

# 都心部の流入抑制機能を果たすための環状道路 の道路交通条件に関する一考察

友廣 大成<sup>1</sup>・下川 澄雄<sup>2</sup>・吉岡 慶祐<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 日本大学大学院 理工学研究科 交通システム工学専攻  
(〒274-0063 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: csta21004@g.nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (同上)

E-mail: shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 日本大学助教 理工学部交通システム工学科 (同上)

E-mail: yoshioka.keisuke@nihon-u.ac.jp

環状道路が果たすべき機能として、都心部へ通過交通の流入抑制通行機能が期待されている。しかし、環状道路がこのような機能を発揮させるための潜在性能（サービス速度）や、それを可能とする道路構造についてはこれまで示されてこなかった。

そこで、本研究ではこれらについて明らかにする一環として、地方都市に存する 5 つの環状道路を対象に、ETC2.0プローブデータより環状道路と放射道路が接続するノード間における走行経路データを集計し、環状道路利用率と道路交通状況を表す指標、走りやすさを表す指標との関係性について分析を行った。その結果、環状道路利用率と、環状道路と放射道路の旅行時間差や走行距離差との間に関係性があること、また右左折回数など走行区間に潜在する走りやすさ指標との間にも一定の関係性を見出すことができた。

**Key Words:** ring road, through traffic, function to control inflow to urban centers, ETC2.0 probe data

## 1. はじめに

わが国の幹線道路ネットワークは、道路法に基づき都市・拠点間連絡を念頭に整備がなされてきた。しかし、その結果として、多くの都市・拠点内の道路ネットワークの骨格は、これら幹線道路によって形成され、都市・拠点間を通過する交通と内々交通が混在するなど交通機能が分化されず、円滑な交通が阻害されるばかりか、都市交通環境の低下をもたらしている場合も少なくない。これに対して、環状道路は都心部を通過する必要がない内外・外内交通の分散導入や、通過交通の排除といった流入抑制機能が期待される。

しかし、わが国の特に地方都市における環状道路の多くは一般道路によって構成されており、このうち信号交差点密度の高い環状道路では、十分な速度サービスが実現できず、このような流入抑制機能が十分に発揮されていない可能性がある。

この原因としては、環状道路が具備すべきサービス速度や道路構造などに関する議論がこれまで十分になされてこなかったことなどが考えられる。

そこで、本研究では環状道路が流入抑制機能を発揮す

るために有すべき潜在性能としての道路交通条件を明らかにする一環として、複数の環状道路を対象に ETC2.0 プローブデータから得られるノード間の経路データより、環状道路利用率と道路交通状況や走りやすさを表す各種指標との関係性を明らかにすることを目的とする。

## 2. 既往研究の整理

環状道路に関する研究は、屋井<sup>1)</sup>による図-1に示されるような、環状道路に求められる機能や役割について定性的に整理したものがある。

また、近年では環状道路に関する研究が増えてきており、吉沢ら<sup>2)</sup>は、環状道路を実態に即した楕円形状としてパターン化し、楕円弧上の移動経路と楕円中心を経由する移動経路の移動時間を比較することで、環状道路の流入抑制機能について評価した。牧野、後藤ら<sup>3,4)</sup>は、複数の環状道路を対象とし、ETC2.0 プローブデータを用いて、都心部への流入抑制機能を環状道路がどの程度果たしているか現況分析を行った。また、本研究の先行研究である吉岡ら<sup>5)</sup>は、単純な道路ネットワークを想定

した幾何学的な検討を通して、環状道路が流入抑制機能を発揮するために提供すべき速度サービスを明らかにした。

しかし、これらの研究は、いずれも環状道路の利用状況を念頭に置いた環状道路の必要速度や道路構造を明らかにするには至っていない。例えば、吉岡ら<sup>9)</sup>の研究では、長直径（最大対角距離）と短直径（最小対角距離）の比であるゆがみ度と環状内道路の速度から計算される、環状内道路の時間費用および走行費用の合計を下回る速度を環状道路の必要速度として定義し一般化している。この速度は、環状道路が成立するための潜在性能となるが、実際に環状道路の利用（率）をどの程度保証しているかは、この結果からでは明らかにできない。

そこで、本研究では ETC2.0 プローブデータより経路データを集計することで、環状道路の利用実態を明らかにし、環状道路に求められる必要速度や道路構造など道路交通条件を実態面から明らかにしようとするものである。

### 3. 分析対象とする環状道路の選定

本研究では、国土交通省 IR サイト<sup>6)</sup>などから、2017年時点での三大都市圏を除いた一般道路によって環状道路が全線供用されている 29 路線を抽出した。そのうち、吉岡ら<sup>9)</sup>の研究で分析された宇都宮環状道路を基準に、環状道路の規模や、車線数、旅行速度といった通行機能が異なる 5 路線を選定した。分析した 5 路線の概況は、表-1 のとおりである。ここで示した数値は、すべて Google Map を用いて算出したものである。

このうち、ピーク時旅行速度は平日 1 日のうち旅行時間が最も長い時間帯の値であり、オフピーク時旅行速度は、平日 1 日のうち旅行時間が最も短い時間帯の値であるが、ともに環状道路を 1 周した際の速度である。これによると、ピーク時旅行速度はいずれも 20km/h を下回っているが、オフピーク時の旅行速度は 35~50km/h と環状道路によって差がみられる。一方で、信号交差点密度も 1.5~3.0 箇所/km と差がみられ、これらの間には一定の関係がみられそうである。

### 4. 分析対象データと分析方法

#### (1) 分析対象ノードの設定

本研究では 2018 年度の ETC2.0 プローブデータ（土・日・祝日を除く）を活用した。データサンプリングにあたり、環状道路と交差する一般国道及び主要な県道を代表ノード（環状道路への流入・流出ノード）と設定し、

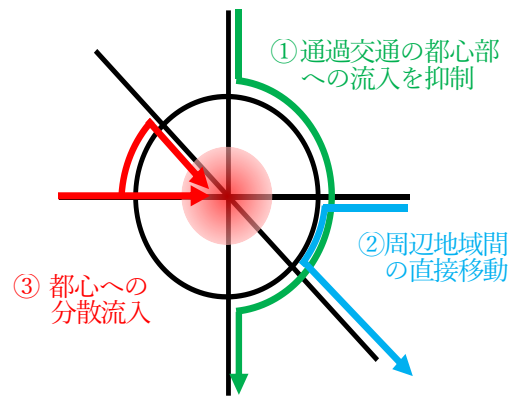


図-1 環状道路の機能<sup>2)</sup>

表-1 分析対象とした環状道路の概況

環状道路	環状道路延長 (km)	信号交差点密度 (箇所/km)	ピーク時旅行速度 (km/h)	オフピーク時旅行速度 (km/h)
山形	18.4	1.97	15.6	38.9
宇都宮	33.3	1.47	18.4	49.7
岐阜	24.6	1.80	18.3	45.7
那覇	18.2	2.98	14.7	42.2
沖縄	17.6	2.85	15.2	37.9

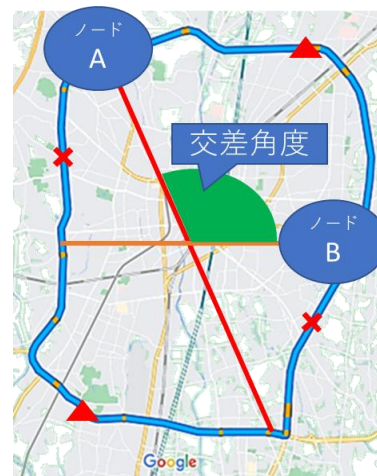


図-2 交差角度の算出イメージ

代表ノード間を通過した車両を分析対象データとして抽出した。

その際、本研究では図-2 に示すように、代表ノード A・B から、環状道路を時計回りに走行した際、環状道路延長の 1/2 となる 2 点を結んだ 2 直線の交わる角度を交差角度と定義し、交差角度が 90° 以上となる代表ノード間を分析対象とした。ここで交差角度が 90° 以上としたのは、環状道路を正円、放射道路を円の中心を通る直線とした際に長さが等しくなる時の円弧の中心角（交差角度）は約 115° であり、これ以上の交差角度の場合は環状道路が不利になること、環状道路は正円ではなく歪んでいることなどを考慮したためである。

(2) 代表ノード間を通過するトリップの経路判定

代表ノード間を通過するトリップに対し、環状道路を利用したのか、環状道路を利用せず環状内の道路（以下、「放射道路」という）を利用したのかを判定する必要がある。

本研究では、便宜的に代表ノード間を通過する間の主要リンクにポイント（環状道路外回り 1 か所、内回り 1 か所、放射道路 2 か所）を設定し、どのポイントを通じたかによって判定を行った。具体的には、環状道路に設定したポイントのみを通過したトリップを環状道路利用トリップ、放射道路を通過したトリップに加えてどのポイントも通過していないトリップや複数のポイントを通過したトリップは放射道路利用トリップとして判定した。

ただし、放射道路利用トリップの中には、大きな迂回をし、代表ノード間を通過するものも散見される。そのため、本研究では式(1)、(2)に示すように代表ノード間の環状道路距離の 1.5 倍を超える放射道路利用トリップは分析対象外とした。

$$X_n \leq X_{max} \quad (1)$$

$$X_{max} = 1.5X_R \frac{\theta}{360} \quad (2)$$

ここで、

$X_n$  : 各トリップの走行距離,  $X_{max}$  : 放射道路利用トリップの走行距離上限値,  $X_R$  : 各環状道路の環状道路総延長,  $\theta$  : 代表ノード間の交差角度

(3) トリップデータの集計

ETC2.0プローブデータから取得できるデータは、表-2のとおりである。なお、走行する時間帯によって値が大きく異なることが予想される。そのため、トリップデータを表-3に示すように、3つの時間帯に分けて分析を行った。その際、各時間帯で 30 サンプル未満となる代表ノード間は分析対象外とした。

(4) 環状道路利用率の算出

(1)~(3)によって取得した各ノード間における時間帯別の環状道路利用サンプル数を総サンプル数で除すことにより環状道路利用率を算出する（式(3)）。

$$P = \frac{N_R}{N_{ALL}} \quad (3)$$

ここで、

$P$  : 環状道路利用率,  $N_R$  : 各代表ノード間を走行した各時間帯の環状道路利用トリップ数,  $N_{ALL}$  : 各代表ノード間を走行した各時間帯の総トリップ数

5. 環状道路利用率と道路交通状況との関係性

(1) ETC2.0 プローブデータのサンプリング結果

4. によって取得したサンプル数を表-4に示す。サンプル数が最も少ないのは山形環状道路で 690 サンプル、最もサンプル数が多かったのは宇都宮環状道路で 6,678 サンプルであり、これらのほとんどは環状道路を含む地方生活圏に存する比較的トリップ長の短い交通である。また、環状道路利用のサンプル数と総サンプル数から得られる環状道路利用率は、最も低いのは沖縄環状道路で 1.9%、最も高いのは宇都宮環状道路で 75.7%であった。なお、時間帯に分けた代表ノード間の数が代表ノード間の数に対して少ない環状道路が存在するのは、代表ノード間の総トリップ数が 30 サンプル未満の時間帯が存在するためである。

(2) 環状道路利用率と旅行速度差

環状道路利用率と代表ノード間の旅行速度差（放射道路利用時－環状道路利用時）との関係を図-3に示す。

これによると、ピーク時・オフピーク時を通じ、環状

表-2 ETC2.0 プローブデータから取得可能なデータ

項目	算出方法
通過時刻	環状道路代表ノード間の通過時刻
旅行時間	環状道路代表ノード間の通過時刻の時間差
旅行速度	環状道路代表ノード間を走行した各リンク間の旅行速度に対する調和平均速度
走行距離	各ノード間の旅行速度を各ノード間の旅行時間で乗じた値

表-3 トリップデータの観測時間帯

時間帯	時刻
ピーク時	7時～9時
	17時～19時
オフピーク時(昼)	9時～17時
オフピーク時(夜)	19時～7時

表-4 各環状道路で取得したデータサンプル数

環状道路	代表ノード間数	時間帯に分けた代表ノード間数	通過交通の総サンプル数	環状道路利用サンプル数	環状道路利用率
山形	10	16	690	315	45.7%
宇都宮	16	43	6678	5054	75.7%
岐阜	10	21	771	207	26.8%
那覇	6	10	1019	242	23.7%
沖縄	9	14	1377	26	1.9%

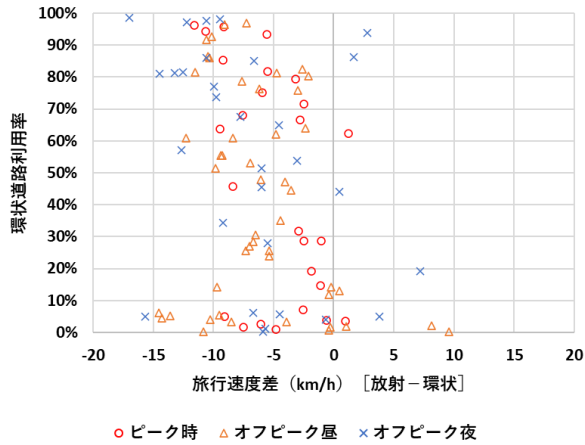


図-3 環状道路利用率と旅行速度差の関係

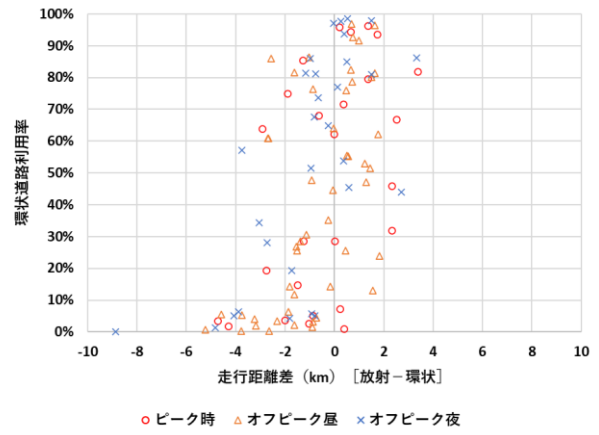


図-5 環状道路利用率と走行距離差の関係

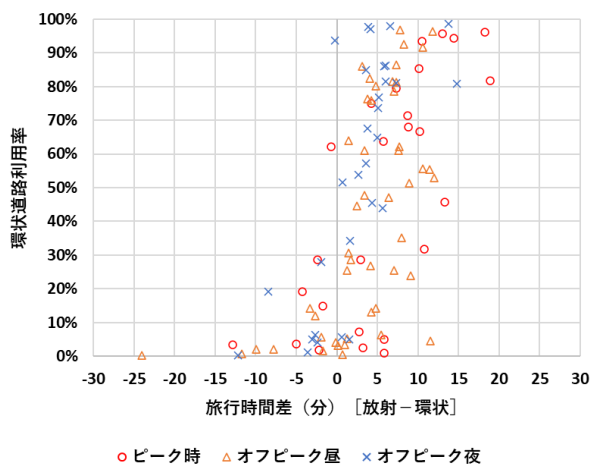


図-4 環状道路利用率と旅行時間差の関係

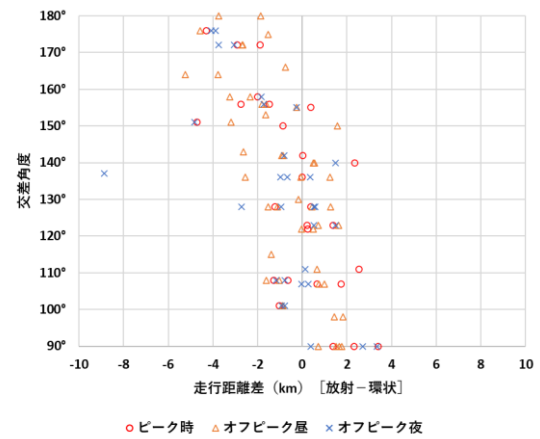


図-6 代表ノード間の交差角度と走行距離差の関係

道路の旅行速度の方が放射道路利用と比べて総じて高いことがわかる。具体的には、0~10km/h 程度の差であるが、環状道路利用率や時間帯によってその特徴に違いはみられない。また、環状道路の旅行速度の方が低い場合であっても環状道路利用率が高いノード間が存在する。これは環状道路距離が放射道路に比べて短いためであると推察される。

### (3) 環状道路利用率と旅行時間差

環状道路利用率と代表ノード間の旅行時間差（放射道路利用時－環状道路利用時）との関係を図-4に示す。

これによると、放射道路と比べて環状道路の旅行時間が短いほど環状道路利用率が高くなる傾向がある。具体的には、環状道路利用率が50%の時の旅行時間差は0~13分、環状道路利用率が80%の時の旅行時間差は3~20分程度である。また、オフピーク時（夜）に対してその他の時間帯は、同じ環状道路利用率であっても旅行時間差のばらつきが大きいことがわかる。

### (4) 環状道路利用率と走行距離差

環状道路利用率と代表ノード間の走行距離差（放射道路利用時－環状道路利用時）の関係を図-5に示す。

環状道路を利用しないトリップはすべて同じ経路を利用するわけではない。これは時間帯によって混雑の状況も変わるためであり、同じ代表ノード間であっても時間帯によって走行距離差が異なる。この図からは、走行距離差が大きく環状道路利用時の走行距離が短いほど（環状道路が有利なほど）、環状道路利用率が高くなる傾向にあるが、環状道路利用率が80%を超えるような高い場合でも環状道路の距離が長い場合もみられる。これは環状道路と放射道路の旅行速度差（時間差）による影響であると推察される。

### (5) 走行距離差と交差角度

代表ノード間の走行距離差と、交差角度の関係について図-6に示す。

一般に、交差角度が大きいほど放射道路に対し環状道路の走行距離が長くなる。この図によれば、環状道路利

用時の走行距離と放射道路利用時の走行距離が同程度となる交差角度は 110~150° である。また、上記の関係について単回帰を行うと、式(4)に示すとおりとなり、比較的高い相関が得られた。

$$X_n = -0.0511r_n + 6.0409 \quad (4)$$

(決定係数  $R^2 = 0.4275$ )

ここで、 $X_n$  : 代表ノード間の走行距離差,  $r_n$  : 代表ノード間の交差角度

## 6. 環状道路利用率と走りやすさの関係性

### (1) 本研究で扱う“走りやすさ”

ドライバーが目的地までの利用経路を選択する際、総じて旅行時間や走行距離が短い経路を選択するものと考えられる。これに対しては、5.においてもこのような傾向を確認することができた。その一方で、図-4 に見られるように同程度の旅行時間差であっても、環状道路利用率に大きな差がみられる代表ノード間にも存在する。これは、ドライバーは狭い幅員の道路、交差点での信号待ちや右左折のわずらわしさなど、走りにくい道路はなるべく避ける傾向があることがその要因の一つであると推察される。特に、一般道路のみを利用するような比較的短いトリップにおいては、このような要素も考慮に入れることが重要であると考えられる。

そこで、本研究ではドライバーの“走りやすさ”に関する指標として、道路の横断面と走行区間（進行方向）という2つの視点から表-5に示す7つの指標を設定し、これら指標に基づく走りやすさの程度が環状道路の利用・非利用に影響をもたらしているのか分析を行う。なお、わが国の環状道路の多くは、複数の路線を組合せて形成されており右左折が存在することに注意が必要である。

### (2) 走りやすさ指標の算出方法

走りやすさを算出するにあたっては、放射道路利用トリップがどの経路を利用したか、代表経路を設定する必要がある。本研究では、放射道路の利用経路の設定に当たり Qgis を用いた。そして代表ノード間の通過台数が多いリンクをつなぎ合わせて放射道路の代表経路とした。ただし、Qgis を活用しても代表経路が特定できない場合は、Google Map の経路案内を参照し代表経路の設定を行った。

また、各指標値の算出にあたっては、デジタル道路地

図 (DRM) を用いた。その際、途中で横断面が変化する場合にリンク長で加重平均を行った。

また、DRM に道路構造情報が記載されていない場合は、Google Map を活用して計測を行った。なお、信号交差点数は Google Map を参考にしながら、押しボタン式信号、感應式信号、半立体交差点の主方向（立体側）を除き計上した。

### (3) 走りやすさの算出と環状道路利用率との関係

(2) で示した算出方法に従い各代表ノード間のそれぞれの値を計測し、環状道路と放射道路の差分から走りやすさ指標を算出した。そのうえで、環状道路利用率を被説明変数とする重回帰分析を行い、それぞれの指標との関係性を確認した。その結果を表-6 に示すが、ここで用いた値は交通量とそれにとまなう旅行速度の影響が少ないオフピーク時（夜）を対象としたものである。

この表の中には、各指標の最大値と最小値も合せて示しているが、道路の横断面に関する指標の多くは感度が

表-5 本研究で扱う走りやすさの指標

指標の分類	走りやすさ指標
道路の横断面に関する指標	①車線数差
	②車道幅員差
	③中央帯幅員差（あり・なしを含む）
	④車線幅員差
道路の走行区間（進行方向）に関する指標	①信号交差点密度差
	②4車線以上の道路と交差する信号交差点密度差（4車線以上の信号交差点密度差）
	③右左折回数差

表-6 重回帰分析による環状道路利用率と走りやすさ指標との関係性

変数	係数	t 値	p 値	参考	
				最大値	最小値
車線数差	0.604	0.747	0.464	0.089	-3.039
車道幅員差	-0.186	-0.699	0.493	0.644	-10.47
中央帯幅員差	-0.033	0.132	0.900	0.282	-2.596
車線幅員差	0.247	0.411	0.685	0.866	-0.377
信号交差点密度差	-0.150	-1.458	0.160	3.050	0.801
4車線以上の信号交差点密度差	-0.245	-0.737	0.470	0.549	-0.526
右左折回数差	0.130	2.683	0.014	4.000	-2.000
定数項	0.528	1.946	0.066	0.986	0.013
重決定係数	0.500				

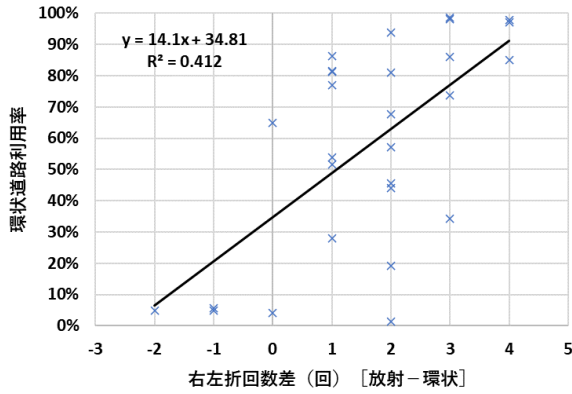


図-7 環状道路利用率と右左折回数差の関係

小さく環状道路利用率との間に有意な関係性を確認できない。一方で、道路の走行区間（進行方向）に関する指標のうち右折回数差は、指標としての感度も比較的高く、環状道路利用率と有意な相関性を有していることが確認できる。なお、図-7 は環状道路利用率と右左折回数差との関係をグラフに示したものであるが、右左折回数差が影響することは環状道路を立体化しこのような障害を取り除くことが環状道路の利用促進において有効であることを示唆している。

### 7. 環状道路利用率と道路交通指標との回帰分析

ここまでの分析データを用いて、環状道路利用率と道路交通状況を表す指標との関係性を定量的に示すため、環状道路利用率を被説明変数とするロジスティック回帰分析（式(5)）を行った。説明変数として用いた指標は、旅行速度差、旅行時間差、走行距離差の3指標とした。ここで、6. で関係性が認められる走りやすさ指標（右左折回数差）は旅行速度や旅行時間と密接に関わることから、ここでは対象外とした。また、分析データは、環状道路が有すべき潜在性能（潜在速度）と必要とする道路構造を明らかにすることを念頭に、オフピーク時（夜）のデータを用いた。ロジスティック回帰分析によるパラメータの推定結果を表-7に示す。

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n)}} \quad (5)$$

ここで、

P：環状道路利用率， $a_n$ ：説明変数の算出結果， $x_n$ ：パラメータの推定値

これによると、旅行時間差、走行距離差それぞれを変数とした場合、これらと環状道路利用率との間には有意

表-7 ロジスティック回帰分析のパラメータ推定の結果

変数	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4
旅行速度差	-0.094	—	—	—
旅行時間差	—	0.303**	—	0.230
走行距離差	—	—	0.055**	0.267
定数項	-0.458	0.282	0.691	-0.176
R <sup>2</sup> 値	0.050	0.237	0.178	0.258
的中率	0.089	0.372	0.291	0.400
p値	0.149	0.002	0.007	0.005

※ \* 1%有意, \*\* 5%有意

な関係性が認められる。一方で、同じ旅行速度差でも環状道路の径が大きく代表ノード間距離が長い場合は、時間差に対する優位性が低下し環状道路利用率が低下することが予想される。つまり、環状道路利用率を一般化しようとする、旅行時間差と環状道路の大きさやゆがみの程度に帰着される走行距離差の2変数を説明変数とすることが妥当であると考えられる。しかし、この2変数を組み合わせた回帰分析を行った結果、本研究で取得したデータのみでは有意な関係性を見出すことができなかった。

### 8. おわりに

本研究は地方都市に存する5つの環状道路を対象として、ETC2.0プローブデータから得られる走行経路データを集計して環状道路利用率と道路交通状況を表す指標、走りやすさを表す指標との関係性について分析を行った。その結果、以下の点が明らかとなった。

- ① 環状道路利用と放射道路利用による旅行時間差や走行距離差と環状道路利用率の間には有意な関係性が認められる。
- ② 走りやすさ指標のうち、右左折回数差と環状道路利用率の間には有意な関係性が認められる。この結果は、環状道路を立体化が環状道路利用率の向上に有効であることを示唆している。
- ③ 本来、環状道路利用率は旅行時間と走行距離双方を説明変数として用いるのが妥当であると考えられるが、今回取得したデータのみでは有意な関係性を導くことはできなかった。

今後は今回取得したデータを精査するとともに、引き続き規模や形状が異なる複数の環状道路をデータとして加え、さらなる精度向上に向けた分析を行っていく予定である。

### 参考文献

- 1) 屋井鉄雄：環状道路が担うべき役割と課題，土

- 木学会誌, Vol.92, No.4, pp12-13, 2007.
- 2) 吉沢仁, 野中康弘, 石田貴志, 葛西誠, 浜岡秀勝: 楕円環状の迂回機能評価手法, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.77, No.5 (土木計画学研究・論文集第 39 卷), 1\_697-1\_710, 2022.
  - 3) 後藤梓, 小木曾俊夫, 牧野浩志, 榊真, 吉田秀範: ETC2.0 プローブ情報を用いた地方中核都市の環状道路の交通状況の比較, 土木計画学研究・講演集, Vol.56, 7pages, 2017.
  - 4) 後藤梓, 小木曾俊夫, 牧野浩志, 池田裕二, 榊真, 牧佑奈: 地方中核都市における環状道路の機能と通過交通の実態分析, 土木学会論文集 D3, Vol75, No.5, 1\_681-1\_691, 2019
  - 5) 吉岡慶祐, 下川澄雄, 友廣大成, 鈴木龍一: 「流入抑制機能を果たすための環状道路の必要速度の基礎的検討」第 41 回交通工学研究発表会, 2021, 08, CD-ROM
  - 6) 国土交通省: 道路: IR サイト整備効果事例集, <http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/ir-data.html> (最終閲覧 2022 年 7 月 10 日)

## A STUDY ON THE ROAD STRUCTURE CONDITIONS OF RING ROADS TO FULFILL THE INFLOW CONTROL FUNCTION IN THE URBAN CENTER

Taisei TOMOHIRO, Sumio SHIMOKAWA and Keisuke YOSHIOKA