップは、その橋梁を実利用しているものが過半数を占めている。

b) 近隣近接性指標と近隣実利用割合の関係性について

図-15は各橋梁とその周囲の近隣近接性指標の主題図、図-16は各橋梁の近隣範囲をODとするトリップの実利用割合についてまとめたものである。こちらもa)と同様、

近隣近接性指標値と実利用割合との間には単純な相関関係は見られないため、経路選択肢としての代替関係が強い高橋・豊田大橋・久澄橋の3橋梁、竜宮橋・鶺の首橋の2橋梁のグループごとで比較分析する。

まず、東岸住宅地域と市街地中心部を結んでいる高橋・豊田大橋・久澄橋の中では、高橋と久澄橋の近隣近

接性指標が相対的に高い。そして、これらの橋梁の実利用内訳に着目すると、高橋や久澄橋を最小旅行時間経路としているトリップのほとんどが、その橋梁を実利用している。それに対して、近隣近接性指標が相対的に低い豊田大橋を最小旅行時間経路としているトリップは、豊田大橋を実利用しているものが比較的少ない傾向にあり、その分高橋や久澄橋が実利用されている（図-17左）。

次に、東岸住宅地域とその南側にあたるトヨタ自動車本社工場地域を結んでいる竜宮橋・鶉の首橋の2橋梁の近隣近接性を比較すると、竜宮橋の指標値が高い。そして実利用内訳を見てみると、竜宮橋を最小旅行時間経路としているトリップのほとんどが、竜宮橋を実利用している。一方で、相対的に近隣近接性指標値が低い鶉の首橋を最小旅行時間経路としているトリップは、鶉の首橋を実利用しているものが比較的少ない傾向にある（図-17右）。

また、代替関係が強い経路が他に存在しない平成記念橋や山室橋を最小旅行時間経路としているトリップは、ほとんどがその橋梁を実利用している。

c) 3.(1)のまとめ

a)とb)の分析より近接性指標と実利用割合との関係性についてまとめると、その街路が、代替関係の強い他の経路選択肢と比較して近接性指標値が高い場合は、その街路を最小旅行時間経路の一部としているトリップから実利用されることが多く、さらに他の経路選択肢を最小

旅行時間経路の一部としているトリップからも実利用されることが多い傾向にある。

そして、広域近接性指標は、その街路から離れた地点をODとしているトリップとの関係性を表している。一方で、近隣近接性指標は、その街路から比較的近い地点をODとしているトリップとの関係性を表している。

(2) 橋梁ごとの媒介性指標と実利用OD特性の関係に関する検証

媒介性指標は、その街路が実利用経路の一部に含まれる可能性の高さを示しているため、この指標値が高い街路を実利用しているトリップは、様々なODが見られると考えられる。それに対して、指標値が低い街路を実利用しているトリップは、限られたODであると考えられる。

ただし、本項では、いずれの橋梁も周囲に比べて指標値が非常に低い近隣媒介性に関しては、分析を実施しない（図-18）。媒介性指標は、指標値算出対象範囲が小さい場合、その周囲のセグメントの本数に指標値が依存してしまうため、両端の交差点のみで周囲と接続している橋梁は指標値が低くなりやすい。そこで本項では、広域媒介性についてのみ分析を行うが、得られた結果を拡大して解釈することで、近隣媒介性についての理解も得られることが示唆される。

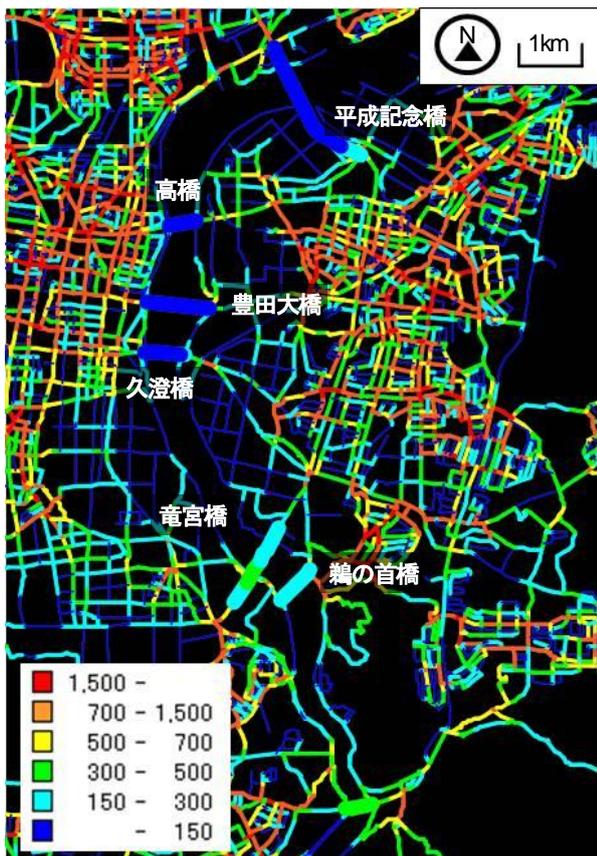


図-18. 各橋梁とその周囲の近隣媒介性指標値



図-19. 各橋梁とその周囲の広域媒介性指標値

a) 広域媒介性指標と実利用OD特性の関係性

図-19は各橋梁とその周囲の広域媒介性指標の主題図、図-20, 21は対象橋梁を実利用したトリップのODの全地点数に対する各四次メッシュ（約500m四方）に含まれるODの地点数の割合である。このOD分布率に着目し、広がり方を比較することで、各橋梁を実利用しているトリップのOD特性を把握することができる。

まず、東岸住宅地域と市街地北部を結んでいる平成記念橋を実利用しているトリップは、矢作川東岸では東岸住宅地域を、西岸では市街地北部をODとしている（図-20左上）。

次に、東岸住宅地域と市街地中心部を結んでいる高橋・豊田大橋・久澄橋の3橋梁の中では、高橋の広域媒

介性が最も高い。そして、高橋を実利用しているトリップは、高橋から南北方向、東西方向ともに比較的離れたメッシュでも、OD分布率が高い（図-20右上）。それに対して、豊田大橋を実利用しているトリップは、矢作川から近いメッシュでのOD分布率が高い傾向が見られる（図-20左下）。また、久澄橋を実利用しているトリップは、久澄橋から延びている一連の街路の沿道のメッシュでのOD分布率が高い（図-20右下）。

東岸住宅地域とその南側にあたるトヨタ自動車本社工場地域を結んでいる竜宮橋・鶉の首橋の2橋梁では、竜宮橋の広域媒介性が相対的に高い。そして、竜宮橋を実利用しているトリップは、矢作川東岸では東岸住宅地域、西岸では市街地南部の周囲のOD分布率が高い（図-21左

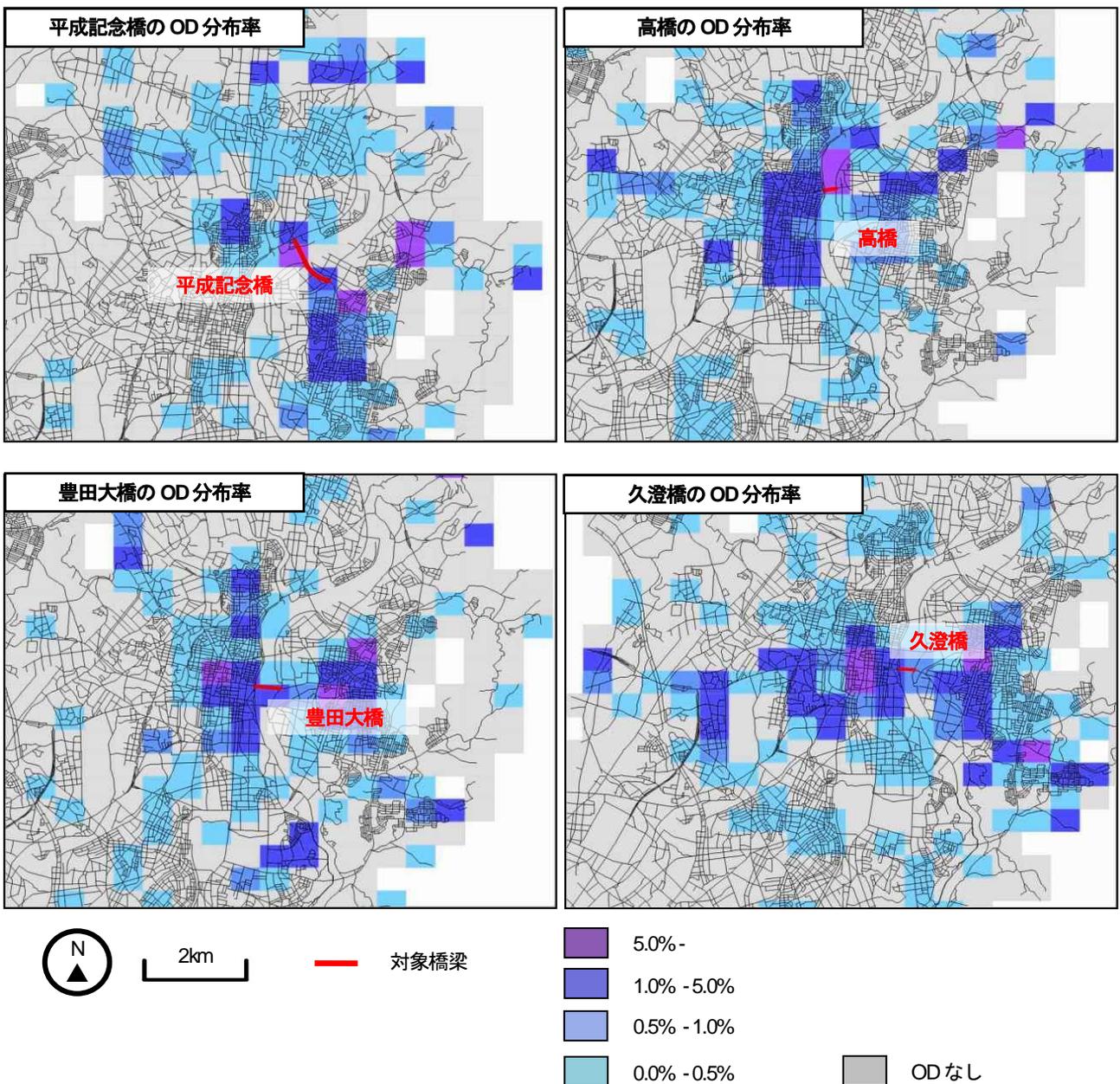


図-20. 各橋梁を実利用するトリップのOD分布率（平成記念橋、高橋、豊田大橋、久澄橋）

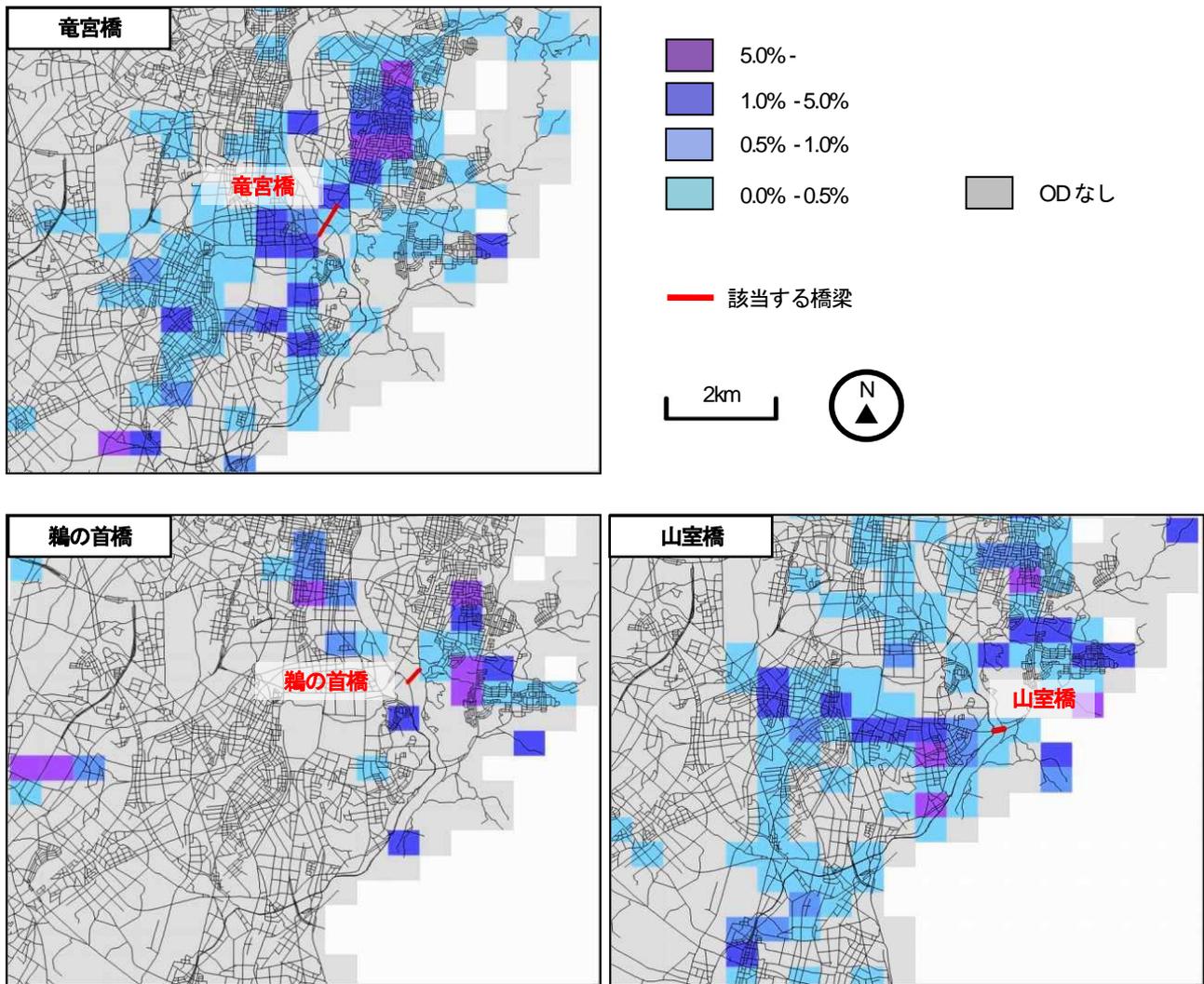


図-21. 各橋梁を実利用するトリップのOD分布率（竜宮橋、鵜の首橋、山室橋）

上）。それに対して、鵜の首橋を実利用しているトリップは、OD分布率の高いメッシュに限られたもののみである（図-21左下）。

また、7橋梁中で最も南側に位置している山室橋を実利用しているトリップは、矢作川東岸では東岸住宅地域、西岸では市街地南部の周囲をODとしている（図-21右下）。

b) 3.(2)のまとめ

a)の分析より媒介性指標と実利用OD特性との関係性についてまとめると、その街路が代替関係の強い他の経路選択肢と比較して媒介性指標値が高い場合は、OD分布率の比較的高いメッシュが広範囲で見られ、その街路を実利用するトリップのOD特性が多様である。それに対して、指標値が低い場合は、OD分布率が高いメッシュが特定の箇所に集中しており、その街路を実利用するトリップのOD特性が限定的である。

4. おわりに

(1) 研究のまとめ

本研究では、Segment Angular Analysisによって定量的に表される街路ごとの接続特性指標と、交通実績データから把握できる経路選択における利用特性を、GIS上で整理することで互いの関係性を示すことができた。そして、街路空間の接続特性分析手法を用いることは、交通実績データを得ることが不可能な状況でも、街路の規格や容量だけでは説明することができない利用特性を把握する上で十分有用であるという結果が得られた。

ここで得ることができた知見を以下で整理する。まず、街路空間の接続特性は、経路選択肢としての代替関係が強い街路が存在する場合に、利用特性に影響を及ぼしやすい。そして、接続特性指標値のうち、その街路と周囲との接続の強さを示す近接性指標は、その街路の総合的な実利用のされやすさを表している。また、その街路が

実利用経路の一部に含まれる可能性の高さを示す媒介性指標は、その街路を実利用するトリップのOD特性の多様性を表している。

街路ネットワーク内での交通計画では、これまでの手法で主要素とされてきた街路の規格や容量、幅員等の議論は当然必要とされるが、さらに個々の街路が有する空間的な接続特性を考慮することで、近年求められている質の高い交通空間づくりの実現により近付くことが期待できる。

(2) 今後の展望

本研究では、代替経路の解釈と考察を容易にするために、矢作川に架かる橋梁を対象にして接続特性指標と利用特性との関係性について分析している。しかし、多くの街路が相互に関係し合っているネットワーク内においての関係性については明確に示せていないため、本研究の分析結果を拡大して解釈する必要がある。したがって、さらに街路の利用特性と接続特性との関係性を明確にしていくためには、河川橋梁以外の街路について分析するべきであると考えられる。

また、本研究で示されている街路ごとの利用特性は、街路同士の実利用割合や実利用しているトリップOD特性を定性的に比較して整理したものである。そのため、代替関係が強い街路同士で利用特性の違いがどれだけ大きいのか、またその違いの大きさが接続特性とどのように関係してくるのかについて、今後検討していくべきである。

謝辞：本研究の進展、執筆にあたってご助言くださったスペースシンタックス・ジャパン株式会社高松誠治氏に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 下川澄雄, 内海泰輔, 中村英樹, 大口敬: 階層型道路ネットワークへの再編に向けて, 土木計画学研究講演集, No.39, 2009.
- 2) 高野裕作, 佐々木葉: Space Syntax を用いた都市空間構造研究の動向と展望, 景観・デザイン研究講演集, No.6, pp.183-190, 2010.
- 3) 後藤梓, 中村英樹, 浅野美帆: 階層型道路ネットワーク構成要素に関する最適解の導出方法, 土木計画学研究講演集, No.44, 2011.
- 4) 三輪富生, 森川高行: プローブカーデータを利用した経路選択行動に関するモデル分析, 土木計画学研究論文集, No.21, Vol.2, pp.553-560, 2004.
- 5) 高松誠治, 堀口良太, 赤羽弘和: 道路網の位相幾何学的評価尺度を導入した交通事故リスク推計モデルの構築, 交通工学, Vol.44, No.1, pp.54-62, 2009.
- 6) 溝上章志, 高松誠治, 吉住弥華, 星野裕司: 中心市街地の空間構成と歩行者回遊行動の分析フレームワーク, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, I_363-I_374, 2012.
- 7) Hillier, B. and Hanson, J.: The Social Logic of Space, Cambridge University Press, 1984.
- 8) Hillier, B.: Space is the Machine, Cambridge University Press, 1996.

(2013. 8. 2 受付)

EMPIRICAL STUDY OF RELATION BETWEEN USABILITY AND ACCESSIBILITY ON STREETS IN A NETWORK

Takuya NISHIMURA, Tomoki ISHIHARA, Hiroyuki ONEYAMA
and Shigenori SHIKATA

On designing streets network, it is required to secure traffic function for each street corresponding to its usability. In this background, though Space Syntax Theory that enables us to evaluate accessibility on streets quantitatively is recently pointed out, relation between accessibility of this theory and usability is not clear yet by existent research.

In this research, we analyze what kind of relation with usability Integration Value and Betweenness Value that are quantified by Segment Angular Analysis in Space Syntax Theory have. Result of this research, it are revealed those Integration Value relates with total usability on the street and Betweenness Value relates with diversity of organ and destination of trips using the street.