

ETC2.0プローブ情報を活用した 環状道路の機能分析

牧野 浩志¹・井坪 慎二²・鳥海 大輔³・水谷 友彰⁴，西坂 淳⁵

¹正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: makino-h87bh@nilim.go.jp

²正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: itsubo-s257@nilim.go.jp

³正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: toriumi-d8310@nilim.go.jp

⁴正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 高度道路交通システム研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: mizutani-t924a@nilim.go.jp

⁵正会員 株式会社長大 社会システム事業部 社会システム部 (〒104-0054 東京都中央区勝どき1-13-1)

E-mail: nisisaka-j@chodai.co.jp

国土交通省では、道路ネットワークの効果的・効率的な利用「道路を賢く使う取組」を進めている。道路ネットワーク機能を賢く使い都市の健全な発展に結びつけるのが都市の環状道路である。しかしながら、環状道路の機能の解明はデータの制約もあり困難であった。ETC2.0プローブ情報（車両の経緯度，時刻，加速度等）では，車両の経路が把握できるため，環状道路などの道路交通の実態を可視化することが可能となってきている。本研究では，ETC2.0プローブ情報を活用して環状道路の機能が実際にどのように発揮されているのかを解明することを目的とし，環状道路が早期に整備された宇都宮環状道路について分析を行った結果を報告する。

Key Words: ETC2.0 probe data, ring road, road network management

1. はじめに

わが国では、戦後、高速道路の建設が着手された。初期段階は大都市圏を接続する幹線高速道路から整備が進められ、日本の高度経済成長を支えてきた。それ以降も着実に整備が進められ、全国的な高速道路ネットワークとしてつながり始め、ネットワーク効果が国土全体で表れつつある。なかでも、首都圏，中部圏，関西圏では、都市圏環状道路の整備も進み、複数の経路が選択可能となり、都市問題解決のためのチャンスが到来している。

国土交通省では、そのような背景を踏まえ、道路ネットワークの効果的・効率的な利用を目指す「道路を賢く使う取組」¹⁾が進められている。これは、高速道路ネットワークの整備に加え、ICTの革新により、道路に関するビッグデータを効率的に収集することが可能となり、道路利用の効率化のために必要な道路交通状況を把

握できる環境が進展してきたことも関係している。なかでも、ETC2.0で収集される車両の緯度経度，時刻，加速度等のETC2.0プローブ情報は、道路交通の実態を可視化することが可能である²⁾。

本研究は、ETC2.0プローブ情報を活用した道路交通実態を把握する検討事例の一つとして、環状道路の機能がどのように可視化できるのかについて、日本で最初に環状道路が整備された宇都宮環状道路を事例に分析した結果を報告する。

2. 既往研究の整理

岡ら³⁾は、徳島広域都市圏を対象として、自動車OD調査データから、環状道路の有無のパターンで総走行時間、

総走行時間費用、混雑度を算出し比較を行っている。その結果、環状道路の整備は、朝夕のラッシュ時の交通混雑の緩和効果、通過交通の都市への流入排除、都心への流入交通に対する分散効果を予測している。時間短縮によって年間289億円の便益がでるとしている。

古池⁴⁾は、わが国で最初に計画的な環状道路として整備され、1996年に全線4車線で開通した宇都宮環状道路について経緯とその効果・課題について整理を行っている。整備効果としては、都心部に流入する交通の約13%の削減、都心部に目的を持たない通過交通の約74%の削減、環状道路内部の道路において交通量減少と混雑度軽減、宇都宮市周辺の各拠点間の移動時間の短縮、沿道土地利用の大幅な活性化が確認されている。一方、放射道路において環状道路交差点での渋滞の増大、環状道路沿道の大型店舗出入り口での事故の危険性、中心市街地の空洞化などの問題も指摘されている。

田口⁵⁾は、交通均衡モデルと経済均衡モデルの統合モデルで岐阜環状道路の整備効果の推定を行っている。分析結果として、環状道路の分散導入機能・バイパス機能が発揮され中心部流入交通量が減少、岐阜都心部でのリンク交通量の合計が約6%減少、岐阜環状線上の総交通量が約20%減少、総便益は約74.2億円/年になるとしている。

片岸⁶⁾は、2006年に全線開通した金沢外環状道路山側幹線の整備効果として、①供用後に都心部の交通量が5~10%程度減少し、環状道路に転換、②都心を縦断する道路の渋滞損失時間が64%減少、③金沢市内の事故が12%減少するといった効果を算出している。一方、アクセスコントロールされていない区間の混雑、交通安全面の懸念、沿道環境悪化などの課題や、郊外開発の進展による中心市街地の空洞化問題が指摘されている。

宗像⁷⁾は、2007年12月に供用した中央環状新宿線の効果に関して、約300m間隔で設置された車両感知器データから得られる5分間データを活用し、タイムスライス法を活用して車両軌跡を追うように所要時間を算出し、そのバラツキや信頼性の変化を比較することで整備効果を算出している。課題として、特定ODペアや特定のルートを用いた評価からネットワーク全体を評価する手法への展開を挙げている。

太田⁸⁾は、2013年から2014年の間に部分開通してきた首都圏中央連絡自動車道(圏央道)の神奈川県区間を対象に、携帯端末等のナビゲーションサービスにおいて取得される車両の走行軌跡データ(携帯カーナビプローブデータ)を用いて、広域交通における経路選択の変化、地域道路やジャンクションにおける渋滞緩和と発生について評価をおこなっている。特に、プローブ情報の経路情報を活用したIC入出マトリックスや経路転換分析といったこれまでETCやトラカンデータではできなかった新

しい分析手法を提案している。

以上のように、環状道路整備の効果については、これまで車両感知器データを活用した交通量調査、手動観測による渋滞長調査、ナンバープレート調査や実際にプローブ車両を走らせての走行時間調査、自動車OD調査データを活用したシミュレーションによる効果予測などによるものが主であった。しかし、近年は自動車メーカーによる車両プローブデータ、携帯カーナビプローブデータ、携帯電話の移動データなど、移動そのものを把握できる新しいタイプのデータ収集が可能となってきた。

本研究では、この新しいタイプのデータの一つであるETC2.0を活用し、環状道路の機能がどのように発揮されているかを分析することとした。環状道路の機能の発揮のメカニズムを整理することは、今後、どのような機能の環状道路を備えることが、都市問題解決のために必要であるかを知るうえで重要である。

3. 環状道路機能の整理

富田⁹⁾は、ロンドンの環状道路計画を踏まえて、環状道路の機能として、交通機能と土地利用誘導機能に分けている。交通機能として、①バイパス機能(By-pass function, 通過交通の排除)、②アクセス機能(Access function, 都心へのアクセスの向上)、都市内交通を対象とした機能として③分散機能(Distributor function, 環状方向のモビリティの向上)に分けている。位置的な機能として、都心を囲む内環状道路は分散機能を、都市全体を囲む外環状道路はバイパスおよびアクセス機能を分担するとしている。また、土地利用誘導機能としては、環状道路と放射道路との結節点のアクセシビリティを高め、都心部の活動を結節点に分散させる機能を有すると整理している。

屋井¹⁰⁾は、環状道路の機能として、①交通迂回機能(交通円滑化、大気環境改善等)、②都心負荷軽減機能(都心の交通制御、都心再生等)、③分散立地促進機能(物流機能、パークアンドライド施設等)、④沿道への直結機能の4つがあると整理している。

国土交通省のHP¹¹⁾では、環状道路には、①通過交通の抑制、②都心への交通の分散導入、③非常時の不通箇所迂回、④周辺地域間での直接移動という機能整理がなされている。

以上を踏まえ、本研究では、環状道路の機能として①通過交通排除機能、②放射道路のアクセス改善機能、③都心部への分散導入機能、④周辺部への分散機能の4つの機能の交通機能について分析することにする。

4. 宇都宮環状道路について

(1) 宇都宮市の状況

栃木県宇都宮地域の中心に位置する宇都宮市は、日光連山から連なる山地が収束し平野部となる境界域にあり、栃木県の県都である。また、東北新幹線、東北道など高速交通網や国道4号といった幹線道路が通過し、製造品出荷額が全国の市町村で19位（1.8兆円）と国内でも有数の地域商工業都市である。

県人口の約4分の1の50万人が宇都宮市に住み、産業、教育、文化等の多くの都市機能が集積、周辺には平出工業団地に代表される大規模工業団地が形成されていることから、通勤時において交通が集中している地域である。

(2) 宇都宮市の道路の現況

宇都宮市では、昭和30年代後半から40年代にかけて、産業経済の発展、人口の集中などから、国道4号では交通量が著しく増加し、各所で交通渋滞を引き起こしていた。しかし、国道4号は宇都宮の市街地を通過しており、拡幅が困難な状況にあった。このような背景から新4号国道が計画された。

新4号国道は、昭和45年度より事業に着手し、昭和59年度に全線を暫定2車線で供用した。その後、交通需要の増大に対応するため、交差点立体化、4車線化の整備を進め、平成12年度に北関東自動車道の供用に合わせて全線が4車線になった。さらに、平成25年3月に石橋～宇都宮バイパス区間が全線6車線供用された（図-1）。宇都宮市内の区間は宇都宮環状道路（通称「宮環」）の東側区間を兼ねている。

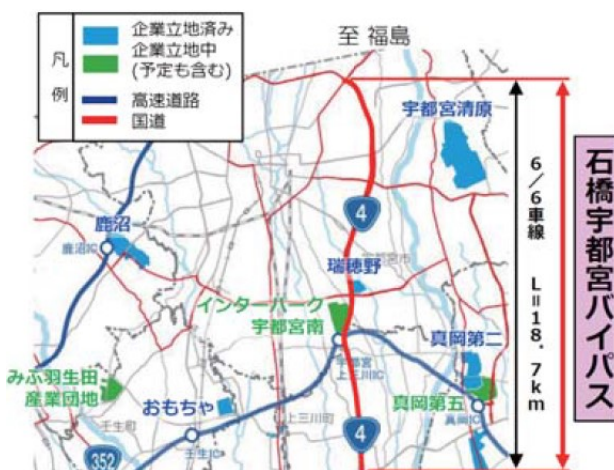


図-1 宇都宮環状道路の一部を構成する石橋宇都宮バイパス
（出典：国土交通省宇都宮国道事務所ホームページ）

図-2は、平成22年度の道路交通センサス時の道路の車線数である。外環状道路は国道4号バイパスが6車線で、

その他は4～5車線である。内環状道路は1～3車線と少ない。放射道路は南側及び北東側が1～3車線と少ない。

図-3は、交差点密度である。外環状道路は0.5～2箇所/kmの区間が多いが、外環状道路の内側は2箇所/km以上の区間が多くなっている。

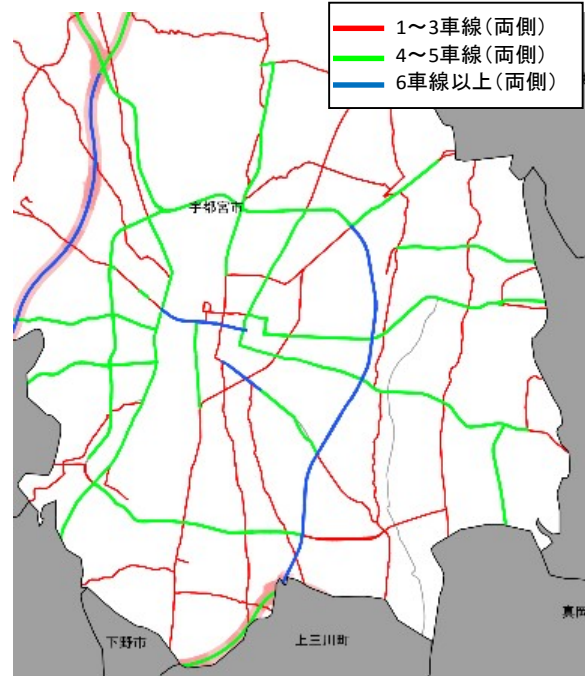


図-2 車線数（H22 道路交通センサスより作成）

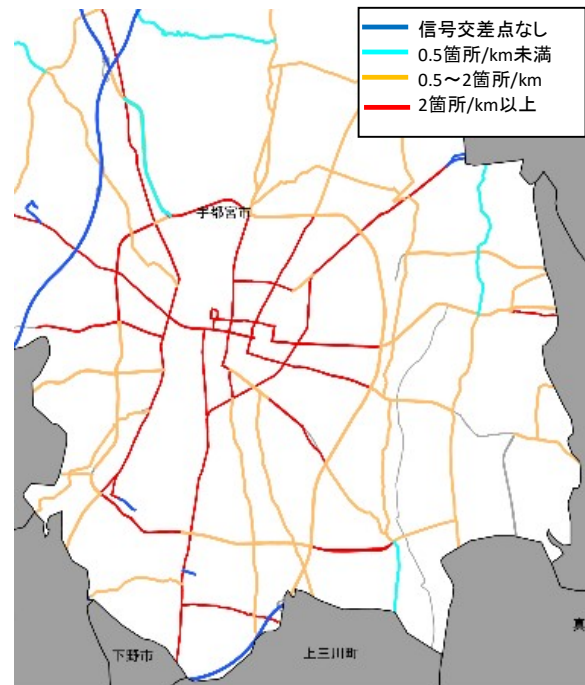


図-3 交差点密度（H22 道路交通センサスより作成）

(3) 道路交通状況

宇都宮市周辺に広がる住宅地域から、通勤・通学のために宇都宮市街地に入ってくる主要な道路としては、南

北軸としての国道4号及び宇都宮栃木線などがあり、東西軸としては国道123号、宇都宮向田線、環状線である国道119号などがあるが、宇都宮地域への流入部が限られていることから、東側からの交通は平出交差点に集中、北側からの交通は平出工業団地交差点に集中、南側からの交通は安塚街道入口交差点に集中するなど、交通集中による渋滞が発生している。

通過交通を担う主要な幹線道路である新4号周辺には大規模工業団地が多く形成されており、朝夕の通勤通学時を中心に交通が集中し、容量不足による速度低下や渋滞が発生している。

宇都宮市の南部に位置するインターパーク周辺では、休日の昼頃から夕方にかけて郊外大型商業施設への交通集中による混雑が発生している。

「道路行政マネジメントを实践する栃木県会議」¹²⁾において特定された主要渋滞箇所を図-4に示す。



図- 4 主要渋滞箇所

(4) 道路ネットワークの整備方針

平成25年3月に見直しされた「宇都宮都市交通戦略」によると、道路ネットワークの整備として、「都市の骨格となる道路網の整備」を方針として掲げている。

- ・経済の活性化を図る「地域高規格道路」の整備を促進するとともに、高速道路を活用した機能的な道路ネットワークを構築しつつ、「スマートIC」の整備に努める。
- ・市内各地や広域的な道路に連絡する主要な幹線道路の整備を推進する。
- ・都心環状線、内環状線の4車線化や、宇都宮環状道路等の立体化、主要な放射状道路の整備など、都市の骨格を形成する3環状12放射道路の整備を推進する。
- ・主要な幹線道路等の緑化や、中心市街地での電線類の地中化など、道路空間の質的向上を図る。

「宇都宮都市交通戦略」¹³⁾の道路ネットワークのイメージを図-5に示す。

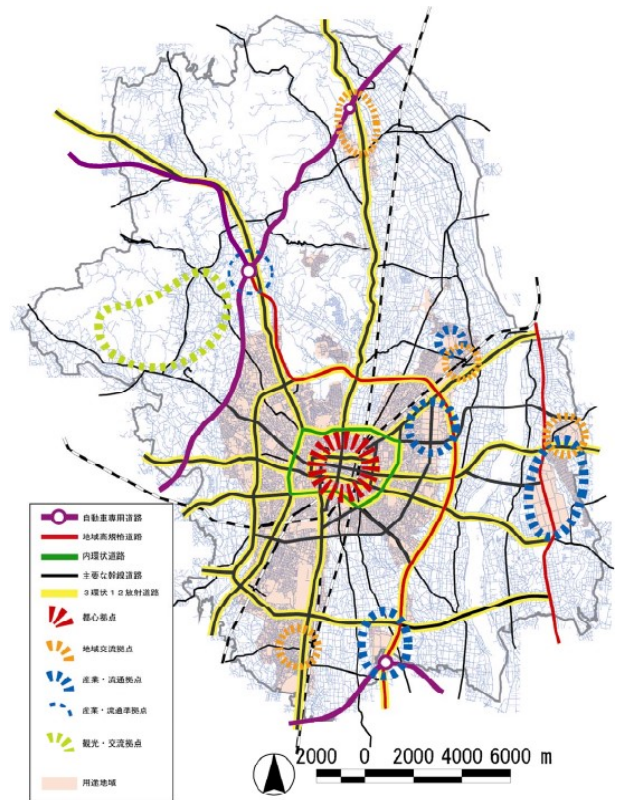


図- 5 道路ネットワークのイメージ

5. 環状道路機能の分析

(1) ETC2.0プローブ情報の取得状況の整理

ETC2.0プローブ情報は約80kmのデータを車載器に蓄積できるが、収集する路側機は高速道路と直轄国道にのみ整備されていることからデータに偏りがあることが考えられる。また、現段階では車載器が普及途上にあることなどから、実交通をどの程度表しているか、サンプルの代表性を確認することが必要である。

そこで、道路交通センサスの交通量とETC2.0搭載車のトリップ台数の相関を分析した。道路交通センサスの交通量を図-6に、ETC2.0搭載車の走行台数及び路側機設置位置を図-7に示す。

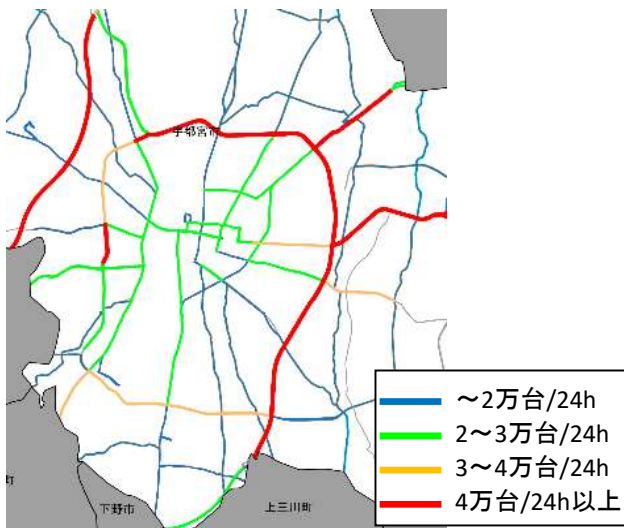


図-6 センサス交通量 (H22 道路交通センサスより作成)

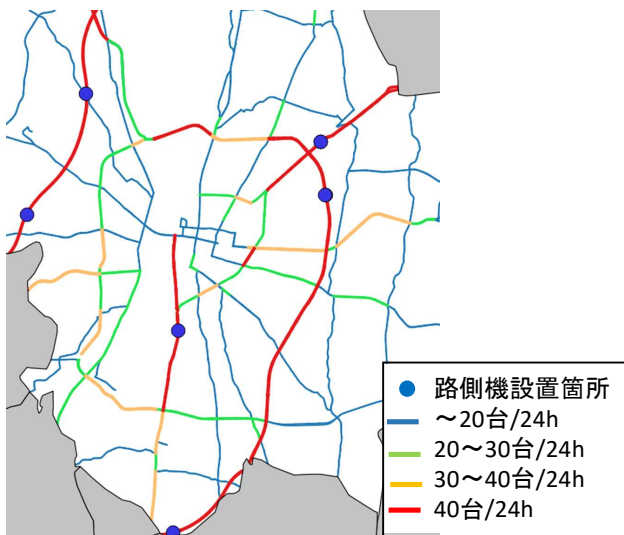


図-7 ETC2.0 プローブ情報の走行台数及び路側機設置位置

ETC2.0搭載車は、以下の条件で集計した。

- ・2015年10月の1ヵ月分のデータを使用
- ・上下合計の交通量とするため、交通調査基本区間単

位の上下別で、リンク走行台数の平均値を算出し、上下のリンク走行台数の平均値を合計

分析手法としては、放射道路、環状道路の各区間を図-8の通りナンバリングし、道路交通センサスの交通量とETC2.0搭載車の走行台数の相関を分析した(各区間で最も長いDRMリンクを代表リンクとして設定)。図-9に示すように相関係数は0.84とかなり高い相関があることを確認した。ただし、傾きが若干低いことを考えると、交通量が少ないところは小さな数値値となっていることが考えられる。これは、内内のトリップ等がとらえられていない可能性が考えられる。

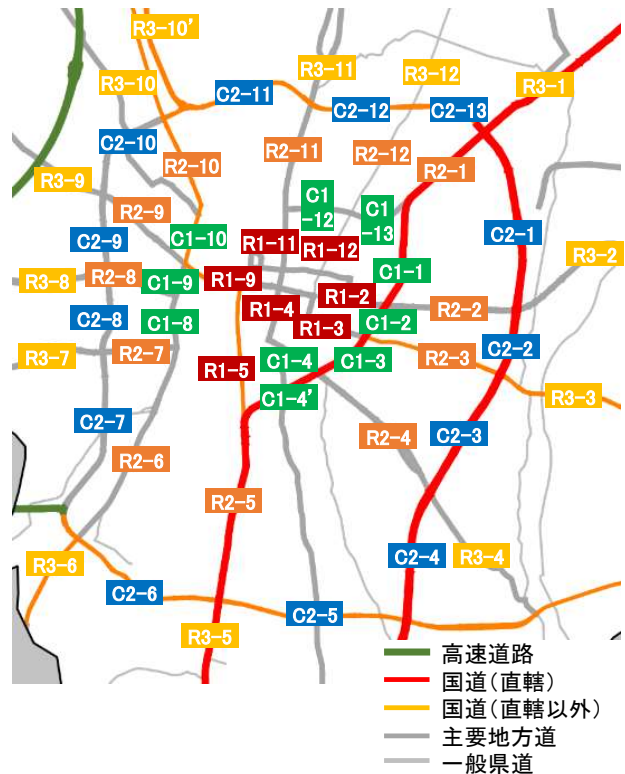


図-8 放射道路、環状道路の各区間のナンバリング

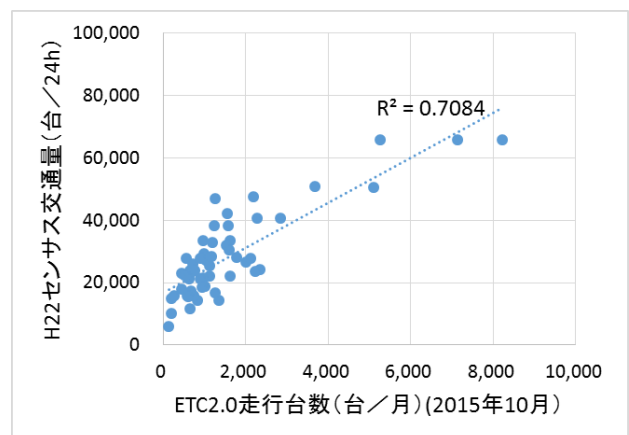


図-9 道路交通センサスの交通量とETC2.0走行台数の相関

(2) 都市を通過又は都市へのアクセスするトリップの利用経路の分析

ETC2.0プローブ情報の経路データを用いて都市を通過又は都市へアクセスするトリップの利用経路を分析した。

a) トリップ条件

本分析におけるトリップは下記の通り定義した。

- ・200m間隔で蓄積される走行履歴データを用い、30分以上の空白時間でトリップを分割
- ・通過トリップは、環状道路(指定した四角形の範囲)を通過し、環状道路の外側に起終点があるトリップと定義
- ・アクセストリップは、環状道路の内側に起点または終点があるトリップ(内外、内内を含む)と定義
- ・通過交通分担率は以下で定義

$$\text{通過交通分担率} = \frac{\text{通過トリップ数}}{\text{全トリップ数}}$$
- ・アクセス交通分担率は以下で定義

$$\text{アクセス交通分担率} = \frac{\text{アクセストリップ数}}{\text{全トリップ数}}$$
- ・内外環状道路は、四角形の矩形で指定(図-10)

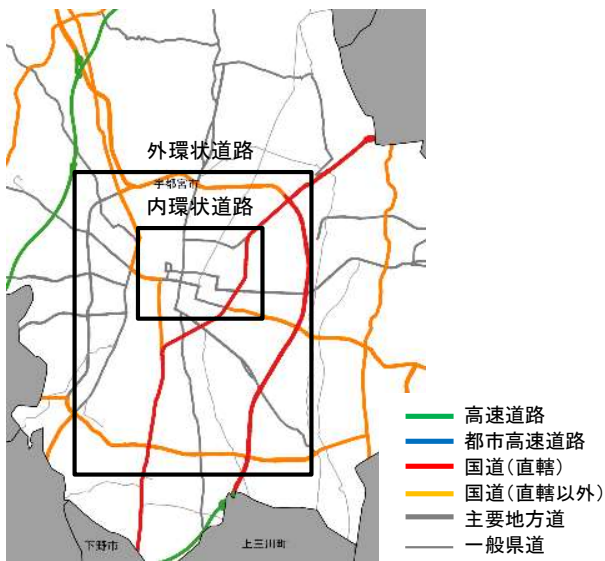


図-10 環状道路の指定範囲

b) トリップ数

外環状、内環状道路の通過、アクセストリップ数を表-1に示す。

表-1 トリップ数

	全トリップ	通過トリップ	アクセストリップ
外環状道路	49,064	9,937	39,127
内環状道路	18,035	5,616	12,419

c) 外環状道路の内側を通過又はアクセスするトリップの分析

外環状道路の内側を通過又はアクセスするトリップ数は、国道4号バイパス、国道4号、高速道路IC(宇都宮IC、鹿沼IC、宇都宮上三川IC)が多い(図-11)。



図-11 外環状道路内を通過又はアクセスするトリップ数

中心市街地(R1)、内環状道路(C1)、放射道路(R2)は、通過交通分担率がほぼ10%以下であり、通過交通排除機能が發揮できている(図-12、表-2)。

外環状道路(C2)は、通過交通分担率の割合が高くなっており、特に国道4号バイパス(C2-1,2,3,4)は通過交通分担率が概ね50%を超えており、通過交通機能を担っている。一方で外環状道路(C2)はアクセス交通分担率も高く、郊外から都心部への分散導入効果の機能も發揮されると考えられる(図-13、表-2)。

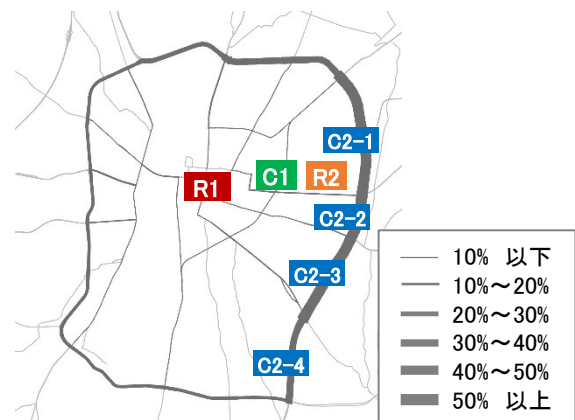


図-12 外環状道路内側トリップの通過交通分担率

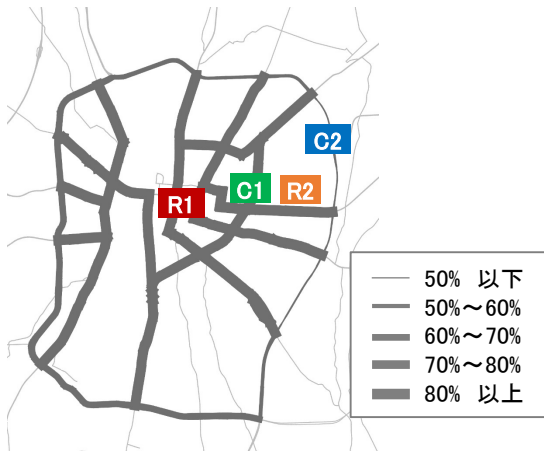


図- 13 外環状道路内側トリップのアクセス交通分担率

表- 2 外環状道路のアクセス交通と通過交通の分担率

道路分類	区間番号	トリップ数			分担率		
		アクセス交通	通過交通	合計	アクセス交通	通過交通	
(R1) 中心市街地	R1-02	1,075	48	1,123	96%	4%	
	R1-03	1,008	84	1,092	92%	8%	
	R1-04	702	62	764	92%	8%	
	R1-05	2,977	155	3,132	95%	5%	
	R1-09	833	52	885	94%	6%	
	R1-11	711	64	775	92%	8%	
	R1-12	979	71	1,050	93%	7%	
(C1) 内環状道路	C1-01	1,256	62	1,318	95%	5%	
	C1-02	1,821	93	1,914	95%	5%	
	C1-03	1,478	82	1,560	95%	5%	
	C1-04	996	94	1,090	91%	9%	
	C1-04'	989	35	1,024	97%	3%	
	C1-08	779	58	837	93%	7%	
	C1-09	662	46	708	94%	6%	
	C1-10	580	47	627	93%	7%	
	C1-12	766	38	804	95%	5%	
	C1-13	739	35	774	95%	5%	
	(R2) 放射道路	R2-01	2,342	136	2,478	95%	5%
		R2-02	1,721	132	1,853	93%	7%
		R2-03	1,512	152	1,664	91%	9%
R2-04		1,030	70	1,100	94%	6%	
R2-05		3,229	160	3,389	95%	5%	
R2-06		806	62	868	93%	7%	
R2-07		1,258	123	1,381	91%	9%	
R2-08		654	81	735	89%	11%	
R2-09		443	39	482	92%	8%	
R2-10		999	96	1,095	91%	9%	
R2-11		765	89	854	90%	10%	
R2-12		895	71	966	93%	7%	
(C2) 外環状道路	C2-01	2,023	3,288	5,311	38%	62%	
	C2-02	2,581	3,676	6,257	41%	59%	
	C2-03	3,523	4,103	7,626	46%	54%	
	C2-04	4,520	4,315	8,835	51%	49%	
	C2-05	1,346	459	1,805	75%	25%	
	C2-06	1,149	484	1,633	70%	30%	
	C2-07	911	286	1,197	76%	24%	
	C2-08	1,407	394	1,801	78%	22%	
	C2-09	1,318	395	1,713	77%	23%	
	C2-10	969	408	1,377	70%	30%	
	C2-11	1,635	998	2,633	62%	38%	
	C2-12	1,426	1,041	2,467	58%	42%	
	C2-13	1,876	1,376	3,252	58%	42%	

d) 内環状道路の内側を通過又はアクセスするトリップの分析

内環状道路の内側を通過又はアクセスするトリップ数は、南側の国道4号、北東側の国道4号、東側の国道123号号及び県道64号、西側の県道6号が多い(図-14)。



図- 14 内環状道路内を通過・起終点とするトリップ数

内環状道路(C1)は、通過交通分担率の割合が高くなっており、特に国道4号(C1-1,2,3,4)は通過交通分担率が60%を超えており、都心部の通過交通排除機能を担っている。一方で国道4号から直進で都心部へ向かうR1-5は通過交通分担率が51%となっており、通過交通が都心部に流入している(図-15、表-3)。

外環状道路(C2)は、アクセス交通分担率が概ね50%を超えており、郊外から都心部へのアクセス交通の分散導入機能も発揮できていると考えられる(図-16、表-3)。

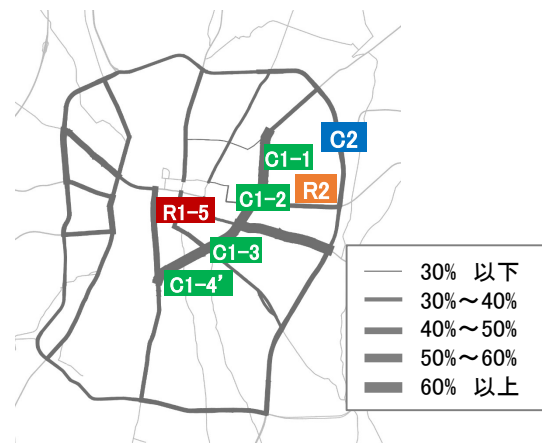


図- 15 内環状道路内側トリップの通過交通分担率

7. おわりに

本研究の成果をまとめると以下になる。

①宇都宮市の外環状道路は、外環状道路内に目的を持たない通過交通排除機能を有する。一方で、都心部へのアクセス交通の分散導入機能も有している。

②外環状道路内の放射道路への通過交通の混入は少なく、放射道路のアクセス改善機能が発揮されている。

③内環状道路は、都心部を通過する交通を分担しており、都心部の通過交通排除機能を発揮している。一方、内環状道路内の道路で国道4号から直進する道路には、都市部を通過する交通が都心部に流入している。

以上から、ETC2.0 搭載車両の混入率が少ない状態でも、経路情報を活用することで、環状道路の機能の分析が可能であることが明らかとなった。特に、本分析では、①通過交通の排除機能、放射道路のアクセス改善機能、都心部への分散導入機能について、通過交通分担率とアクセス交通分担率を確認することで把握できることを明らかとした。

今後の課題としては、渋滞が発生している内環状道路や外環状道路と放射道路の交差部などの改善を図るために、どのような対策が効果を発揮するのかについてデータに基づいた分析を行うことでピンポイントな対策につなげていく方法論について研究が必要である。

そのためには、今回の分析ではアクセス交通と通過交通の分担率だけで道路のリンクの特徴を整理したが、道路の車線構成、旅行速度、沿道の開発状況などを加味する必要がある。

周辺部への交通の分散機能については、外環状道路の沿道や郊外部へのアクセス交通の増大が中心市街地の空洞化や郊外のスプロールの原因ともなっている。これに関しては、土地利用の実態等も加味しながら分析を進める必要がある。

外環状道路内の道路は通過交通が排除されてきているため、公共交通機関を活用した交通需要マネジメントの可能性が出てきている。公共交通のデータ、例えば交通ICカードの利用履歴データなどと組み合わせることで、交通需要マネジメントの前提となる都市の移動全体の可視化についても検討が必要であろう。

全国的な高速道路ネットワークの整備が進み、都市間の交流が現実味を帯びてきた。次に必要なのが、都市の交通需要マネジメントの前提となる環状道路の整備である。地方中核都市は、自動車専用道路タイプの環状道路持つ必要がある。その機能の理解は、今後の道路計画にとって重要である。

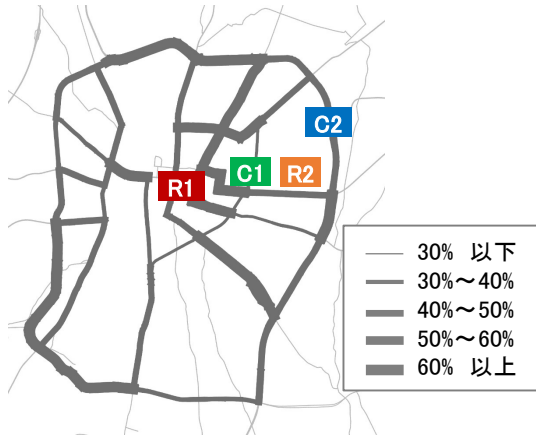


図- 16 内環状道路内側トリップのアクセス交通分担率

表- 3 内環状道路のアクセス交通と通過交通の分担率

道路分類	区間番号	トリップ数			分担率	
		アクセス交通	通過交通	合計	アクセス交通	通過交通
(R1) 中心市街地	R1-02	898	225	1,123	80%	20%
	R1-03	732	360	1,092	67%	33%
	R1-04	448	316	764	59%	41%
	R1-05	1079	1119	2,198	49%	51%
	R1-09	596	289	885	67%	33%
	R1-11	444	331	775	57%	43%
	R1-12	701	349	1,050	67%	33%
(C1) 内環状道路	C1-01	513	805	1,318	39%	61%
	C1-02	596	1318	1,914	31%	69%
	C1-03	525	1022	1,547	34%	66%
	C1-04	537	465	1,002	54%	46%
	C1-04'	266	522	788	34%	66%
	C1-08	354	397	751	47%	53%
	C1-09	377	331	708	53%	47%
	C1-10	335	292	627	53%	47%
	C1-12	578	226	804	72%	28%
	C1-13	560	214	774	72%	28%
(R2) 放射道路	R2-01	1230	894	2,124	58%	42%
	R2-02	925	797	1,722	54%	46%
	R2-03	643	1003	1,646	39%	61%
	R2-04	537	262	799	67%	33%
	R2-05	524	520	1,044	50%	50%
	R2-06	349	278	627	56%	44%
	R2-07	675	496	1,171	58%	42%
	R2-08	377	313	690	55%	45%
	R2-09	171	178	349	49%	51%
	R2-10	523	498	1,021	51%	49%
	R2-11	328	309	637	51%	49%
	R2-12	528	344	872	61%	39%
(C2) 外環状道路	C2-01	128	117	245	52%	48%
	C2-02	304	184	488	62%	38%
	C2-03	728	563	1,291	56%	44%
	C2-04	1100	790	1,890	58%	42%
	C2-05	60	60	120	50%	50%
	C2-06	102	64	166	61%	39%
	C2-07	80	42	122	66%	34%
	C2-08	142	114	256	55%	45%
	C2-09	140	148	288	49%	51%
	C2-10	79	71	150	53%	47%
	C2-11	258	164	422	61%	39%
	C2-12	212	125	337	63%	37%
	C2-13	203	149	352	58%	42%

参考文献

- 1) 社会資本整備審議会道路分科会国土幹線道路部会：高速道路を中心とした「道路を賢く使う取組」（中間報告），平成 27 年 7 月 30 日
- 2) 牧野浩志，鹿野島秀行，田中良寛，佐治秀剛：ETC2.0 プローブ情報の活用方法の体系化に関する研究，第 51 回土木計画学研究発表会・講演集，(公社)土木学会，2015.6
- 3) 岡道治・近藤光男・青山吉隆・板谷寿夫：地方都市における環状道路の整備効果の計量，土木学会年次学術講演会公演概要集第 4 部，Vol.48，pp.74-75，1993
- 4) 古池広隆：地方都市における交通整備とまちづくり，交際交通安全学会誌 Vol.24，No.1，pp34-41，1998
- 5) 田口博司；武藤慎一；秋山孝正．経済均衡を前提とした都市環状道路整備による交通現象変化の分析．交通工学研究発表会論文報告集，2001，21: 49-52.
- 6) 片岸将広；埜正浩；川上光彦．環状道路整備による交通状況の変化と沿道市街地の変容に関する一考察：金沢外環状道路山側幹線を事例に．都市計画．別冊，都市計画論文集，2008，43.3: 847-852.
- 7) 宗像恵子；割田博；岡田知朗．首都高速道路における所要時間の信頼性指標を用いた事業評価事例．土木計画学研究・講演集，2008，37.123.
- 8) 太田恒平，梶原康至，野津直樹，清水哲夫：交通ビッグデータを用いた圏央道開通の多面的な影響分析～経路変化，渋滞の緩和と発生，商圈拡大の 3 カ年にわたるモニタリング～，51 回土木計画学研究発表会・講演集，(公社)土木学会，2015.6
- 9) 富田安夫：ロンドンの環状道路計画に関する事例研究，土木計画学講演集，2000
- 10) 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，April 2006
- 11) 環状道の機能，道路局 HP
<http://www.mlit.go.jp/road/ringroads/function/>，参照日時 2016 年 7 月 30 日
- 12) 栃木県の主要渋滞箇所の特長結果，道路行政マネジメントを实践する栃木県会議，H25.1
- 13) 「宇都宮都市交通戦略」（平成 25 年 3 月見直し（平成 24 年～平成 30 年）宇都宮市）

ANALYZATION OF RING ROAD FUNCTIONS BY ETC2.0 PROBE DATA

Hiroshi MAKINO, Shinji ITSUBO, Daisuke TORIUMI,

Tomoaki MIZUTANI and Jun NISISAKA