

# 利用特性を考慮した 交差点部の自転車道構造に関する分析

萩田 隼平<sup>1</sup>・鈴木 弘司<sup>2</sup>・藤田 素弘<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 名古屋工業大学大学院 博士前期課程学生 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)  
E-mail:ciq13560@stn.nitech.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 名古屋工業大学大学院 准教授 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)  
E-mail:suzuki.koji@nitech.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 名古屋工業大学大学院 教授 工学研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町)  
E-mail:fujita.motohiro@nitech.ac.jp

本研究では、名古屋市内にある自転車道の接続する2交差点において、自転車道利用実態と走行特性を調査分析した。集計分析の結果、時間帯や自転車道の接続構造により、自転車道利用率に違いが見られ、自転車種の違いによって、走行速度特性が異なることがわかった。また、自転車道利用に影響を与える要因を明らかにするため、ロジスティック回帰分析を行い、自転車道利用率推計モデルを構築した。その結果、自転車道進入口の構造、自転車道進入口付近の信号待ち横断者の位置、自転車道進入口下流の歩道・自転車道に存在する歩行者や自転車が自転車道利用率に影響する主な要因であることがわかった。さらに、構築したモデルの感度分析を行うことで、交差点部の自転車道構造や運用方法について検討、考察した。

*Key Words : bicycle path, users' behaviors, intersection*

## 1. はじめに

近年、環境問題への配慮や健康志向の高まりによって、交通手段として自転車を利用する人が増加している。一方で、この10年間の自転車利用中の交通事故件数は、全体の交通事故件数の減少傾向とは異なり横ばいの状態であり<sup>1)</sup>、なかでも自転車対歩行者の交通事故件数は逆に増加傾向にある<sup>2)</sup>。これらの事情より、国土交通省が主体となり、自転車をより快適かつ安全に利用してもらうために、歩道や車道と分離された自転車道をはじめとする自転車走行空間の整備を進めている<sup>3)</sup>。しかし、交差点部では自転車通行を考慮した道路設計手法が未だ確立されておらず、結果として、交差点部通過後に自転車が自転車道を利用せず歩道を走行するなど、歩行者・自転車動線が交錯する事象が発生しており、交通処理方法に問題を抱える状況にある。そのため、鈴木ら<sup>4)</sup>は海外の事例より交差点における自転車走行空間のあり方を検討している。また、蓑島ら<sup>5)</sup>は交差点における自転車の危険事象発生状況や滞留特性から交差点設計における留意点を整理している。さらに、渡辺ら<sup>6)</sup>は自転車の法令遵守に着目して交差点付近における自転車走行環境が利

用者に及ぼす影響について検討している。しかし、自転車道利用状況と交差点での走行特性、自転車道接続構造に着目し、交差点における自転車走行空間の在り方について研究した事例は依然として少ない。

そこで、本研究では、自転車道の接続する交差点を研究対象として、自転車の挙動など利用実態について調査分析することで、自転車道利用に影響する要因を探り、それをもとに交差点部における自転車道構造や運用方法について検討する。

## 2. 調査対象自転車道と交差点の概要

名古屋市内の国道19号伏見通の日銀前交差点から若宮北交差点間に2008年7月、幅員2.5mの自転車道が設置された。自転車道整備前、この区間は片側5車線の道路であり、車道には違法駐車車両、歩道には放置自転車がふれていたため、交通阻害や安全性の低下などの問題が発生していた。これらを改善するため、図-1に示すように車線数を5から3へと減らし、歩道側の2車線分のスペースを荷捌き場と自転車道、駐輪場とした。なお、整備

された当時、駐輪場は無料（2010年3月1日より伏見駅周辺の駐輪場は有料化された）で、利用するには自転車道へ一旦入る必要があった。

本研究では、前述の区間内にある広小路伏見と三蔵の2交差点を対象とした。各交差点において、2009年10月20日の朝ピーク時間帯（8:00～9:00、9:10～10:10）に観測調査を行い、映像データを取得している。各交差点の概要と交通量の集計断面、滞留部の交通量計測領域を図2、図3に、歩道・自転車道幅を表-1に示す。図2、図3より、広小路伏見は三蔵より隅角部が大きい構造になっていることがわかる。また、自転車道接続構造は広小路伏見北東部（以降、伏見北）と南東部では異なり、広小路伏見南東部（以降、伏見南）と三蔵北東部（以降、三蔵）では歩道からの導流がある構造になっている。表-1より、いずれの場所でも歩道幅は自転車道幅より広がっているが、広小路伏見では図2に示されるように名古屋市営地下鉄伏見駅の出入口や駐輪場の存在によって歩道幅が狭くなっている。

### 3. 自転車道利用状況と走行挙動に関する分析

#### (1) 対象交差点における自転車道利用状況

2009年10月20日8:00～10:10での各交差点における15分ごとの進入方向別の通過自転車交通量と自転車道利用率を図4に示す。なお、以降全ての分析において、駐輪場を利用するために自転車道へ進入した事例は除いている。

これより、広小路伏見は三蔵と比べてどの時間帯でも自転車道利用率が低い傾向が見られる。特に、伏見北では時間帯によらず0～20%前後を推移しているため、ほとんどの自転車が自転車道を利用していないとわかる。一方、三蔵では特に8:30～9:00の間の自転車道利用率が80～90%と高い。これは、この時間帯が通勤ピーク時間帯であり、地下鉄伏見駅を利用した南進歩行者が歩道に多く存在したためと考えられる。

また、方向別の通過自転車交通量では、伏見北と三蔵では南からの自転車が多い傾向が見られる。一方、伏見南では北からと西からの自転車がほぼ同数である。

#### (2) 隅角部通過自転車の走行速度分析

次に、各交差点において全ての断面を通過し歩道・自転車道方面へ向かう自転車（以降、隅角部通過自転車）の走行速度特性について分析する。各交差点の区間前後における自転車種別の平均速度特性と検定の結果を表-2、表-3、表-4に示す。なお、本研究では、自転車種をシティサイクル、小径車（折りたたみ自転車等）、スポーツタイプ（ロードバイク・クロスバイク・マウンテンバイク等）の3種に分けて集計した。また、同区間内



図-1 自転車道整備前後の道路の横断面構成<sup>7)</sup>

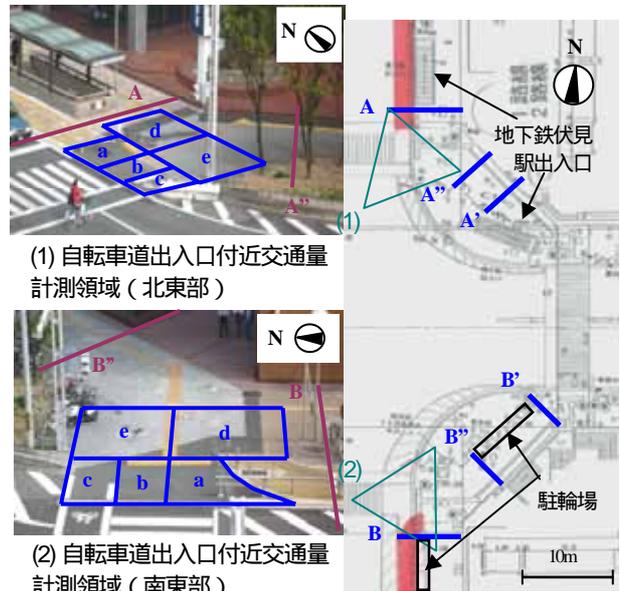


図-2 広小路伏見交差点の概要と断面設定

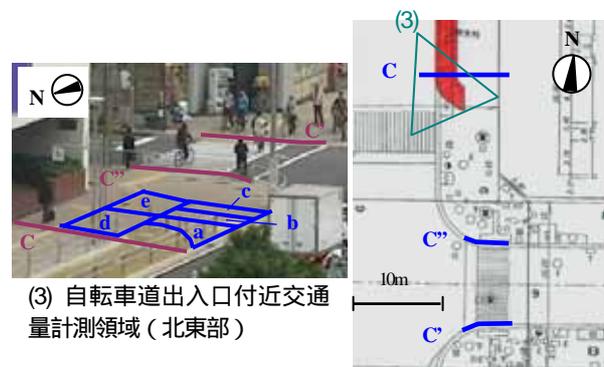


図-3 三蔵交差点の概要と断面設定

表-1 各交差点における歩道・自転車道幅 [m]

場所	自転車道幅	歩道幅
伏見北	2.5	3.3
伏見南	2.5	4.5
三蔵	2.5	5.3

における車種間の平均速度比較の結果を表-5に示す。さらに、時間帯別の平均速度特性の違いを見るため、同区間内における時間帯別の平均速度比較の結果を表-6に示す。

表-2、表-3より、広小路伏見ではシティサイクル、小径車が区間前後において平均速度に有意差が見られる。これより、シティサイクルと小径車は隅角部中間で速度が低く、終盤での速度が高い走行特性を有しているとい

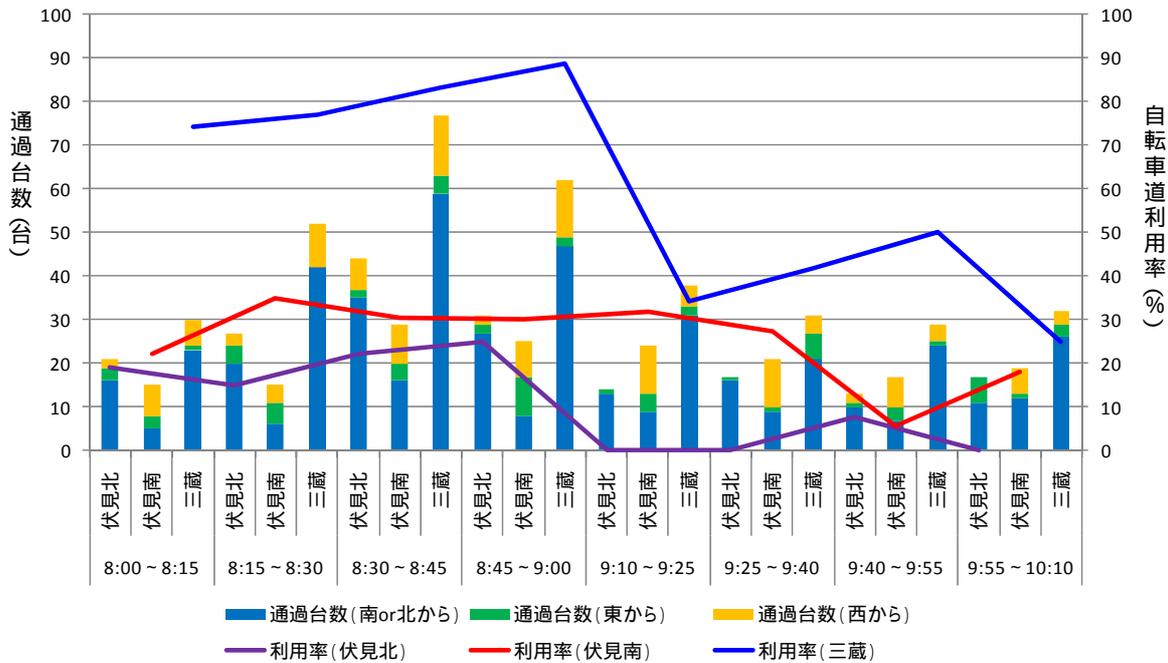


図4 各交差点部における方向別通過自転車交通量と自転車道利用状況

表-2 伏見北における自転車種別の平均速度特性 [m/s] と検定結果 (\* : 1%有意, 括弧内は分散)

車種	区間	A'-A''	A''-A	t値	N
シティサイクル		3.59 (0.36)	3.93 (0.59)	3.99 *	126
小径車		3.52 (0.40)	3.79 (0.46)	1.57	30
スポーツタイプ		4.16 (0.35)	4.51 (0.71)	1.19	12

表-3 伏見南における自転車種別の平均速度特性 [m/s] と検定結果 (\* : 1%有意, \*\* : 5%有意, 括弧内は分散)

車種	区間	B'-B''	B''-B	t値	N
シティサイクル		3.78 (0.49)	4.13 (0.69)	2.70 *	71
小径車		4.14 (0.25)	4.52 (0.37)	2.27 **	22
スポーツタイプ		4.40 (0.73)	4.84 (1.33)	0.92	9

表-4 三蔵における自転車種別の平均速度特性 [m/s] と検定結果 (括弧内は分散)

車種	区間	C'-C''	C''-C	t値	N
シティサイクル		3.76 (1.29)	3.84 (0.62)	0.76	203
小径車		3.74 (1.35)	3.84 (0.52)	0.43	40
スポーツタイプ		3.94 (1.53)	4.28 (0.65)	1.04	21

える。一方、表-4より、三蔵ではどの車種も区間前後で平均速度に有意差は見られない。これは、南北間の横断歩道が交差点から離れた位置に設置されておらず、隅角部で速度変化を伴うことなく直進走行できることが影響したと考えられる。

また、表-5より、車種別では全体的にスポーツタイプがシティサイクルや小径車に比べ平均速度が高い傾向が見られる。また、伏見南ではシティサイクルより小径車の方が速度が高いことがわかる。

さらに、表-6より時間帯別については、三蔵では8:00~9:00における走行速度の方が9:10~10:10における走行速度よりも高いことがわかる。これは通勤ピーク時間帯

表-5 同区間内における車種間の平均速度に関する検定結果 (\* : 1%有意, \*\* : 5%有意, \*\*\* : 10%有意)

組合せ	伏見北		伏見南		三蔵	
	A'-A''	A''-A	B'-B''	B''-B	C'-C''	C''-C
シティ-小径	0.53	1.05	-2.65 **	-2.40 **	0.09	-0.01
スポ-シティ	3.18 *	2.29 **	2.09 ***	1.80	0.65	2.41 **
スポ-小径	3.08 *	2.66 **	0.86	0.79	0.61	2.12 **

表-6 時間帯別の平均速度特性 [m/s] と検定結果 (\*\* : 5%有意, \*\*\* : 10%有意, 括弧内は分散)

区間	時間帯	8:00~9:00	9:10~10:10	t値
		伏見北	A'-A''	
	A''-A	3.92 (0.64)	4.01 (0.53)	-0.74
伏見南	B'-B''	3.91 (0.44)	3.91 (0.57)	-0.02
	B''-B	4.19 (0.70)	4.37 (0.75)	-1.03
三蔵	C'-C''	3.88 (1.17)	3.59 (1.52)	1.91 ***
	C''-C	3.95 (0.51)	3.73 (0.78)	2.13 **

である8:00~9:00では、職場などに遅刻しないよう急いで走行している通過自転車が多いが、9:10~10:10では通勤ピーク時間を過ぎ、急ぐ必要があまりないことが影響していると考えられる。

#### 4. 自転車道利用率推計モデルによる分析

##### (1) 隅角部通過自転車の自転車道利用率推計モデル

3章の分析から、各交差点における自転車道の利用率や隅角部通過自転車の走行速度特性が異なることが示された。そこで本章では、自転車道利用率に影響を与える要因を明らかにするため、ロジスティック回帰分析を行

う．以下に示す式(1)において，目的変数を自転車道利用ダミー（利用=1，非利用=0）とし，説明変数には利用者属性（性別，自転車種，進行方向など），走行特性（速度，進入角度），周囲の状況（滞留部や下流部における領域別存在交通量・密度など），構造条件（隅角部面積）を用いる．

$$\log \frac{p}{1-p} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (1)$$

ここで，

- $p$ ：自転車道利用率 (0  $p$  1)
- $x_k$ ：説明変数
- $\beta_k$ ：説明変数に対するパラメータ
- $\beta_0$ ：定数項

である．

ここで，説明変数の滞留部や下流部における領域別存在交通量・密度，進入角度，隅角部面積について，本研究での定義を述べる．

滞留部や下流部における存在交通量は，各サンプルが断面X'，X''（X=A，B，C）通過時に設定した領域に存在する人数である．存在交通量を計測する領域は，滞留部では図-2，図-3に示されるa～eの領域，下流部では映像の制約や断面からの視認性を考慮し，断面Xから広小路伏見では約16m，三蔵では約30m下流までの歩道・自転車道とする．また，存在者密度は面積の異なる領域における人数を基準化するために表現したもので，存在人数を面積で除した値である．

自転車道に対する進入角度については，映像の制約により各サンプルの詳細な位置データを取得することが不可能であり算出できなかったため，以下のように進入角度を仮定している．まず，進入前断面（X'）を通過する位置を広小路伏見では車道側と民地側に，三蔵では自転車横断帯，横断歩道車道側，横断歩道民地側にそれぞれ分ける．次に，各断面通過位置の端点と中点について，自転車道の出入口境界線に対する垂線（自転車道出入口方向軸）となす角を測定する．各サンプルが断面通過位置の中点を通過したと仮定し，図-5のように中点と出入口方向軸となす角を進入角度と定義する．各断面における進入角度の測定結果を表-7に示す．

隅角部は図-6のように官民境界線と歩道巻き込み線，官民境界線の角から歩道巻き込み線に引いた垂線に囲まれた部分とし，この面積を隅角部面積と定義し，分析に用いた．その結果，伏見北では281.67m<sup>2</sup>，伏見南では295.18m<sup>2</sup>，三蔵では74.03m<sup>2</sup>となった．

なお，使用データは広小路伏見と三蔵の10月20日8:00～10:10の2時間分とする．また，図-5においてボールの間を縫って自転車道へ進入するサンプルは，定義上進入角度を取得することができないため，今回の分析では除いて検討している．パラメータ推定結果を表-8に示す．

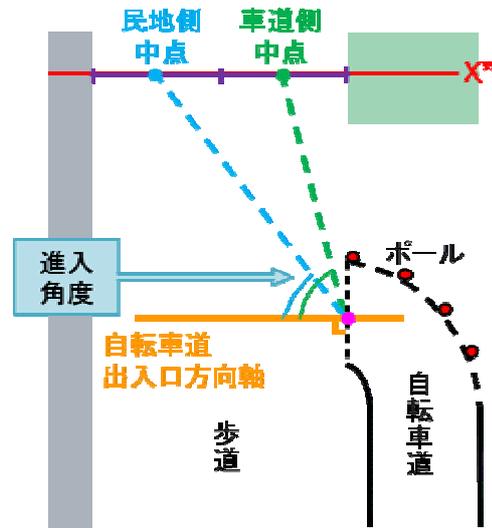


図-5 自転車道進入角度の定義

表-7 各断面における進入角度 [rad]

場所(断面)	断面通過位置	中点角度	N
伏見北(A'')	民地側	1.204	152
	車道側	0.986	16
伏見南(B'')	車道側	0.834	25
	民地側	0.607	77
三蔵(C'')	自転車横断帯	1.524	123
	横断歩道車道側	1.429	58
	横断歩道民地側	1.328	6

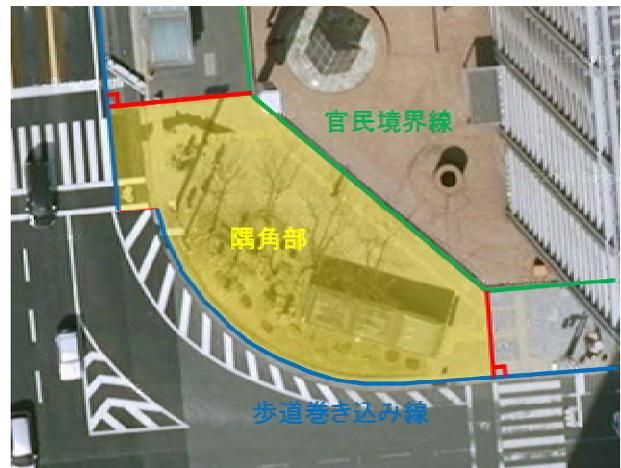


図-6 隅角部の定義<sup>8)</sup>

表-8 自転車道利用率推計モデル (\*: 1%有意, \*\*: 5%有意, \*\*\*: 10%有意)

説明変数	パラメータ
断面X''における自転車道進入角度ダミー (rad 0.78=1, rad < 0.78=0)	-0.83 **
隅角部面積 [m <sup>2</sup> ]	-0.01 *
X''通過時，領域a～eにおける存在者の有無(あり=1, なし=0)	0.53 ***
X''通過時，領域a～eのうち領域bにいる存在者の割合	0.95 **
自転車種ダミー(小径車=1, その他=0)	0.55 ***
定数	1.23 **
的中率 [%]	70.96
Nagelkerke R <sup>2</sup>	0.229
サンプル数	458

表-8より、自転車道利用率を高める要因としては、進入角度が $0.78\text{rad}$   $45^\circ$ 以下であること、隅角部の面積が小さいこと、滞留者が存在する場合、領域bに存在している割合が高いこと、自転車種が小径車であることが挙げられる。進入角度が小さければ利用率が上がる理由としては、自転車道進入時にハンドルを操作する必要性が低くなるためと考えられる。逆に $45^\circ$ 以上進入角度がある場合、自転車のハンドル操作が煩わしくなる、または自転車道進入するためには速度を落とす必要があるなど、自転車道利用に対する障害が大きくなると思われる。また、隅角部面積については、面積が小さい場合、大きい場合と比べ自転車横断帯端から歩道入口までと自転車道入口まで距離の差が小さいため、自転車道選択に与える制約が少なくなることが影響していると思われる。さらに、横断歩道滞留部に滞留者が存在する場合、領域bに存在する割合が高いとき利用率が上がるのは、自転車道進入時の動線と重なる領域に滞留者が少なくなるため、進入に対する障害がなくなることが影響していると考えられる。

なお、モデルの的中率は70.96%とそれほど高くなく、Nagelkerkeの $R^2$ は0.229と低い値であるため、精度向上が課題である。

## (2) 自転車種別の自転車道利用率推計モデル

前節より、隅角部通過自転車の自転車道利用に影響を与えるものに自転車種があることがわかった。そこで次に、利用率を高めるという結果が得られた小径車とそれ以外に車種を分けて再度ロジスティック回帰分析を行い、車種による自転車道利用に関する影響要因の違いを検討する。分析結果を表-9、表-10に示す。

どちらのモデルもNagelkerkeの $R^2$ の値が低いいため、精度が高いとは言えないが、各説明変数の有意と的中率から採用している。

表-9より小径車以外に対しては、全サンプルを対象としたときと同様に、進入角度や隅角部面積が自転車道利用に影響を及ぼしていることがわかる。また、X'通過時に下流の歩道・自転車道に対向者が存在することは利用率を高め、その中で自転車道にいる割合が低いことは利用率を高める結果となっている。これは、下流に対向歩行者や自転車が存在しないときには、表-1に見られるように歩道の方が幅が広いため、歩道に自転車は行きやすくなること、そして、仮に下流の自転車道に対向者が存在した場合、対向者と自転車道内や入口ですれ違うことになり、自転車道進入に抵抗が出ることが影響していると考えられる。

表-10より、小径車のみを対象とした場合、自転車道利用に影響を与えるのは、隅角部面積と領域beの存在者密度のみであることがわかる。滞留部における領域bま

表-9 小径車以外を対象とした自転車道利用率推計モデル (\*: 1%有意, \*\*: 5%有意)

説明変数	パラメータ
断面X'における自転車道進入角度ダミー (rad $0.78=1$ , rad $<0.78=0$ )	-1.26 *
隅角部面積 [m <sup>2</sup> ]	-0.01 *
X'通過時、下流の歩道・自転車道における 対向者の有無 (あり=1, なし=0)	0.56 **
X'通過時、下流の自転車道に存在する対向者の割合	-0.97
定数	1.65 *
的中率 [%]	71.77
Nagelkerke R <sup>2</sup>	0.212
サンプル数	379

表-10 小径車のみを対象とした自転車道利用率推計モデル (\*: 1%有意)

説明変数	パラメータ
隅角部面積 [m <sup>2</sup> ]	-0.01 *
X'通過時、領域beの存在者密度 (存在者数/面積) [人/m <sup>2</sup> ]	6.22 *
定数	1.68 *
的中率 [%]	74.68
Nagelkerke R <sup>2</sup>	0.368
サンプル数	79

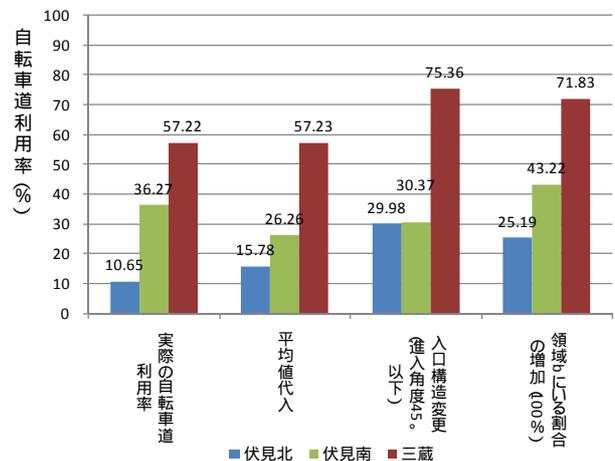


図-7 自転車道利用率推計モデルの感度分析結果

たはeに存在者がいる場合利用率が上昇するのは、図-2、図-3に示されるように、領域b、eともに自転車道進入時の動線と重ならないことが理由として考えられる。小径車以外と異なり進入角度が影響しない理由としては、小径車は小回りが利きやすく、角度に変化をつけやすい性質を有することが挙げられる。また、下流の歩道・自転車道の対向者の有無が影響しないのは、小径車は他の自転車種と比べ車体が小さく、仮に対向者が存在した場合でも、すれ違う際の抵抗感が少なく感じられるためと考えられる。

## 5. 自転車道利用率推計モデルによる感度分析

次に、4(1)で構築したモデルを用いて、モデルの感度分析を行う。今回は、各説明変数の平均値をモデルに代

入した場合、全てのサンプルについて断面X'における進入角度が $45^\circ$  ( $0.78\text{rad}$ ) 以下になるように自転車道入口構造を変更した場合、断面X'通過時に横断歩道滞留部に滞留者が存在するとき、その全ての滞留者が領域bにいる場合の3つのシナリオを実際の自転車道利用率と比較し、効果を検討する。分析結果を図-7に示す。

まず、各説明変数の平均値を代入した場合、広小路伏見では多少差が見られるが、三蔵ではほぼ一致するという結果が得られた。これより、今回のモデルは比較的再現性が高いことがわかった。

次に、自転車道入口構造を変更し、隅角部通過自転車に対して進入角度を $45^\circ$  ( $0.78\text{rad}$ ) 以下にした場合、伏見北と三蔵では実際の利用率より20%程度上昇するという結果が得られた。

さらに、横断歩道滞留部に滞留者が存在するとき、その全ての滞留者が領域bにいると仮定した場合、伏見北と三蔵で約15%、伏見南で約7%上昇するという結果が得られた。

以上の分析より、自転車道利用率を高めるためには、進入角度を小さくできるような自転車道入口構造にすること、信号待ちをする横断者の滞留位置を横断歩道前など自転車の動線と分離できる場所に指定することが有効であると考えられる。なお、前者は、例えば南北方向の通過交通量が多い場所ではそれらに対する進入角度が最も小さくなるようにするなど、各方面から流入する交通量などを配慮し構造設計されるべきであると考えられる。

## 6. まとめ

本研究では、自転車道の接続する交差点における観測調査に基づき、利用状況や自転車の走行挙動特性を把握し、自転車道利用に影響を与える要因を分析した。また、構築したモデルの感度分析により、自転車道利用率を高

めるための施策の効果を検証した。

今後の課題として、まず、今回構築した全てのモデルにおいてNagelkerkeの $R^2$ が満足できる値でなかったため、全体的にモデルの精度向上が必須である。また、今回は構造の異なる2交差点に着目して利用者の挙動や自転車道利用に影響を与える要因を分析したが、モデルとしての汎用性を高めたものにしていくためには、よりサンプル数を増やし検討する必要がある。具体的には、自転車道構造の異なる場所や時間帯、隅角部通過自転車以外のサンプルを加えることなどである。

## 参考文献

- 1) 自転車の安全利用の推進（警察庁）  
<http://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/bicycle/index.htm>
- 2) 平成 21 年中の交通事故発生状況（政府統計の総合窓口）  
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001062201>
- 3) 国土交通省ホームページ  
[http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha08/06/060117\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha08/06/060117_.html)
- 4) 鈴木美緒，屋井鉄雄：欧州の大都市における自転車走行空間の設計基準とその運用に関する研究，第39回土木計画学研究発表会，講演集，2009（no.39）
- 5) 蓑島治，金子正洋，松本幸司：交差点における自転車の危険事象発生状況と滞留特性の把握，第39回土木計画学研究発表会，講演集，2009（no.39）
- 6) 渡辺章彦，遠藤亮太，和田健之，下原翔平，島崎敏一：自転車走行環境の交差点付近での影響，第41回土木計画学研究発表会，講演集，2010（no.41）
- 7) 国土交通省中部地方整備局ホームページ 地域情報  
<http://www.cbr.mlit.go.jp/road/michirepo/08.htm>
- 8) 地図から距離方角，面積を得る Google Maps  
[http://worldmaps.web.infoseek.co.jp/distance\\_calculation.htm](http://worldmaps.web.infoseek.co.jp/distance_calculation.htm)

(?)